

การแยกและคัดเลือกจุลินทรีย์ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในพื้นที่พรุ จังหวัดนราธิวาส

เสาวลักษณ์ เมอร์เรลล์ และฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์
สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน กรมพัฒนาที่ดิน

บทคัดย่อ

การแยกและคัดเลือกจุลินทรีย์ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในพื้นที่พรุจังหวัดนราธิวาส ดำเนินการในปี 2555-2556 โดยเก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่พรุ 3 แหล่ง ได้แก่ 1) พื้นที่เส้นทางศึกษาธรรมชาติศูนย์วิจัยและศึกษาธรรมชาติป่าพรุสิรินธร 2) พื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองฯ 3) บริเวณใจกลางพรุโต๊ะแดง นำมาคัดแยกเชื้อและทดสอบประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนแบบอิสระ การสร้างฮอโมนออกซิน และจิบเบอเรลลิน พบว่าในเส้นทางศึกษาธรรมชาติศูนย์วิจัยและศึกษาธรรมชาติป่าพรุสิรินธร มีปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์มากกว่าพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองฯ โดยพบมากในบริเวณของรากพืชส่วนตัวอย่างดินกลางพื้นที่พรุโต๊ะแดงพบแบคทีเรียกลุ่ม *Azospirillum* sp. สร้างฮอโมนออกซิน และจิบเบอเรลลิน โดยผลิตรวดอินโดลอะซิติกและกรดจิบเบอเรลลิกได้สูง 77.91 และ 13.38 ppm มีแนวโน้มที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพ แต่มีกิจกรรมการตรึงไนโตรเจนต่ำ 1.95-3.12 ไมโครโมลต่อกรัมเซลล์

คำสำคัญ : ดินเปรี้ยวจัด ดินอินทรีย์ จุลินทรีย์ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

หลักการและเหตุผล

จังหวัดนราธิวาสมีพื้นที่พรุประมาณ 361,860 ไร่ เนื่องจากดินพรุเป็นดินที่เกิดจากการทับถมเน่าเปื่อยของซากพืชซากสัตว์ในพื้นที่น้ำท่วมขังเป็นเวลานานทำให้มีอินทรีย์วัตถุสะสมอยู่เป็นจำนวนมาก ถัดจากชั้นดินพรุลงไปเป็นชั้นดินเลนสีเทาปนน้ำเงิน (mud clay) ซึ่งมีส่วนประกอบของแร่ไพไรต์ (pyrite) ประมาณ 1-6 เปอร์เซ็นต์ สารประกอบไพไรต์เหล่านี้ เมื่อแห้งจะปลดปล่อยกรดกำมะถัน และแปรสภาพเป็นสารประกอบจาโรไซต์ (jarosite) ทำให้ดินและน้ำเป็นกรดจัด ไม่เหมาะสมต่อการเกษตร (เจริญ, 2541) โดยทั่วไปจะจัดการดินโดยใส่หินปูนฝุ่น หรือโดโลไมต์ เพื่อปรับ pH ของดินก่อนการปลูกพืช อย่างไรก็ตามปัจจุบันได้มีการนำจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ มาใช้ประโยชน์เพิ่มขึ้น สำหรับภาคการเกษตรจุลินทรีย์ดินนับว่ามีบทบาทสำคัญในการสร้างสมดุลของระบบนิเวศ การควบคุมวัฏจักรการหมุนเวียนธาตุอาหารในดิน และการกักเก็บคาร์บอน โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่ดำรงชีวิตอยู่ในพื้นที่พรุจะต้องมีการปรับตัวเป็นพิเศษเพื่ออยู่อาศัยในสภาพที่ไม่เอื้ออำนวยนี้ จุลินทรีย์ที่อยู่ในพื้นที่ชนิดนี้จึงน่าจะมีคุณลักษณะที่พิเศษแตกต่างไปจากจุลินทรีย์ที่อยู่ในแหล่งทำธรรมชาติอื่น จึงควรมีการศึกษาการแยกและคัดเลือกจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในพื้นที่พรุ โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ด้านการเกษตร เพื่อให้ได้เชื้อจุลินทรีย์บริสุทธิ์และทราบคุณลักษณะของจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้จากพื้นที่ป่าพรุ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะเก็บรวบรวมไว้เป็นฐานข้อมูลทรัพยากรของประเทศ อีกทั้งยังเป็นประโยชน์ในการนำจุลินทรีย์เหล่านี้ไปพัฒนาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ โดยเฉพาะทางการเกษตรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. อุปกรณ์

- 1.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินเพื่อคัดแยกจุลินทรีย์
- 1.2 อุปกรณ์คัดแยกเชื้อจุลินทรีย์

2. วิธีการ

2.1 เก็บตัวอย่างดิน ในพื้นที่ศึกษา 3 พื้นที่ ได้แก่

1) พื้นที่เส้นทางศึกษาธรรมชาติศูนย์ฯ สิรินคร เก็บตัวอย่างดินอินทรีย์บริเวณรากพืชต้นสาละ ต้นสะเดียว ต้นหว้า และต้นชื้อลิแยงกา ต้นมะฮังใบใหญ่ ต้นมะฮังใบเล็ก และต้นตองหนใบใหญ่ รวมทั้งดินระหว่างต้นไม้ที่มีความลึก 3 ระดับ

2) พื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองฯ เก็บตัวอย่างดินในโครงการแก้มลิงดินแปลงที่ 1-6 ที่ความลึกระดับต่างๆ ตัวอย่างดิน Muck ในแปลงแปลงปาล์มน้ำมัน แปลงมะพร้าวกินยอดและดินเปรี้ยวตามธรรมชาติซึ่งเป็นพื้นที่นาร้างบริเวณพื้นที่ใกล้กับศูนย์พิกุลทองฯ

3) ดินอินทรีย์บริเวณใจกลางพุดตะแคง ที่ความลึกระดับต่างๆ 5 ระดับ ได้แก่ ผิวดิน ความลึก 0-20, 20-50, 50-70 และ 70-100 เซนติเมตร

2.2 การแยกและคัดเลือกจุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจนแบบอิสระ

1) การแยกเชื้อจุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจนแบบอิสระ ตัวอย่างดินนำมาเจือจางเป็นลำดับ (Soil dilution plating method) ใส่สารละลายดินที่เจือจางแล้วลงในอาหารจำเพาะ (Selective media) ที่ปราศจากแหล่งของไนโตรเจนแล้วปล่อยให้กระจายทั่วทั้งจานเลี้ยงเชื้อบ่มที่อุณหภูมิ 26-30 องศาเซลเซียส หลังจาก 2-5 วันจะเกิดโคโลนีของเชื้อขึ้นบนผิวของอาหาร แยกเชื้อที่เจริญเห็นเป็นโคโลนีให้ได้เชื้อบริสุทธิ์ ดูลักษณะทางสรีรวิทยาของเชื้อภายใต้กล้องจุลทรรศน์ คัดเฉพาะเชื้อที่ติดสีแกรมลบ (Glick, 1995)

2) การคัดเลือกจุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจนแบบอิสระ นำเชื้อบริสุทธิ์ทดสอบประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจน โดยวิธี Acetylene reduction technique โดยเลี้ยงอะซิโตแบคเตอร์ในขวดปากแคบที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นทำการแลกเปลี่ยนก๊าซภายในขวดทดลองกับก๊าซอะเซทีลีน โดยดึงอากาศออก และฉีดก๊าซอะเซทีลีนปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรขวดเข้าไปแทนที่ บ่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำก๊าซที่ได้มาวัดค่าการตรึงไนโตรเจนด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ชนิด Flame ionization detector โดยใช้คอลัมน์สแตนเลสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 มิลลิเมตร ยาว 225 เซนติเมตร ภายในบรรจุ Porapak N ขนาด 80-100 mesh ใช้ก๊าซไนโตรเจนเป็นก๊าซตัวพา ใช้อุณหภูมิของคอลัมน์ เครื่องตรวจ และเครื่องฉีด (Injector) 90 องศาเซลเซียส ปรับอัตราการไหลของก๊าซไนโตรเจน และก๊าซไฮโดรเจน 30 มิลลิตรต่อนาที และอัตราการไหลของอากาศ 300 มิลลิตรต่อนาที ฉีดก๊าซเออีเอสมาตรฐาน 1 เปอร์เซ็นต์เทียบทุกครั้ง คำนวณกิจกรรมการตรึงไนโตรเจนเป็นนาโนโมล (nmole) ของก๊าซเออีเอสต่อน้ำหนักเซลล์แห้งของอะซิโตแบคเตอร์ต่อหน่วยเวลา (Gutierrez et.al, 2001)

2.3 การแยกและคัดเลือกจุลินทรีย์ผลิตฮอโมนพืช

1) การแยกจุลินทรีย์ผลิตฮอโมนพืช ตัวอย่างดินนำมาเจือจางเป็นลำดับใส่สารละลายดินที่เจือจางแล้วลงในอาหารแข็งกลูโคสเปปโตน (Glucose peptone agar) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน แยกเชื้อให้บริสุทธิ์ และเก็บเป็นต้นตอเชื้อเพื่อทำการคัดเลือกรุ่นต่อไป

2) การคัดเลือกจุลินทรีย์ผลิตฮอโมนพืช นำแบคทีเรียที่แยกเป็นเชื้อบริสุทธิ์แล้ว มาทดสอบการผลิตอินโดลอะซิติก (Indole acetic acid - IAA) และกรดจิบเบอเรลลิคขั้นแรก โดยทำการแต้มเชื้อในอาหารจำเพาะบ่มไว้ 2 วัน หลังจากนั้นนำกระดาษกรองวางบนเชื้อที่เจริญบนจานเลี้ยงเชื้อ บ่มไว้ต่ออีก 2 วัน เพื่อให้เชื้อ

เจริญบนกระดาศกรอง ทดสอบการสร้างกรดอินโดลอะซิติกโดยแบคทีเรียที่มีเชื้อเจริญใน Salkowski reagent จะเห็นโคโลนีของเชื้อเป็นสีแดง และทดสอบการสร้างกรดจิบเบอเรลลินโดยนำกระดาศกรองที่มีเชื้อเจริญส่องใน UV transilluminator จะเห็นโคโลนีของเชื้อเกิดการเรืองแสง (Karnwal, 2009)

- แบคทีเรียผลิตออกซิน นำแบคทีเรียที่ผ่านการคัดเลือกขั้นแรกเลี้ยงในอาหาร ลูเรียเบอร์ตานี (Luria-Bertani medium) ที่เติมทริปโตเฟน (Tryptophan) ความเข้มข้น 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เพื่อเป็นสารตั้งต้นให้กับแบคทีเรียในการผลิตฮอร์โมนออกซิน บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-4 วัน นำตัวอย่างเหวี่ยงให้ตกตะกอนแยกเฉพาะส่วนใสวัดปริมาณกรดอินโดลอะซิติก ที่จุลินทรีย์ผลิตโดยวิธี Salkowski reagent โดยเติม 10 มิลลิโมลาร์ (mM) กรดออร์โทฟอสฟอริก (Orthophosphoric acid) และ น้ำยาเคมีที่ประกอบด้วย 0.5 โมลาร์ (M) เฟอร์ริก คลอไรด์ (FeCl_3) ละลายใน 35 เปอร์เซ็นต์ ไฮเปอร์คลอริก (HClO_4) ทั้งไว้ 25 นาที วัดปริมาณกรดอินโดลอะซิติกที่ผลิตได้จากแบคทีเรียแต่ละชนิด โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน

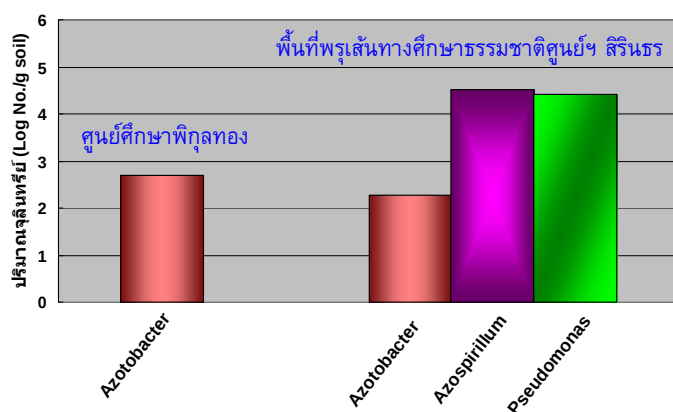
- แบคทีเรียผลิตจิบเบอเรลลินนำแบคทีเรียที่ผ่านการคัดเลือกขั้นแรกเลี้ยงในอาหารเหลวนิวเตเรียนบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-4 วัน นำตัวอย่างเหวี่ยงให้ตกตะกอนแยกเฉพาะส่วนใสวัดปริมาณกรดจิบเบอเรลลิน ที่จุลินทรีย์ผลิตโดยเติม Zinc acetate และ Potassium ferrocyanide นำตัวอย่างเหวี่ยงแยกตะกอน ดูดเฉพาะส่วนใสเติม 30 เปอร์เซ็นต์กรดไฮโดรคลอริก บ่มที่ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 75 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน (Chakraborty and samadar, 1995)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการเก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองฯ พื้นที่พรุเส้นทางศึกษาธรรมชาติ ศูนย์ฯ สิรินคร และพื้นที่ใจกลางพรุโต๊ะแดง เพื่อศึกษาจุลินทรีย์ทนกรดในพื้นที่พรุ จ.นราธิวาส โดยดำเนินการแยกและคัดเลือกจุลินทรีย์สร้างสารเสริมการเจริญเติบโตของพืช ผลการศึกษา ดังนี้

1. ปริมาณจุลินทรีย์สร้างสารเสริมการเจริญเติบโต

ในพื้นที่ศูนย์ศึกษาพิกุลทองพบเฉพาะกลุ่ม *Azotobacter* มีปริมาณ 2.7 Log No./g ส่วนพื้นที่พรุเส้นทางศึกษาธรรมชาติศูนย์ฯ สิรินคร พบทั้งกลุ่ม *Azotobacter* ซึ่งมีปริมาณต่ำสุด 2.28 Log No./g ส่วนแบคทีเรียกลุ่ม *Azospirillum* และ *Pseudomonas* มีปริมาณใกล้เคียงกัน 4.51 และ 4.43 Log No./g ตามลำดับ



2. การคัดเลือกแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

ในพื้นที่ศูนย์ศึกษาปศุสัตว์หนองบอนพบชนิดของแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนเล็กน้อย ส่วนแบคทีเรียสร้างฮอร์โมนแทบไม่พบเลย เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ฟาร์มเลี้ยงสัตว์มหาวิทยาลัยสุรนารี จะพบชนิดของแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชมากกว่าในพื้นที่ศูนย์ศึกษาปศุสัตว์ โดยเฉพาะดินบริเวณรากต้นสาละ และต้นหว้า พบทั้งแบคทีเรียตรึงไนโตรเจน แบคทีเรียผลิตกรดอินทรีย์และกรดไขมัน และแบคทีเรียผลิตกรดไขมันและกรดไขมันที่จำเป็นเนื่องจากจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ เช่น *Azotobacter* sp., *Beijerinckia* sp., *Derxia* sp., *Azomonas* sp., *Pseudomonas* sp. และ *Enterobacter* sp. ถึงแม้จะพบอาศัยอยู่ในดินอย่างอิสระแต่จะพบมากในบริเวณโดยรอบของรากพืชโดยพืชจะผลิตสารที่เรียกว่าสารขับราก (Root exudates) ประกอบด้วย น้ำตาล กรดอะมิโน วิตามิน แทนนินอัลคาลอยด์ ฟอสฟาไทด์ เป็นต้น ดึงดูดและเป็นอาหารให้แก่จุลินทรีย์ดังกล่าว (Kennedy, 2005)

ตารางที่ 1 ชนิดแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่พบในพื้นที่ฟาร์มเลี้ยงสัตว์มหาวิทยาลัยสุรนารี

รายละเอียด		ตรึงไนโตรเจน	สร้างกรด	สร้างกรด
ชื่อแปลง	ความลึก (ซม.)	แบบอิสระ	Indole acetic	Gibberellic
ดิน peat รากต้นสาละ		***	*	-
ดิน peat โคนต้นสาละ		****	*	*
ดิน peat รากต้นสะเดา		*****	-	-
ดิน peat รากต้นหว้า		*****	****	-
ดิน peat รากต้นชื้อลิ้นเหยือก		**	-	-
ดิน peat ระหว่างต้นไม้	0-50	-	-	-
ดิน peat ระหว่างต้นไม้	50-80	**	-	*
ดิน peat ระหว่างต้นไม้	150-180	-	-	-

ตารางที่ 2 ชนิดแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่พบในศูนย์ศึกษาปศุสัตว์

รายละเอียด		ตรึงไนโตรเจน	สร้างกรด	สร้างกรด
ชื่อแปลง	ความลึก (ซม.)	แบบอิสระ	Indole acetic	Gibberellic
แปลงดิน1 ใช้น้ำชะล้าง	0-20	-	-	-
แปลงดิน2 ใช้น้ำชะล้าง+ปุ๋ย	0-20	*	-	*
แปลงดิน3 ใส่ปุ๋ย	0-20	*	-	-
แปลงดิน4 ปล่อยทิ้งร้าง	0-10	-	-	-
	10-20	-	-	-
	20-40	-	-	-
แปลงดิน5 ปุ๋ยคอก+ปุ๋ย-ปุ๋ย	0-30	-	-	-
ปุ๋ยคอกไม่ใช้ปุ๋ย-ปุ๋ย	0-30	**	-	-
แปลงดิน6 ปล่อยธรรมชาติ	0-30	-	-	-
	30-50	-	-	-
ปาล์มน้ำมัน (ดิน muck)	0-20	-	-	-
มะพร้าว (ดิน muck)	0-20	-	-	-
ปาล์มน้ำมัน (บริเวณราก)	0-20	-	-	-
นาดินเปรี้ยวนอกศูนย์	0-30	-	-	-

3. เปรียบเทียบจุลินทรีย์บริเวณรากพืชในพื้นที่กลางพรุโต๊ะแดงกับพืชเบิกนำในพื้นที่พรุเส้นทางศึกษาธรรมชาติ ศูนย์ฯ สิรินคร

กิจกรรมของแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช จากการศึกษาพบแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชเฉพาะดินบริเวณรากต้นมะฮังไ้เล็ก มีกิจกรรมการตรึงไนโตรเจนและกิจกรรมสร้างกรดจิบเบอเรลลิกต่ำมีค่า 2.99 $\mu\text{mol/g dry cell}$ และ 6.51 ppm ตามลำดับ ในพื้นที่กลางพรุโต๊ะแดงพบแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนมีกิจกรรมต่ำเช่นเดียวกันมีค่าระหว่าง 1.95-3.12 $\mu\text{mol/g dry cell}$ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกิจกรรมการตรึงขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมในดิน เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง รูปของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดิน และธาตุบางชนิดที่จำเป็นต่อกระบวนการตรึงไนโตรเจน และต้องมีปริมาณที่เพียงพอ เช่น โมลิบดีนัม เหล็ก และ แมกนีเซียม (Zuberer, 2005) โดยเฉพาะความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ถ้า pH ต่ำกว่า 5 กระบวนการตรึงไนโตรเจนจะลดลง เนื่องจากความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน ความเป็นพิษของอะลูมิเนียม และแมงกานีส และก่อให้เกิดสภาพขาดแคลนแคลเซียม ฟอสฟอรัส และโมลิบดีนัม มีไม่เพียงพอ โดยที่โมลิบดีนัม เหล็ก เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ไนโตรจีเนส ส่วนฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบหนึ่งของพลังงานที่ใช้ในกระบวนการตรึงไนโตรเจน (Graham, 2005) ส่วนการสร้างฮอโมนพบแบคทีเรียในกลุ่ม Azospirillum ที่ผลิตกรดอินโดลอะซิติกสูง 77.91 ppm และผลิตกรดจิบเบอเรลลิกสูง 13.38 ppm จากตัวอย่างดินบริเวณรากพื้นที่กลางพรุโต๊ะแดง และจะสังเกตเห็นว่ากิจกรรมการผลิตกรดอินโดลอะซิติกลดลงจาก 77.91 ppm เป็น 49.86 และ 30.59 ppm ที่ระดับความลึก 50-70 และ 70-100 เซนติเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ชนิดและกิจกรรมแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

หมายเลขจุดเก็บตัวอย่าง	รายละเอียด		ตรึงไนโตรเจน (μmol/g dry cell)	สร้างกรด Indole acetic (ppm)	สร้างกรด Gibberellic (ppm)
	ชื่อแปลง	ความลึก (ซม.)			
เส้นทางศึกษาธรรมชาติศูนย์ฯ สิรินธร					
1	ดินบริเวณรากต้นมะฮังไ้ใหญ่	-	-	-	-
2	ดินบริเวณรากต้นมะฮังไ้เล็ก	-	* (2.99)		** (6.51)
3	ดินบริเวณรากต้นตังหนใบใหญ่	-	-	-	-
พื้นที่กลางพรุโต๊ะแดง					
4		ผิวดิน	* (1.95)	* (77.91)	** (13.38)
5	ความลึกระดับต่างๆ	0-20	-	-	-
6		20-50	-	-	-
7		50-70	-	* (49.86)	-
8		70-100	* (3.12)	* (30.59)	-

สรุป

1. ในพื้นที่พรุเส้นทางศึกษาธรรมชาติศูนย์ฯ สิริธรมีปริมาณและชนิดจุลินทรีย์มากกว่าพื้นที่ศูนย์ศึกษาพิบูลทอง พบมากในดินบริเวณรากพืชสูงกว่าดินนอกอาณาเขตรากพืช
2. การใส่ปุ๋ยต่างๆ ในการจัดการดิน เช่น การใส่หินปูนปรับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน การใส่ปุ๋ยหมักเป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานให้กับจุลินทรีย์ และการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มธาตุอาหาร ส่งผลให้ปริมาณจุลินทรีย์ในดินเพิ่มขึ้น
3. พบแบคทีเรียในกลุ่ม *Azospirillum* ที่ผลิตสารออกซินและจิบเบอเรลลินสูงจากตัวอย่างดินบริเวณรากพื้นที่กลางพรุโต๊ะแดง มีแนวโน้มที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพ แต่กิจกรรมการตรึงไนโตรเจนของแบคทีเรียมีปริมาณต่ำไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์

เอกสารอ้างอิง

- เจริญ เจริญจำรัสชีพ และบรรเจิดลักษณ์ จินตฤทธิ์. 2541. การจัดการดินเชิงอินทรีย์เพื่อการเกษตรแบบยั่งยืน และการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมในพื้นที่พรุ. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ. 120 หน้า
- Chakraborty, B., and K. R. Samadar. 1995. Evidence for the occurrence of an alternative nitrogenase system in *Azospirillum brasilense*. FEMS Microbiol. Lett. 127: 127–131.
- Chisnell, J. R., R. Premakumar and P. E. Bishop. 1986. Purification of a second alternative nitrogenase from a nifHDK deletion strain of *Azotobacter vinelandii*. J Bacteriol. 170 (1): 27-33.
- Glick B.R., 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Canadian Journal of Microbiology* 41: 109-117.
- Gutierrez-Manero, F.J., B. Ramos-Solano, A. Probanza, J. Mehouchi, F.R. Tadeo, and M. Talon. 2001. The plant-growth-promoting rhizobacteria *Bacillus pumilis* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. *Physiol. Plant.* 111: 206-211.
- Karnwal, A. 2009. Production of indole acetic acid by fluorescent *Pseudomonas* in the presence of L-tryptophan and rice root exudates. *Journal of Plant Pathology* 91 (1): 61-63.