บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

2.1 ข้อมูลบริบทของพื้นที่วิจัย

องค์การบริหารส่วนตำบลหมอเมือง อำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน พบว่าปัญหาส่วนใหญ่ของเกษตรกรเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการทำการเกษตรเชิงเดี่ยว การใช้สารเคมีที่เกินความจำเป็น การปนเปื้อนของสารเคมีในแหล่งน้ำ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลหมอเมือง ซึ่งปัญหาของเกษตรกรส่วนใหญ่คือเกษตรกรกลุ่มนี้ยังขาดความต่อเนื่อง ของการผลิตน้ำหมักจุลินทรีย์ใช้ซึ่งนิยมหมักทิ้งไว้นานๆ และใช้ไปเรื่อยๆ บางพื้นที่หมักทิ้งเอาไว้นานข้ามปี ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของน้ำหมักและจุลินทรีย์ในน้ำหมักนั้นที่ลดประสิทธิภาพลงอย่างชัดเจน การขาดพื้นที่ต้นแบบในการผลิตและการใช้น้ำหมักจุลินทรีย์ สารชีวภัณฑ์ชนิดต่างๆ สำหรับทดแทนการใช้สารเคมี การขาดองค์ความรู้ในการผลิต ปัจจัยการผลิต กระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพ และการประยุกต์ใช้ในการสร้างเครือข่ายที่มีศักยภาพ ซึ่งโครงการนี้ได้เข้าไปศึกษาถึงสาเหตุของปัญหาต่างๆ ที่ได้ระบุไว้แล้วเบื้องต้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนการทดลองแก้ปัญหาหลักดังกล่าวในพื้นที่ต่อไป

ภาพที่ 1. แสดงที่ตั้งขององค์การบริหารส่วนตำบลหมอเมือง อำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน

2.2 จุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพ

จุลินทรีย์เป็น สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ประกอบด้วยเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์โดยเซลล์เหล่านั้นต่างก็เป็นเซลล์ชนิดเดียวกันและมีรูปร่างเหมือนกันไม่มีการเปลี่ยนแปลงของเซลล์เพื่อทำหน้าที่เฉพาะเหมือนในสิ่งมีชีวิตขั้นสูง จุลินทรีย์มีหลายประเภทได้แก่ แบคทีเรีย รา โปรโตซัว สาหร่าย ไวรัส จุลินทรีย์มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายวัตถุอินทรีย์ และองค์ประกอบทางชีวเคมีต่างๆ ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ จุลินทรีย์ที่พบในน้ำหมักชีวภาพมีดังนี้

1. แบคทีเรีย (Bacteria)

เป็นจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็ก ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายสูงส่องดูจึงมองเห็น ประกอบด้วยเซลล์เพียงเซลล์เดียว เป็นจุลินทรีย์ที่พบในน้ำหมักชีวภาพจำนวนมากที่สุดและมีหลากหลายสายพันธุ์ น้ำหมักชีวภาพจากพืชผักกินใบ กินผล และจากผลไม้ จากสัตว์ เช่น ปลา หอย และไข่ มีแบคทีเรียสูงถึง 100,000,000 เซลล์/มล. ที่ระยะต้นๆของการหมัก แม้เมื่อเก็บไว้ในสภาพหมักเป็นระยะเวลา 1 ปี ยังคงพบแบคทีเรียในน้ำหมักชีวภาพ แต่จำนวนและความหลากหลายของสายพันธุ์จะลดลง

แบคทีเรียที่พบส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียซึ่งย้อมสีแกรมแล้วจะติดสีแกรมบวก พบส่วนน้อยเป็นสีแกรมลบ พวกแกรมบวกจำนวนมากเป็นแบคทีเรียในสกุล *Bacillus mycoides*, *B. cereus* และ *B.circulans* แบคทีเรียอีกกลุ่มที่พบในน้ำหมักชีวภาพคือ แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก ที่พบมากอยู่ในสกุล Lactobacillus พบบ้างในสกุล Pediococcus, Streptococcus และ Leuconostoc

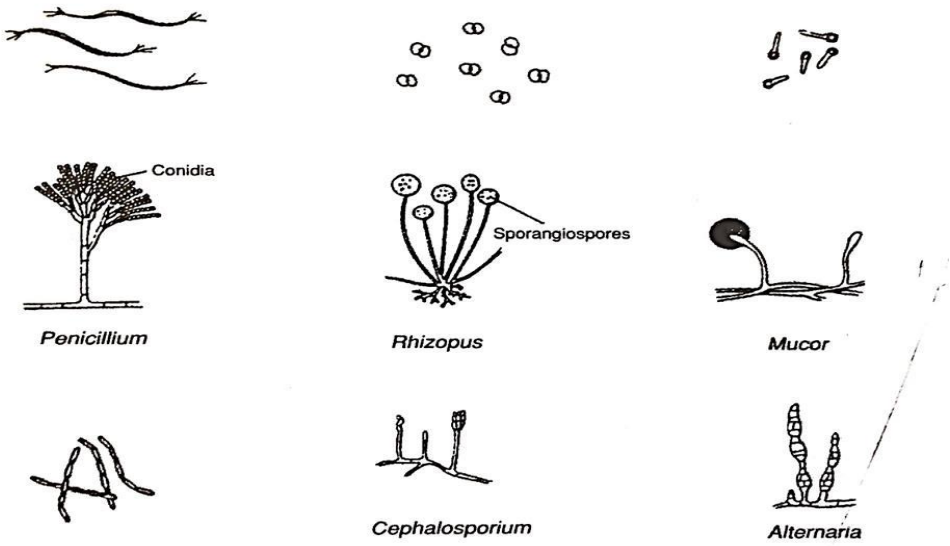
แบคทีเรียที่พบในน้ำหมักชีวภาพหลายสายพันธุ์มีบทบาทย่อยสลายวัสดุที่ใช้ในการผลิต วัสดุที่ใช้ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพเป็นวัสดุอินทรีย์มาจากสิ่งที่มีชีวิตทั้งจากพืชและจากสัตว์ แบคทีเรียย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ทำให้สารประกอบโมเลกุลใหญ่ๆ เล็กลง ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ จุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติกจะมีส่วนเกี่ยวข้องอย่างมากในการผลิตน้ำหมักชีวภาพที่กระบวนการผลิตมีน้ำตาลมาเกี่ยวข้อง แบคทีเรียกรดแลคติกอาศัยอยู่ในธรรมชาติมากมายหลายแหล่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในที่ที่มีน้ำตาลชนิดต่างๆ แบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถสร้างกรดแลคติก กรดฟอร์มิค เอทานอล และคาร์บอนไดออกไซด์ แบคทีเรียหลายสายพันธุ์สามารถละลายตะกอนฟอสเฟตซึ่งพืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ในการเป็นธาตุอาหารพืชได้ ให้เปลี่ยนอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ แบคทีเรียหลายสายพันธุ์ เช่น แบคทีเรียในสกุล Bacillus สามารถสังเคราะห์ฮอร์โมนพืชกลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน และ ไซโทไคนิน ฯลฯ แบคทีเรียกรดแลคติก เช่น Lactobacillus spp. สร้างสารฆ่าแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค หรือแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดการบูดเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร

2. รา (Fungi)

เป็นจุลินทรีย์ที่มีเซลล์แบบที่ส่วนของนิวเคลียสมีที่หุ้ม ซึ่งแตกต่างจากแบคทีเรียซึ่งเซลล์มีนิวเคลียส ไม่มีเยื่อหุ้ม รามีขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรีย มีทั้งชนิดเดี่ยวคือ ยีสต์ และหลายเซลล์ซึ่งได้แก่ราที่มีรูปร่างเป็นเส้นใย

ราที่พบในน้ำหมักชีวภาพส่วนใหญ่เป็นราประเภทยีสต์ ในน้ำหมักชีวภาพจากผัก และปลามียีสต์จำนวนสูงถึง 10,000,000 เซลล์/มล. และจำนวนยีสต์ลดลงตามระยะเวลาหมัก ยีสต์ที่พบในน้ำหมักชีวภาพสามารถจำแนกได้หลายชนิดเป็น *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida zeylanoides*, *C. boidinii* และ *C. krusei*

ราเส้นใยพบในจำนวนและความหลากหลายของสายพันธุ์น้อย ในน้ำหมักชีวภาพจากผักและผลไม้ มีจำนวนอยู่ในช่วง (10 – 10,000) เซลล์/มล. ส่วนหนึ่งอยู่ในกลุ่มรา Phycomycetes ได้แก่ราในสกุล Mucor และอื่นๆ



ภาพที่ 2. แสดงลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มเชื้อรา

ยีสต์ (Yeast)

ยีสต์เป็นราเซลล์เดียว มักจะมีรูปทรงกลมหรือรี กระจายทั่วไปในธรรมชาติ พบได้บนผิวผลไม้และใบไม้ในน้ำหมักชีวภาพ ยีสต์หมักน้ำตาลเป็นเอทิลแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์

ราเส้นใย (hypha)

เป็นจุลินทรีย์พวกที่ต้องการอากาศ ดังนั้นในลักษณะของการทำน้ำหมักชีวภาพ เป็นการหมักที่มีออกซิเจนน้อยสภาพดังกล่าวไม่เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของราเส้นใยจึงมักจะพบอยู่บนผิวหน้าของน้ำหมักชีวภาพ หรือบนพื้นผิวภาชนะที่มีน้ำตาลติดอยู่ (พจน์, 2558)

2.3 จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์

จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ทางการเกษตร

1. จุลินทรีย์ที่อยู่ในกลุ่มที่ตรึงไนโตรเจน ซึ่งเรามักจะใช้กลุ่มแบคทีเรีย เพราะเจริญเติบโตเร็ว และมีอยู่มาก โดยครึ่งหนึ่งของจุลินทรีย์ทั้งหมดในโลกของเราจัดอยู่ในกลุ่มแบคทีเรีย แบคทีเรียที่ตรงในโตเจนได้ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ต้องอยู่กับตัวอื่นถึงจะตรึงไนโตรเจนได้ เช่นกลุ่มของไรโซเบียม และกลุ่มที่เป็นอิสระ เช่น ไอโซโทนแด็กเตอร์

2. กลุ่มเชื้อรา เชื้อราที่นำกลับมาใช้ใหม่ก็เพราะเชื้อราสามารถทำงานได้ดีในสภาพอากาศที่ร้อนขอให้มีความชื้นนิดหน่อย เชื้อราก็สามารถทำงานได้ดีมาก

3. ส่วนที่จะเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุเร็วๆ คือ สาหร่าย ยกตัวอย่างในนาข้าวก็จะเน้นตัวที่เพิ่มมวลสารหรือชีวมวล ที่ให้อินทรีย์มากๆ ใส่สีเขียวๆ ลงไปก็คือ สาหร่ายจะเร็วสุด ยกตัวอย่างเช่น แหนแดง และแหนแดงก็สามารถตรึงไนโตรเจนได้อีกด้วย

4. เป็นพวกที่ย่อยสลาย ซากพืช ซากสัตว์ได้ดี ก็จะเป็นพวกโปรโตซัว

เมื่อเราทราบว่ามีจุลินทรีย์ชนิดไหนที่ขาดหายไปในพื้นที่ก็จะเริ่มที่จะใส่กลับเข้าไป เพื่อให้กลับคืนสู่สภาพเดิม ถ้าถามว่าดินที่เหมาะสมที่สุด เกี่ยวกับเรื่องการเกษตรคือดินแบบไหนก็คือดินที่มีจุลินทรีย์อยู่หลายกลุ่ม มีการศึกษาว่าในปุ๋ยหมักทุกๆ กรัม มันจะต้องมีแบคทีเรียที่กำลังแอคทีฟหรือที่กำลังทำงานอยู่ประมาณ 15 – 30 ไมโครกรัม ต้องมีมวลของแบคทีเรียอยู่ที่ 150-300 ไมโครกรัม ต้องมีมวลของเชื้อราที่กำลังทำงานอยู่ที่ 2-10 ไมโครกรัม น้ำหนักของเชื้อราทั้งหมดในระบบของปริมาณ 150 -200 ไมโครกรัม ต้องมีพวกโปรโตซัวซึ่งจะไปใช้อาหารของใหญ่ๆ แล้วย่อยสลายให้กลายมาเป็นของโมเลกุลเล็กๆ อาจจะต้องมีถึงประมาน 10,000 ตัว ต่อ 1 กรัม นี่คือปุ๋ยหมักก้อนนั้นมีกิจกรรมค่อนข้างดี เป็นลักษณะที่จะต้องมีพวกไส้เดือนฝอยในส่วนที่เป็นประโยชน์ 50-100 ตัว ซึ่งเรียกว่าเป็นมาตรฐานสำหรับปุ๋ยหมัก ถ้าเป็นกลุ่มของอีเอ็ม (เกษตรของธรรมชาติของคิวเซ) จุลินทรีย์ที่สังเคราะห์แสง ซึ่งสร้างไนโตรเจน สร้างกรดอะมิโน น้ำตาล วิตามิน อีกกลุ่มคือ เกษตรธรรมชาติของเกาหลี ของอาจารย์ ฮาน คิวโซ พูดถึงจุลินทรีย์พวก แลคติก แอซิด แบคทีเรีย สมดุลทั้งชนิดและปริมาณ อีกกลุ่มหนึ่งที่จะตรงกันของทั้งเกษตรคิวเซ หรือ เกษตรธรรมชาติเกาหลีก็คือจุลินทรีย์ในกลุ่มยีสต์ ยีสต์จะเป็นตัวจัดการของเน่าเหม็นที่อยู่ในระบบในฟาร์ม หรือในสภาพแวดล้อมได้ค่อนข้างดี เป็นตัวการที่จะดักจับทั้งกลิ่นแล้วก็สารอินทรีย์ ให้หมดไป (อานัฐ, 2550)

การทำน้ำหมักสูตรต่างๆ

หลังจากไปเก็บจุลินทรีย์ตามธรรมชาติมาแล้วก็จะต้องมีการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์เพื่อที่จะไปเปลี่ยนรูปของธาตุอาหารพืชที่ไม่เป็นประโยชน์ในดินหรือในสภาพแวดล้อมให้กลับมาเป็นประโยชน์ เพราะฉะนั้นการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ก็คือการเพิ่มกระบวนการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินเพื่อเอาไปเป็นปัจจัยในการผลิตพืช หรือไปเป็น Input เพื่อที่จะสร้าง Output ซึ่ง Output ส่วนหนึ่งของมนุษย์เอาไปใช้อีกส่วนหนึ่งก็กลับมาปล่อยให้จุลินทรีย์ย่อยสลายอีกทีหนึ่งกลับไปเป็น Input ใหม่ นี่จึงเป็นที่มาของสูตรซึ่งเราพยายามที่จะเลียนแบบธรรมชาติ

เริ่มจากพืชสีเขียว จะหาวิธีการที่จะหมักให้ได้เร็วขึ้น เพราะหมักแบบเดิม คือหมักแบบแห้งจะใช้เวลานาน ก็เลยนำพืชสีเขียวมาทำน้ำหมัก จากพืชสีเขียวซึ่งต้องการจุลินทรีย์อีกกลุ่มคือกลุ่มที่ไม่ต้องการออกซิเจน เมื่อเก็บมาแล้วจะให้มันทำงานโดยเอากากน้ำตาลไปล่อมัน เพราะจุลินทรีย์ต้องการสารอินทรีย์ที่เล็กที่สุดซึ่งสามารถนำมาใช้

ได้เลย หนึ่งในนั้นก็คือน้ำตาลกลูโคส หรือน้ำตาลฟรุกโตส จุลินทรีย์ต่างกันใช้น้ำตาลไม่เหมือนกัน ซึ่งเหล่านี้มีอยู่ในรากพืช ในธรรมชาติ มีอยู่ในรากต้นไผ่ จนถึงสิ่งที่มนุษย์เตรียมไว้ให้ ในเกาหลีใช้น้ำตาลตัวหนึ่ง บางประเทศใช้อีกตัวหนึ่ง ประเทศไทยใช้กากน้ำตาลเพราะมันถูกสุดและมีน้ำตาลที่จุลินทรีย์ต้องการครบ นั่นคือ การพยายามที่จะเพิ่มความหลากหลายของจุลินทรีย์และปริมาณในธรรมชาติขึ้นมาอีก เพื่อให้เขามาทำหน้าที่ในการย่อยสลายพืชสีเขียวจากการทำปุ๋ยหมักแห้งในอดีตที่ใช้เวลา 3-4 เดือน ก็จะใช้เวลาเหลือแค่ 15-20 วัน ในเกษตรธรรมชาติจะไม่สนใจว่าจะเป็นจุลินทรีย์กลุ่มไหน เพียงแต่มาจากธรรมชาติและให้จุลินทรีย์ทำงานของมันเอง (อานัฐ, 2549)

น้ำหมักจากพืชสีเขียว

น้ำหมักจากพืชสีเขียวเรียกกันทั่วไปว่าปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ทำจากพืชสีเขียวที่มีเซลล์ ซึ่งมีธาตุอาหารครบ ถ้าเราดักสิ่งที่มีอยู่ในถุงเซลล์ ส่วนหนึ่งก็มักจะเปลี่ยนไปเป็นธาตุอาหารพืชที่มีจุลินทรีย์ มีฮอร์โมนพืช จุลินทรีย์ที่มาหมักเป็นน้ำหมักแล้วเราจะได้ธาตุอาหารพืชและความหลากหลายของจุลินทรีย์

สหรัฐอเมริกามีการทำปุ๋ยน้ำชา (compost tea) ก็พยายามจะพูดถึงการเพิ่มความหลากหลายในดินเป็นหลัก โดยเขาคิดว่าปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ในดินนี่ก็ต้องใช้ปุ๋ยอินทรีย์เป็นหลัก เป็นการรักษาไม่ให้มันหนีไปไหน ไม่มีการเผา เมื่อมันมีปริมาณอินทรียวัตถุมากแล้ว ก็เพิ่มจุลินทรีย์ลงไปในดิน บางคนเอาไปใช้ในเรื่องทดแทนปุ๋ยเคมีเป็นธาตุอาหารพืช

ถ้าทดแทนธาตุอาหารพืชตรงนี้อาจจะยาก เพราะถ้าดูในจีน เกาหลี หรือ ญี่ปุ่น ทำสำเร็จเพราะดินเขามีอินทรียวัตถุอยู่ประมาณ 5-8 % ในเดนมาร์กมี 8-11% เพราะฉะนั้นก็ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยอินทรีย์ใส่น้ำหมักก็เพียงพอแล้ว เพราะบ้านเขาหนาวแต่ดินดี ทำให้ดินขาดจุลินทรีย์ จึงมีความจำเป็นแค่ทำน้ำหมักเพื่อเพิ่มจุลินทรีย์ก็พอ วิธีการจะให้มีจุลินทรีย์มากก็คือไปเก็บจุลินทรีย์มาขยายด้วยกากน้ำตาลให้มากขึ้นแล้วนำกลับไปใส่ในดินของตัวเองที่มีธาตุอาหารอินทรียวัตถุดีอยู่แล้ว

แต่ในไทยดินมีอินทรียวัตถุน้อยไม่ถึง 2% เรารู้ว่าอินทรียวัตถุที่จะทำให้ปลูกพืชโดยไม่ต้องใช้ปุ๋ยเคมีได้ต้องมีความชื้นเหมาะสม มีอากาศ มีการหายใจ เราต้องการให้มีอินทรียวัตถุ 2-2.5% แต่เนื่องจากประเทศไทยไปเพาะปลูกเพื่อส่งออกทั่วโลกมานานเกินไป เราจึงมีอินทรียวัตถุไม่ถึง 1% ฉะนั้นสิ่งที่ต้องทำอย่างแรก คือต้องเติมอินทรียวัตถุลงไปให้เพิ่มขึ้นมาอย่างน้อย 2% ดังนั้นเราต้องเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุก่อนจึงจะเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ แต่ที่ผ่านมานั้นเราพลาดกันคือ ไปเพิ่มจุลินทรีย์ก่อนเพิ่มอินทรียวัตถุเราจึงต้องปรับตรงนี้ก่อนจึงจะทำให้การเกษตรสมบูรณ์และเกิดขึ้นได้จริง

น้ำหมักจากผลไม้รสหวาน

พบว่ามีสัดส่วนธาตุอาหารเหมาะสมกับระยะที่พืชกำลังออกดอก ออกผล ซึ่งมีความหวานค่อนข้างมาก อีกทั้งยังมีพวกฮอร์โมนพืช ฮอร์โมนพืชที่มีมากเพราะมาจากพืชที่อยู่ในระยะให้ผลผลิต(Productive) การกินผักกับ

ผลไม้ต่างกันมากเพราะผลไม้มีฮอร์โมนพืชมากกว่า ฮอร์โมนทำให้เกิดอิ่มเอิบผิวดีจะเห็นว่าการที่เอามาใช้ แล้วใช้จุลินทรีย์ในการสลายเปลี่ยนแปลงรูปของผลไม้เพื่อจะให้เพิ่มจุลินทรีย์และก็มีฮอร์โมนอยู่ในนั้นด้วยเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ น้ำผลไม้รสหวานจึงมีค่อนข้างมาก

จากการทดลองของกรมพัฒนาที่ดินกับกรมวิชาการเกษตรร่วมกันวิจัยในน้ำหมักผลไม้รสหวาน พบส่วนที่เป็นฮอร์โมนพืชมากไม่ว่าจะเป็นออกซิน ไคเนติน เพคติน ในขณะที่เทียบกับน้ำหมักจากพืชสีเขียวที่อยู่ในระยะเติบโตด้านลำต้น ฮอร์โมนจะมีน้อยกว่ามากแต่ปริมาณจุลินทรีย์ใกล้เคียงกัน

ชนิดของจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเราก็อาจบอกได้ว่ามันมีจุลินทรีย์แบบต้องการอากาศขึ้นอยู่กับจุลินทรีย์ที่เริ่มต้น ถ้าเราเอาจุลินทรีย์ที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่ครบถ้วนใส่ไป มันก็จะอยู่ในนั้นหมด เพราะมีอาหารกิน แต่ถ้าบางกลุ่มไม่ใส่เลยอาจจะมีไม่ครบพอไม่ครบก็จะเห็นว่าการหมักมีความสำคัญ ทำไมหมักแล้วเหม็นหรือไม่เหมือนกับที่หมักอาหาร เพราะจุลินทรีย์มีอาหารไม่พอหรือจุลินทรีย์ไม่มีความหลากหลาย

ในทางตรงกันข้ามถ้าจุลินทรีย์มีครบแต่ถ้าไปอยู่ในน้ำหมัก จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะเจริญเติบโตได้ดีไม่เหมือนกัน หมักในสมุนไพรจุลินทรีย์กลุ่มเชื้อราบางตัวอยู่ไม่ได้ เช่น ถ้าเอาเปลือกมังคุดมาหมักเอาจุลินทรีย์หลายๆ กลุ่มใส่ไปเชื้อราตายก่อน เพราะน้ำหมักในเปลือกมังคุดมีตัวทำลายเชื้อรา คือเรื่องความหลากหลายในสภาพแวดล้อมที่มีความแตกต่างกัน น้ำหมักสมุนไพรจะเลือกสรรจุลินทรีย์ที่เจริญอยู่ได้ในสภาพที่มีแอลกอฮอล์ เพราะแอลกอฮอล์ก็ฆ่าเชื้อ ถ้าเจริญอยู่ได้ในสภาพนั้นก็จะสามารถเจริญอยู่ในสภาพที่เป็นน้ำสมุนไพรที่มีสารต่างๆ กลุ่มนี้เมื่อนำไปใช้จะช่วยไล่แมลงบ้าง ช่วยทำลายเชื้อบางตัวบ้าง แต่ไม่กำจัด 100% เหมือนสารเคมี

น้ำหมักปลา/หอยเชอรี่

ปลากับหอยเชอรี่ต่างกับพืชสีเขียวหรือผลไม้ตรงที่ปลากับหอยเชอรี่อุดมไปด้วยอะมิโนแอซิด เพราะมีโปรตีนสูงกว่า เนื่องจากโปรตีนจากสัตว์จะสูงกว่าโปรตีนจากพืชจึงทำให้เป็นแหล่งได้มาของอะมิโนแอซิด สุดท้ายก็กลายไปเป็นแหล่งของไนโตรเจนมาก มีมากกว่าเป็น 100 เท่า พวกนี้มีธาตุอาหารที่มากกว่าและถูกย่อยสลายได้ค่อนข้างเร็ว ซึ่งสูตรที่เกษตรธรรมชาติเกาหลีแนะนำคือให้เอาหมดทั้งตัว กระดูกปลา ก้างปลา ใส่ให้หมด เพราะถือว่าปลาย่อยสลายเร็ว ไม่แนะนำให้เอาเนื้อสัตว์อื่นมาใช้ เพราะ ย่อยสลายยาก ปลานี่ถือว่าง่ายที่สุดแล้ว กระดูกก็ง่าย ก้างก็ง่าย ส่วนหอยเชอรี่คนไทยเป็นคนประยุกต์ เปลือกหอยเชอรี่ใส่ไปเพราะ มีแคลเซียมมากแล้วก็ยังมีกรดอะมิโนอีกค่อนข้างมาก เพราะพวกเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนมากอีกด้วย จะเห็นว่าจากเนื้อปลาที่มีโปรตีนสูงถูกใช้ไปทั่วประเทศหรือ ประเทศเพื่อนบ้านและในยุโรป เพราะย่อยสลายเร็วมีโปรตีนสูง เนื้อปลาในอดีตส่วนที่เป็นหัว เป็นไส้ เป็นหาง จะถูกนำไปทิ้งหรือ เอาไปอบแห้งไปบดเป็นอาหารสัตว์ซึ่งราคาถูกมาก แต่วันนี้ถ้านำไปหมักใช้ผลิตพืชจะได้ดีกว่าราคาสูงกว่า

น้ำหมักแคลเซียมอินทรีย์

พืชต้องการแคลเซียม เพราะแคลเซียมช่วยให้ผนังเซลล์แข็งแรง แต่ในตำราเกษตรธรรมชาติเกาหลียังบอกว่ามันช่วยเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรต ซึ่งโพแทสเซียมส่งเสริมการสร้างคาร์โบไฮเดรต แต่ถ้าสร้างแล้วเคลื่อนย้ายช้ามันก็ไม่มีที่ให้สร้างใหม่ เป็นการพยายามที่จะเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตที่ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงจากใบพืชเสร็จแล้วกลับมาสู้สิ่งที่เราเอาไปรับประทานไปสู่ผลบ้างหรือส่วนอื่นๆ เพราะฉะนั้นเรื่องแคลเซียมก็เลยเป็นที่มาของการเอากลับมาใช้ใหม่ กับพืชหลายชนิดซึ่งบ้านเราขาดมาก พืชหลายตัวขาดแคลเซียมมาก เช่น มะเขือเทศ

เราจึงใช้วิธีสกัดออกจากเปลือกไข่บ้างจากเปลือกหอยบ้าง วิธีที่แนะนำคือใช้น้ำหมักจากข้าวกล้องหรือน้ำซาวข้าวหมัก เพราะมี pH3 จึงเป็นตัวทำละลายที่ดีทำให้เกิดการสลายตัวออกมาเร็ว แล้วก็ยังมีจุลินทรีย์บางกลุ่มที่อยู่ในสภาวะนั้นด้วย มีแลคติกแอซิดแบคทีเรียช่วยย่อย จึงพบว่าน้ำหมักจากแคลเซียมอินทรีย์ใช้ในระยะที่พืชกำลังออกดอกออกผล ซึ่งมีความต้องการธาตุอาหารธาตุแคลเซียมสูง เพราะฉะนั้นการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตสังเคราะห์แสงจากใบไปสู่ผลจึงเกิดเร็วขึ้นถ้าพืชไม่ขาดแคลเซียม และเมื่อผลใหญ่ขึ้นก็ต้องการแคลเซียมอีกเพื่อการสร้างผนังเซลล์ที่แข็งแรง

น้ำหมักฟอสเฟสหรือฟอสฟอรัสอินทรีย์

จะเลือกพืชที่มีฟอสเฟสหรือฟอสฟอรัสค่อนข้างสูง เช่น ต้นงา แต่ไม่ให้เอามาหมักเลย เพราะหมักเลยมันไม่ออก มันจะมีตัวอื่นปนอยู่ด้วย ไม่ว่าจะเป็นไนโตรเจน คาร์โบไฮเดรต เซลลูโลส การดึงฟอสฟอรัสออกมาค่อนข้างยากก็ต้องเปลี่ยนรูปโดยการทำให้เป็นขี้เถ้าก่อนก็คือเอาต้นงาหรือพวกที่มีมากๆไปเผาเอาไปทำให้เป็นถ่านแล้วก็นำมาผ่านกระบวนการหมัก แต่เป็นกระบวนการทางเคมี เป็นการเติมออกซิเจนเข้าไป เกิดกระบวนการออกซิเดชั่นฟอสฟอรัสก็จะเปลี่ยนไปเป็นกรดฟอสฟอริกโดยมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบหลักทำให้ธาตุฟอสฟอรัสสูงขึ้นจึงถูกนำไปใช้ในกระบวนการผลิตได้ กระบวนการนี้ถือเป็นกระบวนการผลิตทางอินทรีย์เพราะเป็นฟอสฟอรัสอินทรีย์

น้ำหมักโพแทสเซียมอินทรีย์

โพแทสเซียมมีอยู่ในแร่ดินเหนียวมาก เมื่อก่อนเราไม่ต้องใส่ในนาข้าวเลย แต่ในวันนี้ต้องใส่เพราะในนาข้าวบ้านเราตอบสนองต่อการใช้โพแทสเซียมมานาน เนื่องจากเราเผาทิ้งมาก เอาแกลบออกไป ตอนนี้มันขาดสมดุลมันต้องย้อนกลับใหม่

แหล่งโพแทสเซียมอินทรีย์คือ ต้นยาสูบและต้นถั่ว เอามาตำให้ละเอียดแล้วเอาไปหมักในน้ำโดยทิ้งไว้ 20 วัน มันก็จะปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาให้พืชใช้ได้ เพื่อให้เกิดการเร่งความหวานให้พืชเพราะมันสร้างน้ำตาล ต้องเอาไปใช้ร่วมกับตัวแคลเซียมเพราะแคลเซียมเป็นตัวเคลื่อนย้าย

น้ำหมักข้าวกล้อง

ซึ่งน่าสนใจมากเพราะมันเป็นตัวกรดที่เร็วมากการทำน้ำแคลเซียมเราก็เอาน้ำหมักข้าวกล้องมาทำ เพราะ pH มันต่ำ และมันเกิดกระบวนการหมักที่จุลินทรีย์กลุ่มแลกซิดแอซิดแบคทีเรีย เป็นตัวการทำให้เกิด ในสภาที่อาหารครบถ้วนจะเปลี่ยนแปลงเร็วมาก

น้ำแร่ธรรมชาติหรือน้ำจุลธาตุหมัก

น้ำจุลธาตุหมักเกิดจากกระบวนการหมัก จุลธาตุเป็นธาตุโลหะที่อยู่ในธรรมชาติโดยเฉพาะดินภูเขาไฟเอามาป่น เอามาหมักใส่เติมจุลินทรีย์เข้าไป จุลินทรีย์มันก็ต้องการ มันก็ไปดึงมา นั่นคือที่มาของแหล่งน้ำจุลธาตุหมัก ซึ่งพืชทุกชนิดต้องการแร่พวกนี้ ดินเรามีปัญหาก็เรื่องโบรอนซึ่งขาดมาก เกษตรธรรมชาติเกาหลีเขาทำน้ำแร่ธรรมชาติหมักจากหินกรวด การปลูกพืชหินพวกนี้ทุกตัวจะมีแร่ธาตุอยู่เราต้องการ N P K เป็นหลัก ต่อมาคือ แคลเซียม แมกนีเซียม โบรอน

สูตรฮอร์โมนไข่ในฮอร์โมนไข่ประกอบด้วยโปรตีนดีเลตอะมิโนแอซิด 18 ชนิด ฮอร์โมนไอเอเอ (IAA) ช่วยให้พืชออกดอกติดผลดีมาก **มีส่วนประกอบดังนี้**

ไข่ไก่ทั้งฟอง	5	กิโลกรัม
กากน้ำตาล	5	กิโลกรัม
ลูกแป้งข้าวหมาก	2	ลูก
ยาคูลย์หรือนมเปรี้ยว	2	ขวด

น้ำหมักกรดอะมิโน (น้ำหมักจากเศษปลา - หอยเชอรี่)

กรดอะมิโนเป็นสารที่อุดมไปด้วยธาตุไนโตรเจนและกรดอะมิโนซึ่งพืชสามารถดูดไปใช้ได้โดยตรงใช้กับพืชผักและไม้ผลเร่งการเจริญเติบโตใบเขียวเป็นมัน มี**ส่วนประกอบ** ดังนี้

เศษปลาสดหรือหอยเชอรี่	1	กิโลกรัม
กากน้ำตาล	1	กิโลกรัม
หัวเชื้อจุลินทรีย์	1	ลิตร

น้ำแม่ (น้ำหมักจากพืชสีเขียว)

ได้จากการสกัดน้ำเลี้ยงพืช และคลอโรฟิลล์โดยการใช้น้ำตาลทรายแดงหรือกากน้ำตาลช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืช **ส่วนประกอบ**

พืชสีเขียว	3	กิโลกรัม (นิยมผักบุ้ง หน่อไม้ หน่อกล้วย)
กากน้ำตาล	1	กิโลกรัม (หรือใช้น้ำตาลทรายแดง น้ำอ้อย)

หัวเชื้อจุลินทรีย์ 1 ลิตร

น้ำพ่อ (น้ำหมักจากผลไม้สุก)

เป็นสารสกัดจากผลไม้สุกรสหวาน มีฮอร์โมนพืชมาก เช่น ออกซิน ไคเนติน เพคติน ช่วยเร่งการติดดอกออกผลของพืช **ส่วนประกอบ**

ผลไม้สุก 3 กิโลกรัม (นิยมนำกล้วยน้ำว้า มะละกอ)
กากน้ำตาล 1 กิโลกรัม (หรือใช้น้ำตาลทรายแดง)
หัวเชื้อจุลินทรีย์ 1 ลิตร (อานัฐ, 2549)

2.4 ชีวินทรีย์ป้องกันกำจัดโรคพืช

ปัจจุบันการทำเกษตรในแนวเกษตรอินทรีย์และเกษตรธรรมชาติได้รับการยอมรับแล้วว่าเป็นประโยชน์ต่อตัวเกษตรกร ต่อผู้บริโภคและต่อสภาพแวดล้อม ทำให้พื้นที่ในการทำเกษตรอินทรีย์ขยายตัวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องมาจากผลผลิตเกษตรอินทรีย์เป็นที่ต้องการของตลาด ประกอบกับปัจจัยการผลิตในการทำเกษตรอินทรีย์ก็มีการพัฒนาไปมากที่จะสามารถตอบโจทย์ในเชิงปริมาณและคุณภาพของผลผลิตที่ไม่แพ้เกษตรเคมี โดยเฉพาะในเรื่องของปุ๋ยอินทรีย์ และน้ำหมักจุลินทรีย์ จะมีก็แต่ปัจจัยการผลิตที่ใช้ในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชและโรคพืชที่จะเข้ามาทดแทน สารเคมียังดูจะมีข้อจำกัดอยู่โดยเฉพาะสำหรับเกษตรกรและผู้ทำการเกษตรในแบบพืชเชิงเดี่ยวแปลงใหญ่ๆ ที่สารสกัดสมุนไพร หรือน้ำส้มควันไม้ จะยังตอบโจทย์ได้ไม่ค่อยชัดเจนนัก

สำหรับการใช้จุลินทรีย์เพื่อการป้องกันกำจัดโรคพืชในหมู่เกษตรกร ต้องถือว่ายังอยู่ในช่วงเริ่มต้น ยังขาดความรู้ ความเข้าใจ แต่ก็มีบางกลุ่มที่เริ่มนำไปใช้ก็สะท้อนกลับมาว่าได้ผลดี เช่น ใช้ *Bacillus thuringiensis* (BT) กำจัดหนอนกอข้าว ในการปลูกข้าวหอมนิลใช้ไตรโคเดอร์มาป้องกันเชื้อราในข้าว การใช้บูวาเรีย บัสเซียน่า กำจัดเพลี้ยแป้งระบาดในมันสำปะหลัง เป็นต้น

จุลินทรีย์ป้องกันกำจัดโรคพืชและแมลงไม่ใช่เรื่องใหม่ในวงวิชาการและภาคเอกชน แต่สำหรับเกษตรกรทั่วไปอาจอาจจะยังใหม่อยู่แต่ก็น่าสนใจอยู่ไม่น้อยเพราะหากมีประสิทธิภาพไม่แพ้สารเคมีที่เกษตรกรคุ้นชินอยู่ในขณะที่ต้นทุนที่ใกล้เคียงกัน แถมกำไรเป็นความปลอดภัยต่อตัวเกษตรกรเอง ต่อตัวผู้บริโภค และต่อสภาพแวดล้อมด้วยแล้ว ก็นับเป็นมิติใหม่สำหรับเกษตรกรที่ต้องการเดินบนวิถีเกษตรอินทรีย์

การผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดเชื้อสด

การผลิตเชื้อราจะใช้หัวเชื้อและวัสดุอาหาร โดยจะใช้หัวเชื้อราไตรโคเดอร์มาคัดเลือกสายพันธุ์ที่เก็บในวัสดุอินทรีย์ปราศจากการปนเปื้อนจุลินทรีย์อื่นซึ่งเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส ได้นาน 1-2 ปี เก็บอุณหภูมิปกติได้นาน 6-12 เดือน และมีวัสดุอาหารเป็นปลายข้าวซึ่งวิจัยแล้วว่าดีที่สุด

วิธีการขยายเชื้อราไตรโครเดอร์มาชนิดสด

1. ใช้ปลายข้าวหรือข้าวสาร 3 แก้ว (600 กรัม) ใส่ในน้ำสะอาด 2 แก้ว หุงในหม้อไฟฟ้าได้ข้าวสุก 1 กก.
2. ตักข้าวใส่ถุงพลาสติกทนร้อน 8x12 นิ้ว ถุงละ 2 แก้ว (250-300 กรัม) รีดอากาศออกจากถุงรอให้ข้าวอุ่นหรือเย็นแล้วเทหัวเชื้อรา 1 ช้อนชาลงในถุง
3. มัดปากถุงด้วยหนังยางให้แน่น เขย่าหรือ ขยำเบาๆ ให้เชื้อและข้าคลุกเคล้ากันให้ทั่ว ใช้เข็มเจาะรู 15-20 จุดต่อถุง ให้อากาศถ่ายเท
4. บ่มไว้ที่มีอากาศถ่ายเท แสงส่องถึง ไม่ตากแดด ปลอดจากมด ไรและสัตว์อื่นๆ ครบ 2 วัน ขยำถุงเบาๆ ให้เส้นใยกระจายทั่ว บ่มอีก 4-5 วัน ค่อยนำไปใช้ การบ่มที่ครบ 7 วัน ถ้ายังไม่ใช้ให้ใส่ตู้เย็น แต่ไม่ควรเกิน 15 วัน

ภาพที่ 3. แสดงลักษณะของราไตรโคเดอร์มาชนิดเซลล์สดที่เลี้ยงบนปลายข้าวนึ่ง

วิธีใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสด

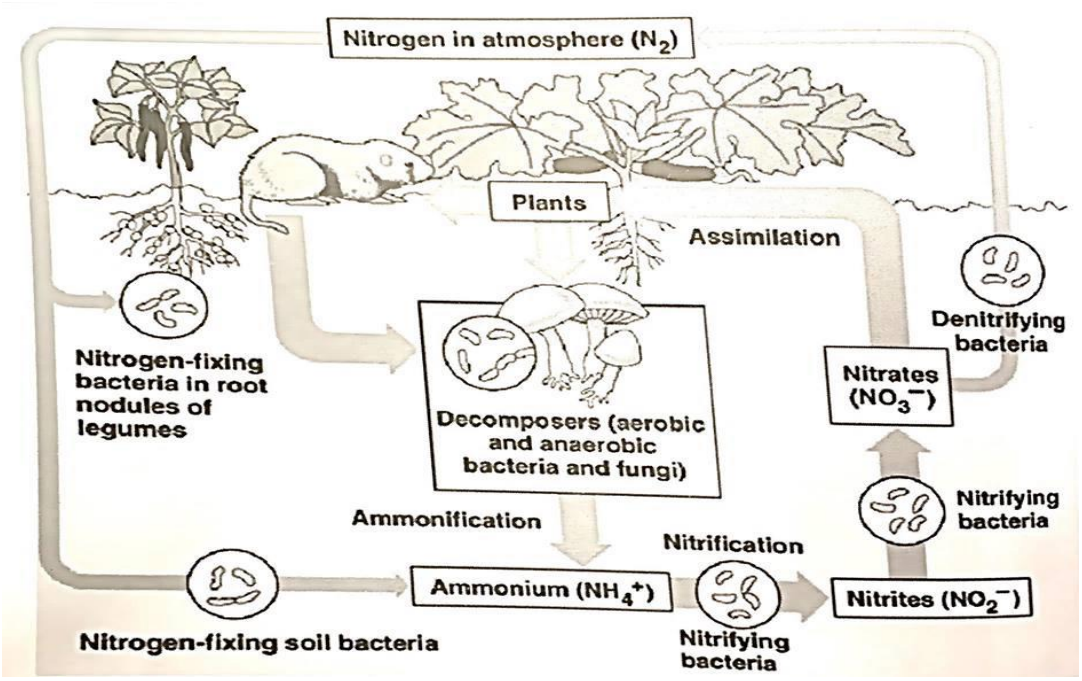
ใช้เชื้อราชนิดสดผสมกับปุ๋ยอินทรีย์ หรือปุ๋ยหมัก การใช้เชื้อสดผสมกับวัสดุปลูก การใช้เชื้อสดใส่หลุมคลุกเคล้ากับดินเพื่อปลูกพืช การใช้เชื้อสดหว่านไปบนแปลงปลูก การใช้เชื้อหว่านใต้ทรงพุ่มหรือโรยโคนต้นพืช การใช้เชื้อราสดมาคลุกเมล็ดพืชก่อนการปลูก และการใช้เชื้อสดผสมน้ำฉีดพ่นพืช ตามอัตราการแนะนำที่แตกต่างกันในแต่ละชนิดพืช และช่วงอายุของพืชปลูก (อารักขาพืช สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่, 2561)

ประเภทของปุ๋ยชีวภาพ

จุลินทรีย์ที่สามารถเกิดและมีชีวิตอยู่บนโลกของเรานั้นมีหลากหลายสายพันธุ์ แต่สำหรับปุ๋ยชีวภาพในวงการเกษตร จะเลือกใช้จุลินทรีย์เพียงไม่กี่ชนิด แต่จะสามารถแยกประเภทจุลินทรีย์ได้เป็น 2 ประเภท คือ จุลินทรีย์ที่ช่วยสร้างธาตุอาหารพืช และจุลินทรีย์ที่ช่วยให้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

1. จุลินทรีย์ที่ช่วยสร้างธาตุอาหารให้พืช

จุลินทรีย์ประเภทแรกเป็นกลุ่มที่ช่วยสร้างธาตุอาหารพืช ซึ่งในขณะที่มีการค้นพบได้เพียงกลุ่มเดียวคือ กลุ่มจุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจน หรือให้เข้าใจง่ายๆก็คือ จุลินทรีย์ที่สามารถดึงธาตุไนโตรเจน ออกมาจากซากพืช ซากสัตว์ มูลสัตว์และอากาศได้ โดยจุลินทรีย์กลุ่มนี้จะประกอบไปด้วยแบคทีเรียและแอคทีโนมัยซิท ซึ่งจะมีหน้าที่สำคัญในการควบคุมการสร้างเอนไซม์ไนโตรจีเนส และควบคุมกลไกการตรึงธาตุไนโตรเจนให้กับจุลินทรีย์ รวมถึงสร้างกระบวนการตรึงไนโตรเจนจากอากาศอีกด้วย ทั้งนี้สามารถแบ่งตามลักษณะความสัมพันธุ์กับพืชอาศัยได้ 2 กลุ่มย่อย คือ

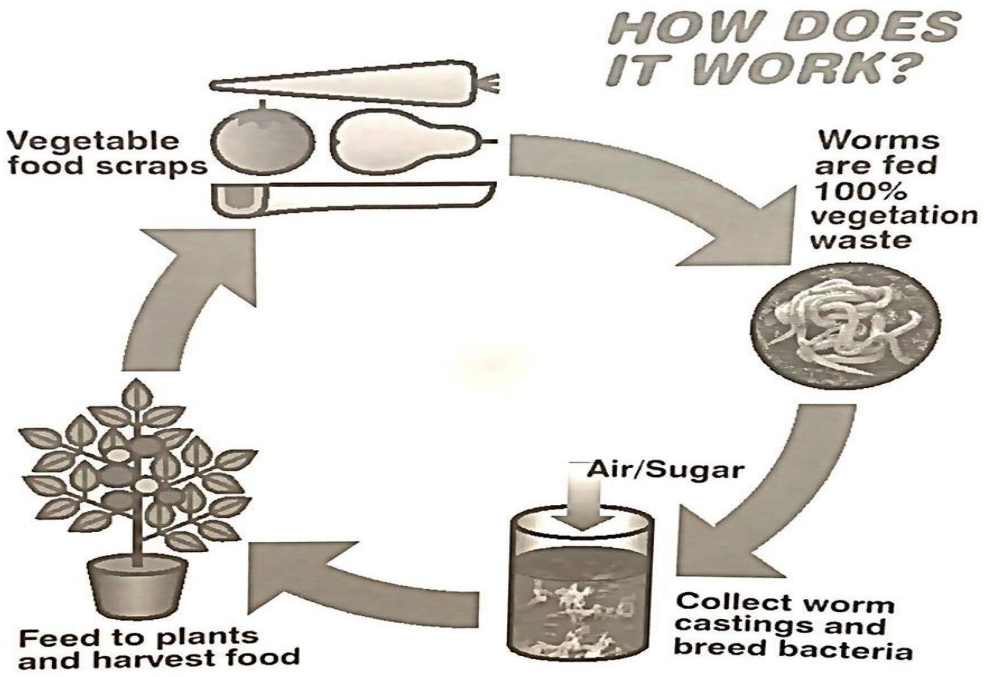


ภาพที่ 4. แสดงกลไกการตรึงธาตุไนโตรเจนให้กับจุลินทรีย์

กลุ่มที่ 1 ปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนที่อาศัยอยู่ร่วมกับพืชแบบพึ่งพาอาศัยอยู่ร่วมกับพืชแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (Symbiosis) ปุ๋ยชีวภาพกลุ่มนี้ จะมีแบคทีเรียที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้สูง และเป็นส่วนประกอบที่สามารถทดแทนไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมีได้ดี แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ รวมถึงชนิดและระดับความสมบูรณ์ของดินด้วย

กลุ่มที่ 2 ปุ๋ยชีวภาพที่ปะกอบด้วยแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนที่อาศัยอยู่ร่วมกับพืชแบบอิสระ (Non-Symbiotic N 2-Fixing Bacteria) แต่แบคทีเรียกลุ่มนี้ จะมีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนต่ำจึงทดแทนธาตุไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีได้ไม่เท่ากลุ่มที่ 1 แต่ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับสกุลของจุลินทรีย์และชนิดพืชที่จุลินทรีย์อาศัยอยู่ รวมถึงระดับความสมบูรณ์ของดินด้วย นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งแบคทีเรียได้เป็น 3 กลุ่มย่อย คือ

- แบคทีเรียที่อาศัยอยู่อย่างอิสระในดินและบริเวณรากพืช
- แบคทีเรียที่พบอาศัยอยู่ได้ทั้งในดิน บริเวณรากพืช และภายในรากพืชชั้นนอก
- แบคทีเรียที่พบอาศัยอยู่ภายในต้นและใบพืช



ภาพที่ 5. แสดงกลไกของแบคทีเรียที่ช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช

2. จุลินทรีย์ที่ช่วยให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์ต่อพืช

แบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช หรือ PGPR เป็นแบคทีเรียชนิดหนึ่งที่ประกอบด้วยแบคทีเรียกลุ่มเดียวกันหรือต่างกลุ่มกัน เช่น ประกอบด้วยแบคทีเรียกลุ่มที่สามารถตรึงไนโตรเจน ช่วยละลายฟอสเฟต ผลิตฮอร์โมนส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและช่วยให้ธาตุอาหารเสริมบางชนิดเป็นประโยชน์แก่พืช

แบคทีเรียที่ช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ปุ๋ยชีวภาพในกลุ่มนี้ช่วยเพิ่มประโยชน์ธาตุอาหารพืชบางชนิดที่ละลายน้ำยาก เช่น ธาตุฟอสฟอรัส เป็นต้น ให้เป็นประโยชน์กับพืช อย่างที่เราได้ทราบกันไปแล้วว่า ธาตุฟอสฟอรัสนั้นจะละลายน้ำได้ยาก ไม่เหมือนกับธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม เช่นนั้นแบคทีเรียตัวนี้จะช่วยละลายธาตุฟอสฟอรัสได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวรากสำหรับการดูดซึมให้กับพืช ด้วยการเพิ่มปริมาณ บริเวณรากพืชด้วยเส้นใยของจุลินทรีย์ และยังช่วยให้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ เช่น แคลเซียม มีโอกาสได้สัมผัสรากและดูดมาใช้ให้มากขึ้น ทั้งนี้สามารถแบ่งแบคทีเรียที่ช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ได้ 3 กลุ่มย่อย คือ

กลุ่มที่ 1 แบคทีเรียช่วยเพิ่มศักยภาพในการดูดซึมธาตุอาหารพืช ซึ่งเป็นเชื้อรากลุ่มไมคอร์ไรซ่าที่อาศัยอยู่กับพืชแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน

กลุ่มที่ 2 แบคทีเรียช่วยละลายฟอสเฟต เป็นแบคทีเรียที่ช่วยละลายหินฟอสเฟต (หินฟอสเฟตที่ใช้ผลิตธาตุฟอสฟอรัส)

กลุ่มที่ 3 แบคทีเรียช่วยเพิ่มประโยชน์ของโพแทสเซียม

2.5 กลุ่มจุลินทรีย์ที่ช่วยเพิ่มความต้านทานโรค

กลุ่มจุลินทรีย์ที่ช่วยในการต้านทานโรคคือ เชื้อในกลุ่มอย่าง เชื้อราไตรโคเดอร์มา และเชื้อแบคทีเรียบาซิลลัส ซึ่งเชื้อราดังกล่าว จะช่วยทำลายหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคในพืช โดยเฉพาะเชื้อราไตรโคเดอร์มา ที่ได้รับความนิยมนำมาเพิ่มความต้านทานโรคในปัจจุบัน ซึ่งจะมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. ทำหน้าที่เป็นปรสิต เพื่อแย่งการใช้แหล่งอาหารของเชื้อโรคพืช
2. สร้างเส้นใยเพื่อเข้าพันรัดรอบเส้นใยของเชื้อโรคพืช
3. ผลิตเอนไซม์ทำให้เกิดการเหี่ยวสลายของเส้นใยเชื้อโรคพืช
4. ชนิดของเชื้อราที่ควบคุมได้
    - เชื้อราพิเทียม (*Pythium* spp.)
    - เชื้อราฟิวซาเรียม (*Sclerotium rolfsii*)
    - เชื้อราไรซ็อกโทเนีย (*Rhizoctonia* spp.)
    - เชื้อราไพท็อบธอร่า (*Phytopthora* spp.)
    - เชื้อราคอลเลคโตตริชัม (*Collectotrichum* spp.)

2.6 บทบาทและความสำคัญของจุลินทรีย์ในการเกษตร

จุลินทรีย์มีหลายชนิด ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา แอคติโนมัยซิท สาหร่าย โปรโตซัว ไมโครพลาสมา โรติเฟอร์ และไวรัส เป็นต้น บทบาทและความสำคัญของจุลินทรีย์มีอยู่มากมายดังนี้

1. จุลินทรีย์มีบทบาทสำคัญทั้งในแง่การเป็นประโยชน์และการเกิดโรค จุลินทรีย์หลายชนิดอาจเป็นสาเหตุของการเกิดโรคพืชและสัตว์ ทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิตทางการเกษตรแต่ในสภาพธรรมชาติจุลินทรีย์ที่มีอยู่อย่างหลากหลายจะมีการควบคุม กันเองในวัฏจักรของสิ่งมีชีวิต มีจุลินทรีย์หลายชนิดที่ทำหน้าที่ป้องกันกำจัด และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่นรวมทั้งจุลินทรีย์ชนิดอื่นรวมทั้งจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคพืช

2. จุลินทรีย์มีบทบาทสำคัญในการหมุนเวียนทรัพยากรให้ใช้ประโยชน์ได้ใหม่ ในวัฏจักรของธาตุอาหารโดยจุลินทรีย์ทำหน้าที่ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ต่างๆ (Organic Decomposition) ให้เป็นอาหารธาตุ เกิดการหมุนเวียนธาตุอาหารกลับมาใช้ใหม่ (Recycling) ของสารอินทรีย์ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือเศษเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมทางการเกษตร ให้กลับอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยกระบวนการย่อยสลายหรือสังเคราะห์สารชนิดอื่นๆ ขึ้นมาใหม่ในธรรมชาติเช่น การช่วยย่อยสลายเศษซากพืชซากสัตว์ในดินให้อยู่ในรูปฮิวมัส เปลี่ยนจากรูปสารอินทรีย์ไปเป็นสารอนินทรีย์ (Mineralization) เพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชได้แก่ กระบวนการตรึงไนโตรเจน (N_2 Fixation) โดยจุลินทรีย์บางชนิดที่สามารถสร้างอาหารเองได้โดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ เช่น แหนแดง (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่อาศัยอยู่กับพืชตระกูลเฟิร์น) และจุลินทรีย์บางชนิดที่สามารถดึงไนโตรเจนจากอากาศและสร้างความอุดมสมบูรณ์ให้กับดินได้ เช่น เชื้อไรโซเบียม

3. จุลินทรีย์หลายชนิดมีบทบาทในการสังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์ที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อน เช่น จุลินทรีย์บางชนิดสามารถสร้างกรดอนินทรีย์ที่สามารถละลายแร่ธาตุอาหารพืชในดินให้เป็นประโยชน์ต่อพืชบางชนิดสร้างสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชหรือฮอร์โมน (Plant Growth Regulators) ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช และยังสามารถผลิตสารต่างๆรวมถึงสารปฏิชีวนะ เอนไซม์ และกรดแลคติค เช่น แบคทีเรียบางชนิดสามารถสร้างสารพวก Gramicidin และ Tyrocidine เชื้อราบางชนิดสามารถสร้างสารพวก Penicillin และ Gliotoxin เชื้อแอคติโนมัยซิทบางชนิดสามารถสร้างสาร Actinomycin และ Aureomycin ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะสามารถใช้ในการยับยั้งเชื้อโรคชนิดต่างๆ และยังช่วยสนับสนุนปฏิกิริยาทางเคมีในดินให้เกิดขึ้นเป็นปกติ โดยถ้าปราศจากเอนไซม์ปฏิกิริยาทางเคมีที่ซับซ้อนในดินก็จะไม่สามารถเกิดขึ้นได้ภายในระยะเวลาอันสั้น

บทบาทของสิ่งมีชีวิตเล็กๆ ในดินเป็นสิ่งที่ไม่ควรมองข้ามไป เพราะในปัจจุบันความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ ก็สามารถที่จะรับรู้ถึงชนิดและบทบาทของจุลินทรีย์ต่างๆในดินของโลกนี้ได้เพียง 10% ของความสัมพันธ์ของดินและจุลินทรีย์ที่มีอยู่ ดังนั้นความสัมพันธ์นี้จึงยังคงเป็นสิ่งที่น่าศึกษาวิจัยต่อไป

2.7 กลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ทางการเกษตร

1. จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจน (Nitrogen Fixation Microorganisms) ซึ่งมักจะเป็นกลุ่มแบคทีเรีย เพราะทำงานเร็วและมีจำนวนอยู่มากโดยครึ่งหนึ่งของมวลจุลินทรีย์ทั้งหมดในโลก คือแบคทีเรีย แบคทีเรียที่ตรึงไนโตรเจนได้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ต้องอยู่ร่วมกับตัวอื่นถึงจะตรึงไนโตรเจนได้ แบบพึ่งพาอาศัยกันและกัน (Symbiosis) เช่น ไรโซเบียม (*Rhizobium* sp.) ในปมรากพืชตระกูลถั่ว และอีกกลุ่มหนึ่งเป็นกลุ่มที่ตรึงไนโตรเจนได้อย่างอิสระ (Non-Symbiosis) เช่น อะโซโตแบคเตอร์ (*Azotobacter* sp.) คลอสตริเดียม (*Clostridium* sp.) อะโซสไปริลลัม (*Azospirillum* sp.) เป็นต้น

จุลินทรีย์ชนิดอื่นที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้และตรึงไนโตรเจนได้อย่างอิสระ เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เช่น แอนนาบีนา (Anabaena),นิสตอค (Nostoc), Tolypothrix Calothrix เป็นต้น ซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพนาข้าว ซึ่งจากการทดลองในหลายประเทศพบว่า สาหร่ายสีเขียว แกมน้ำเงินตรึงไนโตรเจจากอากาศในแต่ละฤดูปลูกได้มากถึงประมาณ 10-20 กิโลกรัมต่อไร่

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินอะนาบีนา อะโซลา (*Anabaena azollae*) สามารถตรึงไนโตรเจนได้แบบอาศัยพึ่งพากันและกัน (Symbiotic) กับแหนแดง (Azolla) ซึ่งเป็นเฟิร์นน้ำเล็กๆ มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มอินทรีย์วัตถุและตรึงไนโตรเจนในนาข้าวทำให้แหนแดงกลายเป็นปุ๋ยพืชสดที่สำคัญ และมีศักยภาพสูงใช้ร่วมกับการปลูกข้าว

2. จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ หรือเซลลูโลส (Cellulolytic Microorganisms หรือ Cellulolytic Decomposers) เป็นพวกย่อยสลายเซลลูโลส หรือซากพืช ซากสัตว์ ประกอบไปด้วย แบคทีเรีย ราแอคติโนมัยซิท และโปรโตซัว เช่น Bacillus, Aspergillus, Trichoderma, Penicillium, Thermoactinomyces เป็นต้น จุลินทรีย์พวกนี้พบได้ทั่วไปในระหว่างการสลายตัวของเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่างๆ ซากพืช ซากสัตว์ ใบไม้ กิ่งไม้ เศษหญ้า และขยะอินทรีย์ๆชนิดต่างๆ ทำให้เกิดปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ขึ้นมาได้ เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ น้ำหมักชีวภาพ เป็นต้น

ในปุ๋ยหมักที่มีกิจกรรมจุลินทรีย์ค่อนข้างดีพบว่าในทุก 1 กรัม ของปุ๋ยหมักจะต้องมีแบคทีเรีย 150-300 ไมโครกรัม และมีแบคทีเรียที่มีกิจกรรมสูง (Active) อยู่ 15-30 ไมโครกรัม มีเชื้อรา 150-200 ไมโครกรัม และมีเชื้อราที่มีกิจกรรมสูง 2-10 ไมโครกรัม มีพวกโปรโตซัว ซึ่งจะย่อยสลายเศษชิ้นส่วนขนาดใหญ่ให้มีเล็กลง ต้องมีถึงประมาณ 10,000 ตัวต่อ 1 กรัม ของปุ๋ยหมัก และมีพวกไส้เดือนฝอยชนิดที่เป็นประโยชน์ 50-100 ตัว

3. จุลินทรีย์ที่ละลายฟอสเฟตและธาตุอาหารพืชอื่นๆ (Phosphate and Other Nutrient Elements Solubilizing Microorganisms) จุลินทรีย์พวกนี้สามารถทำให้ธาตุอาหารพืชหลายชนิด เช่น ฟอสฟอรัส เหล็ก สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส ที่มักอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ (ไม่ละลาย) ให้ละลายออกมาอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ รวมทั้งจุลินทรีย์ที่ช่วยส่งเสริมให้รากพืชดูดกินธาตุอาหารได้ดีขึ้น ซึ่งโดยปกติแล้วจะไม่สามารถดูดกินธาตุอาหารบางชนิดได้ หรือดูดกินได้น้อย

จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการแปรสภาพฟอสฟอรัสจะมีทั้งกลุ่มที่ทำหน้าที่เปลี่ยนอินทรีย์ฟอสฟอรัสและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ในกรณีของสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะอยู่ในรูปของไฟทิน และกรดฟอสฟอริก จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะสร้างเอนไซม์ Phytase, Phosphatase, Nucleotidases และ Glecerophosphatase เพื่อแปรสภาพอินทรีย์ฟอสฟอรัส ให้อยู่ในรูปของอนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่เรียกว่าออโธฟอสเฟต (Orthophosphate) ซึ่งเป็นพวกโมโน (Mono) และไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (Dihydrogen Phosphate) จุลินทรีย์ดังกล่าวได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Bacillus* sp. และราในสกุล *Aspergillus* sp., *Thiobacillus* sp., *Penicillum* sp. และ *Rhizopus* sp. เป็นต้น นอกจากนี้

สารประกอบอนินทรีย์ฟอสฟอรัสบางชนิดในรูปของหินฟอสเฟตซึ่งพืชยังไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้น จุลินทรีย์บางชนิดในสกุล *Bacillus* sp. และ *Aspergillus* sp. จะสร้างกรดอินทรีย์ละลายฟอสฟอรัสออกมาให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ นอกจากนี้เชื้อราไมคอร์ไรซา (Mycorrhizal Fungi) ยังมีบทบาทในการละลายและการส่งเสริมการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัส

4. จุลินทรีย์ที่ผลิตสารป้องกันและทำลายโรคพืชจุลินทรีย์กลุ่มนี้มีประสิทธิภาพในการป้องกันและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรียพวกที่ก่อโรคบางชนิด เช่น กลุ่มแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก(Lactic Acids Bacteria) ได้แก่ *Lactobacillus* spp. บนใบพืชที่สมบูรณ์ และมีสุขภาพดีจะพบแบคทีเรียกลุ่มผลิตกรดแลคติกมากจุลินทรีย์กลุ่มนี้ ส่วนใหญ่ไม่ต้องการออกซิเจน (Anaerobic Microorganisms) และมีประโยชน์อย่างมากในการเกษตร เช่น เปลี่ยนสภาพดินจากดินไม่ดีหรือดินที่สะสมโรคให้กลายเป็นดินที่ต้านทานโรค ช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคพืชให้มีจำนวนน้อยลง มีประโยชน์ทั้งกับพืชและสัตว์ นอกจากนี้ยังมีจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการสร้างสารปฏิชีวนะออกมาทำลายเชื้อโรคพืชบางชนิด เช่น เชื้อรา *Aspergillus* sp., *Trichoderma* sp. และเชื้อแอคติโนมัยซิทพวก *Streptomyces* sp.

5. จุลินทรีย์ที่ผลิตฮอร์โมนพืช แบคทีเรียหลายสายพันธุ์ เช่น *Bacillus* sp. สามารถสร้างสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช เช่น ออกซิน จิบเบอเรลลิน และไซโตไคนิน เป็นต้น ซึ่งสามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

2.8 บทบาทของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพ

จุลินทรีย์ที่มีในน้ำหมักชีวภาพมีหลายประเภทแต่จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา โดยมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ และเกิดปฏิกิริยาทางชีวภาพเคมีต่างๆ ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ บทบาทของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพมีดังนี้

1. แบคทีเรีย แบคทีเรียที่พบในน้ำหมักชีวภาพหลายสายพันธุ์มีบทบาทในการย่อยสลายวัสดุที่ใช้ในการผลิต วัสดุที่ใช้ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพเป็นวัสดุอินทรีย์มาจากสิ่งที่มีชีวิตทั้งจากพืชและสัตว์ แบคทีเรียย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ทำให้สารประกอบโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ๆ เล็กลง และปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แบคทีเรียที่พบและมีบทบาทมากในน้ำหมักชีวภาพมีดังนี้

ก. แบคทีเรียในสกุลบาซิลัส (*Bacillus* sp.) บทบาทจุลินทรีย์สกุลนี้ในกระบวนการหมักคือจัดเป็นพวก Ammonifiers เกี่ยวข้องกับการแปรสภาพอินทรีย์ไนโตรเจนให้เป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการดังกล่าวนี้ส่วนใหญ่จะได้แอมโมเนีย และแบคทีเรียในสกุลบาซิลัส สามารถผลิตเอนไซม์โพรเทส (Protease) ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนให้มีโมเลกุลขนาดเล็กลงโดยมีน้ำเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวเคมี (Hydrolysis) แปรสภาพโปรตีนให้เป็นโพลีเปปไทด์ (Polypeptides) และแปรสภาพโอลิโกเปปไทด์ (Oligopeptides) ให้เป็นกรดอะมิ

โน (Amino Acids) เอนไซม์นี้ถ้าย่อยโปรตีนในสภาพที่ปราศจากอากาศจะได้แอมโมเนีย อะมีน คาร์บอนไดออกไซด์ กรดอินทรีย์ Indole Skatole Mercaptans และไฮโดรเจนซัลไฟล์ สารต่างๆ เหล่านี้ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า (Foul Smelling)

ข. กลุ่มแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (Lactic Acid Bacteria) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแบคทีเรียกลุ่มนี้เป็น Gram Positive Asporogenous Rod-Shaped Bacteria อยู่ใน Family Lactobacillaceae จะไม่มีการสร้างสปอร์(Endospore) รูปร่างของเซลล์มีลักษณะเป็นท่อน แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจะมีส่วนเกี่ยวข้องอย่างมากในการผลิตหน้าหมักชีวภาพ ที่กระบวนการผลิตมีน้ำตาลมาเกี่ยวข้อง แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติกอาศัยอยู่ในธรรมชาติมากมายหลายแหล่งโดยเฉพาะอย่างยิ่งในที่ที่มีน้ำตาลชนิดต่างๆ แบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถสร้างกรดแลคติก กรดฟอร์มิค เอทานอล และคาร์บอนไดออกไซด์

แบคทีเรียชนิดนี้ในพวก Anaerobic หรือ Facultative ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Lactobacillus* sp. มีความต้องการสารอาหารพวกสารประกอบอินทรีย์มีโครงสร้างซับซ้อนพบในกระบวนการหมักมีการเจริญได้ดีในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน แต่มีความสามารถเจริญเพิ่มจำนวนเซลล์ได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจนด้วย น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของแบคทีเรียชนิดนี้ กลุ่ม Lactic acid bacteria แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่หนึ่ง เรียกว่า Homofermentative จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะให้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดแลคติก (Lactic Acid) เท่านั้น สำหรับกลุ่มที่สองเรียกว่า Heterofermentative หลังจากกระบวนการหมักจะได้กรดแลคติก กรดอะซีติก กรดฟอร์มิก กลีเซอรอล แอลกอฮอล์ และคาร์บอนไดออกไซด์ โดยทั่วไปแล้วแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจะมีอยู่ในสภาพธรรมชาติทั้งในพืชผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์นม กรดแลคติกที่ได้นี้มีบทบาทสำคัญในการถนอมอาหารหลายชนิด เช่น ผักดองต่างๆ ผลิตภัณฑ์นมพวกทำเนยแข็ง จุลินทรีย์ดังกล่าวมีความสามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปได้ดี ทนต่อสภาพความเป็นกรดสูง สภาวะความเป็นกรดสูงนี้จะมีผลกระทบต่อการยับยั้งการเพิ่มจำนวนเซลล์หรือกำจัดกลุ่มจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร ปฏิกิริยาโดยสรุปของการสร้างกรดแลคติกจากน้ำตาล โดยกลุ่มแบคทีเรีย Lactic Acid Bacteria

มีดังนี้คือ

$$\underset{\text{(Glucose)}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{ไม่ต้องการออกซิเจน}} \underset{\text{(Lactic acid)}}{2CH_3 . CHOH . COOH}$$

ค. กลุ่มแบคทีเรียผลิตกรดอะซิติก (Acetic Acid Bacteria) ลักษณะทางพื้นฐานวิทยาของแบคทีเรียกลุ่มนี้เป็นแบคทีเรียรูปแท่ง (Rod) และกลม (Cocci) แกรมลบ (Gram Negative Aerobic) อยู่ใน Family Pseudomonadaceae รูปร่างเป็นท่อนแต่มีหลายลักษณะ เช่น รูปรีหรือไม้กระบองโค้งมี Flagella เคลื่อนที่ได้เป็นพวกที่ต้องการออกซิเจน (Aerobic Bacteria) ทนทานต่อสภาพความเป็นกรดได้ดีในสภาพที่มีค่า pH ของ

สารละลายต่ำกว่า 5.0 และเจริญอยู่ได้ในที่ที่มีค่า pH ต่ำระหว่าง 3.0 - 3.5 ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Acetobacter* sp. บทบาทสำคัญของแบคทีเรียชนิดนี้จะทำหน้าที่แปรสภาพหรือเปลี่ยนแอลกอฮอล์ (Ethanol) ให้เป็นกรดอะซิติก (Acetic Acid) โดยปฏิกิริยา Oxidation ในสภาพที่มีออกซิเจน มีปฏิกิริยาโดยสรุปดังนี้คือ

$$\underset{\text{(เอททิลแอลกอฮอล์)}}{C_2H_5OH + O_2} \xrightarrow{\text{ไม่ต้องการออกซิเจน}} \underset{\text{(กรดอะซีติก)}}{CH_3 . COOH + H_2O}$$

2. เชื้อรา มีบทบาทในกระบวนการหมักในน้ำหมักชีวภาพส่วนใหญ่จะเป็นยีสต์และราที่มีรูปร่างเป็นเส้นใย

ก. ยีสต์ (Yeasts) เป็นราเซลล์เดี่ยว มักจะมีรูปร่างกลมหรือรี สามารถสืบพันธุ์ได้โดยการแตกหน่อ (Budding) ซึ่งเป็นแบบไม่อาศัยเพศ อยู่ใน Family Saccharomycetaceae เมื่ออายุยังน้อยจะมีรูปร่างค่อนข้างกลม แต่เมื่อมีอายุมากจะมีรูปร่างรียาว ยีสต์จะทำให้เกิดกระบวนการหมักโดยเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอททิลแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์

ยีสต์ที่มีความเกี่ยวข้องในกระบวนการหมักจะมีการสร้าง Ascospores แบบอาศัยเพศอยู่ใน Asci ได้แก่ ยีสต์สกุล *Saccharomyces* sp. และ *Candida* sp. เนื่องจากยีสต์มีคุณสมบัติในการหมักน้ำตาลได้ดี ดังนั้นในกระบวนการหมักผัก และผลไม้ หรือปลาสด ร่วมกับกากน้ำตาล (อาจจะใช้น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลอ้อย หรือน้ำตาลทรายขาว) ยีสต์จะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หลังจากการหมักวัสดุอินทรีย์ด้วยน้ำตาล (1-2 วัน จะได้กลิ่นแอลกอฮอล์ ยีสต์ในธรรมชาติจะเจริญเพิ่มจำนวนเซลล์ เนื่องจากได้แหล่งอาหารจากน้ำตาลโดยจะปรากฏอยู่ที่บริเวณผิวหน้าของวัสดุหมักเป็นฟองที่ลอยเป็นฝ้าอยู่ที่ผิวของน้ำหมักอาจจะเรียกว่า Top Yeasts เมื่อการหมักลดลงจะตกตะกอนลง โดยแสดงเป็นสมการของปฏิกิริยาพื้นฐานการเกิดแอลกอฮอล์ดังนี้คือ

$$\underset{\text{(Glucose)}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{ไม่ต้องการออกซิเจน}} \underset{\text{(เอททิลแอลกอฮอล์)}}{2C_2H_5OH + 2CO_2}$$

นอกจากนี้จะมีผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นออกมาในปริมาณเล็กน้อย ได้แก่ Glyceral, Acetic Acid, Organic Acid, Amino Acid, Purines, Pyrimidines และ Alcohol นอกจากนี้ยีสต์จะผลิตวิตามินและฮอร์โมนในระหว่างกระบวนการหมักด้วย ในกระบวนการหมักนั้นจะมีค่าความเป็นกรดด่างค่ำมาก แต่ยีสต์สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพความเป็นกรดสูงระหว่าง 4.0-6.5 และดำรงชีพอยู่ได้ในสภาพที่มีค่าความเป็นกรดด่างของน้ำหมักระหว่าง

1.5-3.5 จะมีจุลินทรีย์กลุ่มอื่นร่วมทำปฏิกิริยาอยู่ด้วยซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นกรดอินทรีย์เกิดขึ้นมาก ทำให้ค่าความเป็นกรดด่างจองน้ำหมักมีความเป็นกรดสูง สภาวะที่ค่าความเป็นกรดด่าง ของน้ำหมักมีค่าต่ำนั้นมีผลดีต่อการควบคุมจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียได้ และในขณะเดียวกันแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักเป็นปัจจัยหนึ่งที่ควบคุมคุณภาพของน้ำหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำด้วย

ข. ราเส้นใย เป็นจุลินทรีย์พวกที่ต้องการอากาศ พบเห็นได้บนผิวด้านบนของน้ำหมักชีวภาพดังนั้นในลักษณะของการทำน้ำหมักชีวภาพ ซึ่งเป็นการหมักที่มีออกซิเจนน้อยสภาพดังกล่าวไม่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของราเส้นใย จึงมักพบอยู่บนผิวหน้าของน้ำหมักชีวภาพ หรือบนพื้นผิวภาชนะมีน้ำตาลติดอยู่ส่วนใหญ่ที่มีบทบาทในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพจะอยู่ในกลุ่ม Phycomycetes ได้แก่ ราในสกุล Mucor และอื่นๆ

ปุ๋ยหมัก (Compost)

ปุ๋ยหมักหมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ต่างๆมาหมักรวมกัน แล้วปรับสภาพให้เกิดกระบวนการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ จนกระทั่งได้วัสดุที่มีความคงตัวและคงทนต่อการย่อยสลาย เป็นเนื้อเดียวกัน มีสีน้ำตาลปนดำ และไม่มีกลิ่น

ปุ๋ยหมักมีประโยชน์อย่างมากในการปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น โดยจะส่งเสริมการเกิดเม็ดดินทำให้ช่องว่างในดิน ดินมีความพรุนเพิ่มขึ้นทำให้การระบายน้ำ และอากาศดีขึ้น ช่วยให้ระบบรากพืชสามารถแพร่กระจายอย่างกว้างขวาง เพิ่มขีดความสามารถในการดูดซับน้ำในดิน ทำให้ดินชุ่มชื้นนอกจากนี้ปุ๋ยหมักยังมีผลต่อการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหารให้แก่ดิน

การผลิตปุ๋ยหมักในปัจจุบันมีหลายระดับและหลายวิธีการด้วยกัน ซึ่งโดยทั่วไปในการผลิตปุ๋ยหมักทุกวิธีและทุกระดับจะมีหลักการในการผลิตค่อนข้างเหมือนกัน คือ จะนำเศษซากพืชและเศษอินทรียวัตถุต่างๆมากองรวมกันแล้วควบคุมความชื้น อุณหภูมิ ให้เหมาะสม แล้วปล่อยให้จุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักช่วยย่อยสลายเศษซากอินทรียวัตถุเหล่านั้น

วัสดุที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมัก ส่วนใหญ่จะใช่วัสดุเหลือทิ้งทางเกษตร เช่นฟางข้าว ต้นข้าวโพด เปลือกถั่ว ต้นถั่ว และกากวัสดุต่างๆ วัชพืชต่างๆเช่น เศษวัชพืชทั่วไป ที่ขึ้นอยู่ในพื้นที่ทางการเกษตร หรือในน้ำเช่น ผักตบชวา ผักบุ้งน้ำ ฯลฯ หรือใช้วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรต่างๆ เช่น โรงคัดบรรจุผลผลิตผัก เปลือกไม้จากโรงงานกระดาษ ขี้เลื่อนจากโรงงานแปรรูปไม้ เปลือกผลไม้จากโรงงานผลไม้กระป๋อง กากจากโรงงานผลิตสุราและเบียร์ เศษขี้เลื่อยจากอุตสาหกรรมการผลิตเห็ด เป็นต้น นอกจากนี้ อาจใช้มูลสัตว์ต่างๆ มาใช้ผลิตปุ๋ยหมักด้วยก็ได้ การผสมมูลสัตว์ต่างๆเช่น มูลวัว มูลสุกร มูลไก่ ในกองปุ๋ยหมักจะทำให้กองปุ๋ยหมักมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมูลสัตว์ต่างๆเป็นอาหารของจุลินทรีย์และมีจำนวนจุลินทรีย์อยู่มากมาย จึงทำให้วัสดุย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมักได้อย่างรวดเร็ว

การเติมปุ๋ยเคมีโดยเฉพาะไนโตรเจน เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียซัลเฟตหรือปุ๋ยยูเรีย ในกองปุ๋ยหมัก ที่ทำจากวัสดุที่สลายตัวยาก (มีความสดและอวบน้ำน้อย) เช่น เศษฟางข้าว หรือเศษใบไม้แห้งจะทำให้วัสดุสลายตัวเป็นปุ๋ยหมักได้เร็วขึ้น เนื่องจากเศษพืชประเภทที่สลายตัวยาก จะมีแร่ธาตุอาหารอยู่น้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ ซึ่งแร่ธาตุที่มักจะขาดแคลนในวัสดุที่เน่าสลายยากดังกล่าวคือ ไนโตรเจน

การทำปุ๋ยหมักแบบกลับกอง

การทำปุ๋ยหมักแบบกลับกอง เป็นการทำปุ๋ยหมักแบบดั้งเดิมที่เกษตรกรนิยมทำกันมานานแล้ว ซึ่งการทำปุ๋ยหมักวิธีนี้จะเป็นการกองปุ๋ยหมักแบบต่างๆไม่ต้องใช้อุปกรณ์มากนัก ซึ่งการกองปุ๋ยหมักบนพื้นเป็นการกองปุ๋ยหมักบนพื้นราบในพื้นดินธรรมดา พื้นซีเมนต์ในบริเวณกลางแจ้งหรือในโรงเรือนก็ได้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม แต่การกองปุ๋ยหมักในโรงเรือนจะได้ผลผลิตปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพดีกว่า เนื่องจากน้ำจะระเหยออกจากกองปุ๋ยได้ช้ากว่าและไม่ถูกฝนหรือแดด ทำให้ธาตุอาหารไม่ถูกชะล้างออกไป

หลังจากตั้งกองปุ๋ยหมักแล้ว กองปุ๋ยจะเกอดการหมักทำให้สภาพภายในกองปุ๋ยมีสภาพอับอากาศและอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักจะสูงขึ้น ทำให้จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนและจุลินทรีย์ที่ไม่ทนต่ออุณหภูมิสูงไม่สามารถเจริญหรือทำกิจกรรมการย่อยสลายได้ ดังนั้น หลังจากตั้งกองแล้วต้องหมั่นกลับกองปุ๋ยหมักอยู่เสมอซึ่งอย่างน้อยที่สุดตลอดการหมักควรกลับกองปุ๋ยอย่างน้อย 3-4ครั้ง คือ ควรกลับกองครั้งแรกภายหลังจากหมัก 7วัน ครั้งที่2 ภายหลัง 14 วัน และครั้งต่อไปภายหลัง20วัน จนเศษวัสดุที่นำมาใช้หมักแปรสภาพไปเป็นกองปุ๋ยหมักที่ผ่านการย่อยสลายเรียบร้อยแล้ว

ลักษณะของกองปุ๋ยที่ผ่านการหมักเสร็จสมบูรณ์

ภายหลังจากการหมักเศษวัสดุได้ระยะเวลาหนึ่งแล้วกองปุ๋ยจะค่อยๆถูกย่อยสลายแปรเปลี่ยนสภาพไปและความร้อนในกองปุ๋ยจะค่อยๆลดลง เศษวัสดุต่างๆ ก็จะค่อยๆ เน่าเปื่อย มีขนาดชิ้นเล็กลง และมีสีคล้ำขึ้นเรื่อยๆจนในที่สุดกองปุ๋ยก็จะเย็นตัวลง ปุ๋ยหมักที่ได้จะเป็นสีดำคล้ำและเป็นเนื้อเดียวกัน มีความร่วนโปร่งและไม่มีกลิ่นเหม็น ซึ่งลักษณะดังกล่าวอาจกินเวลานาน 2-3 เดือน ซึ่งอาจช้าหรือเร็วกว่านี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและการจัดการกองปุ๋ย เมื่อได้ปุ๋ยแล้วควรจะนำปุ๋ยดังกล่าวมาเก็บไว้ในโรงเรือนหรือใต้หลังคาที่สามารถกันแดดและฝนได้ เพื่อรักษาและคงสภาพของปุ๋ยหมักที่ได้ให้มีประสิทธิภาพที่ยาวนาน

ชีวินทรีย์ป้องกันกำจัดโรคพืช

ปัจจุบันการทำเกษตรในแนวเกษตรอินทรีย์และเกษตรธรรมชาติได้รับการยอมรับแล้วว่าเป็นประโยชน์ต่อตัวเกษตรกร ต่อผู้บริโภคและต่อสภาพแวดล้อม ทำให้พื้นที่ในการทำเกษตรอินทรีย์ขยายตัวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องมาจากผลผลิตเกษตรอินทรีย์เป็นที่ต้องการของตลาด ประกอบกับปัจจัยการผลิตในการทำเกษตรอินทรีย์ก็มีการพัฒนาไปมากที่จะสามารถตอบโจทย์ในเชิงปริมาณและคุณภาพของผลผลิตที่ไม่แพ้เกษตรเคมี โดยเฉพาะในเรื่องของปุ๋ยอินทรีย์ และน้ำหมักจุลินทรีย์ จะมีก็แต่ปัจจัยการผลิตที่ใช้ในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชและโรคพืชที่

จะเข้ามาทดแทน สารเคมียังดูจะมีข้อจำกัดอยู่โดยเฉพาะสำหรับเกษตรกรและผู้ทำการเกษตรในแบบพืชเชิงเดี่ยวแปลงใหญ่ๆ ที่สารสกัดสมุนไพร หรือน้ำส้มควันไม้ จะยังตอบโจทย์ได้ไม่ค่อยชัดเจนนัก

“น้ำส้มควันไม้ และสารสกัดสมุนไพร เรามักจะใช้ในการป้องกันมากกว่าหรือในแปลงเกษตรขนาดไม่ใหญ่ที่มีความหลากหลายในชีวภาพ แต่ถ้ามีการระบาดของแมลงหรือโรคพืชแล้วโดยเฉพาะในแปลงขนาดใหญ่ อาจจะไม่ค่อยได้ผล ประกอบกับเกษตรกรใช้สารเคมีมานาน ทำให้เคยชินกับความสะดวกสบายในการใช้และหวังผลเร็วในทันทีทันใด เราก็เลยมาสำรวจดูว่าจะมีอะไรที่สามารถทดแทนสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงและโรคพืชได้ที่ต้นทุนไม่แพง มีประสิทธิภาพไม่แพ้สารเคมี ใช้ง่ายลสะดวก ปลอดภัยกว่าสารเคมี และเป็นที่ยอมรับในมาตรฐานของเกษตรอินทรีย์ เราก็มาค้นพบว่าชีวินทรีย์ หรือจุลินทรีย์หลายๆชนิด น่าจะเป็นคำตอบ” อาจารย์เชาว์วัช หนูทอง แห่งเครือข่ายกสิกรรมไร้สารพิษ ละโว้ธานี จังหวัดลพบุรี ผู้เชี่ยวชาญด้านเกษตรอินทรีย์ และปุ๋ยอินทรีย์ เล่าถึงความตั้งใจที่จะตอบโจทย์เกษตรอินทรีย์ให้ครบวงจร หลังจากประสบความสำเร็จมาแล้ว จากการทำปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดคุณภาพสูงจากมูลค้างคาว การปลูกข้าวอินทรีย์ต้นทุนต่ำโดยการใช้แหนแดงน้ำส้มควันไม้และสารสกัดสมุนไพร

“ที่จริงแล้วไม่มีเกษตรกรคนไหนอยากจะเสียเงินแพงๆหรืออยากเสี่ยงต่ออันตรายจากสารเคมี แต่พอมีโรคและแลงระบาด เขาไม่มีความรู้ไม่รู้จะหันไปพึ่งใคร พอไปร้านเคมีภัณฑ์ เขาก็แนะนำให้ใช้แต่สารเคมี พอเรามาศึกษาดูพบว่า เรื่องจุลินทรีย์ในการป้องกันกำจัดโรคพืชและแมลงมีการศึกษาวิจัยในมหาวิทยาลัยมานานแล้ว ในภาคเอกชนก็มีทั้งนำเข้าและผลิตขึ้นในประเทศและวางจำหน่ายอยู่ แต่มีการใช้อยู่ในวงจำกัด ในกลุ่มที่ทำเกษตรอินทรีย์เพื่อการส่งออกเข้าใช้อยู่” (เชาว์วัช, 2554)

เทคนิคการผลิตน้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพเกิดจากการเอาเศษวัสดุอินทรีย์ เช่น พืช สัตว์ ที่มีลักษณะสดหรืออวบน้ำ เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการเกษตร ไปหมักกับน้ำตาลหรือกากน้ำตาลเข้มข้น ซึ่งเป็นตัวการทำให้น้ำและสารประกอบอินทรีย์ที่อยู่ในเซลล์พืช(Cell Sap) หรือเซลล์สัตว์แตกออกมาจากเซลล์ด้วยแรงดันออสโมติก (Osmotic Pressure) ซึ่งจุลินทรีย์ในธรรมชาติที่ติดมากับวัสดุที่นำมาหมักจะเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนโดยใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารและพลังงาน จุลินทรีย์เหล่านี้จะย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ให้มีโมเลกุลเล็กลง อยู่ในรูปสารประกอบ ฮิวมิก กรดอะมิโน ธาตุอาหารในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้ในน้ำหมักยังมีสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชหรือฮอร์โมน สารควบคุมแมลงและสารป้องกันกำจัดโรค ซึ่งคุณภาพและปริมาณของสารเหล่านี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้หมักเป็นหลัก

ปัจจัยการผลิตน้ำหมักชีวภาพ นอกจากเศษพืชและซากสัตว์ที่เป็นวัตถุดิบในการนำมาใช้ผลิตแล้ว ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพยังต้องอาศัยจุลินทรีย์ช่วยย่อยสลายวัตถุดิบดังกล่าวด้วย ซึ่งในการทำงานของจุลินทรีย์จำเป็นต้องมีอาหารให้จุลินทรีย์ใช้ในขบวนการย่อยสลายด้วย จุลินทรีย์ต้องการอาหารที่เป็นจุลินทรีย์ที่เล็กที่สุดที่สามารถนำไปใช้ได้เลย หนึ่งในนั้นก็คือ กลูโคส หรือฟรุค โตส ซึ่งในสภาพธรรมชาติจุลินทรีย์ดังกล่าวจะได้รับ

สารอินทรีย์เหล่านี้ที่ปลดปล่อยมาจากรากพืช เช่น รากต้นไผ่ หรือรากพืชปลูก ดังนั้นในการนำเศษพืช หรือซากสัตว์มาหมัก จำเป็นต้องเพิ่มสารอาหารให้กับจุลินทรีย์ด้วย เช่น ในรูปของกลูโคส หรือฟรุคโตส หรือน้ำตาลชนิดอื่นๆ ซึ่งในระบบเกษตรธรรมชาติจะแนะนำให้ใช้น้ำตาลทรายแดง เนื่องจากน้ำตาลทรายแดงเป็นน้ำตาลที่ยังไม่ผ่านการฟอกสีทำให้ไม่เป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ แต่ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพขนาดใหญ่ระดับอุตสาหกรรมจะใช้กากน้ำตาลแทน เรื่องจากราคาถูกกว่า มีสารอาหารที่จุลินทรีย์ต้องการครบถ้วน สามารถใช้แทนน้ำตาลทรายแดงได้ (อานัฐ, 2549)

หลักการป้องกันกำจัดศัตรูพืช

ภาพที่ 6 แสดงหลักในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช (สมาคมคนไทยธุรกิจเกษตร, 2555)

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือ กระบวนการหมักต้องเสร็จสิ้น ต้องมีกลิ่นเปรี้ยวคล้ายหมักเหล้า ฟองที่เกิดขึ้นต้องเป็นฟองขนาดเล็ก อันนี้สำคัญ กลิ่นที่ได้เป็นกลิ่นเปรี้ยวๆ หอมๆ ไม่ใช่เหม็น อีกวิธีการที่เราไม่กล้าใช้กันคือการชิมดูว่าหวานไหม ถ้าหวานยังไม่เสร็จหมักต่อ ถ้าเปรี้ยวคือเสร็จสมบูรณ์ ถ้าเปรี้ยวคือเกิด แลคติกแอซิดแบคทีเรีย ถ้าหวานคือน้ำตาลเหลือจะเกิดปัญหา เวลาเอาไปพ่นบนพืชเป็นการดึงเชื้อราขึ้นลำต้น

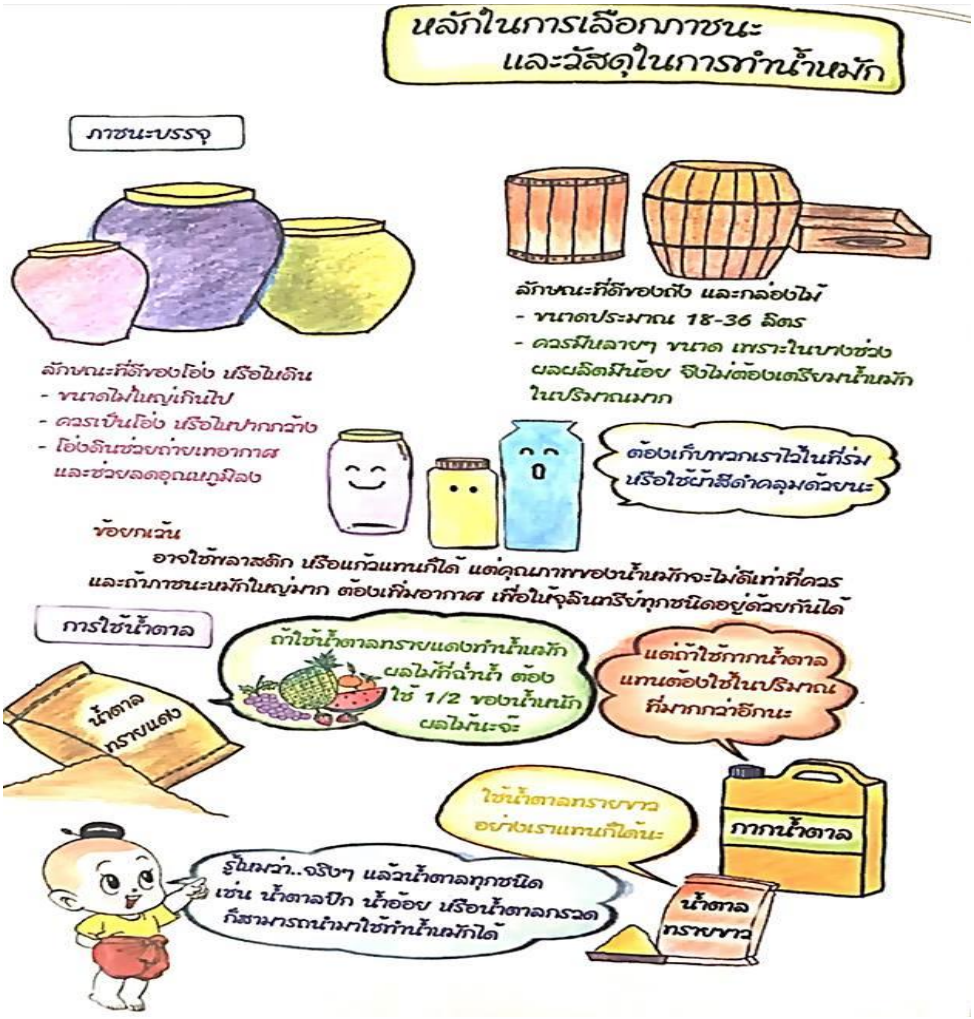
ภาชนะที่ใช้ในการหมัก

ในการทำน้ำหมักสูตรต่างๆ จำเป็นต้องมีภาชนะที่ใช้ในการหมักเศษวัสดุกับน้ำตาลจนเปลี่ยนสภาพไปเป็นน้ำหมัก ภาชนะที่ใช้ในการหมักควรใช้โอ่งดิน หรือภาชนะที่เป็นไม้ และหลีกเลี่ยงภาชนะที่เป็นเหล็กหรือเหล็กชุบกันสนิม ภาชนะที่ใช้ในการหมักได้ดีที่สุดคือ โอ่งดิน เนื่องจากเป็นภาชนะที่สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้ดี โดยเฉพาะในฤดูร้อน อย่างไรก็ตามโอ่งดินจะมีข้อเสียตรงที่ ถ้าเป็นโอ่งขนาดใหญ่ก็จะมีน้ำหนักมากตามไปด้วย ทำให้การเก็บและการทำความสะอาดภายหลังการใช้งานยุ่งยาก โอ่งที่มีลักษณะดีต้องไม่ใหญ่เกินไป แนะนำให้ใช้โอ่งปากกว้างเพราะอากาศจะผ่านเข้าไปสัมผัสกับวัสดุหมักได้ดีกว่า ซึ่งจะเป็นการช่วยส่งเสริมให้กระบวนการหมักเกิดได้ดี โดยโอ่งดินมีรูปร่าง และขนาดที่แตกต่างกันไป

โดยทั่วไปภาชนะที่ใช้หมักไม่ควรสูงเกินกว่า 1 เมตร โดยเมื่อเติมวัสดุที่ใช้หมักลงไปพร้อมกับน้ำตาลทรายแดง หรือ กากน้ำตาลแล้วไม่ควรมีความสูงเกินกว่า 2/3 ของภาชนะที่ใช้หมัก เนื่องจากจะมีผลทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศ และจุลินทรีย์ที่ไม่ต้อการอากาศ ขาดความสมดุลกัน ภาชนะที่สูงเกินไปจะไม่เกิดการหมุนเวียนของปริมาณออกซิเจนในถังที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของมวลฟองอากาศที่อยู่ในถัง เนื่องจากขบวนการทำน้ำหมักที่สมบูรณ์แบบจะเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนที่อยู่ด้านบนและจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจนที่จะมีกิจกรรมอยู่ที่ก้นถัง

ในละครอิงประวัติศาสตร์ชื่อดังของเกาหลี “แดจังกึม” ซึ่งเป็นละครที่มีเนื้อหาด้านการทำอาหารและด้านการแพทย์ในสมัยโบราณของเกาหลี ได้มีการกล่าวถึงการทำอาหารหมักดองของชาวเกาหลีโบราณ “คิมจิ” โดยตอนหนึ่งได้กล่าวถึงกรรมวิธีในการผลิตโอ่งเคลือบของชาวเกาหลีจะใช้วัสดุคือดินเหนียวเป็นแกนและใช้สารเคลือบได้แก่ ใบสน เปลือกถั่ว (นำไปเผาแล้วผสมให้เข้ากันพร้อมแช่ไว้ในน้ำลึกไม่ให้มีออกซิเจนนาน 2 เดือนก่อนนำไปเคลือบ) ซึ่งเป็นวัสดุธรรมชาติ มาเคลือบก่อนนำไปเผา เพื่อที่จะได้โอ่งเคลือบที่มีลักษณะพิเศษ คือ มีรูพรุนเพื่อให้โอ่งเคลือบหายใจได้ กล่าวคือ มีการซึมเข้าออกของออกซิเจน ที่จะมีส่วนช่วยในการให้จุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศเจริญเติบโตได้ดี ร่วมกับจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจนเพื่อให้ได้น้ำหมักที่สมบูรณ์

สำหรับถังไม้ ขนาดที่เหมาะสมในการนำมาใช้ คือ ระหว่าง 18-36 ลิตร และถ้าเป็นถังหมักทรงกระบอกที่มีก้นถังนูนจะทำให้นำสารละลายออกมาใช้ได้ง่าย ควรมีโอ่งและถังไม้หลายๆขนาด สำหรับการทำน้ำหมักวัตถุดิบจากพืชชนิดต่างๆ อาจจะต้องการภาชนะที่มีขนาดต่างกัน ในการทำเกษตรธรรมชาติที่เหมาะสมควรมีภาชนะขนาดต่างกัน 5-10 ขนาด เพราะเมื่อกระบวนการหมักเสร็จสิ้นแล้วก็ยังจำเป็นต้องใช้ภาชนะ เพื่อบรรจุน้ำหมักเก็บไว้ใช้เช่นกัน ถ้าหาโอ่งดินหรือถังไม้ไม่ได้ อาจจะใช้ภาชนะบรรจุที่เป็นพลาสติกหรือแก้วแทน แต่คุณภาพของน้ำหมักที่ได้จะมีคุณภาพด้อยลง ถ้าเป็นแก้วต้องเก็บไว้ในที่ร่มและใช้ผ้าสีดำ หรือกระดาษคลุมเพื่อป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์มิฉะนั้นจะเก็บน้ำหมักไว้ได้ไม่นาน สำหรับภาชนะที่บรรจุเป็นพลาสติก ในการทำน้ำหมักบางชนิดที่มีความเป็นกรดสูง อาจมีผลทำให้สารเคมีบางอย่างละลายออกมาในช่วงการหมัก



ภาพที่ 7. แสดงหลักในการเลือกภาชนะและวัสดุอุปกรณ์ในการทำน้ำหมัก

น้ำตาลที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำหมักชีวภาพ

น้ำตาลเป็นแหล่งคาร์บอนของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักซึ่งเป็นแหล่งอาหารและแหล่งพลังงานที่สำคัญของจุลินทรีย์ในการดำเนินกิจกรรมการหมัก ชนิดของน้ำตาลที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเพิ่มจำนวนเซลล์นั้น มีอยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น กากน้ำตาล น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลทรายขาว น้ำอ้อย น้ำตาลสด น้ำตาลปึก น้ำตาลปี๊บ น้ำตาลกรวดเป็นต้น ซึ่งน้ำตาลแต่ละชนิดจะมีความหวานมากน้อยแตกต่างกันไป และราคาที่แตกต่างกัน น้ำตาลทรายแดงจัดได้ว่าเป็นน้ำตาลที่มีคุณภาพมากที่สุด (ความหวานหรือปริมาณของน้ำตาลมีมาก) เหมาะสมที่จะนำมาใช้หมัก แต่น้ำตาลทรายแดงในประเทศไทยมีราคาแพง ถ้านำมาใช้ต้นทุนการผลิตจะสูงมาก ดังนั้นจึงควรเลือกใช้น้ำตาลให้เหมาะสมกับความคุ้มทุนและความสะดวกในการหาน้ำตาลด้วย ยกตัวอย่างเช่น เกษตรกรส่วนใหญ่มักนิยมใช้กากน้ำตาลในการทำน้ำหมักชีวภาพทั้งที่จริงแล้วกากน้ำตาลมีความหวานน้อยที่สุดในบรรดาน้ำตาล

ชนิดต่างๆที่มีในประเทษไทย แต่เนื่องจากมีราคาถูก จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการทำน้ำหมักชีวภาพ แต่ถ้าในพื้นที่นั้นๆไม่มีแหล่งกากน้ำตาล หาได้ยาก หรือมีราคาที่แพงกว่าน้ำตาลชนิดอื่นๆ ก็สามารถเปลี่ยนไปใช้น้ำตาลชนิดอื่นได้ไม่จำเป็นต้องใช้เฉพาะกากน้ำตาลเท่านั้น เพราะเหตุผลของการใส่กากน้ำตาลในการทำน้ำหมักก็เพื่อเป็นแหล่งอาหารและพลังงานของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ความเข้มข้นของน้ำตาลจะมีผลต่อการเกิดแรงดันออสโมติก (Osmotic) ในเซลล์พืชหรือสัตว์โดยมีผลทำให้เซลล์พืชหรือเซลล์สัตว์แตกออก และได้สารละลายออกมาจากเซลล์เหล่านั้น แต่ควรคำนึงถึงอีกว่ากากน้ำตาลมีส่วนประกอบที่เป็นน้ำอยู่มากจึงทำให้เกิดแรงออสโมติกที่ต่ำ การสกัดสารออกจากพืชที่นำมาหมักจึงเกิดน้อยกว่า

ในกรณีทำน้ำหมักถ้าใช้น้ำตาลที่แตกต่างกันในปริมาณที่เท่ากันกระบวนการหมักที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันและคุณภาพของน้ำหมักที่ได้ก็จะมีคุณภาพแตกต่างกันไปตามคุณภาพของน้ำตาลที่ใช้ ดังนั้นในการทำน้ำหมักต้องคำนึงเสมอว่าถ้าวัสดุที่จะใช้ เช่น ในการทำน้ำหมักจากพืช ถ้าวัสดุมีความฉ่ำน้ำมาก เช่น ส้ม ผลไม้และผักบางชนิดการทำน้ำหมักจะต้องเพิ่มน้ำตาลมากขึ้น ปกติใช้ประมาณ 1/3 ของน้ำหนักพืชที่ใช้หมัก แต่ถ้าเป็นพืชที่มีน้ำมากต้องใช้น้ำตาลเพิ่มขึ้นเป็น1/2 เท่าของน้ำหนักพืชที่ใช้หมัก และถ้าวัสดุที่นำมาใช้หมักมีความหวานมาก โดยเฉพาะในการทำน้ำหมักจากผลไม้ ถ้าผลไม้ที่นำมาใช้ทำมีความหวานมากปริมาณน้ำตาลที่ใช้จะน้อยกว่าผลไม้ที่มีความหวานน้อยกว่า (อานัฐ, 2549)

คุณลักษณะน้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพเป็นน้ำหมักที่ได้จากการหมักเศษซากพืช ซากสัตว์ หรือสารอินทรีย์ชนิดอื่นๆที่หาได้ทั่วไปในท้องถิ่นกับกากน้ำตาลหรือน้ำตาลทรายแดงและผ่านกระบวนการหมักหรือย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ซึ่งปัจจุบันเกษตรกรนิยมทำน้ำหมักชีวภาพเพื่อใช้เป็นปัจจัยหนึ่งในการผลิตพืชร่วมกับปัจจัยอื่นๆ เช่น การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยหมัก การเขตกรรม การปรับปรุงพันธุ์พืช ตลอดจนสารป้องกันกำจัดแมลงและศัตรูพืชที่ผลิตจากพืชและสมุนไพรชนิดต่างๆ เข้ามาผสมผสานกันในการทำการเกษตรในระบบเกษตรอินทรีย์หรือเกษตรธรรมชาติ ซึ่งโดยหลักการแล้วการผลิตน้ำหมักชีวภาพจะเป็นการนำของเหลือใช้จากภาคการเกษตรหรือจากครัวเรือนที่ก่อปัญหามลพิษกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในภาคการเกษตร เช่น การผลิตพืชหรือการเลี้ยงสัตว์ โดยน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตได้จะประกอบด้วย ธาตุอาหารพืช เชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในท้องถิ่น สารเร่งการเจริญเติบโตของพืช สารป้องกันกำจัดแมลง และแร่ธาตุวิตามินต่างๆ ซึ่งสารประกอบต่างๆดังกล่าวจะมีมากน้อยเพียงได้ขึ้นอยู่กับวัสดุอินทรีย์ต่างๆที่นำมาใช้ในการหมัก ดังนั้นในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ จึงควรคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ประโยชน์เป็นหลัก

ความเป็นกรด -ด่าง (pH)

ค่าความกรด-ด่าง มีความสัมพันธ์กับชนิด และจำนวนของจุลินทรีย์โดยค่า pH ของน้ำหมักมักจะมีความเป็นกรด (ค่าน้อยกว่า4) ซึ่งเกิดขึ้นจากกิจกรรมของจุลินทรีย์พวกผลิตกรดอะซิติกหรือกรดแลคติก โดยจะปลดปล่อย

กรดอินทรีย์พวกกรดอะซิติกและกรดแลคติก ออกมาในกระบวนการหมัก การที่ค่าpH ของน้ำหมักเป็นกรดแสดงให้เห็นถึงการเกิดกระบวนการหมักและถ้าค่า pH ของน้ำหมักประมาณ 3.0-4.0 แสดงว่ากระบวนการหมักเกิดสมบูรณ์แล้ว โดยสังเกตจากฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดขึ้นในช่วงเริ่มต้นและระยะกลางของกระบวนการหมัก

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำหมักจะมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นในระยะเวลาที่หมักและเมื่อกระบวนการหมักเสร็จสมบูรณ์แล้ว เมื่อทิ้งน้ำหมักโดยไม่ได้นำไปใช้จะพบว่าน้ำหมักที่เก็บไว้จะมีความเป็นด่างเพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น 4.0-4.8 ในช่วงระยะเวลา 1 ปี

ในน้ำหมักจากสัตว์พบว่าน้ำหมักจากปลาจะมีค่าความเป็นกรดที่สูงกว่าน้ำหมักจากหอย ทั้งนี้เนื่องจากเศษหอยมีส่วนประกอบของเปลือกหอยซึ่งมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ วัสดุที่นำมาใช้หมักจึงมีความเป็นด่าง ทำให้น้ำหมักจากเศษหอยมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.0-6.5 และค่อนข้างคงที่ในช่วงระยะเวลา1ปี ส่วนน้ำหมักจากเศษปลาจะมีความเป็นกรด-ด่างประมาณ 4.0 เมื่อหมักเสร็จสมบูรณ์หลังจากนั้นค่าความเป็นด่างจะเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 5.0-5.2

ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity : EC)

ค่าการนำไฟฟ้าเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหาร และสารประกอบอนินทรีย์ต่างๆมีอยู่ในน้ำหมักชีวภาพ แต่เป็นปริมาณโดยรวมค่า EC นี้ไม่สามารถบอกถึงปริมาณของธาตุหรือสารตัวใดตัวหนึ่งว่ามีปริมาณเท่าใด ซึ่งถ้าต้องการทราบค่าปริมาณของธาตุและสารประกอบอย่างละเอียดต้องทำการวิเคราะห์หาทางเคมีในแต่ละตัวที่ต้องการทราบ ถ้าน้ำหมักชีวภาพมีค่าการนำไฟฟ้าสูงแสดงว่ามีปริมาณธาตุอาหารอยู่มาก

ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำหมักจะสูงขึ้นตามระยะเวลาที่หมัก โดยน้ำหมักจากเศษสัตว์จะมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าน้ำหมักจากเศษพืช และน้ำหมักจากพืชสีเขียวจะมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าน้ำหมักจากผลไม้

กรดฮิวมิก (Humic Acid)

จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดฮิวมิกในปุ๋ยอินทรีย์น้ำหมัก พบว่า น้ำหมักทุกชนิดมีกรดฮิวมิกอยู่ในองค์ประกอบ และมีปริมาณแตกต่างกันในแต่ละชนิดของปุ๋ยอินทรีย์น้ำหมัก โดยพบว่าน้ำหมักจากหอยเชอรี่มีปริมาณกรดฮิวมิกสูงกว่าน้ำหมักชนิดอื่นโดยมีปริมาณระหว่าง 3.07-4.45 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำหมักจากพืชมีกรดฮิวมิกอยู่ระหว่าง 0.48 – 1.07 เปอร์เซ็นต์ กรดฮิวมิกจะมีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนพืช บริเวณดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูงหรือมีสารฮิวมิกมากจะมีปริมาณของฮอร์โมนออกซินอยู่มาก ฮอร์โมนออกซิน มีความสำคัญในการเร่งอัตราการเจริญเติบโตของรากและลำต้นพืชได้ดี

กรดอินทรีย์ (Oganic Acid)

ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำหมักถ้ามีค่าเป็นกรดสูงแสดงว่ามีในน้ำหมักมีกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ เกิดขึ้นมากในระหว่างกระบวนการหมัก กรดอินทรีย์ดังกล่าวได้แก่ กรดอะซิติกที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์กลุ่มผลิตกรดอะซิติก และกรดแลคติกที่เกิดจากจุลินทรีย์กลุ่มผลิตกรดแลคติก โดยกรดอินทรีย์เหล่านี้มีประโยชน์มากมายดังต่อไปนี้

1. เป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก
2. ช่วยควบคุมการเจริญของกลุ่มจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย และจุลินทรีย์ที่ก่อโรคบางชนิด
3. ยับยั้งการเกิดกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เปลี่ยนรูปไนโตรเจนเป็นแอมโมเนีย (NH_3) ซึ่งสูญเสียไปได้ง่ายจากการระเหย เนื่องจากจุลินทรีย์เหล่านี้ไม่สามารถทนต่อสภาพความเป็นกรดได้มาก จึงมีผลทำให้ยูเรียไม่ถูกแปรสภาพเป็นแอมโมเนียโดยเอนไซม์ยูรีเอสที่จุลินทรีย์กลุ่มนี้สร้างขึ้นมา
4. ช่วยละลายสารประกอบอนินทรีย์ของแร่ธาตุบางชนิดให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ เช่น สารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟตพวกแคลเซียมฟอสเฟต (Ca_3 $(PO_4)_2$) ในดิน กรดอินทรีย์ที่มีในน้ำหมักชีวภาพจะช่วยละลายธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสออกมาสู่สารละลายดินให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช(อานัฐ, 2549)