



กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

รายงานผลสัมฤทธิ์สำหรับทุนสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund)

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

หน่วยงาน กรมวิชาการเกษตร

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาการจัดการธาตุอาหารพืชร่วมกับการใช้ประโยชน์ทรัพยากรชีวภาพจากจุลินทรีย์และชีวมวลในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชปลอดภัย

Research and Development on Utilization of Bioresources from Microbes and Biomass in Crop Nutrient Management to Increase Crop Production Efficiency

หัวหน้าโครงการวิจัย

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี

Suphakarn Luanmanee

ปี 2565

# บทสรุปผู้บริหาร

## 1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

การผลิตพืชอาหารปลอดภัยด้วยแนวทางการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) และการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์เป็นการยกระดับการผลิตและการสร้างมูลค่าเพิ่มให้สินค้าพืชมีคุณภาพได้มาตรฐาน และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ซึ่งการผลิตพืชให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดีนั้น ปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งคือการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสม แต่ประเทศไทยไม่สามารถผลิตปุ๋ยเคมีใช้เองได้ ต้องอาศัยการนำเข้าจากต่างประเทศเฉลี่ยปีละ 5.2 ล้านตัน เป็นมูลค่า 62,663 ล้านบาท และพบว่าปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มราคาเพิ่มสูงขึ้นทุกปี หากไม่มีการแก้ไขอาจส่งผลกระทบต่อเกษตรกรผู้ผลิตได้ ในขณะที่ประเทศไทยมีทรัพยากรชีวภาพที่มีศักยภาพนำมาใช้ประโยชน์เป็นแหล่งธาตุอาหารพืชได้ โดยมีวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ในระบบการผลิตในภาคเกษตรเป็นปริมาณมากถึง 727 ล้านตันต่อปี อีกทั้งกรมวิชาการเกษตรยังเป็นแหล่งรวบรวมเก็บรักษาจุลินทรีย์ดินที่มีศักยภาพสูง เช่น แหนแดง (*Azolla microphylla*) สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ไมคอร์ไรซา และจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต สามารถนำมาพัฒนาสำหรับใช้ในการจัดการธาตุอาหารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชปลอดภัยได้

## 2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากจุลินทรีย์และชีวมวลสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืช
2. เพื่อวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารร่วมกับการใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์และชีวมวลที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชตาม GAP และระบบเกษตรอินทรีย์ที่มีความเฉพาะเจาะจงกับสมบัติของดินในพื้นที่ปลูก

## 3. ระเบียบวิธีวิจัย

ประกอบด้วย 2 โครงการวิจัยย่อย ได้แก่

**1. โครงการวิจัยย่อยที่ 1 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชปลอดภัย** เป็นการศึกษาวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและแหนแดงที่เก็บรวบรวมโดยกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดินมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพเพื่อนำไปใช้ในการจัดการธาตุอาหารพืชและส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในการผลิตพืชผักปลอดภัย ทั้งในระบบการผลิตตามวิธีการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) และการผลิตพืชอินทรีย์ ประกอบด้วย 2 กิจกรรม ได้แก่

1.1 วิจัยและพัฒนาการผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Hapalosiphon* เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชผักปลอดภัย เป็นการศึกษาวิธีการเลี้ยงหัวเชื้อตั้งต้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Hapalosiphon* ในอาหารเหลว BG-11<sub>o</sub> และศึกษาการเลี้ยงขยายปริมาณหัวเชื้อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Hapalosiphon* จากน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่

1.2 วิจัยและพัฒนาการผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากแหนแดงร่วมกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินอัดเม็ดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชผักปลอดภัย เป็นการศึกษาสูตรผลิตภัณฑ์อัดเม็ดโดยการคัดเลือกสารเชื่อมและอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์อัดเม็ดที่มีคุณภาพดี

**2. โครงการวิจัยย่อยที่ 2 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารพืชร่วมกับการใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจุลินทรีย์และชีวมวลในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชปลอดภัย** ประกอบด้วย 3 กิจกรรม ได้แก่

2.1 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารพืชร่วมกับการใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากจุลินทรีย์และชีวมวลในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพดหวาน ตามวิธีปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) และเกษตรอินทรีย์ ที่ปลูกในดินร่วน-ร่วนปนทราย และกลุ่มดินเหนียว-ร่วนเหนียว ดำเนินการวิจัยในแปลงเกษตรกรจังหวัดนครสวรรค์ กาญจนบุรี และราชบุรี

2.2 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารพืชร่วมกับการใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากจุลินทรีย์และชีวมวลในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกระชายตามวิธีปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) และเกษตรอินทรีย์ ที่ปลูกในดินร่วน-ร่วนปนทราย ดำเนินการวิจัยในแปลงเกษตรกรจังหวัดนครปฐม

2.3 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารพืชร่วมกับการใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากจุลินทรีย์และชีวมวลในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกระเจี๊ยบเขียว ตามวิธีปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) ที่ปลูกในดินร่วน-ร่วนปนทราย และกลุ่มดินเหนียว-ร่วนเหนียว ดำเนินการวิจัยในแปลงเกษตรกรจังหวัดนครปฐม และสุพรรณบุรี

## 4. งบประมาณที่ใช้ และระยะเวลาที่ดำเนินงาน

งบประมาณที่ใช้ (ปี 2565) 2,170,370.60 บาท

ระยะเวลาที่ดำเนินงาน เดือน ตุลาคม 2564 ถึง เดือน มีนาคม 2566

## 5. ผลการวิจัย

1. กระบวนการเลี้ยงหัวเชื้อตั้งต้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Hapalosiphon* ในอาหาร BG-11<sub>o</sub> โดยปลูกเชื้อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินให้มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารเหลว BG-11<sub>o</sub> ในถุงพลาสติกขนาด 400 มิลลิลิตร และบ่มเชื้อไว้ใน

สภาพห้องปฏิบัติการที่มีความเข้มแสง 4,000 ลักซ์ อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน ทำให้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีปริมาณที่มีชีวิตสูงเหมาะสมสำหรับการนำไปเลี้ยงขยายในระดับที่ใหญ่ขึ้นอย่างน้อย 10 เท่า

2. กระบวนการเลี้ยงหัวเชื้อตั้งต้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Hapalosiphon* ในอาหารเหลวจากน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่ โดยใช้ น้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เจือจาง 250 เท่า ปริมาตร 3.24 ลิตร ในถุงพลาสติกขนาด 5 ลิตร ใส่หัวเชื้อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินให้มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ (360 มิลลิลิตร) เลี้ยงขยายโดยให้อากาศอย่างต่อเนื่องและได้รับแสงความเข้มแสง 7,000-10,000 ลักซ์ เป็นระยะเวลา 7 วัน ให้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินปริมาณสูงเหมาะสมสำหรับการนำไปเลี้ยงขยายในระดับที่ใหญ่ขึ้นอย่างน้อย 10 เท่า

3. กระบวนการผลิตชีวมวลแห้งและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน พบว่า การให้แม่พันธุ์แห้ง 450 กรัมต่อตารางเมตร ให้ชีวมวลแห้งสูงสุด และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Hapalosiphon* DASH05101 มีศักยภาพในการเจริญเติบโตดีที่สุด และมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูง 5.79 เปอร์เซ็นต์

4. อัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ชีวภาพอัดเม็ดจากแห้งและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน พบว่า การใช้ดินเหนียวที่ผสมสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน 0.02 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเชื่อมผสมกับแห้งสดส่วน 3 ต่อ 7 ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแห้งอัดเม็ดที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

5. สมบัติดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวาน ตำบลพันลาน อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ มีความอุดมสมบูรณ์ระดับปานกลาง ถึงสูง ค่าแนะนำการจืดปุ๋ยเฉพาะพื้นที่สำหรับปลูกข้าวโพดหวานในพื้นที่ที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง คือ 20-30 กิโลกรัม N ต่อไร่, 6 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่ และ 10-20 กิโลกรัม  $K_2O$  ต่อไร่ และในพื้นที่ที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง คือ 15-20 กิโลกรัม N ต่อไร่, 6 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่ และ 10 กิโลกรัม  $K_2O$  ต่อไร่ สมบัติดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานอินทรีย์ ตำบลเขาชะงุ้ม อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี มีความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับปานกลาง-สูง ดินมีความเป็นด่างปานกลาง (pH 8.09-8.15) มีอินทรีย์วัตถุปานกลาง-สูง การปลูกข้าวโพดหวานอินทรีย์แนะนำให้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 2-3 ตันต่อไร่ ส่วนสมบัติดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานอินทรีย์ ตำบลเกาะสำโรง อำเภอเมืองกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี มีความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับปานกลาง อินทรีย์วัตถุค่อนข้างต่ำ ดังนั้นการปลูกข้าวโพดหวานอินทรีย์ แนะนำให้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 3-5 ตันต่อไร่

6. สมบัติดินในพื้นที่ปลูกกระชาย ตำบลทุ่งลูกนก อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับปานกลาง ค่าแนะนำการใช้ปุ๋ยเฉพาะพื้นที่สำหรับปลูกกระชายดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง คือ 18 - 24 กิโลกรัม N ต่อไร่, 5 - 7 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่ และ 24 - 28 กิโลกรัม  $K_2O$  ต่อไร่

7. สมบัติดินในพื้นที่ปลูกกระเจี๊ยบเขียว ตำบลทุ่งลูกนก อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ถึงสูง ค่าแนะนำการจัดการปุ๋ยเฉพาะพื้นที่สำหรับกระเจี๊ยบเขียวที่ปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง คือ 18 - 24 กิโลกรัม N ต่อไร่, 8 - 16 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่ และ 6 - 12 กิโลกรัม  $K_2O$  ต่อไร่ ส่วนดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง คือ 12 - 24 กิโลกรัม N ต่อไร่, 4 - 8 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่ และ 6 กิโลกรัม  $K_2O$  ต่อไร่ ส่วนสมบัติดินในพื้นที่ปลูกกระเจี๊ยบเขียว ตำบลสระยายโสม อำเภออุ้มถ่อง จังหวัดสุพรรณบุรี มีความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับปานกลางถึงสูง ค่าแนะนำการจัดการปุ๋ยเฉพาะพื้นที่สำหรับกระเจี๊ยบที่ปลูกในดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง คือ 18-24 กิโลกรัม N ต่อไร่, 4 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่และ 6-12 กิโลกรัม  $K_2O$  ต่อไร่ ส่วนดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์สูง คือ 18-24 กิโลกรัม N ต่อไร่, 4 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่และ 6 กิโลกรัม  $K_2O$  ต่อไร่

8. ประเมินการปลดปล่อยไนโตรเจนของแห้ง มูลโค มูลไก่แกลบ และปุ๋ยหมักในห้องปฏิบัติการ พบว่า มูลโค มูลไก่แกลบ และปุ๋ยหมัก ปลดปล่อยไนโตรเจนสูงสุดในสัปดาห์แรกหลังการบ่ม ส่วนแห้งแห้งปลดปล่อยไนโตรเจนสูงสุดหลังจาก 2 สัปดาห์ของการบ่ม ซึ่งทั้งแห้งแห้ง มูลโค มูลไก่แกลบ และปุ๋ยหมัก ปลดปล่อยไนโตรเจนได้สูงสุด 20-30 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบ

## 6. ข้อเสนอแนะที่ได้จากงานวิจัย

### 6.1 ข้อเสนอแนะจากผลงานวิจัย

1. การผลิตผลิตภัณฑ์แห้งร่วมกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินอัดเม็ดให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นนั้นอาจจำเป็นต้องหาวัสดุที่มีธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองมาเพิ่มเติมในผลิตภัณฑ์เพื่อให้พืชได้รับธาตุอาหารครบถ้วน

2. การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการจัดการธาตุอาหารพืชควรพิจารณาปัจจัยอื่นของดินว่าอยู่ในระดับที่เหมาะสมหรือไม่ เช่น หากดินมี pH ไม่เหมาะสม ควรปรับปรุงดินด้วยวัสดุปูนทางการเกษตร เช่น ปูนโดโลไมต์ เพื่อยกระดับ pH ของดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมเพื่อมิให้เป็นข้อจำกัดต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารที่ใส่ลงไปดิน

3. การใช้ปุ๋ยคอกโดยเฉพาะอย่างยิ่งมูลวัวที่ไม่ผ่านการหมักอาจทำให้พืชที่ปลูกแสดงอาการขาดไนโตรเจนได้ เนื่องจากมูลวัวโดยทั่วไปมีสัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน (C/N ratio) สูงกว่า 20:1 ดังนั้น หากต้องการใช้มูลวัวเป็นแหล่งของธาตุอาหารพืช ควรใส่คลุกเคล้าลงไปดินทิ้งไว้อย่างน้อย 1 เดือนก่อนปลูกพืช

## 6.2 ข้อเสนอแนะจากผู้วิจัย

1. การศึกษาวิจัยการจัดการธาตุอาหารในการผลิตพืชในแปลงทดลอง ต้องไถเตรียมดินให้พื้นที่ทดลองมีความสม่ำเสมอ และศึกษาสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ทดลองอย่างรอบคอบเพื่อลดผลกระทบที่เกิดจากสภาพภูมิอากาศ เช่น น้ำท่วม หรือฝนทิ้งช่วง ยาวนาน

2. การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปุ๋ยชีวภาพ อาจเกิดการปนเปื้อนของเชื้อระหว่างแปลงทดลองได้ ควรมีการวางแผนการวางผังแปลงอย่างรอบคอบ

## 7. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. กระบวนการเลี้ยงหัวเชื้อตั้งต้นสำหรับสีเขียวแกมน้ำเงินได้นำไปใช้ในการผลิตสารสกัดสำหรับสีเขียวแกมน้ำเงินซึ่งเป็นขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ปี 2566

2. ผลิตภัณฑ์แทนแดงและสำหรับสีเขียวแกมน้ำเงินอัดเม็ดได้นำไปใช้ในการทดลองในกระถางปี 2566

3. การประเมินสมบัติของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวาน กระจ่าง และกระเจี๊ยบเขียว และการประเมินการปลดปล่อยธาตุอาหารของชีวมวล ได้นำไปใช้ในการจัดการธาตุอาหารในการผลิตข้าวโพดหวาน กระจ่าง และกระเจี๊ยบเขียว ซึ่งเป็นขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยปี 2566

4. ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแทนแดงและสำหรับสีเขียวแกมน้ำเงิน และเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารด้วยทรัพยากรชีวภาพจุลินทรีย์และชีวมวลในการผลิตพืชปลอดภัยคาดว่าจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่ปลูกได้ในปี 2568 หลังจากเสร็จสิ้นการดำเนินงานวิจัย

## 8. การเผยแพร่ผลงานวิจัย

ในปี 2565 ยังไม่มีการเผยแพร่ผลงานวิจัย ซึ่งคาดว่าจะดำเนินการเผยแพร่ผลงานวิจัยตามคำรับรองได้ในปี 2567

## บทคัดย่อ

การผลิตพืชอาหารปลอดภัยเป็นการยกระดับการผลิตและการสร้างมูลค่าเพิ่มให้สินค้าพืชมีคุณภาพได้มาตรฐาน และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ซึ่งการผลิตพืชให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดีนั้น ปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งคือการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสม แต่ประเทศไทยไม่สามารถผลิตปุ๋ยเคมีใช้เองได้ ต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศ อาจส่งผลกระทบต่อความมั่นคงด้านอาหารของประเทศได้ จำเป็นต้องหาแหล่งธาตุอาหารทดแทนปุ๋ยเคมี เพื่อให้เกษตรกรไทยสามารถพึ่งพาตนเองได้ โครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากจุลินทรีย์และชีวมวล และ 2. วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารโดยใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์และชีวมวลที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชปลอดภัย

การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากจุลินทรีย์และชีวมวล ได้ผลการศึกษาดังนี้ 1. การปลูกเชื้อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในอาหารเหลว BG-11<sub>0</sub> ให้มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ และบ่มเชื้อไว้ในสภาพห้องปฏิบัติการที่มีความเข้มแสง 4,000 ลักซ์ อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ทำให้อาหารสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีปริมาณที่มีชีวิตสูงสุด เมื่อบ่มเป็นระยะเวลา 7 วัน 2. อาหารเหลวจากน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เจือจาง 250 เท่า มีประสิทธิภาพเทียบเท่าอาหารเหลว BG-11<sub>0</sub> สำหรับการเลี้ยงเชื้อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Hapalosiphon* การเลี้ยงหัวเชื้อตั้งต้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Hapalosiphon* ในอาหารเหลวจากน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เจือจาง 250 เท่า ให้มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ให้อากาศอย่างต่อเนื่อง วางไว้ในที่ร่มที่มีความเข้มแสง 7,000-10,000 ลักซ์ ทำให้อาหารสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถสร้างชีวมวลได้ในปริมาณสูงสุด เมื่อบ่มเป็นระยะเวลา 7 วันในระดับห้องปฏิบัติการ และภายในระยะเวลา 45 วันในสภาพโรงเรือน 3. การขยายชีวมวลแห้งแดง โดยใช้แม่พันธุ์แห้งแดง 450 กรัมต่อตารางเมตร สามารถให้ชีวมวลแห้งแดงสูงสุด ในขณะที่การขยายชีวมวลสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน พบว่า *Hapalosiphon* sp. DASH05101 เป็นสายพันธุ์ที่ให้ชีวมวลสูงสุด และมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูง 5.79 เปอร์เซ็นต์ และ 4. การใช้ดินเหนียวผสมสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน 0.02 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเชื่อม ผสมกับแห้งแดงแห้งสดส่วน 3:7 ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแห้งแดงอัดเม็ดที่มีคุณภาพดี มีการเกาะตัวและแตกตัวดี

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารโดยใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์และชีวมวลที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชปลอดภัย ได้ผลการศึกษาดังนี้ 1. ดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวาน GAP ตำบลพันลาน อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ เนื้อดินเป็นดินร่วนถึงร่วนเหนียวปนทรายแป้ง ปฏิกริยาดินมีความเป็นกรดจัดถึงกรดรุนแรงมาก มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินปานกลางถึงสูง ดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานอินทรีย์ในตำบลเขาชะงุ้ม อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวถึงร่วนเหนียวปนทราย ปฏิกริยาดินเป็นด่างปานกลาง มีความอุดมสมบูรณ์ระดับปานกลางถึงสูง และดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานอินทรีย์ในตำบลเกาะสำโรง อำเภอเมืองกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายถึงร่วนเหนียวปนทราย ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงด่างปานกลาง มีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง 2. ดินในพื้นที่ปลูกกระชายตำบลทุ่งลูกนก อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ดินมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ถึงร่วนเหนียวปนทราย ปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงด่างเล็กน้อย มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำถึงสูง 3. ดินในพื้นที่ปลูกกระเจียวตำบลทุ่งลูกนก อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงด่างปานกลาง มีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง ส่วนสมบัติของดินในพื้นที่ปลูกกระเจียวตำบลสระยายโสม อำเภออุทอง จังหวัดสุพรรณบุรี มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวถึงร่วนเหนียวปนทราย ปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงด่างปานกลาง มีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง 4. การประเมินการปลดปล่อยไนโตรเจนของแห้งแดง มูลโค มูลไก่แกลบ และปุ๋ยหมัก พบว่า มูลโค มูลไก่แกลบ และปุ๋ยหมัก ปลดปล่อยไนโตรเจนได้สูงสุด 20-30 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบ

## Abstract

Safe food production is the practice to enhance crop production quality and added value to increase the country's capacity for competitiveness. One factor that important for increasing yield and its quality is fertilizer management. However, there is no chemical fertilizer production in Thailand, the chemical fertilizer needs to be imported from abroad. This can affect the country's food security. Therefore, it is important to find out nutrient sources for chemical fertilizer substitution to enable Thai farmers to become self-reliant. This research project was aimed to 1. research and development of bio-product from microbes and biomass and 2. research and development of nutrient management technology by using bio-product from microbes and biomass for increasing efficiency of safe crop production.

The results of the research and development of bio-product from microbes and biomass were as follows: 1. The inoculation of initial *Hapalosiphon* at 10% concentration in BG-11<sub>0</sub> culture medium under light intensity at 4,000 lux and temperature at 27°C produced the maximum colony at 7 days of inoculation. 2. The chicken manure compost tea substituting BG-11<sub>0</sub>, 2. The 250-fold diluted chicken manure compost tea was as efficient as BG-11<sub>0</sub> for *Hapalosiphon* culture. the inoculation of 10% *Hapalosiphon* in a 250-fold diluted chicken manure compost tea under the aerated condition at light intensity 7,000-10,000 lux, the number of *Hapalosiphon* reached the maximum colony within 7 days in laboratory condition and 45 days in green house condition. 3. Biomass production of *Azolla* by using starting *Azolla* at a rate of 450 grams per square meter resulted in the highest biomass that could be harvested within 3 weeks. While the biomass production of blue-green algae revealed that the *Hapalosiphon* sp. DASH 05101 produced the highest biomass with a total nitrogen content of 5.79 percent. 4. Pelletizing of bio-product from dried *Azolla* and blue-green algae by mixing clay with *Azolla* at the ratio of 3:7 was the most suitable for adhesion and cracking.

The results of the research and development of nutrient management technology by using bio-product from microbes and biomass for increasing efficiency of safe crop production were as follows: 1. Soil in the sweet corn planting area at Phan Lan Sub-district, Chum Saeng District, Nakhon Sawan Province was loam to silty sandy clay, very acidic, medium to high fertility. Soil in the sweet corn planting area at Khao Cha Nhum Sub-district, Photaram District, Ratchaburi Province was clay loam to sandy clay loam, moderately alkaline, medium to high fertility. Soil in the sweet corn planting area at Ko Samrong Sub-district, Meuang Kanchanaburi District, Kanchanaburi Province was sandy loam to sandy clay loam, moderate acidic to slightly alkaline, moderate fertility. 2. Soil in the Finger root growing area at Thung Luk Nok Sub-district, Kamphaeng Saen District, Nakhon Pathom Province was clay to sandy clay loam, neutral to moderately alkaline, moderate fertility. 3. Soil in Okra growing area at Thung Luk Nok Sub-district, Kamphaeng Saen District, Nakhon Pathom Province was clay to sandy clay loam, neutral to moderately alkaline, moderate to high fertility. Similarly, soil properties in Okra growing areas at Sa Yai Som Sub-district, U Thong District, Suphan Buri Province was clay to sandy clay loam, neutral - moderately alkaline, moderate to high fertility. 4. Evaluation of nitrogen release of organic materials i.e., *Azolla*, cow manure, chicken manure and compost showed that the organic materials released available nitrogen ranging from 20 to 30 percent of the total nitrogen constituents.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สนับสนุนงานมูลฐาน (fundamental fund) สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และได้รับการสนับสนุนด้านโครงสร้างพื้นฐาน ห้องปฏิบัติการ ครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์ และยานพาหนะสำหรับการปฏิบัติงานวิจัยจากกรมวิชาการเกษตร และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณเกษตรกรเจ้าของพื้นที่ที่เอื้อเฟื้อให้ความอนุเคราะห์พื้นที่สำหรับการปฏิบัติงานวิจัย

กรมวิชาการเกษตร

## สารบัญ

	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	2
บทคัดย่อ	5
Abstract	6
กิตติกรรมประกาศ	7
สารบัญ	8
สารบัญภาพ	9
สารบัญตาราง	10
บทที่ 1 บทนำ	12
บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน	15
บทที่ 3 ผลการศึกษา	17
บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล	31
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	35

กรมวิชาการเกษตร



## สารบัญภาพ

	หน้า	
ภาพที่ 1	อัตราการใช้แม่พันธุ์แทนแดงต่อปริมาณชีวมวลแทนแดงที่ระยะเวลาต่าง ๆ	21
ภาพผนวกที่ 1	การบ่มหัวเชื้อตั้งต้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในถุงพลาสติกซิปลสภาพห้องปฏิบัติการ	44
ภาพผนวกที่ 2	ความหนาแน่นของเซลล์สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเมื่อเพาะเลี้ยงในน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เจือจาง 250 เท่า ที่ระยะเวลา 0 วัน (ก) และที่ระยะเวลา 7 วัน (ข)	44
ภาพผนวกที่ 3	การเลี้ยงขยายชีวมวลสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินโดยใช้น้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เจือจาง 250 เท่า และ อาหารเหลว BG-11 <sub>0</sub> ในถังพลาสติกขนาด 18.9 ลิตร ในสภาพโรงเรือน	44
ภาพผนวกที่ 4	เปรียบเทียบการเจริญของแทนแดงเมื่อโตเต็มพื้นน้ำ (ก) และแทนแดงเมื่อขยายตัวเพิ่มขึ้นเต็มพื้นที่จนต้นตัวขึ้นเป็นลอนลูกฟูกในแนวตั้ง (ข)	45
ภาพผนวกที่ 5	ผลจากการใช้แทนแดงอัตราเริ่มต้นต่ำทำให้เกิดช่องว่างระหว่างต้นแทนแดงและมีสาหร่ายเกิดขึ้น	45
ภาพผนวกที่ 6	เปรียบเทียบการเจริญเติบโตและการสร้างชีวมวลของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสายพันธุ์ <i>Hapalosiphon</i> sp. DASH 05101 (ซ้าย) และสายพันธุ์ <i>Scytonema</i> sp. DASH 07101(ขวา)	45
ภาพผนวกที่ 7	เปรียบเทียบลักษณะของแทนแดงอัดเม็ดที่สัดส่วนต่างๆ	46
ภาพผนวกที่ 8	เปรียบเทียบการแตกตัวในน้ำของแทนแดงอัดเม็ดที่สัดส่วนต่างๆ ที่ระยะเวลาเท่ากัน	46
ภาพผนวกที่ 9	การปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนจากการบ่มปุ๋ยหมักในดินร่วน และดินร่วนเหนียว	47
ภาพผนวกที่ 10	การปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนจากการบ่มมูลวัวในดินร่วน	47
ภาพผนวกที่ 11	การปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนจากการบ่มมูลไก่กลับในดินร่วน	48
ภาพผนวกที่ 12	การปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนจากการบ่มแทนแดงแห้ง (AZ) มูลวัว (CM) และแทนแดงแห้งผสมมูลวัว (AZ+CM) ในดินร่วน	48

# สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีชีวิตทั้งหมดในอาหารเหลว BG-11 <sub>0</sub> ที่ระยะเวลาต่างๆ ในสภาพห้องปฏิบัติการ	17
ตารางที่ 2	สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักมูลไก่	18
ตารางที่ 3	ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เจือจางที่อัตราส่วนต่าง ๆ	18
ตารางที่ 4	สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตร BG-11 <sub>0</sub> และน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เจือจาง	18
ตารางที่ 5	ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีชีวิตทั้งหมดในน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เจือจางที่ระยะเวลาต่างๆ	19
ตารางที่ 6	ปริมาณน้ำหนักราก น้ำหนักแห้ง และไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบในเซลล์สาหร่ายเมื่อเพาะเลี้ยงด้วยน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เจือจาง และอาหารเหลวสูตร BG-11 <sub>0</sub>	19
ตารางที่ 7	ประสิทธิภาพการผลิตชีวมวลสดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเมื่อเพาะเลี้ยงด้วยน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เจือจางเปรียบเทียบกับอาหารเหลวสูตร BG-11 <sub>0</sub>	19
ตารางที่ 8	ต้นทุนค่าอาหารเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	19
ตารางที่ 9	ลักษณะของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสายพันธุ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษา	20
ตารางที่ 10	น้ำหนักแห้งและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสายพันธุ์ต่างๆ ที่เลี้ยงในอาหารเหลวสูตร BG-11 <sub>0</sub> ระยะเวลา 30 วัน	21
ตารางที่ 11	ความแข็งของแหนแดงอัดเม็ดที่สัดส่วนต่างๆ (kg/cm <sup>2</sup> )	21
ตารางที่ 12	สมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์แหนแดงร่วมกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินอัดเม็ด	22
ตารางที่ 13	สมบัติดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวาน GAP ต.พันลาน อ.ชุมแสง จ.นครสวรรค์	22
ตารางที่ 14	สมบัติดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานอินทรีย์ ต.เขาชะงุ้ม อ.โพธาราม จ.ราชบุรี	23
ตารางที่ 15	สมบัติดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานอินทรีย์ อ.เมืองกาญจนบุรี จ.กาญจนบุรี	23
ตารางที่ 16	สมบัติดินในพื้นที่ปลูกกระชาย GAP ต.ทุ่งลูกนก อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม	24
ตารางที่ 17	สมบัติดินในพื้นที่ปลูกกระชายอินทรีย์ ต.ทุ่งลูกนก อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม	24
ตารางที่ 18	สมบัติดินในพื้นที่ปลูกกระเจี๊ยบเขียว GAP ต.ทุ่งลูกนก อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม	25
ตารางที่ 19	สมบัติดินในพื้นที่ปลูกกระเจี๊ยบเขียว GAP ต.สรรพยา โสม อ.อุทัย จ.สุพรรณบุรี	25
ตารางที่ 20	ปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนของชีวมวลชนิดต่าง ๆ	26
ตารางผนวกที่ 1	รายละเอียดเกณฑ์คะแนนการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน	35
ตารางผนวกที่ 2	สมบัติทางกายภาพของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. แปลงเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดหวาน GAP และข้าวโพดหวานอินทรีย์	35
ตารางผนวกที่ 3	สมบัติทางเคมีของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. แปลงเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดหวาน GAP และข้าวโพดหวานอินทรีย์	36
ตารางผนวกที่ 4	ผลการประเมินสมบัติดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวาน	37

## สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางผนวกที่ 5	คำแนะนำการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่สำหรับปลูกข้าวโพดหวาน GAP และข้าวโพดหวานอินทรีย์	38
ตารางผนวกที่ 6	สมบัติทางกายภาพของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. แปลงเกษตรกรผู้ปลูกกระชาย ตำบลทุ่งลูกนก อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	39
ตารางผนวกที่ 7	สมบัติทางเคมีของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. แปลงเกษตรกรผู้ปลูกกระชาย ตำบลทุ่งลูกนก อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	39
ตารางผนวกที่ 8	ผลการประเมินสมบัติดินในพื้นที่ปลูกกระชาย ตำบลทุ่งลูกนก อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	40
ตารางผนวกที่ 9	คำแนะนำการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่สำหรับปลูกกระชาย GAP และกระชายอินทรีย์	40
ตารางผนวกที่ 10	สมบัติทางกายภาพของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. แปลงเกษตรกรผู้ปลูกกระเจี๊ยบเขียว GAP	41
ตารางผนวกที่ 11	สมบัติทางเคมีของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. แปลงเกษตรกรผู้ปลูกกระเจี๊ยบเขียว GAP	41
ตารางผนวกที่ 12	ผลการประเมินสมบัติดินในพื้นที่ปลูกกระเจี๊ยบเขียว GAP	42
ตารางผนวกที่ 13	คำแนะนำการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่สำหรับปลูกกระเจี๊ยบเขียว GAP	42
ตารางผนวกที่ 14	สมบัติของดินที่ใช้ศึกษาการปลดปล่อยธาตุอาหารของชีวมวลในห้องปฏิบัติการ	43
ตารางผนวกที่ 15	สมบัติของชีวมวลที่ใช้ในการทดลอง	43

## บทที่ 1 บทนำ

### 1. วิสัยทัศน์ และพันธกิจของหน่วยงาน

#### วิสัยทัศน์

กรมวิชาการเกษตรเป็นองค์กรที่เป็นเลิศด้านการวิจัยและพัฒนาด้านพืช เครื่องจักรกลการเกษตร และเป็นศูนย์กลางรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรด้านพืชในระดับสากล บนพื้นฐานการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

#### พันธกิจ

1. สร้างและถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยด้านพืชและเครื่องจักรกลการเกษตรสู่กลุ่มเป้าหมาย
2. กำหนดและกำกับดูแลมาตรฐานระบบการผลิตและผลิตภัณฑ์พืชและปัจจัยการผลิต พัฒนาระบบตรวจรับรองสินค้าเกษตรด้านพืชให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล
3. อนุรักษ์และพัฒนาการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพด้านพืช แมลง และจุลินทรีย์
4. กำกับ ดูแล และพัฒนากฎหมายที่กรมวิชาการเกษตรรับผิดชอบ

### 2. ยุทธศาสตร์ชาติที่สอดคล้องกับแผนปฏิบัติงานด้าน ววน. ของหน่วยงาน

#### ยุทธศาสตร์ที่ 1 ด้านความมั่นคง

เพื่อบริหารจัดการสภาวะแวดล้อมของประเทศให้มีความมั่นคง ปลอดภัย และมีความสงบเรียบร้อยในทุกระดับและทุกมิติ

#### ยุทธศาสตร์ที่ 2 ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน

เน้นการยกระดับศักยภาพในหลากหลายมิติควบคู่กับการขยายโอกาสของประเทศไทยในเวทีโลก

#### ยุทธศาสตร์ที่ 3 ด้านพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์

คนไทยในอนาคต มีความพร้อมทั้งกาย ใจ สติปัญญา มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 มีทักษะสื่อสารภาษาอังกฤษและภาษาที่ 3 และมีคุณธรรม

#### ยุทธศาสตร์ที่ 4 ด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม

สร้างความเป็นธรรม และลดความเหลื่อมล้ำในทุกมิติ กระจายศูนย์กลางความเจริญทางเศรษฐกิจและสังคม เพิ่มโอกาสให้ทุกภาคส่วนเข้ามาเป็นกำลังของการพัฒนาประเทศในทุกระดับ

#### ยุทธศาสตร์ที่ 5 ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำนึงถึงความยั่งยืนของฐานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของประชาชนให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผ่านมาตรการต่างๆ ที่มุ่งเน้นให้เกิดผลลัพธ์ต่อความยั่งยืน

#### ยุทธศาสตร์ที่ 6 ด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ

การปรับเปลี่ยนภาครัฐ ยึดหลัก “ภาครัฐของประชาชนเพื่อประชาชนและประโยชน์ส่วนรวม”

### 3. วงเงินงบประมาณกองทุน ววน. ที่ได้รับจัดสรรในปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 รวม 2,505,890 บาท และโปรดระบุแผนงานให้สอดคล้องกับโปรแกรมของแผน ววน.

โปรแกรมตามแผน ววน.	ชื่อโครงการภายใต้แผนงานวิจัย	งบประมาณ (บาท)
โปรแกรม 10b ยกกระดับความสามารถการแข่งขันและวางรากฐานทางเศรษฐกิจเพื่อการพึ่งพาตนเองในระดับประเทศในเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (BCG)	1. วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชปลอดภัย	466,420
	2. วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารพืช ร่วมกับการใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจุลินทรีย์และชีวมวลในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชปลอดภัย	2,039,470
<b>รวมทั้งสิ้น</b>		<b>2,505,890</b>

#### 4. รายละเอียดแผนงาน

##### ที่มาและความสำคัญ/หลักการและเหตุผล

การผลิตพืชอาหารปลอดภัยด้วยแนวทางการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) และการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์เป็นการยกระดับการผลิตและการสร้างมูลค่าเพิ่มให้สินค้าพืชมีคุณภาพได้มาตรฐานและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ซึ่งการผลิตพืชให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดีนั้น ปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งคือการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสม แต่ประเทศไทยไม่สามารถผลิตปุ๋ยเคมีใช้เองได้ ต้องอาศัยการนำเข้าจากต่างประเทศเฉลี่ยปีละ 5.2 ล้านตัน เป็นมูลค่า 62,663 ล้านบาท และพบว่าปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มราคาเพิ่มสูงขึ้นทุกปี หากไม่มีการแก้ไขอาจส่งผลกระทบต่อเกษตรกรผู้ผลิตได้ ในขณะที่ประเทศไทยมีทรัพยากรชีวภาพที่มีศักยภาพนำมาใช้ประโยชน์เป็นแหล่งธาตุอาหารพืชได้ โดยมีวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ในระบบการผลิตในภาคเกษตรเป็นปริมาณมากถึง 727 ล้านตันต่อปี อีกทั้งกรมวิชาการเกษตรยังเป็นแหล่งรวบรวมเก็บรักษาจุลินทรีย์ดินที่เป็นทรัพยากรชีวภาพที่มีศักยภาพสูงสามารถนำมาพัฒนาเป็นปุ๋ยชีวภาพและสารเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ เช่น **แหนแดง (*Azolla microphylla*)** ซึ่งปรับปรุงพันธุ์โดยการฉายรังสีให้มีปริมาณไนโตรเจนสูง 4-5 เปอร์เซ็นต์ สามารถขยายพันธุ์และสร้างชีวมวลได้อย่างรวดเร็ว **สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Hapalosiphon sp.*** ซึ่งมีกรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูงและหลากหลายชนิด ช่วยกระตุ้นให้พืชดูดใช้ธาตุอาหาร ทนทานต่อสภาวะเครียดทางกายภาพ รวมถึงเพิ่มคุณภาพผลผลิตพืช **ราอาร์บัสคูลาไมคอร์ไรซา *Glomus sp.*** ซึ่งสร้างเส้นใยอยู่บริเวณรอบรากพืชและเข้าไปเจริญอยู่ในเซลล์รากพืชช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพการใช้น้ำและธาตุอาหารของพืช และ **จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต *Penicillium pinophilum*** ซึ่งมีความสามารถในการละลายสารประกอบฟอสเฟตอนินทรีย์และอินทรีย์ได้สูง สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ซึ่งจะช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสเฟอรัส ซึ่งทรัพยากรชีวภาพเหล่านี้จะเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการวิจัยและพัฒนาการจัดการธาตุอาหารในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชปลอดภัยตามมาตรฐาน GAP และเกษตรอินทรีย์ได้

ดังนั้น จึงมีแนวความคิดพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากแหนแดงและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเพื่อใช้เสริมสร้างการเจริญเติบโตของพืช ยกระดับผลผลิต ลดการพึ่งพาปุ๋ยเคมี และพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารพืชโดยใช้ทรัพยากรชีวภาพจากจุลินทรีย์ร่วมกับชีวมวลในภาคเกษตร ในการผลิตพืชผักเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ ข้าวโพดหวาน กระชาย และกระเจี๊ยบเขียว ซึ่งข้าวโพดหวานมีการส่งออกเป็นอันดับ 1 ของอาเซียน ในปี 2562 มีการส่งออกข้าวโพดหวานในรูปของการแปรรูปเป็นข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องและข้าวโพดหวานแช่แข็งเป็นปริมาณ 233,528 ตัน คิดเป็นมูลค่า 6,762 ล้านบาท ในขณะที่กระชายเป็นเครื่องเทศและสมุนไพรที่สำคัญ โดยมีสารแพนดูราทินเอ (Panduratin A) และพินอสโตรบิน (Pinostrobin) ที่สามารถยับยั้งเชื้อไวรัส Covid-19 และไม่เป็นพิษต่อเซลล์ ทำให้มีการศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์จากสารสกัดจากกระชายในเชิงพาณิชย์ที่ได้มาตรฐานเป็นที่ยอมรับในระดับประเทศและสากล ส่วนกระเจี๊ยบเขียวเป็นพืชส่งออกที่สำคัญ โดยมีการส่งออกกระเจี๊ยบเขียวฝักสดหรือแช่เย็น 2,911 ตัน คิดเป็นมูลค่า 236.8 ล้านบาท และกระเจี๊ยบเขียวแช่แข็ง 2,010 ตัน คิดเป็นมูลค่า 148 ล้านบาท โดยประเทศญี่ปุ่นมีการนำเข้ากระเจี๊ยบเขียวจากไทยมูลค่าสูงถึง 322.4 ล้านบาท แยกเป็นกระเจี๊ยบเขียวฝักสดหรือแช่เย็น 177 ล้านบาท และกระเจี๊ยบเขียวแช่แข็ง 145.4 ล้านบาท

การดำเนินงานวิจัยภายใต้แผนงานนี้สอดคล้องกับเป้าประสงค์และตัวชี้วัดเป้าหมายภายใต้แผนปฏิบัติการด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมของกรมวิชาการเกษตร ประเด็นที่ 2 ยกระดับการผลิตและการสร้างมูลค่าเพิ่มให้สินค้าเกษตรด้านพืชมีคุณภาพได้มาตรฐาน และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน สอดคล้องกับแผนปฏิบัติการด้านวิจัยและนวัตกรรม กรมวิชาการเกษตร ปี 2564-2569 ตามมาตรการที่ 2 การวิจัยและพัฒนาาระบบนวัตกรรมเพื่อยกระดับมาตรฐานการผลิตพืชและผลิตภัณฑ์สู่เกษตรปลอดภัย กรอบวิจัยที่ 2.1.1 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมการผลิตพืชปลอดภัยที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและยั่งยืน และสอดคล้องกับทิศทางการดำเนินงานวิจัยกรมวิชาการเกษตรในระยะเวลา 3 ปี (พ.ศ. 2565-2567) ประเด็นที่ 1 งานวิจัยรองรับและสนับสนุนการขับเคลื่อนประเทศด้วยโมเดลเศรษฐกิจ BCG ทั้งในด้านที่ 1.1 เศรษฐกิจชีวภาพ โดยการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากทรัพยากรชีวภาพจุลินทรีย์และชีวมวล ด้านที่ 1.2 เศรษฐกิจหมุนเวียน โดยการนำชีวมวลในภาคเกษตรมาใช้ประโยชน์ในการจัดการธาตุอาหารพืช และด้านที่ 1.3 เศรษฐกิจสีเขียว โดยการนำทรัพยากรชีวภาพจุลินทรีย์และชีวมวลมาใช้ในการจัดการธาตุอาหารพืชเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืช ลดความเสี่ยงของทรัพยากรดิน และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

##### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากจุลินทรีย์และชีวมวลสำหรับการใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืช
2. เพื่อวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารร่วมกับการใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์และชีวมวลที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชตาม GAP และระบบเกษตรอินทรีย์ที่มีความเฉพาะเจาะจงกับสมบัติของดินในพื้นที่ปลูก

## ขอบเขตการศึกษา

1. วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพ โดยนำสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและແຫນແຫງທີ່เก็บรวบรวมโดยกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดินมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพเพื่อนำไปใช้ในการจัดการธาตุอาหารพืชและส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในการผลิตพืชผักปลอดภัย ทั้งในวิธีการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) และระบบการผลิตพืชอินทรีย์

2. วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารพืชร่วมกับการใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจุลินทรีย์และชีวมวลในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชปลอดภัย ดำเนินการวิจัยการจัดการธาตุอาหารสำหรับข้าวโพดหวาน GAP ที่ปลูกในพื้นที่ดินเหนียว-ร่วนเหนียว และดินร่วน-ร่วนปนทราย จังหวัดนครสวรรค์ การจัดการธาตุอาหารสำหรับข้าวโพดหวานอินทรีย์ที่ปลูกในพื้นที่ดินเหนียว-ร่วนเหนียว จังหวัดราชบุรี และในดินร่วน-ร่วนปนทราย จังหวัดกาญจนบุรี การจัดการธาตุอาหารสำหรับกระชาย GAP และเกษตรอินทรีย์ ที่ปลูกในพื้นที่ดินร่วน-ร่วนปนทราย จังหวัดนครปฐม และการจัดการธาตุอาหารสำหรับกระเจี๊ยบเขียว GAP ที่ปลูกในพื้นที่ดินร่วน-ร่วนปนทราย จังหวัดนครปฐม และพื้นที่ดินเหนียว-ร่วนเหนียว จังหวัดสุพรรณบุรี การจัดการธาตุอาหารในการผลิตพืชตาม GAP มีการจัดการปุ๋ยแบบผสมผสานโดยใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์และผลิตภัณฑ์ชีวภาพจุลินทรีย์ ในขณะที่การจัดการธาตุอาหารในการผลิตพืชอินทรีย์มีการใช้ชีวมวลร่วมกับผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพ

## นิยามศัพท์

1. การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practices: GAP) หมายถึง แนวทางในการทำการเกษตร เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดี และปลอดภัย ตามมาตรฐานที่กำหนด โดยกระบวนการผลิตจะต้องปลอดภัยต่อเกษตรกรและผู้บริโภค ปราศจากการปนเปื้อนของสารเคมี ไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม มีการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด ได้ผลผลิตสูง คุ่มค่าแก่การลงทุน การผลิตตามมาตรฐาน GAP ก่อให้เกิดความยั่งยืนทางการเกษตร สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม

2. การเกษตรอินทรีย์ หมายถึง ระบบการจัดการการผลิตด้านการเกษตรแบบองค์รวมที่เกื้อหนุนต่อระบบนิเวศ รวมถึงความหลากหลายทางชีวภาพ คำนึงถึงความปลอดภัยและความสมดุลทุกองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องในการทำการเกษตร ตั้งแต่ผู้ผลิต ผู้บริโภค ทรัพยากรธรรมชาติ ระบบนิเวศน์ และสภาพแวดล้อม โดยเน้นการใช้วัสดุธรรมชาติภายในฟาร์มหมุนเวียน หลากหลาย คุ่มค่า เกิดประโยชน์สูงสุด ลดการนำเข้าปัจจัยการผลิตจากภายนอก หลีกเลี่ยงการใช้สารที่ได้จากการสังเคราะห์ และไม่ใช้พืช สัตว์ หรือจุลินทรีย์ที่ได้มาจากเทคนิคการตัดแปรพันธุกรรมหรือผ่านการฉายรังสี มีการจัดการกับผลิตภัณฑ์โดยเน้นการแปรรูปด้วยความระมัดระวัง เพื่อรักษาสภาพการเป็นอินทรีย์และคุณภาพที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ในทุกขั้นตอน

3. ชีวมวล หมายถึง วัสดุอินทรีย์ที่ได้จากเศษซากพืช วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มูลสัตว์ ปุ๋ยหมัก แຫນແຫງ

4. ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจุลินทรีย์ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตรที่สามารถสร้างธาตุอาหาร ช่วยให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์ต่อพืช และเสริมสร้างการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ราเอนโคโตไมคอร์ไรซา จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

5. การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน หมายถึง การใช้ปุ๋ยให้ตรงตามระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินและความต้องการของพืช ที่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

6. การปลดปล่อยธาตุอาหารของชีวมวล หมายถึง การปลดปล่อยไนโตรเจนของวัสดุอินทรีย์ชนิดต่างๆ

7. เกษตรกร หมายถึง ผู้ประกอบอาชีพในการทำไร่ ทำสวน ทำนา หรือเลี้ยงสัตว์

8. การขยายผลเทคโนโลยี หมายถึง กระบวนการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่เป้าหมายที่เพิ่มขึ้น



## บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน

### 2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชปลอดภัย มีวิธีการดำเนินงานดังนี้

1.1 การเลี้ยงหัวเชื้อตั้งต้นสำหรับเชื้อยีสต์ในอาหารเหลว BG-11<sub>0</sub> ในระดับห้องปฏิบัติการ ใช้อาหารเหลวที่ปราศจากไนโตรเจนสังเคราะห์สูตร BG-11<sub>0</sub> เป็นแหล่งอาหาร ตามวิธีของ Allen and Arnon (1955) และเติมผงวุ้นความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ กวนให้เข้ากันจากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส แรงดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที เมื่ออาหารเหลวเย็นลง แบ่งอาหาร 324 มิลลิลิตร ใส่ถุงพลาสติกซิปปริมาตร 400 มิลลิลิตร พร้อมปลุกเชื้อให้มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้หัวเชื้อ 36 มิลลิลิตร จากนั้นทดสอบระยะเวลาการบ่มเชื้อที่เหมาะสมสำหรับการผลิตหัวเชื้อตั้งต้นสำหรับเชื้อยีสต์ในอาหารเหลว โดยนำถุงอาหารที่ปลุกเชื้อแล้วไปบ่มภายใต้สภาพควบคุมแสงที่ความเข้มแสงประมาณ 4,000 ลักซ์ และอุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่าง ๆ วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 5 ซ้ำ 9 กรรมวิธีตามระยะเวลาการบ่มเชื้อ ได้แก่ 0 7 14 21 30 45 60 90 และ 120 วัน บันทึกข้อมูลปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีชีวิตในถุงอาหารเหลว โดยวิธี Dilution Plate เมื่อบ่มเชื้อที่ระยะเวลาต่างๆ และคัดเลือกระยะเวลาการบ่มเชื้อที่เหมาะสมสำหรับการผลิตหัวเชื้อตั้งต้นสำหรับเชื้อยีสต์ในอาหารเหลวเพื่อเลี้ยงขยายในข้อ 2 ต่อไป

1.2 ศึกษาวิธีการเลี้ยงหัวเชื้อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Hapalosiphon* ในอาหารเหลวจากน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่ในระดับห้องปฏิบัติการ นำปุ๋ยหมักมูลไก่ที่คัดเลือกได้มาวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม และธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียมและแมกนีเซียม เพื่อทราบปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ จากนั้นนำปุ๋ยหมักมูลไก่มาเจือจางด้วยน้ำจนได้อัตราส่วนการเจือจางที่ไม่มีปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ (ปราศจากไนโตรเจน) นำน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่ที่คัดเลือกได้มาวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ แคลเซียมและแมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ เพื่อทราบองค์ประกอบของธาตุอาหารในอาหารเหลวจากน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่ และทดสอบระยะเวลาการเพาะเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมสำหรับการผลิตหัวเชื้อตั้งต้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเพื่อเลี้ยงขยายในสภาพโรงเรือน ทำการเตรียมอาหารเหลวจากปุ๋ยหมักมูลไก่ โดยนำปุ๋ยหมักมูลไก่แห้งที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้วมาเจือจางด้วยน้ำในอัตราส่วนที่คัดเลือกได้ กรองน้ำปุ๋ยหมักด้วยผ้ากรองแพลกกรองขนาด 30 ไมครอน บรรจุน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่ปริมาตร 3,240 มิลลิลิตร ลงในถุงพลาสติกขนาด 5,000 มิลลิลิตร และนำหัวเชื้อตั้งต้นจากข้อ 1 (360 มิลลิลิตร) ปลุกเชื้อลงในถุงอาหาร โดยให้มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ นำไปเลี้ยงขยายในสภาพที่ร่ม ที่มีความเข้มแสงประมาณ 7,000-10,000 ลักซ์ ได้รับแสงนาน 12 ชั่วโมงต่อวันและเติมอากาศด้วยปั๊มลมอย่างต่อเนื่อง วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ซ้ำ 7 กรรมวิธี คือ เลี้ยงขยายเชื้อที่ระยะเวลา 0 7 14 21 30 45 และ 60 วัน บันทึกข้อมูลปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีชีวิตในถุงอาหารเหลว โดยวิธี Dilution Plate เมื่อเลี้ยงเชื้อที่ระยะเวลาต่างๆ และคัดเลือกระยะเวลาการเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมสำหรับการผลิตหัวเชื้อตั้งต้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเพื่อเลี้ยงขยายในถังพลาสติกขนาด 18.9 ลิตร ต่อไป โดยซังปุ๋ยหมักมูลไก่แห้งที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วตามอัตราส่วนการเจือจางที่กำหนด นำมาละลายด้วยน้ำและกรองผ่านผ้ากรองแพลกกรองขนาด 30 ไมครอน บรรจุน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่ปริมาตร 14.4 ลิตร ใส่ถังพลาสติกและปลุกเชื้อลงในอาหารให้มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ (1.60 ลิตร) นำไปเลี้ยงขยายในสภาพที่ร่มที่มีความเข้มแสงประมาณ 7,000-10,000 ลักซ์ ได้รับแสงนาน 12 ชั่วโมงต่อวัน เติมอากาศด้วยปั๊มลมอย่างต่อเนื่อง เปรียบเทียบกับการเลี้ยงด้วยอาหารเหลวปราศจากไนโตรเจนสูตร BG-11<sub>0</sub> ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของวิธีทดลองโดยใช้ t-test มี 10 ซ้ำ 2 กรรมวิธี คือ 1. เลี้ยงขยายด้วยน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่ และ 2. เลี้ยงขยายด้วยอาหารเหลวปราศจากไนโตรเจน สูตร BG-11<sub>0</sub> บันทึกข้อมูลน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณไนโตรเจนของชีวมวลสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่ระยะเวลาการเลี้ยง 45 วัน และคำนวณต้นทุนการผลิตเมื่อเพาะเลี้ยงด้วยน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่และอาหารเหลวปราศจากไนโตรเจนสูตร BG-11<sub>0</sub>

#### 1.3 ศึกษาการผลิตชีวมวลแห้งและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

ผลิตชีวมวลแห้งโดยเตรียมแม่พันธุ์แห้งสำหรับใช้เพาะขยายแห้งในกระชัง โดยเฉพาะเลี้ยงแม่พันธุ์แห้งในบ่อแม่พันธุ์ที่มีตาข่ายกันแมลง ใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมในสารละลายดินเพื่อให้แห้งเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและแข็งแรง จากนั้นนำไปขยายในบ่อขยายพันธุ์ต่อไป

คัดเลือกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีศักยภาพในการเจริญเติบโตได้ดีและสร้างไนโตรเจนได้ดีจากแหล่งรวบรวมสายพันธุ์ของกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ 1) *Hapalosiphon sp.* DASH 05101 2) *Anabaena sp.* DASH 01101 3) *Nostoc sp.* DASH 06143 4) *Calothrix sp.* DASH 02101 และ 5) *Stigonema sp.* DASH 09101 โดยเฉพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณในอาหารเลี้ยงเชื้อปราศจากไนโตรเจนสูตร BG-11<sub>0</sub> ในสภาพห้องปฏิบัติการที่ควบคุมอุณหภูมิและแสง เมื่อสาหร่ายเจริญเติบโตที่ระยะเวลา 45 วัน บันทึกข้อมูล น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในเซลล์สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

คัดเลือกสายพันธุ์โดยการเปรียบเทียบสายพันธุ์ที่เจริญเติบโตดีให้น้ำหนักแห้งสูงและปริมาณไนโตรเจนสูงสำหรับใช้เป็นเชื้อพันธุ์ในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่อไป

**1.4 ศึกษาสูตรผลิตภัณฑ์แห้งและสารยาสีเขียวแอมโมเนียม** ทดลองผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์แห้งร่วมกับสารยาสีเขียวแอมโมเนียม โดยใช้แห้งแห้ง 4 อัตราคือ 5 10 15 และ 20 กรัม เซลล์สารยาสีเขียวแอมโมเนียม 3 อัตรา คือ 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ วางแผนการทดลองแบบ CRD 5 ซ้ำ จากนั้นนำกรรมวิธีที่ดีที่สุดมาทำการปั้นเม็ดโดยใช้สารเชื่อม (cementing agent) 2 ชนิด คือ เช่น ดินเหนียว และแป้งมัน ทดสอบค่าเฉลี่ยของวิธีทดลองโดยใช้ t-test 10 ซ้ำ ทำการขึ้นรูปอัดเม็ดและนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบความแกร่งของเม็ด และการแตกตัวของผลิตภัณฑ์ วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในผลิตภัณฑ์สูตรต่างๆ และคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมไปทำการทดสอบกับพืช บันทึกข้อมูลน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในเซลล์สารยาสีเขียวแอมโมเนียม ปริมาณธาตุอาหารพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม pH EC ในผลิตภัณฑ์อัดเม็ด

**2. วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารพืชร่วมกับการใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจุลินทรีย์และชีวมวลในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชปลอดภัย** มีวิธีการดำเนินงานดังนี้

**2.1 ศึกษาสมบัติของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวาน กระจาย และกระเจียบเขียว** โดยสำรวจเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานจังหวัดนครสวรรค์ ราชบุรี และกาญจนบุรี พื้นที่ปลูกกระจายในจังหวัดนครปฐม และพื้นที่ปลูกกระเจียบเขียวในจังหวัดนครปฐม และสุพรรณบุรี นำไปวิเคราะห์สมบัติดินทางกายภาพและเคมี จากนั้นประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (soil fertility level) ตามเกณฑ์**กองสำรวจดิน (2523)** ดังแสดงใน**ตารางผนวกที่ 1** โดยใช้คะแนนรวมจากข้อมูลค่าวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และลักษณะเนื้อดิน และประเมินการจัดการดินและปุ๋ยเฉพาะพื้นที่ในการผลิตข้าวโพดหวาน กระจายและกระเจียบเขียว ตาม**กรมวิชาการเกษตร (2553)**

**2.2 ศึกษาพฤติกรรมการปลดปล่อยธาตุอาหารของชีวมวล** เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยมูลไก่ และแห้งแห้งที่นำมาใช้ในการทดลอง ดำเนินการบ่มชีวมวลแต่ละชนิด ได้แก่ ปุ๋ยหมัก มูลวัว มูลไก่แกลบ แห้งแห้งผสมมูลวัว และแห้งแห้งในดินร่วน ดินร่วนปนทราย ดินร่วนเหนียว ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยการซังดินที่บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร 10 กรัม ใส่ลงในขวดพลาสติกขนาด 120 มิลลิลิตร ซังชีวมวล 0.2 กรัม ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากับดินแล้วเติมน้ำกลั่นเพื่อปรับความชื้นให้ได้ 60 เปอร์เซ็นต์ของความจุอุ้มน้ำของดิน ปิดฝานำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 14, 28, 42, 56, 77, 98, 119, 168, 217 และ 266 วัน (Antil et al., 2011) เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ที่ปลดปล่อยออกมาจากวัสดุอินทรีย์ นำขวดตัวอย่างที่บ่มในแต่ละระยะ มาสกัดด้วยสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2 โมลาร์ (2M KCl) นำสารละลายที่สกัดได้ ไปวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียม ( $\text{NH}_4^+$ ) และไนเตรท ( $\text{NO}_3^-$ ) โดยวิธีกลั่นด้วยไอน้ำ (Keeney, 1982) และในแต่ละสัปดาห์นำขวดตัวอย่างที่เหลือมาชั่งตรวจสอบความชื้นที่สูญหายไป และเติมน้ำกลั่น เพื่อรักษาความชื้นให้คงอยู่เท่าระดับเดิม

## 2.2 การปรับแผนงบประมาณระหว่างปี

- ไม่มี    มี ได้รับอนุมัติเมื่อวันที่..... (โปรดแสดงหลักฐานในภาคผนวก)
- เปลี่ยนแปลงงบประมาณ โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง.....
- เปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์/ผลผลิต โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง.....



## บทที่ 3 ผลการศึกษา

### 3.1 ผลการดำเนินงานของแต่ละโครงการ

#### 1. วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชปลอดภัย

##### 1.1 การเลี้ยงหัวเชื้อตั้งต้นสำหรับสายสีเขียวแกมน้ำเงินในอาหารเหลว BG-11<sub>0</sub> ในระดับห้องปฏิบัติการ

จากการศึกษาวิธีการเลี้ยงหัวเชื้อตั้งต้นสำหรับสายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Hapalosiphon* ในอาหารเหลวสังเคราะห์ที่ปราศจากไนโตรเจนสูตร BG-11<sub>0</sub> พบว่า การบ่มเชื้อที่ระยะเวลา 7 วัน ให้ปริมาณสายสีเขียวแกมน้ำเงินสูงไม่แตกต่างกับการบ่มที่ระยะเวลา 14-120 วัน (ตารางที่ 1 และภาพผนวกที่ 1)

ดังนั้น กระบวนการเลี้ยงหัวเชื้อตั้งต้นสำหรับสายสีเขียวแกมน้ำเงินในอาหารเหลว BG-11<sub>0</sub> ในระดับห้องปฏิบัติการ ทำโดยใช้หัวเชื้อสายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Hapalosiphon* sp. DASH05101 ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงในอาหารเหลว BG-11<sub>0</sub> ให้แสงอย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง ภายใต้ความเข้มแสง 4000 ลักซ์ บ่มที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 7 วัน ทำให้ได้ชีวมวลสายสีเขียวแกมน้ำเงินสูง  $10^4$  CFU ต่อมิลลิลิตร สามารถนำไปขยายปริมาณได้ 10 เท่า

ตารางที่ 1 ปริมาณสายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีชีวิตทั้งหมดในอาหารเหลว BG-11<sub>0</sub> ที่ระยะเวลาต่างๆ ในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี	ปริมาณสายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีชีวิตทั้งหมด (log <sub>10</sub> cfu/ml)
1. บ่มเชื้อที่ระยะเวลา 0 วัน	3.378 b
2. บ่มเชื้อที่ระยะเวลา 7 วัน	4.569 a
3. บ่มเชื้อที่ระยะเวลา 14 วัน	4.670 a
4. บ่มเชื้อที่ระยะเวลา 21 วัน	4.792 a
5. บ่มเชื้อที่ระยะเวลา 30 วัน	4.730 a
6. บ่มเชื้อที่ระยะเวลา 45 วัน	4.530 a
7. บ่มเชื้อที่ระยะเวลา 60 วัน	4.666 a
8. บ่มเชื้อที่ระยะเวลา 90 วัน	4.660 a
9. บ่มเชื้อที่ระยะเวลา 120 วัน	4.793 a
CV (%)	4.3

หมายเหตุ: บ่มเชื้อภายใต้สภาพควบคุมแสงที่ความเข้มแสง 4,000 ลักซ์นาน 24 ชั่วโมงอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส

cfu : colony forming unit

ตัวเลขในสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

##### 1.2 การเลี้ยงหัวเชื้อสายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Hapalosiphon* ในอาหารเหลวจากน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่ในระดับห้องปฏิบัติการ

จากการวิจัยพบว่า ปุ๋ยหมักมูลไก่มีค่า pH เป็นกลางเท่ากับ 7.20 มีค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 8.96 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร มีปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมปริมาณสูง (ตารางที่ 2) ซึ่งเพียงพอต่อการนำไปใช้เตรียมเป็นอาหารเหลวเพื่อใช้เลี้ยงเชื้อสายสีเขียวแกมน้ำเงินที่ตรึงไนโตรเจนได้เมื่อนำปุ๋ยหมักมูลไก่มาเจือจางด้วยน้ำที่อัตราส่วนปุ๋ยหมัก:น้ำ พบว่า อัตราส่วนการเจือจางที่ 1:250 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตรวจไม่พบไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ และมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับอาหารเหลว BG-11<sub>0</sub> (ตารางที่ 3- 4) ดังนั้นปุ๋ยหมักมูลไก่เจือจาง 250 เท่า จึงเหมาะสมสำหรับใช้เป็นอาหารเลี้ยงขยายหัวเชื้อตั้งต้นสายสีเขียวแกมน้ำเงินให้ตรึงไนโตรเจนได้ และเมื่อเลี้ยงขยายหัวเชื้อตั้งต้นสายสีเขียวแกมน้ำเงินในน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เจือจาง 250 เท่าที่ระยะเวลาต่าง ๆ พบว่าการเลี้ยงขยายหัวเชื้อที่ระยะเวลา 7 วัน ทำให้สายสีเขียวแกมน้ำเงินมีปริมาณที่มีชีวิตทั้งหมดไม่แตกต่างจากการเลี้ยงที่ระยะเวลา 14 -60 วัน (ตารางที่ 5 และภาพผนวกที่ 2) นอกจากนี้ พบว่า การเลี้ยงสายสีเขียวแกมน้ำเงินด้วยน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่และอาหารเหลวสูตร BG-11<sub>0</sub> ได้เซลล์สายที่มีปริมาณไนโตรเจนไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 6 และภาพผนวกที่ 3) ด้านประสิทธิภาพการผลิตชีวมวลสด พบว่า การเพาะเลี้ยงด้วยน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เจือจาง 250 เท่า มีประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นจากการใช้อาหารเหลว BG-11<sub>0</sub> ถึง 63.3 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 7) และมีต้นทุนค่าอาหารเพาะเลี้ยงถูกกว่าอาหารเหลว BG-11<sub>0</sub> ถึง 500 เท่า โดยมีค่าอาหารเพาะเลี้ยงเท่ากับ 40 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนอาหารเหลว BG-11<sub>0</sub> มี

ค่าอาหารเพาะเลี้ยงเท่ากับ 20,000 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งการเพาะเลี้ยงด้วยน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เงือกสามารถลดต้นทุนค่าอาหารเหลือสังเคราะห์ได้ 19,960 บาทต่อลูกบาศก์เมตร (ตารางที่ 8)

ดังนั้น กระบวนการเลี้ยงหัวเชื้อตั้งต้นสำหรับยีสีสีเขียวแถมน้ำเงินในระดับห้องปฏิบัติการ ทำโดยปลูกเชื้อสาหร่ายสีเขียวแถมน้ำเงิน 10 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เงือก 250 เท่า เพาะเลี้ยงในที่ร่มหรือมีความเข้มแสง 7000 – 10000 ลักซ์ เดิมอากาศอย่างต่อเนื่อง เป็นระยะเวลา 7 วัน ทำให้ได้หัวเชื้อสาหร่ายยีสีสีเขียวแถมน้ำเงินที่มีชีวิตทั้งหมด  $10^5$  CFU ต่อมิลลิลิตร ซึ่งสามารถนำไปขยายปริมาณได้ 10 เท่า

ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักมูลไก่

pH	EC (dS/m)	T-N	T-P	T-K	T-Ca	T-Mg	T-Fe	T-Mn	T-Zn	T-Cu	T-Ni
		-----%					-----mg/kg-----				
7.20	8.96	1.96	3.33	1.34	10.5	1.09	4,315	1,757	948	290	8.63

ตารางที่ 3 ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เงือกที่อัตราส่วนต่าง ๆ

อัตราส่วนปุ๋ยหมักมูลไก่:น้ำ (w/v)	ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ (มก./ล.)
1:50	33.9
1:100	14.2
1:150	6.09
1:200	3.57
1:250	nd
1:300	nd

หมายเหตุ nd : not detected

ตารางที่ 4 สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตร BG-11<sub>0</sub> และน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เงือก

สมบัติทางเคมี/ปริมาณธาตุอาหาร	อาหารสูตร BG-11 <sub>0</sub>	น้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เงือก 250 เท่า
pH	7.80	7.63
EC (dS/m)	0.20	0.64
N (mg/L)	nd	nd
P (mg/L)	9.66	4.44
K (mg/L)	26.9	40.1
Ca (mg/L)	8.30	3.03
Mg (mg/L)	7.78	2.14
Fe (mg/L)	0.08	0.03
Mn (mg/L)	0.51	0.02
Zn (mg/L)	0.12	0.01
Cu (mg/L)	0.04	0.03
Ni (mg/L)	nd	nd

หมายเหตุ : nd = not detected

ตารางที่ 5 ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีชีวิตทั้งหมดในน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เจือจางที่ระยะเวลาต่างๆ

กรรมวิธี	ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีชีวิตทั้งหมด (log <sub>10</sub> cfu/ml)
1. เลี้ยงเชื้อที่ระยะเวลา 0 วัน	2.783 b
2. เลี้ยงเชื้อที่ระยะเวลา 7 วัน	5.123 a
3. เลี้ยงเชื้อที่ระยะเวลา 14 วัน	5.302 a
4. เลี้ยงเชื้อที่ระยะเวลา 21 วัน	5.306 a
5. เลี้ยงเชื้อที่ระยะเวลา 30 วัน	5.345 a
6. เลี้ยงเชื้อที่ระยะเวลา 45 วัน	5.172 a
7. เลี้ยงเชื้อที่ระยะเวลา 60 วัน	5.161 a
CV (%)	4.4

หมายเหตุ : การเลี้ยงขยายมีการเติมอากาศอย่างต่อเนื่อง และได้รับแสงในช่วงวันที่ความเข้มแสงประมาณ 7,000-10,000 ลักซ์ นาน 12 ชั่วโมง cfu = colony forming unit  
ตัวเลขในสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 6 ปริมาณน้ำหนักราก น้ำหนักแห้ง และไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบในเซลล์สาหร่ายเมื่อเพาะเลี้ยงด้วยน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เจือจาง และอาหารเหลวสูตร BG-11<sub>0</sub>

กรรมวิธี	น้ำหนักราก <sup>1/</sup> (กรัม/ลิตร)	น้ำหนักแห้ง (กรัม/ลิตร)	ไนโตรเจน (%)
1. เลี้ยงด้วยอาหารเหลวสูตร BG-11 <sub>0</sub>	4.53	0.32	3.52
2. เลี้ยงด้วยน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เจือจาง 250 เท่า	7.40	0.52	3.65
t-test	*	*	ns

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% <sup>1/</sup>ที่เปอร์เซ็นต์ความชื้นต่อน้ำหนักรากเท่ากับ 93%

ตารางที่ 7 ประสิทธิภาพการผลิตชีวมวลสดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเมื่อเพาะเลี้ยงด้วยน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เจือจางเปรียบเทียบกับอาหารเหลวสูตร BG-11<sub>0</sub>

กรรมวิธี	น้ำหนักราก (กรัม/ลิตร) <sup>1/</sup>	ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้น (%)
1. เลี้ยงด้วยอาหารเหลวสูตร BG-11 <sub>0</sub>	4.53	-
2. เลี้ยงด้วยน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เจือจาง 250 เท่า	7.40	63.3

หมายเหตุ : <sup>1/</sup>ที่เปอร์เซ็นต์ความชื้นต่อน้ำหนักรากเท่ากับ 93%

ตารางที่ 8 ต้นทุนค่าอาหารเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

อาหารเพาะเลี้ยง	ราคา (บาท/ลูกบาศก์เมตร)	ลดต้นทุน (บาท/ลูกบาศก์เมตร)
1. อาหารเหลวสูตรBG-11 <sub>0</sub>	20,000	-
2. น้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เจือจาง 250 เท่า	40	19,960

หมายเหตุ : ปุ๋ยหมักมูลไก่แห้งราคากิโลกรัมละ 10 บาท

### 1.3 การผลิตชีวมวลแห้งและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

จากการศึกษาการเพิ่มปริมาณของแห้งแดงในกระชังขนาดใหญ่ 4x8 เมตร พบว่า การใช้แม่พันธุ์แห้งแดงอัตรา 450 กรัมต่อตารางเมตร แห้งแดงมีการเจริญเติบโตดี ให้ชีวมวลสูง และสามารถเก็บเกี่ยวได้เร็วกว่าการใช้แม่พันธุ์แห้งแดงอัตรา 150 - 300 กรัมต่อตารางเมตร โดยสามารถเก็บเกี่ยวได้ภายใน 3 สัปดาห์ ได้ผลผลิต 5.69 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (ภาพที่ 1 และภาพผนวกที่ 4-5)

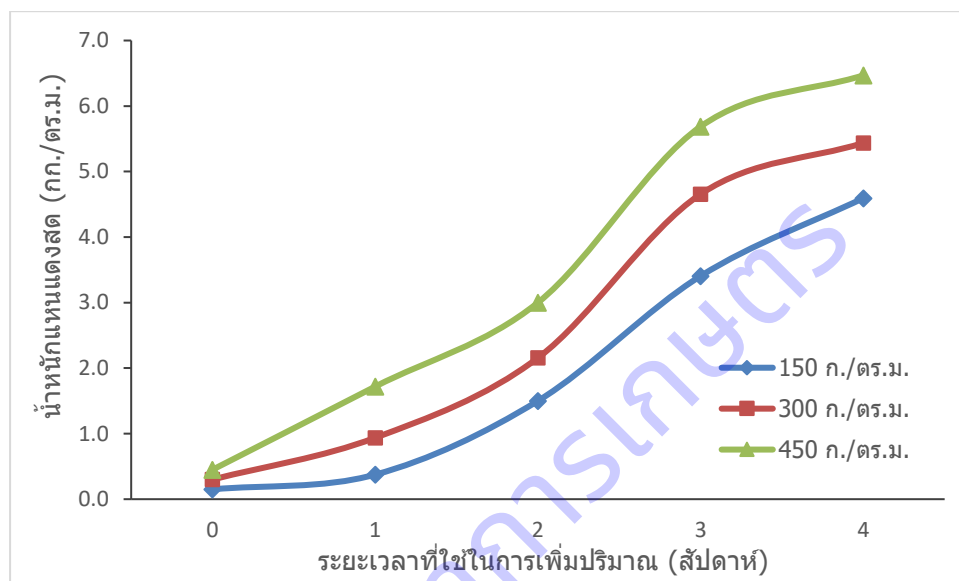
ส่วนการคัดเลือกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีศักยภาพการให้ชีวมวลและไนโตรเจนสูง พบว่า *Hapalosiphon* sp. DASH 05101 ให้ชีวมวลสูงสุด 1.084 กรัมต่อลิตร และมีไนโตรเจนทั้งหมด 5.788 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ *Cylindrospermum* sp. DASH 03102 ให้ไนโตรเจนสูงสุด 9.645 เปอร์เซ็นต์ แต่ให้ชีวมวลต่ำสุด 0.091 กรัมต่อลิตร (ตารางที่ 9 - 10 และภาพผนวกที่ 6)

ตารางที่ 9 ลักษณะของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสายพันธุ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษา

รหัสสายพันธุ์	ลักษณะของการเจริญเติบโต	ลักษณะของเซลล์
03102 <i>Cylindrospermum</i> sp.		
05101 <i>Hapalosiphon</i> sp.		
06151 <i>Nostoc</i> sp.		
07101 <i>Scytonema</i> sp.		
08101 <i>Tolypothrix</i> sp.		
09101 <i>Stigonema</i> sp.		

ตารางที่ 10 น้ำหนักแห้งและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสายพันธุ์ต่างๆ ที่เลี้ยงในอาหารเหลวสูตร BG-11<sub>0</sub> ระยะเวลา 30 วัน

รหัสสายพันธุ์	น้ำหนักแห้ง (กรัม/ลิตร)	Total N (%)
03102	0.091	9.645
05101	1.084	5.788
06151	0.348	7.418
07101	0.437	6.095
08101	0.328	7.068
09101	0.562	6.366



ภาพที่ 1 อัตราการใช้แม่พันธุ์แห้งต่อปริมาณชีวมวลแห้งต่อระยะเวลาต่าง ๆ

#### 1.4 สูตรผลิตภัณฑ์แห้งและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินอัดเม็ด

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแห้งและสารเชื่อมอัตราต่างๆ เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์อัดเม็ด พบว่า การใช้ดินเหนียวเป็นสารเชื่อมทำให้ขึ้นรูปแห้งอัดเม็ดได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับซีโลโลสต์ โดโลไมต์ และแป้งมัน และการศึกษาสัดส่วนที่ใช้ในการอัดเม็ด พบว่า การใช้สารเชื่อม 3 ส่วน ผสมกับแห้ง 7 ส่วน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แห้งที่มีคุณภาพสูง สามารถเกาะตัวได้ดี และแตกตัวได้ดี (ตารางที่ 11-12 และภาพผนวกที่ 7 - 8)

ตารางที่ 11 ความแข็งของแห้งอัดเม็ดที่สัดส่วนต่างๆ (kg/cm<sup>2</sup>)

Soil	Az:S 60:40	Az:S 70:30	Az:S 80:20	Az:S 90:10	Azolla
	5.92	4.76	4.49	4.89	4.50
					3.70

หมายเหตุ : Az = แห้ง, S = ดินเหนียว

ตารางที่ 12 สมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์แทนแแดงร่วมกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินอัดเม็ด

แทนแแดงอัดเม็ด ที่สัดส่วนต่างๆ	pH (1:2)	EC (1:5) dS/m	Organic C (%)	Organic Matter (%)	Available P (mg/kg)	Exchangeable K (mg/kg)
Soil	7.19	1.990	1.20	2.0	106	670
Az 60%	6.37	0.920	14.70	25.3	436	3635
Az 70%	6.35	0.002	16.80	29.0	595	4145
Az 80%	6.27	0.003	23.38	40.3	772	4360
Az 90%	6.17	0.004	44.50	76.7	1260	4995

## 2. วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารพืชร่วมกับการใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจุลินทรีย์และชีวมวลในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชปลอดภัย

2.1 การประเมินสมบัติดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวาน จากการประเมินสมบัติของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวาน GAP ใน ตำบลพันลาน อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ ดินมีเนื้อดินเป็นดินร่วน ถึงร่วนเหนียวปนทรายแป้ง ปฏิกริยาดินมีความเป็นกรดจัดถึงกรดรุนแรงมาก ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และโพแทสเซียมในดินมีอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนฟอสฟอรัสในดินพบในปริมาณสูง ซึ่งผลการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานจังหวัดนครสวรรค์ ดินในพื้นที่ดังกล่าวมีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินปานกลางถึงสูง แม้ดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดดังกล่าวมีความอุดมสมบูรณ์ของดินสูง แต่เนื่องจากดินมีความเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 4.05-5.48) และข้าวโพดหวานสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินกรดจัดถึงปานกลาง (pH 5.5-6.8) ดังนั้นจึงควรปรับปรุงดินเพื่อยกระดับความเป็นกรด-ด่างให้เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวโพดหวาน โดยการใช้ปูนขาว ปูนมาร์ล หรือปูนโดโลไมต์ เป็นต้น และปรับปรุงดินโดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1 ตันต่อไร่ โดยการหว่านให้ทั่วพื้นที่แล้วไถกลบก่อนการปลูกข้าวโพดหวาน ซึ่งคำแนะนำการจัดการปุ๋ยเฉพาะพื้นที่สำหรับปลูกข้าวโพดหวานในพื้นที่ที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง คือ 20-30 กิโลกรัม N ต่อไร่, 6 กิโลกรัม P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ต่อไร่ และ 10-20 กิโลกรัม K<sub>2</sub>O ต่อไร่ และในพื้นที่ที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง คือ 15-20 กิโลกรัม N ต่อไร่, 6 กิโลกรัม P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ต่อไร่และ 10 กิโลกรัม K<sub>2</sub>O ต่อไร่ (ตารางที่ 13 และตารางผนวกที่ 2-5)

ตารางที่ 13 สมบัติดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวาน GAP ต.พันลาน อ.ชุมแสง จ.นครสวรรค์

ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน	จำนวนแปลง	ค่าวิเคราะห์ดิน	การจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่
ปานกลาง	6	เนื้อดิน: ร่วน - ร่วนเหนียวปนทรายแป้ง pH : 4.13 - 4.77 OM : 0.90 - 1.72 % Avai.P: 27 - 80 mg/kg Exch.K: 44 - 90 mg/kg	ปูนโดโลไมต์ 200 กก./ไร่ ปุ๋ย N 20 - 30 กก./ไร่ ปุ๋ย P 6 กก./ไร่ ปุ๋ย K 10 - 20 กก./ไร่
สูง	7	เนื้อดิน: ร่วน - ร่วนเหนียว pH : 4.05 - 5.48 OM : 1.43 - 2.64 % Avai.P: 52 - 123 mg/kg Exch.K: 102 - 253 mg/kg	ปูนโดโลไมต์ 200 กก./ไร่ ปุ๋ย N 15 - 20 กก./ไร่ ปุ๋ย P 6 กก./ไร่ ปุ๋ย K 10 กก./ไร่

สมบัติของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานอินทรีย์ในตำบลเขาชะงุ้ม อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว และร่วนเหนียวปนทราย ปฏิกริยาดินเป็นด่างปานกลาง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และฟอสฟอรัสในดินสูง ส่วนโพแทสเซียมในดินมีในปริมาณต่ำ ถึงสูง ผลการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานอินทรีย์ในจังหวัดราชบุรี ดินมีความอุดมสมบูรณ์ระดับปานกลางถึงสูง ถึงแม้ดินในพื้นที่ปลูกดังกล่าวจะมีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินค่อนข้างสูงแต่เนื่องจากดินมีความเป็นด่างปานกลาง (pH 8.09-8.15) การปลูกข้าวโพดหวานในพื้นที่ดินด่างอาจแสดงอาการขาดธาตุอาหารฟอสฟอรัส เหล็ก และแมงกานีส ดังนั้นการปลูกข้าวโพดหวานอินทรีย์ควรปรับปรุงดินโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 2-3 ตันต่อไร่ และควรรักษาความชื้นของดินโดยใช้วัสดุคลุมดิน (ตารางที่ 14 และตารางผนวกที่ 2-5)

สมบัติของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานอินทรีย์ในตำบลเกาะสำโรง อำเภอเมืองกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ปฏิกริยาดินมีความเป็นกรดปานกลางถึงด่างปานกลาง (pH 5.88-7.91) ที่เหมาะสมต่อการ

เจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำถึงปานกลาง จึงควรปรับปรุงดินโดยใช้วัสดุอินทรีย์/ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 3-5 ตันต่อไร่สำหรับการปลูกข้าวโพดหวานอินทรีย์ เพื่อเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ส่วนฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินมีในปริมาณสูง ผลการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานอินทรีย์ในจังหวัดกาญจนบุรี ดินมีความอุดมสมบูรณ์ระดับปานกลาง ดังนั้นในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานอินทรีย์ดังกล่าวนอกจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์แล้ว ควรปลูกพืชปุ๋ยสดหรือพืชหมุนเวียน นอกจากเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดิน ยังเป็นแหล่งธาตุอาหาร NPK ให้กับข้าวโพด (ตารางที่ 15 และตารางผนวกที่ 2-5)

**ตารางที่ 14** สมบัติดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานอินทรีย์ ต.เขาชะงุ้ม อ.โพธาราม จ.ราชบุรี

ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน	จำนวนแปลง	ค่าวิเคราะห์ดิน	การจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่
ปานกลาง	2	เนื้อดิน: ร่วนเหนียว-ร่วนเหนียวปนทราย pH : 8.14 – 8.15 OM : 0.78 – 2.76 % Avai.P: 27 – 175 mg/kg Exch.K: 54 – 60 mg/kg	ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่มี K สูง อัตรา 2-3 ตัน/ไร่
สูง	4	เนื้อดิน: ร่วนเหนียว pH : 8.09 – 8.12 OM : 2.11 – 4.46 % Avai.P: 77 – 152 mg/kg Exch.K: 80 – 523 mg/kg	ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 2-3 ตัน/ไร่

**ตารางที่ 15** สมบัติดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานอินทรีย์ ต.เกาะสำโรง อ.เมืองกาญจนบุรี จ.กาญจนบุรี

ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน	จำนวนแปลง	ค่าวิเคราะห์ดิน	การจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่
ปานกลาง	6	เนื้อดิน: ร่วนปนทราย-ร่วนเหนียวปนทราย pH : 5.88 – 7.91 OM : 0.58 – 1.16 % Avai.P: 5 – 134 mg/kg Exch.K: 95 – 455 mg/kg	ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 3-5 ตัน/ไร่

**2.2 การประเมินสมบัติดินในพื้นที่ปลูกกระชาย** จากการประเมินสมบัติของดินในพื้นที่ปลูกกระชาย ตำบลทุ่งลูกนก อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ถึงร่วนเหนียวปนทราย ปฏิกริยาดินเป็นกลาง (pH 6.9-7.2) ถึงต่ำเล็กน้อย (pH 7.4-7.8) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินส่วนใหญ่ต่ำ ฟอสฟอรัสในดินมีปริมาณต่ำถึงสูง ส่วนโพแทสเซียมในดินมีอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ซึ่งผลการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกกระชาย ตำบลทุ่งลูกนก อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ ปานกลาง ถึงแม้ดินในพื้นที่ปลูกกระชายดังกล่าวมีความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับปานกลาง แต่ในสภาพพื้นที่ที่ปฏิกริยาดินเป็นกลาง (pH 6.9-7.2) ควรปรับปรุงดินด้วยกำมะถันผง หรือใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต เพื่อลดระดับ pH ดินให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของกระชายและเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน นอกจากนี้ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำ ดังนั้นจึงควรปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ เช่น มูลวัว อัตรา 2.5-4.0 ตันต่อไร่ โดยหว่านให้ทั่วแปลงแล้วแล้วสับกลบลงดิน ก่อนปลูกพืชประมาณ 7-14 วัน ค่าแนะนำการจัดการปุ๋ยเฉพาะพื้นที่สำหรับกระชายที่ปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ คือ 24 กิโลกรัม N ต่อไร่, 6 กิโลกรัม P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ต่อไร่ และ 24 กิโลกรัม K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ส่วนดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง คือ 18 - 24 กิโลกรัม N ต่อไร่, 5 - 7 กิโลกรัม P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ต่อไร่ และ 24 - 28 กิโลกรัม K<sub>2</sub>O ต่อไร่ และดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง คือ 21 กิโลกรัม N ต่อไร่, 6 กิโลกรัม P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ต่อไร่ และ 24 กิโลกรัม K<sub>2</sub>O ต่อไร่ (ตารางที่ 16-17 และตารางผนวกที่ 6-9)



ตารางที่ 16 สมบัติดินในพื้นที่ปลูกกระชาย GAP ต.ทุ่งลูกนก อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน	จำนวนแปลง	ค่าวิเคราะห์ดิน	การจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่
ต่ำ	1	เนื้อดิน: ร่วนเหนียวปนทราย pH : 6.9 OM : 1.28 % Avai.P: 21 mg/kg Exch.K: 82 mg/kg	ปุ๋ย N 24 กก./ไร่ ปุ๋ย P 6 กก.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ไร่ ปุ๋ย K 24 กก. K <sub>2</sub> O/ไร่
ปานกลาง	7	เนื้อดิน: ร่วน - ร่วนเหนียวปนทราย pH : 7.1 - 7.8 OM : 0.63 - 2.34 % Avai.P: 5 - 960 mg/kg Exch.K: 95 mg/kg	ปุ๋ย N 18 - 24 กก./ไร่ ปุ๋ย P 5-7 กก.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ไร่ ปุ๋ย K 24 - 28 กก. K <sub>2</sub> O/ไร่
สูง	1	เนื้อดิน: เหนียว pH : 7.1 OM : 1.94 % Avai.P: 33 mg/kg Exch.K: 100 mg/kg	ปุ๋ย N 21 กก./ไร่ ปุ๋ย P 6 กก.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ไร่ ปุ๋ย K 24 กก. K <sub>2</sub> O/ไร่

ตารางที่ 17 สมบัติดินในพื้นที่ปลูกกระชายอินทรีย์ ต.ทุ่งลูกนก อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน	จำนวนแปลง	ค่าวิเคราะห์ดิน	การจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่
ปานกลาง	1	เนื้อดิน: ร่วนเหนียวปนทราย pH : 7.1 OM : 1.71 % Avai.P: 960 mg/kg Exch.K: 95 mg/kg	ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 2-3 ตัน/ไร่ ควรหลีกเลี่ยงการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มี ฟอสฟอรัสสูง เช่น มูลค่างควา และ มูลไก่

2.3 การประเมินสมบัติดินในพื้นที่ปลูกกระเจี๊ยบเขียว จากการประเมินสมบัติของดินในพื้นที่ปลูกกระเจี๊ยบเขียว ตำบลทุ่งลูกนก อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ดินส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงด่างปานกลาง (pH 7.1-8.3) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำถึงปานกลาง ส่วนฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินมีอยู่ในระดับสูง ซึ่งผลการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกกระเจี๊ยบ ตำบลทุ่งลูกนก อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง แต่เนื่องจากดินมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกระเจี๊ยบเขียว ที่ชอบดินร่วนปนทราย จำเป็นต้องมีการปรับปรุงบำรุงดินด้วยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมและหาได้ง่ายในท้องถิ่น เช่น มูลวัว อัตรา 2.0-4.0 ตันต่อไร่ หรือ มูลไก่ อัตรา 1.5-2.0 ตันต่อไร่ เพื่อปรับปรุงโครงสร้างของดินและเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน นอกจากนี้ดินในพื้นที่ดังกล่าวปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงด่างปานกลาง คำแนะนำการจัดการปุ๋ยเฉพาะพื้นที่สำหรับกระเจี๊ยบเขียวที่ปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง คือ 18 - 24 กิโลกรัม N ต่อไร่, 8 - 16 กิโลกรัม P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ต่อไร่ และ 6 - 12 กิโลกรัม K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ส่วนดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง คือ 12 - 24 กิโลกรัม N ต่อไร่, 4 - 8 กิโลกรัม P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ต่อไร่ และ 6 กิโลกรัม K<sub>2</sub>O ต่อไร่ (ตารางที่ 18 และตารางผนวกที่ 10-13)

ส่วนสมบัติของดินในพื้นที่ปลูกกระเจี๊ยบเขียว ตำบลสรรพยาโส อำเภ่อู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี ดินส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวถึงร่วนเหนียวปนทราย ปฏิกริยาดินเป็นกลาง ถึงด่างปานกลาง (pH 7.1-8.0) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ฟอสฟอรัสในดิน และโพแทสเซียมในดินอยู่ในระดับสูง ซึ่งผลการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกกระเจี๊ยบ ตำบลสรรพยาโส อำเภ่อู่ทอง จ. สุพรรณบุรี เป็นดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง แต่เนื่องจากดินในพื้นที่ดังกล่าวเป็นมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกระเจี๊ยบเขียว ที่ชอบดินร่วนปนทราย (กรมวิชาการเกษตร, 2545) จำเป็นต้องมีการปรับปรุงบำรุงดินด้วยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมและหาได้ง่ายในท้องถิ่น เช่น มูลวัว อัตรา 2.0-4.0 ตันต่อไร่ หรือ มูลไก่ อัตรา 1.5-2.0 ตันต่อไร่ เพื่อปรับปรุงโครงสร้างของดินและเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน นอกจากนี้ดินในพื้นที่ดังกล่าวปฏิกริยาดินเป็นกลาง-ด่างปานกลาง จึงควรปรับปรุงดินด้วยกำมะถันผง หรือใช้ปุ๋ยแอมโมเนียม



ซัลเฟต เพื่อลดระดับ pH ดินให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของกระเจี๊ยบเขียวและเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน ซึ่งคำแนะนำการจัดการปุ๋ยเฉพาะพื้นที่สำหรับกระเจี๊ยบที่ปลูกในดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง คือ 18-24 กิโลกรัม N ต่อไร่, 4 กิโลกรัม P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ต่อไร่และ 6-12 กิโลกรัม K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ส่วนดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์สูง คือ 18-24 กิโลกรัม N ต่อไร่, 4 กิโลกรัม P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ต่อไร่และ 6 กิโลกรัม K<sub>2</sub>O ต่อไร่ (ตารางที่ 19 และตารางผนวกที่ 10-13)

**ตารางที่ 18** สมบัติดินในพื้นที่ปลูกกระเจี๊ยบเขียว GAP ต.ทุ่งลูกนก อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน	จำนวนแปลง	ค่าวิเคราะห์ดิน	การจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่
ปานกลาง	2	เนื้อดิน: ร่วน - เหนียว pH : 8.0 – 8.3 OM : 1.05 – 1.96 % Avai.P: 9 - 14 mg/kg Exch.K: 125 - 191 mg/kg	ปุ๋ย N 18 - 24 กก.N/ไร่ ปุ๋ย P 8 - 16 กก.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ไร่ ปุ๋ย K 6 - 12 กก. K <sub>2</sub> O/ไร่
สูง	4	เนื้อดิน: เหนียว pH : 7.1 – 7.8 OM : 1.20 – 2.68 % Avai.P: 17 – 42 mg/kg Exch.K: 244 - 698 mg/kg	ปุ๋ย N 12 - 24 กก N/ไร่ ปุ๋ย P 4 - 8 กก. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ไร่ ปุ๋ย K 6 กก. K <sub>2</sub> O/ไร่

**ตารางที่ 19** สมบัติดินในพื้นที่ปลูกกระเจี๊ยบเขียว GAP ต.สระยายโสม อ.อุ้มทอง จ.สุพรรณบุรี

ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน	จำนวนแปลง	ค่าวิเคราะห์ดิน	การจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่
ปานกลาง	3	เนื้อดิน: ร่วนเหนียว ร่วนเหนียวปนทราย pH : 7.1 – 7.6 OM : 1.20 – 1.38% Avai.P: 37 - 188 mg/kg Exch.K: 289 - 310 mg/kg	ปุ๋ย N 18 - 24 กก.N/ไร่ ปุ๋ย P 4 กก.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ไร่ ปุ๋ย K 6 - 12 กก. K <sub>2</sub> O/ไร่
สูง	3	เนื้อดิน: เหนียว pH : 7.6 – 8.0 OM : 1.43 – 1.70 % Avai.P: 34 - 41 mg/kg Exch.K: 139 - 435 mg/kg	ปุ๋ย N 18 - 24 กก N/ไร่ ปุ๋ย P 4 กก. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ไร่ ปุ๋ย K 6 กก. K <sub>2</sub> O/ไร่

#### 2.4 ผลการประเมินการปลดปล่อยธาตุอาหารของชีวมวล

ปุ๋ยหมักปลดปล่อยไนโตรเจนได้สูงสุด 30 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบ และมีอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนสูงสุดในสัปดาห์แรกหลังการบ่ม ดังนั้นการใส่ปุ๋ยหมัก จึงสามารถใส่พร้อมปลูกพืชได้ มูลวัวที่มี C/N มากกว่า 20 ทำให้เกิด immobilization นานถึง 16 สัปดาห์ ส่วนมูลวัวที่มี C/N น้อยกว่า 20 ปลดปล่อยไนโตรเจนได้ดีกว่ามูลวัวที่มี C/N มากกว่า 20 โดยมูลวัวปลดปล่อยไนโตรเจนได้สูงสุด 20 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบ และมีอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนสูงสุดในสัปดาห์แรกหลังการบ่ม การใช้มูลวัว จึงควรเฝ้าระวังที่ไว้ไม่น้อยกว่า 1 เดือนก่อนปลูก หากใส่มูลวัวพร้อมปลูกพืช จะทำให้พืชขาดไนโตรเจนได้ มูลไก่กลับ ปลดปล่อยไนโตรเจนได้สูงสุด 20-25 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบ และมีอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนสูงสุดในสัปดาห์แรกหลังการบ่ม การใส่มูลไก่กลับ จึงสามารถใส่พร้อมปลูกได้ แทนแฉะแห้ง ปลดปล่อยไนโตรเจนได้สูงสุด 30 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบ และเกิด immobilization ในสัปดาห์แรกของการบ่ม ดังนั้นการใช้แทนแฉะแห้ง ควรเฝ้าระวังที่ไว้อย่างน้อย 1 สัปดาห์ก่อนปลูกพืช ในกรณีมูลวัวที่มี C/N มากกว่า 20 ซึ่งเมื่อนำไปใช้จะเกิด immobilization นานถึง 16 สัปดาห์ แต่เมื่อนำมูลวัวมาผสมกับแทนแฉะแห้งในอัตราส่วน 1:1 เกิด immobilization เพียง 3 สัปดาห์แรกของการบ่ม และปลดปล่อยไนโตรเจนได้สูงสุด 23 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบ ดังนั้นจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำมูลวัวผสมกับแทนแฉะแห้งไปใช้ประโยชน์ และการนำไปใช้ในแปลงควรใส่และเฝ้าระวังที่ไว้ประมาณ 3 สัปดาห์ก่อนปลูก (ตารางที่ 20 ตารางผนวกที่ 15 และภาพผนวกที่ 9-12)

ตารางที่ 20 ปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนของชีวมวลชนิดต่าง ๆ

ชนิดของชีวมวล/ปุ๋ยอินทรีย์	ปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนของชีวมวล	ข้อควรระวัง
ปุ๋ยหมัก	30 %ของไนโตรเจนทั้งหมด	
มูลวัว	20 %ของไนโตรเจนทั้งหมด	การใส่มูลวัวที่มี C/N ratio มากกว่า 20 สามารถทำให้พืชขาด N ได้
มูลไก่เกลบ	20-25 %ของไนโตรเจนทั้งหมด	
แหนแดงแห้ง	30 %ของไนโตรเจนทั้งหมด	
แหนแดงแห้งผสมมูลวัว (1:1)	23 %ของไนโตรเจนทั้งหมด	

กรมวิชาการเกษตร

### 3.2 ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง (Output)

ผลผลิตตามคำรับรอง	จำนวน	หน่วยนับ	ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง	จำนวน	หน่วยนับ	รายละเอียดผลผลิต (พร้อมแนบหลักฐาน)	เชิงคุณภาพ
เทคโนโลยี/กระบวนการใหม่ระดับห้องปฏิบัติการ	8	กระบวนการ	1. กระบวนการเลี้ยงหัวเชื้อตั้งต้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Hapalosiphon ในอาหาร BG-11 <sub>0</sub> ในระดับห้องปฏิบัติการ	1	กระบวนการ	กระบวนการเลี้ยงหัวเชื้อตั้งต้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Hapalosiphon ในอาหาร BG-11 <sub>0</sub> ในระดับห้องปฏิบัติการ ทำโดยปลูกเชื้อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Hapalosiphon ให้มีความเข้มข้น 10% ในอาหารเหลว BG-11 <sub>0</sub> ในถุงพลาสติกซิพขนาด 400 มิลลิลิตร บ่มเชื้อไว้ในที่มีความเข้มแสง 4,000 ลักซ์ อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน ทำให้ได้ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสำหรับนำไปเลี้ยงขยายในระดับที่ใหญ่ขึ้นอย่างน้อย 10 เท่า ต่อไปได้ (หลักฐานที่ 1)	หัวเชื้อตั้งต้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Hapalosiphon ที่เลี้ยงโดยอาหาร BG-11 <sub>0</sub> ในระดับห้องปฏิบัติการ มีปริมาณมากเพียงพอสำหรับนำไปใช้เป็นหัวเชื้อเลี้ยงขยายในระดับที่ใหญ่ขึ้นอย่างน้อย 10 เท่า
			2. กระบวนการเลี้ยงหัวเชื้อตั้งต้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Hapalosiphon ในอาหารเหลวจากน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่ในระดับห้องปฏิบัติการ	1	กระบวนการ	กระบวนการเลี้ยงหัวเชื้อตั้งต้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Hapalosiphon ในอาหารเหลวจากน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่ให้มีความเข้มข้น 10% (360 มิลลิลิตร) ให้อากาศอย่างต่อเนื่องและให้ได้รับความเข้มแสง 7,000-10,000 ลักซ์ อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เลี้ยงขยายหัวเชื้อเป็นระยะเวลา 7 วัน ทำให้ได้ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสำหรับนำไปเลี้ยงขยายในระดับที่ใหญ่ขึ้นอย่างน้อย 10 เท่า ต่อไปได้ (หลักฐานที่ 2)	หัวเชื้อตั้งต้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Hapalosiphon ที่เลี้ยงในน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่ในระดับห้องปฏิบัติการ มีปริมาณมากเพียงพอสำหรับนำไปใช้เพาะเลี้ยงขยายในระดับที่ใหญ่ขึ้นอย่างน้อย 10 เท่า
			3. การผลิตชีวมวลแห้งและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	1	กระบวนการ	กระบวนการผลิตชีวมวลสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ทำโดยใช้หัวเชื้อตั้งต้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Hapalosiphon สายพันธุ์ 05101 เลี้ยงในอาหารเหลว BG-11 <sub>0</sub> บ่มเชื้อไว้ในสภาพห้องปฏิบัติการเป็นระยะเวลา 15 วัน แล้วนำไปเลี้ยงขยายในน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เจือจาง 250 เท่า โดยใช้หัวเชื้อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินให้มีความเข้มข้นของหัวเชื้อ 10% ในปริมาตร 3.6 ลิตร ให้อากาศอย่างต่อเนื่องและให้ได้รับความเข้มแสง 7,000-10,000 ลักซ์ เลี้ยงขยายหัวเชื้อเป็นระยะเวลา 7 วัน ส่วนกระบวนการผลิตชีวมวลแห้ง ทำโดยใช้แห้งสายพันธุ์ไมโครฟิลลา ทำการเลี้ยงโดยใส่หัวเชื้อเริ่มต้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ จากนั้นเลี้ยงขยายหัวเชื้อในบ่อที่ระยะเวลา 4 สัปดาห์ (หลักฐานที่ 3 หน้า 2-3)	สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สายพันธุ์ 05101 และแห้งสายพันธุ์ไมโครฟิลลา มีปริมาณเพียงพอพร้อมนำไปใช้ในการผลิตเป็นชีวภัณฑ์อัดเม็ดร่วมกับแบนแด
			4. อัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์แห้งและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินอัดเม็ด	1	กระบวนการ	กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพอัดเม็ดจากแห้งร่วมกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ทำโดยใช้ดินเหนียวเป็นสารเชื่อม โดยใช้สัดส่วนระหว่างแห้ง-ดินเหนียว 80:20 หรือ 90:10 (หลักฐานที่ 3 หน้า 4-5)	ผลิตภัณฑ์แห้งและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินอัดเม็ดมีคุณภาพที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการผลิตพีซ

ผลผลิตตามคำรับรอง	จำนวน	หน่วยนับ	ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง	จำนวน	หน่วยนับ	รายละเอียดผลผลิต (พร้อมแนบหลักฐาน)	เชิงคุณภาพ
			5. การประเมินสมบัติของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวาน	1	กระบวนการ	กระบวนการประเมินการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่สำหรับการผลิตข้าวโพดหวาน ทำโดยวิเคราะห์เนื้อดิน ความเป็นกรด-ด่างของดิน อินทรีย์วัตถุในดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แล้วนำมาประเมินระดับปริมาณธาตุอาหารและความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่า แปลงปลูกข้าวโพดหวาน GAP ต.พันลาน อ.ชุมแสง จ.นครสวรรค์ มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแข็ง ควรปรับปรุงดินด้วยปูนโดโลไมต์อัตรา 200 กก./ไร่ และใส่ปุ๋ยในอัตรา 15-6-10 กก. N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ ส่วนแปลงที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วน ควรใส่ปุ๋ยในอัตรา 20-6-15 กก. N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ สำหรับแปลงข้าวโพดหวานอินทรีย์ในดินร่วนเหนียว ต.เขาชะงุ้ม อ.โพธาราม จ.ราชบุรี ควรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มี K สูง ส่วนในพื้นที่ดินร่วน ต.เกาะสำโรง อ.เมือง จ.กาญจนบุรี ควรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มี N สูง (หลักฐานที่ 4)	1. สามารถจัดการปุ๋ยเฉพาะพื้นที่สำหรับการผลิตข้าวโพดหวาน GAP ในกลุ่มดินเหนียว-ร่วนเหนียว และกลุ่มดินร่วน-ร่วนปนทราย ต.พันลาน อ.ชุมแสง จ.นครสวรรค์ 2. สามารถจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่สำหรับการผลิตข้าวโพดหวานอินทรีย์ในกลุ่มดินเหนียว-ร่วนเหนียว ต.เขาชะงุ้ม อ.โพธาราม จ.ราชบุรี และในกลุ่มดินร่วน-ร่วนปนทราย ต.เกาะสำโรง อ.เมืองกาญจนบุรี จ.กาญจนบุรี
			6. การประเมินสมบัติของดินในพื้นที่ปลูกกระชาย	1	กระบวนการ	กระบวนการประเมินการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่สำหรับการผลิตกระชาย ทำโดยวิเคราะห์เนื้อดิน ความเป็นกรด-ด่างของดิน อินทรีย์วัตถุในดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แล้วนำมาประเมินระดับปริมาณธาตุอาหารและความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่า แปลงปลูกกระชาย GAP ต.ทุ่งลูกนก อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ควรใส่ปุ๋ยในอัตรา 18-6-24 กก. N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ ส่วนการผลิตกระชายอินทรีย์ในพื้นที่ดินร่วน ต.ทุ่งลูกนก อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ควรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มี N และ K สูง (หลักฐานที่ 5)	1. สามารถจัดการปุ๋ยเฉพาะพื้นที่สำหรับการผลิตกระชาย GAP ในกลุ่มดินร่วน-ร่วนปนทราย ต.ทุ่งลูกนก อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 2. สามารถจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่สำหรับการผลิตกระชายอินทรีย์ในกลุ่มดินร่วน-ร่วนปนทราย ต.ทุ่งลูกนก อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม
			7. การประเมินสมบัติของดินในพื้นที่ปลูกกระเจี๊ยบเขียว	1	กระบวนการ	กระบวนการประเมินการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่สำหรับการผลิตกระเจี๊ยบเขียว ทำโดยวิเคราะห์เนื้อดิน ความเป็นกรด-ด่างของดิน อินทรีย์วัตถุในดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แล้วนำมาประเมินระดับปริมาณธาตุอาหารและความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่า แปลงปลูกกระเจี๊ยบเขียว GAP ต.ทุ่งลูกนก อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม มีเนื้อดินเป็นดินร่วน ควรใส่ปุ๋ยในอัตรา 24-8-6 กก. N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ ส่วนในพื้นที่ดินร่วนเหนียว ต.สระยายโสม อ.อุททอง จ.สุพรรณบุรี ควรใช้ปุ๋ยในอัตรา 18-4-6 กก. N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ (หลักฐานที่ 6)	1. สามารถจัดการปุ๋ยเฉพาะพื้นที่สำหรับการผลิตกระเจี๊ยบเขียว GAP ในกลุ่มดินร่วน-ร่วนปนทราย ต.ทุ่งลูกนก อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม และในกลุ่มดินเหนียว-ร่วนเหนียว ต.สระยายโสม อ.อุททอง จ.สุพรรณบุรี

ผลผลิตตามคำรับรอง	จำนวน	หน่วยนับ	ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง	จำนวน	หน่วยนับ	รายละเอียดผลผลิต (พร้อมแนบหลักฐาน)	เชิงคุณภาพ
			8. กระบวนการประเมินการปลดปล่อยธาตุอาหารของชีวมวล	1	กระบวนการ	กระบวนการประเมินการปลดปล่อยไนโตรเจนของชีวมวล ทำโดยบ่มชีวมวล 0.2 กรัม ในดิน 10 กรัม ปรับความชื้นของดินให้ได้ 60%ของความจุความชื้น แล้วบ่มภายใต้อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 266 วัน วิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรทที่ปลดปล่อยออกมาในแต่ละระยะเวลาของการบ่ม พบว่า แหนแดง มูลโค มูลไก่แกลบ และปุ๋ยหมัก มีการปลดปล่อยไนโตรเจนร้อยละ 10-30 ของไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบ และมูลวัวที่มี C/N มากกว่า 20 เกิด immobilization นาน 16 สัปดาห์ ดังนั้นการใช้มูลวัวเป็นแหล่งของธาตุอาหารในการผลิตพืช ควรใส่มูลวัวและแกลบทิ้งไว้ก่อนปลูกพืชอย่างน้อย 1 เดือน ส่วนแหนแดงแห้งเกิด immobilization ประมาณ 1 สัปดาห์ จึงควรใส่และแกลบทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ก่อนปลูกพืช สำหรับมูลไก่แกลบและปุ๋ยหมัก มี C/N น้อยกว่า 20 สามารถใส่พร้อมปลูกได้ (หลักฐานที่ 7)	สามารถกำหนดช่วงระยะเวลาการใส่ชีวมวลแต่ละชนิดให้ปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อความต้องการของข้าวโพดหวาน กระจาย และกระเจี๊ยบเขียว

### 3.3 ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง (Outcome) (ถ้ามี)

โครงการที่ได้รับอนุมัติ	ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง
โครงการย่อยที่ 1 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชปลอดภัย	นักวิจัยสามารถนำชีวมวลสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Hapalosiphon ที่ได้จากกระบวนการผลิตโดยใช้น้ำปุ๋ยหมักมูลไก่ไปใช้เตรียมเป็นสารสกัดสาหร่ายอย่างง่ายในการดำเนินงานวิจัยปี 2566 เพื่อใช้เป็นสารส่งเสริมการเจริญเติบโตแก่พืชร่วมกับปุ๋ยทางดินในการทดสอบเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารพืชร่วมกับการใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากจุลินทรีย์และชีวมวลในการผลิตพืชผักและพืชสมุนไพร(กระชาย) ตาม GAP และระบบเกษตรอินทรีย์
โครงการย่อยที่ 2 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารพืชร่วมกับการใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพ จุลินทรีย์และชีวมวลในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชปลอดภัย	นักวิจัยสามารถวางแผนการจัดการธาตุอาหารและการใช้ชีวมวลในการผลิตพืชได้อย่างเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ในขั้นตอนการดำเนินงานปี 2566 ต่อไปได้

\*ผลลัพธ์ : ผลสำเร็จที่เกิดจากการนำผลผลิต (Output)ไปต่อยอด การเปลี่ยนรูปของผลผลิตไปสู่รูปแบบที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง หรือการเคลื่อนผลผลิตไปสู่กิจกรรมที่ต่อเนื่อง ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง (Change) ที่ปรากฏชัด และมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

### 3.4 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง (Impact) (ถ้ามี)

โครงการที่ได้รับอนุมัติ	ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง
โครงการย่อยที่ 1 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชปลอดภัย	สามารถลดต้นทุนการผลิตหัวเชื้อสำหรับรายสีเขียวแกมน้ำเงิน
โครงการย่อยที่ 2 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารพืชร่วมกับการใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจุลินทรีย์และชีวมวลในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชปลอดภัย	สามารถยกระดับผลผลิตข้าวโพดหวาน กระชาย และกระเจี๊ยบเขียว

\* ผลกระทบ : ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงตามผลลัพธ์ (Results of the change) ซึ่งวัดได้อย่างชัดเจนและมีหลักฐานปรากฏชัด (Evidence-based) ทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ทั้งที่วัดในเชิงปริมาณได้และไม่ได้ ผลกระทบอาจเป็นได้ทั้งทางบวกและทางลบ

### 3.5 การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

วิธีการ/กระบวนการผลักดันงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ (โปรดแนบหลักฐานเชิงประจักษ์การนำผลงานไปใช้ประโยชน์)

โครงการ	การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์
โครงการย่อยที่ 1 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชปลอดภัย	<p><b>ด้านวิชาการ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>กระบวนการเลี้ยงหัวเชื้อตั้งต้นสำหรับรายสีเขียวแกมน้ำเงินได้นำไปใช้ในการผลิตสารสกัดสำหรับรายสีเขียวแกมน้ำเงินซึ่งเป็นขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ปี 2566</li> <li>ผลิตภัณฑ์แทนแแดงและสำหรับรายสีเขียวแกมน้ำเงินอัดเม็ดได้นำไปใช้ในการทดลองในกระถางปี 2566</li> <li>ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแทนแแดงและสำหรับรายสีเขียวแกมน้ำเงิน คาดว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่ปลูกได้ในปี 2568 หลังจากสิ้นสุดการดำเนินงานวิจัย</li> </ol>
โครงการย่อยที่ 2 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารพืชร่วมกับการใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจุลินทรีย์และชีวมวลในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชปลอดภัย	<p><b>ด้านวิชาการ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การประเมินสมบัติของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวาน กระชาย และกระเจี๊ยบเขียว และการประเมินการปลดปล่อยธาตุอาหารของชีวมวล ได้นำไปใช้ในการจัดการธาตุอาหารในการผลิตข้าวโพดหวาน กระชาย และกระเจี๊ยบเขียว ซึ่งเป็นขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยปี 2566</li> <li>เทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารด้วยทรัพยากรชีวภาพจุลินทรีย์และชีวมวลในการผลิตพืชปลอดภัย คาดว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่ปลูกได้ในปี 2568 หลังจากสิ้นสุดการดำเนินงานวิจัย</li> </ol>

## บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล

### สรุปผล

1. วิธีการเพาะเลี้ยงหัวเชื้อตั้งต้นสำหรับสายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Hapalosiphon* sp. DASH05101 ในอาหาร BG-11<sub>0</sub> แบบเหลวที่เหมาะสมคือ การใช้หัวเชื้อตั้งต้นในการปลูกเชื้อ 10 เปอร์เซ็นต์ และบ่มเชื้อไว้ภายใต้สภาพควบคุมที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส และความเข้มแสง 4,000 ลักซ์ นาน 24 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลานาน 7 วัน จะทำให้มีปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีชีวิตทั้งหมด  $\log_{10}$  cfu/ml เท่ากับ 4.569 หรือประมาณ  $10^4$  CFUต่อมิลลิลิตร ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นหัวเชื้อตั้งต้นในการเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินได้ 10 เท่า

2. การเพาะเลี้ยงหัวเชื้อตั้งต้นสำหรับสายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Hapalosiphon* sp. DASH05101 ในอาหารเหลว น้ำปุ๋ยหมักมูลไก่ที่เหมาะสม คือ ใช้หัวเชื้อตั้งต้นสำหรับสายสีเขียวแกมน้ำเงิน 10 เปอร์เซ็นต์ เพาะเลี้ยงในน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เจือจาง 250 เท่า เพาะเลี้ยงภายใต้สภาพที่ร่มที่มีความเข้มแสงระหว่าง 7,000-10,000 ลักซ์ พร้อมมีการเติมอากาศด้วยปั๊มลมที่อัตราการไหลของลม 300 คิวบิกฟุตต่ออนาที เป็นเวลานาน 7 วัน จะทำให้ได้หัวเชื้อตั้งต้นที่มีปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีชีวิตทั้งหมดสูงสุด  $10^5$  CFUต่อมิลลิลิตร ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณสาหร่ายได้ 10 เท่า สามารถลดต้นทุนค่าอาหารเพาะเลี้ยงลงได้ 500 เท่า หรือลดต้นทุนค่าอาหารเพาะเลี้ยงเท่ากับ 19,960 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

3. การผลิตชีวมวลแห้งและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ การใช้แม่พันธุ์แห้งอัตรา 450 กรัมต่อตารางเมตร สามารถเพิ่มมวลชีวภาพของแห้งได้ดีและสามารถเก็บเกี่ยวได้ภายในระยะเวลา 3 สัปดาห์ และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสายพันธุ์ *Hapalosiphon* sp. DASH 05101 สามารถผลิตชีวมวล(น้ำหนักแห้ง) ได้สูงที่สุด 1.084 กรัมต่อลิตร และมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูง 5.788 เปอร์เซ็นต์

4. สูตรผลิตผลิตภัณฑ์แห้งและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินอัดเม็ดที่เหมาะสมที่สุด คือ การใช้ดินเหนียวเป็นสารเชื่อมผสมกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นผสมสารเชื่อมและแห้งในสัดส่วน 3 ต่อ 7 แล้วนำไปอัดเม็ด จะได้ผลิตภัณฑ์แห้งและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินอัดเม็ดที่มีคุณภาพ มีการเกาะตัวและแตกตัวได้ดี

5. ดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวาน GAP จังหวัดนครสวรรค์ เนื้อดินเป็นดินร่วน ถึง ร่วนเหนียวปนทรายแปง ปฏิกริยาดินมีความเป็นกรดจัดถึงกรดรุนแรงมาก ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และโพแทสเซียมในดินมีอยู่ในระดับต่ำถึงสูง ส่วนฟอสฟอรัสในดินพบในปริมาณสูง จัดเป็นดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินปานกลางถึงสูง ในขณะที่ดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานอินทรีย์ในจังหวัดราชบุรี เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว และร่วนเหนียวปนทราย ปฏิกริยาดินเป็นด่างปานกลาง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และฟอสฟอรัสในดินสูง ส่วนโพแทสเซียมในดินมีในปริมาณต่ำถึงสูง จัดเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ระดับปานกลางถึงสูง ส่วนดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานอินทรีย์ในจังหวัดกาญจนบุรี เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย และร่วนเหนียวปนทราย ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงด่างปานกลาง (pH 5.88-7.91) เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำถึงปานกลาง จัดเป็นดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง

6. ดินในพื้นที่ปลูกกระชายจังหวัดนครปฐม ดินมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ถึงร่วนเหนียวปนทราย ปฏิกริยาดินเป็นกลาง (pH 6.9-7.2) ถึงด่างเล็กน้อย (pH 7.4-7.8) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินส่วนใหญ่ต่ำ ฟอสฟอรัสในดินมีในปริมาณต่ำถึงสูง ส่วนโพแทสเซียมในดินมีอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง จัดเป็นดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำถึงสูง

7. สมบัติของดินในพื้นที่ปลูกกระเจี๊ยบเขียวจังหวัดนครปฐม มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ปฏิกริยาดินเป็นกลาง ถึงด่างปานกลาง (pH 7.1-8.3) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และฟอสฟอรัสในดินอยู่ในระดับต่ำถึงสูง ส่วนโพแทสเซียมในดินมีอยู่ในระดับสูง จัดเป็นดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง ส่วนสมบัติของดินในพื้นที่ปลูกกระเจี๊ยบเขียว จังหวัดสุพรรณบุรี มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวถึงร่วนเหนียวปนทราย ปฏิกริยาดินเป็นกลาง ถึงด่างปานกลาง (pH 7.1-8.0) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินมีอยู่ในระดับสูง จัดเป็นดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง

8. การปลดปล่อยธาตุอาหารของชีวมวล ปุ๋ยหมัก มูลวัว มูลไก่กลบ แห้งแห้ง และแห้งผสมมูลวัว สามารถปลดปล่อยไนโตรเจนได้ 20 – 30 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบ มูลวัวที่มี C/N ratio มากกว่า 20 ทำให้เกิด immobilization เป็นระยะเวลานาน

### อภิปรายผล

1. สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Hapalosiphon* ที่เลี้ยงในอาหารเหลว BG-11<sub>0</sub> เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในระยะ log phase ให้ปริมาณเซลล์ที่มีชีวิตสูงสุดภายในระยะเวลา 7 วัน จากนั้นปริมาณเซลล์ที่มีชีวิตจะคงที่หรือเรียกว่าอยู่ในระยะ stationary phase ไปได้ยาวนานถึงระยะเวลา 120 วัน



2. ปุ๋ยหมักมูลไก่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ 1.96 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเจือจางปุ๋ยหมักมูลไก่ด้วยน้ำ 250 เท่า ทำให้น้ำปุ๋ยหมักมูลไก่ไม่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ แต่ยังคงมีปริมาณธาตุอาหารอื่น ๆ อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับอาหารเหลวสูตร BG-11o ซึ่งเหมาะแก่การเลี้ยงห้วเชื้อตั้งต้นสำหรับสายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Hapalosiphon* sp. DASH05101 ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตห้วเชื้อสายสีเขียวแกมน้ำเงินได้ถึง 19,960 บาทต่อลูกบาศก์เมตร และเป็นวิธีการที่เกษตรกรสามารถนำไปปฏิบัติได้

3. การผลิตชีวมวลของແຫນແດງควรใช้แม่พันธุ์อัตราสูง 450 กรัมต่อตารางเมตร เพื่อให้ແຫນແດງเจริญเติบโตคลุมพื้นที่น้ำให้เร็วที่สุดป้องกันการเจริญเติบโตแข่งขันของสาหร่ายในน้ำ ส่วนการผลิตชีวมวลสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินควรเลือกใช้สกุลที่ให้ชีวมวลสูงและมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูง ซึ่งสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินแต่ละสกุลมีความสามารถในการผลิตชีวมวลและการตรึงไนโตรเจนได้แตกต่างกัน จากการวิจัยครั้งนี้พบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Hapalosiphon* sp. DASH05101 สามารถสร้างชีวมวลได้ดีกว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Stigonema* sp. DASH 09101, *Scytonema* sp. DASH 07101, *Nostoc* sp. DASH 06151, *Tolypothrix* sp. DASH 08101 และ *Cylindrospermum* sp. DASH 03102 ตามลำดับ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้อย่างอิสระ ดังนั้นจึงมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูงเฉลี่ย 5.788 – 9.645 เปอร์เซ็นต์ โดย *Cylindrospermum* sp. DASH 03102 เป็นสายพันธุ์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูงสุดถึง 9.645 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาการสร้างปริมาณชีวมวลและไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบแล้ว *Hapalosiphon* sp. DASH05101 เป็นสายพันธุ์ที่มีศักยภาพสูงสุดจึงคัดเลือกมาใช้ในการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อัดเม็ดต่อไป

4. การเลือกใช้วัสดุที่เป็นสารเชื่อมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพอัดเม็ดมีผลต่อความสามารถในการยึดเกาะกันของวัสดุและความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ ซึ่งดินเหนียวมีคุณสมบัติที่เหมาะสมมากกว่าซีโอไลต์ โดโลไมต์ และแอมมัม ในขณะที่สัดส่วนระหว่างสารเชื่อมและແຫນແດງส่งผลสมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารในผลิตภัณฑ์อัดเม็ด หากใช้สารเชื่อมในสัดส่วนสูง จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณธาตุอาหารต่ำ แต่หากใช้ແຫນແດງในสัดส่วนมากเกินไป จะทำให้วัสดุยึดเกาะกันได้น้อย เมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบด้านต่าง ๆ สามารถคัดเลือกสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุด คือ ใช้สารเชื่อมผสมกับແຫນແດງในสัดส่วน 3 ต่อ 7

5. ดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวาน GAP จังหวัดนครสวรรค์ มีปฏิกริยาดินมีความเป็นกรดจัดถึงกรดรุนแรงมาก มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินปานกลางถึงสูง ควรปรับปรุงดินโดยการใส่ปุ๋ยขาว ปุ๋ยมาร์ล หรือปุ๋ยโดโลไมต์ เป็นต้น เพื่อให้ธาตุอาหารในดินสามารถละลายให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น ส่วนคำแนะนำการจัดการปุ๋ยเฉพาะพื้นที่สำหรับปลูกข้าวโพดหวานในพื้นที่ที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง คือ 20-30 กิโลกรัม N ต่อไร่, 6 กิโลกรัม P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ต่อไร่ และ 10-20 กิโลกรัม K<sub>2</sub>O ต่อไร่ และในพื้นที่ที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง คือ 15-20 กิโลกรัม N ต่อไร่, 6 กิโลกรัม P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ต่อไร่ และ 10 กิโลกรัม K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานอินทรีย์ในจังหวัดราชบุรี มีความอุดมสมบูรณ์ระดับปานกลางถึงสูง การปลูกข้าวโพดหวานอินทรีย์ควรปรับปรุงดินโดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 2-3 ตันต่อไร่ ส่วนดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานอินทรีย์ในจังหวัดกาญจนบุรี มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง การปลูกข้าวโพดหวานอินทรีย์ ควรใช้วัสดุอินทรีย์/ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 3-5 ตันต่อไร่

6. ดินในพื้นที่ปลูกกระชายจังหวัดนครปฐม มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำถึงสูง คำแนะนำการจัดการปุ๋ยเฉพาะพื้นที่สำหรับกระชายที่ปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ คือ 24 กิโลกรัม N ต่อไร่, 6 กิโลกรัม P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ต่อไร่ และ 24 กิโลกรัม K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ส่วนดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง คือ 18 - 24 กิโลกรัม N ต่อไร่, 5 - 7 กิโลกรัม P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ต่อไร่ และ 24 - 28 กิโลกรัม K<sub>2</sub>O ต่อไร่ และดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง คือ 21 กิโลกรัม N ต่อไร่, 6 กิโลกรัม P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ต่อไร่ และ 24 กิโลกรัม K<sub>2</sub>O ต่อไร่

7. ดินในพื้นที่ปลูกกระเจี๊ยบเขียวจังหวัดนครปฐมและจังหวัดสุพรรณบุรี มีปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงด่างปานกลาง เป็นดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง ควรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีอย่างเหมาะสม คำแนะนำการจัดการปุ๋ยเฉพาะพื้นที่สำหรับกระเจี๊ยบเขียวที่ปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง คือ 18 - 24 กิโลกรัม N ต่อไร่, 4 - 16 กิโลกรัม P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ต่อไร่ และ 6 - 12 กิโลกรัม K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ส่วนดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง คือ 12 - 24 กิโลกรัม N ต่อไร่, 4 - 8 กิโลกรัม P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ต่อไร่ และ 6 กิโลกรัม K<sub>2</sub>O ต่อไร่

8. ชีวมวลชนิดต่าง ๆ รวมทั้งปุ๋ยหมัก สามารถปลดปล่อยไนโตรเจนได้เพียง 20 – 30 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบ ดังนั้น การนำชีวมวลมาใช้ในการจัดการธาตุอาหารไม่สามารถคาดหวังปริมาณธาตุอาหารที่ได้จากชีวมวลทั้ง 100 เปอร์เซ็นต์ได้ หากต้องการใช้ชีวมวลต่าง ๆ ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี ต้องใส่ในปริมาณมาก 3-5 ตันต่อไร่ จึงให้ปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช นอกจากนี้ ในกรณีที่ชีวมวลมี C/N ratio มากกว่า 20 เมื่อใส่ลงไปในดิน จะทำให้เกิด immobilization ได้เป็นระยะเวลานาน ดังนั้นการนำชีวมวลที่มี C/N ratio มากกว่า 20 ไปใช้ในการจัดการธาตุอาหารควรหมักให้สลายตัวสมบูรณ์หรือคลุกเคล้ากับดินทิ้งไว้ประมาณ 1 เดือนก่อนปลูกพืช



### ข้อเสนอแนะต่อผู้เกี่ยวข้องสำหรับการดำเนินงานในระยะต่อไป

1. การผลิตผลิตภัณฑ์แห้งร่วมกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินอัดเม็ดให้มีประสิทธิภาพสูงนั้นอาจจำเป็นต้องหาวัสดุที่มีธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองมาเพิ่มเติมในผลิตภัณฑ์เพื่อให้พืชได้รับธาตุอาหารครบถ้วน
2. การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการจัดการธาตุอาหารพืชควรพิจารณาปัจจัยอื่นของดินว่าอยู่ในระดับที่เหมาะสมหรือไม่ เช่น หากดินมี pH ไม่เหมาะสม ควรปรับปรุงดินด้วยวัสดุปูนทางการเกษตร เช่น ปูนโดโลไมต์ เพื่อยกระดับ pH ของดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมเพื่อมิให้เป็นข้อจำกัดต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารที่ใส่ลงไปในดิน
3. การใช้ปุ๋ยคอกโดยเฉพาะอย่างยิ่งมูลวัวที่ไม่ผ่านการหมักอาจทำให้พืชที่ปลูกแสดงอาการขาดไนโตรเจนได้ เนื่องจากมูลวัวโดยทั่วไปมีสัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน (C/N ratio) สูงกว่า 20:1 ดังนั้น หากต้องการใช้มูลวัวเป็นแหล่งของธาตุอาหารพืช ควรใส่คลุกเคล้าลงไปในดินทิ้งไว้อย่างน้อย 1 เดือนก่อนปลูกพืช
4. การศึกษาวิจัยการจัดการธาตุอาหารในการผลิตพืชในแปลงทดลอง ต้องเตรียมดินให้พื้นที่ทดลองมีความสม่ำเสมอ และศึกษาสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ทดลองอย่างรอบคอบเพื่อลดผลกระทบที่เกิดจากสภาพภูมิอากาศ เช่น น้ำท่วม หรือฝนทิ้งช่วงยาวนาน
5. การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปุ๋ยชีวภาพ อาจเกิดการปนเปื้อนของเชื้อระหว่างแปลงทดลองได้ ควรมีการวางแผนผังแปลงอย่างรอบคอบ

### ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

เครื่องมือวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการและโรงเรือนทดลองที่ใช้ในการวิจัยมีสภาพเก่าและชำรุด แต่ไม่สามารถใช้งบประมาณ สกสว. ในการซ่อมบำรุงได้ เป็นอุปสรรคต่อการทำงานวิจัย

กรมวิชาการเกษตร

## เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 122 หน้า
- กองสำรวจดิน. 2523. คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ. เอกสารวิชาการเล่มที่ 28 กองสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- Allen, M. B. and D.I. Arnon. 1955. Studies on nitrogen-fixing blue-green algae. *Plant Physiol.* 30:366-37
- Antil, R.S., Bar-Tal, A. Fine, P., and Hadas, A. 2011. Predicting nitrogen and carbon mineralization of compost manure and sewage sludge in soil. *Comp. Sci. Uti.* 19 (1): 33-43.
- Keeney, D.R. 1982. Nitrogen-availability indexes. *In: Methods of soil analysis Part 2.* 2nd Ed. A.L. Page; R.H. Miller and D.R. Keeney American Society of Agronomy, Madison, WI. pp. 711-733.

กรมวิชาการเกษตร

## ภาคผนวก

### ภาคผนวก 1 สิ่งที่แสดงประกอบเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาผลงานวิจัย

ตารางผนวกที่ 1 รายละเอียดเกณฑ์คะแนนการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ระดับ	เนื้อดิน	อินทรีย์วัตถุในดิน (%)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)
ต่ำ	กลุ่มดินทราย	<1.5	<10	<100
คะแนน	1	1	1	1
ปานกลาง	กลุ่มดินร่วน	1.5-3.5	10-25	100-150
คะแนน	2	2	2	2
สูง	กลุ่มดินเหนียว	>3.5	>25	>150
คะแนน	3	3	3	3

ตารางผนวกที่ 2 สมบัติทางกายภาพของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. แปลงเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดหวาน GAP และข้าวโพดหวานอินทรีย์

แปลงที่/ชื่อเกษตรกร	พิกัดแปลง	อนุภาค ทราย (%)	อนุภาค ทรายแป้ง (%)	อนุภาค ดินเหนียว (%)	เนื้อดิน
<b>แปลงข้าวโพดหวาน GAP ต.พันลาน อ. ชุมแสง จ.นครสวรรค์</b>					
1. น.ส.สำเนียง คงสุข	47P 634213E 1750804N	16.66	45.85	37.49	ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง
2. นางเบญจมาศ ไพรวัลย์	47P 634178E 1751992N	32.80	37.64	29.56	ดินร่วนเหนียว
3. นางรัชณี ไพรวัลย์	47P 634353E 1752259N	28.58	39.86	31.56	ดินร่วนเหนียว
4. นางน้อย ไพรวัลย์	47P 634097E 1751941N	26.58	41.72	31.70	ดินร่วนเหนียว
5. นายชูชาติ ภูศิลา (1)	47P 634239E 1752157N	34.51	37.71	27.78	ดินร่วนเหนียว
6. นายชูชาติ ภูศิลา (2)	47P 634228E 1752090N	18.58	47.64	33.78	ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง
7. นางจรรยา แสนสุข	47P 634291E 1752405N	50.37	25.78	23.85	ดินร่วนเหนียวปนทราย
8. นายสุรธรรม จันทร์แดง	47P 634230E 1750721N	16.51	45.64	37.85	ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง
9. น.ส.มาลัย วรภิกษุ	47P 634172E 1750901N	20.44	41.50	38.06	ดินร่วนเหนียว
10. น.ส.ดวงใจ ปานเนตร	47P 634451E 1752052N	18.51	45.43	36.06	ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง
11. นายสมชาย อินทร์คล้าย	47P 634948E 1752052N	18.37	41.57	40.06	ดินเหนียวปนทรายแป้ง
12. นางวัชรา อินทร์คล้าย**	47P 634923E 1752030N	18.37	45.57	36.06	ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง
13. นางน้อย ไพรวัลย์**	47P 634035E 1751721N	32.51	41.32	26.17	ดินร่วน
<b>แปลงข้าวโพดหวานอินทรีย์ ต.เขาชะงุ้ม อ. โพธาราม จ.ราชบุรี</b>					
14. น.ส.ประเสริฐ จินคุ้ม**	47P 571439E 1514928N	31.09	32.48	36.44	ดินร่วนเหนียว
15. นางสมคิด ทองสุข	47P 573980E 1515110N	31.72	32.14	36.14	ดินร่วนเหนียว
16. นางคมคาย หลวงอี	47P 574125E 1515384N	38.12	32.05	29.84	ดินร่วนเหนียว
17. นางปราณี มุมมาลา	47P 575035E 1515687N	46.94	18.07	34.98	ดินร่วนเหนียวปนทราย
18. น.ส.สายใจ เรืองเทศ	47P 575754E 1514890N	35.41	30.04	34.55	ดินร่วนเหนียว
19. น.ส.สมหมาย แดงชาติ	47P 579507E 1514976N	34.52	31.46	34.02	ดินร่วนเหนียว
<b>แปลงข้าวโพดหวานอินทรีย์ ต.เกาะสำโรง อ.เมืองกาญจนบุรี จ.กาญจนบุรี</b>					
20. นายชาติรี พักเหลือง**	47P 551839E 1538607N	53.52	26.72	19.76	ดินร่วนปนทราย
21. นางทิวาพร ศรีวรกุล	47P 553158E 1553530N	66.24	13.28	20.48	ดินร่วนเหนียวปนทราย
22. น.ส.ณัฐพัชร์ พาณิชปฐม	47P 553536E 1560116N	57.52	14.00	28.48	ดินร่วนเหนียวปนทราย
23. น.ส.วิภาลักษณ์ เงินบาท	47P 553703E 1560609N	45.88	19.64	34.48	ดินร่วนเหนียวปนทราย
24. นายณัฐวุฒิ พวงอินทร์	47P 570645E 1532853N	71.88	5.64	22.48	ดินร่วนเหนียวปนทราย
25. นางตุ๊กตา มิเกลียง	47P 569658E 1533196N	75.52	2.00	22.48	ดินร่วนเหนียวปนทราย

หมายเหตุ \*\* แปลงที่คัดเลือกมาทำการทดลองศึกษาการใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจุลินทรีย์ร่วมกับชีวมวล

ตารางผนวกที่ 3 สมบัติทางเคมีของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. แปลงเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดหวาน GAP และข้าวโพดหวานอินทรีย์

แปลงที่/ชื่อเกษตรกร	pH ดิน (1:1)	อินทรีย์วัตถุ (%)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	โพแทสเซียมที่สกัดได้ (มก./กก.)
<b>แปลงข้าวโพดหวาน GAP ต.พันลาน อ. ชุมแสง จ.นครสวรรค์</b>				
1. น.ส.สำเนียง คงสุข	5.13	2.02	58	149
2. นางเบญจมาศ ไพรวลัย	4.21	1.43	120	233
3. นางรัชณี ไพรวลัย	4.54	1.57	71	102
4. นางน้อย ไพรวลัย	4.77	1.57	60	76
5. นายชูชาติ ภูศิลา (1)	4.13	1.09	80	72
6. นายชูชาติ ภูศิลา (2)	4.22	1.72	61	68
7. นางจรรยา แสนสุข	4.15	0.90	46	44
8. นายสุวรรณ จันทร์แดง	4.16	2.47	68	145
9. น.ส.มาลัย วรภิกษุ	4.05	1.98	123	106
10. น.ส.ดวงใจ ปานเนตร	4.48	1.45	27	53
11. นายสมชาย อินทร์คล้าย	4.89	2.45	52	125
12. นางวัชรา อินทร์คล้าย **	5.48	2.64	100	253
13. นางน้อย ไพรวลัย **	4.23	1.44	30	90
<b>แปลงข้าวโพดหวานอินทรีย์ ต.เขาชะงุ้ม อ. โพธาราม จ.ราชบุรี</b>				
14. น.ส.ประเสริฐ จินตัม **	8.14	2.76	27	54
15. นางสมคิด ทองสุข	8.12	2.30	152	80
16. นางคมคาย หลวงอี	8.09	4.46	77	523
17. นางปราณี มุมมาลา	8.15	0.78	175	60
18. น.ส.สายใจ เรืองเทศ	8.10	3.00	93	368
19. น.ส.สมหมาย แดงชาติ	8.12	2.11	110	347
<b>แปลงข้าวโพดหวานอินทรีย์ ต.เกาะสำโรง อ.เมืองกาญจนบุรี จ.กาญจนบุรี</b>				
20. นายชาติรี พักเหลือง **	7.73	1.16	77	95
21. นางทิวาพร ศรีวรกุล	6.72	0.58	44	775
22. น.ส.ณัฐพัชร พาณิชปฐม	7.75	0.90	24	455
23. น.ส.วิภาลักษณ์ เงินบาท	7.91	1.07	5	715
24. นายณัฐวุฒิ พวงอินทร์	6.80	0.88	89	185
25. นางตุ๊กตา มิเกลียง	5.88	0.66	134	241

หมายเหตุ \*\* แปลงที่คัดเลือกมาทำการทดลอง

ตารางผนวกที่ 4 ผลการประเมินสมบัติดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวาน

แปลงที่/ชื่อเกษตรกร	เนื้อดิน	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ
		ความเป็นกรด-ด่าง	อินทรีย์วัตถุ	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน
<b>แปลงข้าวโพดหวาน GAP ต.พันลาน อ. ชุมแสง จ.นครสวรรค์</b>						
1. น.ส.สำเนียง คงสุข	ร่วนเหนียวปนทรายแป้ง	กรดจัด	สูง	สูง	สูง	สูง (11)**
2. นางบุญจมาศ ไพรวลัย	ร่วนเหนียว	กรดรุนแรงมาก	ปานกลาง	สูง	สูง	สูง (10)
3. นางรัชณี ไพรวลัย	ร่วนเหนียว	กรดจัดมาก	ปานกลาง	สูง	สูง	สูง (10)
4. นางน้อย ไพรวลัย	ร่วนเหนียว	กรดจัดมาก	ปานกลาง	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง (9)
5. นายชูชาติ ภูศิลาป (1)	ร่วนเหนียว	กรดรุนแรงมาก	ปานกลาง	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง (9)
6. นายชูชาติ ภูศิลาป (2)	ร่วนเหนียวปนทรายแป้ง	กรดรุนแรงมาก	ปานกลาง	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง (9)
7. นางจรรยา แสนสุข	ร่วนเหนียวปนทราย	กรดรุนแรงมาก	ต่ำ	สูง	ต่ำ	ปานกลาง (7)
8. นายสุวรรณ จันทร์แดง	ร่วนเหนียวปนทรายแป้ง	กรดรุนแรงมาก	สูง	สูง	สูง	สูง (11)
9. น.ส.มาลัย วรภิกษุ	ร่วนเหนียว	กรดรุนแรงมาก	ปานกลาง	สูง	สูง	สูง (10)
10. น.ส.ดวงใจ ปานเนตร	ร่วนเหนียวปนทรายแป้ง	กรดรุนแรงมาก	ปานกลาง	สูง	ต่ำ	ปานกลาง (8)
11. นายสมชาย อินทร์คล้าย	เหนียวปนทรายแป้ง	กรดจัดมาก	สูง	สูง	สูง	สูง (12)
12. นางรัชรา อินทร์คล้าย <sup>1/</sup>	ร่วนเหนียวปนทรายแป้ง	กรดจัด	สูง	สูง	สูง	สูง (11)
13. นางน้อย ไพรวลัย <sup>2/</sup>	ร่วน	กรดรุนแรงมาก	ปานกลาง	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง (9)
<b>แปลงข้าวโพดหวานอินทรีย์ ต.เขาชะงุ้ม อ. โคราช จ.ราชบุรี</b>						
14. น.ส.ประเสริฐ จินตัม <sup>3/</sup>	ร่วนเหนียว	ต่างปานกลาง	สูง	สูง	ต่ำ	ปานกลาง (9)
15. นางสมคิด ทองสุข	ร่วนเหนียว	ต่างปานกลาง	สูง	สูง	ปานกลาง	สูง (10)
16. นางคมคาย หลวงอี	ร่วนเหนียว	ต่างปานกลาง	สูง	สูง	สูง	สูง (11)
17. นางปราณี มุมมาลา	ร่วนเหนียวปนทราย	ต่างปานกลาง	ต่ำ	สูง	ต่ำ	ปานกลาง (7)
18. น.ส.สายใจ เรืองเทศ	ร่วนเหนียว	ต่างปานกลาง	สูง	สูง	สูง	สูง (11)
19. น.ส.สมหมาย แดงชาติ	ร่วนเหนียว	ต่างปานกลาง	สูง	สูง	สูง	สูง (11)
<b>แปลงข้าวโพดหวานอินทรีย์ ต.เกาะสำโรง อ.เมืองกาญจนบุรี จ.กาญจนบุรี</b>						
20. นายชาติ พักเหลือง <sup>4/</sup>	ร่วนปนทราย	ต่างเล็กน้อย	ปานกลาง	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง (9)
21. นางทิวพร ศรีวรกุล	ร่วนเหนียวปนทราย	กลาง	ต่ำ	สูง	สูง	ปานกลาง (9)
22. น.ส.ณัฐพัชร์ พาณิชปฐม	ร่วนเหนียวปนทราย	ต่างเล็กน้อย	ต่ำ	สูง	สูง	ปานกลาง (9)
23. น.ส.วิภาลักษณ์ เงินบาท	ร่วนเหนียวปนทราย	ต่างปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	สูง	ปานกลาง (8)
24. นายณัฐวุฒิ พวงอินทร์	ร่วนเหนียวปนทราย	กลาง	ต่ำ	สูง	สูง	ปานกลาง (9)
25. นางตุ๊กตา มิเกลียง	ร่วนเหนียวปนทราย	กรดปานกลาง	ต่ำ	สูง	สูง	ปานกลาง (9)

หมายเหตุ\*\* ตัวเลขในวงเล็บคือผลรวมคะแนนการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

<sup>1/</sup>, <sup>2/</sup>, <sup>3/</sup>, <sup>4/</sup> แปลงที่คัดเลือกมาทำการทดลอง



ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

แปลงที่/ชื่อเกษตรกร	คำแนะนำการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่
<b>คำแนะนำการจัดการธาตุอาหารสำหรับข้าวโพดหวานอินทรีย์ จ.กาญจนบุรี</b>	
20. นายชาติ พักเหลือง	ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 3-5 ตัน/ไร่ หวานให้หัวแปลงไถพรวนพรวนกลบ ก่อนปลูกข้าวโพด 2-4 สัปดาห์
21. นางทิวาพร ศรีวรกุล	ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 3-5 ตัน/ไร่ หวานให้หัวแปลงไถพรวนพรวนกลบ ก่อนปลูกข้าวโพด 2-4 สัปดาห์
22. น.ส.ณัฐพัชร์ พาณิชปฐม	ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 3-5 ตัน/ไร่ หวานให้หัวแปลงไถพรวนพรวนกลบ ก่อนปลูกข้าวโพด 2-4 สัปดาห์
23. น.ส.วิภาลักษณ์ เงินบาท	ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 3-5 ตัน/ไร่ หวานให้หัวแปลงไถพรวนพรวนกลบ ก่อนปลูกข้าวโพด 2-4 สัปดาห์
24. นายณัฐภูมิ พวงอินทร์	ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 3-5 ตัน/ไร่ หวานให้หัวแปลงไถพรวนพรวนกลบ ก่อนปลูกข้าวโพด 2-4 สัปดาห์
25. นางศุภิตา มิเกลียง	ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 3-5 ตัน/ไร่ หวานให้หัวแปลงไถพรวนพรวนกลบ ก่อนปลูกข้าวโพด 2-4 สัปดาห์

หมายเหตุ อัตราปุ๋ยแนะนำเฉพาะพื้นที่ หมายถึง อัตราปุ๋ยแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินในพื้นที่ปลูก

ตารางผนวกที่ 6 สมบัติทางกายภาพของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. แปลงเกษตรกรผู้ปลูกกระชาย ตำบลทุ่งลูกนก อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

แปลงที่/ชื่อเกษตรกร	พิกัดแปลง	อนุภาค			เนื้อดิน
		ทราย (%)	ทรายแป้ง (%)	ดินเหนียว (%)	
1. น.ส. สุชินรัตน์ จันทอน	47P 596945E 1547540N	27.2	27.4	45.3	ดินเหนียว
2. น.ส. กาญจนา แก้วมา	47P 597035E 1548182N	33.1	23.5	43.4	ดินเหนียว
3. น.ส. เกสรี เจนนัจำนค์	47P 596979E 1547375N	30.9	21.6	47.5	ดินเหนียว
4. น.ส. ผกาพันธ์ ผิวขาว	47P 595746E 1547802N	53.2	13.4	33.3	ดินร่วนเหนียวปนทราย
5. น.ส. ศิริวรรณ คล้ายมงคล	47P 596448E 1547662N	14.9	27.6	57.5	ดินเหนียว
6. น.ส. วันเพ็ญ หมื่นบวร	47P 596874E 1547779N	31.4	21.1	47.4	ดินเหนียว
7. นายศรีพิชัย ศรีสกุลอำพร	47P 602185E 1541526N	59.0	17.5	23.5	ดินร่วนเหนียวปนทราย
8. นางอุไร รอดโพธิ์ทอง	47P 603292E 1537889N	53.2	23.3	23.6	ดินร่วนเหนียวปนทราย
9. น.ส. วันนา คันขอย	47P 596761E 1547663N	43.6	29.9	26.6	ดินร่วน
10. นายโสพิช เสมแก้ว	47P 597194E 1548362N	49.6	23.9	26.6	ดินร่วนเหนียวปนทราย

ตารางผนวกที่ 7 สมบัติทางเคมีของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. แปลงเกษตรกรผู้ปลูกกระชาย ตำบลทุ่งลูกนก อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

แปลงที่/ชื่อเกษตรกร	pH ดิน <sup>1/</sup> (1:1)	อินทรีย์วัตถุ (%)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	โพแทสเซียมที่สกัดได้ (มก./กก.)
1. น.ส. สุชินรัตน์ จันทอน	7.1	1.94	33	100
2. น.ส. กาญจนา แก้วมา	7.6	0.53	14	85
3. น.ส. เกสรี เจนนัจำนค์	7.2	0.79	49	86
4. น.ส. ผกาพันธ์ ผิวขาว	6.9	1.28	21	82
5. น.ส. ศิริวรรณ คล้ายมงคล	7.1	2.34	9	77
6. น.ส. วันเพ็ญ หมื่นบวร	7.4	2.04	5	40
7. นายศรีพิชัย ศรีสกุลอำพร	7.6	0.63	379	47
8. นางอุไร รอดโพธิ์ทอง	7.1	1.71	960	95
9. น.ส. วันนา คันขอย **	7.8	1.07	36	24
10. นายโสพิช เสมแก้ว **	7.7	0.74	88	29

แหล่งที่มา <sup>1/</sup> Land Classification Division and FAO Project Staff (1973), \*\* แปลงที่คัดเลือกมาทำการทดลอง

ตารางผนวกที่ 8 ผลการประเมินสมบัติดินในพื้นที่ปลูกกระชาย ตำบลทุ่งลูกนก อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

แปลงที่/ชื่อเกษตรกร	เนื้อดิน	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ
		ความเป็นกรด-ด่าง	อินทรีย์วัตถุ	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน
1. น.ส. สุชินรัตน์ จันทอน	ดินเหนียว	เป็นกลาง	ปานกลาง	สูง	ปานกลาง	สูง (10)
2. น.ส. กาญจนา แก้วมา	ดินเหนียว	ด่างเล็กน้อย	ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง (7)
3. น.ส. เกสรี เจนนัจฉา	ดินเหนียว	เป็นกลาง	ต่ำ	สูง	ต่ำ	ปานกลาง (8)
4. น.ส. ผกาพันธ์ ผิวขาว	ดินร่วนเหนียวปนทราย	เป็นกลาง	ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ (6)
5. น.ส. ศิริวรรณ คล้ายมงคล	ดินเหนียว	เป็นกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง (7)
6. น.ส. วันเพ็ญ หมิ่นบวร	ดินเหนียว	ด่างเล็กน้อย	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง (7)
7. นายศรีพิชัย ศรีสกุลอำพร	ดินร่วนเหนียวปนทราย	ด่างเล็กน้อย	ต่ำ	สูง	ต่ำ	ปานกลาง (7)
8. นางอุไร รอดโพธิ์ทอง	ดินร่วนเหนียวปนทราย	เป็นกลาง	ปานกลาง	สูง	ต่ำ	ปานกลาง (8)
9. น.ส. วันนา คันขอย <sup>1/</sup>	ดินร่วน	ด่างเล็กน้อย	ต่ำ	สูง	ต่ำ	ปานกลาง (7)
10. นายโสพิช เสมแก้ว <sup>2/</sup>	ดินร่วนเหนียวปนทราย	ด่างเล็กน้อย	ต่ำ	สูง	ต่ำ	ปานกลาง (7)

หมายเหตุ \*\* ตัวเลขในวงเล็บคือผลรวมคะแนนการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน <sup>1/</sup>, <sup>2/</sup> แปลงที่คัดเลือกมาทำการทดลอง

ตารางผนวกที่ 9 คำแนะนำการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่สำหรับปลูกกระชาย GAP และกระชายอินทรีย์

แปลงที่/ชื่อเกษตรกร	คำแนะนำการจัดการธาตุอาหารสำหรับปลูกกระชาย
1. น.ส. สุชินรัตน์ จันทอน	อัตราปุ๋ยแนะนำเฉพาะพื้นที่ 21-6-24 กก.N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยรองพื้นเกรด 15-15-15 อัตรา 40 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 10 กก./ไร่ ครั้งที่ 2 หลังปลูก 2 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 20 กก./ไร่ ครั้งที่ 3 หลังปลูก 3 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 20 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 20 กก./ไร่ ครั้งที่ 4 หลังปลูก 4 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 20 กก./ไร่ และครั้งที่ 5 หลังปลูก 5 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 20 กก./ไร่
2. น.ส. กาญจนา แก้วมา	อัตราปุ๋ยแนะนำเฉพาะพื้นที่ 24-6-24 กก.N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยรองพื้นเกรด 15-15-15 อัตรา 40 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 10 กก./ไร่ ครั้งที่ 2 หลังปลูก 2 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 22 กก./ไร่ ครั้งที่ 3 หลังปลูก 3 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 22 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 20 กก./ไร่ ครั้งที่ 4 หลังปลูก 4 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 22 กก./ไร่ และครั้งที่ 5 หลังปลูก 5 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 22 กก./ไร่
3. น.ส. เกสรี เจนนัจฉา	อัตราปุ๋ยแนะนำเฉพาะพื้นที่ 24-6-24 กก.N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยรองพื้นเกรด 15-15-15 อัตรา 40 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 10 กก./ไร่ ครั้งที่ 2 หลังปลูก 2 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 22 กก./ไร่ ครั้งที่ 3 หลังปลูก 3 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 22 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 20 กก./ไร่ ครั้งที่ 4 หลังปลูก 4 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 22 กก./ไร่ และครั้งที่ 5 หลังปลูก 5 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 22 กก./ไร่
4. น.ส. ผกาพันธ์ ผิวขาว	อัตราปุ๋ยแนะนำเฉพาะพื้นที่ 21-6-24 กก.N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยรองพื้นเกรด 15-15-15 อัตรา 40 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 10 กก./ไร่ ครั้งที่ 2 หลังปลูก 2 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 20 กก./ไร่ ครั้งที่ 3 หลังปลูก 3 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 20 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 20 กก./ไร่ ครั้งที่ 4 หลังปลูก 4 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 20 กก./ไร่ และครั้งที่ 5 หลังปลูก 5 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 20 กก./ไร่
5. น.ส. ศิริวรรณ คล้ายมงคล	อัตราปุ๋ยแนะนำเฉพาะพื้นที่ 18-7-24 กก.N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยรองพื้นเกรด 15-15-15 อัตรา 47 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 10 กก./ไร่ ครั้งที่ 2 หลังปลูก 2 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 15 กก./ไร่ ครั้งที่ 3 หลังปลูก 3 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 15 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 20 กก./ไร่ ครั้งที่ 4 หลังปลูก 4 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 15 กก./ไร่ และครั้งที่ 5 หลังปลูก 5 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 15 กก./ไร่
6. น.ส. วันเพ็ญ หมิ่นบวร	อัตราปุ๋ยแนะนำเฉพาะพื้นที่ 21-7-28 กก.N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยรองพื้นเกรด 15-15-15 อัตรา 47 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 12 กก./ไร่ ครั้งที่ 2 หลังปลูก 2 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 19 กก./ไร่ ครั้งที่ 3 หลังปลูก 3 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 19 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 24 กก./ไร่ ครั้งที่ 4 หลังปลูก 4 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 19 กก./ไร่ และครั้งที่ 5 หลังปลูก 5 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 19 กก./ไร่
7. นายศรีพิชัย ศรีสกุลอำพร	อัตราปุ๋ยแนะนำเฉพาะพื้นที่ 24-5-28 กก.N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยรองพื้นเกรด 15-15-15 อัตรา 34 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 12 กก./ไร่ ครั้งที่ 2 หลังปลูก 2 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 24 กก./ไร่ ครั้งที่ 3 หลังปลูก 3 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 24 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 24 กก./ไร่ ครั้งที่ 4 หลังปลูก 4 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 24 กก./ไร่ และครั้งที่ 5 หลังปลูก 5 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 24 กก./ไร่
8. นางอุไร รอดโพธิ์ทอง (กระชายอินทรีย์)	คำแนะนำการจัดการธาตุอาหารสำหรับการปลูกกระชายอินทรีย์ เพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เลือกใช้วัสดุอินทรีย์ที่มีปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมสูง เช่น แหนแดง มูลวัวนม อัตรา 1.5-2.0 ตัน/ไร่ หรือมูลไก่ 500 กก./ไร่ หว่านก่อนปลูกที่ข้อย่างน้อย 7-14 วัน แล้วสับกลบ หรือ รองพื้นด้วยมูลค่างควา อัตรา 500 กก./ไร่



ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ)

แปลงที่/ชื่อเกษตรกร	คำแนะนำการจัดการธาตุอาหารสำหรับปลูกกระชาย
9. น.ส.วันนา คันชอย	อัตราปุ๋ยแนะนำเฉพาะพื้นที่ 24-6-28 กก./ไร่ ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยรองพื้นเกรด 15-15-15 อัตรา 40 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 14 กก./ไร่ ครั้งที่ 2 หลังปลูก 2 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 22 กก./ไร่ ครั้งที่ 3 หลังปลูก 3 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 22 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 24 กก./ไร่ ครั้งที่ 4 หลังปลูก 4 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 22 กก./ไร่ และครั้งที่ 5 หลังปลูก 5 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 22 กก./ไร่
10. นายโสพิช เสมแก้ว	อัตราปุ๋ยแนะนำเฉพาะพื้นที่ 24-6-28 กก./ไร่ ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยรองพื้นเกรด 15-15-15 อัตรา 40 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 14 กก./ไร่ ครั้งที่ 2 หลังปลูก 2 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 22 กก./ไร่ ครั้งที่ 3 หลังปลูก 3 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 22 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 24 กก./ไร่ ครั้งที่ 4 หลังปลูก 4 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 22 กก./ไร่ และครั้งที่ 5 หลังปลูก 5 เดือน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 22 กก./ไร่

หมายเหตุ อัตราปุ๋ยแนะนำเฉพาะพื้นที่ หมายถึง อัตราปุ๋ยแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินในพื้นที่ปลูก

ตารางผนวกที่ 10 สมบัติทางกายภาพของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. แปลงเกษตรกรผู้ปลูกกระเจี๊ยบเขียว GAP

แปลงที่/ชื่อเกษตรกร	พิกัดแปลง	อนุภาค ทราย (%)	อนุภาค ทรายแป้ง (%)	อนุภาค ดินเหนียว (%)	เนื้อดิน
<b>แปลงกระเจี๊ยบเขียว GAP ต.ทุ่งลูกนก อ.กำแพงแสน จ.</b>					
<b>นครปฐม</b>					
1. นางวันนา คันชอย	47P 597145E 1548251N	39.00	39.58	21.42	ดินร่วน
2. นายนิรุท จินเพชร (1)	47P 594633E 1549399N	28.02	6.73	65.24	ดินเหนียว
3. นายนิรุท จินเพชร (2)	47P 594551E 1549417N	20.48	13.94	65.58	ดินเหนียว
4. นางวันเพ็ญ ลิ้มเซ่ง	47P 596373E 1547605N	19.08	32.39	48.53	ดินเหนียว
5. นายวินัย จันทอง (1)	47P 596307E 1547605N	25.15	26.26	48.58	ดินเหนียว
6. นายวินัย จันทอง (2)	47P 599413E 1547813N	8.67	22.10	69.22	ดินเหนียว
<b>แปลงกระเจี๊ยบเขียว GAP ต.สระยายโสม อ.อุ้มทอง จ.สุพรรณบุรี</b>					
7. นายอนุวัติ นรัญดา (1)	47P 595056E 1576786N	36.40	29.93	33.67	ดินร่วนเหนียว
8. นายอนุวัติ นรัญดา (2)	47P 595092E 1576841N	27.49	33.69	38.83	ดินร่วนเหนียว
9. นายนพรัตน์ นรัญดา	47P 594983E 1576759N	50.15	17.69	32.16	ดินร่วนเหนียวปนทราย
10. นายพิทักษ์ ธรรมกุล	47P 595014E 1576659N	49.74	27.70	22.56	ดินร่วนเหนียวปนทราย
11. นายกำทร นาเครือ	47P 594772E 1577314N	27.66	27.09	45.25	ดินเหนียว
12. นางสาวสุรี เอติรัตน์	47P 594708E 1577295N	37.31	17.30	45.39	ดินเหนียว

ตารางผนวกที่ 11 สมบัติทางเคมีของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. แปลงเกษตรกรผู้ปลูกกระเจี๊ยบเขียว GAP

แปลงที่/ชื่อเกษตรกร	pH ดิน <sup>1</sup> (1:1)	อินทรีย์วัตถุ (%)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	โพแทสเซียมที่สกัดได้ (มก./กก.)
<b>แปลงกระเจี๊ยบเขียว GAP ต.ทุ่งลูกนก อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม</b>				
1. นางวันนา คันชอย **	8.3	1.05	14	125
2. นายนิรุท จินเพชร (1)	7.3	1.20	28	260
3. นายนิรุท จินเพชร (2)	7.2	2.07	42	244
4. นางวันเพ็ญ ลิ้มเซ่ง	7.8	2.27	17	698
5. นายวินัย จันทอง (1)	8.0	1.96	9	191
6. นายวินัย จันทอง (2)	7.1	2.68	36	256
<b>แปลงกระเจี๊ยบเขียว GAP ต.สระยายโสม อ.อุ้มทอง จ.สุพรรณบุรี</b>				
7. นายอนุวัติ นรัญดา (1) **	7.6	1.54	35	139
8. นายอนุวัติ นรัญดา (2)	7.5	1.20	37	310
9. นายนพรัตน์ นรัญดา	7.6	1.38	41	308
10. นายพิทักษ์ ธรรมกุล	7.1	1.31	188	289
11. นายกำทร นาเครือ	8.0	1.70	41	435
12. นางสาวสุรี เอติรัตน์	7.8	1.43	34	351

หมายเหตุ \*\* แปลงที่คัดเลือกมาทำการทดลอง

ตารางผนวกที่ 12 ผลการประเมินสมบัติดินในพื้นที่ปลูกกระเจี๊ยบเขียว GAP

แปลงที่/ชื่อเกษตรกร	เนื้อดิน	ระดับ ความเป็นกรด-ด่าง	ระดับ อินทรีย์วัตถุ	ระดับ ฟอสฟอรัส	ระดับ โพแทสเซียม	ระดับ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน
<b>แปลงกระเจี๊ยบเขียว GAP ต.ทุ่งลูกนก อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม</b>						
1. นางวันนา คันชอย <sup>1/</sup>	ดินร่วน	เป็นด่าง	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	ปานกลาง (8)
2. นายนิรุท จินเพชร (1)	ดินเหนียว	เป็นกลาง	ต่ำ	สูง	สูง	สูง (10)
3. นายนิรุท จินเพชร (2)	ดินเหนียว	เป็นกลาง	ปานกลาง	สูง	สูง	สูง (11)
4. นางวันเพ็ญ ลิ้มเซ่ง	ดินเหนียว	เป็นด่างเล็กน้อย	ปานกลาง	ปานกลาง	สูง	สูง (10)
5. นายวินัย จันทอง (1)	ดินเหนียว	เป็นด่างปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	สูง	ปานกลาง (9)
6. นายวินัย จันทอง (2)	ดินเหนียว	เป็นกลาง	สูง	สูง	สูง	สูง (12)
<b>แปลงกระเจี๊ยบเขียว GAP ต.ทรายยาไสม อ.อุททอง จ.สุพรรณบุรี</b>						
7. นายอนุวัติ นรฤดา (1) <sup>2/</sup>	ดินร่วนเหนียว	เป็นด่างเล็กน้อย	ปานกลาง	สูง	สูง	สูง (10)
8. นายอนุวัติ นรฤดา (2)	ดินร่วนเหนียว	เป็นด่างเล็กน้อย	ต่ำ	สูง	สูง	ปานกลาง (9)
9. นายพนรัตน์ นรฤดา	ดินร่วนเหนียวปนทราย	เป็นด่างเล็กน้อย	ต่ำ	สูง	สูง	ปานกลาง (9)
10. นายพิทักษ์ ธรรมกุล	ดินร่วนเหนียวปนทราย	เป็นกลาง	ต่ำ	สูง	สูง	ปานกลาง (9)
11. นายกำพร นาคเรือ	ดินเหนียว	เป็นด่างปานกลาง	ปานกลาง	สูง	สูง	สูง (11)
12. นางสาวสุรี เอติรัตน์	ดินเหนียว	เป็นด่างเล็กน้อย	ต่ำ	สูง	สูง	สูง (10)

หมายเหตุ\*\* ตัวเลขในวงเล็บคือผลรวมคะแนนการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

<sup>1/</sup>, <sup>2/</sup> แปลงที่คัดเลือกมาทำการทดลอง

ตารางผนวกที่ 13 คำแนะนำการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่สำหรับปลูกกระเจี๊ยบเขียว GAP

แปลงที่/ชื่อเกษตรกร	คำแนะนำการจัดการธาตุอาหารสำหรับปลูกกระเจี๊ยบเขียว
1. นางวันนา คันชอย	อัตราปุ๋ยแนะนำเฉพาะพื้นที่ 24-8-6 กก.N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ ครั้งที่ 1 หลังถอนแยก 15 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 42 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 18-46-0 อัตรา 17 กก./ไร่ และปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 10 กก./ไร่ ครั้งที่ 2 หลังถอนแยก 30 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 57 กก./ไร่ *ดินมี pH > 7.3 ต้องใช้ปุ๋ยสูตร 21-0-0 แทนปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) เพื่อป้องกันการสูญเสียไนโตรเจนในรูปแอมโมเนีย
2. นายนิรุท จินเพชร (1)	อัตราปุ๋ยแนะนำเฉพาะพื้นที่ 24-4-6 กก.N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ ครั้งที่ 1 หลังถอนแยก 15 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 46-0-0 อัตรา 23 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 18-46-0 อัตรา 9 กก./ไร่ และปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 10 กก./ไร่ ครั้งที่ 2 หลังถอนแยก 30 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 46-0-0 อัตรา 26 กก./ไร่
3. นายนิรุท จินเพชร (2)	อัตราปุ๋ยแนะนำเฉพาะพื้นที่ 18-4-6 กก.N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ ครั้งที่ 1 หลังถอนแยก 15 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 46-0-0 อัตรา 16 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 18-46-0 อัตรา 9 กก./ไร่ และปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 10 กก./ไร่ ครั้งที่ 2 หลังถอนแยก 30 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 46-0-0 อัตรา 20 กก./ไร่
4. นางวันเพ็ญ ลิ้มเซ่ง	อัตราปุ๋ยแนะนำเฉพาะพื้นที่ 18-8-6 กก.N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ ครั้งที่ 1 หลังถอนแยก 15 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 28 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 18-46-0 อัตรา 17 กก./ไร่ และปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 10 กก./ไร่ ครั้งที่ 2 หลังถอนแยก 30 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 43 กก./ไร่
5. นายวินัย จันทอง (1)	อัตราปุ๋ยแนะนำเฉพาะพื้นที่ 18-16-6 กก.N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ ครั้งที่ 1 หลังถอนแยก 15 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 13 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 18-46-0 อัตรา 35 กก./ไร่ และปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 10 กก./ไร่ ครั้งที่ 2 หลังถอนแยก 30 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 43 กก./ไร่
6. นายวินัย จันทอง (2)	อัตราปุ๋ยแนะนำเฉพาะพื้นที่ 12-4-6 กก.N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ ครั้งที่ 1 หลังถอนแยก 15 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 46-0-0 อัตรา 10 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 18-46-0 อัตรา 9 กก./ไร่ และปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 10 กก./ไร่ ครั้งที่ 2 หลังถอนแยก 30 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 46-0-0 อัตรา 13 กก./ไร่
7. นายอนุวัติ นรฤดา (1)	อัตราปุ๋ยแนะนำเฉพาะพื้นที่ 18-4-6 กก.N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ ครั้งที่ 1 หลังถอนแยก 15 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 35 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 18-46-0 อัตรา 9 กก./ไร่ และปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 10 กก./ไร่ ครั้งที่ 2 หลังถอนแยก 30 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 43 กก./ไร่
8. นายอนุวัติ นรฤดา (2)	อัตราปุ๋ยแนะนำเฉพาะพื้นที่ 24-4-6 กก.N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ ครั้งที่ 1 หลังถอนแยก 15 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 50 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 18-46-0 อัตรา 9 กก./ไร่ และปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 10 กก./ไร่ ครั้งที่ 2 หลังถอนแยก 30 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 57 กก./ไร่
9. นายพนรัตน์ นรฤดา	อัตราปุ๋ยแนะนำเฉพาะพื้นที่ 24-4-6 กก.N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ ครั้งที่ 1 หลังถอนแยก 15 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 50 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 18-46-0 อัตรา 9 กก./ไร่ และปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 10 กก./ไร่ ครั้งที่ 2 หลังถอนแยก 30 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 57 กก./ไร่
10. นายพิทักษ์ ธรรมกุล	อัตราปุ๋ยแนะนำเฉพาะพื้นที่ 24-4-6 กก.N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ ครั้งที่ 1 หลังถอนแยก 15 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 46-0-0 อัตรา 23 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 18-46-0 อัตรา 9 กก./ไร่ และปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 10 กก./ไร่ ครั้งที่ 2 หลังถอนแยก 30 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 46-0-0 อัตรา 26 กก./ไร่

ตารางผนวกที่ 13 (ต่อ)

แปลงที่/ชื่อเกษตรกร	คำแนะนำการจัดการธาตุอาหารสำหรับปลูกกระเจี๊ยบเขียว
11. นายกำทร นาครีอ	อัตราปุ๋ยแนะนำเฉพาะพื้นที่ 18-4-6 กก.N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ ครั้งที่ 1 หลังถอนแยก 15 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 35 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 18-46-0 อัตรา 9 กก./ไร่ และปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 10 กก./ไร่ ครั้งที่ 2 หลังถอนแยก 30 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 43 กก./ไร่
12. นางสาวสุรี เอติรัตน์	อัตราปุ๋ยแนะนำเฉพาะพื้นที่ 24-4-6 กก.N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/ไร่ ครั้งที่ 1 หลังถอนแยก 15 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 50 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเกรด 18-46-0 อัตรา 9 กก./ไร่ และปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 10 กก./ไร่ ครั้งที่ 2 หลังถอนแยก 30 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 21-0-0 อัตรา 57 กก./ไร่

ตารางผนวกที่ 14 สมบัติของดินที่ใช้ศึกษาการปลดปล่อยธาตุอาหารของชีวมวลในห้องปฏิบัติการ

สถานที่เก็บตัวอย่างดิน	เนื้อดิน	pH (1:1)	OM (%)	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)
<b>แปลงข้าวโพดหวาน</b>					
ต.พันลาน อ.ชุมแสง จ.นครสวรรค์	ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง	5.50	2.64	100	254
ต.พันลาน อ.ชุมแสง จ.นครสวรรค์	ดินร่วน	4.20	1.44	30	90
ต.เขาชะงุ้ม อ.โพธาราม จ.ราชบุรี	ดินร่วนเหนียว	8.14	2.76	27	54
ต.เกาะสำโรง อ.เมืองกาญจนบุรี จ.กาญจนบุรี	ดินร่วน	7.73	1.16	77	95
<b>แปลงกระชาย</b>					
ต.ทุ่งลูกนก อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม	ดินร่วนปนทราย	7.70	0.74	88	29
ต.ทุ่งลูกนก อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม	ดินร่วน	7.80	1.07	36	24
<b>แปลงกระเจี๊ยบเขียว</b>					
ต.ทุ่งลูกนก อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม	ดินร่วน	8.30	1.05	14	125
ต.สระยายโสม อ.อู่ทอง จ.สุพรรณบุรี	ดินร่วนเหนียว	7.60	1.54	35	139

ตารางผนวกที่ 15 สมบัติของชีวมวลที่ใช้ในการทดลอง

Biomass	MC *	OM	OC	C/N	T-N	T-P	T-K	T-Ca	T-Mg
	(%)	(%)	(%)		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
มูลวัว	11.9±0.2	57.3±2.9	33.2±1.7	23.7±4.8	1.49±0.44	1.33±0.35	3.25±1.41	2.45±1.59	0.66±0.10
มูลไก่แกลบ	24.6±1.2	51.1±3.2	29.6±1.9	12.7±5.1	2.61±0.91	2.62±0.69	2.78±0.54	3.07±2.18	1.13±0.09
ปุ๋ยหมัก	16.1±1.3	30.1±2.9	17.4±1.7	14.5±2.5	1.22±0.12	2.60± 3	1.90±0.52	2.87±0.08	0.67±0.03
แทนแดงแห้ง	11.0	66.8	38.7	13.9	2.79	0.46	2.18	2.38	0.31

หมายเหตุ: MC : ความชื้น OM : อินทรีย์วัตถุ OC : อินทรีย์คาร์บอน



ภาพผนวกที่ 1 การบ่มหัวเชื้อตั้งต้นสำหรับสายสีเขียวแกมน้ำเงินในถุงพลาสติกซิปลสภาพห้องปฏิบัติการ



(ก)

(ข)

ภาพผนวกที่ 2 ความหนาแน่นของเซลล์สำหรับสายสีเขียวแกมน้ำเงินเมื่อเพาะเลี้ยงในน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เจือจาง 250 เท่า ที่ระยะเวลา 0 วัน (ก) และที่ระยะเวลา 7 วัน (ข)



ภาพผนวกที่ 3 การเลี้ยงขยายชีวมวลสำหรับสายสีเขียวแกมน้ำเงินโดยใช้น้ำปุ๋ยหมักมูลไก่เจือจาง 250 เท่า และอาหารเหลว BG-11<sub>0</sub> ในถังพลาสติกขนาด 18.9 ลิตร ในสภาพโรงเรือน





ภาพผนวกที่ 4 เปรียบเทียบการเจริญของແຫນແດງเมื่อโตเต็มพื้นน้ำ (ก) และແຫນແດງเมื่อขยายตัวเพิ่มขึ้นเต็มพื้นที่จนต้นตัวขึ้นเป็นลอนลูกฟูกในแนวตั้ง (ข)



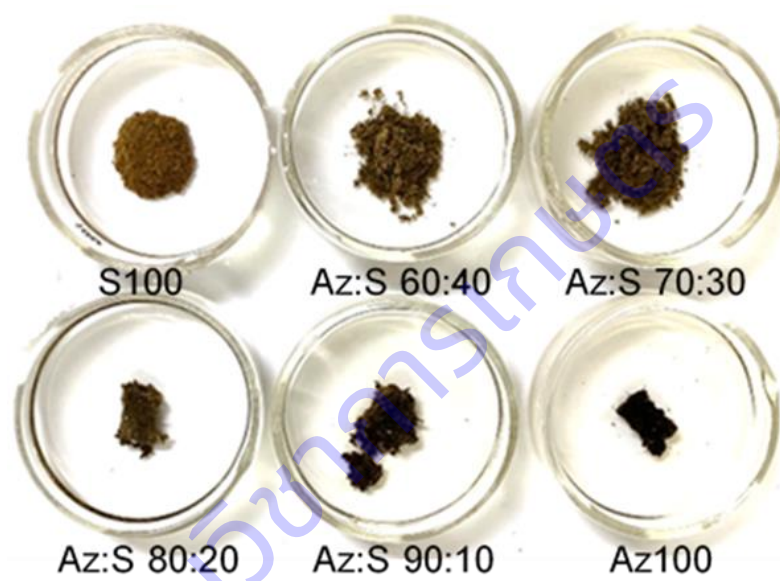
ภาพผนวกที่ 5 ผลจากการใช้ແຫນແດງอัตราเริ่มต้นต่ำทำให้เกิดช่องว่างระหว่างต้นແຫນແດງและมีสาหร่ายเกิดขึ้น



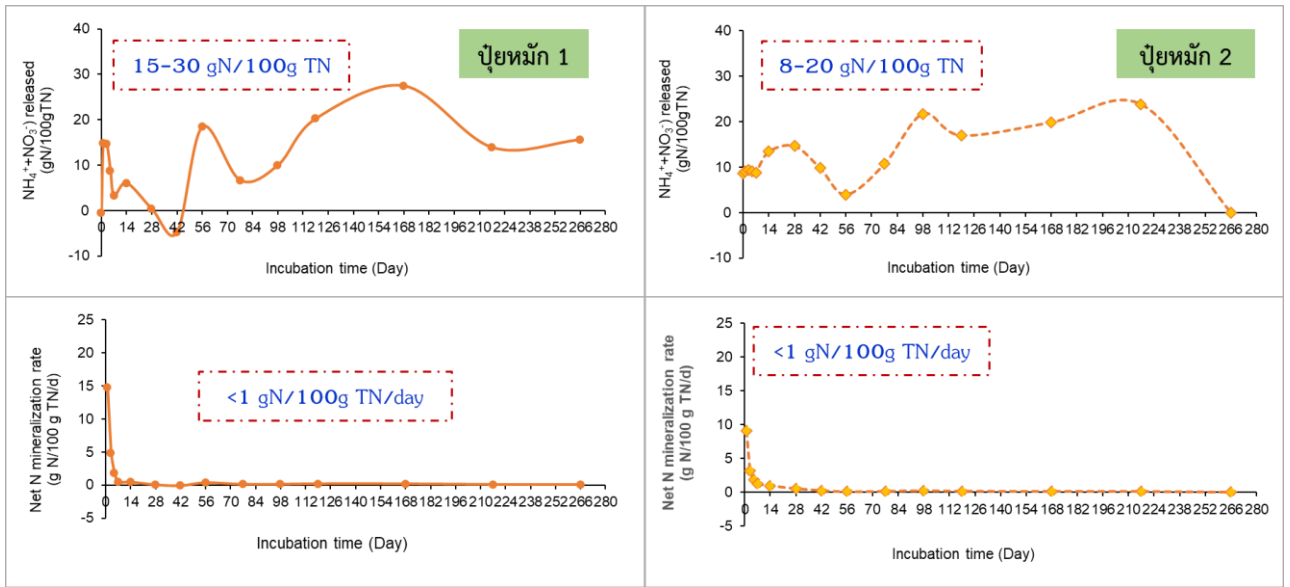
ภาพผนวกที่ 6 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตและการสร้างชีวมวลของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสายพันธุ์ *Hapalosiphon* sp. DASH 05101 (ซ้าย) และสายพันธุ์ *Scytonema* sp. DASH 07101 (ขวา)



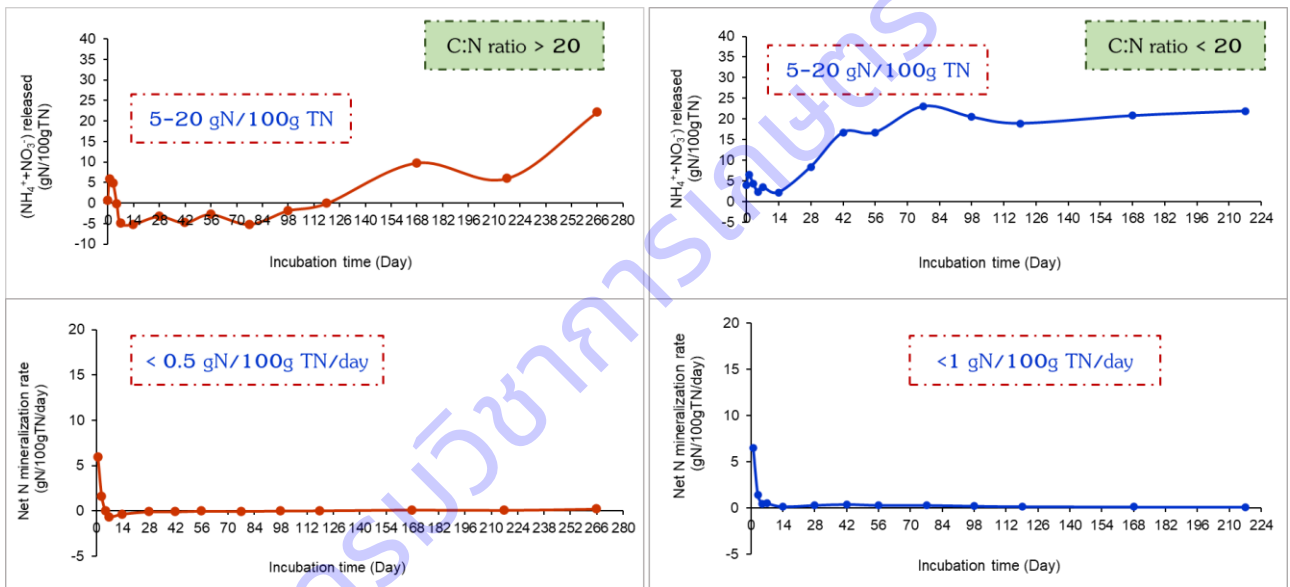
ภาพผนวกที่ 7 เปรียบเทียบลักษณะของแหนแดงอัดเม็ดที่สัดส่วนต่างๆ



ภาพผนวกที่ 8 เปรียบเทียบการแตกตัวในน้ำของแหนแดงอัดเม็ดที่สัดส่วนต่างๆ ที่ระยะเวลาเท่ากัน

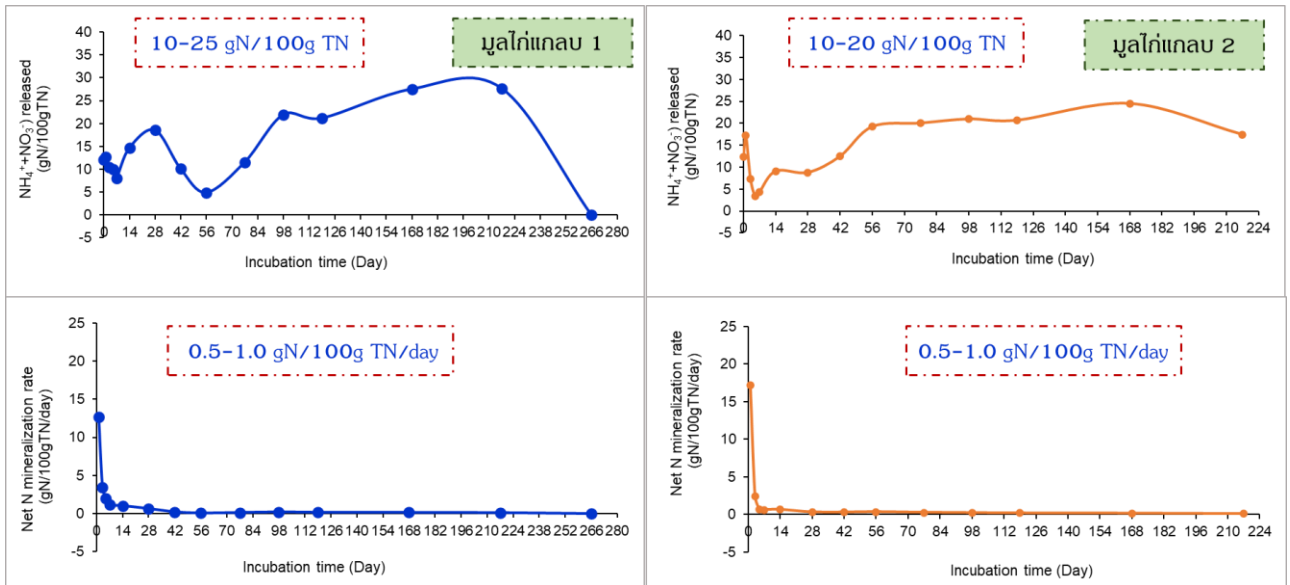


ภาพผนวกที่ 9 การปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนจากการบ่มปุ๋ยหมักในดินร่วน และดินร่วนเหนียว

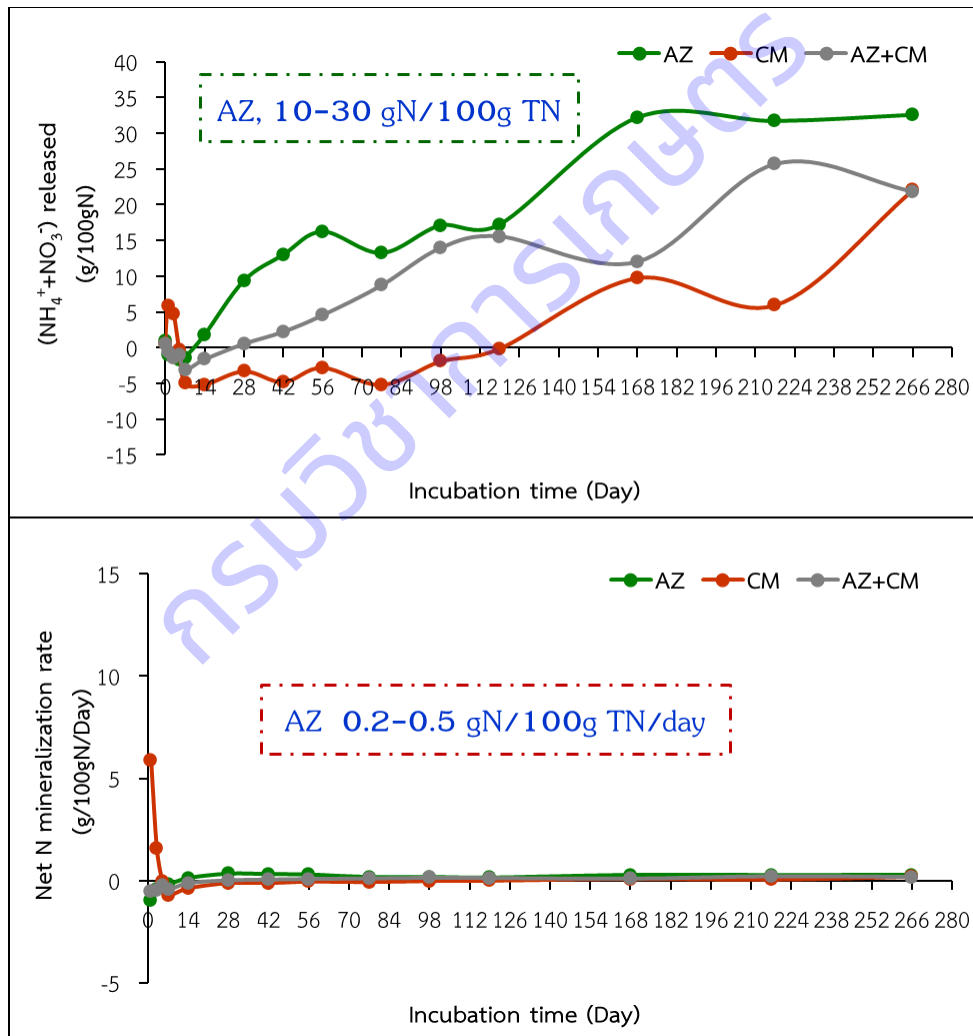


ภาพผนวกที่ 10 การปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนจากการบ่มมูลวัวในดินร่วน





ภาพผนวกที่ 11 การปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนจากการบ่มมูลไก่แกลบในดินร่วน



ภาพผนวกที่ 12 การปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนจากการบ่มแห้วแดงแห้ง (AZ) มูลวัว (CM) และแห้วแดงแห้งผสมมูลวัว (AZ+CM) ในดินร่วน

2. ภาคผนวก 2 หลักฐานเชิงประจักษ์ของผลผลิตที่ได้ จากข้อ 3.2 โดยให้เรียงข้อมูลหลักฐานตามผลผลิตที่แสดงในตาราง

ผลผลิตลำดับที่	ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง	ช่องทางการเข้าถึงข้อมูล
1.	<p>กระบวนการเลี้ยงหัวเชื้อตั้งต้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Hapalosiphon ในอาหาร BG-11 ในระดับห้องปฏิบัติการ</p> 	 <p><a href="https://m5.gs/dUNtM2">https://m5.gs/dUNtM2</a></p>
2.	<p>กระบวนการเลี้ยงหัวเชื้อตั้งต้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Hapalosiphon ในอาหารเหลวจากน้ำปุ๋ยหมักมูลไก่ในระดับห้องปฏิบัติการ</p> 	 <p><a href="https://m5.gs/dUJkSm">https://m5.gs/dUJkSm</a></p>

ผลผลิตลำดับที่	ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง	ช่องทางการเข้าถึงข้อมูล
<p>3 และ 4</p>	<p>การผลิตผลิตภัณฑ์แทนแดงร่วมกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- การผลิตชีวมวลแทนแดงและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน</li> <li>- อัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์แทนแดงและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินอัดเม็ด</li> </ul> 	 <p><a href="https://m5.gs/N0NGOX">https://m5.gs/N0NGOX</a></p>
<p>5.</p>	<p>การประเมินสมบัติของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวาน</p> 	 <p><a href="https://m5.gs/bDNTR1">https://m5.gs/bDNTR1</a></p>

ผลผลิตลำดับที่	ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง	ช่องทางการเข้าถึงข้อมูล
6.	<p>การประเมินสมบัติของดินในพื้นที่ปลูกกระชาย</p> 	 <p><a href="https://m5.gs/ckthan">https://m5.gs/ckthan</a></p>
7.	<p>การประเมินสมบัติของดินในพื้นที่ปลูกกระเจี๊ยบเขียว</p> 	 <p><a href="https://m5.gs/N3lLOG">https://m5.gs/N3lLOG</a></p>

ผลผลิตลำดับที่	ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง	ช่องทางการเข้าถึงข้อมูล
8.	<p data-bbox="504 230 979 264">การประเมินการปลดปล่อยธาตุอาหารของชีวมวล</p> 	 <p data-bbox="1114 591 1410 624"><a href="https://m5.gs/RmlzWU">https://m5.gs/RmlzWU</a></p>

กรมวิชาการเกษตร