

บทที่ 6

การทำปุ๋ยหมักเพาะเห็ด

ปุ๋ยหมัก หมายถึง การนำวัสดุต่างๆ ที่เป็นวัสดุเหลือใช้ในการเกษตร เช่น ฟาง ขี้เถ้า ต้นถั่ว ใส่นุ่น ผักตบชวา หญ้าแห้ง ฯลฯ ผสมเข้ากับมูลสัตว์แห้งที่ได้จากไก่ สุกร ม้า ฯลฯ มีการเพิ่มปุ๋ยวิทยาศาสตร์ เช่น ยูเรีย และวัสดุอื่น เช่น ปูนขาว ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน ร่อนกระทั่งวัสดุเหล่านี้เริ่มสลายตัวโดยจุลินทรีย์แล้วนำวัสดุที่เรียกว่าปุ๋ยหมักมาใช้สำหรับเพาะเลี้ยงเห็ดเพื่อให้เส้นใยของเห็ดจากหัวเชื้อเข้าอาหารจากปุ๋ยหมักนี้เจริญเติบโตเป็นดอกเห็ดต่อไป

วัสดุหลัก

(Vegetable-base material)

วัสดุหลักที่ใช้ ได้แก่ ฟางข้าว ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นแหล่งของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งเห็ดจะใช้ในระหว่างเส้นใยเดินและในระยะออกดอกโดยจะใช้น้ำตาลซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรทโมเลกุลเล็ก

การนำฟางข้าวไปแช่น้ำจะมีความชื้นเกิดขึ้น จุลินทรีย์จำนวนมากจะเกิดขึ้นและทำหน้าที่ย่อยสลายฟางข้าว ชานอ้อย หรือวัสดุอื่นให้มีลักษณะนิ่มลง เรียกว่า การหมักแบบใช้อากาศ (compost aerobic condition)

อาหารสำหรับกระตุ้นให้เกิดการหมัก

(Supplements for activating fermentation)

เป็นกลุ่มของสารอาหารสำหรับกระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์เพื่อให้เกิดการหมักดียิ่งขึ้น ได้แก่

ปุ๋ยคอก มูลสัตว์หลายชนิด เช่น มูลม้า มูลไก่ และมูลแกะ ใช้ผสมในปุ๋ยหมักได้ ปุ๋ยคอกเหล่านี้จะเป็นแหล่งของไนโตรเจนแก่ปุ๋ยหมัก

สารอาหาร เป็นอาหารแก่จุลินทรีย์ เช่น กากน้ำตาล แอมโมเนียมซัลเฟต แคลเซียม แอมโมเนียมไนเตรท และยูเรีย เป็นต้น

อาหารเสริม เป็นแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจน ได้แก่ อาหารสัตว์ น้ำมันพืช รำข้าว และขังข้าวโพดบด

ธาตุอาหาร เพื่อให้ขบวนการหมักเป็นไปโดยสมบูรณ์ ธาตุอาหารนี้ได้จากการเติมปุ๋ยวิทยาศาสตร์ เช่น โบแทส ซุปเปอร์ฟอสเฟต ธาตุอาหารรอง (trace element) ยิปซัมและดีเกลือ เป็นต้น

หลังจากผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อปุ๋ยหมักแล้ว จุลินทรีย์เหล่านี้จะตายและกลายเป็นอาหารของเห็ดต่อไป แต่ในระหว่างการหมักที่มีอุณหภูมิสูงจะพบจุลินทรีย์พวก thermophilic microorganism มากมายซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะสังเคราะห์ วิตามิน เอ็นไซม์ โปรตีนและกรดอะมิโน เพื่อเป็นอาหารให้กับเห็ด อุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักจะอยู่ในช่วง 50-70 องศาเซลเซียส ฟางข้าวที่นำมาหมักกองเพื่อหมักปุ๋ยจะถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายให้มีขนาดของโมเลกุลเล็กลง เป็นน้ำตาลกลูโคส ฟรุคโตส เป็นต้น

ก่อนที่เห็ดจะใช้ปุ๋ยคอกเป็นอาหารนั้น ปุ๋ยคอกซึ่งมีปัสสาวะปนอยู่ด้วย และอยู่ในรูปของยูเรีย จะถูกแบคทีเรียทำปฏิกิริยา ammonifying กลายเป็นแอมโมเนีย ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับ CO₂ และ H₂O ได้เป็น ammonium carbonate ที่ไม่อยู่ตัว เมื่อมีความร้อนจะปลดปล่อยแอมโมเนียออกมา ดังนั้น เมื่ออยู่ใกล้กองปุ๋ยหมักจะได้กลิ่นของแอมโมเนีย

แบคทีเรียที่พบเสมอในกองปุ๋ยหมัก เช่น *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas* spp., *Serratia* spp. และ *Cellulomonas* spp. ซึ่งเป็นพวกที่มี cellulolytic enzyme สูงสามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้ดี

เชื้อราที่พบในกองปุ๋ยหมักส่วนใหญ่เป็น thermophilic fungi สามารถย่อยสลายเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินได้ เช่น *Humicola* spp., *Cladosporium* spp., *Aureobasidium pullulans* และ *Altrenaria* spp. มักพบใน 2 วันแรกของการหมักปุ๋ย

อุณหภูมิ

อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะมีผลต่อปฏิกิริยาของเชื้อรา ดังนี้

เมื่ออุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักสูงขึ้นประมาณ 45 องศาเซลเซียส พวก *Mucor* spp., *Absidia ramosa* และ *Aspergillus* sp. จะเพิ่มปริมาณมากขึ้น

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 50 องศาเซลเซียส จะมีราที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายเซลลูโลสมากขึ้น เช่น *Humicola* spp., *Chaetomium* sp. และ *Falaomyces* sp. เป็นต้น

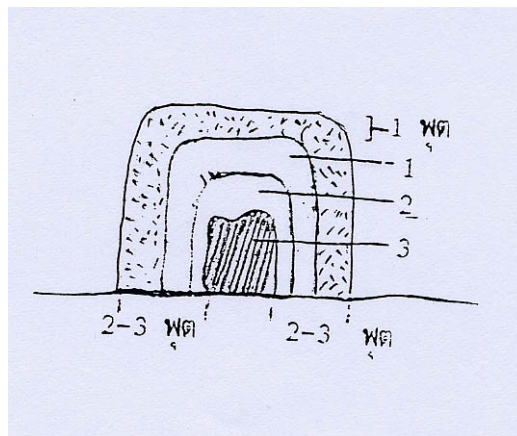
เมื่ออุณหภูมิปุ๋ยหมักสูงถึง 70 องศาเซลเซียส หากมีการหมักต่อไป กองปุ๋ยหมักจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดจากแบคทีเรียและรา และที่อุณหภูมินี้เชื้อราจะตาย จากนั้นอุณหภูมิภายในปุ๋ยหมักจะลดลง มักพบเห็ดราพวกเห็ดขี้ม้า หรือเห็ดน้ำหมึก (*Coprinus* sp.) เจริญขึ้น ซึ่งเป็นตัวชี้ว่าปุ๋ยหมักนั้นพร้อมจะผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อเพื่อเพาะเห็ดได้แล้ว

จุลินทรีย์อีกพวกหนึ่งที่มีบทบาทมากในการหมักปุ๋ยคือ Actinomycetes เนื่องจากชอบอุณหภูมิสูง แต่มีความสามารถในการย่อยเซลลูโลสต่ำกว่ารา actinomycetes เป็นจุลินทรีย์ที่มี

ลักษณะคล้ายทั้งราและแบคทีเรีย แต่การเจริญเติบโตช้ากว่าจึงมักพบในช่วงหลังๆ ของการหมักปุ๋ย เนื่องจากจุลินทรีย์นี้มีขนาดเล็กและมีเส้นใยที่เล็กกว่าราจึงสามารถที่จะเจริญเข้าไปในวัสดุที่นำมาหมักจำพวกขี้เลื่อย หรือกระดาษได้ดีกว่า และที่สำคัญคือ สามารถสร้างสารปฏิชีวนะ (antibiotics) เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์พวกอื่นได้ หลังจากการนึ่งฆ่าเชื้อปุ๋ยหมักแล้ว เมื่อมีการเชื้อเชื้อเห็ดลงไปปุ๋ยหมักจึงมีโอกาสปนเปื้อนจากเชื้ออื่นน้อยกว่าวัสดุอื่นๆ ซึ่งไม่ผ่านการหมัก เช่น ขี้เลื่อย และขี้วัวโพดบด เป็นต้น

การสลายตัวของวัสดุที่นำมาหมักเพื่อเพาะเห็ด

เมื่อมีการหมักปุ๋ย อัตราการสลายตัวของปุ๋ยหมักจะขึ้นอยู่กับ ขนาดและรูปร่างของกองปุ๋ย ปริมาณของน้ำในกองปุ๋ยไม่ควรจะมาก จำนวนครั้งของการกลับกองปุ๋ย ช่วงระยะเวลาที่กลับกองปุ๋ย และปริมาณจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักจะมีหลายๆ ชั้น แต่ละชั้นจะมีความแตกต่างกันในเรื่องของอากาศ อุณหภูมิ และ pH ที่ต่างกัน (ภาพที่ 6.1)



ภาพที่ 6.1 ชั้นต่างๆ ของกองปุ๋ยหมัก เมื่อมีการหมัก

เขตที่ขาด O_2 จะห่างจากยอดลงไปประมาณ 1 ฟุต ห่างจากด้านข้างกอง 2-3 ฟุต ไม่ว่าจะ มีขนาดของกองใหญ่เพียงใดก็ตาม ส่วนลึกด้านในจะไม่มี O_2 ปริมาณของ O_2 ที่ไม่เท่ากันในกองนี้เอง จึงมีจุลินทรีย์ที่เจริญได้ในกองปุ๋ย 2 ชนิด คือ

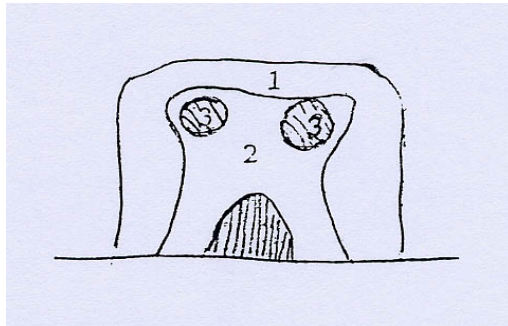
1. Aerobic microorganism เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการ O_2 เพื่อการเจริญเติบโต ได้แก่ รา แบคทีเรีย แอคติโนมัยสิท พวก aerobe จะหมักและย่อยคาร์โบไฮเดรตเกือบหมด แล้วคาย CO_2 และน้ำออกมามาก การหมักโดย พวก aerobe จะทำให้เกิดความร้อนในกองปุ๋ยหมักมาก

2. Anaerobic microorganism ส่วนมากเป็นจุลินทรีย์ซึ่งจะใช้ O_2 จนหมดแล้วจึงมีการคาย CO_2 ออกมาเป็นปริมาณสูง ดังนั้น ในกองปุ๋ยหมักจึงแบ่งออกเป็น 2 เขต ตามชนิดของ จุลินทรีย์ พวก anaerobe จะย่อยคาร์โบไฮเดรตได้บางส่วน หลังจากการย่อย จะได้กรดอินทรีย์บางชนิด ขบวนการสลายตัวที่ไม่สมบูรณ์จึงเกิดความร้อนน้อย ปุ๋ยหมักตรงใจกลางจึงไม่เหมาะต่อการเพาะเห็ด

การกระจายของอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมัก

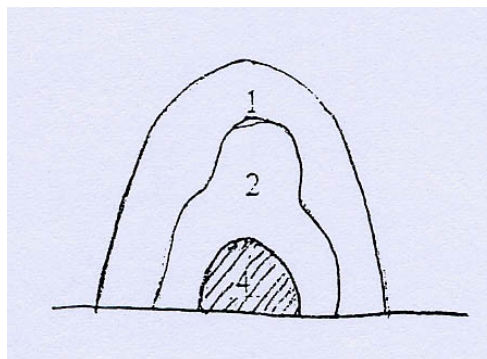
ถ้ากองปุ๋ยแบบสี่เหลี่ยมจะแบ่งอุณหภูมิของปุ๋ยออกเป็น 4 เขต ดังนี้ (ภาพที่ 6.2)

- เขต 1 มีอุณหภูมิ $43^{\circ}C$
- 2 มีอุณหภูมิ $48-60^{\circ}C$
- 3 มีอุณหภูมิ $65-76^{\circ}C$
- 4 มีอุณหภูมิ $38-48^{\circ}C$



ภาพที่ 6.2 การกระจายของอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักแบบสี่เหลี่ยม

หากกองปุ๋ยหมักเป็นรูปฟลาซี จะมีเขต 2 มากกว่าสี่เหลี่ยม และไม่มีเขต 3 อยู่เลย การกองปุ๋ยแบบนี้จึงกำจัดเขต 3 ออกไปได้ เขต 2 เป็นบริเวณที่เหมาะสมในการหมักปุ๋ย ส่วนเขต 4 จะเป็นเขต anaerobe ซึ่งเป็นเขตที่มีความร้อนน้อย (ภาพที่ 6.3)



ภาพที่ 6.3 การกระจายของอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักแบบฟลาซี

การกองปุ๋ยหมักแบบฝาชีจะมีการกระจายอากาศได้ดีกว่าแบบสี่เหลี่ยม อุณหภูมิของกองปุ๋ยจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและการระบายอากาศของกองปุ๋ย

ความเป็นกรด-ด่างของกองปุ๋ย

ความเป็นกรด-ด่างของกองปุ๋ยจะขึ้นอยู่กับกระบวนการระบายอากาศของกองปุ๋ยด้วย ถ้ามีการระบายอากาศไม่ดี มี aerobe จะมีสร้างกรดอินทรีย์มาก pH มักจะเป็นกรด (5-6.6) ในเขตที่เป็น aerobe ซึ่งมีการหมักปุ๋ยที่สมบูรณ์จะมี pH ประมาณ 8-8.5

ข้อแตกต่างการหมักแบบ Aerobe กับ Anaerobe

การหมักแบบ Aerobic fermentation

ใช้ฟางซึ่งมีเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสเป็นส่วนใหญ่ และจะย่อยคาร์โบไฮเดรต ให้กลายเป็น CO₂ และน้ำได้น้อย ส่วนใหญ่จะได้ก๊าซไนโตรเจน มีเทน และกรดอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น acetic acid, butyric acid และ lactic acid ส่วน aerobic fermentation จะช่วยย่อยคาร์โบไฮเดรตได้ CO₂, น้ำ และความร้อน

การหมักแบบ Anaerobic fermentation

จะมีความร้อนน้อยกว่าการหมักแบบ aerobic และมี pH ต่ำกว่าด้วยเนื่องจากมีปริมาณของกรดอินทรีย์มากกว่า ดังนั้นถ้ามีการกลับกองปุ๋ยเอาด้านในออกมาไว้ด้านนอก ปุ๋ยหมักที่อยู่ในกองจะมีคุณภาพต่ำ และมีกลิ่นเหม็น เนื่องจาก hydrogen sulfide และ amines บางชนิดอีกด้วย สารเหล่านี้เป็นพิษต่อเห็ด

ถ้ามีการกลับกองปุ๋ย กรดอินทรีย์จะถูกจุลินทรีย์พวก aerobe ย่อยสลายต่อไป ทำให้ใช้สารอาหารนั้นได้ นอกจากนี้แอมโมเนียบางส่วนจะถูกจุลินทรีย์ aerobe นำไปสร้างเป็นโปรตีน เพื่อเป็นอาหารสำหรับเห็ดต่อไป

การหมักปุ๋ย

วัสดุที่นำมาเพาะจะมีอาหารของเห็ดมากพอสมควรแล้ว เห็ดบางชนิดมีความสามารถในการย่อยอาหารได้เองจึงไม่จำเป็นต้องหมัก ส่วนใหญ่จะเป็นเห็ดที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น เห็ดนางฟ้า นางรมและเห็ดหูหนู เป็นต้น ส่วนเห็ดที่ไม่สามารถย่อยสลายอาหารเห็ดในรูปสารประกอบเชิงซ้อน เช่น ลิกนินและโปรตีนในวัสดุเพาะนั้น จำเป็นที่จะช่วยย่อยอาหารเห็ดในรูปแบบที่ง่ายต่อการที่เห็ดนำไปใช้ได้ เช่น เปลี่ยนเป็นน้ำตาล หรือกรดอะมิโนเสียก่อน

การใช้สารเคมีหรือความร้อนอาจช่วยได้ แต่สารประกอบเชิงซ้อนดังกล่าวมีมากมายหลายรูป จึงเป็นเรื่องยากและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง และยังมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ด จึงต้องอาศัยเชื้อจุลินทรีย์ที่ประกอบด้วยแบคทีเรีย รา และแอคติโนมัยสิท ที่มีอยู่ในบรรยากาศ น้ำ และวัสดุเพาะ ช่วยย่อยสลายอาหารในรูปสารประกอบเชิงซ้อนเป็นรูปที่ง่ายต่อการนำไปใช้ของเห็ด โดยการปรับสภาพแวดล้อมอย่างเหมาะสมให้แก่ จุลินทรีย์ ซึ่งจะผ่าน 2 ขบวนการ คือ ขบวนการหมักที่ไม่ต้องการอากาศ และขบวนการหมักที่ต้องการอากาศ ทั้ง 2 ขบวนการจะเป็นขบวนการหมักต่อเนื่อง สำหรับขบวนการหมักในช่วงหลัง คือขบวนการหมักที่ต้องการอากาศนั้น เราสามารถลดช่วงระยะเวลาให้สั้นสุดได้เร็วขึ้น ด้วยการปรับสภาพแวดล้อมตามความต้องการของเชื้อราและแอคติโนมัยสิท นอกจากจะเป็นการย่นระยะเวลาและลดการสูญเสียอาหารจากคู่แข่งชั้นของเชื้อเห็ดแล้ว ยังช่วยจำกัดศัตรูของเห็ด เช่น แมลงต่าง ๆ ได้อีกด้วย

การลดช่วงระยะเวลาให้สั้นสุดโดยเร็ว ทำได้โดยหลังการหมักปุ๋ยแบบไม่ต้องการอากาศแล้ว ให้ขนย้ายไปไว้ในห้องควบคุมสภาพแวดล้อมโดยไม่จำเป็นต้องผ่านขบวนการที่ 2 จากนั้นให้พ่นอากาศบริสุทธิ์เข้าไปโดยใช้พัดลม ปรับอุณหภูมิด้วยการพ่นไอน้ำให้มีอุณหภูมิระหว่าง 48-55⁰ ซ นาน 48 ชั่วโมง จะเห็นเส้นใยราสีขาวปกคลุมทั้งหมด หากเพิ่มอุณหภูมิขึ้นชั่วโมงละ 1-2⁰ ซ เชื้อราที่เกิดขึ้นจะค่อย ๆ ตายไป ในขณะที่เดียวกันเชื้อแอคติโนมัยสิท ที่มีลักษณะคล้ายผงฝุ่นสีขาวจะเกิดขึ้นแทน

ต่อมาอีกประมาณ 6-8 ชั่วโมง จะมีอุณหภูมิในห้องประมาณ 65-68⁰ ซ เป็นระดับความร้อนที่ทำลายไข่ของแมลง เช่น หนอนและไรได้ ในระยะนี้ธาตุอาหารต่าง ๆ จะถูกสลายออกมาอยู่ในรูปที่เห็ดนำไปใช้ได้ ให้ทำการลดอุณหภูมิลงจนกระทั่งอุ่นหรือเย็น การลดอุณหภูมิจะทำให้แอคติโนมัยสิทหมดประสิทธิภาพลงและตายไปในที่สุด รายละเอียดจะได้กล่าวถึงในการเพาะเลี้ยงเห็ดแต่ละชนิดต่อไป