ปุ๋ยชีวภาพ

วารุณี วงศ์พยัต

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า ปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรนั้นมีราคาแพง อีกทั้งการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นจำนวนมากในการปลูกพืชและใช้อย่างต่อเนื่องกันทุกปี จะมีผลกระทบต่อระบบนิเวศและโครงสร้างของเนื้อดินเป็นผลให้ดินนั้นขาดความอุดมสมบูรณ์และทำให้ดินแข็งยากแก่การปลูกพืช ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการนำจุลินทรีย์ซึ่งมีอยู่อย่างมากมายตามธรรมชาติ มาพัฒนาเป็นปุ๋ยชีวภาพเพื่อบรรเทาปัญหาดังกล่าว

ปุ๋ยที่ใช้กันอยู่ทั่วไปนั้นมีอยู่ 3 ประเภทด้วยกันคือ

1. **ปุ๋ยเคมี** หมายถึง ปุ๋ยที่ได้หรือทำจากสารอนินทรีย์หรือจากสารอินทรีย์สังเคราะห์

2. **ปุ๋ยอินทรีย์** หมายถึง ปุ๋ยที่ได้หรือทำจากอินทรียวัตถุ ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด

ปุ๋ยคอก ได้มาจากมูลสัตว์ต่าง ๆ

ปุ๋ยหมัก ได้มาจากการหมักเศษขยะ เศษพืช

ปุ๋ยพืชสด ส่วนใหญ่ได้มาจากการไถกลบพืชตระกูลถั่วสด ๆ ลงไปในดิน

ปุ๋ยอินทรีย์ปกติจะมีปริมาณธาตุอาหารปุ๋ย (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) ต่ำ แต่มีประโยชน์ในการปรับปรุงดินให้โปร่งร่วนซุย ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญของดินที่พืชต้องการ

3. **ปุ๋ยชีวภาพ** หรือบางครั้งเรียกว่า ปุ๋ยจุลินทรีย์ หมายถึง วัสดุที่มีเชื้อจุลินทรีย์เป็นตัวออกฤทธิ์ (active ingredient) ในการก่อให้เกิดปฏิกิริยา และทำให้พืชได้รับธาตุอาหารที่ต้องการเช่น ปุ๋ย **Rhizobium** ซึ่งมีแบคทีเรียในสกุล **Rhizobium** เป็นตัวการสำคัญ โดยเมื่อใส่ลงไปในดินพร้อมไปกับการปลูกถั่ว เชื้อแบคทีเรียนี้จะเข้าสร้างปมในรากถั่ว สามารถทำให้ถั่วใช้ไนโตรเจนซึ่งมีอยู่ในอากาศมาเป็นปุ๋ยไนโตรเจนได้ ตัวอย่างของปุ๋ยชีวภาพอื่น ๆ มี ปุ๋ย **Azotobacter** ปุ๋ย **Azospirillum** การใช้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในนาข้าวและการใช้จุลินทรีย์ที่ละลายหินฟอสเฟต เป็นต้น

จุลินทรีย์ที่จะนำมาผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพนั้นจะต้องเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตธาตุอาหารและสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้ดี นอกจากนั้นจะต้องเจริญเติบโตได้รวดเร็ว สามารถเพาะเลี้ยงได้ในปริมาณมาก ปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี รวมทั้งมีความคงทนต่อสารเคมีทางการเกษตร เช่น ยาปราบศัตรูพืช ยาปราบวัชพืช เป็นต้น จุลินทรีย์ที่นำมาผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพที่สำคัญมี 2 กลุ่ม คือ

1. จุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจนทางชีวภาพ

จุลินทรีย์พวกนี้เป็นจุลินทรีย์ที่สำคัญที่สุด เนื่องจากสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศเปลี่ยนให้เป็นสารประกอบแอมโมเนียที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้

สิ่งสำคัญที่จะทำให้เกิดกระบวนการตรึงไนโตรเจนทางชีวภาพคือ (1) เอนไซม์ไนโตรจีเนส (2) พลังงาน (ATP) (3) anaerobic conditions (สำหรับ nitrogenase activity) (4) Source of strong reductant กระบวนการดังกล่าวคือ

$$N_2 + 8e^- + 8H^+ + 16\ ATP \text{ ---------> } 2NH_3 + H_2 + 16\ ADP + 16\ \textcircled{P}i$$

ATP = adenosine triphosphate

ADP = adenosine diphosphate

$\textcircled{P}$I = phosphate group

จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนได้มีหลายกลุ่ม ได้แก่ แบคทีเรียในดิน สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (cyanobacteria) ที่อยู่ในน้ำและที่ชื้นแฉะ และแอคทิโนมัยซีส (Actinomycete) จุลินทรีย์เหล่านี้สามารถแบ่งตามกิจกรรมการตรึงไนโตรเจนได้ 2 พวกใหญ่ ๆ คือ

1.1 จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนโดยอิสระ จุลินทรีย์กลุ่มนี้สามารถตรึงไนโตรเจนได้โดยไม่ต้องอาศัยร่วมอยู่กับพืช แต่บางชนิดอาจจะตรึงไนโตรเจนได้เมื่ออยู่บริเวณรากพืช เพราะได้รับสารประกอบบางอย่างจากรากพืช มี 2 พวกใหญ่ ๆ คือ แบคทีเรีย และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน แบคทีเรียมีทั้งพวกที่ต้องการออกซิเจน เช่น **Azotobacter, Beijerinckia** และ **Azospirillum** พวกที่ไม่ต้องการออกซิเจน Rhodospirillum พวกที่ต้องการออกซิเจนน้อย เช่น **Herbraspirillum** และ **Pseudomonas** พืชที่สามารถได้รับประโยชน์จากจุลินทรีย์พวกนี้ส่วนใหญ่จะเป็นพืชตระกูลหญ้า เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าว อ้อย และหญ้าเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (cyanobacteria) หลายชนิดก็สามารถตรึงไนโตรเจนโดยอิสระได้ พวกนี้ต้องอาศัยอยู่ในน้ำ หรือที่อื่น ๆ จะสามารถสังเคราะห์แสงได้ เพราะมีคลอโรฟิล เช่น **Anabacna** และ **Nostoc** พืชที่ได้รับประโยชน์จากจุลินทรีย์พวกนี้ก็คือข้าว

1.2 จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนร่วมกับพืชอื่น แบบพึ่งพาอาศัยกัน ได้แก่ **Rhizobium** กับพืชตระกูลถั่ว สนทะเลกับ **Frankia** และแหนแดง กับ **Cyanobacteria** ในสกุล **Anabaena** จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้นับมีความสำคัญต่อการเกษตรมาก เพราะมันสามารถตรึงไนโตรเจนได้สูง และสามารถพัฒนานำมาใช้ในระบบการ

ปลูกพืชได้แล้ว

2. จุลินทรีย์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงและดูดซับธาตุอาหารให้พืช ที่สำคัญได้แก่

2.1 Mycorrhiza เป็นกลุ่มเชื้อราในดินที่อาศัยร่วมอยู่กับรากพืชโดยต่างก็พึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน มีประโยชน์กับพืชโดยช่วยดูดซับธาตุอาหารต่างๆ จากดิน เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม ทองแดง เหล็ก สังกะสี และธาตุอื่นๆ สะสมไว้ในราก นอกจากนั้นยังช่วยดูดซับธาตุอาหารพืชจากหินแร่ที่สลายตัวยาก พวกอินทรีย์วัตถุต่างๆ ที่ยังสลายตัวไม่หมดให้พืชนำไปใช้ได้ และจากการที่เชื้อ **Mycorrhiza** อาศัยอยู่ร่วมกับรากพืช จึงเป็นการช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวของรากในการดูดซับอาหารจากดินได้มากขึ้น เชื้อนี้จึงเป็นเชื้อที่ได้รับความสนใจมาก และที่รู้จักกันทั่วไปมีอยู่ 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ เชื้อ **Ectomycorrhiza** และเชื้อ **Endomycorrhiza** หรือที่เรียกว่า **VA-mycorrhiza** (Vesicular - Arbuscular Mycorrhizae (VAM)) เชื้อ Mycorrhiza นี้มีประโยชน์ในด้านเกษตรกรรม โดยเพิ่มผลิตผลและการเจริญเติบโตให้กับพืชแล้ว ยังมีความสำคัญทางด้านเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดินอีกด้วย พืชที่ได้รับประโยชน์จากเชื้อกลุ่มนี้มีทั้งพืชไร่ พืชสวน พืชผัก ผลไม้ ไม้ดอกกล้วยไม้ รวมทั้งไม้ปลูกป่าต่างๆ

2.2 จุลินทรีย์ที่ละลายฟอสเฟต (Phosphate Solubilizing Microorganisms) ได้แก่ **Bacteria : Bacillus megaterium, B.circulans, B.subtilis,**

Pseudomonas straita, P.rathonis.

Fungi : Aspergillus awamori, Penicillium digitatum,

Trichoderma sp.

Yeast : Schwanniomyces occidentails

จุลินทรีย์เหล่านี้จะผลิตกรดอินทรีย์ เช่น กรด citric, glutamic, succinic, lactic, oxalic, glyoxalic, maleic fumaric, tartaric และ α - ketobytyric ออกมาละลายฟอสเฟตทั้งอนินทรีย์ฟอสเฟต และอินทรีย์ฟอสเฟตให้อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้

กระบวนการผลิตปุ๋ยชีวภาพ

กระบวนการผลิตปุ๋ยชีวภาพมีขั้นตอนการปฏิบัติโดยทั่วๆ ไปดังนี้

1. การคัดเลือกสายพันธุ์และการเก็บรักษา
2. การเลี้ยงขยายเพิ่มปริมาณและการผสม
3. การตรวจสอบและการควบคุมคุณภาพ

ในที่นี้จะกล่าวถึงกระบวนการผลิตเชื้อ **Rhizobium** ซึ่งเป็นปุ๋ยชีวภาพที่ใช้กันอย่างกว้างขวางกับพืชตระกูลถั่ว

ขั้นตอนที่ 1. การคัดเลือกสายพันธุ์และการเก็บรักษาเชื้อ Rhizobium

การคัดเลือกสายพันธุ์เชื้อ **Rhizobium** ต้องคำนึงถึง

- ประสิทธิภาพในการขยายตัว
- ประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจน
- ประสิทธิภาพในการถ่ายไนโตรเจนให้กับพืช
- ประสิทธิภาพในการทนต่อสภาพแวดล้อม

เชื้อ **Rhizobium** ที่ผ่านขั้นตอนการคัดเลือกทุกขั้นตอน จะถูกเก็บรักษาไว้เพื่อใช้ในการผลิต ซึ่งวิธีการเก็บรักษาเชื้อ **Rhizobium** ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันคือ

1. ไนโตรเจนเหลว (liquid nitrogen)
2. ไลโอฟิไล (Lyophilized) หรือ Freeze - dried
3. เก็บไว้ในเม็ดดินเผา (porcelain bead)
4. เก็บไว้บนอาหารวุ้นในหลอดแก้ว

ขั้นตอนที่ 2 การเลี้ยงขยายเพิ่มปริมาณและการผสมเชื้อ Rhizobium

สิ่งที่สำคัญเกี่ยวกับการเลี้ยงเชื้อ Rhizobium คือ การเลี้ยงขยายเชื้อให้มีปริมาณมาก ๆ และบริสุทธิ์ปราศจากการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ ซึ่งการเลี้ยงเพื่อให้เชื้อเจริญเพิ่มปริมาณได้อย่างสมบูรณ์จำเป็นต้องทราบถึงความต้องการของเชื้อแต่ละสายพันธุ์ เช่น อาหารที่จะใช้เป็นแหล่งคาร์บอน ธาตุอาหารอื่นๆ และการให้อากาศที่ถูกต้อง

อาหารเลี้ยงเชื้อ Rhizobium (media) ได้แก่ สารประกอบคาร์บอน ไนโตรเจน แร่ธาตุต่างๆ

สารประกอบคาร์บอน เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องใช้มากในการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณเชื้อ Rhizobium ที่สำคัญคือสารประกอบของน้ำตาล (saccharide) ได้แก่ น้ำตาลพวกแมนนิตอล (mannital) กลูโคส (glucose) และซูโครส (sucrose) เป็นต้น

ไนโตรเจน เชื้อ **Rhizobium** ต้องการไนโตรเจน 5-10 ppm. เพื่อช่วยให้การเจริญเติบโตของเชื้อ **Rhizobium** ดียิ่งขึ้น ส่วนมากมักใช้ยีสต์สกัด (yeast extract) เป็นแหล่งให้ไนโตรเจน

แร่ธาตุต่าง ๆ เป็นสิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ **Rhizobium** โดยเฉพาะฟอสฟอรัส แมกนีเซียม จะช่วยให้การเจริญเติบโตและการมีชีวิตอยู่รอดของเชื้อ **Rhizobium** ดียิ่งขึ้น การเลี้ยงเชื้อ **Rhizobium** เพื่อผลิตแบบอุตสาหกรรม แต่ละโรงงานมีการใส่แร่ธาตุอาหารแตกต่างกันออกไป บางแห่งมีการใส่ธาตุอาหารรองลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อ Rhizobium ด้วย เช่น เหล็ก โมลิบดีนั่ม สังกะสี โบรอน เป็นต้น

การใส่เชื้อเริ่มต้น (starter)

โดยทั่วไปการใส่เชื้อเริ่มต้นลงในถังเลี้ยงเชื้อจะอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 5 เปอร์เซนต์ของอาหารเลี้ยงเชื้อหรือให้มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นในอาหารประมาณ 10^6-10^7 เซลล์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ทั้งนี้ปริมาณเชื้อเริ่มต้นจะใส่อัตราเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อ **Rhizobium** ด้วยว่าเป็นพวกที่มีการเจริญเติบโตเร็วหรือเติบโตช้า พวกเจริญเติบโตเร็ว เช่น เชื้อ **Rhizobium** สำหรับถั่วลันเตา ถั่วแดง เป็นต้น จะใช้เวลา 2-3 วัน และพวกที่เจริญเติบโตช้า เช่น เชื้อ Rhizobium ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วเขียว จะใช้เวลา 4-5 วัน ในการเพิ่มปริมาณเซลล์ในอาหารเลี้ยงเชื้อได้ถึง 10^9 เซลล์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

การให้อากาศ (aeration)

เชื้อ **Rhizobium** เป็นบักเตรีที่ต้องการอากาศ ดังนั้นการเลี้ยงขยายเพิ่มปริมาณเชื้อ **Rhizobium** จำเป็นต้องมีระบบการให้อากาศ และอากาศที่เข้าไปผสมในอาหารเหลวนั้นต้องเป็นอากาศที่บริสุทธิ์ปราศจากเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ ปนเปื้อนเข้าไปด้วย โดยทั่วๆ ไปแล้วปริมาณของอากาศที่ให้พอเหมาะกับการเจริญเติบโตของเชื้อ Rhizobium ประมาณความดันอากาศ 0.15 บรรยากาศ หรือให้อากาศช่วงประมาณ 1 ถึง 100 ลิตร ต่อ อาหารเลี้ยงเชื้อ 1 ลิตร ต่อชั่วโมง

หลังจากผ่านการเลี้ยงขยายเพิ่มปริมาณเชื้อ **Rhizobium** โดยสมบูรณ์แล้วจะเป็นขั้นตอน

สำคัญอีกขบวนการหนึ่งคือ การผสมเชื้อ **Rhizobium** กับวัสดุพาหะ (carrier) ซึ่งทำได้ 2 วิธี คือ

1. วัสดุพาหะทำการฆ่าเชื้อก่อน (sterile carrier)

โดยการบรรจุวัสดุพาหะที่ปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างแล้วลงในถุงนำไปผ่านขบวนการฆ่าเชื้อโดย

1.1 ใช้ระบบนึ่งความดันไอ (steam sterilization) ต้องบรรจุวัสดุพาหะในถุงชนิดทนร้อนหรือ polypropylene แล้วนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอ อุณหภูมิ 121° ซ. ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 3-4 ชั่วโมง

1.2 การใช้รังสีแกมม่า (Gamma irradiated) ต้องบรรจุวัสดุพาหะในถุงชนิด polyethylene ผ่านรังสีแกมม่าในระดับความเข้มข้น 5 Mrad

ทั้ง 2 วิธีการนี้มักมีการทำให้วัสดุพาหะมีความชื้นก่อนการผ่านขบวนการฆ่าเชื้อประมาณ 30-35 เปอร์เซนต์ เพราะจะช่วยให้การฆ่าเชื้อเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น หลังจากผ่านขบวนการฆ่าเชื้อแล้วจึงฉีดเชื้อ **Rhizobium** ผสมเข้าไป อาจใช้เชื้อเข้มข้นประมาณ 10^9 เซลล์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร หรือทำให้เจือจางประมาณ 10^7 เซลล์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ก่อนฉีดเชื้อผสมก็ได้

การผลิตโดยวิธีนี้จะทำให้มีปริมาณเซลล์เชื้อ **Rhizobium** สูงถึง 10^9 เซลล์ต่อกรัม สามารถเก็บรักษาเชื้อไว้ได้นานถึง 1 ปี

2. วัสดุพาหะไม่ทำการฆ่าเชื้อ (non-sterile carrier)

โดยการนำเชื้อ Rhizobium ที่เลี้ยงได้ปริมาณเซลล์ที่ต้องการแล้วไปผสมหรือฉีดพ่นผสมกับวัสดุพาหะที่ปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 6.5-7.0 แล้ว ในเครื่องผสมเชื้อ (Mixer) และเมื่อผสมเข้ากันแล้วให้มีความชื้นประมาณ 40 เปอร์เซนต์ ปกติอัตราส่วนที่ผสมใช้เชื้อ **Rhizobium** 1 ส่วนต่อดินวัสดุพาหะ 2 ส่วนโดยประมาณ เมื่อทำการผสมเชื้อแล้วจำเป็นต้องมีการบ่มเชื้อก่อนทำการบรรจุถุงประมาณ 2-3 วัน เพื่อให้เชื้อ **Rhizobium** ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่เสียก่อน จากนั้นนำไปร่อนเชื้อให้เชื้อมีขนาดละเอียดสม่ำเสมอไม่จับเป็นก้อน แล้วบรรจุลงถุง

โดยปกติแล้วปริมาณของเชื้อ **Rhizobium** ที่ผลิตโดยวิธีนี้จะมีปริมาณเชื้อ **Rhizobium** ประมาณ 10^7 เซลล์ต่อกรัม และเชื้อ **Rhizobium** ที่ผลิตเป็นชนิดมีเชื้อ **Rhizobium** หลายสายพันธุ์ผสมกันอยู่ประมาณ 2-3 สายพันธุ์

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบและการควบคุมคุณภาพ

ในการผลิตเชื้อ **Rhizobium** นั้น จุดประสงค์ที่สำคัญคือ ผลิตเชื้อ **Rhizobium** ที่มีชีวิตให้มีปริมาณเพียงพอ และสามารถเข้าไปสร้างปมและตรึงไนโตรเจนให้กับพืชอาศัย (host) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นในการผลิตแต่ละขั้นตอนจึงจำเป็นต้องมีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพเพื่อความแน่ใจว่าผลผลิตที่ออกมานั้นมีคุณภาพตรงตามมาตรฐานที่วางไว้

คุณภาพและมาตรฐานที่วางไว้แตกต่างกันในแต่ละประเทศ ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิต กฎหมายควบคุม เหล่านี้เป็นต้น

สำหรับมาตรฐานของเชื้อ **Rhizobium** ที่ผลิตจำหน่าย (standard of inoculant) โดยปกติแล้ว ถ้าเป็นการผลิตแบบวัสดุพาหะทำการฆ่าเชื้อ (sterile - carrier) ได้กำหนดมาตรฐานไว้สูง คือต้องมีปริมาณเชื้อไม่น้อยกว่า 10^8 เซลล์ต่อกรัม และมีขนาดบรรจุประมาณ 50-60 กรัม ส่วนการผลิตแบบวัสดุพาหะไม่ทำการฆ่าเชื้อ (non-sterile carrier) กำหนดมาตรฐานไว้ต้องมีปริมาณเชื้อไม่น้อยกว่า 10^6 หรือ 10^7 เซลล์ต่อกรัม สำหรับของกรมวิชาการเกษตรได้กำหนดมาตรฐานไว้ต้องมีปริมาณเชื้อไม่น้อยกว่า 10^6 เซลล์ต่อกรัม และมีขนาดบรรจุ 200 กรัมต่อถุง

สำหรับการใช้ปุ๋ยชีวภาพในการปลูกพืชนั้นควรใช้ปุ๋ยชีวภาพร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยหมัก และอื่นๆ ซึ่งวิธีนี้เป็นที่ยอมรับกันว่าสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตพืชและปรับปรุงดินได้อย่างดียิ่ง

ประโยชน์ของปุ๋ยชีวภาพ นอกจากช่วยเพิ่มผลผลิตพืชและปรับปรุงบำรุงดินแล้ว ยังรักษาสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

Bhattacharyya, P and Verma, LN. Production, distribution and promotion of biofertilisers. In Tandon, H.L.S. Fertilisers, organic manures, recyclable wastes and biofertilisers. New Delhi : Fertiliser Development and Consultation Organisation, 1992. p. 132-148.

Compbell, Neil A. **Biology.** 4th ed. California : The Benjamin / Cummings Publishing, 1996. p. 719.

กรมวิชาการเกษตร. การปรับปรุงบำรุงดินโดยปุ๋ยชีวภาพ ใน ออมทรัพย์ นพอมรบดี จิรศักดิ์ อรุณศรี และ ประยูร สวัสดี. **เกษตรยั่งยืนอนาคตของการเกษตรไทย.** กรุงเทพมหานคร : กรมวิชาการเกษตร, 2536. หน้า 131-147 (เอกสารวิชาการประจำปี 2535)

กรมวิชาการเกษตร. กองปฐพีวิทยา. การผลิตเชื้อไรโซเนียม. ใน วิทยา ธนานุสนธ์. **ปุ๋ยชีวภาพ.** กรุงเทพ : กองปฐีวิทยา, 2539. หน้า 53-74. (เอกสารวิชาการประจำปี 2539)

___. คุณภาพของเชื้อไรโซเนียม ใน สมใจ ปฏิยุทธ. **ปุ๋ยชีวภาพ.** กรุงเทพมหานคร : กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร, 2539. หน้า 75. (เอกสารวิชาการประจำปี 2539)

นันทกร บุญเกิด. ประยูร สวัสดี และออมทรัพย์ นพอมรบดี. การใช้จุลินทรีย์ดินเพื่อเพิ่มผลผลิตพืช ใน พิชิต พงษ์สกุล และปรีดา พากเพียร, บรรณาธิการ. **คู่มือการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ย.** กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาปฐพีวิทยา ม.เกษตรศาสตร์, 2535. หน้า 287-309.

พงศ์เทพ อันตะริกานนท์ และคณะ. **ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยมีชีวิต.** กรุงเทพ : สาขาวิจัยอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2537. 20 หน้า.