

ผลของจุลินทรีย์ดินในการผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพ

Effect of Soil Microorganisms in Aqueous Biofertilizers Production

ปริญา ชัยการนาวิ (Parinya Kayangarnavee)* ดร. สิทธิศักดิ์ อุปรวิงศ์ (Dr. Sittisak Upariwong)**
 ดร. สิริندا ยუნฉลาด (Dr. Sirinda Yunchalard)*** ดร. เทพฤทธิ์ ตูลาพิทักษ์ (Dr. Thepparit Tulaphitak)****

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้จุลินทรีย์ดินจากแหล่งต่างๆ ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์ในการผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพ โดยทำการทดลองหมักเพื่อผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตรผักและผลไม้ เสริมรำข้าวเจ้าละเอียด ร่วมกับจุลินทรีย์ดิน 6 ตำรับ เปรียบเทียบกับตำรับควบคุมไม่ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ดิน และตำรับที่ใช้สารเร่ง พด.2 โดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ หลังจากหมักเป็นเวลา 30 วัน พบว่าทุกตำรับทดลองมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 3.50-3.59, ค่าความนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ 15.04-15.56 เดซิซีเมน/เมตร, จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 8.05-10.47 log โคโลนี/มิลลิลิตร, ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 12.37-16.70 กรัม/ลิตร, อินทรีย์วัตถุ (OM) เท่ากับ 1.20-2.35%, อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 3.44-11.43 และปริมาณธาตุอาหารพืช N, P และ K เท่ากับ 0.12-0.21, 0.12-0.17 และ 0.23-0.43% ตามลำดับ จำนวนแบคทีเรีย, ยีสต์ และ รา อยู่ในช่วง 1.82×10^8 - 8.47×10^8 , 7.38×10^6 - 2.95×10^7 และ 3.67×10^5 - 2.45×10^7 โคโลนี/มิลลิลิตร ตามลำดับ

ABSTRACT

Purpose of this research was expected to use soil microorganisms from several locations in North-eastern region of Thailand as starter for aqueous biofertilizer production. The experiment was designed by CRD with 3 replications. Fruits, vegetables, molasses and rice bran were used as substrate for aqueous biofertilizers production in this experiment. The aqueous biofertilizers consisted 8 treatments as follows: substrate with soil microorganisms 6 treatments; substrate without soil microorganisms 1 treatment; and substrate with Por-Dor.2 starter from Land Development Department 1 treatment. After 30 days of fermenting process, the properties of all treatments were as follows: pH = 3.50-3.59, electrical conductivity = 15.04 -15.56 dS/m, total cell number = 8.05-10.47 log CFU/mL, total sugar content = 12.37-16.70 g/L, organic matter (OM) = 1.20-2.35%, C/N ratio = 3.44-11.43 and nutritional values N, P and K; 0.12-0.21, 0.12-0.17 and 0.23-0.43% respectively. Number of bacteria, yeast and mold; 1.82×10^8 - 8.47×10^8 , 7.38×10^6 - 2.95×10^7 and 3.67×10^5 - 2.45×10^7 CFU/mL respectively.

คำสำคัญ : ปุ๋ยน้ำชีวภาพ น้ำสกัดชีวภาพ จุลินทรีย์ดิน

Key Words : Aqueous Biofertilizers, Bioextract, Soil Microorganisms

* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**** ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ในปัจจุบัน-ปุ๋ยน้ำชีวภาพ หรือที่เรียกกันว่า น้ำสกัดชีวภาพ หรือ ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ เป็นที่รู้จักและผลิตใช้กันอย่างแพร่หลายในทางกลีกรรม อันมีสาเหตุเนื่องมาจากผลเสียของการใช้ปุ๋ยเคมี และสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีผลต่อการทำลายทรัพยากรธรรมชาติโดยตรง ทำให้ดินมีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรลดลง ปุ๋ยเคมีที่ให้กับดินนั้นจะสูญเสียไป หรือถูกตรึงไว้ในดินพืชไม่สามารถดูดนำไปใช้ได้การใช้ปุ๋ยเคมีไม่ใช่เป็นการปรับปรุงบำรุงดินหากเป็นแต่เพียงการให้แร่ธาตุอาหารแก่พืชเท่านั้น (วรรณลดา, 2545) การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวไม่ทำให้ผลผลิตทางการเกษตร และผลตอบแทนสูงสุดเพราะ นอกจากทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ด้านกายภาพ และชีวภาพแล้ว ยังก่อให้เกิดมลพิษในดิน และน้ำ อย่างมากมาย เป็นอันตรายต่อชีวิตคน และสัตว์ อย่างต่อเนื่อง (นายกองพอน, ไม่ปรากฏปีพิมพ์)

ในการผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพเพื่อทดแทนปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี ต้องเผชิญปัญหาในการแข่งขันกับปุ๋ยเคมีค่อนข้างสูง เพราะราคาจำหน่ายของปุ๋ยทั้งสองชนิดมีราคาแตกต่างกัน และในปัจจุบัน พบว่ามีการผลิตน้ำสกัดชีวภาพออกจำหน่ายในชื่อของน้ำหมักชีวภาพ หรือ ปุ๋ยน้ำชีวภาพ หรืออาหารเสริมชีวภาพในราคาสูงตั้งแต่ลิตรละ 250-1,000 บาท โดยไม่ระบุส่วนประกอบหรือปริมาณธาตุอาหาร แต่ระบุเฉพาะสรรพคุณ และวิธีการใช้เท่านั้น (สุริยา, 2542) อีกทั้งวิธีการใช้ปุ๋ยน้ำชีวภาพค่อนข้างยุ่งยากและซับซ้อนกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีแต่การใช้ปุ๋ยน้ำชีวภาพ และปุ๋ยชีวภาพในการปลูกพืชมีข้อที่ดีกว่าคือ เป็นการรักษาคุณภาพของดิน ในขณะที่การใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นเวลานานๆ จะทำให้ดินเสื่อมคุณภาพลง ดังที่เห็นได้จากปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินของภาคตะวันออก เฉียงเหนือส่วนใหญ่อยู่ต่ำกว่าจุดวิกฤต คือน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ (เกษมศักดิ์, ไม่ปรากฏปีพิมพ์)

ในปี พ.ศ. 2543 คณะรัฐมนตรีมีนโยบายให้ความสำคัญ และส่งเสริมการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (organic fer-

tilizer) และปุ๋ยชีวภาพ (biofertilizer) รวมไปถึงสนับสนุนการทำการเกษตรอินทรีย์ โดยมีจุดมุ่งหมายเน้นในระบบเกษตรกรรมที่มีความสอดคล้องกับระบบนิเวศของสภาพแวดล้อมโดยไม่ทำลายทรัพยากร ธรรมชาติ และมีความสำคัญในการผลิตสินค้าอาหารเกษตรอินทรีย์ (organic food) ซึ่งเป็นสินค้าอาหารที่ มาจากการทำเกษตรกรรมโดยยึดในหลักการทำการ เกษตรตามวิถีทางธรรมชาติ หรือเกษตรอินทรีย์วิถีไทย ซึ่งสามารถใช้สารอินทรีย์ และปุ๋ยอินทรีย์ แต่ห้ามใช้สารเคมี (วรรณลดา, 2545) โดยเริ่มมีแนวโน้มอัตราการขยายตัวความต้องการสินค้าอาหารเกษตรอินทรีย์ทั้งในประเทศ และต่างประเทศเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 ต่อปี และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทั้งนี้เนื่องจากผู้ผลิตและผู้บริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเริ่มคำนึงถึงสุขอนามัย ความปลอดภัย และมลพิษในสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากข้อกำหนดมาตรฐานการผลิตเกษตรอินทรีย์ในระดับสากลและใช้บังคับอยู่แล้วในหลายประเทศ(สมคิด, ไม่ปรากฏปีพิมพ์) จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นจะเห็นว่ามีความสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาล ซึ่งผลักดันให้เกษตรกรส่งออกสินค้าอาหารเกษตรเป็นหลัก โดยมีจุดมุ่งหมายส่งเสริมให้ประเทศไทยเป็นครัวโลก (วรรณลดา, 2545) ดังนั้นการสนับสนุนให้เกษตรกร รวมถึงผู้สนใจ ทั่วไปผลิตและใช้ปุ๋ยน้ำชีวภาพ ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีจะเป็นการลดต้นทุนการผลิตผลผลิตทางการเกษตรในส่วนค่าใช้จ่ายของปุ๋ยเคมี และยังช่วยรักษาสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติอีกด้วย

ในกระบวนการหมักเพื่อผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพ โดยทั่วไป ที่สภาวะไร้ออกซิเจน (anaerobic condition) จะมีจุลินทรีย์ทำหน้าที่ย่อยสลายวัสดุหมักซึ่งอาจเป็นซากพืช หรือซากสัตว์ในลักษณะสดให้เป็นสารละลาย (สุริยา, 2542) ซึ่งจุลินทรีย์ดังกล่าวอาจมีการเติมลงไป ในลักษณะของหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (effective microorganisms) ทำหน้าที่ผลิตเอนไซม์ช่วยเร่งการย่อยสลายอินทรีย์สาร ทำให้กระบวนการหมักดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545) โดยหัวเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวนี้ มีวางจำหน่ายตามท้อง

ตลาดในราคาที่แตกต่างกันไป

จากผลการวิจัยปรับปรุงผลิตภัณฑ์ปุ๋ยน้ำชีวภาพชุมชนเกษตรเทพารักษ์โดยศาสตราจารย์ ดร.ชัยทัศน์ ไพรินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งได้คัดค้นกลุ่มเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์ในการผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพที่มีประสิทธิภาพซึ่งประกอบด้วย แบคทีเรีย 9 สายพันธุ์, ยีสต์ 3 สายพันธุ์ และ รา 6 สายพันธุ์ โดยให้ชื่อกลุ่มเชื้อจุลินทรีย์นี้ว่า “หัวเชื้อจุลินทรีย์ปุ๋ยน้ำชีวภาพ มข.1” (สิทธิศักดิ์, สุรศักดิ์ และชัยทัศน์, 2546) และจากการวิจัยของกรมพัฒนาที่ดินได้ค้นพบหัวเชื้อจุลินทรีย์ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ โดยใช้ชื่อว่า “สารเร่งพด.2” ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่คัดแยก (isolate) ได้จากจากดินบริเวณรากหญ้าแฝก และจากตัวอย่างการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำแบบธรรมชาติของเกษตรกร มีคุณสมบัติในการผลิตแอลกอฮอล์ กรดอินทรีย์ เอนไซม์ย่อยสลาย โปรตีนและเศษพืช (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546) อีกทั้งแนวคิดการทำเกษตรธรรมชาติตามหลักการของนายฮาน คิวโซ ที่นำมาเผยแพร่ในประเทศไทย เมื่อปี... พ.ศ. 2540ซึ่งได้ทำการเพาะขยายเชื้อจุลินทรีย์ในพื้นที่ดั้งเดิม (indigenous microorganisms : IMO) ให้แข็งแรง และเพิ่มจำนวนมากขึ้นเพื่อใช้เป็นจุลินทรีย์ในการปรับปรุงบำรุงดิน (ฮาน, 2547) นอกจากนี้ยังมีเกษตรกรทดลองผลิตหัวเชื้อจุลินทรีย์จากธรรมชาติ เช่น จากเศษผัก ผลไม้, เศษอาหารสด, ตาสับปรด, เศษไม้ ใบไม้ ผุ และดินที่มีเส้นใยเชื้อราสีขาวอีกด้วย

จากผลงานวิจัยและแนวคิดดังกล่าวข้างต้นงานวิจัยครั้งนี้ จึงได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ที่จะใช้จุลินทรีย์ดินในท้องถิ่น เป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์ในการผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพที่มีประสิทธิภาพ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อสนับสนุนให้เกษตรกร และผู้สนใจสามารถผลิตหัวเชื้อจุลินทรีย์สำหรับผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพขึ้นใช้ได้เอง และเป็นการลดต้นทุนการผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพในส่วนค่าใช้จ่ายของหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด

วิธีการวิจัย

1) การเก็บตัวอย่างดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินจากแหล่งต่างๆ โดยเป็นดินไร่ 3 ตัวอย่าง และดินนา 3 ตัวอย่าง ซึ่งได้จำแนกลักษณะของดินเป็นชุดดิน (Soil series) โดยอ้างอิงจากแผนที่ดิน (กองสำรวจและจำแนกดิน, 2542ก; กองสำรวจและจำแนกดิน, 2542ข และอนุกุล, 2542) ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2548 ถึงเดือนเมษายน 2548 รายละเอียดของชนิดและแหล่งของตัวอย่างดินดังแสดงในตารางที่ 1 ทำการเก็บตัวอย่างดินเพื่อศึกษาจุลินทรีย์ดินตามวิธีของสมศักดิ์ (2511) โดยใช้พลั่วขุดหน้าดินออกประมาณ 0.5 นิ้ว ทั้งไป เจาะดินด้วยหลอดเจาะปลอดเชื้ออีก 6 นิ้ว โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินมากกว่า 5 จุด เก็บตัวอย่างดินลงในกล่องพลาสติกที่สะอาด จากนั้นบดดิน และร่อนรวมกัน ด้วยตะแกรงที่สะอาดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร เก็บใส่กล่องพลาสติก ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2) การวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ดิน

เตรียมสารละลายจุลินทรีย์ (cell suspensions) จากตัวอย่างดิน โดยละลายตัวอย่างดิน 10 กรัม ใน 0.85% (w/v) NaCl ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน และทำการเจือจางด้วย NaCl 0.85% ให้ได้ความเข้มข้นที่ 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} - 10^{-8} (ดัดแปลงจากวิธีของจักรกฤษณ์และนิวัต, 2541) วิธีวิเคราะห์ดังนี้ 2.1) ตรวจวิเคราะห์หาจำนวนแบคทีเรีย โดยวิธีมาตรฐาน Plate count ตามวิธีของจักรกฤษณ์ และนิวัต (2541) ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptic soy agar

ตารางที่ 1 ชนิดและแหล่งของตัวอย่างดินที่ใช้ในการศึกษา

ตัวอย่างดิน	วัน/เวลาที่เก็บตัวอย่าง	สภาพดิน	จังหวัด	ตำแหน่งที่ทำการเก็บตัวอย่าง
ชุดดินจอมพระ (Cpr)	25 มี.ค. 48 , 10.15 น.	ดินไร่	นครราชสีมา	14° 55' 45.63'' N, 102° 03' 18.39'' E
ชุดดินห้วยแถลง (Ht)	18 เม.ย. 48 , 11.44 น.	ดินไร่	นครราชสีมา	14° 58' 01.18'' N, 102° 04' 42.80'' E
ชุดดินขามทะเลสอ (Kts)	22 ก.พ. 48 , 15.30 น.	ดินนา	ขอนแก่น	16° 25' 48.56'' N, 102° 47' 42.20'' E
ชุดดินราชบุรี (Rb)	12 มี.ค. 48 , 11.21 น.	ดินนา	นครราชสีมา	14° 51' 54.93'' N, 101° 38' 57.09'' E
ชุดดินร้อยเอ็ด (Re)	7 มี.ค. 48 , 9.30 น.	ดินนา	ขอนแก่น	16° 26' 42.96'' N, 102° 48' 41.88'' E
ชุดดินยโสธร (Yt)	7 มี.ค. 48 , 8.15 น.	ดินไร่	ขอนแก่น	16° 28' 26.10'' N, 102° 49' 01.74'' E

(ดัดแปลงจาก Lee *et al.*, 2004) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 3-5 วัน จึงนำออกมานับจำนวนโคโลนี (2.2) ตรวจวิเคราะห์หาจำนวนยีสต์โดยวิธีมาตรฐาน Plate count ด้วยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Yeast extract-Malt extract agar ร่วมกับสารปฏิชีวนะ Streptomycin 33 ppm บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 3-5 วัน จึงนำออกมานับจำนวนโคโลนี (ดัดแปลงจากวิธีของ Azeredo *et al.*, 1998) (2.3) ตรวจวิเคราะห์หาจำนวนรา โดยวิธีมาตรฐาน Plate count ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Rose Bengal-Streptomycin agar (Lee *et al.*, 2004) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-7 วัน จึงนำออกมานับจำนวนโคโลนี บันทึกลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโคโลนี (colony morphology) จุลินทรีย์ทุกชนิด ได้แก่ รูปร่างคงที่แน่นอน/ไม่แน่นอน (regular/irregular), ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (diameter), ความขุ่น/ใส (opaque/shiny), สี (pigment), ลักษณะขอบหยัก/เรียบ (rough/smooth) และ ผิวหน้าโคโลนี นูน/เว้า/แบนราบ (convex/concave/flat) (สิรินดา, 2540)

3) การหมักเพื่อผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพ

นำตัวอย่างดิน 1,000 กรัม ละลายใน 0.85% NaCl ปริมาตร 1 ลิตร (10% ของ working volume) กวนให้เข้ากันแช่ทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อเป็นการสกัดเซลล์ จุลินทรีย์ดินจากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางจะได้สารละลาย

ที่มีเซลล์ จุลินทรีย์ดินแขวนลอยอยู่ ซึ่งใช้เป็นสารละลายหัวเชื้อจุลินทรีย์ในการทดลองผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพ ทำการทดลองหมักเพื่อผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพในเดือนกันยายน ถึงเดือนตุลาคม 2548 โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD 8 ดำรับ จำนวน 3 ซ้ำ ดังรายละเอียดในตารางที่ 2 และทำการหมักแบบเบ็ดเสร็จ (batch) ที่สภาวะไร้ออกซิเจน (anaerobic condition) ในภาชนะพลาสติกทึบแสงมีฝาปิดปริมาตร 10 ลิตร โดยใช้สูตรวัตถุดิบผักและผลไม้ที่ล้างด้วยน้ำสะอาด : กากน้ำตาล : น้ำสะอาด เท่ากับ 3 : 1 : 1 (โดยน้ำหนัก) เพิ่มรำข้าวเจ้าละเอียด 40 กรัม/ลิตร เพื่อเป็นแหล่งไนโตรเจน (ดัดแปลงจากกรมพัฒนาที่ดิน, 2545) ทำชุดควบคุมไม่ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ดิน โดยใส่ 0.85% NaCl ปลอดเชื้อทดแทน 1 ดำรับ และชุดที่ใช้หัวเชื้อสารเร่ง พด.2 ในอัตราส่วน 25 กรัม ต่อวัสดุหมักปริมาตร 50 ลิตร ตามอัตราส่วนแนะนำข้างบรรจุภัณฑ์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546) 1 ดำรับ ติดตามการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการหมัก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545) ได้แก่ ค่าความนำไฟฟ้า (EC) โดยใช้ Electrical conductivity meter ความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้ pH-meter ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด โดยวิธี Phenol sulfuric acid (Dubois *et al.*, 1956) และจำนวน จุลินทรีย์ทั้งหมดในปุ๋ยน้ำชีวภาพโดยวิธีมาตรฐาน Plate count ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA) ทำการหมักเป็นระยะเวลา 30 วัน หลังจากนั้นกรองเอากาก

และอนุภาควัสดุหมักออกโดยใช้ผ้าขาวบาง และล้าสี เก็บรักษาตัวอย่างปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2 คำรับและความหมายของปุ๋ยน้ำชีวภาพ ที่ทำการผลิตในการทดลองครั้งนี้

คำรับ	ความหมาย
Fer Control	ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ไม่ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์จากตัวอย่างดิน
Fer พด.2	ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์จากสารเร่งพด.2
Fer Cpr	ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์จากตัวอย่างดินชุดจอมพระ
Fer Ht	ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์จากตัวอย่างดินชุดห้วยแถลง
Fer Kts	ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์จากตัวอย่างดินชุดขามทะเลสอ
Fer Rb	ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์จากตัวอย่างดินชุดราชบุรี
Fer Re	ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์จากตัวอย่างดินชุดร้อยเอ็ด
Fer Yt	ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์จากตัวอย่างดินชุดยโสธร

4) การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีฟิสิกส์ และจำนวนจุลินทรีย์ของปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้

ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของปุ๋ยน้ำชีวภาพได้แก่ ความนำไฟฟ้า (EC) และความเป็นกรด-ด่าง (pH) และตรวจวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารพืช ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ด้วยวิธี Micro Kjeldahl (เกษสุตา, ดวงสมร และสงัด, 2541) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (K_2O) โดยดัดแปลงจากวิธีของปรีดา, พิชิต และวิศิษฐ์ (2536) วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุ

(OM) โดยไตเตรทหาปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ด้วยวิธี Dichromate oxidation (Walkley and Black, 1934) ตรวจวิเคราะห์จำนวน และลักษณะทางสัณฐานวิทยา (สิรินดา, 2540) ของจุลินทรีย์แต่ละจำพวก (แบคทีเรีย, รา และ ยีสต์) โดยวิธีมาตรฐาน Plate count (จักรกฤษณ์ และนิวัต, 2541) ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อตามข้อ 2

5) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของข้อมูล และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นตั้งแต่ 95% ($p \leq 0.05$) ด้วยโปรแกรม SPSS Version 11.5

ผลการทดลอง

1) สมบัติของดินจากแหล่งต่าง ๆ

1.1) สมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของดิน

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของตัวอย่างดินที่นำมาทำการศึกษา พบว่าค่าความนำไฟฟ้า (EC) ของตัวอย่างดินชุดร้อยเอ็ด, ขามทะเลสอ และราชบุรี ซึ่งเป็นดินนามีค่าอยู่ในช่วง 0.14-0.20 เดซิซีเมน/เมตร ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างดินชุดจอมพระ, ยโสธร และห้วยแถลง ซึ่งเป็นดินไร้ มีค่า EC อยู่ในช่วง 0.03-0.09 เดซิซีเมน/เมตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของตัวอย่างดินทุกตัวอย่างค่อนข้างเป็นกรดเล็กน้อยถึงกลาง กล่าวคือมีค่าอยู่ในช่วง 5.18-7.32 โดยตัวอย่างดินชุดขามทะเลสอมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุดและตัวอย่างดินชุดร้อยเอ็ดมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุด อุณหภูมิของตัวอย่างดินโดยทำการวัดขณะเก็บตัวอย่างที่ความลึก 6 นิ้ว พบว่าทุกตัวอย่างมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 28.0-36.0 องศาเซลเซียส ($^{\circ}C$) โดยตัวอย่างดินชุดยโสธรมีอุณหภูมิต่ำที่สุด และตัวอย่างดินชุดห้วยแถลง

มีอุณหภูมิสูงที่สุด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai. P) และปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) พบว่า ตัวอย่างดินชุดห้วยแกลงมีปริมาณสูงที่สุดเท่ากับ 267.09 ppm และ 2.41% ตามลำดับ ขณะที่ตัวอย่างดินชุดจอมพระมีปริมาณเท่ากับ 6.72 ppm และ 0.97% ตามลำดับ ซึ่งต่ำที่สุดอีกด้วย ปริมาณโพแทสเซียมที่

แลกเปลี่ยนได้ (Exch. K) พบว่าตัวอย่างดินชุดราชบุรี ซึ่งเป็นดินนามีปริมาณสูงที่สุดเท่ากับ 174.0 ppm ขณะที่ตัวอย่างดินยโสธรมีปริมาณต่ำที่สุดเท่ากับ 49.0 ppm และพบว่าในตัวอย่างดินชุดราชบุรีซึ่งเป็นดินนาความชื้นสูงสุดเท่ากับ 16.31% และตัวอย่างดินชุดจอมพระ ซึ่งเป็นดินไร่มีความชื้นต่ำที่สุดเท่ากับ 0.51% (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 สมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของตัวอย่างดินที่นำมาทำการศึกษา

ตัวอย่างดิน (จำแนกตามชุดดิน)	pH (1:2.5 H ₂ O)	EC (1:5 H ₂ O; dS/m)	OM (%)	Avai. P (ppm)	Exch. K (ppm)	อุณหภูมิ (C°)	ความชื้น (% โดยน้ำหนัก)
จอมพระ (Cpr)	6.15	0.03	0.97	6.72	58.5	30.0	0.51
ห้วยแกลง (Ht)	6.05	0.09	2.41	267.09	147.5	36.0	0.85
ขามทะเลสอ (Kts)	5.18	0.14	1.20	9.69	50.0	29.5	2.15
ราชบุรี (Rb)	7.02	0.20	1.28	78.59	174.0	35.0	16.31
ร้อยเอ็ด (Re)	7.32	0.14	1.45	11.48	61.5	30.0	10.64
ยโสธร (Yt)	5.45	0.08	1.25	7.54	49.0	28.0	7.02

1.2) จำนวนจุลินทรีย์ในดิน

จากการวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ในแต่ละจำพวก และสังเกตลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโคโลนีจุลินทรีย์ พบว่าจำนวนแบคทีเรียในตัวอย่างดินชุดร้อยเอ็ดมีมากที่สุดเท่ากับ 3.5×10^5 โคโลนี/กรัม ตัวอย่าง แต่มีจำนวนชนิดแบคทีเรียที่โดดเด่นด้านจำนวนโคโลนีเพียง 1 ชนิด คือโคโลนีมีลักษณะกลม สีผิวหน้าแบนราบ ผิวมันวาว ขอบเรียบ สีน้ำตาลแกมเหลือง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-5 มิลลิเมตร สำหรับรา พบว่าตัวอย่างดินชุดยโสธรมีจำนวนมากที่สุดเท่ากับ 2.31×10^5 โคโลนี/กรัมตัวอย่างและมีจำนวนชนิดราที่โดดเด่นด้านจำนวนโคโลนีมากที่สุดเท่ากับ 3 ชนิด คือ ชนิดที่ 1 โคโลนีมีลักษณะรูปร่างไม่แน่นอน ขอบหยัก ผิวหน้าแบนราบ เส้นใยสีขาว สปอร์สีดำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10-20 มิลลิเมตร ชนิดที่ 2 โคโลนีมีลักษณะกลม ผิวหน้าแบนราบ ขอบหยัก เส้นใยสีขาว กลางโคโลนีมีรอยผ่า 3 แฉก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8-15 มิลลิเมตร และชนิดที่ 3 โคโลนีมีลักษณะกลม ผิวหน้าโค้งเว้า ขอบหยัก เส้นใยสีขาว สปอร์สีเขียวย่อน

แกมเหลือง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5-8 มิลลิเมตร และยีสต์นั้นพบ 1 ชนิด ในตัวอย่างดินชุดห้วยแกลงเท่านั้น โดยโคโลนีมีลักษณะกลม ชุ่ม ผิวหนานูน มันวาว ขอบเรียบ สีขาวแกมเหลืองอมส้ม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.3-0.8 มิลลิเมตร โดยมีจำนวนเท่ากับ 2.0×10^4 โคโลนี/กรัมตัวอย่าง (ตารางที่ 4)

2) การเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการหมักเพื่อผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพ

2.1) การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีฟิสิกส์

ในวันที่ 0 ของการหมัก พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพทุกตัวรับมีค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 5.19-5.30 และลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 0-1 มาอยู่ในช่วง 4.20-4.30 จากนั้นจะเริ่มคงที่ในช่วงวันที่ 4-30 โดยในวันที่ 30 ของการหมัก ทุกตัวรับมีค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วง 3.50-3.59 ซึ่งตัวรับ Fer Yt มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด และตัวรับ Fer Cpr มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด (ภาพที่ 1)

สำหรับค่าเฉลี่ยค่าความนำไฟฟ้า (EC) พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพทุกตำรับมีค่าเฉลี่ยเริ่มต้นในช่วง 12.24-12.80 เดซิซีเมน/เมตร และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 0-3 โดยในวันที่ 3 ทุกตำรับมีค่าเฉลี่ยค่าความนำไฟฟ้าในช่วง 13.87-14.74 เดซิซีเมน/เมตร ซึ่งตำรับ Fer พด.2 มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด และตำรับ Fer Re มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดและพบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ Fer Re

มีค่าเฉลี่ยค่าความนำไฟฟ้าสูงที่สุดเท่ากับ 16.01 เดซิซีเมน/เมตร ในวันที่ 16 ของการหมัก และเมื่อถึงวันที่ 30 ของการหมัก ค่าเฉลี่ยค่าความนำไฟฟ้าของปุ๋ยน้ำชีวภาพทุกตำรับลดลงมาอยู่ในช่วง 15.04-15.56 เดซิซีเมน/เมตร โดยตำรับ Fer พด.2 มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด และตำรับ Fer Re มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (ภาพที่ 2)

ตารางที่ 4 จำนวนจุลินทรีย์ในตัวอย่างดินที่นำมาทำการศึกษา

ตัวอย่างดิน (จำแนกตามชุดดิน)	จำพวกจุลินทรีย์ (โคโลนี/กรัมตัวอย่าง)		
	แบคทีเรีย	รา	ยีสต์
จอมพระ (Cpr)	8.5 x 10 ⁶ (2)	1.36 x 10 ⁴ (1)	NA
ห้วยแถลง (Ht)	3.10 x 10 ⁷ (2)	5.1 x 10 ⁴ (2)	2.00 x 10 ⁴ (1)
ขามทะเลสอ (Kts)	2.86 x 10 ⁶ (2)	6.1 x 10 ⁴ (2)	NA
ราชบุรี (Rb)	4.6 x 10 ⁷ (2)	5.9 x 10 ⁴ (2)	NA
ร้อยเอ็ด (Re)	3.5 x 10 ⁸ (1)	5.5 x 10 ⁴ (2)	NA
ยโสธร (Yt)	1.90 x 10 ⁶ (2)	2.31 x 10 ⁵ (3)	NA

หมายเหตุ : ตัวเลขในเครื่องหมาย () หมายถึงจำนวนชนิดจุลินทรีย์ที่มีความโดดเด่นด้านจำนวนโคโลนี, NA : Non Available

2.2) การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์และปริมาณน้ำตาล

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total cell number) พบว่าวันที่ 0 ของการหมักค่าเฉลี่ยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในปุ๋ยน้ำชีวภาพทุกตำรับอยู่ในช่วง 5.59-7.47 log โคโลนี/มิลลิลิตร โดยตำรับ Fer Control มีค่าเฉลี่ยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำที่สุด และตำรับ Fer Rb มีค่าเฉลี่ยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงที่สุด และพบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ Fer Re และ Fer Ht จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนได้สูงที่สุดในวันที่ 3 ของการหมักเท่ากับ 12.66 และ 13.32 log โคโลนี/มิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ Fer พด.2, Fer Control และ Fer Yt จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนได้สูงที่สุดในวันที่ 5 ของการหมักเท่ากับ 12.67, 12.94 และ 13.05 log โคโลนี/มิลลิลิตร ตามลำดับ และปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ Fer Cpr, Fer Kts และ Fer Rb จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนได้สูงที่สุดในวันที่ 9 ของการหมักเท่ากับ 12.60, 12.96 และ 13.39 log โคโลนี/มิลลิลิตร ตามลำดับ หลังจากทำการหมัก 30 วัน พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพทุกตำรับมีค่าเฉลี่ยจำนวนจุลินทรีย์

ทั้งหมดลดลงมาอยู่ในช่วง 8.05-10.47 log โคโลนี/มิลลิลิตร โดยตำรับ Fer Re มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด และตำรับ Fer Kts มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (ภาพที่ 3)

สำหรับการใช้แหล่งอาหารคาร์บอน พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar) ของปุ๋ยน้ำชีวภาพทุกตำรับเริ่มต้นในช่วง 53.00-55.00 กรัม/ลิตร โดยตำรับ Fer Control, Fer พด.2, Fer Cpr, Fer Ht, Fer Kts และ Fer Re ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 2-5 โดยมีอัตราการใช้น้ำตาลเท่ากับ 5.00, 4.78, 6.78, 4.33, 5.67 และ 5.33 กรัม/ลิตร/วัน ตามลำดับ ส่วนตำรับ Fer Rb ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 2-7 ที่อัตรา 4.20 กรัม/ลิตร/วัน และตำรับ Fer Yt ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 2-4 ที่อัตรา 7.67 กรัม/ลิตร/วัน และในวันที่ 30 ของการหมัก พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของปุ๋ยน้ำชีวภาพทุกตำรับอยู่ในช่วง 12.37-16.70 กรัม/ลิตร โดยตำรับ Fer Cpr มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด และตำรับ Fer Control มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเริ่มต้นในวันที่ 0 พบว่าทุกตำรับมีค่าเฉลี่ย

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลงในช่วง 69.26–76.66% ซึ่งตำรับ Fer Cpr มีค่าเฉลี่ยลดลงมากที่สุด และตำรับ Fer Control มีค่าเฉลี่ยลดลงน้อยที่สุด (ภาพที่ 4)

3) สมบัติของตัวอย่างปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้

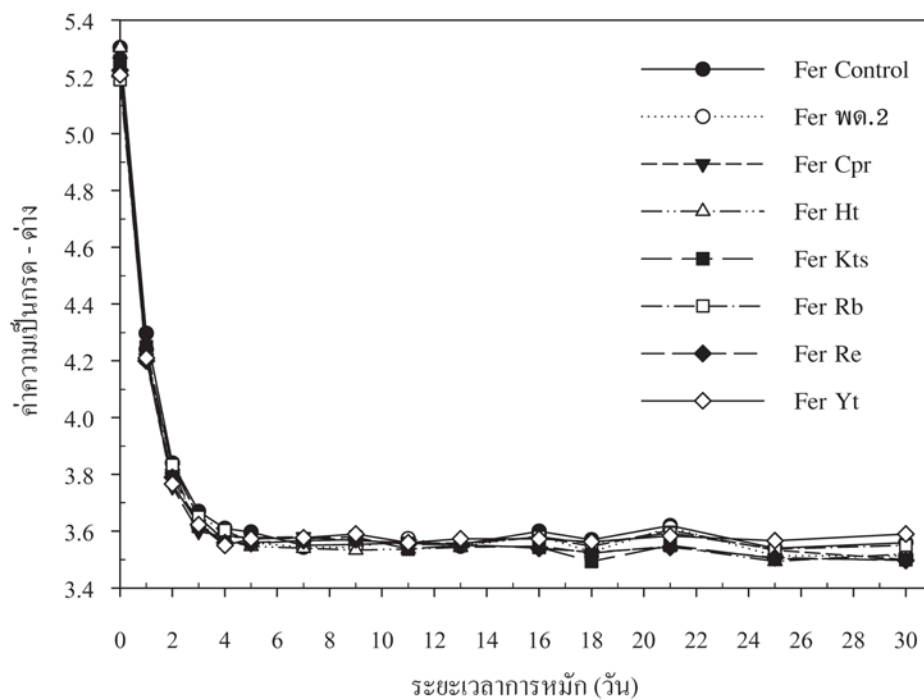
3.1) สมบัติทางเคมีฟิสิกส์และปริมาณธาตุอาหาร

พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ Fer Re ให้ค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) แตกต่างจากตำรับอื่นๆ ยกเว้นตำรับ Fer Control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุดเท่ากับ 3.49 และตำรับ Fer Yt มีค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดเท่ากับ 3.59 สำหรับค่าเฉลี่ยค่าความนำไฟฟ้า (EC) พบว่าทุกตำรับให้ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยในช่วง 15.04–15.56 เดซิซีเมน/เมตร กล่าวคือ ตำรับ Fer Kts มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด และตำรับ Fer พด.2 มีค่าเฉลี่ยค่าความนำไฟฟ้าต่ำที่สุด ส่วนปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) และค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ Fer Control ให้ค่าเฉลี่ยแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือตำรับ Fer Control มีค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรีย์วัตถุ และค่าเฉลี่ยอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงที่สุดเท่ากับ 2.35% และ 11.43 ตามลำดับ สำหรับปริมาณธาตุอาหารพืช พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ Fer Re ให้ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N) แตกต่างจากตำรับ Fer Control, Fer Cpr และ Fer Kts อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตำรับ Fer Re มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 0.214% และตำรับ Fer Control มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.120% ส่วนปริมาณฟอสฟอรัส (P2O5) พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพทุกตำรับให้ค่าเฉลี่ยไม่

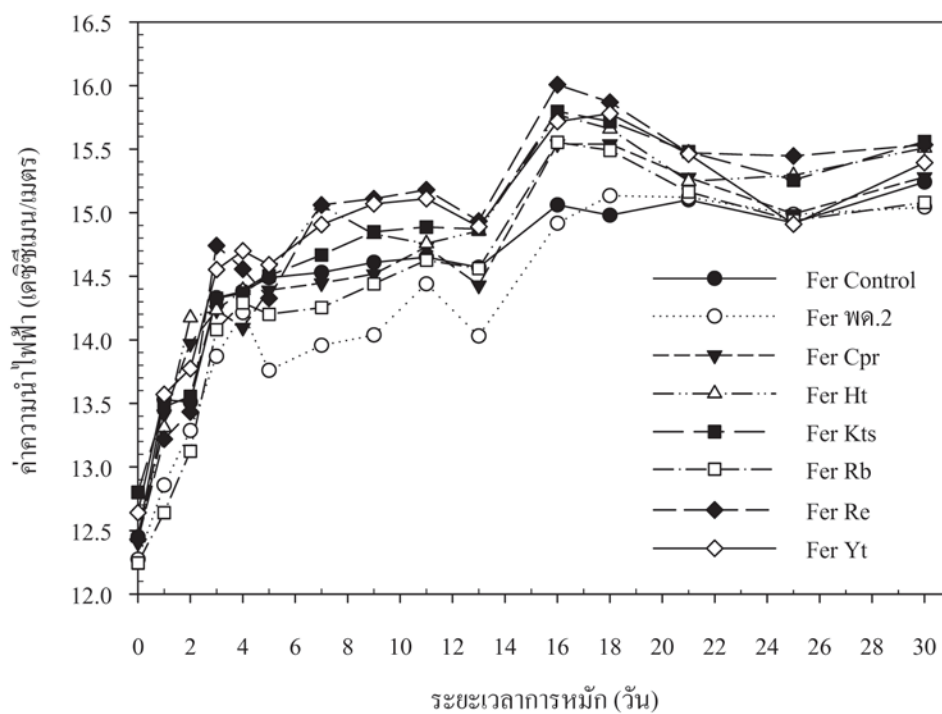
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ Fer Re มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 0.172% และปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ Fer Cpr มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.115% สำหรับปริมาณโพแทสเซียม (K2O) พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ Fer Yt ให้ค่าเฉลี่ยแตกต่างจากตำรับ Fer Cpr, Fer Ht และ Fer Kts อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ Fer Yt มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 0.429% และตำรับ Fer Kts มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.230% (ตารางที่ 5)

3.2) จำนวนและจำพวกจุลินทรีย์ที่พบ

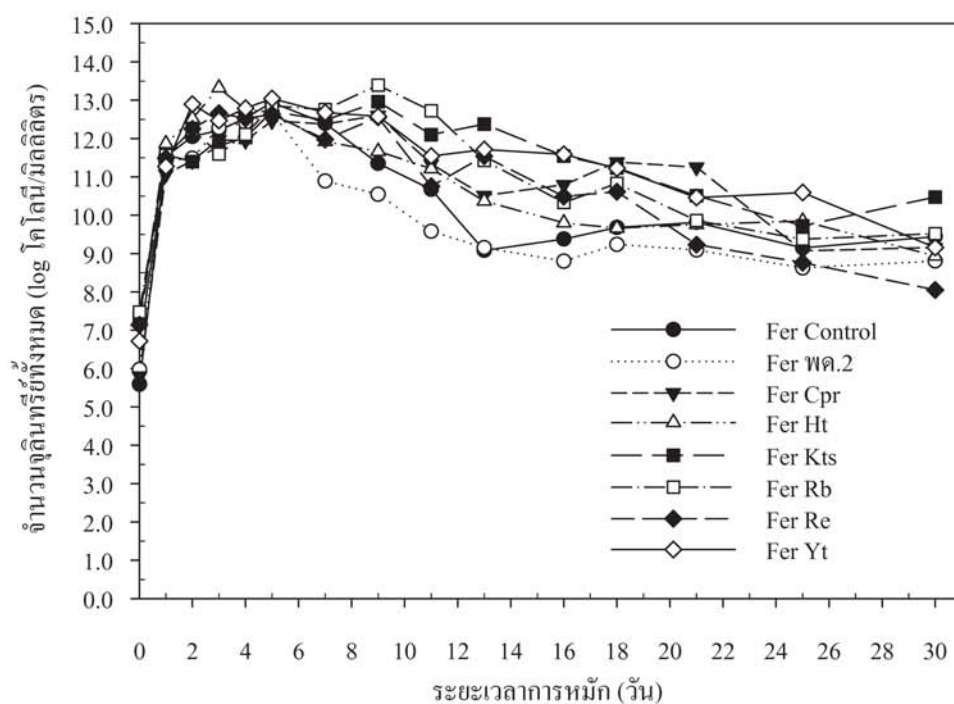
จากการวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ในแต่ละจำพวก และสังเกตลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโคโลนีจุลินทรีย์ (ตารางที่ 6) ในตัวอย่างปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้ พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพทุกตำรับ มีค่าเฉลี่ยจำนวนแบคทีเรียมากกว่า 10^8 โคโลนี/มิลลิลิตร และไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยตำรับ Fer Yt มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 8.47×10^8 โคโลนี/มิลลิลิตร และตำรับ Fer Cpr มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 1.82×10^8 และพบว่าตำรับ Fer พด.2 และ Fer Yt มีจำนวนชนิดแบคทีเรียที่มีความโดดเด่นด้านจำนวนโคโลนีมากที่สุดเท่ากับ 3 ชนิด โดยที่ตำรับอื่นๆ มีจำนวนชนิดแบคทีเรียที่มีความโดดเด่นด้านจำนวนโคโลนีเท่ากับ 2 ชนิด สำหรับราในตัวอย่างปุ๋ยน้ำชีวภาพ พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพทุกตำรับมีค่าเฉลี่ยจำนวนราในช่วง 10^5 – 10^7 โคโลนี/มิลลิลิตร และไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ Fer Re มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 2.45×10^7 โคโลนี/มิลลิลิตร และตำรับ Fer Control มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 3.67×10^5 โคโลนี/มิลลิลิตร โดยตำรับ Fer Control, Fer พด.2 และ Fer Yt



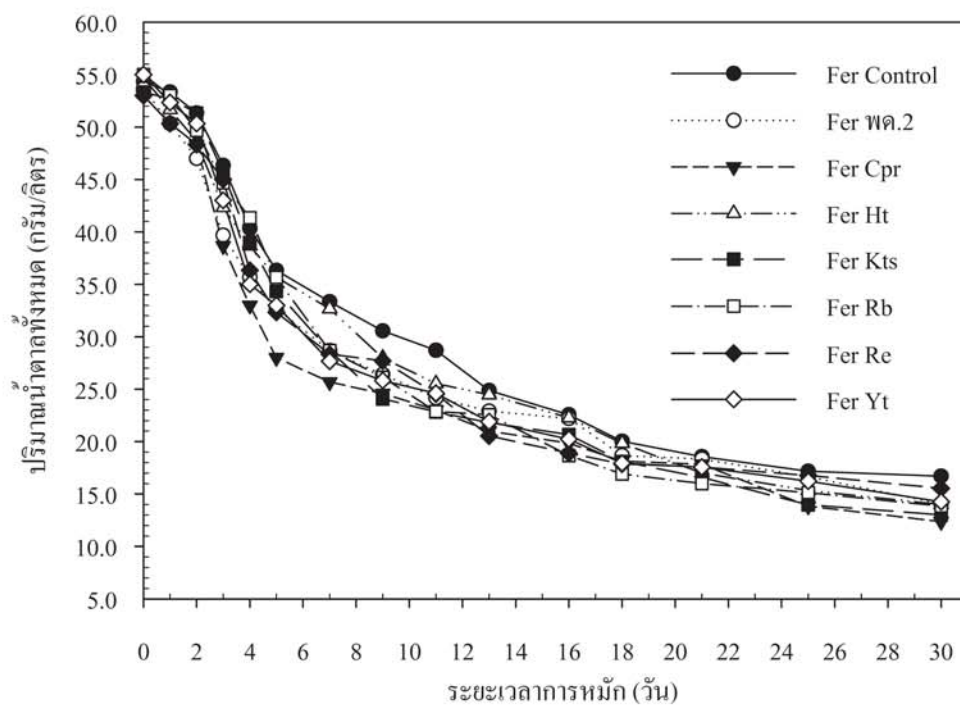
ภาพที่ 1 ค่าความเป็นกรด - ด่างของปุ๋ยน้ำชีวภาพตลอดระยะเวลาการหมัก 30 วัน



ภาพที่ 2 ค่าความนำไฟฟ้า (EC) ของปุ๋ยน้ำชีวภาพตลอดระยะเวลาการหมัก 30 วัน



ภาพที่ 3 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (แบคทีเรีย หรือยีสต์ หรือรา) ของปุ๋ยน้ำชีวภาพตลอดระยะเวลาการหมัก 30 วัน



ภาพที่ 4 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total Sugar) ของปุ๋ยน้ำชีวภาพตลอดระยะเวลาการหมัก 30 วัน

ตารางที่ 5 สมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของตัวอย่างปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้

ตำรับปุ๋ยน้ำชีวภาพ	pH	EC (dS/m)	OM (%)	C/N ratio	Total N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)
Fer Control	3.56 ^{ab}	15.24	2.35 ^a	11.43 ^a	0.120 ^d	0.140	0.424 ^{ab}
Fer พด.2	3.51 ^{cd}	15.04	1.31 ^b	4.32 ^b	0.171 ^{a-d}	0.161	0.359 ^{a-c}
Fer Cpr	3.50 ^d	15.28	1.20 ^b	4.88 ^b	0.151 ^{b-d}	0.115	0.325 ^c
Fer Ht	3.52 ^{cd}	15.51	1.20 ^b	3.81 ^b	0.189 ^{a-c}	0.132	0.328 ^{bc}
Fer Kts	3.50 ^d	15.56	1.23 ^b	5.25 ^b	0.136 ^{cd}	0.116	0.230 ^d
Fer Rb	3.55 ^{bc}	15.08	1.24 ^b	3.96 ^b	0.182 ^{a-c}	0.143	0.340 ^{a-c}
Fer Re	3.49 ^d	15.53	1.25 ^b	3.44 ^b	0.214 ^a	0.172	0.428 ^a
Fer Yt	3.59 ^a	15.39	1.23 ^b	3.52 ^b	0.207 ^{ab}	0.141	0.429 ^a
F-test	**	NS	**	**	*	NS	**
C.V. (%)	0	1.56	18.80	23.22	18.46	22.57	8.84

หมายเหตุ : NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 6 จำนวนจุลินทรีย์ในตัวอย่างปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้

ตำรับ ปุ๋ยน้ำชีวภาพ	พวกจุลินทรีย์ (โคโลนี/มิลลิลิตรตัวอย่าง)		
	แบคทีเรีย	รา	ยีสต์
Fer Control	3.43 x 10 ⁸ (2)	3.67 x 10 ⁵ (2)	2.14 x 10 ^{7a-c} (1)
Fer พด.2	6.33 x 10 ⁸ (3)	5.07 x 10 ⁵ (2)	2.95 x 10 ^{7a} (1)
Fer Cpr	1.82 x 10 ⁸ (2)	7.87 x 10 ⁵ (1)	1.92 x 10 ^{7a-c} (1)
Fer Ht	3.47 x 10 ⁸ (2)	2.72 x 10 ⁶ (1)	2.77 x 10 ^{7ab} (1)
Fer Kts	2.42 x 10 ⁸ (2)	2.03 x 10 ⁷ (1)	7.38 x 10 ^{6c} (1)
Fer Rb	3.23 x 10 ⁸ (2)	2.28 x 10 ⁶ (1)	8.26 x 10 ^{6c} (1)
Fer Re	4.25 x 10 ⁸ (2)	2.45 x 10 ⁷ (1)	1.19 x 10 ^{7bc} (1)
Fer Yt	8.47 x 10 ⁸ (3)	2.80 x 10 ⁶ (2)	7.46 x 10 ^{6c} (1)
F-test	NS	NS	*
C.V. (%)	80.42	205.96	55.57

หมายเหตุ : ตัวเลขในเครื่องหมาย () หมายถึง จำนวนชนิดจุลินทรีย์ที่มีความโดดเด่นด้านจำนวนโคโลนี

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

มีจำนวนชนิดราที่มีความโดดเด่นด้านจำนวนโคโลนีมากที่สุดเท่ากับ 2 ชนิด ขณะที่ปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับอื่นมีจำนวนชนิดราที่มีความโดดเด่นด้านจำนวนโคโลนีเพียง 1 ชนิด ส่วนยีสต์ พบว่าในตัวอย่างปุ๋ยน้ำชีวภาพทุกตำรับมีค่าเฉลี่ยจำนวนยีสต์ในช่วง 106-107 โคโลนี/มิลลิลิตร โดยตำรับ Fer พด.2 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 2.95×10^7 โคโลนี/มิลลิลิตร และแตกต่างจากตำรับ Fer Kts, Fer Rb, Fer Re และ Fer Yt อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนตำรับ Fer Kts มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 7.38×10^7 โคโลนี/มิลลิลิตร โดยทุกตำรับมีจำนวนชนิดยีสต์ที่มีความโดดเด่นด้านจำนวนโคโลนีเพียง 1 ชนิด

สรุปและวิจารณ์

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้ พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ Fer Re มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N) และฟอสฟอรัส (P2O5) สูงกว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้ตำรับอื่นๆ คือมีค่าเท่ากับ 0.214 และ 0.172% ตามลำดับ ซึ่งอาจเกิดจากอิทธิพลของกลุ่มจุลินทรีย์ย่อยสลายอินทรีย์วัตถุทำให้เกิดการปลดปล่อยธาตุอาหาร (สมพร, 2547) จากวัสดุหมักออกมาอยู่ในรูปสารละลาย (สุริยา, 2542) และเกิดการเปลี่ยนสารอินทรีย์ไปอยู่ในรูปสารอนินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545) สำหรับปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ Fer Control มีปริมาณอินทรีย์วัตถุมากกว่าตำรับอื่น ซึ่งให้ผลการวิเคราะห์สัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลที่เหลือ โดยอาจมีสาเหตุมาจากจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น และหรือความสามารถในการใช้แหล่งอาหารคาร์บอนของจุลินทรีย์ในปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ Fer Control น้อยกว่าตำรับอื่นๆ ซึ่งมีการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ดิน ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้ทุกตำรับมีความเป็นกรดสูง คือมีค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วง 3.50-3.59 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิต โดยการหมักแบบเบ็ดเสร็จ (batch) สภาวะไร้ออกซิเจน สูตรผลไม้ม

รวม (3.60) แต่ต่ำกว่าสูตรผัก (4.30), สูตรปลา (4.35), สูตรหอยเชอรี่ (4.65) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545) และสูตรของโครงการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ปุ๋ยน้ำชีวภาพชุมชนเกษตรเทพารักษ์ (5.65) ซึ่งใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ 18 ชนิดสายพันธุ์ (สิทธิศักดิ์, 2546) สำหรับค่าความนำไฟฟ้า (EC) พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้ทุกตำรับมีค่าในช่วง 15.04 -15.56 เดซิซีเมน/เมตร ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานทางวิชาการของปุ๋ยอินทรีย์น้ำกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2544 ซึ่งต้องไม่เกิน 10 เดซิซีเมน/เมตร (สมคิด, ม.ป.ป.) โดยปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้ทุกตำรับมีค่าความนำไฟฟ้าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตรผัก (15.90 เดซิซีเมน/เมตร) แต่ต่ำกว่าสูตรปลา (21.60 เดซิซีเมน/เมตร) และสูตรหอยเชอรี่ (29.18 เดซิซีเมน/เมตร) และสูงกว่าสูตรผลไม้รวม (3.78 เดซิซีเมน/เมตร) และสูตรของโครงการฯ (2.73 เดซิซีเมน/เมตร) การที่ปุ๋ยน้ำชีวภาพมีค่าความนำไฟฟ้าสูง อาจมีสาเหตุมาจากใช้วัตถุดิบที่ใช้มีแร่ธาตุที่ทำให้เกิดค่าความนำไฟฟ้าสูง ซึ่งแร่ธาตุดังกล่าวจะละลายอยู่ในพลาสมาหรือของเหลวภายนอกเซลล์ของสิ่งมีชีวิต โดยทั่วไปแล้วค่าความนำไฟฟ้าที่เหมาะสมกับการปลูกพืชไม่ควรเกิน 4.0 เดซิซีเมน/เมตร (พงศ์ศิริ, 2538) จึงมีการแนะนำให้มีการเจือจางปุ๋ยน้ำชีวภาพเพื่อลดความเค็มลงในอัตรา 1:100-500 (สุริยา, 2542) จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืช พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้ทุกตำรับมีปริมาณธาตุอาหารพืชต่ำมาก เมื่อเทียบกับปุ๋ยเคมี กล่าวคือ มีปริมาณไนโตรเจนในช่วง 0.120-0.214% ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานทางวิชาการของปุ๋ยอินทรีย์น้ำซึ่งไม่เกินร้อยละ 2 (สมคิด, ม.ป.ป.) และมีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตรผัก (0.14%) แต่ต่ำกว่าสูตรของโครงการฯ (1.39%), สูตรปลา (0.98%), สูตรหอยเชอรี่ (0.35%), สูตรผลไม้รวม (0.27%) ปริมาณฟอสฟอรัส (P2O5) ในช่วง 0.115-0.172% ซึ่งต่ำกว่าเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตรของโครงการฯ (1.56%), สูตรปลา (1.12%), สูตรผัก (0.30%) และสูตรหอยเชอรี่ (0.25%) แต่สูงกว่าสูตร

ผลไม้วรรณ (0.05%) ปริมาณโพแทสเซียม (K₂O) ในช่วง 0.230-0.429% ซึ่งใกล้เคียงเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตรผัก (0.40%) แต่ต่ำกว่าสูตรของโครงการฯ (3.52%), สูตรปลา (1.03%), สูตรหอยเชอรี่ (0.85%) และสูตรผลไม้วรรณ (0.67%) ส่วนจำนวนจุลินทรีย์ในปุ๋ยน้ำชีวภาพพบว่ามีจำนวนไม่ต่ำกว่า 108 โคโลนี/มิลลิลิตร ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานทางวิชาการของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ (สมคิด, ม.ป.ป.) อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยน้ำชีวภาพเพียงอย่างเดียวไม่สามารถเพิ่มอัตราการเจริญของพืชได้แต่การใส่ปุ๋ยน้ำชีวภาพร่วมกับปุ๋ยคอก หรือ ปุ๋ยหมัก และเศษเหลือของพืชหลังการเก็บเกี่ยวจะเป็นการปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น (Marinari et al, 2000) ทั้งนี้คงต้องใช้ระยะ เวลามาาน 4 - 5 ปีขึ้นไป สำหรับการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุที่ใส่เพิ่มให้กับดิน (ประพนธ์, นพมาศ และสุภาวดี, ไม่ปรากฏปีพิมพ์)

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการทดลองนำหัวเชื้อจุลินทรีย์จากแหล่งธรรมชาติอื่นๆ มาทำการศึกษาเพิ่มเติม และอาจมีการปรับปรุงกรรมวิธีในขั้นตอนการผลิตหัวเชื้อจุลินทรีย์โดยการคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในลักษณะเชื้อบริสุทธิ์ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปีการศึกษา 2548

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2545. คู่มือการผลิตและประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
กรมพัฒนาที่ดิน. 2546. สารเร่งประเภทจุลินทรีย์ พด.1 พด.2 พด.3 สำหรับเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตการเกษตร. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กองสำรวจและจำแนกดิน. 2542ก. แผนที่ดินจังหวัดขอนแก่น DETAILED RECONNAISSANCE SOIL MAP OF KHON KAEN PROVINCE. กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กองสำรวจและจำแนกดิน. 2542ข. แผนที่ดินจังหวัดนครราชสีมา DETAILED RECONNAISSANCE SOIL MAP OF NAKHON RATCHASIMA PROVINCE. กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เกษมสุตา เดชภิมล, ดวงสมร ตูลาพิทักษ์ และสัจด์ ปัญญาพฤกษ์. 2541. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่องการวิเคราะห์พืช. ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรมภาคตะวันออก เชียงเหนือ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เกษมศักดิ์ แสนโกชน. การผลิตปุ๋ยอินทรีย์. [ออนไลน์] ม.ป.ป. [อ้างเมื่อ 1 เมษายน 2549]. จาก <http://www.surin.go.th/kaset3.htm>

จักรกฤษณ์ หอมจันทร์ และนิวัต เหลืองชัยศรี. 2541. คู่มือปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางดิน. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. นายกองฟอน. น้ำสกัดชีวภาพ. [ออนไลน์] ม.ป.ป. [อ้างเมื่อ 10 มิถุนายน 2549]. จาก <http://www.asoke.info/09Communication/DharmaPublicize/Dokya/D105/084.html>

ประพนธ์ บุญเจริญ, นพมาศ นามแดง และสุภาวดี แก้วระหัน. อิทธิพลของจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (Effective Microorganisms (EM)) ที่มีต่อผลผลิตของข้าวเจ้า สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในดินชุดร่อยเอ็ด ในปี 1. [ออนไลน์] ม.ป.ป. [อ้างเมื่อ 27 พฤษภาคม 49]. จาก <http://www.agri.ubu.ac.th/mis/research/file/42.pdf>

ปรีดา พากเพียร, พิชิต พงษ์สกุล และวิชชุ์ โชติกุล. 2536. การวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืช. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

- พงศ์ศิริ พชรปรีชา. 2538. หลักการและวิธีการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์. 2545. เกษตรอินทรีย์ในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สมคิด ดิสถาพร. พัฒนากวิธีการผลิตพืชเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อินทรีย์ Development of Plant Production Methods for Organic Products. [ออนไลน์] ม.ป.ป. [อ้างเมื่อ 10 มิถุนายน 2549]. จาก <http://organicthailand.net/book/orgfarmbookheader.html>
- สมพร แซ่ลี. 2547. การศึกษาวิเคราะห์และทดสอบปุ๋ยน้ำชีวภาพที่มีจำหน่ายในท้องตลาด. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สมศักดิ์ วงษ์. 2511. คู่มือปฏิบัติการจุลชีววิทยาของดิน. แผนกวิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สิรินดา ยุ่นฉลาด. 2540. คู่มือปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพ 1. ภาพวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สิทธิศักดิ์ อุปริงค์, สุรศักดิ์ ประชันกาญจนา และชัยทัศน์ ไพรินทร์. 2546. การปรับปรุงผลิตภัณฑ์ปุ๋ยน้ำชีวภาพชุมชนเกษตรเทพารักษ์. วารสารศูนย์บริการวิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 11(3): 37-41.
- สุริยา สาสนรักกิจ. 2542. ปุ๋ยน้ำชีวภาพ. วารสารดินและปุ๋ย. 21(3): 152-171.
- อนุกุล สุจินัย. 2542. การศึกษาทรัพยากรดินและศักยภาพของที่ดินจังหวัดขอนแก่น. กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- Azeredo, L.A.I., Gomes, E.A.T., Mendon-a-Hagler, L.C. and Hagler, A.N. 1998. Yeast communities associate with sugarcane in Campos, Rio de Janeiro, Brazil. Internatl Microbiol. 1: 205-208.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28: 350.
- Lee, J.J., Park, R.D., Kim Y.W., Shim, J.H., Chae, D.H., Rim, Y.S., et al. 2004. Effect of food waste compost on microbial population, soil enzyme activity and lettuce growth. Bioresource Technol. 93: 21-28.
- Marinari, S., Masciandaro, G., Ceccanti, B. and Grego S. 2000. Influence of organic and mineral fertilisers on soil biological and physical properties. Bioresource Technol. 72: 9-17.
- Walkley, A. and Black, I.A. 1934. An examination of the degtijareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.