

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ความสำคัญของข้าว

ข้าวเป็นพืชประเภทหญ้าที่มีความสำคัญต่อชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์มาก ทุกวันนี้คนเอเชียประมาณ 3,000 ล้านคน บริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ข้าวจึงนับว่ามีความสำคัญและมีคุณประโยชน์ต่อชีวิตและความเป็นอยู่ของมนุษย์นับแต่อดีตถึงปัจจุบัน ข้าวเป็นสินค้าอาหารที่มีการผลิตและการบริโภคในเอเชียเป็นสำคัญ จากปริมาณผลผลิตข้าวของโลกในปี 2555 จำนวน 465.62 ล้านตันข้าวสารนั้น ได้มีการใช้บริโภคในโลกประมาณ 459.71 ล้านตัน ข้าวสารในจำนวนนี้เป็น การบริโภคในเอเชียประมาณร้อยละ 86 กระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา (USDA) ได้รายงานว่า ในปี 2555 โลกมีสต็อกข้าวอยู่จำนวน 104.84 ล้านตัน โดยปรับตัวเพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมา 6.11 ล้านตัน ข้าวนอกจากจะใช้บริโภคเป็นอาหารหลักประจำวันของประชาชนแล้วยังใช้ทำเป็นอาหาร หวานชนิดต่างๆ เช่น ขนมไทย อาทิเช่น ลอดช่อง ขนมตาล ขนมกล้วย ทองหยิบ ฝอยทอง ทองหยอด ขนมหม้อแกง ทำเป็นแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และทำเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยเฉพาะข้าวเหนียวใช้ทำเป็นของหวานมากกว่าข้าวเจ้า ในโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตแอลกอฮอล์ได้นำเอาข้าวเหนียวไปหุงแล้วผสมกับน้ำตาลและเชื้อยีสต์เพื่อทำให้เกิดการหมัก โดยมีจุดประสงค์ให้ยีสต์เปลี่ยนแป้งเป็นแอลกอฮอล์สำหรับใช้ผลิตวิสกี้และอื่นๆ นอกจากนี้ ส่วนต่างๆ ของข้าวก็มี ประโยชน์มากมาย เช่น รำข้าว ใช้เป็นอาหารสัตว์ น้ำมันรำข้าว ทำลิปสติก ทำเวชสำอาง โลชั่น ทาผิว ฟางข้าว ใช้ทำปุ๋ย ปลูกเห็ด แกลบหรือขี้เถ้า สามารถทำเป็นถ่านกัมมันต์หรือถ่านดูดกลิ่น ผสมทำเครื่องปั้นดินเผา เมล็ดข้าวนำมาทำเป็นเครื่องประดับ น้ำข้าวใช้เป็นยาบรรเทาอาการร้อน กระจายน้ำ อาเจียนเป็นเลือด ตาแดง เลือดกำเดา อหิวาตกโรค อาหารไม่ย่อยและแก้พิษ ข้าวจึงเป็น พืชที่มีประโยชน์และมีคุณค่ากับมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นใช้เป็นอาหารหลัก ทำขนม ยารักษาโรค ปุ๋ย ของใช้ เครื่องประดับ ของเล่น ฯลฯ จึงถือได้ว่า ข้าวเป็นพืชที่มีคุณค่าเป็นอย่างยิ่งสำหรับการดำรงชีวิตของ มนุษย์คู่กับโลกมานับแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

ข้าวเป็นธัญญาหารหลักของชาวโลก จัดเป็นพืชสายพันธุ์เดียวกับ หญ้าซึ่งนับได้ว่าเป็นหญ้าที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลกและมีความหลากหลายทางชีวภาพ สามารถปลูกขึ้นได้ง่ายมีความทนทานต่อทุกสภาพภูมิประเทศในโลกไม่ว่าจะเป็นถิ่นแห้งแล้งแบบทะเลทราย พื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึงหรือแม้กระทั่ง บนเทือกเขาที่หนาวเย็น ข้าวก็ยังสามารถงอกขึ้นมาได้ ข้าวชนิดแรกที่มนุษย์รู้จักนำมากินคือข้าวป่า การวิวัฒนาการปลูกข้าวจากการทำไร่เลื่อนลอย มาเป็นการทำนา

หว่าน ประมาณ 9,000 ปีก่อน และพัฒนาสู่การทำนาแบบปักดำ ซึ่งพบหลักฐานในวัฒนธรรมบ้านเชียงของไทย เมื่อราว 5,000 ปีที่ผ่านมาหลักฐานต้นข้าวที่ค้นพบ ข้าวป่าในช่วงแรกจะมีก้าน และใบเดี่ยวแต่ที่ปลูกใหม่มีถึง 5 ก้านเป็นการแสดงให้เห็นว่า ในช่วงเวลาดังกล่าว มนุษย์เริ่มเข้าใจว่าหากปลูกข้าวลงดินเองจะเพิ่มขึ้นถึง 5 เท่า แสดงให้เห็นถึงความเป็นมนุษย์ในการพัฒนาการเกษตรเพื่อดำรงชีวิต สายพันธุ์ของพืชตระกูลข้าว ที่มีอยู่บนโลกนี้มีมากถึง 120,000 สายพันธุ์ แต่พันธุ์ที่รู้จักและนำมาปลูกสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ *Oryza Savita* ที่นิยมเพาะปลูกในทวีปเอเชีย และ *Oryza glaberrina* ที่นิยมเพาะปลูก ในทวีปแอฟริกา แต่ข้าวที่ปลูกและซื้อขายกันในตลาดโลกเกือบทั้งหมดจะเป็นข้าวจากทวีปเอเชีย แบ่งเป็น 3 กลุ่มตามลักษณะและพื้นที่ปลูกได้ดังนี้

1. ข้าวอินดิกา (Indica) หรือข้าวเจ้า เป็นข้าวที่มีลักษณะเมล็ดเรียวยาวรี ลำต้นสูง ตั้งชื่อมาจาก แหล่งที่ ค้นพบครั้งแรกในประเทศอินเดีย เป็นข้าวที่นิยมเพาะปลูกในทวีปเอเชียเขตร้อน ตั้งแต่ จีน เวียดนาม พม่า ฟิลิปปินส์ ไทย อินโดนีเซีย ไปจนถึงอินเดียและศรีลังกา และแพร่กระจายไปทั้งเขตอุษาคเนย์ตั้งแต่หลัง พ.ศ. 1000 ทั้งเขตลุ่มน้ำอิรวดี และต่อมาแพร่ขยายเพาะปลูกในทวีปอเมริกา เฉพาะในเมืองไทย ข้าวอินดิคานิยมเพาะปลูก ในบริเวณที่ราบลุ่มตอนใต้ของแม่น้ำเจ้าพระยา เพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว แทนข้าวเหนียวที่เคยปลูก ซึ่งคนไทยสมัยนั้นเรียกข้าวอินดิกาที่มาจากต่างประเทศ ว่า “ข้าวของเจ้า” แล้วเรียกกันสั้นลงเหลือเพียง “ข้าวเจ้า” มาถึงทุกวันนี้
2. ข้าวจาปอนิกา (Japonica) เป็นข้าวเหนียวเมล็ดป้อม กลมรี มีแหล่งกำเนิดจากทางภาคเหนือ แล้วผ่าน มาทางลุ่มแม่น้ำโขง ในสมัยก่อนพุทธศตวรรษที่ 20 หลังจากนั้นลดจำนวนลงไปแพร่หลาย ในเขตตอนใต้ญี่ปุ่น เกาหลี รัสเซีย ยุโรปและอเมริกา
3. ข้าวจาวานิกา (Javanica) เป็นข้าวลักษณะเมล็ดป้อมใหญ่สันนิษฐานว่า เป็นข้าวพันธุ์ผสม ระหว่าง ข้าวอินดิกาและจาปอนิกา นิยมเพาะปลูกใน อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ได้หวัน หมู่เกาะรีวกีว และญี่ปุ่น แต่ไม่ค่อยได้รับความนิยมนักเพราะให้ผลผลิตต่ำ ประเทศต่างๆ ในโลกต่างก็มีการพัฒนาสายพันธุ์ข้าวใหม่ เพิ่มพื้นที่การเพาะปลูกข้าวและวิธีการปลูกข้าวให้ได้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นในขณะที่คำนานเกี่ยวกับข้าวของแต่ละชาติต่างก็มีประวัติศาสตร์อันยาวนาน

ระบบการปลูกข้าวในประเทศไทย

ระบบการปลูกข้าวในประเทศไทย แบ่งออกได้เป็น 3 ระบบตามสภาพพื้นที่ปลูก

1. การปลูกข้าวไร่ คือการปลูกข้าวบนที่ดอนและไม่มีน้ำขังในพื้นที่ปลูก พื้นที่ดอนส่วนมาก เช่น เขิงภูเขา มักจะไม่มีระดับ คือสูงๆต่ำๆ จึงไม่สามารถไถเตรียมดินและปรับระดับได้ง่าย เหมือนกับพื้นที่ราบ เพราะฉะนั้น ชาวนามักจะปลูกแบบหยอดโดยขึ้นแรกทำการตัดหญ้า

และต้นไม้เล็กออก และทำความสะอาดพื้นที่ที่จะปลูกแล้วใช้หลักไม้ปลายแหลมเจาะดินเป็นหลุมเล็กๆ แล้วหยอดเมล็ดพันธุ์ลงในต่อหลุม หลังจากหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวแล้ว ก็ใช้เท้ากลบดินปากหลุม เมื่อฝนตกลงมาหรือเมล็ดได้รับความชื้นจากดินก็จะงอกและเจริญเติบโตเป็นต้นข้าว เนื่องจากที่ดอนไม่มีน้ำขังและไม่มีการชลประทาน การปลูกข้าวไร่จึงต้องใช้น้ำฝนเพียงอย่างเดียว พื้นที่ที่ปลูกข้าวไร่จะแห้งและขาดน้ำทันทีเมื่อสิ้นฤดูฝน ดังนั้นการปลูกข้าวไร่จะต้องใช้พันธุ์ข้าวที่มีอายุเบา โดยปลูกในต้นฤดูฝน และแก่เก็บเกี่ยวได้ในปลายฤดูฝน การปลูกข้าวไร่ ชาวนาจะต้องหมั่นกำจัดวัชพืช เพราะที่ดอนมักจะมีวัชพืชมากกว่าที่ลุ่ม เนื้อที่ที่ใช้ในการปลูกข้าวไร่ในประเทศไทยมีจำนวนน้อย และมีปลูกมากเฉพาะในภาคเหนือและภาคใต้ ส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลางปลูกข้าวไร่น้อยมาก

2. การปลูกข้าวนาหว่าน มีวิธีการทำได้หลายวิธี เช่น

2.1 การปลูกแบบหว่านแห้งหรือหว่านสำรวยหลังจากที่เกษตรกรไถดะ ไถแปร แล้วก็หว่านเมล็ดแห้งเลยเมล็ดข้าวที่หว่านจะตกลงไปอยู่ตามซอกก้อนดิน เกษตรกรบางรายที่มีแรงงาน อาจจะคราดกลบอีกครั้งหนึ่ง แต่บางรายก็ไม่มีการคราดกลบ ในแหล่งที่สามารถระบายน้ำเข้าได้ ให้ระบายเข้าช้าๆ ถ้าระบายเร็วเกินไป เมล็ดจะลอยไปอยู่ปลายน้ำหมด

2.2 การปลูกแบบไถหว่านหลังจี่ไถในบางครั้งหลังจากที่ไถดะแล้วฝนมาเร็วไม่สามารถไถแปรและคราดได้ทันทีอาจจะเอาเมล็ดข้าวแห้งมาหว่านบนหลังจี่ไถได้เลยแต่เมล็ดพันธุ์อาจได้รับความเสียหายจากนก หนู มาก

2.3 การปลูกข้าวแบบหว่านเทือกหรือหว่านข้างออกหรือการทำนาหว่านน้ำตมแผนใหม่ วิธีการเตรียมดินเช่นเดียวกับแปลงตกกล้าหรือแปลงปักดำทั่วๆ ไปต่อเมื่อทำเทือกหรือปรับเทือกให้เสมอกันครั้งสุดท้ายแล้ว ต้องปล่อยน้ำออกให้แห้ง จากนั้นให้จักรรองหรือทำร่องให้เป็นแปลงย่อย ที่มีความกว้าง 3-4 เมตร เพื่อให้เทือกแห้งดียิ่งขึ้นเสร็จแล้วนำข้างออกที่เตรียมไว้แล้วมาหว่านลงในแปลงย่อยๆ นั้น

2.4 การปลูกข้าวแบบหว่านข้างออก หรือการปลูกแบบนาหว่านน้ำตมในพื้นที่บางแห่งเป็นที่ลุ่มไม่สามารถระบายน้ำออกได้และบางแห่งดินเปรี้ยวด้วย เตรียมดินเหมือนกับทำนาดำแล้วทิ้งไว้ตกตะกอนเพื่อให้ น้ำที่ขังอยู่นั้นใสในระหว่างที่ตกตะกอนนั้นให้รับหว่านข้างออกลงไป เมล็ดข้าวซึ่งหนักกว่าตะกอนจะตกถึงผิวดินก่อน และตะกอนนั้นจะตกลงไปทับเมล็ดข้าวอีกทีหนึ่งทำให้น้ำไม่สามารถพัดพาเมล็ดข้าวออกลอยไปที่อื่นได้ เมื่อตะกอนตกหมดแล้วน้ำจะใสทำให้เมล็ดข้าวได้รับแสงแดดที่ผ่านน้ำลงไป ข้าวก็จะเริ่มงอกและเจริญเติบโตต่อไป

3. การปลูกข้าวนาดำหมายถึง ปลูกข้าวที่ต้องมีการเพาะเมล็ดข้าวหรือตกกล้าในแปลงขนาดเล็กเสียก่อน แล้วจึงถอนต้นกล้าเอาไปปักดำในแปลงใหม่ วิธีการแบบนี้ ถ้าพิจารณากัน

ในด้านผลผลิตแล้วจะสูงกว่าการทำนาโดยวิธีอื่นหลังจากทำการปลูกข้าวแล้ว ชาวนาต้องให้การดูแลรักษาต้นข้าวในนาเป็นอย่างดีจนกระทั่งเก็บเกี่ยว เช่น การป้องกันวัชพืชโรคและแมลงต่างๆ ไม่ให้ทำลายต้นข้าว ซึ่งอาจจะทำให้ผลผลิตลดลงได้นอกจากนั้น ก็ต้องดูแลให้ปุ๋ยแก่ต้นข้าว อันเปรียบเสมือนอาหารเสริมจากอาหารที่ต้นข้าวได้รับจากดิน น้ำ และอากาศ

รูปแบบการปลูกข้าวที่มีการพัฒนาเพื่อประหยัดน้ำ

รูปแบบการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง

รูปแบบการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง Alternate Wetting and Drying (AWD) เป็นเทคโนโลยีพัฒนาขึ้นมาเพื่อที่ประหยัดน้ำในการทำนาข้าวในสภาพพื้นที่ลุ่ม เกษตรกรสามารถนำไปปฏิบัติในการลดการใช้น้ำในการทำนาข้าว ในเขตชลประทาน AWD คือ การตรวจสอบความลึกของน้ำเมื่อมีการปล่อยน้ำเข้าแปลงนาข้าว หลังจากการปล่อยน้ำเข้าแปลงนา ความลึกของน้ำหลังจากท่วมก็จะค่อยๆ ลดลง และเมื่อความลึกของน้ำลดลงไปถึงระดับ 15 ซม. ด้านล่างผิวของดินก็จะทำการปล่อยน้ำเข้านาอีกครั้ง ให้น้ำท่วมทั่วแปลงที่ระดับ 5 ซม. หลังจากเมื่อดอกเริ่มบานหนึ่งสัปดาห์ ควรที่จะรักษาระดับน้ำที่ 5 ซม. จนกว่าเมล็ดข้าวจะสุกแก่จึงทำการลดระดับน้ำลงอีกครั้งที่ 15 ซม.

การปลูกข้าวแบบเปียกสลับแห้งในประเทศไทย Alternate Wetting and Drying in Thailand (AWD)

“ระบบผลิตเปียกสลับแห้ง แก่ลงข้าว” คือ การควบคุมระดับน้ำในแปลงนา+การผสมผสานเทคโนโลยีที่ทำได้ด้วยตัวเอง

“เปียกสลับแห้ง แก่ลงข้าว”

เปียก คือ มีน้ำท่วมขัง สูง 5-10 เซนติเมตร หรือราดผ่าน

สลับ คือ เปลี่ยนบรรยากาศ

แห้ง คือ ดูระดับจากน้ำในท่อ ค่อยๆ ลดลงไปถึง 15 เซนติเมตร ประกอบอาการใบข้าว เหี่ยวชั่วคราว (เข้าใบตั้ง บ่ายใบโค้ง)

แก่ลงข้าว คือ การกระตุ้นโดยใช้ระดับน้ำแห้ง เพื่อดึงศักยภาพต้นข้าวตามธรรมชาติมาใช้ในการออกรากหาอาหาร การแตกกอ สร้างความแข็งแรงต้านทานโรคและแมลง สร้างผลผลิตอย่างเต็มประสิทธิภาพ ทำได้ตั้งแต่ สัปดาห์ที่ 2-3 หลังปักดำ (ข้าวอายุ 39-60 วัน ปล่อยแห้ง 2 ครั้ง เว้นช่วงข้าวตั้งท้อง-ปล่อยให้แห้งก่อนการเก็บเกี่ยว 15 วัน)

ผลที่ได้รับ

1. ความชื้นที่โคนกอข้าว ต่ำ อุณหภูมิหน้าผิวดินจะสูง โรครา ต่างๆ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และแมลงต่างๆ ไม่ชอบ (ธรรมชาติไม่เอื้ออาศัย)
2. ต้นข้าวจะไม่อวบน้ำ ผนังเซลล์จะแข็งแรง เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล แมลงศัตรูข้าว ไม่ชอบ (ไม่ต้องทำน้ำหมักฉีดพ่น)
3. หน้าดินแตกกระแหง รากข้าวได้ออกซิเจนมากขึ้น ทำให้ต้นข้าวแข็งแรงต้านทานโรคและแมลง/มิได้เดือน มาช่วยย่อยอินทรีย์วัตถุในนา
4. ระบบราก ทำงานอย่างเต็มที่ มีการเกิดรากใหม่ หาดอาหารได้มาก ข้าว มีการแตกกอดี สังเกตสีรากข้าว จะขาว และยาว จำนวนมาก
5. หน้าดินได้มีเวลาเซตตัว ลดปริมาณการใช้น้ำในแปลงนาข้าวลง ช่วยลดปัญหานาห่ม ดูแลและทำงานในแปลงนาได้ง่าย
6. หลังจากหน้าดินแตก ก็ค่อยใส่ปุ๋ยลงไปในนา ปุ๋ยจะลงไปในรอย crack (เหมือนกับการฝังปุ๋ยไว้ในดิน ทำให้รากข้าวดูดซึมสารอาหารได้เต็มที่ การใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพมากขึ้น) ดีกว่าการหว่านแบบเดิม ที่มีปุ๋ยอยู่บนหน้าดิน รากไม่เจอปุ๋ย และทำให้รากข้าวลอย มีการคายปุ๋ย ออกไปในอากาศ ข้าวไม่ได้สารอาหารเต็มที่/การใช้แทนแคว เพื่อคลุมหน้าดิน เป็นปุ๋ยพืชสด ตรึงไนโตรเจนจากอากาศ และเป็นอาหารเปิด
7. เติมน้ำลงในแปลงนา ปุ๋ยที่อยู่ในดิน ละลายน้ำ ต้นข้าวกินอย่างหิวกระหายและต้นข้าวแข็งแรง การใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพ
8. หากมีหญ้าขึ้นระหว่างแถว ก็พรวนดิน เพิ่มออกซิเจนให้รากข้าว กำจัดหญ้าพร้อมฝังปุ๋ยไว้ในนา ไปในตัว ด้วย Rotary weeder พรวนเก็บหญ้าในแปลงนา ก่อนปล่อยให้นาแห้ง หรือถ้ามีหญ้าขึ้น ตามหลัง ก็เก็บด้วย Aigamon เครื่องตัดหญ้าในร่องนาดำ

ตาราง 1 แสดงการยกตัวอย่างเกษตรกรที่ทำนาแบบเปียกสลับแห้งที่ประสบผลสำเร็จ

ชื่อ และที่อยู่ เกษตรกร	รูปแบบการจัดการปุ๋ยและการจัดการน้ำ	ผลที่ได้
คุณศุภชัย ปิณฑุ แอดมินเพจขาวนา วันหยุด	ใช้ท่อแก๊สข้าว ผึ่งไว้ 1 ท่อ/1 แปลงนา เพื่อ ระดับน้ำได้ผิวดิน ทำให้ประหยัดน้ำในการทำ ข้าวไม่ตาย ได้ผลผลิตเพิ่ม และปล่อยให้น้ำแห้ง ในระยะแตกกอ → หว่านปุ๋ยตอนแห้ง → เติมน้ำ ให้ดินชุ่ม ผึ่งปุ๋ยในดิน : ใช้ปุ๋ยพืชสด โดย ใช้ แห่นแดงพรางแสงไม่ให้หญ้าเกิดในนาข้าว ช่วย เพิ่มไนโตรเจน → หว่านแห่นแดงช่วงปักดำได้ 7-10 วัน	ทำได้เฉลี่ยในเกือบทุกพื้นที่ ที่เคย ทำ ได้ผลผลิตข้าว จำนวน 800 กก./ไร่ ได้มากที่สุด 1,200 กก./ไร่
คุณมัย อนุภา ปัญญา ดิลก ขาวนาวิชัย ล้าน ต.หาดท่าเสา อ.เมือง จ.ชัยนาท	ใช้ท่อแก๊สข้าว ผึ่งไว้ 1 ท่อ/1 แปลงนา เพื่อ ระดับน้ำได้ผิวดิน ทำให้ประหยัดน้ำในการทำ ข้าวไม่ตาย ได้ผลผลิตเพิ่ม และปล่อยให้น้ำแห้ง ในระยะแตกกอ → หว่านปุ๋ยตอนแห้ง → เติมน้ำ ให้ดินชุ่ม ผึ่งปุ๋ยในดิน : ใช้ปุ๋ยพืชสด โดย ใช้ แห่นแดงพรางแสงไม่ให้หญ้าเกิดในนาข้าว ช่วย เพิ่มไนโตรเจน → หว่านแห่นแดงช่วงปักดำได้ 7-10 วัน	ทำนาประมาณ 30 ไร่ ได้ผลผลิต ข้าว เกือบ 40 ตัน เฉลี่ย ได้ผลผลิต ข้าว จำนวน 1,333 กก./ไร่
ลุงลำพอง ผู้วงษ์ เกษตรกร จ.ชัยนาท	ทำนาวิธีเปียกสลับแห้ง	โดยได้คุณภาพข้าวและคุณภาพ ชีวิต คือ 5 ลด → ลดเมล็ดพันธุ์ → ลดปุ๋ย → ลดสารเคมี → ลดน้ำ → ลดแรงงาน 5 เพิ่ม → เพิ่มคุณภาพข้าว → เพิ่มปริมาณ ผลผลิต → เพิ่มกำไรและทุน สะสม → เพิ่มคุณภาพชีวิต → ความสามัคคีในชุมชน จากปกติ ได้ผลผลิตข้าวจำนวน 80 ถึง/ไร่ เพิ่มขึ้นมาเป็น 90 ถึง/ไร่
นายกมล สังข์อ่อน ต.เขาหิน อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์	ทำไร่นาสวนผสม โดยวิธีเปียกสลับแห้ง ตอน แรกใช้เคมีล้วน จากนั้นใช้เคมีผสมอินทรีย์และ นอกจากนั้นก็ใช้ปุ๋ยหมักผสมเข้าไปด้วย ส่วนฟาง ข้าวจะไม่ใช้วิธีการเผาแต่ใช้เวลามาก กว่าจะได้ ผลผลิตดี	ทำนา 30 ไร่ ปรากฏว่าได้ผลผลิตดี ขึ้น

ตาราง 1 (ต่อ)

ชื่อ และที่อยู่ เกษตรกร	รูปแบบการจัดการปุ๋ยและการจัดการน้ำ	ผลที่ได้
นายอุทัยพงษ์ เกษธิระ กุล อ.บรรพตพิสัย จ.นครสวรรค์	การบริหารจัดการนา เพียงแค่เตรียมดิน-น้ำเข้านา และเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าว ส่วนการดูแลข้าวนั้น ปัจจุบันมีเทคโนโลยีต่างๆเข้ามาผสมผสานใน การทำงานมากขึ้น รวมทั้งยังได้ค้นพบวิธีการทำ นาแบบเปียกสลับแห้งแก่กล้าข้าวจากแฟนเพจ " ชาวนาวันหยุด " มาประยุกต์ใช้ แต่การทำนา ยังคงใช้สารเคมีบ้าง แต่ได้พยายามปรับเปลี่ยน และหันมาทำเกษตรอินทรีย์	พื้นที่นา 100 กว่าไร่ ซึ่งทำให้ ได้ผลผลิตสูงกว่า 1 ตัน/ไร่ และได้ กำไรต่อไร่กว่าหนึ่งหมื่นบาทโดย ลงทุนไปเพียงไร่ละ 4 พันบาท เท่านั้น
วิศวกรชานา ลุง สำออง ขาญนารถ ชาวนามีอาชีพ วัย 80 ปี หมู่ 4 ต.ท่าไม้ อ.ชุมแสง จ.นครสวรรค์	ผู้พัฒนาค้นแบบเครื่องหยอดแถวคุ้มกล้าต่อพ่วง รถไถนา ใช้แทนแรงงานคนในนาข้าวเต็ม ระบบเปียกสลับแห้งแก่กล้าข้าว	ได้ผลผลิตดี เป็นที่น่าพอใจ
คุณทองคำ อินพรหม ชาวนามีอาชีพ อ.แม่ สาย จ.เชียงราย	1. เตรียมเมล็ดพันธุ์ หากใช้เมล็ดพันธุ์เดิมๆซ้ำๆ จะทำให้ข้าวไม่ดีต้นข้าวอ่อนแอ 2. เตรียมดิน ใช้เครื่องจักรในการไถนา 3. ปุ๋ยใช้ มูลวัวควาย + ปุ๋ยเคมี 4. การปลูกข้าว เมื่อข้าวได้ 1 เดือน ให้เอาน้ำออก ให้ดินแตกกระแหง ให้รู้จักการให้น้ำปล่อยเข้า ตอนไหน ปล่อยออกตอนไหน 5. ต้องมีเปิดและแหนแดง	ผลผลิตที่ได้ต่ำสุด 800 กก./ไร่
คุณสนุ่น สะหมิเพชร อ.เก้าเลี้ยว จ. นครสวรรค์	ใช้วิธีเกี่ยวข้าวเสร็จ ให้ตีเทือกเลย โดยตีเทือกเป็น ตารางหมากรุก รอยแรกให้ตีไปตามทางตัดขวาง กับรอบเกี่ยว พอตีรอยแรกเสร็จเป็นการปันหยาบ ต่อไปก็ตีรอยสอง ให้ตีตามรอบเกี่ยว เสร็จแล้ว ปล่อยไว้ 1 คืน วันรุ่งขึ้นปลูกได้เลย ใช้ต้นข้าวที่ ปลูก อายุ 20 วัน ในการดำก็ไม่มีปัญหา ตีเทือก เสร็จ ดำเสร็จ ไม่ต้องปล่อยน้ำทิ้งปล่อยแห้งได้ เลย ซึ่งจะสอดคล้องกับวิธีการทำแห้งสลับเปียก	เมื่อก่อน ได้ผลผลิต เกือบตัน เพราะใช้ยาและปุ๋ยมาก ทำให้กำไร เหลือน้อย ต้นทุนสูง ปัจจุบันเมื่อ ใช้วิธีการดังกล่าว ทำให้ได้ผลผลิต 70-80 ถัง ถือว่าได้ผลผลิตน้อย กว่าเดิม แต่ประหยัดต้นทุนและได้ กำไรมากกว่าเดิม

ระบบการผลิตข้าวแบบ System of Rice Intensification (SRI)

ระบบการผลิตข้าวแบบ System of Rice Intensification (SRI) เป็นวิธีการที่ถูกพัฒนาโดย Fr. Henri de Laulanie, S. J. ระบบการผลิตข้าวแบบ SRI ให้ความสำคัญกับศักยภาพที่แท้จริงของต้นข้าว ดังนั้นในการปลูกจึงพยายามที่จะสร้างสภาพแวดล้อมใหม่ที่เอื้อต่อการแสดงศักยภาพของต้นข้าวอย่างเต็มที่ ตั้งแต่การเตรียมกล้าอายุกล้า ที่ระยะ 8-12 วัน(2 ใบ) ลักษณะของการเตรียมดิน วิธีการย้ายปลูกแบบตัว L แทนการปักดำ ใช้ หนึ่งต้นต่อหลุม ระยะระหว่างหลุมที่เท่ากัน และการจัดการน้ำโดยปล่อยให้หน้าดินแห้งและเปียกสลับกันจนกระทั่งถึงระยะก่อนออกรวงเล็กน้อย จึงปล่อยน้ำท่วมประมาณ 1-2 ซม.

การควบคุมน้ำในแปลงนา

การระบายน้ำการทำให้น้ำแห้งต้องให้น้ำสามารถออกจากนาได้น้ำที่ไหลเร็วจะเอาออกซิเจนออกไปมากกว่าน้ำที่ค่อยๆ ไหลออก หรือค่อยๆ ลดลง

1. ทำความสะอาดคูคลองระบายน้ำขุดเจาะออกให้กว้างขึ้น
2. การวางท่อหรือขุดคูรอบแปลงจะคุ้มค่าเพราะทำให้น้ำไหลออกง่ายขึ้นใช้น้ำให้น้อยที่สุด
3. ขณะดำนาให้ใช้น้ำแต่น้อยให้มากพอที่จะทำให้ดินเป็นโคลนเท่านั้น
4. ขณะที่ข้าวแตกกอปล่อยให้แปลงข้าวแห้งลงไปบนเนื้อดิน ไม่ต้องกังวลเรื่องรอยแตกบนผิวโคลน
5. ให้น้ำท่วมเฉพาะตอนที่ข้าวเริ่มออกรวง ปล่อยให้น้ำท่วมตื้นๆ จนถึงระยะที่ข้าวเริ่มตั้งท้องให้น้ำสูงเพียง 1-2 เซนติเมตร อย่าให้มากกว่านั้น อย่าให้น้ำท่วมมาก่อนข้าวจะเริ่มออกรวง
6. ทนที่ที่ต้นข้าวเริ่มลู่ลงเพราะน้ำหนักของเมล็ดข้าว ให้ปล่อยน้ำออกจากนาจนกว่าจะแห้งและถึงเวลาเก็บเกี่ยว

การทำนาให้น้ำแห้ง (2-3 เดือนแรก) เมื่อต้นกล้าเริ่มแตกหน่อ (เดือนแรก) ต้นข้าวต้องการเพียงความชื้นและการทำให้แห้งก็มีผลดีต่อการเพิ่มผลผลิต ต่อไปนี้คือ วิธีการพื้นฐาน 3 วิธีที่ควรใช้ตามแต่สภาพภูมิอากาศและสภาพการระบายน้ำออกจากนา

1. เลื่อนเวลาการทน้ำเข้านา หลังจากปักดำแล้วและระหว่าง 2 เดือนแรก อย่าเพิ่งทน้ำเข้านาให้รดน้ำก่อนการกำจัดวัชพืชนั้น เพื่อให้ดินรักษาความชื้นไว้ได้ (ระหว่างนี้ดินควรจะค่อนข้างเปียก) วิธีนี้ดีที่สุดและง่ายมาก

2. จัดการให้น้ำแห้งชั่วคราว ทุกสัปดาห์หรือเมื่ออากาศอำนวยให้น้ำแห้งครั้งละ 2-6 วัน
3. ให้รดน้ำเข้านาสูง 2 เซนติเมตร ทุกเช้าทุกวันอย่างสม่ำเสมอและปล่อยให้น้ำแห้งในตอนบ่าย

ข้อควรจำในการทำให้น้ำแห้ง

1. การจัดการน้ำในรูปแบบนี้ช่วยลดการสูญเสียพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ ซึ่งถูกผิวน้ำในนาสะท้อนออกไป ข้าวก็เช่นกันกับพืชอื่นๆ ย่อมเติบโตอย่างรวดเร็วหากได้รับความอบอุ่นมากขึ้น ดังนั้นหากนาข้าวไม่ถูกน้ำท่วมจะดีกว่าจะได้ใช้ความอบอุ่นได้มากขึ้นในขณะเดียวกันก็ได้ออกซิเจนแก่รากมากขึ้นด้วย
2. นอกจากนั้นการประหยัดน้ำก็เป็นสิ่งที่ดีและการใช้เวลานานในการทำให้น้ำแห้งจะช่วยลดก๊าซมีเทนด้วย
3. ให้ระมัดระวัง หากนาข้าวเดิมหรือเป็นทราย จุดสำคัญ (น้ำ) การทำให้น้ำแห้งนั้น ต้องให้แห้งลึกลงไปดิน และมีรอยแตกบนผิวโคลน แต่อย่าลืมน้ำเข้านาทันทีที่ข้าวเริ่มออกรวงในช่วงที่ต้นข้าวเจริญเติบโตไม่ควรให้น้ำขังในแปลงนาแต่มีการให้น้ำโดยการปล่อยน้ำเข้าออกในบางครั้งควรปล่อยที่นาให้แห้งจนดินแตก การปล่อยให้ผืนนาแห้ง เช่น นี้ช่วยให้ข้าวได้รับแสงแดดอย่างเพียงพอเป็นผลให้กระบวนการสังเคราะห์แสงมีประสิทธิภาพสูงแต่เมื่อข้าวเริ่มออกรวงให้ขังน้ำไว้ในแปลงนา 1-2 เซนติเมตร และปล่อยน้ำออกก่อนทำ การเก็บเกี่ยว 20 วัน

ระบบการปลูกข้าวแบบแอโรบิก

ข้าวแอโรบิกเป็นการจัดในสภาพพื้นที่ที่มีการขาดน้ำ มีการจัดการเหมือนข้าวโพดข้าวสาลี

1. การปลูกข้าว ทำการไถแปลงแบบแห้ง ทำการหว่านเมล็ด โดยการหว่านแบบแห้ง โดยที่หว่านตามร่องที่ทำการคราดไว้ ที่ความลึก 1-2 ซม. รักษาระยะห่างระหว่างแถวประมาณ 25-35 ซม. ต่อแถว
2. การให้น้ำ จำเป็นที่จะต้องประหยัดน้ำเพราะขาดแคลนน้ำ อาจจะให้น้ำแบบร่องหรือนิคมการให้น้ำควรที่จะเพียงพอที่จะรักษาความชุ่มชื้นในดินที่สภาพความจุสนาม (30-40 กิโลปาสกาล) อาจจะมองที่รอยแตกของดินหรือที่สภาพใบของข้าวในฤดูแล้งการให้น้ำ (ประมาณ 30 มิลลิเมตร) เป็นนำไปให้หลังหยอดเมล็ดเพื่อส่งเสริมการงอกของเมล็ด

3. การให้ปุ๋ย การให้ปุ๋ยทำการแบ่งใส่ประมาณ 3 ครั้ง ช่วงแรกที่ 10-12 วัน หลังจากที่มีผลดอกเพื่อลดการเกิดการสูญเสียไนโตรเจนจากการชะล้าง ช่วงที่สองที่ระยะการแตกกอและช่วงที่สามที่ช่อดอกกำลังเริ่มต้น

ความต้องการน้ำและการใช้น้ำของพืช

น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญมากปัจจัยหนึ่งต่อการเพาะปลูกพืชเพื่อให้ได้รับผลผลิตและคุณภาพสูง เพราะน้ำเป็นส่วนประกอบของทุกเซลล์ในต้นพืช ประมาณ 90% ของน้ำหนักสดของต้นพืชคือส่วนที่เป็นน้ำ น้ำยังเป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์แสงเพื่อให้ได้โมเลกุลน้ำตาลซึ่งจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแป้ง โปรตีน ไขมัน รวมทั้งเกลือแร่ต่างๆ ในการสร้างผลผลิตและสร้างคุณภาพ นอกจากนี้ น้ำยังมีบทบาทต่อการลดอุณหภูมิและรักษาอุณหภูมิภายในต้นพืชที่ทำให้ขบวนการทางชีวเคมีภายใน ต้นพืชสามารถดำรงอยู่ได้โดยปกติ โดยผ่านขบวนการทางสรีรวิทยาที่สำคัญ คือการคายน้ำ (Transpiration) ถ้าพืชได้รับน้ำในปริมาณที่พอเพียงกับความต้องการ พืชจึงมี โอกาสที่จะเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงสุด และได้คุณภาพดีที่สุด

ความต้องการน้ำของพืชหมายถึง ปริมาณน้ำที่พืชใช้ไประหว่างการเจริญเติบโตและดำเนินกิจกรรมต่างๆ และการสูญเสียน้ำ ที่เกิดจากการระบวนการคายน้ำ (Transpiration) ซึ่งการคายน้ำเป็นกระบวนการที่ จำเป็นอย่างยิ่งในการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้แล้วยังมีการสูญเสียน้ำจากการระเหยของน้ำ (Evaporation) จากผิวดิน ระหว่างทรงพุ่มของพืชด้วย และเป็นการยากที่จะแยกการสูญเสียน้ำจาก สองส่วนนี้ออกจากกัน จึงเรียกรวมการสูญเสียน้ำจากการคายน้ำของพืชและการระเหยจากผิวดินว่าการคายระเหย (Evapotranspiration) และถือว่าการคายระเหยนี้คือการใช้น้ำของพืช การใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกันในแต่ละช่วงของพัฒนาการ อายุพืช สภาพแวดล้อมภายในสวน เช่น ความชื้นในดิน สภาพอากาศ หรือฤดูกาลต่างๆ

การให้น้ำในนาข้าว

การทำนาข้าวแบบดั้งเดิมที่มีน้ำท่วมขังในแปลงในแถบเอเชีย มีการใช้น้ำประมาณ 700–1500 มิลลิเมตร สำหรับการเพาะปลูกหนึ่งฤดูกาล Bhuiyan (1992) โดยมีการใช้น้ำเพื่อการเตรียมแปลงประมาณ 150-250 มิลลิเมตร ใช้น้ำสำหรับการตกกล้าประมาณ 50 มิลลิเมตร ตลอดจนการคายระเหย การรั่วซึมต่างๆ ระหว่างช่วงการเจริญเติบโตของพืชอีกประมาณ 500-1200 มิลลิเมตร (5-12 มิลลิเมตรต่อวันสำหรับ 100 วัน) Guerra et al., (1998) ดังนั้นการใช้น้ำจริงของ

เกษตรกรในช่วงของการทำนาต่างๆ สูงกว่าความต้องการน้ำจริงของข้าว ซึ่งการใช้น้ำแบบนี้ก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำ ประมาณ 50-80% ของปริมาณน้ำที่ใส่ Sharma (1989) และจากการสำรวจของ Matthews et al. (1991) พบว่าจากพื้นที่ทำนาทั้งหมดทั่วโลกมีการทำนาแบบ 3 ครั้งต่อปีจำนวน 60% 2 ครั้งและหนึ่งครั้งต่อปีจำนวน 15 และ 25% ตามลำดับ รวมทั้งมีแนวโน้มการทำนามากขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจึงมีจำนวนมาก จากปัญหาดังกล่าวได้มีการศึกษาการจัดการน้ำแบบต่างๆ ได้แก่ Wu (1998) ได้ทดลองการใช้น้ำแบบ Shallowness, Wetness and Drying ในปี 2535-2536 ในนาข้าวประเทศจีนโดยให้น้ำท่วมขังที่ช่วงการเจริญต่างๆ ของพืชที่ระดับต่างกัน พบว่าสามารถประหยัดน้ำได้ 21.1% และมีผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น 11.4% ขณะที่ Barker et al (2004) รายงานว่าปี 2542 ประเทศจีนได้เริ่มพัฒนาเทคนิคการประหยัดน้ำชลประทาน (Water-Saving Irrigation Techniques, WSI) ในนาข้าว เพื่อให้มีการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ให้ผลผลิตดี ส่วน Tuong and Bouman (2003) ได้ศึกษาศักยภาพการเพิ่มผลผลิตน้ำในภาวะที่น้ำขาดแคลน โดยเน้นไปที่การเพิ่มขึ้นของผลผลิตต่อหน่วยน้ำ การลดปริมาณ การรั่วซึมต่างๆ และการระเหย รวมทั้งการนำน้ำฝนไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้ง Zhi (1998) พบว่าการจัดการน้ำแบบประหยัดเกิดจากการประยุกต์การให้น้ำท่วมขังในนาข้าวแบบมีระดับน้ำตื้น (Shallow Water Depth, SWD) และการให้น้ำข้าวมีสภาวะเปียกสลับแห้ง (Alternate Wetting and Drying, AWD) ซึ่งหมายถึง การให้น้ำท่วมขังในนาข้าวตามระดับที่กำหนดแล้วปล่อยให้น้ำแห้งจนดินมีความชื้นไม่ต่ำกว่าที่กำหนด จึงทำการให้น้ำใหม่จนถึงระดับที่ต้องการ

หลักของการให้น้ำแก่พืชปลูก

ในการกำหนดการให้น้ำแก่พืชเพื่อให้พืชเจริญเติบโตและให้ผลตอบแทนสูงนั้นจะคำนึงถึงว่า เมื่อไรจึงจะควรให้น้ำแก่พืชและให้เป็นปริมาณเท่าใด ซึ่งในทางปฏิบัติจะต้องคำนึงถึงปัจจัยที่กำหนด 3 ประการคือพืชดินและน้ำ ดังนี้คือ

1. ปริมาณน้ำที่พืชต้องการที่ช่วงเวลาต่างๆ ตลอดอายุพืช
2. ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินในเขตราก
3. ปริมาณของน้ำที่จะหามาทำการชลประทานได้

ปริมาณน้ำที่พืชต้องการที่ช่วงเวลาต่างๆ ตลอดอายุของพืชและความสามารถอุ้มน้ำของดินในเขตราก เป็นข้อมูลสำคัญเบื้องต้นซึ่งจะต้องนำมาใช้หาความถี่ในการให้น้ำและปริมาณน้ำที่จะต้องให้แต่ละครั้ง อย่างไรก็ตามในบางครั้งไม่สามารถให้น้ำแก่พืชได้เต็มจำนวนตามที่พืชต้องการเสมอไปเนื่องจากว่า น้ำที่มีอยู่นั้นมีจำนวนจำกัด หรือในขณะที่พืชกำลังต้องการน้ำนั้น ยัง

ไม่ถึงกำหนดส่งน้ำจากโครงการชลประทาน ดังนั้นจึงต้องทราบด้วยว่าจะมีน้ำที่สามารถให้แก่พืชได้อย่างแน่นอนเท่าไรและมีกำหนดการส่งน้ำมาอย่างไร เพื่อจะได้จัดเวลาที่ยอมให้พืชขาดน้ำอยู่ในช่วงที่จะกระทบกระเทือนต่อผลผลิตน้อยที่สุด หรือถ้ามีน้ำอย่างเพียงพอแต่ไม่ตรงกับที่พืชต้องการจะได้จัดเตรียมเก็บกักน้ำไว้ใช้ในช่วงที่มิได้มีการส่งน้ำด้วย พืชที่กำลังเจริญเติบโตย่อมมีการใช้น้ำอยู่ตลอดเวลา อัตราการใช้น้ำจะขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืช อุณหภูมิ และสภาพของภูมิอากาศอื่นๆ การให้น้ำแก่พืชในแต่ละครั้ง ปริมาณที่ให้อาจเพียงพอกับความต้องการน้ำของพืชไปจนกว่ากำหนดการให้น้ำคราวหน้า พืชเกือบทุกชนิดจะให้ผลผลิตลดลง หรือคุณภาพเลวลง ถ้ามีการขาดน้ำในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ช่วงเวลาที่เมื่อมีการขาดน้ำ แล้วจะก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิตมากที่สุดเรียกว่าช่วงวิกฤติ (critical period) ดังนั้นในช่วงเวลาดังกล่าวจะต้องคอยรักษาดินให้มีความชุ่มชื้นอยู่เสมอ

ตาราง 2 ข้อมูลการใช้น้ำของข้าวในภาคต่าง ๆ ของประเทศไทยจากเอกสารคำแนะนำของส่วนเกษตรชลประทาน

ที่	ชื่อพืช/ภาค	อายุพืช (วัน)	จำนวนวันที่ต้องส่งน้ำ	ค่าการระเหยเฉลี่ย (มม.)	ค่าET/E (KP)	การใช้น้ำของพืชต่อวัน มม.	การให้น้ำของพืชตลอดอายุ มม.	ลูกบาศก์เมตรต่อไร่
ภาคเหนือ (เฉลี่ย 16 จังหวัด)								
1	ข้าว กข.	110	86	5	1.3	8	668	1,101
2	ข้าวขาวดอกมะลิ	110	86	5	1.14	7.2	619	990
3	ข้าวบาสมาดิ	110	86	5	1.2	7.9	679	1,086
4	ข้าวสาลี	110	86	5	0.71	3.5	301	482
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (เฉลี่ย 17 จังหวัด)								
1	ข้าว กข.	110	86	5.4	1.3	8.52	732.1	1,172.40
2	ข้าวขาวดอกมะลิ	110	86	5.4	1.14	7.66	658.4	1,053.50
3	ข้าวบาสมาดิ	110	86	5.4	1.29	8.47	728.1	1,164.90
4	ข้าวสาลี	110	86	5.4	1.71	3.34	329.7	527.6
ภาคกลาง (เฉลี่ย 17 จังหวัด)								
1	ข้าว กข.	110	86	5.3	1.3	8.52	732.7	1,155
2	ข้าวขาวดอกมะลิ	110	86	5.3	1.14	7.66	658.4	1,032
3	ข้าวบาสมาดิ	110	86	5.3	1.29	8.48	728.1	1,142
4	ข้าวสาลี	110	86	5.3	0.71	3.34	329.7	523

ตาราง 2 (ต่อ)

ที่	ชื่อพืช/ภาค	อายุพืช (วัน)	จำนวนวันที่ ต้องส่งน้ำ	ค่าการ ระเหยเฉลี่ย (มม.)	ค่าET/E (KP)	การใช้น้ำ ของพืชต่อ วัน มม.	การใช้น้ำของ พืชตลอดอายุ มม.	ลูกบาศก์ เมตรต่อ ไร่
ภาคตะวันออก (เฉลี่ย 8 จังหวัด)								
1	ข้าว กข.	110	86	5.3	1.3	7.87	677	1,083
2	ข้าวขาวดอกมะลิ	110	86	5.3	1.14	7.09	609	975
3	ข้าวบาสมาดิ	110	86	5.3	1.29	7.82	673	1,076
4	ข้าวสาลี	110	86	5.3	0.71	3.48	299	479
ภาคใต้ (เฉลี่ย 14 จังหวัด)								
1	ข้าว กข.	110	86	5	1.3	8	668	1,101
2	ข้าวขาวดอกมะลิ	110	86	5	1.14	7.2	619	991
3	ข้าวบาสมาดิ	110	86	5	1.2	7.95	684	1,094
4	ข้าวสาลี	110	86	5	0.71	3.55	305	488

ที่มา: ไสว (ม.ป.ป)

ผลของการจัดการน้ำต่อผลผลิตข้าว

สำหรับผลกระทบต่อผลผลิตข้าวจากการจัดการน้ำแบบต่างๆ นั้น Fang et al. (1996) สรุปว่า ผลผลิตข้าวสูงได้โดยไม่ต้องให้น้ำท่วมในนาตลอดเวลา และความชื้นที่ต้องการในเขตรากเพียง 70–80% ของความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้เท่านั้น ส่วน Minamikawa and Sakai (2005) พบว่าผลผลิตข้าวจากการทำนาโดยวิธีระบายน้ำกลางฤดูควบคู่ไปกับการให้น้ำเป็นช่วงๆ (Intermittent Irrigation) ให้ผลผลิตมากกว่าการจัดการน้ำแบบระบายน้ำกลางฤดู (Midseason drainage) เพียงอย่างเดียว และการให้น้ำท่วมขังตลอดเวลา (Continuous Flooding) ตามลำดับ ส่วนการทดลองของ Li (1999) เสนอว่า ผลผลิตข้าวและประสิทธิผลการใช้น้ำ ซึ่งได้แก่ ผลผลิตข้าวต่อปริมาณน้ำที่ข้าวใช้ (Yield per Unit of Water Consumption, WP1) รวมทั้งผลผลิตข้าวต่อปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งให้ข้าว (Yield per Irrigation Water Use, WP2) ที่เทคนิคการจัดการน้ำต่างๆ ให้ผลต่างกัน โดยชี้ให้เห็นว่า ผลผลิตข้าวสามารถเพิ่มขึ้นจากการจัดการน้ำแบบดั้งเดิมน้อยกว่า 9% แต่ประสิทธิผลการใช้น้ำเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยประสิทธิผลการใช้น้ำ WP1, WP2 ให้ค่าเพิ่มขึ้น 11–56% และ 11–69% ตามลำดับ ขณะที่ Shijing (1996) รายงานว่าค่า WP1 และ WP2 เพิ่มขึ้น 20–

30% และ 30-50% สำหรับเทคนิคการให้น้ำแบบประหยัสดังกล่าว นอกจากนี้ได้มีการทดลองเปรียบเทียบการให้น้ำแบบดั้งเดิมกับการให้น้ำแบบ SWD, AWD ใน 15 จังหวัดของประเทศไทย พบว่าปริมาณน้ำที่ใช้ลดลง 3–18% และ 7–25% นอกจากนี้ Kreye et al., (2007) พบว่าเทคนิคการประหยัสดสามารถประหยัดน้ำได้ 70% และ 50% ในปี 2544 และ 2545 ตามลำดับเมื่อเทียบกับการทำนาแบบดั้งเดิม

จากการทดลองของสถานีทดลองเกษตรชลประทาน กรมชลประทานพอประมวลและวิเคราะห์ได้ว่าการใช้น้ำชลประทานควรประกอบด้วยการใช้น้ำชลประทานเตรียมแปลงตกกล้าและน้ำใช้หล่อเลี้ยงต้นกล้าตลอดอายุ 20-30 วันประมาณ 210 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่และน้ำเตรียมแปลงทำเทือกปักดำอีกประมาณ 440 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ รวมน้ำใช้ช่วงระยะต้นกล้าและทำเทือกปักดำ 650 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่

ผลของสภาวะน้ำขัง

ปกติในสภาพที่พืชมีการเจริญเติบโตจำเป็นต้องมีการแลกเปลี่ยนแก๊สจากสภาพแวดล้อม และมีการใช้น้ำในระดับที่พอเหมาะกับการเจริญเติบโตและการคายระเหยน้ำ (evapo-transpiration) แต่ในสภาพน้ำขังทำให้ดินมีน้ำมากเกินไปจนทำให้พืชเกิดสภาวะ stress คือทำให้เกิดผลกระทบโดยตรงต่อการทำงานของรากพืช และส่งผลต่อไปยังส่วนของต้นพืช ซึ่งจะอธิบายดังต่อไปนี้

1. การตอบสนองทางสรีรวิทยาของพืชปลูกต่อสภาวะน้ำขัง

1.1 การเจริญเติบโตของรากและกระบวนการทางสรีรวิทยา

เนื่องจากในสภาพน้ำขังอากาศซึ่งอยู่ในช่องว่างในดินจะถูกแทนที่ด้วยน้ำ ทำให้การแลกเปลี่ยนอากาศจากบรรยากาศและดินถูกจำกัด ทำให้ดินอยู่ในสภาพซึ่งไม่มีออกซิเจน หรือ anaerobic condition นอกจากนี้ทำให้มีการสะสมของสารที่เป็นพิษต่อรากพืช เกิดกระบวนการ denitrification นอกจากนี้สภาพที่มีน้ำขังทำให้มีการใช้ O_2 ในเนื้อเยื่อทำให้มีปริมาณ ethylene เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นการลดลงของรากเมื่อปริมาณ O_2 ที่ลดลง หรือภายใต้สภาพที่ ethylene เพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่ารากข้าวเจริญได้ดีในสภาพน้ำขังและมีอัตราการสร้าง ethylene ในรากช้า ตรงกันข้ามพืชพวก white mustard จะมีอัตราการสังเคราะห์ ethylene เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

แต่มีพืชบางชนิดที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาวะ anaerobic จะเห็นว่ารากพืชบางชนิดสามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้นาน พบว่าบางพืชที่รากไม่สามารถทนต่อสภาพนี้ได้เนื่องจาก

N_2 ทำลายส่วนปลายราก (tap root) เช่น ที่พบในฝ้ายและถั่วเหลือง ซึ่งรากจะมีชีวิตรอดอยู่ได้เพียง 3 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ ตรงกันข้ามรากของข้าวโพดสามารถอยู่รอดได้นานถึง 70 ชั่วโมง และรากข้าวสามารถทนได้นานถึง 96 ชั่วโมง

นอกจากนี้สภาวะน้ำขังมีผลต่อการกระจายของระบบรากด้วย เช่น ข้าวสาลีในพื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินสูงที่มีการระบายน้ำไม่ดี ทำให้การดูดธาตุอาหารลดลงและผลผลิตลดลง แต่เมื่อมีการแก้ไขให้มีการระบายน้ำดีขึ้น ผลทำให้ความหนาแน่นรากเพิ่มมากขึ้นถึง 5 เท่า ส่วนข้าวสาลีที่ได้รับผลกระทบจากน้ำขังนอกจากจะมีรากน้อย ยังพบว่าระบบรากส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณผิวดินเท่านั้น สำหรับในพืชตระกูลถั่วพบว่าสภาวะน้ำขังมีผลทำให้การเกิดปมลดลงมาก และในสภาพที่ขาด O_2 ส่งผลกระทบท่อกระบวนการ nitrogen fixation

พืชบางชนิดเมื่ออยู่ภายใต้สภาพขาดน้ำจะมีการปรับโครงสร้างภายในราก เพื่อให้สามารถอยู่รอดได้ คือ มีการเพิ่มขนาดของ aerenchyma เพื่อช่วยให้มีการแพร่กระจายของแก๊สภายในรากเข้าไปในส่วนของ cortex เช่น ที่พบในบริเวณ 3-4 ซม. ถัดจากปลายรากของรากข้าว และข้าวสาลีที่อยู่ในสภาวะน้ำขัง

ปัญหาการขาดแคลนน้ำในการปลูกข้าว

ปริมาณการผลิตข้าวทั่วโลกที่มีการผลิตในพื้นที่ราบลุ่มในเขตชลประทานประมาณ 75% มีปริมาณลดลง เนื่องจากเกิดปัญหาปริมาณขาดแคลนน้ำ ทำให้ส่งผลกระทบต่อผลิต จึงจำเป็นต้องมีวิธีการที่จะประหยัดน้ำและยังสามารถเพิ่มผลผลิตของข้าว (Maclea et al. 2002) ซึ่งข้าวยังคงเป็นพืชที่มีความต้องการการใช้น้ำเป็นจำนวนมาก และปริมาณการใช้น้ำในนาข้าวของประเทศไทย โดยประมาณ 50% ของปริมาณน้ำในการชลประทาน ใช้ในการทำนาหรือการเกษตร (Cai and Chen, 2000) ในปัจจุบันน้ำเป็นทรัพยากรที่หายากมากขึ้นทุกวัน มีการคาดการณ์ว่าในปี 2025 แหล่งน้ำที่มีอยู่ในเอเชียจะมีปริมาณลดลง เมื่อเทียบกับปี 1990 (Guerra et al., 1998) และประชากรกว่าพันล้านคนจะอาศัยอยู่ในประเทศหรือภูมิภาคที่มีการขาดแคลนน้ำอย่างแน่นอนและสองในสามของประชากรโลกอาจจะอยู่ภายใต้เงื่อนไขของความเครียด (UNESCO Water, 2007) เนื่องจากการเจริญเติบโตของประชากรที่เพิ่มขึ้น การพัฒนาเมือง อุตสาหกรรม และการเกษตร (Belder et al., 2004; Bouman, 2007; Edward and David, 2008) การปลูกข้าวภายใต้สภาพน้ำท่วมขังอย่างต่อเนื่อง และวิธีการที่จะรักษาระดับความลึกของน้ำให้อยู่ในระดับที่ต้องการตลอดฤดูการปลูก ทำให้มีการใช้น้ำในปริมาณที่สูง จึงต้องพยายามหาวิธีที่จะประหยัดน้ำในการชลประทาน เนื่องจากน้ำมีปริมาณลดลงและจะส่งผลกระทบต่อการผลิตข้าว (Belder et al., 2004; Bouman et al., 2007)

เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำและการพัฒนาการผลิต จึงได้นำไปสู่การพัฒนารูปแบบการใช้น้ำแบบประหยัดน้ำ (Guerra et al., 1998) เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำและทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในการเกษตรยกตัวอย่างเช่น รูปแบบการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง (Bouman et al., 2001; Belder et al., 2004) การรักษาระดับความชื้นที่ดินอิมตัว (Borrell et al., 1997), (Ramasamy et al., 1997) การระบายน้ำในระหว่างการเพาะปลูก (Ramasamy et al., 1997) การปลูกข้าวแบบยกร่อง (Ockerby and Fukai, 2001) การปลูกข้าวแบบแอโรบิก (Bouman et al., 2006.) และเทคนิคการเพาะปลูกพืชที่ไม่ถูกน้ำท่วมขัง (Liu et al., 2005; Tao et al., 2006; Zhanget al., 2008; Lu et al., 2007) รูปแบบการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง (AWD) ถือเป็นรูปแบบการประหยัดน้ำในการชลประทานได้มีการนำไปใช้ในหลายพื้นที่ในประเทศจีน (Wu et al., 2006) ในเขตชลประทานการผลิตอาหารทางการเกษตร ผลิตประมาณ 40% ของอาหารทั้งหมด แต่ทรัพยากรของน้ำจืดทั้งสิ้นเปลืองประมาณ 69% ทั่วโลก การเติบโตของประชากรที่คาดว่าจะมีการเพิ่มความต้องการสำหรับธัญพืชรวมทั้งข้าวและข้าวสาลีโดย 1.27% ต่อปีระหว่าง 2000–2025 เพื่อตอบสนองความต้องการทางด้านอาหาร การชลประทานจึงต้องมีการเพิ่มขึ้นในการพัฒนาทรัพยากรน้ำจืด ประมาณ 17% ซึ่งในหลายพื้นที่ที่มีความแห้งแล้งและกึ่งแห้งแล้ง ทรัพยากรน้ำจืดจึงมีความสำคัญในภาคการเกษตร จึงมีความจำเป็นที่จะหาวิธีเพื่อลดการใช้น้ำและทำให้สามารถใช้ได้ทั้งภาคเมืองและอุตสาหกรรม (Doral Kemper, 2007)

การเปลี่ยนแปลงสภาพของดินจากดินแห้งที่มี การระบายอากาศดีไปเป็นดินน้ำขัง

การเปลี่ยนแปลงสภาพของดินจากดินแห้งที่มีการระบายอากาศดีไปเป็นดินน้ำขังจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติและกิจกรรมต่างๆ ในดินอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อดินมีน้ำขังกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินจะเปลี่ยนจากพวกที่ใช้ออกซิเจนไปเป็นพวกที่ไม่ใช้ออกซิเจน หลังจากดินมีน้ำขังระยะเวลาหนึ่งออกซิเจนที่มีอยู่ปริมาณมากจะถูกใช้ไปเป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกิจกรรมการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุจนหมดไป หลังจากนั้นจะมีการใช้สารรับอิเล็กตรอนชนิดอื่นแทน เช่น NO_3^- , MnO_2 , CH_3COCOOH หรือ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ เป็นตัวรับอิเล็กตรอนแทน กิจกรรมเหล่านี้จะทำให้ดินค่าศักย์รีด็อกซ์ลดต่ำลงเรื่อยๆ ซึ่งจะมีผลต่อลักษณะทางเคมีของดิน เช่น การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดินและการละลายได้มากขึ้นของไอออนบางชนิด เช่น เหล็กและแมงกานีส เป็นต้น นอกจากนี้ สภาพดินแห้งสลับกับน้ำขังที่เกิดเป็นประจำอย่างต่อเนื่อง จะทำให้เกิดกระบวนการ Ferrollysis ที่ทำให้แร่ดินเหนียวลูมิโนซิลิเกตเกิดการแตกตัวและมีการสร้างแร่ออกไซด์ ควอตซ์

และคลอไรด์ ซึ่งเป็นแร่เฉื่อยมากขึ้น สภาพการมีน้ำขังในบางฤดูกาลสลับกับดินแห้ง เป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้เปลี่ยนแปลงของแร่ดินเหนียวที่จะมีผลต่อพฤติกรรมการดูดซับและการปลดปล่อยสารมลพิษในดิน กระบวนการ Ferrololysis เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นจากสภาพการมีน้ำขังและดินแห้งสลับกันอย่างต่อเนื่องร่วมกับลักษณะดินเป็นกรด เมื่อดินมีน้ำขังโดย Fe_2^+ ที่เกิดขึ้นในสภาพรีดักชันไปไล่ที่ธาตุต่าง Na^+ , Ca_2^+ ที่จากส่วนที่แลกเปลี่ยนได้บนแร่ดินเหนียวและชะล้างออกจากหน้าตัดดินไปทันไบคาร์บอเนต และเมื่อดินแห้ง Fe_2^+ จะถูกออกซิไดซ์ไปเป็น Fe_3^+ และเกิดการไฮโดรไลซ์ปลดปล่อยโปรตอน หรือ H^+ ออกมา โปรตอนที่ถูกผลิตขึ้นนี้จะไปไล่ที่ Al_3^+ ในผลึกแร่ดินเหนียวออกมา ปรากฏการณ์ที่เกิดสลับกันไปอย่างต่อเนื่องนี้จะทำให้เกิดการแตกตัวของแร่ดินเหนียวอะลูมิโนซิลิเกต มีการสร้างแร่ออกไซด์ ควอตซ์และคลอไรด์ ซึ่งเป็นแร่เฉื่อยมากขึ้น ความสามารถในการเป็นตัวดูดซับของดินจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไป พบว่ามีกระบวนการ Ferrololysis เกิดขึ้นกับดินบางชนิดของประเทศเบลเยียมและฝรั่งเศส ที่ทำให้ดินมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแร่ดินเหนียวและกลุ่มเนื้อดิน พบว่า ดิน Xanthic Acrustox-Ustic Quartzpsamments-Oxyaquic Haplorthods ในบราซิล มีการสลายตัวของแร่ดินเหนียวและเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเนื่องจากกระบวนการ low pH and ferrololysis

น้ำในพืช

เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญในส่วนต่างๆ ของพืชและจำเป็นต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช ในสภาพธรรมชาติปริมาณน้ำที่มีอยู่ในพืชมีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำที่ถูกดูดไปจากดินผ่านต้นพืชและสูญเสียออกไปโดยการคายน้ำ สภาพที่น้ำในพืชมีการเปลี่ยนแปลงจนลดลงต่ำกว่าระดับที่เหมาะสมจะมีผลทำให้พืชสูญเสียความเต่งของเซลล์ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา และสภาวะขาดน้ำเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจะมีผลทำให้พืชเหี่ยวตายได้ ดังนั้นจำเป็นต้องมีการศึกษาน้ำในพืชดังต่อไปนี้

1. ศักย์ของน้ำ (Ψ Water Potential) คือพลังงานของน้ำ ซึ่งใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างดิน พืช และบรรยากาศ ซึ่งหมายถึง ความแตกต่างของศักย์ทางเคมีต่อหน่วยปริมาตรระหว่างน้ำที่ต้องการศึกษากับน้ำอิสระบริสุทธิ์ (pure water) ที่อุณหภูมิเดียวกัน หน่วยศักย์ของน้ำที่นิยมใช้ คือ bar (1 bar = 0.1 J/กรัม = 0.987 atm = 0.1 MPa) ปกติศักย์ของน้ำอิสระ ที่บริสุทธิ์มีค่าเป็นศูนย์ แต่ศักย์ของน้ำในเซลล์พืช มีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องด้วย คือมีอิทธิพลของ solute potential (π) pressure potential (P) และ matric potential (m) ดังนั้นศักย์ของน้ำในเซลล์พืชจึงมีสูตรดังนี้

$$\Psi_{\text{เซลล์พืช}} = \pi + P + m$$

แต่ปกติ m ในพืชมีค่าต่ำ ในการคำนวณจึงไม่นำมาคิดด้วย ดังนั้นสูตรที่นิยมใช้คือ

$$\Psi = \pi + P$$

2. ปริมาณน้ำในพืช (water content) เป็นค่าที่เหมาะสมในการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ คือ ปริมาณน้ำที่เซลล์เต่งตัว (full turgor) หรือน้ำหนักที่พืชเต่งตัว (fully turgid weight หรือ TW) ดังนั้นจึงมีการคำนวณค่าปริมาณน้ำสัมพันธ์ (relative water content หรือ RWC) ดังสูตร

$$RWC = \frac{(FW-DW)}{(TW-DW)} \times 100$$

เมื่อ FW = น้ำหนักสดของพืช

DW = น้ำหนักแห้งของพืช

จากหลักเกณฑ์ในการวัดน้ำในพืชโดยใช้ค่าศักย์ของน้ำ และปริมาณน้ำ จึงได้มีการพัฒนาวิธีการศึกษาสถานะน้ำในพืชเพื่อให้สามารถทำได้รวดเร็วและมีค่าถูกต้องขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการวัดศักย์ของน้ำในพืชจำเป็นต้องมีการศึกษาถึงองค์ประกอบศักย์ของน้ำ ดังนี้

1. การวัดศักย์ของน้ำ วิธีที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือวิธีใช้ pressure chamber โดยนำใบพืชที่มีก้านใบใส่ใน chamber โดยให้ก้านใบโผล่ออกมาแล้วให้ความดันจนถึงระดับที่ขับน้ำออกมาจากก้านใบ ความดันที่ระดับนี้มีค่าเท่ากับศักย์ของน้ำในใบพืช

2. การวัดค่า osmotic potential เป็นการวัดโดยใช้เครื่องมือ vapour pressure osmometer เพื่อวัดปริมาณ solute ที่มีอยู่ในน้ำในใบพืช

3. การวัดค่า turgor pressure สามารถวัดโดยตรงโดยใช้เครื่อง pressure probe แต่ในทางปฏิบัติมักจะใช้วิธีประมาณการจากค่าศักย์ของน้ำและ osmotic potential โดยใช้สูตรคำนวณดังนี้

$$P = \Psi + \pi$$

น้ำในดิน

1. การจำแนกน้ำในดิน เพื่อให้ทราบถึงระดับน้ำที่มีอยู่ในดินจึงมีการใช้กฎเกณฑ์ในการวัดโดยใช้ค่า "ศักย์ของน้ำ" (water potential หรือ Ψ) ซึ่งแสดงถึงสภาวะพลังงานของน้ำ การจำแนกน้ำในดินที่มีประโยชน์พิจารณาจาก ปริมาณน้ำที่สัมพันธ์กับน้ำที่พืชนำไปใช้ได้ โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ

1.1 น้ำอิสระ (gravitational water หรือ free water) คือ น้ำที่ถูกแรงยึดเหนี่ยวของดินมากกว่า $-1/3$ bars น้อยกว่าแรงดึงดูดของโลกทำให้น้ำไหลลงสู่ที่ต่ำกว่าอย่างอิสระ ในดินทรายค่านี้อยู่ระหว่าง -0.1 ถึง -0.2 bars ($1 \text{ bar} = 0.1 \text{ J/กรัม} = 0.987 \text{ atm} = 0.1 \text{ MPa}$)

1.2 น้ำที่พืชนำไปใช้ได้ (plant available water) คือ น้ำในดินส่วนที่รากพืชสามารถดูดไปได้เร็ว คือ ถูกดินดึงดูดไว้ด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง $-1/3$ ถึง -15 bars

1.3 น้ำที่ field capacity คือ ระดับความชื้นของดินซึ่งระดับศักย์ของน้ำน้อยกว่า $-1/3$ bars เป็นน้ำที่มากที่สุดที่ดินเก็บไว้ได้

1.4 น้ำที่จุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point) คือ ความชื้นของดินที่ถูกแรงดึงดูดน้อยกว่า -15 bars น้ำในส่วนนี้พืชดูดไปใช้ได้ยากจนทำให้พืชแสดงอาการเหี่ยว

นอกจากนี้ยังมีส่วนของน้ำซัพ (capillary water) คือ น้ำที่เคลื่อนที่ผ่านช่องว่างในดินเพราะความต่างศักย์ของน้ำ (water potential gradient) 2 ตำแหน่งในดิน คือ น้ำมีการเคลื่อนที่จากที่มีศักย์ของน้ำสูงไปยังที่มีศักย์ของน้ำต่ำกว่า ในบางสภาพที่ดินแห้งมากน้ำจะถูกแรงดึงดูดจากดินให้ยึดติดแน่นกับเม็ดดินและไม่สามารถทำให้น้ำเคลื่อนที่ได้ด้วยแรงดูดซัพ เราเรียกน้ำซึ่งติดแน่นกับดินนี้ว่า น้ำเยื่อ (hygroscopic water)

2. คุณสมบัติการเก็บน้ำในดิน (soil water retention) คุณสมบัตินี้ขึ้นกับลักษณะของเนื้อดิน สารอินทรีย์หรือฮิวมัสในดิน ช่องว่างในดินที่มีขนาดใหญ่จะปล่อยให้น้ำถูกระบายออกจากดินได้ง่าย ตรงกันข้ามช่องว่างดินขนาดเล็กจะมีแรงดูดซัพน้ำได้สูงกว่า ดังนั้นดินเหนียวที่มีฮิวมัสสูงสามารถเก็บน้ำไว้ในปริมาณสูงกว่าดินทราย

3. การวัดน้ำในดิน สามารถทำการวัดได้ทั้งทางตรงและโดยอ้อมซึ่งแบ่งออกได้เป็น 4 วิธีใหญ่ๆ คือ

3.1 Gravimetric method เป็นวิธีที่นิยมทั่วไปโดยการเก็บตัวอย่างดินเพื่อหาน้ำหนักดินเปียก จากนั้นนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ $105-110^{\circ}\text{C}$ จนกระทั่งน้ำหนักแห้งของดินคงที่ จึงนำไปคำนวณโดยใช้สูตร

น้ำหนักดินเปียก - น้ำหนักดินอบแห้ง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักดินเปียก} - \text{น้ำหนักดินอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักดินอบแห้ง}} \times 100$$

3.2 Tensiometric method เป็นการวัดศักย์ของน้ำโดยวัดแรงดึงน้ำของดินโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า tensiometer ปักลงไปดินที่ต้องการวัดหลังจากนั้น 3-4 วัน จึงเริ่มทำการวัด เครื่องมือนี้เหมาะสำหรับการวัดความชื้นจากระดับอ้อมตัวถึง-8.5 bars

3.3 การวัดโดยใช้แท่งยิปซัม วิธีนี้ใช้แท่งยิปซัมที่ประกอบด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว อยู่ภายใน ฟังลงในดินที่ต้องการวัด โดยใช้หลักการของการลดความเป็นตัวนำไฟฟ้าเมื่อความชื้นดินลดลง เป็นการวัดที่เหมาะสมสำหรับช่วงความชื้นของดินแห้ง ตั้งแต่-0.5 ถึง-15 bars หลังจากทำการฝังแท่งยิปซัมลงในดินแล้วประมาณ 1 สัปดาห์ เพื่อให้มีการปรับสภาพความชื้นในแท่งยิปซัมจนถึงระดับสมดุล จึงทำการวัดโดยใช้เครื่องมือวัดความชื้น (soil moisture tester) จากนั้นนำมาเขียนกราฟแสดงความเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินเปรียบเทียบกับปริมาณฝนในแต่ละเดือน

3.4 การวัดโดย neutron probe หรือบางที่เรียกว่า hydroprobe โดยมีหลักการทำงานคือปล่อยรังสีที่เคลื่อนที่เร็ว (fast neutron) ออกจาก probe ที่หย่อนลงไปดินที่เจาะรูไว้ในระดับความลึกต่างๆ เมื่อรังสีเคลื่อนที่เร็วนี้ไปกระทบกับไฮโดรเจนไอออนของโมเลกุลน้ำหรือความชื้นในดิน มีผลทำให้นิวตรอนอ่อนกำลังลงเป็นนิวตรอนเคลื่อนที่ช้าและสะท้อนมาที่ probe ค่าที่อ่านได้สูงแสดงว่ามีปริมาณน้ำในดินสูง จัดว่าเป็นเครื่องมือที่สามารถวัดได้รวดเร็วและสามารถทำการวัดอย่างต่อเนื่องได้

ความหมายและนิยามคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำของพืช

1. การระเหยน้ำ (Evaporation) เป็นกระบวนการที่น้ำเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำแล้วเคลื่อนย้ายออกจากพื้นที่ผิวของการระเหย เช่น จากผิวดินหรือผิวน้ำอิสระในแม่น้ำ ลำคลอง หรืออ่างเก็บน้ำทั่วไป หรือแม้แต่หยดน้ำบนผิวใบที่เปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำแล้วเคลื่อนย้ายออกจากผิวใบพืชก็จัดว่าเป็นการระเหยน้ำโดยตรง

2. การคายน้ำของพืช (Transpiration) การคายน้ำเป็นการแพร่ของน้ำออกจากใบของพืชโดยผ่านทางปากใบ โดยทั่วไปปากใบปิดเวลากลางคืนและเปิดในเวลากลางวัน การคายน้ำมีความสำคัญต่อพืชในด้านการควบคุมการเคลื่อนที่ของน้ำในพืช ทำให้น้ำเคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นไปด้านบนมากขึ้นเรื่อยๆ ควบคุมการดูดซึมธาตุอาหารของพืช เพราะธาตุอาหารที่พืชนำไปใช้ได้

ต้องอยู่ในรูปที่ละลายน้ำ ทำให้อุณหภูมิของใบลดลง โดยลดความร้อนที่เกิดจากแสงแดดที่ใบ ในกรณีที่ในอากาศอิ่มตัวด้วยน้ำ มีความชื้นสูง การคายน้ำเกิดขึ้นได้น้อย แต่การดูดน้ำของรากยังเป็นปกติ พืชจะเสียน้ำในรูปของหยดน้ำเรียกว่า กัดเตชัน (guttation) พืชไม่สามารถคายน้ำในสภาพที่แดดจัดเพราะอาจเสียน้ำมากเกินไปและเหี่ยวก่อนที่รากจะลำเลียงน้ำได้ทัน

3. การคายระเหย (Evapotranspiration) คือ การสูญเสียน้ำจากผิวดินร่วมกับการคายน้ำจากต้นพืช การคายน้ำและการระเหยน้ำจากผิวดินนี้เกิดขึ้นพร้อมๆ กัน และไม่อาจจะแยกออกจากกันได้โดยง่าย อัตราการระเหยน้ำจากผิวดินที่มีพืชปกคลุมจะแตกต่างจากผิวดินที่ปราศจากพืช โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ที่สัมผัสผิวดินจะแตกต่างกันมากในบริเวณที่ปลูกพืช พลังงานที่ผิวดินได้รับสัดส่วนผกผันกับปริมาณการปกคลุมของใบพืชซึ่งแปรผันตามช่วงระยะการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง ในขณะที่ต้นพืชยังเล็กหรือระยะต้นอ่อน การคายระเหยน้ำส่วนใหญ่เป็นการคายระเหยจากผิวดินโดยตรง และเมื่อพืชเจริญเติบโตเริ่มแผ่กิ่งก้านและใบปกคลุมผิวดินมากขึ้น อัตราการคายระเหยก็จะเพิ่มมากขึ้นและการคายระเหยจากผิวดินจะลดลง เมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่และผิวดินมีความชื้นไม่มาก การสูญเสียน้ำโดยการคายระเหยส่วนใหญ่เป็นการคายระเหยจากต้นพืชเป็นสำคัญ

ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration: ET_0 หรือ Potential Evapotranspiration: ET_p) ใช้หลักการในการคำนวณหาปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากพื้นที่เพาะปลูกที่มีพืชปกคลุมอยู่อย่างทั่วถึง ซึ่งได้แก่ ต้นอัลฟา โดยที่ดินจะต้องมีความชื้นอยู่อย่างเพียงพอกับความต้องการของพืชตลอดเวลาและพื้นที่เพาะปลูกนั้นจะต้องมีบริเวณกว้างใหญ่พอที่จะไม่ทำให้การระเหยและการคายน้ำของพืชต้องกระทบกระเทือนจากอิทธิพลภายนอกมากนัก การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง มีสมการให้เลือกใช้ในการคำนวณหลายสมการภายใต้การศึกษานี้ใช้สมการ Penman Monteith ซึ่งมีรูปสมการดังนี้

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

โดยกำหนดให้

ET_0 คือ ค่าอัตราการคายระเหยอ้างอิง (mm.day^{-1})

R_n คือ อัตราพลังงานความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์สุทธิที่พื้นผิวพืชได้รับ
(MJ.m⁻².day⁻¹)

G คือ อัตราพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทลงสู่ดิน (MJ.m⁻².day⁻¹)

T คือ อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของอากาศที่ความสูง 2 m จากผิวใบพืช (°C)

u_2 คือ ความเร็วของกระแสลมที่ระดับความสูง 2 m (m.s⁻¹)

e_s คือ ความดันไออิ่มตัวของบรรยากาศ (kPa)

e_a คือ ความดันไอของบรรยากาศขณะพิจารณา (kPa)

Δ คือ ความต่างของความดันไออนะิมตัวที่อุณหภูมิต่างกัน (kPa.°C⁻¹)

γ คือ สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงความดันไอต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ
(Psychrometric constant)

การใช้น้ำของพืช

1. ปริมาณการคายระเหยสูงสุดของพืช (Potential crop evapotranspiration, ET_{cp})
หรือความต้องการน้ำของพืช (Crop water requirement) คำนวณจากสมการ

$$ET_{cp} = K_c \times ET_0$$

2. ค่าการคายระเหยอ้างอิง (Reference crop evapotranspiration, ET₀) คำนวณโดย
ใช้วิธีการของ Blaney & Criddle Model จากสมการ

$$ET_0 = p(0.46T_{mean} + 8)$$

กำหนดให้ T_{mean} คือ อุณหภูมิเฉลี่ย (°C) และ p คือ สัดส่วนความยาวนานของกลางวัน โดยคำนวณเป็นจำนวนชั่วโมงที่มีแสงเฉลี่ยในแต่ละวันต่อปริมาณจำนวนชั่วโมงกลางวันเฉลี่ยตลอดปี ซึ่งประเมินได้จากตารางค่าความยาวนานวันเฉลี่ยในแต่ละเดือนที่ละติจูดต่างๆ (มัตติกา, 2548)

3. ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop coefficient, K_c) เป็นค่าเฉพาะพืช ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืชอย่างเดียวก่อนหน้านี้ได้จากการทดลองวัดจริงในสนามโดยการปลูกหญ้าหรือพืชอ้างอิง และพืชที่ต้องการหาสัมประสิทธิ์การใช้น้ำในถ่วงวัดการใช้น้ำของพืชซึ่งติดตั้งใน

บริเวณใกล้เคียงกัน จากนั้นก็สามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในช่วงการเจริญเติบโตช่วงใดช่วงหนึ่งหรือตลอดฤดูการเพาะปลูกได้จากสมการ

$$KC = \frac{ET_c}{ET_p}$$

ซึ่งค่า Kc ที่วัดได้นี้สามารถนำไปใช้ได้โดยทั่วไปกล่าวคือถ้าเราคำนวณ ETp โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศได้แล้ว หากเราต้องการจะทราบปริมาณการใช้น้ำของพืชใดก็นำเอา Kc ของพืชชนิดนั้นมาคูณกับค่า ETp ก็จะได้ปริมาณการใช้น้ำของพืชที่ต้องการทราบ

4. การใช้น้ำของพืชที่แท้จริงที่วัดได้ในสนาม (measETca) ประเมินโดยใช้สมดุลน้ำ สมการที่ 3 และ 4 โดยคำนวณจากปริมาณน้ำทั้งหมดที่เติมเข้าไปในระบบในแต่ละวัน (Irrigation, Ir) ลบด้วยปริมาณน้ำที่สูญเสียออกจากระบบในแต่ละวัน ได้แก่ ปริมาณน้ำที่ล้นออกจากกอล่ง คือปริมาณน้ำที่สูญเสียจากการไหลซึมลึกเลยรากพืช (Deep drainage, D) ลบด้วยแตกต่างของปริมาณน้ำที่มีอยู่เดิมในระบบ (ΔS) ของแต่ละวัน (มัตติกา, 2548) จากสมการ

$$P + Ir = \text{measETca} + R + D + \Delta S + I$$

$$\text{หรือ } \text{measETca} = P + Ir - R - D - \Delta S - I$$

กำหนดให้ ปริมาณฝน (Precipitation, P) ปริมาณการไหลบ่าน้ำผิวดิน (surface runoff, R) และ ปริมาณการสูญเสียน้ำจากน้ำค้างใบ (Interception, I) ไม่มีนัยสำคัญ หรือมีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งเขียนได้ดังสมการ 5

$$\text{measETca} = Ir - D - \Delta S$$

ประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช

ประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำในการสร้างน้ำหนักแห้งทั้งหมดของส่วนที่อยู่เหนือดิน (Water use efficiency for total dry biomass production, WUETDB) ของพันธุ์ต่างๆ จากปริมาณน้ำหนักแห้งทั้งหมดในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต (TDB, $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ต่อ

หนึ่งหน่วยปริมาณการใช้น้ำหรือการคายระเหยน้ำของพืชที่แท้จริงในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต (Measured crop water use, meas.ETca) ดังสมการ

$$WUETDB = TDB/meas.ETca$$

นอกจากนี้ได้คำนวณประสิทธิภาพการใช้น้ำในการสร้างผลผลิต (Water use efficiency for crop yield productions, WUEY) ของข้าวพันธุ์ต่างๆ จากปริมาณผลผลิต (Measured actual yield, meas.Ya) ในหนึ่งหน่วยพื้นที่เพาะปลูก ต่อหนึ่งหน่วยปริมาณการใช้น้ำตลอดอายุพืช (Total measured crop water use, total meas.ETca, mm) เริ่มตั้งแต่วันปลูกจนถึงวันเก็บเกี่ยว ดังสมการ

$$WUEYa = meas.Ya/total meas.ETca$$

ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่ใช้คำนวณการคายระเหยอ้างอิง

ปริมาณการคายระเหยของพืชใดๆ ก็ตามขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวกับการให้พลังงานที่ทำให้ให้น้ำในสถานะของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำและการเคลื่อนที่ของไอน้ำจากพื้นที่ผิวที่กำลังระเหยน้ำขึ้นสู่บรรยากาศ ซึ่งปัจจัยดังกล่าวประกอบด้วย

1. พิกัดตำแหน่งของพื้นที่ (Location) พิกัดตำแหน่งของพื้นที่ได้แก่ ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางมีหน่วยเป็นเมตร (Z) และเส้นรุ้งองศาเหนือหรือใต้ รวมทั้งเส้นแวงซึ่งกำหนดเป็นองศาตะวันออกและตะวันตก โดยข้อมูลพิกัดตำแหน่งนี้จะใช้ในการปรับค่าพารามิเตอร์บางค่า สำหรับค่าเฉลี่ยของความกดอากาศซึ่งเป็นสมการของระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล และใช้ในการคำนวณรังสีดวงอาทิตย์เหนือชั้นบรรยากาศของโลก (Ra) ในกรณีที่ใช้ในการคำนวณค่าความยาวนานวัน (N) สูงสุดที่จะเป็นไปได้ และการคำนวณทั้งสองค่านี้ต้องแปลงหน่วยของค่าเส้นรุ้งให้เป็นเรเดียน โดยค่าเส้นรุ้งเป็นค่าบวกสำหรับพื้นที่ในซีกโลกเหนือและเป็นค่าลบสำหรับพื้นที่ในซีกโลกใต้ (Allen et al., 1998; มัตติกา, 2548 อ้างโดย สุทธิดา, 2557)

2. รังสีดวงอาทิตย์ (Solar radiation, Ra) รังสีดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่สำคัญมากในการเปลี่ยนสถานะของน้ำจากของเหลวเป็นไอน้ำแล้วระเหยขึ้นสู่บรรยากาศ โดยระดับของรังสีดวงอาทิตย์ที่ได้รับในแต่ละพื้นที่ขึ้นอยู่กับฤดูกาลและตำแหน่งเส้นรุ้งและเส้นแวง รวมทั้งระดับความสูงจากน้ำทะเลปานกลางของพื้นที่ ตลอดจนสภาพบรรยากาศการปกคลุม

ของเมฆซึ่งมีผลต่อการสะท้อนกลับของซึ่งส่งผลต่อการสะสมความร้อนของบรรยากาศและพื้นผิวดิน (Allen et al., 1998; มัตติกา, 2548 อ้างโดย สุภริดา, 2557)

3. อุณหภูมิและความชื้นอากาศ (Air temperature and humidity) ชั้นบรรยากาศของโลกดูดซับความร้อนและมีการสะท้อนกลับของรังสีทำให้เพิ่มความร้อนขึ้นโดยธรรมชาติ ความร้อนของมวลอากาศ (Sensible heat) เคลื่อนย้ายพลังงานสู่ต้นพืชและส่งผลต่ออัตราการคายระเหยจากพื้นที่ต่างๆ โดยตรงในสภาพอากาศร้อนและมีแสงแดดส่องเต็มพื้นที่มีอัตราการคายระเหยมากกว่าในสภาพที่มีอากาศเย็นและมีเมฆปกคลุมพื้นผิว

ส่วนความแตกต่างของความดันไอน้ำระหว่างพื้นผิว และอากาศรอบๆ พื้นผิวเป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมการสูญเสียของไอน้ำจากพื้นผิว ตัวอย่างเช่น ในสภาพอากาศร้อนพื้นผิวที่ได้รับน้ำชลประทานอย่างเต็มที่ที่มีศักยภาพสูงมากในการระเหยน้ำ หรือพื้นผิวดินในช่วงกลางวันมีแสงแดดร้อนจัดมีความสามารถสูงในการระเหยน้ำที่ตกลงบนพื้นผิวดิน เป็นต้น ในพื้นที่เขตร้อนชื้น (Humid tropical regions) แม้ว่าจะมีพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์เป็นปริมาณมากแต่บรรยากาศมีความชื้นค่อนข้างสูงย่อมมีอัตราการคายระเหยในอัตราน้อยกว่าพื้นที่ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เนื่องจากอากาศมีไอน้ำอยู่เป็นปริมาณมากหรือเกือบอิ่มตัวด้วยไอน้ำ และมีอัตราการคายระเหยน้อยกว่าพื้นที่เขตร้อนและแห้งแล้ง (Arid regions)

4. ความเร็วลม (Wind speed) กระบวนการเคลื่อนที่ของไอน้ำขึ้นอยู่กับกระแสลม (Wind turbulence) และความแปรเปลี่ยนของมวลอากาศ (Air turbulence) ซึ่งจะถ่ายเทไอน้ำจากพื้นที่ผิวขึ้นสู่บรรยากาศ หรือจากบริเวณหนึ่งไปยังบริเวณใกล้เคียง ในขณะที่น้ำกลายเป็นไอน้ำนั้นอากาศเหนือพื้นผิวมีสภาพความดันไอน้ำเพิ่มขึ้นตามลำดับ ทีละเล็กละน้อย และอัตราการคายระเหยจะลดลงตามลำดับหากอากาศร้อนและแห้งไม่ไหลเวียนเข้ามาแทนที่อากาศที่ชื้นและกำลังอิ่มตัวด้วยไอน้ำ

ปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นต่างมีผลแสดงออกร่วมกันกับอัตราการคายระเหยของบริเวณที่ปลูกพืชหนึ่งๆ โดยพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันของสภาพความชื้น และอุณหภูมิของบรรยากาศ เช่น ในเขตร้อนและแห้ง (Hot and dry) ย่อมมีอัตราการคายระเหยสูงกว่าเขตอบอุ่นและชื้น เนื่องจากความแห้งของอากาศและพลังงานที่มีในระดับสูงช่วยให้การคายระเหยมีอัตราสูงกว่า

นอกจากนี้ยังมีกระแสลมที่ช่วยให้มีการถ่ายเทอากาศและไอน้ำได้เป็นอย่างดี ตรงกันข้ามในพื้นที่เขตร้อนชื้น (Humid conditions) ซึ่งอากาศมีความชื้นสูงและมีเมฆปกคลุมทำให้อัตราการคายระเหยน้อยกว่าพื้นที่เขตร้อนและแห้ง อิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วมีผลต่ออัตราการคายระเหยอย่างมีนัยสำคัญ ถ้าสภาพอากาศมีความแห้งมากยิ่งมีผลต่ออัตราการคายระเหย

อ้างอิงและทำให้ความลาดชันเพิ่มขึ้น ในพื้นที่เขตร้อนชื้นกระแสนลมมีส่วนช่วยให้เกิดการถ่ายเทของมวลอากาศที่อึดตัวด้วยไอน้ำแต่มีผลน้อยกว่าในพื้นที่ร้อนและแห้ง (Allen et al., 1998. มัตติกา, 2548 อ้างโดย สุภริดา, 2557)

5. ศักยภาพการคายระเหยหรือปริมาณความต้องการน้ำของพืช (Potential crop evapo-transpiration, ET_c or crop water requirement) มัตติกา (2548) อ้างโดย สุภริดา, (2557) กล่าวว่าศักยภาพการคายระเหยของพืชชนิดใดชนิดหนึ่ง (ET_c, mm.day⁻¹) หมายถึงปริมาณน้ำที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูกพืชที่มีดินอุดมสมบูรณ์เต็มที่ มีการให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ โดยพืชชนิดหนึ่งที่มีการใช้น้ำในปริมาณสูงสุดในช่วงระยะเวลาต่างๆ ของการเจริญเติบโต หรือตลอดช่วงอายุของพืช ภายใต้เงื่อนไขที่การเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิด ครอบคลุมพื้นที่ปลูกเต็มที่ ปราศจากการรบกวนโดยศัตรูพืชอาจกล่าวได้ว่าค่า ET_c ก็คือค่าปริมาณความต้องการน้ำของพืช (Crop water requirement) ซึ่งคำนวณจากสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop coefficient, K_c) คูณด้วยค่าการคายระเหยอ้างอิง (ET₀, mm.day⁻¹)

$$ET_c = K_c \times ET_0$$

6. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Factors effecting crop coefficient) สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) เป็นดัชนีที่บ่งชี้ถึงลักษณะความแตกต่างระหว่างสรีระวิทยาของพืชใดพืชหนึ่งและพืชตระกูลหญ้าอ้างอิง ซึ่งมีการเจริญเติบโตปกคลุมพื้นที่เพาะปลูกอย่างสมบูรณ์เต็ม 100% ดังนั้นพืชต่างชนิดกันย่อมมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชแตกต่างกัน การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีระวิทยาของต้นพืชระหว่างที่มีการเจริญเติบโต เช่น การแตกกิ่งก้าน สาขา ขยายพื้นที่และปริมาณใบเพิ่มขึ้น มีการเพิ่มของปากใบมากขึ้น ในช่วงเวลาต่างๆ ของฤดูกาลเพาะปลูกย่อมมีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน ในขณะเดียวกันการระเหยน้ำจากผิวดิน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการคายระเหยของพืชที่ปลูกบริเวณหนึ่งๆ มีการเปลี่ยนแปลงด้วยปัจจัยใดก็ตาม ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชก็จะมีการเปลี่ยนแปลงด้วยเช่นกัน ดังนั้นค่า K_c ของพืชแต่ละชนิด ย่อมมีหลายค่าตามช่วงระยะเวลาต่างๆ ของการเจริญเติบโต ซึ่งจะทำให้มีการคลุมดินที่สมบูรณ์หรือไม่ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ระยะปลูกและอายุของพืช (มัตติกา, 2548 อ้างโดย สุภริดา, 2557)

7. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์การขาดน้ำของพืช (Factors effecting crop water stress coefficient) Shouse et al. (1982), มัตติกา (2548) อ้างโดย สุภริดา (2557) ได้กล่าวไว้ว่าสภาพของพื้นที่ ความผันแปรของสภาพภูมิอากาศ การเคลื่อนที่ของอากาศ สมบัติของดินที่ไม่

เหมาะสม ความเค็ม ปริมาณน้ำในดิน วิธีการเพาะปลูกและวิธีการจัดการพืชต่างๆ สามารถส่งผลต่อความผันแปรของการคายระเหยของพืชหรือการใช้น้ำที่แท้จริงของพืชได้เสมอ ซึ่งในสภาพพื้นที่เพาะปลูกทั่วไป รวมถึงโดยภาพพื้นที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทยภายใต้ระบบเกษตรน้ำฝนบนที่สูงที่มีการขาดน้ำในช่วงที่ฝนทิ้งช่วง มีปัจจัยทางดินและปริมาณฝนใช้การ (Effective Rainfall) เป็นสิ่งสำคัญที่สุดที่ควบคุมปริมาณการคายระเหยของพืชหรือการใช้น้ำที่แท้จริงของพืช โดยมีสมบัติทางฟิสิกส์ดินที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน คือ สัมประสิทธิ์การเคลื่อนที่ของน้ำในดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Unsaturated hydraulic conductivity, $K\theta$) ซึ่งควบคุมโดยปริมาณความชื้นขนาดและความต่อเนื่องของช่องว่างในดิน ดังนั้นสัมประสิทธิ์การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน ($K\theta$) จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการกำหนดปริมาณการใช้น้ำที่แท้จริงของพืช (ET_{ca}) ในดินที่มีน้ำไม่เพียงพอ และมีบทบาทต่อความผันแปรของสัมประสิทธิ์การขาดน้ำของพืช อย่างไรก็ตามการวัดค่า $K\theta$ ในภาคสนามจริงๆ ทำได้ค่อนข้างยากและใช้ต้นทุนสูง จึงนิยมใช้รูปแบบจำลองการประเมินค่า $K\theta$ แต่ก็ยังไม่มีสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $K\theta$ และ K_{sw} ของดินที่เป็นที่ยอมรับทั่วไป นอกจากนี้ยังพบว่า การขาดน้ำมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโต และปริมาณผลผลิตของพืชเป็นอย่างมาก โดยจะส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชไม่เต็มที่ ทำให้ปริมาณผลผลิตพืชลดลงไม่มากนัก

8. ปัจจัยการตอบสนองของผลผลิต (Yield reduction factor, K_y) Allen et al., (1998) อ้างโดย สุทธิดา (2557) ได้อธิบายไว้ว่า ค่าปัจจุบันการตอบสนองของผลผลิต (K_y) เป็นค่าแสดงถึงการลดลงของผลผลิตสัมพัทธ์ตามการลดลงของปริมาณการใช้น้ำที่แท้จริงของพืช (ET_{ca}) ซึ่งมีการขาดน้ำ ค่า K_y เป็นค่าเฉพาะพืช และอาจจะเปลี่ยนแปลงตามอายุพืชในฤดูเพาะปลูก โดยทั่วไปการขาดน้ำในช่วงพัฒนาการทางใบ และลำต้นและช่วงสุกแก่ทำให้ผลผลิตพืชลดลงไม่มาก แต่หากขาดน้ำในช่วงการออกดอกและการสร้างผลผลิตจะทำให้ผลผลิตลดลงอย่างมาก ค่า K_y สามารถคำนวณจากสมการ

$$K_y = 1 - (Y_a/Y_m) \div 1 - (ET_{ca}/ET_{cp})$$

เมื่อ Y_a คือ ผลผลิตจริง, Y_m คือ ผลผลิตสูงสุด และ ET_{ca} คือ อัตราการคายระเหยน้ำของพืชที่ปรับเปลี่ยนตามสภาพการขาดน้ำ หรือปริมาณการใช้น้ำที่แท้จริงของพืช

โดยทั่วไปค่า K_y จะแปรผันตามชนิดพืชและช่วงระยะเวลาที่ปลูกพืช โดยพืชต่างชนิดกัน ค่า K_y จะมีความแตกต่างกันมาก และแปรผันสูงในพืชชนิดเดียวกันที่ปลูกในฤดูกาลที่ต่างกัน

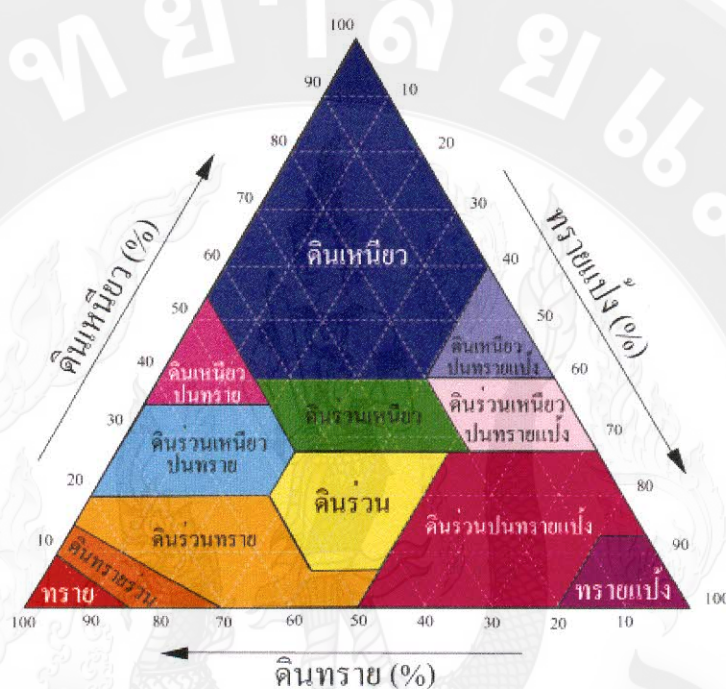
ดิน

ดินเกิดจากการสลายตัวของหินและแร่ผสมรวมกับสารอินทรีย์จากพืชและสัตว์ที่สลายตัวแล้วเกิดเป็นชั้นบางๆ ห่อหุ้มผิวโลกเมื่อมีน้ำและอากาศในปริมาณพอเหมาะจะทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตและเป็นแหล่งผลิตอาหารจากพืชโดยเฉพาะดินที่มีความอุดมสมบูรณ์มากๆ เป็นสิ่งที่ทุกประเทศในโลกต้องการเพื่อผลิตอาหารเลี้ยงประชากรในประเทศหรือใช้เพื่อส่งออกต่างประเทศ ดังนั้นการวิเคราะห์ดินเพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์จึงนิยมทำกันมากการวิเคราะห์เนื้อดิน (Soil texture) เป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์เพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน เนื้อดิน (Soil texture) เป็นคุณสมบัติของดินที่เกิดจากสมบัติโดยรวมของอนุภาคทราย (Sand) ซิลต์ (silt) และดินเหนียว (Clay) ซึ่งแสดงถึงความหยาบความละเอียดของดิน ถ้าดินมีปริมาณกลุ่มขนาดทรายมากจะจัดเป็นดินประเภทเนื้อหยาบ (Coarse texture class) แต่ถ้าดินมีปริมาณกลุ่มขนาดดินเหนียวมากจะเป็นประเภทเนื้อละเอียด (Fine textural class) และถ้าดินมีปริมาณกลุ่มขนาดดินเหนียวกับปริมาณกลุ่มขนาดทรายในสัดส่วนที่ไม่แสดงสมบัติเด่นชัด ไปทางทรายหรือดินเหนียวจะจัดเป็นประเภทเนื้อปานกลาง (Medium textural class) การแบ่งประเภทของเนื้อดินจะใช้พิจารณาจากปริมาณทรายซิลต์และดินเหนียวที่เป็นองค์ประกอบของดินผง (Fineearth) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคไม่เกิน 2 มิลลิเมตร การวิเคราะห์เนื้อดินมีหลายวิธีได้แก่ วิธีสัมผัสโดยใช้ความรู้สึกจากการปั้นดินกับน้ำซึ่งจำเป็นต้องฝึกฝนมากเพื่อให้เกิดความชำนาญและถูกต้อง วิธีปิเปตซึ่งเป็นวิธีที่ได้ผลถูกต้องแม่นยำดีมาก แต่มีความยุ่งยากพอสมควรและวิธีการวัดเชิงกลด้วยไฮโดรมิเตอร์ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ครั้งละจำนวนมาก รวดเร็วได้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือผลการทดสอบโดยใช้วิธีไฮโดรมิเตอร์สามารถจำแนกประเภทเนื้อดินที่สำคัญออกได้เป็น 4 ชนิด คือ

1. ประเภทดินเหนียว (Clay texture) ได้แก่ ดินเหนียว (Clay) ดินเหนียวปนทราย (Sandy clay) และดินเหนียวปนทรายเป่ง (Silty clay)
2. ประเภทดินร่วนปนเหนียว (Clay loam texture) ได้แก่ ดินร่วนเหนียวปนทราย (Clay loam) ดินร่วนเหนียวปนทรายเป่ง (Silty clay loam) และดินร่วนปนเหนียว (Clay loam)
3. ประเภทดินร่วน (Loamy texture) ได้แก่ ดินร่วน (Loam) ดินร่วนปนทรายเป่ง (Silt loam) ดินร่วนปนทราย (Sandy loam) และดินทรายเป่ง (Silt)
4. ประเภทดินทราย (Sandy texture) ได้แก่ ดินทราย (Sand) และดินทรายปนร่วน (Loamysand) การจำแนกชนิดของเนื้อดิน

การจำแนกเนื้อดินจะใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ของ ทรายซิลต์และดินเหนียวมาเทียบกับตารางสามเหลี่ยมแบ่งชนิดของเนื้อดินมาตรฐาน ตัวอย่างเช่น ดินมีปริมาณทราย 40 เปอร์เซ็นต์

ซิลต์ 40 เปอร์เซ็นต์ และดินเหนียว 20 เปอร์เซ็นต์ มีเนื้อดินเป็นดินร่วน (loam, L) หรือ ทราย 60 เปอร์เซ็นต์ ซิลต์ 22 เปอร์เซ็นต์ และดินเหนียว 18 เปอร์เซ็นต์ มีเนื้อดินเป็นดินร่วน ปนทราย (sandy loam, SL+) หรือ ทราย 15 เปอร์เซ็นต์ ซิลต์ 15 เปอร์เซ็นต์ และดินเหนียว 70 เปอร์เซ็นต์ มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay, C+) เป็นต้น ดังแสดงในตารางสามเหลี่ยมตามภาพ 3 ด้านล่างนี้



ภาพ 1 ตารางสามเหลี่ยมเพื่อหาประเภทของเนื้อดิน
ที่มา: กิจการหิน สวัสดิการสัตว์บก กองทัพเรือ (2553)

ดินกับการเจริญเติบโตของพืช

สิ่งที่พืชต้องการจากดิน ได้แก่ ที่หยั่งรากเพื่อการพยุง ยึดต้น ตั้งตรง ก้ำช่อออกซิเจน ให้รากหายใจ น้ำและแร่ธาตุอาหารที่รากดูดเข้าไปใช้ สิ่งเหล่านี้มีอยู่ในสมบัติต่างๆ ของดินในลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชดังนี้

ความลึกของดินที่รากหยั่งลึกได้ โดยปกติรากพืชมีอยู่หนาแน่นในดินผิบบนที่โปร่ง ร่วนซุย หรือดินที่มีก้ำช่อออกซิเจนมากพอต่อการหายใจ มีรากบางส่วนที่แทรกตัวลึกเพื่อหาน้ำจากดินล่างที่อยู่ลึกลงไปจนถึงชั้นหินพื้นหรือเหนือระดับน้ำใต้ดิน พืชล้มลุกตื้นเล็กต้องการความลึกของดินเพียง 10-30 เซนติเมตร แต่ต้นไม้ใหญ่ต้องการมากกว่า 5-20 ถ้าดินมีสภาพเหมาะสมต่อการแพร่กระจายและหยั่งลึกของรากพืช มีโอกาสได้อาหาร แร่ธาตุ และน้ำมากยิ่งขึ้น พืชมีโอกาส

เจริญเติบโตมากขึ้น ข้อจำกัดของการหยั่งรากลึกของพืชอยู่ที่ปริมาณของก๊าซออกซิเจน ความอัดแน่นหรือแน่นทึบของชั้นแผ่นหิน ชั้นดินดาน และระดับน้ำใน

เนื้อดิน หรือความหยาบ ความละเอียดของดินเกี่ยวข้องกับความพรุน (ขนาดของช่องว่างและความต่อเนื่องของช่อง) การอุ้มน้ำ การกักเก็บน้ำ การซึมซาบของน้ำ การถ่ายเทอากาศ การเคลื่อนที่ขึ้นลงของน้ำในดิน และปริมาณอาหารแร่ธาตุของดิน “ดินเนื้อหยาบ” (ดินหยาบ) ไม่มีอาหารแร่ธาตุ ไม่อุ้มน้ำ ไม่กักเก็บน้ำ น้ำซึมซาบอย่างรวดเร็ว อากาศถ่ายเทดี น้ำเคลื่อนที่หนีหายได้เร็ว จึงไม่เหมาะสมต่อการทำนา “ดินเนื้อละเอียด” (ดินเหนียวจัด) อุ้มน้ำดี กักเก็บน้ำได้ดี น้ำซึมซาบได้ช้า ถ่ายเทอากาศเลว น้ำเคลื่อนที่ขึ้นลงช้า ปริมาณอาหารแร่ธาตุมักอุดมสมบูรณ์ จึงไม่เหมาะสมต่อการปลูกไม้ผลในเขตที่มีฤดูแล้งยาวนาน และไม่มีน้ำชลประทานช่วยเสริม เนื้อดินที่พึงประสงค์คือ “ดินร่วน” ซึ่งอุ้มน้ำ การกักเก็บน้ำ การซึมซาบน้ำ การถ่ายเทอากาศ การเคลื่อนที่ขึ้นลงของน้ำ และปริมาณของอาหารแร่ธาตุในระดับปานกลาง เหมาะสมต่อการปลูกไม้ผลหรือพืชไร่ หรือ ทำนาข้าว

ปริมาณอนุภาคดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุในดิน เกี่ยวข้องกับเนื้อดิน โครงสร้างดินและความจุในการจับอาหารแร่ธาตุประจวบกับ ซึ่งเกี่ยวกับปริมาณอาหารแร่ธาตุในดิน ความเป็นกรด เป็นด่างของดิน ปริมาณอนุภาคดินเหนียวควรอยู่ระหว่าง 10-30% ถ้าต่ำกว่า 10% ไม่เหมาะสมเนื่องจากน้ำเคลื่อนที่เร็วเกินไป อาหารแร่ธาตุต่ำ การเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรดรวดเร็ว หรือ ถ้าสูงกว่า 39% ดินมีโอกาสระบายน้ำช้ามาก การถ่ายเทอากาศเลว การเคลื่อนที่ขึ้นลงของน้ำช้า จนเกินไป ไถพรวนยาก การเปลี่ยนแปลงสภาพความชื้นของดิน จากดินน้ำขังมาเป็นดินชื้นช้ามาก ทำให้เปลี่ยนชนิดพืชจากนาข้าวมาเป็นพืชไร่ สวนผัก-พืชสวนชักช้าออกไปเสีย โอกาสปลูกพืชตามหลังข้าว

อินทรีย์วัตถุ

อินทรีย์วัตถุของดินประกอบด้วย ซากพืชและซากสัตว์ และซากจุลินทรีย์ในดิน ปริมาณของอินทรีย์วัตถุที่พบในดินทั่วไป จะแตกต่างกันสำหรับประเทศที่อยู่ในเขตร้อน เช่น ประเทศไทย ส่วนใหญ่มีการสะสมอินทรีย์วัตถุต่ำ เนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นสูง จุลินทรีย์ในดินทำงานได้รวดเร็ว การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุจึงเป็นได้เร็ว ส่วนในพื้นที่ที่อยู่ในแถบอากาศหนาวเย็นจะมีการสะสมอินทรีย์วัตถุมากกว่า เพราะสลายตัวได้ช้ากว่าในซากพืชและสัตว์ มีส่วนประกอบของธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจนกำมะถัน ฟอสฟอรัสเป็นส่วนใหญ่

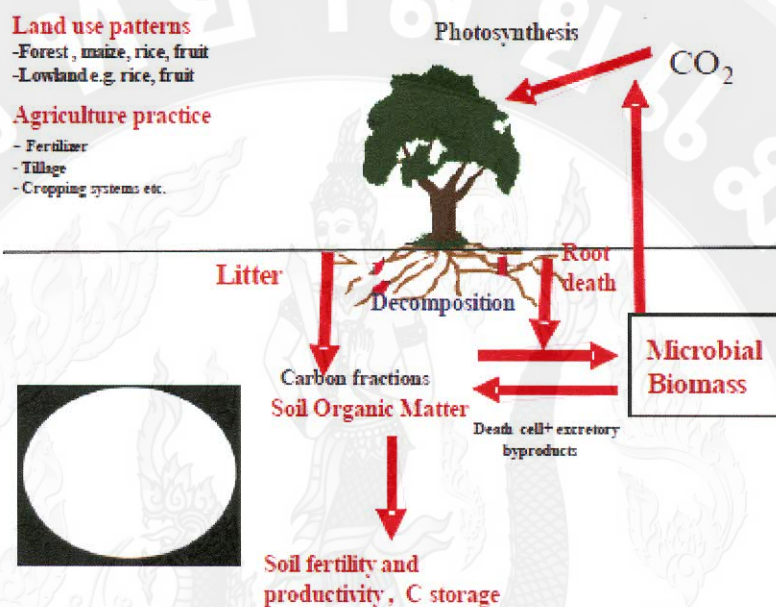
และอาจมีธาตุอื่นๆ ปะปนอยู่บ้างเป็นจำนวนน้อย ส่วนประกอบของธาตุต่างๆ เหล่านี้ได้มาจากเนื้อเยื่อของพืชและสัตว์ ไขสัตว์ กระดูกสัตว์ในรูปของโปรตีน

อินทรีย์วัตถุเป็นแร่หรือเป็นสารอินทรีย์ ส่วนใหญ่ในดินที่มีการทำการเกษตรจะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยธรรมชาติแล้วอินทรีย์วัตถุในดินจะอุดมไปด้วยสารอินทรีย์ต่างๆ อินทรีย์วัตถุในดินเป็นวัสดุใดๆ ที่ผลิตโดยสิ่งมีชีวิต (พืชหรือสัตว์) ที่ถูกส่งกลับไปยังดินและต้องผ่านกระบวนการย่อยสลาย อินทรีย์วัตถุในดินที่มีมากที่สุดส่วนใหญ่มาจากเนื้อเยื่อพืช โดยทั่วไปเศษซากพืชประกอบด้วยน้ำ 60-90 เปอร์เซ็นต์ที่เหลืออยู่ ประกอบด้วยคาร์บอน (C), ออกซิเจน, ไฮโดรเจน (H) และปริมาณเล็กน้อยของกำมะถัน (S), ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), โพแทสเซียม (K), แคลเซียม (Ca), และแมกนีเซียม (Mg) ถึงแม้จะมีในปริมาณที่น้อยแต่ก็มีความสำคัญในด้านการจัดการความอุดมสมบูรณ์ของดิน ส่วนประกอบเหล่านี้ประมาณ ร้อยละ 10-40 ถูกจุลินทรีย์ใช้เป็นพลังงาน ส่วนร้อยละ 40-60 เป็นอินทรีย์วัตถุที่มีเสถียรภาพหรือมีความคงทน เรียกว่า ฮิวมัส

อินทรีย์วัตถุ (SOM) เป็นสิ่งสำคัญในกระบวนการทางชีวเคมี ที่เกี่ยวข้องกับการปลดปล่อยและเสริมธาตุอาหารให้แก่พืชและปรับปรุงคุณภาพของดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ การปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างช้าจาก SOM เป็นกระบวนการที่เกิดโดยจุลินทรีย์และผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิ ความชื้นของดิน ทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี (Parton et al., 1987; Wadman and de Haan, 1997; Raiesi, 2006) นอกจากองค์ประกอบทางเคมี ลักษณะของ SOM ก็เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการสลายตัว (Levi-Minzi et al., 1990; Nelson et al., 1994) กระบวนการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ เป็นการย่อยสลายทางชีวภาพคือกระบวนการที่มีการสลายทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่ซับซ้อนของโมเลกุลของสารอินทรีย์จากวัสดุที่ตายลงได้ง่าย (Juma, 1998) การย่อยสลายของสารอินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นกระบวนการทางชีวภาพที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ การย่อยสลายช้าหรือเร็วจะถูกกำหนดโดยปัจจัยที่สำคัญคือ สิ่งมีชีวิตในดินภาพแวดล้อมทางกายภาพและคุณภาพของอินทรีย์วัตถุ (Brussaard, 1994) เช่น น้ำตาล แป้ง ไขมัน ลิกนิน และเซลลูโลส เมื่อซากพืช ซากสัตว์ ทับถมลงไปในดิน จะถูกจุลินทรีย์ในดินเข้าทำปฏิกิริยา เกิดการสลายตัวของซากทั้งหลาย แต่อัตราการสลายตัวของส่วนประกอบต่างๆ เหล่านี้มีไม่เท่ากัน แตกต่างกันตามชนิดและสูตรโครงสร้าง บางอย่างมีสูตรโครงสร้างไม่สลายซับซ้อน เช่น น้ำตาล แป้ง หรือโปรตีนธรรมดาจะสลายตัวได้เร็ว แต่บางอย่าง เช่น เซลลูโลส ลิกนิน ไขมันต่างๆ มีสูตรโครงสร้างซับซ้อนกว่าจึงสลายตัวได้ช้ามาก ดังนั้นอินทรีย์วัตถุในดินจึงมีทั้งที่ยังไม่สลายตัว กำลังสลายตัวและที่สลายตัวหมดแล้ว ส่วนที่สลายตัวหมดแล้วมีลักษณะอยู่ละเอียด มีสีดำหรือเกือบดำและมีชื่อเรียก

เฉพาะว่าฮิวมัส เป็นส่วนที่สำคัญ และมีประโยชน์ที่สุดของอินทรีย์วัตถุในด้านการทำให้คุณสมบัติของดินดีขึ้น

อินทรีย์วัตถุในดินเป็นตัวชี้วัดคุณภาพดิน



ภาพ 2 Soil organic matter dynamic
ที่มา: ศุภริดา (2552)

Manlay et al. (2007) กล่าวว่า ตั้งแต่ปี 1940 อินทรีย์วัตถุในดิน (SOM) ได้รับการยอมรับว่าเป็นระบบที่ซับซ้อน อินทรีย์ชีวภาพ เคลื่อนแร่ เป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญสำหรับคุณภาพของดิน และความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศเกษตร SOM ประกอบด้วย ส่วนผสมของพืชและสัตว์ที่ตกค้างในชั้นตอนต่างๆ ของการย่อยสลายรวมทั้งสารสังเคราะห์จุลินทรีย์และหรือจากการสลายผลิตภัณฑ์สลายสารเคมีและร่างกายของจุลินทรีย์ที่มีชีวิตและสัตว์ขนาดเล็ก และผลิตภัณฑ์ย่อยสลายของพวกเขากลับเป็นประโยชน์ต่อ SOM ในการเกิดของดิน SOM เป็นส่วนหนึ่งเนื่องจากผลกระทบเสถียรภาพของ SOM ในโครงสร้างของดินที่ดี เกี่ยวข้องกับการกักเก็บน้ำที่ดีขึ้นและการไหลเวียนของออกซิเจนในดิน SOM ยังมีผลป้องกันการพังทลายของดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในความลาดชันของดินที่มีความซับซ้อน แร่ของ SOM ปลดปล่อยธาตุอาหารพืชที่จำเป็นเช่น N, P, S และ K (Manlay et al., 2007) ส่วนประกอบ labile อินทรีย์วัตถุในดินได้รับการแนะนำเป็นตัวชี้วัดใน

ช่วงแรกของผลกระทบของการจัดการดินและระบบการปลูกพืชในดินที่มีคุณภาพสารอินทรีย์ (Gregorich et al., 1994) นอกจากจะถือว่าเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญของคุณภาพดิน (ศุภริดา, 2552)

อินทรีย์วัตถุส่วนต่างๆ ในดิน

อินทรีย์วัตถุในดิน (Soil carbon fractions) หรืออินทรีย์คาร์บอนที่ใช้เป็นดัชนีวัดคุณภาพดินที่สำคัญ โดยสามารถแบ่งเป็นส่วนต่างๆ ได้สองกลุ่มตามคุณสมบัติ และอัตราการย่อยสลาย กลุ่มแรกเป็นกลุ่มที่ยากต่อการเปลี่ยนแปลง (recalcitrant , stable soil organic matter) แต่จากการที่วัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินนั้นทำได้ยาก เพราะปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีส่วนเป็นส่วนที่ค่อนข้างคงที่ และยังคงอยู่ในดินและมีปริมาณที่มากด้วย (Gregorich et al., 1994) โดยเฉพาะสำหรับอินทรีย์วัตถุในกลุ่มแรกนี้ ได้แก่ humus และ inert organic matter (Skjemstad et al., 1996) เป็นส่วนถูกย่อยสลายได้ยาก และยังเป็นส่วนสำคัญที่ถูกเก็บรักษาคาร์บอนไว้ในดินโดยถูกป้องกันการย่อยสลายโดยดิน (mineral matrix) (Krull et al., 2003) เช่น ส่วนที่เป็น inert organic matter สามารถคงอยู่ในดินได้นานถึง 100-1,000 ปี ในขณะเดียวกันก็ยังมีอินทรีย์วัตถุอีกกลุ่มหนึ่งที่มีลักษณะตรงกันข้ามกับกลุ่มแรกเพราะจะถูกเปลี่ยนแปลงได้ง่ายหรือเร็วกว่าอันเนื่องจากการใช้ที่ดิน หรืออาจจะเรียกกลุ่มนี้ว่าอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เป็นประโยชน์ (labile carbon fraction) อินทรีย์วัตถุกลุ่มนี้เป็นส่วนที่ง่ายต่อการย่อยสลาย และเป็นแหล่งพลังงานให้กับจุลินทรีย์ดินโดยอาจอยู่ในรูปของ soil microbial biomass(SMB), light fraction หรือ particulate matter (C-POM); หรือ easily extractable C pools (mineralizable) และ dissolved organic matter (DOM) (Baldock and Skjemstad, 2000) โดยสามารถตอบสนองต่อการจัดการดินแบบต่างๆ หรือจะถูกเปลี่ยนแปลงเพียงเวลาสั้นคือประมาณ 1-5 ปี

ตามปกติในดินทั่วๆ ไปจะมีอินทรีย์วัตถุปะปนอยู่แล้วตามธรรมชาติมากบ้างน้อยบ้างขึ้นอยู่กับชนิดของดิน และปริมาณการสะสมรวมถึงการสลายตัวของมันด้วย การมีอินทรีย์วัตถุเพียงพอในดินจะเป็นการช่วยส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตของพืช เพราะอินทรีย์วัตถุเป็นแหล่งสำคัญในการสะสมธาตุอาหารพืชไว้ และปลดปล่อยให้พืชใช้ประโยชน์ในระหว่างการพัฒนาเจริญเติบโต ดังนั้นการสงวนรักษาหรือบำรุงดินให้มีอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับสูง จึงถือเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมากลำดับแรกของการผลิตต่างๆ ในทางการเกษตร และการที่ฮิวมัสจะมีอยู่ในระดับเท่าใดในดินนั้นก็มีปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณาดังนี้ คือ

1. กระบวนการสลายตัว เนื่องจากการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุเป็นแบบที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เพราะเป็นการกระทำของจุลินทรีย์ที่ดำเนินอยู่อย่างต่อเนื่องตราบเท่าที่สามารถย่อยสลายได้ของอินทรีย์วัตถุยังมีอยู่ ทั้งนี้เพราะจุลินทรีย์ต้องอาศัยอินทรีย์วัตถุเป็นแหล่ง

ของพลังงาน และส่วนที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ ถ้าไม่มีการเพิ่มเติมเศษซากอินทรีย์ใหม่ลงไปแล้ว อินทรีย์วัตถุในดินจะต้องลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงจุดคงที่จุดใดจุดหนึ่งในที่สุด

2. ส่วนประกอบที่ว่องไวและไม่ว่องไวในการสลายตัว ในส่วนอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในดินประกอบไปด้วย 2 ส่วนนี้อยู่ด้วยกัน ส่วนที่ว่องไวต่อการสลายตัวนั้นได้แก่ ส่วนที่ประกอบด้วยเศษซากพืชที่ยังคงมีการสลายตัวอยู่ ซึ่งถ้าไม่มีการเพิ่มเติมอินทรีย์สารใหม่ลงไป ส่วนที่ว่องไวก็จะสลายตัวเปลี่ยนไปเป็นพวกที่ไม่ว่องไวมากขึ้น ทำให้มีพวกที่คงทนต่อการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเรียกว่าฮิวมัสเพิ่มขึ้น การสลายตัวของฮิวมัสต้องใช้เวลาอย่างมากถ้าไม่มีการเพิ่มเติมลงไปอีกจะต้องหมดไปจากดินได้เช่นกัน

ตัวชี้วัดของแหล่งคาร์บอนที่สูญเสียได้ง่ายของคาร์บอนในดิน

สารอินทรีย์ที่ละลายได้ง่าย (DOM) ถูกกำหนดให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอินทรีย์วัตถุในสารละลายเป็น <0.45 ไมโครเมตร เป็นส่วนที่มากที่สุดของ SOM และจะมีผลต่อคุณภาพของดิน สารอินทรีย์ที่ละลายได้ง่าย (DOC) จะได้รับความสนใจมากขึ้นในดินทางการเกษตรเพราะเป็นแหล่งที่มาและใช้ได้ทันทีของ C จากเศษซากพืช เนื้อที่ซากพืช ดิน จุลินทรีย์ หรือสารที่หลังจากการ

อินทรีย์คาร์บอนรูปแบบต่างๆในดิน

Soil organic carbon (SOC)

Soil organic carbon (SOC) เป็นอินทรีย์คาร์บอนของดินทั้งส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายและส่วนที่ย่อยสลายได้ยาก การเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรีย์วัตถุจะเห็นการเปลี่ยนแปลงยาก (สุกรีธิดา และคณะ, 2554) เพราะปริมาณอินทรีย์วัตถุเป็นส่วนคงที่หรือยากต่อการเปลี่ยนแปลง (stable soil organic matter) และยังคงอยู่ในดินก่อนหน้านี้และมีปริมาณมาก (Gregorich et al., 1994)

Total organic carbon (TOC)

Total organic carbon (TOC) เป็นอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดของดินทั้งส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายและส่วนที่ย่อยสลายได้ยาก (สุกรีธิดา, 2553)

Water soluble carbon (WSC)

Water soluble carbon (WSC) เป็นส่วนที่มีความสำคัญที่มักจะมีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานสำหรับจุลินทรีย์ในดิน ของกระบวนการ mineralizable N, P และ S และมีอิทธิพลต่อความเป็นประโยชน์ของไอออนโลหะในดิน โดยการสร้างสารที่มีความซับซ้อน คาร์บอนที่ละลายน้ำได้เกิดจากสารของจุลินทรีย์ (เช่น เมื่อ polysaccharide) และมีส่วนสำคัญที่จะทำให้คาร์บอนละลายน้ำได้

Hot water soluble carbon (HWSC)

Water soluble carbon (WSC) และ Hot water soluble carbon (HWSC) เป็นการสกัดสารอินทรีย์คาร์บอนที่ละลายด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องและ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ นับว่าเป็นส่วนที่ง่ายมากต่อการถูกย่อยสลาย และยังเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์อีกด้วย ลักษณะของสารอินทรีย์ที่สกัดได้อาจมีโครงสร้างโมเลกุลที่หลากหลายตั้งแต่โครงสร้างแบบง่ายไปจนถึงโครงสร้างโมเลกุลที่ซับซ้อน (สุภธิดา และ พันธุ์ศักดิ์, 2550) เช่น แทนนิน (Tannin) ลิกนิน (Lignin) หรือฟีนอลิก (Phenolic acid) คาร์บอนที่สกัดด้วยน้ำ (WSC) ถือได้ว่าเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ดินสำหรับขับเคลื่อนกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดิน (Coleman et al., 1984) เพราะอินทรีย์คาร์บอนในส่วนนี้พร้อมที่จะถูกย่อยสลายได้ตลอดเวลา ส่วนคาร์บอนที่สกัดด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส (HWSC) เป็นตัวสกัดค่อนข้างไว (Sensitive) ต่อการใช้ปุ๋ยเคมี เช่น ปุ๋ย N และ P (Ghani et al., 2003) อุณหภูมิดังกล่าวจะทำให้การสลายอินทรีย์คาร์บอนในส่วนที่เป็นโครงสร้างของเซลล์พืช โดยทำให้แตก และแยกเอาส่วนอินทรีย์สารออกจากอินทรีย์สารด้วย (Nelson et al., 1994) จึงทำให้ปริมาณ HWSC ของสารอินทรีย์คาร์บอนมากกว่า WSC ซึ่งปริมาณ WSC และ HWSC มีศักยภาพที่จะเป็นดัชนีวัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และคุณภาพของการใช้ที่ดินได้ (สุภธิดา และ พันธุ์ศักดิ์, 2550)

Carbon in large particle size fraction (C LPSF) และ Carbon in fine particle size fraction (C FPSF)

Carbon in large particle size fraction (C LPSF) และ Carbon in fine particle size fraction (C FPSF) เป็นคาร์บอนที่อยู่ในส่วน particle size fraction (C PSF) มี particulate organic matter หรือ POM เป็นส่วนประกอบและเป็นส่วนหนึ่งของ Labile carbon ส่วนนี้สามารถใช้เป็นแหล่งของธาตุอาหารพืช หรือจุลินทรีย์ดิน (Dalal and Mayer, 1986) โดยจะแบ่งเป็นคาร์บอนในส่วน of L PSF (large microaggregate, 0.250-1.000 mm, C LPSF) และ F PSF (fine particulate

organic matter, 53-0.250 mm, C FPSF) ผลการศึกษาจาก Scanning electron microscopy พบว่า ส่วน L PSF ประกอบด้วยชิ้นส่วนของซากพืช (Plant debris) และอาจจะมีเม็ดดินขนาดเล็กปนอยู่ด้วย (ศุภธิดา และ พันธศักดิ์, 2550) ส่วน F PSF ประกอบด้วยอินทรีย์วัตถุที่ย่อยสลายยาก และถูกปกป้องโดยเม็ดดินซึ่ง Mikha and Rice (2004) ได้รายงานว่าการเพิ่มขึ้นของ Labile carbon ในส่วน F PSF (53-0.250 mm) ในพื้นที่ที่ไม่มีการไถพรวน และมีการแตกของเม็ดดินเกิดขึ้นได้ยากนั้น อาจเป็นเพราะเม็ดดินมีขนาดเล็กและมีส่วนของคาร์บอนที่ย่อยสลายได้ยาก (Recalcitrant organic matter) เป็นองค์ประกอบอยู่สูง และทำหน้าที่ยึดอนุภาคดินไว้ทำให้เกิดความคงทนของเม็ดดินเพิ่มมากขึ้น (ศุภธิดา และ พันธศักดิ์, 2550)

Permanganate Oxidizable Carbon (POC)

Permanganate oxidized carbon (POC) เป็นอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ออกซิไดซ์ในสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่มีสถานะเป็นด่าง เรียกอินทรีย์คาร์บอนส่วนนี้ว่า อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ละลายได้ง่ายในสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต หรือ POC (Tirol-Padre and Ladha., 2004) เป็นอินทรีย์วัตถุประเภทที่ง่ายต่อการเปลี่ยนแปลง (labile fraction of organic matter) เช่น จุลินทรีย์ (microbial biomass) ซากอินทรีย์ส่วนเบา (light fraction) หรือสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำ (dissolved organic matter) (ศุภธิดา และ คณะ, 2554; Ghani et al., 2003) เช่น พวกลำไย ไบโไฮเดรต กรดอะมิโน กรดอินทรีย์ เป็นต้น ซึ่งเป็นอีกตัวชี้วัดหนึ่งที่มีศักยภาพในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (พิทวัส, 2552) เป็นส่วนที่มีการตอบสนองที่ไวต่อการจัดการของดิน (ศุภธิดา, 2553) สามารถประเมินการเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรีย์วัตถุ อันเนื่องมาจากการใช้ที่ดิน และเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาสั้น คือประมาณ 1-5 ปีได้ เช่นเดียวกับ labile fraction of organic matter ชนิดอื่นๆ (Blair et al., 1995) ดังนั้นอาจจะกล่าวได้ว่า อินทรีย์วัตถุส่วนนี้มีศักยภาพที่จะใช้เพื่อประเมินปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากการใช้ที่ดิน เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระยะเวลาด้าน (ศุภธิดา, 2553) จุดเด่นคือ ใช้สารเคมีน้อย และปลอดภัยต่อผู้ทดลองและสิ่งแวดล้อม และไวต่อการเปลี่ยนแปลงที่ดิน (Weil et al., 2003)

ปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมของอินทรีย์วัตถุ

การที่ดินแต่ละชนิดมีปริมาณอินทรีย์วัตถุแตกต่างกันนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ก่อให้เกิดดินทั้งหลาย ซึ่ง การย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ โดยจุลินทรีย์นั้นมีความสำคัญต่อการเกษตรเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้ก็เพราะผลพวงที่ทำให้เกิดการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุจะทำให้ธาตุอาหารหลายชนิดในอินทรีย์สาร จะถูกแปรสภาพมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อดินและพืช ในการสลายตัวของ

อินทรีย์วัตถุที่ใส่ลงไปในดินนั้น จะมีปัจจัยหลายประการที่มีอิทธิพลต่อการสลายตัว ซึ่งจะเป็นการแปรสภาพจากอินทรีย์สารเป็นอนินทรีย์สาร หรือที่เรียกว่า Mineralization ซึ่งจะมีปัจจัยสำคัญในการย่อยสลายคือ อุณหภูมิ ความชื้น pH ฯลฯ (มุกดา, 2544) สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ คือ

อินทรีย์วัตถุ = f (เวลา, ภูมิอากาศ, พืชพรรณ, วัตถุต้นกำเนิดดิน, สภาพพื้นที่,) อิทธิพลทางสภาพแวดล้อมที่มีต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุของดิน

ปริมาณแร่ดินเหนียว

แร่ในดิน เช่น แร่ดินเหนียว สามารถป้องกัน SOM บางส่วนเอาไว้ ยกตัวอย่างเช่น สารที่ย่อยสลายง่าย เช่น คาร์โบไฮเดรต และ โปรตีน เป็นต้น ถูกดูดซับอยู่ที่พื้นผิวหรือแทรกตัวอยู่ในหีลิบ (interlayer space) ของแร่ในดิน ในดินเหนียวมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง ทำให้สามารถยึดเกาะกับอนุภาคข้างเคียง ดูดซับน้ำและธาตุอาหารหรือไอออนในสารละลาย รวมถึงคาร์บอนได้ดีกว่าดินร่วนปนทรายที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะต่ำกว่ามาก ทำให้ดูดซับธาตุอาหาร อินทรีย์วัตถุ และคาร์บอนในปริมาณที่สูงกว่าดินร่วนปนทราย (สิริรัตน์ และคณะ, 2547) เนื่องจากดินที่เปอร์เซ็นต์ดินเหนียวสูงย่อมมี CEC สูงกว่าดินที่มีเปอร์เซ็นต์น้อยกว่า ดังนั้นดินเหนียวจึงมีความสัมพันธ์ทางอ้อมกับฮิวมัสในดิน จากการศึกษาของ พงนิษฐ์ และทวีศักดิ์ (2541) พบว่า ดินส่วนใหญ่ที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวจะมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูง รองลงมา ได้แก่ ดินที่มีเนื้อดินปานกลาง ดินที่มีเนื้อดินเป็นทรายจะมีปริมาณต่ำสุด

การย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ

ภายใต้สภาพน้ำขังในนาข้าวการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุในดินนาที่อยู่ในสภาพน้ำขังจะถูกเปลี่ยนมาเป็นการย่อยสลายในสภาพไร้ออกซิเจน (anaerobic) เกิดกระบวนการหมัก (fermentation) ของอินทรีย์วัตถุโดยจุลินทรีย์ดินกลุ่ม facultative และ strict anaerobes ได้ก๊าซ CH_4 เรียกจุลินทรีย์ดินที่สร้างก๊าซ CH_4 ว่า methanogens ส่วนกระบวนการเกิดก๊าซ CH_4 เรียกว่า methanogenesis ซึ่งเป็นปฏิกิริยาชีวเคมีสุดท้ายของการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดินสภาพไร้ออกซิเจน จึงได้ก๊าซ CH_4 ปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ ความชื้น มีผลต่อการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ โดยส่งผลกระทบต่อกิจกรรมและการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ดินต้องอาศัยน้ำที่อยู่ในระดับที่เหมาะสม เมื่อดินอยู่ในสภาพมีน้ำขัง การแพร่กระจายของอากาศจากบรรยากาศไปยังดินจะหยุดชะงัก เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ช่วยย่อยสลาย เช่น เชื้อรา แอคติโนมัยซีท และแบคทีเรียบางชนิด ต้องการอากาศใน

กระบวนการหายใจ ซึ่งถ้ามีอากาศเพียงพอ กิจกรรมการย่อยสลายจะเป็นไปอย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ ส่วนจุลินทรีย์ที่อยู่ในสภาพที่ไม่มีอากาศ การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในสภาพที่มีอากาศ ซึ่งเกิดได้เร็วก็เกิดช้า (0.5-10 มม.) (Sahrawat, 2004) ซึ่งอากาศจะซึมลงไปได้ช้าลง เพราะจุลินทรีย์ที่ทำกิจกรรมเป็นพวกที่อยู่ได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจน และไม่มีออกซิเจน จุลินทรีย์เหล่านี้อาจใช้สารประกอบอนินทรีย์เป็นตัวรับอิเล็กตรอน (Anaerobic respiration) หรือสารประกอบอินทรีย์เป็นตัวรับอิเล็กตรอน (Fermentation) ผลก็คือ ดินถูกรีดิวซ์ ยกเว้นส่วนบนของดิน จะส่งผลให้อินทรีย์วัตถุมีการสะสมในดินมากกว่าในสภาพที่มีออกซิเจน เนื่องจากกระบวนการย่อยสลายเกิดขึ้นได้ช้า เกิดการย่อยสลายตัวไม่สมบูรณ์ จึงทำให้ในสภาพน้ำขังเกิดการสะสมอินทรีย์วัตถุในดินมากขึ้น จะเห็นว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินที่ปลูกข้าวถูกควบคุมโดยปัจจัยต่างๆ เช่น ภูมิอากาศ ระดับสูงต่ำของพื้นที่ การที่ดินมีน้ำขังและเนื้อดิน จากการศึกษาของ Kawaguchi และ Kyuma (1977) พบว่าถ้ามีอากาศขึ้น ดินอยู่ในสภาพน้ำขัง และเนื้อดินละเอียด จะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง นอกจากนั้นการจัดการดิน ยังมีผลต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุในแต่ละพื้นที่ หรือแม้แต่ในพื้นที่เดียวกัน

ภายใต้สภาพเปียกสลับแห้ง ผลของการแห้งสลับเปียกในสภาพภายใต้สภาพเปียกหรือสภาพน้ำขัง ดินจะอยู่ในสภาวะที่ขาดออกซิเจน การระบายน้ำออกจากพื้นที่ชุ่มน้ำแล้วใช้เป็นพื้นที่เพาะปลูก พืชหญ้าหรือป่าไม้ ทำให้มีการย่อยสลายอย่างรวดเร็ว เช่นเดียวกับภายใต้แห้งสลับเปียก มีการแห้งสลับเปียกจะส่งผลต่อกิจกรรมและการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ดินเนื่องจากจุลินทรีย์ที่ช่วยย่อยสลาย เช่น เชื้อรา แอคติโนมัยซีท และแบคทีเรียบางชนิด ต้องการอากาศในกระบวนการหายใจ กิจกรรมของจุลินทรีย์จะหยุดชะงัก แต่เมื่อสภาพน้ำขัง ไม่มีออกซิเจนหมดไป ดินก็จะกลับมาอยู่ในสภาพที่มีออกซิเจนอีกครั้ง ในช่วงระหว่างน้ำขังกลับมาเป็นสภาพเปียก ความชื้นที่มีอยู่จะมีผลต่อการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดินเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์กลับมาทำงานอีกครั้ง ภายใต้สภาพเปียกสลับแห้งจะเป็นการช่วยให้เกิดการสะสมเมื่ออยู่ในสภาพน้ำขัง และเร่งการย่อยสลายเมื่อให้สภาพที่แห้งหรือมีออกซิเจน

อิทธิพลของอินทรีย์วัตถุต่อคุณสมบัติทางกายภาพของดิน

อินทรีย์วัตถุมีผลต่อการปรับปรุงโครงสร้างของดิน วัสดุอินทรีย์ที่ย่อยสลายกลายเป็นอินทรีย์วัตถุจะแทรกอยู่ในเม็ดดิน ทำให้ดินโปร่ง ร่วนซุย ระบบรากพืชสามารถชอนไชดินได้ง่ายและไถลขึ้น ช่วยเพิ่มพื้นที่การหาอาหารของพืช อินทรีย์วัตถุยังช่วยทำให้เกิดเม็ดดินและช่วยให้เม็ดดินเสถียร ซึ่งเป็นผลจากการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุโดยจุลินทรีย์ดินและมีการสังเคราะห์สารบางชนิดขึ้นมาใหม่สารที่สังเคราะห์ขึ้นมาใหม่นี้เป็นตัวเชื่อมอนุภาคดินให้เกาะกันเป็นก้อน ทำให้ดินมีช่องว่าง มีสภาพคล้อยฟองน้ำ และมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้มากถึง 6-20 เท่าของ

น้ำหนัก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ธรรมชาติของดินเหนียวเป็นดินเนื้อละเอียด จะมีช่องว่างขนาดเล็กจำนวนมากจึงอุ้มน้ำได้ดีแต่ระบายอากาศได้ช้า ขณะที่ดินทรายซึ่งเป็นดินเนื้อหยาบจะมีช่องว่างขนาดใหญ่จึงระบายอากาศได้ดีแต่อุ้มน้ำได้น้อย การเกิดเม็ดดินจึงเป็นการเพิ่มช่องว่างขนาดใหญ่ในดินเนื้อละเอียดและเพิ่มช่องว่างขนาดเล็กในดินเนื้อหยาบ ทำให้สัดส่วนของช่องว่างพอเหมาะทั้งการดูดซับน้ำและการระบายอากาศ การเกิดเม็ดดินที่เสถียรสามารถช่วยลดการชะล้างพังทลายของดิน ในแง่ของการจัดการดิน การเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินเหนียวช่วยลดความหนืดและการเกาะกันของอนุภาคดินเหนียว ทำให้ไถพรวนได้ง่ายขึ้น

อิทธิพลของอินทรีย์วัตถุต่อคุณสมบัติทางเคมีของดิน

อินทรีย์วัตถุมีต้นกำเนิดมาจากพืชและสัตว์ จึงเป็นแหล่งธาตุอาหารที่จำเป็นอย่างครบถ้วนที่พืชและสัตว์ใช้ในการเจริญเติบโต การย่อยสลายอินทรีย์วัตถุโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินทำให้ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ถูกปลดปล่อยออกมาให้พืชสามารถนำกลับไปใช้ได้ อีกที่สำคัญได้แก่ ไนโตรเจนฟอสฟอรัส และกำมะถัน ซึ่งอินทรีย์วัตถุในดินจัดได้ว่าเป็นแหล่งที่สำคัญของธาตุเหล่านี้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นแหล่งปุ๋ยไนโตรเจนธรรมชาติที่สำคัญที่สุด อินทรีย์วัตถุมีคุณสมบัติในการช่วยควบคุมการละลายได้ของธาตุบางชนิด เช่น อะลูมินัมและเหล็ก โดยเฉพาะในดินที่เป็นกรดจัด หากมีธาตุทั้งสองชนิดมากเกินไปจะเป็นพิษต่อพืชได้ อินทรีย์วัตถุยังช่วยลดการเกิดศิลาแลง โดยการจับกับอะลูมินัมและเหล็ก เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน จึงช่วยปลดปล่อยธาตุฟอสฟอรัสจากการตกตะกอนกับธาตุทั้งสองชนิดดังกล่าว เป็นการช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้ธรรมชาติของอินทรีย์วัตถุที่มีลักษณะเป็นสารแขวนลอย มีคุณสมบัติพิเศษคือมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity: CEC) สูง CEC มีที่มาจากประจุลบที่มีอยู่เป็นจำนวนมากของอินทรีย์วัตถุ ทำให้ดินสามารถดูดซับธาตุประจุบวกได้ตามกำลังของประจุลบที่มีอยู่ CEC เป็นคุณสมบัติทางเคมีที่ทำให้อินทรีย์วัตถุมีส่วนช่วยดูดซับธาตุอาหารพืชซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นธาตุประจุบวกไว้ให้พืชได้ใช้มากขึ้น กล่าวคือ ธาตุอาหารพืชที่ละลายออกจากปุ๋ยเคมีบางส่วนที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ไม่ทันก็จะถูกอินทรีย์วัตถุดูดซับเอาไว้ไม่ให้สูญหายไปจากดินได้ง่าย เป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีได้เป็นอย่างดี CEC ยังมีคุณสมบัติช่วยให้ดินมีความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงระดับสารเคมีหรือปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในดิน เช่น สภาพกรด-ด่าง ความเค็ม สารกำจัดศัตรูพืช ตลอดจนความเป็นพิษจากโลหะหนักที่ใส่ลงในดินให้เปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป

อิทธิพลของอินทรีย์วัตถุต่อคุณสมบัติทางชีวภาพของดิน

อินทรีย์วัตถุเป็นแหล่งอาหารและพลังงานของจุลินทรีย์ดิน ดินที่มีอินทรีย์วัตถุมาก จึงเป็นดินที่มีจุลินทรีย์มาก กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินช่วยส่งเสริมกระบวนการที่เป็นประโยชน์ในดิน ได้แก่ การแปรสภาพอินทรียสารในดินจากรูปที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช จุลินทรีย์บางชนิดยังมีความสามารถพิเศษในการเปลี่ยนก๊าซไนโตรเจนในบรรยากาศซึ่งมีอยู่มากถึง 78% แต่อยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์โดยตรงไม่ได้ให้อยู่ในรูปสารประกอบไนโตรเจนที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ โดยผ่านกระบวนการตรึงไนโตรเจนซึ่งเป็นผลที่ได้จากกิจกรรมของจุลินทรีย์พวกไรโซเบียมที่ปมรากของพืชตระกูลถั่ว จุลินทรีย์ดินบางชนิดยังสามารถควบคุมปริมาณของไส้เดือนฝอยและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคพืชได้อีกด้วย

ตาราง 3 อิทธิพลของอินทรีย์วัตถุต่อสมบัติของดินและการเจริญเติบโตของพืช

ผลต่อดิน	ผลต่อพืช
ด้านกายภาพของดิน 1. เพิ่มการเกาะตัวของอนุภาคดินให้เป็นเม็ดดิน 2. เพิ่มเสถียรภาพของโครงสร้างดิน ก่อให้เกิดสมดุลระหว่างช่องขนาดเล็ก กลาง และใหญ่	1. รากพืชงอกขึ้นได้ง่าย 2. ดินทนต่อการชะล้างและการกร่อน เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ การแทรกซึมน้ำ การซึมซับน้ำ และการถ่ายเทอากาศของดินดีขึ้น
ด้านเคมีของดิน 1. เป็นแหล่งธาตุอาหาร มีหลายธาตุ ปลดปล่อยให้พืชอย่างช้าๆ และธาตุอาหารถูกชะล้างจากดินน้อย 2. ทำปฏิกิริยาเคมีเลชันกับไอออนของจุลธาตุในดิน 3. เพิ่มความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (CEC) 4. ลดการตรึงฟอสฟอรัสในดิน	1. พืชได้รับธาตุอาหารหลายธาตุ เป็นแหล่งสำคัญของธาตุไนโตรเจน แต่ไม่มีผลตกค้างเป็นกรด เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมหรือยูเรีย 2. พืชดูดใช้จุลธาตุจากดินได้ดีขึ้น 3. ดินดูดซับธาตุอาหารพวกแคตไอออนไว้เป็นประโยชน์ต่อพืชได้มากขึ้นดิน (CEC) 4. พืชใช้ประโยชน์จากปุ๋ยฟอสเฟตได้มากขึ้น

ตาราง 3 (ต่อ)

ผลต่อดิน	ผลต่อพืช
ด้านชีวภาพของดิน	
1. สภาพของดินเหมาะแก่การเจริญของจุลินทรีย์ ดินมีประชากรและกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เป็น ประโยชน์มากขึ้น	1. พืชได้รับประโยชน์จากวงจรธาตุอาหารที่ เหมาะสมในดิน 2. การเคลื่อนย้ายและการสลายของซากพืช ใหม่ๆ เกิดได้เร็ว
2. เพิ่มปริมาณและกิจกรรมของสัตว์ในดิน	

ที่มา: ยงยุทธ และคณะ (2554)

ไส้เดือนดิน

ไส้เดือนดินถูกมองว่าเป็นสัตว์ที่เป็นประโยชน์มากกว่าสัตว์ที่เป็นโทษต่อมนุษย์ โดยเฉพาะด้านการปรับปรุงโครงสร้างและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน ดังต่อไปนี้

1. ช่วยพลิกกลับดิน นาผืนด้านล่างขึ้นมาด้านบนโดยดินที่มีแร่ธาตุบริเวณด้านล่าง แล้วถ่ายมูลบริเวณผิวดินด้านบน ช่วยให้เกิดการผสมคลุกเคล้าแร่ธาตุในดิน นาแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในชั้นใต้ดินขึ้นมาด้านบนให้พืชดูดไปใช้ได้

2. ช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ในดิน ซากพืช ซากสัตว์ และอินทรีย์วัตถุต่างๆ ทำให้ธาตุต่างๆ อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชหลายชนิด รวมทั้งสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และวิตามิน จะถูกปลดปล่อยออกมาพร้อมกับมูลของไส้เดือนดิน

3. ช่วยเพิ่มและแพร่กระจายจุลินทรีย์ในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และไรโซเบียม ไมคอร์ไรซา ในบริเวณรากพืช

4. การขบไชของไส้เดือนดิน ทำให้ดินร่วนซุย การถ่ายเทน้ำและอากาศดี ดินอุ้มน้ำได้ดีขึ้น เพิ่มช่องว่างในดินทำให้รากพืชขบไชได้ดี (อานัฐ, 2550)

นอกจากนี้ยังพบว่า มูลของไส้เดือนดินมีประโยชน์ในด้านช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชด้วย และบทบาทใหม่ของไส้เดือนดินในปัจจุบัน คือ การเป็นดัชนีชี้วัดทางสิ่งแวดล้อม (Bio-Index) ในการชี้วัดถึงการปนเปื้อนของสารพิษต่างๆ ในดินเนื่องจากไส้เดือนดินมีไข่มันที่สามารถดูดซับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชบางกลุ่มที่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ในภายหลัง และบทบาทใหม่ที่สำคัญมากในปัจจุบัน คือ การใช้ไส้เดือนดินกำจัดขยะอินทรีย์ในการผลิตปุ๋ยหมัก

แนวทางการใช้ประโยชน์จากไส้เดือนดิน

จากผลการวิจัยไส้เดือนดินในด้านต่างๆ ในปัจจุบัน ทำให้มีการนำไส้เดือนดินไปใช้ประโยชน์ในแนวทางต่างๆ มากขึ้น ดังต่อไปนี้

1. ปรับปรุงโครงสร้างและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน
2. กำจัดขยะอินทรีย์เพื่อผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน
3. ใช้เป็นอาหารโปรตีนเสริมเลี้ยงสัตว์
4. ใช้เป็นอาหาร ยารักษาโรค และเครื่องสำอาง
5. ใช้เป็นดัชนีชี้วัดทางสิ่งแวดล้อมในการตรวจสอบธาตุโลหะหนัก และการปนเปื้อนของสารเคมีทางการเกษตรในดิน (อานัฐ, 2550)

ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน (Vermicompost) หมายถึง เศษซากอินทรีย์วัตถุต่างๆ รวมทั้งดินและจุลินทรีย์ที่ไส้เดือนดินกินเข้าไปแล้วผ่านกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุเหล่านั้นภายในลำไส้ของไส้เดือนดิน แล้วจึงขับถ่ายเป็นมูลออกมาทางรูทวาร ซึ่งมูลที่ได้จะมีลักษณะเป็นเม็ดสีดำ มีธาตุอาหารพืชอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ ในปริมาณที่สูงและมีจุลินทรีย์จำนวนมาก ซึ่งในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้ไส้เดือนดินขยะอินทรีย์ที่ไส้เดือนดินกินเข้าไป และผ่านการย่อยสลายในลำไส้แล้วขับถ่ายออกมา มูลไส้เดือนดินที่ได้เรียกว่า “ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน”

คุณสมบัติของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพในลำดับสุดท้ายของปุ๋ยหมักไส้เดือนดินที่ได้จากกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจากขยะอินทรีย์ชนิดต่างๆ จะมีลักษณะคล้ายกับแหล่งของขยะอินทรีย์ที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการเลี้ยงไส้เดือนดิน อย่างไรก็ตาม ผลผลิตขั้นสุดท้ายของการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินมักจะได้วัสดุที่มีลักษณะดีเยี่ยม คือ จะเป็นเม็ดร่วนละเอียด มีสีดำออกน้ำตาล โปร่งเบา มีความพรุนระบายน้ำและอากาศได้ดีมาก มีความจุความชื้นสูงและมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงมาก ซึ่งผลจากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ที่ไส้เดือนดินดูดกินเข้าไปภายในลำไส้ และด้วยกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้และน้ำย่อยของไส้เดือนดินจะช่วยให้ธาตุอาหารหลายๆ ชนิดที่อยู่ในเศษอินทรีย์วัตถุเหล่านั้นถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ เช่น เปลี่ยนไนโตรเจนให้อยู่ในรูป ไนเตรท หรือ แอมโมเนีย ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ และนอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบของธาตุอาหารพืชชนิดอื่น และจุลินทรีย์หลายชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อดิน รวมทั้ง สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิดที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในลำไส้ของไส้เดือนดินด้วย เมื่อใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนให้กับต้นพืช ปุ๋ยหมัก

มูลไส้เดือนดินก็จะค่อยๆ ปลดปล่อยไนโตรเจนในรูป แอมโมเนีย และไนเตรท ซึ่งจะทำให้ดินมี แอมโมเนีย และไนเตรท พร้อมให้ต้นพืชดูดนำไปใช้ได้ตลอดเวลา เป็นภาวะที่พืชหลายชนิด ต้องการมากกว่าการมีอิออนชนิดหนึ่งชนิดใดเพียงอย่างเดียวในดิน (สมชาย, 2535) นอกจากนี้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนที่ได้จะมีธาตุอาหารพืชอยู่มากกว่าแหล่งขยะอินทรีย์ที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินด้วย

การใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินและน้ำหมักมูลไส้เดือนดินในการปลูกพืช จะส่งผลให้ดินมีโครงสร้างดีขึ้น คือทำให้ดินกักเก็บความชื้นได้มากขึ้น มีความโปร่งร่วนซุย รากพืชสามารถ ขอนไซและแพร่กระจายได้กว้าง ดินมีการระบายน้ำและอากาศได้ดี ทำให้จุลินทรีย์ดินที่เป็น ประโยชน์บริเวณรากพืชสามารถสร้างเอนไซม์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ จุลินทรีย์ดินที่ปนออกมากับมูลของไส้เดือนดินยังสามารถสร้างเอนไซม์ฟอสฟาเตสได้อีกด้วย ซึ่ง จะมีส่วนช่วยเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในดินให้สูงขึ้นได้ (อานันท์, 2548)

ประโยชน์และความสำคัญของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

1. ส่งเสริมการเกิดเม็ดดิน
2. เพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุแก่ดิน
3. เพิ่มช่องว่างในดินให้การระบายน้ำและอากาศดียิ่งขึ้น
4. ส่งเสริมความพรุนของผิวหน้าดิน ลดการจับตัวเป็นแผ่นแข็งของหน้าดิน
5. ช่วยให้ระบบรากพืชสามารถแพร่กระจายตัวในดินได้กว้าง
6. เพิ่มขีดความสามารถในการดูดซับน้ำในดิน ทำให้ดินชุ่มชื้น
7. เพิ่มธาตุอาหารพืชให้แก่ดินโดยตรงและเป็นแหล่งอาหารของสัตว์และจุลินทรีย์ดิน
8. เพิ่มศักยภาพการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน
9. ช่วยลดความเป็นพิษของธาตุอาหารพืชบางชนิดที่มีปริมาณมากเกินไป เช่น อลูมิเนียม และแมงกานีส
10. ช่วยเพิ่มความต้านทานในการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-เบส (Buffer capacity) ทำให้การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นไม่เร็วเกินไปจนเป็นอันตรายต่อพืช
11. ช่วยควบคุมปริมาณไส้เดือนฝอยในดิน เนื่องจากการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจะทำให้มีปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถขับสารพวกอัลคาลอยด์และกรดไขมันที่เป็นพิษต่อไส้เดือนฝอยได้เพิ่มขึ้น

การแปรสภาพสารอินทรีย์

Nitrification

กระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) เป็นกระบวนการออกซิไดซ์แอมโมเนียให้เป็นไนไตรท์และไนเตรท โดยอาศัยทำหน้าที่ของแบคทีเรียประเภทออโตโทรฟ 2 ชนิด ใน 2 ขั้นตอนย่อย ขั้นตอนย่อยแรกคือ ไนไตรเตชัน (Nitrification) โดยแบคทีเรียกลุ่ม Ammonium oxidizing bacteria (AOB) มีหน้าที่ออกซิไดซ์แอมโมเนียให้เป็นไนไตรท์ ส่วนขั้นตอนย่อยที่สองคือ ไนเตรเตชัน (Nitrification) โดยแบคทีเรียกลุ่ม Nitrite oxidizing bacteria (NOB) ทำหน้าที่ออกซิไดซ์ไนไตรท์เป็นไนเตรท ขณะที่แบคทีเรียออโตโทรฟ ทั้ง 2 ชนิดออกซิไดซ์แอมโมเนียเป็นไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-) ระบบจะอยู่ในสภาวะแอโรบิก และได้พลังงานออกมา แบคทีเรียจะใช้พลังงานนี้ไปดึงเอาคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ ไฮโดรเจนคาร์บอเนตมาเป็นแหล่งคาร์บอน (Carbon source) ต่อไป

Denitrification

เป็นกระบวนการเปลี่ยน NO_3^- ไปเป็นแก๊ส N_2 หรือ N_2O โดยจุลินทรีย์กลุ่มที่อาศัยอยู่ได้ทั้งภาวะที่มีและไม่มีอากาศ เมื่อไม่มี O_2 จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะใช้ NO_3^- เป็นตัวรับอิเล็กตรอนแทน กระบวนการนี้ทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนไปจากดิน ดังนั้นปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับนาข้าวจึงไม่ควรใช้ในรูปแบบประกอบ NO_3^- เนื่องจากในสภาพนาข้าว มีทั้งสภาพที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน

Sulfur oxidation

เป็นการเปลี่ยนสารประกอบอนินทรีย์ของกำมะถันที่มี oxidation number ต่ำ เช่น S , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$, $\text{S}_3\text{O}_6^{2-}$ ให้กลายเป็น SO_4^{2-} โดยจุลินทรีย์กลุ่ม Thiobacillus กระบวนการนี้ทำให้กำมะถันอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์กับพืช แต่ขณะเดียวกันก็ทำให้เกิดกรดซัลฟูริกด้วย SO_4^{2-} ที่เกิดขึ้นมักอยู่ในรูป H_2SO_4

Sulfur reduction

เป็นกระบวนการเปลี่ยนสารประกอบ SO_4^{2-} ไปเป็น S_2 และ H_2S โดยจุลินทรีย์กลุ่ม *Desulfovibrio* กระบวนการนี้จะเกิดเฉพาะในดินน้ำขังและเกิดภาวะขาดออกซิเจน ทำให้กำมะถันที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดลง H_2S เป็นพิษต่อรากพืชและสัตว์น้ำ สารประกอบซัลไฟด์ส่วนใหญ่มีสีดำ ดังนั้นหากเกิดกระบวนการนี้ขึ้นมักสังเกตเห็นน้ำมีตะกอนสีดำ หรือมีคราบสีดำรอบๆ รากพืช

Imrsobilization

เป็นกระบวนการที่จุลินทรีย์ใช้ธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินไปสร้างส่วนประกอบของเซลล์ในขณะที่มีการย่อยอินทรีย์วัตถุ กระบวนการนี้เกิดขึ้นเมื่ออินทรีย์วัตถุที่ใส่ลงไปดินมีสัดส่วนของธาตุคาร์บอนมาก ในขณะที่มีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส หรือกำมะถันน้อย ไม่เพียงพอต่อการสร้างส่วนประกอบของเซลล์จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความสามารถในการเปลี่ยนคาร์บอนไปเป็นส่วนประกอบของเซลล์ได้ไม่เหมือนกัน พวกเห็ดรา สามารถเปลี่ยนเป็นส่วนประกอบของเซลล์ได้ 30-40% ของคาร์บอนที่มีอยู่ทั้งหมดในสารอินทรีย์ *Actinomyces* เปลี่ยนได้ 15-30% *aerobe bacteria* เปลี่ยนได้ 5-10% *anaerobe bacteria* เปลี่ยนได้ 2-5 % โดยเฉลี่ยแล้วจุลินทรีย์ดินจะเปลี่ยนคาร์บอนจากสารอินทรีย์เป็นส่วนประกอบของเซลล์ได้ประมาณ ในขณะที่มี C : N ration ของเซลล์ประมาณ 10 : 1 สมมุติว่าเกษตรกรไถกลบกองขี้ซึ่งมีคาร์บอน 40% และไนโตรเจน 0.5% เมื่อจุลินทรีย์ย่อยสลายกองขี้ จุลินทรีย์จะเปลี่ยนคาร์บอนในกองขี้เป็นส่วนประกอบของเซลล์ได้ประมาณ $40 \times 13.3\% = 5.3\%$ ในขณะที่ต้องการไนโตรเจน 1.3% แต่ต่อขี้มีไนโตรเจนเพียง 0.5% ดังนั้นจุลินทรีย์ต้องใช้ไนโตรเจนที่มีอยู่เดิมในดิน (1.3-0.5)% เมื่อเกิดกระบวนการนี้ขึ้นจะทำให้ดินมีธาตุอาหารลดลงชั่วคราว จนกว่าจุลินทรีย์จะตายและถูกย่อยสลาย ธาตุอาหารที่จุลินทรีย์ใช้ไปจึงจะถูกปลดปล่อยกลับคืนสู่ดิน

Mineralization

เป็นกระบวนการเปลี่ยนสภาพสารประกอบอินทรีย์ไปเป็นสารประกอบอนินทรีย์ กระบวนการนี้เกิดขึ้นเมื่อจุลินทรีย์ตายและถูกย่อยสลาย หรือการใส่อินทรีย์วัตถุที่มีร้อยละของคาร์บอนต่ำแต่มีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส หรือกำมะถันสูง เมื่อเทียบกับองค์ประกอบของเซลล์จุลินทรีย์เมื่อจุลินทรีย์ย่อยสลายอินทรีย์วัตถุเหล่านั้น จุลินทรีย์ก็จะปลดปล่อยธาตุอาหารส่วนที่เกินความต้องการออกมา ทำให้พืชหรือจุลินทรีย์ชนิดอื่นได้รับประโยชน์ ตัวอย่างการใช้ประโยชน์จาก

กระบวนการนี้ได้แก่การปลูกพืชตระกูลถั่วเพื่อใช้เป็นปุ๋ยพืชสด เมื่อไถกลบจุลินทรีย์จะย่อยสลาย และปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนออกมา

