คู่มือ...ปุ๋ยชีวภาพ

กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา
กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
กรมวิชาการเกษตร 2564

คำนำ

ดินเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อการผลิตพืชเนื่องจากเป็นแหล่งของธาตุอาหาร น้ำ และอากาศสำหรับพืช ปัจจุบันความต้องการใช้ทรัพยากรดินมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนประชากร และการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศ จึงทำให้มีการใช้ทรัพยากรดินอย่างมากในการผลิตพืช ขาดการบำรุงดูแลรักษาและฟื้นฟูดิน ทำให้ดินเกิดความเสื่อมโทรม ขาดความอุดมสมบูรณ์ส่งผลให้ปริมาณและคุณภาพผลผลิตพืชลดลง การจัดการดินและการใช้ปุ๋ยที่ถูกต้องและเหมาะสมจะช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ โดยการใช้เทคโนโลยีด้านปุ๋ยชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมีแบบผสมผสาน เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนการผลิตพืชให้แก่เกษตรกร อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินอย่างยั่งยืนตามนโยบายหลักของรัฐบาล

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร มีบทบาทหน้าที่สำคัญในการดำเนินงานวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตและการใช้ปุ๋ยชีวภาพในการผลิตพืชหลายชนิด เพื่อใช้เป็นปัจจัยการผลิตอีกแนวทางหนึ่งในการลดการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งได้แก่ ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับพืชตระกูลถั่ว ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์สำหรับข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง พืชผักและพืชสมุนไพร อ้อย และมันสำปะหลัง ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสำหรับไม้ผล ไม้ยืนต้น และพืชผัก และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตสำหรับไม้ผล ไม้ยืนต้น พืชไร่ ไม้ดอกไม้ประดับ และพืชผัก เป็นต้น ดังนั้นจึงได้รวบรวมและสรุปผลงานวิจัยด้านปุ๋ยชีวภาพในการผลิตพืชเป็นเอกสารคำแนะนำการใช้ปุ๋ยชีวภาพที่มีความถูกต้องตามหลักวิชาการ เพื่อจะได้เป็นองค์ความรู้สำหรับนักวิชาการและบุคคลทั่วไปให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

สารบัญ

หน้า

ปุ๋ยชีวภาพ 1
ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม 5
ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ 10
ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 17
ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 22
บรรณานุกรม 29
คณะผู้จัดทำ 30

ปุ๋ยชีวภาพ

“ปุ๋ยชีวภาพ”ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550 หมายความว่า ปุ๋ยที่ได้จากการนำจุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่สามารถสร้างธาตุอาหารหรือช่วยให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์กับพืช มาใช้ในการปรับปรุงบำรุงดินทางชีวภาพ ทางกายภาพ หรือทางชีวเคมี และให้หมายความรวมถึงหัวเชื้อจุลินทรีย์

นอกจากความหมายของปุ๋ยชีวภาพแล้ว ยังมีคำนิยามที่เกี่ยวข้องกับปุ๋ยชีวภาพที่ควรทราบเพิ่มเติมในการที่จะใช้ ซื้อ หรือจำหน่ายปุ๋ยชีวภาพ ดังนี้

“ชนิดของจุลินทรีย์” หมายความว่า กลุ่มหรือสกุลของจุลินทรีย์เป็นภาษาทางวิทยาศาสตร์ของจุลินทรีย์

“หัวเชื้อจุลินทรีย์” หมายความว่า จุลินทรีย์ชีวภาพที่มีจำนวนเซลล์ต่อหน่วยสูงซึ่งถูกเพาะเลี้ยงโดยกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์

“วัสดุรองรับ” หมายความว่า สิ่งที่นำมาใช้ในการผสมกับหัวเชื้อจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตปุ๋ยชีวภาพ

“ปริมาณจุลินทรีย์รับรอง” หมายความว่า ปริมาณขั้นต่ำที่ผู้ผลิตหรือผู้นำเข้ารับรองถึงจำนวนเซลล์รวม หรือจำนวนสปอร์รวม หรือจำนวนตามที่หน่วยวัดอื่นที่รัฐมนตรีกำหนด โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษาของจุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่มีอยู่ในปุ๋ยชีวภาพหรือหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่ตนผลิตหรือนำเข้า แล้วแต่กรณี

“จุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรค” หมายความว่า จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคต่อมนุษย์ สัตว์หรือพืชและให้หมายความรวมถึงจุลินทรีย์ที่ทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ไม่ว่าด้วยประการใด ๆ

ประเภทของปุ๋ยชีวภาพ

ปุ๋ยชีวภาพสามารถแบ่งตามลักษณะการให้ธาตุอาหารแก่พืช ได้ 2 ประเภท คือ

1. ปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์สร้างธาตุอาหารพืช

จุลินทรีย์ที่สามารถสร้างธาตุอาหารพืชได้ในปัจจุบันพบเพียงกลุ่มเดียว คือ กลุ่มจุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจน ประกอบด้วยแบคทีเรียและแอคติโนมัยสีท จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้มีชุดยีนที่ควบคุมการสร้างเอนไซม์ไนโตรจีเนส (nitrogenase enzyme) และควบคุมกระบวนการตรึงไนโตรเจนจากอากาศที่มีประสิทธิภาพ เป็นองค์ประกอบในจีโนม ปุ๋ยชีวภาพประเภทนี้สามารถแบ่งตามลักษณะความสัมพันธ์กับพืชอาศัยได้ 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 ปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนที่อาศัยอยู่ร่วมกับพืชแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (symbiotic nitrogen fixation) ปุ๋ยชีวภาพกลุ่มนี้มีแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนสูงมากเป็นส่วนประกอบ สามารถทดแทนปุ๋ยเคมีไนโตรเจนให้กับพืชอาศัยได้มากกว่า 50–100 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ ชนิดของพืชอาศัย รวมทั้งระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ส่วนใหญ่มีการสร้างโครงสร้างพิเศษอยู่กับพืชอาศัยและตรึงไนโตรเจนทางชีวภาพจากอากาศ ได้แก่ การสร้างปมของแบคทีเรียไรโซเบียมกับพืชตระกูลถั่วชนิดต่าง ๆ การสร้างปมที่รากสนของแฟรงเคีย (*Frankia*) การสร้างปมที่รากปรงของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลนอสทอค (*Nostoc*) การอาศัยอยู่ในโพรงใบแหนแดงของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลอะนาบีนา (*Anabaena*) เป็นต้น ในกลุ่มนี้พืชอาศัยจะได้รับไนโตรเจนที่ตรึงได้ทางชีวภาพจากจุลินทรีย์ไปใช้โดยตรง สามารถนำไปใช้ในการสร้างการเจริญเติบโต เพิ่มผลผลิต และคุณภาพพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กลุ่มที่ 2 ปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนที่อาศัยอยู่ร่วมกับพืชแบบอิสระ (non-symbiotic nitrogen fixation) แบคทีเรียกลุ่มนี้มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนต่ำ จึงสามารถทดแทนปุ๋ยไนโตรเจนให้กับพืช

ที่อาศัยระหว่าง 5–30 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับสกุลของจุลินทรีย์ ชนิดของพืชอาศัย และระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน สามารถแบ่งได้ 3 กลุ่มคือ

2.1 แบคทีเรียที่อาศัยอยู่อย่างอิสระในดินและบริเวณรากพืช ได้แก่ สกุลอะโซโตแบคเตอร์ (*Azotobacter*) และสกุลไบเจอริงเคีย (*Beijerinckia*) เป็นต้น

2.2 แบคทีเรียที่พบอาศัยอยู่ได้ทั้งในดิน บริเวณรากพืช และภายในรากพืชชั้นนอก ได้แก่ สกุลอะโซสไปริลลัม (*Azospirillum*) และสกุลบาซิลลัส (*Bacillus*) เป็นต้น

2.3 แบคทีเรียที่พบอาศัยอยู่ภายในต้นและใบพืช ได้แก่ กลูคอนอะซีโตแบคเตอร์ไดอะโซโตรฟิคัส (*Gluconacetobacter diazotrophicus*) ที่พบในอ้อยและกาแฟ สกุลเฮอบาสไปริลลัม *(Herbaspirillum)* ที่พบในข้าว อ้อยและพืชเส้นใยบางชนิด และสกุลอะโซอาร์คัส (*Azoarcus*) ที่พบในข้าวและหญ้า เป็นต้น

2. ปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่ทำให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์กับพืช

ปุ๋ยชีวภาพในกลุ่มนี้จะช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชบางชนิดที่ถูกตรึงอยู่ในดิน ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ให้เป็นประโยชน์กับพืชได้มากขึ้น โดยจุลินทรีย์กลุ่มนี้จะสร้างกรดอินทรีย์หรือเอนไซม์บางชนิด เพื่อละลายธาตุอาหารที่ถูกตรึงอยู่ในดินสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา ประกอบด้วยกลุ่มราไมคอร์ไรซาที่ช่วยเพิ่มศักยภาพในการดูดใช้ธาตุอาหารให้แก่พืช โดยจะสร้างเส้นใยเข้าไปในรากและเส้นใยบางส่วนจะเจริญอยู่ในดินบริเวณรอบรากพืช ช่วยดูดธาตุอาหารต่าง ๆ และละลายฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงอยู่ในดิน แล้วส่งผ่านธาตุอาหารไปทางเส้นใยราเข้าสู่รากพืช ทำให้พืชได้รับธาตุอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตอย่างเพียงพอ ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาที่มีการนำมาใช้ทางการเกษตรมี 2 กลุ่ม คือ 1) อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (Arbuscular mycorrhiza) ใช้กับพืชสวน พืชไร่ พืชผัก และไม้ดอกไม้ประดับ และ 2) เอ็คโตไมคอร์ไรซา (Ectomycorrhiza) ใช้กับไม้ผล ไม้ป่า และไม้โตเร็ว

กลุ่มที่ 2 ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่ช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสโดยการสร้างและปลดปล่อยกรดอินทรีย์และกรดอนินทรีย์ออกมานอกเซลล์ เพื่อละลายสารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟตที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชและสะสมในดิน นอกจากนี้ยังสร้างและปลดปล่อยเอนไซม์บางชนิดออกมานอกเซลล์เพื่อย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟตที่อยู่ในดิน ยกตัวอย่างเช่น การสร้างเอนไซม์ไฟเตส (phytase) ในการย่อยสลายไฟเตท (phytate) และปลดปล่อยโมโนไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน (HPO_4^{2-}) และไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ($H_2PO_4^-$) ออกมาในสารละลายดิน ซึ่งพืชจะนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตต่อไป

กลุ่มที่ 3 ปุ๋ยชีวภาพละลายโพแทสเซียม ประกอบด้วยจุลินทรีย์ช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียม ได้แก่ สกุลบาร์ซิลลัส (*Bacillus*) สกุลคลาโดสปอริออยเดส (*Cladosporioides*) สกุลคลาโดสปอเรียม (*Cladosporium*) สกุลคลอสทริเดียม (*Clostridium*) สกุลเพนนิซิลเลียม (*Penicillium*) และสกุลไทโอบาร์ซิลลัส (*Thiobacillus*) เป็นต้น โดยจุลินทรีย์กลุ่มนี้จะสร้างกรดอินทรีย์และอนินทรีย์ออกมาละลายโพแทสเซียมออกจากการตรึงของแร่ดินเหนียวบางชนิด จึงสามารถใช้เป็นจุลินทรีย์สำหรับผลิตปุ๋ยชีวภาพได้ สามารถใช้ได้ผลดีทั้งในพืชสวนและพืชไร่

ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม คือ ปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยแบคทีเรียแกรมลบตระกูลไรโซเบียม (Rhizobiaceae) ซึ่งเป็นแบคทีเรียในดินที่สามารถเข้าสร้างปมรากกับพืชตระกูลถั่วได้ และเจริญอยู่ภายในปมรากแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (symbiosis) โดยปมรากที่มีไรโซเบียมอาศัยอยู่เปรียบเสมือนโรงงานผลิตปุ๋ยไนโตรเจนทางชีวภาพ เนื่องจากไรโซเบียมสามารถตรึงไนโตรเจนโดยใช้เอนไซม์ไนโตรจีเนส (nitrogenase enzyme) ในการควบคุมปฏิกิริยาการเปลี่ยนก๊าซไนโตรเจนที่มีอยู่ในบรรยากาศถึง 78 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักให้เป็นสารประกอบไนโตรเจนเพื่อให้พืชใช้ในการเจริญเติบโตได้ ในขณะที่พืชจะให้แหล่งอาหารคาร์บอนที่ได้จากการสังเคราะห์แสงแก่ไรโซเบียม และสร้างโปรตีนชื่อ เลกฮีโมโกลบิน (leghaemoglobin) ซึ่งสามารถเห็นเป็นสีแดงเมื่อผ่าปมที่สมบูรณ์ (ภาพที่ 1) สารเลกฮีโมโกลบินถูกสร้างขึ้นเพื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนภายในปมรากให้เหมาะสมต่อกระบวนการตรึงไนโตรเจน (Alexander, 1977)

ภาพที่ 1 การติดปมของถั่วเหลืองเมื่อใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม(ซ้าย) และปมรากถั่วที่มีประสิทธิภาพจะมีสีแดงของเลกฮีโมโกลบิน (ขวา)

ประโยชน์ที่ได้จากการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในการผลิตพืชตระกูลถั่ว

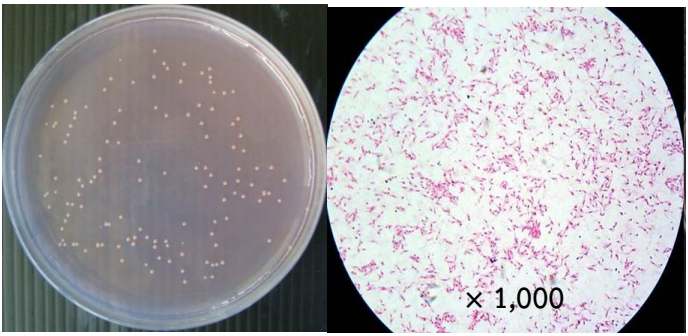
ดินที่ไม่เคยทำการเพาะปลูกถั่วมาก่อนหรือเลิกร้างเป็นเวลานาน หรือดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มักจะไม่พบหรือพบเชื้อไรโซเบียมในปริมาณน้อย หากไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม จะทำให้ลำต้นถั่วแคระแกร็น ใบสีเหลืองและให้ผลผลิตต่ำ การใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนพร้อมกับการปลูกถั่วสามารถช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้

การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมร่วมกับการปลูกพืชตระกูลถั่ว สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นถั่วและทำให้ปริมาณไนโตรเจนในลำต้นถั่วเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 2) ช่วยเพิ่มผลผลิตและปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดถั่วได้ โดยทำให้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นในเมล็ด สามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนได้ 50 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ (กรมวิชาการเกษตร, 2553; พรพรรณ และคณะ, 2554) นอกจากนี้ไรโซเบียมยังมีบทบาทสำคัญในระบบเกษตรยั่งยืน เนื่องจากสารประกอบไนโตรเจนที่ไรโซเบียมตรึงได้จะถูกสะสมในต้นถั่ว และเมื่อไถกลบก็จะถูกย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนลงสู่ดิน เกษตรกรจึงนิยมใช้พืชตระกูลถั่วหลายชนิดเป็นปุ๋ยพืชสด ทำให้ดินคงความอุดมสมบูรณ์อยู่ได้นาน เหมาะแก่การเพาะปลูกพืชอื่นต่อไป

ภาพที่ 2 การเจริญเติบโตของถั่วที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมและไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมประกอบด้วยแบคทีเรียสกุลแบรดดีไรโซเบียม (*Bradyrhizobium*) (ภาพที่ 3) มีลักษณะเป็นผง มีปริมาณจุลินทรีย์รับรองไม่น้อยกว่า 1×10^6 โคโลนีต่อปุ๋ยชีวภาพ 1 กรัม มีขนาดบรรจุภัณฑ์ 200 กรัม (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 3 ลักษณะโคโลนีของแบรดดีไรโซเบียม (*Bradyrhizobium* sp.) ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ (ซ้าย) และลักษณะของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (ขวา)

ภาพที่ 4 ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียว

วิธีการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

การที่พืชจะได้รับประโยชน์จากปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมได้สูงสุด จะต้องทำให้ไรโซเบียมที่คลุกกับเมล็ดเข้าสู่ราก เพื่อสร้างปมรากให้ได้มากที่สุด เมื่อรากถั่วงอกออกมา ไรโซเบียมที่ติดอยู่กับเมล็ดก็จะเข้าสู่รากได้ทันที (กรมวิชาการเกษตร, 2548) วิธีการนำเมล็ดมาคลุกกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมก่อนปลูกจึงจำเป็นจะต้องใช้วิธีพรมด้วยน้ำเปล่า เพื่อช่วยให้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมติดกับเมล็ด โดยมีขั้นตอนการคลุกเชื้อไรโซเบียมกับเมล็ด (ภาพที่ 5) ดังนี้

1. นำเมล็ดถั่วที่ต้องการปลูกใส่ลงในภาชนะ
2. พรมด้วยน้ำเปล่าให้ทั่ว
3. โรยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วชนิดนั้น ๆ ลงบนเมล็ดถั่วในอัตรา 1 ถุงต่อเมล็ดถั่วเขียว 3–5 กิโลกรัม ถั่วเหลือง 10–12 กิโลกรัม ถั่วลิสง 10–15 กิโลกรัม หรือตามอัตราแนะนำที่ระบุบนบรรจุภัณฑ์
4. คลุกเคล้าผงปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมให้ติดอย่างสม่ำเสมอทั่วทุกเมล็ดและนำไปปลูกให้หมดทันที ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี 8-24-24 อัตรา 38 กิโลกรัมต่อไร่

ภาพที่ 5 วิธีการคลุกเมล็ดถั่วกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

การเก็บรักษา

เก็บรักษาปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในที่เย็น ไม่โดนแสงแดด ควรเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 8–10 องศาเซลเซียส

ข้อควรระวัง

1. ควรเลือกปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมให้ตรงกับชนิดของถั่วที่ต้องการปลูก ซึ่งปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมแต่ละชนิดเหมาะสมกับชนิดถั่วที่ระบุไว้บนถุงบรรจุภัณฑ์เท่านั้น (ภาพที่ 6)

2. เลือกใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมที่ยังไม่หมดอายุ ซึ่งจะระบุอยู่บนถุงผลิตภัณฑ์ (ภาพที่ 6)

3. ควรปลูกถั่วในขณะที่ดินมีความชื้นเหมาะสม หรือปลูกแล้วมีการให้น้ำทันที

ภาพที่ 6 รายละเอียดบนบรรจุภัณฑ์ของปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมที่ควรพิจารณาก่อนซื้อ

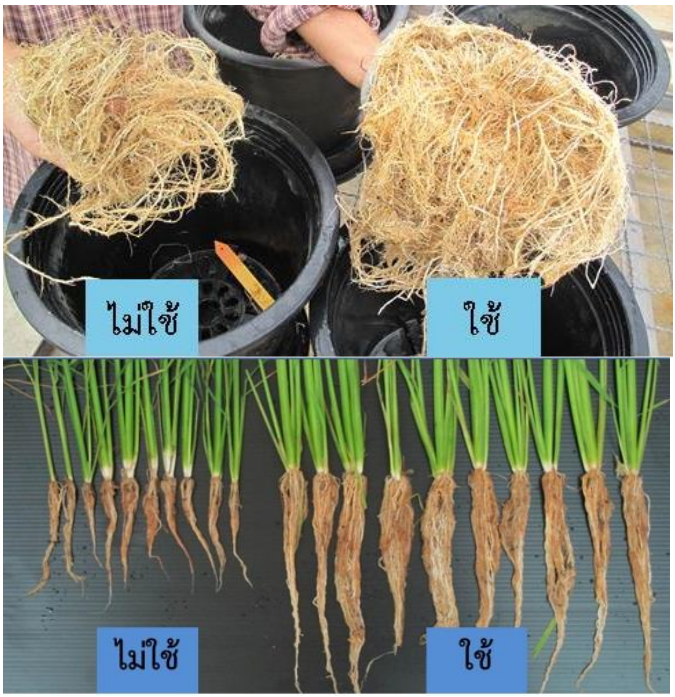
ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์

“ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ หรือ ปุ๋ยชีวภาพแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (Plant Growth Promoting Rhizobacteria: PGPR)” เป็นปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในดินบริเวณรอบรากพืช (rhizosphere) และช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ โดยแบคทีเรียกลุ่มนี้มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจน เพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช สร้างสารซิเดอโรฟอร์ (siderophores) ซึ่งมีสมบัติเพิ่มการนำธาตุเหล็กเข้าสู่เซลล์พืช โดยการแย่งจับธาตุเหล็กบริเวณรอบรากพืช ทำให้เชื้อราโรคพืชไม่สามารถนำธาตุเหล็กไปใช้ได้ นอกจากนี้ยังสามารถสร้างฮอร์โมนพืช (phytohormones) เช่น ฮอร์โมนกลุ่มออกซิน (auxins) ซึ่งกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการเปลี่ยนสภาพของเซลล์ สร้างเอนไซม์ไคติเนส (chitinase) และลามินาริเนส (laminarinase) ย่อยเส้นใยเชื้อราโรคพืช สร้างสารปฏิชีวนะที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้ เป็นต้น (หนึ่ง, 2548; ธงชัย, 2550 และ Gliek *et al*., 1999) ซึ่งในแบคทีเรียบางสกุลมีความสามารถหลายอย่างรวมกัน เช่น แบคทีเรียสกุลอะโซสไปริลลัม (*Azospirillum*) บางสายพันธุ์มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจน ช่วยละลายฟอสเฟต ผลิตฮอร์โมนส่งเสริมการเจริญของพืช และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดธาตุอาหารของพืช

ปัจจุบันการผลิตปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์นิยมใช้แบคทีเรียสกุลอะโซสไปริลลัม (*Azospirillum*) ร่วมกับแบคทีเรียสกุลอื่น ๆ เช่น อะโซโตแบคเตอร์(*Azotobacter*) ไบเจอริงเคีย (*Beijerinckia*) เบอร์โคลเดอเรีย (*Burkholderia*) และกลูคอนอะซิโตแบคเตอร์ (*Gluconacetobacter*) เป็นต้น เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ดียิ่งขึ้น

ประโยชน์ที่ได้จากการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ในการผลิตพืช

ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยช่วยเพิ่มปริมาณรากได้อย่างน้อย 20 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 7) เนื่องจากจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์สามารถสร้างฮอร์โมนพืช ทำให้ระบบรากพืชแข็งแรง เพิ่มประสิทธิภาพในการดูดน้ำและปุ๋ย ทำให้ต้นพืชแข็งแรง ต้านทานโรค นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มผลผลิตพืชได้อย่างน้อย 10 เปอร์เซ็นต์ สามารถช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกพืชได้อย่างน้อย 25 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 7 ผลการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ต่อการเพิ่มปริมาณรากของข้าวโพด (บน) และข้าว (ล่าง)

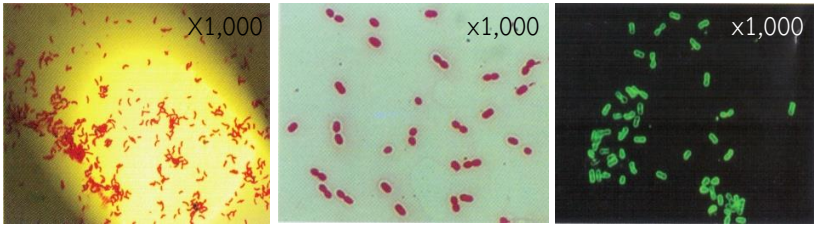
ภาพที่ 8 ผลการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ต่อการเพิ่มปริมาณรากและการเจริญเติบโตของอ้อย

ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์

1. ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน ประกอบด้วย แบคทีเรีย 3 ชนิด ได้แก่ *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter vinelandii*, *Beijerinckia mobilis* (ภาพที่ 9) มีปริมาณจุลินทรีย์รับรองไม่น้อยกว่า 1×10^6 โคโลนีต่อปุ๋ยชีวภาพ 1 กรัม ใช้สำหรับข้าวโพด ข้าวฟ่าง พืชผัก และพืชสมุนไพร

2. ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทู ประกอบด้วยแบคทีเรีย 2 ชนิด ได้แก่ *Azospirillum brasilense, Burkholderia vietnamiensis* มีปริมาณจุลินทรีย์รับรองไม่น้อยกว่า 1×10^6 โคโลนีต่อปุ๋ยชีวภาพ 1 กรัม ใช้สำหรับข้าว (ภาพที่ 10)

3. ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี ประกอบด้วย แบคทีเรีย 2 ชนิด ได้แก่ *Azospirillum brasilense, Gluconacetobacter diazotrophicus* (ภาพที่ 11) มีปริมาณจุลินทรีย์รับรองไม่น้อยกว่า 1×10^6 โคโลนีต่อปุ๋ยชีวภาพ 1 กรัม ใช้สำหรับอ้อยและมันสำปะหลัง



Azospirillum brasilense *Azotobacter vinelandii* *Beijerinckia mobilis*

ภาพที่ 9 ลักษณะเซลล์ของแบคทีเรียในปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ภาพที่ 10 ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทู

Azospirillum brasilense DASF04008 *Gluconacetobacter diazotrophicus* BR11281

ภาพที่ 11 ลักษณะโคโลนีของแบคทีเรียในปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี ที่เจริญบนอาหารวุ้นแข็ง

วิธีการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์

1. ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน

• คลุกเมล็ดก่อนปลูก

ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน จำนวน 1 ถุง ผสมน้ำให้ข้น แล้วนำเมล็ดข้าวโพด 3–4 กิโลกรัม หรือข้าวฟ่าง 2–3 กิโลกรัม คลุกเคล้าจนเนื้อปุ๋ยเคลือบติดผิวเมล็ด (ภาพที่ 12) แล้วจึงนำไปปลูกทันที

• ใช้รองก้นหลุม

ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน จำนวน 1 ถุง ละลายในน้ำสะอาด 20 ลิตร ราดกองปุ๋ยที่หมักสมบูรณ์แล้ว ประมาณ 250 กิโลกรัม (ภาพที่ 13) ปรับความชื้นในกองปุ๋ยหมักให้ได้ประมาณ 50–60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก คลุกเคล้าให้เข้ากันแล้วบ่มไว้ 1 สัปดาห์ ใช้รองก้นหลุมก่อนปลูก อัตรา 250 กิโลกรัมต่อไร่

ภาพที่ 12 ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ที่คลุกด้วยปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์

2. ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทู

• คลุกเมล็ดก่อนปลูก

- หว่านข้าวแห้งพรมน้ำลงบนเมล็ดข้าว 10–15 กิโลกรัม ให้พอเปียก โรยปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทู จำนวน 1 ถุง คลุกเคล้าจนเนื้อปุ๋ยเคลือบติดผิวเมล็ด แล้วจึงนำไปหว่าน (ภาพที่ 12)

- หว่านข้าวงอก ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทู จำนวน 1 ถุง คลุกเคล้ากับเมล็ดข้าว 10–15 กิโลกรัม ที่แช่ไว้แล้วจนเนื้อปุ๋ยเคลือบติดผิวเมล็ดแล้วจึงนำไปหว่าน

• ใช้ร่วมกับปุ๋ยหมักรองพื้น

ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทู จำนวน 1 ถุง ผสมกับปุ๋ยหมักประมาณ 250 กิโลกรัมต่อไร่ รองพื้นพร้อมปลูก (ภาพที่ 13)

ภาพที่ 13 การคลุกปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์กับปุ๋ยหมัก

3. ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี

• ฉีดพ่นท่อนพันธุ์อ้อย

ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี ละลายกับน้ำสะอาดอัตราส่วน 1 : 100 (ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี 1 กิโลกรัม ต่อน้ำ 100 ลิตร) ฉีดพ่นเป็นฝอยละเอียดลงบนท่อนพันธุ์แล้วจึงกลบทับด้วยดินทันที

• แช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี ละลายกับน้ำสะอาดอัตราส่วน1 : 20 (ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี 1 กิโลกรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร) หลังจากนั้นนำท่อนพันธุ์ลงไปแช่เป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงนำไปปลูกทันที (ภาพที่ 14)

• ใช้กับปุ๋ยหมัก

ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี จำนวน 1 ถุง ผสมกับปุ๋ยหมักประมาณ 250 กิโลกรัมต่อไร่ แล้วจึงนำไปหว่านทันที

ภาพที่ 14 การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

วิธีการเก็บรักษา

เก็บรักษาปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ในที่เย็น ไม่โดนแสงแดดหากเก็บรักษาในที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้

ข้อควรระวังในการใช้

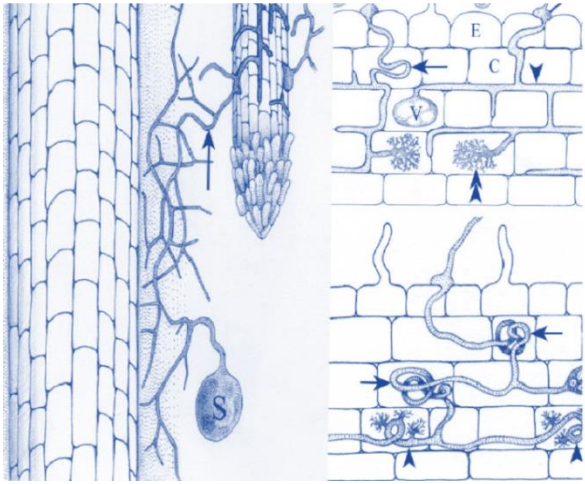
1. ควรเลือกปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ให้ตรงกับชนิดของพืชที่ต้องการปลูก ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แต่ละชนิดเหมาะสมกับชนิดพืชที่ระบุไว้บนถุงบรรจุภัณฑ์เท่านั้น

2. เลือกใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ที่ยังไม่หมดอายุ ซึ่งจะระบุอยู่บนถุงผลิตภัณฑ์

3. เมื่อเปิดใช้แล้วควรใช้ให้หมดทันที

ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา คือ ปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีชีวิตและมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช โดยราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะสร้างเส้นใยอยู่บริเวณรอบรากแล้วเจริญเข้าไปอยู่ระหว่างเซลล์และภายในเซลล์รากพืช (ภาพที่ 15) ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะช่วยดูดธาตุอาหารจากภายนอกราก แล้วส่งผ่านไปทางเส้นใยราเข้าไปภายในรากพืช ทำให้พืชได้รับธาตุอาหารและเจริญเติบโตได้ดียิ่งขึ้น

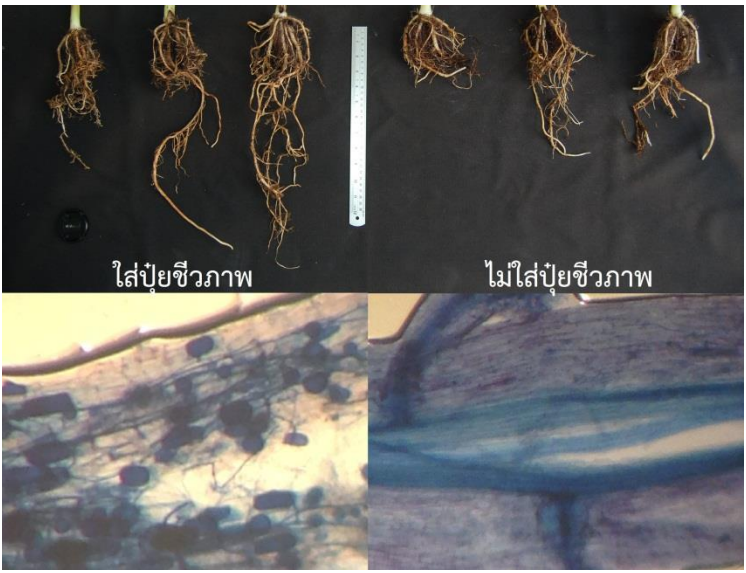


ภาพที่ 15 ลักษณะโครงสร้างของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่อยู่บริเวณรอบราก (ซ้าย) และในรากพืช (ขวา) (ที่มา: Peterson *et al*., 2004)

ประโยชน์ของปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

1. ช่วยเพิ่มการดูดธาตุอาหารให้แก่พืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุฟอสฟอรัส จึงสามารถลดการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตได้ 25–50 เปอร์เซ็นต์

2. ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวรากพืช (ภาพที่ 16) เส้นใยราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่เจริญอยู่รอบรากช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซับธาตุอาหารและน้ำ ทำให้พืชเจริญเติบโตและทนแล้งได้ดี และช่วยทำให้รากพืชแตกแขนงได้มากขึ้น



ภาพที่ 16 ผลของปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของรากพืช (ภาพบน); เส้นใยและโครงสร้างของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์-ไรซาในรากพืช (ซ้ายล่าง), รากพืชที่ไม่มีราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (ขวาล่าง)

3. ช่วยละลายธาตุอาหารที่ถูกตรึงไว้ในดินซึ่งไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงโดยเหล็ก อะลูมินัม หรือแคลเซียม แล้วส่งผ่านให้แก่พืชทางผนังเส้นใยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

4. ช่วยให้พืชมีความแข็งแรง ป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรครากเน่าหรือโคนเน่าจากเชื้อราในดิน

5. เพิ่มปริมาณและคุณภาพผลผลิตให้แก่พืช

ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ประกอบด้วย ราอาร์บัสคูลาร์-ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพ และมีปริมาณจุลินทรีย์รับรองไม่ต่ำกว่า 25 สปอร์ต่อปุ๋ยชีวภาพ 1 กรัม มีขนาดบรรจุภัณฑ์ 500 กรัม (ภาพที่ 17 และ 18) สามารถใช้ได้กับพืชเศรษฐกิจหลายชนิด เช่น ยางพารา ปาล์มน้ำมัน กล้วย มะม่วง ขนุน มะละกอ ทุเรียน มังคุด ส้ม มะนาว มะขามหวาน ลำไย สับปะรด ลองกอง กาแฟ กระเจี๊ยบเขียว หน่อไม้ฝรั่ง พริก เป็นต้น

ภาพที่ 17 สปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

ภาพที่ 18 ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

การใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

1. ไม้ผล ไม้ยืนต้น เช่น ยางพารา ปาล์มน้ำมัน ผักหวาน มะม่วง ทุเรียน มังคุด ส้ม มะนาว ลำไย กาแฟ เป็นต้น

• การเพาะกล้าหรือการชำกิ่งพันธุ์ ใส่ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 3 กรัมต่อถุง จากนั้นหยอดเมล็ดหรือปักชำกิ่งพันธุ์ลงในถุงเพาะ

• การรองก้นหลุม ใส่ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 10 กรัมต่อหลุม รองก้นหลุมก่อนปลูกพืช (ภาพที่ 19)

• การโรยรอบทรงพุ่ม แบ่งตามอายุพืช ดังนี้

- สำหรับไม้ผล ไม้ยืนต้นที่มีอายุ 1–3 ปี ใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์-ไมคอร์ไรซา 30–40 กรัมต่อต้น โรยรอบทรงพุ่มแล้วกลบดินทันที (ภาพที่ 20)

- สำหรับไม้ผลที่มีอายุ 3 ปีขึ้นไป ใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์-ไรซา 40–50 กรัมต่อต้น โรยรอบทรงพุ่มแล้วกลบดินทันที

ภาพที่ 19 การใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา โดยวิธีการรองก้นหลุม

ภาพที่ 20 การใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา โดยวิธีการโรยรอบทรงพุ่ม

2. พืชผัก เช่น กระเจี๊ยบเขียว หน่อไม้ฝรั่ง พริก เป็นต้น

• การเพาะกล้าในกระบะเพาะชำ ใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 300 กรัมต่อกระบะเพาะ ผสมกับวัสดุเพาะให้เข้ากัน แล้วหยอดเมล็ด

• การรองก้นหลุม ใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 10 กรัมต่อต้น รองก้นหลุมพร้อมปลูก

การเก็บรักษา

เก็บรักษาปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในที่เย็นไม่โดนแสงแดด ควรเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4–10 องศาเซลเซียส

ข้อควรระวัง

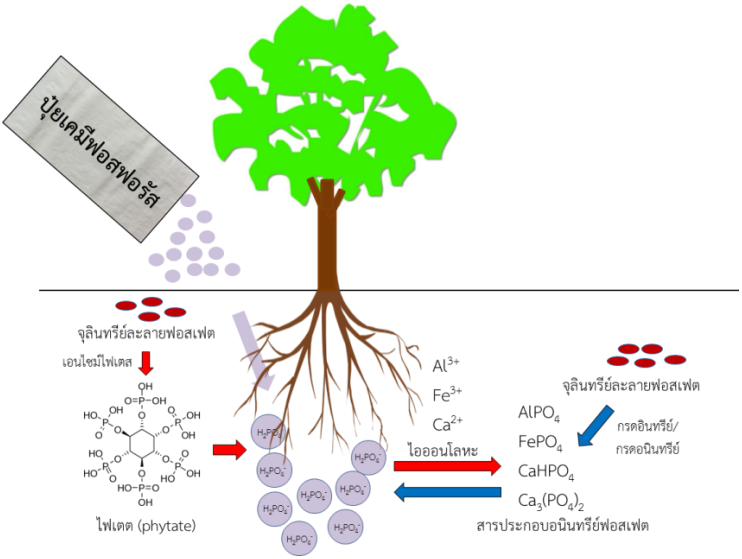
1. ไม่ควรใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร่วมกับสารป้องกันกำจัดเชื้อราโรคพืช เช่น ฟอสอีทิล (fosetyl) เมทาแลกซิล (metalaxyl) แมนโคเซบ (mancozeb) เป็นต้น เนื่องจากเป็นสารเคมีที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของราอาร์-บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

2. หลีกเลี่ยงการผสมปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซากับปุ๋ยเคมีโดยตรง

ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ประกอบด้วยจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตที่มีประสิทธิภาพสูงในการละลายสารประกอบอนินทรีย์และอินทรีย์ฟอสเฟต ฟอสฟอรัสที่สะสมในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟต เช่น ไฟเตท (phytate) และสารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟต เช่น อลูมิเนียมฟอสเฟต ($AlPO_4$) เฟอร์ริกฟอสเฟต ($FePO_4$) แคลเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($CaHPO_4$) และแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$) โดยปกติจุลินทรีย์ในดินจะสร้างเอนไซม์ไฟเตส (phytase) เพื่อย่อยสลายไฟเตทและปลดปล่อยฟอสฟอรัสซึ่งพืชสามารถนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต (ภาพที่ 21) จุลินทรีย์บางกลุ่มมีความสามารถละลายสารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟตโดยสร้างและปลดปล่อยกรดอินทรีย์ เช่น กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก เป็นต้น (Whitelaw, 2000; Maliha *et al*., 2004) และกรดอนินทรีย์ ได้แก่ กรดไนตริกและกรดซัลฟูริก (Azam and Memon, 1996) ออกมานอกเซลล์เพื่อละลายสารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟตที่อยู่ในดินให้เป็นฟอสฟอรัสที่ละลายอยู่ในสารละลายดินในรูปโมโนไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน (HPO_4^{2-}) และไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$) (ภาพที่ 21) ทำให้พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ซึ่งเป็นการช่วยลดการใส่ปุ๋ยเคมีฟอสเฟตและทำให้ต้นทุนการเพาะปลูกพืชลดลงด้วย

ปัจจุบันการผลิตปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตนิยมใช้จุลินทรีย์ในสกุลบาซิลลัส (*Bacillus*) แอสเพอร์จิลลัส (*Aspergillus*) และเพนนิซิลเลียม (*Penicillium*) เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการละลายฟอสเฟตและสามารถสร้างสปอร์ทำให้มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ดี



ภาพที่ 21 การละลายฟอสเฟตในดินโดยจุลินทรีย์

ประโยชน์ที่ได้จากการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตในการผลิตพืช

1. ช่วยละลายฟอสเฟตที่ถูกตรึงไว้ในดินซึ่งไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช จึงสามารถลดการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตได้ 25–50 เปอร์เซ็นต์

2. ช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของหินฟอสเฟต

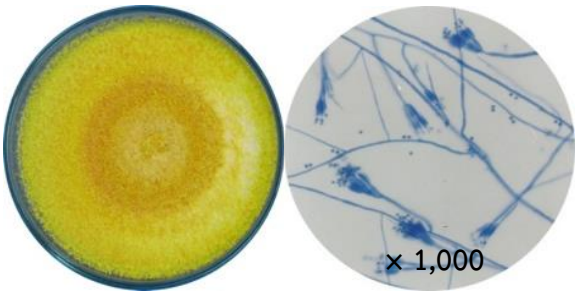
3. ช่วยให้พืชมีความแข็งแรง ป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรครากเน่าหรือโคนเน่าจากเชื้อราในดิน

4. เพิ่มปริมาณและคุณภาพผลผลิตพืช (ภาพที่ 22)

ภาพที่ 22 ต้นกล้าพริกในวัสดุเพาะที่ผสมปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (ซ้าย) และไม่ผสมปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (ขวา)

ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตของกรมวิชาการเกษตร ประกอบด้วยรา *Penicillium pinophilum* (ภาพที่ 23) มีปริมาณจุลินทรีย์รับรองไม่น้อยกว่า 1×10^{7} โคโลนีต่อปุ๋ยชีวภาพ 1 กรัม ส่วนแบคทีเรียมีปริมาณจุลินทรีย์รับรองไม่น้อยกว่า 1×10^{8} โคโลนีต่อปุ๋ยชีวภาพ 1 กรัม มีขนาดบรรจุภัณฑ์ 500 กรัม (ภาพที่ 24) เหมาะสำหรับดินที่มีปัญหาการตรึงฟอสเฟต เช่น ดินกรด ดินด่าง สามารถใช้กับพืช ได้แก่ ปาล์มน้ำมัน ยางพารา พืชไร่ ไม้ผล พืชผัก ไม้ดอกไม้ประดับ ข้าวไร่ เป็นต้น



ภาพที่ 23 เส้นใยรา *Penicillium pinophilum* ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ (ซ้าย) และลักษณะของเส้นใยและสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (ขวา)

ภาพที่ 24 ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

วิธีการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

1. ไม้ผล ไม้ยืนต้น เช่น มะม่วง ลำไย ทุเรียน ลองกอง ส้มเขียวหวาน ส้มโอ มะละกอ มะพร้าว ยางพารา ปาล์มน้ำมัน เป็นต้น

• การเพาะกล้าหรือการชำกิ่งพันธุ์ ใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 10 กรัม ต่อถุงเพาะ จากนั้นหยอดเมล็ดหรือปักชำกิ่งพันธุ์ลงในถุงเพาะ

• การรองก้นหลุม ใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 10 กรัมต่อหลุม รองก้นหลุมก่อนปลูกพืช

• การโรยรอบทรงพุ่ม (ภาพที่ 25) แบ่งตามอายุพืช ดังนี้

- สำหรับไม้ผลที่มีอายุ 1–3 ปี ใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 50–100 กรัมต่อต้น คลุกผสมกับปุ๋ยอินทรีย์โรยรอบทรงพุ่มแล้วกลบดินทันที

- สำหรับไม้ผลที่มีอายุ 3 ปีขึ้นไป ใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 100–200 กรัมต่อต้น คลุกผสมกับปุ๋ยอินทรีย์โรยรอบทรงพุ่มแล้วกลบดินทันที

ขุดดินรอบทรงพุ่ม

ผสมปุ๋ยชีวภาพกับปุ๋ยอินทรีย์

โรยปุ๋ยชีวภาพที่ผสมปุ๋ยอินทรีย์รอบทรงพุ่ม

กลบดินทันที

ภาพที่ 25 การใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตโดยวิธีการโรยรอบทรงพุ่ม

2. พืชไร่ เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง อ้อย ถั่วเหลือง ถั่วลิสง งา เป็นต้น

• การคลุกเมล็ด เช่น ข้าวโพด ถั่วลิสง ถั่วเหลือง นำเมล็ดพืชที่ต้องการปลูก 5 กิโลกรัม ใส่ลงในภาชนะ จากนั้นพรมด้วยน้ำเปล่าให้ทั่ว แล้วจึงโรยปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 1 ถุง และคลุกเมล็ดให้ทั่วก่อนนำไปปลูก (ภาพที่ 26)

• การรองก้นหลุม เช่น มันสำปะหลัง อ้อย ใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 5 กิโลกรัมต่อไร่ คลุกผสมกับปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัม ให้เข้ากันแล้วใช้รองก้นหลุมพร้อมปลูก

ภาพที่ 26 การใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตคลุกเมล็ดข้าวโพดก่อนปลูก

3. พืชผัก เช่น พริก มะเขือ มะเขือเทศ กระเจี๊ยบเขียว เป็นต้น

• การเพาะกล้าในกระบะเพาะชำ ใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 1 ถุง คลุกกับวัสดุเพาะ 50 กิโลกรัม ผสมกับวัสดุเพาะให้เข้ากัน แล้วนำใส่กระบะเพาะ แล้วจึงหยอดเมล็ด

• การรองก้นหลุม ใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 5 กิโลกรัมต่อไร่ คลุกผสมกับปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัม ให้เข้ากันแล้วใช้รองก้นหลุมพร้อมปลูก (ภาพที่ 27)

ผสมปุ๋ยชีวภาพกับปุ๋ยอินทรีย์ | รองก้นหลุม | นำต้นกล้ามาปลูก

ภาพที่ 27 การใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตรองก้นหลุม

การเก็บรักษา

เก็บรักษาปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตในที่เย็นไม่โดนแสงแดด ควรเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4–10 องศาเซลเซียส

ข้อควรระวัง

1. เลือกใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตที่ยังไม่หมดอายุ
2. ไม่ควรใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตร่วมกับสารป้องกันกำจัดเชื้อราโรคพืช เช่น ฟอสอีทิล (fosetyl) เมทาแลกซิล (metalaxyl) แมนโคเซบ (mancozeb) เป็นต้น เนื่องจากเป็นสารเคมีที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของรา
3. ไม่ควรคลุกผสมปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตกับปุ๋ยเคมีโดยตรง

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2535. การใช้เชื้อไรโซเบียมเพื่อเพิ่มผลผลิตให้แก่พืชตระกูลถั่ว. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. ปุ๋ยชีวภาพและผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.

ธงชัย มาลา. 2550. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ : เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 300 หน้า.

พรพรรณ สุทธิแย้ม อัจฉรา นันทกิจ ศิริลักษณ์ จิตรอักษร จิติมา ยถาภูธานนท์ และสมชาย ผะอบเหล็ก. 2554. การใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเพิ่มผลผลิตและโปรตีนในถั่วเหลือง. แก่นเกษตร 39 ฉบับพิเศษ 3: 113–122.

หนึ่ง เตียอำรุง. 2548. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแบคทีเรีย PGPR (plant growth promoting rhizobacteria). วารสารเทคโนโลยีสุรนารี 12(3): 249–258.

Azam, F. and G.H. Memon. 1996. Soil organisms, 200–232 pp. In: E. Bashir and R. Bantel., (eds.) Soil science. National Book Foundation, Islamabad.

Maliha, R.; K. Samina; A. Najma; A. Sadia and L. Farooq. 2004. Organic acids production and phosphate solubilization by phosphate solubilizing microorganisms under *in vitro* conditions. Pakistan Journal of Biological Sciences 7: 187–196.

Peterson, R.L.; H.B. Massicotte and L.H. Melville. 2004. Mycorrhizas: Anatomyand Cell Biology. NRC Research Press, Ottawa. 173 p.

Whitelaw, M.A. 2000. Growth promotion of plants inoculated with phosphate solubilizing fungi. Advances in Agronomy 69:99–151.

คณะผู้จัดทำ

ที่ปรึกษา

นางสาวลมัย ชูเกียรติวัฒนา	ผู้อำนวยการกองวิจัยวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นางภาวนา ลิกขนานนท์	ข้าราชการบำนาญกรมวิชาการเกษตร

ผู้จัดทำ

นางสาวศุภกาญจน์ ล้วนมณี	ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา
นางสุปรานี มั่นหมาย	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ
นางสาวศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ
นางประไพ ทองระอา	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ
นางสาวกัลยกร โปร่งจันทึก	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ
นางสาวนิศารัตน์ ทวีนุต	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
นายมนต์ชัย มนัสสิลา	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
นางสาวจิตรา เกาะแก้ว	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
นางสาวกนกอร บุญพา	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
นายอธิปัตย์ คลังบุญครอง	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
นายอำนาจ เอี่ยมวิจารณ์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
นางสาวบุณฑริก ฉิมชาติ	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
นางสาวอมรรัตน์ ใจยะเสน	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
นายสนธยา ขำติ๊บ	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ