

ผลงานวิชาการลำดับที่ 2

เรื่อง

การศึกษาจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช
ในพื้นที่ดินเสื่อมโทรม

Study of Photosynthetic Bacteria (PSB) to promote plant
growth in degraded soil areas.

โดย

นายอนุรักษ์ บัวคลี่คล้าย

เอกสารประกอบการประเมินผลงานเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง

นักวิชาการเกษตรเชี่ยวชาญ

(ผู้อำนวยการศูนย์)

ตำแหน่งเลขที่ 512

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 2

กรมพัฒนาที่ดิน

คำนำ

โครงการศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เป็นโครงการที่พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร พระราชทานแนวพระราชดำริให้จัดตั้งขึ้น เมื่อวันที่ 4 มกราคม 2528 เพื่อเป็นสถานที่ ศึกษาทดลอง วิจัย วิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ ทั้งด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์ดินและน้ำ การพัฒนาทางการเกษตร การปรับปรุงบำรุงดิน และการพัฒนาอาชีพด้านต่าง ๆ ของเกษตรกรในพื้นที่ใกล้เคียง ซึ่งปัจจุบันได้ปรากฏผลการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เป็นไปในทิศทางที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน ทั้งด้านการพัฒนาดิน แหล่งน้ำ ป่าไม้ และสามารถขยายผลการพัฒนาพื้นที่ออกไปในพื้นที่เกษตรกรในตำบลเขาชะงุ้ม อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี อย่างไรก็ตามแนวคิดและเป้าหมายในการทำการเกษตรคือความสมดุล และยั่งยืน ซึ่งมีแนวทางในการผลิตคือการลดต้นทุน และสร้างมูลค่าเพิ่มในการผลิตพืช โดยการศึกษาจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในพื้นที่ดินเสื่อมโทรม สามารถเป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้ถ่ายทอดองค์ความรู้ให้แก่เกษตรกรในพื้นที่โดยตรง หรือพื้นที่เกษตรกรอื่น ๆ และเกษตรกรสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการลดต้นทุน เพิ่มผลผลิต และสร้างมูลค่าเพิ่ม ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มรายได้ และเกิดความคุ้มค่าในการลงทุน ในขณะเดียวกันก็ยังคงรักษาสภาพดินไม่ให้เกิดเสื่อมโทรมลง ที่ผ่านมามีคณะผู้วิจัยได้นำผลการศึกษานี้ไปเผยแพร่แก่เกษตรกรทั้งในและนอกพื้นที่ ในรูปแบบของการจัดฐานเรียนรู้ในกิจกรรมต่าง ๆ เช่น วันดินโลก วันหมอดินอาสา วันน้อมรำลึกการก่อตั้งโครงการศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มฯ และกิจกรรมอื่น ๆ รวมทั้งจัดทำเอกสารเผยแพร่ และคลิปวิดีโอผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่ให้กับเกษตรกร

นายอนุรักษ์ บัวคลี่คลาย
กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2569

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	(1)
สารบัญ	(2)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(4)
แบบการเสนอผลงาน ระดับเชี่ยวชาญ	1
ส่วนที่ 1 ข้อมูลบุคคล/ตำแหน่ง	1
ส่วนที่ 2 ผลงานที่เป็นผลการปฏิบัติงานหรือผลสำเร็จของงาน	3
1. เรื่อง การศึกษาจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในพื้นที่ดินเสื่อมโทรม	3
2. ระยะเวลาการดำเนินการ	3
3. ความรู้ ความชำนาญงาน หรือความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	3
4. สรุปสาระสำคัญ ขั้นตอนการดำเนินการ และเป้าหมายของงาน	39
5. ผลสำเร็จของงาน (เชิงปริมาณ/คุณภาพ)	49
6. การนำไปใช้ประโยชน์/ผลกระทบ	71
7. ความยุ่งยากและซับซ้อนในการดำเนินการ	71
8. ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการ	71
9. ข้อเสนอแนะ	72
10. การเผยแพร่ผลงาน	73
11. ผู้มีส่วนร่วมในผลงาน	75
เอกสารอ้างอิง	77
ภาคผนวก	82
ภาคผนวก ก ตารางภาคผนวก	83
ภาคผนวก ข ภาพภาคผนวก	90

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ข้อดี-ข้อเสียของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี	26
2	อัตราการใช้ปุ๋ยเคมีกับค่าน้ำตามค่าการวิเคราะห์ดิน	29
3	สมบัติพื้นฐานของดินก่อนการทดลอง	43
4	สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ	43
5	สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่	44
6	สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของมูลไส้เดือนดิน	44
7	สมบัติพื้นฐานของดินหลังปรับปรุงดินโดยใช้มูลไส้เดือนดิน อัตรา 1:1 (น้ำหนักดิน : มูลไส้เดือน)	45
8	ปฏิทินแสดงช่วงเวลาในการดำเนินการแต่ละกิจกรรม	47
9	ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของค่น้ำในการปลูกรุ่นที่ 1 และ 2	50
10	จำนวนใบต่อต้นของค่น้ำในการปลูกรุ่นที่ 1 และ 2	52
11	ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบค่น้ำในรุ่นที่ 1 และ 2	53
12	น้ำหนักสดต่อต้น (กรัม) ในการปลูกค่น้ำรุ่นที่ 1 และ 2	54
13	การเข้าทำลายของแมลงในการปลูกค่น้ำรุ่นที่ 1 และ 2	55
14	สมบัติพื้นฐานของดินหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตรุ่นที่ 1 และ 2	57
15	ค่าใช้จ่ายผันแปรและผลตอบแทนในการปลูกค่น้ำรุ่นที่ 1 และ 2	61
16	ค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนในการปลูกค่น้ำรวม 2 รุ่น	64

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	หน้าตัดดินชุดดินบางคล้า ในพื้นที่ศูนย์ศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มฯ	13
2	คำบรรยายหน้าตัดดินชุดดินบางคล้า	13
3	ความยาวคลื่นของแสงที่ดูดซับโดยคลอโรฟิลล์ชนิดที่ต่างกันใบพืช	34
4	ตัวอย่างของคลอโรฟิลล์มิเตอร์ ได้แก่ (a) Leaf- sensors, (b) SPAD-502 และ (c) CCM-200	35
5	ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนรวม ต้นทุนผันแปรทั้งหมด และต้นทุนคงที่ทั้งหมด	37
6	การใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ และจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ	69
7	คลิปรีดีโอจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช	73
8	เอกสารประชาสัมพันธ์ และการจัดทำฐานเรียนรู้ในกิจกรรมต่าง ๆ	74

แบบการเสนอผลงาน ระดับเชี่ยวชาญ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลบุคคล/ตำแหน่ง

ชื่อผู้ขอประเมิน นายอนุรักษ์ บัวคลี่คลาย

ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ (ผู้อำนวยการศูนย์)

หน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่งปัจจุบัน ปฏิบัติงานในฐานะผู้อำนวยการศูนย์ศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ซึ่งต้องกำกับ แนะนำ ตรวจสอบการปฏิบัติงานของผู้ร่วมปฏิบัติงาน โดยใช้ความรู้ ความสามารถ ประสบการณ์ และความชำนาญสูงมากด้านวิชาการเกษตรในการตัดสินใจและแก้ปัญหาที่ยากมากในศูนย์ศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เพื่อให้การดำเนินงานพัฒนาที่ดินในพื้นที่โครงการ มีความถูกต้องและเหมาะสมเป็นไปตามแนวทางที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบหลัก ดังต่อไปนี้

1. ด้านปฏิบัติการ

1.1 ควบคุม ดูแลการศึกษา วิจัย สาธิต และทดสอบการปรับปรุงดินเสื่อมโทรม รวมทั้งจัดทำฐานข้อมูลด้านวิชาการ เพื่อพัฒนารูปแบบและวิธีการ ด้านอนุรักษ์ดินและน้ำ การใช้ประโยชน์ที่ดิน

1.2 ตรวจสอบและควบคุมขยายผลการพัฒนางาน ตลอดจนถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่พื้นที่เป้าหมาย และพื้นที่ที่มีพระราชดำริให้ดำเนินการ เพื่อส่งเสริมอาชีพให้ราษฎรในพื้นที่

1.3 ประสานงานหน่วยงานต่าง ๆ ในโครงการในลักษณะบูรณาการและบริหารจัดการโครงการ เพื่อให้การปฏิบัติงานถูกต้องและเป็นไปตามแผนงาน งบประมาณที่กำหนดไว้

1.4 ควบคุม ดูแลการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์งานด้านต่าง ๆ ของโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เพื่อให้เกษตรกรได้ทราบข้อมูลข่าวสารวิชาการต่าง ๆ

2. ด้านการวางแผน

ตรวจสอบและควบคุมวางแผนงาน โครงการของหน่วยงานระดับสำนักหรือกอง มอบหมายงาน แก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงานและติดตามประเมินผลเพื่อให้เป็นไปตามเป้าหมายผลสัมฤทธิ์ที่กำหนด

3. ด้านการประสานงาน

3.1 ประสานการทำงานร่วมกันทั้งภายในและภายนอกทีมงานหรือหน่วยงาน เพื่อให้เกิดความร่วมมือและผลสัมฤทธิ์ที่กำหนดไว้

3.2 ชี้แจงและให้รายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูล ข้อเท็จจริง แก่บุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อสร้างความเข้าใจหรือความร่วมมือในการดำเนินงานตามที่ได้รับมอบหมาย

4. ด้านการบริการ

4.1 ให้คำปรึกษาแนะนำ วิจัย ชี้แจง และตอบปัญหาที่สำคัญทางการเกษตร หรืออำนาจการถ่ายทอด ฝึกอบรมหรือถ่ายทอดความรู้แก่หน่วยงานราชการ เอกชน หรือประชาชนทั่วไป เพื่อให้ผู้ที่สนใจได้ทราบข้อมูล ความรู้ต่าง ๆ และนำไปใช้ปฏิบัติให้เกิดประโยชน์

4.2 กำกับดูแลการจัดทำฐานข้อมูลหรือระบบสารสนเทศทางการเกษตร เพื่อให้สอดคล้อง และสนับสนุนภารกิจของหน่วยงาน และใช้ประกอบการพิจารณากำหนดนโยบาย แผนงาน หลักเกณฑ์ มาตรการต่าง ๆ

ตำแหน่งที่จะแต่งตั้ง นักวิชาการเกษตรเชี่ยวชาญ (ผู้อำนวยการศูนย์)

หน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่งที่จะแต่งตั้ง หน้าที่รับผิดชอบหลัก ดังต่อไปนี้

1. ควบคุมการประสานการปฏิบัติงานของโครงการกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้การปฏิบัติงานถูกต้องเป็นไปตามแผนงาน และงบประมาณที่กำหนดไว้

2. ศึกษา วิจัย ทดสอบและสาธิตการพัฒนาที่ดินในพื้นที่โครงการ เพื่อฟื้นฟูและพัฒนาทรัพยากรดิน ให้ใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ขยายผลการพัฒนาอาชีพสู่หมู่บ้านรอบศูนย์ศึกษการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ เพื่อให้เกษตรกรมีอาชีพมากขึ้น

4. ถ่ายทอดความรู้ ขยายผลสู่เกษตรกรจังหวัดรอบศูนย์ศึกษการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ 11 จังหวัด ภาคกลาง ได้แก่ ลพบุรี สระบุรี นครนายก พระนครศรีอยุธยา ปทุมธานี นนทบุรี สระแก้ว ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา ชัยนาท และกรุงเทพมหานคร

5. รวบรวมจัดทำและบริการฐานข้อมูลสารสนเทศของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ข้อมูลสารสนเทศมีความถูกต้องและทันสมัย

6. เผยแพร่ประชาสัมพันธ์โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เพื่อให้เกษตรกรได้ทราบข้อมูล ข่าวสารวิชาการต่าง ๆ

ส่วนที่ 2 ผลงานที่เป็นผลการปฏิบัติงานหรือผลสำเร็จของงาน

1. เรื่อง การศึกษาจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในพื้นที่ดินเสื่อมโทรม
2. ระยะเวลาการดำเนินการ เริ่มต้นเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2565 สิ้นสุดเดือน ธันวาคม 2566
3. ความรู้ ความชำนาญงาน หรือความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการศึกษา ผู้ขอประเมินประยุกต์ใช้ข้อมูลองค์ความรู้ เกี่ยวกับลักษณะของดินและการจัดการดินในพื้นที่เสื่อมโทรม การใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช องค์ความรู้ทางด้านสถิติเพื่อการเกษตร และองค์ความรู้ทางด้านเศรษฐศาสตร์การเกษตร ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ดินเสื่อมโทรม

3.1.1 คำนิยามและความหมาย

ดินเสื่อมโทรม หมายถึง ดินที่อยู่ในสภาพที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการผลิตทางการเกษตร เนื่องจากสมบัติต่าง ๆ ของดินไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น สมบัติทางเคมีของดินมีสภาพเป็นกรดจัด เค็มจัด ทางด้านกายภาพของดิน สูญเสียโครงสร้างเกิดการอัดตัวแน่น ขาดความโปร่งพรุน และดินอยู่ในสภาวะไม่สมดุล ความเสื่อมโทรมของดินจึงเป็นสาเหตุสำคัญที่นำไปสู่ความเสื่อมโทรมของที่ดิน เนื่องจากดินเป็นส่วนหนึ่งของ ที่ดิน ซึ่งมีนักวิทยาศาสตร์จากหลายหน่วยงาน ทั้งในประเทศไทยและในระดับสากล ได้ให้คำนิยามและความหมายของความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินทั้งในแง่ของความเสื่อมโทรมของที่ดิน (land degradation) และ ความเสื่อมโทรมของดิน (soil degradation) ไว้หลายกรณีแตกต่างกันไป ดังนี้

องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO, 1979) ได้ให้ความหมายความเสื่อมโทรมของที่ดิน ว่าเป็นกระบวนการซึ่งมีผลทำให้ศักยภาพการผลิตของดินลดลง

โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Environmental Program - UNEP, 1992) ได้ให้ความหมายของความเสื่อมโทรม หมายถึง การลดลงของศักยภาพของทรัพยากรดิน ซึ่งเกิดจากกระบวนการหนึ่งหรือหลาย ๆ กระบวนการประกอบกันที่ส่งผลกระทบต่อที่ดิน

อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการต่อต้านการแปรสภาพเป็นทะเลทราย (United Nations Convention to Combat Desertification UNCCD, 1994) ให้ความหมายความเสื่อมโทรมของที่ดินว่าเป็นการลดลง หรือสูญเสียประโยชน์ทางชีวภาพและทางเศรษฐกิจ และการสูญเสียความซับซ้อนของระบบนิเวศ ซึ่งรวมถึงดินพันธุ์พืชและสัตว์ประจำท้องถิ่น และกระบวนการทางนิเวศวิทยา กระบวนการทางชีวเคมี วิทยากระบวนการ ทางอุทกวิทยา ซึ่งเกิดขึ้นจากปัจจัยต่าง ๆ ที่รวมถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศและกิจกรรมของมนุษย์

Lal (1994) ให้ความหมายความเสื่อมโทรมของที่ดินว่า เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของ ดิน ทั้งทางกายภาพ (physical) และชีวเคมี (bio-chemical) ที่เกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์หรือธรรมชาติ ซึ่งหมายถึงการที่ทรัพยากรดินไม่สามารถทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ภายในระบบนิเวศที่มีการกักเก็บและ การหมุนเวียนของน้ำ พลังงานและธาตุอาหาร ส่งผลให้การตอบสนองต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินลดลงทั้งด้าน ปริมาณ และคุณภาพ

Blum (1997) ให้ความหมายความเสื่อมโทรมของดินว่า เป็นความเสื่อมโทรมของคุณภาพดิน หรืออีก ความหมายหนึ่งคือ การที่ดินสูญเสียหน้าที่ในการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งหรือมากกว่า คุณภาพของดินอาจจะประเมินได้ในรูปของศักยภาพในการทำหน้าที่ของดินด้านต่าง ๆ

กรมพัฒนาที่ดิน (2540) ให้ความหมายของความเสื่อมโทรมของดิน หมายถึงการเปลี่ยนแปลงสมบัติทาง เคมี กายภาพและชีวภาพของดินจนทำให้ดินนั้นมีคุณภาพลดลงจนไม่สามารถใช้เพื่อการเกษตรได้อย่างถาวร และให้ผลผลิตคงที่ตลอดไป เป็นผลมาจากขาดการจัดการดินที่ถูกต้องและมีปัญหาทางด้าน เศรษฐกิจและสังคมเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ความเสื่อมโทรมของดินปรากฏขึ้นหลายรูปแบบ เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง ดินแน่นตัว การอุ้มน้ำลดลง ซึ่งมีผลให้ดินบวม ซึ่งเป็นชั้นดินที่เหมาะสมที่สุดต่อการเกษตร สูญหายไป ความเสื่อมโทรมมาจากการชะล้างพังทลายของดินเป็นสาเหตุที่รุนแรงที่สุด

จากนิยามความเสื่อมโทรมของดินและที่ดินที่กล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน คือ การลดลงของศักยภาพของทรัพยากรดินที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทางธรรมชาติ หรือกิจกรรมของมนุษย์ ส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินลดลงทั้งทางด้านคุณภาพและปริมาณ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558)

3.1.2 สาเหตุความเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดิน

กรมพัฒนาที่ดิน (2558) กล่าวถึงการเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน ว่าเป็นผลกระทบในทางลบที่เกิดมาจากกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับทรัพยากรที่ดิน ผลกระทบดังกล่าวเกิดมาจากการกระทำของมนุษย์หรือเป็นไปตามธรรมชาติที่ขาดสมดุล กระบวนการดังกล่าวอาจเกิดขึ้นเพียงกระบวนการเดียวหรือเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน หรือเกิดต่อเนื่องกัน แล้วแต่ความรุนแรงของปัจจัยที่มากระทบ การเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินเกิดมาจากกระบวนการใหญ่ ๆ 3 กระบวนการ ได้แก่

1) กระบวนการที่ทำให้ดินเสื่อมโทรมทางกายภาพ (physical degradation of soil) ได้แก่ การชะล้างพังทลายของดิน หรือการกร่อนของดิน (soil erosion) โครงสร้างของดินเสื่อมสภาพ (soil structure deterioration) การแน่นทึบของดิน (soil compaction) ผิวดินจับตัวเป็นแผ่น (surface sealing) และดินขาดความชื้นอย่างรุนแรง (extreme moisture regime)

2) กระบวนการที่ทำให้ดินเสื่อมโทรมทางเคมี (chemical degradation of soil) ได้แก่ ดินเสียความอุดมสมบูรณ์ (loss of nutrient) ดินเป็นกรดจัด (acidification) ดินมีเกลือมาก (salinization) และดินมีสารพิษหรือโลหะหนักปนเปื้อน (deposition of toxic element) เช่น สารหนู ตะกั่ว หรือแคดเมียม เป็นต้น

3) กระบวนการที่ทำให้ดินเสื่อมโทรมทางชีวภาพ (biological degradation of soil) ได้แก่ ดินขาดอินทรีย์วัตถุ (loss of organic matter) และดินมีการเปลี่ยนแปลงหรือขาดสมดุลของจุลินทรีย์ในดิน (imbalance of species and activities of soil microorganism)

3.1.3 การประเมินความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน

องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้คิดค้นวิธีการประเมินความเสื่อมโทรมของดินอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการจัดทำโปรแกรม LADA (Regional Land Degradation Assessment in Drylands LADA PROJECT, 2005) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ประเมินความเสื่อมโทรมของดินในพื้นที่แห้งแล้ง โดย FAO ได้จัดทำคู่มือซึ่งมีวิธีการและชุดเครื่องมือสำหรับประเมินความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินในระดับท้องถิ่น ซึ่งความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพและหรือความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรงจากกระบวนการกร่อนดินแบบแผ่นรื้อ และร่องธารของน้ำ และการชะล้างและการทับถมดินจากลม ทำให้เกิดการสูญเสียดิน แต่ยังมี การเปลี่ยนแปลงของดินจากบางกระบวนการที่ไม่สามารถเห็นได้โดยตรง เช่น ความอุดมสมบูรณ์ หรือธาตุอาหาร ที่กำลังแพร่กระจายไปทั่วทุกภูมิภาคของโลก ซึ่งกระบวนการทั้งหมดเป็นสาเหตุของความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน สำหรับตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของดิน สามารถระบุได้จากกระบวนการเกิดความเสื่อมของดิน ดังนี้

- 1) ความเสื่อมโทรมของดินทางชีวภาพ คือ การลดลงของอินทรีย์วัตถุและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในดินซึ่งกระทบต่อการทำหน้าที่ของดิน รวมถึงการถูกรบกวนจากคนและสัตว์
- 2) ความเสื่อมโทรมของดินทางเคมี คือ ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง การขาดความสมดุล ของธาตุอาหาร ดินเกิดสภาพเป็นกรด ต่างและดินเค็ม
- 3) ความเสื่อมโทรมของดินทางกายภาพ คือ การเกิดแผ่นแข็งหน้าดิน และการอัดตัวของดินจากการตกกระทบของเม็ดฝน การเหยียบย่ำจากสัตว์ หรือเครื่องจักร การสูญเสียโครงสร้างของหน้าดินและอินทรีย์วัตถุจำนวนมาก หรือจากการไถที่ไม่เหมาะสม
- 4) ความเสื่อมโทรมของดินจากความสามารถในการกักเก็บน้ำลดลง คือความสามารถในการเก็บกักความชื้นในดินได้น้อยลง ทำให้อุณหภูมิของดินสูงขึ้น
- 5) ความเสื่อมโทรมของดินจากการชะล้างและการสูญเสียดินจากน้ำและลม คือการกร่อนดินแบบแผ่นรื้อและร่องธาร และการทับถมของตะกอนจากธารน้ำ

3.1.4 สถานการณ์เสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดินของประเทศไทยในปัจจุบัน

สถานการณ์เสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดินของประเทศไทยในปัจจุบันมีอยู่ 2 ประการหลัก ดังนี้

- 1) การเสื่อมโทรมอันเนื่องมาจากการชะล้างพังทลายของดินโดยการพัดพาของน้ำ (soil erosion by water forces)

การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย มีบันทึกมาตั้งแต่เริ่มแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับแรก ๆ ซึ่งถ้ามีการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างเข้มข้นและทั่วถึงตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา การชะล้างพังทลายของดินคงไม่เป็นปัญหา แต่สถานการณ์กลับตรงกันข้าม ยังมีการใช้ที่ดินเพิ่มขึ้น หรือมีการบุกเบิกพื้นที่ป่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณต้นน้ำลำธารมากขึ้น อัตราการชะล้างพังทลายของดินในประเทศกลับเพิ่มขึ้นอย่างน่ากลัว ในบางกรณีถึงจุดที่ก่อให้เกิดอุทกภัย หรืออุบัติเหตุอย่างเลวร้าย อย่างเช่น คราวที่เกิดแผ่นดินถล่ม (land slides) ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อปี พ.ศ. 2532 หรือเมื่อปี พ.ศ. 2544 ก็เกิดเหตุการณ์ในทำนองเดียวกันในจังหวัดเพชรบูรณ์ และจังหวัดแพร่ เป็นต้น

2) การเสื่อมโทรมอันเนื่องมาจากดินเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ (loss of nutrient) ลักษณะทางกายภาพเสีย (physical degradation) และมีสารพิษปะปนอยู่ในดิน เช่น การมีเกลือ (salinization) หรือการที่ดินเป็นกรดจัด (acidification)

การเสื่อมโทรมประเภทนี้ มีผลมาจากการใช้ที่ดินอย่างไม่ถูกวิธี มีวิธีการจัดการที่ไม่เหมาะสม หรือปราศจากการทำนุบำรุงดินอย่างเหมาะสมและต่อเนื่อง ถึงแม้ว่าลักษณะการเสื่อมโทรมของดินดังกล่าวจะมองเห็นไม่ค่อยเด่นชัดเหมือนกับการที่หน้าดินถูกชะล้างพังทลาย หรือถูกกัดกร่อนจนเป็นร่องลึก แต่ในปัจจุบัน การเสื่อมโทรมดังกล่าวก็ได้เกิดขึ้นแล้ว และเกิดขึ้นได้กับดินทุกชนิดหากมีการจัดการหรือการใช้อย่างไม่เหมาะสม

การเสื่อมโทรมของที่ดินทั้ง 2 ประการดังที่กล่าวมาแล้ว จะส่งผลกระทบต่อตัวทรัพยากรที่ดินเอง ซึ่งเป็นเหตุให้ดินมีกำลังการผลิต (productivity) ลดลง และต้องการการจัดการที่ดีเพื่อแก้ไขปัญหาการเสื่อมโทรมบางกรณี เช่น การชะล้างพังทลายของหน้าดิน นอกจากจะส่งผลโดยตรงต่อตัวดินยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแง่ของการสะสมตะกอน (sedimentation) ในแหล่งน้ำ ส่วนการมีเกลือและกรดอยู่ในดิน ถ้ามีน้ำมาเกี่ยวข้อง ก็จะเกิดการแพร่กระจายของเกลือ หรือกรดจากแห่งหนึ่งไปอีกแห่งหนึ่ง ทำให้ดินในบริเวณอื่น ได้รับผลกระทบตามไปด้วย ยิ่งไปกว่านั้นจะทำให้แหล่งน้ำต่าง ๆ มีคุณภาพต่ำ หากมีเกลือหรือกรดปะปนอยู่มากเกินไป นอกจากนี้ที่ดินที่ใช้ในการเกษตรอยู่ในปัจจุบัน และที่ยังเหลือเป็นสภาพป่า มีดินที่เป็นปัญหาต่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เช่น ดินเปรี้ยวจัด ดินเค็ม ดินทราย ดินอินทรีย์ ดินตื้นที่มีกรวดลูกรังปน และดินที่พบบนพื้นที่ภูเขาลาดชันรวมกันแล้วประมาณ 182 ล้านไร่ หรือร้อยละ 56.8 ของพื้นที่ทั้งประเทศ

ดินที่มีปัญหาต่อการใช้ประโยชน์เหล่านี้มีศักยภาพในการให้ผลผลิตในการเพาะปลูก ถ้าไม่มีการปรับปรุงแก้ไขหรือพัฒนาด้วยวิธีการที่เหมาะสม ประกอบกับในสถานะปัจจุบันประชากรของประเทศได้เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และที่ดินที่เหมาะสมต่อการเกษตรได้ถูกนำมาใช้ไปเกือบหมดแล้วดังกล่าว และพื้นที่ที่เหลือบางส่วนโดยเฉพาะพื้นที่ป่าไม้ที่ได้ประกาศเป็นพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ เขตอุทยานแห่งชาติ และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่บริเวณภูเขา มีความลาดชันสูง ก็ไม่เหมาะสมที่จะเปิดป่าเพื่อทำการเพาะปลูก เพราะอาจเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายรุนแรงและง่ายต่อการเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังนั้น การใช้พื้นที่ที่ไม่เหมาะสมสำหรับการเกษตรเหล่านี้ จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงแก้ไขดินที่มีปัญหาในการใช้ประโยชน์ด้วยวิธีการพัฒนาที่ดินที่เหมาะสม

3.1.5 ปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินต่อพื้นที่เกษตรกรรม

พื้นที่เกษตรกรรมของประเทศเกิดความเสื่อมโทรมอย่างรวดเร็วและกว้างขวาง เนื่องจากมนุษย์นำเอาทรัพยากรดินมาใช้ประโยชน์โดยขาดจิตสำนึก ความรู้และการจัดการที่ดี ทำให้เกิดปัญหาความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ ผลผลิตลดลง และปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมาอีกด้วย กล่าวโดยสังเขปดังนี้

1) การชะล้างพังทลายของดิน (soil erosion)

โดยธรรมชาติการชะล้างพังทลายจะเกิดขึ้นอยู่แล้ว แต่อัตราการแตกกระจายของดินเป็นไป อย่างช้า ๆ มีหน่วยวัดเป็นน้ำหนักรต่อพื้นที่ต่อเวลา เช่น ต้นต่อไร่ต่อปี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558 อ้างถึง

สมเจตน์, 2553) เมื่อมีมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้องจะเป็นตัวเร่งที่ทำให้เกิดความเสื่อมโทรมรวดเร็วขึ้น ที่เห็นชัดเจนคือการนำพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมมาใช้ประโยชน์ เช่น พื้นที่ลาดชันเชิงชันหรือพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป และนำพื้นที่ตอนที่ย่อยต่อการชะล้างพังทลาย มาใช้ในการเพาะปลูกพืชโดยไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ซึ่งส่งผลกระทบต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพเคมีและชีวภาพของดินอย่างมาก รวมถึงความเสียหายต่อระบบนิเวศที่ทำให้แม่น้ำลำคลองตื้นเขิน ปี พ.ศ. 2524 กรมพัฒนาที่ดิน ได้ประเมินตะกอนแขวนลอยในพื้นที่ลุ่มน้ำทั่วประเทศ พบว่ามีการสูญเสียตะกอนแขวนลอยไปจากพื้นที่ประมาณ 1,243 ล้านตันต่อปี กลายเป็นปัญหาที่สำคัญที่จะต้องแก้ไขเพื่อรักษาคุณภาพของดินให้เหมาะสม และให้ใช้ประโยชน์ได้เป็นเวลานาน ๆ พื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทยที่ต้องการการดูแลป้องกันและรักษาไว้มีจำนวนมากถึง 134.54 ล้านไร่ หรือเท่ากับร้อยละ 41.95 ของพื้นที่ประเทศ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558 อ้างถึง กรมพัฒนาที่ดิน, 2538)

2) ดินเสื่อมความอุดมสมบูรณ์

เนื่องจากวัตถุดิบกำเนิดดินส่วนใหญ่มีแร่ธาตุอาหารพืชเป็นองค์ประกอบต่ำ ประกอบกับประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนที่มีฝนตกชุก การสลายตัวของแร่ธาตุต่าง ๆ เปลี่ยนสภาพได้เร็วและชะล้างไปกับน้ำได้ง่าย อีกทั้งพื้นที่เกษตรกรรมได้ถูกใช้มาเป็นเวลานาน โดยไม่มีการบำรุงดูแลรักษาที่ถูกต้อง ทำให้ธาตุอาหารพืชซึ่งแต่เดิมมีน้อยอยู่แล้ว ถูกพืชดูดใช้ไปในการเจริญเติบโตเสียเป็นส่วนใหญ่ กรมพัฒนาที่ดิน (2558) อ้างถึง สรสิทธิ์ (2535) ได้ชี้ให้เห็น ว่าผลผลิตของข้าวในนา 1 ตัน จะทำให้ดินสูญเสียปุ๋ยไนโตรเจน (N) ไป 20 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส (PO) 11 กิโลกรัม และโพแทสเซียม (KO) 27 กิโลกรัม ซึ่งควรจะต้องชดเชยโดยใส่ปุ๋ยเคมีประมาณ 100 กิโลกรัม หรือปุ๋ยอินทรีย์ จำนวน 4,000 กิโลกรัม จึงจะสมดุลกับที่สูญเสียไป แต่เกษตรกรได้ใส่ปุ๋ยทดแทนในอัตราที่ต่ำมากจึงมีผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง ในขณะเดียวกันในกรณีของพืชสำคัญทางเศรษฐกิจ 4 ชนิด คือ ข้าว อ้อย ข้าวโพด และมันสำปะหลัง ในปี พ.ศ. 2519 ได้ดูดซึมปุ๋ยในดินติดไปกับผลผลิตจากพื้นที่เพาะปลูก 68.8 ล้านไร่ จำนวน 549.900 ตันของธาตุอาหาร (N+PO+K₂O) แต่ใส่คืนเพียง 118,200 ตัน ของธาตุอาหาร หรือชดเชยในอัตราส่วน 1:4.65 และในระหว่างปี พ.ศ. 2525-2531 ค่าเฉลี่ยของธาตุอาหารพืช (N+ PO + KO) ที่สูญเสียไป มีจำนวนรวม 707.700 ตัน แต่เกษตรกรใส่ปุ๋ยชดเชยเพียง 253.500 ตันเท่านั้น จะเห็นว่าดินขาดธาตุอาหารพืชเฉลี่ยถึงปีละ 454,200 ตัน หรือชดเชยในอัตราส่วน 1:2.79 ซึ่งยังถือเป็นการ ใส่ปุ๋ยทดแทนในอัตราที่ต่ำมาก จากสาเหตุที่กล่าวมา จึงทำให้พื้นที่การเกษตรเสื่อมโทรมอย่างรวดเร็ว

3) การนำเอาดินที่มีปัญหามาใช้ประโยชน์

หมายถึง ทรัพยากรดินที่มีข้อจำกัดบางประการต่อการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นข้อจำกัดในการพัฒนาเพื่อการเกษตร ทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติโดยมีสาเหตุมาจากวัตถุดิบกำเนิดของดิน คือ หินชนิดต่าง ๆ ตลอดจนคุณสมบัติทางเคมีที่ปะปนอยู่จึงทำให้เป็นดินที่มีปัญหา ได้แก่ ดินเปรี้ยวจัด ดินอินทรีย์ ดินเค็ม ดินทรายจัด และดินตื้น เป็นต้น และดินมีปัญหาที่เกิดจากการใช้ที่ดินอย่างไม่เหมาะสมของมนุษย์ ได้แก่ ดินดานที่พบกระจุกกระจายในพื้นที่ปลูกพืชไร่ เกิดจากการไถพรวนด้วยเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ ดินเหมืองแร่ร้าง พบในพื้นที่ที่ผ่านขบวนการทำเหมืองแร่มาแล้ว เป็นดินไม่มีโครงสร้างและอัดตัวกันแน่นจึงมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ มีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยมาก จนหมดสภาพที่จะนำมาใช้ทำ

การเกษตรได้อีก และดินปนเปื้อนซึ่งเป็นดินที่ได้รับสารเคมีปนเปื้อนที่เป็นโลหะหนักในปริมาณที่มากกว่า อัตราการสลายตัวหรือการเสื่อมฤทธิ์ของสารนั้น ๆ เช่น ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี แคดเมียม สารหนู และปรอท เป็นต้น เมื่อมีการสะสมโลหะหนักเหล่านี้เป็นปริมาณมากในดินอาจถูกพัดพาลงสู่แหล่งน้ำ และถ้าหากเข้าสู่ระบบห่วงโซ่อาหารก็จะมีผล โดยตรงต่อสุขภาพของมนุษย์

4) การเกิดปัญหาดินเฉพาะพื้นที่

นอกจากทรัพยากรที่ดินของประเทศไทยจะมีปัญหาเฉพาะเรื่องต่าง ๆ ดังได้กล่าวแล้ว ยังมีปัญหาเฉพาะพื้นที่อีกด้วย เช่น พุงกูลาร้องไห้ ซึ่งตั้งอยู่บริเวณรอยต่อระหว่าง 5 จังหวัด คือ จังหวัด ร้อยเอ็ด สุรินทร์ มหาสารคาม ศรีสะเกษ และยโสธร มีเนื้อที่ทั้งสิ้นประมาณ 2.1 ล้านไร่ เป็นพื้นที่ที่มีปัญหา ผสมผสานหลาย ๆ ด้าน ได้แก่ ดินขาดความอุดมสมบูรณ์และอุ้มน้ำได้ต่ำ เนื่องจากมีเนื้อดินเป็นดินทรายหรือ ดินร่วนปนทราย บางพื้นที่เป็นดินกรดจัดบางแห่งเป็นดินเค็มมีน้ำใต้ดินอยู่ในระดับตื้นและมักเป็นน้ำกร่อย หรือน้ำเค็มจนไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ทำให้ขาดแคลนน้ำทั้งเพื่อการอุปโภค บริโภค และเพื่อการเกษตรในช่วงฤดูเพาะปลูก แต่ในปลายฤดูฝนก็มีปัญหาน้ำท่วม และขาดเส้นทางคมนาคม เป็นต้น ซึ่งหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้เริ่มพัฒนาพื้นที่พุงกูลาร้องไห้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 เป็นต้นมาจนถึงปัจจุบัน รวมเวลา 32 ปี ซึ่งยังมีพื้นที่ที่ต้องพัฒนาอีก 640,000 ไร่

ดินที่มีปัญหาแต่ละประเภทที่กล่าวมานี้มีข้อจำกัดในการใช้เพื่อการเกษตรกรรมที่แตกต่างกันไป ดินที่มีปัญหาส่วนใหญ่เกิดขึ้นตามธรรมชาติอันเนื่องมาจากปัจจัยที่ให้กำเนิดดิน ซึ่งประกอบด้วย วัตถุดิบกำเนิด ของดินคือ หินชนิดต่าง ๆ ตลอดจนคุณสมบัติทางเคมีที่ปะปนอยู่ สภาพพื้นที่ ภูมิอากาศ พืชพรรณธรรมชาติ ที่ขึ้นปกคลุม และระยะเวลาที่เกิดดิน แต่อย่างไรก็ตามดินมีปัญหาที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ นี้อาจจะมีเนื้อที่ และ ข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์รุนแรงเพิ่มขึ้น หากสภาพธรรมชาติต่าง ๆ ถูกทำให้เปลี่ยนแปลงหรือทำให้เสียสมดุลโดยการกระทำของมนุษย์ เช่น การแพร่กระจายของดินเค็ม อันเนื่องมาจากการทำลายป่าไม้ หรือการพัฒนาแหล่งน้ำ ในบริเวณที่มีเกลือสะสมอยู่มาก ทำให้น้ำใต้ดินซึ่งมีความเค็มถูกยกกระดับให้สูงขึ้น และพาเอาเกลือที่ละลาย อยู่ในน้ำขึ้นมาสู่ผิวดินได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการแก้ไขฟื้นฟูและปรับปรุงบำรุงดิน หรือจัดการให้ถูกต้อง ตามสภาพปัญหาก่อน เพื่อที่จะนำที่ดินเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ต่อไปได้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558)

3.1.6 แนวโน้มความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินไทย

จากการติดตามสถานการณ์ของทรัพยากรดินไทยในปัจจุบันตามที่กล่าวมาจะเห็นว่า มีแนวโน้มที่ทรัพยากรดินจะเกิดความเสื่อมโทรมในระดับที่สูงขึ้นในอนาคต โดยสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสื่อมโทรมสรุปได้ดังนี้

1) สาเหตุที่เกิดจากสมบัติของดินเปลี่ยนแปลง ซึ่งครอบคลุมถึงความเสื่อมโทรมของดินทางด้านกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ ที่เกิดจากการขาดการอนุรักษ์ดินและน้ำ การปรับปรุงบำรุงดิน และการจัดการดินที่ไม่เหมาะสม

2) สาเหตุจากการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่เหมาะสม เนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีการขยายที่ดินทำกินมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบุกรุกแผ้วถางพื้นที่ป่าไม้ต้นน้ำลำธาร ซึ่งมีสภาพ

ภูมิประเทศสูงชัน ก่อให้เกิดปัญหาการชะล้างพังทลายอย่างรุนแรง จนถึงขั้นดินถล่ม ตลอดจนการใช้ที่ดินไม่สอดคล้องกับสมรรถนะของที่ดินหรือคุณภาพของที่ดิน เป็นต้น

3) สาเหตุจากภัยพิบัติธรรมชาติ ที่เป็นผลสืบเนื่องมาจากการกระทำของมนุษย์ ความเสื่อมโทรมของที่ดินในลักษณะนี้จะมีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก (Global Climate Change) ทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้น มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศมากขึ้น ทำให้เกิดปัญหาโลกร้อน ภัยแล้ง ดินถล่ม และน้ำท่วมฉับพลันบ่อยครั้ง ก่อให้เกิดความเสียหายแก่พื้นที่ที่ประสบภัย และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจนนำไปสู่การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพที่ไม่สามารถประเมินค่าความเสียหายได้

3.2 ดินเสื่อมโทรมของศูนย์ศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มฯ

โครงการศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มฯ ก่อตั้งขึ้นเมื่อวันที่ 4 มกราคม 2528 พลตำรวจตรีทักษ์ ปัทมสิงห์ ณ อยุธยา ได้น้อมเกล้าฯ ถวายที่ดินจำนวน 694 ไร่ 2 งาน 41.6 ตารางวา ซึ่งเดิมเป็นฟาร์มปศุสัตว์ และปลูกพืชไร่ มีการใช้ที่ดินอย่างผิดวิธีจนพื้นที่เป็นที่ดินเสื่อมโทรม ซึ่งพื้นที่ตั้งอยู่ที่บ้านเขาเขียว เขาเสด็จ หมู่ที่ 2 ตำบลเขาชะงุ้ม อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี เมื่อความทราบถึงพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ทรงมีพระกระแสรับสั่งกับพระเจ้าวรวงศ์เธอ พระองค์เจ้าจักรพันธ์เพ็ญศิริ ให้ใช้ชื่อคือ “โครงการศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้ม” ทรงพระราชทานแนวพระราชดำริให้พัฒนาแหล่งน้ำ เป็นที่ปลูกไม้ยืนต้น ให้มีความชุ่มชื้นและสวยงามตามธรรมชาติ และให้ศึกษาการปรับปรุงที่ดินเสื่อมโทรมอย่างหนัก โดยวิธีการเสริมสร้างแหล่งน้ำ ปรับปรุงแก้ไขปัญหาลูกรัง และปรับระดับให้เหมาะสมเพื่อให้มีน้ำใช้ ต่อมาได้มีแนวพระราชดำริให้ดำเนินการศึกษาหาวิธีการปรับปรุงบำรุงดินที่เสื่อมโทรมให้สามารถใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกได้ โดยทำการทดสอบวางแผนและจัดระบบการปลูกพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ในลักษณะศูนย์ศึกษาการพัฒนาขนาดย่อม โดยมีกรมพัฒนาที่ดินเป็นหน่วยงานหลัก

ลักษณะปัญหาของพื้นที่ ดินส่วนใหญ่เป็นดินตื้น เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายและปนกรวดหิน มีชั้นดานแข็งอยู่ด้านล่างลึกประมาณ 40-50 เซนติเมตรจากผิวดินบน ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีการชะล้างพังทลายของหน้าดิน จนสูญเสียหน้าดินที่อุดมสมบูรณ์ พื้นที่บางแห่งมีการขุดลูกรังไปขาย ทำให้พื้นที่บางส่วนเป็นหลุมเป็นบ่อไม่เหมาะสมที่จะใช้ทำการเกษตร เป็นพื้นที่ขาดแคลนแหล่งน้ำเนื่องจากดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำและแหล่งน้ำมีน้อย สภาพป่าดั้งเดิมเป็นป่าเต็งรังที่ถูกบุกรุกแผ้วถางตัดไม้ทำลายป่า จนเป็นป่าเสื่อมโทรมแทบไม่มีต้นไม้ขึ้นเลย ซึ่งชุดดินที่พบในพื้นที่โครงการศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มฯ มีดังนี้

3.2.1 ชุดดินบางคล้า (Bka) จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 48 การจำแนกดิน (USDA) Loamy-skeletal, isohyperthermic Typic Haplustults สภาพพื้นที่ ค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาด ความลาดชัน 1-12 เปอร์เซ็นต์ ภูมิสัณฐานเป็นตะพักลำน้ำ วัตถุต้นกำเนิดเกิดจากตะกอนน้ำพามาทับถมอยู่บนหินควอร์ตไซต์และหินทราย การระบายน้ำดี การซึมผ่านได้ของน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง

คุณสมบัติของดิน เป็นดินตื้นถึงชั้นศิลาแลงของหินควอร์ตไซต์และหินทราย ดินบนเนื้อดินเป็นดินร่วนถึงดินร่วนปนทราย สีน้ำตาลหรือน้ำตาลเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง

(pH 6.0-7.0) ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้งปนศิลาแลงหรือหินควอร์ตไซต์ มีสีแดงปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดปานกลาง (pH 4.5-6.0)

ข้อจำกัดคือ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเป็นดินต้น มีก้อนกรวดและหินอยู่ในดินชั้นล่างลึกประมาณ 30 เซนติเมตร

ข้อเสนอแนะ ในการปลูกพืชควรใส่อินทรีย์วัตถุและปุ๋ยเคมีควบคู่กัน ควรปลูกพืชคลุมดินหรือปลูกพืชตามแนวระดับ เพื่อป้องกันการชะล้างพังทลาย

3.2.2 ชุดดินท่ายาง (Ty) จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 48 การจำแนกดิน (USDA) Loamy-skeletal, isohyperthermic Kanhaplic Haplustults สภาพพื้นที่ ลูกคลื่นลอนลาดถึงเป็นเนินเขา ความลาดชัน 2-20 เปอร์เซ็นต์ ภูมิสัณฐานเป็นพื้นที่เหลือค้างจากการกัดกร่อน วัตถุต้นกำเนิดดินเกิดจากการสลายตัวผุพังอยู่กับที่ และ/หรือเคลื่อนย้ายมาในระยะทางไม่ไกลนักของหินตะกอนหรือหินแปรเนื้อหยาบ พวกหินทรายและหินควอร์ตไซต์ โดยรองรับด้วยหินดินดานและหินฟิลไลต์ การระบายน้ำดี การซึมผ่านได้ของน้ำปานกลางถึงเร็ว การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลางถึงเร็ว

คุณสมบัติของดิน เป็นดินต้นถึงขั้นเศษหินและหินพื้น ดินบนเป็นดินร่วนปนเศษหินหรือดินร่วนปนทรายปนเศษหิน สีน้ำตาล สีน้ำตาลปนเทาหรือสีน้ำตาลปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดปานกลาง (pH 5.5-6.0) ดินล่างเป็นดินร่วนปนทรายปนเศษหิน พบก้อนกรวดเป็นพวกเศษหินควอร์ตไซต์ หินทราย หินฟิลไลต์และหินดินดาน สีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนแดง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด (pH 4.5-5.0)

ข้อจำกัด ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เป็นดินต้นและเนื้อดินปนเศษหิน เสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำและการกัดกร่อนของดิน เนื่องจากพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง

ข้อเสนอแนะ ในการปลูกพืช ควรมีวิธีการที่เหมาะสมเพื่ออนุรักษ์ดินและน้ำ เช่นปลูกพืชคลุมดิน ปลูกพืชตามแนวระดับและใช้ปุ๋ยอินทรีย์ พวกปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยพืชสด เพื่อช่วยให้ดินอุ้มน้ำและยึดธาตุอาหารพืชได้ดีขึ้น พืชสามารถดูดไปใช้ได้

3.2.3 ชุดดินปราณบุรี (Pr) จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 36 การจำแนกดิน (USDA) Fine-loamy, mixed, semiactive, isohyperthermic Ultic Paleustalfs สภาพพื้นที่ ค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย มีความลาดชัน 1-5 เปอร์เซ็นต์ ภูมิสัณฐาน ตะพักลำน้ำ วัตถุต้นกำเนิดเกิดจากตะกอนน้ำพา การระบายน้ำดี การซึมผ่านได้ของน้ำปานกลางถึงดี การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง

คุณสมบัติของดิน เป็นดินลึก ดินบนเป็นดินร่วน ดินร่วนปนทราย ดินร่วนปนดินเหนียว สีน้ำตาลหรือน้ำตาลปนแดงเข้ม ดินล่างเป็นดินร่วน ดินร่วนปนดินเหนียว หรือดินร่วนเหนียวปนทราย สีน้ำตาลปนแดงหรือสีแดงเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5) ในดินบน และเป็นกรดจัดถึงปานกลาง (pH 5.5-6.5) ในดินบน

ข้อจำกัด ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื้อดินค่อนข้างเป็นทราย

ข้อเสนอแนะ ในการปลูกพืช ควรปรับปรุงบำรุงดินโดยใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมี เพื่อเพิ่มผลผลิตและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของแร่ธาตุในดิน และปรับปรุงสมบัติทางกายภาพให้ดีขึ้น

3.2.4 ชุดดินลาดหญ้า (Ly) จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 56 การจำแนกดิน (USDA) Fine-loamy, siliceous, isohyperthermic Kanhaplic Haplustults สภาพพื้นที่ ค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลาดชัน มีความลาดชัน 1-20 เปอร์เซ็นต์ ภูมิสัณฐาน ลานตะพัก เขิงเขา เนินเขา หรือบริเวณพื้นที่เหลือค้ำจากการกัดกร่อน วัตถุต้นกำเนิดดินเกิดจากการผุพังสลายตัวอยู่กับที่ และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางไม่ไกลนัก ของหินทรายและหินควอร์ตไซต์ โดยมีหินดินดานและหินฟิลไลต์เป็นหินพื้น การระบายน้ำดี การซึมผ่านได้ของน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลางถึงเร็ว

คุณลักษณะของดิน เป็นดินลึกปานกลางถึงชั้นเศษหินกรวด ดินบนเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย สีน้ำตาล สีน้ำตาลปนเทาหรือสีน้ำตาลปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดปานกลาง (pH 5.0-6.0) ดินล่างตอนบน เป็นดินร่วนปนทรายหรือดินร่วนเหนียวปนทราย สีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนแดง ดินล่างตอนล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายกรวดหรือเศษหิน สีน้ำตาล เหลือง หรือแดงปนเหลือง ในช่วงความลึก 50-125 เซนติเมตรจากผิวดิน พบก้อนกรวดเป็นพวกเศษหินควอร์ตไซต์ หินทราย หินฟิลไลต์ และหินดินดาน และมวลสารกลมของหินลูกรังกระจายอยู่ทั่วไปในชั้นดิน ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด (pH 4.5-5.0)

ข้อจำกัด ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำ และการกัดกร่อนของดิน ถ้าไม่มีการจัดการที่เหมาะสมในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง

ข้อเสนอแนะ ในการปลูกพืช ควรมีวิธีการที่เหมาะสมเพื่ออนุรักษ์ดินและน้ำ เช่น ปลูกพืชคลุมดิน ปลูกพืชตามแนวระดับ และใช้ปุ๋ยอินทรีย์ พวงปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยพืชสด เพื่อช่วยให้ดินอุ้มน้ำ และยึดธาตุอาหารพืชได้ดีขึ้น พืชสามารถดูได้

3.2.5 ชุดดินโพนพิสัย (Pp) จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 49 การจำแนกดิน (USDA) Loamy-skeletal over clayey, kaolinitic, isohyperthermic Typic (Oxyaquic Plinthic) Paleustults สภาพพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชัน 1-12 เปอร์เซ็นต์ ภูมิสัณฐาน พื้นที่เกือบราบหรือที่เกือบราบ วัตถุต้นกำเนิดดิน เกิดจากการสลายตัวผุพังอยู่กับที่ของหินตะกอนสองยุค (ทราย/เหนียว) หรือตะกอนของหินตะกอนเนื้อหยาบที่ถูกชะมาทับถมอยู่บนหินตะกอนเนื้อละเอียด การระบายน้ำดีปานกลาง การซึมผ่านได้ของน้ำปานกลางในดินบน และช้าในดินล่าง การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลางถึงเร็ว

คุณลักษณะของดิน เป็นดินตื้นถึงชั้นกรวดลูกรัง ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินร่วนสีน้ำตาลปนเทาเข้ม ดินล่างตอนบน เป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถัดไปเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายปนกรวดหรือดินเหนียวปนกรวดมาก มีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลแก่ ดินล่างภายใน 50-100 เซนติเมตร เป็นดินร่วนเหนียวปนกรวดมากหรือดินเหนียวปนกรวดมาก ถัดไปจะเป็นชั้นดินเหนียวตลอด มีสีเทาปนน้ำตาลอ่อนหรือสีเทาอ่อน มีจุดประสีแดงของศิลาแลงอ่อน (plinthite) และน้ำตาลแก่หรือน้ำตาลปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.0-6.5) ในดินบน และเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด (pH 4.5-5.5) ในดินล่าง

ข้อจำกัด เป็นดินตื้นถึงชั้นกรวดหินลูกรัง เนื้อดินบนค่อนข้างเป็นทราย

ข้อเสนอแนะ กรณีที่ใช้ปลูกพืชไร่ ควรเลือกพืชที่มีรากสั้น เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และอื่น ๆ ส่วนกรณีที่ใช้ปลูกไม้ผลหรือไม้ยืนต้น ควรขุดหลุมปลูกให้มีขนาดไม่เล็กกว่า 75x75x75 เซนติเมตร

แล้วนำหน้าดินหรือดินจากที่อื่นมาผสมกับปุ๋ยอินทรีย์ ใส่ลงในหลุมปลูก อัตราประมาณ 20-30 กิโลกรัม ต่อหลุม เมื่อผสมแล้วนำกลับลงไปเป็นหลุมก่อนที่จะปลูกไม้ผลหรือไม้ยืนต้น

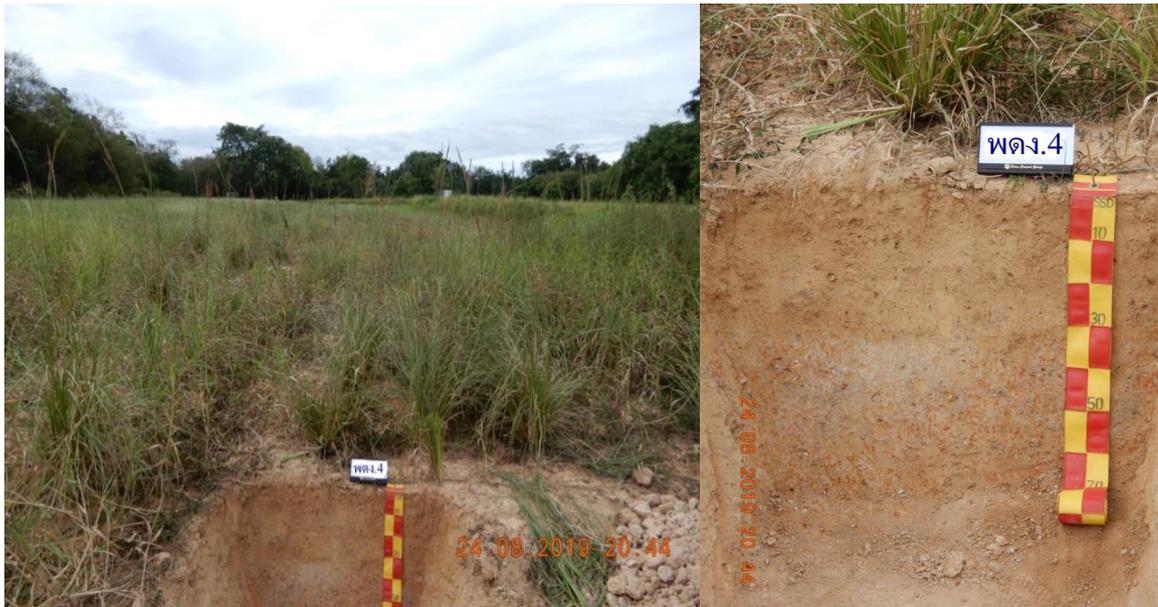
ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ตัวแทนของชุดดินบางคล้า มีคุณลักษณะของดินต้น เนื้อดินเป็นดิน ร่วนปนทรายและปนกรวดหิน และดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยทำการศึกษาดูอินทรีย์สักระยะหนึ่งเพื่อ ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในพื้นที่ดินเสื่อมโทรม และใช้พืชทดสอบคือ คะน้า ซึ่งเป็นพืชอายุสั้น ระบบ รากอยู่ในระดับต้น

3.3 ชุดดินบางคล้า (ตัวแทนดินที่ใช้ศึกษา)

ชุดดินบางคล้า (Bka) จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 48 การจำแนกดิน (USDA) Loamy-skeletal, isohyperthermic Typic Haplustults เกิดจากการผุพังสลายตัวอยู่กับที่ของหินดินดาน สภาพพื้นที่เป็น พื้นที่ที่ถูกกัดกร่อนมีความลาดชัน 1 เปอร์เซ็นต์ ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 60 เมตร การระบายน้ำของ ดินดีมาก ลักษณะน้ำไหลปานกลาง เสี่ยงต่อการเกิดการชะล้างพังทลายของดินเล็กน้อย ดินมีลักษณะเป็น ดินลึกลับปานกลาง ดินชั้นบนเป็นดินร่วนปนทราย สีน้ำตาล ดินเป็นกรดจัดมาก (ค่า pH 5.0) ดินชั้นล่างระดับ ความลึกประมาณ 10-75 เซนติเมตร เป็นดินร่วนเหนียวปนทรายปนกรวดเล็กน้อย สีน้ำตาล ก้อนกรวดที่พบ ส่วนใหญ่เป็นศิลาแลงที่ไม่แข็งตัว ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมาก (ค่า pH 5.0) ชั้นล่างตั้งแต่ 75 เซนติเมตรลงไป เป็นชั้นศิลาแลงเชื่อมแข็ง (petroferric layer) รากพืชไม่ สามารถงอกขึ้นไปได้ ไม่เหมาะสมสำหรับเพาะปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้น ควรใช้เพาะปลูกพืชไร่ พัฒนา แหล่งน้ำและปลูกพืชคลุมดินเพื่อรักษาความชุ่มชื้น ปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินให้ดีขึ้นโดยใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยพืชสด เพิ่มผลผลิตและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของแร่ธาตุในดินโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับ ปุ๋ยชีวภาพ

ข้อจำกัดคือ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเป็นดินต้น มีก้อนกรวดและหินอยู่ในดินชั้นล่างลึก ประมาณ 30 เซนติเมตร

ข้อเสนอแนะ ในการปลูกพืชควรใส่อินทรีย์วัตถุและปุ๋ยเคมีควบคู่กัน ควรปลูกพืชคลุมดินหรือ ปลูกพืชตามแนวระดับ เพื่อป้องกันการชะล้างพังทลาย



ภาพที่ 1 หน้าตัดดินชุดดินบางคล้า ในพื้นที่ศูนย์ศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มฯ

SOIL NAME: Bangkhla variant		LOCATION: Vetiver growing plot (แปลงปลูกหญ้าแฝก)		PROFILE CODE: No. Ldd 4 (พดง. 4)	
DESCRIBED BY: Pisoot Vijarnsorn		AREA: Khao Cha-Ngum Royal Study Center on Degraded Land Rehabilitation			
Phusit Wiwatwongwana		BAN: Khao Khiao Khao Sadej		TAMBON: Khao Cha-Ngum	
Meta Snithongkum Thanyakan Sengkhrua		AMPHOE: Phocharam		CHANGWAT: Ratchaburi	
DATE: 24 August 2019		COORD: 575655 E 1517111 N			
PARENT MATERIAL: Residuum derived from shale					
PHYSIOGRAPHY: Erosion surface		RELIEF: Nearly flat		SLOPE: 1%	
				ELEVATION: 60 m.	
DRAINAGE: Well		PERMEABILITY: Moderate		RUNOFF: Medium	
				CLIMATE TYPE: Tropical Savannah	
NATURAL VEGETATION/LAND USE: Vetiver growing plot					
HORIZON	DEPTH (cm.)	HORIZON DESCRIPTION			
Ap	0-10	Brown (7.5YR5/4) sandy loam; weak fine angular and subangular blocky structure; hard, very firm, slightly sticky, slightly plastic; common very fine and fine roots; very strongly acid (field pH 5.0); clear, smooth boundary.			
BA	10-30	Brown (7.5YR5/3) slightly gravelly sandy clay loam; many fine to medium distinct strong brown (7.5YR5/6) and common fine distinct yellowish red (5YR4/6) mottles; weak medium angular and subangular blocky structure; very hard, extremely firm, sticky, plastic; few very fine and fine roots; gravels composed of unconsolidated ironstones at the size of 0.2-1.5 cm in diameter about 10% by volume of the soil matrix; very strongly acid (field pH 5.0); clear, wavy boundary.			
Bv	33-75	Brown (7.5YR5/2) slightly gravelly sandy clay loam; many medium to coarse distinct yellowish red (5YR5/6) mottles; massive; extremely hard, extremely firm, sticky, plastic; gravels composed of unconsolidated ironstones at the size ranging from 0.2-1.5 cm in diameter and occupy about 10% by volume; very strongly acid (field pH 5.0); abrupt, wavy boundary.			

Remarks: Below 75 cm, the soil is very compacted and can not dug by back-hoe. It can be a petroferic layer.

ภาพที่ 2 คำบรรยายหน้าตัดดินชุดดินบางคล้า

3.4 จุลินทรีย์สังเคราะห์ด้วยแสง

กนกกร และขวัญชัย (2563) อธิบายว่า แบคทีเรียสังเคราะห์แสง (Photosynthetic bacteria) เป็นแบคทีเรียที่สามารถสร้างอาหารได้เองจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน แต่มีกลไกและรงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงที่ต่างจากพืช โดยทั่วไปแบคทีเรียสังเคราะห์แสงแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ แบคทีเรียสังเคราะห์แสงสีม่วง (Purple photosynthetic bacteria) และแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสีเขียว (Green photosynthetic bacteria) โดยกลุ่มที่นิยมใช้ทางการเกษตรคือ แบคทีเรียสังเคราะห์แสงสีม่วง ซึ่งแบ่งย่อยออกเป็นกลุ่มที่มีการสะสมกำมะถันและกลุ่มที่ไม่มีการสะสมกำมะถัน และแบคทีเรียที่นิยมใช้ทางการเกษตรคือกลุ่มที่ไม่สะสมกำมะถัน แบคทีเรียสังเคราะห์แสงสีม่วงกลุ่มไม่สะสมกำมะถัน (Purple non-sulphurbacteria, PNSB) หรือที่เราเรียกว่า จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง มีความสามารถในการผลิตและสะสมสารประกอบที่สามารถส่งเสริมการเจริญของพืชได้เช่น การสะสมพอลิฟอสเฟต (polyphosphate) การผลิตสารสี (pigments) วิตามินและการผลิตสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช มีกระบวนการเมทาบอลิซึมที่มีลักษณะเฉพาะสามารถเจริญในสภาพไร้ออกซิเจนโดยได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ (phototrophic) และใช้ CO_2 เป็นแหล่งคาร์บอน หรือหากมีออกซิเจนในสิ่งแวดล้อมก็จะใช้พลังงานจากโมเลกุลของสารเคมี และใช้คาร์บอนอินทรีย์เป็นแหล่งคาร์บอน

3.4.1 บทบาทสำคัญของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงในการผลิตพืช

จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงมีประสิทธิภาพในการผลิตฮอร์โมน มีธาตุอาหารและสารอินทรีย์ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต และเพิ่มผลผลิตพืช ดังนี้

1) การใช้งานในรูปของปุ๋ยแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่

1.1) การใช้ประโยชน์จากเซลล์

การใช้ประโยชน์จากเซลล์ที่ตายแล้วและเซลล์ที่มีชีวิต ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารจะเกิดขึ้นเมื่อเซลล์จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงตายจะถูกย่อยสลาย และเกิดการปลดปล่อยธาตุอาหาร N-P-K ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเซลล์ โดยปริมาณ N-P-K มีอยู่ 8.5-2.4-0.5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักเซลล์แห้ง รูปแบบความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารจะเกิดการปลดปล่อยอย่างช้า ๆ ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ได้ นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง ยังช่วยปรับปรุงโครงสร้างดินและกระตุ้นกิจกรรมทางชีวภาพในดิน ส่งผลให้เกิดความหลากหลายเชิงนิเวศ และการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างยั่งยืน

1.2) การใช้ประโยชน์จากกิจกรรมทางชีวภาพ จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงช่วยส่งเสริมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร เนื่องจากกิจกรรมทางชีวภาพเช่นการตรึงไนโตรเจน และการละลายฟอสฟอรัส โดยการตรึงไนโตรเจนทางชีวภาพ จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงมีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศได้ จัดเป็นกลุ่มที่ตรึงไนโตรเจนอย่างอิสระ โดยเปลี่ยนก๊าซไนโตรเจนที่มีอยู่ในบรรยากาศ (N_2) ซึ่งเป็นรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ให้อยู่ในรูปของ NH_3 และ NH_4^+ ที่พืชนำไปใช้ได้ พบว่าการตรึงไนโตรเจนของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจะมีประสิทธิภาพในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน และการตรึงไนโตรเจนจะถูกยับยั้งเมื่อมีออกซิเจน แต่ในบางสกุล เช่น *Rhodospseudomonas* และ *Rhodobacter* สามารถทนต่อออกซิเจนและตรึงไนโตรเจนได้ในสภาพที่มีออกซิเจนในระดับต่ำ จึงสามารถนำจุลินทรีย์กลุ่มนี้ไปใช้ในนาข้าวที่มีสภาพ

น้ำขัง จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงพบได้ในหลายถิ่น ส่วนการละลายฟอสเฟต พบว่า จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงสามารถละลายฟอสเฟตที่อยู่ในรูปสารอนินทรีย์ได้ นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มความเข้มข้นของฟอสฟอรัสเมื่อใช้ซีลัลลอยเป็นส่วนประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ นอกจากนี้ยังเพิ่มความเข้มข้นของฟอสฟอรัสแล้วยังช่วยละลาย Ca^{2+} Mg^{2+} และ Zn^{2+} โดยไม่มีการปลดปล่อยโลหะหนักที่เป็นพิษออกมา

2) ช่วยให้พืชทนต่อสภาวะเครียด เป็นผลจากสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชในกลุ่มฮอร์โมนพืช (phytohormones) ที่ผลิตโดยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง ซึ่งจะมีผลต่อการเจริญและการพัฒนาส่วนต่าง ๆ เช่น ดอก ใบ ราก ลำต้น และสารสี สารประกอบสำคัญที่จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงผลิตมี 2 ชนิด ดังนี้

2.1) Indole-3-acic acid หรืออีกชื่อคือ IAA จัดเป็นฮอร์โมนพืชในกลุ่มออกซิน ซึ่งจำเป็นต่อการพัฒนาของพืช เช่น การแบ่งเซลล์ การยืดขยาย กระตุ้นราก และการให้ธาตุอาหารของพืช โดยการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดและการเกิดราก ส่งเสริมการสะสมน้ำตาล ปรับปรุงกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และการตอบสนองของพืชต่อสภาวะเครียด เช่น ช่วยให้พืชมีการปรับตัวจากความเครียดที่เกิดจากความเค็ม ส่งเสริมให้รากและยอดเจริญภายใต้ความเค็มและความเครียดจากโลหะหนักได้ จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงมีกลไกในการสังเคราะห์ IAA ในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำและมีแสง จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงในนาข้าวจะปลดปล่อย IAA ออกมาในปริมาณ 0.65-3.6 mg/L และถูกผลิตได้มากขึ้นเมื่อมีการเติมสารตั้งต้นของการผลิต IAA ที่เป็นกรดอะมิโนที่เรียกว่า tryptophan

2.2) 5-aminolevulinic หรือ ALA มีบทบาทเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโต ช่วยส่งเสริมการเจริญของพืช ปรับปรุงการนำธาตุอาหารไปใช้ รวมทั้งการสังเคราะห์น้ำตาลและโปรตีน และยังเป็นสารตั้งต้นของวิตามินบี 12 แอนติออกซิแดนท์ เอนไซม์ และสารเมทาบอลิต์อื่น ๆ รวมทั้งคลอโรฟิลล์ จึงช่วยส่งเสริมกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ALA สามารถใช้ทางการเกษตรเป็นสารประกอบที่ช่วยกระตุ้นให้พืชทนต่อความเค็ม ความแห้งแล้ง และอุณหภูมิ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีผลต่อโครงสร้างเซลล์พืช ทำให้รากพืชได้รับความเสียหายน้อยแม้จะอยู่ในสภาวะเครียด ALA มีส่วนส่งเสริมการสร้างสารพลังงานสูงในรูป ATP และ NADPH ซึ่งเป็นโคแฟกเตอร์ที่จำเป็นในการตรึง CO_2 การสังเคราะห์ ALA ของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเกิดขึ้นผ่าน ALA synthase pathway โดยมี glycine และ succinate เป็นสารตั้งต้น ซึ่งในธรรมชาติพืชจะสังเคราะห์ ALA ในปริมาณน้อยมาก ซึ่งไม่เพียงพอต่อการใช้งานทางการเกษตร จึงมีการศึกษาการสังเคราะห์ ALA จากแหล่งต่าง ๆ เพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เช่น การศึกษาในแบคทีเรียสังเคราะห์แสงบางชนิด เช่น *Rhodobacter sphaeroides* สามารถสังเคราะห์ ALA ได้ (คณพล, 2564)

3.4.2 วิธีการผลิตจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (ขยายเชื้อ 1.5 ลิตร)

- 1) บรรจุน้ำใส่ขวดน้ำดื่มขนาด 1,500 มิลลิลิตร ให้เหลือพื้นที่ว่างจากปากขวด 5 เซนติเมตร
- 2) ตอกไข่ใส่ภาชนะตีไข่ขาวและไข่แดงให้เป็นเนื้อเดียวกัน
- 3) บดเปลือกไข่ให้ละเอียดแล้วใส่ลงในไข่ที่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว
- 4) ตักไข่ที่ผสมแล้วใส่ลงในขวดน้ำที่เตรียมไว้ขวดละ 5 ซ้อนโต๊ะ (75 ซีซี) เขย่าส่วนผสมให้เข้ากัน
- 5) เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง จำนวน 5 ซ้อนโต๊ะ (75 ซีซี) เขย่าส่วนผสมให้เข้ากัน ปิดฝาขวดให้แน่น
- 6) ตั้งทิ้งไว้ในที่มีแสงส่องทั้งวัน นาน 7-14 วัน จนเชื้อเป็นสีแดงจึงนำไปใช้

3.4.3 การนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร

- 1) ข้าว
 - 1.1) แยกกระตุนการงอกของเมล็ด ใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่ขยายเชื้อในไข่ 500 ซีซี ต่อน้ำ 50 ลิตร (อัตราเจือจาง 1:100) แยกเมล็ดนาน 4 ชั่วโมง
 - 1.2) ช่วงทำเทือก ใช้อัตรา 5 ลิตรต่อไร่ ใส่ให้ทั่วแปลงพร้อมทำเทือก
 - 1.3) ช่วงการเจริญเติบโต ใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่ขยายเชื้อในไข่ 500 ซีซี ต่อน้ำ 50 ลิตร (อัตราเจือจาง 1:100) ฉีดพ่นพื้นที่ 1 ไร่ บริเวณลำต้นและใบ ที่อายุข้าวทุก 20, 40 และ 60 วัน
 - 2) พืชผักและดอกไม้
 - 2.1) แยกกระตุนการงอกของเมล็ด ใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่ขยายเชื้อในไข่ 500 ซีซี ต่อน้ำ 50 ลิตร (อัตราเจือจาง 1:100) แยกเมล็ดนาน 4 ชั่วโมง
 - 2.2) ช่วงการเจริญเติบโต ใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่ขยายเชื้อในไข่ 500 ซีซี ต่อน้ำ 50 ลิตร (อัตราเจือจาง 1:100) ฉีดพ่นพื้นที่ 1 ไร่ หลังพืชงอกที่อายุ 15 วัน และทุก ๆ 7-10 วัน จนเก็บเกี่ยวผลผลิต
 - 3) พืชสมุนไพร
 - 3.1) แยกกระตุนการงอกของเหง้า เช่น กระชาย ใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่ขยายเชื้อในไข่ 500 ซีซี ต่อน้ำ 50 ลิตร (อัตราเจือจาง 1:100) แขนาน 4 ชั่วโมง
 - 3.2) ช่วงการเจริญเติบโต ใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่ขยายเชื้อในไข่ 500 ซีซี ต่อน้ำ 50 ลิตร (อัตราเจือจาง 1:100) ฉีดพ่นลำต้นและใบหลังงอกทุก ๆ 30 วัน จนเก็บเกี่ยวผลผลิต
- ### 3.4.4 ประโยชน์ของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (ประพันธ์ และบัณฑิตย์, 2560)
- 1) ช่วยย่อยสลายของเสียในแปลงนา โดยเฉพาะกลุ่มก๊าซไข่เน่า (H_2S) โดยจุลินทรีย์จะเข้าไปทำลายพันธะทางเคมี และนำของเสียนั้นมาเป็นพลังงานใช้ในการเจริญเติบโตและแบ่งเซลล์ และระหว่างกระบวนการดังกล่าว จุลินทรีย์ได้ขับของเสียออกมาให้อยู่ในรูป Growth hormones
 - 2) ช่วยลดสภาวะโลกร้อน โดยเข้าไปทำลายพันธะเคมีของกลุ่มก๊าซมีเทน (CH_4) ทำให้โครงสร้างเสียไป เหลือแต่คาร์บอนซึ่งสามารถย่อยสลายได้โดยธรรมชาติ

3) ช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกันโรคพืชได้ดี ทำให้เปลือกหรือลำต้นแข็งแรง ทนต่อการกัดกินของแมลง

4) ช่วยกระตุ้นเซลล์เจริญบริเวณปลายรากพืชให้ขยายตัวและแตกแขนงได้ดีทำให้มีรากฝอยที่หากินเก่งจำนวนมาก จึงทำให้พืชสามารถเพิ่มผลผลิตได้ดีเนื่องจากการสะสมอาหารได้มาก

5) สามารถใช้แทนปุ๋ยยูเรีย หรือแอมโมเนียมซัลเฟตได้ โดยใช้หลักการย่อยสลายกลุ่มก๊าซของเสียให้เป็นธาตุอาหารหลักของพืชได้

6) เมื่อใช้เป็นประจำและต่อเนื่อง สามารถลดการใช้อาหารเสริม หรือปุ๋ยสูตรต่าง ๆ ลงได้สูงสุด 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง กำไรเพิ่มมากขึ้น

7) หากมีการนำจุลินทรีย์ ๆ ไปใช้ผสมผสานร่วมกับน้ำหมักหรือปุ๋ยสูตรต่าง ๆ จะทำให้ผลผลิตยิ่งเพิ่ม และคุณภาพของผลผลิตดีขึ้น

3.4.5 ประโยชน์ของแบคทีเรียสังเคราะห์แสง (กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2567)

1) สร้างฮอร์โมนพืชในกลุ่มออกซิน และจิบเบอเรลลิน

1.1) ส่งเสริมการเจริญและการพัฒนาส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ดอก ใบ ราก ลำต้น และสารสี

1.2) กระตุ้นการงอกของเมล็ดพืช ท่อนพันธุ์และเหง้าพันธุ์ เพิ่มความยาวของราก 59 เปอร์เซ็นต์

1.3) กระตุ้นการยืดขยายลำต้นเพิ่มขึ้น 100 เปอร์เซ็นต์

2) สร้างกรด 5 อะมิโนลิวลินิก หรือ ALA ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช การสังเคราะห์น้ำตาล และโปรตีน เป็นสารตั้งต้นของวิตามินบี 12 แอนต็อกซิแคนท์ เอนไซม์ และสารเทาบอไลต์อื่น ๆ รวมทั้งคลอโรฟิลล์

3) มีธาตุอาหารและสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ประกอบด้วย ไนโตรเจน 0.06 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.07 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียม 0.24 เปอร์เซ็นต์ และกรดฮิวมิก 2.39 เปอร์เซ็นต์

4) ส่งเสริมความเป็นประโยชน์ของธาตุไนโตรเจนให้กับพืช

5) ลดการใช้ปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์

6) เพิ่มผลผลิตของพืช เช่น ข้าว พืชผัก และพืชสมุนไพร 25-30 เปอร์เซ็นต์

3.4.6 ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

วิณากร และคณะ (2563) ศึกษาผลของการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงร่วมกับน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 43 ที่ปลูกในระบบอินทรีย์ พบว่า การเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข 43 ที่ 30 และ 50 วัน ได้แก่ อัตราการรอดตาย ความสูงต้น การแตกกอ ปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบ วันที่ออกดอก และวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิตไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) รวมถึงผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 43 ได้แก่ จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง และเมล็ดดีต่อรวง และคุณภาพผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 43 ได้แก่ ความกว้างเมล็ด ความยาวเมล็ด น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนักเมล็ดไม่รวมเปลือกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกัน ผลการศึกษาสรุปได้ว่า

สามารถใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์ด้วยแสง (PSB) น้ำหมักชีวภาพ พด.2 และจุลินทรีย์สังเคราะห์ด้วยแสงร่วมกับน้ำหมักชีวภาพ พด.2 ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตข้าวพันธุ์ กข 43 แบบอินทรีย์ได้

จันจิรา และคณะ (2564) ได้ดำเนินการวิจัยคัดเลือกแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสีม่วงกลุ่มไม่สะสมกำมะถันที่มีประสิทธิภาพ ในการผลิตสารเสริมการเจริญเติบโตต่อการเจริญและเพิ่มผลผลิตพืชจากการแยกและคัดเลือกเชื้อจากตัวอย่างดินและน้ำในพื้นที่เกษตรอินทรีย์และพื้นที่เกษตร ทั่วไป จำนวน 170 ตัวอย่าง สามารถแยกเชื้อและจัดจำแนกชนิดด้วยเทคนิคทางชีวโมเลกุลของเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการผลิตออกซินและจิบเบอเรลลินได้ดีที่สุด 3 ไอโซเลทแรก ได้แก่ ไอโซเลท SP1 : *Rhodospseudomonas* sp. ไอโซเลท PR3 : *Rhodospseudomonas palustris* และไอโซเลท SK4 : *Stenotrophomonas maltophilia* จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ ความเป็นกรดเป็นด่าง เท่ากับ 7 ระยะเวลาเลี้ยงเชื้อ 7 วัน แต่จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่า 5 โดยเชื้อไอโซเลท PR3 สามารถผลิตออกซินได้สูงสุด 19.45 มิลลิกรัมต่อลิตร และผลิตจิบเบอเรลลิน 94.56 มิลลิกรัมต่อลิตร เชื้อไอโซเลท SP1 สามารถผลิตออกซินได้สูงสุด 19.43 มิลลิกรัมต่อลิตร และผลิตจิบเบอเรลลิน 75.95 มิลลิกรัมต่อลิตร เชื้อไอโซเลท SK4 สามารถผลิตออกซินได้สูงสุด 18.13 มิลลิกรัมต่อลิตร และผลิตจิบเบอเรลลิน 88.72 มิลลิกรัมต่อลิตร และจากผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้ แบคทีเรียสังเคราะห์แสงแบบไม่สะสมกำมะถันทั้ง 3 ไอโซเลท พบว่าสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งในสภาพโรงเรือน โดยการใช้เชื้อไอโซเลท PR3 สามารถเพิ่มความสูงต้นสูงสุด เท่ากับ 23.31 เซนติเมตร และน้ำหนักต้นของผักกวางตุ้งที่อายุเก็บเกี่ยวสูงสุด 10.60 กรัมต่อต้น ส่งเสริมการเจริญเติบโต ให้กับพืชได้ดีเปรียบเทียบกับการใช้สารสังเคราะห์ออกซินและสารจิบเบอเรลลินบริสุทธิ์ที่ความเข้มข้น 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

วิณากร และ พิศิษฐ์ (2565) ศึกษาอิทธิพลของการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์ด้วยแสงต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ปลูกในระบบอินทรีย์ ผลการศึกษาพบว่า การเจริญเติบโตของข้าวที่อายุ 30 และ 50 วัน ความสูงต้น และการแตกกอไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และที่อายุ 50 วัน ความเขียวใบ (SPAD index) ของข้าวที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีมีค่าสูงสุด ส่วนความเขียวใบของข้าวที่ปลูกโดยใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์ด้วยแสง ปริมาณ 15 และ 10 มิลลิลิตร ไม่แตกต่างจากค่าความเขียวใบที่ใช้ปุ๋ยเคมี และความเขียวใบของข้าวที่ปลูกโดยใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์ด้วยแสงปริมาณ 5 มิลลิลิตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p 0.05$) องค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก 100 เมล็ด ความยาวเมล็ด ความกว้างเมล็ด และน้ำหนักเมล็ดข้าวกล้อง 100 เมล็ด ของข้าวที่ปลูกทั้ง 4 กรรมวิธี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ผลสรุปการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์ด้วยแสงปริมาณ 15 มิลลิลิตร สามารถใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีในการผลิตข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ปลูกในระบบอินทรีย์ที่ปลูกในกระถาง หากต้องการนำจุลินทรีย์สังเคราะห์ด้วยแสงใช้ในแปลงนาเพื่อทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีควรมีการทดลองเพิ่มเติม

บุรนา และคณะ (2566) ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยมูลโคร่วมกับจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงและน้ำหมักชีวภาพ พด.2 ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตคະນ້າ ได้แก่ ความสูง จำนวนใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ และน้ำหนักสดต่อต้น ที่ปลูกในระบบอินทรีย์ โดยใช้ตัวแทนชุดดินบางคล้า ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ในการศึกษาผลการทดลองพบว่า การใช้ปุ๋ยมูลโคอัตรา 4 ตันต่อไร่ร่วมกับร่วมกับจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงหรือน้ำหมักชีวภาพ พด. 2 สามารถส่งเสริมให้การเจริญเติบโตและผลผลิตคະນ້าเทียบเท่ากับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินได้

พิบูล และคณะ (2567) ศึกษาการใช้ผลิตภัณฑ์แบคทีเรียสังเคราะห์แสงและไซยาโนแบคทีเรียต่อการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตผักอินทรีย์ ดำเนินการ ณ แปลงเกษตรกร หมู่ที่ 13 ตำบลด่านทับตะโก อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี ระหว่างปี 2565-2566 ผลการทดลอง พบว่า การใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสงและไซยาโนแบคทีเรียต่อการเจริญเติบโตของคะน้าอินทรีย์ การฉีดพ่นแบคทีเรียสังเคราะห์แสงและไซยาโนแบคทีเรียร่วมกับปุ๋ยคอก และปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง ส่งผลให้ความสูงต้นคะน้า และความเขียวใบบอกว่าตำรับควบคุมโดยการฉีดพ่นแบคทีเรียสังเคราะห์แสงและไซยาโนแบคทีเรียทุก 10 วัน ร่วมกับปุ๋ยคอก ส่งผลให้คะน้ามีความสูงมากที่สุดในการทดลองปีที่ 1 รอบที่ 1 รอบที่ 2 และการทดลองปีที่ 2 รอบที่ 1 เท่ากับ 22.97 41.99 และ 32.38 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ความเขียวใบบอกคะน้าสูงที่สุดในการทดลองปีที่ 1 รอบที่ 1 รอบที่ 2 และการทดลองปีที่ 2 รอบที่ 1 เท่ากับ 51.23 40.62 และ 59.62 SPAD unit ตามลำดับ และการฉีดพ่นแบคทีเรียสังเคราะห์แสงและไซยาโนแบคทีเรีย ฉีดพ่นทุก 10 วัน ร่วมกับปุ๋ยคอก ส่งผลให้ผลผลิตคะน้าสูงที่สุดในการทดลองปีที่ 1 รอบที่ 1 รอบที่ 2 และปีที่ 2 รอบที่ 1 มีค่าเท่ากับ 890.6 1,983.52 และ 1,985.19 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยทั้ง 4 รอบการปลูก เฉลี่ยเท่ากับ 1,510.41 กิโลกรัมต่อไร่

เจนจิณัฐตา และคณะ (2568) ศึกษาอิทธิพลของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้าพันธุ์ยอดดอยคำ ผลการทดลองพบว่า ต้นคะน้าที่ได้รับการพ่นจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง 4 ครั้ง มีแนวโน้มการเจริญเติบโตมากกว่า ต้นคะน้าที่พ่นจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่จำนวน 3, 2 และ 1 ครั้ง ตามลำดับ แต่ไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการพ่นจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงมีโอกาสนำมาใช้สำหรับการผลิตผักคะน้า เมื่อเปรียบเทียบลักษณะการเจริญเติบโตและผลผลิต พบว่ามีแนวโน้มมากกว่าการไม่พ่นจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

Kobayashi and Kurata (1978) ศึกษาการใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสง กลุ่มแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสีม่วงกลุ่ม ไม่สะสมกัมมะถันในกลุ่ม *Rhodospseudomonas* sp. เป็นแหล่งปุ๋ยไนโตรเจนเพื่อเพิ่มผลผลิตส้ม โดยเพิ่มน้ำหมักผล จำนวนผลต่อต้น ปริมาณน้ำตาลในผล ตลอดจนปริมาณคาโรทีนอยบนผิวส้ม

Maki (2004) กล่าวว่า จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (photosynthetic bacteria) หลายชนิดสามารถเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช โดยไซยาโนแบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้อย่างอิสระ แบคทีเรียสังเคราะห์ในกลุ่มที่สามารถกำจัดศัตรูพืช และกลุ่มที่สามารถสร้างสารอินทรีย์ กรดอะมิโน และฮอร์โมนพืชได้ ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากต่อระบบนิเวศวิทยาในดิน และมีรายงานการใช้ประโยชน์จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพ ซึ่งจุลินทรีย์ดังกล่าวสามารถสร้างวิตามินบี และ 5-aminolevulinic acid (ALA) เป็นสารที่เกี่ยวข้องกับสรีระวิทยาของพืชในการส่งเสริมกระบวนการสังเคราะห์แสง ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช การติดผล คุณภาพของผลผลิต และเพิ่มผลผลิต อีกทั้งเซลล์จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงประกอบด้วยโปรตีน วิตามินและแร่ธาตุซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช มีรายงานการวิจัยการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง ส่งผลให้รากของข้าวเจริญงอกงามมากขึ้น ต้นข้าวแข็งแรง และให้ผลผลิตของข้าวมากขึ้นมากกว่าการไม่ใส่จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงถึง 2 เท่า และสามารถกำจัดศัตรูพืชได้

Kobayashi (2000) รายงานผลการศึกษาการใช้เซลล์ของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงในการผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพ และนำมาทดสอบร่วมกับต้นพลัม โดยศึกษาองค์ประกอบของผลและเปลือก พบว่า

ผลผลิต ความหวานของผล ความมันวาวของผล และปริมาณไลโคปีนเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังพบว่าจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงยังมีคุณสมบัติในการกำจัดวัชพืช

Lee KH et al. (2008) ศึกษาการใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสง กลุ่มแบคทีเรียแสงสีม่วง กลุ่มไม่สะสม กำมะถันในกลุ่ม *Rhodospseudomonas* sp. และในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของมะเขือเทศ สามารถเพิ่มผลผลิตสด และสาร lycopene ได้เท่ากับ 98.3 and 48.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Wai-Tak Wong et al. (2014) ศึกษาการใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสง กลุ่มแบคทีเรียแสงสีม่วงกลุ่ม ไม่สะสมกำมะถันในกลุ่ม *Rhodospseudomonas* sp. ที่มีประสิทธิภาพในการผลิตสารเสริมการเจริญเติบโต โดยเพิ่มคุณภาพและผลผลิตในค่น้ำสามารถเพิ่มผลผลิตได้ 9 เปอร์เซ็นต์

โดยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงกลุ่มดังกล่าวเจริญได้ดีเช่น *Rhodospseudomonas capsulate*, *R. sphaeroides* ประเทศญี่ปุ่นได้นำจุลินทรีย์ดังกล่าวมาใช้ในการปลูกข้าวพบว่า เพิ่มผลผลิตข้าวที่เพิ่มถึง 3 เท่า และทำให้เมล็ดข้าวใหญ่ขึ้น 2 เท่า ทั้งนี้เพราะแบคทีเรียช่วยปรับสภาพดินให้เหมาะกับการดูดซึม สารอาหารของรากข้าวโดยย่อยสลายสารเคมีบางตัวที่ต่อต้านการเจริญเติบโตของรากข้าวซึ่งใช้จุลินทรีย์ในรูป ส่วนผสมของปุ๋ยอินทรีย์นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าดินในบริเวณรากข้าวในระยะข้าวตั้งท้องจะมีสถานะแบบไม่ มีออกซิเจนทำให้แบคทีเรียที่อยู่ในกลุ่มแอนแอโรบิคแบคทีเรียเจริญได้ดีสร้างก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) ขึ้นมา ทำให้มีผลไปยับยั้งกระบวนการสร้างเมตาโบลิซึมของรากข้าวซึ่งเป็นพิษต่อรากแต่เมื่อนำจุลินทรีย์สังเคราะห์ แสงมาใส่ลงในดินในระยะเวลาดังกล่าวจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจะเปลี่ยนไฮโดรเจนซัลไฟด์ให้อยู่ในรูป สารประกอบซัลเฟอร์ที่ไม่เป็นพิษต่อรากจึงมีผลให้รากของต้นข้าวเจริญงอกงามมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดและ ลักษณะของต้นข้าวก็มีความแข็งแรงซึ่งมีผลให้ผลผลิตของข้าวมากขึ้นตามไปด้วย (จันจิรา และคณะ, 2564)

3.4.7 โอกาสทางการตลาดของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

1) ทางการเกษตร

- 1.1) ปุ๋ยชีวภาพ ช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ดีขึ้น เพิ่มผลผลิต และปรับปรุงคุณภาพดิน
- 1.2) อาหารสัตว์ ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์เพื่อเพิ่มโปรตีนและช่วยเสริมสร้าง

สุขภาพของสัตว์

2) ผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม

- 2.1) ช่วยบำบัดน้ำเสียในฟาร์มหรือแหล่งน้ำอื่น ๆ ช่วยลดมลพิษ
- 2.2) ช่วยลดกลิ่นไม่พึงประสงค์จากฟาร์มปศุสัตว์หรือโรงงาน

3.4.8 การพัฒนาและการขยายโอกาสทางการตลาด

1) การวิจัยและพัฒนา การศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ จากจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

2) การสร้างแบรนด์ที่น่าเชื่อถือและมีคุณภาพ

3) การประชาสัมพันธ์และสร้างความเข้าใจให้กับผู้บริโภค

4) การร่วมมือกันระหว่างหน่วยงานภาครัฐและเอกชนเพื่อสนับสนุนและส่งเสริมการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

3.5 จุลินทรีย์สังเคราะห์ด้วยแสงจากใบทองหลางน้ำ

3.5.1 ทองหลางน้ำ (*Erythrina fusca* Lour.)

ทองหลางน้ำ จัดอยู่ในวงศ์ Fabaceae ตระกูลถั่ว เป็นไม้ยืนต้น ลักษณะใบเป็นใบประกอบมี 3 ใบย่อย รูปขอบขนาน ปลายแหลม โคนสอบ ขอบเรียบ แผ่นใบหนาและเหนียว มีหนามแหลมเล็ก ๆ ที่เส้นกลางใบและที่ก้านใบ (พัชรียา, 2551) และมีลักษณะพิเศษคือพบแบคทีเรียกลุ่มไรโซเบียม (*Rhizobium*) อาศัยอยู่ในปมราก ส่วนของรากสามารถดูดเก็บเอาน้ำในดินเพื่อเลี้ยงลำต้นได้มากกว่าต้นไม้ทุกชนิด ดังนั้นการปลูกต้นทองหลางน้ำไว้หลาย ๆ ต้นจะทำให้พื้นดินชุ่มชื้น ต้นไม้ใกล้เคียงอื่น ๆ เจริญงอกงาม (อดิสรณ์, 2558) นิยมปลูกต้นทองหลางน้ำเป็นพืชแซมนม หรือพืชที่เลี้ยง (นพดล, 2565) เพื่อมีหน้าที่ช่วยในการบำรุง บังลม ช่วยสร้างธาตุอาหาร หายอาหาร และรักษาความชื้นให้กับพืชหลัก กล่าวคือต้นทองหลางน้ำ เป็นพืชที่โตเร็ว สร้างปุ๋ยได้เนื่องจากมีไรโซเบียมที่อาศัยอยู่ในปมราก ซึ่งสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ มีใบจำนวนมาก (ชนวน, 2542) อุดมไปด้วยโปรตีนสามารถนำไปให้สัตว์รับประทานเพื่อเพิ่มโปรตีน ใบอ่อนนิยมใช้รับประทานร่วมกับเมี่ยงคำหรือผักจิ้มน้ำพริก ใบแก่ที่ร่วงหล่นจะผุพังกลายเป็นปุ๋ยอย่างดีแก่พืชหลัก อุดมด้วยธาตุอาหารต่างๆ ที่เป็นประโยชน์แก่ดิน มีรากจำนวนมากกระจายอยู่ในระดับผิวดินและในระดับลึก ทนทานต่อภาวะน้ำท่วมขังและสร้างรากใหม่ได้ทุกปี รากเก่าบางส่วนจะผุพัง สลายตัวทำให้เกิดเป็นโพรงอยู่ในดินเป็นท่อระบายอากาศในดิน ทำให้พืชหลักสามารถแยกรากลงไปได้ง่าย นิยมปลูกร่วมกับต้นทุเรียนเป็นพืชหลัก ทองหลางน้ำเป็นพืชแซมนม ช่วยในการยึดดิน เป็นร่มเงาให้ต้นทุเรียน ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ สร้างจุลินทรีย์เลี้ยงดิน ให้ดินเลี้ยงพืช และจากภูมิปัญญาของชาวสวนทุเรียน ปลูกต้นทองหลางน้ำร่วมกับต้นทุเรียน เพื่อเอาไว้ล่อหนอนเจาะต้นทุเรียน เพราะเนื้อไม้ทองหลางน้ำจะนิ่มกว่าต้นทุเรียน แมลงและหนอนจะชอบมากกว่า และน้ำที่สกัดจากใบทองหลางสามารถใช้เป็นสารไล่แมลงและกำจัดเพลี้ยได้ เนื่องจากใบทองหลางมีคุณสมบัติเป็นยาถ่ายพยาธิสำหรับแมลง (คมสัน, 2566) ศูนย์ศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มฯ เห็นความสำคัญและประโยชน์จากทองหลางน้ำ จึงทำการทดลองร่วมกับ อาจารย์วิโรจน์ วิโรจน์พันธ์ ในการผลิตจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางขึ้น แล้วนำไปทดสอบประสิทธิภาพเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร และเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกรในพื้นที่ในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

3.5.2 การเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ

วิโรจน์ (2566) ทดลองเลี้ยงจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงโดยใช้ใบทองหลางน้ำเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ ณ ศูนย์ศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มฯ พบว่าจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วและให้สีม่วง นำไปทดสอบโดยใช้อัตราส่วน 1:100 มีผลให้พืชเจริญเติบโตดียิ่งขึ้น โดยได้ส่งจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำไปตรวจวิเคราะห์หาชนิดเชื้อ โดยวิธี PCR ผลการตรวจวิเคราะห์พบเชื้อ *Rhodobacter capsulatus* จัดอยู่ใน วงศ์โรโดสปิрилลาซี (*Rhodospirillaceae*) เป็นจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงสีม่วงในกลุ่มที่ไม่สะสมกำมะถัน (PNSB) ชนิดหนึ่ง เจริญได้ในสภาวะมีอากาศเล็กน้อยถึงมีแสงพบได้ในแหล่งน้ำ รวมถึงแหล่งน้ำเค็ม สามารถทนความเค็มได้ ใช้สารประกอบอินทรีย์หลายชนิดเป็นแหล่งคาร์บอนและเป็นตัวให้อิเล็กตรอน มีความสามารถในการดูดซับ AU (III) และเป็นจุลินทรีย์ที่มีรายงานว่าสามารถผลิตกรด 5-อะมิโนลิวูลินิก (5-aminolevulinic acid, ALA) ได้สูง ALA สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้

หลากหลายวงการ ทั้งทางการแพทย์ เกษษกรรม เครื่องสำอาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางการเกษตรมีการใช้ ALA เป็นสารกำจัดวัชพืชและแมลงศัตรูพืชชนิดที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ (biodegradable herbicide and insecticide) และใช้เป็นสารส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ช่วยให้พืชทนต่อสภาวะเครียดต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น มีรายงานการผลิต ALA ด้วยกระบวนการทางเคมี ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอน และกระบวนการแยกเชื้อ ทำให้เชื้อบริสุทธิ์มีต้นทุนสูง (นวลจันทร์, 2560) จึงทำให้ขั้นตอนและวิธีการผลิต ได้รับความสนใจและมีการศึกษามากยิ่งขึ้น ซึ่งในปัจจุบันวิธีการผลิตจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงโดยทั่วไปของเกษตรกร จะใช้ส่วนประกอบหลักในการขยายเชื้อจุลินทรีย์คือ ไข่ไก่ เพื่อให้เป็นแหล่งอาหารให้กับจุลินทรีย์เนื่องจากไข่ไก่มีโปรตีนสูง แต่การใช้ไข่ไก่เป็นแหล่งอาหารยังคงเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต จึงหาแหล่งโปรตีนจากแหล่งอื่นที่ให้โปรตีนสูงและมีต้นทุนที่ต่ำกว่าไข่ไก่ นั่นคือพืชตระกูลถั่ว (เขมิสร่า และนิพนธ์, 2565)

3.6 มูลไส้เดือนดิน (Vermicompost)

อานัฐ (2548) รายงานว่า มูลไส้เดือนดิน (Vermicompost) ผลผลิตขั้นสุดท้ายจากการกินและย่อยสลายอินทรีย์วัตถุของไส้เดือนดินซึ่งจะทำให้ได้วัสดุ 2 รูปแบบ คือ มูลไส้เดือนดินแห้ง (Worm Castings) เป็นมูลไส้เดือนดินที่มีระบบการระบายน้ำออกแล้ว เป็นวัสดุคล้ายปุ๋ยหมักไม่มีกลิ่น ไม่มีวัชพืชขึ้น และมีความชื้นในระดับที่พอเหมาะไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำหรือของเหลวที่ระบายออกมาจากระบบเลี้ยงเรียกว่า น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน (Worm tea) ของเหลวนี้อาจมีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์และมีธาตุอาหารที่พืชจำเป็นต้องใช้อยู่ปริมาณมาก

มูลไส้เดือนดิน มีลักษณะเป็นเม็ดร่วนละเอียด มีสีดำออกน้ำตาล โปร่งเบา มีความพรุน ระบายน้ำและอากาศได้ดีมาก มีความจุความชื้น และปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง มีกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้และน้ำย่อยของไส้เดือนดิน ช่วยให้ธาตุอาหารหลายชนิด ที่อยู่ในเศษอินทรีย์วัตถุเหล่านั้นถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ เช่น เปลี่ยนไนโตรเจนให้อยู่ในรูปไนเตรทหรือแอมโมเนีย ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบของธาตุอาหารอื่นและจุลินทรีย์หลายชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อดิน รวมทั้งสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิดที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในลำไส้ของไส้เดือนดิน ซึ่งมูลไส้เดือนดินมีประโยชน์ต่อพืชและดิน โดยจะช่วยส่งเสริมการเกิดเม็ดดินเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุแก่ดิน เพิ่มช่องว่างในดินให้การระบายน้ำ และอากาศดียิ่งขึ้น ส่งเสริมความพรุนของผิวน้ำดิน ลดการจับตัวเป็นแผ่นแข็งของหน้าดิน ช่วยให้ระบบรากพืชสามารถแพร่กระจายตัวในดินได้กว้างเพิ่มขีดความสามารถในการดูดซับน้ำในดิน ทำให้ดินชุ่มชื้น เพิ่มธาตุอาหารพืชให้แก่ดินโดยตรง และเป็นแหล่งอาหารของสัตว์และจุลินทรีย์ดิน เพิ่มศักยภาพการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน ช่วยลดความเป็นพิษของธาตุอาหารพืชบางชนิดที่มีปริมาณมากเกินไป เช่น อลูมิเนียม และแมงกานีส เนื่องจากมูลไส้เดือนดินจะช่วยดูดซับธาตุทั้ง 2 ไว้บางส่วน ช่วยเพิ่มความต้านทานในการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรดต่าง (Buffer Capacity) ทำให้การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นไม่เร็วเกินไปจนเป็นอันตรายต่อพืช และช่วยควบคุมปริมาณไส้เดือนฝอยในดิน เนื่องจากการใส่มูลไส้เดือนดินจะทำให้มีปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถขับสารพวกอัลคาลอยด์และกรดไขมันที่เป็นพิษต่อไส้เดือนฝอยได้เพิ่มขึ้น (อานัฐ, 2550)

3.7 ปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยเคมี (ปุ๋ยอนินทรีย์) หมายถึงปุ๋ยที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นอนินทรีย์สังเคราะห์และตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ยังรวมถึงปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงผสม และปุ๋ยเชิงประกอบ ตลอดจนถึงปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปุ๋ยเคมีผสมด้วย แต่ไม่รวมถึง ปูนขาว ดินมาร์ล ปูนปลาสเตอร์ หรือยิปซัม

3.7.1 ชนิดของปุ๋ยเคมี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

1) ปุ๋ยเชิงเดี่ยว (straight fertilizer) เป็นปุ๋ยเคมีที่มีธาตุปุ๋ยเพียงธาตุเดียวได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส หรือโพแทสเซียม ยกตัวอย่างเช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตจัดว่าเป็นปุ๋ยเชิงเดี่ยวเพราะมีธาตุไนโตรเจนอยู่ธาตุเดียว

2) ปุ๋ยเชิงผสม (mixed fertilizer) เป็นปุ๋ยเคมีที่ได้จากการผสมปุ๋ยเคมีชนิดหรือประเภทต่างๆ เข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้ธาตุอาหารตามที่ต้องการ

3) ปุ๋ยเชิงประกอบ (compound fertilizer) เป็นปุ๋ยเคมีที่ผลิตขึ้นจากกระบวนการทางเคมีเพื่อให้มีธาตุปุ๋ยตั้งแต่สองธาตุขึ้นไปและอยู่รวมกันเป็นสารประกอบชนิดเดียวกัน เช่น สารประกอบหรือแม่ปุ๋ยประเภทโพแทสเซียม ไนเตรท (KNO_3) ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต $[(NH_4)_2HPO_4]$ และโพแทสเซียมเมตาฟอสเฟต (KPO_3) เป็นต้น

4) ปุ๋ยธาตุรอง เป็นปุ๋ยเคมีที่มีธาตุรองไม่น้อยกว่าหนึ่งธาตุเป็นองค์ประกอบหลักในปริมาณมากพอที่จะใช้เป็นปุ๋ยเพื่อแก้ปัญหาการขาดธาตุรองได้ หรือไม่ก็เพื่อให้พืชได้รับธาตุรองมากยิ่งขึ้น

3.7.2 สมบัติบางประการของปุ๋ยเคมี

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2548) ได้กล่าวถึงสมบัติบางประการของปุ๋ย ซึ่งมีดังนี้

1) ปริมาณธาตุอาหารที่มีในปุ๋ย ซึ่งปุ๋ยเคมีจำเป็นต้องมีการรับประกันปริมาณธาตุปุ๋ยที่มีในปุ๋ยนั้นเสมอ การรับประกันปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยเคมีนั้นถือหลักว่า ระบุปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ยจะบอกเป็นปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N) สำหรับปุ๋ยที่มีโพแทสเซียมเป็นธาตุหลักนั้นมักจะรับประกันเฉพาะปริมาณโพแทสเซียมในรูปโพแทสเซ (K_2O) ที่มีอยู่ทั้งหมดที่สามารถละลายน้ำได้เท่านั้น ส่วนปุ๋ยฟอสเฟตนั้นการรับประกันปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสในปุ๋ยจะคิดแต่เฉพาะฟอสฟอริกแอซิด (P_2O_5) ที่ละลายในน้ำยา neutral ammonium citrate เข้มข้น 15% แล้วระบุเป็น available phosphoric acid (P_2O_5)

2) การดูดความชื้นของปุ๋ย หมายถึงความสามารถของปุ๋ยที่จะดูดยึดเอาความชื้นจากอากาศเข้ามาเมื่อปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเกิน hygroscopic point ของปุ๋ย ซึ่งเป็นสมบัติประจำตัวของปุ๋ยแต่ละชนิด ส่วน hygroscopic point ของปุ๋ย หมายถึง จุดพิกัดจุดหนึ่งของอากาศซึ่งโมเลกุลของน้ำถูกดูดยึดอยู่ในอากาศด้วยแรงที่สมดุลกับแรงที่อุณหภูมิของน้ำถูกดูดยึดอยู่กับปุ๋ย

3) Apparent Specific Gravity (A.S.G) ของปุ๋ย หมายถึงน้ำหนักของปุ๋ยหารด้วยน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากันที่อุณหภูมิ $40^{\circ}F$ ปุ๋ยที่บริสุทธิ์จะมีค่า A.S.G คงที่ ค่า A.S.G ของปุ๋ยนี้มีประโยชน์ในการใส่ปุ๋ยด้วยเครื่องใส่ปุ๋ย เช่น ต้องการใส่ปุ๋ย 50 กิโลกรัมต่อไร่ แต่เครื่องใส่ปุ๋ยที่ใช้หว่านปุ๋ยนั้นปรับเครื่องหว่านเป็นปริมาตรของปุ๋ยหรือ ตามค่าความถ่วงจำเพาะของปุ๋ยได้ จึงเป็นประโยชน์ในการตั้งเครื่องหว่านปุ๋ยให้หว่านปุ๋ยได้ตามปริมาณที่ต้องการ

4) ดัชนีความเค็ม (salt index) หมายถึงความเข้มข้นของปุ๋ยนั้นเมื่ออยู่ในดินที่จะทำให้พืชไหม้หรือแห้งตายทั้งนี้เนื่องจากปุ๋ยบางชนิดเมื่อละลายน้ำแล้วจะมี osmotic pressure สูง และจะดูดดึงความชื้นไปจากดินและพืชทำให้พืชเหี่ยวและแห้งได้ ค่าดัชนีความเค็มคำนวณได้จากการเปรียบเทียบค่า osmotic pressure ของปุ๋ยชนิดนั้นกับค่า osmotic pressure ของปุ๋ย sodium nitrate โดยกำหนดให้ดัชนีความเค็มของปุ๋ย sodium nitrate เท่ากับ 100

5) สมมูลกรดและสมมูลด่าง (acidity and basicity equivalent) ปุ๋ยบางชนิดเมื่อใส่ลงในดินจะทำให้ดินเป็นกรด บางชนิดจะทำให้ดินเป็นด่าง ดังนั้น การใช้ปุ๋ยบางชนิดจำเป็นต้องระวังให้มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพืชที่ปลูกไวต่อความเป็นกรดของดิน เช่น ปุ๋ย ammonium sulfate นั้น เมื่อละลายน้ำจะมีปฏิกิริยาเป็นกลาง แต่เมื่อใส่ลงในดินจะทำให้ดินเป็นกรด ดังนั้นจึงต้องมีค่าสมมูลกรดหรือสมมูลด่าง ซึ่งหมายถึงค่าเทียบความเป็นกรดที่เกิดขึ้นเนื่องจากปุ๋ยนั้นกับปริมาณของ calcium carbonate ที่จะใช้แก้ความเป็นกรดที่เกิดขึ้น

3.7.3 หลักการใช้ปุ๋ยเคมี

การที่พืชจะเจริญเติบโตได้ดีและมีผลผลิตสูงขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ หลายอย่าง ปุ๋ยหรือระดับธาตุอาหารพืชในดินเป็นเพียงปัจจัยหนึ่งเท่านั้น กลีกรส่วนใหญ่เมื่อเห็นพืชไม่งาม ก็มักจะเข้าใจว่าดินขาดปุ๋ยแต่เมื่อใส่ปุ๋ยลงไปแล้วก็ต้องผิดหวัง เพราะปุ๋ยที่ใส่ลงไปไม่ได้ทำให้พืชงอกงามดีขึ้นแต่อย่างใด ดังนั้นก่อนที่จะใส่ปุ๋ย อาจจะต้องพิจารณาให้ถ่องแท้เสียก่อนว่าการที่พืชไม่เจริญงอกงามและผลผลิตต่ำนั้น มีสาเหตุสำคัญเนื่องจากดินขาดปุ๋ยหรือขาดธาตุอาหารพืชเป็นอันดับแรก ส่วนปัญหาอื่น ๆ เช่น โรค แมลง สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน ฯลฯ มิใช่อุปสรรคที่สำคัญและเมื่อพิจารณาแน่ใจแล้วว่าเป็นการขาดธาตุอาหารพืชจริง ๆ การใส่ปุ๋ยเคมีจึงจะเกิดประสิทธิผลต่อการเพิ่มผลผลิตพืชแน่นอน การใส่ปุ๋ยเคมีเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพอย่างเต็มที่นั้น มิใช่เป็นเพียงการใส่ปุ๋ยลงไปดินเหมือนกับรดน้ำต้นไม้ การใช้ปุ๋ยเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดขึ้นกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องมากมาย และถ้าพิจารณาเกี่ยวกับการใช้กับพืช ผู้ใช้ต้องพิจารณาหลักเกณฑ์อย่างน้อย 4 ประการ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ดังนี้

1) ใช้ชนิดปุ๋ยที่ถูกต้อง คือ การใช้โดยพิจารณาจากสูตร เรโซ และรูปของธาตุอาหารในปุ๋ย ยกตัวอย่างเช่น เมื่อดินขาดธาตุ N, P และ K ชนิดของธาตุอาหารในปุ๋ยที่ใส่ก็จะต้องมีธาตุ N, P และ K ครบทั้ง 3 ธาตุด้วย นอกจากนี้ปุ๋ยที่ใช้จะต้องถูกสูตรและเรโซของธาตุอาหารที่ถูกต้องแล้ว รูปของธาตุอาหารพืชในปุ๋ยที่จะใช้บางครั้งก็มีความสำคัญเหมือนกัน เช่น ปุ๋ยข้าวที่ดีควรมีธาตุไนโตรเจนในรูป $\text{NH}_4\text{-N}$ และหรือ Urea-N เท่านั้น ไม่ควรอยู่ในรูป $\text{NO}_3\text{-N}$ เนื่องจาก $\text{NH}_4\text{-N}$ เป็นรูปที่มีความเสถียรเมื่ออยู่ในดินนาที่ขังน้ำ การสูญเสียโดยการระเหิดกลายเป็นก๊าซจะไม่เกิดขึ้น ซึ่งตรงข้ามกับ $\text{NO}_3\text{-N}$ ซึ่งอยู่ในรูปที่ไม่เสถียรเมื่ออยู่ในดินนาขังน้ำจะถูก denitrified กลายเป็นก๊าซ N_2 และเกิดการสูญหายไปจากดิน

2) ปริมาณการใช้ปุ๋ย พิจารณาได้สองแนวทางคือ

2.1) ความพอเหมาะในแง่ของปริมาณที่พืชควรได้รับเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด ไม่ควรใช้น้อยกว่านั้นหรือมากเกินไปกว่านั้นซึ่งอาจเกิดเป็นพิษต่อพืชหรือไม่ทำให้พืชเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นไปอีก ทำให้เสียเงินโดยเปล่าประโยชน์

2.2) ความพอเหมาะในแง่ของหลักเศรษฐกิจ คือ ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ควรพิจารณาเกี่ยวกับราคาของปุ๋ยและราคาของผลผลิตที่จะขายได้เสียก่อน การใช้จะยังมีเป้าหมายอยู่ที่กำไรสูงสุดมิใช่ผลผลิตสูงสุด โดยการใช้ปุ๋ยในปริมาณที่จะทำให้ผลผลิตสูงขึ้นระดับหนึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นผลผลิตในระดับสูงสุดเสมอไป

3) ใส่กับพืชในระยะเวลาที่เหมาะสม

ช่วงระยะเวลาความต้องการธาตุอาหารมากที่สุดของพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกันอย่างเด่นชัดอย่างน้อย 3 ช่วงด้วยกันคือ

3.1) ช่วงแรกที่พืชเริ่มงอกและเจริญเติบโตในระยะ 30-45 วัน พืชมักจะต้องการธาตุอาหารพืชน้อยและช้า เพราะระยะนี้ระบบรากยังมีน้อยและต้นยังเล็กอยู่

3.2) ช่วงที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วซึ่งเป็นระยะที่กำลังแตกกอและระยะสร้างตาดอก สร้างลำต้น ช่วงนี้พืชต้องการธาตุอาหารมากที่สุด

3.3) ช่วงที่พืชมีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว เป็นระยะสร้างเมล็ด สร้างผลความต้องการธาตุอาหารในระยะนี้จะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งติดผล ฝัก หรือเมล็ดแก่

4) ใส่ให้พืช ณ จุดที่พืชสามารถดึงดูดไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายและเร็วที่สุด

การใส่ปุ๋ยลงดิน ณ จุดที่พืชจะสามารถดึงดูดธาตุอาหารไปใช้ประโยชน์ได้มากและรวดเร็วที่สุด จะต้องพิจารณาและเข้าใจธรรมชาติและสมบัติของปุ๋ยที่ทั้งสามชนิด (N, P, K) ว่าเมื่อใส่ลงดิน ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงและการเคลื่อนย้ายจะเกิดขึ้นทันที โดยธาตุไนโตรเจนในปุ๋ยจะเคลื่อนที่ได้รวดเร็วมาก เพราะละลายน้ำได้ง่าย และถูกพัดพาจากดินได้ง่ายหากรากพืชดูดไม่ทัน ส่วนฟอสฟอรัสแม้จะละลายน้ำได้ง่ายเมื่ออยู่ในดิน ส่วนใหญ่จะทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับธาตุต่าง ๆ ในดินกลายเป็นสารประกอบที่ละลายยากทำให้เกิดประโยชน์กับพืชน้อยลงและไม่เคลื่อนย้ายไปไหน ดังนั้นเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟตตรงจุดไหน ฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ง่ายก็มักคงอยู่ที่เดิม ดังนั้นควรใส่ให้เนื้อปุ๋ยใกล้รากมากที่สุดและไม่เป็นอันตรายต่อพืช สำหรับปุ๋ยโพแทชตามปกติจะเคลื่อนย้ายได้ง่ายกว่าปุ๋ยฟอสเฟตแต่จะช้ากว่าปุ๋ยไนโตรเจน และมีประจุบวกสามารถดูดซับที่ผิวของอนุภาคดินเหนียวได้ จึงทำให้ถูกชะละลายได้ยาก ปุ๋ยโพแทชจึงสามารถใส่บนผิวดินหรือใต้ผิวดินได้

3.7.4 ผลกระทบที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมีระยะยาว

การใช้ปุ๋ยเคมีในการเพิ่มผลผลิตพืชนั้นจะทำให้ลายสมดุลของระบบนิเวศดิน และส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดิน โดยปุ๋ยเคมีจะเร่งอัตราการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ ทำให้โครงสร้างของดินเสื่อมลง ดินจึงกระด้าง ไม่อุ้มน้ำซึ่งจะส่งผลกระทบต่อพืช อีกทั้งการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุไนโตรเจนมาก ๆ จะทำให้ดินเป็นกรด จนธาตุฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในดินแปรสภาพไปจากเดิม ซึ่งพืชนำไปใช้ไม่ได้ การใช้ปุ๋ยเคมีธาตุหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ติดต่อกันจะทำให้เกิดปัญหาการขาดธาตุรองและธาตุอาหารเสริม เช่น สังกะสี เหล็ก ทองแดง แมงกานีส แมกนีเซียม ซึ่งถ้าเกิดปัญหานี้ขึ้นจะส่งผลกระทบต่อพืช และมีผลทำให้ผลผลิตลดลง อีกทั้ง โรคและแมลงศัตรูพืชเข้าทำลายบ่อยได้ง่าย นอกจากผลกระทบทางการเกษตรและสิ่งแวดล้อม การใช้ปุ๋ยเคมียังมีผลทางเศรษฐกิจ เพราะแหล่งวัตถุดิบของปุ๋ยมีจำกัด การใช้ปุ๋ยเคมีมาก ๆ ย่อมทำให้เกิดปัญหาปุ๋ยขาดแคลน และมีราคาแพงขึ้น เพราะต้องนำเข้าปุ๋ยเคมีหรือวัตถุดิบจากต่างประเทศ นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยเคมียังส่งผลกระทบต่อระบบภูมิอากาศโลก โดยเฉพาะการปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์

(N₂O) สูงขึ้นบรรยากาศ ส่งผลให้ชั้นโอโซนถูกทำลาย ทำให้อุณหภูมิโลกร้อนขึ้น เกิดสภาวะเรือนกระจก เกิดความแปรปรวนของภูมิอากาศ ปัจจัยเหล่านี้มีผลกระทบต่อแบบแผนการผลิตทางการเกษตรค่อนข้างมาก (วิฑูรย์, 2547)

3.7.5 ข้อดีและข้อเสียระหว่างปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยทั้งสองชนิดนี้ต่างก็มีทั้งข้อดีและข้อเสียอยู่ร่วมกัน ถ้ามีการนำมาใช้อย่างไม่ถูกต้องตามหลักการ ผลเสียก็จะปรากฏออกมาอย่างเด่นชัด (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

ตารางที่ 1 ข้อดี-ข้อเสียของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี
1) เป็นปุ๋ยที่ได้จากการเกษตร	1) เป็นปุ๋ยที่ได้จากกรรมวิธีผลิตทางเคมี
2) มีธาตุอาหารพืชในปริมาณน้อย	2) มีธาตุอาหารพืชมากน้อยตามชนิดของปุ๋ยเคมี
3) มีจุดประสงค์ที่จะปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ	3) มีจุดประสงค์ที่จะเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน
4) เป็นแหล่งอาหารของสิ่งมีชีวิตในดิน	4) ให้ธาตุอาหารพืชโดยตรง
5) บางชนิดจะทยอยปลดปล่อยธาตุอาหารพืช	5) ให้ธาตุอาหารพืชได้รวดเร็วตามที่พืชต้องการ และสูญเสียเร็ว
6) ต้องใช้ในปริมาณมาก	6) ใช้ในปริมาณที่แนะนำ
7) ไม่มีข้อจำกัดในการใช้มากนัก	7) ต้องใช้อย่างถูกต้องเหมาะสมกับพืช
8) มีความยุ่งยากในการรวบรวม มีกลิ่น ราคาสูง	8) จัดหาปุ๋ยสูตรทั่ว ๆ ไปได้ง่าย

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2541)

3.8 คะน้า

กะน้า มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* var. *Alboglabra* วงศ์ Cruciferae ชื่อสามัญ Chinese kale, kalia, Chinese broccoli, Kailaan, Gai Lan จัดอยู่ในพืชผักกลุ่มกะหล่ำ (Cole- crop groups) เป็นผักที่นิยมปลูกและบริโภคกันทั่วทุกภาคของประเทศไทย โดยบริโภคส่วนของใบและลำต้น คะน้าจัดเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของหลายประเทศในเขตเอเชีย เช่น ไทย จีน ไต้หวัน ฮองกง มาเลเซีย เป็นต้น โดยมีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชีย ปลูกกันมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ฮองกง ไต้หวัน มาเลเซีย และประเทศไทย อยู่ในเขตร้อนชื้นและกึ่งร้อนกึ่งหนาว ละติจูดระหว่างเส้นรุ้ง 45 องศาเหนือ ถึง 30 องศาใต้ สำหรับในประเทศไทยผักกะน้าสามารถปลูกได้ทุกฤดู และทั่วทุกภาคของประเทศไทยสามารถปลูกกะน้าได้ตลอดทั้งปี แต่ช่วงเวลาปลูกได้ผลดีที่สุดคือช่วงเดือนตุลาคมถึงเมษายน อายุตั้งแต่หว่านหรือหยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน ปลูกได้ดีในพื้นที่ที่อุณหภูมิเหมาะสมระหว่าง 20-25 องศาเซลเซียส มีความทนทานต่อระดับความเค็มของดินสูง ทนทานต่อความเป็นกรดในดินได้ปานกลาง เป็นผักประเภทรากตั้ง จึงปลูกได้ในดินแทบทุกชนิดที่มีความอุดมสมบูรณ์มีแสงแดดเต็มที่ตลอดวัน และความชื้นในดินที่สูงสม่ำเสมอ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

3.8.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของคะน้า

รากผักคะน้าเป็นระบบรากแก้ว อยู่ในระดับตื้น มีความลึก 18-42 นิ้ว ส่วนใหญ่สุดของรากแก้วประมาณ 1.50 เซนติเมตร มีรากแขนงแตกออกจากรากแก้วมาก โดยรากแขนงแผ่อยู่ตามบริเวณผิวดิน ลำต้นเป็นลำต้นเดี่ยวอวบ ส่วนกลางป่องใหญ่ ขนาดลำต้นสูงเฉลี่ย 33.40 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นส่วนใหญ่มากที่สุด 3.00 เซนติเมตร น้ำหนักต่อต้นเฉลี่ย 150 กรัม สำหรับใบ พันธุ์ใบกลมมีลักษณะใบกว้างใหญ่ ปล้องสั้น ปลายใบมนและผิวใบเป็นคลื่นเล็กน้อย พันธุ์ใบแหลมเป็นพันธุ์ที่มีลักษณะใบแคบกว่าพันธุ์ใบกลม ปลายใบแหลม ขื่อห่าง ผิวใบเรียบ ปลายใบแหลมตั้งชี้ขึ้น ก้านใบบางช่วงข้อยาว มีน้ำหนักส่วนที่เป็นลำต้นและก้านมากกว่า จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นเฉลี่ย 9 ใบ เมล็ดค่อนข้างกลม มีสีน้ำตาลและสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ ผิวเมล็ดเรียบ น้ำหนัก 1 กรัมมีเมล็ดประมาณ 200-300 เมล็ด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

3.8.2 สภาพดินฟ้าอากาศที่เหมาะสม

คะน้าเป็นผักที่สามารถเจริญเติบโตในดินแทบทุกชนิดโดยเฉพาะดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินอยู่ระหว่าง 5.5-6.8 และมีความชื้นในดินสูงสม่ำเสมอ ต้องการแสงแดดเต็มที่ คะน้าสามารถเจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีแสงแดดตลอดวัน อุณหภูมิเฉลี่ย 25 องศาเซลเซียส แต่คะน้าสามารถทนทานต่อสภาพอุณหภูมิสูงได้ดี และให้ผลผลิตเป็นที่น่าพอใจในสภาพอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีข้อได้เปรียบกว่าผักตระกูลกะหล่ำอย่างอื่นที่ไม่จำเป็นต้องผ่านการห่อหัว หรือออกดอกก่อนการเก็บเกี่ยว

3.8.3 ความต้องการธาตุอาหารของคะน้า

คะน้าเป็นผักกินใบและลำต้น จึงต้องใส่ปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนสูง สัดส่วนของธาตุอาหารในปุ๋ยที่ใช้คือ N:P:K เท่ากับ 2:1:1 และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุที่เหมาะสม เท่ากับ 2.60-3.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณธาตุหลักที่เหมาะสมสำหรับคะน้าคือ ไนโตรเจน เท่ากับ 2.80-3.00 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.17-0.29 เปอร์เซ็นต์ และ โพแทสเซียม เท่ากับ 0.20-0.39 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปริมาณธาตุอาหารรองที่เหมาะสมสำหรับคะน้าคือ แคลเซียม เท่ากับ 3.00-4.90 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม เท่ากับ 0.30-0.49 เปอร์เซ็นต์ และกำมะถัน เท่ากับ 0.20-0.39 เปอร์เซ็นต์ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551) นอกจากนี้ กรมวิชาการเกษตร (2548) ได้ให้ข้อมูลไว้ว่าการปลูกพืชตระกูลกะหล่ำ ได้แก่ คะน้า ผักกาดหัว กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก บรอกโคลี ผักกาดขาวปลี ผักกาดเขียวปลี และพืชผักที่ปลูกเพื่อรับประทานต้นและใบอื่นในแต่ละฤดูปลูก พืชผักเหล่านี้ดูดธาตุไนโตรเจนจากดิน 9-16 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส 1.5-2.0 กิโลกรัมต่อไร่ และโพแทสเซียม 15-25 กิโลกรัมต่อไร่

3.8.4 การปลูกคะน้า

การปลูกคะน้านิยมปลูกแบบหว่านลงแปลงปลูกโดยตรงมากกว่าการย้ายกล้ามาปลูก โดยหลังจากเตรียมดินทำการย่อยหน้าดินให้ละเอียดแล้ว ให้ทำการหว่านเมล็ดพันธุ์บาง ๆ ให้กระจายทั่วทั้งแปลง ใช้เมล็ดพันธุ์ในอัตราประมาณ 2 กิโลกรัมต่อไร่ หว่านให้เมล็ดห่างกันมีระยะประมาณ 2-3 เซนติเมตร หลังจากนั้นจึงใช้ดินผสมหรือปุ๋ยคอกที่สลายตัวดีแล้ว หว่านกลบเมล็ดให้หนาประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร

คลุมแปลงด้วยฟางหรือหญ้าแห้งสะอาดบาง ๆ เพื่อเก็บรักษาความชื้นให้เมล็ดและป้องกันเมล็ดถูกน้ำกระแทกกระจาย รดน้ำให้ทั่วแปลงอย่างสม่ำเสมอ เมล็ดจะงอกภายใน 7 วัน (ชานาญ, 2557)

1) การเตรียมแปลงปลูก เนื่องจากคละน้ำเป็นฝักรากที่ขึ้นจึงควรขุดดินให้ลึกประมาณ 15-20 เซนติเมตร ตากดินทิ้งไว้ประมาณ 7-10 วัน แล้วนำปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่สลายตัวดีแล้วมาใส่คลุกเคล้าให้เข้ากับดิน ทั้งนี้เพื่อปรับปรุงสภาพทางกายภาพและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน พรวนย่อยหน้าดินให้มีขนาดเล็ก โดยเฉพาะการปลูกแบบหว่านโดยตรงลงในแปลง เพื่อมิให้เมล็ดตกลงไปในดินเพราะจะไม่งอกหรืองอกยากมาก ถ้าดินเป็นกรดควรใส่ปูนขาวเพื่อปรับปรุงดินให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม

2) วิธีการปลูกโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้ 4 วิธี คือ

2.1) ปลูกแบบหว่านกระจายทั่วแปลง เหมาะสำหรับแปลงปลูกขนาดใหญ่ ปลูกเป็นการค้า เช่น แปลงยกร่องแถบภาคกลางที่นิยมเตรียมดินโดยใช้แรงงานเครื่องจักรและให้น้ำแบบลากเรือพ่นรดทำโดยเตรียมดินปลูกให้พร้อม จากนั้นหว่านเมล็ดให้กระจายทั่วทั้งผิวนแปลงโดยให้เมล็ดห่างกันประมาณ 2-3 เซนติเมตร ใช้ดินผสมหรือปุ๋ยคอกที่สลายตัวดีแล้วแล้วหว่านกลบเมล็ดให้หนาประมาณ 0.6-1 เซนติเมตร เพื่อเก็บรักษาความชื้นให้เมล็ดและป้องกันเมล็ดถูกน้ำกระแทกกระจาย คลุมด้วยฟางหรือหญ้าแห้งสะอาดบาง ๆ รดน้ำให้ทั่วถึงและสม่ำเสมอ ต้นกล้าจะงอกภายใน 7 วัน หลังจากนั้นประมาณ 20 วันหรือต้นสูงประมาณ 10 เซนติเมตร ให้เริ่มทำการถอนแยกครั้งแรก โดยเลือกถอนต้นที่ไม่สมบูรณ์ออก ให้เหลือระยะห่างระหว่างต้นประมาณ 10 เซนติเมตร ซึ่งต้นอ่อนของคละน้ำในวัยนี้เมื่อเด็ดรากออกแล้วสามารถนำไปขายได้ และเมื่อคละน้ำอายุประมาณ 30 วัน จึงทำการถอนแยกครั้งที่ 2 ให้เหลือระยะห่างระหว่างต้น 20 เซนติเมตร และต้นคละน้ำที่ถอนแยกออกมาในวัยนี้ตัดรากออกแล้วส่งขายตลาดเป็นยอดผักได้เช่นกัน

2.2) ปลูกแบบหยอดเป็นแถวเดี่ยว เปลืองเมล็ดเล็กน้อย และการปฏิบัติรักษาง่ายกว่าวิธีแรกเหมาะสำหรับแปลงปลูกขนาดเล็กหรือผักสวนครัว

2.3) ปลูกแบบหยอดเป็นหลุม เปลืองเมล็ดน้อยกว่าวิธีที่ 1 และ 2 เหมาะแก่กิจกรรมขนาดเล็ก มีข้อดีตรงที่เปลืองเมล็ดน้อย ปฏิบัติรักษาง่าย ได้คละน้ำที่มีต้นขนาดใหญ่สมบูรณ์

2.4) การปลูกด้วยต้นกล้า วิธีนี้เหมาะแก่งานการศึกษาทดลองและปลูกในกิจกรรมเล็ก ๆ ปัจจุบันในเชิงการค้าระบบนี้จะไม่นิยม ระยะปลูกระหว่างต้นและระหว่างแถวประมาณ 20x20 เซนติเมตร (ไฉน, 2542)

3.8.5 การดูแลรักษา

1) การใส่ปุ๋ย เนื่องจากคละน้ำเป็นผักกินใบและลำต้นจึงควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสูง สัดส่วนของธาตุอาหารในปุ๋ยที่ใช้คือ N:P:K เท่ากับ 2:1:1 เช่นปุ๋ยสูตร 12-8-8 หรือ 20-11-11 ในอัตรา 75-100 กิโลกรัมต่อไร่โดยแบ่งใส่ 3 ครั้งคือ ครั้งแรกใส่ก่อนปลูกขณะที่เตรียมดินในอัตรา 20-50 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่ครั้งที่ 2 และ 3 เมื่อคละน้ำมีอายุ 20 และ 30 วัน โดยใส่หลังจากถอนแยกเสร็จ ในอัตรา 20-50 กิโลกรัมต่อไร่ หากสังเกตเห็นผักคละน้ำที่ปลูกไม่ค่อยเจริญเติบโตเท่าที่ควร จึงใส่ปุ๋ยบำรุงเพิ่มเติม เช่นปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรท โดยให้ทางรากหรือละลายน้ำในอัตรา 3-4 ช้อนแกงต่อน้ำ 1 ปี๊บ ฉีดพ่นทางใบ สำหรับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน กรมวิชาการเกษตร (2548) ได้มีการแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าการวิเคราะห์ดินกับคละน้ำ ผักกาดหัว กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก บรอกโคลี ผักกาดขาวปลี ผักกาดเขียวปลี

และพืชผักที่ปลูกเพื่อรับประทานต้นและใบ ดังตารางที่ 2 ซึ่งการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ๆ ละเท่า ๆ กัน คือใส่หลังจากถอนแยกครั้งแรก และหลังจากถอนแยกครั้งที่สอง

2) การให้น้ำ ค่ะน้ำเป็นพืชที่ต้องการความชื้นสูง ฉะนั้นจะต้องรดน้ำค่ะน้ำให้เพียงพอและสม่ำเสมอ เพราะต้นค่ะน้ำมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการปลูกค่ะน้ำจึงต้องปลูกในแหล่งที่มีน้ำเพียงพอตลอดฤดูปลูก หากค่ะน้ำขาดน้ำจะทำให้ชะงักการเจริญเติบโต มีเส้นใยมาก รสชาติไม่อร่อย และคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะที่เมล็ดเริ่มงอกยิ่งขาดน้ำไม่ได้เลย วิธีการให้น้ำค่ะน้ำโดยฉีดพ่นให้ทั่วและชุ่ม วันละ 2 เวลา คือเช้าและเย็น

ตารางที่ 2 อัตราการใช้ปุ๋ยเคมีกับค่ะน้ำตามค่าการวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	อัตราปุ๋ยที่ใส่	วิธีการใส่ปุ๋ย
1) อินทรีย์วัตถุ (OM, %)		1) ปลูกโดยใช้เมล็ดหวาน
< 1.5	ปุ๋ย N 20 กิโลกรัมต่อไร่	<u>ครั้งแรก</u> ใส่ปุ๋ย N ครั้งหนึ่งของอัตรา
1.5-2.5	ปุ๋ย N 15 กิโลกรัมต่อไร่	แนะนำร่วมกับปุ๋ย P และ K
> 2.5	ปุ๋ย N 10 กิโลกรัมต่อไร่	หลังจากแตกใบจริงแล้ว 3-4 ใบ
		<u>ครั้งที่สอง</u> ใส่ปุ๋ย N ที่เหลือหลังจาก
2) ฟอสฟอรัส (P, มก./กก.)		ใส่ครั้งแรกประมาณ 15 วัน
< 10	ปุ๋ย P ₂ O ₅ 10 กิโลกรัมต่อไร่	2) ปลูกด้วยต้นกล้า
10-20	ปุ๋ย P ₂ O ₅ 5 กิโลกรัมต่อไร่	<u>ครั้งแรก</u> ใส่ปุ๋ย N ครั้งหนึ่งของอัตรา
> 20	ปุ๋ย P ₂ O ₅ 5 กิโลกรัมต่อไร่	แนะนำร่วมกับปุ๋ย P และ K
3) โพแทสเซียม (K, มก./กก.)		หลังจากย้ายกล้าปลูกแล้ว 7 วัน
< 60	ปุ๋ย K ₂ O 15 กิโลกรัมต่อไร่	หรือเมื่อต้นกล้าตั้งตัวดีแล้ว
60-100	ปุ๋ย K ₂ O 10 กิโลกรัมต่อไร่	<u>ครั้งที่สอง</u> ใส่ปุ๋ย N ที่เหลืออีกครั้ง
> 100	ปุ๋ย K ₂ O 5 กิโลกรัมต่อไร่	หลังจากย้ายกล้าปลูกแล้ว 30 วัน
		(วิธีใส่ปุ๋ย : โดยสองข้างแถวปลูก แล้วพรวนดินกลบ และให้น้ำ)

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2548)

3.8.6 โรคและแมลง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

1) โรคเน่าคอดิน (Damping off) สาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Pythium* sp. หรือ *Phytophthora* sp. หรือ *Fusarium* sp. หรือ *Rhizoctonia* sp. ลักษณะอาการโรคนี้อาจเป็นโรคที่เกิดเฉพาะในแปลงกล้าการหวานกล้าที่แน่นทึบอัดลมและต้นเบียดกันมาก ถ้าในแปลงปลูกมีเชื้อโรคอยู่แล้ว ต้นกล้าจะเกิดอาการเป็นแผลชำที่โคนต้นระดับดิน เนื้อเยื่อตรงแผลเน่าและแห้งไปอย่างรวดเร็ว บริเวณพื้นที่เกิดโรคจะค่อย ๆ ขยายวง

กว้างออกไปเป็นวงกลม ภายในวงกลมที่ขยายออกไป จะไม่มีต้นกล้าเหลืออยู่ในเนื้อที่ดังกล่าว ต้นกล้าที่โตแล้ว จะค่อย ๆ เหี่ยวตาย

การป้องกันกำจัด เตรียมแปลงเพาะควรรย่ออินให้ละเอียดและให้ถูกแดดจัดก่อนหว่าน เมล็ดใช้สารป้องกันกำจัดเชื้อราคลุกเมล็ดก่อนปลูก เช่น ไธแรม มาเน็บ 2-3 กรัมต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม ไม่หว่านเมล็ดให้แน่นเกินไป ไม่ควรรดน้ำในแปลงกล้ามากเกินไป แปลงกล้าควรมีการระบายน้ำดี ถ้าเกิดโรคระบาดในแปลงกล้าควรราดดินด้วย ฟิซีเอ็นบี หรือโพพาโมคาร์บ หรือใช้เชื้อไตรโคเดอร์มา (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

2) โรคราน้ำค้าง (Downy mildew) สาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Peronospora parasitic* ลักษณะอาการใบจะเป็นจุดสีดำอยู่รวมกันเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ด้านใต้ใบ ตรงจุดเหล่านี้จะมีราสีขาวอมเทาอ่อน คล้ายผงแป้งขึ้นเป็นกลุ่ม ๆ กระจายทั่วไป ใบที่อยู่ตอนล่าง จะมีแผลเกิดก่อนแล้วลุกลามขึ้นไปยังใบที่อยู่สูงกว่า ใบที่มีเชื้อราขึ้นเป็นกลุ่มกระจายเต็มใบจะมีลักษณะเหลืองและใบจะร่วงหรือแห้ง ในเวลาที่อากาศไม่ชื้น จะไม่พบผงแป้งและแผลแห้งเป็นสีเทาดำ โรคนี้ระบาดได้ตั้งแต่ระยะที่เป็นต้นกล้าจนเจริญเติบโตเต็มที่ ซึ่งจะทำให้ความเสียหายมากเพราะทำให้ใบเสียหายมากและเจริญเติบโตช้า โรคนี้ไม่ทำให้ต้นคะน้าตาย แต่ทำให้น้ำหนักลดลง เพราะต้องตัดใบที่เป็นโรคทิ้ง ทำให้น้ำหนักน้อยลง

การป้องกันกำจัดให้ฉีดพ่นยาป้องกันกำจัด เช่น ยาไซเน็บ มาเน็บ เบนเลท หรือ เบนโมบิล ดาโนบิล แคปเทน หรือยาชนิดอื่น ๆ ที่มีสารทองแดงเป็นองค์ประกอบ สารประกอบทองแดงไม่ควรใช้ในระยะที่ยังเป็นต้นกล้าเพราะเป็นพิษต่อต้นกล้า (อนงค์, 2542)

3) โรคแผลวงกลมสีน้ำตาลไหม้ (Leaf spot) สาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Alternaria* sp ลักษณะอาการ ใบที่เป็นโรคจะมีแผลวงกลมสีน้ำตาลซ้อนกันหลายชั้น เนื้อเยื่อรอบ ๆ แผลเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ขนาดของแผลมีทั้งใหญ่และเล็ก บนแผลมักจะมีเชื้อราขึ้นบาง ๆ มองเห็นเป็นผงสีดำ เนื้อเยื่อบวมลงไปเล็กน้อย ใบแก่ที่อยู่ตอนล่างของลำต้นจะเป็นโรคนี้นี้มากกว่า

การป้องกันกำจัด คือ การฉีดพ่นยาป้องกันกำจัดเชื้อราอยู่เสมอจะช่วยป้องกันกำจัดเชื้อราชนิดนี้ และเชื้อราโรคอื่น ๆ ด้วย สารเคมีกำจัดเชื้อราเกือบทุกชนิดให้ผลดี ยกเว้นเบนโนมิล หรือเบนเลท และกำมะถันที่ไม่ให้ผลแต่อย่างใด (สมภพ, 2530)

4) หนอนกระทู้ผัก (Common cutworm) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Spodoptera litura* ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อกลางคืน เมื่อกางปีกกว้างประมาณ 3 เซนติเมตร ลำตัวยาว 1.5 เซนติเมตร ปีกคู่หน้ามีจุดสีน้ำตาลเข้ม มีลวดลายเต็มปีก ส่วนปีกคู่หลังสีขาวบาง ลำตัวมีขนสีน้ำตาลอ่อนปกคลุมอยู่ ตัวเมียวางไข่เป็นกลุ่ม ๆ ประมาณ 200-300 ฟอง โดยมีขนสีน้ำตาลปกคลุมไข่ไว้ ไข่ใหม่ ๆ จะมีสีขาวนวลและค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและสีดำเมื่อใกล้ฟักออกเป็นตัวหนอน ไข่มีอายุประมาณ 3-7 วัน ตัวหนอนเมื่อออกจากไข่ใหม่ ๆ จะมีสีเขียวอ่อนหรือสีนวลรวมกันเป็นกลุ่มตรงที่ไข่ฟักออกนั้น หนอนส่วนมากจะออกหากินในเวลากลางวัน ระยะตัวหนอนประมาณ 15-20 วัน จากนั้นจะเข้าดักแด้ตามใต้ผิวดิน ดักแด้มีสีน้ำตาลดำยาวประมาณ 1.50-1.80 เซนติเมตร ระยะดักแด้ประมาณ 7-10 วัน จึงเจริญเป็นตัวเต็มวัย ลักษณะการทำลาย หนอนจะกัดกินใบและก้านใบของคะน้า มักจะเข้าทำลายเป็นหย่อม ๆ ตามจุดที่ผีเสื้อวางไข่ หนอนชนิดนี้สังเกตได้ง่ายคือ ลำต้น

อ้วนป้อม ผิวหนังเรียบ คล้ายหนอนกระทู้หอม มีสีสันต่าง ๆ กันมีแถบสีขาวข้างลำต้นเมื่อโตเต็มที่จะมีขนาดประมาณ 3-4 เซนติเมตร

การป้องกันกำจัด ติดตามสำรวจดูสวนผักอย่างสม่ำเสมอ ถ้าพบเห็นลักษณะการทำลายของหนอนที่ฟักออกจากไข่ใหม่ ๆ ให้เก็บทำลาย ถ้าหนอนกระจายออกไปกัดกินใบพืชมากแล้ว ให้พ่นด้วยไตรอะโซฟอส 40 เปอร์เซ็นต์ อีซี อัตรา 50 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร หรือไฮฮาโบทริน แอล 25 เปอร์เซ็นต์ อัตรา 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

5) หนอนคืบกะหล่ำ (Cabbage Looper) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Trichoplusia ni* Hubner ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อขนาดกลาง กางปีกเต็มที่ยาว 3 เซนติเมตร สีเทาดำ กลางปีกคู่หน้า มีจุดสีขาวข้างละ 1 จุด แมผีเสื้อจะวางไข่สีขาวนวลใต้ใบมีดกมเล็ก ๆ ไข่จะถูกวางเดี่ยว ๆ ทั่วไป ไข่มีอายุ 3 วันจึงฟักออกเป็นตัวหนอน หนอนที่มีขนาดเล็กจะแทะผิวใบด้านล่าง หนอนในระยะนี้มีสีใสต่อมาสีเข้มขึ้น เมื่อโตเต็มที่มีสีซีดลง มีสีขาวพาดยาว หนอนเมื่อโตเต็มที่ยาว 4 เซนติเมตร อายุหนอนประมาณ 2 สัปดาห์ จึงเข้าดักแด้ ดักแด้จะอยู่ใต้ใบคลุมด้วยใยบาง ๆ สีขาว ดักแด้ในระยะแรกจะมีสีเขียวอ่อน ต่อมาบางส่วนเป็นสีน้ำตาล มีขนาดยาวเกือบ 2 เซนติเมตร อายุดักแด้ประมาณ 1 สัปดาห์ จึงเข้าระยะตัวเต็มวัย ซึ่งตัวเต็มวัยมีชีวิตอยู่ได้ประมาณ 1 สัปดาห์ ลักษณะการทำลาย หนอนคืบกะหล่ำเป็นหนอนที่กินจุ เข้าทำลายคะน้าในระยะที่เป็นตัวหนอนโดยจะกัดกินเนื้อใบจนขาดและมักจะเหลือเส้นใบไว้ หนอนชนิดนี้เมื่อเกิดระบาดแล้วจะแพร่กระจายไปอย่างรวดเร็วมาก

การป้องกันกำจัด ใช้ศัตรูธรรมชาติได้แก่แตนเบียน 3 ชนิด คือ *Apanteles* sp., *Trichogramma* sp., *Brachymeria* sp. หรือใช้เชื้อ *Bacillus thuringiensis* ฉีดพ่นในอัตรา 60-100 มิลลิลิตร หรือชนิดผงในอัตรา 40-80 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร หรือใช้สารฆ่าแมลง อะบาเม็กติน (abamectin) เช่น เวอร์ทิมเม็ค (Vertimtec) 1.8 เปอร์เซ็นต์ EC หรือคลอร์ฟิโนเพอร์ (Chlorfenapyr) เช่น แรมเพจ (Rampage) 10 เปอร์เซ็นต์ SC อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

6) ตัวงหมัดผัก ลักษณะอาการตัวเต็มวัยเป็นตัวขนาดเล็ก ยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร ปีกคู่หน้ามีสีดำและมีแถบสีเหลือง 2 แถบ พาดตามยาวของปีก โดยจะกัดกินโคนต้นหรือราก ทำให้ผักเหี่ยวไม่เจริญเติบโตและตาย ส่วนตัวเต็มวัยจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม และกัดกินผิวใบด้านล่าง ทำให้ใบเป็นรูพรุน เมื่อถูกรบกวนจะสามารถกระโดดและบินได้ไกล

การป้องกันกำจัด ไถพรวนตากดินก่อนปลูก เพื่อกำจัดหนอนและดักแด้ติดกับดักกาวเหนียวสีเหลืองอัตรา 80 กีบต่อกไร่ ตลอดฤดูปลูก หากพบมีการระบาดให้ฉีดพ่นด้วยคาร์บาริล (85 เปอร์เซ็นต์ WP) ในอัตรา 40-60 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นทุก ๆ 3-5 วัน (อนงค์, 2542)

3.8.7 การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว

คะน้าที่ปลูกในประเทศไทยมีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน หลังจากปลูกซึ่งเป็นระยะที่คะน้าโตเต็มที่ คะน้าอายุ 45 วัน เป็นระยะที่ตลาดมีความต้องการมาก แต่คะน้าที่มีอายุ 50-55 วัน เป็นระยะที่เก็บเกี่ยวได้น้ำหนักมากกว่า โดยใช้มีดตัดให้ชิดโคนต้น การตัดจะตัดไล่เป็นหน้ากระดาน เมื่อตัดแล้วบางแห่งมัดด้วยเชือกกล้วยมัดละ 5 กิโลกรัม บางแห่งก็บรรจุเชิงโดยไม่ได้มัด ทั้งนี้แล้วแต่ความสะดวกในการขนส่งและของผู้ซื้อ อย่างไรก็ตามการเก็บเกี่ยวคะน้าให้ได้คุณภาพ ความสด รสดี และสะอาดนั้นควร

ปฏิบัติดังนี้ เก็บผักในเวลาเช้าดีกว่าเวลาบ่าย ควรใช้มีดเล็ก ๆ ตัด อย่าเก็บหรือเด็ดด้วยมือ อย่าปล่อยให้ผักแก่เกินไป ผักที่แสดงอาการไม่ปกติควรรีบเก็บเสียก่อน เมื่อเก็บเกี่ยวเสร็จแล้วควรรีบนำเข้ามาในที่อากาศโปร่งและเย็น ภาชนะที่ใช้บรรจุผักควรมีความสะอาด หลังการเก็บเกี่ยวการสูญเสียของผลผลิตคะน้ามีสูงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทยที่มีอากาศร้อนซึ่งเป็นเหตุให้ผักกินใบเสียหายได้ง่ายมากในอุณหภูมิสูง และมีอัตราการระเหยน้ำสูงเนื่องจากมีการหายใจเพิ่มขึ้น ทำให้สูญเสียน้ำหนักได้ง่าย นอกจากนี้อาจบอบช้ำฉีกขาดเป็นผลจากการเก็บเกี่ยว การขนย้ายไม่ดี ทำให้เชื้อโรคเข้าทำลายได้ง่าย การสูญเสียเหล่านี้สามารถลดลงได้ถ้ามีการปฏิบัติอย่างถูกต้องทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว โดยทั่วไปคะน้าที่เก็บเกี่ยวแล้วควรขนย้ายไปยังที่ร่มหรือโรงบรรจุคัดเลือกผัก (Pack house) เพื่อทำการล้าง ตัดแต่ง คัดขนาดและบรรจุ ขั้นตอนในการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวคะน้า มีดังนี้

1) การตัดแต่ง ตัดแต่งส่วนที่เน่าเสียและผิดปกติทิ้งเพื่อให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพดี และเป็นการตรวจสอบคุณภาพก่อนการบรรจุ การตัดแต่งส่วนที่ไม่ดีหรือเน่าเสียซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ลดการเสียหายที่จะขยายเพิ่มขึ้นจากส่วนที่เน่าเสียอยู่เดิม

2) การคัดขนาดและคุณภาพหรือคัดเกรด หลังการตัดแต่งทำความสะอาดแล้วควรมีการคัดขนาดและคุณภาพด้วย เพื่อให้สามารถแยกการบรรจุได้อย่างเหมาะสม และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับคะน้าเมื่อมีการจำหน่าย มากกว่าการขายคละเกรด

3) การบรรจุ โดยทั่วไปนิยมใช้เชิงแบบต่าง ๆ บรรจุขนย้ายผัก เนื่องจากสะดวก ง่าย ราคาถูก แต่มีข้อเสียที่ทำให้ผักช้ำ เน่าเสียได้ง่าย ปัจจุบันมีการใช้ถุงพลาสติกเจาะรู ตะกร้าพลาสติกเพื่อบรรจุขนย้ายผักที่ได้คัดเลือกขนาด และคุณภาพเพื่อการส่งออกและส่งตามซูเปอร์มาร์เก็ตหรือตามตลาดขายส่งต่าง ๆ

4) การขนย้ายและการรักษา ควรขนย้ายและเก็บรักษาด้วยความระมัดระวัง เพื่อรักษาคุณภาพไว้ให้ดีที่สุด ตั้งแต่ช่วงขนย้ายผักออกจากแปลงสู่โรงคัด บรรจุ และขนส่งสู่ท้องตลาด เพราะการเกิดรอยช้ำฉีกขาดจะเพิ่มอัตราการหายใจและเชื้อโรคทำลายได้ง่ายขึ้น การขนย้ายผักและการเก็บรักษาถ้ามีการใช้รถห้องเย็นจะทำให้รักษาคุณภาพผักให้ยาวนานขึ้น ควรเก็บรักษาในห้องเย็นเสมอแต่การลงทุนสูง จึงอาจพิจารณาตามความเหมาะสม

5) การเก็บรักษาผลผลิตสด คะน้าซึ่งเป็นผักกินใบจะมีอัตราการหายใจสูงหลังการเก็บเกี่ยวจะเสื่อมสภาพโดยรวดเร็วภายใน 1 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส การลดความร้อนของคะน้าหลังการเก็บเกี่ยว ควรขนย้ายและเก็บรักษาผลผลิตในห้องเย็นจะทำให้คะน้ามีอายุการจำหน่ายยาวนานขึ้น โดยหากเก็บรักษาคะน้าที่อุณหภูมิ 0-1 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 90-95 จะสามารถเก็บรักษาได้ประมาณ 10-14 วัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

3.8.8 ความต้องการคะน้า

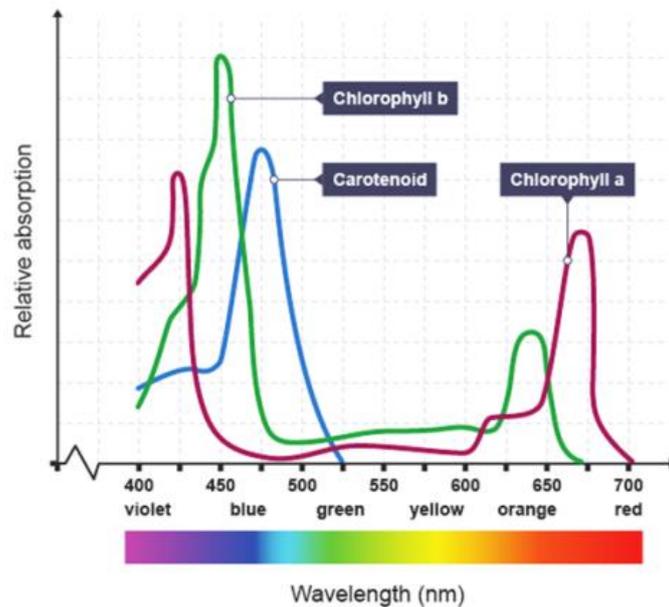
คะน้าจัดเป็นผักเศรษฐกิจ ซึ่งเป็นกลุ่มผักที่มีความต้องการสูง เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ราคาตลาดดี มีตลาดรองรับทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ สามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรอย่างต่อเนื่อง และมีความต้องการที่มั่นคง ซึ่งความต้องการทางการตลาดของผักคะน้าไม่สามารถ

ระบุเป็นประมาณหรือจำนวนที่ชัดเจนได้ แต่มีความต้องการในตลาดสูงตลอดทั้งปี (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2565)

3.9 คลอโรฟิลล์ในใบพืช

3.9.1 ความสำคัญของคลอโรฟิลล์

ใบพืชที่มีสีเขียวจะสามารถสังเคราะห์แสงได้ ประกอบด้วยส่วนประกอบทางชีวเคมีและรงควัตถุ ซึ่งมีหลายกลุ่ม แต่ละกลุ่มสามารถแบ่งออกเป็นหลายชนิด และแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงแตกต่างกัน (ศรีนิตดา, 2554) เรียกว่า คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ทำหน้าที่สำคัญในการดูดซับพลังงานจากแสงอาทิตย์และกระตุ้นปฏิกิริยาแสงในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช เพื่อสร้างเป็นน้ำตาลกลูโคส ซึ่งเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานในเซลล์ของพืช คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุสีเขียวที่พบมากในพืชมีหลายชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์ เอ บี ซี และดี เป็นต้น แต่ละชนิดจะมีโครงสร้างและคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ทำให้ความสามารถในการดูดกลืนแสงช่วงคลื่นต่าง ๆ ของคลอโรฟิลล์แต่ละชนิดแตกต่างกันด้วย คลอโรฟิลล์ที่พบในพืชมี 2 ชนิด คือคลอโรฟิลล์ เอ และ คลอโรฟิลล์ บี ในอัตราส่วน 3:1 ในส่วนของคลอโรฟิลล์เอ สามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่สุดที่ความยาวช่วงคลื่นซึ่งเป็นศูนย์กลางปฏิกิริยาที่ 680 และ 700 นาโนเมตร สำหรับคลอโรฟิลล์บีสามารถดูดกลืนแสงได้ดีในหลายความยาวคลื่น 480, 640, และ 650 นาโนเมตร (ภาพที่ 3) คลอโรฟิลล์แต่ละชนิดมีโครงสร้างซึ่งประกอบด้วยส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) ทำหน้าที่ดูดพลังงานแสง โดยคลอโรฟิลล์อาจแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนหัว และส่วนหาง ส่วนหัวมีโครงสร้างเป็นวงแหวนไพโรล (pyrole ring) ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ 4 วง และมีธาตุแมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) เป็นศูนย์กลาง และส่วนหางเป็นสารประกอบไฮโดรเจนคาร์บอนที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบช่วยยึดตรงควัตถุกับระบบแสง (Patane and Vibhute, 2014) ตำแหน่งหลักที่พบ คลอโรฟิลล์ อยู่ในชั้น mesophyll ของใบพืช ดังนั้นปริมาณคลอโรฟิลล์ในส่วนของใบพืช จึงใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ความสามารถในการสังเคราะห์แสงและอัตราการเจริญเติบโตของพืชได้ (Campbell and Reece, 2004) กระบวนการสังเคราะห์แสง คือกระบวนการสร้างอาหารของพืช ซึ่งมีน้ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นวัตถุดิบ มีแสงและคลอโรฟิลล์ช่วยทำให้ได้ผลิตภัณฑ์คือ น้ำตาล น้ำ และแก๊สออกซิเจน ซึ่งกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชช่วยให้เกิดการหมุนเวียนของแก๊สและแร่ธาตุในดิน ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช



ภาพที่ 3 ความยาวคลื่นของแสงที่ดูดซับโดยคลอโรฟิลล์ชนิดที่แตกต่างกันในใบพืช
ที่มา : Patane and Vibhute (2014)

ธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญของคลอโรฟิลล์ และโดยทั่วไปปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับไนโตรเจนในใบ และความสามารถในการสังเคราะห์แสงของพืช (สิริมาศ และคณะ, 2555) และพืชจะมีการสร้างคลอโรฟิลล์ในปริมาณเท่าที่จำเป็นต้องใช้ สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ที่ดีถึงสภาพการขาดไนโตรเจน และธาตุอาหารที่เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ (สุนทรีย์ และคณะ, 2544) เช่นเดียวกับการขาดธาตุอาหารมีผลต่อการสังเคราะห์แสงทั้งทางตรงและทางอ้อม แมกนีเซียมและไนโตรเจนเป็นธาตุที่สำคัญในองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ การขาดสารเหล่านี้มีผลทำให้พืชเกิดอาการใบเหลืองซีด เรียกว่า คลอโรซิส (chlorosis) เนื่องจากใบขาดคลอโรฟิลล์ (ยงยุทธ, 2546)

3.9.2 การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืชด้วยคลอโรฟิลล์มิเตอร์

คลอโรฟิลล์มิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินปริมาณไนโตรเจนและคลอโรฟิลล์ในพืช มีลักษณะขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ใช้งานได้ง่าย รวดเร็วและเป็นวิธีการที่ไม่ต้องทำลายใบพืช เครื่องมือชนิดนี้ถูกพัฒนาขึ้นในประเทศญี่ปุ่น เพื่อใช้ในการประเมินปริมาณไนโตรเจนและความต้องการปุ๋ยไนโตรเจนของข้าว ต่อมาได้มีการศึกษาการใช้คลอโรฟิลล์มิเตอร์ในการประเมินปริมาณไนโตรเจนและคลอโรฟิลล์ในพืชหลายชนิดด้วยกัน เช่น ข้าว (Yang et al., 2008) กาแฟ (Netto et al., 2005) ปาล์มน้ำมัน (স্যันท์ และบุญเจริญ, 2558; Law et al., 2014; Sim et al., 2015) เงาะและลองกอง (สุภาณี และস্যันท์, 2545) ส้มโอ (สิริมาศ และคณะ, 2555) เป็นต้น ข้อดีของคลอโรฟิลล์มิเตอร์คือ สามารถให้ผลการประเมินได้รวดเร็วกว่าการวิเคราะห์เนื้อเยื่อพืช และประหยัดเวลาในการวิเคราะห์ผลในรูปแบบเก่าที่จะต้องวิเคราะห์ผลในห้องปฏิบัติการเท่านั้น แต่แต่ละตัวอย่างสามารถทำได้หลายซ้ำ สามารถวัดได้หลายเวลา (Saberioon et al.,

2014) แต่คลอโรฟิลล์มิเตอร์มีข้อจำกัดเช่นกัน ในด้านสภาพอากาศก็จะมีผลต่อการวัด ไม่สามารถวัดได้ในช่วงที่พืชอยู่ในระยะแรกของการเจริญเติบโต หรือมีความเครียด แต่ละชนิดของคลอโรฟิลล์มิเตอร์ มีหลายชนิด ขึ้นอยู่กับความต้องการการใช้งานของผู้ใช้งาน (ภาพที่ 4) แต่ที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันคือ Minolta chlorophyll meter: SPAD-502 (Rendana et al., 2015)



ภาพที่ 4 ตัวอย่างของคลอโรฟิลล์มิเตอร์ ได้แก่ (a) Leaf- sensors, (b) SPAD-502 และ (c) CCM-200 ที่มา : Saberioon et al. (2014)

3.10 ต้นทุนและผลตอบแทนการผลิต

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต ต้นทุน (Cost) คือ มูลค่าของทรัพยากรที่สูญเสียไปเพื่อให้ได้สินค้าหรือบริการ โดยมูลค่านั้นจะต้องวัดได้ในรูปแบบของหน่วยเงินตรา ซึ่งเป็นลักษณะของการลดลงในลักษณะของสินทรัพย์หรือเพิ่มขึ้นในหนี้สิน ต้นทุนที่เกิดขึ้นอาจจะให้ประโยชน์ในปัจจุบันหรืออนาคต เมื่อต้นทุนเกิดขึ้นแล้ว และธุรกิจได้ใช้ประโยชน์แล้ว ต้นทุนนั้นจะถือว่าเป็นค่าใช้จ่าย (Expense) ด้วยเหตุนี้ค่าใช้จ่ายจึงหมายถึง ต้นทุนที่ทำให้เกิดประโยชน์และธุรกิจได้ใช้ประโยชน์หมดไป ณ ขณะนั้น (พรพรรณ, 2566) การวิเคราะห์ต้นทุนของธุรกิจ จะประกอบไปด้วยองค์ประกอบสำคัญ 2 ประเภท คือต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปร ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

3.10.1 ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)

ต้นทุนการผลิตที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของผลผลิต ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้ปัจจัยคงที่ในการผลิต หรือไม่สามารถเปลี่ยนแปลงปริมาณใช้ในช่วงระยะเวลาของการผลิต ไม่ว่าจะเป็นการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตมากหรือน้อย ผู้ผลิตยังคงต้องเสียต้นทุนเป็นจำนวนเท่าเดิม ต้นทุนคงที่จัดว่าเป็นค่าใช้จ่ายที่มีอยู่แล้วในธุรกิจ แม้ว่าปัจจัยคงที่ดังกล่าวจะไม่ถูกใช้ในระยะเวลาของการผลิตนั้น ๆ ทั้งนี้ต้นทุนคงที่สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

- 1) ต้นทุนคงที่ในรูปแบบตัวเงิน หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่ผู้ผลิตต้องการจ่ายในรูปแบบของเงินสด เกี่ยวกับปัจจัยการผลิตคงที่ เช่น ค่าเช่าที่ดิน ค่าดอกเบี้ยเงินกู้ธนาคารระยะยาว ค่าภาษีที่ดิน เป็นต้น

2) ต้นทุนคงที่ที่มีใช้ตัวเงินสด หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่ผู้ผลิตไม่ได้จ่ายออกไปในรูปแบบของเงินสด หรือเป็นค่าเสียโอกาสของปัจจัยการผลิตคงที่ เช่น ค่าสิทธิหรือค่าเสื่อมอุปกรณ์การเกษตร ค่าใช้ที่ดินของตนเองกรณีประเมินตามอัตราค่าเช่าที่ดินท้องถิ่น เป็นต้น

3.10.2 ต้นทุนผันแปร (Variable Cost)

ต้นทุนการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของผลผลิต ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้ปัจจัยการผลิตผันแปรในการผลิต คือ ปัจจัยการผลิตที่ผู้ผลิตสามารถเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้ได้ในช่วงเวลาการผลิตหนึ่ง ๆ ซึ่งค่าใช้จ่ายส่วนนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการผลิต กล่าวคือ ถ้ามีการผลิตมาก ต้นทุนส่วนนี้จะเพิ่มสูงขึ้น แต่ถ้ามีการผลิตน้อยค่าใช้จ่ายส่วนนี้จะลดลง ต้นทุนผันแปรส่วนใหญ่จะเป็นค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับปัจจัยการผลิตทางตรง เช่น ค่าใช้จ่ายเมล็ดพันธุ์ หน่อพันธุ์ สารเคมีกำจัดศัตรูพืช น้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น ทั้งนี้ต้นทุนผันแปรสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดดังนี้

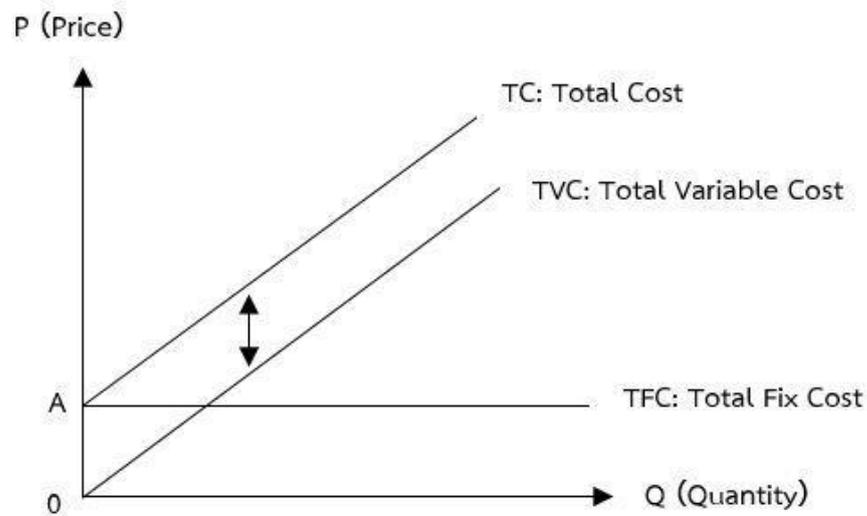
1) ต้นทุนผันแปรในรูปแบบเงินสด หมายถึง ค่าใช้จ่ายผันแปรที่ผู้ผลิตจ่ายออกไปจริงเป็นเงินสด ในการซื้อหรือเช่าปัจจัยการผลิตผันแปร เช่น ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับวัสดุทางตรงที่ใช้เกี่ยวกับผลผลิต ค่าจ้างแรงงาน ค่าเช่าเครื่องจักร ค่าวัสดุปรับปรุงบำรุงดิน เป็นต้น ในบางครั้งค่าใช้จ่ายเหล่านี้ อาจอยู่ในรูปแบบของเงินเชื่อระยะสั้น โดยมีการชำระแล้วเสร็จในระยะเวลาหนึ่งปี หรือหนึ่งฤดูการผลิต

2) ต้นทุนผันแปรที่มีใช้ตัวเงินสด หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่ผู้ผลิตไม่ได้จ่ายออกไปในรูปแบบของเงินสดในการใช้ปัจจัยการผลิตผันแปรนั้น ๆ ซึ่งเป็นค่าปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ทั้งที่เป็นของผู้ผลิตเอง เช่น ค่าแรงงานในครัวเรือนหรือแรงงานแลกเปลี่ยน ค่าเสียโอกาสของปัจจัยการผลิตที่ผลิตขึ้นเอง (หน่อพันธุ์ที่เพาะปลูกเอง ปุ๋ยชีวภาพ) เป็นต้น จากที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อสามารถหาต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรได้แล้ว สามารถที่จะนำต้นทุนดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาต้นทุนรวมการผลิตได้จากสมการ ดังนี้

$$\text{ต้นทุนการผลิต (Total Cost)} = \text{ต้นทุนคงที่ทั้งหมด} + \text{ต้นทุนผันแปรทั้งหมด}$$

3) ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการผลิต

จากภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนรวม ต้นทุนผันแปรทั้งหมดและต้นทุนคงที่ทั้งหมด ซึ่งจะเห็นได้ว่า ต้นทุนคงที่จะไม่ขึ้นกับปริมาณการผลิต หรือไม่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณผลผลิต ถ้าไม่มีการผลิตเลยก็ต้องเสียต้นทุนคงที่เท่ากับ A บาท ในขณะที่ต้นทุนผันแปรทั้งหมด จะเป็นเส้นที่ลากออกจากจุดกำเนิด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถ้าไม่มีการผลิตเลยก็ไม่ต้องเสีย แต่ถ้ามีการผลิตเพิ่มขึ้น ก็จะต้องเสียต้นทุนชนิดนี้มากขึ้น สำหรับเส้นต้นทุนรวม จะมีลักษณะคล้ายกับเส้นต้นทุนผันแปรทั้งหมด โดยระยะห่างระหว่างเส้น TC กับ TVC จะเท่ากับ TFC (ประยงค์, 2552)



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนรวม ต้นทุนผันแปรทั้งหมด และต้นทุนคงที่ทั้งหมด
ที่มา : ประยงค์ (2552)

3.10.3 แนวคิดของต้นทุนการผลิต

ในการจำแนกต้นทุนการผลิตจะสามารถจำแนกได้ 3 ประเภท ดังนี้

1) ต้นทุนจากวัตถุดิบ หมายถึง สิ่งที่นำมาใช้ในการผลิตและกลายเป็นส่วนหนึ่งของสินค้า ในกรณีการลงทุนเพาะปลูกจะมีวัตถุดิบคือ พันธุ์พืช ยากำจัดศัตรูพืช เป็นต้น เนื่องจากวัตถุดิบเป็นส่วนหนึ่งของการผลิตและการลงทุน ดังนั้นต้นทุนการผลิตจึงสามารถที่จะคำนวณได้ในตัวสินค้าหรือกรรมวิธีในการผลิต

2) ต้นทุนแรงงาน หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่เป็นค่าแรงงานที่จ้างมา หรือทำการผลิตสินค้า หรือแปรสภาพวัตถุดิบให้เป็นสินค้า หรือผลผลิต

3) ต้นทุนจากค่าใช้จ่ายในการผลิต หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับการผลิต นอกเหนือจากวัตถุดิบ และค่าแรงงาน ส่วนค่าใช้จ่ายการขายและบริหาร ไม่ถือว่าเป็นค่าใช้จ่ายในการผลิต เพราะค่าใช้จ่ายดังกล่าวเป็นค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการจัดจำหน่ายสินค้า และในการบริหารการดำเนินงานของกิจการไม่ได้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้าแต่ประการใด ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการผลิตเป็นค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการผลิต เช่น ค่าเช่าพื้นที่ ค่าภาษีที่ดิน ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรและอุปกรณ์ เป็นต้น

จากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนการผลิต ระดับผลผลิตต่อไร่ และการขายผลผลิตของเกษตรกร สามารถนำมาวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนในการผลิต และการจำหน่ายผลผลิตของเกษตรกร ซึ่งจุดคุ้มทุน (Break-Even Point) หมายถึง จุดที่ทำให้ผู้ผลิตมีรายได้รวมเท่ากับรายจ่าย ดังนั้น ณ ระดับนี้จึงเป็นระดับผู้ผลผลิตเสมอตัวในการผลิต คือ ไม่มีกำไรและหรือขาดทุน โดยการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนมี 2 ชนิดคือ

1) การวิเคราะห์หาระดับผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่คุ้มทุน หมายถึง ระดับผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ที่ทำให้เกษตรกรมีรายได้จากการผลิตเท่ากับต้นทุนในการผลิต ณ ระดับราคาขายผลผลิตชนิดนั้นได้ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้ ระดับราคาผลผลิตคุ้มทุน = ต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อไร่/ราคาผลผลิตต่อหน่วย

2) การวิเคราะห์หาระดับราคาคຸ້ມทุน หมายถึง ระดับผลผลิตที่เกษตรกรขายได้โดยทำให้เกษตรกรได้รับรายได้เท่ากับค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนการผลิต ณ ระดับผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากระดับราคาคຸ້ມทุน = ต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อไร่/ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่

3.10.4 แนวคิดเกี่ยวกับผลตอบแทน

นราทิพย์ (2537) กล่าวว่านักเศรษฐศาสตร์ จะเรียกลິงที่ใช้ในการผลิตว่า ปัจจัยการผลิตสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ คือ ที่ดิน แรงงาน ทุน และผู้ประกอบการ โดยปัจจัยการผลิตต่าง ๆ นี้จะได้รับผลตอบแทนในการผลิตรูปแบบต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยการผลิตชนิดใด โดยผลตอบแทนของที่ดินจะอยู่ในรูปของ ค่าเช่า ผลตอบแทนของแรงงานอยู่ในรูปของ ค่าจ้าง ผลตอบแทนของทุนจะอยู่ในรูปของ ดอกเบี้ย และผลตอบแทนของผู้ประกอบการจะอยู่ในรูปแบบของกำไร

1) ผลประโยชน์หรือผลตอบแทน (Benefit) ของการลงทุน หมายถึง มูลค่าของสินค้าหรือบริการที่ผลิตได้จากการลงทุน ประกอบด้วย ผลตอบแทนทางตรง ผลตอบแทนทางอ้อม และผลตอบแทนที่ไม่มีตัวตน สามารถอธิบายได้ดังนี้

1.1) ผลตอบแทนทางตรง คือ ผลผลิตสุทธิของการลงทุน ซึ่งหมายถึงมูลค่าของสินค้าและบริการที่ผลิตได้โดยตรงจากการลงทุน นอกจากนี้ยังหมายถึงการลดค่าใช้จ่ายลง ทำให้ได้ผลตอบแทนเพิ่มสูงขึ้น

1.2) ผลตอบแทนทางอ้อม คือ ผลประโยชน์ตอบแทนอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากผลประโยชน์ตอบแทนทางตรง นอกจากนี้ยังรวมถึงผลประโยชน์ตอบแทนด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ

1.3) ผลตอบแทนที่ไม่มีตัวตน คือ ผลตอบแทนที่ไม่สามารถประเมินมูลค่าเป็นตัวเงินได้ เช่น การลงทุนในการยกคุณภาพชีวิต และการกระจายรายได้ให้เกิดความยุติธรรม

2) ค่าเสียโอกาสของทุน (Opportunity cost of capital) คือ ถ้ามีการกำหนดในตลาดทุนที่มีอยู่สามารถนำเงินตรา หรือทรัพยากรไปลงทุนเพื่อสร้างเงินตราให้มีจำนวนมากขึ้นในอนาคตแล้วสามารถกล่าวได้ว่า ค่าเสียโอกาสทางอ้อมได้เกิดขึ้นแล้ว ทางเลือกต่อการบริโภคในปัจจุบัน คือ การใช้เงินทุนหรือทรัพยากรไปทางที่ก่อให้เกิดรายได้ในอนาคต ซึ่งอย่างน้อยต้องมีมูลค่าเท่ากับเงินตราในปัจจุบันที่เกิดจากการลงทุนในรูปแบบอื่น

4. สรุปสาระสำคัญ ขั้นตอนการดำเนินการ และเป้าหมายของงาน

4.1 สรุปสาระสำคัญ

ดินเสื่อมโทรม หมายถึง ดินที่อยู่ในสภาพที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการผลิตทางการเกษตร เนื่องจากสมบัติต่าง ๆ ของดินไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น สมบัติทางเคมีของดินมีสภาพเป็นกรดจัด เค็มจัด ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ สมบัติทางกายภาพของดิน สูญเสียโครงสร้างเกิดการอัดตัวแน่น ขาดความโปร่งพรุน และดินอยู่ในสภาวะไม่สมดุล ซึ่งปัจจุบันมีการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพืชอย่างแพร่หลาย ผู้ขอประเมินจึงได้ทำการศึกษาจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในพื้นที่ดินเสื่อมโทรม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ และปุ๋ยเคมี ต่อดัชนีการเจริญเติบโตและผลผลิตค่น้ำ การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดิน และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ เพื่อจัดทำแนวทางส่งเสริมเกษตรกรในการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างง่ายและเกิดความยั่งยืน โดยใช้พื้นที่โรงเรือนทดลองแบบเปิด ของศูนย์ศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้ม อำเภोधาทาราม จังหวัดราชบุรี วางแผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ภายในกลุ่ม (Randomized Complete Block Design ; RCBD) จำนวน 4 ตำรับการทดลอง กระทำ 5 ซ้ำ กำหนดตำรับการทดลองดังนี้ ตำรับที่ 1 ตำรับควบคุม (Control) ตำรับที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (F) ตำรับที่ 3 ฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (PSB egg) ตำรับที่ 4 ฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (PSB thonglang) โดยทุกตำรับการทดลองทำการปรับปรุงดินโดยใช้มูลไส้เดือนดิน อัตรา 1:1 (น้ำหนักดิน : มูลไส้เดือน) และทำการทดลองปลูกผักคะน้าต่อเนื่องกัน 2 รุ่น

ผลการทดลองทั้ง 2 รุ่น พบว่า ตำรับควบคุม (T1) ให้ค่าเฉลี่ยดัชนีการเจริญเติบโตทุกด้านต่ำกว่ากลุ่มตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเพิ่มเติม (T2-T4) ในขณะที่ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) ให้ค่าเฉลี่ยดัชนีการเจริญเติบโตด้านความสูง จำนวนใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ และน้ำหนักสดต่อต้น ไม่แตกต่างกับตำรับที่ฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) และตำรับที่ฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) มีเพียงน้ำหนักสดต่อต้นในรุ่นที่ 1 เท่านั้นที่พบว่าให้ค่ามากกว่า สำหรับการเข้าทำลายของแมลงนั้น พบว่ามีการเข้าทำลายของแมลงในตำรับควบคุม (T1) เท่านั้น สำหรับการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดิน พบว่า ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) ให้ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มากกว่าตำรับที่ฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) ตำรับที่ฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) และตำรับควบคุม (T1) ในขณะเดียวกันให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างน้อยกว่า กลุ่มตำรับการทดลองดังกล่าว สำหรับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน พบว่าทุกตำรับการทดลองให้ค่าไม่แตกต่างกัน สำหรับผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนรวมจากทั้ง 2 รุ่น พบว่าตำรับควบคุม (T1) มีต้นทุนการผลิตรวมต่ำที่สุด เท่ากับ 7,944 บาทต่อไร่ และตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) มีต้นทุนการผลิตรวมสูงที่สุดเท่ากับ 10,008 บาทต่อไร่ เมื่อพิจารณาถึงผลตอบแทนการลงทุน เมื่อขายผลผลิตตามประเภทตลาด พบว่าตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของ

กรมวิชาการเกษตร (T2) ให้ผลตอบแทนสูงสุดที่ 75,144 บาทต่อไร่ เมื่อขายในตลาดทั่วไป ขณะที่เมื่อขายในตลาดเกษตรอินทรีย์ ตำราที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) ให้ผลตอบแทนสูงสุดที่ 116,866 บาทต่อไร่ จากผลการทดลองข้างต้น ผู้ขอประเมินมีแนวทางในการส่งเสริมเกษตรกรในการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่เป็นประโยชน์ต่อการปลูกพืช โดยแนะนำให้เกษตรกรปฏิบัติตามวิธีการที่ 4 คือฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ เนื่องจากเป็นวิธีการที่มีผลประโยชน์ต่อการลงทุนทั้ง 2 รุ่นสูงที่สุด จะส่งผลให้มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด

4.1.1 หลักการและเหตุผล

ดินเสื่อมโทรม หมายถึง ดินที่อยู่ในสภาพที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการผลิตทางการเกษตร เนื่องจากสมบัติต่าง ๆ ของดินไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น สมบัติทางเคมีของดินมีสภาพเป็นกรดจัด เค็มจัด ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ สมบัติทางกายภาพของดิน สูญเสียโครงสร้างเกิดการอัดตัวแน่น ขาดความโปร่งพรุน และดินอยู่ในสภาวะไม่สมดุล (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) ซึ่งลักษณะปัญหาของพื้นที่ศูนย์ศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มอันเนื่องมาจากพระราชดำริ พบว่าดินส่วนใหญ่เป็นดินต้นปนหิน เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายและปนกรวดหิน มีชั้นดานแข็งอยู่ด้านล่างลึกประมาณ 40-50 เซนติเมตร ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีการชะล้างพังทลายของหน้าดิน จากสภาพปัญหาดังกล่าว พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ได้พระราชทานแนวพระราชดำริ ให้ศึกษาทดลอง วิจัย วิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ ทั้งด้านการพัฒนาทางด้านการเกษตร การปรับปรุงบำรุงดิน การอนุรักษ์ดินและน้ำ และการพัฒนาอาชีพด้านต่าง ๆ ให้กับเกษตรกรในพื้นที่ใกล้เคียงหรือพื้นที่อื่น ๆ ที่มีลักษณะปัญหาเช่นเดียวกัน

ปัจจุบันมีการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพืชอย่างแพร่หลาย เนื่องจากจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงมีบทบาทที่สำคัญในการผลิตพืชคือ สามารถผลิตฮอร์โมน มีธาตุอาหารและสารอินทรีย์ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต และการเพิ่มผลผลิตพืช สามารถใช้ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีในชุดดินบางคล้า ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำได้ (บุรณา และคณะ, 2566) ผู้ขอประเมินได้เห็นถึงความสำคัญ จึงจัดทำการศึกษาวิจัยเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตพืชในพื้นที่ดินเสื่อมโทรม โดยใช้ตัวแทนของชุดดินบางคล้าที่เป็นดินร่วนปนทรายปนหินกรวด และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปรับปรุงบำรุงดินให้มีสมบัติทางเคมีกายภาพ และชีวภาพให้เหมาะสมต่อการพืช ด้วยการใส่วัสดุอินทรีย์ที่มีฐานเรียนรู้อยู่ในศูนย์ศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้ม อันเนื่องมาจากพระราชดำริ คือ มูลไส้เดือน เพื่อเป็นแหล่งอินทรีย์วัตถุที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของดิน และความสามารถในการให้ผลผลิตพืช แต่จากการตรวจสอบเอกสารพบว่าปุ๋ยอินทรีย์ปลดปล่อยธาตุอาหารให้พืชช้ากว่าปุ๋ยเคมีเป็นอย่างมาก จึงทดลองใช้ร่วมกับจุลินทรีย์ที่นิยมใช้ในการผลิตพืชกันอย่างแพร่หลายคือ จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (Photosynthetic Bacteria) ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ตามธรรมชาติทั้งในดินและในน้ำ มีประโยชน์กับพืชคือสามารถตรึงหรือเพิ่มไนโตรเจนให้กับพืชได้ ช่วยกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในดิน ย่อยสลายอินทรีย์วัตถุที่เป็นพิษต่อรากพืชทำให้พืชเจริญเติบโตได้เร็วขึ้น และยังเพิ่มแร่ธาตุในดินโดยการย่อยสลายแร่ธาตุให้พืชนำไปใช้ได้ เป็นตัวช่วยกระบวนการรีไซเคิลให้กับคาร์บอน ไนโตรเจน และสารประกอบจำพวกซิลิเฟออร์ ทำให้ใบพืชสีเขียวยาวนาน มั่นวาว และไม่เหี่ยวง่าย เป็นแหล่งรวมแร่ธาตุต่าง ๆ ที่มีประโยชน์ เช่น กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก สารประกอบที่ออกฤทธิ์ทางสรีรวิทยา และโพลีแซค

คาร์โบไฮเดรต ทำให้พืชสมบูรณ์เจริญเติบโตเร็วและแข็งแรง (วิณากร และคณะ, 2563) โดยในการทดลองนี้ใช้ จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจำนวน 2 ชนิด คือจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไซโทนีียมทั่วไป และจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองหลางน้ำที่ทางศูนย์ศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ทดลองนำไบโทองหลางน้ำมาใช้เป็นส่วนประกอบในการขยายเชื้อจุลินทรีย์แทนไข่ไก่ เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดต้นทุนการผลิตพืช และสามารถเป็นแนวทางให้กับเกษตรกรพื้นที่อื่น ๆ ในการผลิตพืชในระบบอินทรีย์ เพื่อสร้างโอกาสในการสร้างรายได้จากการจำหน่ายสินค้าในตลาดอินทรีย์ซึ่งจะจำหน่ายได้ราคาสูงกว่าตลาดทั่วไป โดยพืชที่ใช้ในการทดสอบคือ คะน้า

คะน้า (Chinese kale) เป็นพืชผักเศรษฐกิจที่นิยมบริโภคในประเทศไทย ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Brassica alboglabra* เป็นพืชล้มลุก อายุสั้น อายุในการเก็บเกี่ยวผลผลิตคะน้าอยู่ที่ 45-55 วันหลังปลูก สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่ช่วงเวลาที่เหมาะสำหรับการปลูกคะน้ามากที่สุด คือ เดือนตุลาคมถึงเมษายน ของทุกปี สำหรับคุณค่าทางโภชนาการของคะน้านั้น นักโภชนาการได้ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของคะน้าสด ปริมาณ 100 กรัม พบว่า ให้พลังงาน 24 กิโลแคลอรี มีสารอาหารต่าง ๆ ประกอบด้วย โปรตีน 2.7 กรัม คาร์โบไฮเดรต 2.2 กรัม แคลเซียม 245 มิลลิกรัม ธาตุเหล็ก 1.2 มิลลิกรัม วิตามินซี 147 มิลลิกรัม และกากใยอาหาร 3.2 กรัม คะน้าจัดเป็นผักเศรษฐกิจ ซึ่งเป็นกลุ่มผักที่มีความต้องการสูง เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีความต้องการในตลาดสูงตลอดทั้งปี (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2565) โดยความต้องการของโรงพยาบาล ซึ่งเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี (เบ็ญจพร และคณะ, 2564) ปัจจุบันเกษตรกรเครือข่ายขยายผลของศูนย์ศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ได้เข้าร่วมโครงการส่งผักปลอดภัย (GAP) และปลอดภัยสำหรับผู้ป่วย (อินทรีย์) ให้กับโรงพยาบาลโพธาราม เพื่อนำไปผลิตอาหารที่ถูกต้องตามหลักโภชนาการ และปลอดภัยสำหรับผู้ป่วย สามารถจำหน่ายผลผลิตได้ในราคาสูงกว่าตลาดทั่วไป โดยเกษตรกรเครือข่ายฯ มีการส่งผักปลอดภัยให้กับทางโรงพยาบาลโพธารามหลายชนิด ได้แก่ ผักบุ้ง กวางตุ้ง บวบ แพง ผักกาดขาว มะเขือยาว มะเขือเปราะ มะเขือพวง มะเขือเทศ มะละกอมะนาว ถั่วฝักยาว กระเจี๊ยบ ชะอม ข่า ตะไคร้ และกล้วย เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าการขยายผลไม่มีการส่งผักคะน้าให้กับโรงพยาบาล ทั้งที่โรงพยาบาลต้องการผักคะน้าเป็นอย่างมาก เนื่องจากพบปัญหาในการผลิตผักคะน้ามากกว่าพืชผักอื่น ๆ คือ ปลูกคะน้าแล้วไม่ค่อยเจริญเติบโตเนื่องจากดินในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ซึ่งคะน้าสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินร่วนปนทรายที่มีการระบายน้ำดี และมีความอุดมสมบูรณ์สูง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551) และพบปัญหาเรื่องโรคและแมลงมากกว่าผักชนิดอื่น ๆ ส่งผลให้ได้ผลผลิตต่ำ หากต้องการได้ผลผลิตสูง จำเป็นต้องมีการใช้สารเคมีในขั้นตอนของการดูแลรักษา ซึ่งจะไม่สามารถส่งผลผลิตให้กับโรงพยาบาลได้ สอดคล้องกับผลจากการเฝ้าระวังสารพิษตกค้างในผักผลไม้ ปี 2563 รายงานว่า คะน้าเป็นผักที่มีปัญหาสารเคมีตกค้างเกินปริมาณที่มีได้ในสินค้าเกษตร 100 เปอร์เซ็นต์ จากการสุ่มตัวอย่างทั้งหมด (เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช, 2563)

การศึกษาครั้งนี้มีสมมติฐานว่า การใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง จะสามารถเพิ่มธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม ครบทุกธาตุและเพียงพอกับความต้องการของพืชได้ และสามารถปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้เทียบเท่าหรือดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวได้ และสามารถจำหน่ายผลผลิตในตลาดอินทรีย์เพื่อสร้างโอกาสในการเพิ่มรายได้

ให้กับเกษตรกรได้นอกจากนั้นการใช้วัสดุอินทรีย์ยังส่งผลให้คุณภาพดินทั้งทางเคมี กายภาพ และชีวภาพดีขึ้น ซึ่งเป็นการจัดการดินให้มีความยั่งยืน (Smith *et al.*, 1994) และยังตอบโจทย์การขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจ ด้วยโมเดลเศรษฐกิจ BCG ให้เป็นรูปธรรม ด้วยการใช้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมในการบริหารจัดการของเหลือใช้ทางการเกษตรโดยนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ สร้างมูลค่าเพิ่ม ทำให้เกิดการหมุนเวียนของทรัพยากร ลดการสร้างมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดความยั่งยืนขึ้นได้

4.1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ และปุ๋ยเคมี ต่อดัชนีการเจริญเติบโต ผลผลิตคละน้ำ และการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดิน
- 2) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ และปุ๋ยเคมี
- 3) เพื่อจัดทำแนวทางส่งเสริมเกษตรกรในการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างง่าย และเกิดความยั่งยืน

4.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

4.2.1 การวางแผนการทดลอง

การศึกษาจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในพื้นที่ดินเสื่อมโทรม ได้ทำการทดลองปลูกผักคะน้าจำนวน 2 รุ่น และวางแผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ภายในกลุ่ม (Randomized Complete Block Design ; RCBD) จำนวน 4 ดำรับการทดลอง กระทำ 5 ซ้ำ โดยกำหนดดำรับการทดลองดังนี้

ดำรับที่ 1 ดำรับควบคุม (Control)

ดำรับที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (F)

ดำรับที่ 3 ฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (PSB egg)

ดำรับที่ 4 ฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (PSB thonglang)

หมายเหตุ ทุกดำรับการทดลองทำการปรับปรุงดินโดยใช้มูลไส้เดือนดิน อัตรา 1:1 (น้ำหนักดิน : มูลไส้เดือน)

4.2.2 คัดเลือก เก็บ และวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่ใช้ในการศึกษา

คัดเลือกลักษณะดินที่เป็นตัวแทนของดินเสื่อมโทรม ในพื้นที่ศูนย์ศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มฯ ได้แก่ ชุดดินบางคล้า ซึ่งผลวิเคราะห์สมบัติพื้นฐานของดิน (ตารางที่ 3) พบว่า ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัด ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินอยู่ในระดับไม่เค็ม ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมาก และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำ

ตารางที่ 3 สมบัติพื้นฐานของดินก่อนการทดลอง

สมบัติดิน	ค่าวิเคราะห์	ประเมินค่าวิเคราะห์ ^{1/}
pH (ดิน: น้ำ = 1:1)	5.2	กรดจัด
ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (dS/m)	0.03	ไม่เค็ม
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	1.14	ค่อนข้างต่ำ
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	4	ต่ำมาก
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg)	25	ต่ำ

หมายเหตุ ^{1/}ตารางภาคผนวกที่ 1, 2, 3, 4 และ 5

4.2.3 การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1) ทดลองและผลิตเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองหลางน้ำ

ศุภชัยศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มฯ ร่วมกับ อาจารย์วิโรจน์ วิโรจน์พันธ์ ทดลองเลี้ยงจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงโดยใช้ไบโทองหลางน้ำเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ ณ ศุภชัยศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มฯ พบว่า จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วและให้สีม่วง นำไปทดสอบโดยใช้อัตราส่วน 1:100 มีผลให้พืชเจริญเติบโตดียิ่งขึ้น โดยได้ส่งจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองหลางน้ำไปตรวจวิเคราะห์หาชนิดเชื้อ โดยวิธี PCR ผลการตรวจวิเคราะห์พบเชื้อ *Rhodobacter capsulatus* จัดอยู่ใน วงศ์โรโดสไปริลลาซี (Rhodospirillaceae) เป็นจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงสีม่วงในกลุ่มที่ไม่สะสมกัมมะถัน (PNSB) ชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถใช้เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อแทนไข่ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมในปัจจุบันได้

2) ผลิตหัวเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองหลางน้ำ

โดยเตรียมน้ำสะอาดปราศจากคลอรีน 5 ลิตร เทลงในขวดใส ใส่ไบโทองหลางน้ำ 125 กรัม (125 ใบ) ที่ฉีกหรือหั่นให้มีชิ้นเล็ก จากนั้นเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงด้วยแสง 1 ลิตร ปิดฝา หลวม ๆ ตากแดดทิ้งไว้ 10 วัน หรือจนน้ำเปลี่ยนเป็นสีแดงม่วง แล้วนำเข้าไปหมักเพื่อเก็บไว้ใช้ในการทดลอง ซึ่งผลวิเคราะห์สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองหลางน้ำแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองหลางน้ำ

สมบัติทางเคมีและธาตุอาหาร	ค่าวิเคราะห์
pH	7.49
ค่าการนำไฟฟ้า	1.37
สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio)	14
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	0.24
ไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	0.01
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	0.01
โพแทสเซียมทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	0.03

3) ผลิตหัวเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่

โดยเตรียมน้ำสะอาดปราศจากคลอรีน 5 ลิตร เทลงในขวดใส เติมไข่ไก่ 1 ฟอง ผสมกับน้ำที่เตรียมไว้ให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน เติมหหัวเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงด้วยแสง 1 ลิตร จากนั้นคนให้เข้ากัน ปิดฝาและนำไปตากแดดทิ้งไว้ 14 วัน หรือจนน้ำเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม จึงนำไปใช้ในการทดลอง ซึ่งผลวิเคราะห์สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่

สมบัติทางเคมีและธาตุอาหาร	ค่าวิเคราะห์
pH	8.04
ค่าการนำไฟฟ้า	0.72
สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio)	9
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	0.32
ไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	0.02
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	0.01
โพแทสเซียมทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	0.02

4) มูลไส้เดือนดิน ที่ผลิตภายในศูนย์ศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มฯ ผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดิน (ตารางที่ 6) พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าไม่เกินข้อกำหนด สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ และมีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 2 ตามเกณฑ์ที่กำหนดของกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2552

ตารางที่ 6 สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของมูลไส้เดือนดิน

สมบัติทางเคมีและธาตุอาหาร	ค่าวิเคราะห์	ข้อกำหนด
pH (มูลไส้เดือนดิน : น้ำ = 1:5)	7.41	-
ค่าการนำไฟฟ้า (ปุ๋ยมูลโค : น้ำ = 1:5) (dS/m)	1.67	≤ 10.0
สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio)	18	≤ 20.0
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	57.64	≥ 20.0
ไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	1.83	≥ 1.0
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	0.65	≥ 0.5
โพแทสเซียมทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	0.85	≥ 0.5

หมายเหตุ ข้อกำหนดตามตารางภาคผนวกที่ 6

4.2.4 การเตรียมดิน การปลูก และการดูแลรักษาผักคะน้า

1) เตรียมดินโดยใช้ตัวแทนชุดดินบางคล้า และปรับปรุงดินโดยใช้มูลไส้เดือนดิน อัตรา 1:1 (น้ำหนักดิน : มูลไส้เดือน) ลงในกระถาง ๆ ละ 10 กิโลกรัม ซึ่งผลวิเคราะห์สมบัติพื้นฐานของดินหลังปรับปรุงบำรุงดิน (ตารางที่ 7) พบว่า ปฏิกริยาดินเป็นกลาง ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินอยู่ในระดับค่อนข้างน้อยมาก ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับสูงมาก ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูงมาก จากสมบัติพื้นฐานของดินดังกล่าว ประเมินได้ว่า ต้องใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและความต้องการของพืชเท่ากับ 10 กิโลกรัม N ต่อไร่, 5 กิโลกรัม P₂O₅ ต่อไร่ และ 5 กิโลกรัม K₂O ต่อไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

ตารางที่ 7 สมบัติพื้นฐานของดินหลังปรับปรุงดินโดยใช้มูลไส้เดือนดิน อัตรา 1:1 (น้ำหนักดิน : มูลไส้เดือน)

สมบัติดิน	ค่าวิเคราะห์	ประเมินค่าวิเคราะห์ ^{1/}
pH (ดิน: น้ำ = 1:1)	7.2	กลาง
ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (dS/m)	0.28	ค่อนข้างน้อยมาก
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	5.36	สูงมาก
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	402	สูงมาก
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg)	133	สูงมาก

หมายเหตุ ^{1/}ตารางภาคผนวกที่ 1, 2, 3, 4 และ 5

- 2) ปลูกผักคะน้าลงในดำรับการทดลอง โดยใช้กล้าอายุ 14 วัน กระถางละ 1 ต้น
- 3) ใส่ปุ๋ยเคมีในดำรับการทดลองที่ 2 ได้แบ่งใส่ 2 ครั้ง ดังนี้ ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ย 1/2 ของอัตราแนะนำ หลังจากย้ายกล้าปลูกแล้ว 7 วัน และครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยที่เหลืออีก 1/2 หลังจากย้ายกล้าปลูกแล้ว 21 วัน
- 4) การฉีดพ่นจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองกลางน้ำ ทำการผสมอัตราส่วนต่อน้ำ 1:100 โดยฉีดพ่นทุก ๆ 7 วัน จนถึงระยะเก็บเกี่ยว
- 5) การดูแลรักษาโดยการให้น้ำทุกวัน ๆ ละ 2 ครั้ง (เช้าและเย็น) และกำจัดวัชพืชโดยใช้แรงงานคน

4.2.5 การเก็บข้อมูล

1) การเก็บข้อมูลดิน

เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกและหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตคะน้า เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ดังนี้

1.1) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (soil pH) วัดโดยใช้ pH meter อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1 (Peech, 1965)

1.2) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (electrical conductivity) วัดโดยใช้ Conductivity meter อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำเท่ากับ 1:5 (Jackson, 1958)

1.3) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter) โดยวิธี Walkley and Black Titration (Walkley and Black, 1947)

1.4) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) สกัดดินโดยใช้ Brayll และวิเคราะห์ปริมาณ โดย colorimetric method แล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Sparks *et al.*, 1996)

1.5) โปแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) สกัดดินโดยใช้ 1N NH₄CH₃COO ที่ pH 7 แล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Sparks *et al.*, 1996)

2) การเก็บข้อมูลพืช

2.1) เก็บข้อมูลความสูง และจำนวนใบต่อต้น ของผักคะน้าที่อายุ 21, 28, 35, และ 42 วัน

2.2) เก็บข้อมูลน้ำหนักสดของคะน้า ในวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิต

2.3) เก็บข้อมูลปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืช ณ วันที่เก็บเกี่ยวผลผลิต

2.4) เก็บข้อมูลการป้องกันแมลง ณ วันที่เก็บเกี่ยวผลผลิต

4.2.6 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ในเชิงเศรษฐศาสตร์

เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบวิธีการปลูกทั้ง 4 ดำรับการทดลอง โดยนำทั้งทางด้านต้นทุน และผลผลิตมาคิดให้อยู่ในหน่วยของเงินเพื่อการเปรียบเทียบผลประโยชน์และต้นทุนของทั้ง 4 ดำรับการทดลอง โดยรูปแบบการปลูกพืชหรือทางเลือกที่น่าสนใจจะเป็นรูปแบบหรือทางเลือกที่ให้ผลประโยชน์ที่ได้รับสุทธิมากที่สุด ซึ่งผลประโยชน์สุทธิตำหนดได้จากการนำผลประโยชน์ที่ได้รับ (บาท) ลบด้วย ค่าใช้จ่าย (บาท)

4.2.7 การวิเคราะห์ผลข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละดำรับการทดลองด้วยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์

4.2.8 ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

1) ระยะเวลาดำเนินการ

เริ่มต้นเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2565 สิ้นสุดเดือน ธันวาคม 2566 กิจกรรมและระยะเวลาดำเนินการแสดงดังตารางที่ 8

2) สถานที่ดำเนินการ

โรงเรียนทดลองภายในศูนย์ศึกษาวิถีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มฯ อำเภอโพธารามจังหวัดราชบุรี

ตารางที่ 8 ปฏิทินแสดงช่วงเวลาในการดำเนินการแต่ละกิจกรรม

ปี พ.ศ.	กิจกรรม	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2565	วางแผนทดลองการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงโดยใช้ไบโทองหลางน้ำเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ และเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในทดสอบการเลี้ยงเชื้อ				✓								
2565	ทดลองเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงโดยใช้ไบโทองหลางน้ำเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ และตรวจวิเคราะห์หาชนิดของเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองหลางน้ำ					✓	✓	✓	✓				
2565	ทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองหลางน้ำ									✓	✓	✓	
2565	ผลิตเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองหลางน้ำเพื่อใช้ในการทดลอง และเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดลองอื่น ๆ เช่น มูลไส้เดือนดิน จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่												✓

หมายเหตุ : เริ่มทดลองเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองหลางน้ำ เนื่องจากเป็นวิธีการใหม่ผู้ขอประเมินจึงต้องทำการทดลองเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองหลางน้ำ ก่อนการผลิตเชื้อเพื่อทำการทดลองปลูกคะน้าต่อไป

ตารางที่ 8 ปฏิทินแสดงช่วงเวลาในการดำเนินการแต่ละกิจกรรม (ต่อ)

ปี พ.ศ.	กิจกรรม	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2566	วางแผนการทดลอง เตรียมดินที่ใช้สำหรับการทดลอง ปรับปรุงบำรุงดินมูลไส้เดือนดิน	✓											
2566	ปลูกคะน้ารุ่นที่ 1		✓										
2566	ดูแลรักษาด้วยการใส่ปุ๋ยเคมีโดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง หลังย้ายกล้า 7 และ 21 วัน ฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ และจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ ทุก 7 วัน		✓	✓									
2566	เก็บเกี่ยวผลผลิตคะน้า เก็บตัวอย่างดิน และวิเคราะห์ตัวอย่างดินหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตคะน้ารุ่นที่ 1			✓	✓								
2566	ปลูกคะน้ารุ่นที่ 2										✓	✓	
2566	เก็บเกี่ยวผลผลิตคะน้า เก็บตัวอย่างดิน และวิเคราะห์ตัวอย่างดินหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตคะน้ารุ่นที่ 2											✓	✓
2566	สรุปผลการทดลองและจัดทำรายงาน												✓

หมายเหตุ : ช่วงเวลาที่ปลูกและให้ผลดีที่สุดอยู่ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเมษายน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551) ผู้ขอประเมินจึงเว้นช่วงปลูกระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน 2566 และเนื่องจากเกษตรกรไม่นิยมปลูกเพราะเป็นช่วงฤดูร้อนและฤดูฝนเสี่ยงต่อปัญหาขาดแคลนน้ำ หรือฝนตกหนักทำให้ดินแน่นและชุ่มน้ำ วัชพืชและแมลงศัตรูพืชระบาด ส่งผลเสียต่อผลผลิตที่ได้ (ที่มา : กลุ่มเกษตรกรเครือข่ายขยายผลศูนย์เขาชะงุ้ม)

4.3 เป้าหมายของงาน

4.3.1 ได้ฐานข้อมูลการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในพื้นที่ดินเสื่อมโทรมจำนวน 2 ชนิด

4.3.2 ได้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตค่น้ำในพื้นที่ดินเสื่อมโทรมหลังการจัดการดินด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปถ่ายทอดแก่เกษตรกรในพื้นที่ และจูงใจให้เกษตรกรนำแนวทางในการผลิตพืชอย่างง่าย ลดต้นทุนการผลิต และมีรายได้เพิ่มขึ้น

4.3.3 ได้ข้อมูลผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีในการเกษตร

5. ผลสำเร็จของงาน (เชิงปริมาณ/คุณภาพ)

ผลสำเร็จของงานหลังการดำเนินงาน ได้แก่ฐานข้อมูลการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของค่น้ำ และฐานข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดิน ดังนี้ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (soil pH) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (electrical conductivity) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter) ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียมเมื่อมีการจัดการดินด้วยวิธีการต่างกัน ฐานข้อมูลต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตค่น้ำด้วยวิธีการต่าง ๆ ซึ่งแสดงตามรายละเอียด ดังต่อไปนี้

5.1 การเจริญเติบโตและผลผลิตค่น้ำ

5.1.1 ความสูงเฉลี่ยของค่น้ำ

ผลของตำรับการทดลองต่อความสูงเฉลี่ยของค่น้ำในทั้ง 2 รุ่น (ตารางที่ 9) พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติของตำรับการทดลองต่อความสูงเฉลี่ยของค่น้ำในทุกอายุที่ทำการตรวจวัดโดยตำรับควบคุม (T1) ซึ่งมีการปรับปรุงดินโดยใช้มูลไส้เดือนดิน อัตรา 1:1 (น้ำหนักดิน : มูลไส้เดือน) เพียงอย่างเดียว มีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุดในทุกอายุที่ทำการตรวจวัด ในขณะที่ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) และตำรับที่มีการฉีดพ่นจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองกลางน้ำ (T4) เพิ่มเติม นั้น มีความสูงเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

จากผลการทดลองข้างต้น แสดงให้เห็นว่า ตำรับควบคุม (T1) ซึ่งไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมี หรือฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพิ่มเติมแต่อย่างใด ส่งผลให้มีความสูงน้อยกว่ากลุ่มตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี หรือฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (T2-T4) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการดินโดยการใส่ปุ๋ยทั้งในรูปแบบปุ๋ยเคมี และจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ และจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองกลางน้ำ ส่งผลที่ดีต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของค่น้ำ และการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองกลางน้ำ สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตด้านความสูงของค่น้ำได้ทัดเทียมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร เนื่องจากจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงทั้งจากไข่และไบโทองกลางน้ำ มีคุณสมบัติในการย่อยสลายของเสียในดินและเปลี่ยนเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการ เกิดสารประกอบคาร์บอน ไนโตรเจน และสารประกอบกลุ่มซิลิเฟออร์ และธาตุอาหารกลุ่มอื่น ๆ ซึ่งจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงด้วยแสงสามารถสังเคราะห์

5-aminolevulinic หรือ ALA ได้ ทำให้มีคุณสมบัติทนต่อความเค็มและกรดได้ดี ส่งผลทำให้การย่อยสลายของเสียเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ และกระบวนการขยายปริมาณของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (กนกกร และขวัญชัย, 2563) จุลินทรีย์ยังผลิตธาตุอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของคะน้า ส่งผลให้คะน้าเจริญเติบโตได้ดี ไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ วิณนกร และคณะ (2563) ที่ศึกษาผลของการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงร่วมกับน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 43 ที่ปลูกในระบบอินทรีย์ พบว่าการเจริญเติบโตด้านความสูงของข้าวพันธุ์ กข 43 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง น้ำหมักชีวภาพ พด. 2 และจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงร่วมกับน้ำหมักชีวภาพ พด.2 มีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 9 ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของคะน้าในการปลูกรุ่นที่ 1 และ 2

ตัวรับการทดลอง	ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร) รุ่นที่ 1			
	21 วัน	28 วัน	35 วัน	42 วัน
1. Control	7.20 b ^{1/}	10.80 b ^{1/}	16.20 b ^{1/}	19.40 c ^{1/}
2. F	8.80 a	15.40 a	21.60 a	29.80 a
3. PSB egg	8.30 ab	14.70 a	21.00 a	28.10 a
4. PSB thonglang	8.40 a	14.30 a	20.50 a	28.70 a
F-test	*	**	**	**
CV (%)	8.38	15.09	12.40	18.06
ตัวรับการทดลอง	ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร) รุ่นที่ 2			
	21 วัน	28 วัน	35 วัน	42 วัน
1. Control	7.60 b ^{1/}	11.20 b ^{1/}	19.00 b ^{1/}	21.50 b ^{1/}
2. F	9.60 a	15.20 a	22.60 a	30.40 a
3. PSB egg	9.30 a	14.10 a	22.40 a	29.10 a
4. PSB thonglang	9.40 a	14.30 a	22.80 a	19.70 a
F-test	**	**	*	**
CV (%)	10.31	12.34	8.33	15.00

หมายเหตุ F คือปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร, PSB egg คือจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ PSB thonglang คือ จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี

DMRT

5.1.2 จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นของคะน้า

ผลของตำรับการทดลองต่อจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นของคะน้าในรุ่นที่ 1 (ตารางที่ 10) พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ของตำรับการทดลองต่อจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นของคะน้าที่อายุ 42 วัน โดยตำรับควบคุม (T1) มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นน้อยที่สุด ในขณะที่ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) และตำรับที่มีการฉีดพ่นจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นไม่แตกต่างกันสำหรับรุ่นที่ 2 (ตารางที่ 7) พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติของตำรับการทดลองต่อจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นของคะน้าที่อายุ 28, 35 และ 42 วัน โดยตำรับควบคุม (T1) ยังคงมีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นน้อยที่สุด ส่วนตำรับการทดลองอื่น (T2-T4) พบว่า ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) และตำรับที่มีการฉีดพ่นจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ

จากผลการทดลองข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ตำรับควบคุม (T1) ซึ่งไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมี หรือฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพิ่มเติมแต่อย่างใด ส่งผลให้มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นน้อยกว่ากลุ่มตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี หรือฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพิ่มเติม (T2-T4) ซึ่งสอดคล้องกับการเจริญเติบโตด้านความสูงของคะน้า การฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบของคะน้าได้ทัดเทียมกับการใส่ปุ๋ยเคมี เนื่องจากประสิทธิภาพของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง ซึ่งช่วยส่งเสริมการเจริญและการพัฒนาส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ดอก ใบ ราก ลำต้น และสารสี สร้างกรด 5 อะมิโนลิวลินิก หรือ ALA ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช การสังเคราะห์น้ำตาล และโปรตีน มีธาตุอาหารและสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ประกอบด้วย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และกรดฮิวมิก ส่งเสริมความเป็นประโยชน์ของธาตุไนโตรเจนให้กับพืช (กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2567)

ตารางที่ 10 จำนวนใบต่อต้นของคะน้าในการปลูกรุ่นที่ 1 และ 2

ตำรับการทดลอง	จำนวนใบเฉลี่ยรุ่นที่ 1			
	21 วัน	28 วัน	35 วัน	42 วัน
1. Control	4	6	8	9 b ^{1/}
2. F	4	6	8	10 a
3. PSB egg	4	6	8	10 a
4. PSB thonglang	4	6	8	10 a
F-test	ns	ns	ns	**
CV (%)	4.51	5.68	2.5	9.62
ตำรับการทดลอง	จำนวนใบเฉลี่ยรุ่นที่ 2			
	21 วัน	28 วัน	35 วัน	42 วัน
1. Control	5	6 b ^{1/}	8 b ^{1/}	10 b ^{1/}
2. F	5	7 a	9 a	12 a
3. PSB egg	5	7 a	9 a	12 a
4. PSB thonglang	5	7 a	9 a	12 a
F-test	ns	*	**	*
CV (%)	6.76	6.9	5.92	7.25

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

5.1.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ

ผลของตำรับการทดลองต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เฉลี่ยในใบคะน้าในทั้ง 2 รุ่น (ตารางที่ 11) พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติของตำรับการทดลองต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เฉลี่ยในใบคะน้า โดยตำรับควบคุม (T1) มีปริมาณคลอโรฟิลล์เฉลี่ยในใบคะน้าน้อยที่สุด ในขณะที่ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) และตำรับที่มีการฉีดพ่นจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) มีปริมาณคลอโรฟิลล์เฉลี่ยในใบคะน้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

จากผลการทดลองข้างต้นแสดงให้เห็นว่า การฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ สามารถส่งเสริมปริมาณคลอโรฟิลล์ของคะน้าได้ทัดเทียมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ วิภากร และคณะ (2563)

ที่ศึกษาผลของการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงร่วมกับน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 43 ที่ปลูกในระบบอินทรีย์ และไม่พบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าวพันธุ์ กข 43 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง น้ำหมักชีวภาพ พด. 2 และจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงร่วมกับน้ำหมักชีวภาพ พด.2 และประสิทธิภาพของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง ซึ่งสามารถสร้างกรด 5 อะมิโนลิควอลินิก หรือ ALA ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช การสังเคราะห์น้ำตาล และโปรตีน เป็นสารตั้งต้นของวิตามินบี 12 แอนต็อกซิแดนท์ เอนไซม์ และสารเทอบอไลต์อื่น ๆ รวมทั้งคลอโรฟิลล์ (กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2567)

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบคะน้าในรุ่นที่ 1 และ 2

ตำรับการทดลอง	ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD unit)	
	รุ่นที่ 1	รุ่นที่ 2
1. Control	51.28 b ^{1/}	52.38 b ^{1/}
2. F	58.00 a	59.74 a
3. PSB egg	58.44 a	60.42 a
4. thonglang	59.06 a	63.36 a
F-test	**	**
CV (%)	5.81	7.92

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

5.1.4 น้ำหนักสดต่อต้นของคะน้า

ผลของตำรับการทดลองต่อน้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้นของคะน้าในทั้ง 2 รุ่น (ตารางที่ 12) พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยในรุ่นที่ 1 ตำรับควบคุม (T1) มีน้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้นน้อยที่สุด และตำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) มีน้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้นมากที่สุด ในขณะที่ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) มีน้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้นใกล้เคียงกัน สำหรับรุ่นที่ 2 พบว่า ตำรับควบคุม (T1) ยังคงมีน้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้นน้อยที่สุด ส่วนตำรับการทดลองอื่น (T2-T4) นั้น พบว่า ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) และตำรับที่มีการฉีดพ่นจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) มีน้ำหนักสดต่อต้นเฉลี่ยต่อต้นไม่แตกต่างกัน

จากผลการทดลองข้างต้น เมื่อพิจารณาพบว่าในการปลูกคะน้ารุ่นที่ 1 ผลผลิตน้ำหนักสดต่อต้นของคะน้า ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร มีค่ามากกว่ากลุ่มตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ หรือจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ เนื่องจากปุ๋ยเคมี

เป็นปุ๋ยที่มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นอนินทรีย์ สามารถปลดปล่อยให้กับพืชได้โดยตรง และรวดเร็วตามที่พืชต้องการ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) แต่ปุ๋ยอินทรีย์มีองค์ประกอบเป็นสารอินทรีย์จะต้องผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงโดยจุลินทรีย์เสียก่อน พืชจึงจะนำไปใช้ได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการปลูกคะน้าในรุ่นที่ 2 พบว่า ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร และกลุ่มตำรับที่มีฉีดยุติด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ หรือจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ มีน้ำหนักสดต่อต้นของคะน้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การฉีดยุติด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ หรือจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ สามารถส่งเสริมให้ผลผลิตของคะน้าที่ตัดเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมี ได้ในการปลูกคะน้ารุ่นที่ 2 เนื่องจากคะน้าได้รับธาตุอาหารเพิ่มเติมและเพียงพอ จากการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงทั้งจากไข่หรือจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ ซึ่งมีคุณสมบัติในการย่อยสลายของเสียในดินและเปลี่ยนเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการอย่างช้า ๆ เกิดสารประกอบคาร์บอน ไนโตรเจน และสารประกอบกลุ่มซัลเฟอร์ และธาตุอาหารกลุ่มอื่น ๆ ซึ่งจุลินทรีย์สังเคราะห์ด้วยแสงสามารถสังเคราะห์ 5-aminolevulinic หรือ ALA ได้ ทำให้มีคุณสมบัติทนต่อความเค็มและกรดได้ดี ส่งผลทำให้การย่อยสลายของเสียเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ และกระบวนการขยายปริมาณของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง จุลินทรีย์ยังผลิตธาตุอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของคะน้า ส่งผลให้คะน้าเจริญเติบโตได้ดี มีผลผลิตและคุณภาพไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ วิณกร และคณะ (2563) ที่ศึกษาผลของการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงร่วมกับน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 43 ที่ปลูกในระบบอินทรีย์ พบว่าผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 43 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง น้ำหมักชีวภาพ พด. 2 และจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงร่วมกับน้ำหมักชีวภาพ พด.2 มีน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 12 น้ำหนักสดต่อต้น (กรัม) ในการปลูกคะน้ารุ่นที่ 1 และ 2

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้น (กรัม)	
	ปลูกรุ่นที่ 1	ปลูกรุ่นที่ 2
1. Control	29.95 b ^{1/}	32.34 b ^{1/}
2. F	42.15 a	50.77 a
3. PSB egg	35.75 b	47.59 a
4. PSB thonglang	39.05 ab	48.99 a
F-test	**	**
CV (%)	28.07	18.89

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี

DMRT

5.1.5 การเข้าทำลายของแมลง

ผลของตำรับการทดลองต่อการเข้าทำลายของแมลง (ตารางที่ 13) พบว่า จากการเก็บข้อมูลจากต้นคะน้าจำนวน 20 ต้น (ตำรับการทดลองละ 5 ต้น) ในการปลูกคะน้าทั้ง 2 รุ่น พบการเข้าทำลายของคะน้าในตำรับควบคุม (T1) ซึ่งมีการปรับปรุงดินโดยใช้มูลไส้เดือนดิน อัตรา 1:1 (น้ำหนักดิน : มูลไส้เดือน) เพียงอย่างเดียว ในทั้ง 2 รุ่น โดยรุ่นที่ 1 พบการเข้าทำลายของหนอนกระทู้ผักจำนวน 2 ต้น คิดเป็น 40 เปอร์เซ็นต์ และในรุ่นที่ 2 พบการเข้าทำลายจำนวน 3 ต้น คิดเป็น 60 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กลุ่มตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี ผิดพันด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ และจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองหลางน้ำ (T2-T4) ไม่พบการเข้าทำลายของหนอนกระทู้ผัก

ตารางที่ 13 การเข้าทำลายของแมลงในการปลูกคะน้ารุ่นที่ 1 และ 2

ตำรับการทดลอง	การเข้าทำลายของแมลง (เปอร์เซ็นต์)	
	ปลูกรุ่นที่ 1	ปลูกรุ่นที่ 2
1. Control	40	60
2. F	nd	nd
3. PSB egg	nd	nd
4. PSB thonglang	nd	nd

หมายเหตุ nd ตรวจไม่พบการเข้าทำลายของแมลง

5.2 การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดิน (ตารางที่ 14)

5.2.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)

ผลของตำรับการทดลองต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) หลังเก็บเกี่ยวผลผลิตในทั้ง 2 รุ่น พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างน้อยที่สุด ส่วนตำรับควบคุม (T1) ตำรับที่มีการผิดพันด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) ตำรับที่มีการผิดพันด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองหลางน้ำ (T4) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างไม่แตกต่างกัน

5.2.2 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC)

ผลของตำรับการทดลองต่อค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC) หลังเก็บเกี่ยวผลผลิตในทั้ง 2 รุ่น พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) มีค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC) มากที่สุด ส่วนตำรับควบคุม (T1) ตำรับที่มีการผิดพันด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) ตำรับที่มีการผิดพันด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองหลางน้ำ (T4) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างไม่แตกต่างกัน

5.2.3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM)

ผลของตำรับการทดลองต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) หลังเก็บเกี่ยวผลผลิตในทั้ง 2 รุ่น พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2)

มีแนวโน้มให้ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) น้อยที่สุด ในขณะที่ตำรับควบคุม (T1) มีแนวโน้มให้ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมากที่สุด

5.2.4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Avail.P)

ผลของตำรับการทดลองต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Avail.P) หลังเก็บเกี่ยวผลผลิตในทั้ง 2 รุ่น พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Avail.P) มากที่สุด ส่วนตำรับควบคุม (T1) ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข (T3) ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองกลางน้ำ (T4) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Avail.P) ไม่แตกต่างกัน

5.2.5 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Exch.K)

ผลของตำรับการทดลองต่อปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Exch.K) หลังเก็บเกี่ยวผลผลิตในทั้ง 2 รุ่น พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Exch.K) มากที่สุด ส่วนตำรับควบคุม (T1) ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข (T3) ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองกลางน้ำ (T4) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Avail.P) ไม่แตกต่างกัน

จากผลทดลองข้างต้น พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ส่งผลให้มีปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน มากกว่าตำรับควบคุม ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข และตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองกลางน้ำ ในขณะที่เดียวกันส่งผลให้มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และมีแนวโน้มมีค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ น้อยกว่ากลุ่มตำรับการทดลองดังกล่าว

การศึกษาผลของการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองกลางน้ำ เปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ส่งผลให้มีปริมาณธาตุอาหารได้แก่ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมเพิ่มขึ้น และมากกว่าตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข และตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองกลางน้ำ แต่ปริมาณธาตุอาหารดังกล่าวไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตค่น้ำ ซึ่งพบว่า ดัชนีการเจริญเติบโต และปริมาณคลอโรฟิลล์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในส่วนของผลผลิตพบว่า ในรุ่นที่ 1 มีแนวโน้มใกล้เคียงกัน สำหรับในรุ่นที่ 2 นั้นพบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงทั้งจากไขและไบโทองกลางน้ำ มีคุณสมบัติในการย่อยสลายของเสียในดินและเปลี่ยนเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการ เกิดสารประกอบคาร์บอน ไนโตรเจน และสารประกอบกลุ่มซัลเฟอร์ และธาตุอาหารกลุ่มอื่น ๆ ซึ่งจุลินทรีย์สังเคราะห์ด้วยแสงสามารถสังเคราะห์ 5-aminolevulinic หรือ ALA ได้ ทำให้มีคุณสมบัติทนต่อความเค็มและกรดได้ดี ส่งผลทำให้การย่อยสลายของเสียเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ และกระบวนการขยายปริมาณของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (กนกกร และขวัญชัย, 2563) จุลินทรีย์ยังผลิตธาตุอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของค่น้ำ ส่งผลให้ค่น้ำเจริญเติบโตได้ดี มีผลผลิตและคุณภาพไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมี

ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ วิณากร และคณะ (2563) ที่ศึกษาผลของการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงร่วมกับน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 43 ที่ปลูกในระบบอินทรีย์ พบว่าการเจริญเติบโตด้านความสูงของข้าวพันธุ์ กข 43 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง น้ำหมักชีวภาพ พด. 2 และจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงร่วมกับน้ำหมักชีวภาพ พด.2 มีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 14 สมบัติพื้นฐานของดินหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตรุ่นที่ 1 และ 2

ตำรับการทดลอง	รุ่นที่ 1				
	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Avail.P (mg/kg)	Exch.K (mg/kg)
1. Control	7.33 a ^{1/}	0.16 b ^{1/}	6.71	400.67 b ^{1/}	275.00 b ^{1/}
2. F	6.60 b	0.24 a	6.09	695.00 a	366.67 a
3. PSB egg	7.33 a	0.15 b	6.44	413.00 b	275.00 b
4. PSB thonglang	7.30 a	0.17 b	6.22	422.67 b	291.67 b
F-test	**	**	ns	**	**
CV (%)	4.84	21.97	9.89	27.23	13.87

ตำรับการทดลอง	รุ่นที่ 2				
	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Avail.P (mg/kg)	Exch.K (mg/kg)
1. Control	7.23 a ^{1/}	0.14 d ^{1/}	6.21	357.33 c ^{1/}	275.00 b ^{1/}
2. F	6.47 b	0.27 a	5.60	705.67 a	366.67 a
3. PSB egg	7.23 a	0.16 c	5.76	423.00 b	283.67 b
4. PSB thonglang	7.24 a	0.18 b	5.72	426.64 b	291.67 b
F-test	**	**	ns	**	**
CV (%)	5.00	27.58	10.42	29.86	13.87

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี

DMRT

5.3 ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ในการศึกษาครั้งนี้มีการเก็บรวบรวมผลผลิตเพื่อนำมาวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต รายได้ และผลตอบแทนเนื้อค่าใช้จ่ายผันแปร และผลประโยชน์ต่อการลงทุน (B:C ratio) ดังนี้

5.3.1 ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในการปลูกคะน้ารุ่นที่ 1 (ตารางที่ 15)

1) ต้นทุนการผลิต

ต้นทุนการผลิต พบว่า ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) มีต้นทุนการผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 5,304 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) และตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 4,500 และ 4,497 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุม (T1) มีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุดเท่ากับ 4,272 บาทต่อไร่

2) มูลค่าผลผลิต

2.1) กรณีจำหน่าย ณ ตลาดศรีเมืองราชบุรี (ตลาดทั่วไป) พบว่า ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) มีมูลค่าผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 24,953 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) และตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) มีมูลค่าผลผลิตเท่ากับ 23,118 และ 21,164 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุม (T1) มีมูลค่าผลผลิตต่ำที่สุดเท่ากับ 17,730 บาทต่อไร่

2.2) กรณีจำหน่าย ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์ พบว่า ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) มีมูลค่าผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 46,860 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) มีมูลค่าผลผลิตเท่ากับ 42,900 บาทต่อไร่ ส่วนตำรับควบคุม (T1) มีมูลค่าผลผลิตต่ำที่สุดเท่ากับ 35,940 บาทต่อไร่ ในขณะที่ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) ไม่สามารถจำหน่ายผลผลิต ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์ได้

3) ผลตอบแทนเนื้อค่าใช้จ่ายผันแปร

3.1) กรณีจำหน่าย ณ ตลาดศรีเมืองราชบุรี (ตลาดทั่วไป) พบว่า ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) มีผลตอบแทนเนื้อค่าใช้จ่ายผันแปรสูงสุดเท่ากับ 19,649 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) และตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) มีผลตอบแทนเนื้อค่าใช้จ่ายผันแปรเท่ากับ 18,621 และ 16,664 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุม (T1) มีผลตอบแทนเนื้อค่าใช้จ่ายผันแปรต่ำสุดเท่ากับ 13,458 บาทต่อไร่

3.2) กรณีจำหน่าย ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์ พบว่า ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) มีผลตอบแทนเนื้อค่าใช้จ่ายผันแปรสูงสุดเท่ากับ 42,363 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) มีผลตอบแทนเนื้อค่าใช้จ่ายผันแปรเท่ากับ 38,400 บาทต่อไร่ ส่วนตำรับควบคุม (T1) มีผลตอบแทนเนื้อค่าใช้จ่ายผันแปรต่ำที่สุดเท่ากับ

31,668 บาทต่อไร่ ในขณะที่ดำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) ไม่สามารถจำหน่ายผลผลิต ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์ได้

4) อัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุน (B/C ratio)

4.1) กรณีจำหน่าย ณ ตลาดศรีเมืองราชบุรี (ตลาดทั่วไป) พบว่า ดำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) มีอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนสูงสุดเท่ากับ 4.14 รองลงมาคือ ดำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) และดำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) มีอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนเท่ากับ 3.70 ส่วนดำรับควบคุม (T1) มีอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนต่ำที่สุดเท่ากับ 3.15

4.2) กรณีจำหน่าย ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์ พบว่า ดำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) มีอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนสูงสุดเท่ากับ 9.42 รองลงมาคือ ดำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) มีอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนเท่ากับ 8.53 ส่วนดำรับควบคุม (T1) มีอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนต่ำที่สุดเท่ากับ 7.41

5.3.2 ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในการปลูกคะน้ารุ่นที่ 2 (ตารางที่ 15)

1) ต้นทุนการผลิต

ต้นทุนการผลิต พบว่า ดำรับมีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) มีต้นทุนการผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 4,704 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ ดำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) และดำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 3,900 และ 3,897 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนดำรับควบคุม (T1) มีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุดเท่ากับ 3,672 บาทต่อไร่

2) มูลค่าผลผลิต

2.1) กรณีจำหน่าย ณ ตลาดศรีเมืองราชบุรี (ตลาดทั่วไป) พบว่า ดำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) มีมูลค่าผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 60,199 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ ดำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) และดำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) มีมูลค่าผลผลิตเท่ากับ 58,094 และ 56,434 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนดำรับควบคุม (T1) มีมูลค่าผลผลิตต่ำที่สุดเท่ากับ 38,354 บาทต่อไร่

2.2) กรณีจำหน่าย ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์ พบว่า ดำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) มีมูลค่าผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 78,400 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ ดำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) มีมูลค่าผลผลิตเท่ากับ 76,160 บาทต่อไร่ ส่วนดำรับควบคุม (T1) มีมูลค่าผลผลิตต่ำที่สุดเท่ากับ 51,760 บาทต่อไร่ ในขณะที่ดำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) ไม่สามารถจำหน่ายผลผลิต ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์ได้

3) ผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปร

3.1) กรณีจำหน่าย ณ ตลาดศรีเมืองราชบุรี (ตลาดทั่วไป) พบว่า ดำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) มีผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปรสูงที่สุดเท่ากับ 55,495

บาทต่อไร่ รองลงมาคือ ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) และตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) มีผลตอบแทนเนื้อค่าใช้จ่ายผันแปรเท่ากับ 54,197 และ 52,534 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุม (T1) มีผลตอบแทนเนื้อค่าใช้จ่ายผันแปรต่ำสุดเท่ากับ 34,682 บาทต่อไร่

3.2) กรณีจำหน่าย ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์ พบว่า ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) มีผลตอบแทนเนื้อค่าใช้จ่ายผันแปรสูงสุดเท่ากับ 74,503 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) มีผลตอบแทนเนื้อค่าใช้จ่ายผันแปรเท่ากับ 72,260 บาทต่อไร่ ส่วนตำรับควบคุม (T1) มีผลตอบแทนเนื้อค่าใช้จ่ายผันแปรต่ำที่สุดเท่ากับ 48,088 บาทต่อไร่ ในขณะที่ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) ไม่สามารถจำหน่ายผลผลิต ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์ได้

4) อัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุน (B/C ratio)

4.1) กรณีจำหน่าย ณ ตลาดศรีเมืองราชบุรี (ตลาดทั่วไป) พบว่า ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) มีอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนสูงสุดเท่ากับ 13.91 รองลงมาคือ ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) และตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) มีอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนเท่ากับ 13.47 และ 11.80 ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุม (T1) มีอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนต่ำที่สุดเท่ากับ 9.44 บาทต่อไร่

4.2) กรณีจำหน่าย ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์ พบว่า ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) มีอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนสูงสุดเท่ากับ 19.12 รองลงมาคือ ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) มีอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนเท่ากับ 18.53 ส่วนตำรับควบคุม (T1) มีอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนต่ำที่สุดเท่ากับ 13.10 บาทต่อไร่

ตารางที่ 15 ค่าใช้จ่ายผันแปรและผลตอบแทนในการปลูกคะน้ารุ่นที่ 1 และ 2

กิจกรรม	รุ่นที่ 1				รุ่นที่ 2			
	ดำรับที่ 1	ดำรับที่ 2	ดำรับที่ 3	ดำรับที่ 4	ดำรับที่ 1	ดำรับที่ 2	ดำรับที่ 3	ดำรับที่ 4
ค่าใช้จ่ายผันแปรต่อไร่	4,272	5,304	4,500	4,497	3,672	4,704	3,900	3,897
จำหน่าย ณ ตลาดศรีเมืองราชบุรี								
ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)	1,198	1,686	1,430	1,562	1,294	2,031	1,904	1,960
ราคาผลผลิตต่อกิโลกรัม (บาท)	14.80	14.80	14.80	14.80	29.64	29.64	29.64	29.64
มูลค่าผลผลิตต่อไร่ (บาท)	17,730	24,953	21,164	23,118	38,354	60,199	56,434	58,094
ค่าใช้จ่ายในการผลิตต่อกิโลกรัม (บาท)	3.57	3.15	3.15	2.88	2.84	2.32	2.05	1.99
ผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปร (บาทต่อไร่)	13,458	19,649	16,664	18,621	34,682	55,495	52,534	54,197
ผลประโยชน์ต่อการลงทุน (B/C ratio)	3.15	3.70	3.70	4.14	9.44	11.80	13.47	13.91
จำหน่าย ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์								
ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)	1,198	1,686	1,430	1,562	1,294	2,031	1,904	1,960
ราคาผลผลิตต่อกิโลกรัม (บาท)	30.00	-	30.00	30.00	40.00	-	40.00	40.00
มูลค่าผลผลิตต่อไร่ (บาท)	35,940	-	42,900	46,860	51,760	-	76,160	78,400
ค่าใช้จ่ายในการผลิตต่อกิโลกรัม (บาท)	3.57	3.15	3.15	2.88	2.84	2.32	2.05	1.99
ผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปร (บาทต่อไร่)	31,668	-	38,400	42,363	48,088	-	72,260	74,503
ผลประโยชน์ต่อการลงทุน (B/C ratio)	7.41	-	8.53	9.42	13.10	-	18.53	19.12

หมายเหตุ: ค่าเมล็ดพันธุ์คะน้าบรรจุ 500 กรัม ราคา 180 บาท ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 16-8-8 กิโลกรัมละ 14 บาท จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไซลิตรละ 1 บาท ราคาขาย ณ ตลาดศรีเมือง รุ่นที่ 1 กิโลกรัมละ 14.80 บาท รุ่นที่ 2 กิโลกรัมละ 29.64 ราคาขาย ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์ รุ่นที่ 1 กิโลกรัมละ 30.00 บาท รุ่นที่ 2 กิโลกรัมละ 40.00 บาท

5.3.3 ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในการปลูกคะน้ารวม 2 รุ่น (ตารางที่ 16)

1) ต้นทุนการผลิตรวม

ต้นทุนการผลิตรวม พบว่า ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) มีต้นทุนการผลิตรวมสูงที่สุดเท่ากับ 10,008 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) และตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) มีต้นทุนการผลิตรวมเท่ากับ 8,400 และ 8,397 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุม (T1) มีต้นทุนการผลิตรวมต่ำที่สุดเท่ากับ 7,944 บาทต่อไร่

2) มูลค่าผลผลิตรวม

2.1) กรณีจำหน่าย ณ ตลาดศรีเมืองราชบุรี (ตลาดทั่วไป) พบว่า ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) มีมูลค่าผลผลิตรวมสูงที่สุดเท่ากับ 85,152 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) และตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) มีมูลค่าผลผลิตรวมเท่ากับ 81,212 และ 77,598 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุม (T1) มีมูลค่าผลผลิตรวมต่ำที่สุดเท่ากับ 56,084 บาทต่อไร่

2.2) กรณีจำหน่าย ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์ พบว่า ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) มีมูลค่าผลผลิตรวมสูงที่สุดเท่ากับ 125,260 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) มีมูลค่าผลผลิตรวมเท่ากับ 119,060 บาทต่อไร่ ส่วนตำรับควบคุม (T1) มีมูลค่าผลผลิตรวมต่ำที่สุดเท่ากับ 87,700 บาทต่อไร่ ในขณะที่ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) ไม่สามารถจำหน่ายผลผลิต ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์ได้

3) ผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปรรวม

3.1) กรณีจำหน่าย ณ ตลาดศรีเมืองราชบุรี (ตลาดทั่วไป) พบว่า ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) มีผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปรรวมสูงที่สุดเท่ากับ 75,144 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) และตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) มีผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปรรวมเท่ากับ 72,818 และ 69,198 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุม (T1) มีผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปรรวมต่ำสุดเท่ากับ 48,140 บาทต่อไร่

3.2) กรณีจำหน่าย ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์ พบว่า ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) มีผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปรรวมสูงที่สุดเท่ากับ 116,866 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) มีผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปรรวมเท่ากับ 110,660 บาทต่อไร่ ส่วนตำรับควบคุม (T1) มีผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปรรวมต่ำที่สุดเท่ากับ 79,756 บาทต่อไร่ ในขณะที่ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) ไม่สามารถจำหน่ายผลผลิต ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์ได้

4) อัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุน (B/C ratio)

4.1) กรณีจำหน่าย ณ ตลาดศรีเมืองราชบุรี (ตลาดทั่วไป) พบว่า ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) มีอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนสูงสุดเท่ากับ 8.68 รองลงมาคือ ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข (T3) และตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) มีอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนเท่ากับ 8.24 และ 7.51 ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุม (T1) มีอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนต่ำที่สุดเท่ากับ 6.06

4.2) กรณีจำหน่าย ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์ พบว่า ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) มีอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนสูงสุดเท่ากับ 13.92 รองลงมาคือ ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข (T3) มีอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนเท่ากับ 13.17 ส่วนตำรับควบคุม (T1) มีอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนต่ำที่สุดเท่ากับ 10.04

จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ พบว่า กรณีจำหน่ายผลผลิต ณ ตลาดศรีเมือง (ตลาดทั่วไป) ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางมีอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนสูงกว่าทุกตำรับการทดลอง ถึงแม้มูลค่าผลผลิตรวม และผลตอบแทนเนื้อค่าใช้จ่ายผันแปรรวม น้อยกว่าตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร แต่เนื่องจากต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด จึงทำให้มีอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนสูงที่สุด กรณีจำหน่ายผลผลิต ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์ ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลาง ยังคงมีอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนสูงกว่าทุกตำรับการทดลอง เนื่องจากมูลค่าผลผลิตรวม และผลตอบแทนเนื้อค่าใช้จ่ายผันแปรรวมสูงที่สุด และต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด จึงทำให้มีอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนสูงที่สุด ในขณะที่ตำรับปุ๋ยเคมี (T2) ไม่สามารถจำหน่ายผลผลิต ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์ได้

ตารางที่ 16 ค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนในการปลูกคะน้ารวม 2 รุ่น

กิจกรรม	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	ตำรับที่ 4
ค่าใช้จ่ายผันแปรต่อไร่รวม	7,944	10,008	8,400	8,394
จำหน่าย ณ ตลาดศรีเมืองราชบุรี				
ผลผลิตรวมต่อไร่ (กิโลกรัม)	2,492	3,717	3,334	3,522
มูลค่าผลผลิตรวมต่อไร่ (บาท)	56,084	85,152	77,598	81,212
ผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปรรวม (บาทต่อไร่)	48,140	75,144	69,198	72,818
ผลประโยชน์ต่อการลงทุน (B/C ratio)	6.06	7.51	8.24	8.68
จำหน่าย ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์				
ผลผลิตรวมต่อไร่ (กิโลกรัม)	2,492	3,717	3,334	3,522
มูลค่าผลผลิตรวมต่อไร่ (บาท)	87,700	-	119,060	125,260
ผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปรรวม (บาทต่อไร่)	79,756	-	110,660	116,866
ผลประโยชน์ต่อการลงทุน (B/C ratio)	10.04	-	13.17	13.92

5.5 สรุปผลการทดลอง

5.5.1 ผลการศึกษาเปรียบเทียบการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ และปุ๋ยเคมี ต่อดัชนีการเจริญเติบโต ผลผลิตคะน้า และการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดิน

1) ดัชนีการเจริญเติบโต และผลผลิตคะน้า

ในการปลูกทั้ง 2 รุ่น พบว่า ตำรับควบคุม (T1) ให้ค่าเฉลี่ยดัชนีการเจริญเติบโตทุกด้าน ต่ำกว่าตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) ตำรับที่ฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) และตำรับที่ฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) ในขณะที่ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) ให้ค่าเฉลี่ยดัชนีการเจริญเติบโตด้านความสูง จำนวนใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ และน้ำหนักสดต่อต้น ไม่แตกต่างกับตำรับที่ฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) และตำรับที่ฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) มีเพียงน้ำหนักสดต่อต้นในรุ่นที่ 1 เท่านั้นที่พบว่าให้ค่ามากกว่า สำหรับการเข้าทำลายของแมลงนั้น พบว่ามีการเข้าทำลายของแมลงในตำรับควบคุม (T1) เท่านั้น

2) การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดิน

ในการปลูกทั้ง 2 รุ่น พบว่า ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) ให้ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มากกว่า ตำรับที่ฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) ตำรับที่ฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) และตำรับควบคุม (T1) ในขณะเดียวกันให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างน้อยกว่า กลุ่มตำรับการทดลองดังกล่าว สำหรับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน พบว่าทุกตำรับการทดลองให้ค่าไม่แตกต่างกัน

5.5.2 ผลการศึกษาเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงไข่ จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ และปุ๋ยเคมี

ต้นทุนการผลิต พบว่า ในการปลูกทั้ง 2 รุ่น พบว่า ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) มีต้นทุนการผลิตรวมสูงที่สุดเท่ากับ 10,008 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (T3) และตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) มีต้นทุนการผลิตรวมเท่ากับ 8,400 และ 8,397 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุม (T1) มีต้นทุนการผลิตรวมต่ำที่สุดเท่ากับ 7,944 บาทต่อไร่

ผลตอบแทนเนื้อค่าใช้จ่ายผันแปร กรณีจำหน่ายผลผลิต ณ ตลาดศรีเมืองราชบุรี (ตลาดทั่วไป) พบว่า ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) ให้ผลตอบแทนเนื้อค่าใช้จ่ายผันแปรสูงที่สุดในการปลูกทั้ง 2 รุ่น โดยให้ผลตอบแทนเนื้อค่าใช้จ่ายผันแปรรวมเท่ากับ 75,144 บาทต่อไร่ กรณีจำหน่ายผลผลิต ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์ พบว่า ตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) ให้ผลตอบแทนเนื้อค่าใช้จ่ายผันแปรสูงที่สุดในการปลูกทั้ง 2 รุ่น โดยให้ผลตอบแทนเนื้อค่าใช้จ่ายผันแปรรวมเท่ากับ 116,866 บาทต่อไร่

ผลประโยชน์ต่อการลงทุน พบว่า ในการปลูกทั้ง 2 รุ่น การจัดการดินตามตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบโทองกลางน้ำ (T4) จะส่งผลให้มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด

5.5.3 แนวทางส่งเสริมเกษตรกรในการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างง่าย และเกิดความยั่งยืน

การปลูกคะน้าในดินเสื่อมโทรม ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีวิธีการปลูกเช่นเดียวกับพื้นที่ปลูกผักคะน้าทั่วไป แต่จำเป็นต้องมีการปรับสภาพดินให้เหมาะสมกับการปลูกคะน้า จึงจะสามารถปลูกคะน้าให้ได้ผลผลิตตามที่ต้องการ ขอสรุปขั้นตอนการปลูกคะน้าในดินเสื่อมโทรม ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำไว้ดังนี้

1) วิธีการปลูกคะน้าและการจัดการ (การเตรียมดิน การดูแลรักษา)

1.1) การปลูกคะน้าโดยทั่วไปนิยมปลูก 2 แบบ คือ

1.1.1) ปลูกแบบหว่านกระจายทั่วแปลง เหมาะสำหรับแปลงปลูกขนาดใหญ่ ปลูกเป็นการค้า ในการปลูกคะน้าแบบหว่านเมล็ดลงบนแปลงปลูกโดยตรงไม่ย้ายกล้า โดยไถเตรียมดินเตรียมดินให้ร่วนซุย ขุดดินให้ลึกประมาณ 15-20 เซนติเมตร และตากดินทิ้งไว้ประมาณ 7-10 วัน หว่านเมล็ดให้กระจายทั่วทั้งผิวนแปลงให้เมล็ดห่างกันประมาณ 2-3 เซนติเมตร ให้ใช้ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่สลายตัวดีแล้ว หว่านกลบเมล็ดให้หนาประมาณ 0.6-1 เซนติเมตร เพื่อเก็บรักษาความชื้นและป้องกันเมล็ดถูกน้ำกระแทกกระจาย จากนั้นคลุมด้วยฟางหรือหญ้าแห้งบาง ๆ รดน้ำให้ทั่วถึงและสม่ำเสมอ ต้นกล้าจะงอกภายใน 7 วัน ถอนแยกครั้งที่ 1 เมื่ออายุ 20 วันหรือต้นสูงประมาณ 10 เซนติเมตร โดยเลือกถอนต้นที่ไม่สมบูรณ์ออก ให้เหลือระยะห่างระหว่างต้นประมาณ 10 เซนติเมตร ซึ่งต้นอ่อนของคะน้าในวัยนี้เมื่อเด็ดรากออกแล้วสามารถนำไปขายได้ และถอนแยกคะน้าครั้งที่ 2 เมื่ออายุประมาณ 30 วัน ให้เหลือระยะห่างระหว่างต้น 20 เซนติเมตร และต้นคะน้าที่ถอนแยกออกมาในวัยนี้ตัดรากออกแล้วส่งขายตลาดเป็นยอดผักได้เช่นกัน ในการถอนแยกคะน้าแต่ละครั้งควรกำจัดวัชพืชด้วย เก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อคะน้าอายุ 45-60 วัน

1.1.2) ปลูกแบบหยอดเป็นแถวเดี่ยว เปลือกเมล็ดเล็กน้อย และการปฏิบัติรักษาอย่างง่ายกว่าวิธีแรกเหมาะสำหรับแปลงปลูกขนาดเล็กหรือผักสวนครัว เตรียมดินปลูกโดยการขุดดินให้ลึกประมาณ 15-20 เซนติเมตร ตากดินทิ้งไว้ประมาณ 7-10 วัน นำปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักชีวภาพที่สลายตัวแล้วมาคลุกเคล้าให้เข้ากับดิน เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน และเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน พรวนย่อยหน้าดินให้มีขนาดเล็ก ระยะปลูกคะน้าควรให้มีระยะปลูกระหว่างต้นและระหว่างแถวประมาณ 20x20 เซนติเมตร

1.2) การให้น้ำ

คะน้าต้องการน้ำอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอ เนื่องจากมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ดังนั้นควรปลูกในแหล่งที่มีน้ำอย่างเพียงพอ การให้น้ำควรรดให้ทั่วและให้ชุ่มในเวลาเช้าเย็น

1.3) การใส่ปุ๋ย

คะน้าต้องการธาตุอาหารสูง โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน ในดินเสื่อมโทรมที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีความจำเป็นต้องปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน และเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ด้วยการใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกอัตรา 1-2 ตันต่อไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ซึ่งการใส่ปุ๋ยเคมี จะแบ่งใส่ 2 ครั้ง ดังนี้ ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ย 1/2 ของอัตราแนะนำ

หลังจากย้ายกล้าปลูกแล้ว 7 วัน และครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยที่เหลืออีก 1/2 หลังจากย้ายกล้าปลูกแล้ว 21 วัน ในกรณีที่ไม่ใช้ปุ๋ยเคมี ควรเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตด้วยการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง โดยฉีดพ่นลำต้นและใบหลังพืชงอกที่อายุ 14 วัน และทุก 7 วัน จนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิต

1.4) การเก็บเกี่ยวผลผลิต

อายุการเก็บเกี่ยวคะน้าอยู่ที่ประมาณ 45-55 วันหลังปลูก คะน้าที่ตลาดต้องการมากที่สุดคือคะน้าที่อายุ 45 วัน แต่คะน้าที่มีอายุ 50-55 วัน เป็นระยะเก็บเกี่ยวได้น้ำหนักมากที่สุด วิธีการเก็บเกี่ยวคะน้าทำได้ดังนี้ ควรใช้มีดคม ๆ ตัดให้ชิดโคนต้นและตัดไล่เป็นหน้ากระดานไปตลอดทั้งแปลง หลังจากตัดคะน้าแล้วควรมัดด้วยเชือกมัดละ 1 กิโลกรัม หรือบรรจุเชิง แล้วแต่ความสะดวกในการขนส่ง

2) การใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืช

เกษตรกรสามารถผลิตคะน้าระบบอินทรีย์ทดแทนระบบเคมีได้ โดยการปรับปรุงบำรุงดินด้วยการใช้มูลไส้เดือนต่อดินอัตราส่วน 1:1 ร่วมกับการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ หรือฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ ซึ่งทั้ง 2 วิธีให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากการใช้มูลไส้เดือนต่อดินอัตราส่วน 1:1 ร่วมกับปุ๋ยเคมี และควรจำหน่ายในตลาดเกษตรอินทรีย์จะทำให้ผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปร และผลประโยชน์ต่อการลงทุน มากกว่าการขายตลาดทั่วไป ซึ่งจะช่วยให้มูลค่าในการผลิตได้ สำหรับแนวทางส่งเสริมเกษตรกรในการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ดำเนินการดังนี้

2.1) การเตรียมจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ

2.1.1) ส่วนผสมสำหรับขยายเชื้อ 1 ลิตร

- (1) ใบทองหลางน้ำ 25 กรัม (25 ใบ)
- (2) หัวเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง 50 มิลลิลิตร
- (3) น้ำสะอาด 1 ลิตร

2.1.2) วิธีขยายเชื้อ

- (1) บรรจุน้ำสะอาดปราศจากคลอรีน 1 ลิตร ลงในขวดใส
- (2) ใส่ใบทองหลางน้ำ 25 กรัม (25 ใบ) ที่ฉีกหรือหั่นให้มีชิ้นเล็ก ลงในขวดที่บรรจุน้ำสะอาดปราศจากคลอรีน

(3) เติมหิวเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงด้วยแสง 50 มิลลิลิตร ปิดฝาหลวม ๆ ตากแดดทิ้งไว้ 7-10 วัน หรือจนน้ำเปลี่ยนเป็นสีม่วงเข้ม จึงสามารถนำไปใช้ต่อไปได้ (ควรเก็บในที่ร่ม)

2.1.3) อัตราและวิธีการใช้

- (1) แช่กระตุนการงอกของเมล็ดและท่อนพันธุ์ ใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่ขยายเชื้อจากใบทองหลางน้ำ 500 มิลลิลิตรต่อน้ำ 50 ลิตร (อัตราเจือจาง 1:100) แช่เมล็ดนาน 4 ชั่วโมง
- (2) ช่วงการเจริญเติบโต ใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่ขยายเชื้อจากใบทองหลางน้ำ 500 มิลลิลิตรต่อน้ำ 50 ลิตร (อัตราเจือจาง 1:100) ฉีดพ่นลำต้นและใบ หลังพืชงอกที่อายุ 14 วัน และทุก 7 วัน จนเก็บเกี่ยวผลผลิต

2.2) จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข

2.2.1) ส่วนผสมสำหรับขยายเชื้อ 1.3 ลิตร

- (1) ไข่ 1 ฟอง
- (2) หัวเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง 75 มิลลิลิตร
- (3) น้ำสะอาด 1.3 ลิตร

2.2.2) วิธีขยายเชื้อ

- (1) บรรจุน้ำสะอาดปราศจากคลอรีน 1.3 ลิตร ลงในขวดใส
- (2) ตอกไข่ใส่ภาชนะ ตีให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วเติมผสมกับน้ำที่เตรียมไว้

ให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน

- (3) เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงด้วยแสง 75 มิลลิลิตร ปิดฝาหลวม ๆ

ตากแดดทิ้งไว้ 7-14 วัน หรือจนน้ำเปลี่ยนเป็นสีแดง จึงนำไปใช้ได้ สามารถเก็บได้กลางแดด

2.2.3) อัตราและวิธีการใช้

(1) แช่กระตุ่นการอกของเมล็ดและท่อนพันธุ์ ใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่ขยายเชื้อจากไบทอกลางน้ำ 500 มิลลิลิตรต่อน้ำ 50 ลิตร (อัตราเจือจาง 1:100) แช่เมล็ดนาน 4 ชั่วโมง

(2) ช่วงการเจริญเติบโต ใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่ขยายเชื้อจากไบทอกลางน้ำ 500 มิลลิลิตรต่อน้ำ 50 ลิตร (อัตราเจือจาง 1:100) ฉีดพ่นลำต้นและใบ หลังพืชงอกที่อายุ 14 วัน และทุก 7 วัน จนเก็บเกี่ยวผลผลิต

3) ผลของการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงแต่ละแบบ

การใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบทอกลางน้ำและการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข แสดงผลดังนี้

3.1) ดัชนีการเจริญเติบโตด้านความสูง จำนวนใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ ไม่แตกต่างกัน

3.2) น้ำหนักสดผลผลิต การฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบทอกลางน้ำ ให้ผลผลิตสูงกว่าการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข จำนวน 188 กิโลกรัมต่อไร่

3.3) ต้นทุนการผลิต การฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบทอกลางน้ำ มีต้นทุนการผลิตรวมต่ำกว่าการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไขเล็กน้อย จำนวน 6 บาทต่อไร่

3.4) ผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปรรวม การฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบทอกลางน้ำ มีผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปรรวมสูงกว่า การฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข จำนวน 3,620 บาทต่อไร่ กรณีจำหน่ายตลาดทั่วไป และ 6,206 บาทต่อไร่ กรณีจำหน่ายตลาดเกษตรอินทรีย์

3.5) ผลประโยชน์ต่อการลงทุน การฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไบทอกลางน้ำ จะส่งผลให้มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนมากกว่าการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข

จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลาง



ทองหลางน้ำ

Rhodobacter capsulatus
สามารถเจริญเติบโตและขยายเชื้อได้โดยใช้ใบ ทั้ง ลำต้น ของต้นทองหลางน้ำ เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อ

ต้นทองหลางน้ำ (Erythrina fusca Lour.)
เป็นไม้ยืนต้น อยู่ในวงศ์ Fabaceae จัดอยู่ในตระกูลถั่ว เป็นต้นไม้ที่อุดมไปด้วยโปรตีนสูง

วิธีการขยายเชื้อทองหลางน้ำ

ใบทองหลาง 25 กรัม (ฉีกเป็นชิ้นเล็กๆ)

หัวเชื้อจากใบทองหลาง 50 มิลลิลิตร

น้ำ (ไม่มีคลอรีน) 1 ลิตร

ตากแดดไว้ 7-10 วัน หรือจนกว่าจะมีสีม่วงเข้ม

Trick ** การเก็บรักษา : เก็บรักษาในที่ร่ม **

จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลาง เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีแสงแดดแต่อุณหภูมิต่ำ

ประโยชน์ของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

- ช่วยในการตรึงและเพิ่มไนโตรเจนให้กับพืช
- กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในดิน
- ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เป็นพิษต่อรากพืช ส่งผลให้พืชเจริญเติบโตได้เร็วขึ้น
- ย่อยสลายแร่ธาตุในดินให้พืชสามารถนำไปใช้ได้
- สร้างฮอร์โมนพืช
- ส่งเสริมการเจริญและการพัฒนาส่วนต่างๆของพืช
- กระตุ้นการออกของเมล็ดพืช ก่อนพันธุ์เหง้าพันธุ์
- กระตุ้นการยึดขยายลำต้น
- ช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมี 50 %



จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (พด.15)

ไข่ไก่

Rhodopseudomonas sp. PR3
สามารถเจริญเติบโตและขยายเชื้อได้โดยใช้ไข่ เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อ

ไข่ไก่ เป็นแหล่งของโปรตีนที่มีคุณภาพ สามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด และวิธีการขยายเชื้อสะดวกและง่าย

WS หัวเชื้อไข่ (พด.15) ขอรับได้ที่สถานีพัฒนาที่ดินประจำจังหวัด

วิธีการขยายเชื้อไข่ (พด.15)

ไข่ไก่ 1 ฟอง

หัวเชื้อจากไข่ 75 มิลลิลิตร

น้ำ (ไม่มีคลอรีน) 1.3 ลิตร

ตากแดด 7 - 14 วัน

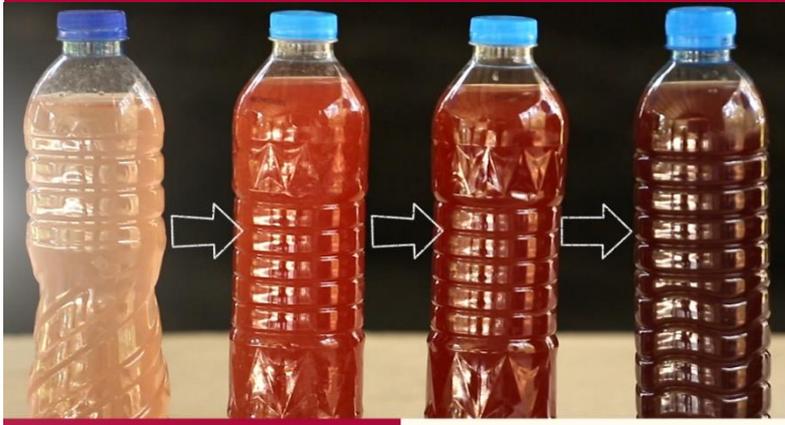
ข้อสังเกต **สามารถเก็บได้ไกลแดด **

• ถ้าเชื้อจุลินทรีย์ตายจะกลายเป็นสีขาวขุ่น

อัตราการใช้

- 1. แช่เมล็ดพันธุ์และก่อนพันธุ์**
 - อัตราการใช้ 1 : 100
 - แช่นาน 4 ชั่วโมง
- 2. ฉีดพ่น ทางใบและลำต้น**
 - อัตราการใช้ 1 : 100
- 3. รดราดลงดิน**
 - อัตราการใช้ 1 : 50

ฉีดพ่นทุกๆ 7 - 10 วัน



จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง หรือ แบคทีเรียสังเคราะห์แสง (Photosynthetic Bacteria)

เป็นกลุ่มของจุลินทรีย์ที่สามารถใช้แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน ในการสังเคราะห์อาหารได้ในสภาพที่ไม่ใช้ออกซิเจน โดยกลุ่มจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่นิยมใช้ทางการเกษตร คือ จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงสีม่วง กลุ่มไม่สะสมกำมะถัน (Purple non-sulphur bacteria, PNSB) ในที่นี้จะกล่าวถึงเชื้อ 2 ชนิด คือ *Rhodobacter capsulatus* และ *Rhodopseudomonas sp. PR3* ซึ่งสามารถเจริญเติบโตได้ในความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7 - 7.5 ณต่อสภาวะความเป็นกรดจัด สามารถผลิต กรด 5 - อะมิโนลิวลินิก (5-Aminolevulinic Acid, ALA) ได้ ALA มีประโยชน์หลายวงการ ทั้งทางการแพทย์ เครื่องสำอาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางการเกษตร ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช การสังเคราะห์น้ำตาล และโปรตีน ช่วยให้พืชทนต่อสภาวะเครียดต่างๆ ได้ดียิ่งขึ้น

ติดต่อเรา

📍 99 หมู่ 2 ต.เขาชะงุ้ม อ.โพธาราม จ.ราชบุรี

✉ khg2529@gmail.com

☎ 032-240803 Fax : 032-240804

🌐 ศูนย์ศึกษาวิธีการฟื้นฟูดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้ม อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

📺 เขาชะงุ้มเขาแนว khao-Changum-Channel

SCAN ME! >>



>>



วิธีการขยายเชื้อจากใบทองหลาง วิธีการขยายเชื้อจากไข่ (พด.15)

จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (Photosynthetic Bacteria)

ศูนย์ศึกษาวิธีการฟื้นฟูดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้ม อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ภาพที่ 6 การใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ และจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลาง

5.6 สรุป

ดินเสื่อมโทรมคือ ดินที่อยู่ในสภาพที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการผลิตทางการเกษตร เนื่องจากสมบัติต่าง ๆ ของดินไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น สมบัติทางเคมีของดินมีสภาพเป็นกรดจัด เค็มจัด ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ สมบัติทางกายภาพของดิน สูญเสียโครงสร้างเกิดการอัดตัวแน่น ขาดความโปร่งพรุน และดินอยู่ในสภาวะไม่สมดุล ซึ่งดินส่วนใหญ่ของศูนย์ศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เป็นดินต้นปนหิน เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายและปนกรวดหิน มีชั้นดานแข็งอยู่ด้านล่างลึกประมาณ 40-50 เซนติเมตร มีการชะล้างพังทลายของหน้าดิน ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ไม่สามารถปลูกพืชได้หรือปลูกได้ผลผลิตน้อย ปัจจุบันมีการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพืชอย่างแพร่หลาย ศูนย์ศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จึงได้ทำการศึกษาการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง 2 ชนิด ได้แก่ จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ และจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ และจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจะสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในพื้นที่ดินต้นได้หรือไม่ เพื่อเป็นข้อมูลทางเลือกให้กับเกษตรกร ซึ่งผลการศึกษาพบว่า

1) การใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ และการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ สามารถส่งเสริมให้การเจริญเติบโตด้านความสูง จำนวนใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ และน้ำหนักสดต่อต้น ได้ทัดเทียมการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร แม้ปริมาณธาตุอาหารได้แก่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จะน้อยกว่าก็ตาม แต่ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีแนวโน้มสูงกว่าจึงส่งผลที่ดีต่อการเจริญเติบโต เนื่องจากปริมาณอินทรีย์วัตถุช่วยในการปรับปรุงโครงสร้างดินให้ร่วนซุย การถ่ายเทน้ำและอากาศดี เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ ทำให้พืชได้รับน้ำอย่างสม่ำเสมอ เป็นแหล่งพลังงานให้กับจุลินทรีย์ในดิน

2) การใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (T2) มีต้นทุนการผลิตรวมสูงที่สุดเท่ากับ 10,008 บาทต่อไร่ สำหรับผลตอบแทนการลงทุนเมื่อขายผลผลิตตามประเภทตลาดพบว่า เมื่อขายในตลาดทั่วไป การใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ให้ผลตอบแทนสูงสุดที่ 75,144 บาทต่อไร่ ขณะที่เมื่อขายในตลาดเกษตรอินทรีย์ การใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ (T4) ให้ผลตอบแทนสูงสุดที่ 116,866 บาทต่อไร่ และ การใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำคุ้มค่าต่อการลงทุนสูงที่สุด

3) แนวทางในการส่งเสริมเกษตรกรในการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่เป็นประโยชน์ต่อการปลูกพืชแนะนำให้ เกษตรกรผลิตค่าน้ำระบบอินทรีย์ทดแทนระบบเคมีได้ตามวิธีการ คือ ปรับปรุงบำรุงดินด้วยการใช้มูลไส้เดือนต่อดินอัตราส่วน 1:1 ร่วมกับการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ หรือปรับปรุงบำรุงดินด้วยการใช้มูลไส้เดือนต่อดินอัตราส่วน 1:1 ฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ แต่วิธีการที่ให้ผลประโยชน์ต่อการลงทุนมากที่สุดคือ ปรับปรุงบำรุงดินด้วยการใช้มูลไส้เดือนต่อดินอัตราส่วน 1:1 ฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ และหากเกษตรกรผลิตค่าน้ำในระบบอินทรีย์แล้ว ควรจำหน่ายในตลาดเกษตรอินทรีย์จะทำให้ผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปร และผลประโยชน์ต่อการลงทุน มากกว่าการ

ขายตลาดทั่วไป ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มมูลค่าในการผลิตได้ สำหรับแนวทางส่งเสริมเกษตรกรในการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

6. การนำไปใช้ประโยชน์/ผลกระทบ

6.1 เกษตรกร นักวิชาการ หรือผู้ที่สนใจ สามารถนำแนวทางการส่งเสริมเกษตรกรในการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างง่าย ไปใช้ในการผลิตสินค้าเกษตรในพื้นที่ดินเสื่อมโทรม และสามารถพัฒนาผลผลิตเกษตรกรไปสู่การเกษตรในระบบอินทรีย์ทดแทนการผลิตในระบบเคมีได้อย่างยั่งยืน

6.2 เกษตรกรสามารถยกระดับมาตรฐานสินค้าเกษตรที่ปลอดภัยในประเทศ และสามารถเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรได้

6.3 เกษตรกรสามารถนำข้อมูลต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการผลิตได้

7. ความยุ่งยากและซับซ้อนในการดำเนินการ

การดำเนินการศึกษาจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในพื้นที่ดินเสื่อมโทรม ต้องอาศัยองค์ความรู้ที่มีความหลากหลายในหลาย ๆ ด้าน การที่จะทำให้งานสำเร็จมีปัจจัยหลายประการที่จะนำไปสู่ความซับซ้อนในการดำเนินงาน ได้แก่

- 7.1 องค์ความรู้ด้านดิน การจำแนกดิน การเก็บตัวอย่างดิน การวิเคราะห์ดินเบื้องต้น
- 7.2 องค์ความรู้ด้านพืช การปลูกและดูแลรักษาพืชรวมถึงการเก็บเกี่ยว
- 7.3 องค์ความรู้ด้านจุลินทรีย์เพื่อการเกษตร การผลิตและการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง
- 7.4 องค์ความรู้ด้านเศรษฐศาสตร์การเกษตร

8. ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการ

การดำเนินการศึกษาจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในพื้นที่ดินเสื่อมโทรม เป็นการดำเนินงานในลักษณะการวิจัยเชิงประยุกต์ และเป็นการทดลองเกี่ยวกับการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงทางการเกษตรซึ่งเป็นงานใหม่ จำเป็นต้องมีการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ในหลายด้านเข้ามาใช้อ้างอิงในการวิจัยประกอบกับจำเป็นต้องใช้ข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการจัดทำข้อสรุปแนวทางการส่งเสริมการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อการเกษตร และราคาจำหน่ายผลผลิตในท้องตลาดแต่ละพื้นที่มีราคาขึ้นลงตามสภาวะของตลาด จึงอาจทำให้ข้อมูลด้านผลตอบแทนแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ และฤดูกาลได้

9. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในพื้นที่ดินเสื่อมโทรม ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะจากการศึกษาดังต่อไปนี้

9.1 ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

9.1.1 เกษตรกรสามารถผลิตค่น้ำระบบอินทรีย์ทดแทนระบบเคมีได้ตามวิธีการในตำรับการทดลองที่ 3 ฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ และตำรับการทดลองที่ 4 ฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางน้ำ ซึ่งทุกตำรับการทดลองให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากตำรับปุ๋ยเคมี แต่วิธีการที่ให้ผลประโยชน์ต่อการลงทุนมากที่สุดคือ ปฏิบัติตามวิธีการในตำรับการทดลองที่ 4 คือ การฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลาง

9.1.2 หากเกษตรกรผลิตค่น้ำในระบบอินทรีย์แล้ว ควรจำหน่ายในตลาดเกษตรอินทรีย์จะทำให้ผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปร และผลประโยชน์ต่อการลงทุน มากกว่าการขายตลาดทั่วไป ซึ่งจะช่วยเพิ่มมูลค่าในการผลิต

9.1.3 จากสถานการณ์ปัจจุบันเกี่ยวกับนโยบายครัวไทยไปสู่ครัวโลก หรือมาตรฐานอาหารปลอดภัย การจัดทำแนวทางการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช สามารถใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมเกษตรกรในพื้นที่ เพื่อทำการเกษตรในระบบอินทรีย์ต่อไป

9.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

9.2.1 ควรมีการศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต และการเปลี่ยนแปลงของสมบัติดินในระยะยาว เพื่อให้เกษตรกรได้เห็นผลกระทบที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมีในระยะยาว

9.2.2 ควรมีการศึกษาและวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในระยะยาว เพื่อได้ข้อมูลต้นทุนและผลตอบแทนของการใช้ปุ๋ยเคมีเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากการผลิตในระยะยาว

9.2.3 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกษตรกรได้เห็นถึงผลกระทบที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมี และหันมาใช้วัสดุอินทรีย์ในการผลิต

10. การเผยแพร่ผลงาน

10.1 จัดทำคลิปวิดีโอจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เผยแพร่ในช่องทางต่าง ๆ ดังนี้ Youtube ช่อง กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สำนักงาน กปร. และ JS100 Radio และ Fanpage facebook โรงเรียนจิตอาสาพระราชทาน และศูนย์ศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้ม อันเนื่องมาจากพระราชดำริ



ภาพที่ 7 คลิปวิดีโอจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

10.2 จัดทำเอกสารประชาสัมพันธ์ และจัดทำฐานเรียนรู้ในกิจกรรมต่าง ๆ เช่น กิจกรรมวันดินโลก กิจกรรมวันน้อมรำลึกโครงการศูนย์ศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มฯ และฐานเรียนรู้สำหรับผู้มาศึกษาดูงานในโครงการฯ และอื่น ๆ



ภาพที่ 8 เอกสารประชาสัมพันธ์ และการจัดทำฐานเรียนรู้ในกิจกรรมต่าง ๆ

11. ผู้มีส่วนร่วมในผลงาน

11.1 นายอนุรักษ บัวคลี่คลาย ตำแหน่งนักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ มีหน้าที่ วางแผนงานวิจัย ควบคุม กำกับ ดำเนินงานให้เป็นไปตามแผนวิจัย วิเคราะห์ข้อมูล จัดทำข้อมูล และสรุปข้อมูลงานวิจัยสัดส่วนร้อยละ 80

11.2 นางสาวธัญญกานต์ แซ่เครือ ตำแหน่งนักวิชาการเกษตรชำนาญการ มีหน้าที่ เก็บตัวอย่างตรวจสอบ และประมวลผลตัวอย่างดิน และตัวอย่างพืช สัดส่วนร้อยละ 10

11.3 นางสาวไศภิชฐา ไพฑูรยากุล ตำแหน่งนักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ หน้าที่ เก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างดินภาคสนาม และเตรียมจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง สัดส่วนร้อยละ 10

ขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

(ลงชื่อ).....

(นายอนุรักษ บัวคลี่คลาย)

ตำแหน่ง นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ
ผู้อำนวยการศูนย์ศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรม

เขาชะงุ้มอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ผู้ขอประเมิน

วันที่ 5 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2569

ขอรับรองว่าสัดส่วนการดำเนินการข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ (ถ้ามี)

รายชื่อผู้มีส่วนร่วมในผลงาน	ลายมือชื่อ
นางสาวธัญญกานต์ แซ่เครือ	
นางสาวไศภิชฐา ไพฑูรยากุล	

ได้ตรวจสอบแล้วขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นถูกต้องตรงกับความเป็นจริงทุกประการ

ลงชื่อ.....


(นางสาวเกษร จำปา)

ตำแหน่ง ผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 10
 (ผู้บังคับบัญชาที่ควบคุมดูแลการดำเนินการ)

วันที่ 5 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2569

ลงชื่อ.....


(นายเชษฐจรุจ จันทรपालง)

ตำแหน่ง ผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 2
 (ผู้บังคับบัญชาที่ควบคุมดูแลการดำเนินการ)

วันที่ 5 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2569

ลงชื่อ.....


(นางสาวสุมิตรา วัฒนา)

ตำแหน่ง อธิบดีกรมพัฒนาที่ดิน
 (ผู้บังคับบัญชาที่เหนือขึ้นไป)

วันที่ 5 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2569

เอกสารอ้างอิง

- กนกกร สีนมา และ ชวีญชัย คูเจริญไพศาล. 2563. ประโยชน์ทางการเกษตรของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง
วารสารเกษตรกรรม 6 (30): 16-19
- กรมพัฒนาที่ดิน . 2558. สถานภาพทรัพยากรดินและที่ดินของประเทศไทย. ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพมหานคร. 304 น.
- กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 88 น.
- _____ . 2552. เรื่องการขอขึ้นทะเบียน การออกไปสำคัญการขึ้นทะเบียน การขอแก้ไขรายการทะเบียน และการแก้ไขรายการทะเบียนปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2552. ประกาศ ณ วันที่ 12 ตุลาคม 2552. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 7 น.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2551. คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร พืชตระกูลกะหล่ำ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 36 น.
- กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน. 2567. พด.15 แบคทีเรียสังเคราะห์แสง ส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตพืช. กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ. 2 น.
- เขมิสร่า ชิวพฤกษ์ และนิพัฒน์ ลี้มสงวน. 2565. ผลกระทบต่อโปรตีนจากพืช...แนวโน้มในการบริโภคในปัจจุบัน. วารสารอาหาร, 52 (2): 5-15
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 529 น.
- คณพล จุฑามณี. 2564. สารควบคุมการเจริญเติบโต การตอบสนองทางสรีรวิทยา และการประยุกต์ใช้ในพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, ปทุมธานี. 374 น.
- คมสัน บัวเขียว. 2566. ต้นทองหลางน้ำเพื่อการเกษตร EP3/4-1 ปลุกใจให้เด็ก ๆ ทำเกษตร. แหล่งที่มา: <https://www.youtube.com/watch?v=cV-VRLwHs1Y>, 15 มิถุนายน 2566
- เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช. 2563. ผลการเฝ้าระวังสารพิษตกค้างในผักผลไม้ ปี 2563. แหล่งที่มา: https://thaipan.org/wp-content/uploads/2020/12/thaipan_press_4-12-2563-last.pdf, 4 มกราคม 2566
- จันจิรา แสงสีเหลือง, นวลจันทร์ ชบา และพินดา ปรีเปรมโมทย์. 2564. วิจัยคัดเลือกแบคทีเรียสังเคราะห์แสง สีม่วงกลุ่มไม่สะสมกัมมาธันที่มี ประสิทธิภาพในการผลิตสารเสริมการเจริญเติบโตต่อการเจริญและเพิ่มผลผลิตพืช. กองเทคโนโลยีชีวภาพ กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพมหานคร. 24 น.
- เจนจิณัฐตา อิวอร์เซน , นภาพรณ หนิมพานิช และธนพล แพร่งกระโทก. 2568. อิทธิพลของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้าพันธุ์ยอดดอยคำ ใน การประชุมวิชาการเกษตรพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ครั้งที่ 8 หน้า 247-251
- ไฉน ยอดเพชร. 2542. พืชผักในตระกูลครุเฟอร์. สำนักพิมพ์วีวีเขียว, กรุงเทพฯ. 142 น.

- ชนวน รัตน์นาราหะ. 2542. ศูนย์ฝึกอบรมวนศาสตร์ชุมชนแห่งภูมิภาคเอเชียและแปซิฟิก. ข่าวสารป่ากับชุมชน. 6(12): 3-6
- ชำนาญ เขียวอำไพ. 2557. คู่มือการปลูกผัก. เกษตรสยาม, กรุงเทพฯ. 152 น.
- นพดล เขียววิทย์. 2565. ต้นทองหลางน้ำเพื่อการเกษตร EP1/4 สอนเด็ก ปวช. โดยพินพดล ย่างหัก. แหล่งที่มา : <https://www.youtube.com/watch?v=gvPCI-be7fU>, 15 มิถุนายน 2566
- นราทิพย์ ชูติวงศ์. 2537. หลักเศรษฐศาสตร์1: จุลเศรษฐศาสตร์. คณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 246 น.
- นวลจันทร์ ชบา. 2560. วิจัยรูปแบบผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์ 5-อะมิโนสิวูลินิกให้มีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตพืช. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 103 น.
- บุรณา วงษาราม, สุนันทา สะวะรัตน์ และปรกรณ์ วรตันติ. 2566. ผลของการใช้ปุ๋ยมูลโคร่วมกับจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง และน้ำหมักชีวภาพ พด.2 ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตคะน้า. กลุ่มวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 10, ราชบุรี. 113 น.
- เบ็ญจพร กุลนิตย์, สุจินดา ปิตตาระโส, และธนภร สิริตระกูลศักดิ์. 2564. ผลของชนิดและอัตราของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และผลตอบแทนทาง เศรษฐกิจสุทธิของการผลิตคะน้า. วารสารแก่นเกษตร 49 (3): 538-550
- ประพันธ์ แก่นจำปา และ บัณฑิตย เต็งเจริญกุล. 2560. จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง. วารสาร มข.แก่น, 2 (4): 15-18
- ประยงค์ เนตรารักษ์. 2552. เศรษฐศาสตร์การเกษตร. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ. 292 น.
- พัชรียา บุญกอกแก้ว. 2551. ทองหลางกินใบ *Erythrina fusca Lour.*. แหล่งที่มา : <https://data.addrun.org/plant/archives/525-erythrina-fusca-lour>, 15 มิถุนายน 2566
- พิกุล เกตุชาญวิทย์, พนิดา ปรีเปรมโมทย์, สิริินภา ชินอ่อน และกานต์มณี จันทร์ขาว. 2567. ศึกษาการใช้ผลิตภัณฑ์แบคทีเรียสังเคราะห์แสงและไซยาโนแบคทีเรียต่อการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตผักอินทรีย์. กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพมหานคร. 77 น.
- พรพรรณ สัตตวัตรกุล. 2556. การบริหารต้นทุนการซ่อมบำรุงตามแนวระบบธุรกิจอัจฉริยะ. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, กรุงเทพฯ. 14 น.
- ยงยุทธ โอสดสภา. 2546. ธาตุอาหารพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 424 น.
- วิฑูรย์ ปัญญากุล และ เจษณี สุขจิรัตติกาล. 2546. สถานการณ์เกษตรอินทรีย์ไทย เกษตรอินทรีย์โลก. มูลนิธิสายใยแผ่นดิน. กรุงเทพฯ. 137 น.
- วิณากร ที่รัก, วณิดา สำราญรัมย์ และทศนัศว์ รัตน์แก้ว. 2563. ผลของการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์ด้วยแสงร่วมกับน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 43 ที่ปลูกในระบบอินทรีย์. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 37(2): 25-35

- วิณากร ที่รัก และพิศิษฐ์ พิภพพรพงศ์. 2565. อิทธิพลของการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงต่อการเจริญเติบโต และองค์ประกอบผลผลิตข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ปลูกในระบบอินทรีย์. **วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร** 10(2) : 125-135
- วิโรจน์ วิโรจน์พันธ์. 2566. การเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลาง. แหล่งที่มา : <https://www.youtube.com/watch?v=zX8zA0YKfYg>, 18 กุมภาพันธ์ 2566
- ศรีนันทดา บำเพ็ญผล. 2554. การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ของระบบรับแสงภายใต้สภาพได้รับแสงสลับกับการพร่างแสงของผักโขม. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน, นครปฐม. 137 น.
- สายัณห์ สดุดี และบุญเจริญ วงศ์กิตติศึกษา. 2558. การพัฒนาต้นแบบเครื่องมือวัดไนโตรเจนและคลอโรฟิลล์ในใบปาล์มน้ำมันแบบประเมินผลเร็ว. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 61 น.
- สิริมาศ วงศ์สุบรรณ, กฤษณา กฤษณพุกต์ และลพ ภาวภูตานนท์. 2555. การใช้คลอโรฟิลล์มิเตอร์ประเมินระดับคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนในใบส้มโอ. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3** : 40-50
- สุนทรี ยิ่งจักรวาลย์, คัทลียา ฉัตรเที่ยง, จิตรฤทัย ชูมาก, ธาดา ชัยสีหา, สุทิน หิรัญอ่อน, จินตนา บางจัน, สุภาพร เรื่องวิथाไซติ และภุริพงศ์ ดำรงวุฒิ. 2544. เส้นตอบสนองต่อแสงจุดชดเชยคาร์บอนไดออกไซด์ คำนวณของผิวใบสองด้านและปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบส้มเขียวหวาน. **รายงานโครงการพัฒนาวิชาการข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยาของส้มเขียวหวาน**. 15 น.
- สุภาณี ชนะวีรวรรณ และสายัณห์ สดุดี. 2545. การใช้เครื่องมือ SPAD-502 เพื่อประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์รวมและไนโตรเจนในใบของลองกองและเงาะ. **วารสารสงขลานครินทร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 1**: 9-14
- สมภาพ ฐิตะวสันต์. 2530. **หลักการผลิตผัก**. พิมพ์ครั้งที่ 3. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 217 น.
- สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. 2565. **ผักเศรษฐกิจไทย เปิดโอกาสสร้างรายได้ด้วยพืชผักยอดนิยม**. แหล่งที่มา: <https://www.arda.or.th/detail/6141>, 22 พฤศจิกายน 2568
- สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547. **คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 184 น.
- อดิสรณ์ ฉิมน้อย. 2558. **ทองหลางน้ำ**. แหล่งที่มา : <https://www.duriannon.com/15505074/> ทองหลางน้ำ, 15 มิถุนายน 2566
- อนงค์ จันท์ศรีกุล. 2542. **โรคและศัตรูบางชนิดของผักและการป้องกันกำจัด**. พิมพ์ครั้งที่ 8. ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ. 151 น.

- อานัฐ ตันโช. 2548. **เทคนิคการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, เชียงใหม่. 10 น.
- _____. 2550. **ไส้เดือนดิน (Earthworms)**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, เชียงใหม่. 259 น.
- Blum, W. E. H. 1997. **Basic Concepts: Degradation, resilience and rehabilitation**. pp.1-6.
- Campbell, N.A. and J.B. Reece. 2004. **Biology 7th**. VonHoffman Press, New York.
- Cope, J.T. Jr. and D.L. Kirkland. 1975. Fertilizer recommendations and computer program key used by the soil testing laboratory, Auburn Univ, **Agr. Exp. Sta. Cir.** 176p.
- FAO. 2005. **Land Cover Classification System Classification concepts and user manual Software Version2**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Jackson, ML. 1958. **Soil Chemical Analysis**. Prentice Hall Inc. Englewood Clifts. N.J. 219-221
- Kabayashi. M. 2000. Waste Remediation and Treatment Using Anoxygenic Phototropic Bacteria. **Anoxygenic Photosynthetic Bacteria**. p. 1269 – 1282.
- Kobayashi, M and S.I. Kurata. 1978. The mass culture and cell utilization of photosynthetic bacteria. **J. Process Biochem.** 13(9): 27-30.
- Lal, R. 1994. Tillage Effect on Soil Degradation, Soil Resilience, Soil Quality and Sustainability. **Soil Tillage Research.** 27:1-8
- Law, C. C., A.R., Zaharah, M. H. A. Husni, and A. S. N. Akmar. 2014. Leaf nitrogen content in oil palm seeding and their relationship to SPAD chlorophyll meter reading. **Journal of Oil Palm, Environment and Health** 5: 8-17
- Lee, K.-H., Koh, R.-H., and Song, H.-G. 2008. Enhance-ment of growth and yield of tomato Rhodopseudomonas sp. Under greenhouse conditions. **Journal of Microbiol** 46: 641-646
- Maki, T. 2004. **Aurace PSB and G2 for Nursery**. Matsumoto Institute of Microorganism Co.. Ltd.
- Netto, A.T., E. Campostrini, J.G. Oliverira and R.E. Bressan-Smith. 2005. Photosynthetic pigment nitogen Chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 reading. **Scientia Horticulturae** 104: 199-209
- Patane, P. and A. Vibhute. 2014. Chlorophyll and nitrogen estimation techniqques. **International Journal of Engineering Research and reviews** 2: 33-41
- Peech, M. 1965. Soil pH by glass electrode pH meter. **Methods of Soil Analysis. Amer. Soc. Agro.** No.9. Part 2. 60:914-925

- Peveerill, K.I., L.A. Sparrow, and D.J. Reuter. 1999. **Soil Analysis and interpretation manual**. Australian soil and Plant Analysis Council Inc. 369p.
- Rendana, M., S.A. Rahim, T. Lihan, W.M.R. Idris and Z.A. Rahman. 2015. Methods for detecting nutrient stress of oil palm in Malaysia. **Journal Agriculture Environment Biological Science** 5: 60-64
- Saberinoon, M. M., M. S. M. Amin, A. Gholizadeh and M. H. Ezri. 2014. Optical methods for assessing nitrogen content during rice growth. **Applied Engineering in Agriculture** 30: 657-669
- Sim, C. C., A.R. Zaharah, M. S. Tan and K. J. Goh. 2015. Rapid determination of leaf chlorophyll concentration, photosynthesis activity and NK concentration of *Elaeis guineensis* via correlated SPAD-502 chlorophyll index. **Asien Journal of agricultural Research** 9: 132-138
- Smith, J.L., J.J. Halvorson and R.I. Papendick. 1944. Using multiple-variable indicator kriging for evaluating soil quality. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 57, 743-749
- Spark D.L., A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soluanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner. 1996. **Method of Soil Analysis Part 3 Chemical Method**. Soil science Society of America, Inc., American Society of Agronomy and Inc., Madison, Wisconsin, U.S.A.
- UNCCD. 1994. **Key Definition and Acronyms**. UNCCD Secretariat Police Brief (online). www.unccd.int, February 25, 2025
- USDA. 2014. **Soil Survey Laboratory Methods Manual, Version 2.0**. Soil Survey Investigation Report No. 51
- Wai-Tak Wong, Ching-Han Tseng, Shu-Hua Hsu, Hsu-Sheng Lur, Chia-Wei Mo, Chu-Ning Huang, Shu-Chiung Hsu, Kung-Ta Lee, and Chi-te Liu. 2014. Promoting Effects of a Single *Rhodopseudomonas palustris* Inoculant on Plant Growth by *Brassica rapa chinensis* under Low Fertilizer Input. **Microbes and Environments**. Vol.29, No. 3, 303-313
- Walkley, A. and C.A. Black. 1947. Chromic acid titration method for determination of Soil Organic Matter. **Soil Sci. Amer. Proc.** 63: 257
- Yang, W.H., S. Peng, J. Huang, A. L. Buresh and C. Witt. 2003. Using leaf color charts to estimate leaf nitrogen status of rice. **Agronomy Journal** 95: 212-217

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน, pH (ดิน:น้ำ=1:1)

pH _w	< 4.6	4.6-5.5	5.6-6.5	6.6-7.5	7.6-8.5	> 8.5
Class	กรดรุนแรง	กรดจัด	กรดเล็กน้อย	กลาง	ด่างเล็กน้อย	ด่างจัด
	Extremely acidic	Strongly acidic	Acidic	Neutral	Alkaline	Strongly alkaline

ที่มา : ดัดแปลงจาก USDA, 2014

ตารางภาคผนวกที่ 2 ค่าการนำไฟฟ้าและระดับความเค็มของดิน, EC (ดิน:น้ำ=1:5)

ช่วงค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)		ระดับความเค็ม
ดินที่ไม่ใช่ดินเหนียว	ดินเหนียว	
<0.16	<0.31	ไม่เค็ม
0.16-0.30	0.31-0.60	เค็มน้อยมาก
0.31-0.60	0.61-1.15	เค็มปานกลาง
0.61-1.20	1.16-2.30	เค็มจัด
>1.20	>2.30	เค็มจัดมาก

ที่มา : Peverill *et al.* (1999)

ตารางภาคผนวกที่ 3 ระดับอินทรียวัตถุ (organic matter)

พิสัย (ร้อยละ)	ระดับ (rating)
< 0.5	ต่ำมาก (VL)
0.5-1.0	ต่ำ (L)
1.0-1.5	ค่อนข้างต่ำ (ML)
1.5-2.5	ปานกลาง (M)
2.5-3.5	ค่อนข้างสูง (MH)
3.5-4.5	สูง (H)
> 4.5	สูงมาก (VH)

ที่มา : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2547)

ตารางภาคผนวกที่ 4 ระดับปริมาณฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน

ช่วงค่าวิเคราะห์ (mg/kg)		ระดับความเค็ม
ดินที่ไม่ใช่ดินเหนียว	ดินเหนียว	
<7	<5	ต่ำมาก
7-12	5-8	ต่ำ
13-24	9-16	ปานกลาง
25-50	17-30	สูง
>50	>30	สูงมาก

ที่มา : Cope and Kirkland (1975)

ตารางภาคผนวกที่ 5 ระดับปริมาณโพแทสเซียมรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน

ช่วงค่าวิเคราะห์ (mg/kg)	ระดับ (rating)
<16	ต่ำมาก
16-30	ต่ำ
31-60	ปานกลาง
61-120	สูง
>120	สูงมาก

ที่มา : Cope and Kirkland (1975)

ตารางภาคผนวกที่ 6 มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่ไม่เป็นของเหลวตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2552

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์กำหนด
1	ขนาดของปุ๋ย	ไม่เกิน 12.5 x 12.5 มิลลิเมตร
2	ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ย่อยได้	ไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์
3	ปริมาณหิน และกรวด	ขนาดใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร ไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนัก
4	พลาสติก แก้ว วัสดุเคมี และโลหะอื่นๆ	ต้องไม่มี
5	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก)	ไม่น้อยกว่า 20
6	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N)	ไม่เกิน 20 : 1
7	ค่าการนำไฟฟ้า (: Electrical Conductivity)	ไม่เกิน 10 เดซิซีเมนต์/เมตร
8	ปริมาณธาตุอาหารหลัก (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	
	- ไนโตรเจน (total N)	ไม่น้อยกว่า 1.0
	- ฟอสฟอรัส (total P ₂ O ₅)	ไม่น้อยกว่า 0.5
	- โพแทสเซียม (K ₂ O)	ไม่น้อยกว่า 0.5
9	การย่อยสลายที่สมบูรณ์	เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ย่อยสลายสมบูรณ์
10	ปริมาณโซเดียม (Na)	ไม่เกินร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก
11	ปริมาณสารเป็นพิษ	ไม่เกินกว่าที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2552)

ตารางภาคผนวกที่ 7 ค่าใช้จ่ายผันแปรในการปลูกคะน้ารุ่นที่ 1

กิจกรรม	ค่าใช้จ่ายผันแปรต่อไร่			
	ดำรับที่ 1	ดำรับที่ 2	ดำรับที่ 3	ดำรับที่ 4
1. ไถเตรียมดิน				
1.1 ไถตะ	300	300	300	300
1.2 ไถพรวนดิน	300	300	300	300
1.3 ยกร่อง	300	300	300	300
2. ปลูก				
2.1 เพาะกล้า	300	300	300	300
2.2 ย้ายกล้าปลูก	300	300	300	300
3. การดูแลรักษา				
3.1 กำจัดวัชพืชโดยใช้แรงงาน 3 คนจำนวน 2 ครั้ง	1,800	1,800	1,800	1,800
3.2 การใส่ปุ๋ย	-	150	225	225
4. การเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงาน 3 คน	900	900	900	900
5. สิ่งที่ใช้ในการทดลอง				
5.1 เมล็ดพันธุ์คะน้า 200 กรัมต่อไร่	72	72	72	72
5.2 ปุ๋ยเคมีสูตร 16-8-8 อัตรา 63 กิโลกรัมต่อไร่	-	882	-	-
5.3 น้ำหมักชีวภาพฉีดพ่น 3 ครั้ง	-	-	-	-
5.4 จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไขฉีดพ่น 3 ครั้ง	-	-	3	-
5.5 จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางฉีดพ่น 3 ครั้ง	-	-	-	-
รวมค่าใช้จ่าย	4,272	5,304	4,500	4,497

ตารางภาคผนวกที่ 8 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในการปลูกคะน้ารุ่นที่ 1

กิจกรรม	ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจต่อไร่			
	ดำรับที่ 1	ดำรับที่ 2	ดำรับที่ 3	ดำรับที่ 4
จำหน่าย ณ ตลาดศรีเมืองราชบุรี				
ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)	1,198	1,686	1,430	1,562
ราคาผลผลิตต่อกิโลกรัม (บาท)	14.80	14.80	14.80	14.80
มูลค่าผลผลิตต่อไร่ (บาท)	17,730	24,953	21,164	23,118
ค่าใช้จ่ายในการผลิตต่อกิโลกรัม (บาท)	3.57	3.15	3.15	2.88
ผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปร (บาทต่อไร่)	13,458	19,649	16,664	18,621
ผลประโยชน์ต่อการลงทุน (B/C ratio)	3.15	3.70	3.70	4.14
จำหน่าย ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์				
ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)	1,198	1,686	1,430	1,562
ราคาผลผลิตต่อกิโลกรัม (บาท)	30.00	-	30.00	30.00
มูลค่าผลผลิตต่อไร่ (บาท)	35,940	-	42,900	46,860
ค่าใช้จ่ายในการผลิตต่อกิโลกรัม (บาท)	3.57	3.15	3.15	2.88
ผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปร (บาทต่อไร่)	31,668	-	38,400	42,363
ผลประโยชน์ต่อการลงทุน (B/C ratio)	7.41	-	8.53	9.42

หมายเหตุ: ค่าเมล็ดพันธุ์คะน้าบรรจุ 500 กรัม ราคา 180 บาท ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 16-8-8 กิโลกรัมละ 14 บาท จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไขลิตรละ 1 บาท ราคาขาย ณ ตลาดศรีเมือง กิโลกรัมละ 14.80 บาท ราคาขาย ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์ กิโลกรัมละ 30.00 บาท

ตารางภาคผนวกที่ 9 ค่าใช้จ่ายผันแปรในการปลูกคะน้ารุ่นที่ 2

กิจกรรม	ค่าใช้จ่ายผันแปรต่อไร่			
	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	ตำรับที่ 4
1. ไถเตรียมดิน				
ไถพรวนดิน	300	300	300	300
2. ปลูก				
2.1 เพาะกล้า	300	300	300	300
2.2 ย้ายกล้าปลูก	300	300	300	300
3. การดูแลรักษา				
3.1 กำจัดวัชพืชโดยใช้แรงงาน 3 คนจำนวน 2 ครั้ง	1,800	1,800	1,800	1,800
3.2 การใส่ปุ๋ย	-	150	225	225
4. การเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงาน 3 คน	900	900	900	900
5. สิ่งที่ใช้ในการทดลอง				
5.1 เมล็ดพันธุ์คะน้า 200 กรัมต่อไร่	72	72	72	72
5.2 ปุ๋ยเคมีสูตร 16-8-8 อัตรา 63 กิโลกรัมต่อไร่	-	882	-	-
5.3 น้ำหมักชีวภาพฉีดพ่น 3 ครั้ง	-	-	-	-
5.4 จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไขฉีดพ่น 3 ครั้ง	-	-	3	-
5.5 จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางฉีดพ่น 3 ครั้ง	-	-	-	-
รวมค่าใช้จ่าย	3,672	4,704	3,900	3,897

ตารางภาคผนวกที่ 10 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในการปลูกคะน้ารุ่นที่ 2

กิจกรรม	ค่าใช้จ่ายผันแปรต่อไร่			
	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	ตำรับที่ 4
จำหน่าย ณ ตลาดศรีเมืองราชบุรี				
ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)	1,294	2,031	1,904	1,960
ราคาผลผลิตต่อกิโลกรัม (บาท)	29.64	29.64	29.64	29.64
มูลค่าผลผลิตต่อไร่ (บาท)	38,354	60,199	56,434	58,094
ค่าใช้จ่ายในการผลิตต่อกิโลกรัม (บาท)	2.84	2.32	2.05	1.99
ผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปร (บาทต่อไร่)	34,682	55,495	52,534	54,197
ผลประโยชน์ต่อการลงทุน (B/C ratio)	9.44	11.80	13.47	13.91
จำหน่าย ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์				
ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)	1,294	2,031	1,904	1,960
ราคาผลผลิตต่อกิโลกรัม (บาท)	40.00	-	40.00	40.00
มูลค่าผลผลิตต่อไร่ (บาท)	2.84	2.32	2.05	1.99
ค่าใช้จ่ายในการผลิตต่อกิโลกรัม (บาท)	51,760	-	76,160	78,400
ผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปร (บาทต่อไร่)	48,088	-	72,260	74,503
ผลประโยชน์ต่อการลงทุน (B/C ratio)	13.10	-	18.53	19.12

หมายเหตุ: ค่าเมล็ดพันธุ์คะน้าบรรจุ 500 กรัม ราคา 180 บาท ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 16-8-8 กิโลกรัมละ 14 บาท จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไช่ลิตรละ 1 บาท ราคาขาย ณ ตลาดศรีเมือง กิโลกรัมละ 29.64 บาท ราคาขาย ณ ตลาดเกษตรอินทรีย์ กิโลกรัมละ 40.00 บาท

ภาคผนวก ข



ภาพภาคผนวกที่ 1 การเตรียมดินก่อนปลูกพืช



ภาพภาคผนวกที่ 2 การปลูก การดูแลรักษา และการเก็บข้อมูล

จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง หรือ แบคทีเรียสังเคราะห์แสง (Photosynthetic Bacteria)

เป็นกลุ่มของจุลินทรีย์ที่สามารถใช้แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน ในการสังเคราะห์อาหารได้ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน โดยกลุ่มจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่นิยมใช้ทางการเกษตร คือ จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงสีม่วง กลุ่มไม่ละลายกำมะถัน (Purple non-sulphur bacteria, PNSB) ในที่นี้จะกล่าวถึงชื่อ 2 ชนิด คือ *Rhodobacter capsulatus* และ *Rhodospseudomonas* sp. PR3 ซึ่งสามารถเจริญเติบโตได้ในความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7 – 7.5 ทนต่อสภาวะความเป็นกรดจัด สามารถผลิตกรด 5 - ๖% มีไลซีน (5-Aminolevulinic Acid, ALA) ได้ ALA มีประโยชน์หลายวงการ ทั้งทางการแพทย์ เครื่องสำอาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางการเกษตร ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช การสังเคราะห์น้ำตาล และโปรตีน ช่วยให้พืชทนต่อสภาวะเครียดต่างๆ ได้ดียิ่งขึ้น

ทองหลางน้ำ

ต้นทองหลางน้ำ (*Erythrina fusca* Lour.) เป็นไม้ยืนต้น อยู่ในวงศ์ Fabaceae จัดอยู่ในตระกูลถั่ว เป็นต้นไม้ที่อุดมไปด้วยโปรตีนสูง

Rhodobacter capsulatus สามารถเจริญเติบโตและขยายเชื้อได้โดยใช้ใบที่ร่วงทิ้ง ของต้นทองหลางน้ำ เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อ



ไข่ไก่

ไข่ไก่ เป็นแหล่งของโปรตีนที่มีคุณภาพ สามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด และวิธีการขยายเชื้อสะดวกและง่าย

Rhodospseudomonas sp. PR3 สามารถเจริญเติบโตและขยายเชื้อได้โดยใช้ไข่ไก่ เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อ



อัตราการใช้

- แช่เมล็ดพันธุ์และก่อนพันธุ์**
 - สังเคราะห์แสงน้ำ 1 : 100
 - แช่นาน 4 ชั่วโมง
- ฉีดพ่น ทางใบและลำต้น**
 - สังเคราะห์แสงน้ำ 1 : 100
- รดรดลงดิน**
 - สังเคราะห์แสงน้ำ 1 : 50

ฉีดพ่น/รดรด ทุกๆ 7 – 10 วัน





ศูนย์ศึกษาดูงานพัฒนาต้นตอเมล็ดพันธุ์และพันธุ์
 99 หมู่ 2 ตำบลเขาชะเมา อำเภอเขาชะเมา จังหวัดระยอง
 โทร 032-240805

จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลาง

● Rhodobacter capsulatus ●

- คัดเลือกเชื้อโดย **คุณวิโรจน์ วิโรจน์พันธ์** ที่ปรีชากรของอินดิ กรบพัฒนาที่ดิน
- มีธาตุอาหารและสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ประกอบด้วย ไนโตรเจน 0.01% ฟอสฟอรัส 0.01% โพแทสเซียม 0.03% ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 0.24% pH 7.49 EC 1.37 dS/m




+++ กรณีไม่มีหัวเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลาง +++

สามารถนำใบทองหลางน้ำ ตราส่วน 25 กรัม (ฉีกเป็นชิ้นเล็กๆ) ใส่ในขวดพลาสติกใส และใส่ไข่ไก่จากแหล่งธรรมชาติ 1 สัตว์ เชื้อไวน์ทิ้งทิ้ง ร่อนกว่านั้นจะเปลี่ยนสีเป็นแดงอมม่วง จึงสามารถนำไปใช้กับหัวเชื้อสำหรับขยายจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลางต่อไป






วิธีการขยายเชื้อทองหลางน้ำ

ใบทองหลาง 25 กรัม (ฉีกเป็นชิ้นเล็ก) + **หัวเชื้อจากใบทองหลาง 50 มิลลิลิตร**

น้ำ (ไม่มีคลอรีน) 1 ลิตร

ตากแดดไว้ 7-10 วัน หรือจนกว่าจะมีสีม่วงเข้ม

Trick ** การเก็บรักษา : เก็บรักษาในที่ร่ม **

จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากใบทองหลาง เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีแสงแดดอ่อนๆ และอุณหภูมิต่ำ



จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจากไข่ (พด.15)

● Rhodospseudomonas sp. PR3 ●

- คัดเลือกเชื้อจากพื้นที่เกษตร จังหวัดเพชรบุรี โดยกองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน กรมพัฒนาที่ดิน
- เป็นหัวเชื้อบริสุทธิ์ชนิดเหลว แบบเข้มข้น
- ผลิตต่อออร์โมนสูง กระตุ้น และส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช
 - * ออกซิเจน 80-100 มล./ลิตร
 - * อินนอร์เรลีน 130-160 มล./ลิตร
- ผลิตกรด 5% 5-aminolevulinic acid; ALA) 4 - 5 มิลลิกรัมต่อลิตร
- เจริญเติบโตได้ในความเป็นกรดต่าง (pH) 4 - 5 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ทนต่อสภาวะความเป็นกรดจัด (pH ไม่ต่ำกว่า 5)
- มีธาตุอาหารและสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ประกอบด้วย ไนโตรเจน 0.06% ฟอสฟอรัส 0.07% โพแทสเซียม 0.24% และกรดอิมิด 2.39%
- สังเคราะห์แสงในสภาพไม่มีออกซิเจน โดยใช้รงควัตถุ "Bacteriochlorophyll" สามารถเจริญในสภาพที่มีออกซิเจนเล็กน้อย

พริ หัวเชื้อไข่ (พด.15) ขอรันได้ทีสถานีพัฒนาที่ดินประจำจังหวัด








วิธีการขยายเชื้อไข่ (พด.15)

ไข่ไก่ 1 ฟอง + **หัวเชื้อจากไข่ 75 มิลลิลิตร**

น้ำ (ไม่มีคลอรีน) 1.3 ลิตร

ตากแดด 7 - 14 วัน

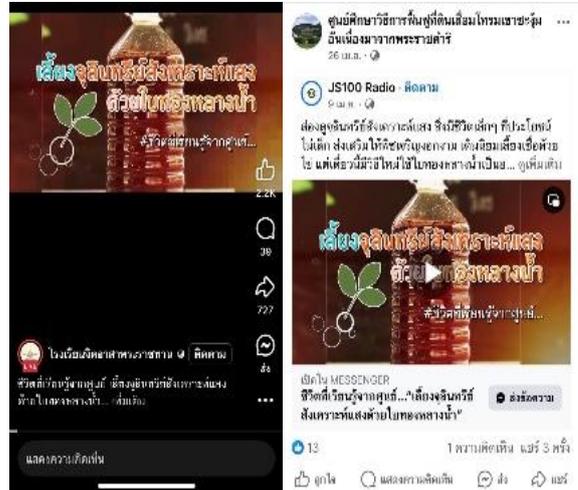
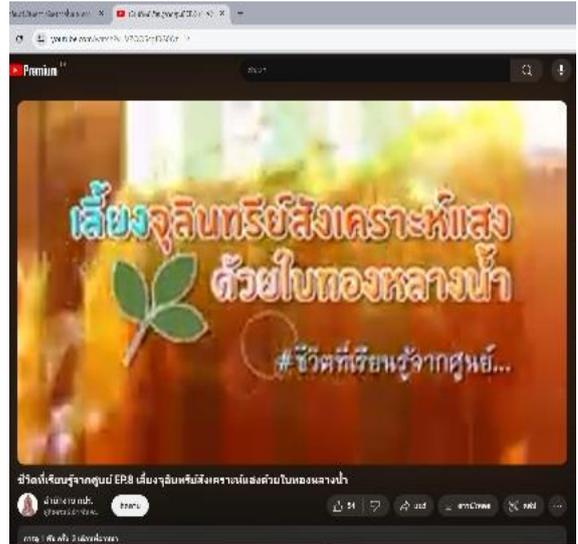
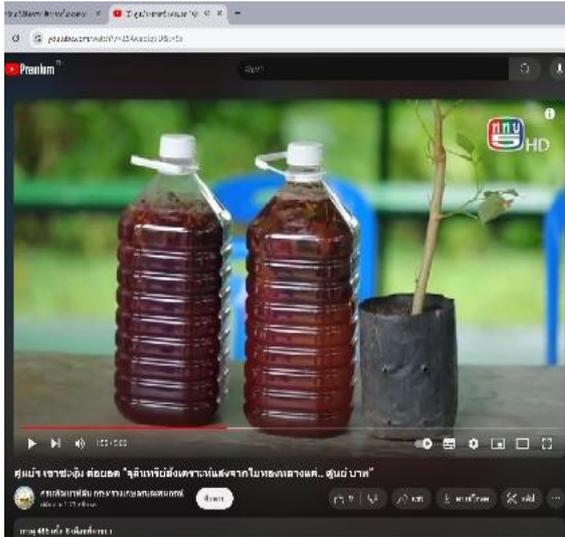
****สามารถเก็บได้กลางแดด****

ข้อสังเกต
ถ้าเชื้อจุลินทรีย์ตายจะกลายเป็นสีขาวขุ่น

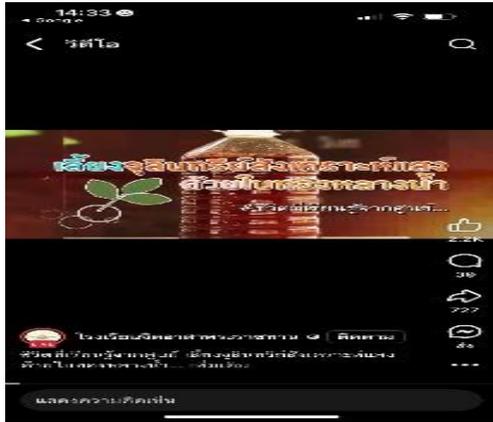
วิธีการขยายเชื้อจากไข่ (พด.15)



ภาพภาคผนวกที่ 3 เอกสารประกอบการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์



ภาพภาคผนวกที่ 4 คลิปวิดีโอจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เผยแพร่ในช่องทางต่าง ๆ ดังนี้ Youtube ช่อง กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สำนักงาน กปร. และ JS100 Radio และ Fanpage facebook โรงเรียนจิตอาสาพระราชทาน และศูนย์ศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้ม อันเนื่องมาจากพระราชดำริ



ภาพภาคผนวกที่ 5 เอกสารประชาสัมพันธ์ และการจัดทำฐานเรียนรู้ในกิจกรรมต่าง ๆ