

การพัฒนาโรงงานต้นแบบและเทคโนโลยีการผลิตชีวภัณฑ์
ไส้เดือนฝอยกำจัดแมลงในเชิงพาณิชย์

Development of Pilot Plant and Bio-Agent Mass Production Technology of
Entomopathogenic Nematodes for Commercialization

นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด ^{1/}

ดำรง เวชกิจ ^{1/}

Nuchanart Tangchitsomkid ^{1/}

Damrong Wechakit ^{1/}

อัฉรธา ตันติโชคก ^{1/}

ณัฐจิมา ไชษิตเจริญกุล ^{1/}

Achara Tantichodok ^{1/}

Nuttima Kositcharoenkul ^{1/}

ABSTRACT

The area of sixty square meters has been developed for the purpose mass production of entomopathogenic nematodes at the Nematology Section, Plant Pathology Research Group, Plant Protection Research and Development Office during 2005-2007. This project is expected to be a model for producing entomopathogenic nematodes for commercial purposes. The area was divided into separate segments by operation. Each section has a specific purpose namely preparation and packaging of culture media, preparing stock of nematode starters, inoculating and culturing nematodes, washing products out of culture media, and accurate counting of nematodes prior to packaging and storing of the products before distribution. The using of inexpensive and easy materials to purchase were included as well as the techniques which saved time; increased efficiency and the limited amount of investment in a range of 128,000-210,000 baht. Mass production of the nematodes was done by using semi-solid media containing eggs, lard and water at the ratio of 5:2:3. The media (500 g) was mixed with 30 g of spongy cubes (1x1x1 cm) prior to cooking in a heat stable container (10 liter). After sterilization for 2 hours 30 minutes, the axenic culture was then incubated at room temperature (26±2°C) for 7 days. Then nematodes were washed out of the spongy media in an automatic washing machine. The healthy nematodes washed,

^{1/} สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กทม. 10900

^{1/} Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900

were further selected by using a filter. The filter was originally built from inexpensive but strong materials while providing high efficiency by filtering 123.8 million nematodes per 1 liter of media. The end products of nematodes were maintained in a polymer at an amount of 5 million per pack having a shelf-life of 60-90 days at room temperature. The costs of this technology was 40,000 baht per month for materials and the labour of 1 worker, or 80,000 baht per month for materials and 2 workers. The implement of model was being possibly produced 6,000 and 12,000 packs per month respectively. Therefore, the cost of production was equal to 6.67 baht per pack with the selling price not to exceed 30 baht. Commercial value was equal to $6,000 \times 30 = 180,000$ baht and $12,000 \times 30 = 360,000$ baht respectively. However, after deducting from prevention cost and marketing (30%), this technology generated a profit equal to $180,000 - 40,000 - 54,000 = 86,000$ and $360,000 - 80,000 - 108,000 = 172,000$ baht respectively.

Key words : entomopathogenic nematode, bio-agent, pilot plant, commercial production technology

บทคัดย่อ

กลุ่มงานไส้เดือนฝอย กลุ่มวิจัยโรคพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช ได้พัฒนาพื้นที่ 60 ตร.ม. ให้เป็นโรงงานต้นแบบการผลิตไส้เดือนฝอยกำจัดแมลงในเชิงพาณิชย์ โดยจัดแบ่งเป็นพื้นที่เตรียมและบรรจุอาหารเพาะเลี้ยง พื้นที่เตรียมหัวเชื้อไส้เดือนฝอย พื้นที่ใส่เชื้อและชั้นวางภาชนะเพาะเลี้ยง พื้นที่แยกล้างผลผลิต พื้นที่ตรวจนับเพื่อบรรจุผลิตภัณฑ์ และพื้นที่เก็บผลิตภัณฑ์เพื่อรอจำหน่าย โดยใช้วัสดุอุปกรณ์การผลิตที่ประดิษฐ์ได้จากวัสดุราคาถูก หาซื้อง่าย สะดวกในการปฏิบัติงาน ประหยัดเวลาและแรงงาน มีงบประมาณตั้งแต่ 128,000 ถึง 210,000 บาท สามารถผลิตไส้เดือนฝอยโดยใช้เทคโนโลยีการผลิตในอาหารเทียมชนิดแข็งกึ่งเหลวสูตรอาหารไข่ไก่ผสมน้ำมันหมูและน้ำกลั่นที่อัตราส่วน 5 : 2 : 3 บรรจุในถังเพาะชนิดพลาสติกทึบร้อนขนาด 10 ล. ด้วยอาหาร 500 ก. คลุกก้อนฟองน้ำรูปทรงลูกเต๋า (1x1x1 ซม.) น้ำหนัก 30 ก./ถัง อบรมฆ่าเชื้ออาหารด้วยความร้อนเป็นเวลา 2 ชม. 30 นาที มีสภาพการเพาะเลี้ยงแบบ axenic culture ตั้งวางที่อุณหภูมิห้องปกติ ($26 \pm 2^\circ\text{C}$) เป็นเวลา 7 วัน นำไปแยกล้างผลผลิตไส้เดือนฝอยออกจากก้อนอาหารด้วยถังล้างชนิดหมุนกวน ฆ่าชีววัตถุอัตโนมัติ และนำมาคัดเลือกไส้เดือนฝอยที่แข็งแรง ผ่านชุดกรองคัดแยกที่ประดิษฐ์จากวัสดุราคาถูกที่แข็งแรงทนทาน และมีประสิทธิภาพ ในการคัดแยกไส้เดือนฝอย ได้ผลผลิตเฉลี่ย 123.8 ล้านตัว/อาหาร 1 ล. บรรจุเป็นผลิตภัณฑ์ในสารอุ้มความชื้นหรือโพลิเมอร์ 5 ล้านตัว/ซอง มีอายุ

การเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลา 60-90 วัน ที่อุณหภูมิห้อง จากการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี การผลิตดังกล่าว สามารถคำนวณต้นทุนการผลิตได้เท่ากับ 40,000 บาท/เดือนของวัตถุดิบ การผลิต+แรงงาน 1 คนหรือ 80,000 บาท/เดือนของวัตถุดิบการผลิต+แรงงาน 2 คน ผลิตไส้เดือนฝอยได้ 6,000 และ 12,000 ชอง/เดือน ตามลำดับ คิดเป็นมูลค่าการผลิต 6.67 บาท/ชอง จำหน่ายชองละไม่สูงกว่า 30 บาท มูลค่าการขายรวมเท่ากับ $6,000 \times 30 = 180,000$ บาท และ $12,000 \times 30 = 360,000$ บาท ตามลำดับ เมื่อนำมาหักต้นทุนการผลิตและค่าการตลาด (30 %) ได้ผลตอบแทนสุทธิเท่ากับ $180,000 - 40,000 - 54,000 = 86,000$ บาท และ $360,000 - 80,000 - 108,000 = 172,000$ บาท ตามลำดับ

คำหลัก : ไส้เดือนฝอยกำจัดแมลง ชีวภัณฑ์ โรงงานต้นแบบ เทคโนโลยีการผลิตเชิงพาณิชย์

คำนำ

การตื่นตัวของผู้บริโภคพืชผักปลอดภัยจากสารพิษมีมากขึ้นเรื่อยๆ ประกอบกับนโยบายของรัฐบาลที่ให้ความสำคัญในเรื่องความปลอดภัยด้านอาหาร (food safety) ตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตจากไร่นาจนถึงแปรรูปเป็นอาหารสู่ผู้บริโภค ส่งผลให้เกษตรกรมีความต้องการใช้สารชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืชกันมากขึ้น ไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทยในสกุล *Steinernema* sp. เป็นสารชีวภัณฑ์กำจัดแมลงอีกชนิด ที่กรมวิชาการเกษตรได้วิจัยอย่างต่อเนื่อง จนสามารถ

พัฒนากระบวนการเพาะเลี้ยงไส้เดือนฝอย ให้เป็นเทคโนโลยีการผลิตอย่างง่ายระดับเกษตรกร และนำไปถ่ายทอดสู่เกษตรกรให้สามารถทำตัวเองได้ (นุชนารถ, 2546) ซึ่งประสบผลสำเร็จในพื้นที่เกษตรปลอดภัยและเกษตรอินทรีย์ โดยเกษตรกรนำไปใช้กำจัดแมลงศัตรูพืช ได้แก่ หนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua* Hubner) หนอนกระทู้ผัก (*S. litura* Fabricius) หนอนใยผัก (*Plutella xylostella* L.) หนอนด้วงหมัดผัก (*Phyllotreta sinuate* Stephen) หนอนเจาะสมอฝ้าย (*Heliothis armigera* Hubner) และ หนอนคืบกะหล่ำ (*Trishoplusia ni* Hubner) ที่เป็นศัตรูสำคัญในพืชผักหลายชนิด (Kanwanich, 2004) รวมทั้งนำไปใช้กำจัดปลวกที่เป็นปัญหาในสวนผลไม้ (นุชนารถ, 2547) ซึ่งการเพาะขยายไส้เดือนฝอยนอกจากไว้ใช้เองแล้ว ยังช่วยลดรายจ่ายในการซื้อสารเคมีและสารชีวภัณฑ์อื่นๆ มาใช้อีกด้วย จากการให้ความรู้ทางด้านไส้เดือนฝอยกำจัดแมลง และการฝึกอบรมการเพาะเลี้ยงอย่างง่าย ทำให้เกษตรกรมีความต้องการใช้ไส้เดือนฝอยเพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่ต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ไส้เดือนฝอยสำเร็จรูปไปใช้ทันที ไม่ผลิตใช้เองเนื่องจากไม่มีเวลาหรือต้องการความสะดวกรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ที่จำหน่ายเป็นการค้าในปัจจุบันนั้น ยังไม่แพร่หลาย ทาซื้อขาย ราคาสูง ยุ่งยากในการขนส่งและเก็บรักษา สำหรับการผลิตไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทยในเชิงพาณิชย์ ก็ยังคงประสบปัญหา ในเรื่องของการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด

ระบบของการผลิตยังสิ้นเปลืองพื้นที่และแรงงาน ปัญหากระบวนการแยกล้างที่ทำให้สูญเสียผลผลิตได้เดือนฝอยหรือได้ผลผลิตที่ไม่แข็งแรง รวมถึงปัญหาในเรื่องของการเตรียมหัวเชื้อได้เดือนฝอยจากแมลงอาศัยยังได้ปริมาณต่ำและมีการปนเปื้อน

กระบวนการผลิตได้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทยให้เข้าสู่เชิงพาณิชย์ จึงต้องมีการพัฒนากระบวนการเพาะเลี้ยงได้เดือนฝอยให้มีผลผลิตสูงขึ้น และเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่สามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 60-90 วัน ขั้นตอนการผลิตต้องมีลงทุนและต้นทุนต่ำ ประหยัดพื้นที่และแรงงาน ปรับปรุงกระบวนการแยกล้างผลผลิต ตลอดจนวิธีการเพาะเลี้ยงแมลงอาศัยสำหรับการเตรียมหัวเชื้อ เพื่อให้ได้สารชีวภัณฑ์ได้เดือนฝอยสำเร็จรูปที่มีราคาถูกลง โดยกระบวนการผลิตได้เดือนฝอยดังกล่าว สามารถถ่ายทอดสู่ภาคเอกชนนำไปขยายผลให้มีการผลิตเพิ่มขึ้น และต่อเนื่องเพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกร

แนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตชีวภัณฑ์ได้เดือนฝอยกำจัดแมลงสายพันธุ์ไทยในเชิงพาณิชย์ มุ่งเน้นกระบวนการผลิตในอาหารเทียมชนิดแข็งกึ่งเหลวที่มีราคาถูก และให้ผลผลิตสูงในระดับโรงงานขนาดย่อม (small and medium enterprises, SMEs) มีงบลงทุนเริ่มต้นไม่สูงมากเหมาะสมกับประเทศไทยซึ่งมีค่าแรงงานต่ำ มีกำลังการผลิตอย่างน้อยหกหมื่นล้านตัวต่อเดือน และเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน สามารถปรับขยายกำลังการผลิต

ตามจำนวนแรงงานและพื้นที่การผลิต โดยมุ่งเน้นใช้วัสดุ-อุปกรณ์และเครื่องมือการผลิตเป็นวัสดุที่สั่งทำภายในประเทศเพื่อประหยัดต้นทุน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีการผลิตได้เดือนฝอยในอาหารเหลวที่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีทางด้านถังหมักกวน (fermenter) ซึ่งมีราคาแพง และเป็นวิทยาการขั้นสูง ต้องใช้บุคลากรที่มีความรู้ความสามารถทางด้านถังหมักและนักได้เดือนฝอยเฉพาะสาขาวิชา รวมทั้งใช้วัสดุอุปกรณ์และสารอาหารสังเคราะห์ในกระบวนการผลิตที่มีราคาแพง ทำให้งบลงทุนเบื้องต้นสูงมาก จึงเหมาะกับประเทศที่มีค่าแรงงานสูงและเจริญทางด้านเทคโนโลยี เช่น บริษัท Biosys ในสหรัฐอเมริกา ผลิตได้เดือนฝอยในถังหมักขนาด 15,000-60,000 ล. ผลผลิตที่ได้ต่อครั้งสูงถึงหนึ่งหมื่นล้านล้านตัว (Georgis, 1992) แต่ราคาจำหน่ายผลิตภัณฑ์สูงตามไปด้วย (7 ล้านตัว/package ราคา US\$ 13.95) ดังนั้นเทคโนโลยีการผลิตในอาหารเทียมชนิดแข็งกึ่งเหลวจึงเหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบัน ซึ่งต้องคำนึงถึงความเสี่ยงของภาคเอกชนในการลงทุน เนื่องจากตลาดการใช้ชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืชในประเทศในปัจจุบันยังไม่กว้างขวาง ตลอดจนสารชีวภัณฑ์ได้เดือนฝอยยังมีข้อจำกัดของอายุและความแข็งแรงอีกด้วย การเริ่มต้นด้วยงบลงทุนต่ำและผลิตเป็นชีวภัณฑ์จำหน่ายพร้อมกับการสำรวจตลาดความต้องการใช้ รวมทั้งการสะสมประสบการณ์ในการผลิตในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ผู้ผลิตจะเกิดความชำนาญและสามารถพัฒนาปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตให้ดีขึ้นได้ต่อไป

ดังนั้นงานวิจัยการพัฒนาโรงงานต้นแบบ และเทคโนโลยีการผลิตชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอย กำจัดแมลงในเชิงพาณิชย์ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ วิจัยและพัฒนากระบวนการเพาะเลี้ยงไส้เดือน ฝอยสายพันธุ์ไทย (*Steinernema siamkayai* KB strain) ให้เป็นเทคโนโลยีการผลิตในเชิงพาณิชย์ ที่มีกำลังการผลิตอย่างน้อย 30,000-60,000 ล้าน ตัวหรือ 6,000-12,000 ซอง/เดือน (1 ซองบรรจุ 5 ล้านตัว) และมีรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษา ได้นานอย่างน้อย 60-90 วัน ในสภาพอุณหภูมิ ตั้งแต่ 20-35°ซ และพัฒนาพื้นที่ 60-100 ตร.ม. ของกลุ่มงานไส้เดือนฝอย กลุ่มวิจัยโรคพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช เป็นโรงงาน ผลิตชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยต้นแบบสำเร็จรูปขนาด ย่อมระดับ SMEs ที่ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แสดงงบลงทุน วัสดุอุปกรณ์ ต้นทุนการผลิต แรงงาน กำลังการผลิตและผลตอบแทนที่ได้รับ ต่อเดือน ซึ่งสามารถถ่ายทอดสู่ภาคเอกชนรับไป ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จำหน่ายเป็นการค้าอย่างน้อย 1 ราย

อุปกรณ์และวิธีการ

การพัฒนากระบวนการเพาะเลี้ยงระดับโรงงาน ขนาดย่อม

1. ศึกษารูปแบบภาชนะเพาะเลี้ยงและ น้ำหนักอาหารที่ใช้ผลิตไส้เดือนฝอย โดยทดสอบ ใช้ถังพลาสติกทึบร้อนรูปทรงกระบอก เจาะรูที่ฝา ถัง 3-4 รู และอุดจุกสำลีจำนวน 5 รูปทรง เป็น ภาชนะในการเพาะเลี้ยง มีขนาดบรรจุปริมาตร 5.50 9.50 10.00 13.00 และ 20.50 ล. ทำการ

เตรียมอาหารชนิดแข็งกึ่งเหลวสูตรไขไก่สภาพ การเลี้ยงแบบ axenic (นุชนารถ, 2546) นำ อาหารไปคลุกกับก้อนฟองน้ำตัดแบบลูกเต๋า ใน อัตราต่อถังขนาดต่างๆ คือ (1) ถังขนาด 5.50 ล. ใช้อาหาร 250 ก./ฟองน้ำ 15 ก. (2) ถังขนาด 9.50 ล. ใช้อาหาร 500 ก./ฟองน้ำ 30 ก. (3) ถัง ขนาด 10.00 ล. ใช้อาหารน้ำหนัก 500 ก./ฟองน้ำ 30 ก. (4) ถังขนาด 13.00 ล. ใช้อาหาร 500 ก./ ฟองน้ำ 30 ก. และ (5) ถังขนาด 20.50 ล. ใช้ อาหาร 1,000 ก./ฟองน้ำ 60 ก. ทำ 4 ซ้ำ (ถัง) ของถังแต่ละรูปทรง จากนั้นนำไปอบนึ่งในหม้อ นึ่งใช้ความร้อนจากแก๊สเป็นเวลา 150 นาที เมื่อ อาหารเย็นใส่หัวเชื้อไส้เดือนฝอยในอัตรา 250,000 500,000 500,000 500,000 และ 1,000,000 ล้านตัว/ถังตามลำดับ ตั้งวางเพาะเลี้ยงที่ อุณหภูมิห้อง ($26 \pm 2^{\circ}\text{ซ}$) เป็นเวลา 7 วัน นับจำนวนผลผลิตไส้เดือนฝอยที่ได้ในแต่ละ ภาชนะเพาะ

2. คัดเลือกอาหารเทียมชนิดแข็งกึ่ง เหลวสูตรอาหารโปรตีนดัดแปลง เตรียมอาหาร เทียมชนิดแข็งกึ่งเหลวสูตรดัดแปลง 19 สูตร ที่มี ชนิดของโปรตีนแตกต่างกันในอัตรา 50 % ผสม กับไขมันที่ได้จากมันหมู 20 % และน้ำกลั่น 30 % โดยในแต่ละสูตรที่ดัดแปลงคำนึงถึงต้นทุนต่ำ หาซื้อได้ง่าย ไม่ยุ่งยากในการเตรียม และการ เกิดกลิ่นของอาหาร เปรียบเทียบกับสูตรเดิม (สูตร ไขไก่ 50 % น้ำมันหมู 20 % และน้ำ 30 %) รวม 20 สูตร ทำ 4 ซ้ำ/สูตร เตรียมอาหารสูตร ต่างๆ คลุกก้อนฟองน้ำอัตราอาหาร : ฟองน้ำ (500 ก. : 30 ก.) บรรจุในถังเพาะขนาด 10 ล.

อบนิ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งใช้ความร้อนจากแก๊ส เป็นเวลา 150 นาที เมื่ออาหารเย็นทำการใส่หัวเชื้อไส้เดือนฝอยจำนวน 500,000 + 50,000 ตัว/ถัง ตั้งวางเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิห้อง ($26\pm 2^{\circ}\text{C}$) เป็นเวลา 7 วัน นับจำนวนผลผลิตไส้เดือนฝอยที่ได้ในแต่ละสูตรอาหาร

3. ศึกษาสภาพการเพาะเลี้ยงแบบ monoxenic culture (ใส่แบคทีเรีย *Xenorhabdus* sp.) เปรียบเทียบกับ axenic culture (ไม่ใส่แบคทีเรีย *Xenorhabdus* sp.) ปฏิบัติงานทดลองเพาะเลี้ยงไส้เดือนฝอย โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD 3 กรรมวิธี 10 ซ้ำ กรรมวิธีที่ 1 ใส่แบคทีเรีย (แยกได้จากน้ำเลือดของหนอนที่ถูกล้างไส้เดือนฝอย *S. siamkayai* เข้าทำลาย) ในอาหารชนิดแข็งกึ่งเหลวสูตรไข่ไก่พร้อมหัวเชื้อไส้เดือนฝอย กรรมวิธีที่ 2 ใส่แบคทีเรียก่อน 24 ชม. และใส่หัวเชื้อไส้เดือนฝอย กรรมวิธีที่ 3 ใส่เฉพาะหัวเชื้อไส้เดือนฝอยและไม่ใส่แบคทีเรีย ตั้งวางเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิห้อง ($26\pm 2^{\circ}\text{C}$) เป็นเวลา 7 วัน นับจำนวนผลผลิตไส้เดือนฝอยที่ได้

4. การทดสอบจำนวนครั้งของการเก็บผลผลิตไส้เดือนฝอยจากชุดกรองคัดแยก โดยใช้ชุดกรองคัดแยกที่มีโครงสร้างเป็นเหล็กฉาก ประกอบเป็นชั้นๆ เพื่อใช้รองรับชุดกรองคัดแยก ซึ่งทำจากตะแกรงพลาสติกพร้อมถาดรอง สวมผ้ากรองชนิดผ้าต่วนที่ตัดเย็บให้พอดีทรงของตะแกรง และนำไปวางบนถาดรองที่ใช้เป็นภาชนะรองรับ สำหรับใช้คัดแยกไส้เดือนฝอยระยะที่ต้องการ จากนั้นทำการนำไส้เดือนฝอยที่ผ่านการล้างออกจากก้อนอาหารฟองน้ำ (อาหารน้ำหนัก 1 ล.) จากถัง

ชักล้างมาตั้งตกตะกอนในถังพลาสติกขนาด 5 ล. แบ่งถ่ายตะกอนเท่าๆ กันจำนวน 3 ถัง เติมน้ำสะอาดและตั้งวางตกตะกอนเป็นเวลา 15 นาที ผลผลิตไส้เดือนฝอยจะตกตะกอนที่ก้นถัง รินน้ำส่วนบนทิ้งและเติมน้ำสะอาดลงไป ตั้งทิ้งไว้ในเวลาเท่ากันและทำซ้ำอีกครั้ง รวมการล้างโดยตั้งตกตะกอนจำนวน 3 ครั้ง ได้ตะกอนของไส้เดือนฝอย นำไปเทใส่ในชุดกรองคัดแยกผลผลิต โดยแบ่งตะกอนไส้เดือนฝอยเท่าๆ กันจำนวน 9 ชุดกรอง นับจำนวนผลผลิตไส้เดือนฝอยที่เวลา 24 48 72 และ 96 ชม. ทาผลรวมและคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของ 9 ชุดกรอง ที่เวลาตรวจนับต่างๆ

5. ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้เดือนฝอย วางแผนการทดลองแบบ CRD 3 กรรมวิธี ประกอบด้วย กรรมวิธีที่ 1 เก็บรักษาในฟองน้ำสังเคราะห์ โดยบรรจุวัสดุฟองน้ำขนาดลูกเต๋าในถุงพลาสติกขนาด 4 x 6 นิ้ว จำนวน 12 ชิ้น และใส่ไส้เดือนฝอยจำนวน 5 ล้านตัวที่อยู่ในน้ำกลั่น 50 มล. ทำการปิดปากถุงด้วยเครื่องรีดความร้อน โดยให้รูปทรงของถุงเป็นรูปสามเหลี่ยม ทำทั้งหมด 30 ถุง กรรมวิธีที่ 2 เก็บรักษาในสารโพลีเมอร์ บรรจุเม็ดโพลีเมอร์น้ำหนัก 1 ก. ในถุงพลาสติกขนาด 4 x 6 นิ้ว ใส่ไส้เดือนฝอยจำนวน 5 ล้านตัวที่อยู่ในน้ำกลั่น 50 มล. และทำการซิลปิดปากถุงด้วยเครื่องซิลความร้อน โดยให้รูปทรงของถุงเป็นรูปสามเหลี่ยม ตั้งไว้ประมาณ 20-30 นาที โพลีเมอร์จะดูดซับสารละลายไส้เดือนฝอยและเปลี่ยนสถานะจากเม็ดโพลีเมอร์เป็นเจล ทำทั้งหมด 30 ถุง และกรรมวิธีที่ 3 เก็บรักษาไส้เดือนฝอยในน้ำกลั่น 10 มล. จำนวน

5 ล้านตัว/ขวด culture flask นำทุกกรรมวิธีเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27-30°ซ.) ไม่เกิน 33°ซ. ตรวจนับเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดทุก 1 เดือนๆ ละ 5 ถูหรือขวด รวม 6 เดือน และวิเคราะห์ผลตามแผนการทดลอง

การประเมินต้นทุนการผลิต แรงงานและผลตอบแทนที่ได้รับ

ทดสอบการผลิตจริงตามกระบวนการผลิตใน 1 วัน (8 ชม.) และในรอบ 1 เดือน เพื่อประเมินต้นทุนการผลิต จำนวนแรงงาน ผลตอบแทนที่ได้รับต่อวันต่อเดือนในพื้นที่การผลิต 60 ตร.ม.

การทดลอง

ดำเนินการที่สถานที่ดำเนินงานวิจัย กลุ่มงานไส้เดือนฝอย กลุ่มวิจัยโรคพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร เริ่มเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2548 สิ้นสุดเดือนเมษายน พ.ศ. 2550

ผลการทดลองและวิจารณ์

การพัฒนากระบวนการเพาะเลี้ยงระดับโรงงานขนาดย่อม

1. รูปแบบของภาชนะเพาะเลี้ยงและน้ำหนักอาหารที่ใช้ผลิตไส้เดือนฝอย ผลการเพาะเลี้ยงไส้เดือนฝอยในอาหารชนิดแข็งกึ่งเหลวสูตรไข่ไก่ โดยใช้ภาชนะหรือถังพลาสติกทึบร้อนขนาดและรูปทรงต่างๆ พบว่าถังพลาสติกทึบร้อนขนาด 10 ล. เป็นรูปทรงกระบอกฝาปิด

แบบแผ่นกลม เจาะรูที่ฝา 4 จุด และอุดจุกสำลี ให้ผลผลิตไส้เดือนฝอยสูงที่สุดระหว่าง 140.0-161.0 ล้านตัว/ถัง (เฉลี่ย 150.5 ล้านตัว) โดยใช้อาหารน้ำหนัก 500 กรัม/ฟองน้ำ 30 กรัมต่อหัวเชื้อไส้เดือนฝอย 500,000 ตัว/ถัง (Table 1)

Table 1. Yield of *Steinernema siamkayai* from mass rearing in various sizes of heat stable plastic containers using semi-solid media containing eggs, lard and water at the ratio of 5 : 2 : 3

Container size (liter)	Yield of <i>S. siamkayai</i> (x 10 ⁶) / 500 g media
5.5	52.63 ^{1/}
9.5	137.00
10.0	150.50
13.0	74.60
20.5	108.80

Mean averaged from 4 replications

2. คัดเลือกอาหารเทียมชนิดแข็งกึ่งเหลวสูตรอาหารโปรตีนดัดแปลงชนิดต่างๆ ผลการคัดเลือกสูตรอาหารโปรตีนที่ให้ผลผลิตสูงจำนวน 10 สูตร จาก 20 สูตร คิดผลผลิตต่ออาหาร 1 ล. (อาหาร 1 ล. เตรียมได้ 2 ถังเพาะ) นำมาประกอบการพิจารณาร่วมกับต้นทุนราคาอาหาร ความยุ่งยากในการจัดซื้อ ความยากง่ายใน

การเตรียม และกลิ่นคาวของอาหารในขณะที่เพาะเลี้ยง พบว่าสูตรโตหมูและสูตรตับไก่ให้ผลผลิตสูง แต่ต้นทุนของอาหาร 2 สูตรดังกล่าวมีราคาสูง 80 และ 63 บาทตามลำดับ การจัดซื้อในปริมาณมากๆ ค่อนข้างยาก มีกลิ่นแรงในขณะที่เพาะเลี้ยงและแยกล้างผลผลิต เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับสูตรที่มีองค์ประกอบของไข่เป็ดหรือไข่ไก่ ได้แก่ สูตรไข่ไก่ + YE (yeast extract) 5 ก. สูตรไข่เป็ดเฉพาะไข่แดง สูตรไข่ไก่เฉพาะไข่แดง + YE 5 ก. สูตรไข่ไก่ และสูตรไข่เป็ดให้ผลผลิตต่ำกว่า 2 สูตรแรก แต่เมื่อพิจารณาด้านอื่นๆ พบข้อดีหลายประการคือ ไข่เป็นสูตรอาหารโปรตีนที่หาซื้อได้ง่ายและราคาถูก การเกิดกลิ่นไม่รุนแรงในขณะที่เพาะเลี้ยงและแยกล้าง โดยเฉพาะการใช้ไข่ผสมทั้งไข่ขาวและไข่แดงของสูตรไข่ไก่และไข่เป็ด สามารถเตรียมได้ง่าย รวดเร็ว โดยไม่ต้องเสียเวลาในการแยก

ไข่แดงของสูตรอาหารที่ใช้เฉพาะไข่แดง รวมทั้งการเติม YE ลงไปเพิ่มอีก 5 ก. ราคาอาหารจะสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม สูตรไข่ไก่มีราคา 35 บาท/ล. ต่ำกว่าไข่เป็ดซึ่งมีราคา 42 บาท/ล. สำหรับในสูตรหัวใจไก่ สูตรปลาทุ่นากระป๋องและสูตรไส้ไก่ มีข้อเสียในเรื่องของกลิ่นค่อนข้างแรง ในขณะที่เพาะเลี้ยงและแยกล้างผลผลิต และการใช้อาหารสูตรเนื้อปลาทุ่นากระป๋องมีราคาสูงที่สุด (Table 2)

3. ศึกษาสภาพการเพาะเลี้ยงแบบ monoxenic เปรียบเทียบกับ axenic พบว่าการเลี้ยงแบบ monoxenic โดยวิธีใส่แบคทีเรียลงไป ในอาหารก่อนเป็นเวลา 24 ชม. แล้วจึงใส่ไส้เดือนฝอย ให้ผลผลิตสูงกว่าการใส่แบคทีเรียพร้อมไส้เดือนฝอย 141.5 และ 124.1 ล้านตัว/อาหาร 500 ก. ตามลำดับ ส่วนการเลี้ยงแบบ

Table 2. Comparison of 10 semi solid media for *Steinernema siamkayai* production with cost of media, easy to purchase, difficult preparation and odoriferous media.

Protein media	Media 1 liter		Difficulty		Odoriferous media
	Yield (x10 ⁶)	Cost (baht)	Purchase	Preparation	
Pig kidney	333.60	80	Difficult	Moderate	High
Chicken liver	308.46	63	Difficult	Moderate	High
Chicken egg + yeast extract (YE) 5 g	290.00	80	Moderate	Easy	Low
Duck egg yolk	282.40	74	Easy	Difficult	Low
Chicken heart	252.96	53	Difficult	Moderate	High
Chicken egg yolk + YE 5 g	251.80	105	Easy	Difficult	Low
Chicken egg	248.36	35	Easy	Easy	Low
Duck egg	247.76	42	Easy	Easy	Low
Canned tuna (selet)	240.86	114	Moderate	Easy	Medium
Chicken intestine	228.76	30	Moderate	Moderate	High

axenic โดยใส่เฉพาะไส้เดือนฝอยและไม่ใส่แบคทีเรีย ให้ผลผลิตน้อยกว่าการเลี้ยงโดยวิธีใส่แบคทีเรียลงไป ในอาหารก่อนเป็นเวลา 24 ชม. แล้วจึงใส่ไส้เดือนฝอย หรือให้ผลผลิตน้อยกว่า 13 (141.5-128.5) ล้านตัว/อาหาร 500 ก. เท่ากัน (Table 3) และเมื่อนำมาทดสอบศักยภาพในการกำจัดแมลงระหว่างผลผลิตไส้เดือนฝอยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแบบ monoxenic กับ axenic พบว่าไส้เดือนฝอยสามารถฆ่าแมลงได้ไม่แตกต่างกัน โดยแมลงทดสอบตายเฉลี่ย 90 % ในเวลา 24 ชม. เท่ากัน อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาสภาพการเพาะเลี้ยงแบบไม่ใส่แบคทีเรียร่วมด้วย พบว่าวิธีการเพาะเลี้ยงไม่ยุ่งยากหรือซับซ้อนเนื่องจากตัดลดขั้นตอนการเตรียมเชื้อแบคทีเรียออกไป ช่วยประหยัดเวลาและแรงงาน ซึ่งมีผลต่อต้นทุนการผลิตลดลง กระบวนการเพาะเลี้ยงแบบ axenic จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ผลิตในเชิงพาณิชย์ภายใต้โรงงานขนาดย่อม ซึ่งมีผลต่อราคาผลิตภัณฑ์ไส้เดือนฝอยถูกลง ส่งผลให้เกษตรกรหันมาใช้ชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืชกันมากขึ้น

4. การทดสอบจำนวนครั้งของการเก็บผลผลิตไส้เดือนฝอยจากชุดกรองคัดแยก จากการทดสอบเก็บและนับผลผลิต 4 ครั้ง พบว่าครั้งที่ 1 ตั้งกรองไว้เป็นเวลา 24 ชม. ได้ไส้เดือนฝอยที่แข็งแรงเคลื่อนที่ผ่านผ้ากรองลงสู่ภาชนะรับน้ำ นับจำนวนผลผลิตภายใต้กล้องจุลทรรศน์ได้ผลผลิตรวมเท่ากับ 102.70 ล้านตัว เมื่อทำการเก็บต่อเนื่องในครั้งที่ 2 (48 ชม.) และ 3 (72 ชม.) พบว่าได้ผลผลิตรวมเหลือเพียง 21.10 และ 4.20

ล้านตัวตามลำดับ และไม่มีผลผลิตไส้เดือนฝอยเหลืออยู่เมื่อเก็บในครั้งที่ 4 (96 ชม.) เมื่อนำข้อมูลผลผลิตไส้เดือนฝอยที่ได้จากการเก็บแต่ละครั้งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 80.23 16.48 3.28 และ 0 % ของการเก็บ 1-4 ครั้ง ตามลำดับ (Table 4) ดังนั้นการกรองเพื่อคัดแยกผลผลิตผ่านชุดกรองฯ จำนวนครั้งที่เหมาะสมคือ การเก็บในครั้งที่ 1 และ 2 มีผลรวมเท่ากับ 123.8 ล้านตัว (102.70+21.10) หรือ 96.71 % (80.23+16.48) โดยการเก็บผลผลิตจำนวน 2 ครั้ง ช่วยประหยัดเวลาและแรงงาน ซึ่งการรอเก็บในครั้งที่ 3 ใช้เวลา 24 ชม. ได้ผลผลิตเพียง 4.20 ล้านตัว/ชุดกรอง หรือ 3.28 % เท่านั้น

5. ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้เดือนฝอยในสารอุ้มความชื้นชนิดโพลีเมอร์ จากผลของการตรวจนับเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของไส้เดือนฝอยตั้งแต่อายุเก็บรักษาที่ 1 2 3 4 5 และ 6 เดือน พบว่าในเดือนที่ 1 ไส้เดือนฝอยมีความอยู่รอดและยังคงประสิทธิภาพในการฆ่าแมลงได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติของกรรมวิธีการเก็บรักษาในโพลีเมอร์ ฟองน้ำและน้ำกลั่น ในเดือนที่ 2 การตรวจนับการมีชีวิตของไส้เดือนฝอยมีความแตกต่างทางสถิติ โดยพบว่าใน 3 กรรมวิธีการเก็บรักษา มีอัตราการอยู่รอด 91.76 82.16 และ 87.88 % ตามลำดับ ในเดือนที่ 3 เท่ากับ 81.08 54.84 และ 77.72 % เมื่อเก็บถึงเดือนที่ 4 5 และ 6 % การอยู่รอดของไส้เดือนฝอยลดลงตามระยะเวลาการเก็บในทุกกรรมวิธี โดยในกรรมวิธีเก็บในฟองน้ำพบการอยู่

Table 3. Yield of *Steinernema siamkayai* from mass rearing with or without symbiotic bacteria (*Xenorhabdus* sp.) in semi-solid media

Treatment	Yield of <i>S. siamkayai</i> ($\times 10^6$)/500 g media
<i>S. siamkayai</i> + symbiotic bacteria (<i>Xenorhabdus</i> sp.)	124.10 b
symbiotic bacteria (<i>Xenorhabdus</i> sp.) following <i>siamkayai</i> within 24 hours	141.50 a
<i>S. siamkayai</i> only	128.50 b
CV (%)	6.58

Mean in the same column followed by a common letter are not significantly different at 5 % level, by DMRT.

Table 4. Yield of *Steinernema siamkayai* filtrated and collected at 24 hours intervals

Collected yield (hour)	Yield of <i>S. siamkayai</i> ($\times 10^6$) filtrated from 9 containers									Total	%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
24	10.60	11.50	10.90	13.50	12.30	9.90	9.70	12.50	11.80	102.70	80.23
48	2.80	2.10	3.10	1.80	2.50	2.40	2.30	2.20	1.90	21.10	16.48
72	0.50	0.50	1.10	0.40	0.40	0.60	0.30	0	0.40	4.20	3.28
96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	13.90	14.10	15.10	15.70	15.20	12.90	12.30	14.70	14.10	128.00	100

รอดของไส้เดือนฝอยลดต่ำลงมากที่สุดเท่ากับ 31.32 16.76 และ 11.32 % ส่วนการเก็บรักษาในน้ำกลั่นการรอดของไส้เดือนฝอยเท่ากับ 68.28 36.44 และ 26.56 % โดยที่การเก็บรักษาในโพลีเมอร์พบการอยู่รอดในเดือนที่ 4 5 และ 6 สูงกว่าในทุกกรรมวิธีเท่ากับ 79.88 68.48 และ 65.76 % ตามลำดับ (Table 5) ซึ่งเป็นผลจากโพลีเมอร์เก็บรักษาความชื้นได้ดีสม่ำเสมอรวมทั้งรักษาอุณหภูมิภายในถุงเก็บได้ดีกว่า ทำให้ไส้เดือนฝอยที่เก็บรักษาในโพลีเมอร์มีอายุการเก็บนานกว่า และไส้เดือนฝอยมีความแข็งแรงดีกว่าการเก็บในวัสดุอื่นๆ เนื่องจากไส้เดือนฝอย

หยุดนิ่งได้ดีกว่าในน้ำกลั่น ทำให้สูญเสียพลังงานน้อยกว่า ซึ่งช่วยประหยัดอาหารสำรองสะสมและมีความชุ่มชื้นได้ดีกว่าการเก็บรักษาในพองน้ำอีกด้วย จึงทำให้อายุของการเก็บผลิตภัณฑ์ยาวนานและคงความอยู่รอดของไส้เดือนฝอยดีกว่าวัสดุพองน้ำหรือการเก็บรักษาในน้ำกลั่น

การประเมินต้นทุนการผลิต แรงงานและผลตอบแทนที่ได้รับ

การผลิตไส้เดือนฝอยในพื้นที่ 60 ตร.ม. มีกระบวนการผลิตครบวงจร ตั้งแต่กระบวนการเพาะเลี้ยง การแยกล้างผลผลิต และการบรรจุ

Table 5. Shelf-life test of *S. siamkayai* in different formulations stored at room temperature for 6 months.

Type of formulation	Percentage of <i>S. siamkayai</i> survival in formulation (month)					
	1	2	3	4	5	6
Spongy cubes (1x1x1cm)	97.24 a	82.16 a	54.84 b	31.32 c	16.76 c	11.32 c
Polymer	97.56 a	91.76 a	81.08 a	79.88 a	68.48 a	65.76 a
Distilled water	95.92 a	87.88 a	77.72 a	68.28 b	36.44 b	26.56 b
CV(%)	1.73	8.85	9.16	6.75	15.05	28.96

Mean in the same column followed by a common letter are not significantly different at 5 % level, by DMRT.

Table 6. Information of budget cost and profit for monthly production of entomopathogenic nematode

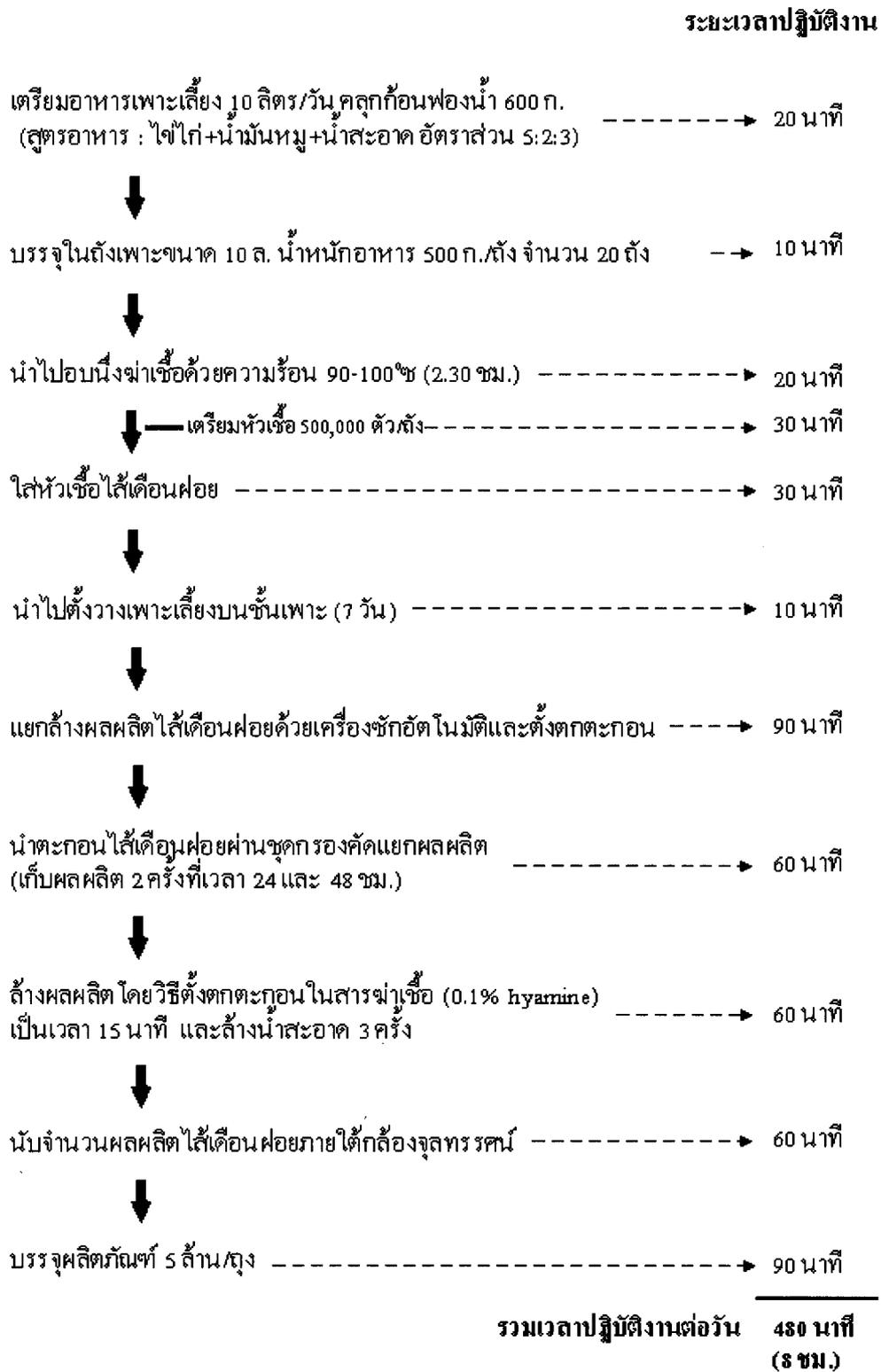
Information	Nematode yields/month	
	30,000 million	60,000 million
Budget (baht)	120,000	190,000
Cost (baht)	30,000	60,000
Labour (baht)	10,000	20,000
Total (2+3) (baht)	40,000	80,000
Packaging (5 millions/pack)	6,000 pack	12,000 pack
Cost of production/pack	6.67 baht	6.67 baht
Commercial value (1 pack = 30 baht)	6,000x30=180,000 baht	12,000x30=360,000 baht
Profit (selling price – cost) ^{1/}	180,000-40,000= 140,000 baht	360,000-80,000 =280,000 baht

^{1/} Profit exclude marketing value

เป็นผลิตภัณฑ์ ใช้เป็นต้นแบบในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตไส้เดือนฝอยสู่ภาคเอกชนระดับ SMEs ผลิตจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ และเป็นพื้นฐานของการขยายผลในระดับอุตสาหกรรมในอนาคต โดยโรงงานต้นแบบนี้มีกำลังการผลิตใน

อาหารเทียมชนิดแข็งกึ่งเหลวในปริมาณอาหาร 200 ล./เดือน ให้ผลผลิตเฉลี่ย 30,000 ล้านตัว หรือ 6,000 ของ/เดือน (1 ของบรรจุ 5 ล้านตัว) ใช้แรงงานจำนวน 1 คน ที่ผ่านการฝึกอบรม กระบวนการผลิตจากกรมวิชาการเกษตร จัดแบ่ง

การปฏิบัติงานตามกระบวนการผลิตไส้เดือนฝอย และระยะเวลาทำงานคิดเป็นต่อวัน (8 ชม.) ต่อแรงงาน 1 คน ดังนี้



เป็นขั้นตอนแต่ละกระบวนการผลิต และระยะเวลาการปฏิบัติงาน 8 ชม./วัน โดยแบ่งขั้นตอนการทำงานในแต่ละขั้นตอนตั้งแต่การเตรียมอาหาร การบรรจุอาหารลงถังเพาะเลี้ยง นำถังไปใส่หม้อนึ่งฆ่าเชื้อและเตรียมหัวเชื้อไส้เดือนฝอย นำถังเพาะเลี้ยงออกจากหม้อนึ่ง ใส่หัวเชื้อและนำไปตั้งวางเพาะเลี้ยง จากนั้นนำถังเพาะเลี้ยงแล้ว 7 วัน มาผ่านกระบวนการแยกล้างตามขั้นตอน เมื่อได้ไส้เดือนฝอยที่สะอาด นำไปนับผลผลิตเพื่อเก็บผลิตภัณฑ์รอการจำหน่ายต่อไป แต่อย่างไรก็ตาม กำลังการผลิตจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มแรงงานเป็น 2 คน และเพิ่มวัสดุอุปกรณ์การผลิตที่จำเป็นได้แก่ หม้อนึ่งฆ่าเชื้ออาหาร ภาชนะเพาะเลี้ยง และ ชุดกรองคัดแยกผลผลิต สามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ได้ 10,000-12,000 ซอง/เดือน

การนำเทคโนโลยีการผลิตไส้เดือนฝอยกำจัดแมลงระดับโรงงานขนาดย่อมหรือ SMEs ถ่ายทอดสู่ภาคเอกชนเพื่อการผลิตและขยายผลในเชิงพาณิชย์นั้น ต้องสร้างแรงจูงใจให้กับภาคเอกชน ตัดสินใจลงทุนประกอบกิจการดังกล่าว ประเด็นหลักของการตัดสินใจคือ ความคุ้มค่ากับการลงทุนและมีความเสี่ยงน้อยที่สุด ดังนั้นจากผลการดำเนินงานวิจัย การพัฒนาโรงงานต้นแบบและเทคโนโลยีการผลิตชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยกำจัดแมลงในเชิงพาณิชย์ สามารถแสดงความชัดเจนของงบลงทุนเริ่มต้น ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ได้ และผลตอบแทนที่ได้รับ นำเสนอให้กับภาคเอกชนเพื่อเป็นข้อมูลสำคัญประกอบการพิจารณาตัดสินใจลงทุนผลิตไส้เดือนฝอยจำหน่ายเป็นการค้า (Table 6)

สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยและพัฒนากระบวนการผลิตชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยกำจัดแมลงศัตรูพืชในระดับโรงงานขนาดย่อมจากการพัฒนาพื้นที่ 60 ตร.ม. ของกลุ่มงานไส้เดือนฝอย กลุ่มวิจัยโรคพืช เป็นโรงงานต้นแบบโดยพัฒนาการเพาะเลี้ยงไส้เดือนฝอยในภาชนะพลาสติกทรงรูปทรงกระบอกเจาะรูที่ฝา 4 รู และอุดจุกสำลี มีขนาดความจุ ปริมาตร 10 ล. บรรจุอาหารสูตรไซโทผสมกับน้ำมันหมู่น้ำกลั่น ในอัตราส่วน 5 : 2 : 3 ในสภาพการเพาะเลี้ยงที่ไม่มีแบคทีเรีย (*Xenorhabdus* sp.) ร่วมด้วย หรือเป็นสภาพการเลี้ยงแบบ axenic culture ให้ผลผลิตไส้เดือนฝอยหลังการบ่มเพาะ 7 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 128.50 ล้านตัว/อาหาร 500 ก. เมื่อนำไปผ่านกระบวนการแยกล้างผลผลิตไส้เดือนฝอยเพื่อบรรจุเป็นผลิตภัณฑ์ สูญเสียผลผลิตไส้เดือนฝอยในกระบวนการแยกล้างไม่เกิน 50 % ชุดกรองคัดแยกผลผลิตไส้เดือนฝอย ใช้คัดแยกไส้เดือนฝอยผ่านชุดกรองคัดเก็บผลผลิตจำนวน 2 ครั้ง ได้ไส้เดือนฝอยเฉลี่ย 123.8 ล้านตัว/อาหาร 1 ล. นำมาบรรจุเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการจำหน่ายในรูปแบบของการเก็บรักษาผลผลิตไส้เดือนฝอยในสารอัมความชื้นหรือโพลีเมอร์ สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานเป็นระยะเวลา 3 เดือน โรงงานที่มีกำลังการผลิตไส้เดือนฝอย 6,000-12,000 ซอง/เดือน (บรรจุ 5 ล้านตัว/ซอง) มีงบลงทุนวัสดุ-อุปกรณ์ประมาณ 128,000 บาท (ไม่รวมสิ่งปลูกสร้าง) จัดแบ่งสัดส่วนการผลิตเป็น 6 พื้นที่การผลิตคือ (1) เตรียมและบรรจุอาหารเพาะเลี้ยง (2) เตรียมหัวเชื้อไส้เดือนฝอย (3) ใส่

เชื้อและชั้นวางภาชนะเพาะเลี้ยงไส้เดือนฝอย (4) แยกล้างผลผลิตไส้เดือนฝอย (5) ตรวจนับจำนวนเพื่อบรรจุผลิตภัณฑ์ และ (6) เก็บผลิตภัณฑ์เพื่อการจำหน่าย มีต้นทุนในการผลิตไม่ต่ำกว่า 40,000 บาท/เดือน (รวมแรงงาน + วัสดุในการผลิต) ผลิตได้ 6,000 ชอง/เดือน คิดเป็นต้นทุน 6.67 บาท/ชอง เท่ากับมีมูลค่าการขายเท่ากับ $6,000 \times 30 = 180,000$ บาท (1 ชองจำหน่ายในราคา 30 บาท) เมื่อนำมาคิดเป็นผลกำไรที่ได้ (มูลค่าการขาย - ต้นทุน) เท่ากับ $180,000 - 40,000 = 140,000$ บาท/เดือน (ผลกำไรที่ไม่คิดค่าการตลาด) อย่างไรก็ตาม กำล้งการผลิตจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มแรงงานเป็น 2 คน และเพิ่มวัสดุอุปกรณ์การผลิตที่จำเป็น ได้แก่ หม้อนึ่งฆ่าเชื้ออาหาร ภาชนะเพาะเลี้ยง และชุดกรองคัดแยกผลผลิตสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ได้ 10,000-12,000 ชอง/เดือน ผลของการพัฒนาโรงงานและเทคโนโลยีการผลิตไส้เดือนฝอยสามารถถ่ายทอดและขยายผลสู่ภาคเอกชนและ/หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยเป็นโรงงานต้นแบบที่แสดงความชัดเจนของงบลงทุน ต้นทุนการผลิต กระบวนการผลิตและผลตอบแทนที่ได้รับ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจลงทุนผลิตเป็นสารชีวภัณฑ์จำหน่าย-จ่ายแจกเกษตรกรต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด. 2546. การเพาะเลี้ยงไส้เดือนฝอยกำจัดแมลงอย่างง่าย. เอกสารประกอบการฝึกอบรม สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 20 หน้า.
- นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด. 2547. การใช้ไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทยกำจัดปลวก. หน้า 129-135. ใน : รายงานการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 5 ภาคบรรยาย. 20-21 พฤษภาคม 2547 ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่.
- Georgis, R. 1992. The role of biotechnology companies in commercialization of entomopathogenic nematodes, Pages 294-306. In: *Nematology from Molecule to Ecosystem*. F.J. Gommers and P.W.TH. Mass (eds.). Proceedings Second International Nematology Congress 11-17, August 1990, Veldhoven, Netherlands.
- Kanwanich, S. 2004. Natural born killers. *Bangkok Post*. Sunday, April 25:6.