บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

น้ำสกัดชีวภาพเริ่มต้นขึ้นเมื่อประมาณ 10 ปีที่แล้วโดย ดร. ฮึงะ จากญี่ปุ่นโดยผ่านทางชมรมบำเพ็ญสาธารณะประโยชน์ ด้วยกิจกรรมทางศาสนาหรือโยเรซึ่งเป็นผู้จุดประกายน้ำสกัดชีวภาพสูตรอีเอ็ม (EM) ต่อมาในปี พ.ศ.2540 นาย ฮาน คิว โช นายกสมาคมเกษตรธรรมชาติแห่งประเทศเกาหลี ได้นำเทคนิคการผลิตพืชโดยวิธีทางธรรมชาติให้ปลอดภัยจากสารพิษ โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ 7 รูปแบบ ได้แก่ จุลินทรีย์ในพื้นที่ น้ำหวานหมักจากพืชสดสีเขียว น้ำหวานหมักจากผลไม้ น้ำหวานหมักจากเศษปลาสด ซีรั่มของจุลินทรีย์ในกรดน้ำนม น้ำส้มสายชูจากข้าวกล้อง และ สารสกัดจากสมุนไพร เข้ามาเผยแพร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544) พร้อมกันนี้นักวิชาการ อดีตข้าราชการ ผู้สนใจการเกษตร และชมรมเกษตรธรรมชาติแห่งประเทศไทยเข้ามาเผยแพร่สูตรน้ำสกัดชีวภาพอย่างจริงจังและกว้างขวางทำให้เกิดสูตรปุ๋ยน้ำสกัดชีวภาพต่างๆขึ้นอย่างมากมาย

2.1 การผลิตน้ำสกัดชีวภาพ

น้ำสกัดชีวภาพในปัจจุบันสามารถจำแนกได้เป็น 4 ประเภท ตามชนิดของวัสดุที่ใช้หมัก คือ น้ำสกัดชีวภาพจากพืช สัตว์ ขยะในครัวเรือนและสูตรรวมมิตร สำหรับน้ำสกัดชีวภาพจากพืช ได้แก่ น้ำสกัดชีวภาพจากพืชสด ผลไม้ (หรือสูตรฮอร์โมนพืช) ส่วนน้ำสกัดชีวภาพจากสัตว์ ได้แก่ น้ำสกัดชีวภาพจากหอยเชอรี่ ปลา และ มูลสัตว์ และน้ำสกัดชีวภาพจากขยะในครัวเรือนได้แก่เศษอาหาร เศษผักและผลไม้ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544) นอกจากนี้บางท้องถิ่นยังมีการพลิกแพลงเพิ่มขึ้นโดยการผสมสมุนไพรหรือพืชอื่นๆ อีกหลายชนิดเพื่อประโยชน์ในประเด็นอื่นด้วย เช่น การออกดอกหรือการไล่แมลง เป็นต้น

2.1.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตน้ำสกัดชีวภาพ : มีดังต่อไปนี้

1. ถังหมักที่มีฝาปิด หรือ ถุงพลาสติก
2. กากน้ำตาล หรือ น้ำตาลทรายแดง หรือ น้ำตาลทรายขาว
3. วัตถุดิบที่นำมาทำน้ำสกัดชีวภาพ เช่น ผัก ผลไม้สุก ปลา เป็นต้น

2.2.2 วิธีการผลิตน้ำสกัดชีวภาพ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. หั่นวัตถุดิบที่นำมาทำน้ำสกัดชีวภาพ แล้วใส่ลงในถังหมัก ใส่น้ำตาลลงไปโดยอัตราส่วนของวัตถุดิบที่ใช้หมักต่อน้ำตาลเป็น 3 ต่อ 1 แต่ถ้าวัตถุดิบที่ใช้หมักเป็นสัตว์จะใช้อัตราส่วนเป็น 1 ต่อ 1 (อรรถ, 2544) คลุกเคล้าให้เข้ากันหรือจะโรยทับสลับกันเป็นชั้นๆ ก็ได้

2. ทับเศษวัตถุดิบด้วยถุงน้ำหรือของหนัก ปิดฝาถังหมักปล่อยทิ้งไว้ 3 ถึง 5 วัน จะเริ่มมีของเหลวสีน้ำตาลเกิดขึ้น

3. หมักต่อไปอีกประมาณ 10 ถึง 14 วัน ก็สามารถนำน้ำสกัดชีวภาพมาใช้ได้โดยถ่ายน้ำสกัดชีวภาพออกใส่ภาชนะพลาสติกแล้วปิดฝาตั้งไว้ในที่ร่ม แต่ถ้าเป็นน้ำสกัดชีวภาพจากสัตว์จะทำการหมักเป็นเวลา 1 เดือน

จากวิธีการผลิตที่กล่าวข้างต้นจะเห็นว่าการทำน้ำสกัดชีวภาพแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกจะเป็นกระบวนการพลาสโมไลซีส (plasmolysis) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดจากการผสมเศษวัสดุต่างๆกับกากน้ำตาลหรือน้ำตาลทำให้เกิดการดึงน้ำออกจากเซลล์ของเศษวัสดุ เนื่องจากน้ำตาลเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงกว่าน้ำภายในเซลล์ของเศษวัสดุ จึงทำให้ผนังเซลล์สูญเสียสภาพหรือเซลล์แตกเป็นผลทำให้อินทรีย์สารที่อยู่ภายในเซลล์ เช่น กรดอะมิโน โปรตีน คาร์โบไฮเดรท และไขมัน ออกมาละลายรวมอยู่ในน้ำเชื่อมเหล่านั้น ต่อจากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการหมักซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือ หมักแบบให้อากาศ (aerobic condition) และหมักในสภาพไร้อากาศ (anaerobic condition) โดยขั้นตอนนี้จุลินทรีย์จะเข้าย่อยสลายอินทรีย์สารต่างๆทำให้เกิดเป็นโมเลกุลที่เล็กลงและเกิดการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมา (กาญจนา และ เอื้องฟ้า , 2544) ดังนั้นอินทรีย์สารที่ได้จากการย่อย จึงมีทั้งจากของเดิมที่ได้จากเศษวัตถุดิบและของใหม่ที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้นโดยจุลินทรีย์ซึ่ง ได้แก่ เซลล์จุลินทรีย์ (biomass) เอนไซม์ (enzyme) สารประกอบอินทรีย์ที่เกิดจากเมตาโบลิซึมของจุลินทรีย์ (microbial metabolism) เช่น กรดอินทรีย์ สารเร่งการเจริญเติบโตของพืช เป็นต้น และสารประกอบที่เกิดจากการเปลี่ยนรูปของผลิตภัณฑ์(transformation processes) (Talaro and Talaro, 1996)

ความลงตัวและคุณภาพของน้ำสกัดชีวภาพสูตรต่างๆขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนของวัตถุดิบที่นำมาหมัก โดยจะต้องมีอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) สูงกว่า 25 ถ้ามีอัตราส่วนต่ำกว่านี้อาจทำให้เกิดกลิ่นเหม็นของแก๊สไข่เน่าได้ จึงต้องเติมกากน้ำตาลเพิ่มเติม (กาญจนา และ เอื้องฟ้า, 2544) โดยทั่วไปแล้วจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจนจะใช้คาร์บอน 10% ในการสังเคราะห์เซลล์ ส่วนจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนจะใช้คาร์บอน 50-55% ในการสังเคราะห์เซลล์ใหม่ (Talaro and Talaro, 1996)

2.2 คุณสมบัติของน้ำสกัดชีวภาพ

2.2.1 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำสกัดชีวภาพ

จากรายงานเกี่ยวกับคุณสมบัติทางเคมีของน้ำสกัดชีวภาพซึ่งได้แก่ pH อินทรีย์คาร์บอน ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity; E.C.) ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี และ แมงกานีส พบว่า มี pH อยู่ในช่วง 3-4 ซึ่งถือว่ามีสภาพเป็นกรดและตรงกับช่วงค่า pH ของ mixed acid fermentation (Talaro and Talaro,1996) มีเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนอยู่ในช่วง 8.4-15.2 และ มีอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนเป็น 3-74 มีค่าการนำไฟฟ้า อยู่ในช่วงตั้งแต่ 3-79 ms/cm ซึ่งเป็นค่าที่สูงมากซึ่งโดยทั่วไปแล้วค่านี้ไม่ควรเกิน 4.0 ms/cm (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) มีอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 0.5-70 (กรมวิชาการเกษตร, 2545) และ น้ำสกัดจากหอยเชอรี่มีอินทรียวัตถุและกรดฮิวมิคแอซิคอยู่ระหว่าง 15.13 – 30.68% และ 3.07 – 4.47% ตามลำดับ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544)

เมื่อนำน้ำสกัดชีวภาพมาวิเคราะห์หาธาตุอาหารพืชพบว่ามี N อยู่ในช่วง 0.03-0.3% มีปริมาณ P 0.02 -1.14% และ K 0.05-3.53% (กาญจนา, 2543 ; สุริยา, 2542; กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544 และ กรมวิชาการเกษตร, 2545) ซึ่งปริมาณ N และ K ในน้ำสกัดชีวภาพใกล้เคียงกับมูลสัตว์และปุ๋ยหมักจากฟางข้าวแต่จะมีปริมาณ P น้อยกว่า (กาญจนา, 2543) นอกจากนี้ยังพบว่ามี Ca อยู่ในช่วง 0.01-0.5% Mg 0.01-0.3% Fe 30-350 ppm. Zn 10-350 ppm. และ Mn 5-100 ppm. มีปริมาณซัลเฟอร์(S) อยู่ในช่วงระหว่าง 0.1 – 0.3% และ คลอไรด์ (Cl) ในช่วง 2,000 – 11,000 ppm. (สุริยา, 2542 และ2544; สาลี่, 2544 และ กรมวิชาการเกษตร, 2545) ปริมาณของธาตุอาหารพืชในน้ำสกัดชีวภาพแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาหมักโดยวัสดุที่เป็นพืชชนิดต่างๆนั้นจะให้ปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกันไม่ถึง 1% แต่ถ้าใช้วัสดุจากสัตว์จะมีธาตุอาหารแตกต่างไปจากพืชบ้าง เช่น ปลาทะเลจะมีปริมาณแคลเซียมสูง

จากการศึกษาความแตกต่างของน้ำสกัดชีวภาพสูตรต่างๆ 6 สูตร ได้แก่ น้ำสกัดชีวภาพจากผัก (สูตร 1) มะละกอ+กล้วย (สูตร 2) และปลา (สูตร 3) ส่วน 3 สูตรหลังจะเพิ่มกระดูกป่นเข้าไป คือ ผัก+กระดูกป่น (สูตร 4) มะละกอ+กล้วย+กระดูกป่น (สูตร 5) และ ปลา+กระดูกป่น (สูตร 6) ที่มีระยะเวลาการหมักเป็น 1 เดือน และ 5 เดือน สาลี่ (2544) พบว่าที่ระยะเวลาการหมัก 1 เดือน ค่า pH ของน้ำสกัดชีวภาพอยู่ในช่วง 3.9-4.1 การเพิ่มกระดูกป่นในสูตรที่เตรียมน้ำสกัดชีวภาพไม่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของค่า pH ของน้ำสกัดชีวภาพแต่อย่างใด แต่เมื่อหมักเป็นเวลา 5 เดือน น้ำสกัดชีวภาพ 2 สูตรแรกจะมีค่า pH ลดต่ำลง คือจาก 3.90 เป็น 3.50 และ3.65 ตามลำดับ ส่วนอีก 4 สูตรที่เหลือ ค่า pH จะสูงขึ้นจาก 4.00 3.90 3.90 และ 4.10 เป็น 4.13 4.32 4.10 และ 5.49 ตามลำดับ การใส่กระดูกป่นทำให้ค่า pH ของน้ำสกัดชีวภาพทุกสูตรที่หมักไว้เป็นเวลา 5 เดือนเพิ่มสูงขึ้น โดยน้ำสกัดชีวภาพจากผัก มะละกอ+กล้วย และปลา มี pH เพิ่มขึ้นจาก 3.50 3.65 4.13 เป็น

4.32 4.10 และ 5.49 ตามลำดับ สำหรับค่าการนำไฟฟ้า พบว่า เมื่อหมักครบ 1 เดือน ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสกัดชีวภาพทุกสูตรมีค่ามากกว่า 4.0 ms/cm. โดยน้ำสกัดชีวภาพสูตรที่ 1-6 มีค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 22.50 16.82 20.30 21.80 15.10 และ 21.50 ms/cm. ตามลำดับ การใส่กระดูกป่นส่งผลทำให้น้ำสกัดชีวภาพจากผัก และ มะละกอ+กล้วย มีค่าการนำไฟฟ้าลดลงจาก 22.50 และ 16.82 ms/cm. เป็น 21.80 และ 15.10 ms/cm. ตามลำดับ ส่วนน้ำสกัดชีวภาพจากปลานั้นกระดูกป่นทำให้ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจาก 21.30 เป็น 21.50 ms/cm. เมื่อทำการหมักเป็นเวลา 5 เดือน พบว่า น้ำสกัดชีวภาพสูตรที่ 2 (ใช้ผลไม้ในการหมัก) เท่านั้นที่มีค่าการนำไฟฟ้าลดลงจาก 16.82 เป็น 15.28 ms/cm. ส่วนน้ำสกัดชีวภาพสูตรที่ 1 3 4 5 และ 6 ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นเป็น 24.50 26.10 27.40 16.31 และ 26.80 ms/cm. ตามลำดับ และการใส่กระดูกป่นทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสกัดชีวภาพสูตรที่ 1-6 เพิ่มสูงขึ้นจาก 24.50 15.28 และ 26.10 ms/cm. เป็น 27.40 16.31 และ 26.80 ms/cm. ตามลำดับ

สำหรับความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแตสเซียม พบว่าเมื่อใช้การหมักเป็นเวลา 1 เดือน การใช้กระดูกป่นทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนเพิ่มขึ้นโดยน้ำสกัดชีวภาพจาก ผัก มะละกอ+กล้วย และปลามีไนโตรเจนเพิ่มจาก 0.49 0.38 และ 1.41 % เป็น 0.97 0.98 และ 1.92 % ตามลำดับ เมื่อหมัก 5 เดือน ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจาก 0.38 1.14 0.97 0.98 และ 1.92 % เป็น 0.41 1.49 1.11 1.01 และ 2.01 % ตามลำดับ และกระดูกป่นมีผลทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันโดยเพิ่มจาก 0.23 0.41 และ 1.49 % เป็น 1.11 1.01 และ 2.01 % ตามลำดับ สำหรับน้ำสกัดชีวภาพสูตรที่ 1 การใช้เวลาหมักเพิ่มขึ้น กลับมีผลทำให้ปริมาณของไนโตรเจนลดลงจาก 0.49% เป็น 0.23% ส่วนความเข้มข้นของฟอสฟอรัสนั้นพบว่าที่หมักเป็นเวลา 1 เดือน กระดูกป่นทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสเพิ่มสูงขึ้น โดยน้ำสกัดชีวภาพจาก ผัก มะละกอ+กล้วย และ ปลา เพิ่มจาก 0.079 0.078 และ 0.784 % เป็น 0.643 0.544 และ 1.052 % ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้นเป็น 5 เดือน จะส่งผลให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสเพิ่มสูงขึ้นเช่นกันโดยเพิ่มขึ้นจาก 0.078 0.784 0.643 0.544 และ 1.052 % เป็น 0.35 0.94 0.86 0.66 0.61 และ 2.12 % ตามลำดับ และกระดูกป่นส่งผลให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสเพิ่มสูงขึ้นเช่นกันยกเว้นน้ำสกัดชีวภาพจาก มะละกอ+กล้วย ที่ทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสลดต่ำลงจาก 0.94 % เป็น 0.61 % ส่วนความเข้มข้นของโปแตสเซียม พบว่า เมื่อหมักน้ำสกัดชีวภาพเป็นเวลา 1 เดือน และ 5 เดือน ความเข้มข้นของโปแตสเซียมเพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีการหมักนานขึ้นยกเว้นสูตรที่ 3 ที่มีความเข้มข้นลดลงเล็กน้อยจาก 1.87 % เป็น 1.84 % ส่วนน้ำสกัดชีวภาพสูตรอื่นๆจะเพิ่มสูงขึ้นจาก 1.63 1.61 1.66 1.65 และ 1.55 % เป็น 1.76 1.98 2.19 1.67 และ 2.92 % ตามลำดับ

ทางด้านความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียม พบว่า เมื่อหมักน้ำสกัดชีวภาพนานขึ้นจะทำให้ความเข้มข้นของแคลเซียมเพิ่มสูงขึ้นยกเว้นน้ำสกัดชีวภาพสูตรที่ 3 และสูตรที่ 6 ซึ่งทำมาจากปลามีความเข้มข้นของแคลเซียมลดต่ำลงจาก 3.61 และ 3.40 % เป็น 3.52 และ 3.10 % ตาม

ลำดับ ส่วนน้ำสกัดชีวภาพสูตรอื่นๆ จะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นจาก 2.09 1.85 3.33 และ 2.56 % เป็น 3.40 2.97 3.52 3.65 และ 3.16 % ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของแมกนีเซียมเมื่อหมักนานขึ้น มีผลทำให้ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในน้ำสกัดชีวภาพสูตรที่ 1-6 เพิ่มสูงขึ้นด้วยเช่นกันโดยเพิ่มขึ้นจาก 0.033 0.030 0.039 0.030 0.029 และ 0.036% เป็น 0.024 0.042 0.051 0.063 0.056 และ 0.200 % ตามลำดับ และ สำหรับความเข้มข้นของจุลธาตุซึ่ง ได้แก่ ทองแดง เหล็ก สังกะสี และแมงกานีส ซึ่งทำการวิเคราะห์เฉพาะน้ำสกัดชีวภาพที่หมักเป็นเวลา 1 เดือน พบว่า มีทองแดงมีปริมาณตั้งแต่ 1- 20 ppm. เหล็กมีปริมาณตั้งแต่ 30 – 36 ppm. สังกะสีมีปริมาณ 0.03 – 3 ppm. และ แมงกานีสมีปริมาณ 20 – 50 ppm. ตามลำดับ

จากการศึกษาผลกระทบของระยะเวลาการหมักต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของน้ำสกัดชีวภาพซึ่งเตรียมจากการใช้ กล้วย+มะละกอ+ฟักทอง 3 ส่วน : กากน้ำตาล 1 ส่วน (สุนันทา และคณะ,2545) โดยใช้ระยะเวลาในการหมักเป็น 5 ระยะ ได้แก่ ที่ 7 วัน 1 เดือน 2 เดือน 6 เดือน และ 1 ปี พบว่าระยะเวลาในการหมักไม่มีผลต่อ ค่า pH ค่าการนำไฟฟ้า อินทรีย์คาร์บอน อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน ปริมาณ humic acid ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณโปแตสเซียม และสมบัติทางเคมีของน้ำสกัดชีวภาพดังกล่าวอยู่ในช่วงดังต่อไปนี้ pH 3.6-4.2 ความนำไฟฟ้า 3.04-4.77 ds/m. ปริมาณของอินทรีย์คาร์บอน 6.47-10.45 % อัตราส่วน C:N 4 :1 - 21:1 ปริมาณ humic acid 0-0.82% ปริมาณไนโตรเจน 0.50-1.66% และปริมาณโปแตสเซียม 0.98-1.58% สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสพบว่า เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นโดยมีค่าสูงที่สุดเมื่อใช้ระยะเวลาการหมัก 1 ปี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.82% ทางด้านปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน เหล็ก สังกะสี และคลอรีน เมื่อใช้ระยะเวลาการหมักนานขึ้นพบว่าทำให้มีปริมาณของธาตุเหล่านี้เพิ่มสูงขึ้นโดยมีค่าสูงที่สุดที่ระยะเวลาการหมักเป็น 6 เดือนหลังจากนั้นปริมาณลดต่ำลง สำหรับปริมาณของธาตุอาหารดังกล่าวที่พบในน้ำสกัดชีวภาพมีปริมาณดังต่อไปนี้ คือ แคลเซียม 0.05-0.24% แมกนีเซียม 0.08-0.14% กำมะถัน 0.06-0.57% เหล็ก 10-110 ppm. สังกะสี 10-30 ppm. และ คลอรีน 2,700-4,500 ppm. ตามลำดับ ส่วนทองแดงและโมลิบดีนัมซึ่งวิเคราะห์เฉพาะที่ระยะเวลาการหมักเป็น 1 ปี พบว่ามีความเข้มข้น 4.2 และ 20 ppm. ตามลำดับ และปริมาณของโบรอนซึ่งวิเคราะห์ที่ระยะเวลาการหมักเป็น 1 เดือน และ 1 ปี พบว่ามีโบรอน 5 และ 30 ppm. ตามลำดับ

สำหรับน้ำสกัดชีวภาพยังผลิตจากการหมักกระหล่ำปลีโดยแบ่งปริมาณน้ำตาลออกเป็น 4 ระดับ คือ 0 0.5 1.0 และ 1.5 กก. (นฤมล อ้างโดย สุริยา, 2544) และศึกษาปริมาณของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม ในน้ำสกัดชีวภาพหลังจากหมักเป็นเวลา 60 วัน เปรียบเทียบกับวันเริ่มต้นหมัก พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลขึ้นทำให้มีปริมาณไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้นโดยในวันเริ่มต้นการหมักที่ระดับน้ำตาลเป็น 0 0.5 1.0 และ 1.5 กก. มีปริมาณไนโตรเจน 0.035 0.054 0.068 และ 0.075% ตามลำดับ เมื่อหมักครบ 60 วัน ปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเป็น 0.089 0.102 0.117 และ

0.133 % ตามลำดับ สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสพบว่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลให้สูงขึ้นเช่นเดียวกับไนโตรเจนและเมื่อหมักครบ 60 วัน ทำให้มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นยกเว้นเมื่อใช้ปริมาณน้ำตาล 0.5 กก. ซึ่งทำให้ปริมาณของฟอสฟอรัสคงที่ (0.009%) ในวันเริ่มต้นการหมักน้ำสกัดชีวภาพที่ได้จากการหมักแต่ละวิธีมีปริมาณฟอสฟอรัส 0.006 0.009 0.011 และ 0.012 % และเมื่อหมักครบ 60 วัน มีปริมาณฟอสฟอรัส 0.008 0.009 0.012 และ 0.014 % ตามลำดับ ส่วนปริมาณโปแตสเซียมเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลขึ้นทำให้มีปริมาณมากขึ้นเช่นเดียวกันยกเว้นที่ระดับน้ำตาล 0.5 และ 1.0 กก. ซึ่งปริมาณคงที่เมื่อหมักครบ 60 วันโดยมีปริมาณโปแตสเซียม 0.247 % สำหรับปริมาณโปแตสเซียมในวันเริ่มต้นการหมักของน้ำสกัดชีวภาพวิธีที่ 1-4 มีค่า 0.059 0.173 0.244 และ 0.291 % และเมื่อหมักครบ 60 วันจะมีปริมาณเป็น 0.068 0.247 0.247 และ 0.661% ตามลำดับ

จากการเปรียบเทียบน้ำสกัดชีวภาพจากปลาสูตรของ วท. และสูตรการค้า (สุริยา,2542) พบว่า น้ำสกัดชีวภาพสูตรการค้ามีปริมาณไนโตรเจน 3.85% ฟอสฟอรัส 1.25% โปแตสเซียม 0.30% แคลเซียม 0.50% แมกนีเซียม 0.08% เหล็ก 0.02% สังกะสี 0.01% และแมงกานีส 0.01% ส่วนทองแดงพบน้อยมาก และสูตรของ วท. ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารดังต่อไปนี้ คือ มีไนโตรเจน 3.28% ฟอสฟอรัส 8.48% โปแตสเซียม 0.15% แคลเซียม 0.48% แมกนีเซียม 0.08% เหล็ก 0.15% สังกะสี 0.35% แมงกานีส 1.00% และ ทองแดง 0.05% เมื่อนำน้ำสกัดชีวภาพทั้งสูตรการค้าและสูตร วท. มาทดสอบกับข้าวโดยใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยรองพื้น 2 อัตรา คือ 12.5 กก./ไร่ และ 25.0 กก./ไร่ และใช้ความเข้มข้นของการฉีดพ่นน้ำสกัดชีวภาพ 3 ระดับ คือ 0.2% 0.5% และ 1.0% พบว่า น้ำสกัดชีวภาพไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตข้าวแต่อย่างใด และเมื่อทดสอบกับผักกาดเขียวปลีโดยใช้ความเข้มข้นของน้ำสกัดชีวภาพที่ 0.5% ร่วมกับปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยรองพื้นเกรด 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ และใช้น้ำสกัดชีวภาพสูตรการค้า 2 สูตร คือ Fogg-it และ Atlas และสูตร วท. 6 สูตร คือ วท.1 วท.2 วท.3 วท.4 วท.5 และ วท.6 พบว่าน้ำสกัดชีวภาพทุกสูตรทำให้น้ำหนักแห้งของผักกาดเขียวปลีสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือน้ำสกัดชีวภาพสูตร วท.6 ให้น้ำหนักแห้งสูงที่สุด คือ 7.96 g. รองลงมาคือ วท.5 วท.2 Fogg-it และ Atlas ซึ่งให้น้ำหนักแห้งของผักกาดเขียวปลีไม่แตกต่างกันคือ 5.16 5.31 5.36 5.70 g. ตามลำดับ สูตร วท.4 วท.3 วท.1 ทำให้ผักมีน้ำหนักแห้งน้อยที่สุด ให้น้ำหนักแห้ง 4.34 4.07 และ 3.89 g. ตามลำดับ

สำหรับคุณสมบัติของกากน้ำตาลหรือโมลาสซึ่งเป็นวัตถุดิบนำมาผลิตน้ำสกัดชีวภาพ พบว่า มี pH อยู่ในช่วง 5.09 - 5.25 ค่าการนำไฟฟ้า 7.5-13.79 $ds.m^{-1}$ และมีปริมาณของธาตุอาหารพืชอยู่ในช่วงต่างๆ ดังนี้ คือมีปริมาณไนโตรเจน 0.77-0.95% ฟอสฟอรัส 0.12-0.19% โปแตสเซียม 2.50-4.19% แคลเซียม 1.1- 1.4 % แมกนีเซียม 0.40-0.50% และ มีอินทรีย์คาร์บอน 35 % มีปริมาณซูโครส 36.60% รีดิวซิงซูการ์ 13% เถ้าซัลเฟต15% เรซินและแป้ง 3.43% wax 0.38% และ

ซิลิก้าในรูปของ SiO_2 0.46% และมีอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 4.0-45 (หมอเกษตร, 2545 และ กรมวิชาการเกษตร, 2545)

2.2.2 คุณสมบัติทางชีววิทยาของน้ำสกัดชีวภาพ

จากรายงานของกาญจนา (2543) และ กรมวิชาการเกษตร (2545) พบว่า ในน้ำสกัดชีวภาพไม่มีจุลินทรีย์ที่สามารถตรึงไนโตรเจน จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลส และจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟท ดังนั้นน้ำสกัดชีวภาพจึงไม่ใช่ปุ๋ยชีวภาพ และจากการศึกษาผลของอายุการเก็บรักษาต่อปริมาณและประเภทของจุลินทรีย์ในน้ำสกัดชีวภาพ กาญจนา (2543) พบว่าเมื่อเก็บรักษาน้ำสกัดชีวภาพที่อุณหภูมิ 30 ^{0}C เป็นเวลา 20 วัน พบเฉพาะแบคทีเรียในปริมาณ $2.12x10^9$ เซลล์ต่อมล. ซึ่งมีปริมาณลดลงเมื่อใช้เวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่วนแอคติโนมัยซิสพบในน้ำสกัดชีวภาพที่มีอายุการเก็บรักษา 40 วัน ในปริมาณ 4.28 - 4.56×10^3 เซลล์ต่อมล. และไม่พบว่ามีแบคทีเรีย เชื้อรา และแอคติโนมัยซิสในน้ำสกัดชีวภาพที่มีอายุการเก็บรักษา 30 วัน

สำหรับการศึกษาปริมาณของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในน้ำสกัดชีวภาพ อัจฉราและคณะอ้างโดยสุริยา (2544) พบว่า ในระยะแรกของการหมักน้ำสกัดชีวภาพตรวจพบเชื้อ *E.coli* *Samunella* sp. และ *Shigella* sp. ในปริมาณสูง แต่เมื่อหมักเป็นเวลา 1 เดือนจะไม่พบเชื้อดังกล่าว จากการศึกษาปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนและไม่ต้องการออกซิเจนซึ่งมีอยู่ในน้ำสกัดชีวภาพ สุริยา (2544) พบว่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนมีอยู่ในช่วงตั้งแต่ $2.7x10^5$ ถึง $90x10^7$ เซลล์ต่อมล. เชื้อที่ตรวจพบได้แก่ แบคทีเรีย เช่น *Bacillus circulans* *B. firmus* *B. subtilis* *Staphylococcus* sp. *Psudomonas* sp. และเชื้อ yeast สำหรับจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจนพบว่ามีอยู่ในช่วงตั้งแต่ $1.1x10^6$- $2.1x10^7$ เซลล์ต่อมล. โดยส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลกติกซึ่งได้แก่ *Lactobacillus* sp. และ *Streptococcus* ตลอดจนแบคทีเรียที่ผลิตแก๊สไข่เน่า (H_2S) ซึ่งเป็นพวกที่มีรูปร่างเป็นแท่งสั้นและเป็นพวกแกรมลบ

จากรายงานของกรมวิชาการเกษตร (2545) ในน้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตโดยเกษตรกรจำนวน 15 ตัวอย่าง พบว่ามีเชื้อแบคทีเรียตั้งแต่ 7-17 สายพันธุ์ ในปริมาณตั้งแต่ $4x10^4$-$1.1x10^{10}$ cfu ต่อมล. และพบเชื้อราจำนวน 1-5 สายพันธุ์ในน้ำสกัดชีวภาพจำนวน 10 ตัวอย่างในปริมาณตั้งแต่ 20-$4x10^6$ cfu ต่อมล. สำหรับแอคติโนมัยซิสพบในน้ำสกัดชีวภาพจำนวน 1 ตัวอย่าง โดยพบ 2 สายพันธุ์ในปริมาณ $3x10^7$ cfu ต่อมล. จากปริมาณของจุลินทรีย์ที่พบดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าอยู่ในช่วงเดียวกับที่พบในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงซึ่งมีแบคทีเรียอยู่ระหว่าง 10^8-10^9 cell/g. มีปริมาณเชื้อรา 10^5-10^6 cell/g. และมีแอคติโนมัยซิส 10^7-10^8 cell/g. (Pier synski *et al.*, 1994 อ้างโดยสมพร, 2543)

จากการรวบรวมประเภทหรือชนิดของจุลินทรีย์ที่สามารถก่อให้เกิดกิจกรรมการย่อยสลายสารประกอบต่างๆที่เป็นองค์ประกอบของพืชและจุลินทรีย์ที่สามารถสร้างสารควบคุมการเจริญเติบ

โตของพืช พิทยากร (2542) และ สมพร (2545) รายงานว่าแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน แป้ง น้ำตาล และ เพ็กตินในพืช ได้แก่ *Bacillus* และ *Psudomonas* กลุ่มแบคทีเรียที่สร้าง Auxin ได้แก่ *Bacillus cereus B.circulans B.subtilis* และ *Pseudomonas* ส่วนแบคทีเรียที่สร้างสารคล้าย gibberellin ได้แก่ *B.cereous* และ *Pseudomonas* นอกจากนี้ *B.circulans* ยังเป็นแบคทีเรียที่สามารถผลิตสารประกอบที่คล้าย cytokinin ได้อีกด้วย

สำหรับปริมาณของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่พบในน้ำสกัดชีวภาพ นอกจากปริมาณของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มีอยู่ในน้ำสกัดชีวภาพจะผันแปรตามชนิดของวัสดุที่ใช้หมักและอัตราส่วนของวัสดุหมักกับกากน้ำตาลแล้วยังผันแปรตามระยะเวลาของการหมักด้วย จากรายงานของสุนันทาและคณะ (2545) พบว่า น้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตจากผักผลไม้ เช่น มะละกอ กล้วยและฟักทอง โดยใช้อัตราส่วนของวัสดุหมักต่อกากน้ำตาลเท่ากับ 3 ต่อ1 และใช้เวลาหมัก 7 วัน มีปริมาณ IAA น้อยกว่า 0.1 mg/L ส่วน Zeatin มีประมาณ 10-84 mg/l และไม่พบ GA_3 และ Kinetin เมื่อหมักเป็นเวลา 1 เดือนปริมาณ IAA ในน้ำสกัดชีวภาพดังกล่าวเพิ่มขึ้นเป็น 0.82 mg/L ส่วน Zeatin กลับมีปริมาณลดลงเหลือเพียง 0.95 mg/L ในขณะที่ Kinetin และ GA_3 มีประมาณ 7.73 และ 33.46 mg/L ตามลำดับ เมื่อหมักเป็นเวลา 6 เดือน ปริมาณของ IAA ในน้ำสกัดชีวภาพ ดังกล่าวมีประมาณ 0.65 mg/L และมี Zeatin 1.27 mg/L ส่วน Kinetin มี 6.71 mg/L และไม่พบ GA_3 ในกรณีที่หมักเป็นเวลา 1 ปี ปริมาณของสารเร่งการเจริญเติบโตในน้ำสกัดชีวภาพจากผลไม้มีดังนี้ IAA 0.51 mg/L GA_3 18.27 mg/L Zeatin 11.38 mg/L และ Kinetin 8.16 mg/L

ในกรณีที่ใช้ฟักทองผสมกับกากน้ำตาลในอัตราส่วน 3:1 พบว่าผลของระยะเวลาของการหมักต่อปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชก็เป็นในลักษณะเดียวกับน้ำสกัดชีวภาพจากกล้วย ฟักทองและมะละกอ กล่าวคือ ปริมาณ Zeatin มีมากที่สุดเมื่อหมักเป็นเวลา 7 วัน คือ มีปริมาณ 16.25 mg/L และเมื่อหมักเป็นเวลา 1-6 เดือน ปริมาณ Zeatin ลดลงอยู่ในช่วง 0.55-0.82 mg/L สำหรับปริมาณ Kinetin สามารถตรวจพบได้เมื่อมีการหมักเป็นเวลา 1 เดือนขึ้นไป และมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการหมัก โดยระยะ 1 เดือนแรกพบในปริมาณ 0.97 mg/L เมื่อหมักครบ 2 และ 6 เดือน ปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 7.67 และ 8.18 mg/L ตามลำดับ ในด้านปริมาณ GA_3 ซึ่งไม่พบว่ามีในน้ำสกัดชีวภาพที่หมักเป็นเวลา 7 วัน แต่เมื่อหมักเป็นเวลา 1 และ 2 เดือน พบว่าปริมาณ GA_3 สูงขึ้นอย่างเด่นชัด คือ มีปริมาณ 89.23 และ 87.02 mg/L ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อหมักเป็นเวลา 6 เดือน ปริมาณ GA_3 ลดลงเหลือเพียง 1.03 mg/L ในกรณีของ IAA พบว่าในน้ำสกัดชีวภาพที่หมักเป็นเวลา 1 เดือนมีน้อยกว่า 0.1 mg/L แต่เมื่อหมักเป็นเวลา 1-6 เดือน ปริมาณ IAA เพิ่มขึ้นโดยมีปริมาณอยู่ในช่วง 0.42-0.74 mg/L

สำหรับน้ำสกัดชีวภาพที่หมักโดยใช้กล้วยและกากน้ำตาลในอัตราส่วน 3:1 มีปริมาณ IAA ในช่วง 1 และ 2 เดือน ประมาณ 0.41 และ 0.33 mg/L ตามลำดับ แต่เมื่อหมักครบ6 เดือน ปริมาณ

เพิ่มขึ้นเป็น 0.80 mg/L ปริมาณ GA_3ในน้ำสกัดชีวภาพดังกล่าวที่หมักครบ 1 เดือน มีปริมาณ 76.24 mg/L และเพิ่มเป็น 118.82 mg/L เมื่อหมักครบ 2 เดือน แต่เมื่อครบ 6 เดือนไม่พบว่ามี GA_3 ปริมาณ Zeatin ซึ่งมีอยู่ในน้ำสกัดชีวภาพชนิดนี้เมื่อหมักครบ 1 เดือน มีปริมาณ 1.28 mg/L และเพิ่มขึ้นตามระยะของการหมัก โดยมีปริมาณ 2.62 mg/L เมื่อหมักครบ 6 เดือน ปริมาณของ Kinetin ในน้ำสกัดชีวภาพดังกล่าวเพิ่มขึ้นตามระยะของการหมักเช่นเดียวกัน โดยเพิ่มจาก 1.88 เป็น 9.66 mg/L เมื่อเพิ่มเวลาการหมักจาก 1 เดือน เป็น 2 เดือน แต่เมื่อหมักครบ 6 เดือน ปริมาณลดลงเล็กน้อย คือ มีปริมาณ 7.01 mg/L

สำหรับน้ำสกัดชีวภาพที่ได้จากการใช้มะละกอร่วมกับกากน้ำตาลในอัตราส่วน 3 ต่อ 1 พบว่ามี IAA 1.15 mg/L เมื่อหมักครบ 1 เดือน และคงอยู่ในระดับดังกล่าวเมื่อหมักครบ 2 เดือน แต่เมื่อหมักต่อไปอีกจนครบ 6 เดือน ปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 1.28 mg/L ในด้านปริมาณ GA_3 ซึ่งพบว่ามีปริมาณ 37.99 mg/L ในช่วงที่หมักครบ 1 เดือน เพิ่มเป็น 43.59 mg/L เมื่อหมักครบ 2 เดือน แต่เมื่อหมักเป็นเวลา 6 เดือนไม่พบ GA_3 ด้านปริมาณ Zeatin ในพบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการหมัก โดยเพิ่มจาก 0.53 mg/L เมื่อหมักครบ 1 เดือน เป็น 1.0 และ 2.76 mg/L เมื่อหมักครบ 2 และ 6 เดือน ตามลำดับ ในกรณีของปริมาณ Kinetin พบว่าในช่วง 1 เดือนแรกมีปริมาณ Kinetin 0.84 mg/L และเพิ่มเป็น 9.12 และ 7.55 mg/L เมื่อหมักเป็นเวลา 2 และ 6 เดือนตามลำดับ

จากการรายงานด้านการศึกษาผลของการลดปริมาณน้ำตาลที่ใช้หมักน้ำสกัดชีวภาพลงโดยใช้ กล้วย มะละกอ และฟักทอง เป็นวัตถุดิบชนิดละ 1 กก. นำมาผสมกับน้ำตาลในปริมาณต่างๆ กัน ดังนี้ สูตร 1 กากน้ำตาล 1 กก.อย่างเดียว สูตร 2 กากน้ำตาล 100 มล.ผสมกับจุลินทรีย์ พ.ด.1 100 ก. และน้ำ 5 ลิตร และ สูตร 3 น้ำอ้อยล้วน โดยใช้เวลาหมัก 7 วัน แล้วเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำสกัดชีวภาพที่หมัก (สุนันทา และ คณะ, 2545) พบว่า กากน้ำตาลมี pH 4.9 organic-C 34.32% C:N ratio 37:1 N 0.94% P_2O_5 0.18% และ K_2O 3.91% Ca 1.93% Mg 0.48% S 1.29% Fe 580 ppm. Mn 60 ppm. Cu 10 ppm. Zn 30 ppm. Cl 12,900 ppm. B 10 ppm. การลดปริมาณกากน้ำตาลลงหรือเปลี่ยนไปใช้น้ำอ้อย ทำให้ปริมาณธาตุอาหารเหล่านี้ลดลงด้วย แต่มีปริมาณ IAA และ cytokinin ในปริมาณใกล้เคียงกัน ดังตารางที่ 1 2 และ 3

ตารางที่ 1 คุณสมบัติและปริมาณธาตุอาหารหลักในกากน้ำตาลและน้ำสกัดชีวภาพจากผลไม้ที่ใช้ชนิดของน้ำตาลและปริมาณต่างกัน

สูตร	pH	EC	OC	C:N	Humic acid	ธาตุอาหารหลัก (%)		
						N	P	K
กากน้ำตาล	4.9	-	34.32	37:1	-	0.94	0.18	3.91
น้ำสกัดชีวภาพสูตร 1	3.7	3.32	9.17	14:1	-	0.64	0.12	1.08
น้ำสกัดชีวภาพสูตร 2	3.7	1.05	1.50	12:1	0.15	0.12	0.11	0.28
น้ำสกัดชีวภาพสูตร 3	3.7	1.43	12.00	28:1	0.80	0.43	ไม่พบ	0.24

ที่มา: กลุ่มงานวิเคราะห์ปุ๋ย กองเกษตรเคมี 2544-2545 อ้างโดย สุนันทาและคณะ (2545)

สูตร 1 กล้วย + มะละกอ +ฟักทอง +กากน้ำตาล 1 กก.

สูตร 2 กล้วย + มะละกอ +ฟักทอง +กากน้ำตาล 100 มล.+ กับจุลินทรีย์ พ.ด.1 100 ก. + น้ำ 5 ลิตร

สูตร 3 กล้วย + มะละกอ +ฟักทอง +น้ำอ้อยก้อน

ตารางที่ 2 ปริมาณธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมในกากน้ำตาลและน้ำหมักชีวภาพจากผลไม้ที่ใช้ชนิดของน้ำตาลและปริมาณต่างกัน

สูตร	ธาตุอาหารรอง (%)			ธาตุอาหารเสริม (ppm)					
	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	Cl	B
กากน้ำตาล	1.93	0.48	1.29	580	60	10	30	12,500	10
น้ำสกัดชีวภาพสูตร 1	0.07	0.09	0.08	40	10	-	10	3,400	-
น้ำสกัดชีวภาพสูตร 2	0.09	0.026	-	35	-	-	15	950	1
น้ำสกัดชีวภาพสูตร 3	0.004	0.025	0.058	10	-	10	10	*	14

*ไม่ได้วิเคราะห์

*ที่มาของข้อมูล: กลุ่มงานวิเคราะห์ปุ๋ย กองเกษตรเคมี 2544-2545 อ้างโดย สุนันทาและคณะ (2545)

สูตร 1 กล้วย + มะละกอ +ฟักทอง +กากน้ำตาล 1 กก.

สูตร 2 กล้วย + มะละกอ +ฟักทอง +กากน้ำตาล 100 มล.+ กับจุลินทรีย์ พ.ด.1 100 ก. + น้ำ 5 ลิตร

สูตร 3 กล้วย + มะละกอ +ฟักทอง +น้ำอ้อยก้อน

ตารางที่ 3 ปริมาณสารเร่งการเจริญเติบโตของพืชในน้ำสกัดชีวภาพที่ใช้ชนิดของน้ำตาลและปริมาณต่างกัน

สูตร	ปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (mg/L)			
	IAA	GA_3	Zeatin	Kinetin
น้ำสกัดชีวภาพสูตร 1	< 0.1	ไม่พบ	10.84	ไม่พบ
น้ำสกัดชีวภาพสูตร 2	0.6	ไม่พบ	5.12	16.17
น้ำสกัดชีวภาพสูตร 3	< 0.1	ไม่พบ	8.83	ไม่พบ

ที่มา: กลุ่มงานวิเคราะห์วิจัยวัตถุเคมีการเกษตร กองเกษตรเคมี มี.ค. 2544 - ส.ค. 2544 อ้างโดย สุนันทาและคณะ (2545)

สูตร 1 กล้วย + มะละกอ +ฟักทอง +กากน้ำตาล 1 กก.

สูตร 2 กล้วย + มะละกอ +ฟักทอง +กากน้ำตาล 100 มล.+ กับจุลินทรีย์ พ.ด.1 100 ก. + น้ำ 5 ลิตร

สูตร 3 กล้วย + มะละกอ +ฟักทอง +น้ำอ้อยก้อน

เนื่องจากน้ำสกัดชีวภาพที่เกษตรกรผลิตใช้มีความหลากหลายในด้านวัสดุที่ใช้ผลิตและเวลาการหมักซึ่งอาจมีผลต่อปริมาณของสารเร่งการเจริญเติบโตของพืชดังที่พบในกลุ่มงานวิเคราะห์วิจัยวัสดุเคมีการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ที่ได้ตรวจสอบปริมาณของสารดังกล่าวโดยพบว่าในน้ำสกัดชีวภาพที่มีส่วนผสมหลักจากสัตว์ มีปริมาณ IAA อยู่ในช่วงตั้งแต่ไม่พบเลยจนถึง 3.99 mg/L GA_3 มีตั้งแต่ไม่พบเลยจนถึง 620.2 mg/L Zeatin มีตั้งแต่ไม่พบเลยจนถึง 51.0 mg/L Kinetin มีตั้งแต่ไม่พบเลยจนถึง 29.0 mg/L ส่วน Zeatin riboside พบเพียง 1 ตัวอย่างในปริมาณ 1.16 mg/L ดังตารางที่ 4 สำหรับน้ำสกัดชีวภาพที่มีส่วนผสมหลักมาจากพืชพบว่า มีปริมาณ IAA อยู่ในช่วงไม่พบเลยจนถึง 5.82 mg/L มีปริมาณ GA_3 ตั้งแต่ไม่พบเลยจนถึง 154.38 mg/L มีปริมาณ Zeatin ตั้งแต่ไม่พบเลยจนถึง 87.0 mg/L มีปริมาณ Zeatin riboside ตั้งแต่ไม่พบเลยจนถึง 28.73 mg/L และ มีปริมาณ Kinetin ตั้งแต่ไม่พบเลยจนถึง 97.26 mg/L ดังรายละเอียดในตารางที่ 5 และ น้ำสกัดชีวภาพที่มีส่วนผสมหลักมาจากไข่ นม ถั่ว พบว่า มีปริมาณ IAA อยู่ในช่วง 0.11-9.78 mg/L มีปริมาณ Zeatin อยู่ในช่วง 2.13 จนถึง 87.29 mg/L มีปริมาณ Kinetin ตั้งแต่ ไม่พบเลยจนถึง 76.40 mg/L และไม่พบปริมาณ GA_3 ดังรายละเอียดในตารางที่ 6

ตารางที่ 4 ปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในน้ำสกัดชีวภาพที่มีส่วนผสมหลักมาจากสัตว์

ส่วนผสมหลัก	สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช (mg/L)				
	IAA	GA_3	Zeatin	Zeatin riboside	Kinetin
ปลาทะล+กากน้ำตาล 30 กก.	1.22	ไม่พบ	2.90	*	ไม่พบ
ปลาเล็กปลาน้อย+กากน้ำตาล+พด.1 *หมัก 1เดือน.*	0.11	ไม่พบ	ไม่พบ	*	ไม่พบ
ปลาน้ำจืด+กากน้ำตาล+น้ำมะพร้าว *หมัก 45 วัน*	0.65	620.2	51.0	ไม่พบ	8.0
ปลา+กากน้ำตาล+ปุ๋ย 20-10-30	1.08	348.76	15.5	ไม่พบ	ไม่พบ
ปลา+กากน้ำตาล+กระดูกป่น+กรดฟอร์มิก*หมัก45วัน*	1.41	81.47	14.8	ไม่พบ	ไม่พบ
ปลา+หอยเชอรี่+กากน้ำตาล+น้ำมะพร้าว+เกลือแกง	1.77	42.96	31.0	ไม่พบ	29.0
ปลา+สาหร่าย+สับปะรด+กากน้ำตาล+พด.1 *หมัก 2 เดือน*	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.44
ปลา+ผลไม้ กระดูกป่น เปลือกกุ้ง+กากน้ำตาล *หมัก 45 วัน*	3.38	16.88	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
หอยเชอรี่+กากน้ำตาล *หมัก 1 เดือน.*	3.99	138.53	ไม่พบ	ไม่พบ	13.7
หอยเชอรี่+กากน้ำตาล *หมัก 45 วัน*	2.27	196.20	12.80	ไม่พบ	1.2
หอยเชอรี่+กากน้ำตาล+น้ำมะพร้าว+ไข่ไก่ *หมัก 3 เดือน*	0.28	322.96	13.0	ไม่พบ	10.0
หอยเชอรี่+ผลไม้+กากน้ำตาล *หมัก 1 เดือน*	1.14	15.13	ไม่พบ	1.16	4.5
หอยเชอรี่+ผลไม้+กากน้ำตาล *หมัก 3 เดือน*	0.58	244.73	3.60	ไม่พบ	ไม่พบ

ที่มาของข้อมูล: กลุ่มงานวิเคราะห์วิจัยวัตถุเคมีการเกษตร 2545 อ้างโดยสุนันทาและคณะ (2545)

ทางด้านปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 3 กลุ่ม คือ ออกซิน ซึ่งได้แก่ Indole acetic acid (IAA) ไซโตไคนิน ซึ่งมี 2 ชนิด ได้แก่ Zeatin และ Kinetin และ จิบเบอเรลลิน ได้แก่ Gibberellic acid (GA_3)ในน้ำสกัดชีวภาพ 4 สูตร คือ น้ำสกัดชีวภาพจากสับปะรด กล้วย+มะละกอ+ฟักทอง(ฮอร์โมนพืช) กะหล่ำปลี+คะน้า และน้ำสกัดชีวภาพจากปลา สาลี่(2544) พบว่า ในน้ำสกัดชีวภาพจากปลา ไม่พบ Kinetin และ GA_3 และในน้ำสกัดชีวภาพจากกะหล่ำปลี+คะน้าก็ไม่พบ GA_3 เช่นกัน สำหรับปริมาณ IAA นั้นพบว่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.04 – 0.81 μg/ml โดยน้ำสกัดชีวภาพจากกะหล่ำปลี+คะน้า มีปริมาณมากที่สุด รองลงมาได้แก่ สูตรกล้วย+มะละกอ+ฟักทอง สับปะรด และปลา โดยมีปริมาณของ IAA 0.81 0.27 0.26 และ 0.04 μg/ml ตามลำดับ ทางด้านปริมาณ Zeatin พบในช่วง (13.23 ตั้งแต่ 3.58-13.32 μg/ml โดยน้ำสกัดชีวภาพจากกะหล่ำปลี+คะน้ามีค่ามากที่สุด (13.23μg/ml) รองลงมาได้แก่ น้ำสกัดชีวภาพจากสับปะรด ปลา และ กล้วย+มะละกอ+ฟักทอง ซึ่ง

มีปริมาณ Zeatin 7.06 3.66 และ 3.58 μg/ml ตามลำดับ ส่วนปริมาณ Kinetin พบอยู่ระหว่าง 1.82-13.34 μg/ml โดยน้ำสกัดชีวภาพจากสับปะรดมีปริมาณมากที่สุด (13.34 μg/ml) รองลงมาได้แก่

ตารางที่ 5 ปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในน้ำสกัดชีวภาพที่มีส่วนผสมหลักมาจากพืช

ส่วนผสมหลัก	สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช (mg/L)				
	IAA	GA_3	Zeatin	Zeatin riboside	Kinetin
กล้วย มะละกอ ฟักทอง สับปะรด+กากน้ำตาล *หมัก7-10วัน*	0.18	ไม่พบ	12.1	11.37	19.9
กล้วย มะละกอ ฟักทอง สับปะรด+กากน้ำตาล *หมัก7-10วัน*	0.44	5.19	64.5	28.73	83.0
กล้วย มะละกอ ฟักทอง ชมพู่+กากน้ำตาล+EM *หมัก15วัน*	ไม่พบ	154.38	1.5	ไม่พบ	ไม่พบ
สับปะรด+กากน้ำตาล *หมัก 15 วัน*	0.26	20.75	7.06	-	13.34
กล้วย มะละกอ ฟักทอง ฝรั่ง+กากน้ำตาล *หมัก 1 เดือน*	0.83	61.45	23.0	7.82	27.0
สับปะรด มะพร้าวอ่อน กากน้ำตาล *หมัก 1 เดือน*	0.13	ไม่พบ	87.0	ไม่พบ	39.0
ผลไม้สุกทุกชนิด+ลูกมะกรูด+กากน้ำตาล *หมัก 45* วัน	ไม่พบ	48.83	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
สับปะรด ผลไม้สุกรสเปรี้ยว+กากน้ำตาล *หมัก3เดือน* (กวนบ่อยๆ)	0.17	61.21	2.10	ไม่พบ	ไม่พบ
บระเพ็ด ข่า ตะไคร้หอม สาบแร้งสาบกา สาบเสือ *หมัก20วัน*	0.22	27.38	6.12	-	3.36
กลอย หนอนตายหยาก ขี้เหล็ก สะเดา ตะไคร้หอม หางไหลแดง	5.82	24.12	90.09	-	97.26
ใบเสม็ดขาว กากน้ำตาล	0.26	ไม่พบ	0.93	-	ไม่พบ
กลอย 50 กก. กากน้ำตาล 30 ก. *หมัก 4 เดือน*	0.52	9.51	ไม่พบ	-	2.65
โตนู้ (น้ำหมักจากหญ้าและสาหร่าย+เหล้าขาว+น้ำส้มสายชู+กากน้ำตาล)	0.26	ไม่พบ	0.93	-	ไม่พบ
ขับไล่แมลง (สวพ.5)	ไม่พบ	39.97	11.57	-	ไม่พบ

ที่มาของข้อมูล : กลุ่มงานวิเคราะห์วิจัยวัตถุเคมีการเกษตร 2545 อ้างโดยสุนันทาและคณะ (2545)

ตารางที่ 6 ปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในน้ำสกัดชีวภาพที่มีส่วนประกอบหลักมาจากไข่ นม ถั่ว

ส่วนผสมหลัก	สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช (mg/L)				
	IAA	GA_3	Zeatin	Zeatin riboside	Kinetin
ไข่ไก่ 5 กก.+กากน้ำตาล 5 กก.+แป้งข้าวหมาก+ยาคูลท์	9.78	ไม่พบ	87.29	-	76.40
นมสด+กากน้ำตาล	0.30	ไม่พบ	4.38	.-	ไม่พบ
ถั่วเหลือง 3 กก.+น้ำ 10 ลิตร+กากน้ำตาล 3 กก.*หมัก2 เดือน*	0.11	ไม่พบ	2.13	-	4.95

ที่มาของข้อมูล: กลุ่มงานวิเคราะห์วิจัยวัตถุเคมีการเกษตร 2545 อ้างโดยสุนันทาและคณะ (2545)

น้ำสกัดชีวภาพจากกล้วย+มะละกอ+ฟักทอง และ น้ำสกัดชีวภาพจากกะหล่ำปลี+คะน้า ซึ่งมีปริมาณ Kinetin 13.34 7.70 และ 1.82 μg/ml ตามลำดับ ในด้านปริมาณ GA_3 พบว่ามีอยู่ในช่วงระหว่าง 20.75 – 28.93 μg/ml โดยน้ำสกัดชีวภาพจากกล้วย+มะละกอ+ฟักทอง มีค่ามากที่สุด คือ มี 28.93 μg/ml และน้ำสกัดชีวภาพจากสับปะรดมีค่าเป็น 20.75 μg/ml

นอกจากนี้แล้วยังมีการตรวจพบกรดอะมิโนและสารที่ใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชในน้ำสกัดชีวภาพด้วย(กรมวิชาการเกษตร, 2545) โดยพบกรดอะมิโนจำนวน 18 ชนิด ในปริมาณต่างๆ ดังนี้ มีปริมาณ กรดแอสปาร์ติค 346.06 ทรีโอนีน 26.34 ซีรีน 39.30 กรดกลูตามิค 124.45 โปรลีน 126 ไกลซีน 43.24 อะลานีน 91.69 ซีสตีน 17.88 วาลีน 55.26 เมไทโอนีน 9.37 ไอโซลิวซีน 26.26 ลิวซีน 34.30 ไทโรซีน 22.14 ฟีนิลอะลานีน 4.44 ฮีสติดีน 16.28 ไลซีน 30.20 อาร์จินีน 18.76 และ ทริปโตเฟน 6.22 mg/100 g. จากรายงาน Hiross *et al* (1978) กรดอะมิโนที่ได้จากกระบวนการหมัก ได้แก่ Arginin Citrulline Glutamate Histidine Homoserine Glutamine Isoleucine Leucine Lysine Ornithine Phenylalanine Proline Theonine และ Valine เพราะฉะนั้นจะเห็นว่าในน้ำสกัดชีวภาพจะมีกรดอะมิโนเพียง 10 ชนิดเท่านั้นที่ได้จากกระบวนการหมัก สำหรับสารที่ใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชนั้น ถ้าหมักในสภาพที่มีออกซิเจนทำให้สารละลายจะมีแบคทีเรียชนิด Methanotrophic ซึ่งจะเปลี่ยนก๊าซมีเทนที่เกิดจากการหมักให้กลายเป็นเมทานอล และเมทานอลจะถูกออกซิเจนทำให้กลายเป็นเอสเตอร์ซึ่งเป็นสารที่มีกลิ่นหอมและกลิ่นเหม็นเฉพาะตัวใช้เป็นสารดึงดูดและไล่แมลง แต่ถ้าหมักแบบปิดฝาซึ่งไม่มีออกซิเจนจะได้เอทานอลเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายและเมื่อเอทานอลถูกออกซิเจนในอากาศจะเปลี่ยนเป็นเอสเตอร์เช่นเดียวกัน (อารมณ์, 2544) จากผลการวิเคราะห์น้ำสกัดชีวภาพจากผลไม้ ผักสด หรือจากสมุนไพร

พบว่า มีสารพวก polyphenol ได้แก่ 1,2 benzenediol หรือ 1,3 benzenediol พวก dimethoxy phenol และ benzoic acid derivatives ซึ่งสารเหล่านี้มีคุณสมบัติเป็นกรด เช่น 1,3 benzenediol (resorcinol) ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังและเยื่อบุจมูก ทางสัตวแพทย์เคยใช้เป็น antiseptic ดังนั้นสารพวกนี้อาจก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังของแมลงได้ นอกจากนี้ยังพบสารพวก ethylester ของพวกกรดไขมัน เช่น ethylpalmitate ethyl linoleate ในสารละลายบางตัวพบ alcohol ได้แก่ benzene ethanol สำหรับน้ำสกัดชีวภาพจากหอย+ไข่ขาว พบสารพวก polyphenol และ ethyl ester ของกรดไขมันเช่นเดียวกัน ethyl ester เกิดจาก alcohol ชนิด ethyl alcohol ที่สกัดจากการหมักย่อยสารของพืชโดย alcohol จะทำปฏิกิริยากับกรดไขมันที่มีในพืชซึ่งเป็น ethyl ester ที่มีคุณสมบัติเป็นสารไล่แมลงและสารล่อแมลงได้ และยังได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพการกำจัดหนอน Spodoptera exigera ของน้ำสกัดชีวภาพจากผัก และผลไม้ จำนวน 4 สูตร คือ น้ำสกัดชีวภาพจากฟักทอง มะละกอ กล้วย และ กล้วย+มะละกอ+ฟักทอง (สำนักวิจัยและพัฒนาการผลิตสารธรรมชาติ, 2544) ปรากฏว่า ในระยะเวลา 4 วัน (96 ชม.) แรกหลังจากหนอนได้รับสารจากน้ำสกัดชีวภาพ พบว่า น้ำสกัดชีวภาพทุกชนิดไม่มีผลต่อการตายของหนอนโดยหนอนตายอยู่ระหว่าง 2-7% ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุมแต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าหนอนมีการตายเพิ่มสูงขึ้นโดยน้ำสกัดชีวภาพจากกล้วยทำให้หนอนมีการตายสูงที่สุดคือ 32% รองลงมาได้แก่ น้ำสกัดชีวภาพจากมะละกอ กล้วย+มะละกอ+ฟักทอง ฟักทอง และ ชุดควบคุม โดยมีค่าเป็น 29 23 11 และ 10% ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากชุดควบคุมแต่ประการใด และยังมีการศึกษาผลกระทบของน้ำสกัดชีวภาพต่อลูกปลานิลขนาด 2.4-3.8 ซม. พบว่าน้ำสกัดชีวภาพทุกสูตรของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 จันทบุรี และ สำนักงานเกษตร อ. บางไทร จ.อยุธยา ที่ใช้ทดสอบไม่มีความเป็นพิษต่อลูกปลานิลในอัตราที่แนะนำให้เกษตรกรใช้และอัตราสองเท่าของที่แนะนำให้เกษตรกรใช้

2.3 การใช้ประโยชน์จากน้ำสกัดชีวภาพ

น้ำสกัดชีวภาพสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยโดยตรง ใช้เป็นหัวเชื้อปุ๋ยอินทรีย์ ใช้ป้องกันกำจัดแมลง ใช้กำจัดน้ำเสีย และเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และในการเลี้ยงไก่และสุกร(กรมวิชาการเกษตร,2545; กรมส่งเสริมการเกษตร,2544 และ สุริยา,2544) ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.3.1 ใช้เป็นปุ๋ยและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง

นำน้ำสกัดชีวภาพมาเจือจางกับน้ำสะอาด อัตราส่วนของน้ำสกัดชีวภาพต่อน้ำสะอาดอยู่ในช่วงตั้งแต่ 1:500 ถึง 1:4,000 (กรมส่งเสริม,2544 ; โน้ต,2544 ; สุริยา,2544 และ กรมวิชาการเกษตร,2545) ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำสกัดชีวภาพ นำมาฉีดพ่นให้กับต้นไม้ ทุกๆ 5-7 วัน นอกจากนี้ยังมีการให้ทางรากโดยใช้อัตราส่วนของน้ำสกัดชีวภาพต่อน้ำสะอาดตั้งแต่ 1:100 ถึง 1:667 (กรมส่ง

เสริม,2544 ; โน้ต,2544 ; สุริยา,2544 และ กรมวิชาการเกษตร,2545) ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำสกัดชีวภาพเช่นกัน โดยให้ทุกๆ 15-20 วัน เมื่อพิจารณาปริมาณธาตุอาหารในน้ำสกัดชีวภาพซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารต่างๆเหล่านี้ N 0.03 - 2.01% P 0.02-2.21% K 0.05-3.53% Ca 0.01-3.65% Mg0.01-0.3% S 0.10-0.30% Fe 30-360 ppm. Zn 0.03-350 ppm. Mn 5-100 ppm. Cu 1-20 ppm. และ Cl 2,000-11,000 ppm. เมื่อนำมาเจือจางด้วยน้ำในอัตราส่วน 1:100 และ 1:500 สำหรับการใช้ทางรากและใช้ทางใบตามลำดับ หากใช้ปริมาณสูงสุดของธาตุอาหารที่พบว่ามีในน้ำสกัดชีวภาพในการประเมินปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารในน้ำสกัดชีวภาพที่เจือจางแล้วพบว่า น้ำสกัดชีวภาพที่เจือจางด้วยน้ำ 100 เท่า จะมีปริมาณ N 0.020% P 0.022% K 0.035% Ca 0.037% Mg 0.003% S 0.003% Fe 3.60 ppm. Zn 3.50 ppm Mn 1.00 ppm Cu 0.20 ppm. และ Cl 110 ppm. และเมื่อนำมาเจือจางเป็น 500 เท่า จะมีปริมาณ N 0.040% P 0.0044% K 0.0070% Ca 0.0074% Mg 6 ppm. S 6 ppm. Fe 0.72 ppm. Zn 0.70 ppm. Mn 0.20 ppm. Cu 0.04 ppm. และ Cl 22 ppm. สำหรับความเข้มข้นของธาตุอาหารในสารละลายที่แนะนำให้ฉีดพ่นทางใบมีดังนี้ N 0.166-1.104% P 0.16 % (อรุณ.2509 และ มุกดา.2543) K 0.32-1.93 % (อรุณ.2509 และ สัมฤทธิ์,2538) Ca Mg Mn และ Fe 0.33-0.67 % Cu 0.17-0.33% และ Zn 0.11-0.24% (www.msue.msu.edu/msue/ imp/modf1/05209711.html.) เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของธาตุอาหารในน้ำสกัดชีวภาพที่เจือจางแล้วกับสารละลายที่แนะนำสำหรับการฉีดพ่นให้แก่พืชจะเห็นว่าน้ำสกัดชีวภาพมีปริมาณธาตุอาหารน้อยกว่าปริมาณธาตุอาหารในสารละลายที่แนะนำสำหรับปริมาณสูงสุดของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในน้ำสกัดชีวภาพมีดังนี้ ปริมาณ IAA 9.78 ppm. Zeatin 90.09 ppm. Kinetin 97.26 ppm .และ GA_3 620.2 ppm. เมื่อนำน้ำสกัดชีวภาพดังกล่าวมาเจือจางด้วยน้ำ 500 เท่าแล้วจะมีความเข้มข้นของสารเร่งการเจริญเติบโตของพืชดังนี้ IAA 0.0196 ppm. Zeatin 0.1802 ppm. Kinetin 0.1945 ppm. และ $GA_3$1.2404 ppm ซึ่งปริมาณ Zeatin และ Kinetin มีน้อยมากจนไม่สามารถใช้เร่งการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของพืชได้ แต่ปริมาณของ GA_3 สามารถนำไปใช้กระตุ้นการงอกของหัวมันฝรั่งและช่วยยืดช่อและขยายขนาดของผลองุ่นพันธุ์ไวท์มะละกาและคาร์ดินัลได้ สำหรับปริมาณของ IAA สามารถทำให้ดอกบิโกเนียมีจำนวนดอกตัวเมียเพิ่มขึ้นถึง 6 เท่า (สัมพันธ์, 2527; พีรเดช, 2529 กองบรรณาธิการ, 2530 อรุณรัตน์, 2530 นภดล, 2536 Nickell, 1983 และ Thomas, 1982)

2.3.2 ใช้เป็นหัวเชื้อปุ๋ยอินทรีย์

นำน้ำสกัดชีวภาพ 75 – 100 ml. ต่อน้ำ 20 ลิตร มาพรมลงบนวัสดุทำปุ๋ยหมัก คลุมด้วยกระสอบป่าน 3 วัน ก็สามารถนำปุ๋ยหมักนั้นไปใช้ได้ ซึ่งถ้าน้ำสกัดชีวภาพมี *Bacillus* และ *Pseudomonas* ก็จะสามารถย่อยสลาย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน แป้ง น้ำตาล และ เพคติน ในพืชได้

2.3.3 ใช้ป้องกันกำจัดแมลง

ผสมน้ำสกัดชีวภาพในอัตราเจือจางฉีดพ่นโดยเฉพาะเพลี้ยแป้งฉีดพ่น 3-4 ครั้งแล้วปล่อยทิ้งไว้อีก 7 วัน พ่นต่ออีก 2-3 ครั้ง เพลี้ยแป้งจะตาย แต่น้ำสกัดชีวภาพจากฟักทอง มะละกอ กล้วย และกล้วย+มะละกอ+ฟักทอง ไม่มีผลต่อการกำจัดหนอน *Spodoptera exigera.*

2.3.4 ใช้ประโยชน์ในการกำจัดน้ำเสียและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

นำน้ำสกัดชีวภาพผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 100-500 ใส่ลงไปในแหล่งน้ำโดยตรงโดยใช้อัตราส่วนน้ำสกัดชีวภาพ : น้ำ เท่ากับ 1:100 ถึง 1:500 ขึ้นกับปริมาณของน้ำในแหล่งน้ำเพื่อช่วยการย่อยสลายอินทรียวัตถุในแหล่งน้ำดังกล่าวซึ่งใช้เวลาในการย่อยสลายประมาณ 1 สัปดาห์ขึ้นไป

2.3.5 ใช้ในการเลี้ยงไก่และสุกร

นำน้ำสกัดชีวภาพจำนวน 250 มล. มาผสมกับน้ำสะอาด 20 ลิตร นำไปใช้เลี้ยงไก่หรือสุกรทำให้สัตว์แข็งแรงมีภูมิคุ้มกันโรคและพื้นคอกไก่ไม่มีกลิ่นแอมโมเนีย

2.4 ดัชนีบ่งชี้ถึงความแตกต่างของสมบัติดิน

ดินเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการเกษตรเนื่องจากดินทำหน้าที่สนับสนุนกิจกรรมต่างๆ และมีความหลากหลายทางชีวภาพและเป็นแหล่งที่สนับสนุนศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตของพืชซึ่งเป็นปัจจัยที่กำหนดหรือควบคุมการไหลของน้ำและสารละลาย เป็นตัวกรอง เป็นบัฟเฟอร์ทำให้สารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์เกิดการสลายตัวหรือเกิดการเปลี่ยนรูปโดยกระบวนการ immobilization ตลอดจนลดความเป็นพิษของสารอินทรีย์และอนิยม และลดปริมาณสารอินทรีย์และอนินทรีย์ อีกทั้งเป็นตัวเก็บรักษาและหมุนเวียนธาตุอาหารพืชและธาตุอื่นๆ(Soil Science Society of America, 1995 อ้างโดย Carter *et al.*, 1997) ดังนั้นสมบัติของดิน (Soil properties) จึงมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชซึ่งสมบัติของดินสามารถจัดจำแนกได้ 3 ประเภทตามความอ่อนไหว (sensitive) ต่อการเปลี่ยนแปลงคือ สมบัติที่อ่อนไหวง่าย (sensitive properties) สมบัติที่อ่อนไหวได้ปานกลาง (moderately sensitive properties) สมบัติที่ไม่อ่อนไหว (non-sensitive properties) สมบัติที่อ่อนไหวง่ายเป็นสมบัติที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนภายในระยะเวลาน้อยกว่า 10 ปี ได้แก่ ปฏิกิริยาดิน(pH) ปริมาณฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมที่สามารถเป็นประโยชน์ได้ อินทรีย์คาร์บอน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ความหนาแน่นรวมของดิน การกระจายขนาดอนุภาคแบบแห้ง การกระจายของซีเซียม และ ปริมาณเหล็กและอลูมิเนียมที่สามารถสกัดได้ ส่วนสมบัติที่อ่อนไหวได้ปานกลางเป็นสมบัติที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ต้องใช้เวลามากกว่า 10 ปีขึ้นไป ได้แก่ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก(CEC) ปริมาณประจุบวกที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ ปริมาณคาร์บอเนตและปริมาณความชื้นที่สามารถกักเก็บได้ และสมบัติที่ไม่อ่อนไหวเป็นสมบัติของดินที่ไม่คาดหวังว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงภายในระยะเวลา 100 ปี ได้แก่ การกระจายขนาดของอนุภาค

ชนิดของแร่ดินเหนียว พื้นที่ผิวทั้งหมด ปริมาณทั้งหมดของธาตุ Al Ca Co Cu Fe K Li Mg Mn Na Ni Pb และ Zn (Wang *et al.*,1997) จากสมบัติของดินที่อ่อนไหวสามารถนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ (Indicator) ถึงคุณภาพของดิน (Soil Quality) ในส่วนที่เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ (Dynamic part) เนื่องจากผลกระทบของการจัดการและการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยทั่วไปแล้วคุณภาพของดินจะประกอบด้วยกันสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นความสามารถทางธรรมชาติของดิน (Soil's inherent capacity) ที่เป็นฟังก์ชันทางธรณีวิทยาและปัจจัยที่ผันแปรคงที่ของดิน (Soil state variable facters) ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงได้น้อยมาก และส่วนที่เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ (Dynamic part) เป็นส่วนที่ตอบสนองต่อการใช้ประโยชน์และการจัดการของมนุษย์ ดังนั้นจึงใช้ส่วนที่เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ในการประเมินคุณภาพของดินโดยวิธี Minimum Data Sets(MDS) (ตารางที่ 7) วิธีการประเมินดังกล่าวใช้ข้อมูลด้านสมบัติของดินที่เป็นตัวบ่งชี้จำนวนน้อยที่สุด นำมาเป็นดัชนีในการประเมินคุณภาพของดินซึ่งจะรวมทั้งดัชนีทางฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา ดัชนีทางฟิสิกส์ของดิน ได้แก่ เนื้อดินความลึกของดิน และความลึกของรากพืช การซึมผ่านของน้ำและความหนาแน่นรวมของดิน และความสามารถในการดูดยึดน้ำของดิน สำหรับดัชนีทางเคมีของดิน ได้แก่ อินทรียวัตถุ pH ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณ N P K ที่สามารถสกัดได้ และดัชนีทางชีววิทยา ได้แก่ ชีวมวลคาร์บอนและไนโตรเจนในชีวมวลของจุลินทรีย์ ศักยภาพของกระบวนการ Mineralizable-N และการหายใจของดิน(Seybold *et al.*,1998) เมื่อนำตัวบ่งชี้คุณภาพของดินสำหรับการเจริญเติบโตของพืชแต่ละตัวมาจัดลำดับเป็นระดับคุณภาพดินต่ำ ปานกลาง และ สูง จะพบว่าดินที่มีคุณภาพระดับสูงจะมีปริมาณดินเหนียว เป็น 18-35% ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) มากกว่า 15 $cmol.kg^{-1}$ อัตราส่วนของอินทรีย์คาร์บอนต่อปริมาณดินเหนียว มากกว่า 0.09 มีค่า pH 6.1-7.5 มีปริมาณชีวมวลของจุลินทรีย์มากกว่า 700 $mgC.kg^{-1}$ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมากกว่า 3.0 $mg.cm^{-3}$ ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดมากกว่า 30 $mg.cm^{-3}$ ปริมาณเม็ดดินที่มีเสถียรภาพมากกว่าหรือเท่ากับ 10% และ มี ค่าการนำไฟฟ้า เป็น 2 $ds.m^{-1}$ ตามลำดับ สำหรับดินที่มีคุณภาพระดับปานกลางจะมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก(CEC) มากกว่า 15 $cmol.kg^{-1}$ มีอัตราส่วนของอินทรีย์คาร์บอนต่อปริมาณดินเหนียว 0.05-0.09 มี pH น้อยกว่า 6.1 และมากกว่า 7.5 มีชีวมวลของจุลินทรีย์ 300- 700 $mgC.kg^{-1}$ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 2-3 $mg.cm^{-3}$ และมีปริมาณเม็ดดินที่มีเสถียรภาพ น้อยกว่า 10 % ตามลำดับ และ ดินที่มีคุณภาพต่ำจะมีปริมาณดินเหนียวน้อยกว่า 18% และมากว่า 35% มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่อปริมาณดินเหนียวน้อยกว่า 0.05 มีค่า pH น้อยกว่า 4 และมากกว่า 9 มีปริมาณชีวมวลของจุลินทรีย์ น้อยกว่า 35 $mgC.kg^{-1}$ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดน้อยกว่า 2.0 $mg.cm^{-3}$ มีปริมาณคาร์บอนทั้งหมดน้อยกว่า 20 $mg.cm^{-3}$ ค่าการนำไฟฟ้า มากกว่า2 $ds.m^{-1}$ และมีอัตราการดูดซับโซเดียม มากกว่า 4 ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 7 Minimum Data Sets(MDS) ของดินที่บ่งชี้ถึงคุณภาพดิน (Seybold *et al.*,1998)

ตัวบ่งชี้	ความสัมพันธ์กับสภาพและหน้าที่ของดิน:เหตุผลที่ต้องทำการตรวจวัด
สมบัติทางฟิสิกส์	
เนื้อดิน	ดูดยึดและควบคุมการเคลื่อนที่ของน้ำและทางเคมีของดิน;ใช้ในการทำแบบจำลองและประเมินความผันแปรของดิน
ความลึกของดินและรากพืช	ประเมินถึงศักยภาพการให้ผลผลิตและการพังทลายของดิน:ใช้ในการจัดสวนและประเมินความผันแปรทางธรณีวิทยา
การซึมผ่านของน้ำและความหนาแน่นรวมของดิน	ศักยภาพการชะล้าง ผลผลิตและความสามารถในการพังทลาย;ความหนาแน่นรวมของดินต้องปรับแก้ด้วยการวิเคราะห์ด้วยพื้นฐานของ volumetric
ความสามารถในการดูดยึดน้ำของดิน	มีความสัมพันธ์กับการดูดยึดน้ำ,การเคลื่อนที่ของน้ำและความสามารถในการพังทลาย;ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ได้คำนวณจากความหนาแน่นรวมของดิน เนื้อดินและอินทรีย์วัตถุของดิน
สมบัติทางเคมี	
อินทรียวัตถุ	เป็นตัวกำหนดกิจกรรมทางชีววิทยาและเคมีของดิน;อินทรียวัตถุของดินใช้ในกระบวนการแบบจำลอง
pH	เป็นตัวกำหนดกิจกรรมทางชีววิทยาและเคมีของดิน;จำเป็นในกระบวนการแบบจำลอง
ค่าการนำไฟฟ้า	เป็นตัวกำหนดกิจกรรมทางจุลินทรีย์และพืช;ใช้ในแบบจำลอง
ปริมาณ N P K ที่สามารถสกัดได้	ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชและศักยภาพการสูญเสีย N ; ผลิตผลและดัชนีคุณภาพทางสิ่งแวดล้อม
สมบัติทางชีววิทยา	
ชีวมวล C และ N ของจุลินทรีย์	ศักยภาพการกระตุ้นจุลินทรีย์และแหล่งของ C และ N ;แบบจำลอง :การตระหนักในการจัดการที่มีผลกระทบต่ออินทรียวัตถุ
ศักยภาพของกระบวนการ mineralizable-N	ผลผลิตของดินและศักยภาพในการให้ N ; mineralizable-N (เป็นตัวแทนบ่งชี้ถึงชีวมวล)
การหายใจของดิน	ตรวจวัดกิจกรรมของจุลินทรีย์ ; กระบวนการของแบบจำลอง ; การประเมินของกิจกรรมของชีวมวล

ตารางที่ 8 การจัดระดับตัวบ่งชี้คุณภาพของดินสำหรับการเจริญเติบโตของพืช(Betty and Gail,1998)

ตัวบ่งชี้	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
ปริมาณดินเหนียว	<18% & >35%	-	18-35%
ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก	-	< 15 cmol.kg^{-1}	>15 cmol.kg^{-1}
อินทรีย์คาร์บอน:ปริมาณดินเหนียว	<0.05	0.05-0.09	<0.09
pH	<4 & >9	< 6.1 & >7.5	6.1-7.5
ชีวมวลของจุลินทรีย์	< 35 mgC.kg^{-1}	300-700 mgC.kg^{-1}	>700 mgC.kg^{-1}
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	< 2.0 mg.cm^{-3}	2-3 mg.cm^{-3}	≥3.0 mg.cm^{-3}
ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด	< 20 mg.cm^{-3}	-	≥ 30 mg.cm^{-3}
ความเสถียรภาพของเม็ดดิน	-	< 10%	≥ 10%
ค่าการนำไฟฟ้า	> 2 ds.m^{-1}	-	≤ 2 ds.m^{-1}
อัตราการดูดซับโซเดียม	> 4	-	-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University