



รายงานการวิจัย

การพัฒนาปุ๋ยชีวภาพจากแหนแดง

Development of bio-fertilizer from *Azolla* sp.

สุรางค์รัตน์ พันแสง และคณะ

สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2558

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาปุ๋ยชีวภาพจากแหนแดง

Development of bio-fertilizer from *Azolla* sp.

สุรางค์รัตน์ พันแสง และคณะ

สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ทุนอุดหนุนโดย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2558

ชื่องานวิจัย	การพัฒนาปุ๋ยชีวภาพจากแหนแดง Development of bio-fertilizer from <i>Azolla</i> sp.
ผู้วิจัย	สุรางค์รัตน์ พันแสง
ผู้ร่วมวิจัย/ที่ปรึกษา	พวงผกา แก้วกรม ปอแก้ว พรหมเพชร แสงจันทร์ สอนสว่าง
สาขาวิชา	ชีววิทยา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีเสรีจวิจัย 2559

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 4 ประการ ได้แก่ 1) วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของแหนแดง 2) ศึกษาสัดส่วนองค์ประกอบที่เหมาะสมของคาร์บอนและไนโตรเจน 3) ศึกษาอัตราการรอดชีวิตของไซยาโนแบคทีเรียในปุ๋ยชีวภาพในรูปแบบปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพจากแหนแดงและ 4) เพื่อผลิตปุ๋ยชีวภาพที่มีคุณภาพตามประกาศมาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ แหนแดงที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ แหนแดง ชนิด *Azolla pinnata* var. *imbricata* การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในแหนแดงพบว่าปริมาณธาตุอาหารหลักคือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม เท่ากับ 4.58%, 0.40% และ 2.00% ตามลำดับ การศึกษาในครั้งนี้ได้ทดลองใช้วัสดุผสมที่เป็นมูลสัตว์ที่แตกต่างกันโดยใช้สัดส่วนของมูลสัตว์และแหนแดงสดในอัตราส่วน 1 : 10 โดยปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพสูตรที่ 1 จะใช้มูลไก่เป็นวัสดุผสม (T1) สูตรที่ 2 ใช้มูลสุกร (T2) และสูตรที่ 3 ใช้มูลโค (T3) ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพทั้ง 3 สูตรพบว่า T3 มีปริมาณของไนโตรเจนรวมเพิ่มขึ้นสูงที่สุด (1.00%) รองลงมาคือ T2 (0.67%) และ T1 (0.27%) ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัสรวม (TP) และโพแทสเซียมรวม (TK) พบว่าปุ๋ยสูตรที่ T1 มีอัตราการเพิ่มขึ้นของสารอาหารทั้งสองชนิดสูงที่สุด (TP=6.69% และ TK=3.07%) รองลงมาคือ T2 (TP=1.82% และ TK=1.39%) และ T3 (TP=0.61% และ TK=1.15%) ตามลำดับ อัตราการรอดตายของไซยาโนแบคทีเรียในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพทุกสูตร พบว่าไซยาโนแบคทีเรียมีชีวิตรอดได้นานที่สุด 30 วัน เมื่อพิจารณาคุณภาพของปุ๋ยตามมาตรฐานพบว่าปุ๋ยสูตรที่ 3 มีคุณภาพตรงตามมาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ ดังนั้นในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพที่ให้ปริมาณไนโตรเจนได้ดีและมีมาตรฐาน คือ การผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากมูลโค

คำสำคัญ: ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพจากแหนแดง, สารอาหารหลัก, มูลสัตว์

Abstract

The objectives of this research were 1) to analyzed nutrients in azolla 2) to investigate the suitable carbon/nitrogen ratio 3) to monitor survival rate of cyanobacteria in bio-organic fertilizers and 4) to produce bio-organic fertilizer with quality base on standard criteria.

Results on azolla identification found that is the study sample is *A. pinnata* var *imbricata*. The main macro-nutrient concentrations; nitrogen, phosphorus and potassium in azolla biomass were 4.58%, 0.40% and 2.00%, respectively. The use of different animal manures as mixture in azolla organic bio-fertilizer was tested. The organic bio-fertilizer composed with animal manure and fresh azolla in a ratio 1 : 10. The three different mixtures; chicken manure (T1), swine manure (T2) and cow manure (T3) were added to the bio-fertilizer. The result on total nitrogen (TN) analysis found that T3 had the highest increasing rate of TN (1.00%) followed by T2 (0.67%) and T1 (0.27%), respectively. However, the results on the increasing rate of total phosphorus (TP) and total potassium (TK) revealed that T1 had the highest percentage of increasing rate both in TP and TK (TP=6.69% and TK=3.07%) followed by T2 (TP=1.82% and TK=1.39%) and T3 (TP=0.61% and TK=1.15%), respectively. In consideration to the survival rate of cyanobacteria, we found that this species could survive only 30 days in all treatments. When considering on standard criteria of organic fertilizer we found that T3 had a good quality base on organic fertilizer standard criteria. Our study concluded that organic fertilizer from cow manure was produced amount of nitrogen and has a good quality.

Keywords: Azolla organic bio-fertilizer, macro-nutrients, manures

(**)

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือจากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่สละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุพันธุ์ กองบังเกิด ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และอาจารย์นุชจรินทร์ แก้วกล้า ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เป็นอย่างสูง ที่ได้ให้ความกรุณา ให้คำปรึกษาแนะนำ ให้แก่ผู้วิจัย ขอบพระคุณผู้อำนวยการและคณะครูโรงเรียนบ้านบง นายกองค์การบริหารส่วนตำบลนาป่า และปลัดองค์การบริหารส่วนตำบลนาป่า รวมทั้งผู้เกี่ยวข้อง ที่อนุญาตให้ใช้พื้นที่วิจัย และอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยในภาคสนาม ขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

สุรางค์รัตน์ พันแสง และคณะ

4 มกราคม 2559

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญรูป	ช
บทที่*1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....	2
1.4 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย	2
บทที่*2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ความหมายปฏูและชนิดของปฏู.....	4
2.2 ปฏูชีวภาพ	5
2.3 ข้อมูลทั่วไปของแหนแดง	16
2.4 ข้อมูลทั่วไปของไซยาโนแบคทีเรีย	19
2.5 การวัดการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรีย.....	22
2.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	24
บทที่*3 วิธีการดำเนินการวิจัย	26
3.1 การผลิตและการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของแหนแดง	26
3.2 การผลิตปฏูชีวภาพและการศึกษาคุณภาพของปฏู.....	27
3.3 การทดสอบอัตราการรอด	28
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและจัดทำรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์	28

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่*4 ผลการวิจัย.....	29
4.1 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของແນແຈງທີ່พบในจังหวัดเพชรบูรณ์.....	29
4.2 การหาสัดส่วนองค์ประกอบที่เหมาะสมของคาร์บอนและไนโตรเจนในกระบวนการหมักปุ๋ยเป็นการหมักในสภาวะที่มีอากาศ (Aerobic digestion) ...	29
4.3 อัตราการรอดชีวิตของไซยาโนแบคทีเรียในปุ๋ยชีวภาพ	30
4.4 การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพที่มีคุณภาพตามประกาศมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตร พ.ศ.2548	31
บทที่*5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	35
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	35
5.1 อภิปรายผล.....	35
5.2 ข้อเสนอแนะ	37
บรรณานุกรม.....	38
ภาคผนวก	40
ภาคผนวก ก (หลักฐานการนำผลงานไปใช้ประโยชน์ ก).....	41
ประวัติคณะผู้วิจัย	45

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	จุลินทรีย์ที่ได้รับความสนใจทำการวิจัยเพื่อนำมาใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ
	แยกตามกิจกรรมที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช 8
2.2	การจำแนกไรโซเบียมอาศัยการจำแนกตามความสัมพันธ์
	กับพืชตระกูลถั่วชนิดต่าง ๆ 14
4.1	ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่สำคัญที่พบในเหินแดง 29
4.2	ผลการวิเคราะห์สัดส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ..... 30
4.3	ผลการวิเคราะห์อัตราการผลิตของไซโนแบคทีเรียในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ
	จากเหินแดง 30
4.4	ปริมาณธาตุอาหารหลักที่เพิ่มขึ้นในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพจากเหินแดง..... 31
4.5	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพจากเหินแดง 31
4.6	ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ
	จากเหินแดง 32
4.7	การเปรียบเทียบคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์
	พ.ศ. 2558..... 34

(*๑*)

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1	กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย..... 3
2.1	ลักษณะของเห่นแดง 17
2.2	เซลล์สำหรับยีส่น้ำเงินแกมเขียว (<i>Anabaena azollae</i>) ในช่องใบของเห่นแดง 20
2.3	ลักษณะโครงสร้างของเซลล์ไซยาโนแบคทีเรีย 21
3.1	การเพาะเลี้ยงเห่นแดงในบ่อซีเมนต์..... 27
4.1	ปุ๋ยชีวภาพจากเห่นแดงที่ใช้มูลไก่ มูลสุกร และมูลโค..... 33

บทที่ 1

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ปัจจุบันมีพื้นที่ปลูกข้าวประมาณ 79.109 ล้านไร่หรือคิดเป็นร้อยละ 12.71 ของพื้นที่ทั้งหมด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2557) ได้ผลผลิต 36.629 ล้านตันข้าวเปลือก เป็นการผลิตในฤดูนาปี 28.443 ล้านตัน และฤดูนาปรัง 8.186 ล้านตัน นำไปแปรสภาพเป็นข้าวสารใช้บริโภคภายในประเทศ 7 ล้านตัน และส่งออกจำหน่ายต่างประเทศอีก 6 ล้านตัน นำรายได้เข้าประเทศมากกว่าปีละ 70,000 ล้านบาท ผลพลอยได้จากการแปรสภาพข้าวเปลือก นอกจากนำไปเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันพืชและใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์แล้ว ยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายชนิด ปัญหาที่พบในการผลิตข้าว นอกเหนือไปจากการระบาดของโรคแมลงศัตรูพืชแล้ว ยังพบว่าขณะนี้เกษตรกรประสบปัญหาวิกฤตการขาดแคลนปุ๋ยเคมีและราคาปุ๋ยเคมีที่สูงขึ้น 1-2 เท่าตัว รวมทั้งการระบาดของปุ๋ยเคมีปลอม การขาดการปรับปรุงบำรุงดินและการจัดการดินไม่เหมาะสม เนื่องจากการปลูกข้าวติดต่อกันเป็นเวลา และข้าวจะมีการตอบสนองต่อการใช้ธาตุอาหาร ธาตุอาหารจากดินจะสูญเสียโดยสะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของพืชปริมาณสูง การทำการเกษตรที่ไม่มีการปรับปรุงบำรุงดินเป็นผลทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีผลต่อผลผลิตทางการเกษตรลดลงอย่างมาก นอกจากนี้จะมีผลกระทบต่ออินทรีย์วัตถุในดิน ทำให้ระดับอินทรีย์วัตถุในดินค่อนข้างต่ำ ผลกระทบจากการทำการเกษตรที่ไม่คำนึงถึงสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งการใช้พืชเป็นปุ๋ยพืชสดโดยเฉพาะແໜແຈງซึ่งมีความเหมาะสมในการปลูกข้าว เนื่องจากແໜແຈງเปรียบเสมือนโรงงานผลิตปุ๋ยในโตรเจนขนาดเล็ก ภายในโพรงใบของແໜແຈງมีไซยาโนแบคทีเรีย (Cyanobacteria) ทำหน้าที่ตรึงไนโตรเจนจากอากาศให้เปลี่ยนมาอยู่ในรูปสารประกอบแอมโมเนียที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ ทำให้ແໜແຈງกลายเป็นปุ๋ยพืชสดที่สำคัญ และมีศักยภาพสูงที่สามารถนำมาใช้ในระบบเกษตรพอเพียง เพื่อร่วมกับการปลูกข้าวทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีในโตรเจน นอกจากนี้ยังสามารถลดการเจริญเติบโตของวัชพืชนาข้าวเป็นอย่างดี เป็นวิธีการปฏิบัติได้ง่ายและเหมาะสมกับวิธีการปลูกข้าวของเกษตรกรไทยในปัจจุบัน แต่ขณะนี้ยังมีข้อมูลทางวิชาการด้านนี้อยู่จำกัด

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการนำແຂງແຂງมาผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพในรูปแบบปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ ทำให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น และยังเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดการใช้ปุ๋ยเคมีจำพวกไนโตรเจนให้แก่เกษตรกร นั้นหมายถึงการลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรอีกด้วย ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้จึงสมควรศึกษาการนำແຂງແຂງมาผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพในรูปแบบปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพและทดสอบถึงอัตราการรอดชีวิตของไซยาโนแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

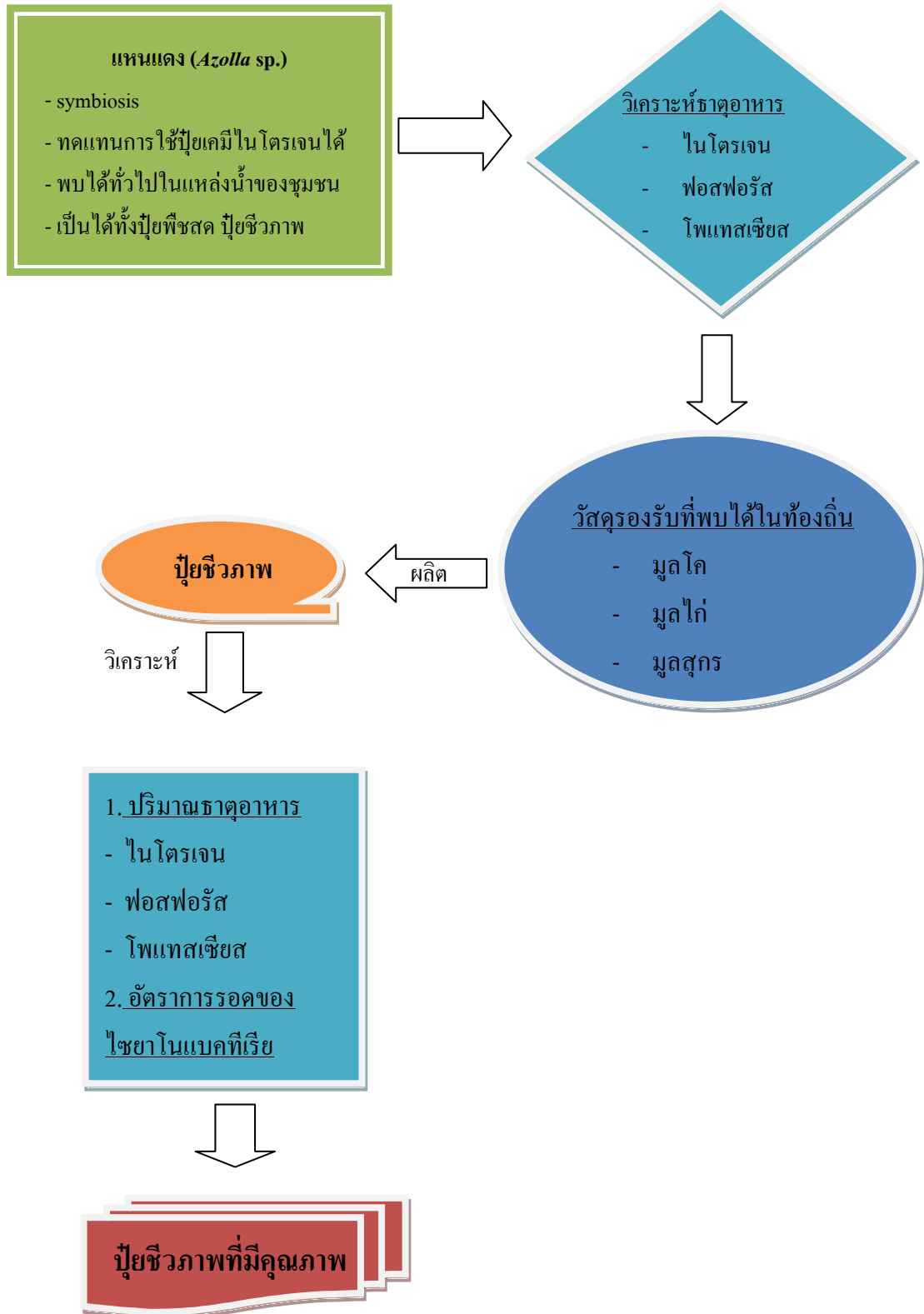
1. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของແຂງແຂງที่พบในท้องถิ่น จังหวัดเพชรบูรณ์
2. เพื่อศึกษาสัดส่วนองค์ประกอบที่เหมาะสมของคาร์บอนและไนโตรเจนในกระบวนการหมักปุ๋ยเป็นการหมักในสภาวะที่มีอากาศ (Aerobic digestion)
3. เพื่อศึกษาอัตราการรอดชีวิตของไซยาโนแบคทีเรียในปุ๋ย
4. เพื่อผลิตปุ๋ยชีวภาพในรูปแบบปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพที่มีคุณภาพตามประกาศมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตร พ.ศ.2548

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร (N-P-K) ของແຂງແຂງที่พบในท้องถิ่น จ.เพชรบูรณ์ พร้อมทั้งบอกสัดส่วนองค์ประกอบที่เหมาะสมของคาร์บอนและไนโตรเจน ในกระบวนการหมักปุ๋ยเป็นการหมักในสภาวะที่มีอากาศ (Aerobic digestion) เพื่อการผลิตปุ๋ยชีวภาพที่มีคุณภาพตามประกาศมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตร พ.ศ.2548 โดยมีการควบคุมองค์ประกอบทางสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสม ได้แก่ ความชื้น อุณหภูมิในกองหมัก การถ่ายเทอากาศ ขนาดและชนิดของวัสดุรองรับ โดยมุ่งเน้นความปลอดภัยต่อผู้ใช้และผู้บริโภค เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

1.4 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาปุ๋ยชีวภาพในรูปแบบปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพจากແຂງແຂງมีกรอบแนวความคิด ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาปุ๋ยชีวภาพจากແຫນແດງ มีการศึกษาค้นคว้าวิจัยเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่สำคัญดังมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

- 2.1 ความหมายปุ๋ยและชนิดของปุ๋ย
- 2.2 ปุ๋ยชีวภาพ
- 2.3 ข้อมูลทั่วไปของແຫນແດງ
- 2.4 ข้อมูลทั่วไปของໄຊຍາໂນແບກທີເຣີຍ
- 2.5 การวัดการเจริญเติบโตของໄຊຍາໂນແບກທີເຣີຍ
- 2.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายปุ๋ยและชนิดของปุ๋ย

2.1.1 ความหมายของคำว่า “ปุ๋ย”

ปุ๋ย หมายถึง วัสดุหรือสารที่ใส่ลงไปบนดิน ใส่ในวัสดุปลูกพืช พันบนส่วนเหนือดินของพืช หรือใส่ในดินพืช โดยมีความประสงค์ที่จะทำให้พืชได้รับธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น เพื่อให้พืชได้รับธาตุอาหารดังกล่าวเป็นปริมาณที่เพียงพอและสมดุลตามที่พืชต้องการและให้ได้ผลผลิตสูงขึ้นหรือมีคุณภาพตามที่ต้องการ ในพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ.2518 ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า “ปุ๋ย” หมายถึง สารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ไม่ว่าจะเกิดขึ้นโดยธรรมชาติหรือทำขึ้น ก็ตาม สำหรับใช้เป็นธาตุอาหารแก่พืชได้ไม่ว่าโดยวิธีใดหรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเพื่อบำรุงความเติบโตของพืช

2.1.2 ความหมายของคำว่า “ปุ๋ย”

ปุ๋ย อาจแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ ปุ๋ยอนินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยชีวภาพ

ปุ๋ยอนินทรีย์ (Inorganic fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยที่เป็นสารอนินทรีย์ แบ่งออกได้เป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ ปุ๋ยอนินทรีย์ธรรมชาติและปุ๋ยอนินทรีย์สังเคราะห์ ปุ๋ยอนินทรีย์ธรรมชาติ หมายถึง ปุ๋ยที่มีส่วนประกอบเป็นสารอนินทรีย์ เช่น หินฟอสเฟตบดและแร่ซิลิเกตหรือปุ๋ยโพแทสเซียม เป็นต้น ส่วนปุ๋ยอนินทรีย์สังเคราะห์ หมายถึง ปุ๋ยอนินทรีย์ที่มนุษย์ทำขึ้นจากวิธีทางเคมี เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยทรีเฟลซูเปอร์ฟอสเฟต เป็นต้น เนื่องจากปุ๋ยอนินทรีย์สังเคราะห์ได้มาจากการผลิตโดยวิธีเคมีจึงถูกจัดว่าเป็นปุ๋ยเคมี ดังนั้นจะเห็นได้ว่าปุ๋ยอนินทรีย์อาจเป็นปุ๋ยเคมีสังเคราะห์หรือปุ๋ยธรรมชาติก็ได้

ปุ๋ยอินทรีย์ (Organic fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยที่มีส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์ แบ่งออกได้เป็นสองพวกใหญ่ ๆ คือ ปุ๋ยอินทรีย์ธรรมชาติ หมายถึง ปุ๋ยที่มีส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์ที่ได้มาจากสิ่งมีชีวิต ที่รู้จักกันดีมีอยู่ 3 ชนิด คือ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด นอกจากนี้ยังรวมไปถึงซากพืชซากสัตว์ ของเหลือทิ้งและผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรม ตะกอนน้ำทิ้งและของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและจากครัวเรือน ซึ่งหากนำมาใช้เป็นปุ๋ยก็ถูกจัดว่าเป็นปุ๋ยอินทรีย์ เพราะมีสารอินทรีย์เป็นส่วนประกอบในสัดส่วนที่สูง ส่วนปุ๋ยอินทรีย์สังเคราะห์ หมายถึง ปุ๋ยที่มีส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์ ซึ่งได้มาจากการสังเคราะห์โดยวิธีทางเคมี คือ ปุ๋ยยูเรีย ซึ่งถูกจัดว่าเป็นปุ๋ยเคมีชนิดหนึ่ง

ปุ๋ยชีวภาพ (Biofertilizer) หมายถึง วัสดุที่มีจุลินทรีย์เป็นตัวออกฤทธิ์ (Active ingredient) ในการก่อให้เกิดปฏิกิริยาที่ทำให้พืชได้รับธาตุอาหารมากขึ้น ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบที่แนะนำให้ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ ปุ๋ยที่มีเชื้อแบคทีเรียบางชนิด เชื้อราบางชนิด และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดเป็นตัวออกฤทธิ์

2.2 ปุ๋ยชีวภาพ

ปุ๋ยชีวภาพ หรือ ปุ๋ยจุลินทรีย์ หมายถึง การนำจุลินทรีย์มาใช้ปรับปรุงดินทางชีวภาพ ภายใตยทางเคมี ชีวภาพ เพื่อให้เกิดการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ ตลอดจนการปลดปล่อยธาตุอาหารจากพืชจากอินทรีย์วัตถุ หรือจากอนินทรีย์วัตถุ จุลินทรีย์ที่กรมวิชาการเกษตรแนะนำให้เกษตรกรนำมาใช้เพื่อผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพ ได้แก่ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน แหนแดง ไรโซเบียม เชื้อไมคอร์ไรซา

2.2.1 ประเภทของปุ๋ยชีวภาพ

ปุ๋ยชีวภาพมีหลายชนิดและหลายประเภท สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ได้ตามกิจกรรมของจุลินทรีย์ หรือตามประเภทของธาตุอาหารหลักที่เป็นประโยชน์กับพืช คือ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

1. จุลินทรีย์ที่ให้ธาตุไนโตรเจน

ดินทั่วไปมักจะขาดธาตุไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุอาหารที่สำคัญต่อพืช เนื่องจากธาตุไนโตรเจนที่มีอยู่ตามธรรมชาติสามารถสูญเสียจากดินได้ง่าย โดยสลายไปในสภาวะที่เป็นก๊าซ จึงควรเติมจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติตรึงธาตุไนโตรเจนทางชีวภาพในดิน เพื่อช่วยดึงธาตุไนโตรเจนกลับลงมาในดิน จุลินทรีย์ในดินที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศ มาผลิตเป็นธาตุไนโตรเจนในเซลล์พืช แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1.1 จุลินทรีย์ที่ดูดซับธาตุไนโตรเจนได้เอง ได้แก่

- เชื้อไรโซเบียม โดยจะอาศัยอยู่ร่วมกับพืชตระกูลถั่วทั้งพืชล้มลุกและไม้ยืนต้น เช่น ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วแระ กระถินณรงค์ ถั่วพู เป็นต้น

- แฟรงเคีย จะอาศัยอยู่กับพืชสกุลแคสเซอร์ยานา (Genus *Cassuriana*) ได้แก่ สนทะเล และสนประดิพัทธ์
- สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิด เช่น *Anabaena* sp. เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สกุลไซยาโนแบคทีเรีย (Genus *Cyanobacteria*) จะพบอาศัยอยู่ในโพรงของแห่นางดำ หรือ *Nostoc* sp. เป็นสาหร่ายมีอยู่ร่วมกับรากของต้นปรง

1.2 ปลดปล่อยในรูปไนโตรเจนเพื่อให้พืชนำไปใช้ได้หรืออยู่ในดิน

จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะมีเอนไซม์ในโตรจินเนสสามารถเปลี่ยนก๊าซไนโตรเจนให้กลายเป็นกรดอะมิโน และสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ ให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ จุลินทรีย์พวกนี้ไม่จำเป็นต้องอาศัยอยู่ร่วมกับพืชเป็นจุลินทรีย์ที่ดำรงชีพอิสระ ได้แก่ *Azotobacter* หรือ *Azospirillum* เป็นต้น จุลินทรีย์อิสระเหล่านี้สามารถตรึงไนโตรเจนให้กับพืชกลุ่มข้าว และพืชไร่ต่างๆ

2. จุลินทรีย์ที่ให้ธาตุฟอสฟอรัส

หินฟอสเฟตเป็นหินที่มีแคลเซียมฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในธรรมชาติ ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแร่อะพาไทต์ ช่วยลดความเปรี้ยวของดินและเพิ่มแร่ธาตุอาหารให้แก่พืช ถึงแม้จะมีธาตุฟอสฟอรัสอยู่ในดินตามธรรมชาติเป็นจำนวนมาก แต่พืชก็มักจะได้รับฟอสฟอรัสในปริมาณที่น้อยอยู่ดี เนื่องจากธาตุฟอสฟอรัสมีการละลายที่ไม่ดีนัก และมักจะอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์แก่พืช นอกจากนี้ ธาตุฟอสฟอรัสมีการเคลื่อนที่ในดินได้น้อยมาก รากพืชชนิดใดที่มีความสามารถขอนโซไปยังแหล่งที่มีธาตุฟอสฟอรัสละลายก็จะได้รับประโยชน์จากธาตุอาหารชนิดนี้ไป แต่พืชที่มีระบบรากไม่ดีก็จะได้รับธาตุฟอสฟอรัสไม่เพียงพอ

ดังนั้น การใช้จุลินทรีย์ จึงเป็นอีกทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มธาตุฟอสฟอรัสแก่พืชได้ กลุ่มจุลินทรีย์ที่ช่วยดูดซับธาตุฟอสฟอรัสให้กับพืช ได้แก่ เชื้อไมคอร์ไรซา ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในรากพืชในระบบพึ่งพาซึ่งกันและกัน แบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ วิ-เอไมคอร์ไรซา (*Vesicular-arbuscular mycorrhiza*) จะพบอยู่ในพวงพืชไร่ พืชสวน พืชผัก ไม้ดอกและไม้ประดับ และเอคโตไมคอร์ไรซา (*Ectomycorrhiza*) จะพบอยู่ในพืชพวกไม้ยืนต้น ไม้ปลูกป่า เช่น สน

ปัจจุบันมีการนำจุลินทรีย์ดินหลายชนิด ทั้งแบคทีเรีย และเชื้อราที่สามารถทำให้หินฟอสเฟตละลายเป็นประโยชน์แก่พืชได้ เช่น *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Thiobacillus*, *Aspergillus* และ *Penicillium* การละลายฟอสฟอรัสจะได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์

3. จุลินทรีย์ที่ให้ธาตุโพแทสเซียม

หากพืชขาดโพแทสเซียม ก็จะเกิดอาการอ่อนแอ เพราะธาตุชนิดนี้ มีบทบาทสำคัญที่ช่วยในการสังเคราะห์อาหารโปรตีน แป้ง และไขมันของพืช ธาตุโพแทสเซียมเป็นแร่ธาตุที่สามารถพบได้ในดิน

การนำโพแทสเซียมไปใช้ประโยชน์สามารถทำได้ 3 วิธี คือ

3.1 สลายทางกายภาพ

3.2 สลายทางเคมี

3.3 สลายทางอินทรีย์ เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด เพราะให้ผลเร็วและประหยัดที่สุด โดยใช้จุลินทรีย์พวกแบคทีเรียเข้าช่วยย่อยธาตุโพแทสเซียม วิธีนี้นิยมนำไปใช้กับพืชไร่ และพืชสวน โดยเฉพาะไม้ผลซึ่งจะทำให้คุณภาพผลผลิตดีขึ้น

จุลินทรีย์ที่ได้รับความสนใจทำการวิจัยเพื่อหาทางนำมาใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพแยกตามกิจกรรมที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช สรุปไว้ในตารางที่ 2.1 อธิบายได้ดังนี้

1) จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนร่วมกับพืชตระกูลถั่ว สิ่งมีชีวิตทุกชนิดจำเป็นต้องใช้ไนโตรเจนเพื่อการดำรงชีวิตเพราะไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโนซึ่งเป็นสารพื้นฐานสำหรับสิ่งมีชีวิต ในโตรเจนที่สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่จะนำไปสร้างกรดอะมิโนจะต้องเป็นไนโตรเจนที่อยู่ในรูปที่รวมกับอะตอมของธาตุอื่นเกิดเป็นไอออน เช่น แอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรต (NO_3^-) เท่านั้น แหล่งใหญ่ที่สุดของไนโตรเจนในโลกนี้ คือ ก๊าซไนโตรเจน (N_2) ในบรรยากาศ ซึ่งมีปริมาณทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 80 ของปริมาณก๊าซในบรรยากาศ ก๊าซไนโตรเจนเป็นแหล่งสำคัญของไนโตรเจนสำหรับสิ่งมีชีวิตที่สามารถใช้ในโตรเจนที่อยู่ในรูปก๊าซไนโตรเจนได้โดยอาศัยกระบวนการตรึงไนโตรเจน

การตรึงไนโตรเจน (Nitrogen fixation) หมายถึง กระบวนการเปลี่ยนก๊าซไนโตรเจน (N_2) ในบรรยากาศเป็นไนโตรเจนในรูปแอมโมเนีย ดังนั้น กระบวนการตรึงไนโตรเจนจึงเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนก๊าซไนโตรเจนซึ่งพืชใช้ประโยชน์โดยตรงไม่ได้ ให้ไปอยู่ในรูปที่สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ในการสร้างกรดอะมิโนได้ กระบวนการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนอาจจะเกิดขึ้นได้โดยปฏิกิริยาเคมีหรือโดยการกระทำของสิ่งมีชีวิตบางชนิด

แบคทีเรียในกลุ่มที่รวมเรียกว่า ไรโซเบียม (Rhizobium) เท่านั้นที่สามารถตรึงไนโตรเจนร่วมกับพืชตระกูลถั่ว แบคทีเรียพวกนี้สามารถเข้าไปอยู่ในรากถั่วแล้วทำให้เกิดปมที่รากถั่ว ยกเว้นกรณีโสนแอฟริกันและถั่วในสกุลแอชีโนมิน (*Aeschynomene* spp.) ซึ่งสร้างปมได้ทั้งที่รากและลำต้น ในปมนี้ไรโซเบียมทำการตรึงไนโตรเจนร่วมกับถั่ว การตรึงไนโตรเจนเกิดขึ้นโดยไรโซเบียมในปมรากถั่วเปลี่ยนก๊าซไนโตรเจนไปเป็นแอมโมเนีย แล้วแอมโมเนียที่เกิดขึ้นรวมตัวกับสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่ถั่วสร้างขึ้นทำให้ได้กรดอะมิโน ส่วนหนึ่งของกรดอะมิโนที่เกิดขึ้นไรโซเบียมใช้ไปในการเจริญเติบโตของมันเอง ส่วนที่เหลือถั่วใช้ในการเจริญเติบโต ดังนั้นการตรึงไนโตรเจนแบบนี้จึงเป็นการตรึงไนโตรเจนแบบที่สิ่งมีชีวิตทำร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยกัน โดยไรโซเบียมได้รับสารคาร์โบไฮเดรตซึ่งให้พลังงานและได้ธาตุอาหารอื่น ๆ จากถั่ว ส่วนถั่วได้รับกรดอะมิโนที่เกิดขึ้นจึงเรียกการตรึงไนโตรเจนแบบนี้ว่า “การตรึงไนโตรเจนโดยสิ่งมีชีวิตที่พึ่งพาอาศัยกัน” (Symbiotic nitrogen fixation)

2) จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนร่วมกับพืชที่ไม่ใช่พืชตระกูลถั่ว จุลินทรีย์ที่มีกิจกรรมประเภทนี้ คือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่อาศัยอยู่กับแห่นางแมวและแอคติโนมัยสีท

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่อาศัยอยู่กับแห่นางแมว สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue-green algae) หรือไซยาโนแบคทีเรีย (Cyanobacteria) มีทั้งที่เป็นเซลล์เดี่ยว ๆ และหลายเซลล์ต่อกันเป็นเส้นสามารถจำแนกได้ 26 สกุล ดังแสดงในตารางที่ 2.1 สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชนิด *Anabaena azollae* มักอาศัยอยู่ในโพรงใต้ใบของแห่นางแมว (*Azolla* spp.) ซึ่งเป็นเฟิร์นชนิดหนึ่งที่มักลอยอย่างอิสระอยู่บนผิวน้ำ การตรึงไนโตรเจนร่วมกันระหว่างแห่นางแมวกับ *A. azollae* เกิดขึ้นโดย *A. azollae* ทำหน้าที่เปลี่ยนก๊าซไนโตรเจนเป็นแอมโมเนีย แล้วแอมโมเนียที่เกิดขึ้นรวมตัวกับสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่แห่นางแมวสร้างขึ้นทำให้ได้กรดอะมิโน ส่วนหนึ่งของกรดอะมิโนที่เกิดขึ้น *A. azollae* นำไปใช้ในการเจริญเติบโตของมันเอง ส่วนที่เหลือของกรดอะมิโนแห่นางแมวใช้ในการเจริญเติบโต ดังนั้นการตรึงไนโตรเจนแบบนี้จึงเป็นการตรึงไนโตรเจนโดยสิ่งมีชีวิตที่พึ่งพาอาศัยกัน

ตารางที่ 2.1 จุลินทรีย์ที่ได้รับความสนใจทำการวิจัยเพื่อนำมาใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ แยกตามกิจกรรมที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

1. จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจน
1.1 แบคทีเรียที่ตรึงไนโตรเจนร่วมกับพืชตระกูลถั่ว แบคทีเรียสกุลไรโซเบียม (Genus <i>Rhizobium</i>) ซึ่งสร้างปมเพื่อตรึงไนโตรเจนที่รากพืชตระกูลถั่ว แบคทีเรียโซไรโซเบียม คอลิโนแดนส์ (<i>Azorhizobium caulinodans</i>) ซึ่งสร้างปมตรึงไนโตรเจนบนลำต้นโสนแอฟริกัน (<i>Sesbania rostrata</i>)
1.2 จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนร่วมกับพืชที่ไม่ใช่พืชตระกูลถั่ว แบคทีเรียบางสกุลในสกุลแฟรงเกีย (Genus <i>Frankia</i>) ซึ่งเป็นแบคทีเรียในกลุ่มแอคติโนมัยสีท (Actinomycete) ที่สามารถตรึงไนโตรเจนร่วมกับพืชชั้นสูงบางชนิดที่ไม่ใช่พืชตระกูลถั่ว ได้แก่ พืชบางชนิดในสกุลอัลนัส (Genus <i>Alnus</i>) ไมริกา (Genus <i>Myrica</i>) อัลโลแคซวารีนา (Genus <i>Allocasuarina</i>) และแคซวารีนา (Genus <i>Casuarinas</i>) เช่น สนประดิพัทธ์ (<i>Casuarina junghuhniana</i>) เป็นต้น ไซยาโนแบคทีเรีย อนาบิโน อโซลลี (<i>Anabaena azollae</i>) ซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue-green algae) หรือไซยาโนแบคทีเรีย (Cyanobacteria) ที่ตรึงไนโตรเจนร่วมกับแห่นางแมว

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

1. จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจน (ต่อ)
1.3 จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนอย่างอิสระ (Free-living N_2-fixing microorganisms) สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหรือไซยาโนแบคทีเรีย เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดในสกุลอานาบิแนอพซิส (Genus <i>Anabaenopsis</i>) อฟาโนธิส (Genus <i>Aphanothece</i>) ออโลสิรา (Genus <i>Aulosira</i>) คาโลทริก (Genus <i>Calothrix</i>) ไซลินโดรสเปอรันัม (Genus <i>Cylindrospermum</i>) ฟิสเชอเรลลา (Genus <i>Fischerella</i>) โกลอีโอธิส (Genus <i>Gloeotheca</i>) โกลีโอทริเชีย (Genus <i>Gloeotrichia</i>) แฮสซาลีย (Genus <i>Hassalia</i>) นอสตอค (Genus <i>Nostoc</i>) ริวูลาเรีย (Genus <i>Rivularia</i>) ซีสโตเนมา (Genus <i>Scytonema</i>) สติโกเนมา (Genus <i>Stigonema</i>) โทลีโอโพทริกซ์ (Genus <i>Tolypothrix</i>) และเวสทิเอลลอปซิส (Genus <i>Westiellopsis</i>) โฟโตซินเทติกแบคทีเรีย (Photosynthetic bacteria) เช่น แบคทีเรียบางชนิดในสกุลโรโดสปิรัม (Genus <i>Rhodospirillum</i>) โรโดไซคลัส (Genus <i>Rhodocyclus</i>) และโรโดไมโครเบียม (Genus <i>Rhodomicrobium</i>) แบคทีเรียในกลุ่มอื่น ๆ เช่น แบคทีเรียบางชนิดในสกุลอโซโตแบคเตอร์ (Genus <i>Azotobacter</i>) ไบเจริงเกีย (Genus <i>Beijerinckia</i>) กลอสทริเดียม (Genus <i>Clostridium</i>) และเดอร์เซีย (Genus <i>Derxia</i>)
1.4 จุลินทรีย์ที่มีความสัมพันธ์กับพืช (associative N_2-fixing microorganisms) แบคทีเรีย เช่น แบคทีเรียบางชนิดในสกุลอโซสปิรัม (Genus <i>Azospirillum</i>) อซิโตแบคเตอร์ (Genus <i>Acetobacter</i>) ซูโดโมแนส (Genus <i>Pseudomonas</i>) อัลคาลิจีเนส (Genus <i>Alcaligenes</i>) และเคลบเซลลา (Genus <i>Klebsiella</i>)
2. จุลินทรีย์ที่ช่วยละลายฟอสเฟต (phosphate-solubilizing microorganisms) แบคทีเรีย เช่น แบคทีเรียบางสกุลในสกุลบาซิลลัส (Genus <i>Bacillus</i>) เบอร์โคลเดอเรีย (Genus <i>Burkholderia</i>) เออร์วินีย (Genus <i>Ervinia</i>) ซูโดโมแนส (Genus <i>Pseudomonas</i>) ไธโอบาซิลลัส (Genus <i>Thiobacillus</i>) และสเตรปโตไมซีต (Genus <i>Streptomyces</i>) รา เช่น <i>Aspergillus niger</i> เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

3. จุลินทรีย์ที่ช่วยรากพืชดูดธาตุอาหาร

ราไมคอร์ไรซา (Mycorrhiza fungi) ซึ่งทำให้เกิดไมคอร์ไรซา (Mycorrhiza) ไมคอร์ไรซาที่รู้จักกันในปัจจุบันมี 7 แบบ คือ อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (Arbuscular mycorrhiza) หรือราเอไมคอร์ไรซา เอกโตไมคอร์ไรซา (Ectomycorrhiza) เอกเทนโดไมคอร์ไรซา (Ectendomycorrhiza) อาร์บุดอยด์ไมคอร์ไรซา (Arbutoid mycorrhiza) โมโนปอยด์ไมคอร์ไรซา (Monopoid mycorrhiza) อีริคอยด์ไมคอร์ไรซา (Ericoid mycorrhiza) และออร์คิดไมคอร์ไรซา (Orchid mycorrhiza) ไมคอร์ไรซาชนิดนี้พบแล้วมีอยู่ 150 ชนิดในสกุลออกออสเปอร่า (*Acaulospora* spp.) เอนโทรฟอสพอรา (*Entrophospora* spp.) ไกกาสเปอร่า (*Gigaspora* spp.) โกลมัส (*Glomus* spp.) สเคลอโรซิสติส (*Sclerocystis* spp.) และสคูเทลโลสเปอร่า (*Scutellospora* spp.)

ที่มา: อำนาจ สุวรรณฤทธิ์ (2548)

3) จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนอย่างอิสระ จุลินทรีย์ที่มีกิจกรรมประเภทนี้ คือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหรือไซยาโนแบคทีเรียและแบคทีเรียที่อยู่อย่างอิสระ (Free-living bacteria)

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่อยู่อย่างอิสระ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีคลอโรฟิลล์และทำการสังเคราะห์แสงได้จึงสามารถเจริญเติบโตได้โดยไม่ต้องอาศัยสิ่งมีชีวิตอื่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน บางชนิดในสกุลต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 2.1 สามารถตรึงไนโตรเจนได้ มักพบในน้ำน้ำขัง แต่อาจพบเป็นจำนวนมากในดินดอนเพราะสาหร่ายพวกนี้ทนความแห้งแล้งและอุณหภูมิสูง ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้โดยสาหร่ายพวกนี้เฉลี่ยประมาณ 4.3 กิโลกรัมต่อไร่ และอาจสูงถึง 12.8 กิโลกรัมต่อไร่ ในการปลูกข้าวหนึ่งครั้ง

แบคทีเรียที่อยู่อย่างอิสระ แบคทีเรียที่อยู่อย่างอิสระหลายสกุลสามารถตรึงไนโตรเจนได้ เช่น แบคทีเรียในสกุลโซสไพริลลัม (Genus *Azospirillum*) อโซโตแบคเตอร์ (Genus *Azotobacter*) บาซิลลัส (Genus *Bacillus*) ไบเจอริงเกีย (Genus *Beijerinckia*) เดอร์เซีย (Genus *Derxia*) เป็นต้น แบคทีเรียพวกนี้เมื่ออยู่อย่างอิสระสามารถตรึงไนโตรเจนได้น้อยมาก จึงมักถือกันว่าไม่มีความสำคัญในการเพิ่มไนโตรเจนได้ในปริมาณที่ควรค่าแก่การให้ความสนใจเมื่ออยู่ในดินแบบมีความสัมพันธ์กับพืช

4) จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนแบบสัมพันธ์กับพืช (Associative N_2 -fixing microorganisms) ปกติดินในบริเวณที่มีอิทธิพลของรากพืช (Rhizosphere) จะมีจุลินทรีย์มากกว่าดินที่อยู่ห่างไกลจากรากพืช ทั้งนี้เพราะดินในบริเวณที่มีอิทธิพลของรากพืชมีปริมาณคาร์บอน ที่จุลินทรีย์จะใช้ประโยชน์ได้มากกว่าดินในบริเวณที่ห่างไกลจากรากพืช จึงทำให้จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ แข่งขันในโตรเจนซึ่งเป็นอีกธาตุหนึ่งซึ่งจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ดังนั้นจุลินทรีย์ที่สามารถ

ตรึงไนโตรเจนได้อย่างอิสระจึงสามารถแข่งกับจุลินทรีย์อื่น ๆ ได้ดี แบคทีเรียที่อยู่อย่างอิสระและตรึงไนโตรเจนได้บางชนิดชอบอาศัยอยู่ในดินบริเวณที่มีอิทธิพลของราก (Rhizosphere) ธัญพืช (Cereals) และพืชตระกูลหญ้า (Grasses) มากกว่าที่จะอยู่ในดินที่ห่างไกลจากรากพืชและการอยู่ในสภาพนี้ทำให้มันสามารถตรึงไนโตรเจนได้มากกว่าเมื่ออยู่ในดินบริเวณที่ไม่มีอิทธิพลของรากพืช ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้อาจสูงถึง 384 กรัมต่อไร่ต่อวัน

5) จุลินทรีย์ที่ช่วยละลายฟอสเฟต แบคทีเรียบางชนิด และราบางชนิดช่วยให้ฟอสเฟตในดินในรูปที่ไม่ละลายน้ำละลายออกมาให้กับพืชใช้ได้มากขึ้น จุลินทรีย์เหล่านี้ทำให้ฟอสเฟตในดินละลายน้ำได้มากขึ้นโดยการปลดปล่อยกรดโปรตอนหรือสารประกอบคีเลต (Chelating compounds) ทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟอสเฟตในดินทำให้ฟอสเฟตถูกเปลี่ยนเป็นรูปที่ละลายน้ำได้มากขึ้น

6) จุลินทรีย์ที่ช่วยรากพืชดูดธาตุอาหาร จุลินทรีย์ประเภทนี้มีเพียงรา (Fungi) เท่านั้น ราบางชนิดอาศัยอยู่กับรากพืชโดยบางส่วนของเส้นใยของราอยู่ในรากพืชและบางส่วนอยู่นอกรากพืช ส่วนที่อยู่นอกรากพืชเป็นเสมือนรากขนอ่อนของรากพืช ทำให้รากพืชดูดธาตุอาหารและน้ำได้มากขึ้น ส่วนราที่ขึ้นอยู่กับรากพืชนั้นก็ได้รับสารประกอบคาร์บอนจากการสังเคราะห์แสงของพืชเป็นอาหาร ราและรากพืชดังกล่าวจึงอยู่ด้วยกันแบบพึ่งพาอาศัยกัน รากพืชที่ราอาศัยอยู่แบบพึ่งพาอาศัยกันนี้เรียกว่า ไมคอร์ไรซา (Mycorrhiza) และราพวกนี้ถูกเรียกว่า ราไมคอร์ไรซา (Mycorrhiza fungi)

2.2.2 การผลิตปุ๋ยชีวภาพ

หลักการผลิตปุ๋ยชีวภาพ คือ การผลิตเชื้อจุลินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ในปริมาณที่มากพอที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ จุลินทรีย์ที่สามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพมีมากมายหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดจะมีวิธีการเลี้ยงขยายเพื่อเพิ่มจำนวนแตกต่างกันไป จุลินทรีย์ที่สามารถเลี้ยงให้เจริญเติบโตได้เร็วในอาหารเลี้ยงเชื้อ จะสามารถผลิตได้ในปริมาณมากในระยะเวลาอันสั้นและยุ่งยากน้อยกว่าพวกที่ไม่สามารถเลี้ยงให้เจริญเติบโตในอาหารเลี้ยงเชื้อ การผลิตให้ได้เชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิด จะมีวิธีการและขั้นตอนแตกต่างกันไป

สิ่งที่ต้องคำนึงในการผลิตปุ๋ยชีวภาพ คือ

1. ใช้หัวเชื้อที่จะนำมาผลิตที่บริสุทธิ์ ปราศจากการปนเปื้อน
2. เชื้อจุลินทรีย์ที่นำมาผลิตได้ผ่านการทดสอบแล้วว่าเป็นเชื้อที่มีประสิทธิภาพ
3. เลือกใช้ชนิดอาหารที่เหมาะสมกับจุลินทรีย์แต่ละชนิด
4. กำจัดสารปนเปื้อนที่จะเกิดขึ้นในทุกขั้นตอนของการผลิต
5. ผลิตให้ได้ปริมาณที่เพียงพอในการที่จะนำไปใช้ต่อไป

ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบที่มีการผลิตเพื่อจำหน่าย ได้แก่ เชื้อไมคอร์ไรซา จุลินทรีย์อิสระ เชื้อย่อยละลายหินฟอสเฟต และหัวเชื้อจุลินทรีย์เพื่อทำปุ๋ยหมัก ในการผลิตปุ๋ยชีวภาพสามารถผลิตได้จากสิ่งมีชีวิต ดังต่อไปนี้

1. สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue green algae)

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เป็นจุลินทรีย์อีกชนิดหนึ่งที่อยู่อย่างอิสระซึ่งมีทั้งคลอโรฟิลล์ และในโตรเจนเอนไซม์ ทำให้จุลินทรีย์ชนิดนี้สามารถสังเคราะห์แสง และตรึงไนโตรเจนได้ จึงนับว่าสาหร่าย สีเขียวแกมน้ำเงินมีประโยชน์อย่างมาก โดยสามารถเปลี่ยนวัตถุดิบที่มีอยู่ในอากาศมาเป็นสารอินทรีย์ และเมื่อสลายตัวลงก็จะปลดปล่อยสารประกอบนี้ให้กับพืชที่ปลูกตามมาได้ นับว่าเป็นแหล่งผลิตปุ๋ยที่มีราคาถูกมาก

การใช้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในนาข้าว

- 1) ปรับแต่งดินนาอย่าให้น้ำรั่วไหลได้เพื่อป้องกันการสูญหายของปุ๋ยที่ไหลตามน้ำเมื่อมีฝนตก
- 2) ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 20-25 กิโลกรัมต่อไร่ในนาดินเหนียว ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 และในนาดินทราย ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 โดยหว่านให้ทั่วพื้นที่ ในนาดำใส่ก่อนปักดำข้าว 1 วันหรือหลังปักดำ 7-10 วัน ในนาหว่านใส่ปุ๋ยเคมีหลังข้าวงอก 20-25 วัน
- 3) ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ โดยหว่านให้ทั่วแปลงนา ในนาดำช่วง 1-30 วัน หลังปักดำข้าว และในนาหว่านหลังจากข้าวงอกแล้ว 7-30 วัน
- 4) ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 3-7 กิโลกรัม/ไร่หรือปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 อัตรา 7-15 กิโลกรัม/ไร่ โดยหว่านให้ทั่วแปลงในระยะข้าวเริ่มสร้างรวงอ่อนหรือก่อนข้าวตั้งท้อง หรือก่อนเก็บเกี่ยวข้าว 60 วัน

ข้อควรระวัง

- 1) ไม่ควรหว่านปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในขณะที่ฝนตก เพราะน้ำฝนจะไหลบ่าท่วมคันนาจะพาปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินไปด้วย
- 2) เก็บรักษาปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินไว้ในที่ร่ม และไม่ควรเปิดถุงปุ๋ยทิ้งไว้นาน ๆ เพราะจะทำให้ปุ๋ยแห้งเกินไป
- 3) ควรใช้ปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินก่อนการหว่านปุ๋ยเคมีที่ช่วยให้พืชได้รับธาตุอาหารอื่น ๆ

ข้อแนะนำในการใช้สาหร่ายในนาข้าว

- 1) ถ้าไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน การใช้สาหร่ายจะได้ไนโตรเจนประมาณ 3.2-4.8 กก./ไร่
- 2) หว่านสาหร่ายแห้งลงในน้ำในนาข้าวอัตรา 1.6-2.4 กก./ไร่ หลังจากปักดำข้าวไปได้ประมาณ 1 สัปดาห์
- 3) การใช้สาหร่ายจำนวนมากไม่เป็นอันตรายและช่วยเพิ่มให้ปริมาณสาหร่ายมากขึ้น
- 4) เลี้ยงสาหร่ายไว้ก่อนปักดำข้าวก็ได้

- 5) เมื่อมีการใช้ปุ๋ยในโตรเจนให้ลดการใช้ลง 4 กก./ไร่ และใช้สาหร่ายแทน
- 6) สาหร่ายสามารถใช้ร่วมกับการใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตราสูง ๆ ได้
- 7) สาหร่ายแห้งสามารถเก็บไว้ใช้ได้โดยไม่เสียคุณภาพ
- 8) ไม่ควรเก็บสาหร่ายไว้ให้ถูกกับปุ๋ยหรือสารเคมีอื่นโดยตรง
- 9) ใช้สาหร่ายอย่างน้อย 3 จุดการปลูกติดต่อกัน
- 10) ใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ตามคำแนะนำเพื่อไม่ให้คุณสมบัติของสาหร่ายเสียไป

2. ไมคอร์ไรซา (Mycorrhiza)

ไมคอร์ไรซาเป็นเชื้อรากลุ่มหนึ่งที่อยู่ในดินอาศัยอยู่รวมกันกับรากพืชโดยไม่ทำอันตรายต่อพืชโดยทั่วไป เชื้อไมคอร์ไรซามีอยู่ 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

- 1) เชื้อเอ็นโดไมคอร์ไรซา
- 2) เชื้อเอ็กโซไมคอร์ไรซา

การผลิตเชื้อไมคอร์ไรซา

วิธีการผลิตโดยวิธีการปลูกพืชทั้งในกระถาง เรียกว่า พอต คัลเชอร์ (Pot culture) หรือปลูกในแปลงนา การจะผลิตในแปลงจะต้องผลิตในพื้นที่ขนาดเล็กเพื่อจะสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ไม่ให้เกิดการปนเปื้อนต่อเชื้อที่จะผลิตขึ้นได้ วิธีการผลิตสามารถทำได้ไม่ยากนัก แต่จะต้องมีการดูแลอย่างใกล้ชิดตลอดระยะเวลาที่ปลูกในการขยายปริมาณเชื้อจะต้องใช้พืชอาศัยต่างชนิดกับพืชที่จะปลูกในไร่ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการติดเชื้อบางชนิดที่จะต่อเนื่องได้ เช่น ถ้าจะใช้เชื้อ วิ-เอ ไมคอร์ไรซากับพืชตระกูลถั่ว จะต้องใช้พืชอาศัยเป็นพืชชนิดอื่นที่ไม่ใช่พืชตระกูลถั่ว

ประโยชน์

เชื้อไมคอร์ไรซา มีประโยชน์ต่อการมีชีวิตอยู่และการเจริญเติบโตของต้นไม้ คือ

- 1) สามารถเพิ่มความเจริญเติบโตให้กับต้นพืช
- 2) เพิ่มพื้นที่ผิวรากที่จะสัมผัสกับดินทำให้การดูดธาตุอาหารของรากมากขึ้น
- 3) ช่วยพืชดูดและสะสมธาตุอาหารต่าง ๆ ไว้ เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และธาตุอื่น ๆ อีก ซึ่งเชื้อไมคอร์ไรซาจะดูดไว้และสะสมไว้มาก
- 4) ช่วยดูดธาตุอาหารจากหินแร่ที่ละลายด้วยกรด พวกอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ที่ยังละลายตัวไม่หมดให้พืชนำไปใช้ได้
- 5) รากพืชที่มีเชื้อไมคอร์ไรซามีความต้านทานโรคพืชที่เกิดกับรากได้

3. ไรโซเบียม (Rhizobium)

เชื้อไรโซเบียมเป็นหนึ่งในกลุ่มจุลินทรีย์สำหรับผลิตปุ๋ยชีวภาพ นิยมนำเชื้อไรโซเบียมมาใช้คลุกเมล็ดถั่วก่อนปลูก ทั้งนี้ได้มีการคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมกับถั่วเขียวหรือถั่วเหลืองโดยเฉพาะ เมื่อเมล็ดถั่วเริ่มงอกต่อมาจะสร้างรากและลำต้น เชื้อไรโซเบียมจะเข้าอาศัยอยู่ในรากของ

ต้นถั่ว โดยต่างพึ่งพาซึ่งกันและกัน ไรโซเบียมได้นำไนโตรเจนจากรากพืชเป็นอาหาร ขณะเดียวกัน ไรโซเบียมก็ทำหน้าที่ตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศเปลี่ยนให้อยู่ในสถานะที่ต้นพืชนำไปเป็นอาหารได้

ไรโซเบียมมีขนาดเล็กมากมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น มีรูปร่างเป็นแท่งยาว เมื่อเจริญเติบโตในอาหารเลี้ยงเชื้อ แต่รูปจะเปลี่ยนแปลงไปบ้างเมื่ออาศัยอยู่ในปมถั่ว ไรโซเบียมต้องการอากาศและสามารถเคลื่อนไหวได้ด้วยตัวของมันเอง การจำแนกไรโซเบียมอาศัยการจำแนกตามความสัมพันธ์กับพืชตระกูลถั่วชนิดต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.2 ดังนี้

ตารางที่ 2.2 การจำแนกไรโซเบียมอาศัยการจำแนกตามความสัมพันธ์กับพืชตระกูลถั่วชนิดต่าง ๆ

ชนิดไรโซเบียม	ชนิดของถั่วที่ต้องอาศัยอยู่
1. <i>Rhizobium Caponicum</i>	ถั่วเหลือง
2. <i>R. lyuminosarum</i>	ถั่วลันเตา ถั่วปากอ้า
3. <i>R. phaseoli</i>	ถั่วแดงหลวง ถั่วแขก(ฝัก)
4. <i>R. mepiloti</i>	ถั่วซัลฟีฟลา
5. <i>R. triflii</i>	ถั่วโคลเวอร์
6. <i>R. lupine</i>	ถั่วลูปีเนียม ถั่วอนิโทพัส
7. Cowpea miscellaneous group	ถั่วเขียว ถั่วลิสง ถั่วแปบ ถั่วฝักยาว ฯลฯ

ที่มา: สุรางค์รัตน์ พันแสง และคณะ (2553)

หลักการเพาะเชื้อไรโซเบียมเพื่อเพิ่มผลผลิตให้แก่พืชตระกูลถั่ว

- 1) ควรทำการเพาะเชื้อไรโซเบียมเมื่อจะทำการปลูกถั่วชนิดใดชนิดหนึ่งเป็นครั้งแรก เฉพาะในดินที่เปิดใหม่
- 2) ควรทำการเพาะเชื้อไรโซเบียม เมื่อจะปลูกถั่วในที่ที่เลิกร้างจากการปลูกถั่วชนิดนั้น มาเป็นเวลา 4-5 ปีแล้ว เพราะเชื้อไรโซเบียมในดินจะลดน้อยลง
- 3) ควรทำการเพาะเชื้อไรโซเบียม เมื่อดินมีสภาพไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ดินที่ค่อนข้างเลว ดินทราย ดินเปรี้ยว ดินในเขตแห้งแล้ง หรือมีฝนตกชุก เพราะในสภาพดังกล่าวแม้จะได้ปลูกพืชตระกูลถั่วติดต่อกันมาเป็นเวลาหลาย ๆ ปีแล้วก็ตาม เชื้อไรโซเบียมที่เจริญเติบโตอยู่ในดินจะถูกลดปริมาณลงอยู่เสมอ จึงควรเพิ่มปริมาณโดยการเพาะเชื้อไรโซเบียมอยู่เสมอ
- 4) ควรทำการเพาะเชื้อ เมื่อพบว่าถั่วที่ปลูกไว้ติดปมน้อย ขนาดปมเล็กและกระจัดกระจายอยู่ตามรากฝอย แต่เมื่อผ่าปมดูแล้วไม่มีสีชมพูเรื่อ ๆ เนื้อเยื่อภายในมีสีเขียว เพราะลักษณะปม

ดังกล่าวนี้แสดงถึงความเสื่อมประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนของเชื้อไรโซเบียมที่อยู่ในปมเหล่านี้ ลักษณะปมอันพึงประสงค์จะต้องมีขนาดใหญ่ ปมมีจำนวนมากและเกิดอยู่รอบ ๆ รากแก้วหรือโคนรากแขนง เมื่อผ่าหรือบีบคูนของเนื้อเยื่อภายในปมจะมีสีชมพูถึงแดง

วิธีการใช้เชื้อไรโซเบียม

ต้นถั่วจะได้รับประโยชน์จากเชื้อไรโซเบียมได้สูงสุดจะต้องทำให้เชื้อไรโซเบียมที่ใส่ลงไปเข้าสู่รากเพื่อสร้างปมให้มากที่สุด และการที่จะให้ประสบความสำเร็จขึ้นอยู่กับวิธีการใช้เชื้อที่ถูกต้อง ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- 1) นำเมล็ดถั่วที่ต้องการปลูกใส่ลงในภาชนะ
- 2) ใส่สารที่ช่วยให้เชื้อติดเมล็ด เช่น น้ำมันพืชการสังเคราะห์ 40% น้ำตาลทราย 30% และน้ำลงในเมล็ดในอัตราที่กำหนด เช่น ใช้กับถั่วเหลือง 10 ก.ก. หรือถั่วลิสง 15 ก.ก. หรือ ถั่วเขียว 5 ก.ก. และเชื้อไรโซเบียม 200 กรัม คือ 300 ลบ.ซม. เท่ากันหมดแล้วกวานเบา ๆ ให้เมล็ดเปียกทั่วกันหมด โดยไม่มีน้ำหรือสารนั้น ๆ เหลืออยู่ที่ก้นถัง ถ้ามีแสดงว่าใส่มากเกินไปก็เติมเมล็ดลงไปอีกหรือรินทิ้ง
- 3) ใส่เชื้อไรโซเบียมลงไปในอัตราที่กำหนด เช่น ถั่วเหลือง 10 กิโลกรัม หรือถั่วลิสง 15 กิโลกรัม หรือถั่วเขียว 5 กิโลกรัม คือ ใส่เชื้อไรโซเบียม 200 กรัม
- 4) คนเบา ๆ จนกระทั่งเมล็ดทุกเมล็ดมีผงเชื้อติดอย่างสม่ำเสมอ

4. แหนแดง (Azolla)

แหนแดงเป็นเฟิร์นที่เจริญเติบโตลอยอยู่บนผิวน้ำ สามารถตรึงไนโตรเจนได้โดยการตรึงร่วมกันกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่อยู่ในโพรงใต้ใบของแหนแดง จึงได้มีการนำใบของแหนแดงมาใช้เป็นปุ๋ยพืชสดให้กับข้าวที่ปลูกในนาข้าวเพื่อเพิ่มไนโตรเจนให้กับดิน โดยปลูกแหนแดงก่อนการปลูกข้าวแล้วไถกลบแหนแดงในช่วงเตรียมดินเพื่อปลูกข้าว เมื่อแหนแดงเน่าเปื่อยลงก็จะปลดปล่อยไนโตรเจนและธาตุอาหารอื่น ๆ ออกมาในรูปอนินทรีย์สารให้แก่ข้าว เปรียบเทียบได้กับการปลูกพืชตระกูลถั่วเป็นปุ๋ยพืชสดสำหรับดินดอน

การปลูกแหนแดงจะช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าวที่ปลูกตามหลังได้ไม่น้อยเพียงใด นอกจากจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์แหนแดงแล้ว ยังขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมที่ปลูกแหนแดง สิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวกับดินที่สำคัญ คือ ปริมาณไนโตรเจนและธาตุอาหารอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากไนโตรเจนในดินบริเวณที่ปลูกแหนแดง หากดินมีไนโตรเจนมากดินก็จะปลดปล่อยไนโตรเจนสู่น้ำมากขึ้น แหนแดงที่ขึ้นอยู่บนผิวน้ำก็จะใช้ไนโตรเจนจากน้ำแทนที่จะตรึงไนโตรเจนจากอากาศ ซึ่งจะมีผลทำให้การปลูกแหนแดงช่วยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนให้แก่พื้นที่นั้นได้น้อย การปลูกแหนแดงก็จะช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าวที่ปลูกตามหลังมา แต่หากดินมีธาตุอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากไนโตรเจนมากก็จะส่งเสริมให้แหนแดงเจริญเติบโตและตรึงไนโตรเจนได้เต็มที่ ซึ่งจะส่งผลให้แหนแดงเพิ่มผลผลิตข้าวที่ปลูกตามหลังได้มาก

2.2.3 แนวทางการใช้ปุ๋ยชีวภาพในนาตด

การพัฒนาการทำเกษตรกรรมโดยใช้ปุ๋ยชีวภาพเข้ามาร่วมด้วย จะสามารถทำให้การเกษตรของประเทศเข้าสู่ระบบเกษตรยั่งยืนได้ เพราะนอกจากปุ๋ยชีวภาพจะมีส่วนช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้กับพืชและดินแล้ว ปุ๋ยชีวภาพยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมี ทำให้เกษตรกรลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้ โดยการใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานระหว่างการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยชีวภาพ และปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งเป็นแนวทางในการพัฒนาความอุดมสมบูรณ์ของดินที่สมบูรณ์แบบ

การใช้ปุ๋ยชีวภาพนอกจากจะช่วยเพิ่มผลผลิตพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ยังเป็นปัจจัยที่สำคัญในการช่วยลดมลภาวะ สามารถปรับสภาพแวดล้อม รักษาทรัพยากรธรรมชาติให้อยู่ในสมดุล เพิ่มศักยภาพในการผลิต ลดความเสี่ยงของดินที่ทำการเพาะปลูกต่อเนื่องกันอยู่ตลอดเวลา และเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรในการปลูกพืชผลต่าง ๆ

2.3 ข้อมูลทั่วไปของแหนแดง

2.3.1 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ของแหนแดง

แหนแดง (*Azolla* sp.) เป็นเฟิร์นน้ำเล็กๆ ชนิดหนึ่งเจริญเติบโตลอยอยู่ใต้ผิวน้ำในเขตร้อนและเขตอบอุ่น โดยจะดำรงชีวิตแบบพึ่งพาอาศัยกันกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ แหนแดงถูกใช้เป็นปุ๋ยในนาข้าว และใช้เป็นอาหารสัตว์เลี้ยง เช่น สุกร เป็ด และห่าน เนื่องจากแหนแดงมีโปรตีน ไขมัน และแร่ธาตุต่างๆ เป็นองค์ประกอบอยู่มาก และมีกรดอะมิโนจำเป็น (Essential amino acid) ในปริมาณที่สูงพอเพียงต่อการเจริญเติบโตของปลา จึงเหมาะที่จะเลี้ยงปลาในนาข้าวที่มีแหนแดงอยู่ด้วย

แหนแดงที่พบอยู่มีหลายชนิด เช่น *Azolla caroliniana*, *A. pinnata*, *A. filiculoides*, *A. microphylla*, *A. mexicana*, *A. nilotica* และ *A. rubra* ส่วนใหญ่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อนของทวีปอเมริกา แอฟริกา และเอเชีย แหนแดงชนิดที่พบแพร่หลายในประเทศไทยคือ *A. pinnata* โดยทั่วไป แหนแดงจะอาศัยอยู่ในน้ำนิ่งและนาข้าวทั่วไป เจริญได้ดีในน้ำที่มีความเป็นกรดเป็นด่างระหว่าง 4.0-5.5 อุณหภูมิ 18-25 °C ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอยู่ระหว่าง 85-90 เปอร์เซ็นต์ แสง 50-75 เปอร์เซ็นต์ของแสงแดดปกติ ($1700 \text{ uE / M}^2 \cdot \text{S}^{-1}$) และในสภาพน้ำที่ความเค็มต่ำกว่า 0.1 เปอร์เซ็นต์ของเกลือ

แหนแดงมีอัตราการเจริญเติบโตที่ค่อนข้างรวดเร็วและแตกต่างกันไปตามชนิด เช่น แหนแดงพันธุ์ *A. pinnata* สามารถเจริญเติบโตให้น้ำหนักเป็น 2 เท่า ได้ภายใน 2-6 วัน ขึ้นกับสภาพแวดล้อม ในฤดูแล้งแหนแดงจะเจริญได้ช้ากว่าในฤดูหนาว มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งประมาณ 0.308 กรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง/วัน ตรึงไนโตรเจนได้ประมาณ 9.86 มิลลิกรัมไนโตรเจน/กรัมน้ำหนักแห้ง/วัน *A. mexicana* ให้น้ำหนักเป็น 2 เท่า ในเวลาสั้นที่สุดประมาณ 2.8 วัน ซึ่งสั้นเป็นสองเท่าของ

A.filiculoides ทั้งนี้เพราะ *A.mexicana* สามารถใช้แสงได้ดีกว่า และสามารถตรึงไนโตรเจนได้สูงกว่า *A.filiculoides* สำหรับ *A.caroliniana* เป็นเห็ดแครงที่สามารถเจริญเติบโตได้ตลอดปีโดยไม่ตาย ซึ่งเห็ดแครงส่วนใหญ่เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่แล้วจะโทรมและตายไปพักหนึ่ง แล้วจึงเกิดใหม่เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสม

ธาตุฟอสฟอรัสมีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดแครงมากที่สุด ถ้ามีระดับฟอสฟอรัสต่ำกว่า 0.23 เปอร์เซ็นต์ในเนื้อเชื้อ การเจริญเติบโตและการตรึงไนโตรเจนของเห็ดแครงจะหยุดชะงัก อาการซึ่งอาจสังเกตได้ คือ ใบมีสีแดงเข้ม การเจริญเติบโตลดลง และปลายรากคดงอ การเลี้ยงเห็ดแครงให้ได้ผลดี จึงควรใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในนาบ้าง



รูปที่ 2.1 ลักษณะของเห็ดแครง

เห็ดแครงสามารถขยายพันธุ์ได้ 2 วิธี คือ

- การขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ หรือการแตกหน่อ เมื่อต้นมีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว
- การขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศ โดยการสร้างสปอร์ เป็นการขยายพันธุ์ที่เกิดจากการผสมกันของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ และเพศเมีย

2.3.2 ประโยชน์ของแหนแดง

แหนแดงมีคุณสมบัติเป็นทั้งปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยชีวภาพเนื่องจากในใบของแหนแดงมีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue green algae) คือ *Anabaena azollae* อาศัยอยู่โดยดำรงชีวิตอยู่ร่วมกันกับแหนแดงแบบพึ่งพาอาศัยกัน สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ความสัมพันธ์นี้ ทำให้แหนแดงกลายเป็นปุ๋ยพืชสดที่สำคัญ และมีศักยภาพสูงที่สามารถนำมาใช้ในระบบเกษตรพอเพียง เพื่อร่วมกับการปลูกข้าวทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีในโตรเจน นอกจากนี้ยังสามารถลดการเจริญเติบโตของวัชพืชนาข้าวเป็นอย่างดี

แหนแดงต้องการธาตุอาหารหลักเหมือนพืชสีเขียวชนิดอื่นๆ ยกเว้นไนโตรเจน รวมทั้งต้องการธาตุอาหารรองในการเจริญเติบโตด้วย ในดินนาทั่วไปฟอสฟอรัสมีความจำเป็นต่อแหนแดงมาก ถ้าปริมาณฟอสฟอรัสในดินต่ำเกินไป จะส่งผลให้การเจริญเติบโต และปริมาณการตรึงไนโตรเจนลดลง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของแหนแดง (% ต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง)

ไนโตรเจน (%)	ฟอสฟอรัส (%)	โปแตสเซียม (%)
3.71	0.25	1.25

ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากแหนแดงแต่ละช่วงอายุ

ลักษณะการใช้แหนแดง	ปริมาณไนโตรเจน(กิโลกรัม/ไร่)
1. เลี้ยงก่อนปักดำข้าว 20 วัน แล้วทำการไถกลบ	9 – 17
2. เลี้ยงก่อนปักดำข้าว 30 วัน แล้วทำการไถกลบ	12 – 25
3. เลี้ยงพร้อมการปักดำข้าว ให้เจริญในแปลงข้าว 20 วัน	7 – 15
4. เลี้ยงพร้อมการปักดำข้าว ให้เจริญในแปลงข้าว 20 วัน	12 – 20

ข้อสังเกต :

1. น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการเลี้ยงแหนแดง ระดับน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงไม่ควรสูงเกินไป ระดับที่เหมาะสมคือ 10- 30 เซนติเมตร และแหนแดงจะตายเมื่อนาขาดน้ำ
2. แหนแดงจะเจริญเติบโตได้ดีน้ำนิ่ง หรือมีกระแสน้ำไหลเป็นเวลอย่างช้าๆ บริเวณคลื่นลมจัดจะทำให้แหนแดงแตกกระจายออกจากกัน ทำให้การเจริญเติบโต และการตรึงไนโตรเจนลดลงอย่างมาก

3. การตรึงไนโตรเจนของ *A. azollae* สามารถทำได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีปริมาณของไนโตรเจนต่ำ

4. การตรึงไนโตรเจนของ *A. azollae* จะมีค่าสูงสุดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และจะหยุดกระบวนการตรึงไนโตรเจนในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 45 องศาเซลเซียส

สายพันธุ์ของแหนแดง : ที่ใช้ในนาข้าว

1. *Azolla filiculoides*

2. *A. pinnata*

3. *A. critata*

4. *A. rubra*

5. *A. nilotica*

2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับไซยาโนแบคทีเรีย

นักพฤกษศาสตร์ได้จัดไซยาโนแบคทีเรียอยู่ในดิวิชัน (Division) Cyanophyta และชั้น (Class) Myxophyceae ตามการจัดจำแนกของ International Code of Botanical Nomenclature แต่ภายหลังมีการจัดว่าไซยาโนแบคทีเรียเป็นโพรคาริโอตแล้วก็ได้มีการจัดจำแนกโดยใช้หลักของ International Code of Nomenclature of Bacteria ซึ่งนักแบคทีเรียวิทยาได้จัดจำแนกไซยาโนแบคทีเรีย ดังนี้

Kingdom Prokaryote

Division Gracilicutes (Gram-negative bacteria)

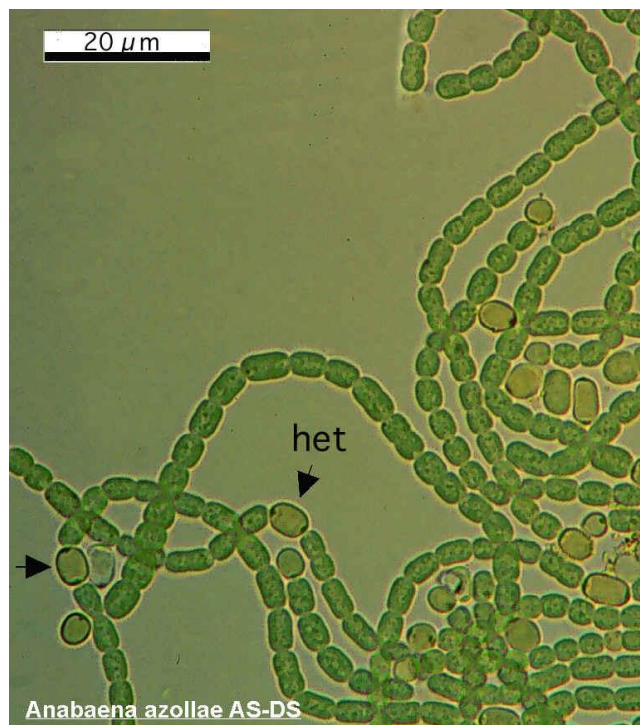
Class Photobacteria

Subclass Oxyphotobacteria

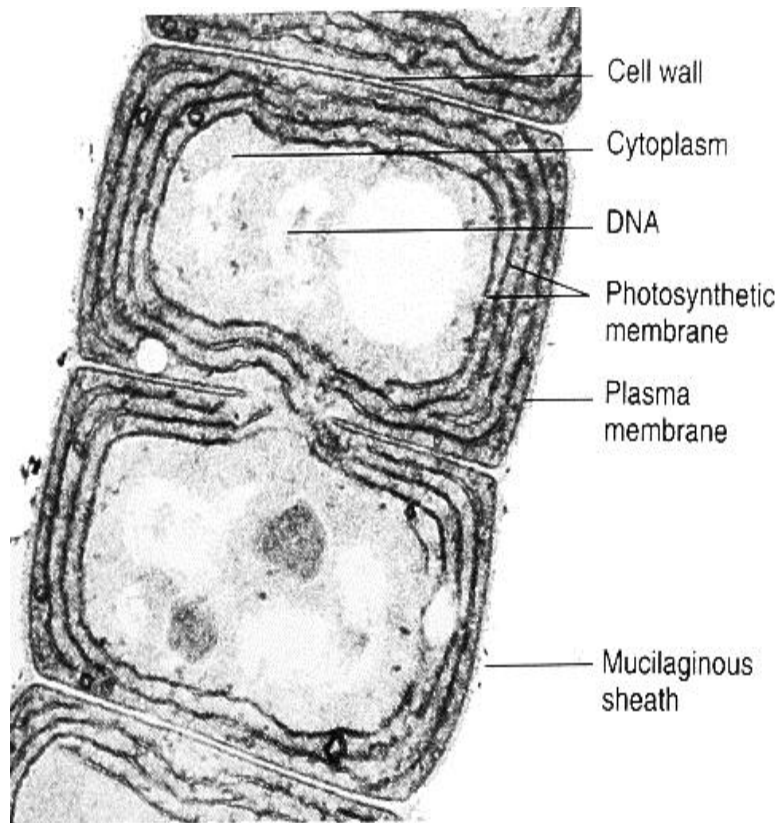
Order Cyanobacteriales

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue-green algae) หรือไซยาโนแบคทีเรีย จัดเป็นโพรคาริโอต (Prokaryote) มีรูปร่างเป็นเซลล์เดี่ยวและเป็นเส้นสาย ซึ่งประกอบด้วยเซลล์เดี่ยวหรือหลายแถว มีทั้งที่ไม่สร้างกิ่งแขนงและสร้างกิ่งแขนง ในสภาพธรรมชาติอาศัยอยู่อย่างอิสระเป็นเซลล์เดี่ยว หรืออยู่รวมกันเป็นโคโลนี หรืออยู่รวมกันกับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ (Singleton and Sainsbury, 1987) และต่างจากแบคทีเรียชนิดอื่น ๆ คือ สามารถสังเคราะห์แสงได้เพราะภายในมีคลอโรฟิลล์ เอ และสามารถปลดปล่อยก๊าซออกซิเจนได้ (Lewin, 1977) แต่อย่างไรก็ตาม คลอโรพลาสต์และรงควัตถุก็ยังไม่มีการพัฒนาเหมือนกับสิ่งที่มีสีเขียวโดยทั่วไปคงมีแต่ไทลาคอยด์ที่เข้าไปภายในที่

ผิวภายนอกมีไฟโคบิลลิโซม (Phycobilisomes) ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ค่อนข้างซับซ้อนเกาะติดอยู่ Sze (1986) รายงานว่าไฟโคบิลลิโปรตีนในไซยาโนแบคทีเรีย มีอยู่ 4 ชนิด คือ ไฟโคอีริทริน (Phycoerythrin) ไฟโคไซยานิน (Phycocyanin) อัลโลไฟโคไซยานิน (Allophycocyanin) และไฟโคอีริโทรไซยานิน (Phycoerythrocyanin) โดยไฟโคไซยานินและอัลโลไฟโคไซยานิน พบในไซยาโนแบคทีเรียทุกชนิด และไฟโคไซยานินทำให้เซลล์มีสีน้ำเงินแกมเขียว หน้าที่ของไฟโคบิลลิโซม คือ รับแสงที่ความเข้มแตกต่างกัน และส่งผ่านไปเพื่อใช้ในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ จัดเป็นข้อแตกต่างระหว่างพืชชั้นสูงและไซยาโนแบคทีเรียรวมถึงโพลาคอยด์ซึ่งขาดไปมาภายในเซลล์ ทำหน้าที่คล้ายกับคลอโรพลาสต์ในพืชที่มีสีเขียว ซึ่งทำหน้าที่เป็นคลิ่นลูกโซ่อิเล็กตรอนเพื่อสร้างพลังงาน (Singleton and Sainsbury, 1987)



รูปที่ 2.2 เซลล์สำหรับสีน้ำเงินแกมเขียว (*Anabaena azollae*) ในช่องใบของแหวนแดง
ที่มา : วรากรณ์ วงศ์บุญ (2551)



รูปที่ 2.3 ลักษณะโครงสร้างของเซลล์ไซยาโนแบคทีเรีย
ที่มา: สุรางค์รัตน์ พันแสง และคณะ (2554)

Singleton and Sainsbury (1987) ได้แบ่งไซยาโนแบคทีเรียเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นเซลล์เดี่ยว (Unicellular) มักอยู่เดี่ยว ๆ หรือเป็นกลุ่ม ขยายพันธุ์โดยการแบ่งเซลล์ออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กันที่เรียกว่า Binary fission เช่น *Gloeobacter*, *Gloeocapsa*, *Gloeotheca*, *Synechococcus*, *Synechocystis* หรือโดยการแตกหน่อ เช่น *Chamaesiphon*

กลุ่มที่ 2 เป็นเซลล์เดี่ยว เซลล์ปกคลุมด้วย Fibrous layer บางสายพันธุ์ขยายพันธุ์โดยวิธี Multiple fission เพียงอย่างเดียว เช่น *Dermocarpa*, *Xenococcus* บางสายพันธุ์ขยายพันธุ์โดยวิธี Multiple fission และ Binary fission เช่น *Chroococcidiopsis*, *Dermocarpella*, *Myxosarcina*, *Pleurocapsa* ซึ่ง Multiple fission เป็นการขยายพันธุ์โดยวิธี Binary fission ที่เกิดขึ้นติดต่อกันหลาย ๆ ครั้งอย่างรวดเร็ว และมีการสร้าง Fibrous layer บางครั้งก็เรียกว่า Baeocytes ซึ่งมีการปลดปล่อยออกมาภายนอกเมื่อมีรอยแตกของ Fibrous layer หลายสายพันธุ์มีการแบ่งเซลล์และรวมกันเป็นกลุ่มภายใน Fibrous layer บางสายพันธุ์ทำ Multiple fission และสร้าง Baeocyte ที่

สามารถเคลื่อนที่ได้ โดยมีการเปลี่ยนสภาพของ Fibrous layer กลุ่มนี้รวม Chamaesiphonales และ Pleurocapsales ไว้ด้วย

กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่เป็นเส้นสาย เจริญเติบโตโดยการแบ่งเซลล์ตรงกลางสายเซลล์ โดยเจริญไปในแนวระนาบ สายเซลล์หลักหรือที่เรียกว่า ทริชโคม (Trichomes) มีเพียงแถวเดียว ไม่มีการแตกแขนง บางสกุลมีเฉพาะเซลล์ธรรมดา ไม่มีการสร้างเฮเทอโรซิสต์และอะคินีต บางครั้งทริชโคมมีการขดกันเป็นเกลียว เช่น สกุล *Spirulina* หรือทริชโคมอาจมีสายตรง เช่น สกุล *Oscillatoria*, *Pseudoanabaena*

กลุ่มที่ 4 เป็นกลุ่มที่เป็นเส้นสาย เจริญเติบโตโดยการแบ่งเซลล์ตรงกลางสายเซลล์ โดยเจริญไปในแนวระนาบ สายเซลล์มีเพียงแถวเดียว ไม่สร้างกิ่งแขนง สร้างเฮเทอโรซิสต์ในรูปที่ไม่มีออกซิเจน และบางสกุลสร้างอะคินีต ขยายพันธุ์โดยการขาดตอนของทริชโคม หรือโดยการงอกของอะคินีตเป็นไฮโมโกน โดยสกุล *Calothrix*, *Nostoc* และ *Scytonema* แต่จะไม่สร้างในสกุล *Anabaena*, *Cylindrospermum* และ *Nodularia*

กลุ่มที่ 5 เป็นกลุ่มที่เป็นเส้นสาย เจริญเติบโตโดยการแบ่งเซลล์ตรงกลางสายเซลล์ ซึ่งเจริญเติบโตได้หลายระบบ บางเซลล์มีการแบ่งตัวในแนวระนาบ ในทริชโคมที่โตเต็มที่ที่มีเซลล์หลายแถว มีการแตกกิ่งแขนงแบบแขนงแท้ (True branching) และแขนงประกอบด้วยเซลล์แถวเดียว มีการสร้างอะคินีต ขยายพันธุ์โดยการขาดตอน สร้างฮอว์โมนในบางสกุล มีการงอกของอะคินีต เช่น *Fischerella*

2.5 การวัดการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรีย

โดยทั่วไปมักจะใช้วิธีการวัดการเพิ่มปริมาณของเซลล์ ปริมาณโปรตีน หรือปริมาณของรงควัตถุ เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีมีรายละเอียด ดังนี้

(1) การนับเซลล์

1.1 การนับเซลล์โดยตรง (Direct microscopic counting) เป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไปในการศึกษาการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรีย วิธีนี้เหมาะกับการนับไซยาโนแบคทีเรียจากธรรมชาติ ต้องคัดเลือกภาชนะบรรจุที่เหมาะสม สารละลายที่เจือจางที่เหมาะสมพอที่จะนับเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ ก่อนที่จะนำภาชนะบรรจุใช้ต้องทำความสะอาดและทำให้แห้งก่อนทุกครั้ง ใส่ตัวอย่างไซยาโนแบคทีเรียที่จะนับก่อนประมาณ 4-6 นาติ โดยเฉพาะถ้าไซยาโนแบคทีเรียที่มีขนาดเล็กที่บรรจุในภาชนะเล็ก

1.2 การนับโคโลนี (Total plate counts) วิธีนี้โดยทั่วไปใช้กับแบคทีเรีย ถ้านำมาใช้กับไซยาโนแบคทีเรียเหมาะกับการศึกษาในระยะ Stationary ที่ปฏิบัติกันทั่วไปโดยวิธีเลี้ยงเชื้อไซยาโนแบคทีเรียให้ทั่วทั้งจานเลี้ยงเชื้อ (Spread plate) โดยใช้ปริมาตร 0.1 ml หลังจากทำการเจือจาง

แล้ว และ Layered plate ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เจือจาง 2-3 ml ใส่ลงในหลอดที่บรรจุขึ้นเข้มข้น 0.6-0.8% ผสมกันและเทลงในจานเพาะเชื้อ เก็บไว้ 3-4 วัน ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมก่อนจะนำมานับโคโลนี

1.3 เครื่องนับจุลินทรีย์ (Electronic counting) เหมาะกับไซยาโนแบคทีเรียทรงกลมที่ไม่ใช้พวกที่เป็นเส้นสาย โดยการเจือจางตัวอย่างให้เหมาะสม หลังจากนั้นบังคับให้ผ่านช่องที่เล็กมาก Electrode ก็จะเป็นตัววัด ซึ่ง Orifice ถึงแม้เล็กมากแต่ก็ทนกระแสไฟฟ้าได้สูง เมื่ออนุภาคไซยาโนแบคทีเรียผ่าน Orifice ค่าความต้านทานเหนี่ยวนำให้มีความต้านทานน้อยกว่าอาหาร เราสามารถคำนวณกลับได้ ปัญหาที่พบ คือยากที่จะควบคุมปริมาณของเซลล์ใหม่ที่เกิดขึ้นและสารละลายที่ใช้ความบริสุทธิ์มาก และยากที่จะทำความสะอาด

(2) การวัดความขุ่น

เป็นวิธีวัดความเข้มข้นโดยใช้การเทียบสี (Colorimeter) หรือสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) เป็นวิธีการวัดความเข้มข้นของมวลไซยาโนแบคทีเรียโดยใช้ Optical density ที่แตกต่างกัน วิธีนี้ง่ายและนิยมใช้กันโดยทั่วไป แต่มักมีความคลาดเคลื่อนจากการซ้อนทับกันของเซลล์ขนาดของเซลล์ที่ไม่เท่ากัน รูปร่างและปริมาณสารต่าง ๆ ในไซยาโนแบคทีเรีย และยังขึ้นกับการแพร่กระจายของไซยาโนแบคทีเรียในสารละลายด้วย วิธีนี้อาจหลีกเลี่ยงการดูดกลืนแสงของรงควัตถุในไซยาโนแบคทีเรีย (Photosynthetic pigments) ที่ใช้อยู่ที่ 550 nm แล้วเขียนกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนของแสงกับน้ำหนักแห้งที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ก็สามารถคำนวณค่าประมาณของมวลไซยาโนแบคทีเรียได้โดยประมาณ

(3) การหาค่าน้ำหนักแห้ง

เป็นวิธีการหาค่ามวลไซยาโนแบคทีเรียที่เพิ่มขึ้นโดยตรง บางครั้งก็อาจผิดพลาดเพราะของแข็งที่เกิดขึ้นอาจไม่ใช่เชื้อไซยาโนแบคทีเรีย แต่อาจเป็นแร่ธาตุที่แขวนลอยอยู่ในน้ำและรวมเข้ากับน้ำหนักของสารด้วย จึงต้องใช้แผ่นกรองแยกไซยาโนแบคทีเรียออกจากอาหารเลี้ยงเชื้อก่อน หรือใช้วิธีการตกตะกอนตัวอย่างไซยาโนแบคทีเรีย หรืออาจใช้วิธีการกรองผ่านแผ่นกรองที่มีขนาดแตกต่างกัน

วิธีที่ทำให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด คือ ล้างเซลล์ในบัฟเฟอร์หรือน้ำกลั่นเพื่อเอาเกลือออก ควรระวังในเรื่องของเซลล์แตกและสารที่ปนเปื้อน อาจจะทำ 2 ซ้ำและต้องไม่มีเซลล์สูญหายระหว่างที่แยกส่วน

(4) ปริมาตรของเซลล์ที่อัด

วิธีนี้รวดเร็วแต่หยาบ โดยการประมาณส่วนของของแข็งที่มีอยู่ ในตัวอย่างการวัดเซลล์ที่ถูกอัด ให้หลอดหมุนเหวี่ยงชนิดพิเศษซึ่งมีปริมาตร 5-10 ml ที่ข้างหลอดมีสเกลบอกความ

สูง หลังจากตกตะกอนตัวอย่าง (10 นาที ที่ 1,000 x g) มวลของไซยาโนแบคทีเรียบางส่วนอยู่ที่ก้นหลอด ประมาณได้ว่าเซลล์อยู่สูงเท่าใด คิดเป็นกึ่งเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรตัวอย่างทั้งหมด

(5) ปริมาณของคลอโรฟิลล์

วิธีนี้จะใช้เมื่อการหาน้ำหนักแห้งไม่ได้ผล เพราะมีเซลล์ของแบคทีเรียหรือแพลงก์ตอนเข้าไปปะปนในมวลของสาร ปริมาณของคลอโรฟิลล์ขึ้นอยู่กับแต่ละสายพันธุ์ของไซยาโนแบคทีเรีย โดยทั่วไปใช้อะซิโตน (Acetone) เมทานอล (Methanol) เอทานอล (Ethanol) หรือไดเอทิลอีเทอร์ (Diethylether) ในการสกัดรงควัตถุจากเซลล์ บางครั้งอาจต้องใช้ความร้อนบ้างเพื่อให้การสกัดที่สมบูรณ์

(6) ปริมาณของรงควัตถุที่ละลายได้ในน้ำ

รงควัตถุที่ละลายในน้ำมีไฟโคไซยานิน และไฟโคอีรีทริน ซึ่งอาจจะพบในบางสายพันธุ์ของไซยาโนแบคทีเรีย ส่วนใหญ่พบในไซยาโนแบคทีเรียเท่านั้น หาได้ทั้งวัดปริมาณและคุณภาพรงควัตถุที่พบมีไฟโคอีรีทรอยไซยานิน (Phycocyanin, PE) อัลโลไฟโคไซยานิน (Allophycocyanin, APC) และซีไฟโคไซยานิน (C-phycocyanins, PC) โดยการทำให้เซลล์แตกด้วยโซเดียมคลอไรด์ และหมุนเหวี่ยงเซลล์ให้ตกตะกอน นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าความขุ่นที่ความยาวคลื่น 565 , 620 และ 650 nm ตามลำดับ

(7) วิธีวิเคราะห์โปรตีน

มีหลายวิธีที่แตกต่างกันแต่ที่ใช้อย่างกว้างขวางในการหาโปรตีนของไซยาโนแบคทีเรียมี 3 วิธีด้วยกัน คือ Biuret reaction วิธีของ Lowry และคณะ วิธีของ Bradford ซึ่งทุกวิธีต้องมีการพามาตรฐานความเข้มข้นของโปรตีนโดยใช้ซีรัมอัลบูมิน (Serum albumin)

2.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ยุทธพล ทองปรีชา และ คุณฤๅณ ลำปาง (2554) ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง ความรู้ ทักษะ และ การปฏิบัติในการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการปลูกข้าวของเกษตรกร อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย พบว่า การสอบถามด้านรูปแบบ ปริมาณการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ และต้นทุนการผลิตข้าวนั้น ประชาชนในพื้นที่มีรูปแบบการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการปลูกข้าวมากที่สุด คือ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด ตามลำดับ โดยมีต้นทุนการผลิตข้าวในปี เฉลี่ยไร่ละ 3,577.10 บาท และต้นทุนการผลิตข้าวปีประจํา เฉลี่ยไร่ละ 4,010.50 บาท โดยพบว่าปัญหาในด้านการใช้ปุ๋ยเป็นปัญหาที่เกษตรกรในพื้นที่พบปัญหามากที่สุด ซึ่งควรมีแนวทางการแก้ไข คือ จัดอบรมให้ความรู้ด้านการผลิต การใช้ประโยชน์จากปุ๋ยอินทรีย์ และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีอย่างถูกต้อง

Khan (1988) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการเพาะเลี้ยงแหนแดง เพื่อผลิตปุ๋ยพืชสดในประเทศฟิลิปปินส์ พบว่าแหนแดงสามารถผลิตไนโตรเจนได้มากถึง 450-600 กก.ไนโตรเจนต่อแฮกแตร์ต่อปี

Wang et al., (1991) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของ *Anabaena* sp. หลายสกุลในแปลงนาขนาดใหญ่ในประเทศจีน (5,170 ตารางเมตร) เป็นเวลา 3 ปี เมื่อทำการทดสอบในเรือนทดลองได้น้ำหนัก 7-11 กรัม น้ำหนักแห้ง/ตารางเมตร และทดสอบในไร่นาได้ 22 กรัมต่อตารางเมตรในกลางฤดูร้อน เมื่อเปรียบเทียบแต่ละสกุลของ *Anabaena* พบว่าไม่แตกต่างกันการให้อากาศและการให้สารเร่งการเจริญเติบโต (Growth regulator) เช่น 2,4-D NaHSO_3 และสารสกัดจากเห็ดนางรมช่วยให้ผลผลิตสูงขึ้นและมีค่าใช้จ่ายประมาณ 0.75-1.0 ดอลลาร์ต่อกิโลกรัม

Aziz (2012) ศึกษาวิธีการเพิ่มผลผลิตของแหนแดงชนิด *Azolla pinnata* var. *pinnata* โดยการใช้ปุ๋ยจากฟอสฟอรัสในรูปของ Tripple super phosphate (TSP) และปุ๋ยจากโพแทสเซียมในรูปของ Murate of potash (MP) ในระดับความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 5 กก.ของ TSP + 2.5 กก. ของ MP ต่อแฮกแตร์ต่อวัน, 10 กก.ของ TSP + 5 กก. ของ MP ต่อแฮกแตร์ต่อวัน และ 20 กก.ของ TSP + 10 กก. ของ MP ต่อแฮกแตร์ต่อวัน ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูตร 10 กก.ของ TSP + 5 กก. ของ MP ต่อแฮกแตร์ต่อวัน มีประสิทธิภาพที่สุดในด้านต้นทุนการเพาะพันธุ์แหนแดง โดยพบว่าจะสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตแหนแดงได้สูงถึง 820-1,220 กก.แหนแดงสดต่อแฮกแตร์ต่อวัน ซึ่งปริมาณผลผลิตของแหนแดงที่ผลิตได้จะผันแปรไปตามฤดูกาลในรอบปี

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาปุยชีวภาพจากແຫນແດງ ได้มีวิธีการดำเนินการวิจัยเพื่อให้การศึกษาและการพัฒนาปุยชีวภาพจากແຫນແດງ บรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัยโดยมีขั้นตอนการวิจัยทั้งหมด 3 ขั้นตอน คือ

1. การผลิตและการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของແຫນແດງ
 2. การผลิตปุยชีวภาพและการศึกษาคุณภาพของปุย
 3. การทดสอบอัตราการรอดของไซยาโนแบคทีเรียในปุยชีวภาพ
- ซึ่งรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนได้นำเสนอไว้ดังต่อไปนี้

3.1 การผลิตและการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของແຫນແດງที่พบในท้องถิ่น จ.เพชรบูรณ์

มีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงาน ดังต่อไปนี้

- 1.1 นำແຫນແດງที่ได้จากการเพาะเลี้ยงจากโครงการวิจัย เรื่อง การศึกษาผลของปุยเคมีสูตรต่าง ๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตของແຫນແດງมาทำการเพาะเลี้ยงในท่อซีเมนต์ในสถานที่เพาะเลี้ยง (รูปที่ 3.1)
- 1.2 สุ่มตัวอย่างของແຫນແດງมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลัก (N-P-K) ของແຫນແດງ
- 1.3 ทำการเพาะเลี้ยงແຫນແດງที่ได้ทำการคัดเลือกแล้ว เพื่อนำมาเพิ่มปริมาณของແຫນແດງให้ได้ปริมาณมากพอ เพื่อนำไปใช้ในการผลิตปุยในขั้นตอนต่อไป
- 1.4 ทำการเก็บเกี่ยวແຫນແດງ เพื่อนำไปใช้ในการผลิตปุยอินทรีย์ชีวภาพจากແຫນແດງ เมื่อผลิตเป็นปุยอินทรีย์ชีวภาพแล้วจากนั้นนำແຫນແດງที่ผสมวัสดุรองรับแล้วมาทำการบรรจุถุง



รูปที่ 3.1 การเพาะเลี้ยงแหนแดงในบ่อซีเมนต์

3.2 การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพและการศึกษาคุณภาพของปุ๋ย

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ จะทำการผลิตโดยใช้วัสดุรองรับจำนวน 3 ชนิด คือ มูลไก่ มูลสุกร และมูลโค โดยมีชุดทดลองทั้งหมด 3 ชุดทดลอง ดังต่อไปนี้

ชุดทดลองที่ 1 มูลไก่ + แหนแดง (T1)

ชุดทดลองที่ 2 มูลสุกร + แหนแดง (T2)

ชุดทดลองที่ 3 มูลโค + แหนแดง (T3)

โดยแต่ละชุดทดลองจะนำเอาแหนแดงมาผสมคลุกเคล้ากับวัสดุรองรับ ในอัตราส่วน 1 : 10 (แหนแดง 10%) จากนั้นทำการหมักปุ๋ยในสถานะที่มีออกซิเจน เป็นเวลา 45 วัน จากนั้นจะทำการศึกษาคุณภาพของปุ๋ย โดยทำการวิเคราะห์

3.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

3.2.2 ค่าการเหนี่ยวนำไฟฟ้า (Electrical conductivity ; EC)

3.2.3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter)

3.2.4 ค่าคาร์บอน/ไนโตรเจน (C/N ratio)

3.2.5 ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K)

3.3 การทดสอบอัตราการรอด

การทดสอบอัตราการรอดของไซยาโนแบคทีเรีย มีวิธีดำเนินการดังนี้

- 1) แบ่งเนื้อปฏีชีวภาพจำนวน 10 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีอาหารเหลวสูตร BG-11₀ ปริมาตร 90 มิลลิลิตรที่ผ่านการ Autoclave ที่ความดัน 15 ปอนด์นาน 20 นาที ซึ่งจะได้ความเข้มข้นเป็น 10^{-1} เท่า
- 2) ปฏิบัติลักษณะนี้เรื่อยไปจนได้ Dilution ครบทุก Dilution (10^{-1} - 10^{-7})
- 3) นำแต่ละ Dilution ไปประมาณจำนวนเซลล์ไซยาโนแบคทีเรียด้วยวิธี MPN (Most Probable Number Method for Microbial Population)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและจัดทำรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ข้อมูลเชิงปริมาณทั้งหมดจะถูกนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว One-way analysis of variance (One-way ANOVA) โดยทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) แล้วจัดทำรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

บทที่ 4

ผลการศึกษา

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาปุ๋ยชีวภาพจากแหนแดง มีผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 4 ข้อ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของแหนแดงที่พบในจังหวัดเพชรบูรณ์
2. ศึกษาสัดส่วนองค์ประกอบที่เหมาะสมของคาร์บอนและไนโตรเจนในกระบวนการหมักปุ๋ยเป็นการหมักในสภาวะที่มีอากาศ (Aerobic digestion)
3. ศึกษาอัตราการรอดชีวิตของไซยาโนแบคทีเรียในปุ๋ยชีวภาพ
4. ผลิตปุ๋ยชีวภาพในรูปแบบปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพที่มีคุณภาพตามประกาศมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตร พ.ศ.2548

4.1 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของแหนแดงที่พบในจังหวัดเพชรบูรณ์

แหนแดงที่สำรวจพบในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ จากการตรวจสอบลักษณะภายนอกของแหนแดง พบว่าเป็นแหนแดงชนิด *Azolla pinnata* var. *imbricate* เมื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารที่สำคัญที่พบในแหนแดง พบว่า แหนแดงมีปริมาณการสะสมธาตุไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen, TN) ไว้ในมวลชีวภาพสูงถึง 4.58% ดังแสดงในตารางที่ 4.1 เมื่อเทียบกับน้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total phosphorus, TP) และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total potassium, TK) ที่พบในมวลชีวภาพของแหนแดงมีค่าเท่ากับ 0.40% และ 2.00% ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่สำคัญที่พบในแหนแดง

ชนิดธาตุอาหาร	ปริมาณธาตุอาหาร (%)
TN	4.58
TP	0.40
TK	2.00

4.2 การหาสัดส่วนองค์ประกอบที่เหมาะสมของคาร์บอนและไนโตรเจนในกระบวนการหมักปุ๋ยเป็นการหมักในสภาวะที่มีอากาศ (Aerobic digestion)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนจากปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพทั้ง 3 ชุดทดลอง พบว่า ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพทั้ง 3 ชุดทดลองมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรีย์วัตถุอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพชุดทดลอง T2 มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงที่สุด ($21.52 \pm 0.81\%$) รองลงมาคือ ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพชุดทดลองที่ T1 และ T3 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) เมื่อพิจารณาค่าสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C : N ratio) พบว่าปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพสูตร T1 มีสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงที่สุด รองลงมาคือปุ๋ยสูตร T2 และ T3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์สัดส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ

ชุดทดลองที่	ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (%)	สัดส่วนของ C : N
T1	20.15 ± 0.57^b	74.63 : 1
T2	21.52 ± 0.81^c	32.12 : 1
T3	18.07 ± 0.49^a	18.07 : 1

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับด้านข้างในแนวตั้งต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.3 อัตราการรอดชีวิตของไซยาโนแบคทีเรียในปุ๋ย

ผลการวัดอัตราการรอดชีวิตของไซยาโนแบคทีเรียในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพจากแผนแดง พบว่าจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณการลดลงของไซยาโนแบคทีเรียในทุกชุดทดลองมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันตั้งแต่วันที่ 1-45 โดยในทุกชุดทดลองไซยาโนแบคทีเรียจะมีชีวิตอยู่รอดในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพได้เพียง 30 วัน โดยในวันที่ 15 ปริมาณของอัตราการรอดชีวิตของไซยาโนแบคทีเรียในทุกชุดทดลองจะมีอัตราการรอดชีวิตลดลงประมาณครึ่งหนึ่งของไซยาโนแบคทีเรียที่รอดชีวิตในช่วงวันแรก (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์อัตราการรอดชีวิตของไซโนแบคทีเรียในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพจากแผนแดง

หน่วย : Cell/ml

ชุดทดลองที่ จำนวนวันที่เก็บ	T1	T2	T3
1	9.65×10^5	8.15×10^5	8.20×10^5
7	7.12×10^5	7.00×10^5	6.85×10^5
15	4.24×10^5	3.50×10^5	3.25×10^5
30	1.08×10^5	1.10×10^5	1.15×10^5
45	0	0	0

4.4 การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพที่มีคุณภาพตามประกาศมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตร พ.ศ.

2548

ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักพบว่าปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพในชุดทดลอง T3 มีปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด ส่วนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพในชุดทดลอง T1 มีปริมาณของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นสูงที่สุด โดยมีปริมาณของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น 6.69% และ 3.07% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4)

ด้านคุณสมบัติทางเคมีพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพมีสภาพเป็นด่างเล็กน้อยถึงปานกลาง โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.43-8.62 ค่าการเหนี่ยวนำไฟฟ้าในชุดทดลอง T1 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 8.70 ± 0.28 ms (ตารางที่ 4.5) ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพพบว่าปุ๋ยทั้ง 3 สูตรมีค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกัน โดยมีปริมาณความชื้นเฉลี่ยระหว่าง 52.32-60.19 % ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่พบในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 31.15-37.09 % โดยชุดทดลอง T2 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าชุดทดลอง T1 และ T3 อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ $37.09 \pm 1.40\%$ (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณธาตุอาหารหลักที่เพิ่มขึ้นในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพจากแผนแดง

ชุดทดลองที่	ปริมาณสารอาหารที่เพิ่มขึ้น (%)		
	Total N	Total P ₂ O ₅	Total K ₂ O
T1	0.27	6.69	3.07
T2	0.67	1.82	1.39
T3	1.00	0.61	1.15

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพจากแผนแดง

ชุดทดลองที่	คุณสมบัติทางเคมี	
	ความเป็นกรด-ด่าง	ค่าการเหนี่ยวนำไฟฟ้า (ms)
T1	8.62 ± 0.03^c	8.70 ± 0.28^b
T2	7.58 ± 0.01^b	3.33 ± 0.13^a
T3	7.43 ± 0.56^a	3.06 ± 0.03^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับด้านข้างในแนวตั้งต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพจากเห็ดแดง

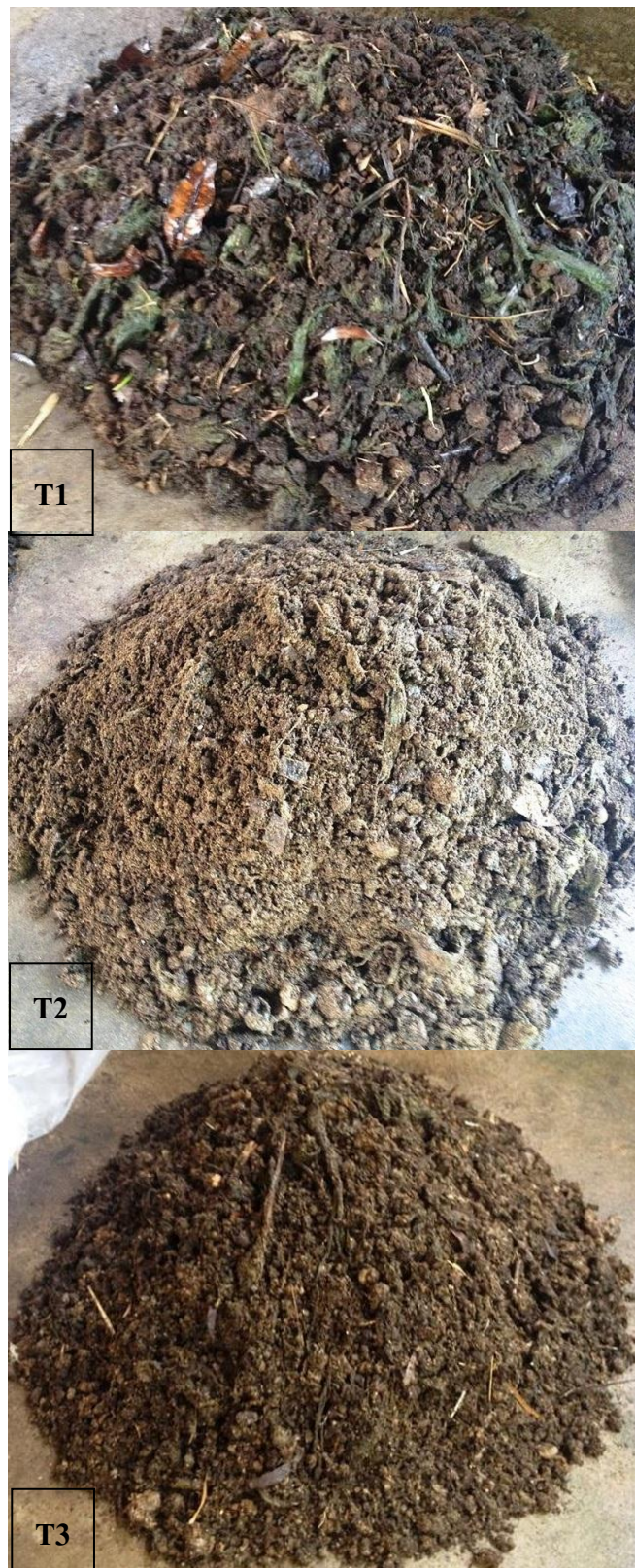
ชุดทดลองที่	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (%)	ปริมาณความชื้น (%)
T1	34.74 ± 0.97^b	52.32 ± 1.06^{ns}
T2	37.09 ± 1.40^c	58.52 ± 5.50^{ns}
T3	31.15 ± 0.85^a	60.19 ± 5.52^{ns}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับด้านข้างในแนวตั้งต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพจากเห็ดแดงที่พัฒนาขึ้นจะใช้วัสดุรองรับที่แตกต่างกัน คือ มูลโค มูลสุกร และมูลไก่ โดยปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพทุกสูตรจะใช้เห็ดแดงเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในโตรเจน ซึ่งได้มาจากการย่อยสลายเห็ดแดงที่มีไซยาโนแบคทีเรียที่ตรึงไนโตรเจนจากอากาศเก็บกักไว้ในมวลชีวภาพของไซยาโนแบคทีเรีย ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพทั้ง 3 สูตร (รูปที่ 4.1) มีลักษณะคล้ายคลึงกันโดยมีลักษณะร่วนซุย ไม่จับตัวเป็นก้อน สีน้ำตาล หรือสีดำ ความชื้นของปุ๋ยอินทรีย์มีค่าอยู่ระหว่าง 52.32-60.19% (ตารางที่ 4.6)

จากผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2558 ในตารางที่ 4.7 พบว่าในทุกชุดทดลองปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้ในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพมีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ ส่วนตัวชี้วัดในด้านอื่นๆ นั้นพบว่าปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพชุดทดลอง T3 มีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพในชุดทดลอง T2 มีคุณสมบัติไม่ตรงตามเกณฑ์มาตรฐานนอกเหนือจากค่าปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้ คือ ค่า C : N ratio ที่พบว่าปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพในชุดทดลอง T2 มีค่า C : N ratio เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ซึ่งจะต้องมีค่าไม่เกิน 20 : 1 แต่ค่า C : N ratio ของปุ๋ยในชุดทดลองที่ T2 มีค่าเท่ากับ 32.12 : 1

ส่วนปุ๋ยชุดทดลอง T1 พบว่ามีตัวชี้วัดหลายตัวชี้วัดที่มีค่าที่เกินมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหย ค่าการนำไฟฟ้า และค่า C : N ratio ซึ่งตัวชี้วัดมีค่าที่สูงเกินมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้กำหนดไว้ ดังนั้นปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพที่ผลิตจากเห็ดแดงในชุดทดลอง T3 จึงมีมาตรฐานตรงตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กรมวิชาการเกษตรได้กำหนดไว้ในประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ.2548 มากที่สุด



รูปที่ 4.1 ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพจากແໜແດງທີ່ໃຊ້ມູດໄກ່ (T1) ມູດສຸກ (T2) ແລະມູດໂຄ (T3)

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2558

ลำดับที่	รายการ	T1	T2	T3	เกณฑ์มาตรฐาน
1	ขนาดของปุ๋ย	na	na	na	ไม่เกิน 12.5x12.5 มม.
2	ปริมาณความชื้นและ สิ่งที่ระเหยได้	52.32	58.52	60.19	ไม่เกิน 35% โดยน้ำหนัก
3	ปริมาณหิน และ กรวด	น้อยกว่า 5%	น้อยกว่า 5%	น้อยกว่า 5%	ขนาดใหญ่กว่า 5 มม. ไม่ เกิน 5% โดยน้ำหนัก
4	พลาสติก แก้ว วัสดุมี คม และโลหะอื่นๆ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
5	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM)	34.74	37.09	31.15	ไม่น้อยกว่า 30% โดย น้ำหนัก
6	pH	8.62	7.58	7.43	5.5-8.5
7	C : N ratio	74.63 : 1	32.12 : 1	18.07 : 1	ไม่เกิน 20 : 1
8	ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	8.70 ds/m	3.33 ds/m	3.06 ds/m	ไม่เกิน 6 ds/m
9	ไนโตรเจนรวม (Total N)	1.95%	1.32%	1.32%	ไม่น้อยกว่า 1% โดย น้ำหนัก
10	ฟอสฟอรัสรวม (Total P ₂ O ₅)	7.33%	2.15%	0.82%	ไม่น้อยกว่า 0.5% โดย น้ำหนัก
11	โพแทสเซียมรวม (Total K ₂ O)	3.99%	1.83%	1.31%	ไม่น้อยกว่า 0.5% โดย น้ำหนัก
12	การย่อยสลายที่ สมบูรณ์	มากกว่า 80%	มากกว่า 80%	มากกว่า 80%	มากกว่า 80%

หมายเหตุ ไม่ทำการตรวจวัดปริมาณสารหนู แคดเมียม โครเมียม ทองแดง ตะกั่ว และปรอท

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพทั้ง 3 สูตร พบว่า ปุ๋ยชุดทดลอง T3 จะมีปริมาณของไนโตรเจนรวมเพิ่มสูงที่สุด ซึ่งมีผลทำให้ค่าสัดส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำที่สุด ลำดับรองลงมาที่มีปริมาณการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจนสูงขึ้น คือ ปุ๋ยชุดทดลอง T2 และ T1 ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัสรวมและโพแทสเซียมรวม พบว่าปุ๋ยชุดทดลอง T1 มีปริมาณการเพิ่มขึ้นของสารอาหารทั้งสองชนิดสูงที่สุด (6.69% และ 3.07%) รองลงมา คือ ปุ๋ยชุดทดลอง T2 (1.82% and 1.39%) และปุ๋ยชุดทดลอง T3 (0.61% and 1.15%) ตามลำดับ ดังนั้นจากผลการศึกษาสรุปได้ว่าเนื่องจากแผนผังซึ่งมีไซยาโนแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ร่วมด้วยซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ ดังนั้นการใส่แผนผังในปุ๋ยชีวภาพที่ใช้มูลโค (T3) เป็นวัสดุรองรับจะทำให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนได้ดีกว่าการใช้วัสดุรองรับที่เป็นมูลสุกร (T2) และมูลไก่ (T1) และปุ๋ยในชุดทดลอง T3 ยังมีคุณสมบัติที่ตรงตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตรมากที่สุด

5.2 อภิปรายผล

ความหลากหลายชนิดของแผนผังที่พบโดยทั่วไปนั้น มีรายงานการกระจายพันธุ์ของแผนผังโดยอาศัยขอบเขตด้านภูมิศาสตร์ทั้งในแอฟริกา เกาะมาดากัสกา อินเดีย จีน เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ญี่ปุ่น มาเลเซีย และออสเตรเลีย โดย Saunders and Fowler (1992) รายงานไว้ว่า *Azolla pinnata* สามารถแบ่งแยกเป็นชนิดย่อย (Subspecies) โดยอ้างอิงตามเขตภูมิศาสตร์ ได้ 3 ชนิดย่อย คือ

1. *A. pinnata* R.Br. subsp. *pinnata* พบในออสเตรเลียและนิว คาลิโดเนีย (New Caledonia)
2. *A. pinnata* R.Br. subsp. *asiatica* Saund. & Fowl. พบในอินเดีย จีน เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ญี่ปุ่น
3. *A. pinnata* R.Br. subsp. *africana* (Desv.) Saund. & Fowl. พบในแอฟริกาและเกาะมาดากัสกา แต่ Pereira et al. (2011) อาศัยเกณฑ์ด้านลักษณะภายนอก (Morphological criteria) และเกณฑ์ด้านชีววิทยาโมเลกุล (Molecular criteria) รายงานไว้ว่าแผนผังชนิด *A. pinnata* สามารถแบ่งแยกย่อยได้ 2 varieties คือ *A. pinnata* R.Br. var. *imbricate* (Roxb.) พบในเอเชีย และ *A. pinnata* R.Br. var. *pinnata* พบในแอฟริกาและออสเตรเลีย จากเอกสารรายงานที่กล่าวมาแล้ว สรุปได้ว่าการทำการวิจัยครั้งนี้ได้นำแผนผังชนิด *A. pinnata* R.Br. var. *imbricate* (Roxb.) ซึ่งเป็นแผนผังที่มีการกระจายพันธุ์ใน

ทวีปเอเชียมาใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ ซึ่งมีรายงานวิจัยที่ระบุว่า แหนแดงนั้นสามารถผลิตไนโตรเจนผ่านกระบวนการตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ประมาณ 450-600 kg N₂/ha/year (Khan, 1988) ซึ่งถือได้ว่าเป็นปริมาณของไนโตรเจนที่ค่อนข้างสูงซึ่งเพียงพอต่อการดูดซึมเพื่อใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตของพืช เมื่อพิจารณาแหนแดงแต่ละชนิดนั้นมีความสามารถในการผลิตไนโตรเจนได้แตกต่างกัน ดังรายงานวิจัยของ Datta (2011) รายงานไว้ว่าแหนแดงแต่ละชนิดสามารถให้ผลผลิตของไนโตรเจนแตกต่างกัน โดยพบว่า *A. microphylla* ผลิตไนโตรเจนได้ประมาณ 0.3128 mg nitrogen day⁻¹g⁻¹ dry weight รองลงมา คือ *A. pinnata*, *A. filiculoides*, *A. rubra*, *A. caroliniana* และ *A. maxicana* สามารถผลิตไนโตรเจนได้ประมาณ 0.3098, 0.3015, 0.2950, 0.2920 และ 0.2950 mg nitrogen day⁻¹g⁻¹ dry weight ตามลำดับ

นอกจากนี้ในการเพาะเลี้ยงแหนแดงเพื่อนำมาใช้ประโยชน์นั้นต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมทางกายภาพต่าง ซึ่งมีรายงานวิจัยของ Datta (2011) ที่ระบุว่าแหนแดงสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 24-30 °C และค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ 5.4-5.9 ในขณะที่ Islam (1993) รายงานไว้ว่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตของแหนแดง โดยพบว่าเมื่อเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำจะส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตของแหนแดงลดลง เนื่องจากแหนแดงจะสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่ค่อนข้างเป็นกรด

อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพแต่ละสูตรสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้ ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพสูตรที่ T1 และ T2 มีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูง แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพนี้มีอัตราการย่อยสลายได้ต่ำ เนื่องจากมีปริมาณของไนโตรเจนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่ำ จึงทำให้จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายจึงไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีทำให้อัตราการย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเกิดขึ้นได้น้อย ธาตุอาหารที่สะสมไว้ในมวลชีวภาพของสารอินทรีย์จึงถ่ายเทไปยังดินได้น้อย ส่วนปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพสูตรที่ T3 มีอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำ สามารถอธิบายได้ว่า ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพสูตรนี้มีอัตราการย่อยสลายได้สูง เนื่องจากมีปริมาณของไนโตรเจนมากพอสำหรับจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลาย อย่างไรก็ตามการผลิปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพจากแหนแดงน่าจะมีส่วนในการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจน ดังนั้นทำให้อัตราการย่อยสลายของปุ๋ยเกิดขึ้นได้ดีจึงส่งผลทำให้การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพมีคุณภาพที่ดีขึ้น

ผลการศึกษาด้านอัตราการรอดตายของไซยาโนแบคทีเรียที่ผสมลงในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ นั้นพบว่าไซยาโนแบคทีเรียในปุ๋ยมีอัตราการรอดตายลดลง และไม่พบไซยาโนแบคทีเรียรอดชีวิตอยู่เลยในวันที่ 30 สามารถอธิบายได้ดังนี้ ไซยาโนแบคทีเรียบางชนิดเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีการดำรงชีวิตแบบอยู่ร่วมกับพืชอื่น เช่น *Anabaena azollae* ดังนั้นเมื่อไม่มีพืชเจ้าบ้านจึงทำให้ไซยาโนแบคทีเรียเหล่านี้ตายลงซึ่งในทดลองครั้งนี้ได้นำเอาแหนแดงที่มีไซยาโนแบคทีเรียอาศัยรวมอยู่ด้วย ดังนั้นเมื่อแหนแดงถูก

นำมาผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ เมื่อผ่านกระบวนการหมักจึงทำให้มวลชีวภาพแห้งแดงถูกย่อยสลาย จึงส่งผลกระทบต่ออัตราการรอดตายของไซยาโนแบคทีเรียที่อยู่ร่วมด้วย ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าไซยาโนแบคทีเรียในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพทั้งสามสูตรไม่สามารถรอดชีวิตได้เลยภายหลังจาก 30 วัน ดังนั้นการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพที่จะทำให้มีปริมาณของไซยาโนแบคทีเรียรอดชีวิตได้ดีนั้น ควรทำการผสมแห้งลงในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพภายหลังจากกระบวนการหมักเกิดขึ้นก่อนข้างสมบูรณ์แล้ว ซึ่งจะทำให้ไซยาโนแบคทีเรียมีประสิทธิภาพสูงปลดปล่อยไนโตรเจนออกมา

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการหาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพของน้ำในโตรเจนที่ได้จากการตรึงจากอากาศของแห้งแดงมาเพื่อผลิตปุ๋ยชีวภาพในรูปแบบต่างๆ
2. ควรหาแนวทางการผลิตปุ๋ยชีวภาพในรูปของสารสกัดแบบเข้มข้น เพื่อนำไปใช้ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวในรูปแบบอื่นๆ
3. ควรหาวิธีการเพิ่มอัตราการรอดชีวิตของไซยาโนแบคทีเรียที่อยู่รอดในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพให้นานมากขึ้นและมีอัตราการอยู่รอดที่สูงขึ้น
4. ควรหาแนวทางในการลดปริมาณความชื้นของปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพของปุ๋ยให้ตรงกับมาตรฐานของปุ๋ยที่กรมวิชาการเกษตรกำหนดไว้

บรรณานุกรม

- นันทกร บุญเกิด ประยูร สวัสดิ์ และออมทรัพย์ นพอมรบดี. 2533. การใช้จุลินทรีย์ดินเพื่อเพิ่มผลผลิตพืช. คู่มือการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ย. หน้า 288-309.
- ประยูร สวัสดิ์. 2539. การใช้ประโยชน์จากเห็ดแครง เอกสารวิชาการเรื่อง ปุ๋ยชีวภาพ. กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพี กรมวิชาการเกษตร. หน้า 148-166.
- ประเสริฐ สองเมือง วิทยา ศรีทันทน์ และประยูร สวัสดิ์. 2536. เลี้ยงเห็ดแครงร่วมกับปลาในนาข้าว. กสิกร. 66 (1) : 66-68.
- ธงชัย มาลา. 2546. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ยงยุทธ โอสดสภา. 2528. หลักการผลิตและการใช้ปุ๋ย. 274 หน้า.
- ยุทธพล ทองปรีชา และ คุณฤดี ณ ลำปาง. 2554. ความรู้ ทักษะ และ การปฏิบัติในการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการปลูกข้าวของเกษตรกร อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย วารสารเกษตร. 27(1): 1-10.
- วรารักษ์ วงศ์บุญ. 2551. เห็ดแครงและการใช้ประโยชน์ในนาข้าว. เกษตรธรรมชาติ. 11(3): 44-50.
- สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2541. คู่มือการใช้ปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและพลังงาน, กรุงเทพฯ.
- สมพร ชุนห์ลือชานนท์. 2542. สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในปุ๋ยชีวภาพ. กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร , กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ , กรุงเทพฯ.
- สุรางค์รัตน์ พันแสง พวงผกา แก้วกรม และกมลวรรณ ศรีปลั่ง. 2554. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การพัฒนาปุ๋ยชีวภาพจากผลผลิตในท้องถิ่นเพื่อสนองแนวทางพระราชดำริเศรษฐกิจพอเพียง. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า. [online]. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2557. แหล่งที่เข้าถึง : <http://www.oae.go.th/main.php?filename=index>. [11 ธันวาคม 2558]
- อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. 2548. ปุ๋ยกับการเกษตรและสิ่งแวดล้อม. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- Antarikanonda, P. and S.Sassanarakkit. 1995. Research studied, production and field experience on the use of blue-green algae biofertilizer in Thailand, p.36-52. ใน ผลงานวิจัยปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว สาขาอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ. สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย , กรุงเทพฯ.

- Ashwani, K.R. and V.Rai. 2003. Effect of NaCl on growth, nitrate uptake and reduction and nitrogenase activity of *Azolla pinnata* - *Anabaena azollae*. **Plant Science**. 164 : 61-69.
- Aizz, A. 2012. New method of large-scale production of *Azolla pinnata* var. *pinnata* R.Brown: A multipurpose crop. **International Journal of Applied Agricultural Research** 7(1): 1-9.
- Berman-F. I., Lundgren. P , Chen. Y-B., Kupper. H., Kolber. Z., Bergman. B and Falkowski, P. 2001. Segregation of nitrogen fixation and oxygenic photosynthesis in the marine cyanobacterium *Trichodesmium*. **Science**. 294 : 1534-1537.
- Boussiba, S. 1995. *Anabaena azollae* as a Nitrogen Biofertilizer. Microalgal biotechnology laboratory, Jacob Blaustein Institute for Desert Research Ben Gurion University, Sede Boker, Israel.
- Datta, N.S. 2011. Culture of *Azolla* and its efficacy in diet of *Labeo roita*. **Aquaculture** 310: 376-379.
- Fu, F.X. And P. R. Bell. 2003. Factor affecting N₂- fixation by the cyanobacterium *Trichodesmium* sp. **Microbiology ecology**. 45 : 203-209.
- Irisarri, P., S. Gonnet. and J. Monza. 2001. Cyanobacteria in Uruguayan rice fields : diversity, nitrogen fixing ability and tolerance to herbicides and combined nitrogen. **J. Biotech**. 91 : 95-103.
- Khan, M.M. 1988. **Azolla agronomy**, Institute of Biological Science of the University of the Philippines at Los Banos (IBS-UPLB), Phillippine, pp. 89-94.
- Lewin, R.A. 1977. *Prochlorom*, Type genus of the *prochlorophyta*. **Phycologia**. 16: 217.
- Saunders, R.M.K. and Fowler, K. 1992. A morphological taxonomic revision of *Azolla* LAM, section *Rhizosperma* (MEY.) METT. (Azollaceae). **Bot. J. Linnean Soc**. 109: 329-357.
- Singleton, P. and Sainsbury, D. 1987. **Dictionary of microbiology and molecular biology**. 2nd ed. John Wiley & Sons. New York. 797.
- Wang, O, Liu, Y., Shen, Y., Jin, C., Lu, J., Zhu, J. and Li, S. 1991. Studies on mixed mass cultivation of *Anabaena* spp. (nitrogen-fixing blue-green algae, cyanobacteria) on a large scale. **Bioresource Technology** 38(2-3): 221-228.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

หลักฐานการนำผลงานไปใช้ประโยชน์

ว.จ. ๐๐๓



แบบฟอร์มรับรองการนำผลงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ไปใช้ประโยชน์

๑. ชื่อโครงการวิจัย การพัฒนาปุ๋ยชีวภาพจากแหนแดง
Development of Bio-fertilizer from *Azolla* sp.
๒. ชื่อนักวิจัย/นักประดิษฐ์ สุรางค์รัตน์ พันแสง
 พวงผกา แก้วกรม
 ปอแก้ว พรหมเพชร
 แสงจันทร์ สอนสว่าง
๓. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
๔. ทูลดุษฎีการวิจัยประเภท ทูลดุษฎีการวิจัยเพื่อพัฒนาชุมชนและท้องถิ่น
๕. ปีที่งานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ดำเนินการเสร็จ ๒๕๕๕
๖. ปีที่นำไปใช้ประโยชน์ ๒๕๕๘
๗. การนำไปใช้ประโยชน์
 - ๗.๑ ชื่อหน่วยงาน ชุมชนตำบลป่าเลา
 - ๗.๒ ที่อยู่หน่วยงาน บ้านพล้า ตำบลป่าเลา อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

ขอรับรองว่าได้นำผลงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ ดังนี้

✓๑. การนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงสาธารณะ

โครงการวิจัยได้มีการดำเนินงานเพื่อส่งเสริมค่านิยมการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพจากแหนแดงและการอนุรักษ์ทรัพยากรดิน โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ โดยโครงการวิจัยนี้ ได้มีการร่วมมือกันระหว่างชุมชนบ้านป่าเลา คณาจารย์ และนักศึกษาหลักสูตรสาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ คณะผู้วิจัยและชุมชนจะร่วมกันดำเนินกิจกรรมพร้อมทั้งยังเป็นแนวทางในการปลูกฝังค่านิยมการอนุรักษ์ดินให้แก่นักศึกษา โดยมีการจัดกิจกรรมส่งเสริมให้เกษตรกรและสร้างเสริมความรู้ให้แก่เกษตรกรในการนำเอาแหนแดงมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเพื่อให้สามารถนำแหนแดงมาไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น และเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดการใช้ปุ๋ยเคมีจำพวกไนโตรเจนให้แก่เกษตรกรที่ปลูกข้าวด้วย



(นายอนุรักษ์ ทับร้อง)

ผู้นำไปใช้ประโยชน์

ตำแหน่ง ผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้านพลำ

วันที่ให้ข้อมูล ๒๑ กันยายน ๒๕๕๘

แบบฟอร์มรับรองการนำผลงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ไปใช้ประโยชน์

- | | |
|--|--|
| ๑. ชื่อโครงการวิจัย | การพัฒนาปุ๋ยชีวภาพจากแหนแดง |
| | Development of Bio-fertilizer from <i>Azolla</i> sp. |
| ๒. ชื่อนักวิจัย/นักประดิษฐ์ | สุรางค์รัตน์ พันแสง |
| | พวงผกา แก้วกรม |
| | ปอแก้ว พรหมเพชร |
| | แสงจันทร์ สอนสว่าง |
| ๓. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ | |
| ๔. ทูลดหนุนการวิจัยประเภท | ทูลดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาชุมชนและท้องถิ่น |
| ๕. ปีที่งานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ดำเนินการเสร็จ | ๒๕๕๕ |
| ๖. ปีที่นำไปใช้ประโยชน์ | ๒๕๕๘ |
| ๗. การนำไปใช้ประโยชน์ | |
| ๗.๑ ชื่อหน่วยงาน | มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ |
| ๗.๒ ที่อยู่หน่วยงาน | คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ตำบลเสด็จ อำเภอมะนัง จังหวัดเพชรบูรณ์ |

ขอรับรองว่าได้นำผลงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ ดังนี้

✓๑. การนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงสาธารณะ

โครงการวิจัยได้มีการดำเนินงานเพื่อส่งเสริมค่านิยมการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพจากแผนและแผนการอนุรักษ์ทรัพยากรดินโดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ โดยโครงการวิจัยนี้ได้มีการร่วมมือกันระหว่างชุมชนบ้านป่าเตา ครูอาจารย์ และนักศึกษาหลักสูตรสาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ คณะผู้วิจัยและชุมชนจะร่วมกันดำเนินกิจกรรมพร้อมทั้งยังเป็นแนวทางในการปลูกฝังค่านิยมการอนุรักษ์ดินให้แก่นักศึกษา โดยมีการจัดกิจกรรมส่งเสริมให้เกษตรกรและสร้างเสริมความรู้ให้แก่นักศึกษาในการนำเอาแผนและแผนการเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเพื่อให้สามารถนำแผนและแผนมาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น และเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดการใช้ปุ๋ยเคมีจำพวกไนโตรเจนให้แก่เกษตรกรที่ปลูกข้าวด้วย

อัญชลี คงแพง

(นางสาวอัญชลี คงแพง)

ผู้นำไปใช้ประโยชน์

ตำแหน่ง หัวหน้าหมู่เรียน ๕๗๑๑๐๒๑๔๑๑

วันที่ให้ข้อมูล ๒๑ กันยายน ๒๕๕๘

ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวสุรางค์รัตน์ พันแสง
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Ms Surangrat Punsang
 2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-6704-00213-29-9
 3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย สายวิชาการ
 4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000 โทรศัพท์ 056-717100 ต่อ 2715 โทรสาร 056-717123 e-mail: surangrat_aejung@hotmail.com
 5. ประวัติการศึกษา วท.บ.(ชีววิทยา) วท.ม. (วิทยาศาสตร์การเกษตร)
 6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ ชีววิทยา เกษตรศาสตร์
 7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุ สถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย
- 7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย
1. การศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่เรียนรู้แบบร่วมมือ วิชา ชีววิทยาเบื้องต้น (2553, รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์)
 2. การใช้โซเชียลมีเดียที่มีประสิทธิภาพในการตักเตือนโทรเจนจากอากาศมาใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ (2553, รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์)
 3. การศึกษาสารสกัดชีวภาพเพื่อการผลิตกล้วยไม้เชิงเศรษฐกิจ (2554, รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์)
 4. การพัฒนาปุ๋ยชีวภาพจากผลผลิตทางการเกษตรในท้องถิ่น เพื่อสนองแนวทางพระราชดำริเศรษฐกิจพอเพียง (2554, รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ งบประมาณแผ่นดิน ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, วช.)
- 7.2 ผู้ร่วมโครงการวิจัย :
1. การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพของต้นค้อและพืชกลุ่มใกล้เคียง อำเภอบ้านค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ (2548, รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, สกอ)

2. ผลกระทบจากภาวะโลกร้อนต่อพืชเศรษฐกิจในจังหวัดเพชรบูรณ์ (2552, ทุนสนับสนุนงานวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ งบประมาณแผ่นดิน ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, วช.)

3. การประเมินคุณสมบัติดินและการจัดการในนาข้าวภายหลังการเกิดปรากฏการณ์อุทกภัย (2552, ทุนสนับสนุนจาก สกอ. ผ่านเครือข่ายการวิจัยภาคเหนือตอนล่าง)

4. การพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติในจังหวัดเพชรบูรณ์อย่างยั่งยืน (2553, ทุนสนับสนุนงานวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ งบประมาณแผ่นดิน ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, วช.)

5. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการจัดการพื้นที่นาข้าวและการประเมินศักยภาพข้าวไทยในสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงเพื่อมุ่งสู่ระบบการปฏิบัติที่ถูกต้องและเหมาะสม (2553, ทุนสนับสนุนงานวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ งบประมาณแผ่นดิน ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, วช.)

6. โครงการส่งเสริมเครือข่ายเยาวชนเพื่ออนุรักษ์ลุ่มน้ำป่าสัก (2554, ทุนสนับสนุนงานวิจัยจากมหาวิทยาลัย ราชภัฏเพชรบูรณ์ งบประมาณแผ่นดิน ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, วช.)

7. การจัดการขยะร่วมกับองค์การบริหารส่วนตำบล (2554, ทุนสนับสนุนจาก สกอ.)

8. การพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศและพื้นที่ชุ่มน้ำในจังหวัดเพชรบูรณ์ (2554, ทุนสนับสนุนจาก สกอ.)

ผู้ร่วมการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวพวงผกา แก้วกรม
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Ms Puangpaka Kaewkrom
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-6701-01603-53-2
3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000 โทรศัพท์ 056-717100 ต่อ 2709 โทรสาร - e-mail: k_puangpaka@yahoo.com
5. ประวัติการศึกษา วท.บ.(เกษตรศาสตร์) วท.ม. (สัตววิทยา) วท.ด. (วิทยาศาสตร์ชีวภาพ)
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ ชีววิทยา นิเวศวิทยา เกษตรศาสตร์
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุ สถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย
- 7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย :
 1. การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพของต้นค้อและพืชกลุ่มใกล้เคียง อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ (2548, วิทยานิพนธ์สนับสนุนงานวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, สกอ)
 2. ความหลากหลายทางชีวภาพและนิเวศวิทยาของวงศ์ปาล์ม ในจังหวัดเพชรบูรณ์ (2549, วิทยานิพนธ์สนับสนุนงานวิจัยจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย, BRT)
 3. การศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบมีส่วนร่วมโดยประชาชนในพื้นที่ต้นน้ำของกลุ่มน้ำป่าสัก (The study on community-based participation in landuse in head watershed, Pasak basin) (2550, วิทยานิพนธ์สนับสนุนงานวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, วช)
 4. ผลกระทบจากภาวะโลกร้อนต่อพืชเศรษฐกิจในจังหวัดเพชรบูรณ์ (The impact of climate change on economic plants in Phetchabun Province)) (2552, วิทยานิพนธ์สนับสนุนงานวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ งบประมาณแผ่นดิน ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ)

5. การประเมินคุณสมบัติดินและการจัดการในนาข้าวภายหลังการเกิดปรากฏการณ์อุทกภัย) (2552, ทุนสนับสนุนงานวิจัยจาก สกอ. ผ่าน เครือข่ายการวิจัยภาคเหนือตอนล่าง)
6. การประเมินการสะสมคาร์บอน และการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เกษตรกรรมบริเวณลำห้วยน้ำก่อ) (2551, ทุนสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, วช)

7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน -
การเผยแพร่

1. พวงผกา แก้วกรม สุรีย์พร ธรรมิกพงษ์ สุรางค์รัตน์ พันแสง และสุภา น้อยจาก. 2550. ความหลากหลายทางชีวภาพของพืชตระกูลปาล์มและความต้องการอนุรักษ์ของชุมชนในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ (Biological diversity of Palm Family and the necessary to conservation by local community in Khao Kho District, Phetchabun Province). **วารสารวิจัยเพื่อท้องถิ่นมหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ** 1: 35-50.
2. Puangpaka Kaewkrom, Sureeporn Thummikkaphong and Tussarin Somnountad. 2007. Population Ecology of Some Important Palm Species in Phetchabun Province. **Kasetsart Journal** 41(3): 407-413.
3. พวงผกา แก้วกรม, กฤษมา มีศิริ และพรทิตัน ปิติสม. 2550. เปรียบเทียบผลการใช้สารเคมีและไม่ใช้สารเคมีที่มีต่อคุณสมบัติของดินและประโยชน์ทางสังคมในระบบนิเวศเกษตรกรรม. **วารสารวิจัยเพื่อท้องถิ่นมหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ** 1 (3) : 15-24.

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล นางสาวแสงจันทร์ สอนสว่าง
Miss Sangjan Sonswang
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3670100389472
3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย สายสนับสนุน (นักวิชาการศึกษา)
4. ตำแหน่งทางวิชาการ -
5. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก
ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ. เพชรบูรณ์ 76000
โทรศัพท์ 056-717100 ต่อ 2709, E-mail : Sangjanbio@hotmail.com
6. ประวัติการศึกษา
วท.บ. (ชีววิทยาประยุกต์) มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
การตรวจวิเคราะห์อาหาร เทคนิคทางชีววิทยา การเก็บรวบรวมพันธุ์พืช การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ
8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย
-

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล นางสาวปอแก้ว พรหมเพชร

Miss Pokaew Promphet

2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 1670100018338

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำพิเศษ

4. ตำแหน่งทางวิชาการ -

5. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก

หลักสูตรสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ. เพชรบูรณ์ 76000

โทรศัพท์ 056-717100 ต่อ 2709, E-mail : Pokaew@hotmail.com

6. ประวัติการศึกษา วท.บ. (ชีววิทยา) วท.ม. (เทคโนโลยีชีวภาพ)

7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ ภูมิคุ้มกันวิทยา

8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

8.1 Pokaew Promphet, Sirirat Bunarsa, Manote Sutheerawattananonda, Anupan Kongbangkerd and Duangkamol Kunthalert. 2012. Alteration of lymphocyte subpopulation in mice fed lutein from marigold extract. In The 4th Science Research Conference. Phitsanulok: Faculty of Science, Naresuan University.

8.2 Sirirat Bunarsa, Pokaew Promphet, Manote Sutheerawattananonda and Duangkamol Kunthalert. 2012. Hematological assessments of sericin-derived oligopeptides in BALB/c mice. In The 4th Science Research Conference. Phitsanulok: Faculty of Science, Naresuan University.
<http://research.pcru.ac.th/>