บทที่ 2

ผลงานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การผลิตถุงเชื้อเห็ดนางฟ้าและความสำคัญของธาตุอาหารในวัสดุเพาะ

ปัจจุบันระบบการผลิตเห็ดนางฟ้าในถุงพลาสติกในประเทศไทย มีขั้นตอนการผลิตที่คล้ายกัน โดยแบ่งได้ออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ การผลิตเชื้อเห็ดในอาหารวุ้น การผลิตหัวเชื้อเห็ดในเมล็ดข้าวฟ่าง การผลิตถุงเชื้อเห็ด และการผลิตดอกเห็ด ซึ่งเกษตรกรอาจจะทำการผลิตดอกเห็ดเพียงขั้นตอนเดียวหรือทำการผลิตทั้งถุงเชื้อและผลิตดอกเห็ดไปพร้อมกัน หรือทำครบวงจรในทุกขั้นตอนก็ได้ ซึ่งส่วนใหญ่เกษตรกรรายย่อยหรือกลุ่มเกษตรกรโดยทั่วไป มักจะทำการผลิตใน 2 แบบแรก มากกว่าการทำแบบครบวงจรที่มีต้นทุนสูง

ดังนั้น เมื่อพิจารณาระบบการผลิตเห็ดนางฟ้าของกลุ่มเกษตรกร และเกษตรกรรายย่อยแล้ว จะพบว่าปัจจัยสำคัญที่จะทำให้การเพาะเห็ดประสบความสำเร็จนั้นมีหลายประการ เช่น การเลือกใช้เชื้อพันธุ์เห็ดที่แข็งแรงตรงตามสายพันธุ์ ต้องจัดเตรียมวัสดุเพาะที่มีธาตุอาหารครบถ้วนเหมาะสำหรับนำมาใช้ในการผลิตถุงเชื้อเห็ด การนึ่งฆ่าเชื้อวัสดุเพาะและการถ่ายเชื้อเห็ดลงถุงวัสดุเพาะที่ถูกวิธีและสะอาด อีกทั้งการจัดการสภาพแวดล้อมของโรงเรือนผลิตดอกเห็ดให้เหมาะสม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น การระบายอากาศ และสุขลักษณะของโรงเรือนที่ใช้เพาะเห็ด และรวมไปถึงการบริหารจัดการการผลิต และประสบการณ์ของเกษตรกรผู้เพาะเห็ดเอง

ปริมาณธาตุอาหารในวัสดุเพาะเห็ด เป็นอีกปัจจัยหนึ่งเช่นกันที่มีความสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตของเห็ดนางฟ้า ซึ่งธาตุอาหารสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและผลผลิตของเห็ดแบ่งออกเป็น 3 พวก (อานนท์ เอื้อตระกูล, 2552, น. 30) คือ ธาตุอาหารหลัก หรือ ธาตุที่เห็ดต้องการในปริมาณมาก ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน (N) ธาตุคาร์บอน (C) ธาตุโปแตสเซียม (K) และธาตุฟอสฟอรัส (P) ส่วนธาตุที่เห็ดต้องการในปริมาณที่น้อย แต่ก็ไม่สามารถขาดได้ คือ ธาตุอาหารรอง ได้แก่ ธาตุแคลเซียม (Ca) ธาตุแมกนีเซียม (Mg) และธาตุกำมะถัน (S) และธาตุอาหารเสริม ได้แก่ ธาตุคลอรีน (Cl) ธาตุสังกะสี (Zn) ธาตุทองแดง (Cu) ธาตุโซเดียม (Na) ธาตุโบรอน (B) ธาตุโมลิบดีนัม (Mo) ธาตุซิลิกอน (Si) ธาตุแมงกานีส (Mn) ธาตุนิเกิล (Ni) และธาตุเหล็ก (Fe)

ซึ่ง Adejoye O. D. et al. (2006) ได้ทดลองผลของสารประกอบคาร์บอน ไนโตรเจน และธาตุอาหารต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางรม (*Pleurotus florida*) พบว่า การเติมน้ำตาล dextrose ช่วยเร่งการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด รองลงไปเป็นน้ำตาล glucose ส่วน manitol และ

sorbitol ส่งเสริมการเจริญเติบโตได้น้อยที่สุด ส่วน casein คือแหล่งของไนโตรเจนที่เหมาะสมที่สุด ให้ผลการเจริญเติบโตดีที่สุด และให้ผลให้เคียงกับกรดอะมิโนที่หาได้ยากกว่า ในขณะที่สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด คือ 5:3 ในขณะที่อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 3:4 ส่งเสริมการเจริญเติบโตได้น้อยที่สุด ในด้านของธาตุอาหาร พบว่า ธาตุอาหารรองที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด คือ แคลเซียม (Ca) กับ แมกนีเซียม (Mg) และ ธาตุอาหารเสริมที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด คือ เหล็ก (Fe) และสังกะสี (Zn) ซึ่งถ้าขาดธาตุเสริมดังกล่าวจะทำให้เส้นใยเห็ดไม่เจริญเติบโตเลย

นอกจากนั้น David Boyle (1998) ได้ทำการศึกษาผลของสารอาหารที่มีต่อการเจริญของเห็ด *Lentinula adodes, Pleurotus sajor-caju* และ *Flammlina velutipes* ได้ พบว่า อาหารเสริมที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดมากกว่าวิตามิน และ ธาตุอาหารอื่นๆ ส่วนอาหารเสริมที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน เช่น กรดอะมิโน จะช่วยให้เห็ดมีการเจริญเติบโตดีกว่าสารประกอบไนโตรเจนที่มีโครงสร้างซับซ้อน เช่น โปรตีน ซึ่ง ปัญญา โพธิ์สุติรัตน์ (2538, น. 37-41) ได้รายงานเสริมไว้อีกว่า ผลผลิตของเห็ดนางฟ้า จะเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ 50% ถ้าเพิ่มอาหารเสริมเป็นปุ๋ยเคมีแอมโมเนียมไนเตรต (NH_4NO_3) ในขณะที่ผลผลิตเห็ดนางฟ้าจะเพิ่มขึ้นถึง 300% หากเพิ่มอาหารเสริมพวกกากถั่วเหลือง และกากถั่ว alfalfa ที่เป็นสารอินทรีย์ แสดงว่าเห็ดนางฟ้าใช้อาหารในรูปสารอินทรีย์ได้ดีกว่าสารอนินทรีย์

อีกทั้ง Shi Yu Fu, et al. (1997) ยังได้ศึกษาผลของไนโตรเจนและแมงกานีสต่อการผลิตเอนไซม์ manganese peroxidase (MnP) และเอนไซม์ laccase ของเห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor-caju*) ที่เพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ พบว่าการผลิตเอนไซม์ MnP ในอาหารเลี้ยงเชื้อมีปริมาณไนโตรเจนต่ำมีมากกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อมีปริมาณไนโตรเจนสูง ในทางตรงกันข้ามปริมาณไนโตรเจนในอาหารเลี้ยงเชื้อ ไม่มีผลต่อการผลิตเอนไซม์ laccase ในขณะที่ปริมาณแมงกานีสในอาหารเลี้ยงเชื้อมีผลต่อการผลิตเอนไซม์ MnP เช่นกัน

แม้ว่าสูตรวัสดุเพาะที่ใช้ในการเพาะเห็ดนางฟ้าในถุงพลาสติกโดยทั่วไป ประกอบไปด้วย ขี้เลื่อยไม้ยางพาราหรือไม้เบญจพรรณหรือฟางข้าวแห้ง 100 % รำละเอียด 5% ปูนขาว 2% ยิปซัม 1% และ ดีเกลือ 0.2% โดยน้ำหนักของวัสดุทั้งหมด ซึ่งเป็นสูตรที่มีธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองอยู่ในปริมาณที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเห็ด (เติมพงศ์ แสงปกรณ์กิจ, 2552) แต่ก็ยังมีการพัฒนาเทคนิคเพื่อเพิ่มผลผลิตของเห็ดให้มากขึ้น เช่น การเติมสารอินทรีย์บางชนิดเพื่อเป็นอาหารเสริมในวัสดุเพาะเห็ด ซึ่งมีรายงานว่ามีผลต่อการเจริญของ เส้นใยและการให้ผลผลิตของเห็ด เช่น Deepak Pant. U., et al. (2006) ทดลองเพาะเห็ดนางรม (*Pleurotus*

florida) เห็ดนางฟ้า (*Pluerotus pulmonaris*) และเห็ดนางฟ้า (*Pluerotus sajor-caju*) ด้วยวัสดุเพาะ คือ ฟางข้าวสาลี กับ ชานอ้อย ร่วมกับการเติมน้ำส่าเหล้า (molasses-based distillery effluent) เป็นอาหารเสริม เท่ากับ 0% (ไม่เติมน้ำส่าเหล้า) 15% 30% และ 50% โดยปริมาตร พบว่า การใช้ฟางข้าวสาลีเป็นวัสดุเพาะให้ผลผลิตดีกว่าการใช้ชานอ้อยเป็นวัสดุเพาะในทุกกรรมวิธี โดยการเติมน้ำส่าเหล้ายิ่งทำให้ผลผลิตเห็ดทั้ง 3 ชนิด เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การเติมน้ำส่าเหล้าในวัสดุเพาะเห็ดจากชานอ้อยกลับ ให้ผลตรงกันข้าม คือ เมื่อเติมน้ำ กากส่าในปริมาณมากขึ้นกลับทำให้ผลผลิตของเห็ดลดลง

อีกทั้ง Marex Siwulski et al. (2007) ได้ศึกษาการผสมสารสกัดจากใบพืชตระกูลแปะก๊วย (*Ginkgo biloba* L.) ที่ความเข้มข้น 0 1 10 100 1,000 และ 10,000 µg/l ต่อการเจริญของเห็ดสกุลนางรม (*Pleurotus spp.*) 2 ชนิด ได้แก่ *P. precoce* และ *P. citrinopileatus* พบว่า ในการเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ในกรณีของ *P. precoce* ที่ความเข้มข้น 1 และ 10 µg/l สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดได้อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ *P. citrinopileatus* ที่ความเข้มข้นของสารสกัดตั้งแต่ 1-100 µg/l สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของเห็ดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนระดับความเข้มข้นสูงกว่าระดับที่กล่าวมานั้นจะมีผลไปยับยั้งการเจริญของเส้นใยเห็ดทั้ง 2 ชนิด และยังพบว่าการผสมสารสกัดในวัสดุเพาะที่เป็นขี้เลื่อยจากไม้ beech ที่ความเข้มข้น 10,000 µg/l จะช่วยเร่งการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดทั้ง 2 ชนิดได้อย่างมีนัยสำคัญ และจากการศึกษาของ Orly Ardon, et al. (1996) ที่ได้ศึกษาการผสมสารสกัดจากต้นฝ้ายในอาหารเหลวที่ใช้เพาะเลี้ยงเห็ดนางรม (*P. ostreatus*) พบว่า การผสมสารสกัดจากต้นฝ้ายสามารถเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ laccase ของเห็ดนางรมได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และช่วยเพิ่มการย่อยสลายลิกนินและปลดปล่อยธาตุอาหารระหว่างที่เห็ดเจริญเติบโตและสารสกัดจากต้นฝ้ายนี้น่าจะมีสารประกอบฟีนอลและแหล่งคาร์บอนสำหรับการเจริญเติบโตของเห็ดนางรม และผลการทดลองของกรดฮิวมิกที่มีต่อผลผลิตของเห็ดนางรม (*P. florida*) ของภักดี เหล่าอารีย์ (2527) โดยใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพาราผสมกับกรดฮิวมิกที่ความเข้มข้น 0 5 10 15 และ 20 มล.ต่อน้ำ 1 ลิตร ตามลำดับ พบว่า การใช้กรดฮิวมิกความเข้มข้น 10 มล.ต่อน้ำ 1 ลิตร ให้น้ำหนักดอกเห็ดสดสูงกว่าการไม่เติม กรดฮิวมิก ส่วนการใช้กรดฮิวมิก 15 มล.ต่อน้ำ 1 ลิตร ให้ผลผลิตต่ำสุด

นอกจากนั้น การผสมสารควบคุมการเจริญเติบโตสังเคราะห์บางชนิด ก็มีผลต่อการเจริญของเส้นใยและผลผลิตของเห็ดสกุลนางรมเช่นกัน โดยฉันทนา ปราชญาพร (2528) ทดลองผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิดที่มีต่อการเจริญของเส้นใยและผลผลิตของเห็ดนางรม (*Pleurotus florida*) โดยใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพาราผสมกับสารควบคุมการเจริญเติบโต 3 ชนิด คือ

BAP (6-benzylaminopurine) GA_3 (gibbberellic acid) และ NAA (1-napthylacetic acid) ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 1 10 และ 100 ppm พบว่าการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตมีผลทำให้การเจริญของเส้นใยของเห็ดนางรมดีกว่าการไม่ใช้สาร กล่าวคือ ช่วง 9 วันแรกหลังจากใส่เชื้อเห็ดแล้วเส้นใยเห็ดนางรมจะเจริญได้ดีที่สุดบนขี้เลื่อยเติม BAP 1 ppm หรือ NAA 10 ppm ในขณะที่ช่วง 9 วันหลัง เส้นใยเห็ดนางรมจะเจริญได้ดีทุกกรรมวิธี ยกเว้น การไม่เติมสาร และการเติม GA_3 1 ppm สำหรับการให้ผลผลิต พบว่า การใช้ GA_3 ทุกระดับความเข้มข้นมีแนวโน้มให้จำนวนดอกและน้ำหนักดอกเห็ดสดสูงสุด และสูงกว่าการไม่ใช้สาร

และนอกจากวิธีการเติมสารลงไปในวัสดุเพาะแล้ว วิธีการฉีดพ่นสารเข้าไปในถุงในขั้นตอนการเปิดดอกเห็ดในโรงเรือน ก็เป็นอีกวิธีการที่สามารถเพื่อเร่งการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของเห็ดแล้ว โดย Esabi Basaran Kurbanoglu and Omer Faruk Algur (2002) ได้ทดลองการฉีดพ่นสารละลายที่สกัดเขาแกะ (ram horn hydrolyzate) บนถาดเพาะเห็ดแชมปิญอง (*Agaricus bisporus*) พบว่า สามารถเพิ่มผลผลิตเห็ดได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยการฉีดพ่นสารละลายสกัดจากเขาแกะปริมาณ 5,000 มิลลิลิตรที่ระดับความเข้มข้น 2% โดยปริมาตร บนถาดเพาะ สามารถเพิ่มผลผลิตมากขึ้น 38%

และ Xavier, RL and Kumuthakalavalli, R (2001) ได้ทดลองการฉีดพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต ได้แก่ IAA (Indole acetic acid) GA_3 (gibbberellic acid) และ kinetin ที่ความเข้มข้น 50 และ 100 ppm ที่บริเวณด้านในปากถุงเชื้อของเห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor-caju*) พบว่า การใช้ IAA และ GA_3 ที่ความเข้มข้น 50 ppm สามารถเพิ่มผลผลิตได้มากขึ้น 46.8% และ 37.8% ตามลำดับ และแตกต่างกับการไม่ฉีดพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญแต่การฉีดพ่น kinetin ไม่มีผลต่อการให้ผลผลิตของเห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor-caju*)

นอกจากนี้ การใช้วัสดุเพาะที่ผ่านการหมักแล้วจึงนำไปผลิตก้อนเชื้อเห็ด ก็สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตเห็ดได้เช่นเดียวกัน ดังที่ วิทยา เหล็กไหล (2546) ทำการหมักขี้เลื่อยด้วยสารเร่งพด. 1 ซึ่งเป็นจุลินทรีย์เร่งการย่อยสลายเช่นเดียวกันกับจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำสกัดชีวภาพของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่า การหมักขี้เลื่อยด้วยสารเร่ง พด. เป็นเวลา 9 วัน นั้นจะมีปริมาณไนโตรเจนลดลงในช่วง 9 วันแรก เนื่องจากจุลินทรีย์ได้นำไปใช้ในกระบวนการย่อยสลาย แต่เมื่อผ่านพ้นวันที่ 9 ของการหมัก ปริมาณไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนครบการเก็บผลผลิต เนื่องจากจุลินทรีย์ในกองขี้เลื่อยที่หมักบางสายพันธุ์สามารถตรึงและสังเคราะห์ไนโตรเจนในวัสดุเพาะแล้วเก็บไว้ในเซลล์ได้ จึงทำให้มีปริมาณไนโตรเจนเพิ่มมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามปริมาณคาร์บอนของขี้เลื่อยจะลดลงอย่างรวดเร็วภายหลังการหมักขี้เลื่อยแล้ว 9 วัน ซึ่งเกิดจากการสลายของสารประกอบ

คาร์บอนของขี้เลื่อย เช่น ลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส จะทำให้มีปริมาณของน้ำตาลกลูโคสเพิ่มมากขึ้น และรวดเร็วกว่าการไม่ได้หมัก ซึ่งน้ำตาลกลูโคสนี้เป็นอาหารที่เห็ดสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ และช่วยเพิ่มผลผลิตเห็ดได้มากกว่าขี้เลื่อยที่ได้ผ่านการหมักแล้ว

Margaret Atikpo et al. (2008) ได้ทำการทดลองการหมักขี้เลื่อยของไม้ *tryplochylon scleroxylon* ด้วยกากปลาสด (fresh fish waste) กากปลาในการปรุงอาหาร (cooked fish waste) และ รำข้าว เพื่อนำไปเพาะเห็ดสกุลนางรม (*Pleurotus spp.*) ได้แก่ เห็ดนางฟ้าภูฐาน (*P. eous*) เห็ดนางรม (*P. ostreatus*) และเห็ดนางฟ้าภูฐานลูกผสม (*P. eous hybrid*) พบว่าการเจริญของเส้นใย ขนาด และความแน่นของดอกเห็ดทั้ง 3 ชนิด ในขี้เลื่อยที่หมักด้วยกากปลาทั้ง 2 ชนิด เร็วกว่าการใช้ขี้เลื่อยที่หมักด้วยรำข้าวเป็นวัสดุเพาะ

อีกทั้ง N. Silanikove and O. Danai (1988) ได้ทดลองหมักต้นฝ้าย แบบการหมักหญ้าสำหรับอาหารสัตว์ (silage) เพื่อใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ดนางรม (*P. ostreatus*) โดยเปรียบเทียบการใช้วัสดุเพาะ 3 ชนิด คือ 1) วัสดุมาตรฐาน (ฟางข้าวสาลี 90% และ 10% ของถั่ว alfalfa แห้ง) 2) ต้นฝ้ายหมักแบบหญ้าอาหารสัตว์ และ 3) วัสดุเพาะมาตรฐานผสมกับต้นฝ้ายหมักแบบหญ้าอาหารสัตว์ในอัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร จากการทดลอง พบว่า การใช้วัสดุเพาะมาตรฐานผสมกับต้นฝ้ายหมักแบบหญ้าอาหารสัตว์ ในอัตราส่วน 1: 1 โดยปริมาตร ให้ผลผลิตดีที่สุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับการใช้ต้นฝ้ายหมักแบบหญ้าอาหารสัตว์ หรือวัสดุเพาะเห็ดมาตรฐานเพียงอย่างเดียว และการใช้วัสดุเพาะที่มีต้นฝ้ายหมักเป็นองค์ประกอบ จะทำให้ระยะห่างระหว่างรุ่นสั้นกว่าการใช้วัสดุเพาะมาตรฐาน

ดังนั้น เมื่อพิจารณาการใช้สารสกัดชีวภาพเพื่อช่วยเพิ่มผลผลิตเห็ดดังที่รายงานข้างต้น พบว่า ในประเทศไทยมีน้ำสกัดชีวภาพซึ่งเป็นสารสกัดจากธรรมชาติชนิดหนึ่งที่เกษตรกรผู้ผลิตเห็ดรายย่อยและกลุ่มเกษตรกรขนาดเล็กไปจนถึงขนาดกลาง สามารถพึ่งพาตนเองได้ในการผลิต โดยใช้วัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่น และมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นปัจจัยการผลิตเห็ด ซึ่งจะมีการพิจารณาถึงสารดังกล่าวในลำดับต่อไป

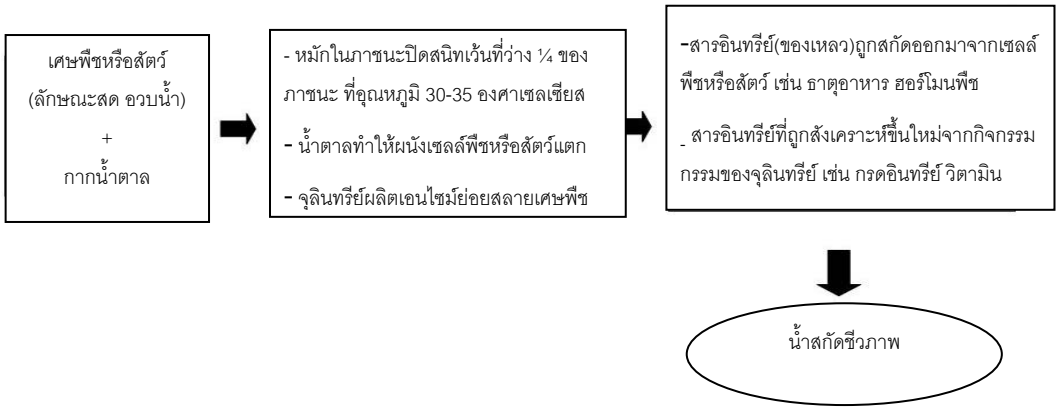
คุณสมบัติและการใช้ประโยชน์เพื่อการเพาะเห็ดของน้ำสกัดชีวภาพ

กระแสการใช้น้ำสกัดชีวภาพเกิดขึ้นเมื่อปี 2540 โดยอาจารย์ภรณ์ ภูมิพันนา และ อาจารย์ชนวน รัตนวราหะ รองอธิบดีกรมวิชาการเกษตร ได้เชิญ มร.ฮาน คิว โช หรือ มร.โช นายกสมาคมเกษตรธรรมชาติแห่งประเทศเกาหลี มาบรรยายเกี่ยวกับเทคนิควิธีการ และระบบเกษตรธรรมชาติโดยใช้เทคนิคจุลินทรีย์ท้องถิ่นซึ่งเป็นเทคนิคอย่างเดียวกันกับการใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (Effective Microorganism หรือ EM) ของเกษตรธรรมชาติคิวเซที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไป จึงมีเกษตรกรผู้ที่สนใจแนวทางในการทำการเกษตรธรรมชาติ ข้าราชการ องค์กรพัฒนาเอกชนต่าง ๆ และผู้ที่สนใจจำนวนหนึ่งเข้ารับการอบรม หลังจากอบรมในวันนั้นแล้ว มร.โช ก็ได้ไปบรรยายให้ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคการผลิตแบบเกษตรธรรมชาติโดยใช้จุลินทรีย์ท้องถิ่น ให้แก่สมาชิกในชุมชนราชธานีอโศก ที่ศูนย์ฝึกอบรมเทคโนโลยีไร้สารพิษและสิ่งแวดล้อม หมู่บ้านราชธานีอโศก ตำบลบุ่งไหม อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างวันที่ 2-4 สิงหาคม พ.ศ.2540 ซึ่งการมาประเทศไทยในคราวนั้น มร.โช ได้บรรยายโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายเป็นวิทยาทานทั้งหมด ภายหลังจากนั้นเป็นต้นมาเทคนิคการใช้จุลินทรีย์เพื่อการเกษตรก็ไม่ได้เป็นความลับอีกต่อไป

น้ำสกัดชีวภาพ (Bio-Extract) หรือน้ำหมักชีวภาพ หรือปุ๋ยน้ำชีวภาพหรืออีกหลากหลายชื่อเรียก เป็นภูมิปัญญาซึ่งมีเกษตรกรนำไปใช้กันอย่างแพร่หลาย (กรมพัฒนาที่ดิน, กองอนุรักษ์ดินและน้ำ, 2545, น. 46) โดยมีความหมายว่า สารละลายเข้มข้นสีน้ำตาลได้จากการย่อยสลายซากพืชซากสัตว์หรือเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรด้วยจุลินทรีย์โดยการผสมกากน้ำตาลหรือน้ำตาลทรายเพื่อเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ ซึ่งจะเกิดการหมักในสภาพที่มีออกซิเจนอยู่บ้าง (facultative-anaerobic condition) โดยกระบวนการทำงานของจุลินทรีย์ทั้งแบบต้องการและไม่ต้องการออกซิเจนออกซิเจน มักจะเป็นกลุ่มแบคทีเรีย *Bacillus sp*. *Lactobacillus sp*. *Streptococcus sp*. นอกจากนี้ยังอาจพบเชื้อรา ได้แก่ *Aspergillus niger Pennicillium sp. Rhizopus sp*. และ ยีสต์ ได้แก่ *Candida sp.* และ *Saccharomyces sp*. (กรมวิชาการเกษตร, สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5, 2545, น. 7 และ สุริยา สาสนรักกิจ และคณะ, 2546, น. 12) ทำหน้าที่ย่อยสลายเศษซากพืชและซากสัตว์เหล่านั้นให้กลายเป็นสารละลาย ซึ่งเป็นกระบวนการตามธรรมชาติ นอกจากนั้นยังมีการผสมกรดอินทรีย์ กรดอนินทรีย์ หรือเอนไซม์เพื่อช่วยการย่อยสลายอีกทางหนึ่งด้วยเช่นกัน ซึ่งมักใช้กับน้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตจากสัตว์ (ปลา หอย เชอรี่ และ ไข่) ทำให้เกิดกระบวนการย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น

ในการผลิตน้ำสกัดชีวภาพจะต้องเลือกใช้วัตถุดิบที่สด ไม่มีส่วนเน่าเสีย มีความชื้นสูงหรือมีลักษณะอวบน้ำ ซึ่งจะมีปริมาณสารอาหารสะสมอยู่ในระดับสูง นำมาหมักกับกากน้ำตาลและน้ำสะอาดเพราะกลุ่ม จุลินทรีย์ที่ทำการย่อยสลายนั้นเป็นพวกที่ต้องการน้ำตาลเป็นแหล่งอาหารและพลังงานในการเพิ่มจำนวนเซล ซึ่งขั้นตอนการเกิดน้ำสกัดชีวภาพ อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอนหลัก ขั้นตอนแรก คือ การพลาสโมไลซีส (plasmolysis) เกิดจากการผสมกากน้ำตาลลงในส่วนผสม ซึ่งความเข้มข้นของกากน้ำตาลที่มากกว่าความเข้มข้นภายในเซลล์ของเศษพืช จนเซลล์นั้นแตกออกทำให้สามารถดึงน้ำเลี้ยงและสารประกอบออกมาจากเซลล์พืชได้ ขั้นที่สองจะเป็นขั้นตอนที่จุลินทรีย์ผลิตเอนไซม์ หรือน้ำย่อยเข้าไปย่อยสลายเศษพืช ทำให้สารอินทรีย์ต่าง ๆ ถูกย่อยสลายให้เล็กลง ทำให้เกิดการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมา (ธงชัย มาลา, 2544, น. 8-10 และกรมวิชาการเกษตร, กองอนุรักษ์ดินและน้ำ, 2545, น. 76) และขั้นตอนนี้จุลินทรีย์อาจมีการสร้างสารอินทรีย์และก๊าซบางชนิดขึ้นมาใหม่ เช่น กรดอินทรีย์ แอลกอฮอลล์ สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และก๊าซอื่น ๆ นอกจากนี้สภาพในกระบวนการหมักวัสดุสดหรือการหมักในของเหลว จะอยู่ในสภาพที่มีอากาศน้อย และมีสภาวะค่อนข้างเป็นกรด มีค่า pH อยู่ระหว่าง 3-5

ภาพที่ 2.1
กระบวนการผลิตและหมักน้ำสกัดชีวภาพ



ที่มา : ดัดแปลงจาก กรมวิชาการเกษตร, กองอนุรักษ์ดินและน้ำ (2545)

ดังนั้น ในการผลิตน้ำสกัดชีวภาพ เกษตรกรสามารถพิจารณาการเกิดกิจกรรมที่ดีทางกายภาพในระหว่างการหมัก โดยกรมวิชาการเกษตร, กองอนุรักษ์ดินและน้ำ (2545, น. 23) รายงานว่า ในขณะหมักอยู่ในถังหรือภาชนะ ควรสังเกตกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นเพื่อแสดงว่ากระบวนการหมักเป็นไปอย่างต่อเนื่องและสมบูรณ์ ดังนี้

- การเจริญของจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น โดยเกิดฝ้าขาวของโคโลนีของจุลินทรีย์อยู่ที่ผิวหน้าของวัสดุหมักในช่วง 1-3 วันหลังการหมัก เนื่องจากจุลินทรีย์ดังกล่าวมีการใช้แหล่งคาร์บอนจากน้ำตาลเป็นแหล่งอาหารและพลังงานในการเจริญและเพิ่มจำนวนเซลล์มากขึ้น

- การเกิดฟองก๊าซ CO_2 โดยมีฟองก๊าซที่ผิวหน้าของวัสดุ และใต้ผิววัสดุหมัก จะมีก๊าซ CO_2 เกิดขึ้น เนื่องจากในกระบวนการย่อยสลายของกลุ่มจุลินทรีย์พวกยีสต์และจุลินทรีย์ผลิตกรดอินทรีย์ในระหว่างเกิดกิจกรรมการหมักวัสดุ

- การผลิตแอลกอฮอล์มากขึ้น สังเกตได้จากกลิ่นของแอลกอฮอล์ที่ค่อนข้างฉุน ซึ่งเกิดขึ้นจากกิจกรรมของจุลินทรีย์กลุ่มยีสต์ และกลุ่มจุลินทรีย์ผลิตกรดแลกติก

- ความใสของสารละลาย ลักษณะสารละลายที่เกิดขึ้นจะต้องเป็นของเหลวใสไม่ขุ่นและค่อยๆ เปลี่ยนแปลงสี โดยเป็นสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ เช่น กลุ่ม จุลินทรีย์ผลิตกรดแลกติกจะผลิตกรดแลกติกออกมาเพื่อรักษาสภาพไม่ให้เกิดการเน่าเสีย

และน้ำสกัดชีวภาพที่ผ่านกระบวนการหมักอย่างสมบูรณ์แล้ว สามารถสังเกตจากบริเวณผิวหน้าของน้ำสกัดมีการเจริญของจุลินทรีย์น้อยลง กลิ่นแอลกอฮอล์จะลดลง เนื่องจากจุลินทรีย์จำพวกยีสต์ได้ใช้น้ำตาลในการย่อยสลายเสร็จสิ้นแล้ว จึงทำให้กระบวนการและกลุ่มจุลินทรีย์ที่ใช้แอลกอฮอล์ผลิตกรดได้มากขึ้น ทำให้กิจกรรมของยีสต์ลดลง น้ำสกัดชีวภาพจึงมีกลิ่นเปรี้ยวเพิ่มขึ้น และที่ไม่ปรากฏฟองก๊าซ CO_2 เนื่องจากจุลินทรีย์มีกิจกรรมน้อยลง กระบวนการหมักวัสดุจึงลดลง ทำให้การเกิดฟองก๊าซ CO_2 น้อยลงตามไปด้วย จนได้ของเหลวสีน้ำตาลและมีค่าความเป็นกรดสูง โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ที่ 3-4 เนื่องจากปริมาณกรดอินทรีย์ที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งน้ำ สกัดชีวภาพที่ผ่านการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์แล้ว จะประกอบไปด้วยจุลินทรีย์หลายชนิดและสารประกอบจากการสกัดเซลล์พืชหรือเซลล์สัตว์และสารที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น อันได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอินทรีย์ เอนไซม์ วิตามิน ธาตุอาหาร และฮอร์โมนพืชในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นกับวัตถุดิบและระยะเวลาที่ทำการหมัก โดยออมทรัพย์ นพอมรบดี และคณะ (2547) และ สมพร อิศรานุรักษ์ และคณะ (2547) ศึกษาและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำสกัดชีวภาพที่เกษตรกรผลิตขึ้น พบว่า น้ำสกัดชีวภาพจากพืชผักและผลไม้พบทั้งธาตุอาหารหลักและรอง ได้แก่ N 0.05-1.65 %, P_2O_5 0.01-0.59 %, K_2O 0.02-1.89 %, Ca 0.08-0.95 %, Mg 0.001-0.22 %,

S 0.006-0.58 % และพบธาตุอาหารเสริมอีกในปริมาณน้อย ได้แก่ Fe, Mn, Cu, Zn, B และ Cl นอกจากนี้ ยังพบฮอร์โมนพืช (plant hormone) ได้แก่ จิบเบอเรลลิน ออกซิน และ ไซโทไคนิน ซึ่ง กรมวิชาการเกษตร, กองเกษตรเคมี (2545, น. 22) รายงานว่าน้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตจากผลไม้ที่ประกอบไปด้วย กล้วยสุก มะละกอสุก ฟักทองแก่จัด อย่างละ 1 ส่วน ผสมกับกากน้ำตาล 1 ส่วน ใช้เวลาหมักนาน 1 เดือน ตรวจพบสารควบคุมการเจริญเติบโตครบทั้ง 3 กลุ่ม คือ กลุ่มออกซิน ได้แก่ กรดอินโดลอะซีติก, กลุ่มจิบเบอริลลิน ได้แก่ กรดจิบเบอริลลิก และกลุ่มไซโตไคนิน ได้แก่ ซีอาติน และไคเนติน ในปริมาณสูงสุดตลอดรยะเวลาการหมักทั้งหมด 1 ปี ส่วนผลของการใช้ฟักทองแก่จัด 3 ส่วน หมักกับกากน้ำตาล 1 ส่วน, กล้วยสุก 3 ส่วน หมักกับกากน้ำตาล 1 ส่วน หรือ มะละกอสุก 3 ส่วน หมักกับ กากน้ำตาล 1 ส่วน หมักไว้ 6 เดือนก็ให้ผลในทำนองเดียวกับน้ำสกัดชีวภาพหมักนาน 1 เดือน ดังที่กล่าวมาข้างต้น ส่วนน้ำสกัดชีวภาพจากสมุนไพรจะพบสารออกฤทธิ์กลุ่มแอลกอฮอล์ ได้แก่ เบนซีนไดออล ฟีนอล และเอสเทอร์ ซึ่งสารเหล่านี้มีฤทธิ์ในการไล่แมลง ฆ่าแมลง ในขณะที่น้ำสกัดชีวภาพจากสัตว์ (ปลา หอยเชอรี่ ไข่) จะพบธาตุ N 0.28-2.00 %, P_2O_5 %, K_2O 0.04-1.72 %, Ca 0.03-2.26%, Mg 0.01-0.84 %, S 0.01-0.35 % และพบธาตุอาหารเสริมได้แก่ Fe, Mn, Cu, Zn, B และCl ในปริมาณน้อยแต่มีครบทุกธาตุเช่นกัน และพบฮอร์โมนพืชแต่มีปริมาณน้อยกว่าที่พบในน้ำสกัดชีวภาพจากพืช

การใช้น้ำสกัดชีวภาพ นอกจากจะใช้เป็นสารเสริมการเจริญเติบโตของพืชแล้ว ยังสามารถนำมาใช้กับเห็ดได้ด้วยเช่นกัน ซึ่ง ชัยชนะ นุ่นเส้ง (2545) ได้ทดลองเพาะเห็ดหูหนู (*Auricularia polytricha*) ในถุงพลาสติก โดยใช้วัสดุเพาะ คือ ขี้เลื่อยไม้ยางพารา 100% ปูนขาว 1% ยิปซัม 2% รำ 5% ดีเกลือ 0.2% ความชื้น 70% โดยน้ำหนัก ผสมปุ๋ยน้ำชีวภาพจากปลาที่ความเข้มข้น 0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 มล./น้ำ 1 ลิตร พบว่า การใช้ปุ๋ยน้ำชีวภาพความเข้มข้น 1.5 มล./น้ำ 1 ลิตร ทำให้เส้นใยเห็ดหูหนูมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันสูงที่สุด แต่การใช้ปุ๋ยน้ำชีวภาพ ไม่มีผลต่อน้ำหนักสดเฉลี่ย จำนวนดอกเฉลี่ยต่อถุง ผลผลิตรวม และขนาดดอกเฉลี่ยของเห็ดหูหนู

และศศลักษณ์ ยุงคุณ (2548) ทดลองผลของปุ๋ยชีวภาพที่มีต่อผลผลิตของเห็ดโคนน้อย (*Coprinus sp.*) โดยเพาะเห็ดโคนน้อยในตะกร้าพลาสติก ใช้ฟางหมักกับฟางสับ น้ำหนักอย่างละเท่าๆ กัน รวม 3 กิโลกรัม รำละเอียด 150 กรัม แป้งข้าวเจ้า 90 กรัม ปูนขาว 30 กรัม ดีเกลือ 3 กรัม ปุ๋ยยูเรีย 30 กรัม ปุ๋ย 16-20-0 30 กรัม กากน้ำตาล 12 มิลลิลิตร และ ปุ๋ยน้ำชีวภาพ ความเข้มข้น 0 1 2 3 และ 4% พบว่า ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลต่อผลผลิต จำนวนดอกเฉลี่ย และขนาดก้านดอกเฉลี่ย แต่ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ความเข้มข้น 4 % ส่งผลให้น้ำหนักดอกเห็ดสดรวมเฉลี่ย จำนวนดอกเห็ดสดเฉลี่ย ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และความยาวหมวกดอกเฉลี่ย มีค่าต่ำ

ที่สุด แต่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหมวกดอกใหญ่ที่สุด ในขณะที่ปุ๋ยชีวภาพความเข้มข้น 2 % ส่งผลให้มีความยาวหมวกดอกเฉลี่ยมากที่สุด และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหมวกดอกเล็กที่สุด

นอกจากนั้น ยังมีการทดลองการผสมสารจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ หรือสาร EM (Effective Microorganism) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดย Sopit Vetayasuporn (2004) ได้แก่ 0 0.5 1.0 2.0 4.0 และ 8.0 มล./น้ำ 1 ลิตร ในวัสดุเพาะ คือ ขี้เลื่อยไม้ยางพารา 100% ภูไมท์ 1% ปูนขาว 1% รำละเอียด 10% ยิปซัม 2% และดีเกลือ 0.2% แล้วนำไปเพาะเห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus*) พบว่า การผสมสาร EM ทุกระดับความเข้มข้น ส่งผลให้มีการเจริญของเส้นใยเห็ดเร็วขึ้นกว่าการไม่ได้ผสมสาร EM และทำให้น้ำหนักเห็ดสดเฉลี่ยและจำนวนดอกเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสูงกว่าการไม่ผสมสาร 2-4 เท่า ในกรณีที่ให้น้ำเห็ดด้วยน้ำเปล่า และยังพบว่าการให้น้ำเห็ด ด้วยน้ำเปล่าให้ผลผลิตสูงกว่าการให้น้ำเห็ดด้วยสารละลาย EM เจือจาง 1% และ 2%

เมื่อพิจารณาจากรายงานต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว การใช้น้ำสกัดชีวภาพในการผลิตเห็ดนางฟ้า จึงมีโอกาสที่จะเพิ่มการเจริญของเส้นใยและผลผลิตของเห็ดได้ โดยจำเป็นจะต้องนำไปทดสอบในสภาพแวดล้อมการผลิตจริงของเกษตรกร หรือในระดับฟาร์มต่อไป

การทดสอบการใช้น้ำสกัดชีวภาพเพื่อการผลิตเห็ดนางฟ้าในฟาร์มเกษตรกร

การทดสอบการใช้น้ำน้ำสกัดชีวภาพเพื่อการผลิตเห็ดนางฟ้าฟาร์มเกษตรกร ถือเป็นการนำเทคโนโลยีใหม่ที่เกษตรกรไม่เคยใช้หรือเป็นเทคโนโลยีที่เกษตรกรไม่เคยทดสอบวิธีการนี้มาก่อนไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับเงื่อนไขและสภาพพื้นที่ของเกษตรกร การทดสอบนี้จึงต้องทำในฟาร์มของเกษตรกร ซึ่งไม่เพียงเพื่อพิสูจน์ความเหมาะสมของเทคโนโลยีทางด้านวิชาการเท่านั้น แต่ยังเป็นการทดสอบความเหมาะสมของเทคโนโลยีจากสภาพจริงของเกษตรกรอีกด้วย โดยก่อนดำเนินการทดสอบ ผู้วิจัยจึงต้องรู้และเข้าใจอย่างแน่ชัดว่า เกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรเป้าหมายคือใคร และเกษตรกรเหล่านั้นทำการเพาะปลูกในสภาพและเงื่อนไขเช่นไร

อารันต์ พัฒโนทัย (2532, น. 31-32) แบ่งการทดลองในไร่นาเกษตรกรออกเป็น 3 ประเภท ตามวัตถุประสงค์ของการทดลองนั้น ๆ คือ

1. **การทดลองเบื้องต้น** (Exploratory trial)

การทดลองประเภทนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อการกำหนดปัญหาให้ถูกต้อง ในบางกรณีการสังเกตแปลงของเกษตรกร หรือสอบถามเกษตรกร อาจไม่สามารถระบุปัญหาได้แน่ชัด เช่น ถ้าเห็นว่าการรดน้ำสกัดชีวภาพสามารถเพิ่มผลผลิตของพืชได้ แต่ยังไม่แน่ใจว่าเติมน้ำสกัดชีวภาพในวัสดุเพาะนั้น จะเพิ่มผลผลิตของเห็ดได้หรือไม่ กรณีเช่นนี้ก็ต้องมีการทดสอบเพื่อพิสูจน์ปัญหา อาจจะเป็นการทดลองง่าย ๆ มี 2 กรรมวิธี คือ ใส่และไม่ใส่น้ำสกัดชีวภาพเพิ่มเติม หรือทดสอบการใส่น้ำสกัดชีวภาพหลายระดับความเข้มข้น ซึ่งการทดลองประเภทนี้นิยมใช้แปลงหรือโรงเรือนทดลองขนาดเล็ก ดำเนินการโดยนักวิจัย และไม่ต้องคำนึงถึงต้นทุน กำไรในการผลิต

2. **การทดลองเพื่อหาระดับที่เหมาะสม** (Level trial)

การทดลองประเภทนี้ทำขึ้นเพื่อหาระดับของปัจจัยการผลิตหรือน้ำสกัดชีวภาพที่จะให้ผลกำไร หรือเพื่อหาว่าวิธีปฏิบัติใดจะให้ผลกำไรมากที่สุด อาจจะเป็นการทดลองที่ทำในแปลงทดลองขนาดเล็ก ซึ่งดำเนินการโดยนักวิจัย หรือเป็นการทดลองที่ทำในแปลงของเกษตรกรที่มีการดำเนินการผลิตอยู่แล้ว

3. **การทดลองเพื่อยืนยันผล** (Vertication trial)

การทดลองประเภทนี้ทำเพื่อยืนยันว่า วิธีการปฏิบัติหรือระดับของปัจจัยการผลิตที่พบว่าดีจาก Level trial ยังคงให้ผลกำไรที่แน่นอน น่าพอใจ และน่าเชื่อถือสำหรับเกษตรกรส่วนใหญ่ในพื้นที่เป้าหมายหรือไม่ การทดลองเพื่อยืนยันผล โดยส่วนใหญ่จะเป็นการทดลองที่ดำเนินการโดยเกษตรกรในแปลงขนาดใหญ่ ใช้สถานที่เป็นซ้ำการทดลอง แต่ละสถานที่ทำซ้ำเดียว โดยมีนักวิจัย และนักส่งเสริมรับผิดชอบร่วมกัน

และในการประเมินผลการทดลองในไร่นาหรือฟาร์มของเกษตรกร โดยเฉพาะการทดลองประเภท Level trial และ Vertication trial จะต้องมีทั้งการประเมินโดยเกษตรกรและการประเมินโดยนักวิจัย ซึ่งจะมีประเด็นสำคัญของการประเมินอยู่ 2 ประการที่สำคัญ คือ

3.1 ประเมินว่าผลการทดลอง ว่าเป็นไปตามหลักวิชาการเกษตรหรือไม่ แตกต่างกันทางสถิติของกรรมวิธีที่ทดสอบหรือไม่ และวิเคราะห์ว่ามีความแตกต่างอย่างไร โดยเปรียบเทียบผล

การทดลองจากงานวิจัยที่ศึกษาทดลองแล้วรอบหนึ่งร่วมกับผลการทดลองที่ผู้อื่นได้ทำการ ศึกษามาแล้ว

3.2 ประเมินทางเศรษฐศาสตร์ เช่น วิเคราะห์หาผลกำไรหรือขาดทุนระยะสั้นของการใช้น้ำสกัดชีวภาพในการผลิตเห็ดของฟาร์มเกษตรกรที่ทำการทดลอง เป็นต้น

ซึ่งผลจากการประเมินข้อมูลจากการทดลอง สามารถนำไปใช้ในการวางแผนงานวิจัยที่ทำต่อไปได้ ใช้ในการให้คำแนะนำแก่เกษตรกร และบางกรณีสามารถใช้เป็นแนวทางในการกำหนดแผนหรือนโยบายการผลิตในเรื่องนั้น ๆ ได้