การศึกษากระบวนการย่อยสลายของฟางข้าวโดยใช้จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในการหมัก

สารนิพนธ์

ของ

เสน่ห์ นันธิสิงห์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
เมษายน 2551

การศึกษากระบวนการย่อยสลายของฟางข้าวโดยใช้จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในการหมัก

สารนิพนธ์

ของ

เสน่ห์ นันธิสิงห์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา

เมษายน 2551

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษากระบวนการย่อยสลายของฟางข้าวโดยใช้จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในการหมัก

บทคัดย่อ

ของ

เสน่ห์ นันธิสิงห์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา

เมษายน 2551

เสน่ห์ นันธิสิงห์. (2551). *การศึกษากระบวนการย่อยสลายของฟางข้าวโดยใช้จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในการหมัก.* สารนิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตรศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์: รองศาสตราจารย์สมใจ ศิริโภค.

การผลิตปุ๋ยหมักจากฟางข้าวโดยใช้จุลินทรีย์จากแหล่งต่าง ๆ คือ ดินจอมปลวก มูลไก่ มูลวัว และ EM เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมซึ่งไม่มีการเติมจุลินทรีย์ พบว่าอุณหภูมิกลางกองปุ๋ยหมักทุกสูตรมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 22-31 องศาเซลเซียส ปุ๋ยหมักสูตรที่เติมจุลินทรีย์มีค่าอุณหภูมิสูงขึ้นเร็วกว่าสูตรควบคุม ระยะแรกอุณหภูมิเฉลี่ยของกองปุ๋ยมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศ 2-5 องศาเซลเซียส แต่เมื่อหมักนาน 60 วันขึ้นไป อุณหภูมิจะลดลงเท่ากับอุณหภูมิบรรยากาศ pH ของปุ๋ยหมักทุกสูตรมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 8-9.5 เมื่อสิ้นสุดการหมัก ปุ๋ยทุกสูตรมีลักษณะเปื่อยยุ่ย ร่วนซุย กลิ่นคล้ายดินธรรมชาติ มีสีน้ำตาลปนดำ ยกเว้นสูตรควบคุมจะมีสีน้ำตาลปนแดง เมื่อหมักครบ 60 วัน ปริมาณไนโตรเจนและโปรตีนในปุ๋ยหมักมีค่าอยู่ในช่วง 0.44-0.91 และ 2.75-5.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยปุ๋ยหมักสูตรที่เติม EM2 และจุลินทรีย์ผสม มีไนโตรเจนและโปรตีนสูงสุด 0.91 และ 5.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับทั้ง 2 สูตร ปุ๋ยทุกสูตรมีน้ำหนักแห้งฉลี่ย 40 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำตาลกลูโคสน้อยมากและไม่พบกรดแลคติก จำนวนจุลินทรีย์ในปุ๋ยทุกสูตรเมื่อเพาะเลี้ยงใน NA มีค่า 10^6-10^8 CFU/g ซึ่งมากกว่าเมื่อเพาะเลี้ยงใน PDA ที่มีค่า 10^4-10^5 CFU/g ปุ๋ยหมักทุกสูตรมีเอนไซม์ไซแลเนสและเซลลูเลส โดยสูตรที่เติม EM2 มีเอนไซม์ไซแลเนสสูงสุด 1.21 ยูนิตต่อกรัม และสูตรที่เติม EM1 และ EM2 เป็นสูตรที่มีเอนไซม์เซลลูเลสสูงใกล้เคียงกัน คือ 11.48 และ 11.73 ยูนิตต่อกรัม ตามลำดับ การทดลองใช้ปุ๋ยหมัก 4 สูตร ในการปลูกผัก 3 ชนิด คือ ผักกาดกวางตุ้ง ผักกาดฮ่องเต้ และผักคะน้า พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักสูตร RSS2 (ผสมดินจอมปลวก) RSH(ผสมมูลไก่) และ RSE2 (ผสม EM2) ทำให้ผักที่ทำการทดลองทุกชนิดมีความยาวใบ ความสูงของลำต้น และน้ำหนักต่อต้น มากกว่าการใช้ปุ๋ยหมักสูตรควบคุม

THE STUDY OF DEGRADATION PROCESSES OF RICE STRAW USING MICROORGANISMS

AN ABSTRACT

BY

SANEH NANTHISINGHA

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Master of Education Degree in Science Education

at Srinakharinwirot University

April 2008

Saneh Nanthisingha. (2008). *The Study of Degradation Processes of Rice Straw using Microorganisms.* Master's Project, M.Ed. (Science Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Project Advisor: Assoc. Prof. Somjai Siripoke

The study of rice straw compost supplemented with microorganisms from various sources; termite-hill-soil, chicken manure, cattle manure, and effective microorganism (EM), were carried out and were compared with control (rice straw compost without supplemented with microorganisms). It was found that average temperatures of all rice composts were almost similar in the range of 22-31°C. The temperatures of all rice straw composts increased more rapidly than the control, with were higher than ambient temperature. pH of all rice straw composts were in the range of 8.0-9.5. After the completion of decomposition processes, the composts were soft, loosely texture, soil like smell, and dark-brown, except the control, which was red–brown. After 60 days of decomposition, nitrogen and protein contents were in the range of 0.44-0.91% and 2.75-5.7%, respectively. The highest nitrogen and protein contents were obtained on the composts supplemented with EM1 and EM2 (0.91% and 5.7%, respectively). Average dried weights of all composts were approximately 40%. There were very little amounts of glucose detected and there was no lactic acid in all composts. Bacterial counts of all composts on Nutrient Agar (NA) were in the range of 10^6-10^8 CFU/g, while fungal and yeast counts on Potato Dextrose Agar (PDA) were in the range of 10^4-10^5 CFU/g, Xylanase and cellulase activities were detected in all composts. The highest xylanase activity was obtained on rice straw compost supplemented with EM1 (1.21 units/ g). The highest cellulase activity were obtained on rice straw composts supplemented with EM1 and EM2 (11.48 and 11.73 Units/g, respectively). The effectiveness of 4 different recipes of rice straw composts (termite-hill-soil, chicken manure, cattle manure and EM2) on the cultivation of Chinese mustard cabbage, green pakchoi, and Chinese broccoli were compared with the control. Leaf sizes, heights, and weights of all crops supplemented with the composts (4 different recipes) were higher than the control. This is clearly shown that the decomposition processes of rice straw using microorganisms could enhanced the quality of the composts and these are useful for crop cultivation in the organic farms.

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร และคณะกรรมการสอบได้พิจารณาสารนิพนธ์เรื่อง การศึกษากระบวนการย่อยสลายในการผลิตปุ๋ยหมักจากฟางข้าวโดยใช้จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในการหมัก ของ เสน่ห์ นันธิสิงห์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

.....

(รองศาสตราจารย์สมใจ ศิริโภค)

ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฟื่องลดา วีระสัย)

คณะกรรมการสอบ

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์สมใจ ศิริโภค)

..... กรรมการสอบสารนิพนธ์

(ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก)

..... กรรมการสอบสารนิพนธ์

(ดร.ไว ประทุมผาย)

อนุมัติให้รับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร มากตุ่น)

วันที่ เดือนเมษายน พ.ศ.2551

ประกาศคุณูปการ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับพระมหากรุณาธิคุณในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ผู้วิจัยขอน้อมรำลึกถึงพระมหากรุณาธิคุณในพระองค์ที่ทรงมีพระราชดำริให้มีโครงการส่งเสริมคุณภาพการจัดการศึกษาโรงเรียนในถิ่นทุรกันดาร พื้นที่อำเภอบ่อเกลือและอำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดน่าน อันเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาครูผู้สอนในถิ่นทุรกันดาร ให้ได้รับการศึกษาต่อในระดับการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา ซึ่งนับเป็นเกียรติอันสูงสุดที่ผู้วิจัยได้รับโอกาสอันดียิ่งนี้ และจะนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาไปพัฒนาเด็กในถิ่นทุรกันดารอย่างเต็มความสามารถต่อไป

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์สมใจ ศิริโภค อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฟื่องลดา วีระสัย ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก และ ดร.ไว ปทุมผาย อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษาในการทำวิจัยทุกขั้นตอน ทำให้ผู้วิจัยได้รับประสบการณ์ในการทำวิจัยและรู้ถึงคุณค่าของงานวิจัยที่จะช่วยให้การทำงานในด้านการพัฒนาการศึกษาเป็นไปอย่างมีคุณค่ามากขึ้น

ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่สนับสนุนทุนการศึกษาผ่านโครงการส่งเสริมคุณภาพการศึกษาโรงเรียนในถิ่นทุรกันดาร ในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ หน่วยปฏิบัติการวิจัยกลางไบโอเทค

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณครู อาจารย์ผู้สอน ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัยในการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต วิทยาศาสตรศึกษา ซึ่งทำให้ผู้วิจัยตระหนักว่าการศึกษาในระดับปริญญาโทของผู้วิจัยมิได้สิ้นสุดลงเพียงการทำสารนิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จเท่านั้น ผู้วิจัยจะต้องนำเอาความรู้นั้นไปยังประโยชน์ให้แก่นักเรียน และชุมชนต่อไป เพื่อการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ภรรยา ลูก ๆ เพื่อน ๆ และนักเรียน ที่ได้ให้กำลังใจ ให้การสนับสนุนตลอดจนอำนวยความสะดวก และช่วยเหลือผู้วิจัยในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ด้วยดีเสมอมา

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานวิจัยครั้งนี้คงเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวการปฏิรูปการศึกษา คุณค่าและประโยชน์ทั้งหลายที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาแด่บิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

เสน่ห์ นันธิสิงห์

สารบัญ

บทที่ **หน้า**

...1...**บทนำ**.....1
ภูมิหลัง.....1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....2
ความสำคัญของการวิจัย.....2
ขอบเขตของการวิจัย.....2
ระยะเวลาในการวิจัย.....3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....3
กรอบแนวคิดในการทำวิจัย.....5
…2…**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** 6
ความหมายของปุ๋ยหมัก.....6
วิธีการทำปุ๋ยหมัก.....6
ปุ๋ยหมักค้างปี.....7
ปุ๋ยหมักธรรมดาใช้มูลสัตว์.....7
ปุ๋ยหมักธรรมดาใช้ปุ๋ยเคมี.....7
ปุ๋ยหมักแผนใหม่.....7
ปุ๋ยหมักต่อเชื้อ.....8
ปัจจัยที่มีผลต่อการสลายตัวของซากพืชในกองปุ๋ยหมัก.....8
การเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ย.....9
องค์ประกอบของฟางข้าว.....12
เอนไซม์ไซแลเนส (xylanases) 14
เอนไซม์เซลลูเลส (cellulases) 15
หลักในการพิจารณาการได้ที่ของปุ๋ยหมัก.....16
คุณภาพและมาตรฐานที่ดีของปุ๋ยหมัก.....16
ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก.....17
วิธีการใช้ปุ๋ยหมัก.....19
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....21

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

3 **วิธีดำเนินการทดลอง**.....22

วัสดุอุปกรณ์.....22

สถานที่ทำการวิจัย.....22

วิธีการทดลอง.....23

การเตรียมฟางข้าว.....23

การหมักฟางข้าว.....23

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการหมักฟางข้าว.....24

การเผยแพร่ความรู้.....26

4 **ผลการทดลอง**.....27

การวัดอุณหภูมิ.....27

การวัด pH.....28

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของปุ๋ยหมัก.....29

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลและกรดแลคติก.....29

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน.....30

การวิเคราะห์น้ำหนักแห้งของปุ๋ยหมัก.....31

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ ไซแลเนส.....33

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ เซลลูเลส.....34

การทดลองใช้ปุ๋ยหมักที่ผลิตกับผักที่ปลูกในโครงการ.....35

การขยายผลสู่ชุมชน.....37

การขยายผลสู่การจัดการเรียนการสอน.....37

5 **สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ**.....38

ข้อเสนอแนะ.....39

บรรณานุกรม.....40

ภาคผนวก.....42

ภาคผนวก ก.....42

ภาคผนวก ข.....44

ภาคผนวก ค.....45
ภาคผนวก ง.....57
ประวัติย่อผู้วิจัย.....59

บัญชีตาราง

ตาราง **หน้า**

1 จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในกองปุ๋ยหมัก……11

2 องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว และแกลบ.....12

3 ปริมาณธาตุอาหารพืชที่ได้จากปุ๋ยหมักบางชนิด……..……..……18

4 แสดงส่วนประกอบที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมักฟางข้าว.....23

5 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ.....29

6 ปริมาณไนโตรเจนและโปรตีนในปุ๋ยหมัก.....30

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ **หน้า**

1 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำวิจัย.....5
2 โครงสร้างทางเคมีของ cellulose……..12
3 โครงสร้างทางเคมีของ xylan……13
4 โครงสร้างทางเคมีของ arabinoxylan……13
5 โครงสร้างของไซแลน และตำแหน่งที่เอนไซม์ไซแลเนสย่อยไซแลน……14
6 แสดงการทำงานของเอ็นไซม์ cellulases ในการย่อย cellulose……15
7 กราฟแสดงอุณหภูมิของปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ……27
8 กราฟแสดงค่า pH ของปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ.....28
9 กราฟแสดงปริมาณไนโตรเจนที่พบในปุ๋ยหมักช่วงเวลา 30 – 60 วัน.....30
10 กราฟแสดงน้ำหนักแห้งของปุ๋ยหมัก.....31
11 จำนวนจุลินทรีย์ในปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหาร NA.....32
12 จำนวนจุลินทรีย์ในปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหาร PDA……32
13 กิจกรรมของเอ็นไซม์ไซแลเนสที่พบในปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ……33
14 กิจกรรมของเอ็นไซม์เซลลูเลสที่พบในปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ……34
15 กราฟแสดงความยาวของใบผักชนิดต่าง ๆ.....35
16 กราฟแสดงความสูงของลำต้นผักชนิดต่าง ๆ.....36
17 กราฟแสดงน้ำหนักต่อต้นของผักชนิดต่าง ๆ.....36
18 กราฟมาตรฐานของน้ำตาลไซโลส.....44
19 กราฟมาตรฐานของน้ำตาลกลูโคส.....44
20 กองปุ๋ยหมัก.....57
21 การพลิกกลับกองปุ๋ยหมัก.....57
22 ต้นกล้าที่กำลังจะย้ายลงปลูกเพื่อทดสอบการใช้ปุ๋ย.....58
23 ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าว.....58

บทที่ 1
บทนำ

1. ภูมิหลัง

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ดังนั้นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจึงมีอยู่ทั่วไปและหลายรูปแบบ จะเห็นได้ว่าพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกข้าวจะมีอยู่สูงถึง 73 ล้านไร่ ในขณะที่เนื้อที่อีกประมาณ 47 ล้านไร่ ใช้ในการเพาะปลูกพืชอื่น ๆ ดังนั้นฟางข้าวจึงเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีปริมาณมากและเหมาะสมที่จะนำมาทำปุ๋ยหมัก (กรมพัฒนาที่ดิน. 2542: 97)

พื้นที่เกษตรใกล้เคียงกับโรงเรียนบ้านสะปันก็เช่นเดียวกัน มีการปลูกข้าวเป็นพืชหลัก หลังจากฤดูเก็บเกี่ยว จะมีฟางข้าวเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจำนวนมาก ฟางข้าวเหล่านี้จะถูกทิ้งหรือเผาอย่างไร้ประโยชน์ ซึ่งการเผานี้ก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศ ทำให้ดินเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้การทำการเกษตรได้ผลผลิตที่ไม่แน่นอน นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย การนำฟางข้าวมาใช้ประโยชน์แทนที่จะทิ้งหรือเผาทำลาย จะช่วยลดอัตราการใช้ปุ๋ยเคมีของเกษตรกร เนื่องจากฟางข้าวเป็นสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างซับซ้อน การนำมาทำปุ๋ยหมักจะช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มาจากการเผาทิ้ง ซึ่งการทำปุ๋ยหมักนั้นมีข้อดีและมีประโยชน์หลายด้าน คือ ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำและอากาศในพื้นที่ เสียค่าใช้จ่ายในการจัดการค่อนข้างต่ำ และปุ๋ยหมักที่ได้ยังสามารถนำไปปรับปรุงบำรุงดินให้มีคุณภาพดีขึ้น เช่น เพิ่มความร่วนซุย และเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำให้แก่ดิน (กรมส่งเสริมการเกษตร. 2547: ออนไลน์) แนวคิดในการทำปุ๋ยหมักดังกล่าวนี้ จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อโรงเรียนและชุมชน ปุ๋ยหมักเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในโครงการเกษตรเพื่ออาหารกลางวันของโรงเรียน ในโครงการตามพระราชดำริ ในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี และสามารถขยายผลสู่เกษตรกรในชุมชนได้อีกด้วย วิธีการทำปุ๋ยหมักที่เลือกใช้ในโรงเรียนและชุมชน เป็นวิธีการที่ง่ายในทางปฏิบัติ และเสียค่าใช้จ่ายต่ำ สามารถให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการดำเนินการภาคสนามในขั้นตอนต่าง ๆ ได้ การหมักปุ๋ยด้วยวิธีกองแบบมีการพลิกกลับกองปุ๋ย เป็นวิธีที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในโรงเรียนบ้านสะปันและโรงเรียนในโครงการตามพระราชดำริฯ ในพื้นที่อำเภอบ่อเกลือและอำเภอเฉลิมพระเกียรติ

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองหมักปุ๋ยจากฟางข้าว มูลไก่ มูลวัว อีเอ็ม และ ดินจอมปลวก ในกระบวนการหมักนั้นต้องใช้จุลินทรีย์เข้าไปเกี่ยวข้องในการย่อยสลาย โดยกระบวนการดังกล่าว จะเกิดขึ้นเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระบวนการหมักนั้น ๆ และในปัจจุบันพบว่ามีการนำจุลินทรีย์ EM (Effective Microorganisms) มาใช้ในการเพิ่มผลผลิตของข้าว ข้าวโพด ผัก ผลไม้ และใช้ในวงการเลี้ยงสัตว์ การบำบัดน้ำเสีย ซึ่งได้ผลเป็นที่น่าพอใจ มีความปลอดภัย รวดเร็ว ไม่เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกรและรักษาสภาพสิ่งแวดล้อมของธรรมชาติได้ด้วย ด้วยเหตุนี้

2. ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1.1 เพื่อศึกษาแหล่งจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยหมักจากฟางข้าว

1.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติบางประการของปุ๋ยหมักที่ผลิตขึ้น

1.3 เพื่อศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ xylanase และ cellulase

1.4 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักในการปลูกพืชในโครงการเกษตรเพื่ออาหารกลางวัน

3. ความสำคัญของการวิจัย

ทำให้ได้ประโยชน์กลับคืนจากวัสดุเหลือทิ้งในท้องถิ่น ลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการเผาฟางข้าว โดยใช้จุลินทรีย์จากแหล่งต่าง ๆ ที่หาได้ง่ายในพื้นที่เป็นส่วนผสมในการหมักปุ๋ย เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการผลิตปุ๋ยหมักจากฟางข้าว และได้ปุ๋ยหมักไว้ใช้ปลูกพืชผักในโครงการเกษตรเพื่ออาหารกลางวันในโรงเรียน รวมทั้งสามารถนำไปใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และการงานพื้นฐานอาชีพและเทคโนโลยี เพื่อส่งเสริมนักเรียนให้มีความรู้ สามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อท้องถิ่นและชุมชนของตนเองต่อไป

4. ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ทำการหมักปุ๋ย โดยใช้ฟางข้าว ผสมกับมูลไก่ มูลวัว ดินจอมปลวกและสารละลายอีเอ็ม (effective microorganisms, EM) และมีการเติมปุ๋ยยูเรียและปูนขาว หมักด้วยวิธีกองแบบมีการระบายอากาศ โดยการพลิกกลับกองปุ๋ยทุก ๆ 7 วัน ในระหว่างการหมักนี้ได้มีการศึกษาและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ และการลดลงของขนาด การได้ที่ของปุ๋ยหมักโดยใช้ อุณหภูมิ และ C/N ratio เป็นเกณฑ์ โดยศึกษา และสังเกตการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิความชื้น ประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักในการปลูกพืชผักในโครงการเกษตรเพื่ออาหารกลางวัน รวมทั้งขยายผลโดยเผยแพร่ความรู้สู่ชุมชน

5. ระยะเวลาในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการสำรวจข้อมูลจากท้องถิ่น เดือน พฤษภาคม 2547 - เดือนตุลาคม 2547 ผู้วิจัยใช้ระยะเวลาดังกล่าวในการศึกษา สำรวจแหล่งวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร แหล่งจุลินทรีย์ และเตรียมวัสดุอุปกรณ์ต่างที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการสืบค้นข้อมูล เดือน มีนาคม 2548 - เดือนกรกฎาคม 2549 สถานที่ที่ใช้ในการสืบค้นข้อมูลคือ ห้องสมุดมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร กรุงเทพฯ ห้องสมุดมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ ห้องสมุดมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีล้านนาวิทยาเขตเกษตรน่าน ห้องสมุดประชาชนอำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน และการสืบค้นข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยเดือน กรกฎาคม 2549 – เดือน ตุลาคม 2549 (หมักปุ๋ย) สถานที่ที่ใช้ในการหมักปุ๋ยคือ ใต้ถุนบ้านพักเลขที่ 43 หมู่ที่ 1 ตำบลดงพญา อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยวันที่ 8 เดือนตุลาคม 2549 – วันที่ 24 เดือนตุลาคม 2549 (วิเคราะห์) สถานที่ คือ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ เลขที่ 113 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

ระยะเวลาที่ใช้ในการเผยแพร่ความรู้ให้กับชุมชนและผู้เรียน ช่วงเดือนมิถุนายน 2550 – เดือนสิงหาคม 2550 สถานที่ที่ใช้ในการเผยแพร่ความรู้ ได้แก่ บ้านเลขที่ 43 หมู่ที่ 1 ตำบลดงพญา อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน หอประชุมประจำหมู่บ้านสะปันและโรงเรียนบ้านสะปัน หมู่ที่ 1 ตำบลดงพญา อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน

ระยะเวลาในการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก ในการปลูกพืชผักของโครงการเกษตรเพื่ออาหารกลางวัน ช่วงเดือนมิถุนายน 2550 – เดือนกันยายน 2550 สถานที่ที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ แปลงทดลองโครงการเกษตรของโรงเรียนบ้านสะปัน หมู่ที่ 1 ตำบลดงพญา อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

ปุ๋ยหมักฟางข้าว (rice straw compost) หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการนำฟางข้าวมาหมักโดยการกองซ้อนกันบนพื้นหรือใส่ในหลุม ชิ้นส่วนของฟางที่นำมาหมักนั้นจะถูกย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์จนแปรสภาพไปเป็นปุ๋ยหมักที่มีความคงตัว มีสีน้ำตาลปนดำ มีกลิ่นคล้ายดินธรรมชาติ และมีอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำ เมื่อกระบวนการย่อยสลายฟางข้าวและวัสดุเสร็จสมบูรณ์ก็จะได้ปุ๋ยหมักสำหรับใช้ปรับปรุงและบำรุงดิน (ประเสริฐ สองเมือง. 2543: 65)

กระบวนการหมัก หมายถึง กระบวนการหมักที่ต้องอาศัยจุลินทรีย์เข้าไปเกี่ยวข้องในการย่อยสลายเศษฟางหรือวัสดุที่ใช้ในการหมักปุ๋ย

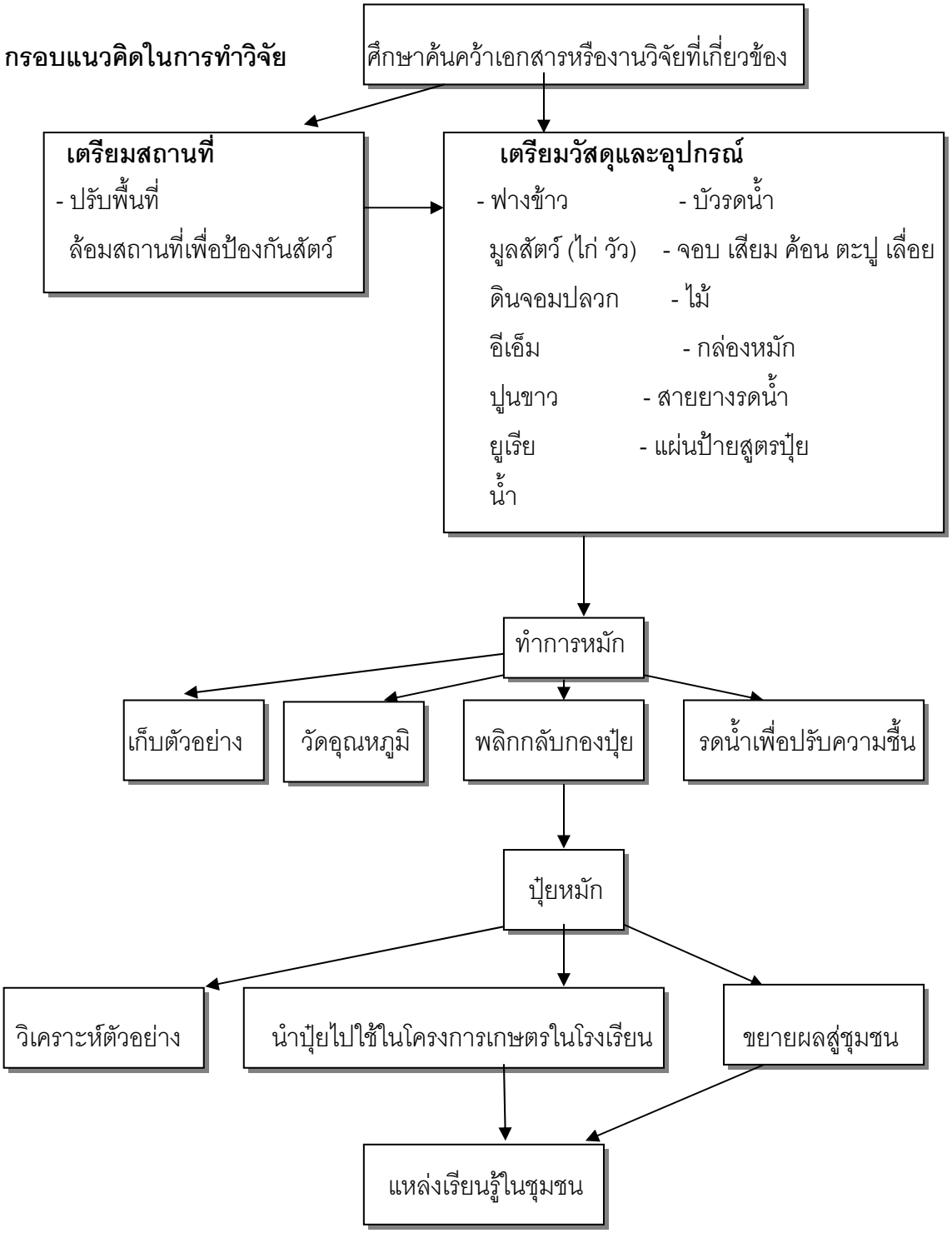
ดินจอมปลวก (Termitehill) หมายถึง ดินที่นำมาจากกองจอมปลวก ซึ่งมีจุลินทรีย์ที่ช่วยในการย่อยสลายพวกเซลลูโลส และในการทดลองนี้ใช้ดินจอมปลวกจาก 2 แหล่งคือ ดินจอมปลวก 1 เก็บมาจากบริเวณบ้านพักนักเรียนบ้านไกล หมู่ที่ 1 ตำบลดงพญา อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน และดินจอมปลวก 2 เก็บมาจากบริเวณอุทยานแห่งชาติขุนน่าน หมู่ที่ 1 ตำบลดงพญา อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน

ปุ๋ยคอก (animal manures) หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากสิ่งขับถ่ายของสัตว์ต่างๆ เช่น อุจจาระและปัสสาวะของสัตว์ เช่น วัว ควาย หมู และไก่ เป็นต้น

จุลินทรีย์ อี เอ็ม (EM) หมายถึง กลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งได้เลือกสรรแล้วนำมาเพาะเลี้ยงด้วยเทคโนโลยีพิเศษโดยใช้อาหารจากธรรมชาติได้แก่ น้ำตาล รำข้าว และสารประกอบอื่น ๆ ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต (พานิช ทินนิมิตร 2537: 148-156)

ประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก หมายถึง ความสามารถของปุ๋ยหมักในการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้แก่ดิน ทำให้ดินอุดมสมบูรณ์ ไม่เป็นอันตรายต่อดิน และสิ่งแวดล้อม แม้ใช้ในปริมาณมาก ๆ และติดต่อกันนาน ๆ ทำให้ปลูกพืชได้ผลผลิตที่ดี ไม่มีสารพิษตกค้างในผลผลิต และผู้บริโภค

กรอบแนวคิดในการทำวิจัย



ภาพประกอบ 1 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำวิจัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความหมายของปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมัก (compost manure) เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร หรือวัชพืช เช่น ฟางข้าว ซังข้าวโพด พืชตระกูลถั่ว หญ้าแห้ง ผักตบชวา หรืออาจใช้มูลสัตว์ ของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ตลอดจนขยะมูลฝอยตามบ้านเรือน ฯลฯ ตัวอย่างปุ๋ยหมักที่มีการผลิตใช้กันแพร่หลาย ได้แก่ ปุ๋ยหมักฟางข้าว ปุ๋ยหมักผักตบชวา และปุ๋ยเทศบาล ซึ่งได้จากการหมักเศษชิ้นส่วนซากพืช สัตว์ ตลอดจนสิ่งปฏิกูล (วรพจน์ รัมพณีนิล. 2529: 160-165)

การทำปุ๋ยหมักเป็นวิธีการแปรเปลี่ยนวัสดุเหลือทิ้งอินทรีย์ทั้งหลายให้กลับมาเป็นประโยชน์ต่อการเพาะปลูกอีกครั้ง ดินในเขตอบอุ่นมีอินทรียวัตถุโดยเฉลี่ย 5–10 เปอร์เซนต์ ในขณะที่ดินในเขตร้อนมีเพียง 1 เปอร์เซนต์ ดังนั้นถ้าต้องการคงความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้ จึงจำเป็นต้องเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยหมักให้แก่ดิน

การทำปุ๋ยหมักอาจอาศัยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ หรือมีการเติมจุลินทรีย์ที่คัดเลือกจากธรรมชาติลงไป เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบซับซ้อนให้มีขนาดเล็กลง โดยชนิดของเศษชิ้นส่วนซากพืชจะมีผลต่อระยะเวลาในการทำปุ๋ยหมัก เมื่อการหมักเกิดขึ้นระยะเวลาหนึ่งแล้ว เศษพืชจะเปลี่ยนสภาพจากไปเป็นผงเปื่อยยุ่ยสีน้ำตาลปนดำ จนกระทั่งได้ปุ๋ยหมักที่มีความคงตัว ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ปุ๋ยหมักเมื่ออยู่ในดินจะค่อย ๆ ย่อยสลายและปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในระยะยาว และยังเป็นแหล่งธาตุอาหารรองที่จำเป็นต่อการเจริญของพืช ซึ่งไม่มีในส่วนประกอบของปุ๋ยเคมี

วิธีการทำปุ๋ยหมัก

วิธีการทำปุ๋ยหมักโดยทั่วไปมี 2 แบบ คือ การหมักแบบไม่พลิกกลับกองปุ๋ย และการหมักแบบมีการพลิกกลับกองปุ๋ย การหมักแบบแรกจะกองเศษพืชที่หมักทิ้งไว้เฉย ๆ ปล่อยให้มีการย่อยสลายตามสภาพโดยจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้ออกซิเจน ใช้ระยะเวลาในการหมักค่อนข้างนาน ส่วนการหมักแบบมีการพลิกกลับกองปุ๋ยนั้น จุลินทรีย์จะเป็นชนิดที่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลาย จึงได้ปุ๋ยหมักภายในเวลาสั้นกว่า ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้เวลา 2–6 เดือน แต่ต้องใช้แรงงานในการพลิกกลับ เกษตรกรจึงไม่นิยมใช้ การให้ออกซิเจนในกองปุ๋ยหมักต้องคำนึงถึงหลายปัจจัย เช่น ระยะเวลาของกระบวนการทำปุ๋ยหมัก อุณหภูมิ จำนวนครั้งที่ให้อากาศ ส่วนประกอบของปุ๋ยหมัก ขนาดของวัสดุและความชื้น (เสียงแจ่ว พิริยพฤนต์; และคนอื่น ๆ. 2534)

ปุ๋ยหมักโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ ปุ๋ยหมักในไร่นา ปุ๋ยหมักเทศบาล และปุ๋ยหมักอุตสาหกรรม แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะปุ๋ยหมักในไร่นาซึ่งมีวิธีทำ 5 แบบ (กรมพัฒนาที่ดิน. 2542: 97) ดังนี้คือ

1. **ปุ๋ยหมักค้างปี** ใช้เศษพืชเพียงอย่างเดียวนำมาหมักทิ้งไว้ค้างปีจึงจะนำมาใช้เป็นปุ๋ยหมักได้ การหมักแบบนี้ไม่ต้องดูแลรักษา แต่ใช้ระยะเวลาในการหมักนาน

2. **ปุ๋ยหมักธรรมดาใช้มูลสัตว์** วิธีนี้ใช้เศษพืชและมูลสัตว์ในอัตราส่วน 100: 10 ถ้าเศษพืชมีขนาดเล็กก็นำมาคลุกผสมได้เลย แต่ถ้าเศษพืชมีขนาดใหญ่จะนิยมนำมากองเป็นชั้น ๆ (แต่ละกองจะทำประมาณ 3 ชั้น แต่ละชั้นสูง 30-40 ซม. ย่ำและรดน้ำในแต่ละชั้นแล้วโรยทับด้วยมูลสัตว์) การหมักวิธีนี้จะใช้ระยะเวลาน้อยกว่าแบบที่ 1 เช่น ถ้าใช้ฟางข้าวจะใช้ระยะเวลาประมาณ 6-8 เดือน ขึ้นอยู่กับการดูแลรักษา

3. **ปุ๋ยหมักธรรมดาใช้ปุ๋ยเคมี** วิธีนี้ใช้เศษพืช มูลสัตว์ และปุ๋ยเคมีในอัตราส่วน 100:10:1 ถ้าเป็นชิ้นเล็กนำมาคลุกผสมได้เลย ถ้าเป็นชิ้นใหญ่นำมากองเป็นชั้นเหมือนวิธีที่ 2 แต่มีการโรยปุ๋ยเคมีทับมูลสัตว์ในแต่ละชั้น ใช้ระยะเวลาในการหมักเร็วกว่าแบบที่ 2 กล่าวคือถ้าเป็นฟางข้าวจะใช้เวลาประมาณ 4-6 เดือน

4. **ปุ๋ยหมักแผนใหม่** เนื่องจากการทำปุ๋ยหมักวิธีที่ 1-3 นั้นใช้เวลาค่อนข้างมาก กรมพัฒนาที่ดินจึงได้พัฒนาวิธีการทำปุ๋ยหมักโดยใช้จุลินทรีย์เร่งการย่อยสลายเศษพืช ทำให้ได้ปุ๋ยหมักเร็วขึ้น ใช้ระยะเวลาหมักเพียง 30-60 วัน โดยใช้สูตรดังนี้

เศษพืช	1,000	กิโลกรัม
มูลสัตว์	100-200	กิโลกรัม
ปุ๋ยเคมี	1-2	กิโลกรัม
เชื้อจุลินทรีย์ตัวเร่ง	1	ชุด

ในปี 2526-2527 กรมพัฒนาที่ดินได้ใช้เชื้อจุลินทรีย์ตัวเร่ง บี 2 ซึ่งชุดหนึ่งประกอบด้วยเชื้อจุลินทรีย์บี 2 จำนวน 2,300 กรัม และอาหารเสริม 1 กิโลกรัม แต่ปัจจุบันกรมพัฒนาที่ดินใช้เชื้อจุลินทรีย์ตัวเร่งใหม่ คือ สารเร่ง พ.ด. 1 โดยนำมาผสมน้ำประมาณ 40 ลิตรต่อชุด ผสมให้เข้ากัน

ในการหมัก ถ้าเศษพืชมีขนาดเล็กก็นำเศษพืช มูลสัตว์ และปุ๋ยเคมีมาคลุกผสมเข้ากัน แล้วเจาะหลุมหยอดเชื้อจุลินทรีย์ตัวเร่งซึ่งเตรียมผสมน้ำไว้แล้ว แต่ถ้าเป็นเศษพืชชิ้นใหญ่ก็นำมากองเป็นชั้นเหมือนแบบที่ 3 แล้วราดเชื้อจุลินทรีย์ตัวเร่งโรยทับปุ๋ยเคมี

5. **ปุ๋ยหมักต่อเชื้อ** การทำปุ๋ยหมักวิธีที่ 4 จำเป็นต้องซื้อสารตัวเร่งเชื้อจุลินทรีย์ 1 ชุด ทุกครั้งที่ทำปุ๋ยหมัก 1 ตัน ทำให้มีแนวความคิดว่าหากสามารถนำมาต่อเชื้อได้ก็จะเป็นการประหยัดและเกิดประโยชน์ต่อเกษตรกรและผู้ทำปุ๋ยหมักทั่วไป กรมพัฒนาที่ดินจึงได้ทำการทดลองพบว่า สามารถต่อเชื้อได้ โดยใช้ปุ๋ยหมักที่ทำในแบบที่ 4 กล่าวคือ หลังจากปุ๋ยหมักใช้ได้แล้ว ให้เก็บไว้ 50-100 กิโลกรัม ในโรงเรือนที่ไม่ถูกแดดและฝน ปุ๋ยหมักนี้สามารถนำไปต่อเชื้อทำปุ๋ยหมักได้อีก 1 ตัน การต่อเชื้อนี้สามารถทำการต่อได้เพียง 3 ครั้ง

ถ้าจะมีการใช้ปูนขาว อย่าใช้ปุ๋ยเคมีพร้อมกับการใส่ปูนขาว เพราะจะทำให้ธาตุไนโตรเจนสลายตัวไป กรณีใช้ฟางข้าวในการกองปุ๋ยหมักไม่จำเป็นต้องใช้ปูนขาว

ปัจจัยที่มีผลต่อการสลายตัวของซากพืชในกองปุ๋ยหมัก (ยงยุทธ โอสถสภา. 2528: 38-176)

1. เศษวัสดุที่ใช้ในการกองปุ๋ยหมัก มีทั้งประเภทที่สลายตัวเร็ว เช่น ฟางข้าว ผักตบชวา เปลือกถั่วและต้นถั่ว เศษวัชพืชต่าง ๆ และประเภทที่สลายตัวยาก เช่น แกลบ ขี้เลื่อย ข้าวลีบ กากอ้อย ขุยมะพร้าว ซังข้าวโพด ดังนั้นในการกองปุ๋ยหมักไม่ควรเอาเศษวัสดุที่สลายตัวเร็วและสลายตัวยากกองปนกัน เพราะจะทำให้ได้ปุ๋ยหมักที่ไม่สม่ำเสมอเนื่องจากเศษพืชบางส่วนยังสลายตัวไม่หมด

2. ความละเอียดของวัสดุหมัก วัสดุหมักละเอียดจะสลายตัวได้เร็ว ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมอาจใช้เวลาในการหมักเพียง 1 สัปดาห์ แต่ถ้าวัสดุหยาบ เช่น ฟางข้าวหรือหญ้าทั้งต้น อาจใช้เวลานาน 3-6 เดือน

3. อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจน (C/N ratio) ตามปกติเซลล์จุลินทรีย์มีค่า C/N ratio ประมาณ 10-15 หมายความว่าเมื่อจุลินทรีย์ดูดสารอินทรีย์คาร์บอนเข้าไปใช้ในเซลล์ 10-15 หน่วย จะต้องใช้สารประกอบไนโตรเจน 1 หน่วย

พืชที่มีอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนต่ำจะสลายตัวเร็ว เช่น พืชตระกูลถั่ว และหญ้าอ่อน จะมีค่า 20 หรือ 30 ส่วนฟางข้าวมีค่า 50–80

การใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีค่า C/N ratio ต่ำ ไม่จำเป็นต้องเติมสารไนโตรเจนหรืออาจเติมในปริมาณที่น้อยกว่าเมื่อใช้เศษวัสดุที่มีค่า C/N ratio สูง นอกจากนี้ค่า C/N ratio ยังใช้ในการพิจารณาว่าปุ๋ยหมักนั้นจะใช้ได้หรือไม่ โดยปกติถ้าปุ๋ยหมักมีค่า C/N ratio ประมาณ 26–35 ถือว่าสามารถนำปุ๋ยหมักดังกล่าวไปใช้ใส่ในดินโดยไม่ทำให้พืชเป็นอันตราย แต่ถ้าค่า C/N ratio ลดลงถึง 20 ถือว่าปุ๋ยหมักนั้นมีคุณภาพดี

4. การระบายน้ำและอากาศในกองปุ๋ย ถ้าอากาศระบายออกไม่ได้ ความร้อนในกองปุ๋ยจะฆ่าจุลินทรีย์ ทำให้การหมักดำเนินไปได้ช้า และถ้ากองปุ๋ยระบายน้ำออกไม่ได้ ก็จะเกิดการเน่า มีแก๊สพิษเกิดขึ้น และมีการสูญเสียธาตุไนโตรเจนไปเป็นแก๊ส

5. ความชื้นในกองปุ๋ย ต้องมีสม่ำเสมอไม่แห้งหรือแฉะเกินไป จะต้องจัดการระบายน้ำส่วนเกินออกจากกองปุ๋ย และหมั่นรดน้ำเพื่อไม่ให้กองปุ๋ยแห้ง

6. อุณหภูมิในกองปุ๋ย ควรจะอยู่ระหว่าง 52–58 องศาเซลเซียส การควบคุมอุณหภูมิอาจทำได้โดยมีรูระบายภายในกองปุ๋ย หรือโดยการพลิกกลับกองปุ๋ยหมักซึ่งนอกจากจะช่วยลดอุณหภูมิในกองปุ๋ยแล้วยังช่วยกระจายความชื้น ระบายอากาศ และทำให้เกิดการสลายตัวได้ทั่วทุกส่วนอีกด้วย

7. ขนาดของกองปุ๋ยหมัก ควรมีความกว้างไม่เกิน 2-3 เมตร สูง 1-1.50 เมตร เพราะถ้ามีขนาดใหญ่เกินไป จะทำให้เกิดความร้อนเกิน 70 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเป็นผลทำให้เชื้อจุลินทรีย์ตายได้ แต่ถ้ากองปุ๋ยหมักมีขนาดเล็กเกินไป จะทำให้เก็บรักษาความร้อนและความชื้นไว้ได้น้อย ทำให้เศษพืชสลายตัวเป็นปุ๋ยหมักได้ช้า

8. สารช่วยเร่งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมีที่ใส่เพิ่มเติมในกองปุ๋ย

การเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ย

1. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

1.1 อุณหภูมิ หลังจากกองปุ๋ยหมัก 2–5 วัน อุณหภูมิภายในจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึง 50–70 องศาเซลเซียส เนื่องจากพลังงานความร้อนที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการย่อยสลายและสมบัติในการเก็บความร้อนของสารอินทรีย์ ทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นไม่ค่อยแพร่กระจายออกจากกองปุ๋ยหมัก ความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำให้เศษพืชย่อยสลายได้รวดเร็วและช่วยกำจัดจุลินทรีย์หลายชนิดที่ไม่ต้องการ โดยเฉพาะพวกที่ทำให้เกิดโรคกับคนหรือพืช ช่วยทำลายเมล็ดวัชพืชที่ติดมากับเศษพืช รวมทั้งไข่ของแมลงที่มีอยู่ภายในกองปุ๋ยได้ ในขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญได้แก่ พวกที่ทนต่ออุณหภูมิสูง (thermoduric) และพวกที่ชอบอุณหภูมิสูง (thermophile) กองปุ๋ยจะร้อนระอุอยู่ช่วงระยะเวลาหนึ่ง อาจกินเวลาประมาณ 15–20 วัน หลังจากที่อุณหภูมิสูงสุดแล้วก็จะค่อย ๆ ลดลงถึงระดับที่จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง (mesophile) สามารถเจริญและเพิ่มจำนวนมากขึ้น

ระดับอุณหภูมิจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ชนิดวัสดุเหลือทิ้ง และขนาดของกองปุ๋ยหมัก ถ้าอุณหภูมิสูงมากเกินไปจะมีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ย ทำให้การย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ลดลง เป็นเหตุให้อุณหภูมิลดลงจนถึงระดับที่เหมาะสม และจุลินทรีย์ที่เหลือรอดอยู่ก็จะเริ่มกิจกรรมในการย่อยสลายต่อไป (สันติภาพ ปัญจพรรค์. 2529: 104-112)

1.2 น้ำหนัก สี และกลิ่น

เศษพืชที่ใช้หมักจะเปื่อยยุ่ยลงและมีสีคล้ำขึ้นตามระยะเวลาในการหมัก จนในที่สุดจะมีลักษณะเป็นขุย ร่วนซุย มีสีดำหรือน้ำตาลเข้ม ยุบตัวลงเหลือประมาณ 1/3 -1/4 ส่วนของกองเดิม ก็

2. การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี

2.1 การเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มต่าง ๆ มีผู้ค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในกองปุ๋ยหมักทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ และแบ่งจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการหมักปุ๋ยเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ รา แบคทีเรีย และแอคติโนมัยซิส (actinomycetes) ดังแสดงในตาราง 1

รา (Fungi) เป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีความสามารถในการใช้อาหารกว้างมาก เมื่อดูจากกล้องจุลทรรศน์จะเห็นลักษณะเป็นเส้นใยต่อกันและมีสปอร์กระจายอยู่ทั่วไป ในกองปุ๋ยหมักจะตรวจพบราเสมอ แต่ชนิดและปริมาณของราจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมัก ความชื้นและอุณหภูมิ การที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นและมีความชื้นสูงเป็นสภาพที่เหมาะสมต่อแบคทีเรียมากกว่ารา ดังนั้นจึงมักตรวจพบราเจริญอยู่บริเวณผิวนอกของปุ๋ยหมัก ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำและมีความชื้นน้อยกว่าในกองปุ๋ยหมัก จากการศึกษากองปุ๋ยหมักในช่วงอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สามารถพบราได้ แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึง 65 องศาเซลเซียส จะไม่พบราเลย และเมื่ออยู่ในสภาพที่แห้งพบว่าอุณหภูมิสูงขนาด 62 – 63 องศาเซลเซียส ยังสามารถตรวจพบราได้

ปัจจัยต่าง ๆ ของสภาพแวดล้อมจะเป็นตัวควบคุมและคัดเลือกราที่มีความสามารถในการดำรงกิจกรรมในกองปุ๋ยหมัก จากการศึกษาชนิดของราในระยะต่าง ๆ ของการทำปุ๋ยหมัก พบว่าในระยะแรกซึ่งอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักเพิ่มสูงขึ้นมักจะตรวจพบราพวก *Geotrichum cardidum* และ *Aspergillus fumigatus* และเมื่ออุณหภูมิสูงถึงระดับ 45 – 55 องศาเซลเซียส มักจะตรวจพบพวก *Cladosporium* sp., *Aspergillus* sp. และ *Mucor* sp. เมื่ออุณหภูมิสูงกว่านี้อาจจะพบพวก *Penicillium duponti* อย่างไรก็ตามชนิดของราจะแตกต่างกันไปขึ้นกับสภาพแวดล้อมและวัสดุที่ใช้

แอคติโนมัยซิส เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต โดยทั่วไปมีอัตราการเจริญช้ากว่าแบคทีเรีย และรา ลักษณะของแอคติโนมัยซิสเมื่อเจริญเป็นกลุ่มบนวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักจะสังเกตเห็นเป็นจุดสีขาว ๆ คล้ายผงปูนขาว ซึ่งลักษณะเช่นนี้จะเห็นได้ในกองปุ๋ยหมักหลังจากอุณหภูมิขึ้นสูงจนถึงจุดสูงสุด

2.2 การทำงานของเอนไซม์ที่มาจากจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายเศษพืชในกองปุ๋ยหมัก จะขับเอนไซม์ออกมาย่อยสลายเศษพืช ซึ่งสารที่ได้จากการย่อยสลายบางชนิด เช่น กรดอินทรีย์ต่าง ๆ สารเชื่อมทำให้ดินจับตัวเป็นก้อนร่วนซุย ธาตุอาหารและฮิวมัสซึ่งมีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช

ตาราง 1 จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในกองปุ๋ยหมัก

เชื้อรา		แบคทีเรีย	แอคติโนมัยซิส
อุณหภูมิสูง	อุณหภูมิปานกลาง		
Aspergillus fumigatus	*Alternaria tennis*	*Achomobacter* sp.	*Micromonospora vulgaris*
Chaetomium thermophilum	*Aspergillus amstelodami*	*Angiococcus* sp.	*Nocardia brasilensis*
Humicola insolens	*Cephalosporium* sp.	*Bacillus subtilis*	*Streptomyces thermofuscus*
H. lanuginisa	*Cladosporium herbarum*	*B. stearothermophilus*	*S. thermophilus*
Mucor pusillua	*Coprinus cinereus*	*Cellfacicula* sp.	*S. thermoviolaceus*
Penicillium duponti	*Geotrichum cardidum*	*Cellvibrio* sp.	*S. thermovulgaris*
Sporotrichum thermophile	*Paecilomyces*	*Clostridium* sp.	*S.violacesus – ruber*
Talaromyces thermophilus	*Polyporus versicolor*	*Myxococcus virescens*	*Thermoactinomyces vulgaris*
Thermoascus aurantiacus	*Scopulariopsis brevicantis*	*M. fulvus*	*Thermomonosphorac urvarta*
	Trichoderma viridae	*Polyagium* sp.	*T. fusca*
		Pseudomonas sp.	*Thermopolyspora polyspora*
		Sorangium sp.	*Streptosporangium* sp.
		Sporocytophaya sp.	
		Thiolobacillus thiooxidans	
		T. denitrificans	

ที่มา: กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน. 2539

องค์ประกอบของฟางข้าว

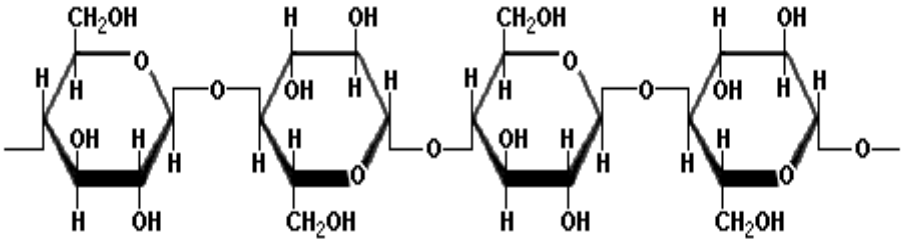
ฟางข้าวประกอบด้วยเซลลูโลสประมาณ 43 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 25 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 12 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 3-4 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 16-17 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2..องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว และแกลบ

Constituent	Composition	
	Rice Straw	Rice Husk
Cellulose	43	35
Hemicellulose	25	25
Lignin	12	20
Crude protein	3-4	3
Ash	16-17	17

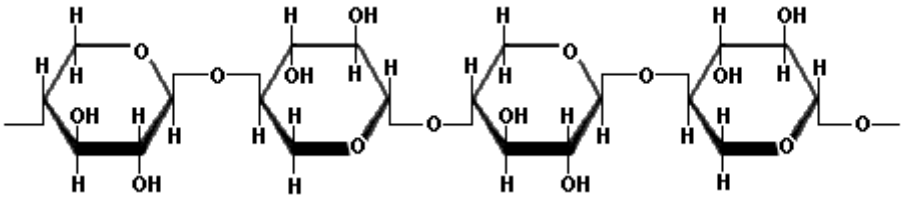
ที่มา: George; & Ghose. (n.d.): Online

เซลลูโลส (Cellulose) เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่เกิดจากกลูโคสหลาย ๆ โมเลกุลต่อกันด้วย β-1,4 glycosidic bond ดังแสดงในภาพประกอบ 2



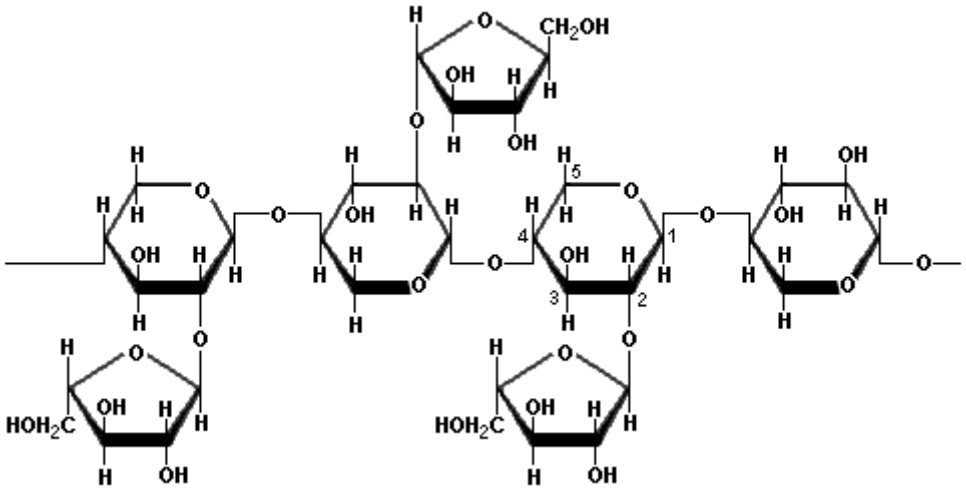
ภาพประกอบ 2 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส
ที่มา: George; & Ghose. (n.d.): Online

เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ที่พบในฟางข้าวประกอบด้วยไซแลน (xylan) และอะราบิโน-ไซแลน (arabinoxylan) ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ที่ประกอบด้วยน้ำตาลไซโลส (xylose) และอะราบิโนส (arabinose) เป็นองค์ประกอบหลัก ดังแสดงในภาพประกอบ 3 และ 4 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 3 โครงสร้างทางเคมีของไซแลน

ที่มา: George; & Ghose. (n.d.): Online



ภาพประกอบ 4 โครงสร้างทางเคมีของอะราบิโนไซแลน

ที่มา: George; & Ghose. (n.d.): Online

เอนไซม์ไซแลเนส (xylanases)

เอนไซม์กลุ่มไซแลเนส ประกอบด้วยเอนไซม์ endo-xylanase และ β-xylosidase เป็นกลุ่มเอนไซม์ที่ย่อยไซแลน ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักในผนังเซลล์ของพืช ได้ผลผลิตเป็นน้ำตาลไซโลส โดยมีตำแหน่งในการตัดพันธะในโมเลกุลไซแลน ดังแสดงในภาพประกอบ 5

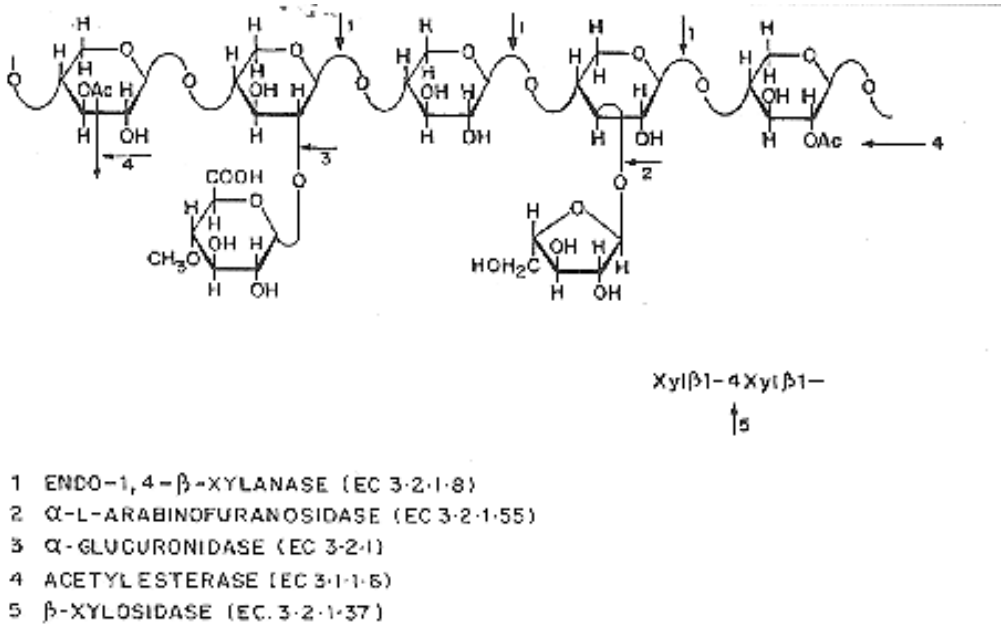


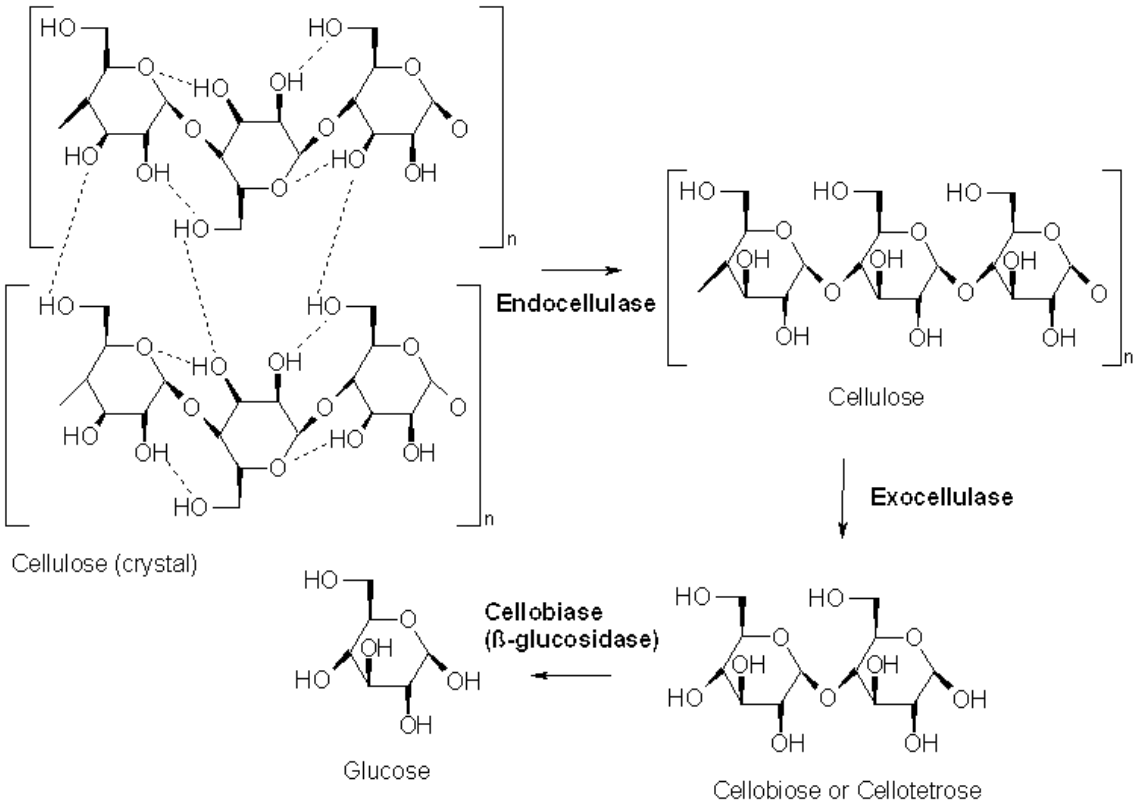
Figure 1. Structure of xylan and enzyme cleavage sites.

ภาพประกอบ 5 โครงสร้างของไซแลน และตำแหน่งที่เอนไซม์ไซแลเนสย่อยไซแลน

ที่มา: Dashek. 1997 p. 313.

เอนไซม์ cellulases

เอนไซม์กลุ่มนี้ประกอบด้วย endocellulase, exocellulase และ cellobiase การทำงานเอนไซม์กลุ่มนี้สามารถย่อย cellulose ได้เป็น cellulose สายสั้น ๆ หรือได้ glucose เป็นผลผลิตสุดท้าย ดังแสดงในภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 แสดงการทำงานของเอนไซม์กลุ่ม cellulases ในการย่อย cellulose

ที่มา: Chapin III; Matson; & Ghose. (2002)

หลักเกณฑ์ในการพิจารณาการได้ที่ของปุ๋ยหมัก

ข้อกำหนดในการที่จะบ่งบอกว่าปุ๋ยหมักได้ที่แล้ว คือค่าอัตราส่วนสารประกอบของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของวัสดุ ควรมีค่าเท่ากับหรือต่ำกว่า 20: 1 ซึ่งเมื่อนำปุ๋ยหมักใส่ลงในดินแล้วจะไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อพืช แต่ในการปฏิบัติในภาคสนามการพิจารณาว่าปุ๋ยหมักมีการย่อยสลายได้ที่แล้ว อาจพิจารณาได้จากลักษณะดังต่อไปนี้ (วรพจน์ รัมพณีนิล. 2529: 160-165)

1. สีของวัสดุเศษพืช หลังจากเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ จะมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ โดยปกติเมื่อใช้เศษพืชในการทำปุ๋ยหมักจะเห็นความแตกต่างของสีอย่างชัดเจน

2. ลักษณะของวัสดุเศษพืช ที่เป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ จะมีลักษณะอ่อนนุ่มยุ่ยและขาดออกจากกันได้ง่าย ไม่แข็งกระด้างเหมือนวัสดุเริ่มแรกในการหมัก

3. กลิ่นของปุ๋ยหมักที่ได้ที่สมบูรณ์แล้ว จะไม่เหม็น ในกรณีที่มีกลิ่นเหม็นหรือฉุน แสดงว่ากระบวนการย่อยสลายภายในกองปุ๋ยยังไม่สมบูรณ์

4. ความร้อนในกองปุ๋ยหมัก หลังจากกองปุ๋ยหมักประมาณ 2 – 3 วัน อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะสูงประมาณ 50 – 60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิจะสูงอยู่ในระดับนี้ระยะหนึ่งแล้วจึงค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกกองปุ๋ยจึงถือว่าเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์

5. ลักษณะพืชที่เจริญบนกองปุ๋ยหมัก เมื่อกองปุ๋ยหมักเกือบใช้ได้แล้วบางครั้งอาจมีพืชเจริญบนกองปุ๋ยหมักได้ แสดงว่าปุ๋ยหมักดังกล่าวนำไปใส่ในดินโดยไม่เป็นอันตรายต่อพืช

อย่างไรก็ตามในกรณีงานวิจัยที่ต้องการความถูกต้องแน่นอน ควรเก็บตัวอย่างวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักมาวิเคราะห์ทางเคมี เพื่อหาอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจน

คุณภาพและมาตรฐานที่ดีของปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพดี ได้มาตรฐาน ควรพิจารณาดังนี้ (กรมส่งเสริมการเกษตร. 2547: ออนไลน์)

1. มีเกรดปุ๋ยไม่ต่ำกว่า 1:1:0.5 (ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โพแทสเซียม)
2. มีความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้ไม่มากกว่าร้อยละ 35 - 40 โดยน้ำหนัก
3. ความเป็นกรดเป็นด่าง (ค่า pH) อยู่ระหว่าง 6.0 - 7.5
4. ปุ๋ยหมักที่ใช้ได้แล้วจะต้องไม่มีความร้อนหลงเหลืออยู่
5. ปุ๋ยหมักที่ใช้ได้แล้วไม่ควรมีวัสดุเจือปนอื่น ๆ
6. จะต้องมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ระหว่าง 25 - 50 %
7. จะต้องมีอัตราส่วนระหว่างธาตุคาร์บอนต่อไนโตรเจนไม่มากกว่า 20 ต่อ 1

ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก

1. ปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน การใส่ปุ๋ยหมักลงในดินจะทำให้โครงสร้างและเนื้อดินดีขึ้น ในดินละเอียดอัดตัวแน่น เช่น ดินเหนียว ปุ๋ยหมักจะช่วยทำให้ดินนั้นมีสภาพร่วนซุยมากขึ้น ไม่อัดตัวกันแน่นทึบ มีการระบายน้ำและอากาศดีขึ้น ส่วนในดินเนื้อหยาบ เช่น ดินทราย การใส่ปุ๋ยหมักจะช่วยให้ดินแน่นขึ้น สามารถอุ้มน้ำหรือดูดซับความชื้นไว้ให้พืชได้มากขึ้น เป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความจุความต้านทานในการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (buffer capacity) ของดิน (กรมวิชาการเกษตร. 2542: 188-189)

2. เพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดินโดยตรง ปุ๋ยหมักมีแร่ธาตุอาหารที่สำคัญสำหรับพืชครบถ้วน คือมีไนโตรเจนทั้งหมด 0.4–2.5 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช 0.2–2.5 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมในรูปที่ละลายน้ำได้ 0.5–1.8 เปอร์เซ็นต์ และยังมีธาตุอาหารชนิดอื่น ๆ อีก เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน เหล็ก สังกะสี แมงกานีส โบรอน ทองแดง โมลิบดินัม ฯลฯ จึงช่วยปรับปรุงคุณภาพดินให้ดีขึ้น ตาราง 3 เป็นปริมาณธาตุอาหารพืชที่ได้จากปุ๋ยหมักบางชนิด นอกจากนี้ปุ๋ยหมักยังช่วยทำให้ธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ในดินแปรสภาพมาอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายขึ้น และเมื่อปุ๋ยหมักย่อยสลายอย่างช้า ๆ ในดิน ก็จะปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ทำให้พืชสังเคราะห์แสงได้เพิ่มขึ้นและให้ผลผลิตสูงขึ้น (วรพจน์ รัมพณีนิล. 2529: 160-165)

3. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ยเคมีและสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้

4. การใส่ปุ๋ยหมักลงดินช่วยเพิ่มอาหารให้แก่จุลินทรีย์ ทำให้แบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน เช่น *Azotobacter* sp. มีปริมาณมากขึ้น (Marchesini; et al. 1988: 253-261) ส่งเสริมการเจริญของเชื้อ *Trichoderma* sp. และไมคอร์ไรซา ซึ่งอาศัยอยู่รอบ ๆ รากพืชให้ช่วยดูดซึมธาตุอาหารเพิ่มขึ้น (กรมวิชาการเกษตร. 2542: 188-189) นอกจากนี้ยังมีจุลินทรีย์บางชนิดที่ผลิตสารปฏิชีวนะช่วยลดการระบาดและความรุนแรงของโรคพืชบางชนิดได้ (Hoitink; & Fahy. 1986: 94-114) และจุลินทรีย์บางชนิดทำให้เกิดกรดอินทรีย์ เช่น กรดฟอร์มิก และอะซิติก เป็นต้น กรดอินทรีย์บางชนิดจะถูกพืชนำไปใช้ได้โดยตรง บางชนิดมีผลต่อการปลดปล่อยและการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ทำให้แร่ธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ในดินแปรสภาพมาอยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดซึมไปใช้ได้ง่ายขึ้น (กรมส่งเสริมการเกษตร. 2547: ออนไลน์)

5. การใส่ปุ๋ยหมักช่วยควบคุมปริมาณไส้เดือนฝอยในดิน เนื่องจากจุลินทรีย์ที่เป็นศัตรูของไส้เดือนฝอยสามารถเจริญเติบโตได้ดี จึงขับสารอัลคาลอยด์และกรดไขมันบางชนิดที่เป็นพิษออกมาทำลายไส้เดือนฝอยได้

ตาราง 3 ปริมาณธาตุอาหารพืชที่ได้จากปุ๋ยหมักบางชนิด

ชนิดของปุ๋ยหมัก	% ธาตุอาหารพืช		
	ไนโตรเจน (N)	ฟอสฟอรัส (P_2O_5)	โพแทสเซียม (K_2O)
ปุ๋ยหมักจากขยะเทศบาล	1.52	0.22	0.18
ปุ๋ยหมักจากหญ้าแห้ง	1.23	1.26	0.76
หญ้าหมัก+กระดูกป่น+มูลกระบือ	0.82	1.43	0.59
หญ้าหมัก+กระดูกป่น+มูลโค	2.33	1.78	0.46
หญ้าหมัก+กระดูกป่น+มูลแพะ	1.11	4.04	0.48
หญ้าหมัก+กระดูกป่น+มูลม้า	0.82	2.83	0.33
ปุ๋ยหมักจากใบจามจุรี	1.45	0.19	0.49
ปุ๋ยหมักจากฟางข้าว	0.85	0.11	0.76
ปุ๋ยหมักฟางข้าว+มูลไก่	1.07	0.46	0.94
ปุ๋ยหมักฟางข้าว+มูลโค	1.51	0.26	0.98
ปุ๋ยหมักฟางข้าว+มูลเป็ด	0.91	1.30	0.79
ปุ๋ยหมักจากผักตบชวา	1.43	0.48	0.47
ปุ๋ยอินทรีย์(เทศบาล)ชนิดอ่อน	0.95	3.19	0.91
ปุ๋ยอินทรีย์(เทศบาล)ชนิดปานกลาง	1.34	2.44	1.12
ปุ๋ยอินทรีย์(เทศบาล)ชนิดแรง	1.48	2.96	1.15

ที่มา: กรมส่งเสริมการเกษตร. 2547: ออนไลน์

6. การปรับปรุงสภาพแวดล้อม

6.1 การนำเศษพืชมาทำปุ๋ยหมักจะช่วยลดปัญหาขยะ แก้ปัญหาการทำลายเศษพืชโดยการเผา จึงช่วยลดมลภาวะและลดอุบัติเหตุจากควันไฟ

6.2 ส่งเสริมการเกิดเม็ดดิน (soil aggregation) เนื่องจากฮิวมัสในปุ๋ยหมักเป็นสารอินทรีย์ซึ่งมีประจุลบ จึงช่วยดูดยึดธาตุอาหารพืชที่มีประจุบวก ทำให้อนุภาคดินเกาะตัวกัน ช่วยลดการไหลบ่าของน้ำเวลาฝนตก ลดการกัดกร่อนของหน้าดิน (soil erosion) และลดการพัดพาหน้าดินที่อุดมสมบูรณ์ไป ไม่เป็นอันตรายต่อดินแม้จะใช้ในปริมาณมาก และติดต่อกันนาน ๆ

6.3 ช่วยลดความเป็นพิษของอะลูมินัมและแมงกานีสในดินกรดที่มีธาตุเหล่านี้ปริมาณสูง โดยช่วยดูดซับธาตุทั้ง 2 ไว้ และถ้าใช้ร่วมกับปูนขาวจะช่วยลดความเป็นพิษได้ดีที่สุด

วิธีการใช้ปุ๋ยหมัก

วิธีการใช้ปุ๋ยหมักอาจแบ่งได้เป็น 3 วิธี ตามลักษณะของวิธีการใส่ดังนี้คือ (วรพจน์ รัมพณีนิล. 2529: 160-165)

1. **ใส่แบบหว่านทั่วแปลง** การใส่ปุ๋ยหมักแบบนี้ดีต่อการปรับปรุงบำรุงดิน เนื่องจากปุ๋ยจะกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งแปลงปลูกพืชที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก นิยมใช้กับการปลูกข้าวหรือพืชไร่หรือพืชผัก แต่ต้องใช้แรงงานมาก อัตราของปุ๋ยหมักที่ใช้ประมาณ 2 ตัน ต่อไร่ต่อปี โดยใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0, 18-22-0, 20-20-0 ถ้าดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำอาจจะใช้สูตร16-16-8 ในอัตรา 15-30 กิโลกรัมต่อไร่

2. **ใส่แบบเป็นแถว** การใส่ปุ๋ยหมักแบบเป็นแถวตามแนวปลูกพืชมักใช้กับการปลูกพืชไร่และเหมาะที่จะใช้ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีแบบโรยเป็นแถว เนื่องจากปุ๋ยหมักจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมีที่ใส่ อัตราปุ๋ยหมักที่ใช้ประมาณ 3 ตันต่อไร่ต่อปี โดยใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0, 18-22-0 ในอัตรา 25-50 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ สูตรปุ๋ยอาจต้องใส่โพแทสเซียมเพิ่มขึ้นด้วย

3. **ใส่แบบเป็นหลุม** นิยมใช้กับการปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้น โดยใส่ปุ๋ยหมักได้สองระยะคือในช่วงแรกของการเตรียมหลุมเพื่อปลูกพืช นำดินด้านบนของหลุมคลุกเคล้ากับปุ๋ยหมักแล้วใส่รองก้นหลุม หรืออาจจะใส่ปุ๋ยเคมีร่วมด้วย อีกระยะหนึ่งอาจใส่ปุ๋ยหมักในช่วงที่พืชเจริญแล้ว โดยการขุดเป็นร่องรอบ ๆ ต้นตามแนวทรงพุ่มของต้นพืช แล้วใส่ปุ๋ยหมักลงในร่องแล้วกลบด้วยดิน หรืออาจใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักในช่วงนี้ได้เช่นกัน อัตราการใช้ปุ๋ยหมักประมาณ 20-50 กิโลกรัมต่อหลุม ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15, 14-14-14, 12-12-7 ในอัตรา 100-200 กรัมต่อหลุม ในกรณีที่ใส่ปุ๋ยหมักกับไม้ผลที่เจริญแล้ว อัตราการใช้อาจเพิ่มขึ้นตามส่วน และมักใส่ปุ๋ยหมักปีเว้นปี

การใช้ปุ๋ยหมักให้ได้ผลดีควรใส่ในปริมาณที่มากเพียงพอและสม่ำเสมอทุกปี อัตราการใส่ปุ๋ยหมักในดินแต่ละแห่งก็แตกต่างกันไป แล้วแต่สภาพของดินและชนิดของพืชที่ปลูก ถ้าดินเป็นดินเสื่อมโทรม มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ หรือดินที่มีเนื้อดินเป็นดินทรายจัด ก็ต้องใส่ปุ๋ยหมักให้มากกว่าปกติ แต่ไม่ควรเกิน 20 ตันต่อไร่ต่อปี

นอกจากนี้วิธีการใช้ปุ๋ยหมักยังอาจแบ่งตามประเภทของพืชได้เป็น 3 วิธี ดังนี้คือ

1. **การใช้ปุ๋ยหมักกับพืชผัก**

พืชผักส่วนใหญ่เป็นพืชที่มีระบบรากแบบรากฝอยรากสั้นอยู่ตื้น ๆ ใกล้ผิวดิน การใส่ปุ๋ยหมักจะมีประโยชน์มากเพราะช่วยให้ดินร่วนซุย ทำให้รากพืชผักเจริญเติบโตได้เร็ว มีระบบรากที่สมบูรณ์ทำให้ดูดซับแร่ธาตุอาหารได้รวดเร็ว ทนความแห้งแล้งได้ดีขึ้น พืชผักเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว

การใส่ปุ๋ยหมักในแปลงผักอาจใช้วิธีโรยปุ๋ยหมักที่สลายตัวดีแล้วคลุมแปลงให้หนา 1-3 นิ้ว ใช้จอบสับผสมคลุกเคล้าลงไปในดินให้ลึกประมาณ 4 นิ้ว หรือลึกกว่านี้ถ้าเป็นพืชที่ลงหัว

2. การใช้ปุ๋ยหมักกับไม้ผลหรือไม้ยืนต้น

ไม้ผลหรือไม้ยืนต้นเป็นพวกที่มีระบบรากลึก การเตรียมดินในหลุมปลูกให้ดีจะมีผลต่อระบบรากและการเจริญตั้งตัวของต้นไม้ในช่วงแรกเป็นอย่างมาก การเตรียมหลุมปลูกควรขุดหลุมให้ลึกแล้วใช้ปุ๋ยหมักผสมคลุกเคล้าให้เข้ากับดินที่ขุดจากหลุมในอัตราส่วน ดิน 2-3 ส่วน กับปุ๋ยหมัก 1 ส่วน ใส่กลับลงไปในหลุมเพื่อใช้ปลูกต้นไม้ต่อไป

การใส่ปุ๋ยหมักสำหรับไม้ผลที่โตแล้ว อาจทำโดยการพรวนดินรอบต้น ให้ห่างจากโคนต้นประมาณ 2-3 ฟุต จนถึงนอกทรงพุ่มของต้นประมาณ 1 ฟุต พรวนดินให้ลึกประมาณ 2 นิ้ว โรยปุ๋ยหมักให้หนาประมาณ 1 นิ้วหรือมากกว่า ใช้จอบผสมคลุกเคล้าให้เข้ากับดินแล้วรดน้ำ หรือใช้วิธีขุดร่องรอบทรงพุ่มของต้นให้ลึก 30-50 เซนติเมตร แล้วใส่ปุ๋ยหมักลงไปในร่อง 40-50 กิโลกรัมต่อต้น ใช้ดินกลบแล้วรดน้ำ ถ้าจะใช้ปุ๋ยเคมีด้วยก็ผสมปุ๋ยเคมีคลุกเคล้ากับปุ๋ยหมักให้ดีแล้วใส่ลงไปพร้อมกัน การใส่ปุ๋ยหมักตามวิธีดังกล่าวมานี้เป็นการใส่ปีละครั้ง และเมื่อต้นไม้มีขนาดโตขึ้นก็ควรเพิ่มปริมาณปุ๋ยหมักตามขนาดของต้นไม้ด้วย

3. การใส่ปุ๋ยหมักกับพืชไร่ หรือนาข้าว

ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ควรใส่ปุ๋ยหมักในอัตราอย่างน้อยปีละ 1.5–2.5 ตันต่อไร่ หว่านให้ทั่วแปลงแล้วไถหรือคราดกลบก่อน การปลูกพืชในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำหรือดินเสื่อมโทรม อาจต้องใส่ปุ๋ยหมักในอัตราที่มากกว่านี้ เช่น ปีละ 2-3 ตันต่อไร่ ขึ้นอยู่กับสภาพของดินและปริมาณการผลิตปุ๋ยหมัก พื้นที่ที่ใช้ปลูกพืชไร่หรือทำนาเป็นพื้นที่กว้าง ปริมาณปุ๋ยหมักที่ใส่ลงไปในแต่ละปีอาจไม่เพียงพอ ถ้าดินนั้นไม่อุดมสมบูรณ์การปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินควรต้องใช้ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี หรือการจัดการดินวิธีอื่น ๆ เช่นการใช้ปุ๋ยพืชสด เป็นต้น

4. การใช้ปุ๋ยหมักกับพืชอื่น ๆ

นอกจากจะใช้กับพืชไร่ พืชสวน ดังกล่าวมาแล้ว ปุ๋ยหมักยังสามารถใช้กับไม้ดอกไม้ประดับได้เป็นอย่างดี ถ้าปลูกเป็นแปลงใช้อัตราเดียวกันกับที่ใช้ในแปลงผัก คือ โรยปุ๋ยหมักคลุมแปลงให้หนา 1-3 นิ้ว แล้วใช้จอบสับผสมลงไปในดินให้ลึก ประมาณ 4 นิ้ว

5. การใช้ทำวัสดุปลูกสำหรับไม้กระถาง

ใช้ปุ๋ยหมัก 1 ส่วน ผสมกับดินร่วนที่อุดมสมบูรณ์ 2 ส่วน ถ้าผสมปุ๋ยหมักในอัตราส่วนมาก ๆ วัสดุปลูก มักจะแห้งเร็วเกินไป และมีปัญหาเรื่องวัสดุปลูกยุบตัวมาก

6. การเตรียมดินสำหรับเพาะเมล็ดหรือปลูกต้นกล้า

ใช้อัตราส่วน ปุ๋ยหมัก 1 ส่วน ทราย 1 ส่วน และดินร่วนที่อุดมสมบูรณ์ 2 ส่วน ถ้าใช้เพาะเมล็ดพืชที่มีขนาดเล็ก ๆ ก็ใช้เมล็ดโรยหรือวางบนวัสดุเพาะดังกล่าว จากนั้นใช้ปุ๋ยหมักโรยบาง ๆ ทับลงไปแล้วรดน้ำ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปุ๋ยหมักฟางข้าวได้จากการนำเอาฟางข้าว มาหมักในรูปของการกองซ้อนกันบนพื้นดินหรืออยู่ในหลุม เมื่อเศษพืชย่อยสลายตัวแล้วจะมีค่าของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ต่ำกว่า 20 สามารถนำไปใส่ให้กับพืชได้ทันที (ประเสริฐ สองเมือง. 2543: 65)

อะมาราศิริ และวิคเรนมาซิงห์ (Amarasiri; & Wickrenmasinghe. 1984) รายงานว่าฟางข้าวมีปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ได้แก่ ไนโตรเจน โพแทสเซียม คาร์บอน และซิลิกอน ควรไถกลบฟางข้าวในแปลง หรือนำมาใช้ทำปุ๋ยหมัก การทดลองไถกลบฟางข้าวในประเทศศรีลังกา พบว่าช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน และโพแทสเซียม ที่ต้องใส่ในนาข้าวได้

ต่อมาในปี 1997 อะมาราศิริ และวิคเรนมาซิงห์ (Amarasiri; & Wickrenmasinghe. 1997) ได้คิดค้นวิธีการจัดการกับฟางข้าว โดยทำการไถกลบฟางข้าวลงในดินระดับความลึก 20 เซนติเมตร พบว่าฟางข้าวที่ไถกลบลงในดินหลังการเก็บเกี่ยวเป็นที่ดำรงชีพของจุลินทรีย์จำนวนมากที่อาศัยอยู่ในดิน การย่อยสลายฟางข้าวโดยจุลินทรีย์ในดินจะช่วยเพิ่มปริมาณไนโตรเจน (N) ที่เป็นประโยชน์ในดิน ช่วยลดการถูกชะล้างของดินในระยะยาว ทำให้ดินมีอินทรียวัตถุสูงขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในดินเพิ่มสูงขึ้น ดินมีความอุดมสมบูรณ์ดีขึ้นและเหมาะสมกับการเพาะปลูกมากขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

1. ฟางข้าว ได้มาจากบริเวณทุ่งนาบ้านสะปัน ตำบลดงพญา อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน
2. ดินจอมปลวก 1 (ขุดมาจากบริเวณบ้านพักนักเรียนบ้านไกล โรงเรียนบ้านสะปัน ตำบลดงพญา อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน) ดินจอมปลวก 2 (ขุดมาจากอุทยานแห่งชาติขุนน่าน ตำบลดงพญา อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน)
3. มูลไก่
4. มูลวัว
5. น้ำหมักชีวภาพ EM1 และ EM2 (สูตรผสมมะกรูด) จากบริษัท เอ.เอ็ม.เพอร์เฟ็ค จำกัด
6. ปูนขาว
7. ปุ๋ยยูเรีย
8. บล็อคไม้ ขนาด 1 x 1 x 0.25 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) จำนวน 16 บล็อค
9. ตาข่ายพลาสติกสีฟ้า สำหรับล้อมพื้นที่ในการทำปุ๋ยหมักเพื่อป้องกันสัตว์
10. จอบ สำหรับปรับพื้นที่ในการกองปุ๋ย และพลิกกลับกองปุ๋ย
11. เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนด้วยระบบ Kjeldahl ซึ่งประกอบด้วย เครื่องย่อย (digestion block) เครื่องกลั่น (distillation unit) ชุดไตเตรท (titration unit) หลอดย่อย (digestion tube)
12. เครื่องชั่งแบบละเอียด Precisa 62 A
13. เครื่องวัด pH แบบดิจิตอล
14. เครื่องโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูง (HPLC)มีคอลัมน์ Aminex HPX-87 H (BioRad, Hercules, Calif., USA)
15. เครื่อง Spectrophotometer (Varian)

สถานที่ทำการวิจัย

บ้านพักเลขที่ 43 หมู่ที่ 1 บ้านสะปัน ตำบลดงพญา อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน และห้องปฏิบัติการศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ หน่วยปฏิบัติการวิจัยกลางไบโอเทค ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมฟางข้าว

นำฟางข้าวมาหั่นเป็นท่อนยาวประมาณ 5 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักฟางกองละ 10 กิโลกรัม ใส่ลงในบล็อคไม้ขนาด 1 ม. x 1 ม. x 25 ซม. (กว้าง x ยาว x สูง) จำนวน 16 กอง

2. การหมักฟางข้าว

ใช้สูตรมาตรฐานของกรมวิชาการ โดยใช้ฟางข้าวผสมกับส่วนประกอบอื่น ๆ ในอัตราส่วนดังนี้

ฟางข้าว	10	กิโลกรัม
จุลินทรีย์	1	กิโลกรัม
ปุ๋ยเคมี	125	กรัม
ปูนขาว	100	กรัม

หมายเหตุ: จุลินทรีย์ในแต่ละสูตรจะใช้จากแหล่งต่าง ๆ กัน ดังแสดงในตาราง 4

นำส่วนประกอบทั้งหมดมาผสมน้ำประมาณ 6 ลิตรต่อชุด ผสมให้เข้ากัน ใช้ระยะเวลาหมัก 75 วัน พลิกกลับกองปุ๋ยทุก 7 วัน และรดน้ำเมื่อกองปุ๋ยแห้ง ทำชุดละ 2 ซ้ำ

ตาราง 4 ส่วนประกอบที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมักฟางข้าว โดยใช้จุลินทรีย์จากแหล่งต่าง ๆ

สูตรที่	รหัส	ส่วนประกอบ				
		ฟางข้าว(กก.)	น้ำ (ลิตร)	ปุ๋ยยูเรีย (กรัม)	ปูนขาว (กรัม)	แหล่งจุลินทรีย์
1	RSW	10	6	125	100	-
2	RSS1	10	6	125	100	ดินจอมปลวก 1
3	RSS2	10	6	125	100	ดินจอมปลวก 2
4	RSH	10	6	125	100	มูลไก่
5	RSC	10	6	125	100	มูลวัว
6	RSE1	10	6	125	100	EM1
7	RSE2	10	6	125	100	EM2
8	MIX	10	6	125	100	จุลินทรีย์ผสม

3. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการหมักฟางข้าว

3.1 การวัดอุณหภูมิ ใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิบริเวณกลางกองปุ๋ยหมักทุกวัน เป็นเวลา 75 วัน และเก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักประมาณ 100 กรัม จากบริเวณตรงกลางกองปุ๋ยส่วนที่ห่างจากขอบกองประมาณ 10 เซนติเมตร ที่เวลา 0, 10, 15, 20, 30, 45, 60 และ 75 วัน นำตัวอย่างไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์

3.2 การวัด pH ชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมักจากข้อ 3.1 ประมาณ 5 กรัม ใส่ลงในฟลาสก์ เติมน้ำกลั่น 45 มิลลิลิตร นำไปเขย่าในห้องเย็นประมาณ 2 -3 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัด pH โดยใช้เครื่องวัด pH แล้วจึงนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 เพื่อเก็บไว้ใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

3.3 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลและกรดแลคติก

นำตัวอย่างที่กรองแล้วจากข้อ 3.2 มาเจือจางในน้ำกลั่น 20 เท่า กรองอีกครั้งด้วยแผ่นกรองขนาด 0.2 ไมโครเมตร วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลและกรดอินทรีย์โดยฉีดผ่านเข้าเครื่อง HPLC ซึ่งมีคอลัมน์ Aminex HPX-87 H (BioRad, Hercules, Calif., USA) โดยใช้กรดซัลฟุริกความเข้มข้น 5 mM เป็น mobile phase กรดอินทรีย์จะถูกวัดด้วย Waters 996 Photodiode Array Detector ที่ความยาวคลื่น 210 นาโนเมตร และน้ำตาลถูกวัดด้วย Waters 410 Differential Refractometer Detector (Millipore Corp., Milford, MA, USA)

3.4 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน

ใช้วิธีของ Kjeldahl โดยชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมักจากข้อ 3.1 ประมาณ 1 กรัม (ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ลงในฟลาสก์ เติมกรดซัลฟุริกเข้มข้นปริมาตร 15 มิลลิลิตร โปแทสเซียมซัลเฟต 7 กรัม และคอปเปอร์ซัลเฟต 0.8 กรัม ย่อยตัวอย่างที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-4 ชั่วโมง จนตัวอย่างใส แล้วจึงนำไปกลั่นโดยมีกรดบอริก 4% ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เป็นสารที่ดักจับแอมโมเนีย จากนั้นทิ้งสารละลายให้เย็นและเติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดคลอริก 0.1 N โดยใช้ methyl red – bromocresol green เป็นอินดิเคเตอร์ และหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและโปรตีนโดยใช้สูตร

$$\text{Total N (\%)} = \frac{1.40 \times (\text{ml HCl sample} - \text{ml HCl blank}) \times \text{normality HCl}}{\text{ml sample}}$$

$$\text{โปรตีน (\%)} = \text{Total N(\%)} \times 6.25$$

3.5 การศึกษาน้ำหนักแห้งของปุ๋ยหมัก

ชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมักจากข้อ 3.1 ประมาณ 1 กรัม (ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ลงในเพลทที่ทราบน้ำหนัก แล้วนำไปอบที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำไปชั่งหาน้ำหนักแห้ง และคำนวณหาเปอร์เซนต์น้ำหนักแห้งดังนี้

$$\text{น้ำหนักแห้งของปุ๋ยหมัก (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งของปุ๋ย} \times 100}{\text{น้ำหนักสดของปุ๋ย}}$$

3.6 การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ในระหว่างการหมักฟางข้าว

ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์โดยวิธี viable plate count โดยชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมักจากข้อ 3.1 จำนวน 5 กรัม ใส่ลงในฟลาสก์ เติมน้ำกลั่นปลอดเชื้อ 45 มิลลิลิตร นำไปเขย่าในห้องเย็นประมาณ 2 -3 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเจือจาง 10^{-1} – 10^{-6} นับจำนวนแบคทีเรียในอาหาร NA pH 6.8 โดยบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง และนับจำนวนราและยีสต์ในอาหาร PDA pH 5.6 ที่ผสม penicillin G ความเข้มข้น100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง

3.7 การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ไซแลเนส (xylanase)

ปิเปตสารละลายไซแลน (xylan) 1% ปริมาตร 0.9 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดสอบ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมตัวอย่างที่กรองแล้วจากข้อ 3.2 ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงไปผสมให้เข้ากัน บ่มที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เติมสารละลาย dinitrosalicylic acid (DNS) 1.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที แล้วทำให้เย็นลงทันที เติมน้ำกลั่นลงไป 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร และหาปริมาณ reducing sugar ที่เกิดขึ้นโดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของน้ำตาลไซโลส และหาค่ากิจกรรมของเอนไซม์ โดยกำหนดให้ 1 ยูนิต (AU) หมายถึงกิจกรรมเอนไซม์ที่ย่อยไซแลน แล้วทำให้เกิดน้ำตาลไซโลส 1 มิลลิกรัมต่อนาที

3.8 การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase)

ปิเปตสารละลาย carboxymethylcellulose 2% ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดสอบ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เติมสารละลายตัวอย่างที่กรองแล้วจากข้อ 3.2 ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร ลงไปผสมให้เข้ากัน นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเติมสารละลาย DNS ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที แล้วทำให้เย็นลงทันที เติมน้ำกลั่นปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร และหาปริมาณ reducing sugar ที่เกิดขึ้นโดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของน้ำตาลกลูโคส และหาค่ากิจกรรมของเอนไซม์ โดยกำหนดให้ 1 ยูนิต (AU) หมายถึงกิจกรรมเอนไซม์ที่ย่อย carboxymethylcellulose แล้วทำให้เกิดน้ำตาลกลูโคส 1 มิลลิกรัมต่อนาที

4. การเผยแพร่ความรู้

4.1 การเผยแพร่ความรู้สู่ชุมชน

ผู้วิจัยได้ขยายผลความรู้สู่ชุมชน โดยการพบปะพูดคุยกับประชาชนในชุมชนในเวลาที่มีการประชุมประจำเดือน ณ หอประชุมประจำหมู่บ้าน เพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับงานวิจัย เช่น สภาพทั่วไปของการทำไร่ ทำนา ทำสวนของประชาชนในชุมชน การใช้ปุ๋ยเคมี ผลของการใช้ปุ๋ยเคมี การแก้ปัญหาการใช้ปุ๋ยเคมี การปรับปรุงบำรุงดิน การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว เศษพืชผัก มาทำปุ๋ยหมัก ขั้นตอนการทำปุ๋ยหมัก การดูแลกองปุ๋ยหมัก และวิธีการใช้ปุ๋ยหมัก โดยเปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมประชุมได้ซักถามเพื่อสร้างความเข้าใจ สรุปเป็นองค์ความรู้ร่วมกัน แจกเอกสารแผ่นพับเกี่ยวกับวิธีการทำปุ๋ยหมักแบบต่าง ๆ เช่น การทำปุ๋ยหมัก การทำปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ การเตรียมดินก่อนการเพาะปลูก และวิธีการใช้ปุ๋ยหมัก รวมทั้งรณรงค์ให้ชุมชนได้ตระหนักถึงผลกระทบของการใช้สารเคมีในการกำจัดวัชพืช และศัตรูพืช ที่มีผลเสียต่อสุขภาพ และระบบนิเวศของสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

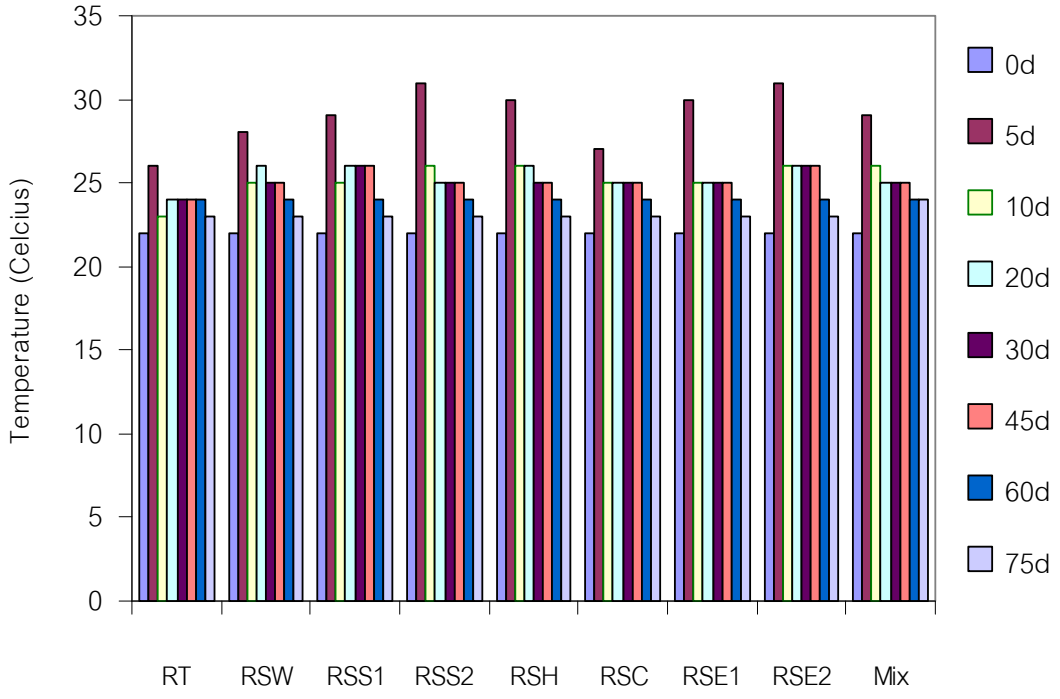
4.2 การเผยแพร่ความรู้สู่การจัดการเรียนการสอน

ผู้วิจัยได้ให้ความรู้แก่นักเรียน โดยจัดเป็นสาระการเรียนรู้แบบบูรณาการเข้ากับกลุ่มสาระต่าง ๆ เช่น กลุ่มสาระการงานอาชีพและเทคโนโลยี กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ เป็นต้น โดยใช้แผนจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (ภาคผนวก ค) สถานที่ที่ใช้ คือ ห้องเรียน และแปลงเกษตรโครงการปลูกพืชผักเพื่ออาหารกลางวันของโรงเรียน

บทที่ 4
ผลการทดลอง

1. การวัดอุณหภูมิ

การวัดอุณหภูมิบริเวณกลางกองปุ๋ยหมักในระยะเวลา 75 วัน พบว่าในระหว่างการหมักอุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักทุกสูตรมีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 22-31 องศาเซลเซียส โดยเฉลี่ยมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศ 2-5 องศาเซลเซียส และหลังจากการหมักเป็นเวลา 5 วัน ปุ๋ยหมักสูตรที่มีการเติมจุลินทรีย์จากแหล่งต่าง ๆ ลงไปด้วย จะมีค่าอุณหภูมิสูงกว่าปุ๋ยหมักสูตรที่ไม่ได้เติมจุลินทรีย์ลงไป ยกเว้นปุ๋ยหมักที่ผสมมูลวัว และเมื่อใช้เวลาในการหมักนาน 10 วันขึ้นไป อุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักทุกสูตรจะค่อย ๆ ลดลง และตั้งแต่ 60 วันขึ้นไป อุณหภูมิจะลดลงเท่ากับอุณหภูมิบรรยากาศ ดังแสดงในภาพประกอบ 7

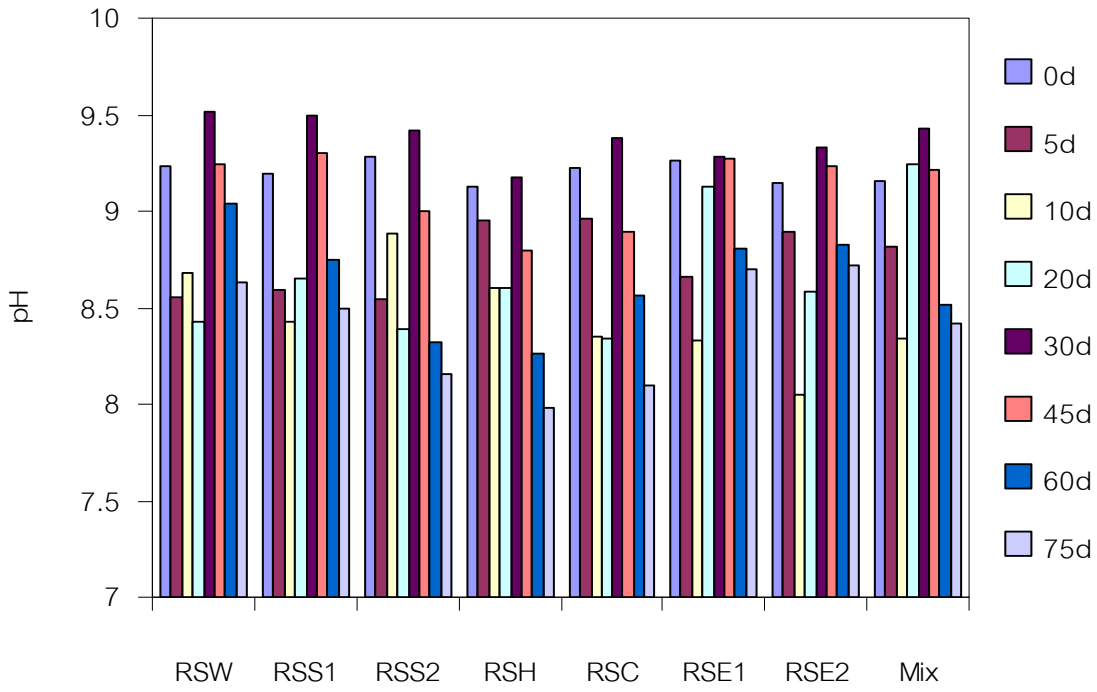


ภาพประกอบ 7 กราฟแสดงอุณหภูมิของปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ ที่ผลิตจากฟางข้าว ในแต่ละช่วงเวลาของการหมัก เปรียบเทียบกับอุณหภูมิบรรยากาศ

หมายเหตุ: RT หมายถึงอุณหภูมิบรรยากาศ

2. การวัด pH

การวัด pH ของปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ ที่ผลิตจากฟางข้าว พบว่าในระหว่างการหมักเป็นเวลา 75 วัน ค่า pH มีการเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ อยู่ในช่วง 8-9.5 ดังแสดงในภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 กราฟแสดงค่า pH ของปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ ในแต่ละช่วงเวลาของการหมัก

3. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ

ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ ที่ผลิตได้ ทุกสูตรมีลักษณะเปื่อยยุ่ย ร่วนซุย ส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลปนดำ ยกเว้นปุ๋ยหมักสูตรควบคุม (RSW) ซึ่งไม่ได้เติมจุลินทรีย์จากแหล่งอื่น ๆ จะมีสีน้ำตาลปนแดง ดังแสดงตาราง 5 และกลิ่นของปุ๋ยหมักทุกกลุ่มมีกลิ่นคล้ายดินธรรมชาติ

ตาราง 5 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ ที่ผลิตจากฟางข้าว หลังจากหมักครบ 75 วัน

ปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆที่ผลิตจาก	ลักษณะทางกายภาพ	
วัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น	สี	กลิ่น
RSW	น้ำตาลปนแดง	คล้ายดินธรรมชาติ
RSS1	น้ำตาลปนดำ	คล้ายดินธรรมชาติ
RSS2	น้ำตาลปนดำ	คล้ายดินธรรมชาติ
RSH	น้ำตาลปนดำ	คล้ายดินธรรมชาติ
RSC	น้ำตาลปนดำ	คล้ายดินธรรมชาติ
RSE1	น้ำตาลปนดำ	คล้ายดินธรรมชาติ
RSE2	น้ำตาลปนดำ	คล้ายดินธรรมชาติ
MIX	น้ำตาลปนดำ	คล้ายดินธรรมชาติ

4. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลและกรดแลคติก

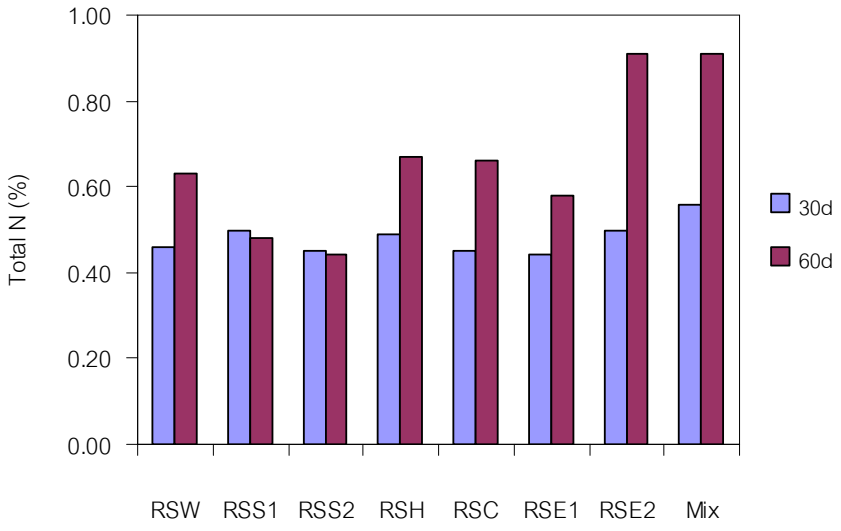
จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลและกรดแลคติกโดยใช้เครื่อง HPLC พบว่าในปุ๋ยหมักทุกสูตรมีน้ำตาลกลูโคสน้อยมาก และไม่พบกรดแลคติก

5. การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนและโปรตีนในปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ ที่ผลิตจากฟางข้าว ในระหว่างการหมักเป็นเวลา 30-60 วัน พบว่าเมื่อหมักเป็นระยะเวลา 60 วัน ปุ๋ยหมักที่ได้มีค่าปริมาณไนโตรเจนและโปรตีนอยู่ในช่วง 0.44-0.91 และ 2.75-5.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยปุ๋ยหมักสูตรที่เติมจุลินทรีย์ EM2 และจุลินทรีย์ผสม มีปริมาณไนโตรเจนและโปรตีนสูงสุด 0.91 และ 5.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับทั้ง 2 สูตร ดังแสดงในตาราง 6 และภาพประกอบ 9

ตาราง 6 ปริมาณไนโตรเจนและโปรตีนในปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ ในแต่ละช่วงเวลาของการหมัก

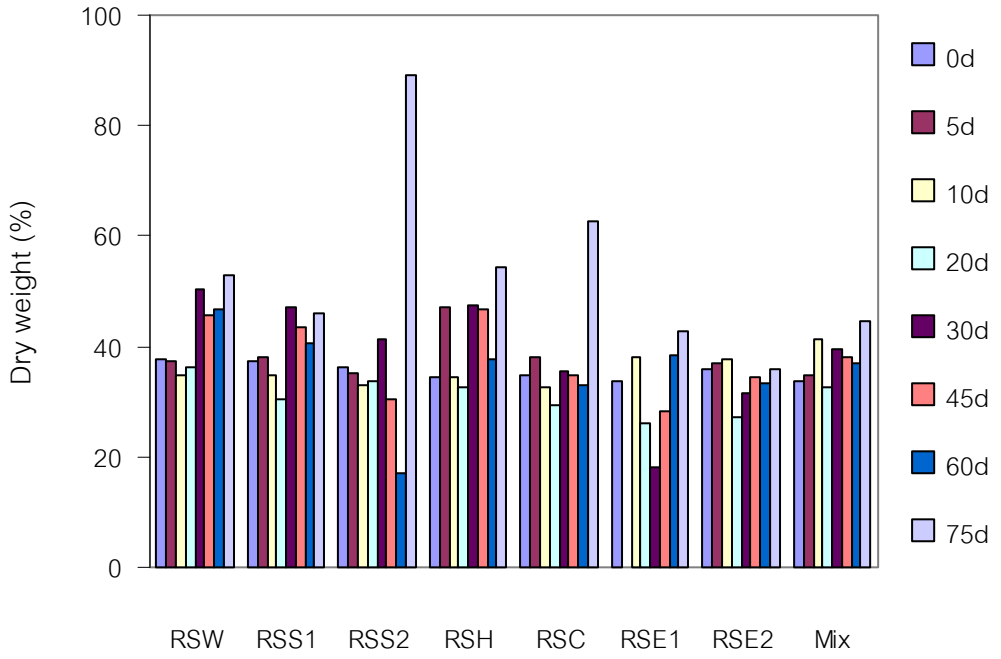
	Total N (%)		Protein (%)	
	30d	60d	30d	60d
RSW	0.46	0.63	2.88	3.94
RSS1	0.50	0.48	3.13	3.00
RSS2	0.45	0.44	2.81	2.75
RSH	0.49	0.67	3.06	4.19
RSC	0.45	0.66	2.81	4.13
RSE1	0.44	0.58	2.75	3.63
RSE2	0.50	0.91	3.13	5.70
Mix	0.56	0.91	3.50	5.70



ภาพประกอบ 9 กราฟแสดงปริมาณไนโตรเจนที่พบในปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ ในช่วงเวลา 30-60 วัน

6. การวิเคราะห์น้ำหนักแห้งของปุ๋ยหมัก

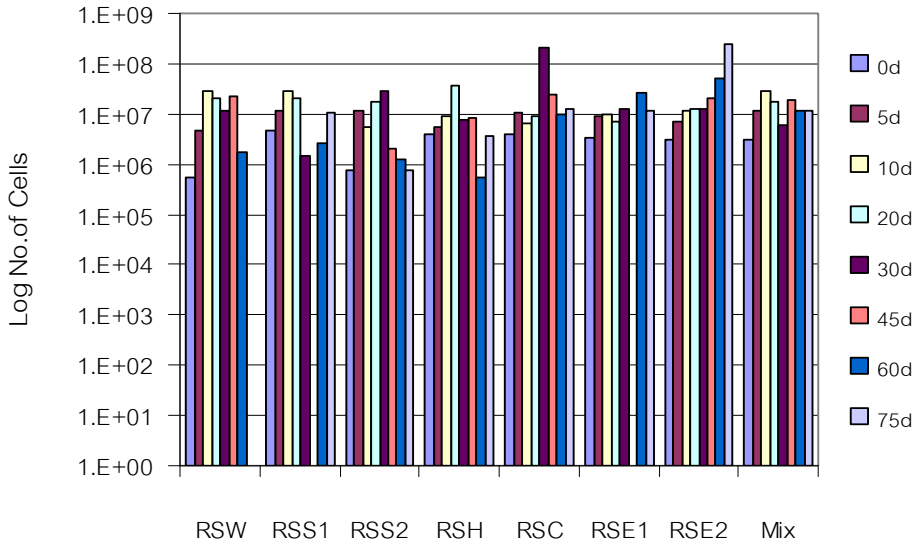
การวิเคราะห์น้ำหนักแห้งของปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ ที่ผลิตจากฟางข้าว พบว่าในระหว่างการหมักเป็นเวลา 75 วัน ค่าน้ำหนักแห้งมีการเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 40 เปอร์เซนต์ ดังแสดงในภาพประกอบ 10



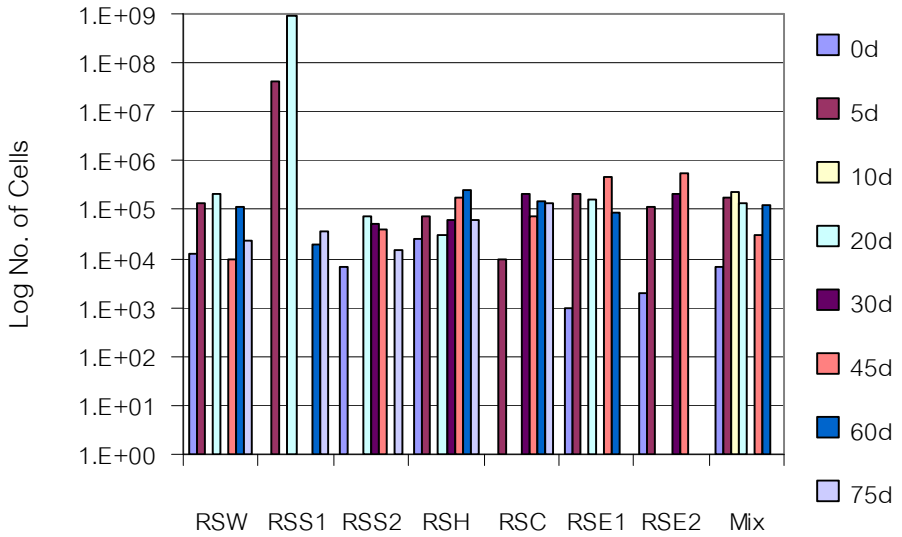
ภาพประกอบ 10 กราฟแสดงน้ำหนักแห้งของปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ ในแต่ละช่วงเวลาของการหมัก

7. การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ในระหว่างการหมักฟางข้าว

การตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ในปุ๋ยหมัก พบว่าเมื่อเพาะเลี้ยงในอาหาร NA จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในปุ๋ยทุกสูตรจะมีค่าอยู่ในช่วง 10^6-10^8 CFU/g ซึ่งมากกว่าเมื่อเพาะเลี้ยงใน PDA ที่ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในช่วง 10^4-10^5 CFU/g ดังแสดงในภาพประกอบ 11 และ 12



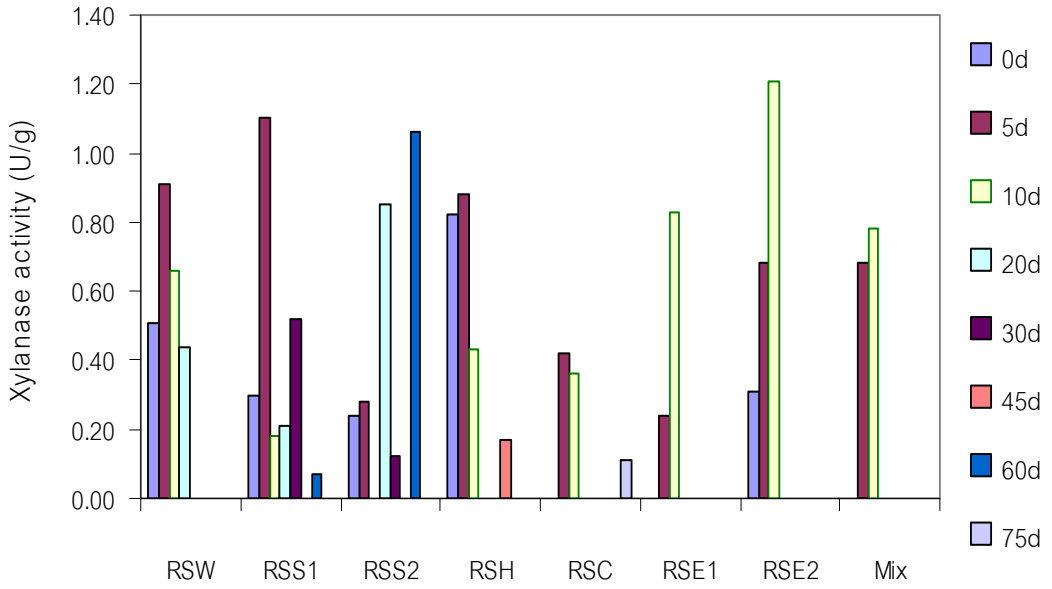
ภาพประกอบ 11 จำนวนจุลินทรีย์ในปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ ในแต่ละช่วงเวลา เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหาร NA



ภาพประกอบ 12 จำนวนจุลินทรีย์ในปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ ในแต่ละช่วงเวลา เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหาร PDA

8. การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ไซแลเนส (xylanase)

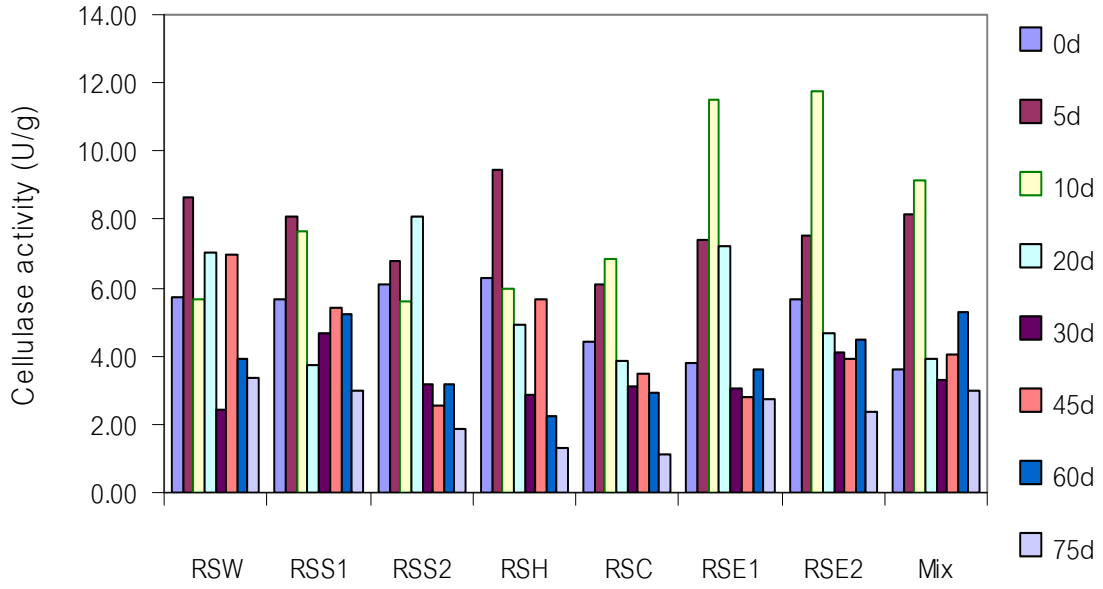
จากการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ไซแลเนสของปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ ในระยะเวลาต่าง ๆ กัน พบว่ามีเอนไซม์ไซแลเนสในปุ๋ยหมักทุกสูตร โดยสูตร RSE2 ซึ่งใช้แหล่งจุลินทรีย์จาก EM2 เป็นสูตรที่มีเอนไซม์ไซแลเนสสูงสุด 1.21 ยูนิตต่อกรัมของปุ๋ยหมัก ในวันที่ 10 ของการหมัก สำหรับปุ๋ยหมักสูตรอื่นจะมีเอนไซม์สูงสุดในเวลาที่แตกต่างกัน แต่ส่วนใหญ่มีเอนไซม์สูงสุดในวันที่ 5-10 และในระยะหลังของการหมักเอนไซม์จะลดลงจนกระทั่งไม่พบกิจกรรมของเอนไซม์ ดังแสดงในภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 กิจกรรมของเอนไซม์ไซแลเนสที่พบในปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ กันในระยะเวลา 75 วัน

9. **การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลส** (cellulase)

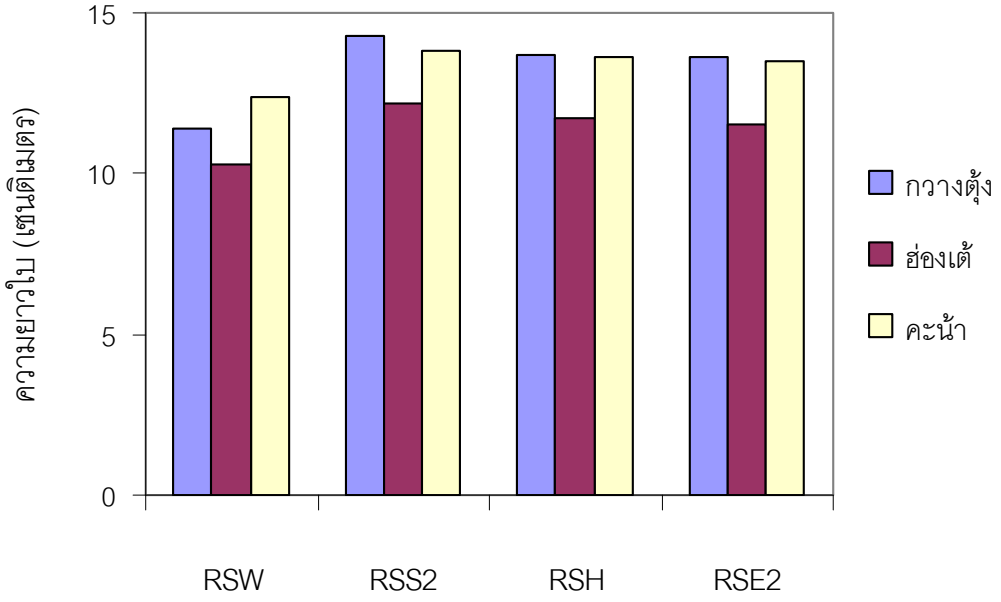
จากการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสของปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ ในระยะเวลาต่าง ๆ กัน พบว่ามีเอนไซม์เซลลูเลสในปุ๋ยหมักทุกสูตร โดยสูตร RSE1 และ RSE2 ซึ่งใช้แหล่งจุลินทรีย์จาก EM1 และ EM2 เป็นสูตรที่มีเอนไซม์เซลลูเลสสูงสุดใกล้เคียงกัน คือ 11.48 และ 11.73 ยูนิตต่อกรัมของปุ๋ยหมัก ตามลำดับ ในวันที่ 10 ของการหมัก สำหรับปุ๋ยหมักสูตรอื่น ๆ พบว่ามีเอนไซม์สูงสุดในเวลาที่แตกต่างกัน แต่ส่วนใหญ่มีเอนไซม์สูงสุดในวันที่ 5-10 หลังจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์จะลดลง ดังแสดงในภาพประกอบ 14



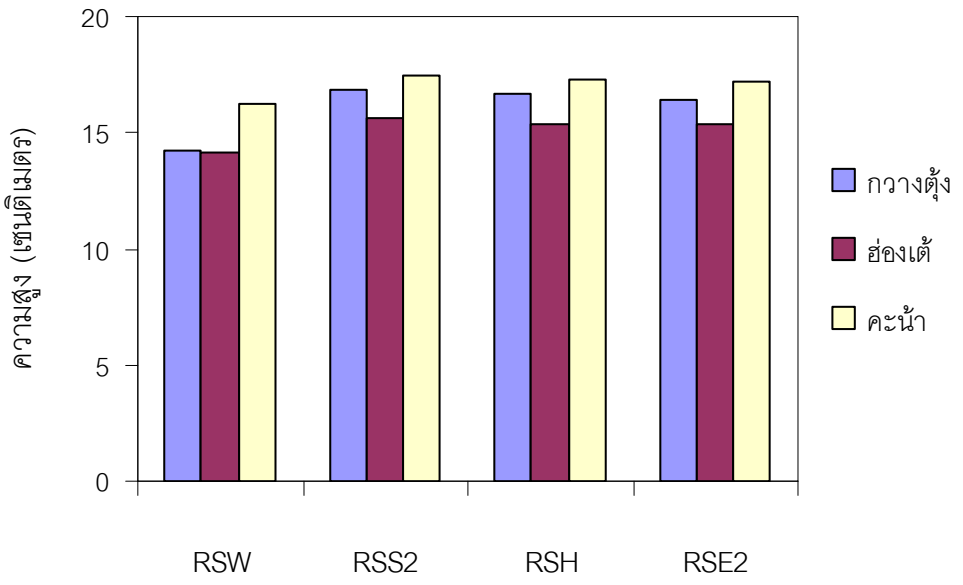
ภาพประกอบ 14 กิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสที่พบในปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ กันในระยะเวลา 75 วัน

10. การทดลองใช้ปุ๋ยหมักที่ผลิตกับผักที่ปลูกในโครงการ

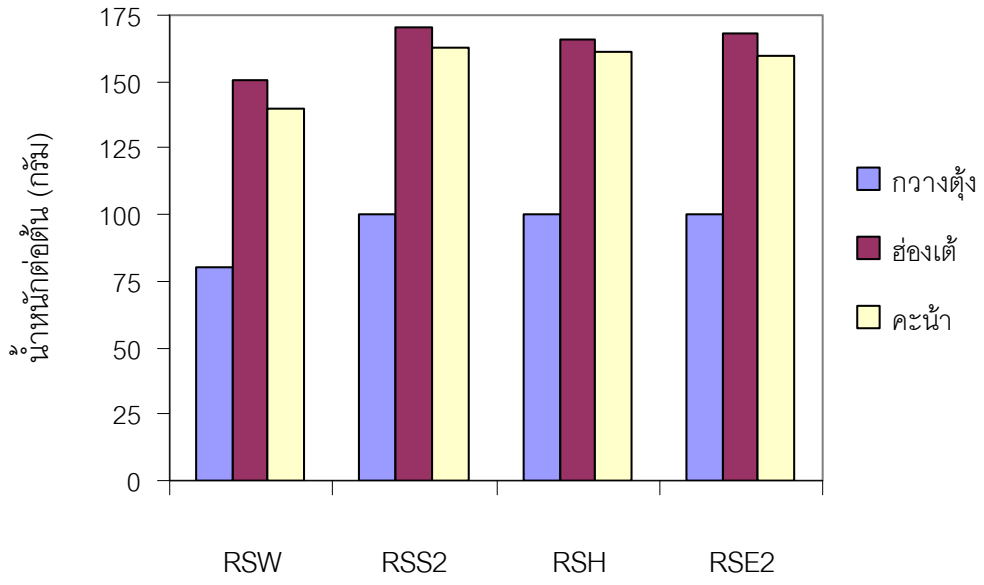
จากการทดลองใช้ปุ๋ยหมัก 4 สูตร คือ RSW, RSS2, RSH และ RSE2 ในการปลูกผัก 3 ชนิด คือ ผักกาดกวางตุ้ง ผักกาดฮ่องเต้ และผักคะน้า โดยใช้วิธีการย้ายต้นกล้า และใช้เวลาในการปลูก 45 วัน สังเกตและบันทึกวัดความยาวของใบ ความสูงลำต้น และน้ำหนักต่อต้น โดยการสุ่มวัดผักแต่ละชนิด 5 จุดในแปลงปลูก (เก็บตัวอย่างจุดละ 3 ต้น) แล้วหาค่าเฉลี่ย พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักสูตร RSS_2 (ผสมดินจอมปลวก) RSH(ผสมมูลไก่) และ RSE2 (ผสมEM 2) ทำให้ผักที่ทำการทดลองทุกชนิดมีความยาวใบ ความสูงของลำต้น และน้ำหนักต่อต้น มากกว่าการใช้ปุ๋ยหมักสูตร RSW ซึ่งเป็นสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์จากแหล่งอื่นลงไปในกระบวนการหมัก ดังแสดงในภาพประกอบ 15-17



ภาพประกอบ 15 ความยาวใบผักชนิดต่าง ๆ ที่เพาะปลูกโดยใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวสูตรต่าง ๆ กัน



ภาพประกอบ 16 ความสูงของลำต้นผักชนิดต่าง ๆ ที่เพาะปลูกโดยใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวสูตรต่าง ๆ กัน



ภาพประกอบ 17 น้ำหนักต่อต้นของผักชนิดต่าง ๆ ที่เพาะปลูกโดยใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวสูตรต่าง ๆ กัน

11. การขยายผลสู่ชุมชน

การขยายผลงานวิจัยสู่ชุมชน พบว่าทำให้ประชาชนมีการนำฟางข้าวไปใช้ในการทำปุ๋ยหมักชีวภาพเพื่อใช้ในการปลูกพืชผักเพิ่มขึ้น ช่วยเพิ่มมูลค่าของฟางข้าว และลดปัญหามลภาวะจากการเผาฟาง รวมทั้งช่วยลดการใช้ปุ๋ยและสารเคมี ทำให้เศรษฐกิจชุมชนดีขึ้น

12. การขยายผลสู่การจัดการเรียนการสอน

การขยายผลงานวิจัยสู่การจัดการเรียนการสอน โดยจัดเป็นสาระการเรียนรู้แบบบูรณาการเข้ากับกลุ่มสาระต่าง ๆ เช่น กลุ่มสาระการงานอาชีพและเทคโนโลยี และกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ โดยครูใช้แผนจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการปฏิบัติจริง ทำให้ได้รับประสบการณ์ตรง เป็นผลให้สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาน่าน เขต 2 สำนักงานเกษตรอำเภอบ่อเกลือ และสำนักงานเกษตรจังหวัดน่าน ได้คัดเลือกโรงเรียนบ้านสะปันเป็นตัวแทนของโรงเรียนจากจังหวัดน่านเข้าร่วมงานชุมนุมยุวเกษตรกรแห่งชาติ โดยมีผู้วิจัยเป็นครูที่ปรึกษาและพานักเรียนไปเข้าร่วมงานชุมนุมยุวเกษตรกรแห่งชาติในปี 2550 ณ โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จังหวัดนครนายก และเข้าร่วมประกวดโรงเรียนที่จัดกิจกรรมกลุ่มยุวเกษตรกรดีเด่นระดับจังหวัด ได้รับโล่และเกียรติบัตรดีเด่นอันดับที่ 1 ทั้งหมด 3 รางวัล คือ โรงเรียนจัดกิจกรรมกลุ่มยุวเกษตรกรดีเด่น ประธานกลุ่มยุว-เกษตรกรดีเด่น และครูที่ปรึกษากลุ่มยุวเกษตรกรดีเด่น และได้รับเลือกให้เป็นตัวแทนเข้าร่วมประกวดโรงเรียนที่จัดกิจกรรมกลุ่มยุวเกษตรกรดีเด่นระดับภาคในปี 2551 ต่อไป

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการทดลองผลิตปุ๋ยหมักจากฟางข้าวโดยใช้จุลินทรีย์จากแหล่งต่าง ๆ คือ ดินจอมปลวก มูลไก่ มูลวัว และ EM เป็นส่วนผสมในกระบวนการหมัก เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (RSW) ซึ่งไม่มีการเติมจุลินทรีย์จากแหล่งอื่นลงไปในกระบวนการหมัก พบว่าอุณหภูมิบริเวณกลางกองปุ๋ยหมักทุกสูตรมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 22-31 องศาเซลเซียส เนื่องจากอยู่ในเขตที่อุณหภูมิบรรยากาศค่อนข้างต่ำ โดยเฉลี่ยอุณหภูมิของกองปุ๋ยมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศ 2-5 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่สูงมากนัก ทั้งนี้เนื่องมาจากมีการพลิกกลับกองปุ๋ยหมักทุก ๆ 7 วัน และมีการรดน้ำเพื่อเพิ่มความชื้น อย่างไรก็ตามปุ๋ยหมักสูตรที่มีการเติมจุลินทรีย์จากแหล่งต่าง ๆ ลงไปด้วยมีค่าอุณหภูมิสูงขึ้นเร็วกว่าปุ๋ยหมักสูตรที่ไม่ได้เติมจุลินทรีย์ (RSW) และเมื่อระยะเวลาในการหมักตั้งแต่ 60 วันขึ้นไป พบว่าอุณหภูมิจะลดลงเท่ากับอุณหภูมิบรรยากาศ

การวัด pH ของปุ๋ยหมักสูตรต่าง ๆ ในระหว่างการหมัก พบว่าค่า pH มีการเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ อยู่ในช่วง 8-9.5 ซึ่งค่อนข้างสูง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้ pH ลดลง แต่ส่วนประกอบที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมักมียูเรียและปูนขาวซึ่งสามารถสลายตัวทำให้ pH สูงขึ้นได้

เมื่อครบเวลาการหมัก 75 วัน ปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ทุกสูตรมีลักษณะเปื่อยยุ่ย ร่วนซุย มีกลิ่นคล้ายดินธรรมชาติ ส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลปนดำ ยกเว้นปุ๋ยหมักสูตรควบคุม (RSW) จะมีสีน้ำตาลปนแดง

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลและกรดแลคติกโดยใช้เครื่อง HPLC พบว่าในปุ๋ยหมักทุกสูตรมีน้ำตาลกลูโคสน้อยมาก และไม่พบกรดแลคติก การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนและโปรตีน พบว่าเมื่อหมักเป็นระยะเวลา 60 วัน ปุ๋ยหมักที่ได้มีค่าปริมาณไนโตรเจนและโปรตีนอยู่ในช่วง 0.44-0.91 และ 2.75-5.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยปุ๋ยหมักสูตรที่เติมจุลินทรีย์ EM2 และจุลินทรีย์ผสม มีปริมาณไนโตรเจนและโปรตีนสูงสุด 0.91 และ 5.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับทั้ง 2 สูตร การวิเคราะห์น้ำหนักแห้ง พบว่าปุ๋ยทุกสูตรมีค่าน้ำหนักแห้งฉลี่ยประมาณ 40 เปอร์เซนต์

การตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ พบว่าเมื่อเพาะเลี้ยงใน NA จำนวนจุลินทรีย์ในปุ๋ยทุกสูตรจะมีค่าอยู่ในช่วง 10^6-10^8 CFU/g ซึ่งมากกว่าเมื่อเพาะเลี้ยงใน PDA ที่มีค่าอยู่ในช่วง 10^4-10^5 CFU/g

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ไซแลเนส พบว่าปุ๋ยหมักทุกสูตรมีเอนไซม์ไซแลเนส โดยสูตร RSE2 ซึ่งใช้แหล่งจุลินทรีย์จาก EM2 เป็นสูตรที่มีเอนไซม์ไซแลเนสสูงสุด 1.21 ยูนิตต่อกรัมของปุ๋ยหมักในวันที่ 10 ของการหมัก สำหรับปุ๋ยหมักสูตรอื่น ๆ มีเอนไซม์สูงสุดในเวลาที่แตกต่างกัน แต่ส่วนใหญ่มีเอนไซม์สูงสุดในวันที่ 5-10 และในระยะหลังของการหมักเอนไซม์จะลดลงจนกระทั่งไม่พบกิจกรรมของเอนไซม์

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลส พบว่าปุ๋ยหมักทุกสูตรมีเอนไซม์เซลลูเลส โดยสูตร RSE1 และ RSE2 ซึ่งใช้แหล่งจุลินทรีย์จาก EM1 และ EM2 เป็นสูตรที่มีเอนไซม์เซลลูเลสสูงสุดใกล้เคียงกัน คือ 11.48 และ 11.73 ยูนิตต่อกรัมของปุ๋ยหมัก ตามลำดับ ในวันที่ 10 ของการหมัก สำหรับปุ๋ยหมักสูตรอื่น ๆ พบว่ามีเอนไซม์สูงสุดในเวลาที่แตกต่างกัน แต่ส่วนใหญ่มีเอนไซม์สูงสุดในวันที่ 5-10 หลังจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์จะลดลง แต่ยังคงเหลือมากกว่ากิจกรรมของเอนไซม์ไซแลเนส

จากการทดลองใช้ปุ๋ยหมัก 4 สูตร คือ RSW, RSS2, RSH และ RSE2 ในการปลูกผัก 3 ชนิด คือ ผักกาดกวางตุ้ง ผักกาดฮ่องเต้ และผักคะน้า โดยวิธีการย้ายต้นกล้า และใช้เวลาปลูก 45 วัน พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักสูตร RSS_2 (ผสมดินจอมปลวก) RSH(ผสมมูลไก่) และ RSE2 (ผสมอีเอ็ม 2) ทำให้ผักที่ทำการทดลองทุกชนิดมีความยาวใบ ความสูงของลำต้น และน้ำหนักต่อต้น มากกว่าการใช้ปุ๋ยหมักสูตร RSW ซึ่งเป็นสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์จากแหล่งอื่นลงไปในกระบวนการหมัก

การขยายผลงานวิจัยสู่ชุมชน พบว่าทำให้ประชาชนมีการนำฟางข้าวไปใช้ในการทำปุ๋ยหมักชีวภาพเพื่อใช้ในการปลูกพืชผักเพิ่มขึ้น ช่วยเพิ่มมูลค่าของฟางข้าว และลดปัญหามลภาวะจากการเผาฟาง คนในชุมชนมีการปลูกพืชผักสวนครัวไว้บริโภคเพิ่มขึ้น เห็นความสำคัญของการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม ลดการใช้ปุ๋ยและสารเคมี ทำให้เศรษฐกิจในชุมชนดีขึ้น

การขยายผลงานวิจัยสู่การจัดการเรียนการสอน ทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการปฏิบัติจริง และโรงเรียนบ้านสะปันได้รับคัดเลือกให้เป็นตัวแทนโรงเรียนของจังหวัดน่านไปเข้าร่วมงานชุมนุมยุวเกษตรกรแห่งชาติในปี 2550 ณ โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จังหวัดนครนายก และได้รับโล่และเกียรติบัตรดีเด่นอันดับที่ 1 ทั้งหมด 3 รางวัล คือ โรงเรียนจัดกิจกรรมกลุ่มยุวเกษตรกรดีเด่น ประธานกลุ่มยุวเกษตรกรดีเด่น และครูที่ปรึกษากลุ่มยุวเกษตรกรดีเด่น และได้รับคัดเลือกให้เป็นตัวแทนเข้าร่วมประกวดโรงเรียนที่จัดกิจกรรมกลุ่มยุวเกษตรกรดีเด่นระดับภาคในปี 2551 ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. สามารถนำไปศึกษากับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดอื่น ๆ เพราะในแต่ละท้องถิ่นจะมีวัสดุเหลือทิ้งที่แตกต่างกัน
2. สามารถนำไปศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่มีผลต่อการย่อยสลายของฟางข้าวหรือวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดอื่น ๆ
3. สามารถนำไปศึกษาเพื่อพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการให้เกิดประโยชน์กับนักเรียนและมีความสอดคล้องกับโครงการเกษตรทฤษฎีใหม่และการดำเนินชีวิตแบบเศรษฐกิจพอเพียงของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาที่ดิน. (2542). *การจัดการดินและพืชเพื่อปรับปรุงดินอินทรียวัตถุต่ำ.* กรุงเทพฯ: กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมวิชาการเกษตร. (2542). *ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก.* กรุงเทพฯ: กรมฯ

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2547). *การปรับปรุงดินเพื่อการปลูกพืชในนา การทำปุ๋ยหมัก.* สืบค้นเมื่อ 25 ตุลาคม 2548, จาก http://www2.doae.go.th/www./work/web/wanna2/index.htm http://www.doae.go.th/library./ htm /detail/puyy/saraban.htm http://www.Bloggang.com/viewdiary.php?

คู่มือการเพิ่มผลผลิต. (2541). *การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิต.* นนทบุรี: ยูทิไลซ์.

ปรัชญา ธัญญาดี; และคนอื่น ๆ. (2534). การศึกษาการไถกลบตอซังข้าวเพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดินนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ. ใน *รายงานวิจัยการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ.* หน้า 157 – 166. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ประเสริฐ สองเมือง. (2543). *เอกสารทางวิชาการเรื่อง การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าว.* ม.ป.พ.

ประเสริฐ สองเมือง; และคนอื่น ๆ. (2523). รายงานการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวที่มีผลต่อผลผลิตข้าว และคุณสมบัติของดินในช่วงเวลาใส่ 10 ปี. ม.ป.พ.

พานิช ทินนิมิตร. (2537) *จากเกษตรเคมีสู่เกษตรธรรมชาติ.* กรุงเทพฯ: ชมรมนักเรียนทุนมูลนิธิอานันทมหิดล.

ยงยุทธ โอสถสภา. (2528). *หลักการผลิตและการใช้ปุ๋ย.* กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

วรพจน์ รัมพณีนิล. (2529) *ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ย.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ยูไนเต็ดบุ๊คส์.

วรพจน์ รัมพณีนิล; พรพิบูลย์ ธัมพิบูลย์; และ ณรงค์ ผลวงษ์. (2526). การใส่ฟางข้าวเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว. *วารสารดินและปุ๋ย.* 5 (2): 106-112.

ศูนย์ฝึกอบรมและเผยแพร่เกษตรธรรมชาติคิวเซ. (2541). การประยุกต์ใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม เพื่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมในวันนี้. ใน *รายงานประจำปีศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี.* หน้า 45. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร

สันติภาพ ปัญจพรรค์. (2529). *วิทยาการทางปุ๋ย.* ขอนแก่น: ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เสียงแจ๋ว พิริยพฤนต์; และคนอื่น ๆ. (2534). *การปรับปรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ.* กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Amarasiri, S. L.; & Wickremasinghe, K. (1984). *Recycling rice straw by composting incorporating and mulching. Conservation and Recycling*. n.p.

Amarasiri, S. L.; & Wickremasinghe, K. (1997). *Use of rice straw as a fertilizer material. Trop*. Agr. n.p.

Chapin III; F. S.; Matson, P. A.; & Ghose, H. A. (2002). Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. New York: Springer-Verlag.

Dashek. W. V. (1997). Methods in Plant Biochemistry and Molecular Biology. London: CRC.

George, U.; & Ghose, T. K. Biochemical Engineering Research Center (Indian Institute of Technology.) Retrieved February 13 , 2008, from http://www.unupbooks/80362e/80362E05.htm

Hoitink, H. A. J.; & Fahy, P. C. (1986). Basis for control of soilborne plant pathogens with compost. *Annual Review of Phytopathology*. 24: 94-114.

Marchesini, L; et al. (1988). *Long-term effects of quality-compost treatment on soil. Agricultural and Biological Sciences*. 106 (22): 253-261.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

1. Nutrient agar

มีส่วนประกอบต่อลิตรดังต่อไปนี้

Beef extract	3	g
Peptone	5	g
Agar	15	g
Distilled water	1,000	ml

ชั่งส่วนผสมตามสูตรใส่ลงในน้ำกลั่น ต้มจนวุ้นละลาย จากนั้นแบ่งใส่ขวดอาหารขนาด 250 มิลลิลิตร ขวดละ 100 มิลลิลิตร ปิดจุกสำลี นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

2. Potato dextrose agar

มีส่วนประกอบต่อลิตรดังต่อไปนี้

Infusion from potato	20	g
Dextrose	20	g
Agar	15	g
Distilled water	1,000	ml

ชั่งส่วนผสมตามสูตรใส่ลงในน้ำกลั่น ต้มจนวุ้นละลาย จากนั้นแบ่งใส่ขวดอาหารขนาด 250 มิลลิลิตร ขวดละ 100 มิลลิลิตร ปิดจุกสำลี นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที จากนั้นใส่ penicillin G ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ลงไป 1 มิลลิลิตรต่อขวด (ความเข้มข้น penicillin G 100 มิลลิกรัมต่อลิตร)

3. **สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน**

3.1 กรดซัลฟูริคเข้มข้น (conc. H_2SO_4)

3.2 โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4)

3.3 คอปเปอร์ซัลเฟต (Cu_2SO_4)

3.4 กรดบอริก (boric acid) 4%

3.5 กรดไฮโดรคลอริก (HCl) 0.1 N

3.6 Methyl red – bromocresol green

4. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์เอนไซม์ไซแลเนส

4.1 สารละลายมาตรฐานไซโลส (xylose) 0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (เตรียมโดยชั่งไซโลส 0.5 กรัม ละลายในน้ำใส่ใน volumetric flask และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร) ใช้ในการทำกราฟมาตรฐานของไซโลส

4.2 สารละลายไซแลน (xylan from oat) 1% เพื่อใช้เป็นสับสเตรทในการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ไซแลเนส

4.3 Dinitrosalicylic acid (DNS) 0.1% (เตรียมโดยชั่ง NaOH 4 กรัม ละลายในน้ำ จากนั้นค่อย ๆ เติม DNS ลงไป 0.25 กรัม พร้อมกวนผสมตลอดเวลา จนกระทั่ง DNS ละลาย แล้วจึงค่อย ๆ เติม sodium potassium tartrate ลงไป 75 กรัม กวนผสมจนกระทั่งได้สารละลายใส จากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 250 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา)

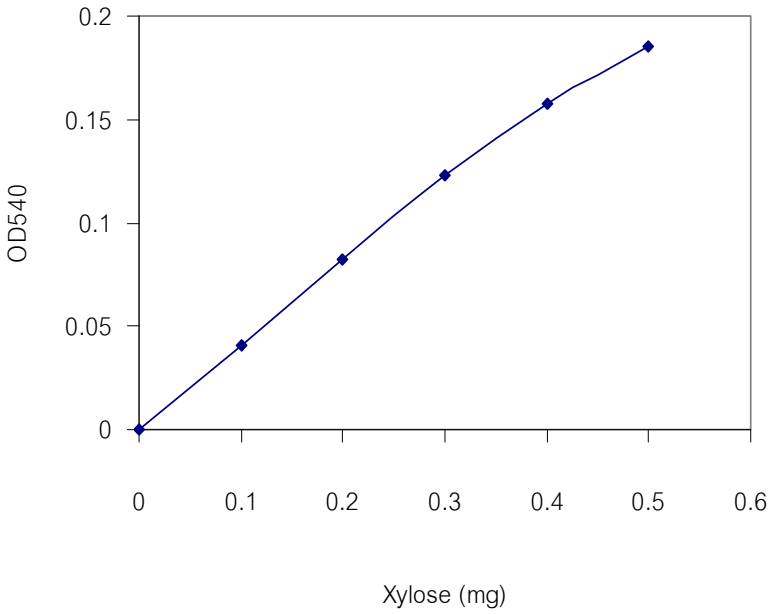
5. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์เอนไซม์เซลลูเลส

5.1 สารละลายมาตรฐานกลูโคส (glucose) 0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (เตรียมโดยชั่งกลูโคส 0.5 กรัม ละลายในน้ำใส่ใน volumetric flask และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร) ใช้ในการทำกราฟมาตรฐานของกลูโคส

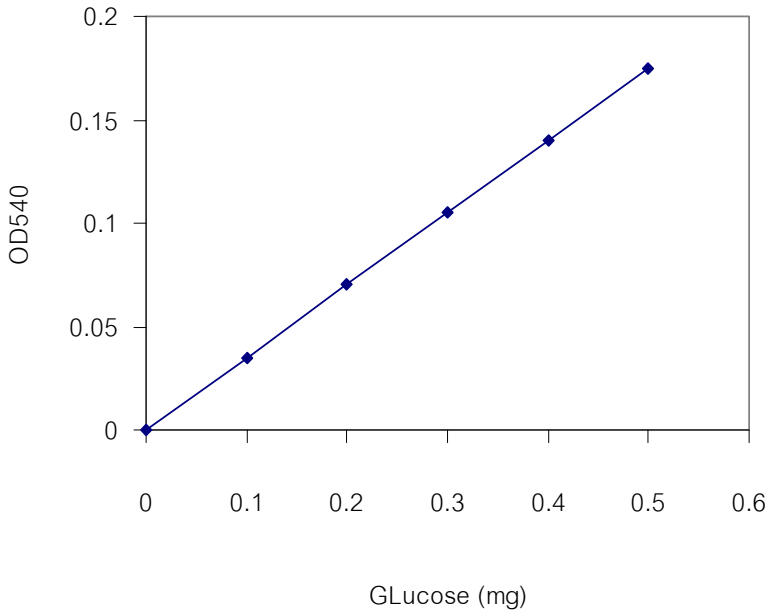
5.2 Carboxymethylcellulose 2%

5.3 Dinitrosalicylic acid (DNS) 0.1%

ภาคผนวก ข



ภาพประกอบ 18 กราฟมาตรฐานของน้ำตาลไซโลส



ภาพประกอบ 19 กราฟมาตรฐานของน้ำตาลกลูโคส

ภาคผนวก ค

แผนจัดการเรียนรู้

กลุ่มสาระการงานอาชีพและเทคโนโลยี **ชั้นประถมศึกษาปีที่** 6
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 **เรื่อง งานเกษตร** **เวลา** 10 **ชั่วโมง**
แผนการเรียนรู้ที่ 2 **เรื่อง การปลูกพืชผักสวนครัว** **เวลา** 2 **ชั่วโมง**

.....

สาระที่ 1 การดำรงชีวิตและครอบครัว

มาตรฐาน ง 1.1 มีความเข้าใจ มีความรู้ มีทักษะ มีคุณธรรม มีจิตสำนึกในการใช้พลังงาน ทรัพยากร และสิ่งแวดล้อมในการทำงาน เพื่อการดำรงชีวิตและครอบครัวที่เกี่ยวข้องกับงานบ้าน งานเกษตร งานช่าง งานประดิษฐ์ และงานธุรกิจ

มาตรฐาน ง 1.2 มีทักษะ กระบวนการการทำงานและการจัดการ การทำงานเป็นกลุ่ม การแสวงหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาในการทำงาน รักการทำงาน และมีเจตคติที่ดีต่องาน

สาระสำคัญ

พืชผักสวนครัว คือพืชผักที่เรานำมาปลูกเพื่อประกอบอาหารเองเป็นส่วนใหญ่ อาจปลูกมากหรือน้อยแล้วแต่จุดประสงค์ของการปลูก เช่น ปลูกเพื่อกินและจำหน่ายด้วย กับการปลูกเพื่อกินเองอาจมีจำนวนที่ปลูกแตกต่างกันไป อย่างไรก็ตามการปลูกพืชผักสวนครัวด้วยตนเอง จะทำให้มีผักสดสะอาดไว้รับประทานโดยไม่ต้องเสียเงินซื้อและปลอดภัยจากสารเคมี นอกจากนี้ยังให้ความเพลิดเพลินและทำให้มีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรงอีกด้วย

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. บอกวิธีการปลูกและวิธีการบำรุงรักษาพืชผักสวนครัวได้
2. เก็บเกี่ยวผลผลิตของพืชผักสวนครัวได้อย่างถูกวิธี
3. บอกประโยชน์ของการปลูก การบำรุงรักษา และการเก็บเกี่ยวผลผลิตของพืชผักสวนครัวได้

สาระการเรียนรู้

1. การปลูกและการบำรุงรักษาพืชผักสวนครัว
2. การเก็บเกี่ยวผลผลิตของพืชผักสวนครัว
3. ประโยชน์ของการปลูก การบำรุงรักษา และการเก็บเกี่ยวผลผลิตของพืชผักสวนครัว

กระบวนการเรียนรู้

1. เพื่อกระตุ้นความสนใจ ให้นักเรียนดูแผนภูมิเพลง “ดินดีดี” อ่านออกเสียงดัง ๆ 1 ครั้ง ร้องเป็นเพลงตามครู 1 เที่ยว จากนั้นให้นักเรียนร้องกันเอง พร้อมปรบมือประกอบจังหวะให้เกิดความสนุกสนานก่อนเรียน แล้วสนทนา แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับเนื้อหาของเพลง

2. นักเรียนดูตัวอย่างของจริงผักสวนครัว หรือภาพผักสวนครัว ชนิดต่าง ๆ ที่ครูนำมาเป็นสื่อประกอบการเรียนรู้ นักเรียนสนทนา แสดงความคิดเห็น ครูจุดประกายความคิดให้กับนักเรียนตอบด้วยการถามนำ เช่น ถามว่า

2.1 พืชผักสวนครัวคืออะไร

2.2 ผักที่ได้เห็นคืออะไร

2.3 นักเรียนเคยรับประทานผักที่เห็นนั้นหรือไม่

2.4 ผักที่เห็นนั้นมีอยู่ในถิ่นของเราหรือไม่

2.5 นักเรียนคิดว่าการรับประทานผักมีประโยชน์อย่างไร

2.6 การรับประทานผักในท้องถิ่นกับผักที่มาจากทางไกล อะไรเป็นประโยชน์มากกว่ากัน

2.7 การปลูกพืชผักสวนครัวเพื่อรับประทานเองดี มีประโยชน์อย่างไร

2.8 วันนี้เรามาเรียนรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชผักกันเองดีไหม

ฯลฯ

3. นักเรียนศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชผักสวนครัวจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น แปลงเกษตรของโรงเรียน แปลงเกษตรของเกษตรกรใกล้กับโรงเรียน โดยครูกำหนดประเด็นการศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับ

3.1 ชื่อพืชผักที่ปลูก

3.2 วิธีการปลูก

3.3 วิธีการบำรุงรักษา

3.4 วิธีการเก็บเกี่ยว

3.5 ประโยชน์

4. เมื่อได้ความรู้จากประเด็นที่ศึกษาแล้ว นักเรียนรับใบความรู้จากครูเพื่อใช้ประกอบการสรุปสร้างองค์ความรู้ในรูปของแผนที่ความคิด และนำไปแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อน จากนั้นนำเสนอหน้าชั้น ให้ครูเติมเต็มอีกครั้ง

5. นักเรียนช่วยกันยกตัวอย่างวิธีการขยายพันธุ์พืชผักสวนครัวที่นักเรียนรู้จัก เช่น การเพาะเมล็ด การแบ่งหน่อ การตอน และการปักชำ เป็นต้น

6. แต่ละกลุ่มศึกษาค้นคว้าวิธีการขยายพันธุ์พืช กลุ่มละ 1 วิธี จากนั้นปฏิบัติจริงด้วยการเพาะปลูกแล้วรายงานผลการทำงานที่หน้าชั้นดังนี้

- กลุ่มที่ 1 การเพาะปลูกด้วยเมล็ด
- กลุ่มที่ 2 การเพาะปลูกด้วยหน่อ
- กลุ่มที่ 3 การเพาะปลูกด้วยการตอน
- กลุ่มที่ 4 การเพาะปลูกด้วยการปักชำ

7. นักเรียนรับใบงานสรรค์สร้างปฏิบัติตามที่กำหนดไว้ในใบงานแล้วนำเสนอผลงานที่หน้าชั้น

8. ทำแบบทดสอบ

กระบวนการวัดผลประเมินผล

1. วิธีการ
    1.1 สังเกต
        1.1.1 พิจารณาจาการอภิปราย การแสดงความคิดเห็น การตอบคำถามปากเปล่า
        1.1.2 พิจารณาการสรุปและสร้างองค์ความรู้
        1.1.3 พิจารณาจากการออกไปศึกษาสภาพจริง
        1.1.4 พิจารณาจากการทำงานกลุ่ม คุณธรรม พฤติกรรมที่พึงประสงค์ให้เกิดขึ้น
    1.2 ตรวจสอบ
        1.2.1 ตรวจการทำใบงาน
        1.2.2 ตรวจการทำรายงาน
        1.2.3 ตรวจการทำแบบทดสอบ
2. เครื่องมือวัดและประเมินผล
    2.1 แบบทดสอบ
    2.2 แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงาน
3. เกณฑ์การวัดและประเมิน
    3.1 แบบทดสอบจำนวน 5 ข้อ ต้องทำถูกต้องตั้งแต่ 3 ข้อขึ้นไป จึงถือว่าผ่านเกณฑ์
    3.2 พฤติกรรมการทำงานต้องผ่านร้อยละ 80 ทุกรายการ

สื่ออุปกรณ์

1. เนื้อเพลง
2. ใบความรู้
3. คำถาม
4. เครื่องมือการเกษตร
5. เอกสารอ่านประกอบ หนังสือเรียน

เพลง “ดินดีดี”

ทำนอง เพลงนาดีดี

ดินดีดีต้องใช้พืชผักพันธุ์ดี
จะปลูกเท่าไรก็ไม่ได้กิน
พวกเรานักเรียนได้เรียนกันมา
ต้องเลือกพืชพันธุ์ที่มันดีดี
ถ้าพันธุ์ไม่ดีจะทำให้เสียที่ดิน
เหงื่อไหลไคลรินเสียที่ดินฟรีฟรี
คุณค่าบอกว่าถ้าจะให้ดี
ปลูกแล้วจะมีผลอุดมสมบูรณ์

ใบความรู้
เรื่อง “ผักสวนครัว”

นักเรียนทราบหรือไม่ว่า ผักที่เรารับประทานเข้าไปแต่ละมื้อนั้น ประกอบด้วยผักอะไรบ้าง และผักชนิดนั้น ๆ ปลูกในฤดูกาลใด และมีวิธีการปลูกอย่างไรซึ่งในบทเรียนนี้เราจะมาศึกษาวิธีการปลูกผักสวนครัว

1. **รู้จักผักสวนครัว**

ผักสวนครัว หมายถึง ผักที่ใช้ในการประกอบอาหาร เช่น กะหล่ำปลี คะน้า ผักชี เป็นต้น ในการปลูกผักสวนครัวนั้น สิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือ เราต้องการปลูกผักชนิดใด และควรปลูกในฤดูกาลใด เพราะผักบางชนิดเหมาะที่จะปลูกในฤดูหนาว บางชนิดเหมาะที่จะปลูกในฤดูฝน เป็นต้น

2. **การปลูกและบำรุงรักษาพืชตามฤดูกาล**

พืชแต่ละชนิดเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินฟ้าอากาศแตกต่างกัน จึงควรปลูกพืชในระยะที่มีสภาพภูมิอากาศเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชชนิดนั้น ๆ ซึ่งเรียกว่า การปลูกพืชตามฤดูกาล

3. **ประโยชน์ของการปลูกพืชตามฤดูกาล**

3.1 ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดี รวดเร็ว แข็งแรงและให้ผลผลิตสูง

3.2 เสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาน้อยลง ช่วยลดต้นทุนการผลิต ทำให้ได้กำไรมากขึ้น

3.3 ทำให้ได้อาหารที่มีคุณค่าและมีปริมาณเพียงพอสำหรับการบริโภค หรือการจำหน่าย

3.4 ทำให้มีรายได้จากการจำหน่ายผลผลิต

ฤดูกาลปลูกพืช แบ่งออกเป็น 3 ฤดู คือ

1. **ฤดูฝน** เป็นฤดูที่มีความชุ่มชื้นในดินสูง อากาศมีความชื้นมาก พืชเกือบทุกชนิดเจริญเติบโตได้ดี ผักที่เจริญได้ดีในฤดูฝน เช่น ถั่วฝักยาว มะเขือยาว คะน้า แตงกวา ไม้ดอกไม้ประดับที่เจริญได้ดีในฤดูฝน เช่น ยี่โถ สน จำปี ลั่นทม เล็บครุฑ ชบา โกศล กุหลาบ

2. **ฤดูหนาว** เป็นฤดูที่มีอากาศหนาว ผักที่เจริญเติบโตได้ดีในฤดูหนาว เช่น กะหล่ำปลี ถั่วลันเตา มะเขือเทศ ผักกาดขาวปลี กระเทียม หอมแดง ไม้ดอกไม้ประดับที่เจริญเติบโตได้ดีในฤดูหนาว เช่น เยอบีร่า พิทูเนีย ไฮเดรนเจีย

3. **ฤดูร้อน** เป็นฤดูที่มีอากาศร้อนและแห้งแล้ง ผักที่เจริญเติบโตได้ดีในฤดูร้อน เช่น บวบ มะระ ฟักทอง ไม้ดอกไม้ประดับที่เจริญเติบโตได้ดีในฤดูร้อน เช่น กระบองเพชร แพรเซี่ยงไฮ้

สำหรับพืชผักที่ปลูกได้ทุกฤดูกาลหรือปลูกได้ตลอดปี เช่น ขิง ข่า ตะไคร้ โหระพา ตำลึง หัวผักกาด และไม้ดอกไม้ประดับที่ปลูกได้ทุกฤดูกาล เช่น ดาวกระจาย บานไม่รู้โรย เข็ม ชบา

การเลือกสถานที่ปลูกพืชผัก ควรมีลักษณะดังนี้

1. เป็นพื้นที่ที่มีการระบายน้ำได้ดี
2. ใกล้แหล่งน้ำ โล่ง ไม่มีร่มเงาบังทับนานเกินไป
3. ใกล้ที่อยู่อาศัย สะดวกในการดูแล และประหยัดเวลาเดินทาง

การเตรียมดินปลูกพืชผัก

ดินที่ใช้ในการปลูกพืชผักควรมีลักษณะร่วนซุย อากาศถ่ายเทได้ดี ระบายน้ำได้ดี อุดมด้วยอินทรียวัตถุ และธาตุอาหาร วิธีการเตรียมดินปลูกพืชผักมีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้

1. ขุดดินหรือไถดินให้ลึกประมาณ 30 เซนติเมตร เก็บวัชพืชออกให้หมด
2. ตากดินให้ถูกแสงแดดประมาณ 1 สัปดาห์ เพื่อให้แสงแดดช่วยฆ่าเชื้อโรค
3. ใช้จอบหรือเสียม สับหรือพรวนดินให้ร่วนซุย
4. ถ้าเป็นดินเหนียวควรใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักลงไปเพื่อทำให้ดินร่วนขึ้น โดยใส่ปุ๋ยคอก 2 – 4 ปีบต่อพื้นที่ 4 ตารางเมตร
5. ถ้าเป็นดินทราย ควรใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักลงไปพอสมควร เพื่อให้ดินอุ้มน้ำได้ดีขึ้น

วิธีปลูกพืชผัก

1. การปลูกโดยใช้ต้นกล้า โดยเพาะเมล็ดจนมีใบแท้เจริญขึ้นมา 3 – 4 ใบ จึงย้ายไปปลูกในแปลงที่เตรียมไว้ รดน้ำให้ชุ่ม บังแดด พืชผักที่ปลูกโดยวิธีนี้ ได้แก่ ผักกาดเขียวปลี ผักกาดหอม กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก มะเขือ พริก ฯลฯ

2. การปลูกโดยวิธีหว่านหรือโรยเมล็ดในแปลงปลูก ก่อนปลูกควรนำเมล็ดที่มีขนาดเล็กไปคลุกกับทรายละเอียดในปริมาณที่เท่า ๆ กัน เพื่อให้เมล็ดไม่ติดกันและสะดวกในการหว่าน ทำให้เมล็ดมีการกระจายได้อย่างสม่ำเสมอ จากนั้นโรยดินละเอียดหรือปุ๋ยคอกกลบ คลุมด้วยฟางหรือหญ้าแห้ง แล้วรดน้ำให้ชุ่ม พืชผักที่ปลูกโดยวิธีนี้ ได้แก่ ผักกาดขาวปลี ผักกาดหอม คะน้า ผักบุ้ง ฯลฯ

3. การปลูกโดยวิธีหยอดเมล็ดลงในหลุม ขุดหลุมกว้าง 5 – 12 เซนติเมตร หรือแล้วแต่ความเหมาะสม ย่อยดินในหลุมให้ค่อนข้างละเอียด หยอดเมล็ดลงไปในหลุม แล้วใช้ดินละเอียดกลบทับเมล็ดให้หนาพอสมควร รดน้ำให้ชุ่ม พืชผักที่ปลูกโดยวิธีนี้ ได้แก่ ข้าวโพด ถั่วลันเตาฟักทอง มะระ ฯลฯ

4. การปลูกโดยวิธีอื่น ๆ เช่น ใช้ลำต้นหรือกิ่งในการปักชำ ได้แก่ โหระพา สะระแหน่ หรือใช้ส่วนหัว หรือตา หรือหน่อ ได้แก่ เผือก มันฝรั่ง กระเทียม ต้นหอม ฯลฯ

การเก็บผักเพื่อรับประทานและให้ได้คุณค่าทางอาหารสูง ควรปฏิบัติดังนี้

1. ควรเก็บจากต้นให้พอดีที่จะรับประทานในแต่ละครั้ง

2. ถ้าจะรับประทานผักสด ควรเก็บก่อนรับประทานเล็กน้อย ไม่ควรเก็บไว้ล่วงหน้านาน

3. รับประทานผักสดดีกว่าผักที่นำไปปรุงแล้ว ถ้าจะแกงหรือต้ม ก็ควรต้มให้พอสุกเท่านั้น อย่าให้นานเกินไปจะทำให้คุณค่าทางอาหารของผักเสียไป

4. การเก็บรักษาผักให้คงคุณภาพ เมื่อเก็บผักมาแล้ว บางครั้งรับประทานหรือจำหน่ายไม่หมด เพื่อให้ผักคงคุณภาพได้นาน จำเป็นต้องเก็บรักษาให้ถูกวิธี ซึ่งทำได้หลายวิธี เช่น แช่น้ำแข็ง เก็บไว้ในตู้เย็น เก็บไว้ในที่เย็น อากาศถ่ายเทได้สะดวก โดยนำส่วนรากหรือโคนของต้นผักแช่น้ำไว้

การปลูกกะหล่ำปลี

1. **พันธุ์กะหล่ำปลี**

1.1 พันธุ์เบา มีลักษณะปลีกลม อายุการเก็บเกี่ยว 60 – 70 วัน ชอบอากาศไม่หนาวจัด

1.2 พันธุ์กลาง มีลักษณะปลีแบน อายุการเก็บเกี่ยว 80 – 90 วัน

1.3 พันธุ์หนัก ลักษณะปลีมีทั้งกลมและแบน อายุการเก็บเกี่ยว 90 – 120 วัน

2. **ดินฟ้าอากาศ**

ปลูกได้ดีในดินร่วน ดินร่วนปนทราย หรือดินร่วนปนดินเหนียว ชอบอากาศค่อนข้างหนาว ไม่ชอบฝน

3. **ฤดูปลูก**

ปลูกได้ดีในฤดูหนาว มีระยะเวลาการปลูกประมาณ 3 – 4 เดือน โดยเริ่มเพาะเมล็ดเดือนกันยายน ปลูกเดือนตุลาคม หรือเพาะเมล็ดเดือนตุลาคม ปลูกเดือนพฤศจิกายน

4. **การเตรียมดินปลูก**

4.1 ในกรณีพื้นที่ปลูกเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย ให้ขุดดินลึก 30 ซม. กว้าง 1 เมตร ยาว 4 เมตร ตากดินทิ้งไว้ 2 สัปดาห์ เพื่อกำจัดวัชพืช โรคพืชและแมลง ย่อยดินให้ละเอียด แล้วใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก 1 -2 ปีบ

4.2 ในกรณีพื้นที่ปลูกเป็นดินเหนียว ควรเตรียมดินไว้ล่วงหน้า 1 ฤดูปลูก คือเริ่มในฤดูฝน โดยไถดินใส่ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก แกลบ ขี้เลื่อย ปูนขาว หญ้า ทิ้งไว้ตลอดฤดู เพื่อให้วัสดุเหล่านี้สลายตัวเป็นดินร่วน

4.3 ในกรณีพื้นที่ปลูกเป็นดินทราย ปฏิบัติเช่นเดียวกับการเตรียมดินเหนียว

5. วิธีปลูก

5.1 เพาะเมล็ดก่อน แล้วจึงย้ายต้นกล้าไปปลูก

5.2 เด็ดใบที่ต้นกล้าออกบ้าง เพื่อลดการคายน้ำ

5.3 นำต้นกล้าปลูกในหลุม รดน้ำพอสมควร

5.4 ทำร่มบังแดดให้กับต้นกล้าที่ปลูก ประมาณ 3 – 4 วัน จึงเอาที่บังแดดออก

5.5 เตรียมการปลูกซ่อมต้นกล้าที่ตาย ภายใน 7 วัน

6. การบำรุงรักษา

6.1 รดน้ำวันละ 2 ครั้ง เช้า – เย็น ในช่วงเข้าปลี โดยรดน้ำเฉพาะที่โคนต้น แต่เมื่อเข้าปลีแล้วให้รดน้ำน้อยลง

6.2 พรวนดินทุก ๆ 7 – 10 วัน

6.3 ใส่ปุ๋ยหลังปลูก 3 ระยะ คือ ระยะตั้งตัว ใส่ปุ๋ยเร่งใบ เช่น ปุ๋ยน้ำชีวภาพ หรือปุ๋ยยูเรีย 1 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 1 ปีบ ระยะเจริญเติบโต ใช้ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยสูตรผสม ประมาณ 1 ช้อนโต๊ะต่อ 1 ต้น ระยะที่จะเป็นปลี ให้ใส่ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยสูตรผสมอีกครั้ง

6.4 กำจัดวัชพืชอย่างสม่ำเสมอ

6.5 ป้องกันแมลงที่เป็นศัตรู เช่น มวน หนอน เพลี้ย เต่าทอง โดยการจับมาทำลาย หรือใช้น้ำหมักสมุนไพรฉีดพ่นกำจัดแมลง

6.6 การกำจัดโรคพืช

โรคพืชที่เกิดจากเชื้อรา เช่น โรคโคนเน่า โรคราน้ำค้าง โรคใบจุด ป้องกันโดยฉีดพ่นยาสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ให้แปลงถูกแสงแดด และอย่ารดน้ำให้แฉะจนเกินไป

โรคพืชที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย เช่น โรคเน่า ป้องกันโดยฉีดพ่นยากันหนอน หรือระบายน้ำในแปลง และเก็บพืชผักที่เน่าไปทำลายทิ้ง

โรคพืชที่เกิดจากเชื้อไวรัส เช่น โรคใบหงิก ป้องกันโดยกำจัดโรคและแมลงที่เป็นพาหะ

การกำจัดไส้เดือนฝอย ป้องกันโดยใช้น้ำหมักสารสะเดารดหรือฉีดพ่น ปลูกพืชหมุนเวียน หรือใส่ปูนขาว

การป้องกันศัตรูอื่น ๆ เช่น หมู เป็ด ไก่ วัว ควาย ทำได้โดยกั้นรั้วรอบแปลงผักให้แข็งแรง

7. การเก็บเกี่ยวผลผลิต

ควรตัดหรือเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อกะหล่ำปลีอายุครบกำหนด โดยตัดในเวลาเย็นหรือเช้ามืด เลือกตัดต้นที่ปลีแน่น

ตัวอย่างใบงาน
ใบงานสรรค์สร้าง (งานกลุ่ม)
เรื่อง การขยายพันธุ์พืชผักสวนครัว

ชื่อกลุ่ม.....

รายชื่อสมาชิกในกลุ่ม 1 ..... 2 .....

3 ..... 4 .....

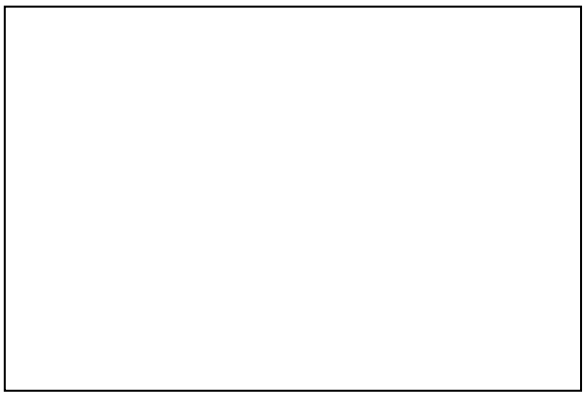
ชั้น.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คำชี้แจง จงเลือกวิธีการขยายพันธุ์พืช 1 วิธี ทำการขยายพันธุ์พืช แล้วบันทึกผลการปฏิบัติงานตามหัวข้อที่กำหนดให้

1. ต้นไม้ที่นำมาขยายพันธุ์ คือ .....
2. วิธีการที่ใช้ขยายพันธุ์ คือ .....
3. ข้อดีของการขยายพันธุ์ด้วยวิธีนี้ คือ .....
4. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในขยายพันธุ์ ได้แก่ .....
5. ระยะเวลาที่ใช้ขยายพันธุ์ คือ .....
6. วาดภาพหรือถ่ายภาพขั้นตอนการขยายพันธุ์พืชที่นักเรียนปฏิบัติมาติดลงบนใบงาน พร้อมทั้งเขียนอธิบายขั้นตอนการปฏิบัติ

.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....

7. วาดภาพหรือถ่ายภาพต้นไม้ที่เกิดขึ้นใหม่จากวิธีการขยายพันธุ์ของกลุ่มนักเรียนมาติดบนใบงาน



สรุปผลการทำกิจกรรม

1. จากการทำกิจกรรม นักเรียนรู้สึกอย่างไรต่อการปฏิบัติงานชิ้นนี้

.....

.....

.....

.....

2. กลุ่มของนักเรียนประสบปัญหาอะไรบ้างในการทำกิจกรรมนี้ และแก้ปัญหาอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบ

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. พืชผักสวนครัวคืออะไร.....
   .....
   .....

2. จงบอกชื่อพืชผักสวนครัวที่เป็นพืชที่พบเห็นและมีในท้องถิ่นของนักเรียนมา 3 ชื่อ
   .....
   .....
   .....

3. จงบอกเครื่องมือเครื่องใช้ในการทำการเกษตรมาให้ทราบ 3 ชนิด พร้อมทั้งบอกวิธีการใช้มาด้วย
   .....
   .....
   .....

4. จงบอกชื่อพืชผักสวนครัวมา 3 ชื่อ และวิธีการดูแลรักษามาให้ทราบด้วย
   .....
   .....
   .....

5. นักเรียนได้ความรู้อะไรจากการเรียนรู้ครั้งนี้
   .....
   .....
   .....

ภาคผนวก ง

ภาพกิจกรรม

ภาพประกอบ 20 กองปุ๋ยหมัก

ภาพประกอบ 21 การพลิกกลับกองปุ๋ยหมัก ทุก ๆ 7 วัน

ภาพประกอบ 22 ต้นกล้าที่กำลังจะย้ายลงปลูกในแปลงเพื่อทดสอบการใช้ปุ๋ยหมัก

ภาพประกอบ 23 ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าว

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายเสน่ห์ นันธิสิงห์
วันเดือนปีเกิด	7 ธันวาคม 2507
สถานที่เกิด	206 หมู่ที่ 6 บ้านศรีเจริญ อำเภอบ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	43 หมู่ที่ 1 บ้านสะปัน ตำบลดงพญา อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน 55220
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ครู ชำนาญการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนบ้านสะปัน กลุ่มพญาเหนือ ตำบลดงพญา อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2520	ประถมศึกษา จากโรงเรียนบ้านสันปูเลย ตำบลศรีเตี้ย อำเภอบ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน
พ.ศ. 2526	มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนชัยพรวิทยา ตำบลเหล่ายาว อำเภอบ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน
พ.ศ. 2529	ระดับปริญญาตรี คบ. เอกพลศึกษา โทศิลปศึกษา จากวิทยาลัยครูเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์ (ในพระบรมราชูปถัมภ์)
พ.ศ. 2551	ระดับปริญญาโท กศ.ม. วิทยาศาสตรศึกษา จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร กรุงเทพฯ