บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปุ๋ยน้ำชีวภาพ หรือ ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ หรือที่เรียกกันว่า **น้ำหมักชีวภาพ** หรือ **ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ** เป็นทางเลือกหนึ่งที่เกษตรกรสามารถนำมาใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชหรือทดแทนปุ๋ยเคมีได้ เนื่องจากอุตสาหกรรมเกษตร มูลสัตว์ วัชพืชน้ำ เศษผักผลไม้ที่ไม่ได้มาตรฐานปัจจุบันเกษตรกรได้มีการทำปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ หรือน้ำหมักชีวภาพหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำแล้วและได้ผลเป็นที่น่าพอใจระดับหนึ่ง แต่ยังไม่มีวิธีการผลิตที่แน่นอน รวมทั้งข้อมูลต่างๆ ทางด้านนี้ยังน้อยมากและขาดความชัดเจนกรมวิชาการเกษตรได้ตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้น จึงได้รวบรวมข้อมูลงานวิจัย และงานวิเคราะห์เกี่ยวกับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพของนักวิชาการและที่เกษตรกรได้ผลิตใช้เอง เพื่อจะได้เผยแพร่ความรู้เรื่องปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพนำไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย เพื่อลดปริมาณการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชให้ได้ผลต่อไป

ประวัติของปุ๋ยน้ำชีวภาพ

เรื่องราวของปุ๋ยน้ำชีวภาพ หรือปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพนี้เกิดขึ้นเมื่อประมาณกลางปี พ.ศ. 2540 เกิดขึ้นในขณะที่ประเทศไทยประสบภาวะวิกฤติทางเศรษฐกิจ ทำให้ประชาชนคนไทยเดือดร้อนไปทั่ว แต่คนไทยก็โชคดีที่ได้รู้จักวิธีการทำปุ๋ยน้ำชีวภาพใช้เอง ซึ่งได้เริ่มต้นขึ้นเมื่อเดือนกรกฎาคม 2540 โดยอาจารย์ภรณ์ ภูมิพันนา ได้เชิญ มร.ฮาน คิวโซ นายกสมาคมเกษตรแห่งชาติ ประเทศเกาหลีใต้ มาบรรยายเกี่ยวกับเทคนิควิธีการทำเกษตรธรรมชาติให้ปลอดภัยจากสารพิษ โดยใช้เชื้อ จุลินทรีย์ โดยขอใช้ห้องประชุมกรมวิชาการเกษตร สมัยที่นายชนวน รัตนวราหะ เป็นรองอธิบดีกรมวิชาการเกษตร เป็นสถานที่จัดอบรม มีเกษตรกรผู้สนใจแนวทางในการทำการเกษตรธรรมชาติ ข้าราชการ องค์กรพัฒนาเอกชนต่าง ๆ และผู้ที่สนใจจำนวนหนึ่งเข้ารับการอบรม หลังจากนั้น มร.ฮาน คิวโซ ก็ได้ตระเวนไปบรรยายให้ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคการผลิตพืชแบบเกษตรธรรมชาติโดยใช้จุลินทรีย์ ให้แก่ชุมชนตามสถานที่ต่าง ๆ เช่น ที่ศูนย์ฝึกอบรมเทคโนโลยีไร้สารพิษและสิ่งแวดล้อม หมู่บ้านราชธานีอโศก ตำบลบุ่งไหม อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างวันที่ 2 – 4 สิงหาคม 2540 เป็นต้น หลังจากที่ มร.ฮาน คิวโซ กลับไปแล้วผู้ที่เคยได้รับการอบรมก็เริ่มทดลองทำตามที่ได้การถ่ายทอดมา โดยอาจารย์ภรณ์ ภูมิพันนา เรียกผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ว่า น้ำหวานหมัก กลุ่มของชมรมเกษตรธรรมชาติไทยโดย ดร.อรรถ บุญนิธิและคณะ เรียกน้ำที่ได้จากการหมักในระยะต้นนี้ว่า น้ำหมักพืช และต่อมาเปลี่ยนชื่อเป็น ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ บางท่านก็เรียกว่า ปุ๋ยจุลินทรีย์ บางท่านก็เรียกว่า ปุ๋ยน้ำหมัก บางท่านก็เรียกว่า ปุ๋ยน้ำชีวภาพ และเรียกในชื่ออื่นๆ อีกมากมาย ด้วยภูมิปัญญาไทยก็ได้เกิดการพัฒนาวิธีการหมักปุ๋ยน้ำชีวภาพหรือปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ขึ้นมาเป็นจำนวนมาก โดยมีชื่อ และวิธีการทำปุ๋ยน้ำชีวภาพหรือปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ แตกต่างกันออกไปในแต่ละพื้นที่ ซึ่งได้รวบรวมไว้เพื่อความสะดวกในการเลือกใช้ให้เหมาะกับชนิดของพืช และในแต่ละพื้นที่สำหรับเกษตรกร และผู้ที่สนใจทั่วไป ดังนี้ หลังจากที่ มร.ฮาน คิวโซ กลับไปแล้วผู้ที่เคยได้รับการอบรมก็เริ่มทดลองทำตามที่ได้รับการถ่ายทอดมา โดยอาจารย์ภรณ์ ภูมิพันนา เรียกผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ว่า **น้ำหวานหมัก** กลุ่มของชมรมเกษตรธรรมชาติไทย โดย ดร.อรรถ บุญนิธิและคณะ เรียกน้ำที่ได้จากการหมักในระยะต้นนี้ว่า **น้ำหมักพืช** และต่อมาเปลี่ยนชื่อเป็น **ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ** บางท่านก็เรียกว่า **ปุ๋ยจุลินทรีย์น้ำ** บางท่านก็เรียกว่า **ปุ๋ยน้ำหมัก** บางท่านก็เรียกว่า **ปุ๋ยน้ำชีวภาพ** บางทีก็เรียกว่า**น้ำหมักชีวภาพ** ดังนั้น อาจสรุปได้ว่า ไม่ว่าจะเป็นน้ำหวานหมัก

หรือน้ำหมักพืช หรือปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ หรือปุ๋ยจุลินทรีย์น้ำ หรือ ปุ๋ยน้ำหมัก หรือน้ำหมักชีวภาพ ก็คือ**ปุ๋ยน้ำชีวภาพ** อันเดียวกัน ที่เกิดจากการใช้กิจกรรมของจุลินทรีย์เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ซึ่งมีโมเลกุลใหญ่และซับซ้อนที่มีอยู่ในวัสดุหมัก ให้กลายเป็นสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลเล็กหรือสารอนินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก พร้อมให้พืชใช้ประโยชน์ได้นั่นเอง

สำหรับขบวนการหมักปุ๋ยน้ำหมักนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอนหลักคือ **ขั้นตอนแรก**จะเป็นกระบวนการที่เรียกว่าพลาสโมไลซีส เป็นการเติมกากน้ำตาลเพื่อดึงน้ำเลี้ยงออกจากเซลล์พืช **ขั้นที่สอง**จะเป็นขั้นตอนที่จุลินทรีย์เข้าไปย่อยสลายเศษพืชทำให้สารอินทรีย์ต่าง ๆ ถูกย่อยให้เล็กลง ซึ่งในขั้นตอนนี้อาจมีการสร้างสารอินทรีย์บางชนิดขึ้นมาใหม่ โดยจุลินทรีย์ทำให้เกิดการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมา ในขั้นตอนการหมักนั้น นอกจากจะใส่กากน้ำตาลแล้วอาจจะเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์หรือไม่ก็ได้ (เชื้อจุลินทรีย์ธรรมชาติมีอยู่แล้ว) องค์ประกอบโดยทั่วไปของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ มีค่า pH (ความเป็นกรดเป็นด่าง) อยู่ในช่วง 3.5-5.6 ปฏิกิริยาเป็นกรดถึงกรดจัดซึ่ง pH ที่เหมาะสมกับพืชควรอยู่ในช่วง 6-7 ความเข้มข้นของสารละลายสูง โดยค่าของการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity, EC) อยู่ระหว่าง 2-12 desicemen/meter (ds/m) ซึ่งค่า E.C. ที่เหมาะสมกับพืชควรจะอยู่ต่ำกว่า 4 ds/m ความสมบูรณ์ของการหมัก พิจารณาจากค่า C/N ratio มีค่าระหว่าง ?-70/1 ซึ่งถ้า C/N ratio สูง เมื่อนำไปฉีดพ่นบนต้นพืชอาจแสดงอาการใบเหลืองเนื่องจากขาดธาตุไนโตรเจนได้ จุลินทรีย์ที่พบในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพหรือน้ำหมักชีวภาพหรืออินทรีย์น้ำ มีทั้งที่ต้องการออกซิเจน และไม่ต้องการออกซิเจนมักเป็นกลุ่มแบคทีเรีย Bacillus sp., Lactobacillus sp., Streptococcus sp., นอกจากนี้ยังอาจพบเชื้อรา ได้แก่ Aspergillus niger , Penicillium, Rhizopus และยีส ได้แก่ Canida sp

ภาพที่ 1 การหมักปุ๋ยน้ำชีวภาพในระดับชุมชน

ภาพที่ 2 การหมักปุ๋ยน้ำชีวภาพในระดับอุตสาหกรรม

ที่มา : ภูมิศักดิ์, 2555

ประเภทปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพหมักได้จากเศษพืชและสัตว์ ดังนั้น จึงสามารถแบ่งประเภทปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพตามวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากพืช
2. ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากสัตว์

1. ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากพืช

1.1 ผลิตจากผักและเศษพืช

การทำปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพโดยการหมักเศษพืชสดในภาชนะที่มีฝาปิดปากกว้าง นำเศษผักมาผสมกับน้ำตาล ถ้าพืชผักมีขนาดใหญ่ให้สับเป็นชิ้นเล็กๆ จัดเรียงพืชผักเป็นชั้น ๆ โรยน้ำตาลทับสลับกันกับพืชผักอัตราส่วนของน้ำตาลต่อเศษผักเท่ากับ 1 : 3 หมักในสภาพไม่มีอากาศโดยการอัดผักใส่ภาชนะให้แน่น เมื่อบรรจุผักลงภาชนะเรียบร้อยแล้ว ปิดฝาภาชนะนำไปตั้งทิ้งไว้ในที่ร่ม

ปล่อยให้หมักต่อไปประมาณ 3 - 7 วัน จะเกิดของเหลวข้นสีน้ำตาล มีกลิ่นหอมของสิ่งหมักเกิดขึ้น ของเหลวนี้เป็นน้ำสกัดจากเซลล์พืชผักประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรท โปรตีน กรดอะมิโน ฮอร์โมน เอนไซม์ และอื่นๆ

1.2 ผลิตจากขยะเปียก

ได้มีการดำเนินงานโครงการพัฒนาคุณภาพชีวิต โดยการนำขยะเปียก ได้แก่ เศษอาหาร เศษผัก ผลไม้ จำนวน 1 กิโลกรัม มาใส่ลงในถังหมัก แล้วเอาปุ๋ยจุลินทรีย์โรยลงไป 1 กำมือ หรือประมาณเศษ 1 ส่วน 20 ของปริมาตรของขยะแล้วปิดฝาให้เรียบร้อยภายในเวลา 10 - 14 วัน จะเกิดการย่อยสลายของขยะเปียกบางส่วนกลายเป็นน้ำ น้ำที่ละลายจากขยะเปียกสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ย โดยนำไปเจือจางโดยการผสมด้วยอัตราส่วนน้ำปุ๋ย 1 ส่วนต่อน้ำธรรมดา 100-1,000 ส่วน นอกจากนี้โครงการฯ ยังได้ประดิษฐ์ถังขยะแบบพิเศษ โดยนำถังพลาสติกมาเจาะรูแล้วใส่ก๊อกเปิดปิดน้ำที่ด้านข้าง ถังช่วงล่างจะสวมตาข่าย เพื่อป้องกันไม่ให้เศษอาหารไปอุดตัน ส่วนปัญหาเรื่องกลิ่นกรณีที่ขยะมีเศษเนื้อสัตว์ มีเศษอาหารอยู่มากให้ใช้เปลือกสับปะรด มังคุด กล้วย ใส่ลงไปให้มากๆ น้ำปุ๋ยจะมีกลิ่นหอมคล้ายกับกลิ่นหมักเหล้าไวน์ วิธีการดังกล่าวจุลินทรีย์ จะสามารถย่อยสลายขยะเปียกได้ประมาณ 30 - 40 ส่วนที่เหลือประมาณ 60 - 70 % จะกลายเป็นกากซึ่งก็คือปุ๋ยหมักสามารถนำไปใช้ในทางเกษตรได้

2. ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากสัตว์

ปุ๋ยปลาเป็นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากการย่อยสลายเศษอวัยวะปลา ได้แก่ หัวปลา ก้างปลา หางปลา พุงปลา และเลือด ผ่านกระบวนการหมักโดยใช้เอนไซม์ ซึ่งเกิดขึ้นเองธรรมชาติหลังจากหมักจนได้ที่แล้วจะได้สารละลายสีน้ำตาลเข้ม ประกอบด้วยธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแตสเซียม ธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ธาตุอาหารเสริม ได้แก่ เหล็ก ทองแดง และแมงกานีส

นอกจากนี้ ปุ๋ยปลายังประกอบด้วยโปรตีนและกรดอะมิโน ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของโปรตีนในตัวปลา จากข้อมูลผลของกรดอะมิโนที่มีต่อพืช แต่จากคำบอกเล่าของเกษตรกรผู้ใช้ปุ๋ยปลา พบว่าปุ๋ยปลาจะไปช่วยพัฒนาคุณภาพของผลผลิต เช่น ดอกไม้ให้มีสีสดขึ้นและผลไม้มีคุณภาพดีขึ้น และช่วยเร่งการแตกยอด และออกดอกใหม่ได้อีกด้วย

กระบวนการหมักปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ หรือ น้ำหมักชีวภาพ หรือ ปุ๋ยอินทรีย์ เป็นคำที่มีความหมายเดียวกัน คือ เป็นสารละลายเข้มข้นที่ได้จากการหมักเศษพืชหรือสัตว์จะถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ โดยใช้กากน้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ การหมักมีสองแบบ คือ

หมักแบบต้องการออกซิเจน (หมักแบบเปิดฝา) และ หมักแบบไม่ต้องการออกซิเจน (หมักแบบเปิดฝา) สารละลายเข้มข้นอาจจะมีสีน้ำตาลเข้มกรณีที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวหมัก หรือมีสีน้ำตาลอ่อนเมื่อ

ใช้น้ำตาลชนิดอื่นเป็นตัวหมัก ซึ่งถ้าไม่ผ่านการหมักที่สมบูรณ์แล้ว จะพบสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรท โปรตีน กรดอะมิโน ฮอร์โมนเอ็นไซม์ในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ (พืชหรือสัตว์)

จุลินทรีย์ที่พบในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพหรือน้ำหมักชีวภาพ หรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำ มีทั้งที่ต้องการออกซิเจน และไม่ต้องการออกซิเจน มักเป็นกลุ่มแบคทีเรีย Bacillus sp., Lactobacillus sp., Streptococus sp., นอกจากนี้ยังอาจพบเชื้อรา ได้แก่ Aspergillus niger, Pennicillium, Rhizopus และ ยีสต์ ได้แก่ Canida sp.

น้ำหมักชีวภาพ มีชื่อเรียกอื่นๆ เช่น ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ สารสกัดชีวภาพ ฯลฯ ความหมายโดยย่อคือ น้ำที่ได้จากการหมักดองเศษซากพืช เศษซากสัตว์ร่วมกับน้ำตาลในสภาพไร้อากาศ น้ำที่ได้ประกอบด้วย จุลินทรีย์และสารอินทรีย์หลากหลายชนิด ซึ่งจุลินทรีย์จะเป็นตัวช่วยเร่งกระบวนการต่างๆ ในธรรมชาติ ปัจจุบันยังอยู่ในระหว่างการวิจัยทดลองถึงบทบาทของจุลินทรย์ว่าไปมีผลต่อกระบวนการเจริญเติบโตของพืช หรือยับยั้งการแพร่ขยายของเชื้อโรคแมลงอย่างไร นอกเหนือจากพืชสมุนไพรที่มีคุณสมบัติเฉพาะในตัวอยู่แล้ว ซึ่งการผลิตน้ำหมักชีวภาพมีวัสดุอุปกรณ์ที่สำคัญดังนี้

1.1 ถังน้ำหมักที่มีฝาปิดสนิท ควรเป็นถังพลาสติก หรือกระเบื้องเคลือบ ไม่ควรใช้ถังประเภทโลหะหรือปูนซิเมต์เพราะน้ำหมักจะเข้าไปกัดกร่อนภาชนะ

1.2 น้ำตาล สามารถใช้น้ำตาลได้ทุกชนิด อาทิ น้ำตาลทรายขาว น้ำตาลทรายแดง กากน้ำตาล ฯลฯ โดยเฉพาะกากน้ำตาล ซึ่งมีราคาถูกกว่าน้ำตาลชนิดอื่นๆ ซึ่งเป็นส่วนที่เหลือจากอุตสาหกรรมน้ำตาล นอกจากนี้อาจใช้พืชจำพวกอ้อยได้เช่นกัน

1.3 ส่วนผสมกับน้ำตาล

1) เศษซากพืชสด อาทิ พืชอวบน้ำผักอวบน้ำ ผลไม้ทั้งแก่และอ่อน รวมทั้งเปลือกผลไม้ ฯลฯ
2) เศษซากสัตว์สด อาทิ หอยเชอรี่ ปลา ปู ฯลฯ
3) พืชสมุนไพรเพิ่มประสิทธิภาพ อาทิ สะเดา ไหลแดง หนอนตายอยากตะไคร้หอม ฯลฯ

คุณลักษณะดีเด่นและคุณสมบัติทั่วไปของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

1) ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพมีคุณสมบัติโดยทั่วๆ ไป มีดังนี้

1.1) มีค่า pH (ความเป็นกรดเป็นด่าง) อยู่ในช่วง 3.5 - 5.6 ปฏิกิริยาเป็นกรดถึงกรดจัด ซึ่ง pH ที่เหมาะสมกับพืชควรอยู่ในช่วง 6 – 7

1.2) ความเข้มข้นของสารละลายสูง โดยค่าของการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity , E.C) อยู่ระหว่าง 2 - 12 desicemen / meter(ds / m) ซึ่งค่า E.C ทีเหมาะสมกับพืชควรจะอยู่ต่ำกว่า 4 ds / m

1.3) ความสมบูรณ์ของการหมัก พิจารณาจากค่า C / N ration มีค่าระหว่าง 1 / 2 - 70 / 1 ซึ่งถ้า C / N ratio สูง เมื่อนำไปฉีดพ่นบนต้นพืชอาจแสดงอาการใบเหลืองเนื่องจากขาดธาตุไนโตรเจนได้

2) ปริมาณธาตุอาหาร

ธาตุอาหารหลัก (N,P,K) ไนโตรเจน (% Total N) ถ้าใช้พืชหมัก พบไนโตรเจน 0.03 - 1.66 % แต่ถ้าใช้ปลาหมักจะพบประมาณ 1.06 - 1.70 % ฟอสฟอรัส (% Total P2 O5) ในน้ำหมักจากพืชจะมีตั้งแต่ไม่พบเลยจนถึง 0.4 % แต่ในน้ำหมักจากปลาพบ 0.18 - 1.14 % โพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ (% Water Soluble K2 O) ในน้ำหมักพืชพบ 0.05 - 3.53 % และในน้ำหมักจากปลาพบ 1.0 - 2.39 %

ธาตุอาหารรอง (Ca, Mg,S) แคลเซียมในน้ำหมักจากพืชพบ 0.05 - 0.49 % และน้ำหมักจากปลาพบ 0.29 - 1.0% แมกนีเซียมและซัลเฟอร์ ในน้ำหมักจากพืชและปลาพบในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน คือ 0.1- 0.37 %

ธาตุอาหารเสริม เหล็ก ในน้ำหมักจากพืชพบ 30 - 350 ppm. และน้ำหมักจากปลาพบ 500 - 1,700 ppm. คลอไรด์ น้ำหมักจากพืชและปลามีปริมาณเกลือคลอไรด์สูง 2,000 - 11,000 ppm. ธาตุอาหารเสริมอื่นๆ ได้แก่ แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โบรอน และโมลิบดินัม น้ำหมักทั้งจากพืชและปลาพบในปริมาณน้อย มีค่าตั้งแต่ตรวจไม่พบเลย ถึง 130 ppm.

3) ปริมาณกรดอะมิโน

ผลวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 100 กรัม ปรากฏดังนี้

กรดแอสปาร์ติค	346.06	มิลลิกรัม / 100 กรัม
ทรีโอนีน	26.34	มิลลิกรัม / 100 กรัม
ซีรีน	39.30	มิลลิกรัม / 100 กรัม
กรดกลูตามิค	127.45	มิลลิกรัม / 100 กรัม
โปรลีน	1.26	มิลลิกรัม / 100 กรัม
ไกลซีน	13.24	มิลลิกรัม / 100 กรัม
อะลานีน	91.69	มิลลิกรัม / 100 กรัม
ซีสตีน	17.88	มิลลิกรัม / 100 กรัม
วาลีน	55.26	มิลลิกรัม / 100 กรัม
เมไทโอนีน	9.37	มิลลิกรัม / 100 กรัม
ไอโซลิวซีน	26.26	มิลลิกรัม / 100 กรัม
ลิวซีน	34.30	มิลลิกรัม / 100 กรัม
ไทโรซีน	22.14	มิลลิกรัม / 100 กรัม
ฟีนิลอะลานีน	4.44	มิลลิกรัม / 100 กรัม
ฮีสติดีน	16.28	มิลลิกรัม / 100 กรัม
ไลซีน	30.20	มิลลิกรัม / 100 กรัม
อาร์จีนีน	18.76	มิลลิกรัม / 100 กรัม
ทริปโตเฟน	6.22	มิลลิกรัม / 100 กรัม

4) **ปริมาณฮอร์โมนพืช**

ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมนพืช 3 กลุ่ม คือ

1. กลุ่ม Auxin (Indole acetic acid : IAA)

2. กลุ่ม Gibberellins (Gibberellic acid : GA3)
3. กลุ่ม Cytokinins (Zeatin และ Kinetin)

1. IAA ตรวจพบทั้งในน้ำหมักจากพืชและสัตว์ แต่พบในปริมาณน้อย มีค่าในช่วงตั้งแต่ น้อยมากจนไม่สามารถวัดได้ - 2.37 ppm
2. 2. GA3 ตรวจพบในน้ำหมักจากพืชบางชนิดในปริมาณ 18 - 140 ppm. ไม่พบ GA3 ในน้ำหมักจากปลา
3. Zeatin ตรวจพบในน้ำหมักจากพืชบางตัวอย่างในปริมาณน้อย 1 - 20 ppm. และพบในน้ำหมักจากปลาที่ใส่น้ำมะพร้าว 2 - 4 ppm.
4. Kinetin ตรวจพบในน้ำหมักจากพืชบางชนิดในปริมาณ 1 - 14 ppm. แต่ไม่พบในน้ำหมักจากปลา

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น จะเห็นว่าคุณภาพและประสิทธิภาพของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ จุลินทรีย์ที่ทำให้ย่อยสลาย กระบวนการย่อยสลายที่สมบูรณ์ไม่เน่าเสีย ความเข้มข้นของสารละลาย และความเป็นกรดเป็นด่าง

ข้อควรระวังในการทำน้ำหมักชีวภาพ

1. ในระหว่างการหมักห้ามปิดฝาภาชนะที่ใช้หมักโดยสนิท ชนิดที่อากาศเข้าไม่ได้เพราะ อาจเกิดการระเบิดได้ เนื่องจากในระหว่างการหมักจะเกิดก๊าซขึ้นจำนวนมาก เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ฯลฯ
2. หากมีการใช้น้ำประปาในการหมักจะต้องต้มให้สุก หรือตากแดดเพื่อไล่คลอรีนที่มีอยู่ ในน้ำประปาออกก่อน เพราะอาจจะไปทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักได้
3. พืชบางอย่างไม่ควรนำมาใช้ในการหมัก เช่น เปลือกส้ม เพราะส้มจะมีน้ำมันที่ผิว เปลือกทำให้เปลือกของส้มมีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ในการย่อยสลายในสภาพปลอดอากาศ
4. ภาชนะที่ใช้หมักต้องไม่ใช้ภาชนะที่เป็นโลหะ เพราะปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ จะมี
5. ฤทธิ์เป็นกรด (pH 3-4) ซึ่งจะกัดกร่อนโลหะให้ผุกร่อนได้
6. การทำปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพหรือน้ำหมักชีวภาพควรหมักให้ได้ที่ เพราะพบปัญหาเกิดเชื้อราที่ใบพืชเพราะน้ำตาลที่เหลืออยู่จุลินทรีย์ใช้ไม่หมด

วิธีใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

1. นำปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพผสมน้ำธรรมดาทำให้เจือจาง ฉีดพ่นพืชผัก ไม้ผล ไม้ยืนต้นอัตรา 1 ช้อนโต๊ะ ต่อน้ำ 5 - 10 ลิตร (1: 500 - 1,000) ควรฉีดพ่นให้บ่อยครั้ง

2. ราดกองใบไม้ใบหญ้า สด แห้ง อัตรา 1 ช้อนโต๊ะ ต่อน้ำ 2 - 3 ลิตร (1: 200 - 250) ใช้พลาสติกคลุมกองพืชปล่อยให้เกิดการย่อยสลาย 1 – 2 สัปดาห์นำมาใช้ประโยชน์ได้ ใช้ผสมดินหรือคลุมดินบริเวณต้นพืช

3. ใช้ทำปุ๋ยหมักแห้ง โดยใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ อัตรา 2 ช้อนโต๊ะ ต่อน้ำ 10 ลิตร และเพิ่มกากน้ำตาล 2 ช้อน ราดปุ๋ยมหักแห้งให้มีความชื้นหมาดๆ

4. ราดดินแปลงเพาะปลูกปฏิบัติดังนี้ พรวนดินผสมคลุมเคล้ากับวัชพืช หรือเศษพืชใช้อัตราเจือจาง 1 ช้อนโต๊ะ ต่อน้ำ 2 - 5 ลิตร (1: 200-500)ราด 1 ตร.ม ต่อ 0.5 - 1 ลิตร ปล่อยให้เกิดการย่อยสลาย 3 - 7 วัน ก็สามารถปลูกพืชหรือกล้าไม้ได้ ถ้าต้องการกำจัดวัชพืชพวกมีเมล็ด ควรปล่อยให้วัชพืชงอกอีกครั้งหนึ่ง จึงพรวนซ้ำแล้วรดปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

หรือน้ำหมักชีวภาพ หรือปุ๋ยอินทรีย์ น้ำเจือจาง อัตรา 1 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 5 ลิตร (1:500) ปลูกพืชได้ภายใน 2 - 3 วัน

5. ผสมน้ำอัตรา 1 ช้อนโต๊ะ ต่อน้ำ 1 - 5 ลิตร (1: 100 - 500) ราดพื้นที่ทำความสะอาดจะช่วยย่อยอินทรีย์วัตถุที่ติดพื้น นำไปเทในแอ่งน้ำขัง ช่วยย่อยอินทรีย์วัตถุในแอ่งน้ำให้ย่อยสลายลงทำให้แอ่งน้ำที่มีสภาพดีขึ้น
6. การขยายหัวเชื้อทำได้โดยอัตราส่วน คือ ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพหรือน้ำหมักชีวภาพหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำ : น้ำ ในอัตราส่วน 1 : 1 : 10 ใส่ขวดปิดฝา 3 วัน นำไปใช้ได้

ข้อควรระวังในการใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

1. ในการใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพกับพืชทุกชนิด เช่น กล้วยไม้ อาจมีผลทำให้ภาชนะที่ ใช้ปลูกคือกาบมะพร้าวผุเร็วก่อนเวลาอันสมควร ทำให้ต้องเปลี่ยนภาชนะปลูกบ่อยขึ้น
2. ในการใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพกับพืชนั้น ในดินจะต้องมีอินทรีย์วัตถุอยู่ เช่น มีการ ใส่ปุ๋ยหมัก เศษพืชแห้งคลุมดินไว้ จึงจะทำให้การใช้ประโยชน์จากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพได้ผลดี
3. ห้ามใช้เกินอัตราที่กำหนดไว้ในคำแนะนำ เพราะอาจมีผลทำให้ใบไหม้ได้ เนื่องจากความเป็นกรดหรือความเค็มในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ดังนั้นจึงควรเริ่มทดลองใช้ในอัตราความเข้มข้นน้อยๆ ก่อน
4. ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่มีธาตุไนโตรเจนสูง จึงต้องระวังในการใช้เพราะหากใช้มาก ไปอาจทำให้พืชเฝือใบและไม่ค่อยติดดอกออกผลได้

ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของพืช พืชมีความต้องการสารอาหารในระดับ ที่แตกต่างกัน ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่เกษตรกรผลิตได้จะมีสารอาหารที่แตกต่างเช่นกัน

ดังนั้น เกษตรกรจะต้องเป็นผู้ค้นคว้าทดลองเองและเก็บข้อมูลไว้ว่าในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต พืชต้องการ ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสูตรใด ความเข้มข้นเท่าใดและระยะเวลาในการฉีดพ่นเท่าใด ไม่มีใครให้คำตอบที่ดีและถูกต้องสำหรับสวนหรือไร่นาของท่านได้ ยกเว้นท่านจะทำการทดลองใช้ และสังเกตอาการของพืชหลังจากใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ก็ปรับใช้ให้ถูกต้องและเหมาะสมสำหรับพืชของท่านต่อไป

ประโยชน์ของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

ใช้เป็นปุ๋ยโดยตรง ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพหรือน้ำหมักชีวภาพ หรือปุ๋ยอินทรีย์ จะประกอบด้วยสารต่าง ๆ และจุลินทรีย์อยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นก่อนนำเอาไปใช้ประโยชน์จึงต้องทำให้เจือจางมากๆ อัตรส่วนน้ำสกัดต่อน้ำสะอาดคือ 1: 500 หรือ 1 : 1,000 การใช้เป็นน้ำสกัดจะต้องมีความระมัดระวังมากถ้าเข้มข้นมากไปพืชจะชะงักการเจริญเติบโตใบจะมีสีเหลืองถ้าใช้ในอัตราที่พอเหมาะพืชจะแสดงสภาพเขียวสด ใบเป็นมัน ต้นพืชที่ชะงักการเจริญเติบโตที่พักอยู่จะขยายตัวแตกตาเป็นใบภายในเวลาหนึ่งสัปดาห์ ดังนั้นการใช้จึงควรใช้อัตราเจือจางมากเป็นเกณฑ์ ซึ่งสามารถใส่ให้แก่ต้นไม้ประมาณ 3 - 7 วันต่อครั้ง และเมื่อพืชเจริญงอกงามดีในเวลาต่อมาจะใช้เดือนละครั้งก็ได้

เทคนิคเฉพาะปุ๋ยน้ำชีวภาพ

1. ส่วนผสมที่ข้นมาก แก้ไขด้วยการเติมน้ำมะพร้าวมากๆ ไม่ควรเติมน้ำเปล่าทุกกรณี และน้ำมะพร้าวอ่อนจะดีกว่าน้ำมะพร้าวแก่หมักไว้เป็นเวลานานๆ มีกลิ่นบูดเปรี้ยวให้เติมน้ำมะพร้าวกับกากน้ำตาลและจุลินทรีย์ลงไปอีก
2. จุลินทรีย์ธรรมชาติที่มีในเปลือก ตา แกน จุกสับประรด แกนต้นปรง ผักปัง เหง้าหญ้าขนสด ฟาง หมักจากที่ผลิตเห็ดฟาง เนื้อผลไม้รสหวานทุกชนิด เช่น จินเจียนลินซีส บาซิลลัสสุริยา-โนไซโมจินัส พด.1 เป็นต้น ให้เติมจุลินทรีย์เพียงเล็กน้อยพอเป็นหัวเชื้อ ส่วนผสมทั้งหมดไม่จำเป็นต้องหมักพร้อมๆ กัน ส่วนไหนมาก่อนหมักก่อน มาทีหลังหมักทีหลังในภาชนะเดิม
3. กากปุ๋ยหมักชีวภาพคือส่วนที่ยังย่อยสลายไม่หมด เมื่อใช้น้ำหัวเชื้อหมดแล้วให้ใส่ส่วนผสมชุดใหม่ผสมกับกากเดิม เติมกากน้ำตาล น้ำมะพร้าวและจุลินทรีย์แล้วหมักต่อไป
4. ปุ๋ยน้ำชีวภาพสามารถเก็บได้นานนับปี หรือข้ามปี โดยไม่เสื่อมสภาพ
5. ธาตุอาหารพืชในปุ๋ยน้ำชีวภาพ มีอะไรบ้างและจำนวนเท่าไรขึ้นอยู่กับส่วนผสมที่ใช้
6. น้ำหัวเชื้อปุ๋ยชีวภาพ เมื่อกรองออกมาใส่ขวดทึบแสงแล้วเก็บในตู้เย็นที่ช่องเย็นธรรมดา หรือในอุณหภูมิห้องสามารถเก็บไว้ได้นาน ระหว่างเก็บรักษาให้ตรวจสอบด้วยการดมกลิ่นของดีมีกลิ่นหอมหวานฉุน ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ดีต้องไม่มีกลิ่นของส่วนผสมอย่างใดอย่างหนึ่งชัดเจน
7. หัวเชื้อปุ๋ยน้ำชีวภาพที่หมักใช้การได้ใหม่ๆ จะมีคุณสมบัติเป็นกรดจัด เมื่อหมักนานๆความเป็นกรดจะลดลงเอง
8. หนอนที่เกิดในภาชนะหมักเกิดจากไข่แมลงวัน หนอนนี้จะไม่เป็นแมลง เมื่อโตเต็มที่จะตายไปเอง
9. ฝ้าที่ลอยอยู่ที่ผิวหน้าคือจุลินทรีย์ที่ตายแล้ว คนหรือเขย่าให้จมลงเป็นอาหารจุลินทรีย์ ที่ยังไม่ตาย
10. ประกายระยิบระยับที่ผิวหน้า คือ **“ฮิวมัส”** ธาตุอาหารที่มีประโยชน์ต่อพืช
11. อัตราการใช้ เนื่องจากความเข้มข้นที่แต่ละคนทำไม่เท่าเทียมกัน ก่อนใช้งานจริงต้องทดสอบด้วยตัวเองก่อน อัตราตั้งแต่ 1-20 ซีซี. / น้ำ 20 ลิตร ถ้าใช้อัตราเข้มข้นเกินจะทำให้ใบพืชไหม้ โดยทั่วไปอัตราที่ให้ใช้ทางใบ อัตรา 1 / 1,000 ทุก 7-10 วัน ให้ทางราก อัตรา 1 / 500 ทุก 10-15 วัน
12. ก่อนการใช้กับพืชอาจผสมปุ๋ยเคมีหรือฮอร์โมนพืชร่วมด้วยก็ได้ตามความเหมาะสม
13. ปุ๋ยน้ำชีวภาพจะเกิดประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยหมักชีวภาพ

ในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพประกอบด้วยสารอินทรีย์ต่าง ๆ หลากหลายชนิด เช่น เอนไซม์ฮอร์โมน และธาตุอาหารต่าง ๆ เอนไซม์บางชนิดจะทำหน้าที่ย่อยสลายอินทรีย์วัตถุให้เป็นสารอินทรีย์ เป็นอาหารของจุลินทรีย์เองและเป็นอาหารของต้นพืช ฮอร์โมนหลายชนิดที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นก็เป็นประโยชน์ต่อพืชถ้าให้ในปริมาณเล็กน้อย แต่จะมีโทษถ้าให้ในปริมาณที่เข้มข้นเกินไป ฉะนั้นในการใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในพืชจำเป็นต้องใช้ในอัตราเจือจาง สารอินทรีย์บางชนิดสร้างขึ้นเป็นสารเพิ่มความต้านทานให้แก่พืช ทำให้พืชมีความต้านทานต่อโรคและแมลง และทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหัน

ถังหมัก (Fermenter) Fermenter&Control System

ในห้องปฏิบัติการหรือโรงงานอุตสาหกรรม ถ้ามีการทำปฏิกิริยาของสารเคมี จำเป็นต้องมีภาชนะสำหรับให้สารเคมีผสมและเกิดปฏิกิริยากัน ซึ่งภาชนะนี้เรียกว่า ปฏิกรณ์ (Reactors) ทางการหมักเรียกว่า ถังหมัก (Fermenter) เพื่อใช้บรรจุอาหารและเชื้อจุลินทรีย์ สมบัติพื้นฐานของถังหมักต้องสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์อื่นที่ไม่ต้องการ สามารถทำความสะอาดและทำปลอดเชื้อได้ นอกจากนี้อาจมีอุปกรณ์ควบคุมสภาวะการหมัก เช่น อุณหภูมิ pH การละลายของออกซิเจน เป็นต้น ตามความจำเป็น ถังหมักมีหลายแบบเช่น ขวดทดลอง (Shake flask and Bottle) แบบถังกวน (Stirrer tank) หรือถังหมักแบบอากาศลอยตัว (Airlift) เป็นต้น แต่ถังหมักที่พบทั่วไปมีการใช้งานแพร่หลาย คือ ถังหมักแบบถังกวน

ภาพที่ 3 แสดงการออกแบบใบกวน(ซ้าย) แสดงระบบควบคุมอัตโนมัติ (กลาง) และ ลักษณะถังหมักปุ๋ยน้ำชีวภาพระบบอัตโนมัติ (ขวา)

ถังหมักปุ๋ยแบบอัตโนมัติ ควรมีลักษณะดังนี้

1. สามารถควบคุมระยะเวลาในการกวนปุ๋ย และจำนวนครั้งในการกวนปุ๋ยต่อวันได้ (อนาคตพัฒนาระบบควบคุมการสั่งการทำงานผ่านระบบอินเตอร์เน็ต)
2. สามารถควบคุมสภาพการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ และสภาพการหมักได้ดี
3. ใช้แหล่งไฟ 220 V AC แปลง 12 V DC 1A (อนาคตพัฒนาเป็นระบบแผงโซลาเซลล์)
4. มีกำลังมอเตอร์และชุดเกียร์ที่เหมาะสมกับขนาดถังหมัก
5. ใช้งานง่าย ราคาถูก ประหยัดแรงงาน และต้นทุนการผลิต
6. มีความแข็งแรง เช่น ทนต่อแรงดัน และสภาพสภาพแวดล้อม
7. วัสดุที่ใช้ทำถังหมักต้องไม่ถูกกัดกร่อนด้วยปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ
8. ใบพัดที่ใช้ในการกวนจะต้องมีลักษณะจำเพาะ ขึ้นอยู่กับชนิด ขนาดของวัสดุ และทนต่อการกัดกร่อนของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ
9. มีช่องเพื่อถ่ายเทอากาศที่เกิดจากกระบวนการหมัก
10. มีระบบเก็บตัวอย่างที่ป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อ
11. สามารถสกัดหรือละลายธาตุอาหารพืช ฮอร์โมนพืช และกรดอินทรีย์ ในวัสดุที่ใช้ในการหมักปุ๋ยน้ำชีวภาพ และน้ำสกัดสมุนไพรได้

ระบบควบคุมการหมัก ได้แก่

1. **ระยะเวลาในการหมัก** สามารถตั้งเวลาควบคุมการทำงานได้ถึง 8 โปรแกรม/วัน 7วัน/สัปดาห์
2. **การกวน (Agitation)** การกวนช่วยให้อาหาร จุลินทรีย์และอากาศคลุกเคล้ากันได้อย่างทั่วถึง ระบบการกวนที่มีประสิทธิภาพจะทำให้การละลายของออกซิเจนในอาหารเหลวมีค่าสูงมีปริมาณเท่ากันทุกๆจุดในถังหมัก การกวนอาศัยแกนกวนต่อกับใบพัด เรียกว่า Impeller ช่วยตีฟองอากาศให้มีขนาดเล็กกระจายไปยังส่วนต่างๆ และมี baffle ช่วยป้องกันการเกิดน้ำวน

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดเขียวกวางตุ้งจากการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดเขียวกวางตุ้ง วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) การทดลองแบ่งออกเป็น 5 Treatments 3 Replications คือ Control กระถิน ก้ามปู ไมยราบและถั่วแปบ ตามลำดับ ผสมปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 10 ลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร รดน้ำหมักชีวภาพทุกๆ4 วัน รวม5 ครั้ง ผลการทดลองพบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง คือ ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากถั่วแปบเมื่อผักกาดเขียวกวางตุ้งอายุ 30วัน ให้ความกว้างและความสูงลำต้นคือ 1.633 และ21.567 เซนติเมตรตามลำดับ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งคือ 654.847และ54.890 กรัมตามลำดับ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุยน้ำหมักชีวภาพในการผลิตหอมแดง การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุยน้ำหมักชีวภาพในการผลิตหอมแดง โดยแบ่งเป็น 5 การทดลองที่แตกต่างกันคือ ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ใน Treatments 1ใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลา ใน Treatments ที่ 2 ใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากผักตบชวา ใน Treatments 3 ใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากผักยาง ใน Treatments ที่4 ใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากใบสาบเสือใน Treatments ที่ 5 ใช้วางแผนการทดลองแบบ (RCBD) Completely Randomized block Design ผลการทดลองดังกล่าวปรากฏว่า Treatments ที่3 มีความสูงของต้นเฉลี่ยดีที่สุดคือ19.19 เซนติเมตร มีจำนวนการแตกกอเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 2.545 หัว และในน้ำหนักสดเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 1.35 กิโลกรัม ความสุงของต้นเฉลี่ยลองลงมาคือ Treatments ที่ 4 Treatments ที่2 Treatments ที่ 5 และ Treatments ที่1ตามลำดับ มีจำนวนการแตกกอเฉลี่ยน้อยที่สุดรองลงมา คือ Treatments ที่ 2 Treatments ที่ 4 Treatments ที่ 5 และ Treatments ที่1 ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักสดเฉลี่ยสูงสุดรองลงมา คือ Treatments ที่ 2 Treatments ที่ 5 Treatments ที่ 4 และ Treatments ที่ 5 ตามลำดับ