บทนำ

การผลิตพืชอินทรีย์ เป็นระบบการผลิตพืชที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม สมดุลธรรมชาติและความหลากหลายทางชีวภาพ มีการจัดการระบบนิเวศที่คล้ายคลึงกับธรรมชาติ หลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีสังเคราะห์ทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดศัตรูพืช และฮอร์โมนต่างๆ ตลอดจนไม่ใช้พืชที่เกิดจากการตัดต่อสารพันธุกรรม เน้นการใช้อินทรียวัตถุ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยชีวภาพ ในการปรับปรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ เพื่อให้ต้นพืชมีความแข็งแรง สามารถต้านทานโรคและแมลงได้ด้วยตนเอง ผลผลิตที่ได้จึงปลอดภัยจากอันตรายของสารพิษตกค้าง ทำให้ปลอดภัยทั้งผู้ผลิต ผู้บริโภค และไม่ทำให้สิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรม ปัจจุบัน มีประเทศผู้ผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์มากกว่า 130 ประเทศทั่วโลก พื้นที่รวม 143.75 ล้านไร่ ส่วนใหญ่อยู่ในออสเตรเลีย สหภาพยุโรปและลาตินอเมริกา ศูนย์การค้าระหว่างประเทศ (International Trade Center : ITC/UNCTAD/WTO) ประมาณการว่าในปี พ.ศ.2546 มูลค่าของสินค้าเกษตรอินทรีย์ในตลาดโลกมีประมาณ 23,000-25,000 ล้านเหรียญสหรัฐ มีการขยายตัวร้อยละ 10-20 ต่อปี โดยมีตลาดผู้บริโภคที่สำคัญ คือ สหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น ประเทศไทยมีพื้นที่ผลิตพืชอินทรีย์ที่ได้รับการรับรองโดยกรมวิชาการเกษตรประมาณ 53,810 ไร่ พืชที่ส่งออกได้ในปัจจุบันได้แก่ ข้าว ข้าวโพดฝักอ่อน ข้าวโพดหวาน หน่อไม้ฝรั่ง ชา ผลไม้ และสมุนไพร ในปี 2548 กระทรวงพาณิชย์ได้ประมาณมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตรอินทรีย์ของไทย ประมาณ 426 ล้านบาท ซึ่งยังนับว่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับมูลค่ารวมของตลาดโลก ทั้งนี้ประเทศไทยมีศักยภาพสูง ที่จะปรับเปลี่ยนสู่การผลิตสินค้าเกษตรส่งออกทั่วไปเป็นเกษตรอินทรีย์ โดยมีความได้เปรียบในเรื่องความหลากหลายของชนิดพืชและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (www.doa.go.th)

สำหรับลำไยถือเป็นไม้ผลอีกชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการผลิตระบบอินทรีย์ เพื่อส่งผลผลิตจำหน่ายต่างประเทศ ซึ่งในปัจจุบันมีการรวมกลุ่มของเกษตรกรผู้ปลูกลำไยในจังหวัดเชียงใหม่ แพร่ และลำพูน เพื่อผลิตลำไยอินทรีย์ในนาม "กลุ่มลำไยอินทรีย์ภาคเหนือ" ซึ่งมีสมาชิกเกษตรกรประมาณ 29 ราย ขณะนี้มีการผลิตลำไยอินทรีย์อยู่ในระยะปรับเปลี่ยนตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ สำหรับผลผลิตลำไยสดที่ผลิตได้ในระยะแรกได้ส่งจำหน่ายยังตลาดซุปเปอร์มาร์เก็ตในประเทศ และยังมีการนำผลผลิตมาแปรรูปเป็นลำไยอบแห้งอินทรีย์ส่งออกประเทศสิงคโปร์ (โพสทูเดย์, ส.ค. 2551) ทั้งนี้ลำไยอินทรีย์จะมีราคาแพงกว่าลำไยปกติ เนื่องจากปราศจากสารพิษตกค้างและปลอดภัยต่อสุขภาพ อย่างไรก็ตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์กำหนดว่าห้ามใช้ปุ๋ยเคมี และสารเคมีในการผลิตพืชอินทรีย์ การผลิตลำไยอินทรีย์จึงไม่สามารถใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและปุ๋ยเคมีได้ ซึ่งเกษตรกรที่ผลิตลำไยอินทรีย์ได้มีการใช้ภูมิปัญญาของตนเองในการลองผิดลอง

ถูกเพื่อจัดการธาตุอาหาร และควบคุมโรคและแมลง ซึ่งมีการใช้ปุ๋ยหมักอินทรีย์และสารสกัดจากพืชชนิดต่างๆ ดังนั้นปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อต้นลำไยอาจไม่เพียงพอ และการควบคุมศัตรูพืชอาจไม่มีประสิทธิภาพ การเลือกใช้หรือจัดการธาตุอาหาร การควบคุมศัตรูพืชในระบบอินทรีย์ที่ไม่ถูกต้องย่อมมีผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิตในระยะยาวของลำไยได้ สำหรับการจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมจำเป็นต้องทราบความต้องการธาตุอาหารในระยะการเจริญเติบโตต่างๆ รวมทั้งปริมาณธาตุอาหารในดินเพื่อเป็นข้อมูลในการจัดการธาตุอาหารลำไยอย่างมีประสิทธิภาพ ยุทธนา และคณะ(2544) รายงานว่าลำไยขนาดพุ่ม 4 เมตร ต้องการปริมาณธาตุไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ในการแตกช่อใบ 1 ชุด เท่ากับ 55.3 4.4 และ 34.6 กรัมต่อต้นตามลำดับ และมีปริมาณธาตุ N P และ K ที่สูญเสียไปกับผลผลิตลำไย 1 กิโลกรัม เท่ากับ 3.71 0.42 และ 3.73 กรัม ตามลำดับ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการจัดการธาตุอาหาร โดยจัดหาแหล่งวัตถุดิบธรรมชาติที่สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่ลำไยที่ผลิตในระบบอินทรีย์ได้อย่างเพียงพอ ซึ่งปริมาณที่ใส่ผันแปรไปตามระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทั้งนี้ความอุดมสมบูรณ์ของดินขึ้นกับชนิดของหิน แร่ ที่เป็นวัตถุต้นกำเนิดของดินนั้น ซึ่งในดินร่วนปนทราย หรือดินทรายจะมีปริมาณธาตุอาหารน้อยกว่าดินเหนียว เนื่องจากส่วนใหญ่เกิดมาจากหินและแร่ที่มีธาตุอาหารน้อยกว่า อย่างไรก็ตาม การผลิตลำไยอินทรีย์ในปัจจุบันอยู่ในระยะเริ่มต้น ยังขาดข้อมูลและเทคโนโลยีในการจัดการธาตุอาหารในระบบการผลิตที่ยั่งยืน ทั้งการเลือกใช้ชนิดวัตถุดิบธรรมชาติในปริมาณสัดส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้ต้นลำไยมีสภาพต้นสมบูรณ์ และการจัดการธาตุอาหารตามชนิดของดิน ในขณะที่การควบคุมศัตรูพืชก็ยังขาดแนวทางการจัดการที่ชัดเจนเช่นเดียวกัน ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการธาตุอาหาร และการควบคุมศัตรูพืช และการศึกษาผลของกิจกรรมจุลินทรีย์ดินต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตลำไยอินทรีย์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ พ.ศ. 2551-2554 (ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 1 การสร้างศักยภาพและความสามารถเพื่อพัฒนาทางเศรษฐกิจ กลุ่มยุทธศาสตร์ที่ 1 แผนวิจัย 1.7 การวิจัยเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความสมบูรณ์แก่ต้นลำไยที่ผลิตในระบบอินทรีย์ให้มีผลผลิตสูง คุณภาพดี ต้นทุนต่ำ ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างมูลค่าของรายได้จากการส่งออกลำไยอินทรีย์ ช่วยลดปริมาณการนำเข้าปุ๋ยเคมีและสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช รวมทั้งสร้างเสริมคุณภาพของผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อให้ได้การจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมและการควบคุมโรคและแมลง การใช้จุลินทรีย์ดินราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซา และ Plant Growth Promoting Rhizobacteria ในการส่งเสริมการเจริญเติบโต ควบคุมปริมาณและคุณภาพผลผลิตของลำไยอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพการผลิตลำไยอินทรีย์ในเขตภาคเหนือ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการผลิตลำไยอินทรีย์ ซึ่งเกษตรผู้ปลูกลำไยอินทรีย์ในภาคเหนือโดยเฉพาะจังหวัดเชียงใหม่ พะเยา เชียงราย และลำพูนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

2. ได้สูตรต้นแบบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมในการผลิตลำไยอินทรีย์ ซึ่งสามารถพัฒนาสู่การผลิตปุ๋ยอินทรีย์เชิงการค้าได้ และเกษตรกรเองก็สามารถผลิตใช้ได้เองในครัวเรือน

3. ได้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูลำไยอินทรีย์ ซึ่งเกษตรกรผู้ปลูก ลำไย อินทรีย์ ในภาคเหนือ โดยเฉพาะจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

4. ได้สูตรต้นแบบที่เหมาะสมในการผลิตสารสกัดจากพืชป้องกันและกำจัดโรคและแมลงศัตรูลำไยอินทรีย์ ซึ่งสามารถพัฒนาสู่การผลิตปุ๋ยอินทรีย์เชิงการค้าได้ และเกษตรกรเองก็สามารถผลิตใช้ได้เองในครัวเรือน

5. ได้เทคโนโลยีการใช้จุลินทรีย์ดินเพื่อการจัดการธาตุอาหารลำไยอินทรีย์ ซึ่งเกษตรกรผู้ปลูกลำไยอินทรีย์ในภาคเหนือ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

6. ได้สายพันธุ์ของราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพสูงในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นลำไย

7. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ของเกษตรกร โดยผ่านกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากโครงการ จะนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของผลผลิตและคุณภาพลำไยอินทรีย์ ส่งผลต่อการเพิ่มรายได้แก่เกษตรกร และมูลค่าการส่งออกของลำไยอินทรีย์ รวมทั้งสร้างเสริมสุขภาพที่ดีต่อเกษตรกรและผู้บริโภค

8. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ย่อมนำไปสู่การลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี และสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช และลดปริมาณการนำเข้าสารดังกล่าวได้

เป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์ของแผนงานวิจัย

แผนงานวิจัยหรือชุดโครงการวิจัยนี้สอดคล้องและตอบสนองกับนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ.2555-2559) อย่างชัดเจนในยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 1 การสร้างศักยภาพและความสามารถเพื่อพัฒนาทางเศรษฐกิจ กลยุทธ์การวิจัยที่ 1 สร้างมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรและประมง และการพัฒนาศักยภาพในการแข่งขันและการพึ่งตนเองของสินค้าเกษตรและประมง แผนงานวิจัยที่ 1.1 การวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาการผลิตพืชเศรษฐกิจเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและนำไปสู่การแข่งขันและการพึ่งพาตนเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ข้าว (รวมถึงข้าวพื้นเมือง) ยางพารา ข้าวโพด ปาล์มน้ำมัน อ้อย มันสำปะหลัง พืชผัก ผลไม้ และไม้ดอกไม้ประดับ และแผนงานวิจัยที่ 1.8 การวิจัยเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ ทั้งนี้ผลที่ได้จากงานวิจัยย่อมนำไปสู่การผลิตลำไยอินทรีย์ได้อย่างยั่งยืนในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนบนซึ่งเป็นพื้นที่หลักในการปลูกลำไย ผลที่ตามมาคาดว่าเกษตรกรผู้ปลูกลำไยภาคเหนือจะปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตจากเกษตรแบบใช้สารเคมีมาเป็นเกษตรอินทรีย์ไม่ต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกลำไยทั้งหมดในเขตภาคเหนือตอนบนซึ่งจะนำไปสู่การเพิ่มมูลค่าการส่งออกลำไยอินทรีย์ ช่วยลดต้นทุนการผลิต เพิ่มรายได้แก่เกษตรกรสร้างความเป็นอยู่ของเกษตรกรให้ดีขึ้น ช่วยลดปริมาณการใช้และนำเข้าปุ๋ยเคมี และสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช รวมทั้งช่วยสร้างสุขภาพของเกษตรกรและผู้บริโภคให้ดีขึ้น

เป้าหมายของผลิต (output) และตัวชี้วัด เมื่อสิ้นสุดแผนงานวิจัย

ผลผลิต	ตัวชี้วัด			
	เชิงปริมาณ	เชิงคุณภาพ	เวลา	ต้นทุน
1. ได้สูตรต้นแบบหรือวิธีการให้ปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมแก่ลำไย	ได้สูตรและวิธีการให้ปุ๋ยอินทรีย์แก่ลำไยอย่างน้อย 1 วิธีการ	สามารถเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในใบได้พอเพียงและให้ผลผลิตที่ดีมีคุณภาพ	พัฒนาคิดค้นวิธีการให้ปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมได้ภายในระยะเวลา 1 ปี	สามารถลดต้นทุนการผลิตเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยได้ไม่ต่ำกว่า 50% เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมี
2. ได้วิธีการที่เหมาะสมในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูลำไยโดยไม่ใช้สารเคมี	ได้วิธีการควบคุมโรคและแมลงลำไยโดยไม่ใช้สารเคมีอย่างน้อย 1 วิธี รวมทั้งสามารถลดปริมาณการเข้าทำลายของโรคแมลงได้ไม่ต่ำกว่า 70%	ผลผลิตเสียหายจากโรคและแมลงลดลง	พัฒนาคิดค้นวิธีการควบคุมโรคและแมลงลำไย (ไม่ใช้สารเคมี) ภายในระยะเวลา 2 ปี	ลดต้นทุนการผลิตเกี่ยวกับการป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ไม่ต่ำกว่า 50 % เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช
3. ได้วิธีการที่เหมาะสมของการใช้จุลินทรีย์ดินเพื่อการผลิตลำไยอินทรีย์	สามารถคัดเลือกราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพสูงสุดอย่างน้อย 1 สายพันธุ์	ประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารพืชสูงขึ้น การเจริญเติบโตและผลผลิตเพิ่มขึ้น	ได้แนวทางและวิธีการที่เหมาะสมของการใช้จุลินทรีย์ดินภายในระยะเวลา 2 ปี	การใช้จุลินทรีย์ดินสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตไม่ต่ำกว่า 30%

การตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การจัดการด้านอาหารพืช

การจัดการธาตุอาหารพืชเป็นกระบวนการจัดการเพื่อรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้ให้อยู่ในระดับที่สมดุล และสามารถสร้างความสมบูรณ์แก่ต้นพืชในสภาพปกติ จนสามารถให้ผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพ พืชมีการตอบสนองต่อธาตุอาหารแบ่งได้ 3 ระดับคือ ภาวะขาดแคลน เพียงพอ และเป็นพิษ ในสภาพที่มีปริมาณธาตุอาหารในดินต่ำมากจนทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ พืชจะมีการเจริญเติบโตที่ลดลงและให้ผลผลิตต่ำ แต่ปริมาณธาตุอาหารในดินที่มากเกินไปจนอยู่ในภาวะเป็นพิษ ก็เป็นผลลบในการลดปริมาณผลผลิตเช่นเดียวกัน ปริมาณธาตุอาหารในดินต้องอยู่ในภาวะสมดุลจึงจะมีประสิทธิภาพสูงสุดในการเพิ่มปริมาณผลผลิต (ยงยุทธ, 2546) ทั้งนี้การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินนั้น สามารถประเมินได้โดยการวิเคราะห์ดิน ซึ่งปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมในดินแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมในดินทั่วๆไป (ยุทธนา และคณะ, 2544)

ธาตุอาหาร	ค่าที่เหมาะสม
ความเป็นกรด ด่าง (pH)	5.5-6.5
อินทรียวัตถุ (%)	2.0-3.0
ฟอสฟอรัส (P) (มก./กก.)	35-60
โพแทสเซียม (K) (มก./กก.)	100-120
แคลเซียม (Ca) (มก./กก.)	800-1500
แมก.นีเซียม (Mg) (มก./กก.)	250-450
เหล็ก (Fe) (มก./กก.)	60-70
สังกะสี (Zn) (มก./กก.)	3-15
ทองแดง (Cu) (มก./กก.)	3-5
โบรอน (B) (มก./กก.)	4-6
แมงกานีส (Mn) (มก./กก.)	20-60

ในส่วนของความสมบูรณ์ของพืชนั้น สามารถนำชิ้นส่วนพืชเช่นใบมาวิเคราะห์ว่ามีปริมาณธาตุอาหารเท่าใดเพียงพอหรือไม่ ทั้งนี้ปริมาณธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้ เราสามารถนำไป

เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานธาตุอาหารในใบเพื่อประเมินว่ามีความเพียงพอต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดีหรือไม่ ค่ามาตรฐานธาตุอาหารในใบลำไยแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมในใบลำไย (ค่ามาตรฐาน) (ยุทธนา และคณะ, 2544)

ธาตุอาหาร	ค่าที่เหมาะสม
ไนโตรเจน (N) (%)	1.88-2.42
ฟอสฟอรัส (%)	0.12-0.22
โพแทสเซียม (%)	1.27-1.88
แคลเซียม (มก./กก)	0.88-2.16
แมกนีเซียม (มก./กก)	0.20.0.31
เหล็ก (มก./กก)	68.11-86.99
สังกะสี (มก./กก)	16.99-24.29
ทองแดง (มก./กก)	16.32-18.45
แมงกานีส (มก./กก)	47.00-80.46
โบรอน (มก./กก)	22.30-45.58

แนวทางการจัดการธาตุอาหารลำไยในระบบอินทรีย์

ในแต่ละปีต้นลำไยต้องการธาตุอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต โดยในการแตกช่อใบแต่ละชุดต้นลำไยจะต้องธาตุอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต โดยในการแตกช่อใบแต่ละชุด ต้นลำไยต้องการปริมาณธาตุอาหารหลักแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณธาตุอาหารพืชที่ลำไยใช้ในแต่ละระยะการแตกช่อใบ (ยุทธนา และคณะ, 2544)

ขนาดทรงพุ่ม(เมตร)	ปริมาณธาตุอาหาร		
	ไนโตรเจน (กรัม/ต้น)	ฟอสฟอรัส (กรัม)	โพแทสเซียม (กรัม)
1	6.0	0.5	3.8
2	11.7	0.9	7.3
3	28.3	2.3	17.7
4	55.3	4.4	34.6
5	96.4	7.7	60.3
6	156.5	12.5	97.8
7	241.4	19.3	150.9

นอกจากนี้ปริมาณธาตุอาหารในดินที่ต้นลำไยใช้ไปเพื่อการเจริญเติบโตของผล เมื่อมีการเก็บเกี่ยว ธาตุอาหารเหล่านี้ย่อมสูญเสียไปกับผลผลิต และมีผลทำให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดลงไปทีละน้อยถ้าหากขาดการเติมทดแทนส่วนที่สูญเสียไป ซึ่งปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับผลผลิตลำไย 1 กิโลกรัมแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณธาตุอาหารในผลลำไย 1 กก. (ยุทธนา และคณะ, 2544)

ธาตุอาหาร	**ปริมาณที่ติดไปกับผลผลิต** (น้ำหนัก/ผลผลิตลำไย 1 กก.)
ไนโตรเจน (g)	3.71
ฟอสฟอรัส (g)	0.42
โพแทสเซียม (g)	3.73
แคลเซียม (g)	1.53
แมกนีเซียม (g)	0.26
เหล็ก (mg)	20.51
สังกะสี (mg)	4.43
ทองแดง (mg)	3.35
แมงกานีส (mg)	15.12

ซึ่งจากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่ใช้ในการแตกช่อใบและปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับผลผลิต ยุทธนา และคณะ (2544) ได้คำนวณปริมาณธาตุอาหารหลักที่ลำไยใช้ในรอบปีดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่ลำไยใช้ไปในรอบ 1 ปี

ขนาดทรงพุ่ม (เมตร)	ไนโตรเจน (กรัมต่อต้น)	ฟอสฟอรัส (กรัมต่อต้น)	โพแทสเซียม (กรัมต่อต้น)
1-2	40-80	4-8	35-70
3-4	220-350	25-40	200-300
5-6	550-1000	70-120	500-900
7-8	1500-2500	200-300	1300-2000

การรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินเพื่อให้ต้นลำไยมีธาตุอาหารเพียงพอเพื่อการเจริญเติบโต การออกดอกอย่างสม่ำเสมอ และให้ผลผลิตที่ดีมีคุณภาพ จำเป็นจะต้องมีการให้ปุ๋ยหรือเติมธาตุอาหารลงไปในดินเพื่อทดแทนส่วนที่สูญเสียไปหรือใช้ไปทุกปี แต่อย่างไรก็ตามการผลิตลำไยอินทรีย์จะไม่สามารถใช้ปุ๋ยเคมีได้ ต้องใช้ปุ๋ยอินทรีย์หรือวัตถุดิบที่มาจากธรรมชาติเท่านั้น แต่วัตถุดิบเหล่านี้มีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกันไปดังแสดงในตารางที่ 6-8 การจัดการธาตุอาหารลำไยอินทรีย์ จึงต้องมีการศึกษาเพื่อคัดเลือกชนิดของวัตถุดิบที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงในการปลดปล่อยธาตุอาหารแก่ต้นลำไย รวมทั้งการพิจารณาความเหมาะสมชนิดของดินในการผลิต ซึ่งยังขาดข้อมูลการศึกษาวิจัยอย่างเป็นระบบ การศึกษาวิจัยในเรื่องดังกล่าวนี้จะสามารถพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการจัดการธาตุอาหารลำไยอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งเป็นการพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์สูตรต้นแบบสำหรับลำไยอินทรีย์

ตารางที่ 6 ปริมาณธาตุอาหารในวัตถุดิบชนิดต่างๆ (Zublem *et al.*, 1991)

วัตถุดิบ	ปริมาณธาตุอาหาร (%)					
	N	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	S
เลือดแห้ง	12-15	3.0	-	0.3	-	-
กระดูกป่น	3.5	22.0	-	22.0	0.6	0.2
ขนไก่	15.3	-	-	-	-	-
ปลาป่น	6-12	3-7	2-5	-	-	-
กากเปลือกกุ้ง	7.8	4.2	-	-	-	-
นมโค	0.5	0.3	0.2	-	-	-
กากเมล็ดฝ้าย (จากโรงงาน)	1.3	0.4	0.4	-	-	-
เมล็ดฝ้ายบด	6-7	2.5	1.5	0.4	0.9	0.2
ถั่วลิสงบด	7.2	1.5	1.2	0.4	0.3	0.6
ถั่วเหลืองบด	7.0	1.2	1.5	0.4	0.3	0.2
ขี้เลื่อย	0-1	0-0.5	0-1	-	-	-
เถ้าจากไม้	0.0	2.0	6.0	20.0	1.0	-
หินฟอสเฟตบด	0	2-35	0	-	-	0
โดโลไมท์	0	0	0	21-30	6-12	0.3

ตารางที่ 7 ปริมาณธาตุอาหารในมูลสัตว์แห้งชนิดต่างๆ และปุ๋ยอินทรีย์น้ำบางชนิด

วัตถุดิบ	ปริมาณธาตุอาหาร (%)		
	N	P	K
มูลโค	1.91	0.56	1.4
มูลไก่	3.77	1.89	1.76
มูลเป็ด	2.15	1.13	1.15
มูลสุกร	2.8	1.36	1.18
มูลค้างคาว	1.05	14.82	1.84
ปุ๋ยปลา	0.98	1.12	1.03
ปุ๋ยอินทรีย์น้ำหอยเชอรี่	0.35	0.25	0.86

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (www.ldd.go.th)

ตารางที่ 8 ปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยพืชสดที่ได้จากการไถกลบ

ชนิดปุ๋ยพืชสด	ปริมาณธาตุอาหาร (%)		
	N	P	K
ปอเทือง	2.45	0.35	2.25
โสนคางคก	1.27	0.67	3.10
ถั่วพุ่ม	2.50	0.55	2.75

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2541)

การจัดการด้านศัตรูลำไย

แมลงศัตรูลำไยที่มีความสำคัญและทำความเสียหายมากในลำไยได้แก่ หนอนคืบลำไย หนอนคืบเขียวกินใบ หนอนม้วนใบขนาดเล็ก หนอนชอนใบ หนอนกินดอก หนอนเจาะขั้วผล ด้วงกินใบ แมลงค่อมทอง ด้วงกุหลาบ เพลี้ยไก่แจ้ลำไย ไรลำไย มวนลำไย เพลี้ยหอยและเพลี้ยแป้ง สำหรับโรคที่สำคัญได้แก่ โรคพุ่มไม้กวาด โรคราดำ โรคจุดสนิม โรคใบจุดดำ โรคยอดไหม้ ใบไหม้ โรคยอดไหม้ผลร่วง ซึ่งมีเชื้อสาเหตุดังแสดงในตารางที่ 9 (จริยา และคณะ, 2545)

ตารางที่ 9 โรคที่สำคัญของลำไยและเชื้อสาเหตุ

ชื่อโรค	เชื้อสาเหตุ
1. พุ่มไม้กวาด (Witches'broom)	สันนิษฐานว่าเกิดจากเชื้อ *Phytoplasma*
2. ใบจุดดำของลำไย (Black spot of longan leaf)	รา *Colletotrichum sp.*
3. ยอดไหม้ใบไหม้ของลำไย (Longan apical, leaf blight)	ราในกลุ่ม *Mycelia sterilia*
4. จุดสนิม (Agal leaf spot)	รา *Cephaleuros virescense*
5. ราดำของลำไย (Sooty mold of longan)	รา *Meliola euphoriae; Capnodium ramosum*
6. ยอดไหม้ผลร่วงของลำไย (Phytophthora foliage blight and fruit rot)	รา *Phytophthora palmivora*

ในการผลิตลำไยอินทรีย์ มาตรฐานการผลิตพืชอินทรีย์กำหนดไว้อย่างชัดเจนว่าต้องไม่มีการใช้สารเคมีหรือสารสังเคราะห์ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช (มกท, 2548) ดังนั้นแนวทางการควบคุมโรคและแมลงศัตรูลำไยอาจใช้แนวทางปฏิบัติวิธีใดวิธีหนึ่งใน 3 แนวทางหรือใช้ร่วมกันซึ่งประกอบด้วย การใช้สารสกัดจากพืช การใช้ชีวะวิธี การใช้โรงเรือนและวิธีกล

1. การใช้สารสกัดจากพืช ในธรรมชาติมีพืชสมุนไพรหลายชนิดที่มีองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์ที่สามารถกำจัดหรือยับยั้งการระบาดของโรคและแมลงได้ เราสามารถนำชิ้นส่วนของพืชดังกล่าวมาสกัดด้วยตัวทำละลายเช่นน้ำ เพื่อนำมาฉีดพ่นต้นพืชเพื่อป้องกันกำจัดโรคและแมลงได้ ซึ่งมีรายงานการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสารสกัดจากพืชหลายชนิด ตัวอย่างเช่น เจตมูลเพลิงแดง (*Plumbago indica* Linn.) มีสารออกฤทธิ์คือสารพลัมบาจิน (Plumbagin) ซึ่งมีฤทธิ์ต้านเชื้อรา แบคทีเรีย และยีสต์ เมื่อนำมาทดสอบกับเชื้อสาเหตุโรคพืช พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียหลายชนิด (Leksomboon *et al.*, 2002)

สะเดา เป็นพืชที่ปลูกและพบได้โดยทั่ว ๆ ไปในประเทศไทยมีอยู่ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ สะเดาอินเดีย (*Azadirachta indica* A. Juss.) สะเดาไทย (*A. indica* A. Juss var. Siamensis.) และสะเดาช้างหรือสะเดาเทียม (*A. excelsa* Jack.) สารสกัดที่พบในสะเดาและมีฤทธิ์ในการป้องกันกำจัดแมลง ได้แก่ สารอะซาดิแรคติน A(Azadirachtin A) พบมีปริมาณมากในเนื้อในเมล็ด (seed kernel) ในสะเดา 3 สายพันธุ์ พบว่า สะเดาอินเดียให้ปริมาณสารอะซาดิแรคตินสูงกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ พบปริมาณ 4.7-7.8 มิลลิกรัม/กรัมเนื้อในเมล็ด รองลงมาได้แก่ สะเดาไทยให้สารอะซาดิแรคตินปริมาณ 0.5-4.6 มิลลิกรัม/กรัมเนื้อในเมล็ด และในสะเดาช้างหรือสะเดาเทียมให้สารอะซาดิแรคติน 0.3-3.57 มิลลิกรัม/กรัมเนื้อในเมล็ดโดยสารอะซาดิแรคตินจะมีผลในการยับยั้งการลอกคราบของแมลง

ยับยั้งการวางไข่ และเป็นสารไล่แมลง ใช้ได้ผลดีกับหนอนชนิดต่าง ๆ เช่น หนอนเจาะยอดกะหล่ำ หนอนกระทู้หอม หนอนกระทู้ผัก หนอนเจาะสมอฝ้าย หนอนเจาะดอกมะลิ เพลี้ยอ่อน เพลี้ยจั๊กจั่น และเพลี้ยไก่แจ้ สำหรับเพลี้ยไฟ และไรแดง ใช้ได้ผลปานกลาง

โล่ติ๊นมีชื่อเรียกโดยทั่วไปว่า หางไหล หางไหลแดง กะลำเพาะ (เพชรบุรี) เครือไหลน้ำ อวดน้ำ ไหลน้ำ (ภาคเหนือ) โพตะโกส้า (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน) เป็นไม้เลื้อยชนิดเนื้อแข็ง ใบออกเป็นช่อมีใบย่อย 7 ใบ ได้แก่ หางไหลแดง มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Derris elliptica* Benth. และชนิดที่มีใบย่อย 5 ใบ เรียกว่า หางไหลขาว (*D. malaccensis* Prain.) ชนิดที่นิยมปลูกกันมากและทำเป็นการค้า คือ หางไหลแดง สารสกัดที่ได้จากหางไหลและมีผลในการป้องกันกำจัดแมลง และเบื่อปลาทำให้ปลาสลบได้ โดยไม่มีพิษต่อคน ได้แก่ สารโรติโนน ซึ่งพบมีปริมาณมากในส่วนรากของต้นหางไหล โดยสารโรติโนนจะออกฤทธิ์เหมือนสารกำจัดแมลงชนิดไม่ดูดซึมเข้าสู่ต้นพืช (non-systemic insecticide) ออกฤทธิ์เป็นพิษโดยการกินหรือโดยการสัมผัส สารโรติโนนมีผลโดยตรงกับระบบการทำงานของไมโตคอนเดรีย ซึ่งอยู่ภายในเซลของร่างกาย โล่ติ๊นสามารถนำมาใช้ป้องกันกำจัดแมลงได้หลายชนิด ได้แก่ แมลงวัน เพลี้ยอ่อน ด้วงงวงถั่ว ตั๊กแตน ตัวอ่อน เพลี้ยจักจั่นฝ้าย หนอนกระทู้ผัก และหนอนใยผัก

สาบเสือ (*Eupatorium odoratum* L.) สาบเสือมีชื่อเรียกอย่างอื่นว่า ช้าผักคราด, ยี่สุ่นเถื่อน, เบญจมาศ, หญ้าฝรั่งเศส, หญ้าดอกขาว หญ้าเหม็น ฯลฯ เป็นวัชพืชพบเจริญงอกงามอยู่โดยทั่วไปในพื้นที่ที่ไม่มีการพ่นสารเคมีกำจัดวัชพืช เป็นไม้ล้มลุกเจริญงอกงามได้รวดเร็ว จึงเหมาะที่จะนำมาสกัดเป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช สารที่ออกฤทธิ์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชที่พบในสาบเสือ ได้แก่ pinene, limonene และ nepthaquinone ซึ่งพบทั้งในส่วนของดอกและในใบ แต่ในใบจะมีปริมาณของสารมากกว่าในดอก ใช้ได้ผลกับหนอนชนิดต่าง ๆ เช่น หนอนใยผักหนอนกระทู้ผัก เพลี้ยอ่อน และด้วงเขียว

ตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus* L.) ตะไคร้หอมมีชื่อเรียกอื่นว่า ตะไคร้แดง ตะไคร้มะขูด จะไคมะขูด เป็นพรรณไม้ล้มลุก ที่เกิดจากหัวหรือเหง้าที่อยู่ใต้ดิน เจริญแตกออกมาเป็นกอเหมือนกับตะไคร้ที่ปลูกเป็นพืชสวนครัวแต่ลำต้นมีขนาดใหญ่กว่าเจริญเติบโตได้ดีในดินที่ร่วนซุยมีการระบายน้ำได้ดี มีแสงแดดมาก สารที่ออกฤทธิ์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชที่พบในตะไคร้หอม ได้แก่ geraniol, citronellal, linalool, neral, limonene ปัจจัยที่ทำให้สารออกฤทธิ์มีค่าแตกต่างกัน ได้แก่ พันธุ์ของตะไคร้หอมที่พบมีอยู่หลายสายพันธุ์ ได้แก่ ตะไคร้หอมไทย พันธุ์ศรีลังกา พันธุ์ชวา รวมถึงองค์ประกอบทางด้านอายุในการเก็บเกี่ยว แหล่งที่ปลูก และวิธีการสกัดเอาสารมาใช้ จากผลการวิเคราะห์พบว่า ในใบตะไคร้หอมจะมีสารออกฤทธิ์มากกว่าในส่วนของลำต้น อายุในการเก็บ

เกี่ยวควรอยู่ในช่วง 7-11 เดือน ตะไคร้หอมใช้ได้ผลในการไล่หนอนกระทู้ผัก หนอนใยผัก ด้วงถั่วเขียว และเพลี้ยจั๊กจั่น

ยาสูบ (*Nicotiana tabacum*) ยาสูบเป็นไม้พื้นเมืองของอเมริกาใต้ ในประเทศไทยพบปลูกมากในภาคเหนือและอีสาน สารออกฤทธิ์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชที่พบในยาสูบ ได้แก่ สารนิโคติน พบสารในทุกส่วนของต้นพืช (ใบ ลำต้น ดอก เมล็ด ผล) แต่จะพบสารนิโคตินมากในส่วนของใบและก้านใบ นิโคตินเป็นสารที่สลายตัวได้ง่าย และมีพิษกับมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เวลาฉีดพ่นควรระมัดระวังอย่าให้ละอองยาถูกตัว ยาสูบใช้ได้ผลกับด้วงหมัดผัก ด้วงเจาะเมล็ดฝ้าย แมลงปากดูด เช่น เพลี้ยอ่อน เพลี้ยจั๊กจั่น มวน ไรแดง หนอนกอ หนอนกะหล่ำปลี หนอนชอนใบ และหนอน

ขมิ้นชัน (*Curcuma longa*) เป็นพืชล้มลุกข้ามปี มีหัวอยู่ใต้ดิน ขึ้นเป็นกอ ลำต้นที่แท้จริงอยู่ใต้ดินเรียกเหง้า ปลูกขึ้นง่าย เจริญเติบโตได้ทั้งในที่ร่มและที่มีแสงแดด สารออกฤทธิ์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชที่พบในขมิ้นชัน ได้แก่ pinene phellandrene, borneol และ turmerone พบว่าพันธุ์ อายุ และแหล่งปลูกเป็นปัจจัยที่ทำให้ปริมาณสารออกฤทธิ์มีค่าแตกต่างกัน ขมิ้นชันอินเดียพบสารออกฤทธิ์มากกว่าขมิ้นชันไทย อายุเก็บเกี่ยวที่จะนำขมิ้นชันมาทำสารสกัดพืช ควรจะมีอายุระหว่าง 10-16 เดือน ขมิ้นชันมีประสิทธิภาพทั้งขับไล่และกำจัดแมลง ได้แก่ ด้วงงวง ด้วงถั่วเขียว มอดข้าวเปลือก มอดแป้ง ขับไล่หนอนใยผัก หนอนหลอดหอม หนอนกระทู้ผัก และแมลงวัน

คูน ในเนื้อฝักคูนมีสารประเภท Antraquinones เช่น Aloin, Rhein Serosid A,B และมี Organic acid สาร Antraquinone มีฤทธิ์ต่อระบบประสาทแมลง ใช้ควบคุมแมลงพวก หนอนกระทู้ผัก หนอนกระทู้หอมได้ดี

มะรุม ในใบมีสารพวกผลึกของอัลคาลอยด์ ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Pythium debangemum* สามารถใช้ป้องกันกำจัดราและแบคทีเรีย

มันแกว เมล็ดแก่มีสาร Pachyrrhrgin เป็นพิษต่อแมลงทางสัมผัส และทางกระเพาะอาหาร ใช้ป้องกันกำจัดแมลงพวก เพลี้ยอ่อน หนอนกระทู้ หนอนกะหล่ำ หนอนใยผัก ด้วงหมัดกระโดด มวนเขียว หนอนผีเสื้อ และแมลงวัน

ว่านน้ำ ส่วนเหง้าจะมีน้ำมันหอมระเหยชนิด Calamol aldehyde มีพิษต่อระบบประสาทของแมลง ใช้ป้องกันกำจัดแมลงพวก ด้วงงวงหมัดผัก หนอนกระทู้ผัก แมลงวันทอง แมลงในโรงเก็บ ด้วงงวงช้าง และด้วงเจาะเมล็ดถั่ว (www.ubmthai.com)

สำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้สารสกัดจากพืชควบคุมแมลง ภาควิชากีฏวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้ดำเนินการวิจัยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2522 มาจนถึงปัจจุบัน มีพืชที่ผ่านการทดลองในรูปแบบต่าง ๆ กัน 231 ชนิด ปรากฏผลดังนี้ คือ ได้พบพืชที่มีพิษต่อเพลี้ยอ่อน 18 ชนิด

พืชที่มีพิษต่อหนอนกระทู้ 9 ชนิด พืชที่เป็นพิษต่อแมลงวัน 4 ชนิด พืชที่เป็นพิษต่อแมลงวันทอง 18 ชนิด พืชที่มีสารดึงดูดแมลงวันทอง 23 ชนิด พืชที่ไล่แมลงวันทอง 14 ชนิด ดังรายละเอียดแสดงประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชในตารางที่ 10 (อำนวย, 2535)

ตารางที่ 10 แสดงประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชในการป้องกันกำจัดแมลง (อำนวย, 2535)

ชื่อพืช	ส่วนของพืช	ประสิทธิภาพ
1. พืชที่เป็นพิษต่อเพลี้ยอ่อน		
ว่ายน้ำ	เหง้า	สูง
ข่าลิง	หัว	สูง
รัก	ใบ ดอก ผล	สูง
สลอด	ผล	สูง
ลำโพง	ใบ เมล็ด	สูง
เถาวัลย์เปรียง	ราก	สูง
กลอย	หัว	สูง
ชาด	เมล็ด ลำต้น	สูง
พญาไร้ใบ	ต้น	สูง
ดอกดึง	เมล็ด หัว	สูง
ทานตะวัน	ดอก	สูง
สบู่แดง	เมล็ด	สูง
ผกากรอง		สูง
เลี่ยน	ใบ	สูง
มันแกว	เมล็ด	สูง
สารพัดพิษ	ต้น	สูง
แสลงใจ	ผล	สูง
2. พืชที่เป็นพิษต่อหนอนกระทู้		
มะกล่ำตาหนู	เมล็ด	ปานกลาง
ว่านน้ำ	เหง้า	ปานกลาง
น้อยหน่า	เมล็ด	ปานกลาง
สะเดา	เมล็ด เปลือกต้น	ปานกลาง
สลอด	ผล	ปานกลาง

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ชื่อพืช	ส่วนของพืช	ประสิทธิภาพ
ว่านเศรษฐี	ใบ	สูง
มันแกว	เมล็ด	ปานกลาง
หนอนตายหยาก	ราก	ปานกลาง
แสลงใจ	ผล	สูง
3. พืชที่เป็นพิษต่อแมลงวัน		
น้อยหน่า	เมล็ด	สูง
สลอด	ผล	สูง
มันแกว	เมล็ด	สูง
แสลงใจ	ผล	สูง
4. พืชที่เป็นพิษต่อแมลงวันทอง		
ข่าเล็ก	หัว	สูง
น้อยหน่า	เมล็ด	สูง
หมาก	ผล	ปานกลาง
โกษฐ์จุฬาลัมพา	ทั้งต้น	สูง
ส้ม	เปลือก	ปานกลาง
สลอด	ผล	สูง
มะริดไม้	กิ่ง	สูง
พญาไร้ใบ	ต้น	สูง
เลี่ยน	ผล	สูง
เงาะ	เมล็ด	สูง
ยาสูบพื้นเมือง	ใบ	สูง
มหาประสาน	ต้น	สูง
พริกไทยดำ	เมล็ด	สูง
หนอนตายหยาก	ราก	ปานกลาง
บัวตอง	ดอก	สูง
ขิง	หัว	สูง
ช้างคาน	หัว	สูง
พระตะบะ	หัว	สูง

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ชื่อพืช	ส่วนของพืช	ประสิทธิภาพ
5. พืชที่มีสารดึงดูดแมลง		
วันทอง	ผล	ปานกลาง
คำแสด	ใบ	สูง
พลับพลึง	หัว	ปานกลาง
ว่านชักมดลูก	ใบ	ปานกลาง
ตะไคร้หอมปากช่อง	ใบ	ปานกลาง
ลำโพง	ใบ	สูง
ซือแซ	ลำต้นและใบ	ปานกลาง
เสน่ห์จันทร์โกเมน	หัว	ปานกลาง
เลี่ยน	ใบ	ปานกลาง
มะระ	ผล	ปานกลาง
พลูฉีก	ใบ	ปานกลาง
แก้ว	ใบ	ปานกลาง
ยี่โถ	ดอก	สูง
กะเพราช้าง	ทั้งต้น	ปานกลาง
กะเพราแดงและขาว	ทั้งต้น	สูง
หางนกยูงไทย	ดอก	ปานกลาง
เล็บมือนาง	ใบ	ปานกลาง
ต้อยติ่ง	ราก	ปานกลาง
ต๋องก๋ง	ต้น	ปานกลาง
6. พืชที่มีสารไล่แมลงวันทองไม่ให้วางไข่		
กระเทียม	หัว	ปานกลาง
สะเดา	ใบ	สูง
คำแสด	ใบ	สูง
มะกรูด	ใบ	สูง
แตงไทย	เมล็ด	สูง
ตะไคร้	ใบ	สูง
ข่าดง	หัว	สูง

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ชื่อพืช	ส่วนของพืช	ประสิทธิภาพ
หญ้างวงช้าง	ทั้งต้น	สูง
เสน่ห์จันทน์โกเมน	ทั้งต้น	สูง
ลำดวน	ใบ	ปานกลาง
ละหุ่ง	เมล็ด	สูง
พระตะบะ	หัว	สูง
เอ็นหลวง	หัว	สูง

2. การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี ซึ่งได้แก่ การใช้ตัวห้ำ ตัวเบียน การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ซึ่งจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่มีการศึกษากันมากได้แก่ แบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus spp.* และเชื้อราไตรโคเดอมา

แบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus spp.* เป็นแบคทีเรียที่สามารถต้านเชื้อก่อโรคด้วยการผลิตสารต้านจุลินทรีย์ กระตุ้นการเจริญและการตอบสนองของพืช *B. subtilis* เติบโตง่ายไม่ก่อโรคต่อคนและสัตว์ใช้ควบคุมโรคพืชได้หลายชนิด กระตุ้นระบบการต้านทานของพืช Induced Systemic Resistance (ISR) โดยสร้างสาร phytoalexin หรือเอนไซม์ต้านการรุกรานของเชื้อก่อโรค (Jetiyanon and Kloepper, 2004) สามารถผลิตสารระเหยเพื่อควบคุมการเจริญและแพร่พันธุ์ของเชื้อราได้ (Fiddamen *et al.*, 1993) และช่วยส่งเสริมการเจริญของพืช อยู่บริเวณด้านนอกของรากพืชกระตุ้นการเจริญของพืชโดยการผลิตสารทั้งทางตรงและทางอ้อมเพื่อให้พืชต้านทานโรค (Gray and Smith, 2005) วิศิวรรณ และคณะ(2549) พบว่าการใช้ *Bacillus subtilis* มีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Penicillum digitatum* Sacc. เชื้อสาเหตุของโรคเน่าราสีเขียว (green mold rot) ในผลส้มได้

ไตรโคเดอร์มา สปีชีส์ (*Trichoderma* spp.) มีชื่อเรียกในทางราชการคือ "ไทรโคเดอร์มา" เป็นเชื้อราที่ได้รับความสนใจในการศึกษา-วิจัยจากนักวิชาการหลายแขนง เช่น ด้านการแพทย์ เนื่องจากเชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถสร้างปฏิชีวนสารหลายชนิด ด้านการผลิตเอนไซม์ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและการย่อยสลายวัสดุต่าง ๆ สำหรับด้านการควบคุมโรคพืช มีการศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มา ลิกโนรัม (*T. lignorum* [viride]) ในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืชมาตั้งแต่ พ.ศ. 2475 โดย Weindling จากการศึกษาพบว่า เชื้อราไตรโคเดอร์มา สามารถฆ่าเชื้อไรซอคโทเนีย โซลาไน (*Rhizoctonia solani*) โดยการเป็นปรสิตด้วยการสร้างเส้นใยพันรัด (coiling around) เส้นใยของเชื้อโรค นอกจากนี้ยังสังเกตพบว่ามีเชื้อราอีกหลายชนิด เช่น เชื้อราไฟทอฟธอรา (*Phytophthora*) เชื้อราพิเทียม (*Pythium*) เชื้อราไรโซพัส (*Rhizopus*) และเชื้อรา

สเคลอโรเทียม รอล์ฟสิไอ (*Sclerotium rolfsii*) มีความอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อราไตรโคเดอร์มาด้วย เชื้อราไตรโคเดอร์มาเป็นปฏิปักษ์หรือศัตรูต่อเชื้อราสาเหตุโรคพืชหลายชนิดโดยวิธีเป็นปรสิต (mycoparasite) โดยการพันรัดหรือแทงเข้าสู่ภายในเส้นใยเชื้อโรค แข่งขันการใช้อาหารกับเชื้อโรค (competition) สามารถผลิต ปฏิชีวนะสาร (antibiotics) สารพิษ (toxins)น้ำย่อยจำพวกเอนไซม์ (enzyme) นอกจากนี้ยังพบว่า สามารถชักนำให้ต้นพืชมีความต้านทานต่อเชื้อโรคพืชได้ เชื้อราไตรโคเดอร์มาบางชนิดเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคพืชได้ ไตรโคเดอร์มาเป็นเชื้อราที่มีคุณสมบัติและศักยภาพสูงในการใช้ควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืช ตรงตามหลักการและแนวคิดของการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชโดยชีววิธี ทั้งนี้เพราะความสามารถในการเจริญอย่างรวดเร็ว สร้างสปอร์ได้ปริมาณสูงมาก โดยอาศัยอาหารจากเศษอินทรียวัตถุ ช่วยให้สามารถแข่งขันกับเชื้อโรคพืช หรือจุลินทรีย์ที่มีอยู่รอบข้างได้ดี เชื้อราไตรโคเดอร์มาบางสายพันธุ์เป็นปฏิปักษ์โดยตรงต่อเชื้อโรคพืช โดยการพันรัดแล้วแทงส่วนของเส้นใยเข้าไปในเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคพืช ทำให้เส้นใยตาย ในขณะที่บางสายพันธุ์สามารถสร้างปฏิชีวนสาร หรือสารพิษ เพื่อหยุดยั้งหรือทำลายเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้บางสายพันธุ์สามารถสร้างสารเร่งการจริญเติบโต และเพิ่มผลผลิตของพืช ตลอดจนช่วยกระตุ้นให้พืชมีความต้านทานต่อโรคในปัจจุบันได้เริ่มมีการใช้ไตรโคเดอร์มาฝัง หรือฉีดเข้าสู่ลำต้นหรือระบบรากพืชเพื่อจุดประสงค์ในการป้องกันโรค และรักษาพืชที่เป็นโรค โดยเฉพาะอย่างยิ่งในไม้ผลยืนต้นจากการสังเกต ซึ่งพืชที่ได้รับเชื้อโดยวิธีนี้ จะมีความแข็งแรงและต้านทานต่อการเกิดโรคได้คล้ายกับการฉีดวัคซีนในมนุษย์หรือสัตว์ นอกจากนี้ Intana (2003) สามารถชักนำให้ต้นแตงกวามีความต้านทานต่อเชื้อรา *Pythium irregulare* ได้ด้วยการใช้สารกรอง (culture filtrate) ของเชื้อราไตรโคเดอร์มา ฮาร์เซียนัม แต่กลไกของการเพิ่มความต้านทานโรคขณะนี้ยังมีรายงานการศึกษาในรายละเอียดอยู่น้อยเชื้อราไตรโคเดอร์มาที่ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการแล้ว พบว่า สามารถควบคุมหรือยับยั้งการเจริญตลอดจนเข้าทำลายเส้นใยของเชื้อราที่เป็นสาเหตุโรคพืชหลายชนิดซึ่งประกอบด้วยเชื้อราไรซ็อคโทเนีย (*Rhizoctonia solani*) เชื้อราสเคลอโรเทียม (*Sclerotium rolfsii*) เชื้อราพิเทียม (*Pythium* spp.) ที่เป็นสาเหตุของโรคเมล็ดเน่าโรครากเน่า โรคเน่าระดับดิน เชื้อราไฟทอฟธอรา (*Phytophthora* spp.) ที่เป็นสาเหตุของโรครากเน่าโรคโคนเน่า เชื้อราฟิวซาเรียม (*Fusarium* spp.) ที่มักก่อให้เกิดโรคเหี่ยวบนพืชสำคัญทางเศรษฐกิจหลายชนิดทั้งพืชไร่ ไม้ผล พืชผัก และไม้ดอกไม้ประดับ และเชื้อรามาโครโฟมินา (*Macrophomina phaseolina*) ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคเมล็ดเน่า และโคนเน่าของพืชตระกูลถั่ว นอกจากนี้มีรายงานการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมเชื้อราโบไทรทิส ซิเนอเรีย (*Botrytis cinerea*) สาเหตุของโรคผลเน่าของสตรอเบอรีในประเทศอิตาลี ฝรั่งเศส อิสราเอล และสหรัฐอเมริกา การใช้สปอร์หรือ

โคนิเดียของเชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมเชื้อราไรซ็อคโทเนีย และเชื้อราไมโคเซนโทรสปอรา อะเซอรินา (*Mycocentrospora acerina*) สาเหตุโรคเน่าของแครอทได้ (จิระเดช, 2547)

3. การใช้โรงเรือน และวิธีกล การใช้วิธีกลต่างๆ เช่น การจับทำลาย การใช้กับดักกาวเหนียว การใช้กรงดักแมลงวันทอง และการใช้แสงไฟล่อ เป็นวิธีการที่ช่วยลดปริมาณของแมลง และการลดแมลงที่เป็นพาหะโรคพืช ส่วนการปลูกพืชในสภาพโรงเรือนก็เป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดหรือหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ลดปัญหาจากการรบกวนของแมลงและการเกิดโรคพืชที่มีสาเหตุจากแมลงเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามการใช้เรือนโรงต้องพิจารณาสภาพแวดล้อมภายในเรือนโรงที่เปลี่ยนไปจากปกติและอาจไปมีผลต่อการส่งเสริมการเจริญของโรคพืชได้ (จิรเดช, 2547)

สำหรับการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับวิธีการควบคุมศัตรูลำไยโดยไม่ใช้สารเคมีนับว่ายังมีน้อยมาก การเริ่มผลิตลำไยอินทรีย์ขณะนี้ซึ่งเป็นช่วงแรกของการปรับเปลี่ยนตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ดังนั้นความจำเป็นของการศึกษาทดสอบประสิทธิภาพทั้งสารสกัดจากพืช และวิธีการต่างๆ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพื่อแสวงหาวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถควบคุมศัตรูลำไยได้อย่างยืน การวิจัยต่างๆ เหล่านี้จะช่วยส่งเสริมและพัฒนาการผลิตลำไยอินทรีย์ของประเทศได้เป็นอย่างดี

การใช้จุลินทรีย์ในระบบผลลำไยอินทรีย์

จุลินทรีย์ดิน (soil microorganisms)

ดินเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์มากมายหลายชนิด ประกอบไปด้วย แบคทีเรีย รา เชื้อแอคติโนมัยสีท สาหร่าย โปรโตซัว และไวรัส นอกจากนี้แล้วในดินยังมีสัตว์หน้าดิน และแมลงหน้าดินต่างๆ สิ่งมีชีวิตเหล่านี้มีความสัมพันธุ์กันในระบบนิเวศของดิน ส่วนใหญ่แล้วดินเกิดจากการสลายตัวและผุพังของแร่หินต่างๆ โดยอิทธิพลจากธรรมชาติ เช่นความร้อน ความเย็น กระแสน้ำ และการทับถมของซากสิ่งมีชีวิตที่เน่าเปื่อยผุพัง ซึ่งเป็นผลมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน จุลินทรีย์เหล่านี้จึงมีบทบาทสำคัญในการเกิดความอุดมสมบูรณ์ของดิน จำนวนของจุลินทรีย์ในดินขึ้นอยู่กับอาหารที่มีประโยชน์ในดิน ความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในดิน (วรวุฒิ, http://www.rspg.org/microbiology/micro_01.htm) จุลินทรีย์ดินที่สำคัญและมีบทบาทต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้แก่ ราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซา (*micorrhizal fungi*) และพวกแบคทีเรียกลุ่มตรึงไนโตรเจน

เห็ดราไมคอร์ไรซา(micorrhizal fungi)

ไมคอร์ไรซ่า (Mycorrhizas) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อรา (fungi) กับระบบราก ของพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชชั้นสูง เชื้อรานั้นต้องมิใช่เชื้อที่เป็นสาเหตุของโรคพืชส่วนรากพืชต้อง เป็นรากที่มีอายุน้อย ๆ และยังทำหน้าที่หลักในการดูดน้ำและธาตุอาหารต่าง ๆ ให้กับพืช ซึ่งเป็นการ อยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัย หรือเอื้ออำนวยประโยชน์ซึ่งกันและกัน (Symbiotic associations) ต้นไม้ ให้สารประกอบคาร์โบไฮเดรทและสารประกอบอื่น ๆ จากขบวนการเมตาบอลิซึมที่มีประโยชน์แก่ รา และราช่วยเพิ่มธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และธาตุอื่น ๆ ให้กับต้นไม้ นอกจากนี้ เชื้อไมคอร์ไรซ่ายังช่วยปกป้องรากพืชจากการเข้าทำลายของเชื้อโรค ตั้งแต่มีการค้นพบ ความสัมพันธ์แบบนี้เป็นต้นมา ได้มีการศึกษาค้นคว้ากันอย่างมากมาย และเป็นที่ประจักษ์ว่าราก ของพืชเกือบทุกชนิดมีไมคอร์ไรซ่าอาศัยอยู่ และไมคอร์ไรซ่านี้เองมีส่วนช่วยให้ต้นพืชสามารถมี ชีวิตรอดอยู่ได้ แม้เมื่อเจริญอยู่บนดินที่มีสภาพไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต (อุทัยวรรณ, 2534)

เชื้อราไมคอร์ไรซ่าเป็นส่วนหนึ่งในระบบนิเวศของพืชและเป็นสิ่งจำเป็นต่อการ ดำรงชีวิตของพืชโดยเฉพาะในช่วงแรกของการเจริญเติบโตของต้นไม้ เชื้อราจะช่วยดูดซับความชื้น ให้แก่กล้าไม้ และจะช่วยให้กล้าไม้มีชีวิตอยู่รอดได้ในช่วงวิกฤตจากความแห้งแล้ง (Cited by Mikola, 1973) พันธุ์ไม้ชนิดหนึ่งอาจมีเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่หลายชนิด และเชื้อรา อาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาชนิดหนึ่ง ๆ อาจจะอยู่ร่วมกับพันธุ์ไม้ได้หลายชนิด การมีชีวิตอยู่ร่วมกัน ระหว่างราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซากับระบบรากของต้นไม้ มีความสำคัญยิ่งต่อกระบวนการทาง สรีรวิทยาและการเจริญเติบโตของต้นไม้ โดยจะทำให้ระบบนิเวศป่าไม้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น (Marx and Barnett, 1974; Mikola, 1973)

ประโยชน์ของราไมคอร์ไรซา (Chalermpongse, 1994)

1. ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิว และปริมาณของรากต้นไม้ในการดูดธาตุอาหารได้มากขึ้น

2. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำ และช่วยให้ต้นพืชหรือต้นไม้เหี่ยวช้าในสภาวะที่ขาดน้ำ

3. ช่วยให้ต้นไม้ได้รับธาตุอาหารต่างๆ เช่น ฟอสฟอรัส (P) ไนโตรเจน (N) โปแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และธาตุอื่นๆ ซึ่งอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาจะดูดซับและสะสมไว้ในราก

4. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลาย และดูดธาตุอาหารจากหินแร่ในดินที่สลายตัวยาก รวมทั้งพวกอินทรียวัตถุต่างๆ ที่ยังสลายตัวไม่หมด ทำให้พืชหรือต้นไม้นำไปใช้ได้

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้

5. รากที่มีไมคอร์ไรซามีความสามารถป้องกันการเข้าทำลายรากของโรคพืชได้ดีกว่ารากที่ไม่มีอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซา ทำให้ต้นพืชมีความต้านทานต่อโรคที่ระบบรากสูงขึ้น

6. ช่วยให้ต้นไม้มีความแข็งแรง ทนทานต่อสภาพพื้นที่แห้งแล้ง หรือปัญหาของดินเค็ม ดินเปรี้ยว หรือดินมีระดับความเป็นกรด-ด่างไม่เหมาะสมได้

7. ช่วยเสริมสร้างระบบนิเวศป่าไม้ให้มีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น

8. ดอกเห็ดไมคอร์ไรซาสามารถใช้เป็นอาหารรับประทานได้ แม้ว่าบางชนิดจะมีพิษอยู่บ้าง แต่ก็เป็นส่วนน้อย และเห็ดบางชนิดก็สามารถนำมาใช้เป็นสมุนไพรได้

การจำแนกประเภทของเห็ดราไมคอร์ไรซ่า

เห็ดราไมคอร์ไรซ่าสามารถแบ่งประเภทออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภทคือ

1. **เอนโดไมคอร์ไรซ่า (*Endomycorrhiza*)** บางทีเราเรียกเห็ดราไมคอร์ไรซ่ากลุ่มนี้ว่า Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza (VAM) คือ เห็ดราไมคอร์ไรซ่าที่อาศัยอยู่ภายในเซลล์ผิวของรากพืชหรือต้นไม้เชื้อราชนิดนี้ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าแต่สามารถตรวจสอบได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ จะเห็นมีลักษณะสปอร์รูปทรงกลม มีเส้นใย 2 ลักษณะคือ เส้นใยรูปกระบอง (Vesicles) และเส้นใยขนาดเล็กประสานกันเป็นกระจุก (Arbusculars) ราไมคอร์ไรซ่าพวกที่มีความสำคัญต่อพืชเกษตรและพืชป่าไม้ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ของอาณาจักรพืช (Plant kingdom) เป็นเห็ดราพวกนี้ ส่วนใหญ่จำแนกอยู่ในลำดับ (Order) Glomales มีอยู่ด้วยกัน 5 สกุล (Genera) ได้แก่ *Acaulospora Intorphospora Gigaspora Glomus (Sclerocysis)* และ *Scutellospora* เชื้อราเอนโดไมคอร์ไรซ่า ส่วนใหญ่เป็นรา้ำ มักอาศัยอยู่ในดินทั่วไปมีอยู่ประมาณ 150 ชนิด สามารถสร้างเส้นใยออกมานอกรากชอนไชอยู่ในหน้าดินลึกประมาณ 10-20 ซม. และสามารถสร้างสปอร์อยู่ภายนอกราก สปอร์มีขนาดเล็กมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น รับประทานไม่ได้ แพร่กระจายพันธุ์ไปตามน้ำ มีการเคลื่อนย้ายไปตามดินโดยสัตว์และแมลง เป็นพาหนะสำคัญแพร่เชื้อไปตามภูมิประเทศ ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องดูจึงจะเห็นสปอร์ พืชที่สัมพันธ์กับรากลุ่มนี้ประมาณ 300,000 ชนิด ส่วนใหญ่เป็นพืชเกษตรและพืชป่าไม้ ในไม้ผลมีรายงานว่า *Arbuscular mycorrhizal* (AM) fungi มีศักยภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของส้ม (Menge, 1983) โดยการปลูกเชื้อ *Glomus intraradices* FL208 สามรถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต (relative growth rate) ของส้มได้ถึงสามเท่า (Eissenstat *et al.*, 1993) ทั้งนี้ AM fungi ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการสังเคราะห์แสง (Johnson, 1984) และส่งเสริมการดึงดูดธาตุอาหารจากดิน(Graham, 1986) โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัสซึ่ง Son and Smith (1988) รายงานว่า อัตราการดูดกินฟอสเฟตในพืชที่มีเวสิคูลาร์อาร์บัสคูลาร์อาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาอยู่ด้วยจะเป็นได้เร็วกว่าพืชที่ไม่มี อัตราการเคลื่อนที่ของฟอสเฟตใน

รากพืชที่มีอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซามีค่าโดยประมาณ 17 x 10^{-14} โมล/ซม./วินาที ซึ่งมากว่าในพืชปกติที่มีอัตราการเคลื่อนที่ของฟอสเฟตภายในรากพืชประมาณ 3.6 x 10^{-14} โมล/ซม./วินาที

2. เอ็คโตไมคอร์ไรซ่า (*Ectomycorrhiza*) คือ เห็ดราไมคอร์ไรซ่าที่อาศัยอยู่บริเวณเซลล์ผิวของรากภายนอกของพืชหรือต้นไม้ เห็ดราจำพวกเอ็คโตไมคอร์ซ่ามีการเจริญเติบโตอยู่ร่วมกับรากของต้นไม้ยืนต้นแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน เส้นใยเห็ดราไม่มีสารสีเขียว (Chlorophyll) เหมือนพืช จึงไม่สามารถสร้างอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรต น้ำตาลและไวตามิน จึงต้องอาศัยดูดซึมเอาจากรากของต้นไม้ แต่การที่เส้นใยของเห็ดราเจริญห่อหุ้มรากของต้นไม้ไว้เหมือนนวมจะมีส่วนช่วยรักษาความชื้นให้ต้นไม้ในฤดูแล้วและต้นไม้ก็ยังได้ธาตุฟอสฟอรัสในดินซึ่งเห็ดราสลายออกมาจากดินให้เป็นธาตุอาหารในรูปที่ต้นไม้ใช้ประโยชน์ได้ทันที ทำให้ต้นไม้มีรากที่แข็งแรงเจริญเติบโตดี หาอาหารได้มากขึ้น และเมื่ออยู่ในสภาพสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมก็จะรวมตันกันออกเป็นดอกเห็ดบริเวณโคนต้นไม้ที่มีรากพืชกระจายอยู่ เราเรียกเห็ดราจำพวกนี้ว่าเอ็คโตไมคอร์ไรซ่า เห็ดราดังกล่าวนี้เมื่อเราทำลายพืชอาศัยมันก็จะตายหายไปด้วย ถึงแม้ว่าเราจะรู้ถึงพฤติกรรมต้นไม้และเห็ดราที่ต้องพึ่งพาอาศัยกัน แต่ความพยายามเพาะเลี้ยงด้วยอาหารที่สังเคราะห์จนถึงขั้นออกเป็นดอกเห็ดยังไม่ประสบผลสำเร็จ ได้ผลเพียงเพาะได้เป็นเส้นใย ซึ่งเป็นปัญหาให้นักวิชาการทำงานต่อไป (อนงค์, 2542) ส่วนใหญ่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซ่าเป็นราชั้นสูง จัดจำแนกอยู่ใน Phylum Basidiomycota Ascomycota และ Zygomycota ส่วนใหญ่เป็นราที่สร้างดอกเห็ดขนาดใหญ่เหนือผิวดินใต้ร่มไม้ที่มันอาศัยอยู่ซึ่งอยู่ในพวก Basidiomycota และ Ascomycota ส่วน Zygomycota จะมีดอกเห็ดขนาดเล็กมากมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ต้องส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ พวกเห็ดราที่อยู่ในกลุ่ม Basidiomycota จะสร้างดอกเห็ด (Mushrooms) ขนาดใหญ่มีทั้งที่กินได้ (Edible) ชนิดที่กินไม่ได้ (Non-edible) ชนิดที่มีพิษ (Poisonous) และเห็ดสมุนไพร (Medicinal) เห็ดราเอคโตไมคอร์ไรซ่ามีมากกว่า 5,000 ชนิด พืชหรือต้นไม้ที่สัมพันธ์กับรากลุ่มนี้มีไม่น้อยกว่า 2,000 ชนิด หรือประมาณ 10 – 20% ของพืชชั้นสูง ที่สำคัญได้แก่ไม้ในวงศ์สนเขา (Pinaceae) วงศ์ไม้ยาง (Dipterocarpaceae) วงศ์ไม้ยูคาลิปตัส (Myrtaceae) วงศ์ไม้มะค่าโมง (Caesalpinaceae) วงศ์ไม้ก่อ (Fagaceae) วงศ์ไม้กำลังเสือโคร่ง (Betulaceae) วงศ์ไม้สนทะเล (Casuarinaceae) และวงศ์ไม้ถั่ว (Leguminosae) ในประเทศไทย เคยมีการสำรวจเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซ่าในป่าไม้เต็ง ป่าเบญจพรรณ และป่าร้อนชื้น พบว่าเชื้อราหลายชนิดที่เป็นเอ็คโตไมคอร์ไรซ่า เช่น *Amanita* spp., *Boletus* spp., *Lactarius* spp., *Russula* spp., *Pisolithus* spp. เป็นต้น (อนิวรรต และธีรวัฒน์, 2524) เมื่อได้ดอกเห็ดที่คาดว่าเป็นเอ็คโตไมคอร์ไรซ่าในธรรมชาติแล้วสามารถนำมาทดสอบการเกิดเอ็คโตไมคอร์ไรซ่าในห้องปฏิบัติการ โดยการปลูกเชื้อบริสุทธิ์ของเห็ดแต่ละชนิด สำรวจได้ให้กับกล้าพืชทดสอบ (Thomsom *et al.*, 1993) หลังจากนั้นจึงนำ

รากพืชเหล่านั้นมาดูลักษณะการเกิด Hartig net ที่เกิดจากเส้นใยของเชื้อที่เจริญเข้าไปใน cortex ของราก (Burndrett *et al.*, 1995) เห็ดราเอ็คโตไมคอร์ไรซ่าที่มิได้เกิดในป่า แต่เกิดตามสวนผลไม้ สวนป่าปลูก และสวนสาธารณะก็มีจำนวนไม่น้อย บางชนิดมีรสชาติดีเป็นที่นิยมของผู้บริโภค ทำให้ขายได้ราคา ในปีหนึ่ง ๆ ช่วงฤดูฝน จะมีการเก็บเห็ดรากลุ่มนี้ไปจำหน่ายทั้งดอกอ่อนและดอกแก่ ซึ่งเป็นการทำลายพันธุ์เห็ด เพราะยังไม่สร้างสปอร์เพื่อขยายพันธุ์ การแพร่กระจายพันธุ์ของเห็ดกลุ่มนี้จึงมีทางเดียว คือการเจริญของเส้นใยเห็ดราในดิน ซึ่งจะขยายพันธุ์ได้ช้ามาก ถ้าไม่มีไม้ยืนต้นชนิดเดียวกันปลูกใกล้ชิดกัน ในอดีตอาศัยภูมิปัญญาชาวบ้านชาวสวนบางแห่ง ใช้วิธีแพร่พันธุ์เห็ดกลุ่มนี้อย่างง่าย ๆ โดยนำเอาดอกที่บานเละแล้ว เช่นเห็ดตับเต่า (*Boletus colossus* Heim) มาขยี้ละลายน้ำ แล้วนำไปรดบริเวณโคนต้นไม้ที่เป็นพืชอาศัยที่ยังไม่เคยมีดอกเห็ดขึ้น ในไม่ช้าก็จะได้เห็ดราบริเวณโคนต้นใหม่ เป็นการเพิ่มผลผลิตและมีผลพลอยได้คือไม้ยืนต้นที่เป็นพืชอาศัยเจริญเติบโตดีขึ้น เห็ดราเอ็คโตไมคอร์ไรซ่าบางชนิดอยู่กับพืชอาศัยได้หลายชนิด ตัวอย่างที่พบเสมอคือ เห็ดตับเต่า หรือทางภาคเหนือเรียกเห็ดห้า มีพืชอาศัยอยู่ 2 ชนิด คือ ต้นหว้า (*Eugenia cumini* Druce) เป็นพืชในวงศ์ Myrtaceae ทางภาคเหนือ จึงเรียกเห็ดตับเต่าชนิดนี้ว่าเห็ดห้า (*Phaeogyroporus portentosus* Berk et Broome Mc Nabb) นอกจากต้นหว้าแล้วเห็ดชนิดนี้ยังมีพืชอาศัยอีกชนิดหนึ่งคือ มะกอกน้ำ (*Elaeocarpus hygrophilus* Kurz) ในวงศ์ Elaeocarpaceae ด้วย ซึ่งต่างวงศ์กับต้นหว้า สำหรับต้นไม้วงศ์อื่น ๆ ยังไม่มีรายงาน ตัวอย่างเห็ดราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าอีกชนิดหนึ่งคือ เห็ดเสม็ดมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Boletus griseipurpureus* Corner จัดเป็นเห็ดตับเต่าชนิดหนึ่งที่มีถิ่นกำเนิดในภาคใต้ และภาคตะวันออก ในป่าเสม็ด (*Melaleuca leucadendron* Linn *var minor*) Duthie ในวงศ์ Myrtaceae ปัจจุบันป่าเสม็ดได้ถูกถากถางทำลายไปเหลือน้อยเต็มทีกลายเป็นสวนผลไม้ สวนไม้ให้ร่มเงา สวนไม้โตเร็ว เช่น กระถินยักษ์ (*Leuceana leucocephala de* Wit) และกระถินณรงค์ (*Acacia auriculaeformis* Cunn ex Benth) ทั้งคู่อยู่ในวงศ์ Leguminosae – Mimmosoideae และบางพื้นที่ในภาคที่กล่าวมาก็ปลูกต้นยูคาลิปตัส (*Eucarlyptus citriodera* Hook) ในวงศ์ Myrtaceae ก็ปรากฏว่าเห็ดเสม็ดขึ้นบนพืชทั้งสามได้ด้วย ตามสวนผลไม้ก็มีเห็ดราเอ็คโตไมคอร์ไรซ่าด้วยเช่นเดียวกัน ยกตัวอย่างเห็ดตับเต่าชนิด Boletus colossus Heim เห็ดชนิดนี้ในภาคกลางพบบริเวณโคนต้นมะม่วงที่อยู่ชายน้ำ มะม่วง (*Mangifera indica* Linn.) เป็นพืชในวงศ์ Anacardiaceae นอกจากมะม่วงแล้วพบเห็ดชนิดนี้ใต้ต้นส้มโอ (*Citrus maxima* Merr.) ในวงศ์ Rutaceae จัดเป็นเห็ดกินได้ (อนงค์, 2542)

Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)

มีจุลินทรีย์พวกแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินหลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการดึงดูดธาตุอาหาร โดยช่วยตรึง N และช่วยละลายธาตุฟอสฟอรัสในดินให้เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งรวมเรียกว่า Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) ซึ่งนิยมนำมาผสมเป็นส่วนประกอบของปุ๋ยชีวภาพ (Karlidag *et al.*, 2007) ซึ่งแบคทีเรียในกลุ่ม PGPR มีหลายชนิด ได้แก่ *Acinetobacter, Alcaligenes, Arthrobacter, Azospirillum, Azotobacter, Bacillus, Beijerinckia, Burkholderia, Enterobacter, Erwinia, Flavobacterium, Rhizobium* และ *Serratia* (Rodriguez and Fraga, 1999; Sturz and Nowak, 2000; Sudhakar *et al.*, 2000) มีรายงานการศึกษาพบว่า PGPR สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตในพืชหลายชนิดได้แก่ ส้ม มัลเบอร์รี่ (mulberry) บ๊วย เชอรี่หวาน และ ราสพ์เบอรี่ (Kloepper, 1994; Sudhakar *et al.*, 2000; Esitken *et al.*, 2002, 2003, 2006; Orhan *et al.*, 2006)

อะโซโตแบคเตอร์ (*Azotobacter*) เป็นจุลินทรีย์ที่เจริญในระบบนิเวศแบบ non-symbiotic และ free living ต้องการอากาศในการตรึงไนโตรเจน (N) สามารถเพิ่ม N แก่ดินโดยส่งเสริมการดึงดูด (uptake) ไนเตรท (NO^-_3) แอมโมเนียม (NH^+_4) ฟอสเฟต ($H_2PO^-_4$) และเหล็ก (Fe) รวมทั้งส่งเสริมกิจกรรมของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเตส (nitrate reductase) (Wani, 1990) จุลินทรีย์นี้จึงมีผลต่อการช่วยสะสมไวตามิน กรดอะมิโน และฮอร์โมนพืชออกซิน ซึ่งมีผลโดยตรงต่อกลไกการพัฒนาราก และการเจริญเติบโตของพืช (Akbari *et al.*, 2007)

Beijerinckia เป็นแบคทีเรียกลุ่มตรึง N ที่ต้องการอากาศ มีรายงานการพบในบริเวณรากของพืชไร่ พวกอ้อย ข้าวโพด ข้าวโอ๊ต และถั่วเหลือง ส่วน *Azospirillum* ก็เป็นแบคทีเรียที่ช่วยตรึง N เช่นเดียวกัน ซึ่งพบการแพร่กระจายอย่างแพร่หลายในระบบนิเวศน์ในเขตที่มีการปลูกพืชใบเลี้ยงเดี่ยวพวกข้าวโพด ข้าว อ้อย และข้าวฟ่าง เป็นแบคทีเรียแกรมลบที่ต้องการอากาศ ชนิดของ *Azospirillum* ที่รายงานการค้นพบในปัจจุบันมี 5 ชนิดคือ *A. brasilense, A. lipoferum, A. amazonense, A. halopraeferens* และ *A. irakense* (Stacey *et al.*, 1992)

เชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

เชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เป็นเชื้อราที่พบอยู่ในดินเกือบทุกแห่ง สามารถเข้าสู่รากพืชและอาศัยร่วมกันกับพืชแบบพึ่งพาอาศัยกันและกัน (symbiosis) โดยเชื้อราจะได้รับที่อยู่อาศัยและสารอาหารคาร์โบไฮเดรตจากพืช ในขณะที่พืชจะได้รับธาตุอาหารต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสฟอรัสรวมทั้งน้ำ และยังเป็นเกราะป้องกันอันตรายจากเชื้อสาเหตุของโรคพืชต่างๆ ได้ระดับหนึ่ง

ลักษณะทางสัณฐานของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (ธงชัย, 2546)

เชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีโครงสร้างที่มีลักษณะพิเศษดังนี้

อาร์บัสคูล (arbuscule) เป็นโครงสร้างที่อยู่ภายในเซลล์รากพืชชั้นคอร์เท็กซ์ เกิดจากการแตกแขนงของเส้นใยแบบ 2 แขนงต่อเนื่อง อาร์บัสคูลมีอายุสั้นประมาณ 1 ถึง 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นผนังก็จะสลายไปบางส่วนของไซโตพลาสซึมจะไหลกลับไปยังเส้นใยหลัก บางส่วนสลายไปและประกอบขึ้นเป็นไซโตพลาสซึมของเซลล์รากพืช อาร์บัสคูลเกิดขึ้นให้เห็นได้ภายใน 2 ถึง 3 วัน หลังจากเชื้อเจริญเข้าสู่รากแก้ว ทำให้พื้นที่สัมผัสของเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์รากพืชเพิ่มขึ้นอีก 2 ถึง 3 เท่า

เวสสิเคิล (vesicle) เป็นโครงสร้างที่มีรูปร่างคล้ายถุงที่โป่งพองออกบริเวณส่วนปลายของเส้นใย ภายในประกอบด้วยหยดไขมัน (phospholipid) เป็นโครงสร้างที่ใช้สำหรับเก็บสะสมอาหารของเชื้อราปกติแล้วเวสสิเคิลจะเกิดขึ้นหลังอาร์บัสคูล จะเกิดขึ้นหลังการใส่ปุ๋ยจุลธาตุที่เป็นโลหะ ได้แก่ เหล็ก ทองแดง สังกะสี และแมงกานีส และมักเกิดกับรากฝอยมากกว่ารากอื่น ๆ โครงสร้างของผนังเซลล์ องค์ประกอบภายใน และจำนวนของเวสสิเคิลของราแต่ละชนิดจะแตกต่างกันออกไป

เส้นใยนอกพืช (external hyphae) เป็นโครงสร้างที่สำคัญของเชื้อรา ประกอบด้วยเส้นใยที่อยู่นอกรากพืชสานกันเป็นร่างแห ทำให้พื้นที่ในการดูดธาตุอาหารเพิ่มมากขึ้น

สปอร์พักตัว (resting spore) เป็นโครงสร้างพิเศษของเชื้อราที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการพักตัว เมื่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม มีรูปร่างและขนาดต่างกัน เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมจะงอกและเจริญเข้าสู่รากพืชที่เหมาะสมต่อไป

การเข้าสู่รากพืชของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

เมื่อสิ่งแวดล้อมเหมาะสม มีชิ้นส่วนของเชื้อรามากพอ และมีพืชที่เหมาะสม ก็จะเริ่มมีการเข้าสู่รากของพืช ประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ สรุปได้ดังนี้ (Barea, 1991 อ้างโดยธงชัย, 2546)

1. การงอกของชิ้นส่วนของรา (germination of fungal propagules) ชิ้นส่วนของราแบบต่าง ๆ ได้แก่ สปอร์ เส้นใยที่มีอยู่ในดินและรากพืชที่ติดเชื้อ จะเริ่มงอกเส้นใยพุ่งเข้าหารากพืชที่อยู่ใกล้เคียงพืชแต่ละชนิดอาจมีสารที่ปลดปล่อยออกมาจากรากพืช (root exudate) ที่แตกต่างกัน องค์ประกอบเหล่านั้นชักนำใช้เชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซางอกและเจริญเข้าหารากพืชต่อไป

2. การสร้างแอพเพรสซอเรียม (appressorium formation) เมื่อเส้นใยของราเจริญถึงรากพืชแล้ว ราจะสร้างโครงสร้างที่เรียกว่า แอพเพรสซอเรียมเกาะยึดกับรากของพืชที่เซลล์ผิวชั้นนอกสุดของราก

3. การเจริญของเส้นใยเข้าสู่ภายในราก (penetration of mycorrhizal hyphae to inner root) เชื้อราสามารถเข้าสู่รากพืชได้ 3 ทาง คือ 1) ทางรากขนอ่อน (root hair) 2) ทางเซลล์ผิว (epidermis) และ 3) เซลล์ชั้นนอก (exodermis) ของเซลล์รากแก่ที่เซลล์ชั้นผิวฉีกขาด เส้นใยจะเจริญจากแอพเพรสซอเรียมเข้าสู่ภายในรากพืช ผ่านเนื้อเยื่อพืชชั้นเซลล์ผิว เซลล์ชั้นนอกจะเข้าสู่ชั้น cortex ต่อไป ในระยะนี้เส้นใยของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะเจริญอยู่ระหว่างเซลล์ของพืช เส้นใยอาจขดเป็นวงอยู่ระหว่างเซลล์ชั้นนอกของรากพืช และเส้นใยจะคอดลงเมื่อผ่านผนังเซลล์ เส้นใยจะไม่เจริญเข้าไปในเซลล์ชั้นใน (endodermis) ของรากพืช

4. การสร้างอาร์บัสคูล (arbuscule formation) ในชั้น cortex ของรากพืช เส้นใยของเชื้อราจะเจริญผ่านผนังเซลล์ของรากพืชและสร้างโครงสร้างพิเศษที่เรียกว่าอาร์บัสคูล โดยการแตกแขนงของเส้นใยแบบสองแขนงต่อเนื่อง คล้ายพุ่มไม้เล็ก ๆ ดันเยื่อหุ้มเซลล์ (plasma membrane) ของรากพืชให้เว้าเข้าไป โครงสร้างนี้มักพบในชั้น cortex ชั้นในหรือตลอดทั้งชั้น cortex ก็ได้ ปลายสุดของอาร์บัสคูลจะแคบและแหลม ในขณะที่เกิดอาร์บัสคูลนั้น จะมีการเปลี่ยนแปลงในเซลล์รากพืช กล่าวคือตรวจไม่พบแป้ง นิวเคลียสมีขนาดใหญ่ขึ้น เมื่ออาร์บัสคูลสลายตัวไปจะพบแป้งภายในเซลล์นิวเคลียสกลับมามีขนาดเหมือนเดิม โครงสร้างนี้จะมีอายุประมาณ 1-2 สัปดาห์ ในขณะที่มีชีวิตอยู่จะทำหน้าที่สำคัญในการแลกเปลี่ยนธาตุอาหารจากรากสู่พืชและรับคาร์โบไฮเดรตจากพืชเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และเมื่อหยุดการใช้งานก็จะถูกย่อยสลายโดยเซลล์ของรากพืชต่อไป

5. การเจริญของเส้นใยนอกรากพืช (development of extraradical hyphae) หลังจากได้รับคาร์โบไฮเดรตจากพืชผ่านทางอาร์บัสคูลแล้ว เส้นใยนอกรากพืชก็จะมีการเจริญออกไปเช่นเดียวกัน เส้นใยเหล่านี้อาจเจริญไปตามผิวรากและสร้างจุดที่จะเข้าสู่รากพืชในตำแหน่งใหม่ รวมทั้งการเจริญลงไปในดินขยายเครือข่ายของเส้นใยให้กว้างขวางขึ้น เส้นใยที่เจริญอยู่นอกรากจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของราก ดิน สภาพแวดล้อม และเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาบางครั้งพบเป็นปริมาณมาก บางครั้งพบเพียงสายสั้นๆ เป็นแผ่นรอบๆ ราก หรือรวมกันอย่างหลวมๆ อาจมีเส้นใยบางส่วนที่เจริญยื่นออกมาจากรากสู่ดินยาวประมาณ 1 เซนติเมตร เส้นใยที่เจริญอยู่ภายนอกรากมี 2 ลักษณะคือ เส้นใยที่ผนังหนาและใยราที่มีผนังบาง เส้นใยที่มีผนังหนามีผิวหยาบอ้วน และด้านข้างหนึ่งของเส้นใยจะโป่งบวมออก มักไม่มีไซโตพลาสซึมอยู่มาก สามารถเห็นหยดไขมันอย่างชัดเจน เมื่อย้อมด้วยสีซูดาน 5 (Sudan IV) เส้นใยไม่มีผนังกั้น แต่บางครั้งอาจเกิดผนังกั้นได้ เส้นใยที่ผนังหนาและมีผนังกั้นมักจะพบเวสสิเคิลอยู่ด้วย เส้นใยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ถึง 27 ไมโครเมตร แตกแขนงแบบ 2 แขนง เส้นใยเล็กมีผนังหนาไม่สม่ำเสมอกันประมาณ 3 ไมโครเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 ถึง 10.0 ไมโครเมตร เส้นใยที่มีผนังหนามีหลายนิวเคลียส กระจายอยู่ไม่สม่ำเสมอ ตลอดความยาวของเส้นใย การรวมตัวกันของนิวเคลียสเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณที่มีการสร้าง

เวสสิเคิล ส่วนเส้นใยที่มีผนังบางมักมีอายุสั้น ในระยะแรกไม่มีผนังกั้น แต่ต่อมาจะสร้างผนังกั้น เส้นใยมีผิวเรียบ เส้นผ่านศูนย์กลางไม่สม่ำเสมอ มีตั้งแต่ 2 ถึง 7 ไมโครเมตร เส้นใยจะใส เนื่องจากองค์ประกอบภายในหายไป เส้นใยที่มีผนังบางนี้เกิดจากการแตกแขนงของเส้นใยที่มีผนังหนา ทั้งเส้นใยที่มีผนังบางและผนังหนา สามารถเข้าสู่รากพืชอาศัยได้ Gavito and Olsson (2003) ได้ศึกษาการแบ่งปันคาร์บอนของพืชให้กับเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา พบว่าความสามารถในการใช้คาร์บอนของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในพืชเกี่ยวข้องกับการเพิ่มจำนวนของเส้นใยและพลังงานที่สะสมไว้

6. การสร้างเวสสิเคิล (vesicle formation) หลังจากมีการเข้าสู่รากพืชเรียบร้อยแล้ว รา บางชนิดอาจมีการสร้างเวสสิเคิลที่มีรูปร่างกลม หรือ รี ทำหน้าที่ในการเก็บสะสมอาหารในรูปของ lipid ในเซลล์ชั้น cortex ของรากพืช ในบางโอกาสอาจพัฒนาเป็นสปอร์ได้ เวสสิเคิลจะสร้างขึ้นที่ปลายสุดของเส้นใยที่อยู่ในชั้น cortex ของรากพืช เกิดขึ้นได้ทั้งภายในเซลล์และระหว่างเซลล์ของรากพืชขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ปกติเวสสิเคิลมีช่องเปิดติดต่อกับเส้นใย บางครั้งมีผนังกั้นจึงมองดูคล้ายกับคลาไมโดสปอร์ ในขณะที่มีการสร้างเวสสิเคิลอาจทำให้เซลล์ชั้น cortex แตกออก ดังนั้นถ้ามีการสร้างมาก ๆ ก็อาจทำให้ชั้น cortex ของรากถูกทำลายไปได้ เวสสิเคิลที่เกิดอยู่ภายนอกราก (external vesicle) มีลักษณะคล้ายกับเวสสิเคิลที่สร้างอยู่ภายในราก มักเกิดเดี่ยว ๆ บนเส้นใยที่อยู่ภายนอกรากหรืออาจเกาะกันเป็นกลุ่มขนาดเล็กกว่า 0.8 มิลลิเมตร ประกอบด้วยเวสสิเคิล 2 ถึง 3 อัน เกิดจากแขนงเส้นใยเดียวกัน เวสสิเคิลมีผนังหนา รูปร่างกลม รี ซึ่งอาจผันแปรไปได้มาก เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ถึง 150 ไมโครเมตร ภายในเวสสิเคิลมีองค์ประกอบที่ค่อนข้างเข้มข้น มีหยดไขมัน และนิวเคลียสมาก

7. การสร้างสปอร์พักตัว (formation of resting spores) เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา สามารถสร้างสปอร์บนเส้นใยนอกรากพืชได้ สปอร์เหล่านี้จะทำหน้าที่พักตัวในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมและขยายพันธุ์ต่อไป การเกิดและลักษณะของสปอร์จะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

การเข้าไปในเซลล์รากพืชของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอาจให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ภายในพืชได้หลายประการ ดังนี้ (Mosse, 1981 อ้างโดย ธงชัย , 2546)

1. กิจกรรมภายในไซโตพลาสซึมเพิ่มขึ้น

2. การสร้าง organelles ใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นในเซลล์ เช่น mitochondria endoplasmic erticulum รวมทั้ง กรดโรโบนิวคลีอิค

3. การโป่งพองของนิวเคลียส ซึ่งอาจมีเส้นผ่าศูนย์กลางเพิ่มขึ้น 2 -3 เท่า

4. การสลายตัวของแป้งที่สะสมไว้ ไม่พบเม็ดแป้งในเซลล์ที่เชื้อราเข้าไปเจริญอยู่ เนื่องจากแป้งบางส่วนถูกส่งไปยังราผ่านทางอาร์บัสคูล

5. อัตราการหายใจและกิจกรรมของเอ็นไซม์เพิ่มขึ้น

ปัจจัยที่มีผลต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

พืชอาศัย

พืชอาศัยมีอิทธิพลต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา โดย Ocampo *et al.* (1979) ได้ศึกษาผลกระทบของพืชอาศัยต่อการติดเชื้อของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ในพืช 10 ชนิด คือ ข้าวบาร์เลย์ ผักกาดหอม ข้าวโพด หอมหัวใหญ่ มันฝรั่ง กะหล่ำปลี ผักคะน้า oilseed rape swede และ sugar beet โดยใช้เชื้อ *Glomus fasciculatum* และ *Gigaspora margarita* พบว่า กะหล่ำปลี ผักคะน้า oilseed rape และ swede ไม่มีการติดเชื้อในราก ซึ่งพืชดังกล่าวอยู่ใน family Cruciferae จากรายงานของ Gerdemann (1968) อ้างโดย Ocampo *et al.* (1979) กล่าวว่า พืชเกือบทุกชนิดสามารถส่งเสริมการติดเชื้อในรากของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ยกเว้นพืชที่อยู่ใน family Cruciferae และ Chenopodiaceae มีรายงานว่า พืชที่มีรากใหญ่และมีรากขนอ่อนน้อยจะต้องพึ่งพาอาศัยเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มากกว่าพืชที่มีรากฝอยและรากขนอ่อนยาว (John, 1980 อ้างโดย Bagyaraj, 1991) ส่วน Struble and Skipper (1988) ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของชนิดของพืชต่อการสร้างสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา พืชอาศัยที่ใช้คือข้าวโพด ถั่วเหลือง bahai grass และ sudan grass โดยใช้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 5 ชนิด คือ *Glomus claroideum Gl. etunicatum Gl. claroideum Gl. mosseae Gl. macrocarpum* และ *Gigaspora margarita* พบว่าที่สัปดาห์ที่ 14 มีการสร้างสปอร์ของ *Glomus claroideum Gl.etunicatum Gl.claroideum Gl.mosseae* ใน bahai grass มากกว่าในข้าวโพดหรือ sudan grass และพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันระหว่าง sudan grass และ bahai grass อย่างมีนัยสำคัญในแง่ของการสร้างสปอร์โดยเชื้อ *G.margarita* นอกจากนั้นพบว่าถั่วเหลืองไม่เหมาะต่อการเป็นพืชอาศัยในการเพิ่มจำนวนสปอร์ ถึงแม้ว่าเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะสามารถอยู่ร่วมกับพืชอาศัยได้อย่างกว้างขวาง (Mosse, 1973 อ้างโดย Bagyaraj, 1991) แต่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาก็มีการเลือกชนิดของพืชอาศัยด้วย การประเมินความจำเพาะเจาะจงของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอาศัยข้อมูลในการพิจารณา โดยข้อมูลที่ใช้ในการประเมินมีผลทำให้พืชมีการเจริญเติบโตมากที่สุด

ปัจจัยทางกายภาพ

แสง มีอิทธิพลอย่างมากต่อพัฒนาการของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เนื่องจากแสงเป็นปัจจัยสำคัญในการสังเคราะห์แสง ซึ่งเชื้อราต้องการสารประกอบคาร์บอนที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของพืช ซึ่งพัฒนาการของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาก็จะขึ้นอยู่กับศักยภาพการสังเคราะห์แสงและการเคลื่อนย้าย photosynthate ไปยังราก son *et al.* (1988) ได้ศึกษาผลของความเข้มของแสงต่อการเจริญในส่วนของราก การติดเชื้อในราก และการดูด P ในหอมหัวใหญ่ (*Allium cepa* L.) จากการทดลองพบว่าการปลูกพืชในสภาวะที่มีความเข้มของแสงต่ำ การใช้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทำให้ R/S ratio ต่ำลงเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่เชื้อ ซึ่งสนับสนุนสมมุติฐานที่ว่าพืชที่มีการติดเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความต้องการ photosynthate มากกว่าพืชที่ไม่มีเชื้อ นอกจากนี้มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง อุณหภูมิดิน ต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาโดยใช้เชื้อ *Glomus fasciculatus* ใน sudan grass โดยทดลองในสภาวะที่มีความเข้มแสงระดับต่าง ๆ คือ 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ และมีการใช้ P 3 ระดับ คือ 0, 15 และ 30 มิลลิกรัม P/กิโลกรัมดิน ร่วมกับอุณหภูมิดิน 3 ระดับ คือ 25, 30 และ 35 °C พบว่า การเกิดไมคอร์ไรซาลดลงเมื่อมีการใส่ P โดยมีผลมากที่สุดเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความเข้มแสงต่ำ แต่ความเข้มของแสงไม่มีผลต่อการเกิดไมคอร์ไรซาในตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ย สาเหตุที่การใส่ P มีผลยับยั้งการเกิดไมคอร์ไรซาเพราะในสภาพดังกล่าวมีปริมาณน้ำตาลที่ปลดปล่อยออกมาโดยรากมีน้อยลง ซึ่งการลดลงของน้ำตาลที่ปลดปล่อยโดยรากอาจมีสาเหตุมาจากการลดลงของน้ำตาลในเซลล์ด้วย (Graham and Menge, 1980 อ้างโดย บังอร, 2545) และคณะ (1988) รายงานว่าในสภาวะที่มีความเข้มของแสงต่ำ จะไม่มีผลกระทบต่อพืชที่ไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา แต่พืชที่มีการติดเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะมี R/S ratio ต่ำลงเมื่อเทียบกับ control ซึ่งรากของพืชที่มีการติดเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะมีความต้องการ photosynthate มากกว่าพืชที่ไม่มีการติดเชื้อ

อุณหภูมิ ในปีค.ศ. 1973 Furlan and Fortin (อ้างโดย Bagyaraj, 1991) ได้อธิบายถึงอุณหภูมิว่ามีอิทธิพลต่อการเพิ่มปริมาณและการสร้างสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ถ้าอุณหภูมิจะมีผลทำให้การสร้างสปอร์และการเข้าสู่รากของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเพิ่มขึ้น Saito and Muramoto (2002) รายงานว่า *G.margarita* มักจะเกิด spore dormancy และความงอกของสปอร์ต่ำในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นเป็นเทคนิคการ break dormancy นอกจากนี้เทคนิคนี้ยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการติดเชื้อในรากในระยะแรกของการปลูก และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้หัวเชื้อด้วย จากรายงานของ Grey (1991) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเข้าสู่รากของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาใน spring barley 2 พื้นที่คือ Montana ประเทศสหรัฐอเมริกา และในประเทศซีเรีย พบว่าเมื่ออุณหภูมิของดินสูงขึ้นจะมีการติดเชื้อในราก

สูงขึ้น โดยอุณหภูมิที่ทำให้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเจริญได้ดี อยู่ในช่วง 11 ถึง 26°C แต่การเข้าสู่รากจะเกิดสูงเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิอยู่ในระดับที่ทำให้อากาศอบอุ่น

น้ำ เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถเจริญได้ดีในความชื้นหลายช่วง ไม่ว่าจะเป็นในดินที่เปียกชื้น (Downding, 1959 อ้างโดย Bagyaraj, 1991) ดินที่น้ำท่วมไม่ถึง (Trappe and Schenck, 1982 Bagyaraj, 1991) จากการทดลองของ Levy and Krikun (1980) ในเรื่องอิทธิพลของน้ำต่อการใช้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาใน *Citrus jambhiri* ผลที่ได้ยืนยันได้ว่าน้ำมีผลต่อ *C.jambhiri* ที่มีการติดเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ซึ่งมีผลมากต่อ สมดุลของฮอร์โมนในรากและส่วนเหนือดิน ซึ่งช่วงสภาวะที่ขาดน้ำจะมีการชักนำให้เกิดใบต่ำ ส่วน Hartmond *et al.* (1987) ได้ศึกษาอิทธิพลของสภาวะที่มีน้ำท่วมขัง (flooding stress) ต่อการปลูก sweet orange, Carrizo citrange และ sour orange โดยใช้หัวเชื้อ *Glomus intraradices* วางในถุงพลาสติกและให้น้ำ 21 วัน พบว่าการให้น้ำมีผลต่อ water relation และปริมาณ ACO_2 ในพืชทั้ง 3 ชนิดลดลง จากการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าสภาวะที่มีน้ำท่วมขัง มีผลต่อส่วนของรากมากกว่าส่วนเหนือดิน

ความเป็นกรดเป็นด่าง Koolman *et al.* (1987) ได้ศึกษาอิทธิพลของหัวเชื้อต่อการเจริญเติบโตของ clover และสตรอเบอร์รี่ ที่ 2 ระดับ pH คือ pH 4.8 และ pH 6.8 ผลการทดลองพบว่าที่ pH 4.8 การใช้หัวเชื้อแบบคละมีการสร้างสปอร์สูงที่สุด ส่วนที่ pH 6.8 การใช้หัวเชื้อ *Glomus mosseae* มีการสร้างสปอร์สูงที่สุด ส่วนการทดลองของ Hayman and Tavares (1985) ได้ศึกษาผลของ pH ต่อการปลูกสตรอเบอร์รี่ โดยใช้หัวเชื้อ 9 ชนิด พบว่าการใช้หัวเชื้อแต่ละชนิดตอบสนองต่อระดับต่าง ๆ ของ pH ได้แตกต่างกันคือที่ pH4 การใช้หัวเชื้อ *Glomus clarum* มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ที่ pH 5 คือ *Acauloapora laevis, G.etunicalum* และ *G.clarum* ที่ pH 7 เป็นสภาวะที่สตรอเบอร์รี่เจริญเติบโตดีที่สุด โดยเฉพาะที่ใช้หัวเชื้อ *G.epigaeum* นอกจากนี้พบว่าเชื้อ *Glomus mosseae* ถึงแม้ไม่สามารถทนทานต่อ pH ที่ต่ำกว่า 5 ได้แต่ก็มีบาง species ของ *Glomus sp.* ที่สามารถทนกรด (Mosse, 1973 อ้างโดย wang *et al*, 1993)

การใส่อินทรียวัตถุ

อินทรียวัตถุมีผลต่อโครงสร้างของดิน ระดับ pH ระดับธาตุอาหาร และความสามารถในการอุ้มน้ำ ซึ่งทั้งหมดมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อประสิทธิภาพของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา Mader *et al.* (2000) ได้สำรวจการติดเชื้อในรากของ wheat, vetch-rye และ grass-clover พบว่า มีการติดเชื้อในรากที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีในระดับสูง ต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ประมาณ 30-60%

จากการศึกษาของ Verma and Arya (1998) ได้ทำการทดลองโดยปลูกไผ่ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ใช้วัสดุปลูก 2 ชนิด คือ ทรายผสมดินในอัตรา 1:1 และทรายผสมดินและปุ๋ยคอกในอัตรา 1:1:0.5 (v/v) หัวเชื้อที่ใช้คือหัวเชื้อที่ได้จากการ isolate จากบริเวณรากของไผ่และดินบริเวณรากของต้นสัก โดยได้ทดสอบการเจริญเติบโต การสะสมดินในส่วนเหนือดิน การติดเชื้อในราก และการสร้างสปอร์ พบว่าหลังจากการเพาะปลูก 12 เดือน หัวเชื้อมีผลในการเพิ่มความเข้มข้นของ P ในส่วนเหนือดิน การติดเชื้อในราก และการสร้างสปอร์อย่างมีนัยสำคัญในวัสดุปลูกทรายผสมดินในอัตรา 1:1 ส่วนการใส่อินทรียวัตถุ พบว่ามีอิทธิพลต่อการผลิตสปอร์ (เพิ่มขึ้น 5.3 – 17.8 เท่า) และช่วยในการเพิ่มความสูงและน้ำหนักแห้งของต้นไผ่ด้วย และพบว่าชนิดและปริมาณของอินทรียวัตถุมีผลต่อเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

Tanu *et al.* (2004) ได้ศึกษาผลของชนิดของอินทรียวัตถุ ในอัตราต่าง ๆ ต่อเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีอยู่ในดิน marginal alfisol โดยอินทรียวัตถุ 4 ชนิด คือ ปุ๋ยหมักจากใบไม้ ปุ๋ยหมักจากผัก ปุ๋ยคอกจากสัตว์ปีก และ sewage sludge ใน 4 อัตรา คือ 40, 80, 100 และ 120 ตันต่อเฮกตาร์ ตรวจวัดผลผลิตพืช (สมุนไพร) , essential oil content และศักยภาพของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีอยู่ในดิน พืชสมุนไพร ที่ใช้คือ 3 varieties ของ Cymbopogon winterianus (Manjusha, Mandakini และ BIO-13) พบว่าปุ๋ยคอกจากสัตว์ปีกในปริมาณ 100 ตันต่อเฮกตาร์ ทำให้มี essential oil content และ น้ำหนักแห้งสูงอย่างมีนัยสำคัญ ชนิดและปริมาณของอินทรียวัตถุมีอิทธิพลต่อ AMF infectious propagules ในดินอย่างมีนัยสำคัญ การใช้ปุ๋ยหมักจากใบไม้มีผลให้จำนวน AMF propagules สูงที่สุดในทั้ง 3 varieties ส่วนจำนวน AMF propagules น้อยที่สุดที่พบคือใน Mandakini ที่ใส่ sewage sludge ในอัตรา 40 ตันต่อเฮกตาร์

Baby and Manibhushanrao (1996) รายงานว่า อินทรียวัตถุมีอิทธิพลต่อกิจกรรมของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในข้าวที่มีเชื้อ *Rhizoctonia solani* พบว่าความหนาแน่นของสปอร์เปอร์เซ็นต์การติดเชื้อในราก และความหนาแน่นในรากสูงขึ้นเมื่อใช้อินทรียวัตถุ โดยเฉพาะปุ๋ยหมักจากใบไม้จะกระตุ้นพัฒนาการของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในข้าว จากการทดลองชี้ให้เห็นว่าการเลือกใช้ชนิดของปุ๋ยหมักที่เหมาะสมจะส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และมีผลต่อการต้านทานโรคด้วย

Muthukumar and Udaiyan (2002) สนับสนุนว่าประสิทธิภาพของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เป็นผลมาจากการตอบสนองต่ออินทรียวัตถุชนิดต่างๆ และสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงประชากรของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่เฉพาะเจาะจง

Gaur and Adholely (2000) รายงานว่าการใช้ปุ๋ยหมักช่วยให้พบประชากรของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเพิ่มขึ้น เมื่อปลูกพืช 5 ชนิด คือ *Zea mays, Medicago sativa, Trifolium*

alexandrinum, Avena sativa และ *Sorghum vulgare* ใน sandy loam ที่ใส่อินทรียวัตถุ นอกจากนี้ พบว่า น้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินและราก และ total P และ N ในพืชทุกชนิดสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้เชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

ชนิดและปริมาณของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

การเลือกใช้เชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้เหมาะสมกับพืช เป็นปัจจัยที่สำคัญ Taylor and Harrier (2001) ได้ศึกษาความแตกต่างของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 9 ชนิด ในการส่งเสริมการเจริญเติบโต พัฒนาการและการดูดใช้ธาตุอาหารพืชของสตรอเบอรี่พันธุ์ Elvira เชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ได้แก่ *Glomus clarum, G. etunicatum, G. intraradices, Gigaspora gigantea, Gi. Margarita, Gi. Rosea, Scutellospora calospora, S. heterogama* และ *S. persica* โดยใช้ในอัตรา 50 infective unit ต่อกระถาง พบว่า หลังจากปลูกต้นอ่อนสตรอเบอรี่ได้ 15 สัปดาห์ เชื้อราอาบัสคูลาไมคอร์ไรซาใน species Glomud มีการเข้ารากสูงที่สุด รองลงมาคือ species Gigaspora และ Scutellopora ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการเข้ารากของเชื้อราแต่ละ species พบว่า *G. clarum* มีการเข้ารากมากที่สุดและ *S. persica* มีการเข้ารากและการเกิดอาร์บัสคูลน้อยที่สุด และพบว่า *G. intraradices* มีน้ำหนักในส่วนเหนือดินและรากสูงอย่างมีนัยสำคัญ ในแง่การดูดธาตุอาหาร ดำรับที่ใช้ *Glomus* และ *Gigaspora* ในทุก species มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของแมกนีเซียม นอกจากนี้ Lamyong and Srisarakam (1996) ซึ่งพบว่า การใช้หัวเชื้อผสมระหว่าง *Glomus sp.* กับ *Acaulospora sp.* ทำให้การติดเชื้อในรากสูงกว่าการใช้หัวเชื้อเดี่ยวและมีความต้านทานต่อเชื้อ *Rhizoctonia fragariae*

Linderman and Davis (2004) ได้ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้เชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ชนิดต่างๆ กับ marigold ภายใต้สภาวะที่มี P ต่ำ พืชที่ปลูกมี American-type French-type และ Mexican-type พบว่ามีการตอบสนองในด้านน้ำหนักของส่วนเหนือดินและราก และพบว่าการติดเชื้อในรากมีความเปลี่ยนแปลงที่กว้างมากคือ ตั้งแต่ต่ำกว่า 10% ถึง มากกว่า 70% โดย *Glomus intraradices, G.mosseae* และ *G.deserlicola* ส่วน *Gigaspora albida* ไม่พบการติดเชื้อในรากเลย พบว่าชนิดของพืช และชนิดของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีอิทธิพลต่อความหนาแน่นของการติดเชื้อรวมถึงอาร์บัสคูลเวสสิเคิล และเส้นใย

นอกจากชนิดของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาแล้ว อัตราการใช้หัวเชื้อที่เหมาะสมต่อพืชก็มีความสำคัญเช่นกัน Silva *et al.* (1996) ศึกษาบทบาทของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อสตรอเบอรี่พันธุ์ Sweet heart เมื่อใส่เชื้อาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา *Glomus intraradices* ในอัตราที่แตกต่างกัน 6 อัตรา ซึ่งอยู่ในช่วง 0-12,000 สปอร์/ต้น พบว่า ความสูงของลำต้น พื้นที่ใบ และ

จำนวนใบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในตำรับที่ใช้อัตราสปอร์ 750-12,000 สปอร์/ต้น ในการปลูกในแปลงทดลอง และสำหรับการทดลองในโรงเรือน พบว่า เปอร์เซ็นต์การเข้ารากกับอัตราการใส่สปอร์มีความสัมพันธ์กันแบบเป็นเส้นตรง แต่พบว่า สตรอเบอร์รี่ที่ไม่มีการใส่เชื้อมีการติดเชื้อที่มีอยู่ในดินธรรมชาติ แต่ต้นที่มีการใส่เชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีจำนวนไหลมากกว่าและพบปริมาณธาตุ Ca และ Cu ในใบเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราการใส่สปอร์ ต้นที่มีการใส่เชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งมากกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ น้ำหนักรากเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงและมีนัยสำคัญทางสถิติตามอัตราการใส่สปอร์ อัตราการใส่สปอร์ 750 สปอร์/ต้น เป็นอัตราที่เพียงพอสำหรับต้นสตรอเบอร์รี่ ในการตอบสนองต่อเชื้อ

Guar *et al.* (1998) ได้เปรียบเทียบการใช้หัวเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในพริก (capsicum) และ ploianthes ในดินที่ใส่อินทรียวัตถุ การทดลองเปรียบเทียบหัวเชื้อผสมพันธุ์พื้นเมือง เชื้อ *G. intraradices* และหัวเชื้อทางการค้า พบว่า *G. intraradices* มีผลต่อผลผลิตของพืชทั้ง 2 ชนิด โดยผลผลิตเพิ่มขึ้น 112% และ 45% ตามลำดับและหัวเชื้อทางการค้าเพียงชนิดเดียวที่ทำให้พืชมีผลผลิตเพิ่ม คือ Mycorise การเข้าสู่รากของ polianthes สูงกว่า capsicum รากที่มีเชื้อ *G. intraradices* มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อในรากมากกว่า 68% และพบว่า เชื้อผสมพันธุ์พื้นเมืองมีการสร้างสปอร์สูงที่สุด และหัวเชื้อทางการค้าต่ำที่สุด

ประโยชน์ของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทางการเกษตร

ประโยชน์ด้านต่าง ๆ ของเชื้อรานั้นมีผลกระทบต่อดิน สิ่งแวดล้อมและพืช ดังนี้

1. ช่วยให้พืชดูดกินอาหารได้มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุฟอสฟอรัสซึ่งเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ยากในดิน Bolan (1991) พบว่า เชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มการดูดธาตุอาหารที่เคลื่อนที่ไม่ได้ในพืช (immobile nutrients) โดยเฉพาะฟอสฟอรัส และ Bell *et al.* (1989) ซึ่งได้ศึกษาบทบาทของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการปลูกถั่วลิสง พบว่าเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาส่งเสริมการดูดใช้ฟอสฟอรัสในถั่วลิสง มีอัตราการเจริญเติบโต และความเข้มข้นของ P ในเนื้อเยื่อมากกว่าต้นที่ไม่ได้ใส่เชื้ออย่างมีนัยสำคัญ

เส้นใยของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะช่วยทำหน้าที่ในการละลายธาตุอาหารในดินให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ทั้งต่อพืชและเชื้อรา เส้นใยในดินจะมีปริมาณมากและชอนไชไปในดินได้อย่างกว้างขวางและทั่วถึง บางครั้งอาจมีความยาวของเส้นใยมากกว่า 10 เมตรต่อกรัมของดินได้ (Mala, 2000 อ้างโดย ธงชัย, 2546) เส้นใยของเชื้อราสามารถละลายฟอสเฟตจากสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ซึ่งความสามารถนี้ของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะแตกต่างกันออกไป

2. ลดความเป็นพิษของสารเคมีที่ใช้ในการเกษตร และสารโลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนและสัตว์เลี้ยงทั่วไป เพราะสารพิษเหล่านี้มีโอกาสปนเปื้อนลงสู่ดินได้ทุกขณะ และจะทวีความรุนแรงมากขึ้นตามลำดับ

3. พืชที่มีเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่ที่รากจะมีความสามารถในการทนแล้งได้มากกว่ารากปกติ เป็นเพราะว่าเส้นใยช่วยดูดน้ำให้แก่พืชได้ด้วย Sieverding (1991) รายงานว่าในสภาพดินที่มีความแห้งแล้งเส้นใยของเชื้อราทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างรากพืชและน้ำในดิน โดยเส้นใยจะดูดน้ำที่ฉาบอยู่ที่ผิวเม็ดดินแล้วนำไปยังรากพืช โดยพืชยังคงคายน้ำเป็นปกติ พืชที่มีเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถฟื้นตัวเร็วกว่าพืชที่ไม่มีเชื้อราอาศัยอยู่หลังจากผ่านสภาพเครียดน้ำ และจากการทดลองของ Subramanian *et al.* (1995) พบว่า ข้าวโพดทนทานต่อสภาพแห้งแล้งนาน 3 สัปดาห์หลังจากที่ข้าวโพดออกฝักอ่อน และยังพบว่า อัตราการคายน้ำและปริมาณน้ำในใบตอนเที่ยงวันของข้าวโพดที่มีเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสูงกว่าที่ไม่มีเชื้ออาศัยอยู่ ส่วนความต้านทานของปากใบที่มีเชื้อจะต่ำกว่าที่มีเชื้ออาศัยอยู่ พื้นที่สีเขียวของใบจะสูงกว่าถึง 27.55%

4. ลดความรุนแรงของการเกิดโรคของพืชอันเนื่องมาจากเชื้อสาเหตุที่อาศัยอยู่ในดิน เช่น โรครากเน่า เป็นต้น Norman and Hooker (2000) รายงานว่า เชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีศักยภาพในการควบคุมโรคจากเชื้อ *Phytophthora spp.* อย่างมีนัยสำคัญ ในการทดลองพบว่า exudates ที่ปล่อยมาจากรากพืชที่มีเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลต่อการเกิดสปอร์ของ *P.fragariae* ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับพืชที่ไม่มีเชื้อ การทดลองแสดงให้เห็นว่าหลังจากที่มีการปลดปล่อย exudate ออกมาจากรากสตรอเบอร์รี่ที่มีเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา *Glomus etunicatum* และ *Glomus monosporum* แล้ว 48 ชั่วโมง การสร้างสปอร์ของ *P.fragariae* ลดลง 67% และ 64% ตามลำดับและหลังจากผ่านไป 72 ชั่วโมง การสร้างสปอร์ลดลง 83% และ 89%

การใช้เชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร่วมกับการปลูกสตรอเบอร์รี่

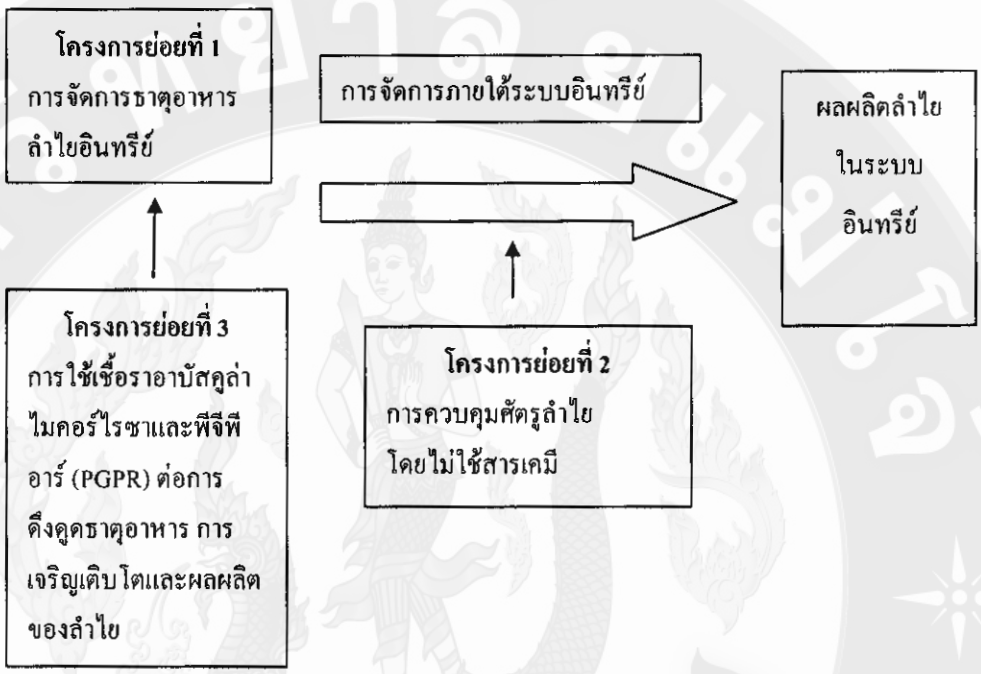
Vestberg (1992) ได้ทดลองปลูกสตรอเบอร์รี่ 10 การทดลอง แบ่งเป็น 4 การทดลองแรกใช้สตรอเบอร์รี่ช่วง early maturing 3 การทดลองใช้ late maturing และ 3 การทดลองเป็นแบบพิเศษ ใช้หัวเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 6 strain ศึกษาในด้านการเจริญเติบโต และการติดเชื้อในรากของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา พบว่าเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 3 species คือ *Glomus macrocarpum, G.mosseae* และ *G. sp* V4 ส่งเสริมการเจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญ ในสตรอเบอร์รี่พันธุ์ Jonsok ตอบสนองต่อเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ทั้ง 6 species และพันธุ์ Ostara

ตอบสนองต่อเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่ำที่สุด เชื้อราที่เพิ่มการเจริญเติบโตในส่วนเหนือดินสูงที่สุดยังส่งเสริมการสร้างไหลมากที่สุดด้วย

Niemi and Vesberg (1992) ได้ศึกษาผลของการใช้หัวเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของสตรอเบอร์รี่พันธุ์ Senga Sengana โดยได้ศึกษาในตอนใต้ของประเทศฟินแลนด์ทดสอบโดยใช้ *Glomus spp.* Strain ต่าง ๆ ถึงแม้ว่าไม่มีหัวเชื้อใดทำให้เปอร์เซ็นต์การติดเชื้อในรากสูงกว่าระดับการติดเชื้อที่มีอยู่ในธรรมชาติ แต่การใช้หัวเชื้อทุกชนิดทำให้การเกิดไหลมีมากกว่า Control ในปีแรกของการเพาะปลูกพบว่าการใช้ *G.intraradix, G.etunicatum* และ *Glomus sp.* E3 ทำให้จำนวนไหลเพิ่มขึ้น 57% 69% และ 76% ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามไม่พบการเพิ่มจำนวนไหลอย่างมีนัยสำคัญในปีที่ 2 รวมถึงไม่มีการเพิ่มผลผลิตด้วย ในปีที่ 3 พบว่า *Glomus sp.* E3 มีประสิทธิภาพสูงที่สุดที่ทำให้เกิดไหล ซึ่งเพิ่มขึ้น 30% สตรอเบอร์รี่ที่ใส่ *G.mosseae* ผลิตไหลได้น้อยแต่ไหลมีขนาดใหญ่กว่า Control

กรอบแนวคิดในการดำเนินงานวิจัย

กรอบแนวความคิดของแผนงานวิจัยและความเชื่อมโยงระหว่างโครงการย่อย ที่เกิดขึ้นในแผนงานวิจัย



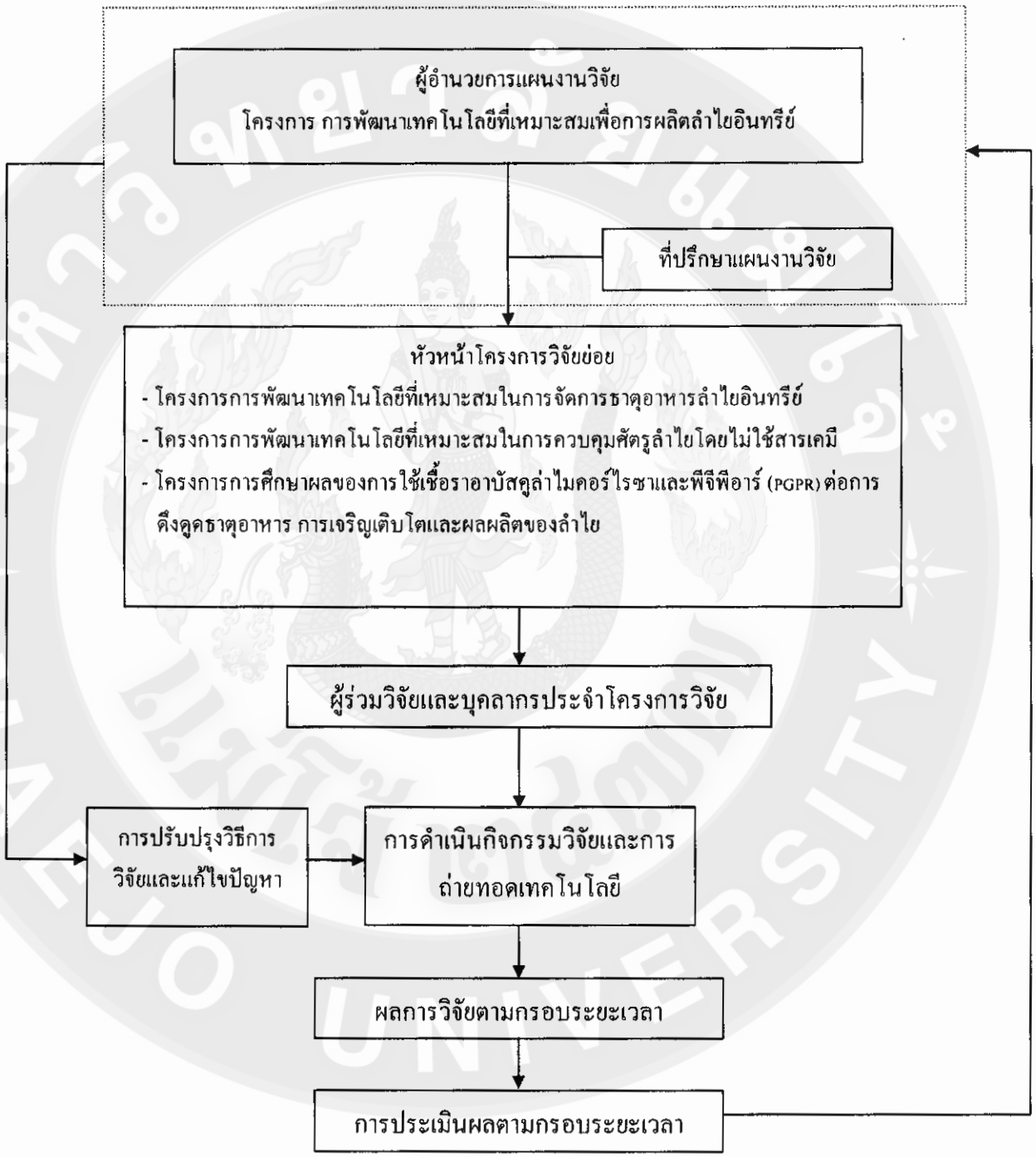
ภาพที่ 1 กรอบแนวความคิดของแผนการวิจัยและผลที่คาดว่าจะได้รับเมื่อสิ้นสุดการวิจัย

การให้ผลผลิตและคุณภาพที่ดีของลำไยมีพื้นฐานมาจากปัจจัยด้านสภาพความสมบูรณ์ของต้นลำไย และการปราศจากการเข้าทำลายของศัตรูพืช กล่าวคือ มีปริมาณธาตุอาหารในต้นอย่างเพียงพอ เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตพัฒนาลำต้นและผล และไม่มีโรคแมลงเข้าทำลายในระยะการเจริญทางกิ่งใบและผลผลิต แต่ในสภาพการผลิตลำไยอินทรีย์จะไม่สามารถใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ จำเป็นจะต้องใช้ปุ๋ยอินทรีย์ และวิธีการควบคุมศัตรูพืชโดยไม่ใช้สารเคมี ความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความสมบูรณ์ของต้นพืช ซึ่งขึ้นกับชนิดของดิน และการใส่ปุ๋ย และปริมาณผลผลิตลำไยในแต่ละปี ซึ่งปริมาณธาตุอาหารในดินที่มีอยู่ตามธรรมชาติจะลดน้อยลงตามปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับผลผลิตทุกปี การใส่ปุ๋ยอินทรีย์กลับคืนลงไปเพื่อรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินอย่างยั่งยืนจึงต้องเพียงพอ แต่ปัญหาของปุ๋ยอินทรีย์คือวัตถุดิบที่ผลิตปุ๋ยมีปริมาณธาตุอาหารค่อนข้างต่ำ และระดับธาตุอาหารที่ปลดปล่อยสู่ดินไม่เท่ากัน มีองค์ประกอบธาตุอาหารไม่ครบทุกธาตุ กรอบแนวคิดของการวิจัยเพื่อการจัดการธาตุ

อาหารลำไยอินทรีย์ จึงมุ่งคัดเลือกวัตถุดิบที่สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารหลักแก่ต้นลำไยได้อย่างมีประสิทธิภาพและพอเพียง และหาสัดส่วนที่เหมาะสมของการนำวัตถุดิบชนิดต่างๆ มาผสมกันเพื่อให้มีปริมาณธาตุอาหารหลักที่ครบถ้วน ในขณะที่การควบคุมศัตรูพืชโดยไม่ใช้สารเคมีมีแนวทางในการใช้สารสกัดจากพืช จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ หรือการปลูกในเรือนโรง ซึ่งแนวทางเหล่านี้เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ภูมิปัญญาตนเองในการลองผิดลองถูก ยังขาดการศึกษาวิจัยและหาวิธีการที่มีประสิทธิภาพอย่างแท้จริง กรอบแนวคิดจึงมุ่งศึกษาชนิดสารสกัดจากพืชหรือวิธีการอื่นๆ ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมโรคและแมลง ส่วนการใช้จุลินทรีย์ดินพวกราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซา และ PGR มีรายงานในพืชหลายชนิดโดยเฉพาะไม้ป่าและไม้โตเร็วว่าช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดึงดูดธาตุอาหาร และสร้างอาหารให้แก่พืชโดยอาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์ การศึกษาคัดเลือกและหาวิธีการในการใช้จุลินทรีย์ดินที่มีประสิทธิภาพต่อการส่งเสริมการเติบโตของลำไยจึงมีความสำคัญและนำไปสู่การผลิตลำไยได้อย่างยั่งยืน ทั้งนี้ผลการวิจัยทั้งหมดจากแผนงานวิจัยชุดนี้จะนำมาประมวลผลเข้าด้วยกัน จะสามารถสังเคราะห์ชุดเทคโนโลยีที่ช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพลำไยอินทรีย์ได้อย่างยั่งยืน และช่วยลดต้นทุนการผลิต

การบริหารแผนงานวิจัยและกิจกรรมภายใต้แผนงานวิจัย

1. ผังระบบการบริหารแผนงานวิจัยและความเสี่ยง



ภาพที่ 2 ผังระบบการบริหารแผนงานวิจัยและความเสี่ยง

มีโครงการย่อยจำนวน 3 โครงการ และกิจกรรมบริหารแผนงานวิจัย รวม 9 กิจกรรม ประกอบรายละเอียดตามลำดับขั้นตอนและชื่อผู้รับผิดชอบกิจกรรมดังนี้

ตารางที่ 11 กิจกรรมการบริหารแผนงานวิจัย

ลำดับ	รายละเอียดกิจกรรม	โครงการย่อยที่	ผู้รับผิดชอบ
1	ประชุมวางแผนดำเนินงาน	การบริหารแผนงาน	ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร
2	กิจกรรมที่ 1.1 การสำรวจความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณธาตุอาหารในใบ และการให้ผลผลิตของลำไยอินทรีย์ที่ปลูกในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน	1	ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร
3	กิจกรรมที่ 1.2 ผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่ให้ทางดินต่อระดับธาตุอาหารในดิน การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในของลำไยอินทรีย์พันธุ์อีดอ	1	ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร
4	กิจกรรมที่ 1.3 ผลของมูลค้างคาว และโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหาร ปริมาณน้ำตาลในผล คุณภาพเปลือก สีผิว และคุณภาพผลลำไย	1	ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร
5	กิจกรรมที่ 1.4 ผลของการใช้พืชตระกูลถั่วเป็นปุ๋ยพืชสดต่อระดับไนโตรเจนในดิน การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในใบ การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตลำไย	1	ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร
6	กิจกรรมที่ 1.5 ผลของปุ๋ยอินทรีย์สูตรเชิงผสมที่ให้ทางดินต่อระดับธาตุอาหารในดิน การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในใบ และผลผลิตของลำไย	1	ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร
7	กิจกรรมที่ 1.6 ผลของชนิดดิน และการให้ปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโต การออกดอกและการให้ผลผลิตลำไย	1	ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร
8	กิจกรรม 2.1 ผลของการใช้สารสกัดจากพืชน้ำส้มควันไม้ และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการระบาดของศัตรูลำไย ภายใต้สภาพแปลงปลูก	2	พัชราภรณ์ ณ นคร จักรพงษ์ ไชยวงศ์ สุรชัย ศาลิรัศ และวรัญญู แก้วดวงตา

ลำดับ	รายละเอียดกิจกรรม	โครงการย่อยที่	ผู้รับผิดชอบ
9	กิจกรรม 2.2 ผลการใช้สารสกัดจากพืช น้ำส้มควันไม้และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการระบาดของศัตรูลำไย ภายใต้โรงเรือนมุ้งตาข่าย	2	พัชราภรณ์ ณ นคร สุรินทร์ ดีสีปาน สุรชัย ศาลิรัศ และวรัญญู แก้วดวงตา
10	กิจกรรมย่อย 3.1 การสำรวจและเก็บตัวอย่างเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาในดินบริเวณใต้ทรงพุ่มจากสวนลำไย 6 อำเภอ เขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน	3	นงลักษณ์ ปุระณะพงษ์ และจีราภรณ์ อินทสาร
11	กิจกรรมย่อย 3.2 การศึกษาการใช้เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาและพีจีพีอาร์ (PGPR) ต่อการดึงดูดธาตุอาหาร การเจริญเติบโตและผลผลิตของลำไย	3	นงลักษณ์ ปุระณะพงษ์ และจีราภรณ์ อินทสาร
12	กิจกรรมย่อย 3.3 การทดลองประสิทธิภาพของเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าลำไยในกระถาง	3	นงลักษณ์ ปุระณะพงษ์ และจีราภรณ์ อินทสาร
13	นำเสนอผลงานวิจัย		นักวิจัยทุกท่าน
14	จัดทำรายงานความก้าวหน้า และรายงานฉบับสมบูรณ์		ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร

2. ขั้นตอนการบริหารงาน

1. ประชุมคณะกรรมการบริหารแผนซึ่งประกอบด้วยผู้อำนวยการแผนวิจัย ที่ปรึกษาโครงการวิจัย และหัวหน้าโครงการวิจัย เพื่อระดมสมองกำหนดโจทย์วิจัย หัวข้อการวิจัย และกิจกรรมในการดำเนินโครงการ พร้อมทั้งกำหนดภาระงานของบุคลากรประจำโครงการ ได้แก่ หัวหน้าโครงการวิจัย ผู้ร่วมวิจัย ผู้ช่วยนักวิจัย นักศึกษาปริญญาโทฝึกงานวิจัย รวมทั้งกำหนดมาตรฐานการประเมินผล และระยะเวลาในการประเมินผล

2. หัวหน้าโครงการวิจัยของแต่ละโครงการวิจัย ประชุมทีมงานในโครงการเพื่อชี้แจงกิจกรรม การวิจัย และมอบหมายภาระหน้าที่ความรับผิดชอบ

3. การดำเนินกิจกรรมการวิจัย และถ่ายทอดเทคโนโลยี ภายใต้การกำกับดูแลของผู้อำนวยการแผนงานวิจัย

4. การประเมินผลการวิจัยตามกรอบระยะเวลา และกำหนดการประเมินผลทุก 3 เดือน โดยหัวหน้าโครงการวิจัยนำผลประเมินเสนอต่อผู้อำนวยการแผนงานวิจัย และที่ปรึกษาโครงการวิจัย เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงวิธีวิจัย หรือแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินกิจกรรม

แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 12 แผนการดำเนินงานทั้ง 2 ปี

กิจกรรม	ปีที่1												ปีที่2											
	2553			2554									2554			2555								
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการจัดการธาตุอาหารลำไยอินทรีย์	→																							
1) เตรียมวัสดุอุปกรณ์และวัตถุดิบปุ๋ยอินทรีย์	→											→												
2) ศึกษาผลของการใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด	→											→												
3) ศึกษาผลของวัตถุดิบปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ	→											→												
4) ศึกษาการใช้ปุ๋ยอินทรีย์สูตรผสม											→					→					→			
5) การสำรวจความอุดมสมบูรณ์ของดิน	→										→													
6) ศึกษาผลของชนิดดินและการให้ปุ๋ยอินทรีย์											→					→					→			
7) ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อคุณภาพผล	→											→												
8) ผลของการพ่นปุ๋ยน้ำอินทรีย์ต่อการเพิ่มขนาดผล	→											→												
9) การรายงานผลการวิจัย							→					→						→						
2. การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการควบคุมศัตรูลำไยโดยไม่ใช้สารเคมี																								
1) เตรียมวัสดุอุปกรณ์และสร้างโรงเรือน	→																							
2) ทดสอบสารสกัดจากพืชควบคุมแมลงลำไย	→											→												
3) ทดสอบสารสกัดจากพืชควบคุมโรคลำไย	→											→												
4) การควบคุมลำไยในโรงเรือนมุ้งตาข่าย	→											→	→										→	
5) การรายงานผลการวิจัย							→					→						→						

ตารางที่ 12 (ต่อ)

กิจกรรม	ปีที่1												ปีที่2											
	2553			2554									2554			2555								
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3. การศึกษาผลของการใช้เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาและพีจีพีอาร์ (PGPR) ต่อการดึงดูดธาตุอาหาร การเจริญเติบโตและผลผลิตของลำไย																								
1) เตรียมวัสดุอุปกรณ์การวิจัย			→																					
2) การคัดเลือกราเอ็คโตไมคอร์ไรซาและศึกษาผลต่อการเจริญเติบโตกล้าลำไย			→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→										
3) ศึกษาผลของวีเอไมคอร์ไรซาร่วมกับ PGPR ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตลำไยในแปลงปลูก			→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
4) ศึกษาผลของราไมคอร์ไรซาร่วมกับ PGPR ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของกล้าลำไย													→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
5) การรายงานผลการวิจัย						→						→					→							

ความเสี่ยงและแนวทางบริหารความเสี่ยงของแผนงานวิจัย

แผนงานวิจัยนี้มีความความเสี่ยงด้านการติดผลผลิตเนื่องจากการติดดอกมีอิทธิพลจากการกระตุ้นด้วยอุณหภูมิต่ำ แนวทางการบริหารความเสี่ยงพอสรุปได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 13 ความเสี่ยงและแนวทางบริหารความเสี่ยงของแผนงานวิจัย

อันดับ	ความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้น	แนวทางบริหารความเสี่ยง
1	ความเพียงพอของระดับธาตุอาหารที่ได้จากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์	คำนวนความต้องการเบื้องต้นของความต้องการแล้วคำนวนเป็นปริมาณของปุ๋ยอินทรีย์ที่ใส่
2	การทดสอบของพืชที่ใช้ในการเป็นปุ๋ยพืชสดในการทดแทนปุ๋ยอนินทรีย์ไนโตรเจน	พยายามปลูกเพื่อให้ได้ชีวมวลเพียงพอต่อความต้องการของพืช และในพืชสามารถเติบโตภายใต้ทรงพุ่ม
3	การใช้สารสกัดจากธรรมชาติและเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์อาจไม่สามารถกำจัดศัตรูพืชได้	ใช้ความเข้มข้นที่เหมาะสม และมีงานทดสอบก่อน แต่อาจไม่ตอบสนองกับการใช้ในลำไย
4	การทดสอบในแปลงทดสอบอาจมีปัจจัยหลายอย่างที่ไม่สามารถควบคุมได้	นำวิธีการทดสอบทั้งในโรงเรือนและในกระถาง

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การบริหารแผนงานวิจัย ประกอบด้วย

- จัดประชุมเพื่อชี้แจ้งแผนงานวิจัยการทำงานและเป้าหมายของงานวิจัย และติดตามการดำเนินงานเป็นระยะทุกๆ 3 เดือน
- จัดทำรายงานความก้าวหน้าต่อแหล่งทุนทุกรอบการดำเนินการ
- จัดสรรงบประมาณตามโครงร่างที่เสนอและจัดเก็บหลักฐานเพื่อการตรวจสอบตามระเบียบราชการ
- เข้าร่วมเสาวนาความก้าวหน้าโครงการลำไยที่จัดในมหาวิทยาลัยแม่โจ้

โครงการย่อยที่ 1 ประกอบด้วย

กิจกรรมที่ 1.1 การสำรวจความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณธาตุอาหารในใบ และการให้ผลผลิตของลำไยอินทรีย์ที่ปลูกในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน

กิจกรรมที่ 1.2 ผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่ให้ทางดินต่อระดับธาตุอาหารในดิน การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในของลำไยอินทรีย์พันธุ์อีดอ

กิจกรรมที่ 1.3 ผลของมูลค้างคาว และโดโลไมท์ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหาร ปริมาณน้ำตาลในผล คุณภาพเปลือก สีผิว และคุณภาพผลลำไย

กิจกรรมที่1.4 ผลของการใช้พืชตระกูลถั่วเป็นปุ๋ยพืชสดต่อระดับไนโตรเจนในดิน การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในใบ การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตลำไย

กิจกรรมที่ 1.5 ผลของปุ๋ยอินทรีย์สูตรเชิงผสมที่ให้ทางดินต่อระดับธาตุอาหารในดิน การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในใบ และผลผลิตของลำไย

กิจกรรมที่ 1.6 ผลของชนิดดิน และการให้ปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโต การออกดอกและการให้ผลผลิตลำไย

โครงการย่อยที่ 2 ประกอบด้วย

กิจกรรมที่ 2.1 ผลของการใช้สารสกัดจากพืช น้ำส้มควันไม้ และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการระบาดของศัตรูลำไย ภายใต้สภาพแปลงปลูก

กิจกรรมที่ 2.2 ผลการใช้สารสกัดจากพืช น้ำส้มควันไม้และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการระบาดของศัตรูลำไย ภายใต้โรงเรือนมุ้งตาข่าย

โครงการย่อยที่ 3 ประกอบด้วย

กิจกรรมที่ 3.1 การสำรวจและเก็บตัวอย่างเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาในดินบริเวณใต้ทรงพุ่มจากสวนลำไย 6 อำเภอ เขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน

กิจกรรมที่ 3.2 การศึกษาการใช้เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาและพีจีพีอาร์ (PGPR) ต่อการดึงดูดธาตุอาหาร การเจริญเติบโตและผลผลิตของลำไย

กิจกรรมที่ 3.3 การทดลองประสิทธิภาพของเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าลำไยในกระถาง

แผนการสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่จากการวิจัยตามแผนงานวิจัย

1. เป็นพี่เลี้ยงให้นักวิจัยรุ่นใหม่เพื่อทำหน้าที่หัวหน้าโครงการวิจัย 1 ท่าน (คุณพัชราภรณ์ ณ นคร)
2. ดำเนินการรับผู้ช่วยนักวิจัยวุฒิปริญญาโทที่เพิ่งจบการศึกษา เพื่อทำงานหาประสบการณ์วิจัยในโครงการ กับนักวิจัยที่มีประสบการณ์ (จำนวน 3 คน ที่มีความรู้เฉพาะด้าน ประกอบด้วย ด้านสรีระของพืช ด้านโรคและแมลงศัตรูพืช และด้านจุลินทรีย์และธาตุอาหาร)
3. รับนักศึกษาปริญญาโทสาขาวิชาพืชสวน และสาขาวิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม เพื่อเข้าร่วมหาประสบการณ์ในการวิจัยของโครงการ

สรุปผลการดำเนินการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยทั้ง 3 โครงการย่อยภายใต้แผนงานวิจัยนี้สามารถสรุปผลการดำเนินการโดยรวมดังนี้คือ

1. การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการจัดการธาตุอาหารลำไยอินทรีย์

การศึกษาความเหมาะสมของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ต่างๆ ในการผลิตลำไยอินทรีย์ในสภาพดินที่แตกต่างกัน เพื่อเป้าหมายรวมต่อการสร้างความสมบูรณ์แก่ต้นลำไย ให้มีผลผลิตสูงและคุณภาพดี ลดต้นทุนการผลิต โดยได้ดำเนินการศึกษาทั้งหมด 6 กิจกรรมต่อไปนี้ กิจกรรมที่ 1 การสำรวจความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณธาตุอาหารในใบ และการให้ผลผลิต ของลำไยอินทรีย์ที่ปลูกในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ทำการสำรวจและสุ่มคัดเลือกสวนลำไยอินทรีย์ที่ปลูกในพื้นที่ลุ่มจำนวน 5 สวนและในพื้นที่ดอนจำนวน 5 สวน ทำการสุ่มคัดเลือกต้นลำไยสวนละ 5 ต้น รวมทั้งหมด 50 ต้น เก็บข้อมูลปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในดินและใบลำไยก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต รวมถึงคุณภาพของผลผลิตลำไยอินทรีย์ จากการศึกษาพบว่า การผลิตลำไยในระบบอินทรีย์ถือว่าให้ปริมาณธาตุอาหารสะสมในดินเพียงพอต่อความต้องการของลำไย รวมถึงคุณภาพของผลผลิตที่มีมาตรฐานตรงกับความต้องการของตลาด สำหรับสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกันทำให้มีการจัดการภายในพื้นที่แตกต่างกันออกไป จึงส่งผลให้ความอุดมสมบูรณ์ดิน ปริมาณธาตุอาหารในใบ และปริมาณผลผลิตแตกต่างกันออกไป โดยพื้นที่ลุ่มซึ่งเกษตรกรมีการจัดการให้น้ำที่เหมาะสมทำให้ปุ๋ยอินทรีย์มีการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อลำไยมากกว่าพื้นที่ดอนที่มีข้อจำกัดในเรื่องของแหล่งน้ำ หากเกษตรกรสามารถแก้ไขปัจจัยเรื่องของแหล่งน้ำได้ลักษณะของพื้นที่ก็จะไม่ส่งผลกระทบต่อการผลิตลำไยในรูปแบบอินทรีย์มากนัก กิจกรรมที่ 2 ผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่ให้ทางดินต่อระดับธาตุอาหารในดิน การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในใบของลำไย

อินทรีย์พันธุ์อีดอ ทำการศึกษาโดยการใช้ มูลวัว รำข้าว กากถั่วเหลือง มูลค้างคาวและหินฟอสเฟต มาหมักเป็นปุ๋ยอินทรีย์แล้วนำไปใช้ในอัตรา 10 กก. /ต้น พบว่า การใช้มูลวัวจะให้ปริมาณธาตุอาหารแคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี สะสมในดินสูงที่สุด ในขณะที่การเลือกใช้ มูลค้างคาว รำข้าว และ หินฟอสเฟต มาเป็นวัตถุดิบ จะให้ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมสะสมในดินสูงที่สุด แต่ถ้าหากดินมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงจนเกินไปก็จะส่งผลต่อการดูดใช้จุลธาตุลดลง โดยเฉพาะ สังกะสี ในขณะที่ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในใบจะแปรผันตรงกับปริมาณธาตุอาหารในดิน กิจกรรมที่ 3 ผลของมูลค้างคาว และโดโลไมท์ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในดิน และคุณภาพผลลำไย ทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการไม่ใส่ปุ๋ย ใส่มูลค้างคาวและใส่โดโลไมท์ พบว่า การใส่มูลค้างคาว โดโลไมท์ หรือไม่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ จะให้ปริมาณอินทรียวัตถุ โพแทสเซียม และแมกนีเซียม สะสมในดินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ หากเลือกใช้มูลค้างคาวจะให้ปริมาณของ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ สังกะสี และ ทองแดงสะสมในดินสูงกว่าการใช้โดโลไมท์ แต่ถ้ามีการใช้โดโลไมท์จำนวนมากเกินไปหรือใช้ติดต่อกันเป็นเวลานานจะส่งทำให้ค่าความเป็นด่างของดินบริเวณใต้ต้นลำไยสูงขึ้นและมีปริมาณแคลเซียมสะสมในดินสูง ในขณะที่การใส่มูลค้างคาวจะให้ความยาว ความกว้าง ความหนาของผลลำไยและน้ำหนักต่อผลเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อเทียบกับตำหรับที่มีการใส่โดโลไมท์และไม่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ หากไม่มีการใช้ปุ๋ย ความหนาของเปลือกและความหวานของผลจะมีปริมาณลดลงแต่ความหนาของเนื้อจะเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับลำไยที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ กิจกรรมที่ 4 ผลของการใช้พืชตระกูลถั่วเป็นปุ๋ยพืชสดต่อระดับธาตุอาหารในดิน การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในใบ และการให้ผลผลิตลำไย ทำการศึกษาโดยปลูกถั่วดำ และปลูกถั่วแดงทำเป็นปุ๋ยพืชสดจากนั้นทำการศึกษาปริมาณธาตุอาหารในดินและคุณภาพของผลผลิตลำไย พบว่า การปลูกถั่วดำและปลูกถั่วแดงแล้วไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดบริเวณทรงพุ่มต้นลำไย ให้ปริมาณธาตุอาหารสะสมในดินน้อยและไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับดินที่ไม่มีการปลูกถั่ว นอกจากนี้การปลูกถั่วยังส่งผลให้ดินบริเวณใต้ทรงพุ่มมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากช่วงเวลาที่ทำปุ๋ยพืชสดสั้นเกินไป ต้นถั่วมีการดูดใช้ธาตุอาหารในดินบริเวณใต้ทรงพุ่มลำไย และเมื่อไถกลบปริมาณธาตุอาหารที่ได้จากการปลูกถั่วยังไม่มีการปลดปล่อยออกมา เนื่องจากปัจจัยเรื่อง เวลา สภาพแวดล้อมต่างๆ เช่นเดียวกันกับ ขนาดของผล ความหนาของเนื้อลำไย น้ำหนักผล น้ำหนักแห้ง ความหนาเปลือกและเปอร์เซ็นต์ความหวานของผลลำไยหลังจากการใช้ปุ๋ยพืชสดด้วยกรรมวิธีต่างๆ พบว่าทั้ง 3 กรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ กิจกรรมที่ 5 ผลของปุ๋ยอินทรีย์สูตรเชิงผสมที่ให้ทางดินต่อระดับธาตุอาหารในดิน การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในใบ และผลผลิตของลำไย ทำการศึกษาโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์สูตรเกษตรกรและใช้ปุ๋ยอินทรีย์เชิงผสมสูตร วช. พบว่า การใส่ปุ๋ยลำไยอินทรีย์ทั้งสองกรรมวิธีจะให้ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ปริมาณอินทรียวัตถุ ธาตุ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและทองแดง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีเพียงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ สังกะสีและเหล็กที่มีปริมาณสะสมใน

ดินเพิ่มขึ้นหากมีการเลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์สูตรเกษตรกร ในส่วนของผลผลิตลำไยอินทรีย์พบว่า องค์ประกอบของผลผลิตลำไยอินทรีย์เช่น ความกว้าง ความยาว ความสูงและความหนาของเนื้อ น้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักผลสด ความหนาของเปลือกและความหวานของผลลำไยอินทรีย์ โดยเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกๆตำหรับการทดลอง กิจกรรมที่ 6 ผลของชนิดดิน และการให้ปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโต การออกดอกและการให้ผลผลิตลำไย วางแผนการทดลองแบบ RCBD ประกอบด้วย 2 กรรมวิธี 5 block คือไม่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์และใช้ปุ๋ยอินทรีย์สูตรเชิงผสม วช. โดยแบ่งเป็น 2 การทดลองย่อย ในสภาพที่ลุ่ม (ดินเหนียว) และที่ดอน (ดินร่วนทราย) พบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในพื้นที่ลุ่มซึ่งมีการจัดการสวนที่ดี มีการให้น้ำอย่างเหมาะสมจะช่วยให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารมากขึ้นเมื่อเทียบกับพื้นที่ดอน จะสังเกตเห็นว่าถึงแม้ธาตุอาหารในดินจะมีปริมาณใกล้เคียงกันแต่พื้นที่ที่มีการจัดการที่กว่าลำไยก็สามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นการปลูกลำไยอินทรีย์ให้ได้ผลผลิตดีนอกจากการจัดการปุ๋ยที่ดีแล้ว เกษตรควรมีการจัดการดิน และน้ำ ภายในสวนให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อความต้องการของลำไย

2. การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการคาบคุมศัตรูลำไยโดยไม่ใช้สารเคมี

การศึกษาผลของการพ่นน้ำส้มควันไม้ สารสกัดพืชสูตรผสม (โล่ติ้น 40% หนอนตายหยาก 20% บอระเพ็ด 5% ตะไคร้หอม 5% ยูคาลิปตัส 5% ข่า 5% มะคำดีควาย 5%) สารสกัดหยาบยี่โถ สารสกัดสะเดา จุลินทรีย์ *Bacillus subtilis* จุลินทรีย์ *Trichoderma spp.* และสารสกัดหยาบมะรุม ต่อการควบคุมศัตรูลำไยในสภาพแปลงปลูก และในโรงเรือนมุ้งตาข่าย ระหว่างปี 2555-2556 พบว่า การพ่นสารสกัดพืชสูตรผสมอัตราเจือจางน้ำ 400 เท่า ทุกๆ 2 สัปดาห์ให้ผลดีที่สุดในการควบคุมแมลงศัตรูลำไย โดยสามารถลดความเสียหายจากการเข้าทำลายของแมลงได้ 41.9% เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใช้สาร (control) การปลูกเลี้ยงลำไยภายใต้โรงเรือนมุ้งตาข่าย มีการระบาดและเข้าทำลายของแมลงต่ำกว่าสภาพแปลงปลูก แต่มีปัญหาการออกดอกติดผลน้อย เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของระดับอุณหภูมิในโรงเรือน และการขาดแมลงช่วยผสมเกสร พบการระบาดและเข้าทำลายของโรคลำไยเพียง 1 ชนิดคือ โรคจุดสนิม และมีระดับความเสียหายเฉลี่ยในทุกกรรมวิธีต่ำมาก กรรมวิธีต่างๆ ยังให้ผลไม่เด่นชัดในการควบคุมโรค เนื่องจากมีการระบาดของโรคลำไยในแปลงที่ศึกษาน้อยมาก การควบคุมศัตรูลำไยในทุกกรรมวิธีไม่มีผลต่อการออกดอก การติดผล และคุณภาพผล แต่กรรมวิธีการพ่นสารสกัดพืชสูตรผสมมีแนวโน้มของการออกดอก-ติดผลสูงสุด และให้ปริมาณผลผลิตที่แตกต่างจากต้นที่ไม่ให้สาร (control)

3. การศึกษาผลของการใช้เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาและพีจีพีอาร์ (PGPR) ต่อการดึงดูดธาตุอาหาร การเจริญเติบโตและผลผลิตของลำไย

การศึกษาการใช้เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาและพีจีพีอาร์ (PGPR) ต่อการดึงดูดธาตุอาหาร การเจริญเติบโตและผลผลิตของลำไย แบ่งออกเป็น 3 การทดลองย่อย ประกอบไปด้วย 1) การสำรวจและเก็บตัวอย่างเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาในดินบริเวณใต้ทรงพุ่มจากสวนลำไย 6 อำเภอ เขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน 2) การศึกษาการใช้เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาและพีจีพีอาร์ (PGPR) ต่อการดึงดูดธาตุอาหาร การเจริญเติบโตและผลผลิตของลำไย 3) การทดลองประสิทธิภาพของเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าลำไยในกระถาง

จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาในดินบริเวณใต้ทรงพุ่มจากสวนลำไย 6 อำเภอ เขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ได้แก่ อำเภอสันป่าตอง อำเภอหางดง อำเภอสารภี อำเภอแม่ออน อำเภอแม่ทา และอำเภอทุ่งหัวช้าง โดยเก็บตัวอย่างดินจากบริเวณโคนต้นลำไย เพื่อตรวจสอบหาจำนวนและลักษณะของสปอร์ในดิน จากการศึกษาพบว่า ปริมาณเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซา ของตัวอย่างดินทั้ง 6 อำเภอมีค่าเฉลี่ย 17.0 สปอร์/ดิน 10 กรัม โดยพบว่า ที่อำเภอสารภีมีปริมาณสปอร์หนาแน่นสูงที่สุดคือ 19.67 สปอร์/ดิน 10 กรัม และไม่แตกต่างในทางสถิติกับอำเภออื่น รูปร่างลักษณะสปอร์โดยทั่วไปค่อนข้างกลม แต่มีความหลากหลายของสีสปอร์ เช่นสีดำ ขาวเหลือง ส้ม ส้มแดง และขาวเหลือง เป็นต้น

สำหรับผลของการใช้เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาและพีจีพีอาร์ (PGPR) ต่อการดึงดูดธาตุอาหาร การเจริญเติบโตและผลผลิตของลำไย ในสภาพแปลงปลูกที่ทำการศึกษาในสวนลำไยอินทรีย์ เขตอำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ทำการศึกษาเป็นระยะเวลา 2 ปี โดยวางแผนการทดลองแบบ RCRD ประกอบด้วย 4 สิ่งทดลอง 3 ซ้ำ ประกอบไปด้วย 1) ตำรับควบคุม 2) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (กรมวิชาการเกษตร) 3) ผลิตภัณฑ์พีจีพีอาร์ (กรมวิชาการเกษตร) 4) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาร่วมกับพีจีพีอาร์ จากการทดลองพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินระดับบนโดยเฉลี่ยลดลงเล็กน้อย โดยการใช้ PGPR มีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าตำรับอื่น ขณะที่พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับดินก่อนการทดลอง สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สกัดได้ลดต่ำลงทั้งในปีการทดลองที่ 1 และปีการทดลองที่ 2 เหลือเพียง 15.5 และ 7.5 mgP/kg และปริมาณโพแทสเซียม เหลือเพียง 361 และ 392 mgK/kg ตามลำดับ สำหรับผลการวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมีของดินในดินระดับล่างเกือบจะไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับดินก่อนการทดลองยกเว้นปริมาณอินทรียวัตถุที่เพิ่มขึ้นจาก 3.11% เป็น 3.58% หลังการใส่ตำรับทดลองในปีที่ 1 แต่กลับลดลงเหลือเพียง 2.85% เมื่อเสร็จสิ้นงานทดลองในปีที่ 2 โดยพบว่า

การใช้เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาเพียงอย่างเดียวใต้ทรงพุ่มลำไย มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สกัดได้สูงกว่าตำรับอื่นๆ ทั้งในดินระดับบนและดินระดับล่าง

การทดลองประสิทธิภาพของเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าลำไยในกระถาง โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD มี 8 Treatment 3 ซ้ำ (Replication) ประกอบด้วย 1) ตำรับควบคุม (Control) 2) สปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอสันป่าตอง 3) สปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอหางดง 4) สปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอสารภี 5) สปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ออน 6) สปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอทุ่งหัวช้าง 7) สปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ทา 8) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตร จากการทดลองพบว่าเชื้อราไมคอร์ไรซาที่คัดเลือกได้จากอำเภอแม่ทามีความสามารถในการเข้ารากสูงที่สุดและปริมาณสปอร์ไมคอร์ไรซาสูงที่สุดหลังจากการใส่เชื้อนาน 12 เดือน การเจริญเติบโตในด้านความสูง ความกว้างทรงพุ่มและความยาวของทรงพุ่มตอบสนองต่อเชื้อราไมคอร์ไรซาจากอำเภอแม่ทาสูงที่สุด ปริมาณไนโตรเจน และโพแทสเซียมของตัวอย่างใบลำไยในระยะ 6 เดือน ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ เชื้อราไมคอร์ไรซาที่คัดได้จากอำเภอสันป่าตอง ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสของใบลำไยระยะ 6 เดือนสูงที่สุด เชื้อไมคอร์ไรซาจากอำเภอสารภีส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนของใบลำไยที่ระยะ 12 เดือนสูงที่สุด ($P<0.05$) ปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่างใบลำไยระยะ 12 เดือนสูงที่สุดเมื่อมีการใส่เชื้อวีเอไมคอร์ไรซาจากกรมวิชาการเกษตรและอำเภอสันป่าตอง แต่ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับอำเภอแม่ทา อำเภอทุ่งหัวช้างและอำเภอหางดง ปริมาณโพแทสเซียมในใบลำไยระยะ 12 เดือนอยู่ในระดับใกล้เคียงกับปริมาณโพแทสเซียมในระยะ 6 เดือนและไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับทุกตำรับทดลอง