จุลินทรีย์...
เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อการปรับปรุงบำรุงดิน

*สุวรรณี แทนธานี**

นับตั้งแต่ประกาศใช้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่หนึ่งเมื่อปี พ.ศ. 2504 ทำให้สังคมไทยเข้าสู่ยุค “ปฏิวัติเขียว” หรือ Green revolution ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงระบบเกษตรกรรมจากแบบดั้งเดิมมาสู่การเกษตรแผนใหม่ โดยใช้พันธุกรรมที่ผสมขึ้นมาใหม่ที่ให้ผลผลิตสูง การใช้ปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดศัตรูพืช และเครื่องจักรกลทางการเกษตร การรับเทคโนโลยีมาใช้เพียงอย่างเดียวโดยละเลยการใช้ความหลากหลายทางชีวภาพให้เกิดประโยชน์ ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง เกษตรกรประสบภาวะขาดทุน และสภาพแวดล้อมเสื่อมโทรม เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกร สารพิษตกค้างในผลผลิต และการปนเปื้อนไปสู่สภาวะแวดล้อม ข้อมูลการสุ่มสำรวจผัก 7 ชนิดที่วางขายในซูเปอร์มาร์เก็ตระดับสูงและระดับกลาง เมื่อเดือนมีนาคม 2555 พบสารเคมีฆ่าแมลงตกค้างในผัก 4 ชนิด คือ ถั่วฝักยาว คะน้า ผักชี และพริกจินดา โดยเฉพาะในถั่วฝักยาวที่ตรวจพบทั้งคาร์โบฟูราน และเมโทมิล ซึ่งแม้จะไม่เกินมาตรฐานที่ประเทศไทยกำหนด แต่เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานสากลของสหภาพยุโรป พบว่ามีสารพิษตกค้างเกินถึง 3-4 เท่า จากสภาพปัญหาการเกษตรที่เกิดขึ้น ทำให้มีแนวความคิดที่มุ่งแสวงหาทางออกให้แก่สังคมในด้านการเกษตรเกิดขึ้น เป็นระบบเกษตรทางเลือกที่ลงทุนน้อยลง แต่ประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรสูงขึ้น และมีความยั่งยืนของการผลิตทั้งในทางเศรษฐศาสตร์และนิเวศวิทยา

การทำการเกษตรแบบยั่งยืน

การเกษตรยั่งยืน (sustainable agriculture) คือ ระบบการจัดการทรัพยากรสำหรับการเกษตรที่ประสบความสำเร็จ โดยสามารถดำรงหรือบำรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อมและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ระบบเกษตรยั่งยืนเกี่ยวข้องกับความเป็นอยู่ของชุมชนหลายระดับ ตั้งแต่ระดับครัวเรือน ระดับชุมชน จนถึงระดับประเทศ การเกษตรยั่งยืนมีรูปแบบการทำการเกษตรที่สอดคล้องกับระบบนิเวศ มีความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจ โดยเน้นปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ดังนั้น เกษตรยั่งยืนจึงหมายรวมถึงระบบเกษตรแบบใดก็ตามที่มีรูปแบบที่ทำให้เกิดความมั่นคงต่อเกษตรกร และมีผลดีในระยะยาว เช่น เกษตรธรรมชาติ เกษตรอินทรีย์ วนเกษตร ในปัจจุบันรวมเกษตรแนวใหม่ เช่น เกษตรทฤษฎีใหม่อันเป็นพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทั้งนี้ จะมุ่งเน้นการผสมผสานองค์ความรู้ของกลุ่มของเกษตรกรจากภูมิปัญญาท้องถิ่นในการทำการเกษตร การส่งเสริมเทคโนโลยีทางการเกษตรผสมผสาน และการนำประสบการณ์เกษตรกรรมทางเลือกจากต่างประเทศมาสังเคราะห์เป็นองค์ความรู้ของประเทศไทย

ความอุดมสมบูรณ์ของดินในระบบเกษตรยั่งยืน

ระบบเกษตรยั่งยืนให้ความสำคัญสูงสุดในการปรับปรุงบำรุงดิน ดินที่เหมาะสมในการปลูกพืชต้องมีองค์ประกอบ 4 ส่วน คือ อนินทรียวัตถุ หรือแร่ธาตุร้อยละ 45 อินทรียวัตถุร้อยละ 5 อากาศร้อยละ 25 และน้ำร้อยละ 25 ดินเป็นส่วนสำคัญมากของระบบการผลิตพืชและปศุสัตว์ ความยั่งยืนของการเกษตรขึ้นอยู่กับผลิตภาพดิน (soil productivity) หมายถึงความสามารถของดินในการให้ผลผลิตพืช ดินผลิตภาพสูง (productive soil) หรือ ดินดี หมายถึงดินที่มีสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพเหมาะสม สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ เนื้อดิน โครงสร้างดิน ความหนาแน่น การอุ้มน้ำและการระบายอากาศ สมบัติทางเคมี ได้แก่ สภาพความเป็นกรด-เบส ธาตุอาหารในดิน สมบัติทางชีวภาพ ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ ชนิดประชากรและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน การใช้ปุ๋ยชีวภาพหรือจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์จะช่วยปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในดินให้เหมาะและเอื้อประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช และเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงเมื่อปลูกพืชภายใต้สภาพแวดล้อมที่ดี และมีการจัดการที่เหมาะสม พืชก็จะให้ผลผลิตสูง

* นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ สำนักเทคโนโลยีชุมชน วศ.

เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อการปรับปรุงบำรุงดิน

เทคโนโลยีชีวภาพมีความหมายครอบคลุมไปถึงการศึกษาและนำความรู้ในสาขาชีววิทยา จุลชีววิทยา เคมี และพันธุศาสตร์ระดับโมเลกุล ที่เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตต่างๆ เช่น จุลินทรีย์ พืช สัตว์ มาใช้ประโยชน์เทคโนโลยีชีวภาพมีบทบาทสำคัญต่อการผลิตทางการเกษตรอย่างมาก ได้แก่ การผลิตปุ๋ยชีวภาพ (biofertilizer) สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ชีวภาพ (biopesticide) จุลินทรีย์ย่อยสลายลิกนินและเซลลูโลส การผลิตชีวมวลและเชื้อเพลิงชีวภาพ การดัดแปลงพันธุกรรมของพืช เป็นต้น ปัจจุบันมีนักวิทยาศาสตร์และเกษตรกรให้ความสนใจเกี่ยวกับการใช้จุลินทรีย์ในการปรับปรุงบำรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรมากขึ้น การใช้จุลินทรีย์จะช่วยพัฒนาทรัพยากรดินอย่างยั่งยืน ในบทความนี้จึงจะกล่าวถึงจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพในการปรับปรุงบำรุงดิน เพื่อให้เกิดความเข้าใจและใช้ประโยชน์ได้อย่างถูกต้อง

จุลินทรีย์มีบทบาทอย่างมากในกระบวนการแปรสภาพอินทรียวัตถุในดิน (soil organic matter) ให้กลายเป็นธาตุอาหาร จุลินทรีย์ในดินที่มีศักยภาพแบ่งออกได้เป็น 5 ประเภทคือ 1) จุลินทรีย์เพิ่มธาตุอาหารพืช 2) จุลินทรีย์ที่ช่วยให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์กับพืช 3) จุลินทรีย์ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช 4) จุลินทรีย์เร่งปุ๋ยหมัก 5) จุลินทรีย์ย่อยสลายสารพิษในดิน สำหรับ 3 ประเภทแรกเรียกรวมกันว่าปุ๋ยชีวภาพ ซึ่งประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่คัดเลือกแล้วว่าเป็นสายพันธุ์ดีและมีปริมาณมาก เมื่อใส่ลงไปในดิน จุลินทรีย์จะเติบโตและสร้างกลุ่มรอบผิวราก หรือในรากพืช และช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้น นิยามของปุ๋ยชีวภาพจึงเน้น 2 ประเด็นคือ 1) มีจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในปริมาณมากพอ โดยต้องระบุชื่อและสายพันธุ์จุลินทรีย์ได้ 2) ใช้แล้วทำให้พืชได้รับธาตุอาหารเพิ่มขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพจากการที่มีจุลินทรีย์นั้นอยู่ในดินหรืออยู่ร่วมกับพืช

จุลินทรีย์เพิ่มธาตุอาหารพืช

จุลินทรีย์เพิ่มธาตุอาหารพืชในดิน ได้แก่ กลุ่มจุลินทรีย์แปรสภาพไนโตรเจน ซึ่งผลิตเอนไซม์โปรตีเอส ย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจนที่สะสมอยู่ในดิน ให้อยู่ในรูปของไนโตรเจนที่พืชนำไปใช้ได้ จุลินทรีย์ในดินที่มีบทบาทในการย่อยได้แก่ กลุ่มบาซิลลัส (*Bacillus)* อาโธรแบคเตอร์ *(Arthrobacter)* สเตรปโตมัยสีท *(Streptomyces)* แอสเพอร์จิลลัส *(Aspergillus)* ไนโตรแบคเตอร์ *(Nitrobacter)* และไนโตรโซโมแนส *(Nitrosomonas)* นอกจากนี้จุลินทรีย์ในดินบางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศเปลี่ยนให้เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่มีประโยชน์ต่อพืชได้ จุลินทรีย์กลุ่มนี้แบ่งย่อยได้เป็น 3 ประเภทตามลักษณะความสัมพันธ์กับพืช ได้แก่ 1) แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนที่อยู่ร่วมกับพืชแบบพึ่งพาอาศัยกัน (symbiosis N2-fixing bacteria) เช่น เชื้อไรโซเบียม (*Rhizobium sp.*) กับพืชตระกูลถั่ว 2) แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนที่อาศัยอยู่ร่วมกับพืชแบบอิสระ (N2-fixing associated bacteria) เช่น อะโซสไปริลลัม (*Azospirillum*) พบในพืชตระกูลหญ้า อ้อย ข้าวฟ่าง และข้าวโพด 3) แบคทีเรียที่อาศัยอยู่อย่างอิสระในดินและบริเวณรากพืช (Free-living N2-fixing bacteria) เช่น อะโซโตแบคเตอร์ (*Azotobacter*) และไบเจอริงเคีย (*Beijerinckia*) นอกจากแบคทีเรียแล้ว สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหรือไซยาโนแบคทีเรีย(cyanobacteria) จัดเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่สามารถสังเคราะห์แสงและตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่น้ำขัง เช่น ในนาข้าว

จุลินทรีย์ที่ช่วยให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์กับพืช

จุลินทรีย์ที่ช่วยให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์กับพืชมี 2 กลุ่ม กลุ่มแรก คือ จุลินทรีย์แปรสภาพฟอสฟอรัส ที่สร้างกรดอินทรีย์หรือเอนไซม์แปรสภาพฟอสฟอรัสย่อยสารประกอบกลุ่มอินทรีย์ฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ นอกจากนี้ ยังสามารถย่อยสารประกอบอนินทรีย์ฟอสฟอรัส เช่น หินฟอสเฟต หรือตะกอนของสารประกอบฟอสเฟต ซึ่งเกิดจากการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตอย่างต่อเนื่องแต่ถูกตรึงไว้ในดิน การใส่จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตในดินได้ จุลินทรีย์แปรสภาพฟอสฟอรัสได้แก่ เชื้อแบคทีเรียในกลุ่มบาซิลลัส (*Bacillus sp)* ซูโดโมแนส *(Pseudomonas sp.)* ไธโอบาซิลลัส *(Thiobacillus sp.)* และเชื้อราในกลุ่มแอสเพอร์จิลลัส *(Aspergillus sp.)* เพนนิซิลเลียม *(Penicillium sp.)*

จุลินทรีย์ช่วยเพิ่มศักยภาพในการดูดซึมธาตุอาหารพืช ได้แก่ เชื้อราไมคอร์ไรซา ซึ่งมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกันกับรากพืชชั้นสูง โดยเชื้อราจะได้รับอาหารจากพืช และพืชก็ได้รับประโยชน์จากราในการดูดน้ำและธาตุอาหารให้แก่พืช เชื้อราไมคอร์ไรซาที่พบโดยทั่วไปมี 2 ชนิดคือ เอ็คโตไมคอร์ไรซา ซึ่งจะสร้างเส้นใยอัดตัวแน่นรอบรากพืชคล้ายเป็นเปลือกรากอีกชั้นหนึ่ง และเอ็นโดไมคอร์ไรซา เป็นเชื้อราที่สร้างเส้นใยแบบหลวมๆ รอบรากพืช และบางส่วนเจริญเข้าไปในรากและสร้างเป็น

โครงสร้างแตกแขนง เรียกว่าอาร์บัสคูลและแบบกลมคล้ายรูปไข่เรียกว่าเวสิเคิล การใช้เชื้อราประเภทนี้นิยมใช้กับพืชยืนต้น เพื่อช่วยให้พืชดูดธาตุอาหารได้ง่ายขึ้น ช่วยให้ความชุ่มชื้น ช่วยควบคุมโรคพืช และลดความเป็นพิษของสารเคมีและโลหะหนักในดิน

จุลินทรีย์ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

จุลินทรีย์ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช หรือ พีจีพีอาร์ (Plant Growth Promoting Rhizobacteria; PGPR) เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินรอบรากพืช (rhizosphere) และช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช โดยการสร้างสารกระตุ้นการเจริญของพืช เช่น ซิเดอร์โรฟอร์ (siderophore) ซึ่งมีสมบัติเพิ่มการนำธาตุเหล็กเข้าสู่เซลล์พืช โดยการแย่งจับธาตุเหล็กบริเวณรอบรากพืช ทำให้เชื้อราโรคพืชไม่สามารถนำธาตุเหล็กไปใช้ได้ นอกจากนี้เชื้อจุลินทรีย์ยังสามารถสร้างฮอร์โมนพืช (phytohormones) เช่น ฮอร์โมนกลุ่มออกซิน (auxins) ซึ่งกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการเปลี่ยนสภาพของเซลล์ สร้างเอนไซม์ไคติเนส (chitinase) และลามินาริเนส (laminarinase) ย่อยเส้นใยเชื้อราโรคพืช สร้างสารปฏิชีวนะที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้ เชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในกลุ่มพีจีพีอาร์ได้แก่ อะโซสไปริลลัม (*Azospirillum sp.*) สเตรปโตมัยสีท (*Streptomyces sp.*) บาซิลลัส (*Bacillus sp.*) ซูโดโมแนส *(Pseudomonas sp.)* และ ไตรโคเดอร์มา *(Trichoderma sp.)* เป็นต้น จุลินทรีย์พีจีพีอาร์ได้ถูกพัฒนาสำหรับใช้คลุกเมล็ดก่อนปลูก ผสมน้ำรดดิน ฉีดพ่นทางใบ และจุ่มรากกล้าก่อนย้ายปลูก

จุลินทรีย์เร่งปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมัก (compost) คือปุ๋ยที่ได้จากการหมักซากพืช ซากสัตว์ ตลอดจนมูลสัตว์เพื่อให้อินทรียสารสลายตัวผุพังจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ ซึ่งใช้เวลานาน จึงมีการคัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงประกอบด้วย เชื้อรา แบคทีเรีย และแอคติโนมัยสีท เพื่อเร่งกระบวนการย่อยสลายให้เกิดขึ้นได้เร็ว ในกระบวนการหมักจะมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ 3 ระยะ แต่ละระยะก็จะมีจุลินทรีย์หลายชนิดเข้ามามีบทบาทในการย่อยอินทรียสาร ในระยะแรก กองปุ๋ยหมักจะมีอุณหภูมิปานกลาง เชื้อจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง (mesophiles) เจริญก่อนและใช้น้ำตาลและสารอาหารที่ย่อยง่ายทำให้กองวัสดุมีอุณหภูมิสูงขึ้นอยู่ที่ประมาณ 40-45 องศาเซลเซียส และเพิ่มสูงขึ้นถึง 50-70 องศาเซลเซียส ในระยะต่อมา ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิสูง (thermophiles) จะมีการเจริญและย่อยสารที่สลายยาก และเมื่อผ่านระยะ อุณหภูมิสูงแล้ว จึงเข้าสู่ระยะอุณหภูมิปานกลางครั้งที่สอง ซึ่งแหล่งอาหารของจุลินทรีย์เหลืออยู่น้อย กิจกรรมของจุลินทรีย์ลดต่ำลง จนอุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศโดยรอบ ทำให้จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลางโตได้อีกระยะหนึ่ง เมื่อปฏิกิริยาเสร็จสิ้นสมบูรณ์ จะได้เป็นสารประกอบประเภทฮิวมัส มีสีดำหรือน้ำตาลดำ ประเภทเดียวกับฮิวมัสในดิน

จุลินทรีย์ย่อยสลายสารพิษในดิน

การใช้สารเคมีเพื่อควบคุมโรค แมลงและศัตรูพืช รวมทั้งวัชพืชในพื้นที่การเกษตร หากใช้ในปริมาณสูงและไม่ถูกวิธีจะก่อให้เกิดสารพิษตกค้างทั้งในผลผลิตทางการเกษตร ตัวเกษตรกรผู้ใช้ รวมไปถึงสิ่งแวดล้อม ในธรรมชาติจะมีจุลินทรีย์บางชนิดที่สามารถปรับตัวให้ทนต่อสารเคมี และสามารถใช้สารเคมีที่ตกค้างเพื่อเป็นแหล่งอาหารและพลังงานได้ ตัวอย่างเช่น จุลินทรีย์ย่อยสลายอาทราซีน ซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืช ซึ่งมีทั้งเชื้อราและเชื้อแบคทีเรีย หนึ่งในจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสารอาทราซีนได้คือ *Pseudomonas* sp. Strain ADP ที่สามารถย่อยอาทราซีนให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับแอมโมเนีย ปัจจุบันมีการศึกษาจุลินทรีย์เหล่านี้ในรายละเอียดทั้งด้านพันธุกรรม และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสารพิษเพื่อนำไปถ่ายโอนให้แก่พืช และใช้ในการบำบัดดินหรือแหล่งปนเปื้อนอาทราซีนต่อไป

สรุป

เกษตรกรไทยใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมและเชื้อราไมคอร์ไรซา เพื่อช่วยเพิ่มธาตุอาหารในดิน และใช้จุลินทรีย์เร่งปุ๋ยหมักมาแล้วระยะหนึ่ง แต่ในปัจจุบันมีการค้นพบว่า ยังมีจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์อีกหลายชนิด ที่สามารถพัฒนาและนำมาใช้ในการปรับปรุงบำรุงดิน เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร และลดต้นทุนการผลิตบทบาทของจุลินทรีย์ในดินจึงเป็นสิ่งที่ไม่ควรมองข้าม ในฐานะที่ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมระดับครัวของโลก ทำให้การเกษตรไทยมีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับความมั่นคงทางด้านอาหาร จึงจำเป็นต้องบำรุงรักษาทรัพยากรดิน ฟื้นฟูปรับปรุงบำรุงดินให้เหมาะสมกับพืชชนิดต่างๆ เพิ่มศักยภาพด้านการเกษตรของไทย เพื่อให้สามารถผลิตอาหารได้ทั้งปีและได้ใช้ทรัพยากรดินอย่างยั่งยืน การใช้จุลินทรีย์ทางการเกษตร

ช่วยทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ ต้นพืชหาอาหารได้ดี ได้ผลผลิตทางการเกษตรที่มีคุณภาพดี มีความปลอดภัยต่อ เกษตรกร และผู้บริโภค เพื่อเตรียมต้อนรับการเปิดการค้าเสรีกับต่างประเทศและในเวทีโลก

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ สัจจาพันธ์ และยงยุทธ โอสถสภา. เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อการพัฒนาทรัพยากรดิน. [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 20 กรกฎาคม 2555]. เข้าถึงจาก http://ag-ebook.lib.ku.ac.th/ebooks/2011-002-0209/index.html

เตือนผักอาบสารพิษเกลื่อนห้าง..ไฮโซ. [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 20 กรกฎาคม 2555]. เข้าถึงจาก http://www.komchadluek.net/detail/20120712/134965/.html.

ธงชัย มาลา. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ : เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550, 300 หน้า.

มูลนิธิเกษตรกรรมยั่งยืน. ความสำคัญในการปรับปรุงบำรุงดิน หัวใจการทำเกษตรยั่งยืน. [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 20 กรกฎาคม 2555]. เข้าถึงจาก http://www.sathai.org/knowledge/02_soil/soil_improvement.html.

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. คณะเกษตรศาสตร์. ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร. ระบบเกษตรยั่งยืน. [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 20 กรกฎาคม 2555]. เข้าถึงจาก http://www.mcc.cmu.ac.th/agsust/.

วิฑูรย์ เลี่ยนจำรูญ. ปฏิรูปเกษตรกรรมเพื่อความมั่นคงทางอาหาร : บทวิเคราะห์ และปฏิบัติการทางนโยบาย. นนทบุรี : มูลนิธิชีววิถี, 2554, 320 หน้า.

สรพงค์ เบญจศรี. เกษตรอินทรีย์ในประเทศไทย. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, มกราคม - มิถุนายน, 2553, ปีที่ 13, ฉบับที่ 1, หน้า 78-88.

หนึ่ง เตียอำรุง. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแบคทีเรีย PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria). วารสารเทคโนโลยีสุรนารี, กรกฎาคม-กันยายน, 2548, ปีที่ 12, ฉบับที่ 3, หน้า 249-258.

ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร. ระบบเกษตรยั่งยืน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 20 กรกฎาคม 2555]. เข้าถึงจาก : http://www.mcc.cmu.ac.th/agsust/.