# ผลของเถ้าก้นหินผสมจุลินทรีย์ที่มีต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

# EFFECT OF BOTTOM ASH MIXED WITH MICROORGANISM ON THE GROWTH OF RICE VAR PATHUMTHANI 1


ศุภวัฒน์ โกวะปรัชญ์

SUPHAWAT KOWAPRADIT


วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาชีววิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551


KMITL-2008-AG-M-071-480

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# ผลของเถ้าถ่านหินผสมจุลินทรีย์ที่มีต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

# EFFECT OF BOTTOM ASH MIXED WITH MICROORGANISM ON THE GROWTH OF RICE VAR PATHUMTHANI 1

T087107

ศุภวัฒน์ โกวะประดิษฐ์
SUPHAWAT KOWAPRADIT

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 87107
วัน,เดือน,ปี 30 ส.ค. 2552

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาปฐพีวิทยา
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2551
KMITL-2008-AG-M-071-430

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# EFFECT OF BOTTOM ASH WITH MICROORGANISM ON THE GROWTH OF RICE VAR PATHUMTHANI 1

SUPHAWAT KOWAPRADIT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FUFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN SOIL SCIENCE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2008

เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible] ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL-2008-AG-M-071-430

COPY RIGHT 2008
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**สำนักบริหารวิชาการ**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**ใบรับรองวิทยานิพนธ์**

---

**หัวข้อวิทยานิพนธ์** ผลของเถ้าถ่านหินผสมจุลินทรีย์ที่มีต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธ์ปทุมธานี 1
Effect of Bottom Ash Mixed with Microorganism on the Growth of Rice Var Pathumthani 1

**ชื่อนักศึกษา** นายศุภวัฒน์ โกวะประดิษฐ์

**รหัสประจำตัว** 47062902

**ปริญญา** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

**สาขาวิชา** ปฐพีวิทยา

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์** ผศ.ดร.วัฒนชัย พงษ์นาค

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม** รศ.ดร.เกษม สร้อยทอง

| คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ | | ลายมือชื่อ |
|---|---|---|
| รศ.ดร.ชัยวัฒน์ | โตอนันต์ | |
| ผศ.ดร.วัฒนชัย | พงษ์นาค | |
| รศ.ดร.เกษม | สร้อยทอง | |
| รศ.ดร.อภิศักดิ์ | โพธิ์ปั้น | |

**วัน/เดือน/ปี ที่สอบ** 29 สิงหาคม 2551 เวลา 09.00-12.00 น.

**สถานที่สอบ** ณ ห้อง A209 อาคารเจ้าคุณทหาร

**สำนักบริหารวิชาการรับรองแล้ว**

**(รศ.ดร.รวีวรรณ ชินะตระกูล)**

**ผู้อำนวยการสำนักบริหารวิชาการ**

**วันที่**....26.....**เดือน**.....กันยายน.....**พ.ศ.**.....2551.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | ผลของเถ้าถ่านหินผสมจุลินทรีย์ที่มีต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 |
| นักศึกษา | ศุภวัฒน์ โกวะประดิษฐ์ |
| รหัสประจำตัว | 47062902 |
| ปริญญา | วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต |
| สาขาวิชา | ปฐพีวิทยา |
| พ.ศ. | 2551 |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วัฒนชัย พงษ์นาค |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม | รองศาสตราจารย์ ดร. เกษม สร้อยทอง |

## บทคัดย่อ

จากการทดสอบใช้เถ้าถ่านหินผสมจุลินทรีย์ประเภทเชื้อราจำนวน 11 สายพันธุ์ได้แก่ *Aspergillus kanagawaensis*, *Pseudoeurotium ovale*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma hamatum*, *Paecilomyces marquandii*, *Emericella nidulans*, *Penicillium steckii*, *Monascus* sp., *Mucor hiemalis* , *Chaetomium subspirale* และ *Chaetomium.lucknowense* พัฒนาเป็นเถ้าชีวภาพ (biological ash) และนำไปทดลองใช้ในการปลูกข้าวข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในดินเหนียวเขตลาดกระบัง พบว่าการที่ใช้เถ้าชีวภาพที่อัตรา 25, 50 และ 75 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้ต้นข้าวมีการเจริญเติบโตด้านความสูง การแตกกอ จำนวนรวงข้าวต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง นำหนักเมล็ดต่อรวง และน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด(ผลผลิต) สูงกว่าการที่ใช้เถ้าถ่านหิน (bottom ash) และวิธีการเปรียบเทียบ (control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและการใช้เถ้าชีวภาพในอัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถเพิ่มน้ำหนักเมล็ดข้าวทั้งหมด(ผลผลิต) ได้ 56 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองชี้ให้เห็นว่าจุลินทรีย์ที่นำมาใช้มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายธาตุอาหารต่างๆ มีผลทำให้ธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้น กล่าวคือมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH, 1:1) เพิ่มขึ้น 22.36 % ค่าการนำไฟฟ้า (EC,1:1) เพิ่มขึ้น 95.62% อินทรียวัตถุ เพิ่มขึ้น 77.28 % ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) เพิ่มขึ้น 97.62 % โพแทสเซียม (K) เพิ่มขึ้น 89.81 % เหล็ก(Fe) เพิ่มขึ้น 42.52 % มังกานีส (Mn) เพิ่มขึ้น 6.89 % สังกะสี (Zn) เพิ่มขึ้น 51.80 % โบรอน (B) เพิ่มขึ้น 34.92 % และคลอไรด์ (Cl) เพิ่มขึ้น 99.81 % ดังนั้นการนำจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์มาผสมทำเป็นเถ้าชีวภาพ (biological ash) จึงสามารถนำไปใช้ในการเพิ่มผลผลิตของข้าวได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| Thesis Title | Effect of Bottom Ash with Microorganism on The Growth of Rice Var Pathumthani 1 |
| Student | Mr. Suphawat Kowapradit |
| Student ID. | 47062902 |
| Degree | Master of Science |
| Program | Soil Science |
| Year | 2008 |
| Thesis Advisor | Assist.Prof.Dr.Wattanachai Pongnak |
| Thesis Co-Advisor | Assoc.Prof.Dr.Kasem Soytong |


## ABSTRACT

It is clearly showed that the biological ash mixed to 11 species as follows:- *Aspergillus kanagawaensis*, *Pseudoeurotium ovale*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma hamatum*, *Paecilomyces marquandii*, *Emericella nidulans*, *Penicillium steckii*, *Monascus* sp., *Mucor hiemalis* , *Chaetomium subspirale* และ *Chaetomium.lucknowense* increased in plant height, number of tillers, number of grains per panicle, number of panicle per tiller and grain weight per panicle. It was also indicated that the bio-ash has affected to higher soil fertility which increased in plant nutrients available for the growth of rice var Prathumthani 1. The bio-ash treatments of 25, 50 and 75 kg/rai were not significantly differ in yield and increased the yield as 52.38, 49.05 and 56.59 %, respectively and it was significantly higher when compared to the non-treated one. This may due to the activities of beneficial fungi added into the bottom ash. It is suggested that the biological ash may possible to develop to be used to increase yield and reduce the chemical use.

The soil planted to rice (soil without bio-ash) in pot experiment showed that the soil pH was 4.2, EC value was 325 and organic matter was 0.67 and and for nutrient analysis showed that P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, B and Cl were 5.70, 94.2, 882, 863, 64.8, 16.2, 1.07, 0.41 and 8.67 ppm, respectively. It was observed that after apply the biological ash to soil planted to rice in pot experiment after 30 day before transplanting, it showed higher in soil pH which was 5.41, and higher in EC value (7430) and organic



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

matter was increased to 2.95 and increased in P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, B and Cl were 240, 925, 754, 816, 72.2, 17.4, 2.22, 0.63 and 4663 ppm, respectively (Table 6).

It was indicated that the bi-ash has affected to higher soil fertility which increased in plant nutrients available for the growth of rice var Prathumthani 1. This may due to the activities of beneficial fungi added into the bottom ash. It is suggested that the biological ash may possible to develop to be used to increase yield and reduce the chemical use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.วัฒนชัย พงษ์นาค อาจารย์ที่ปรึกษา และ รศ. ดร.เกษม สร้อยทอง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ช่วยแก้ปัญหาและให้ประสบการณ์ที่ดี

ศุภวัฒน์ โกวะประดิษฐ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... IV

สารบัญ..... V

สารบัญตาราง..... VII

สารบัญภาพ..... IX

บทที่ 1 บทนำ.....

1.1 ความเป็นมาของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 1

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 2

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....

3.1 การศึกษาชนิดและปริมาณของธาตุอาหารในเถ้าถ่านหินจากโรงไฟฟ้า (bottom ash) และในเถ้าชีวภาพ (biological ash)..... 9

3.2 การใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในการพัฒนาเถ้าชีวภาพ (biological ash)..... 9

3.3 ประสิทธิภาพของเถ้าชีวภาพ (biological ash) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ..... 10

3.4 สถานที่ทำการศึกษาและทดลอง..... 11

3.5 ระยะเวลาในการทดลอง..... 11

บทที่ 4 ผลการทดลอง.....

4.1 การศึกษาชนิดและปริมาณของธาตุอาหารในเถ้าถ่านหินจากโรงไฟฟ้า (bottom ash) และในเถ้าชีวภาพ (biological ash)..... 12

4.2 การใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในการพัฒนาเถ้าชีวภาพ (biological ash)..... 13

4.3 ประสิทธิภาพของเถ้าชีวภาพ (Biological ash) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1..... 25



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)


หน้า

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง..... 38

บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 42

บรรณานุกรม..... 43

ภาคผนวก..... 46

ประวัติผู้เขียน..... 66



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4.1 | ผลการวิเคราะห์เถ้าถ่านหิน (Bottom ash) และเถ้าชีวภาพ (Bio-ash)..... | 13 |
| 4.2 | ความสูงของต้นข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ..... | 26 |
| 4.3 | จำนวนต้นต่อกอของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ..... | 27 |
| 4.4 | จำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ..... | 29 |
| 4.5 | น้ำหนักเมล็ดต่อรวงของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ..... | 30 |
| 4.6 | จำนวนรวงต่อกอของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ..... | 32 |
| 4.7 | ผลการวิเคราะห์เถ้าถ่านหิน (Bottom ash) และเถ้าชีวภาพ (Bio-ash)..... | 34 |
| ผ.1 | ความสูงของต้นข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 15 วัน..... | 46 |
| ผ.2 | แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 1..... | 46 |
| ผ.3 | ความสูงของต้นข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 30 วัน..... | 47 |
| ผ.4 | แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 3..... | 47 |
| ผ.5 | ความสูงของต้นข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 45 วัน..... | 47 |
| ผ.6 | แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 5..... | 48 |
| ผ.7 | จำนวนเมล็ดเขียวต่อรวงของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 45 วัน..... | 48 |
| ผ.8 | แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 7..... | 48 |
| ผ.9 | จำนวนเมล็ดเหลืองต่อรวงของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 45 วัน..... | 49 |
| ผ.10 | แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 9..... | 49 |
| ผ.11 | จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวงของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 45 วัน..... | 49 |
| ผ.12 | แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 11..... | 50 |
| ผ.13 | จำนวนต้นต่อกอ ของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 15 วัน..... | 50 |
| ผ.14 | แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 13..... | 51 |
| ผ.15 | จำนวนต้นต่อกอ ของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 30 วัน..... | 51 |
| ผ.16 | แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 15..... | 51 |
| ผ.17 | จำนวนต้นต่อกอ ของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 45 วัน..... | 52 |
| ผ.18 | แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 17..... | 52 |
| ผ.19 | จำนวนรวงต่อกอ ของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 45 วัน..... | 53 |
| ผ.20 | แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 19..... | 53 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง (ต่อ)


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| ผ.21 | น้ำหนักเมล็ดเขียวต่อรวง ของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 45 วัน..... | 54 |
| ผ.22 | แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 21..... | 54 |
| ผ.23 | น้ำหนักเมล็ดเหลืองต่อรวง ของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 45 วัน.... | 55 |
| ผ.24 | แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 23..... | 55 |
| ผ.25 | น้ำหนักเมล็ดทั้งหมดต่อรวง ของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 45 วัน... | 56 |
| ผ.26 | แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 25..... | 56 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4.1 | เชื้อรา *Aspergillus kanagawaensis* บนอาหาร PDA..... | 14 |
| 4.2 | เชื้อรา *Pseudoeurotium ovale* บนอาหาร PDA..... | 15 |
| 4.3 | เชื้อรา *Trichoderma harzianum* บนอาหาร PDA..... | 16 |
| 4.4 | เชื้อรา *Trichoderma hamatum* บนอาหาร PDA..... | 17 |
| 4.5 | เชื้อรา *Paecilomyces marquandii* บนอาหาร PDA..... | 18 |
| 4.6 | เชื้อรา *Emericella nidulans* บนอาหาร PDA..... | 19 |
| 4.7 | เชื้อรา *Penicillium steckii* บนอาหาร PDA..... | 20 |
| 4.8 | เชื้อรา *Monascus sp.* บนอาหาร PDA..... | 21 |
| 4.9 | เชื้อรา *Mucor hiemalis* บนอาหาร PDA..... | 22 |
| 4.10 | เชื้อรา *Chaetomium subspirale* บนอาหาร PDA..... | 23 |
| 4.11 | เชื้อรา *Chaetomium lucknowense* บนอาหาร PDA..... | 24 |
| 4.12 | ความสูงของต้นข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ..... | 26 |
| 4.13 | จำนวนต้นต่อกอจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ..... | 28 |
| 4.14 | ปริมาณเมล็ดต่อรวงจากการทดลองเถ้าชีวภาพ..... | 29 |
| 4.15 | น้ำหนักเมล็ดต่อรวงจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ..... | 31 |
| 4.16 | จำนวนรวงต่อกอจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ..... | 32 |
| 4.17 | การทดลองใช้เถ้าชีวภาพในการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1..... | 35 |
| 4.18 | การทดลองใช้เถ้าชีวภาพในการปลูกข้าวพันธ์ปทุมธานี 1 ที่อายุ 20 วัน ..... | 35 |
| 4.19 | การทดลองใช้เถ้าชีวภาพในการปลูกข้าวพันธ์ปทุมธานี 1 ที่อายุ 30 วัน ..... | 36 |
| 4.20 | การทดลองใช้เถ้าชีวภาพในการปลูกข้าวพันธ์ปทุมธานี 1 ที่อายุ 40 วัน ..... | 36 |
| 4.21 | การทดลองใช้เถ้าชีวภาพในการปลูกข้าวพันธ์ปทุมธานี 1 ที่อายุ 50 วัน ..... | 37 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เถ้าหนักหรือเถ้าถ่านหิน (Bottom Ash) ซึ่งเป็นถ่านหิน เกิดจากการทับถมกันของซากพืช ภายใต้ความร้อนและความกดดันใต้ผิวพื้นโลก นับเป็นเวลาล้านๆ ปี ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพกลายเป็นถ่านหินในที่สุด ในขณะที่เกิดการทับถมกันนั้น จะมีตะกอนดิน หินทรายแทรกปนอยู่ในเนื้อถ่านหิน เมื่อเผาถ่านหิน แร่ธาตุเหล่านี้จะลุกไหม้ไม่ให้หมดและหลงเหลืออยู่ เราเรียกวัสดุส่วนที่เหลืออยู่นี้ว่า เถ้าถ่านหิน (Coal Ash) ในขณะที่ถ่านหินลุกไหม้ภายในห้องเผาไหม้ที่มีอุณหภูมิสูงประมาณ 1,100-1,400 องศาเซลเซียส ผลจากความร้อนจะทำให้เถ้าถ่านหินเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพแร่ธาตุหลายชนิดเปลี่ยนสภาพเป็นออกไซด์ เถ้าถ่านหินส่วนหนึ่งประมาณร้อยละ 15-25 จะถูกหลอมและรวมตัวกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้น แล้วตกลงสู่ด้านล่างของห้องเผาไหม้ เราเรียกเถ้าถ่านหินขนาดใหญ่จากก้นเตานี้ว่า เถ้าหนัก (Bottom Ash or Furnace Ash) ที่สามารถนำมาใช้เป็นธาตุอาหารพืชได้ เถ้าหนักดังกล่าวเป็นวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า จังหวัดระยอง (ศุภวัฒน์ โกวะประดิษฐ์,2548)

ปัจจุบันนับว่ามีปัญหาสภาพดินเสื่อมโทรมหรือดินเสีย เป็นกรดจัด ทำให้ผลผลิตข้าวลดลงและประสบปัญหาปุ๋ยเคมีราคาแพง จึงมีความพยายามที่จะหาสารปรับสภาพดินและสามารถให้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมาใช้ทดแทน ดังนั้นเถ้าถ่านหิน นับว่าเป็นวัสดุเหลือใช้ชนิดหนึ่งที่อุดมไปด้วยธาตุอาหาร ซึ่งน่าจะนำมาปรับปรุงพัฒนาให้เป็นสารปรับสภาพดินและให้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยนำมาผสมกับจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในการย่อยสลายเพื่อพัฒนาเป็นสารปรับปรุงดินที่มีประสิทธิภาพและนำไปใช้ในการเพิ่มผลผลิตข้าวต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของเถ้าถ่านหินจากโรงไฟฟ้า (bottom ash) และเถ้าชีวภาพ (Biological Ash)

1.2.2 เพื่อศึกษาชนิดของจุลินทรีย์มาใช้ผสมเถ้าถ่านหินจากโรงไฟฟ้า เพื่อพัฒนาเป็นเถ้าชีวภาพ (Biological Ash) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ดินนาข้าวในประเทศไทยปัจจุบันมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีอินทรีย์วัตถุต่ำและดินมีปัญหาความเป็นกรดจัด ทำให้ไม่ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยเคมีเท่าที่ควร ดังนั้นการใส่ปุ๋ยและสารปรับปรุงบำรุงดินต่างจึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเพิ่มผลผลิต (อภิรดี อิ่มเอิบ,2535) จินดารัตน์ ชื่นรุ่งและคณะ (2006) รายงานว่าสารปรับปรุงดิน (Soil Conditioner) เป็นสารที่ได้จากธรรมชาติหรือสารสังเคราะห์ที่นำมาใช้เพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพทางเคมีของดิน ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ส่วนสารปรับปรุงบำรุงดิน (Soil Amendment) เป็นสารปรับปรุงดินให้มีธาตุอาหารพืช ในปัจจุบันจึงมีการวิจัยหาสารปรับปรุงดินต่างๆมาใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยที่ยังไม่ได้รับการรับรองหรือการทดสอบจากหน่วยงานราชการ วัสดุเหล่านั้นอาจเพิ่มต้นทุนการผลิต ได้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่า และอาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่การทดลองใส่ทริดิไมท์ (Tridymite) ร่วมกับปุ๋ยเคมีเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตโดยที่ผลผลิตข้าวไม่เพิ่มขึ้น เป็นต้น สาครผ่องพันธ์และคณะ (2004) รายงานว่าจากการทดลองระบบการปลูกข้าวแบบตามกัน คือข้าว-ปล่อยที่ว่างเปล่า-ข้าว ติดต่อกัน ที่สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรีในฤดูนาปรังและนาปี เพื่อศึกษาผลกระทบของการใส่ฟางข้าว (อัตราส่วนคาร์บอน:ไนโตรเจน เท่ากับ 67) และเถ้าแกลบ (อัตราส่วนคาร์บอน:ไนโตรเจน เท่ากับ 76) ที่มีต่อประสิทธิภาพของปุ๋ยยูเรีย เมื่อใส่แบบหว่านในนาข้าวภายหลังการปักดำในอัตรา 11:2 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ พบว่าข้าวที่ปลูกในฤดูแล้ง เมื่อวัดความสมดุลไนโตรเจน 15 ขณะเมล็ดสุก ปริมาณไนโตรเจน 15 จากปุ๋ยที่ตรวจพบในเมล็ดจากกรรมวิธีใช้ยูเรียร่วมกับฟางข้าว (4%) ต่ำกว่ากรรมวิธีที่ใส่ยูเรียอย่างเดียว (11%) และใส่ยูเรียร่วมกับเถ้าแกลบ (11%) และพบว่าปริมาณยูเรียที่ใส่ขณะปักดำจะเหลือตกค้างอยู่ในดินภายหลังเก็บเกี่ยวข้าวในฤดูแล้ง มีช่วงระหว่าง 2-36% ของปริมาณไนโตรเจนที่ใส่ ส่วนใหญ่พบว่ามีการสะสมอยู่ในดินชั้น 0-5 เซนติเมตรจากผิวดิน ปริมาณที่หายไปคาดว่าเกิดจากการสูญเสียไนโตรเจนสู่บรรยากาศในรูปก๊าซ ในช่วงที่ปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนที่สกัดได้ในดิน ส่วนใหญ่อยู่ในรูปไนเตรต (NO3-N) ผลตกค้างของไนโตรเจนจากยูเรีย เมื่อใส่นาข้าวที่ปลูกในฤดูแล้ง สามารถใช้ประโยชน์ต่อต้นข้าวได้ไม่น้อยกว่า 3% ของปริมาณที่ใส่เริ่มต้น ในฤดูแล้งต้นข้าวตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ส่วนวัสดุอินทรีย์ หรือเถ้าแกลบไม่มีผลต่อผลผลิตเมล็ดและการดูดไนโตรเจน

การนำเศษซากพืชซากสัตว์และวัสดุอินทรีย์เหลือใช้กลับมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงสภาพดิน เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและอินทรีย์วัตถุในดิน นับว่าเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในปัจจุบัน เนื่องจากสภาพความเสื่อมโทรมของดินปลูกพืชติดต่อกันมานาน การเพิ่มอินทรีย์วัตถุใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดินและธาตุอาหารในดิน จึงเป็นบทบาทที่สำคัญในสภาวะที่ปุ๋ยเคมีราคาแพง รวมถึงการพยายามลดการใช้ปุ๋ยเคมี ในเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Kumar and Goh, 2000) โดยเฉพาะในนาข้าว ฟางข้าวตกค้างในนาข้าวเป็นจำนวนมากหลังการเก็บเกี่ยวและส่วนมากจะเผาทิ้งในนาก่อนการเตรียมดินปลูกข้าวต่อไป ส่งผลให้เกิดการสูญเสียอินทรีย์วัตถุและธาตุหารที่เป็นประโยชน์ในดิน ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินนาลดลง มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เกิดมลภาวะจากการปล่อยก๊าซ CO และ CO2 ไปสู่บรรยากาศ ดังนั้นการหมักฟางข้าวใส่กลับลงในดินจะสามารถเพิ่มปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนจากเศษพืชตกค้าง โดยปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาเป็นประโยชน์ต่อต้นข้าว (Tanaka, 1987)

นอกจากนี้ ประพิศ แสงทองและคณะ (2544) รายงานว่าความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินหลังจากใส่กากตะกอนน้ำเสียทั้งชนิดเปียกและชนิดแห้ง ในดินชุดรังสิต ซึ่งมีกรดจัด และดินชุดปากช่อง โดยบ่มดินที่คลุกกากตะกอนที่อุณหภูมิห้องนาน 12 สัปดาห์ ที่ความชื้น 60% พบว่าความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสจากกากตะกอนมีค่าสูงทั้ง 2 ชุดดิน ดินชุดรังสิตกรดจัด ดูดยึดฟอสฟอรัสสูงมาก อาจมีผลต่อสภาพแวดล้อม หลังคลุกตะกอนกับดินพบว่าสัปดาห์ที่ 4 และ 12 อนินทรีย์ฟอสฟอรัสในทั้ง 2 ชุดดิน สะสมอยู่ในรูปของ Al-P สูงที่สุด และปริมาณการเพิ่มสูงมากตามการเพิ่มอัตรากากตะกอนและระยะเวลา รองลงมาคือ Fe-P และ Ca-P ตามลำดับ

มงคล จันทร์เพ็ญและคณะ (2528) รายงานว่าจากการเก็บผลผลิตข้าวในแปลงทดสอบเพื่อเปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยเคมี หินฟอสเฟต และปูนมาร์ล เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวในเขตพื้นที่ดินเปรี้ยว 7 จังหวัดรวม 19 แปลงพบว่าปัจจัยทั้งสามชนิดคือการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว การใช้หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใช้ปูนมาร์ลร่วมกับปุ๋ยเคมี ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น การใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวกับการใช้หินฟอส เฟต ผลผลิตเพิ่มขึ้น 22% การใช้ปูนมาร์ลร่วมกับปุ๋ยเคมีผลผลิตเพิ่มขึ้น 33 % และในภาคตะวันออก 12 แปลง โดยก่อนปรับปรุง มีผลผลิตเฉลี่ย 476.5 กก.ต่อไร่ เมื่อใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวผลผลิตเพิ่มขึ้น 20.1% ใช้หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมีผลผลิตเพิ่มขึ้น 23.7% ใช้ปูนมาร์ลร่วมกับปุ๋ยเคมีผลผลิตเพิ่มขึ้น 36.9 % ส่วนผลการทดลองในภาคกลาง 2 จังหวัด 7 แปลง ผลผลิตจะสูงกว่าในภาคตะวันออก ซึ่งปกติมีผลผลิต 566 กก./ไร่ และเมื่อใช้ปัจจัยการปรับปรุงดินผลผลิตจะเพิ่มขึ้น กล่าวคือใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวผลผลิตเพิ่มขึ้น 24.5% ใช้หินฟอสเฟสร่วมกับปุ๋ยเคมี ผลผลิตเพิ่มขึ้น 20.4% และใช้ปูนทาร์ลร่วมกับปุ๋ยเคมี ผลผลิตเพิ่มขึ้น 28.4 %

มีรายงานว่าขี้เถ้าแกลบเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการสีข้าวเปลือกเป็นข้าวสาร ขี้เถ้าแกลบมีสารซิลิคอน (Si) ในปริมาณสูง ต้นข้าวที่ได้รับซิลิคอนในปริมาณที่เพียงพอ จะมีผนังเซลล์ที่หนาทำให้ต้นแข็งแรง ต้านทานโรคแมลงศัตรู อย่างไรก็ตามเศษพืชฟางข้าวที่ตกค้างในนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวเพียงอย่างเดียว อาจไม่เพียงพอต่อการเพิ่มผลผลิต และความต้องการไนโตรเจนของข้าว ดังนั้นจึงมีคำแนะนำว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับเศษพืชหมักจะสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีและเพิ่มผลผลิตได้ นอกจากนี้การเพิ่มอินทรีย์วัตถุในนาข้าวจะสามารถรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและให้ผลผลิตที่ยั่งยืนได้ (Verma and Bhagat, 1992; Egle *et al.*, 2000, 2001; Bird *et al.*, 2001) ประเสริฐ สองเมือง (2543) รายงานว่าจากการทดลองในประเทศไทย โดยการใส่ฟางข้าวและขี้เถ้าแกลบในนาข้าว หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี สามารถปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินและรักษาผลผลิตของข้าวอย่างยั่งยืน นอกจากนี้สาคร ผ่องพันธ์และคณะ(2544) รายงานว่าจากการวิจัยประเมินศักยภาพผลผลิตของพืชและปริมาณวัสดุอินทรีย์ตกค้างที่ทดแทนปุ๋ยเคมีโดยวิธีธรรมดา วิธีทางนิวเคลียร์ โดยการใช้ไนโตรเจนที่ labeled ด้วยไนโตรเจน 15 สามารถวัดไนโตรเจนโดยตรงจากปุ๋ยที่พืชสามารถนำไปใช้และส่วนที่เหลือตกค้างในดินภายหลังเก็บเกี่ยว ปรากฏว่าวิธีธรรมดาไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างธาตุอาหารที่พืชดูดมาใช้จากดินหรือจากปุ๋ยที่ใส่ลงไป ดินบางประเภทอาจมีปัญหาสำคัญทางด้านปริมาณอินทรียวัตถุ หรือชนิดและปริมาณธาตุอาหารพืชในดินมากนัก แต่อาจมีปัญหาทางด้านเนื้อดินที่ไม่จับตัวกันเป็นก้อน ไม่อุ้มน้ำ เกิดการชะล้างพังทลายง่าย หรือผิวหน้าดินอาจเกิดการแข็งตัวแน่นทึบหลังจากดินเปียกและแห้งตัวลง ปัญหาต่างๆ เหล่านี้ การใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ จำเป็นต้องมีการใช้สารปรับปรุงดินในรูปสารอินทรีย์ชนิดต่างๆ ทั้งที่เป็นอินทรีย์ธรรมชาติ สารอินทรีย์ที่ได้จากผลพลอยได้ทางการเกษตร เช่น เศษเปลือกมันค้างปี กากอ้อย ฯลฯ หรืออาจใช้ผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น ฟอสโฟยิปซั่ม จากโรงงานปุ๋ยแห่งชาติ เพื่อแก้ปัญหาการเกิดแผ่นแข็งบนผิวดิน ฯลฯ สารปรับปรุงดินในรูปปูนไลม์ (หินปูนต่างๆ เช่น ปูนโดโลไมท์) แร่ต่างๆ หรือในรูปสารอินทรีย์สังเคราะห์ต่างๆ เช่น สารดูดน้ำโพลิเมอร์ ฯลฯ ซึ่งสำหรับมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นพืชไร่ที่มีราคาผลผลิตต่อหน่วยค่อนข้างต่ำ และไม่แน่นอน การใช้สารปรับปรุงดินในรูปสารสังเคราะห์หรือสารอื่นๆ ที่มีราคาต่อหน่วยค่อนข้างแพง ในทางปฏิบัติไม่แนะนำให้ใช้เพราะ จะมีต้นทุนการปลูกมันสำปะหลังสูงเกินไปและอาจทำให้ไม่คุ้มกับค่าใช้จ่ายที่ลงทุนไป

ศุภวัฒน์ โกวะประดิษฐ์และคณะ (2548) รายงานว่าได้ทดสอบอัตราการใช้ Bottom Ash เพื่อปรับความเป็นกรดของดินในแปลงเกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลังในจังหวัดระยอง ในปี 2547/48 โดยทำการรวบรวมข้อมูลจากแปลงทดสอบ จำนวน 15 แปลง ปรากฏว่า การใช้เถ้าหนัก (Bottom Ash) เพื่อปรับสภาพความเป็นกรดของดิน พื้นที่ส่วนใหญ่ไม่ค่อยอุดมสมบูรณ์ถึงสมบูรณ์ปานกลาง ดินเป็นดินร่วนปนทรายความเป็นกรดประมาณ 4.5-5.5 ซึ่งมีสภาพความเป็นกรด พันธุ์มันสำปะหลัง เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้พันธุ์ระยอง 5 ระยอง 90 และพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 การใช้เถ้าหนัก (Bottom Ash) มีผลต่อการปรับค่าความเป็นกรดของดินเล็กน้อย เนื่องจากอัตราการใช้เถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนัก (Bottom Ash) ยังอยู่ในอัตราที่ต่ำอยู่ แต่มีแนวโน้มว่าใช้ได้ แต่ไม่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง แต่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์แป้งเล็กน้อยเกษตรกรส่วนใหญ่ที่ร่วมทำแปลงทดสอบ มีความเห็นต่อการใช้เถ้าหนัก (Bottom Ash) ว่า ทำให้ดินร่วนซุยขึ้น สังเกตจากการขุดหัวจะขุดได้ง่ายขึ้น พืช ฟื้นตัวได้เร็วขึ้นหลังจากได้รับน้ำฝน

Fogarty and Kelly (1979) รายงานว่ามีการศึกษาเกี่ยวกับการสร้างเอนไซม์ชนิดต่างๆ โดยพบว่าจุลินทรีย์สามารถสร้างเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายโมเลกุลของสารขนาดใหญ่ให้เป็นหน่วยย่อย มีเอนไซม์ถึง 2000 ชนิดถูกจัดอยู่ในกลุ่มของ amylolytic, lipolytic, cellulolytic และ proteolytic enzyme เชื้อราสามารถสร้างเอนไซม์บางอย่างที่อาจมีผลกระทบทั้งโดยทางตรงและทางอ้อมกับเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ เช่น pectinase, cellulase ตลอดจน hemicellulase สามารถทำให้ส่วนประกอบของผนังเชื่อมระหว่างเซลล์และผนังเซลล์หลุดแยกจากกัน ส่วน proteinase, amylase, lipase ทำให้เกิดการสลายตัวของสารที่เป็นองค์ประกอบภายในเซลล์

Mishra and Letham (1990) ทำการศึกษาและแยกเอนไซม์ต่างๆ ที่เชื้อรา *Lentinula edodes* สร้างขึ้น เนื่องจากเชื้อราชนิดนี้เป็นเชื้อราที่เป็นเห็ดที่สามารถรับประทานได้ที่เจริญอยู่บนไม้ ซึ่งเมื่อเลี้ยงเชื้อราชนิดนี้บนวัสดุที่มี lignocellulose จะสามารถสร้าง extracellular enzymes ได้เป็นปริมาณมาก จากการแยกและจัดจำแนกชนิดของเอนไซม์ด้วยวิธี anion exchange chromatography รายงานว่าพบเอนไซม์ cellulases, hemicellulase, เอนไซม์ที่ย่อยผนังเซลล์ของเชื้อรา, oxidative enzymes (ligninases), acid phosphatases และ acid proteinases

Orth *et al.* (1993) รายงานว่าเชื้อราย่อยสลายไม้ *Phanerochaete chrysosporium* สามารถสร้างเอนไซม์ย่อยสลาย lignin คือ manganese peroxidase ได้ในปริมาณที่สูงบนเศษขี้เลื่อยของไม้โอ๊คที่ผสมรำข้าวสาลีและน้ำตาลซูโครส

Castanres *et al.* (1995) รายงานว่าเชื้อรา *Phanerochaete chrysosporium* สามารถสร้างเอนไซม์ D-xylanase และ alpha-glucuronidase ได้ ในการย่อยสลาย hemicellulose

Kvesitadze *et al.* (1999) ได้ศึกษาเชื้อรา 4000 ชนิด ซึ่งรวบรวมได้จากตอนใต้ของคอเคซัส โดยพบว่าเชื้อราส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลาย biopolymer ของพืชได้ ได้แก่ เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส โดยพบว่าเชื้อ *Penicillium canescens* มีกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลส และ ไซเลเนสสูง และพบว่ากว่า 6 เปอร์เซ็นต์ของเชื้อราทั้งหมดเป็นเชื้อราที่ทนต่อความร้อนได้สูง และมีกิจกรรมของเซลลูเลส และไซเลเนสได้สูงด้วย

Pekkarinen *et al.* (2000) ศึกษาการสร้างเอนไซม์ protease โดยเชื้อสาเหตุโรคในธัญพืช ได้แก่ *Fusarium graminearum* และ *F. poae* โดยเลี้ยงเชื้อราดังกล่าวบน mineral media และ gluten culture media และบนเมล็ดข้าวบาร์เลย์ ที่อบฆ่าเชื้อแล้ว โดยทำการเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับ pH ที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของ protease ที่สุดด้วย โดยพบว่าเชื้อราทั้ง 3 species ที่เลี้ยงบน gluten medium สามารถสร้าง protease ได้ และ pH ที่มีกิจกรรมของเอนไซม์สูงที่สุดคือ pH 9.0 ในขณะที่ *F. poae* จะสร้าง acid protease ที่ pH 3.0 และ 3.5 และไม่พบกิจกรรมของเอนไซม์ protease เมื่อเลี้ยงเชื้อราบน mineral medium และเมื่อเลี้ยงเชื้อราบนเมล็ดข้าวบาร์เลย์ที่ฆ่าเชื้อแล้วนั้น พบว่าเชื้อราทั้ง 3 species สามารถสร้าง protease ได้

Marlida *et al.* (2000) ได้ศึกษาเชื้อรา 4 ชนิด ได้แก่ *Gibberella pulicaris*, *Acremonium* sp., *Synnematous* sp. และ *Nodilusporium* sp. พบว่าสามารถสร้างเอนไซม์ย่อยสลายแป้งดิบได้ โดย *Acremonium* sp. มีความสามารถในการสร้างเอนไซม์ย่อยสลายได้ดีที่สุด โดยย่อยได้ดีทั้งแป้งที่มีขนาดใหญ่และเล็ก ส่วนเชื้ออื่นๆ ย่อยได้เพียงแป้งที่มีขนาดเล็กเท่านั้น

Machuca and Ferraz (2001) ศึกษาเชื้อราพวก brown-rot 2 ชนิด และ white-rot 4 ชนิด โดยเลี้ยงบนชิ้นไม้ *Eucalyptus grandis* โดยพบว่าเชื้อราพวก brown-rot มีกิจกรรมของเอนไซม์พวก hydrolytic ในระดับสูงแต่ไม่มีกิจกรรมของเอนไซม์พวก phenoloxidase ในขณะที่เชื้อราพวก white-rot จะมีกิจกรรมของ hydrolytic และ ligninilytic enzymes แต่อยู่ในระดับต่ำกว่าพวก brown-rot โดยเชื้อราพวก brown-rot 2 ชนิด ได้แก่ *Laetiporeus sulfurous* และ *Wolfiporia cocos* ช่วยส่งเสริมการผุของไม้ได้ดี

Cabaleiro *et al.* (2002) ศึกษาในเชื้อราพวก white-rot 2 ชนิด ได้แก่ *Phanerochaete chrysosporium* และ *Phlebia radiate* บนสภาพอาหารแข็ง โดยทำการทดลองหาอาหารเลี้ยงเชื้อและสภาพในการเลี้ยงให้เหมาะสมในการสร้างเอนไซมี ligninolytic ในระหว่างการเลี้ยงเชื้อจะทำการเปรียบเทียบกิจกรรมของ manganese peroxidase, lignin peroxidase, laccase และ protease ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าเชื้อราที่สร้าง ligninolytic ทั้ง 2 ชนิดสามารถสร้าง protease ได้สูงที่สุดด้วย โดย *P. chrysosporium* จะสร้าง proteolytic enzymes ในช่วงเวลาของ primary metabolism ในขณะที่ *P. radiate* จะสร้างในช่วง secondary metabolism ยิ่งไปกว่านั้นยังใช้ความแตกต่างของชนิดของ protease ที่สร้างขึ้นมาใช้ในการแยกเชื้อราสองชนิดนี้ออกากกันอีกด้วย โดยพบว่า *P. Chrysosporium* จะสร้างพวก mainly thiol และ acidic proteases ส่วน *P. Radiate* จะสร้าง thiol-serin-and metalloproteases

Germano *et al.* (2003) ทำการศึกษาความสามารถในการสร้างเอนไซม์โปรทีเอสของเชื้อ *Penicillium* sp. wild strain ในสภาพ solid-state fermentation (SSF) โดยใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจน โดยพบว่าเชื้อ *Penicillium* sp. สามารถผลิตเอนไซม์ได้ดีที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส และที่ pH 6.0-9.0 ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าเมื่อใช้ขบวนการ solid-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

state fermentation ในการผลิตเอนไซม์โปรทีเอสโดยใช้กากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบนั้นช่วยให้มีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำด้วย

Murase *et al.* (2003) ทำการศึกษาชนิดของโปรตีนที่พบในดินที่เก็บตัวอย่างมาจากเรือนทดลองในที่ต่างๆ 32 ตัวอย่าง โดยนำมาแยกชนิดของโปรตีนโดยวิธี sodium dodecylsulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) โดยพบว่าตัวอย่างดิน 10 ตัวอย่างสามารถแยกชนิดของโปรตีนอกมาได้ และแถบโปรตีนที่แยกได้มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 35-68 kDa ซึ่งจากการตรวจสอบพบว่ามีลำดับ N-terminal amino acid หนึ่งชนิดที่พบว่าเป็นชนิดเดียวกันกับเอนไซม์ cellulase ที่เชื้อรา *Humicola* สร้างขึ้นด้วย

Novotny *et al.* (2004) ศึกษาจำนวนและกิจกรรมของ Mn-dependent peroxidase (MnP), lignin peroxidase and laccase (LAC) ในเชื้อราที่สร้าง ligninolytic ชนิดต่างๆ ที่เจริญบนอาหารเหลวและในดิน และผลของการย่อยสลาย polycyclic aromatic hydrocarbons (anthracene และ pyrene) โดยพบว่า *Irpex lacteus* สามารถสร้าง MnP และ LAC ได้ดี ในขณะที่ *Phanerochaete chrysosporium, Trametes versicolor* และ *Pleurotus ostreatus* สามารถสร้าง MnP และ Lac มาย่อย anthracene และ pyrene ได้ โดยจะปลดปล่อยเอนไซม์ออกมาอยู่ในดิน

Wang *et al.* (2005) ทำการแยกเชื้อราที่สร้างเอนไซม์ protease และ chitinase จากดิน ซึ่งสามารถแยกได้ *Aspergillus fumigatus* Fresenius TKU003 โดยสามารถสร้าง protease และ chitinase ได้เมื่อเลี้ยงเชื้อบนอาหารที่มีส่วนประกอบของผงเปลือกกุ้งและปู (SCSP) ซึ่งน้ำหนักโมเลกุลของ extracellular protease เท่ากับ 124 kDa ซึ่งแยกได้โดยวิธี odium dodecylsulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์สูงเมื่อมี pH 8.0 และมีอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

อย่างไรก็ตาม Soytong, K. (2004) รายงานว่าจากการคัดเลือกสายพันธุ์เชื้อราที่สร้างเอนไซม์ amylase, cellulose, protease และ ligninase และนำมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ โดยนำเชื้อราดังกล่าวผสมในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพจำนวน 12สายพันธุ์ ดังนี้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* Thz-Bio-01 สามารถสร้างเอนไซม์ cellulose (มีกิจกรรมของเอนไซม์ในระดับปานกลาง) protease และ ligninase แต่ไม่สามารถสร้างเอนไซม์ amylase เชื้อรา *Trichoderma hamatum* Thm-01 สามารถสร้างเอนไซม์ amylase, cellulose (มีกิจกรรมของเอนไซม์ในระดับต่ำ) และ ligninase แต่ไม่สามารถสร้างเอนไซม์ protease เชื้อรา *Penicillium variabile* PV สามารถสร้างเอนไซม์ amylase และ cellulose (มีกิจกรรมของเอนไซม์ในระดับต่ำ) แต่ไม่สามารถสร้างเอนไซม์ protease และ ligninase เชื้อรา *Aspergillus oryzae* AsO สามารถสร้างเอนไซม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

amylase, cellulose (มีกิจกรรมของเอนไซม์ในระดับปานกลาง) และ protease แต่ไม่สามารถสร้างเอนไซม์ ligninase เชื้อรา *Aspergillus terreus* Ast สามารถสร้างเอนไซม์ amylase, cellulose (มีกิจกรรมของเอนไซม์ในระดับต่ำ) และ protease แต่ไม่สามารถสร้างเอนไซม์ ligninase เชื้อรา *Mucor circinelloides* MC สามารถสร้างเอนไซม์ amylase, cellulose (มีกิจกรรมของเอนไซม์ในระดับต่ำ) และ ligninase แต่ไม่สามารถสร้างเอนไซม์ protease เชื้อรา *Chaetomium lucknowense* CL สามารถสร้างเอนไซม์ amylase, cellulose (มีกิจกรรมของเอนไซม์ในระดับต่ำ), protease และ ligninase ได้ทั้ง 4 ชนิด เชื้อรา *Emericella nidulans* EN สามารถสร้างเอนไซม์ amylase, cellulose (มีกิจกรรมของเอนไซม์ในระดับต่ำ), protease และ ligninase ได้ทั้ง 4 ชนิด เชื้อรา *Emericella rugulosa ER* สามารถสร้างเอนไซม์ amylase, protease และ ligninase แต่ไม่สามารถสร้างเอนไซม์ cellulase *Eurotium chevalieri* EC

สามารถสร้างเอนไซม์ amylase และ protease แต่ไม่สามารถสร้างเอนไซม์ cellulase และ ligninase เชื้อรา *Eurotium herbariorum* EH สามารถสร้างเอนไซม์ amylase, cellulose (มีกิจกรรมของเอนไซม์ ในระดับปานกลาง), protease และ ligninase ได้ทั้ง 4 ชนิด เชื้อรา *Arthrobotrys oligospora* AOสามารถสร้างเอนไซม์ amylase, cellulose (มีกิจกรรมของเอนไซม์ในระดับต่ำ), protease และ ligninase ได้ทั้ง 4 ชนิด เชื้อราที่ผสมในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ เมื่อเลี้ยงร่วมกันในอาหารเลี้ยงเชื้อ สามารถเจริญร่วมกันกันได้เป็นอย่างดี (synergistic effect) และไม่เป็นปฏิปักษ์ต่อกัน (antagonistic effect) จึงสามารถเจริญอยู่ร่วมกันได้ เมื่อผสมอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ จะมีคุณสมบัติในการย่อยสลายองค์ประกอบของซากพืชซากสัตว์และสารอินทรีย์ในดินให้มีขนาดเล็กลง โดยการปลดปล่อยเอ็นไซม์ ออกมาย่อยสลาย มีผลในการช่วยปรับปรุงสภาพดินโดยเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินการวิจัย

## 3.1 การศึกษาชนิดและปริมาณของธาตุอาหารในเถ้าถ่านหินจากโรงไฟฟ้า (bottom ash) และในเถ้าชีวภาพ (biological ash)

ทำการตรวจวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในเถ้าถ่านหินจากโรงไฟฟ้า (bottom ash) และเถ้าชีวภาพ (biological ash) ได้แก่ความเป็นกรด-ด่าง (pH, 1:1) ค่าการนำไฟฟ้า (EC,1:1) อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซี่ยม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) โบรอน (B) และคลอไรด์ (Cl) โดยส่งวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ

เปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหาร ของเถ้าถ่านหินจากโรงไฟฟ้า (bottom ash) และเถ้าชีวภาพ (Biological Ash) เพื่อศึกษาผลการทำงานของจุลินทรีย์ที่มีต่อการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและธาตุอาหาร

## 3.2 การใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในการพัฒนาเถ้าชีวภาพ (biological ash)

จุลินทรีย์ที่นำมาใช้ในการทดลองได้รับความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์ ดร.เกษม สร้อยทอง ซึ่งเป็นเชื้อราที่คัดเลือกสายพันธุ์มาแล้วและนำมาใช้ในการทดสอบ โดยเชื้อราเหล่านี้ได้นำมาผสมในเถ้า (Bottom Ash) เรียกว่า เถ้าชีวภาพ (Biological Ash) จำนวน 11 สายพันธุ์ คือ *Aspergillus kanagawaensis*, *Pseudoeurotium ovale*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma hamatum*, *Paecilomyces marquandii*, *Emericella nidulans*, *Penicillium steckii*, *Monascus* sp., *Mucor hiemalis* , *Chaetomium subspirale* และ *Chaetomium. lucknowense*

เตรียมโดยเลี้ยงเชื้อราดังกล่าวแยกออกจากกันบนอาหาร PDA (Potato Dextrose Agar) บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง(27-30 องศาเซลเซียส) เมื่อเชื้อเจริญจนเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีขนาด 9 เซ็นติเมตร จากนั้นนำมาขูดเอาสปอร์ของเชื้อราแต่ละสายพันธุ์ โดยมีอัตราส่วนผสมดังนี้ สปอร์ของเชื้อราแต่ละสายพันธุ์ สายพันธุ์ละ 10 plates นำมาผสมรวมกับเถ้าถ่านหินจากโรงไฟฟ้า (Bottom Ash) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ในหม้อนึ่งความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30 นาที ทำติดต่อกัน 3 ครั้ง ในปริมาณ 50 กิโลกรัม และผสมเชื้อทุกสายพันธุ์ให้เข้ากัน เติมน้ำกลั่นฆ่าเชื้อลงไปเพื่อให้ความชื้นอยู่ในระดับประมาณ 15% ปิดถุงบรรจุให้แน่น บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วันก่อนนำไปใช้ โดยสุ่มเถ้าชีวภาพ ดังกล่าว จำนวน 1 กิโลกรัม นำไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา และส่วนที่เหลือนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

## 3.3 ประสิทธิภาพของเถ้าชีวภาพ (Biological ash) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

ทำการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ มีวิธีการ (treatment) ดังนี้

วิธีการที่ 1 ไม่ใช้อะไร (control)

วิธีการที่ 2 ใช้เถ้าถ่านหินจากโรงไฟฟ้า อัตรา 50 กก./ไร่

วิธีการที่ 3 ใช้เถ้าชีวภาพ อัตรา 25 กก./ไร่

วิธีการที่ 4 ใช้เถ้าชีวภาพ อัตรา 50 กก./ไร่

วิธีการที่ 5 ใช้เถ้าชีวภาพ อัตรา 75 กก./ไร่

ทำการเตรียมดินเหนียวจากนาข้าว เขตลาดกระบัง ในบล๊อคขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร มีพื้นที่ เท่ากับ 0.79 ตารางเมตร ต่อหนึ่งบล๊อค นำดินดังกล่าวไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดิน ได้แก่ความเป็นกรด-ด่าง (pH, 1:1) ค่าการนำไฟฟ้า (EC,1:1) อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม (K) แคลเซี่ยม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) โบรอน (B) และคลอไรด์ (Cl) และสุ่มเก็บตัวอย่างดินปลูกข้าวในวิธีการที่ ใส่เถ้าชีวภาพ หลังจากหมักดินไว้ เป็นเวลา 30 วัน ก่อนปลูก เพาะกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เป็นเวลา 30 วัน จึงนำกล้าพันธุ์ข้าวมาปักดำ ในบล๊อคตามวิธีการต่าง จำนวนบล๊อคละ 20 ต้น ทำการหล่อน้ำตลอดระยะเวลาปลูก และใส่เพิ่มจุลินทรีย์ในวิธีการที่ใช้ขี้เถ้าชีวภาพ จำนวนบล๊อคละ 100 มิลลิลิตร ทุก 15 วัน

**การเก็บข้อมูล**

วัดความสูงทุก 15 วันหลังปลูก โดยวัดจากโคนต้นถึงข้อสุดท้ายของยอด นับปริมาณการแตกกอ ทุก 15 วัน (จำนวนต้นที่แยกออกมา) บันทึกวันออกดอก นับปริมาณช่อดอกต่อกอ นับจำนวนรวงข้าวที่เก็บเกี่ยว จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนักต่อรวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ P = 0.05 และ P=0.01 และทำการทดลองซ้ำเป็นจำนวนสองครั้ง

## 3.4 สถานที่ทำการศึกษาและทดลอง

3.4.1 ตึกเห็ดราวิทยา ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4.2 ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## 3.5 ระยะเวลาในการทดลอง ระยะเวลา 1 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการทดลอง

## 4.1 การศึกษาชนิดและปริมาณของธาตุอาหารในเถ้าถ่านหินจากโรงไฟฟ้า (bottom ash) และในเถ้าชีวภาพ (biological ash)

จากการตรวจวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในเถ้าถ่านหินจากโรงไฟฟ้า (bottom ash) และเถ้าชีวภาพ (biological ash) ได้แก่ความเป็นกรด-ด่าง (pH, 1:1) ค่าการนำไฟฟ้า (EC,1:1) อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซี่ยม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) เหล็ก(Fe) สังกะสี (Zn) โบรอน (B) และคลอไรด์ (Cl) จากผลการทดลองเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารของเถ้าถ่านหินจากโรงไฟฟ้า (bottom ash) และเถ้าชีวภาพ (Biological Ash)ซึ่งเป็นผลจากการทำงานของจุลินทรีย์ที่มีต่อการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและธาตุอาหาร พบว่า เถ้าถ่านหินจากโรงไฟฟ้า (bottom ash) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH, 1:1) เท่ากับ 12.40 ค่าการนำไฟฟ้า (EC,1:1) เท่ากับ 7760 uS/cm อินทรียวัตถุ ท่ากับ 1.39 % ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) เท่ากับ 15.2 ppm โพแทสเซียม (K) เท่ากับ 189 ppm แคลเซี่ยม (Ca) เท่ากับ 67659 แมกนีเซียม (Mg) เท่ากับ 877 เหล็ก(Fe) เท่ากับ 127 ppm สังกะสี (Zn) เท่ากับ 0.19 ppm โบรอน (B) เท่ากับ 51.7 ppm และคลอไรด์ (Cl) เท่ากับ 198 ppm

ในขณะที่เมื่อใช้จุลินทรีย์ทั้งหมด 11 สายพันธุ์คลุกเคล้าและหมักไว้ 30 วัน เป็นเถ้าชีวภาพ (Bio-ash) พบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH, 1:1) เท่ากับ 12.48 ค่าการนำไฟฟ้า (EC,1:1) เท่ากับ 11030 uS/cm อินทรียวัตถุ ท่ากับ 0.25 % ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) เท่ากับ 15.7 ppm โพแทสเซียม (K) เท่ากับ 784 ppm แคลเซี่ยม (Ca) เท่ากับ 67412 แมกนีเซียม (Mg) เท่ากับ 877 เหล็ก(Fe) เท่ากับ 160 ppm สังกะสี (Zn) เท่ากับ 0.23 ppm โบรอน (B) เท่ากับ 32.6 ppm และคลอไรด์ (Cl) เท่ากับ 4037 ppm ดังแสดงในตารางที่ 1

อย่างไรก็ตามจากการทดลองชี้ให้เห็นว่าจุลินทรีย์ที่นำมาใช้มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายธาตุอาหารต่างๆ มีผลทำให้มีคุณสมบัติทางเคมีและธาตุอาหารเพิ่มขึ้น กล่าวคือ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH, 1:1) เพิ่มขึ้น 0.64 % ค่าการนำไฟฟ้า (EC,1:1) เพิ่มขึ้น 29.64% อินทรียวัตถุ เพิ่มขึ้น 82.01 % ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) เพิ่มขึ้น 3.18 % โพแทสเซียม (K) เพิ่มขึ้น 78.27 เหล็ก(Fe) เพิ่มขึ้น 20.62 % สังกะสี (Zn) เพิ่มขึ้น 17.39 % และคลอไรด์ (Cl) เพิ่มขึ้น 95.09 %

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณี ... ใช้

**ตารางที่ 1** ผลการวิเคราะห์เถ้าถ่านหิน (Bottom ash) และเถ้าชีวภาพ (Bio-ash) ในห้องปฏิบัติการ

| | Unit | Bottom ash | Bio-ash | เพิ่มขึ้น (%) |
|---|---|---|---|---|
| pH, 1:5 | - | 12.40 | 12.48 | 0.64 |
| EC, 1:5 | µS/cm | 7760 | 11030 | 29.64 |
| Organic matter | % | 0.25 | 1.39 | 82.01 |
| P | Ppm | 15.2 | 15.7 | 3.18 |
| K | Ppm | 189 | 870 | 78.27 |
| Ca | Ppm | 67659 | 67412 | - |
| Mg | Ppm | 877 | 784 | - |
| Fe | Ppm | 127 | 160 | 20.62 |
| Zn | Ppm | 0.19 | 0.23 | 17.39 |
| B | Ppm | 51.7 | 32.6 | - |
| Cl | Ppm | 198 | 4037 | 95.09 |

## 4.2 การใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในการพัฒนาเถ้าชีวภาพ (biological ash)

จุลินทรีย์ซึ่งเป็นเชื้อราที่คัดเลือกสายพันธุ์มาแล้วและนำมาผสมในเถ้า (Bottom Ash) เรียกว่า เถ้าชีวภาพ (Biological Ash) จำนวน 11 สายพันธุ์ คือ *Aspergillus kanagawaensis*, *Pseudoeurotium ovale*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma hamatum*, *Paecilomyces marquandii*, *Emericella nidulans*, *Penicillium steckii*, *Monascus* sp., *Mucor hiemalis* , *Chaetomium subspirale* และ *Chaetomium. lucknowense* โดยเลี้ยงเชื้อราดังกล่าวแยกออกจากกันบนอาหาร PDA (Potato Dextrose Agar) บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง(27-30 องศาเซลเซียส) เมื่อเชื้อเจริญจนเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีขนาด 9 เซ็นติเมตร จากนั้นนำมาขูดเอาสปอร์ของเชื้อราแต่ละสายพันธุ์ โดยมีอัตราส่วนผสมดังนี้ สปอร์ของเชื้อราแต่ละสายพันธุ์ สายพันธุ์ละ 10 plates นำมาผสมรวมกับเถ้าถานหินจากโรงไฟฟ้า (Bottom Ash) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ในหม้อนึ่งความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 30 นาที ทำติดต่อกัน 3 ครั้ง ในปริมาณ 50 กิโลกรัม และผสมเชื้อทุกสายพันธุ์ให้เข้ากัน เติมน้ำกลั่นฆ่าเชื้อลงไปเพื่อให้ความชื้นอยู่ในระดับประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ปิดถุงบรรจุให้แน่น บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วันก่อนนำไปใช้ โดยสุ่มเถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

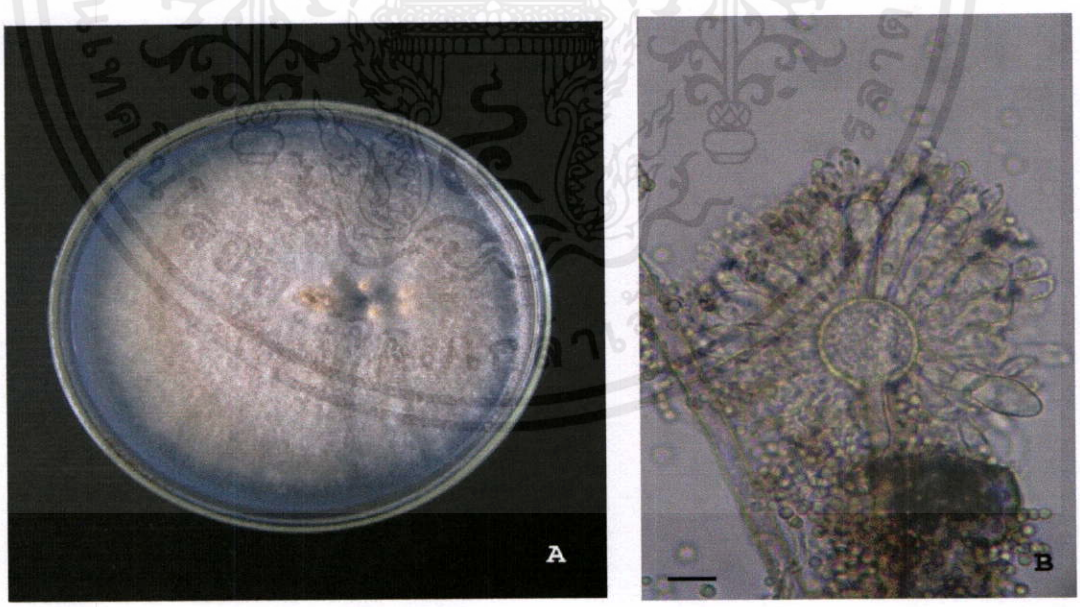
ชีวภาพ พบว่าจุลินทรีย์ทั้ง 11 สายพันธุ์สามารถเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้ดี เรียกว่าเถ้าชีวภาพ (biological ash)

จากการศึกษาลักษณะของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นเชื้อราที่ใช้ผสมเป็นเถ้าชีวภาพ (biological ash) จำนวน 11 สายพันธุ์ คือ *Aspergillus kanagawaensis* (รูปที่ 4.1), *Pseudoeurotium ovale* (รูปที่ 4.2), *Trichoderma harzianum* (รูปที่ 4.3), *Trichoderma hamatum* (รูปที่ 4.4), *Paecilomyces marquandii* (รูปที่ 4.5), *Emericella nidulans* (รูปที่ 4.6), *Penicillium steckii* (รูปที่ 4.7), *Monascus* sp. (รูปที่ 4.8), *Mucor hiemalis* (รูปที่ 4.9), *Chaetomium subspirale* (รูปที่ 4.10), *Chaetomium lucknowense* (รูปที่ 4.11) โดยได้ทำการศึกษารายละเอียดของเชื้อราดังกล่าว (description) ดังต่อไปนี้

## รายละเอียดเชื้อรา (Description)

*Aspergillus kanagawaensis*

ลักษณะโคโลนี ลักษณะเรียบ อ่อนนุ่มเหมือนกำมะหยี่ เส้นใยเจริญบนผิวหน้าอาหาร สีน้ำตาลอมเหลือง (pinkish cinnamon) จนถึง avellaneous ด้านหลังจานเลี้ยงเชื้อ มีสีส้มถึงสีเหลืองอมน้ำตาล conidial head อยู่อย่างหลวมๆ conidia เป็นแบบ globose

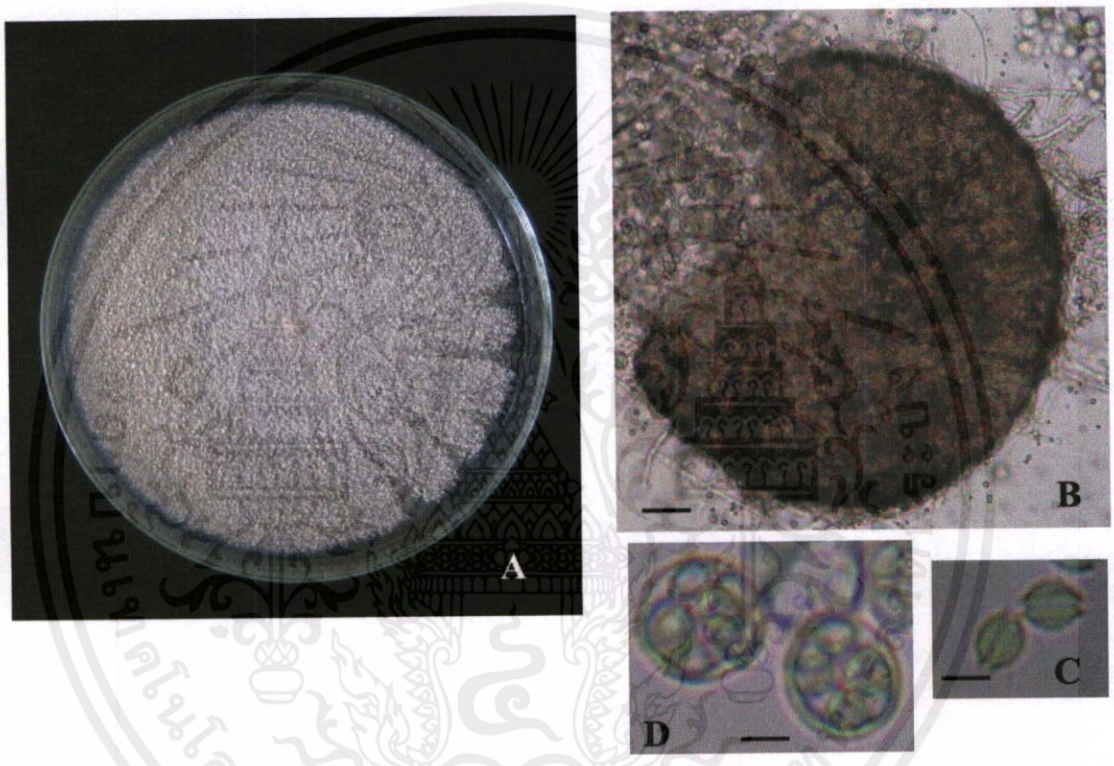



**รูปที่ 4.1** เชื้อรา *Aspergillus kanagawaensis* บนอาหาร PDA
A = ลักษณะโคโลนี และ B = ลักษณะโครงสร้างของเชื้อ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (40x)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*Pseudoeurotium ovale*

ลักษณะโคโลนีเจริญช้า ในระยะแรกจะมีสีขาว ลักษณะเป็นปุย นุ่ม ต่อมาจะกลายเป็นสีเทาที่พัฒนาไปเป็น ascomata ascomata มีลักษณะ globose, สีน้ำตาลเข้มถึงสีดำขนาด 90-180 µm asci มีลักษณะ globose ถึง ellipsoidal ขนาด 8.2-10.9 µm ascospores ลักษณะ ellipsoidal สีใส และกลายเป็นสี olive-brown ด้านหลังจานเลี้ยงเชื้อ มีสีขาวจนถึงสีเหลือง-เขียว ต่อมากลายเป็นสีเหลืองมะกอก ขนาด 3.5-5.0 µm (Domsch *et al.*, 1980)

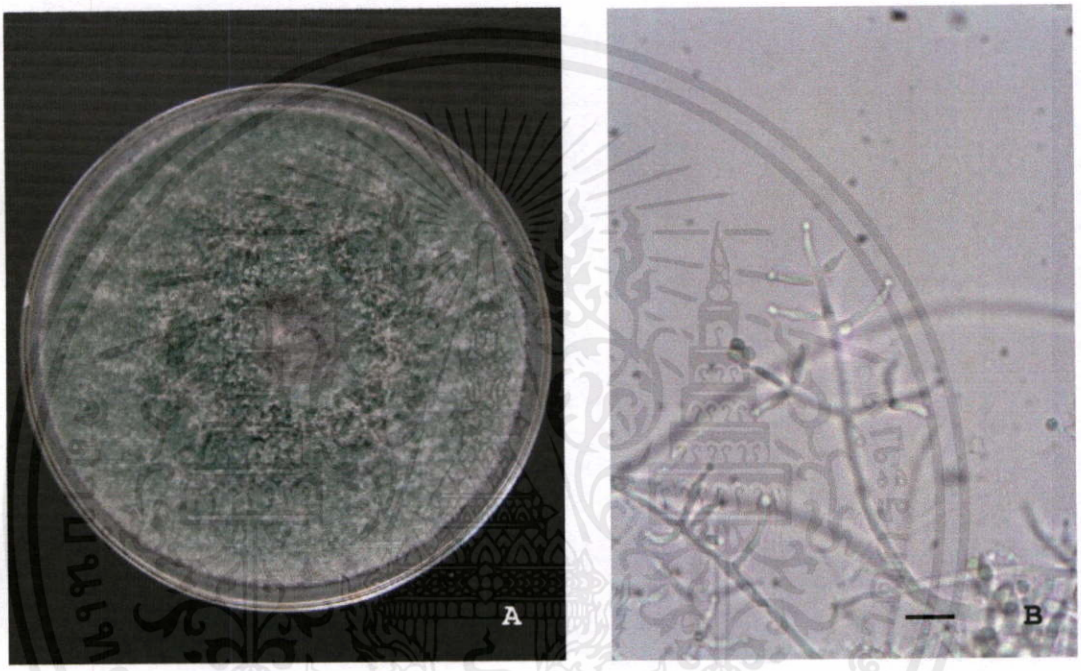



**รูปที่ 4.2** เชื้อรา *Pseudoeurotium ovale* บนอาหาร PDA
A = ลักษณะโคโลนี B = ลักษณะ cliestothecium (40X)
C = ลักษณะ ascospore (100X) D = ลักษณะ ascus (100X)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*Trichoderma harzianum*

ลักษณะโคโลนีบนอาหาร PDA เมื่อยังอ่อนอยู่มีสีขาว ต่อมาเมื่ออายุมากขึ้นมีสีเขียวเข้ม มีอัตราการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ตรงปลายเส้นใยจะมีการแตกแขนงเกิดเป็น phialophores มีรูปร่างเรียวยาว 7.0-8.0 ไมโครเมตรและมี phialide ขึ้นมา phialospores มีรูปร่างแบบ globose สีเขียวอ่อนถึงสีเขียวปนเหลือง ผิวเรียบ ขนาด 3.2 µm (Domsch *et al.*, 1980)




**รูปที่ 4.3** เชื้อรา *Trichoderma harzianum* บนอาหาร PDA
A= ลักษณะของโคโลนี B = ลักษณะโครงสร้าง (40x)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

*Trichoderma hamatum*

ลักษณะโคโลนีบนอาหาร PDA เจริญอย่างรวดเร็ว ผิวหน้าโคโลนีเรียบ มี aerial hypha น้อยมาก เชื้อราจะเปลี่ยนสีวุ้นอาหารเป็นสีเหลืองอ่อน philophore มีสีใส ผิวเรียบ เกิดจาก aerial mycelium phailophore จะแตกแขนงให้กำเนิด phialide, phialospore เกิดเป็นกลุ่มตรงส่วนปลายของ phialide, phialospores มีสีเขียวปนเทา รูปร่างทรงกระบอกสั้นหรือรูปไข่ ผิวเรียบ ขนาด 4.3 µm มีการเกิด sterile phialophore ตรงส่วนปลายของ phialophore จำนวนมาก (Domsch *et al.*, 1980)

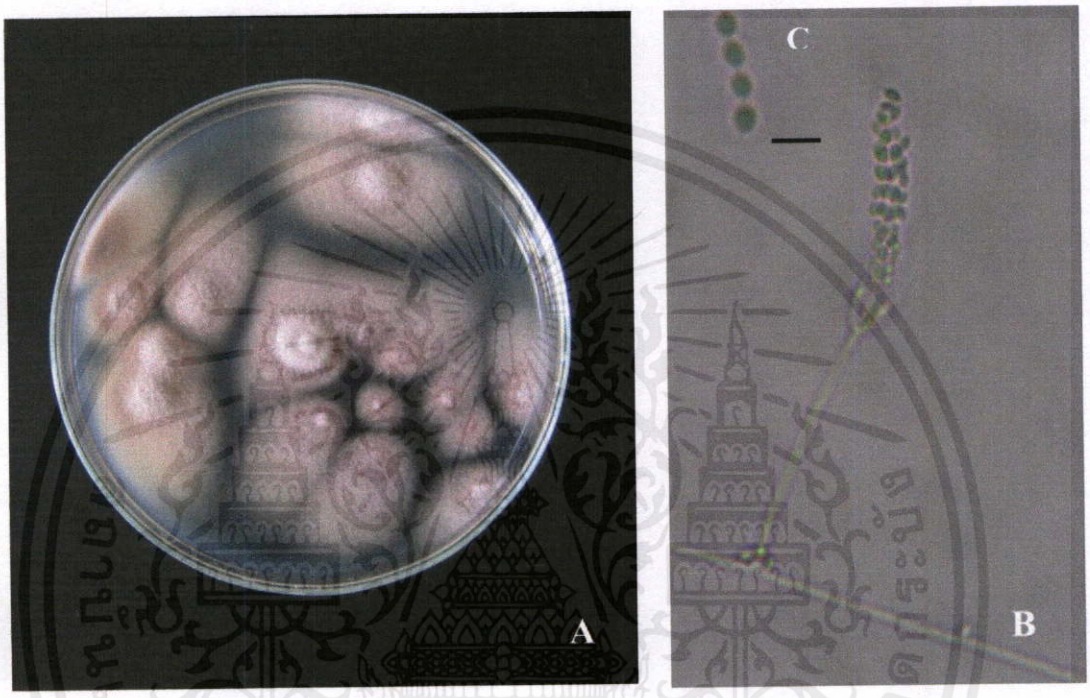
**รูปที่ 4.4** เชื้อรา *Trichoderma hamatum* บนอาหาร PDA
A= ลักษณะโคโลนี B= ลักษณะโครงสร้างของเชื้อ (40x)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

87107

*Paecilomyces marquandii*

ลักษณะโคโลนี มีสี pale vinaceous (อมุ่นซีด) จนถึงม่วง เส้นใยเจริญบนอาหาร ลักษณะเป็นปุย นุ่ม ด้านหลังจานอาหารเลี้ยงเชื้อ มีสีเหลืองสว่างจนถึงเหลืองส้ม conidiophore ตั้งตรง ผนังเรียบ ใสไม่มีสี อยู่กันหลวมๆ conidia ขนาด 1.8 µm (Domsch *et al.*, 1980)

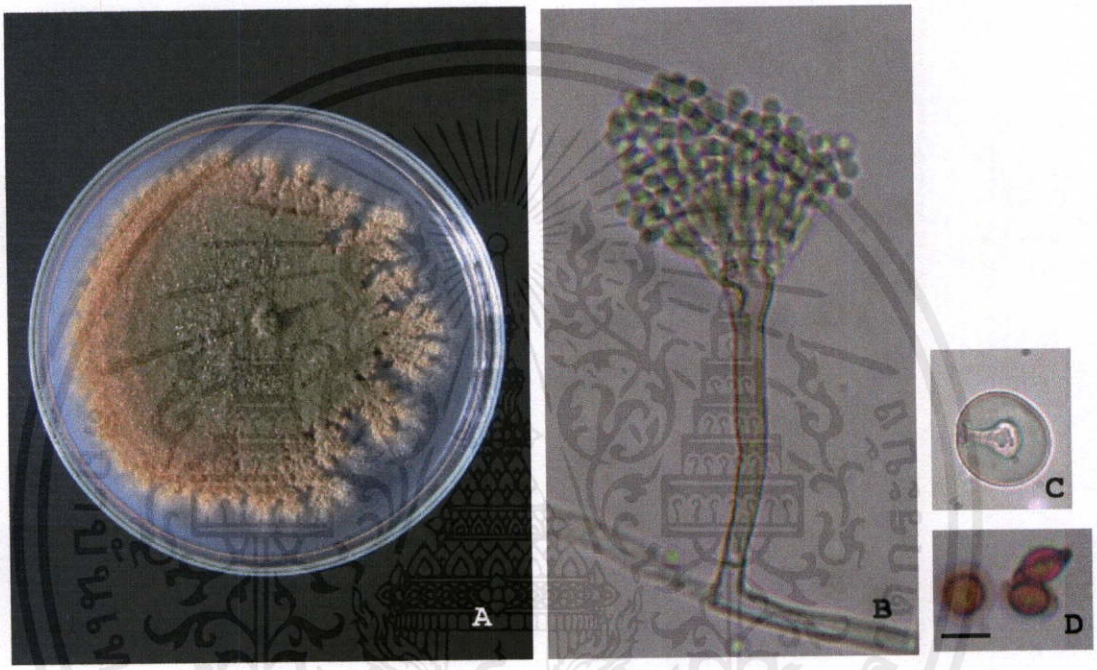



**รูปที่ 4.5** เชื้อรา *Paecilomyces marquandii* บนอาหาร PDA
A = ลักษณะโคโลนี B และ C = ลักษณะโครงสร้างของเชื้อและลักษณะ conidia (400 X)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*Emericella nidulans*

ลักษณะโคโลนีบนอาหาร PDA มีสีเขียวเข้มของ conidia หรือสี brownish ของ ascomata รอบๆ จะมีชั้นสี yellowish ของ hülle cells และมีลักษณะเป็นแบบ globose ส่วน ascospore จะมีสี purple-red ลักษณะคล้ายเมล็ดถั่วแดง ผนังเรียบ ขนาด 3.2-4.5 µm (Domsch *et al.*, 1980)




**รูปที่ 4.6** เชื้อรา *Emericella nidulans* บนอาหาร PDA
A = ลักษณะโคโลนี B= ลักษณะโครงสร้างของเชื้อ C = ลักษณะ Hülle cell
D= ลักษณะ ascospore (400X)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*Penicillium steckii*

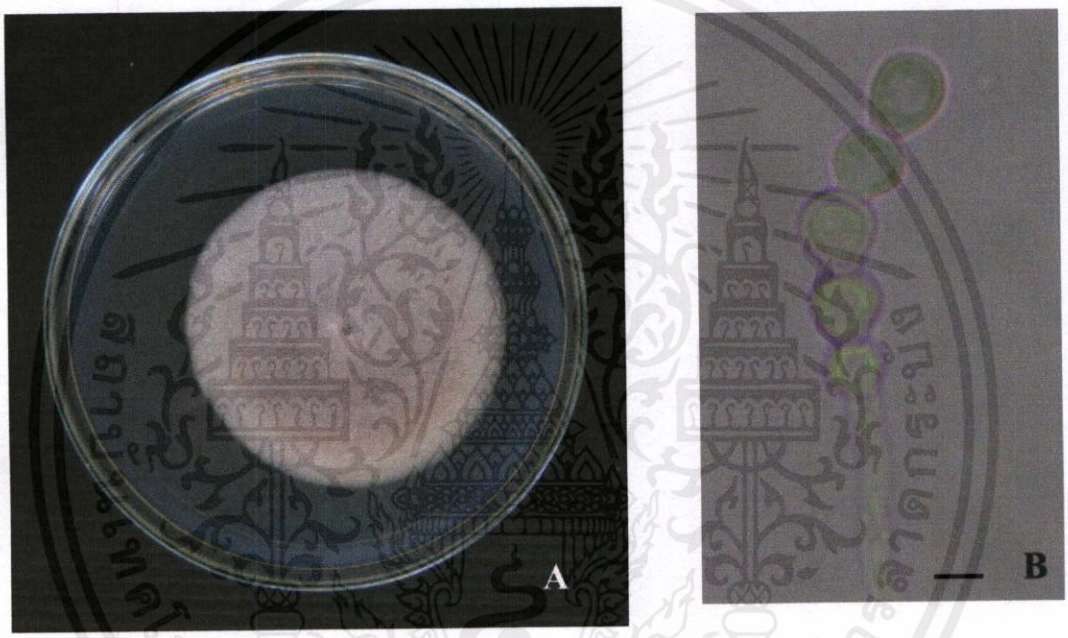
ลักษณะโคโลนี เจริญช้า ด้านหลังจานเลี้ยงเชื้อ ไม่มีสีหรือมีสีเหลืองขุ่นมัว conidia ลักษณะกลมจนถึง subglobose ผนังเรียบหรือมีหนามหยาบละเอียด ขนาด 2.0-2.5 µm (Domsch *et al.*, 1980)

**รูปที่ 4.7** เชื้อรา *Penicillium steckii* บนอาหาร PDA
A = ลักษณะโคโลนี B= ลักษณะโครงสร้างของเชื้อ C = ลักษณะ conidia (400X)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*Monascus* sp.

ลักษณะโคโลนี เจริญเร็ว คล้ายสักหลาดบาง สี grayish orange จนถึงสีแดงเข้ม ascospore แบบ ellipsoidal ใสไม่มีสีหรือสีส้มจางๆ ผนังเรียบ-หนา ascospores แบบ ellipsoidal ลักษณะใสไม่มีสี หรือ มีสีส้มจางๆ ผนังหนาและเรียบ ขนาดประมาณ 7.4 µm conidia ส่วนใหญ่จะสั้นหรือต่อกันเป็นสายยาว ลักษณะ subglobose ถึง pyriform ผนังบาง conidia ใสหรือสี pale brownish บางครั้งผนังบางและขนาดใหญ่ ขนาด 7.4 µm (Domsch *et al.*, 1980)

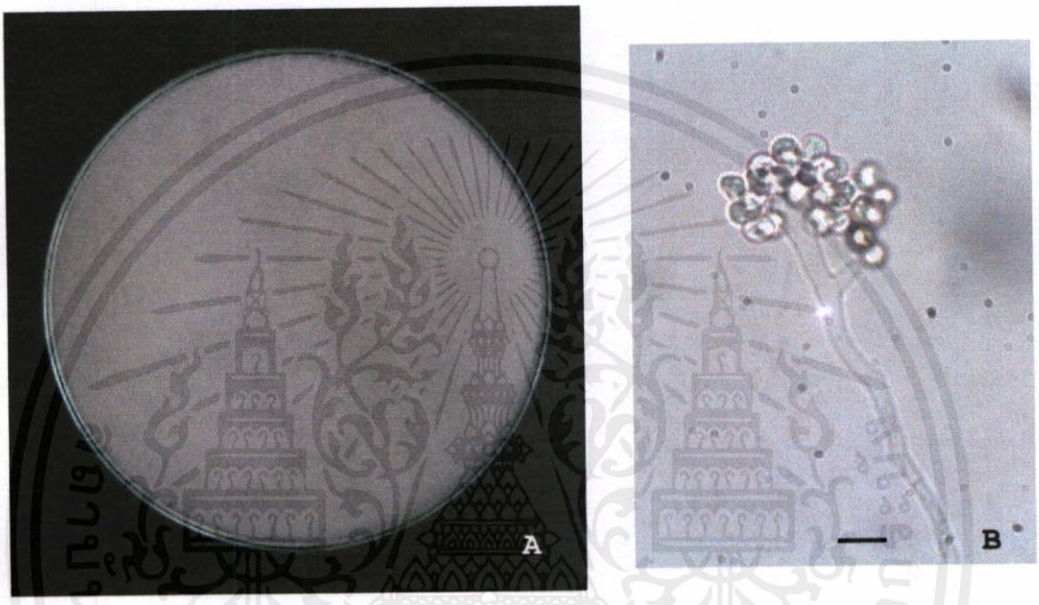



**รูปที่ 4.8** เชื้อรา *Monascus* sp. บนอาหาร PDA
A = ลักษณะโคโลนี B= ลักษณะโครงสร้างของเชื้อ (400x)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*Mucor hiemalis*

ลักษณะโคโลนี สี pale olivaceous-gray ออกสว่าง sporangiophore กว้าง 7-8 µm sporangia สีน้ำตาลดำ columellae ลักษณะกลม ไม่ค่อยพบแบบ ellipsoidal sporangiospores แบบ cylindrical-oblong ขนาด 8.7 µm (Domsch *et al.*, 1980)

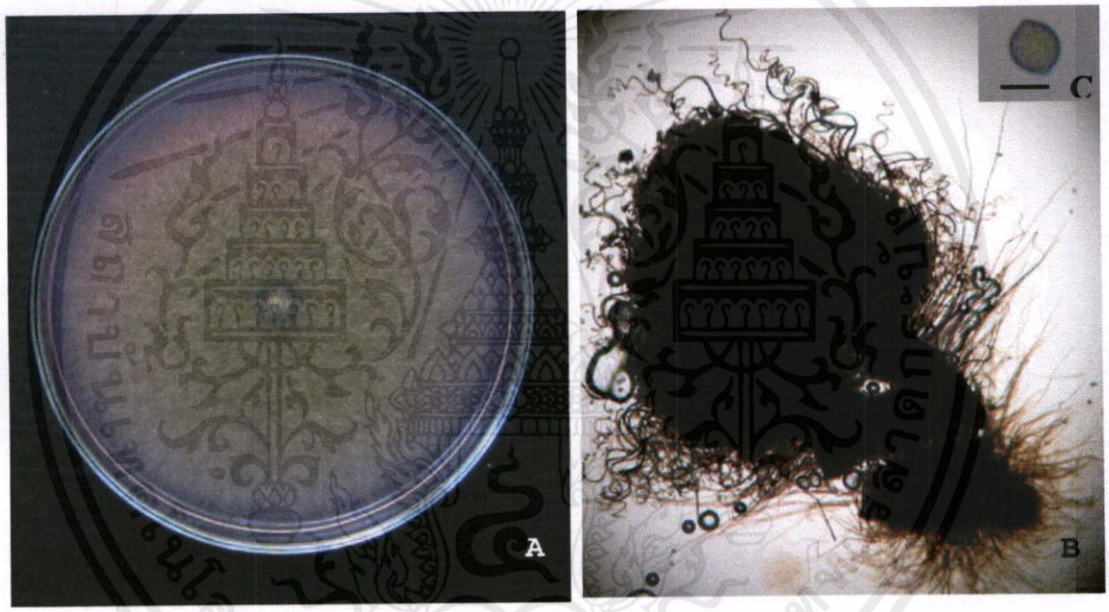



**รูปที่ 4.9** เชื้อรา *Mucor hiemalis* บนอาหาร PDA
A = ลักษณะโคโลนี B= ลักษณะโครงสร้างของเชื้อ(400x)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*Chaetomium subspirale*

โคโลนีเจริญเร็ว ลักษณะคล้ายฝ้าย (cottony) และมีสีขาวในระยะแรก เมื่อโคโลนีแก่จะเป็นสีเทาถึงสีเขียวขี้ม้า เชื้อรานี้มีการปล่อยสีออกมาในอาหาร สีชมพูจนถึงสีแดง asci และ ascospores สังเกตเห็นได้ perithecia มีขนาดใหญ่ สีเขียวเข้มจนถึงดำ เปราะบาง ลักษณะแบบ globose จนถึง flask และมี filamentous มีขน ที่ผิวมี appendages สีน้ำตาลถึงสีดำ perithecia มี ostiloes และภายในมี asci และ ascospores asci มีลักษณะแบบ clavate ถึง cylindrical และจะหายไปอย่างรวดเร็ว จากนั้นก็ปล่อย ascospores ออกมา ascospore 1 cell มีสีน้ำตาลเขียวขี้ม้า ลักษณะ lemon shape ขนาด 3.5 µm

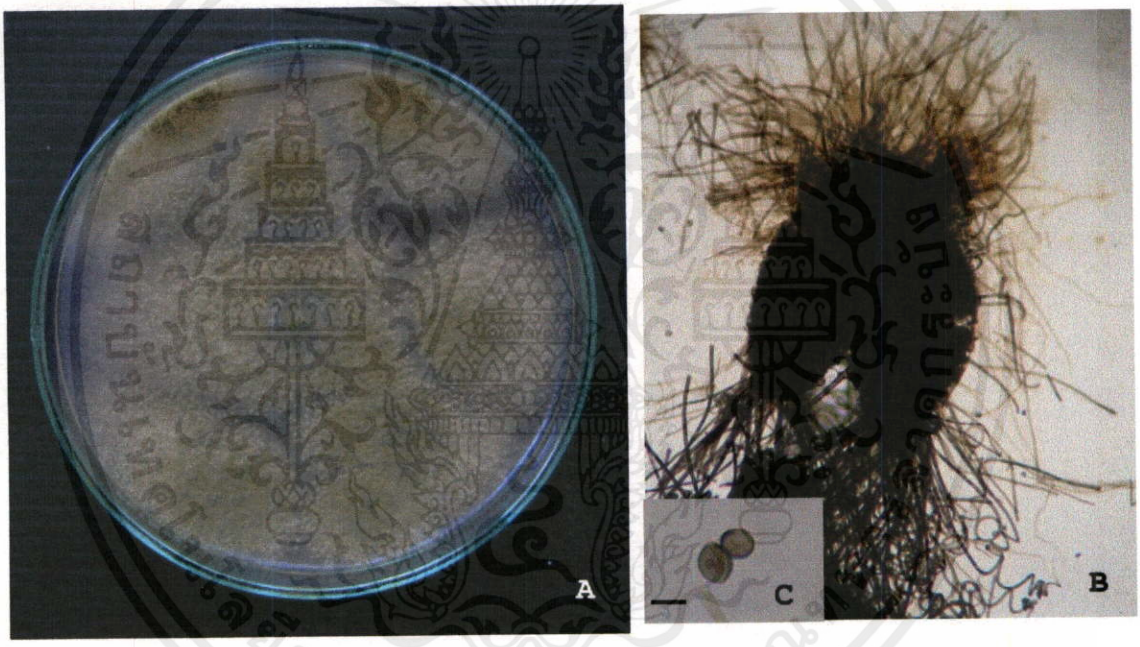



**รูปที่ 4.10** เชื้อรา *Chaetomium subspirale* บนอาหาร PDA
A=ลักษณะโคโลนี B= ลักษณะ Perithecia ของเชื้อ (100x) C=ลักษณะ ascospore (400X)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*Chaetomium lucknowense*

โคโลนีเจริญเร็ว ลักษณะคล้ายฝ้าย (cottony) และมีสีขาวในระยะแรก เมื่อโคโลนีแก่จะเป็นสีเทาถึงสีเขียวขี้ม้า เชื้อรานี้มีการปล่อยสีออกมาในอาหาร สีแดง หรือสีน้ำตาลไหม้ asci และ ascospores สังเกตเห็นได้ perithecia มีขนาดใหญ่ สีเขียวเข้มจนถึงดำ เปราะบาง ลักษณะแบบ globose จนถึง flask และมี filamentous มีขน ที่ผิวมี appendages สีน้ำตาลถึงสีดำ perithecia มี ostiloes และภายในมี asci และ ascospores asci มีลักษณะแบบ clavate ถึง cylindrical และจะหายไปอย่างรวดเร็ว จากนั้นก็ปล่อย ascospores ออกมา ascospore 1 cell มีสีน้ำตาลเขียวขี้ม้า ลักษณะ lemon shape ขนาด 3.3 µm




**รูปที่ 4.11** เชื้อรา *Chaetomium lucknowense* บนอาหาร PDA

A= ลักษณะโคโลนี B= ลักษณะ Perithecia (100x) C=ลักษณะ ascospore (400X)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.3 ประสิทธิภาพของเถ้าชีวภาพ (Biological ash) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

จากการทดลองประสิทธิภาพของเถ้าชีวภาพซึ่งผสมเชื้อรา จำนวน 11 สายพันธุ์ คือ *Aspergillus kanagawaensis*, *Pseudoeurotium ovale*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma hamatum*, *Paecilomyces marquandii*, *Emericella nidulans*, *Penicillium steckii*, *Monascus* sp., *Mucor hiemalis* , *Chaetomium subspirale* และ *Chaetomium.lucknowense* โดยทดลองปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ตามวิธีการต่างๆคือ วิธีการที่ 1 ไม่ใช้อะไร (control) วิธีการที่ 2 ใช้เถ้าถ่านหินจากโรงไฟฟ้า อัตรา 50 กก./ไร่ วิธีการที่ 3 ใช้เถ้าชีวภาพ อัตรา 25 กก./ไร่ วิธีการที่ 4 ใช้เถ้าชีวภาพ อัตรา 50 กก./ไร่ และวิธีการที่ 5 ใช้เถ้าชีวภาพ อัตรา 75 กก./ไร่ ในสภาพดินเหนียวเขตลาดกระบัง พบว่าในวิธีการที่ใช้เถ้าชีวภาพทุกอัตรา (25, 50 และ 75 กก.ต่อไร่) ต้นข้าวมีการเจริญเติบโตด้านความสูง การแตกกอ จำนวนรวงข้าวต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนักเมล็ดต่อรวง และน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด(ผลผลิต) ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการที่ใช้เถ้าถ่านหินอย่างเดียวและวิธีการเปรียบเทียบ (control) จากการทดลองพบว่าการใช้เถ้าชีวภาพในอัตรา 75 กก.ต่อไร่สามารถเพิ่มน้ำหนักเมล็ดข้าวทั้งหมด(ผลผลิต) ได้ 56 %

**ความสูง**

จากการทดลองพบว่าต้นข้าวเจริญเติบโตทางด้านความสูง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ หลังจากปลูกได้ 15, 30 และ 45 วัน การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่อายุ 15 วัน พบว่า การใช้เถ้าชีวภาพ ที่อัตรา 75 กก./ไร่ ข้าวมีความสูง 16.70 ซม. ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับในวิธีการที่ใช้เถ้าชีวภาพ ที่อัตรา 50, 25, การใช้ถ่านหิน 50 กก./ไร่ และวิธีการที่ไม่ใช้ กล่าวคือข้าวมีความสูง 15.29, 15.67, 15.84 และ 15.25 ซม. ตามลำดับ และเมื่อต้นข้าวที่อายุ 30 วันหลังการปลูก พบว่า การใช้เถ้าชีวภาพ ที่อัตรา 75 กก./ไร่ ข้าวมีความสูง 20.88 ซม. ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับในวิธีการที่ใช้เถ้าชีวภาพ ที่อัตรา 50, 25, การใช้ถ่านหิน 50 กก./ไร่ และวิธีการที่ไม่ใช้ กล่าวคือข้าวมีความสูง 19.83, 19.41, 19.66 และ 19.44 ซม.ตามลำดับ และเมื่อต้นข้าวที่อายุ 45 วันหลังการปลูก พบว่า การใช้เถ้าชีวภาพ ที่อัตรา 75 กก./ไร่ ข้าวมีการเจริญเติบโตสูงสุด มีความสูง 39.54 ซม. รองลงมาคือ การใช้เถ้าชีวภาพ ในอัตรา 50 , 25 กก./ไร่ มีความสูงเท่ากับ 35.62 และ 35.59 ซม. ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับ การใช้เถ้าถ่านหิน ที่อัตรา 50 กก./ไร่ และวิธีการที่ไม่ใช้

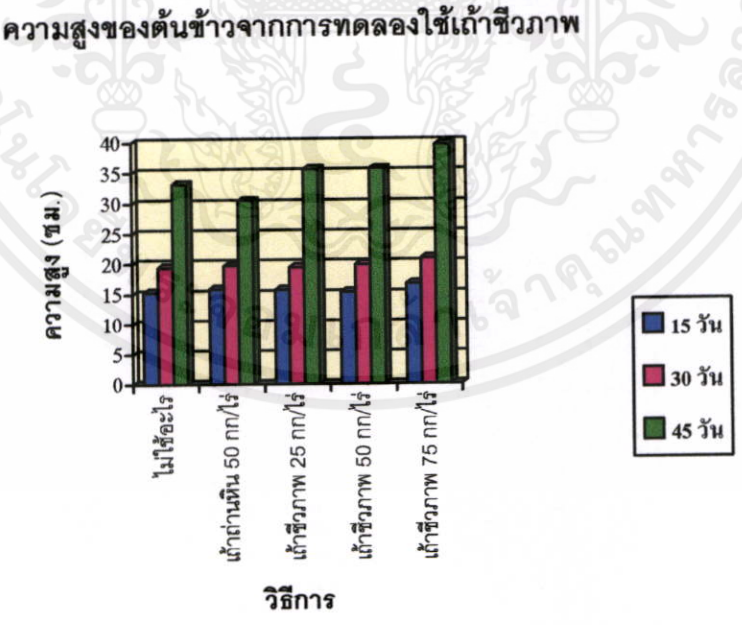
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวคือข้าวมีความสูงเท่ากับ 30.46 และ 33.15 ซม. ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 และรูปที่ 4.12

**ตารางที่ 2** ความสูงของต้นข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ

| วิธีการ | ความสูง(ซม) | | |
|---|---|---|---|
| | 15 วัน | 30 วัน | 45 วัน |
| ไม่ใช้อะไร | 15.25b[1] | 19.44b | 33.15bc |
| เถ้าถ่านหิน 50 กก./ไร่ | 15.84ab | 19.66b | 30.46c |
| เถ้าชีวภาพ 25 กก./ไร่ | 15.67ab | 19.41b | 35.59ab |
| เถ้าชีวภาพ 50 กก./ไร่ | 15.29b | 19.83ab | 35.62ab |
| เถ้าชีวภาพ 75 กก./ไร่ | 16.70a | 20.88a | 39.54a |
| C.V.(%) | 6.54 | 4.52 | 9.45 |

[1]ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติโดยเปรียบเทียบ treatment แบบ Duncan Multiple Range Test ที่ P=0.05




**รูปที่ 4.12** ความสูงของต้นข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปริมาณการแตกกอ**

จากการทดลองพบว่าในวิธีการที่ใช้เถ้าชีวภาพ ในอัตรา 50 และ 75 กก./ไร่ ที่อายุ 45 วัน มีการแตกกอ (จำนวนต้นต่อกอ) ดีที่สุด คือ 7.14 และ 7.05 ต้นต่อกอ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P=0.05 รองลงมาคือการใช้เถ้าชีวภาพในอัตรา 25 กก/ไร่ ที่อายุ 45 วัน ข้าวแตกกอ เท่ากับ 6.49 ต้นต่อกอ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการใช้เถ้าถ่านหินอย่างเดียวในอัตรา 50 กก./ไร่ และวิธีการเปรียบเทียบ(control) มีจำนวน 5.55 และ 6.18 ต้นต่อกอ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3 และรูปที่ 4.13

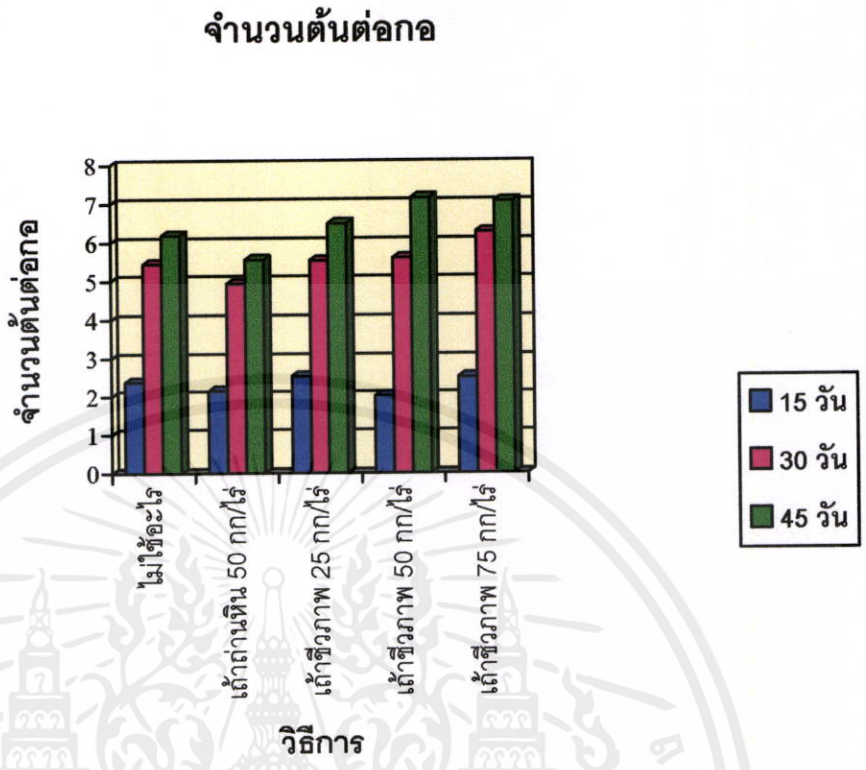
อย่างไรก็ตามในทุกวิธีการไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ภายหลังปลูกข้าวได้ 15 วัน แต่ที่อายุ 30 วัน พบว่าวิธีการใช้เถ้าชีวภาพ ในอัตรา 75 กก./ไร่ มีการแตกกอดีที่สุด คือ 6.27 ต้นต่อกอ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธการอื่นๆ รองลงมาคือ การใช้เถ้าชีวภาพในอัตรา 50,25 การใช้เถ้าถ่านหินในอัตรา 50 กก./ไร่ และไม่ใช้วิธีการใด (control) กล่าวคือมีการแตกกอ 5.59, 5.53, 4.93 และ 5.44 ต้นต่อกอตามลำดับ

**ตารางที่ 3** จำนวนต้นต่อกอจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ

| วิธีการ | จำนวนต้นต่อกอ | | |
|---|---|---|---|
| | 15 วัน | 30 วัน | 45 วัน |
| ไม่ใช้อะไร | 2.38a[1] | 5.44ab | 6.18bc |
| เถ้าถ่านหิน 50 กก./ไร่ | 2.14a | 4.93b | 5.55c |
| เถ้าชีวภาพ 25 กก./ไร่ | 2.53a | 5.53ab | 6.49ab |
| เถ้าชีวภาพ 50 กก./ไร่ | 2.01a | 5.59ab | 7.14a |
| เถ้าชีวภาพ 75 กก./ไร่ | 2.51a | 6.27a | 7.05a |
| C.V.(%) | 18.71 | 15.88 | 10.16 |

[1]ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติโดยเปรียบเทียบ treatment แบบ Duncan Multiple Range Test ที่ P=0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.13** จำนวนต้นต่อกอ จากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ

**ปริมาณเมล็ดต่อรวง**

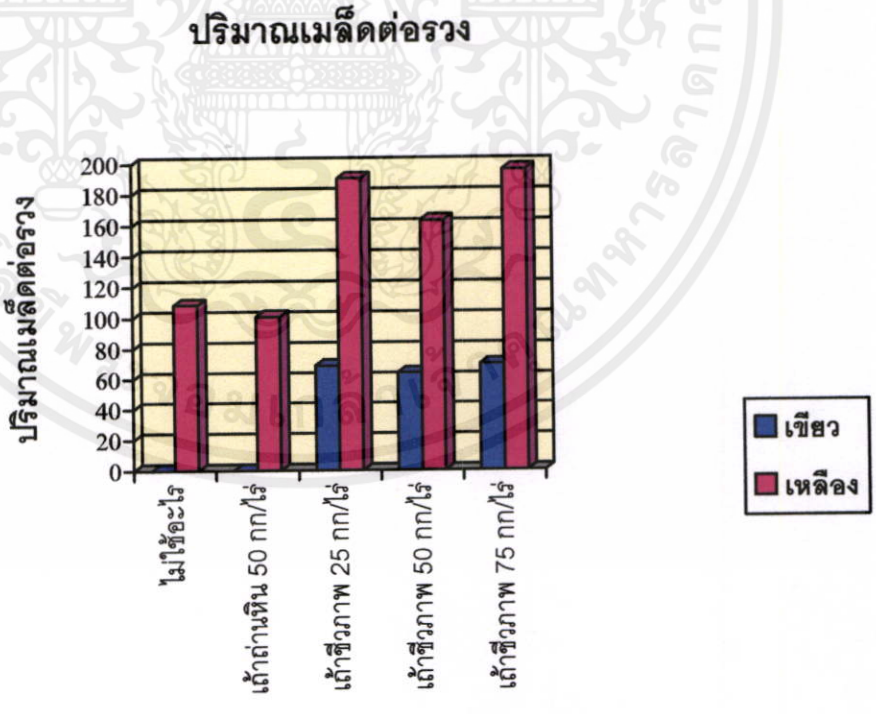
จากการทดลองพบว่าในวิธีการใช้เถ้าชีวภาพในอัตรา 75, 50 และ 25 กก./ไร่ มีปริมาณเมล็ดต่อรวงมากที่สุด คือ 265.75, 227.25 และ 259.00 เมล็ดต่อรวง ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เถ้าถ่านหินในอัตรา 50 กก./ไร่และวิธีการเปรียบเทียบ คือมีปริมาณเท่ากับ 100.75 และ 108.50 เมล็ดต่อรวงตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4 และรูปที่ 4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4** ปริมาณเมล็ดต่อรวงจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ

| วิธีการ | ปริมาณเมล็ดต่อรวง | | รวมทั้งหมด |
|---|---|---|---|
| | เขียว | เหลือง | |
| ไม่ใช้อะไร | 0.00b[1] | 108.50b[1] | 108.50b |
| เถ้าถ่านหิน 50 กก./ไร่ | 0.00b | 100.75b | 100.75b |
| เถ้าชีวภาพ 25 กก./ไร่ | 68.75a | 190.25a | 259.00a |
| เถ้าชีวภาพ 50 กก./ไร่ | 64.00a | 163.25a | 227.25a |
| เถ้าชีวภาพ 75 กก./ไร่ | 69.75a | 196.00a | 265.75a |
| C.V.(%) | 31.53 | 20.98 | 17.27 |

[1]ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยเปรียบเทียบ treatment แบบ Duncan Multiple Range Test ที่ P=0.05




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 4.14** ปริมาณเมล็ดต่อรวงจากการทดลองเถ้าชีวภาพ

**น้ำหนักเมล็ดต่อรวง**

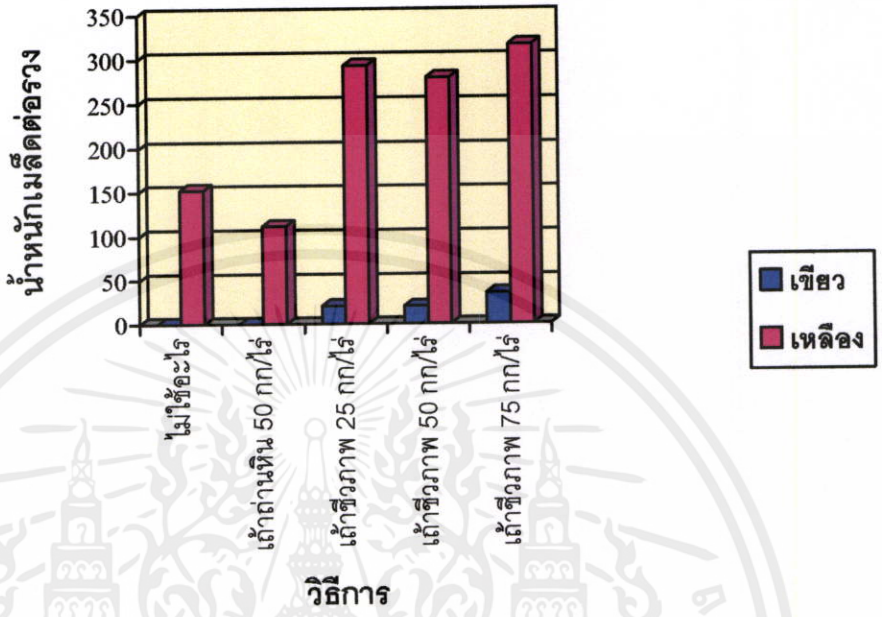
จากการทดลองพบว่าการใช้เถ้าชีวภาพในทุกอัตราคือ 75, 50 และ 25 กก./ไร่ มีน้ำหนักเมล็ดต่อรวงมากที่สุด คือ 351.18, 299.25 และ 313.57 กรัม ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เถ้าถ่านหินในอัตรา 50 กก./ไร่และไม่ใช้วิธีการใด (control) กล่าวคือมีน้ำหนักเมล็ดต่อรวงเท่ากับ 111.32 และ 152.44 กรัม ดังแสดงในตารางที่ 5 และรูปที่ 4.15 นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้เถ้าชีวภาพในอัตรา 75, 50 และ 25 กก./ไร่ สามารถเพิ่มน้ำหนักเมล็ดต่อรวง ได้ 56.59, 49.05 และ 51.38 % ตามลำดับ

**ตารางที่ 5** น้ำหนักเมล็ดต่อรวงจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ

| วิธีการ | น้ำหนักเมล็ดต่อรวง(กรัม) | น้ำหนักเมล็ดต่อรวง(กรัม) | น้ำหนักเมล็ดรวม (กรัม) | เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักเมล็ด |
|---|---|---|---|---|
| | เมล็ดเขียว | เมล็ดเหลือง | | |
| ไม่ใช้อะไร | 0.00b[1] | 152.44b | 152.44b | - |
| เถ้าถ่านหิน 50 กก./ไร่ | 0.00b | 111.32b | 111.32b | - |
| เถ้าชีวภาพ 25 กก./ไร่ | 20.66a | 292.91a | 313.57a | 51.38 |
| เถ้าชีวภาพ 50 กก./ไร่ | 20.08a | 279.17a | 299.25a | 49.05 |
| เถ้าชีวภาพ 75 กก./ไร่ | 35.02a | 316.16a | 351.18a | 56.59 |
| C.V.(%) | 28.31 | 26.62 | 23.97 | - |

[1]ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติโดยเปรียบเทียบ treatment แบบ Duncan Multiple Range Test ที่ P=0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.15** น้ำหนักเมล็ดต่อรวงจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ

**จำนวนรวงต่อกอ**

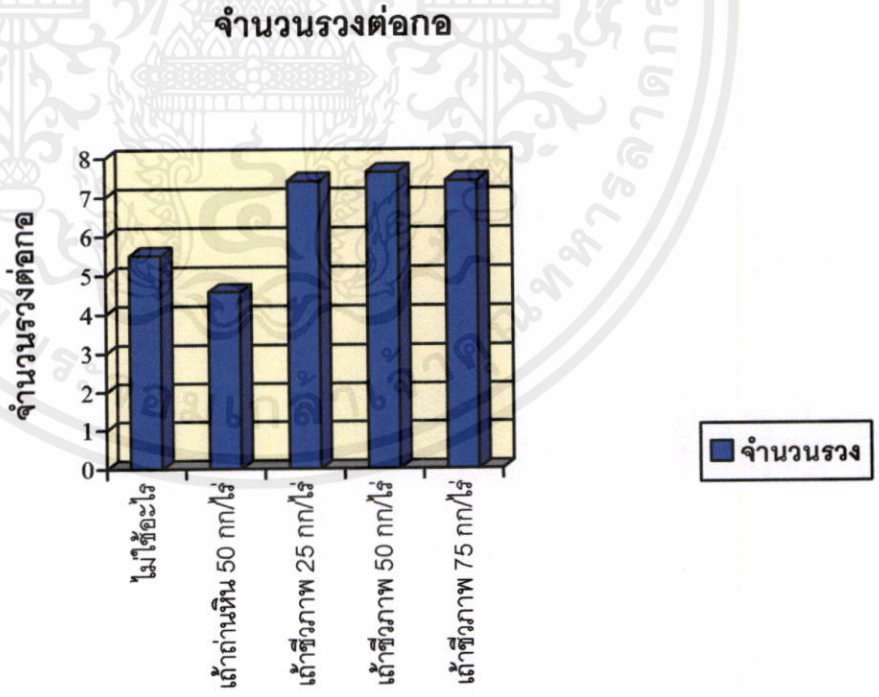
จากการทดลองพบว่าการใช้เถ้าชีวภาพในทุกอัตราคือ 75, 50 และ 25 กก./ไร่ มีจำนวนรวงต่อกอ มากที่สุด คือ 7.40, 7.63 และ 7.39 รวงต่อกอ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เถ้าถ่านหินในอัตรา 50 กก./ไร่และไม่ใช้วิธีการใด (control) กล่าวคือมีจำนวนรวงต่อกอ เท่ากับ 4.56 และ 5.50 รองต่อกอ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 6 และรูปที่ 4.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 6** จำนวนรวงต่อกอจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ

| วิธีการ | จำนวนรวงต่อกอ |
|---|---|
| ไม่ใช้อะไร | 5.50b[1] |
| เถ้าถ่านหิน 50 กก./ไร่ | 4.56b |
| เถ้าชีวภาพ 25 กก./ไร่ | 7.39a |
| เถ้าชีวภาพ 50 กก./ไร่ | 7.63a |
| เถ้าชีวภาพ 75 กก./ไร่ | 7.40a |
| C.V.(%) | 14.71 |

[1]ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติโดยเปรียบเทียบ treatment แบบ Duncan Multiple Range Test ที่ P=0.05




**รูปที่ 4.16** จำนวนรวงต่อกอจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลของเถ้าชีวภาพที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของข้าว

จากการใช้เถ้าถ่านหินอบฆ่าเชื้อ แล้วผสมของเชื้อราที่มีประโยชน์ จำนวน 11 สายพันธุ์ คือ *Aspergillus kanagawaensis*, *Pseudoeurotium ovale*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma hamatum*, *Paecilomyces marquandii*, *Emericella nidulans*, *Penicillium steckii*, *Monascus* sp., *Mucor hiemalis* , *Chaetomium subspirale* และ *Chaetomium. lucknowense* ทำการหมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วัน เรียกว่า เถ้าชีวภาพ (bio-ash) เมื่อนำไปใส่ในดินปลูกข้าว และเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในดินที่ใส่เถ้าถ่านหินและดินที่ใส่เถ้าชีวภาพ เป็นเวลา 30 วัน พบว่า ดินที่ใส่เถ้าถ่านหินจากโรงไฟฟ้า (bottom ash) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH, 1:1) เท่ากับ 4.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC,1:1) เท่ากับ 325 uS/cm อินทรียวัตถุ เท่ากับ 0.69 % ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) เท่ากับ 5.70 ppm โพแทสเซียม (K) เท่ากับ 94.2 ppm แคลเซี่ยม (Ca) เท่ากับ 882 แมกนีเซียม (Mg) เท่ากับ 863 เหล็ก(Fe) เท่ากับ 64.8 ppm สังกะสี (Zn) เท่ากับ 0.17 ppm โบรอน (B) เท่ากับ 0.41 ppm และคลอไรด์ (Cl) เท่ากับ 8.67 ppm

ในขณะที่ดินที่ใส่เถ้าชีวภาพ มีจุลินทรีย์ทั้งหมด 11 สายพันธุ์คลุกเคล้าและหมักไว้ 30 วัน เป็นเถ้าชีวภาพ (Bio-ash) พบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH, 1:1) เท่ากับ 5.41 ค่าการนำไฟฟ้า (EC,1:1) เท่ากับ 7430 uS/cm อินทรียวัตถุ ท่ากับ 2.95 % ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) เท่ากับ 240 ppm โพแทสเซียม (K) เท่ากับ 925 ppm แคลเซี่ยม (Ca) เท่ากับ 754 แมกนีเซียม (Mg) เท่ากับ 816 เหล็ก(Fe) เท่ากับ 72.2 ppm มังกานีส (Mn) เท่ากับ 17.4 ppm สังกะสี (Zn) เท่ากับ 2.22 ppm โบรอน (B) เท่ากับ 0.63 ppm และคลอไรด์ (Cl) เท่ากับ 4663 ppm ดังแสดงในตารางที่ 7

อย่างไรก็ตามจากการทดลองชี้ให้เห็นว่าจุลินทรีย์ที่นำมาใช้มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายธาตุอาหารต่างๆ ในดินปลูกข้าว มีผลทำให้มีคุณสมบัติทางเคมีและธาตุอาหารเพิ่มขึ้น กล่าวคือ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH, 1:1) เพิ่มขึ้น 22.36 % ค่าการนำไฟฟ้า (EC,1:1) เพิ่มขึ้น 95.62% อินทรียวัตถุ เพิ่มขึ้น 77.28 % ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) เพิ่มขึ้น 97.62 % โพแทสเซียม (K) เพิ่มขึ้น 89.81 % เหล็ก(Fe) เพิ่มขึ้น 42.52 % มังกานีส (Mn) เพิ่มขึ้น 6.89 % สังกะสี (Zn) เพิ่มขึ้น 51.80 % โบรอน (B) เพิ่มขึ้น 34.92 % และคลอไรด์ (Cl) เพิ่มขึ้น 99.81 % จะเห็นได้ว่าจุลินทรีย์ทั้ง 11 สายพันธุ์ มีบทบาทต่อการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารมนดินให้มีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 7** ผลการวิเคราะห์ดินที่ใส่เถ้าถ่านหิน (Bottom ash) และดินที่ใส่เถ้าชีวภาพ (Bio-ash) ในการปลูกข้าว

| | Unit | Soil treated with bottom ash | Soil treated with bio-ash | Increase (%) |
|---|---|---|---|---|
| pH, 1:5 | - | 4.20 | 5.41 | 22.36 |
| EC, 1:5 | µS/cm | 325 | 7430 | 95.62 |
| Organic matter | % | 0.67 | 2.95 | 77.28 |
| P | ppm | 5.70 | 240 | 97.62 |
| K | ppm | 94.2 | 925 | 89.81 |
| Ca | ppm | 882 | 754 | - |
| Mg | ppm | 863 | 816 | - |
| Fe | ppm | 64.8 | 72.2 | 42.52 |
| Mn | ppm | 16.2 | 17.4 | 6.89 |
| Zn | ppm | 1.07 | 2.22 | 51.80 |
| B | ppm | 0.41 | 0.63 | 34.92 |
| Cl | ppm | 8.67 | 4663 | 99.81 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 4.17** การทดลองใช้เถ้าชีวภาพในการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

**รูปที่ 4.18** การทดลองใช้เถ้าชีวภาพในการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่อายุ 20 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 4.19** การทดลองใช้เถ้าชีวภาพในการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่อายุ 30 วัน

**รูปที่ 4.20** การทดลองใช้เถ้าชีวภาพในการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่อายุ 40 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 4.21** การทดลองใช้เถ้าชีวภาพในการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่อายุ 50 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการตรวจวิเคราะห์เถ้าถ่านหินจากโรงไฟฟ้าหรือเถ้าหนัก (bottom ash) ปรากฏว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH, 1:1) เท่ากับ 12.40 ค่าการนำไฟฟ้า (EC,1:1) เท่ากับ 7760 uS/cm อินทรียวัตถุ ท่ากับ 1.39 % ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) เท่ากับ 15.2 ppm โพแทสเซียม (K) เท่ากับ 189 ppm แคลเซี่ยม (Ca) เท่ากับ 67659 แมกนีเซียม (Mg) เท่ากับ 877 เหล็ก(Fe) เท่ากับ 127 ppm สังกะสี (Zn) เท่ากับ 0.19 ppm โบรอน (B) เท่ากับ 51.7 ppm และคลอไรด์ (Cl) เท่ากับ 198 ppm ซึ่งเถ้าหนักดังกล่าวได้มาจากถ่านหินที่เกิดจากการทับถมกันของซากพืชเป็นล้านปีซึ่งเมื่อผ่านอุณหภูมิสูง 1,100 – 1,400 องศาเซียลเซียส จะเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพแร่หลายชนิดเป็นอ๊อกไซด์ ดังนั้นเถ้าถ่านหินจึงมีธาตุอาหารที่มีประโยชน์ต่อพืชซึ่งพบจากการวิเคราะห์ดังกล่าวและจะเห็นว่าเมื่อใช้จุลินทรีย์ทั้งหมดจำนวน 11 สายพันธุ์ คือ *Aspergillus kanagawaensis*, *Pseudoeurotium ovale*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma hamatum*, *Paecilomyces marquandii*, *Emericella nidulans*, *Penicillium steckii*, *Monascus* sp., *Mucor hiemalis* , *Chaetomium subspirale* และ *Chaetomium.lucknowense* คลุกเคล้าและหมักไว้ 30 วัน ซึ่งเรียกว่าเถ้าชีวภาพ (Bio-ash) จะเห็นอย่างชัดเจนว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงในปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอย่างชัดเจน กล่าวคือมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH, 1:1) เท่ากับ 12.48 ค่าการนำไฟฟ้า (EC,1:1) เท่ากับ 11030 uS/cm อินทรียวัตถุ ท่ากับ 0.25 % ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) เท่ากับ 15.7 ppm โพแทสเซียม (K) เท่ากับ 784 ppm แคลเซี่ยม (Ca) เท่ากับ 67412 แมกนีเซียม (Mg) เท่ากับ 877 เหล็ก(Fe) เท่ากับ 160 ppm สังกะสี (Zn) เท่ากับ 0.23 ppm โบรอน (B) เท่ากับ 32.6 ppm และคลอไรด์ (Cl) เท่ากับ 4037 ppm จะเห็นชัดเจนว่าทำให้มีคุณสมบัติทางเคมีและธาตุอาหารเพิ่มขึ้น กล่าวคือ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH, 1:1) เพิ่มขึ้น 0.64 % ค่าการนำไฟฟ้า (EC,1:1) เพิ่มขึ้น 29.64% อินทรียวัตถุ เพิ่มขึ้น 82.01 % ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) เพิ่มขึ้น 3.18 % โพแทสเซียม (K) เพิ่มขึ้น 78.27เหล็ก(Fe) เพิ่มขึ้น 20.62 % สังกะสี (Zn) เพิ่มขึ้น 17.39 % และคลอไรด์ (Cl) เพิ่มขึ้น 95.09 % กล่าวได้ว่าจุลินทรีย์มีบทบาทสำคัญต่อการย่อยสลายแร่ธาตุให้อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่ง Soytong, K. (2004) รายงานว่าจากการคัดเลือกสายพันธุ์เชื้อราที่สร้างเอนไซม์ amylase, cellulose, protease และ ligninase และนำมาผสมกับปุ๋ยอินทรีย์ ปรากฏว่าเชื้อรา *T. harzianum* Thz-Bio-01 สามารถสร้างเอนไซม์ cellulose, protease และ ligninase เชื้อรา *T. hamatum* Thm-01 สามารถสร้างเอนไซม์ amylase, cellulose และ ligninase เชื้อรา *P. variabile* PV สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างเอนไซม์ amylase และ cellulose เชื้อรา *A. oryzae* AsO สามารถสร้างเอนไซม์ amylase, cellulose และ protease เชื้อรา *Aspergillus terreus* Ast สามารถสร้างเอนไซม์ amylase, cellulose และ protease เชื้อรา *M. circinelloides* MC สามารถสร้างเอนไซม์ amylase, cellulose และ ligninase เชื้อรา *C. lucknowense* CL สามารถสร้างเอนไซม์ amylase, cellulose, protease และ ligninase เชื้อรา *E. nidulans* EN สามารถสร้างเอนไซม์ amylase, cellulose, protease และ ligninase เชื้อรา *E. rugulosa ER* สามารถสร้างเอนไซม์ amylase, protease และ ligninase *E. chevalieri* EC สามารถสร้างเอนไซม์ amylase และ protease เชื้อรา *E. herbariorum* EH สามารถสร้างเอนไซม์ amylase, cellulose, protease และ ligninase เชื้อรา *A. oligospora* AO สามารถสร้างเอนไซม์ amylase, cellulose, protease และ ligninase นอกจากนี้ยังรายงานว่าเชื้อราที่ผสมในปุ๋ยอินทรีย์มีคุณสมบัติที่สามารถเจริญร่วมกันได้เป็นอย่างดี (synergistic effect) และไม่เป็นปฏิปักษ์ต่อกัน (antagonistic effect) จึงสามารถเจริญอยู่ร่วมกันได้ เมื่อผสมอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์ จะมีคุณสมบัติในการย่อยสลายองค์ประกอบของซากพืชซากสัตว์และสารอินทรีย์ในดินให้มีขนาดเล็กลง โดยการปลดปล่อยเอ็นไซม์ออกมาย่อยสลาย มีผลให้เพิ่มอินทรียวัตถุและธาตุอาหารในดินเพิ่มมากขึ้น

และเมื่อนำเถ้าชีวภาพ (biological ash) มาทดลองใช้ในการปลูกข้าว พันธุ์ปทุมธานี 1 จะเห็นอย่างชัดเจนว่าต้นข้าวเจริญเติบโตทางด้านความสูง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ หลังจากปลูกได้ 15, 30 และ 45 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการที่ไม่ใช้ (การทดลองเปรียบเทียบ) รวมถึงปริมาณการแตกกอในวิธีการที่ใช้เถ้าชีวภาพ ในอัตรา 50 และ 75 กก./ไร่ ที่อายุ 45 วัน มีการการแตกกอ(จำนวนต้นต่อกอ) ดีที่สุด คือ 7.14 และ 7.05 ต้นต่อกอ และวิธีการเปรียบเทียบ(control) มีจำนวน 5.55 และ 6.18 ต้นต่อกอ ตามลำดับ และจากการทดลองยังพบว่าปริมาณเมล็ดต่อรวงในวิธีการใช้เถ้าชีวภาพในอัตรา 75, 50 และ 25 กก./ไร่ มีปริมาณเมล็ดต่อรวงมากที่สุด คือ 265.75, 227.25 และ 259.00 เมล็ดต่อรวง ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เถ้าถ่านหินในอัตรา 50 กก./ไร่และวิธีการเปรียบเทียบ คือมีปริมาณเท่ากับ 100.75 และ 108.50 เมล็ดต่อรวงตามลำดับ ผลที่ตามมาคือ จำนวนรวงต่อกอในการใช้เถ้าชีวภาพในทุกอัตราคือ 75, 50 และ 25 กก./ไร่ มีจำนวนรวงต่อกอ มากที่สุด คือ 7.40, 7.63 และ 7.39 รวงต่อกอ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เถ้าถ่านหินในอัตรา 50 กก./ไร่และไม่ใช้วิธีการใด(control) มีจำนวนรวงต่อกอ เท่ากับ 4.56 และ 5.50 รองต่อกอ ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่าการใช้เถ้าชีวภาพ (biological ash) มีผลต่อการผลิตข้าวและสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้อย่างชัดเจน ซึ่ง ศุภวัฒน์ โกวะประดิษฐ์ (2548 ) เคยทดลองและรายงานว่าใช้เถ้าถ่านหินธรรมดา(bottom ash) สามารถเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังได้ จึงกล่าวได้ว่าการนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ทั้ง 11 สายพันธุ์มาผสมทำเป็นเถ้าชีวภาพ (biological ash) จะสามารถนำไปใช้ในการเพิ่มผลผลิตของข้าวได้เป็นอย่างดี และการใช้เถ้าชีวภาพทำให้ที่ข้าวเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงกว่าการใช้เถ้าถ่านหินและการทดลองเปรียบเทียบ ชี้ให้เห็นว่า จุลินทรีย์จำนวน 11 สายพันธุ์ มีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของข้าว

จากการใช้เถ้าถ่านหินอบฆ่าเชื้อ แล้วผสมของเชื้อราที่มีประโยชน์ จำนวน 11 สายพันธุ์ คือ *Aspergillus kanagawaensis*, *Pseudoeurotium ovale*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma hamatum*, *Paecilomyces marquandii*, *Emericella nidulans*, *Penicillium steckii*, *Monascus* sp., *Mucor hiemalis* , *Chaetomium subspirale* และ *Chaetomium. lucknowense* ทำการหมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วัน เรียกว่า เถ้าชีวภาพ (bio-ash) เมื่อนำไปใส่ในดินปลูกข้าว และเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในดินที่ใส่เถ้าถ่านหินและดินที่ใส่เถ้าชีวภาพ เป็นเวลา 30 วัน จากการทดลองชี้ให้เห็นว่าจุลินทรีย์ที่นำมาใช้มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายธาตุอาหารต่างๆในดินปลูกข้าว มีผลทำให้มีคุณสมบัติทางเคมีและธาตุอาหารในดินเพิ่มขึ้น กล่าวคือ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH, 1:1) เพิ่มขึ้น 22.36 % ค่าการนำไฟฟ้า (EC,1:1) เพิ่มขึ้น 95.62% อินทรียวัตถุ เพิ่มขึ้น 77.28 % ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) เพิ่มขึ้น 97.62 % โพแทสเซียม (K) เพิ่มขึ้น 89.81 % เหล็ก(Fe) เพิ่มขึ้น 42.52 % มังกานีส (Mn) เพิ่มขึ้น 6.89 % สังกะสี (Zn) เพิ่มขึ้น 51.80 % โบรอน (B) เพิ่มขึ้น 34.92 % และคลอไรด์ (Cl) เพิ่มขึ้น 99.81 % นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้เถ้าชีวภาพ (biological ash) ซึ่งมีผลทำให้ดินปลูกมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นจาก 0.67 เป็น 2.85 % และเมื่อใช้ในอัตรา 75, 50 และ 25 กก./ไร่ สามารถเพิ่มน้ำหนักเมล็ดต่อรวง ได้ 56.59, 49.05 และ 51.38 % ตามลำดับ เนื่องจากอิทธิพลของจุลินทรีย์มีผลต่อการย่อยสลายและเพิ่มธาตุอาหารพืชและอินทรียวัตถุนั่นเอง Chetterjee and Nandi (1981) รายงานว่ามีจุลินทรีย์บางชนิดที่สามารถย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินทำให้เกิด humic substances ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้

จากการทดลองประสิทธิภาพของเถ้าชีวภาพซึ่งผสมเชื้อรา จำนวน 11 สายพันธุ์ คือ *Aspergillus kanagawaensis*, *Pseudoeurotium ovale*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma hamatum*, *Paecilomyces marquandii*, *Emericella nidulans*, *Penicillium steckii*, *Monascus* sp., *Mucor hiemalis* , *Chaetomium subspirale* และ *Chaetomium.lucknowense* ในการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในสภาพดินเหนียวเขตลาดกระบัง ในอัตรา 25, 50 และ 75 กก.ต่อไร่ มีผลทำให้ต้นข้าวมีการเจริญเติบโตด้านความสูง การแตกกอ จำนวนรวงข้าวต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนักเมล็ดต่อรวง และน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด(ผลผลิต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีกว่าวิธีการที่ใช้เถ้าถ่านหินอย่างเดียวและวิธีการเปรียบเทียบ (control) ซึ่งการใช้เถ้าชีวภาพในอัตรา 75 กก./ไร่สามารถเพิ่มน้ำหนักเมล็ดข้าวทั้งหมด(ผลผลิต) ได้ 56 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 6
# สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองสรุปได้การนำจุลินทรีย์ประเภทเชื้อราที่มีประโยชน์ จำนวน 11 สายพันธุ์ คือ *Aspergillus kanagawaensis*, *Pseudoeurotium ovale*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma hamatum*, *Paecilomyces marquandii*, *Emericella nidulans*, *Penicillium steckii*, *Monascus* sp., *Mucor hiemalis* , *Chaetomium subspirale* และ *Chaetomium.lucknowense* มาผสมในเถ้าถ่านหิน (bottom ash) จากโรงไฟฟ้า จังหวัดระยอง สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเถ้าถ่านหินให้มีธาตุอาหารและอินทรียวัตถุสูงขึ้น และเมื่อนำไปใส่ในดินปลูกข้าวในสภาพดินเหนียง ปรากฏว่าทำให้ดินปลดปล่อยธาตุอาหารต่างๆที่มีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชและปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกโดยเถ้าชีวภาพ อัตรา 25, 50 และ 75 กก./ไร่ ในสภาพดินเหนียวเขตลาดกระบัง มีการเจริญเติบโตด้านความสูง การแตกกอ จำนวนรวงข้าวต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนักเมล็ดต่อรวง และน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด(ผลผลิต) สูงกว่าการใช้เถ้าถ่านหินอย่างเดียวและวิธีการเปรียบเทียบ (control) และการใช้เถ้าชีวภาพในอัตรา 75 กก.ต่อไร่ สามารถเพิ่มน้ำหนักเมล็ดข้าวทั้งหมด (ผลผลิต) ได้ 56 % จึงกล่าวได้ว่าการนำจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์มาผสมทำเป็นเถ้าชีวภาพ (biological ash) จะสามารถนำไปใช้ในการเพิ่มผลผลิตของข้าวได้เป็นอย่างดี จึงน่าจะมีการวิจัยและศึกษาต่อเนื่องในการพัฒนาเถ้าถ่านหินจากโรงไฟฟ้าซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ นำไปพัฒนาเป็นเถ้าชีวภาพ (biological ash) เพื่อนำไปใช้ในการเพิ่มผลผลิตพืชอื่น ๆ ต่อไป ซึ่งจะสามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีราคาแพงในปัจจุบันได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม


จินดารัตน์ ชื่นรุ่ง อุทัย อารมณ์รัตน์ และธวัชชัย ณ นคร.2006. "ผลของสารปรับปรุงดินทริดิไมท์ยอดดอยและบุญกำธรที่มีต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินและผลผลิตข้าว." **วารสารวิจัยทางการเกษตร** 24:153-167.

ประพิศ แสงทอง ภาวนา ลิกขนานนท์ และสุรสิทธ์ อรรถจารุสิทธิ์. 2544. "การปลดปล่อยฟอสฟอรัสในดินจากการใส่กากตะกอนน้ำเสีย." **วารสารดินและปุ๋ย** 23:148-159.

ประเสริฐ สองเมือง. 2543. "การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าว. " **เอกสารทางวิชาการกลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว.** กองปฐพีวิทยา. กรมวิชาการเกษตร.กรุงเทพ 84 หน้า.

มงคล จันทร์เพ็ญ กู้เกียรติ สร้อยทอง อรุณี เจริญศักดิ์ศิริ และวีระวะฒน์ กลัดหว่าง.2528. "ความเป็นไปได้ในการเลือกใช้วัสดุปรับปรุงดินเปรี้ยวเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว." **วารสารดินและปุ๋ย** 7:145-160.

สาคร ผ่องพันธ์ อาร์วิน อาร์ โมซีเออร์ และเจนวิทย์ สุขทองสา. 2004. "ผลของการใส่ฟางข้าวและขี้เถ้าที่มีติอประสิทธิภาพของปุ๋ยยูเรียที่หว่านในนาข้าว." **วารสารวิจัยทางการเกษตร** 22(1):9-23.

สาคร ผ่องพันธ์ อาร์วิน อาร์ โมซีเออร์ และเจนวิทย์ สุขทองสา.2544. "ผลของการจัดการเศษพืชตกค้างที่มีต่อการสูญเสียลัความสมดุลไนโตรเจนจากปุ๋ยยูเรียในระบบการปลูกข้าว." **วารสารวิชาการเกษตร** 19:140-156.

ศุภวัฒน์ โกวะประดิษฐ์.2548. "ทดสอบอัตราการใช้ Bottom Ash เพื่อปรับความเป็นกรดของดินในแปลงเกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลังในจังหวัดระยอง ในปี 2547/48." **รายงานผลการวิจัยกรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.**

อภิรดี อิ่มเอิบ.2535. "สถานภาพของดินเกษตรกรก่อนร่วมโครงการดินและปุ๋ยปี 2535." **วารสารพัฒนาที่ดิน** 319(29):33-40.

Bird, J.A., Horwath, W.R., Eagle, A.J. and C. Kessel.2001. "Immobilization of fertilizer nitrogen in rice:effect of straw management practices." **Soil Sci. Soc. Am. J.** 65:1143-1152.

Cabaleiro, D. R., Rodriguez-Couto, S., Sanroman, A. and Longo, M. A. 2002. "Comparison between the protease production ability of ligninolytic fungi cultivated in solid state media." **Process Biochemistry** 37(9): 1017-1023.


เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ... การนำไปใช้

Castanres, A., Hay, A. J., Gordon, A. H., Maarae, S. I. and Wood, T. M. 1995. "D-xylan-degrading enzyme system from the fungus *Phanerochate chrysosporium*." **Journal of Biotechnology** 93(3): 183-194.

Eagle, A.J., Bird, J.A., Horwath, W.R., Linquist, B.A., Bouder, A.M., Hill, J.E. and C. Kessel.2000. "Rice yield and nitrogen utilization efficiency under alternative straw management practices." **Agron. J.** 92:1096-1103.

Eagle, A.J., Bied, J.A., Horwath, W.R., and C. Kessel.2001. "Nitrogen dynamics and fertilizer use efficiency in rice following straw incorporation and winter flooding." **Agron. J.**93:1346-1354.

Fogarty, W. M. and Kelly, C. J. 1979. "Developments in microbial extracellulr enzymes." **In: Alan Wiseman. Topics in Enzyme and Fermentation Biotechnology.** Fllis Horwood Publishers, England, Vol3: pp289.

Germano, S., Pandey, A., Osaku, C. A., Rocha, S. N. and Soccol, C. R. 2003. "Characterization and stability of proteases from *Penucillium* sp. produced by solid-state fermentation." **Enzyme and Microbial Technology** 32(2): 246-251.

Kvesitadze, E.,Adeishvili, E., Gomarteli, M., Kvachadze. L. and Kvesitadze, G. 1999. "Celluase end xylanase activity of fungi in a collection isolated from the Southern Caucasus." **International Biodeterioration & Biodegredation** 43(4): 189-196.

Kumar, K. and K.M. Goh.2000. "Crop residues and management practices: Effects on soil nitrogen dynamics, crop yield and nitrogen recovery." **Adv. Soil Soc.**68:197-319.

Machuca, A. and Ferraz, A. 2001. "Hydrolytic and oxidative enzymes produced by white-and brown-rot fungi during *Eucalyptus grandis*decay in solid medium." **Enzyme and Microbial Technology** 29(6-7): 386-391.

Marlida, Y., Saari, N., Hassan, Z. and Radu, S. 2000. "Raw starch-degrading enzyme from newly isolated strains of endophytic fungi." **World Journal of Microbiology and Biotechnology** 16(6): 576-578.

Mishra, C. and Leatham, G. F. 1990. "Recovery and fractionation of the extracellular degradative enzymes from *Lentinula edodes* cultures cultivated on a solid lignocellulosic substrate." **Journal of Fermentation and Bioengineering** 69(1): 8-15.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Murase, A., Yoneda, M., Ueno, R. and Yonebayshi, K. 2003. "Isolation of extracellular protein from greenhouse soil." **Soil Biology and Biochemistry** 35(5): 733-736.

Novotny, C., Svobodova, K., Erbanova, P., Cajthaml, T., Kasinath, A., Lang, E. and Sasek, V. 2004. "Ligninolytic fungi in bioremediation: extracellular enzyme production and degradation rate." **Soil Biology and Biochemistry** 36(10): 1545-1551.

Orth, A. B., Royse, D. J., Tien, M. and Ming, T. 1993. "Uniquity of lignin degrading peroxidases among various wood degrading fungi." **Applied and Environmental Microbiology** 59(12): 4017-4023.

Pekkarinen, A., Mannonen, L., Jones, B. L. and Niku-paavola, M. L. 2000. "Production of Protease by *Fusarium* species Grown on Barley Grains and in Media Containing Cereal Proteins." **Journal of Cereal Science** 31(3): 253-261.

Tanaka, A.1987. "Role of organic matter. Pages 605-620 inSoil and Rice." International Rice Research Institute (IRRI)." Los Banos, Philippines.

Soytong, K. 2004. "Application of biological products for agriculture." **Proc of the KMITL International Conference on Integration of Science and Technology for Sustainablr Development.** Vol.2, 25-26 August 2004.

Verma, T.S. and R.M. Bhagat.1992. "Impact of rice straw management practices on yield nitrogen uptake and soil properties in wheat-rice rotation in Northern India." **Fert. Res.**33:97-106.

Wang, S., Chen, Y., Wang, C. Yen, Y. and Chern, M. 2005. "Purification and characterization of a serine protease extracellularly produced by *Aspergillus fumigatus* in a shrimp and crab shell powder medium." **Enzyme and Microbial Technology** 36(5-6): 660-665.

Wyk, J. P. H. 1999. "Increased bioconversion of pretreated wastepaper to sugar by successive treatment with cellulose from *Penicillium funiculosum* and *Trichoderma reesei*."**Australasian Biotechnology.** 9(4): 206-210.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

**ตารางภาคผนวกที่ 1** ความสูงของต้นข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 15 วัน

| วิธีการ | จำนวนซ้ำ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | ค่าเฉลี่ย |
| ไม่ใช้อะไร | 14.83 | 14.83 | 15.59 | 15.75 | 15.25 |
| เถ้าถ่านหิน 50 กก./ไร่ | 16.75 | 15.04 | 14.54 | 17.01 | 15.83 |
| เถ้าชีวภาพ 25 กก./ไร่ | 14.51 | 16.31 | 15.17 | 16.68 | 15.66 |
| เถ้าชีวภาพ 50 กก./ไร่ | 15.42 | 16.16 | 15.36 | 14.20 | 15.28 |
| เถ้าชีวภาพ 75 กก./ไร่ | 17.09 | 17.21 | 16.75 | 15.75 | 16.70 |

**ตารางภาคผนวกที่ 2** แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 1

| Source | Df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 3 | 0.47 | 0.15 | 0.22 | 3.29 | 5.42 |
| Treatment | 5 | 832.14 | 166.42 | 225.38 | 2.90 | 4.56 |
| Ex.Error | 15 | 11.07 | 0.73 | - | - | - |
| Total | 23 | 843.69 | 36.68 | - | - | - |

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเป็นไปได้ที่ 0.01

GRAND MEAN = 13.12, CV(%)= 6.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่** 3 ความสูงของต้นข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 30 วัน

| วิธีการ | จำนวนซ้ำ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | ค่าเฉลี่ย |
| ไม่ใช้อะไร | 18.96 | 18.77 | 19.55 | 20.46 | 19.43 |
| เถ้าถ่านหิน 50 กก./ไร่ | 19.24 | 18.12 | 19.74 | 21.53 | 19.65 |
| เถ้าชีวภาพ 25 กก./ไร่ | 18.67 | 18.30 | 20.25 | 20.40 | 19.40 |
| เถ้าชีวภาพ 50 กก./ไร่ | 19.31 | 20.06 | 20.10 | 19.83 | 19.82 |
| เถ้าชีวภาพ 75 กก./ไร่ | 20.25 | 20.05 | 22.65 | 20.57 | 20.88 |

**ตารางภาคผนวกที่ 4** แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 3

| Source | Df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 3 | 7.55 | 2.51 | 4.49 | 3.29 | 5.42 |
| Treatment | 5 | 1318.02 | 263.60 | 470.39 | 2.90 | 4.56 |
| Ex.Error | 15 | 8.40 | 0.56 | - | - | - |
| Total | 23 | 1333.98 | 57.99 | - | - | - |

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเป็นไปได้ที่ 0.01

GRAND MEAN = 16.53, CV(%)= 4.52

**ตารางภาคผนวกที่** 5 ความสูงของต้นข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 45 วัน

| วิธีการ | จำนวนซ้ำ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | ค่าเฉลี่ย |
| ไม่ใช้อะไร | 32.50 | 33.68 | 32.63 | 33.78 | 33.14 |
| เถ้าถ่านหิน 50 กก./ไร่ | 23.62 | 29.48 | 31.53 | 37.20 | 30.45 |
| เถ้าชีวภาพ 25 กก./ไร่ | 36.61 | 34.03 | 34.80 | 36.90 | 35.58 |
| เถ้าชีวภาพ 50 กก./ไร่ | 35.60 | 37.95 | 36.20 | 32.73 | 35.62 |
| เถ้าชีวภาพ 75 กก./ไร่ | 40.75 | 39.37 | 36.68 | 41.35 | 39.53 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่** 6 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 5

| Source | Df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 3 | 15.33 | 5.11 | 0.68 | 3.29 | 5.42 |
| Treatment | 5 | 4234.12 | 846.82 | 112.18 | 2.90 | 4.56 |
| Ex.Error | 15 | 113.23 | 7.54 | - | - | - |
| Total | 23 | 4362.69 | 189.68 | - | - | - |

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเป็นไปได้ที่ 0.01

GRAND MEAN = 29.05, CV(%)= 9.45

**ตารางภาคผนวกที่** 7 จำนวนเมล็ดเขียวต่อรวงของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 45 วัน

| วิธีการ | จำนวนซ้ำ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | ค่าเฉลี่ย |
| ไม่ใช้อะไร | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| เถ้าถ่านหิน 50 กก./ไร่ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| เถ้าชีวภาพ 25 กก./ไร่ | 55.00 | 68.00 | 66.00 | 86.00 | 68.75 |
| เถ้าชีวภาพ 50 กก./ไร่ | 73.00 | 76.00 | 36.00 | 71.00 | 64.00 |
| เถ้าชีวภาพ 75 กก./ไร่ | 54.00 | 73.00 | 82.00 | 70.00 | 69.75 |

**ตารางภาคผนวกที่** 8 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 7

| Source | Df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 3 | 262.16 | 87.38 | 0.77 | 3.29 | 5.42 |
| Treatment | 5 | 27413.00 | 5482.60 | 48.39 | 2.90 | 4.56 |
| Ex.Error | 15 | 1699.33 | 113.28 | - | - | - |
| Total | 23 | 29374.50 | 1277.15 | - | - | - |

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเป็นไปได้ที่ 0.01

GRAND MEAN = 33.75, CV(%)= 31.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 9** จำนวนเมล็ดเหลืองต่อรวงของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 45 วัน

| วิธีการ | จำนวนซ้ำ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | ค่าเฉลี่ย |
| ไม่ใช้อะไร | 107 | 104 | 107 | 116 | 108.50 |
| เถ้าถ่านหิน 50 กก./ไร่ | 94.00 | 94.00 | 94.00 | 121.00 | 100.75 |
| เถ้าชีวภาพ 25 กก./ไร่ | 75.00 | 126.00 | 129.00 | 156.00 | 121.50 |
| เถ้าชีวภาพ 50 กก./ไร่ | 99.00 | 66.00 | 118.00 | 114.00 | 99.25 |
| เถ้าชีวภาพ 75 กก./ไร่ | 153.00 | 104.00 | 136.00 | 112.00 | 126.25 |

**ตารางภาคผนวกที่ 10** แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 9

| Source | Df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 3 | 1563.45 | 521.15 | 1.38 | 3.29 | 5.42 |
| Treatment | 5 | 43622.70 | 8724.54 | 23.05 | 2.90 | 4.56 |
| Ex.Error | 15 | 5676.79 | 378.45 | - | - | - |
| Total | 23 | 50862.95 | 2211.43 | - | - | - |

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเป็นไปได้ที่ 0.01

GRAND MEAN = 92.70, CV(%)= 20.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 11** จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวงของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 45 วัน

| วิธีการ | จำนวนซ้ำ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | ค่าเฉลี่ย |
| ไม่ใช้อะไร | 107 | 104 | 107 | 116 | 108.50 |
| เถ้าถ่านหิน 50 กก./ไร่ | 94 | 94 | 94 | 121 | 100.75 |
| เถ้าชีวภาพ 25 กก./ไร่ | 130 | 194 | 195 | 242 | 259.00 |
| เถ้าชีวภาพ 50 กก./ไร่ | 172 | 142 | 154 | 185 | 227.25 |
| เถ้าชีวภาพ 75 กก./ไร่ | 207 | 177 | 218 | 182 | 265.75 |

**ตารางภาคผนวกที่ 12** แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 11

| Source | Df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 3 | 2059.12 | 686.37 | 1.44 | 3.29 | 5.42 |
| Treatment | 5 | 108936.70 | 21787.34 | 45.63 | 2.90 | 4.56 |
| Ex.Error | 15 | 7162.12 | 477.45 | - | - | - |
| Total | 23 | 1181257.95 | 51347.30 | - | - | - |

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเป็นไปได้ที่ 0.01

GRAND MEAN = 126.45 , CV(%)= 17.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 13** จำนวนต้นต่อกอ ของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 15 วัน

| วิธีการ | จำนวนซ้ำ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | ค่าเฉลี่ย |
| ไม่ใช้อะไร | 2.60 | 2.50 | 2.45 | 1.95 | 2.37 |
| เถ้าถ่านหิน 50 กก./ไร่ | 2.00 | 1.80 | 2.50 | 2.25 | 2.13 |
| เถ้าชีวภาพ 25 กก./ไร่ | 2.05 | 2.40 | 3.05 | 2.60 | 2.52 |
| เถ้าชีวภาพ 50 กก./ไร่ | 1.80 | 2.70 | 2.20 | 1.35 | 2.01 |
| เถ้าชีวภาพ 75 กก./ไร่ | 2.45 | 3.05 | 2.20 | 2.35 | 2.51 |

**ตารางภาคผนวกที่ 14** แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 13

| Source | Df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 3 | 0.50 | 0.16 | 1.31 | 3.29 | 5.42 |
| Treatment | 5 | 18.66 | 3.73 | 28.70 | 2.90 | 4.56 |
| Ex.Error | 15 | 1.95 | 0.13 | - | - | - |
| Total | 23 | 21.12 | 0.91 | - | - | - |

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเป็นไปได้ที่ 0.01

GRAND MEAN = 1.92 , CV(%)= 18.71

**ตารางภาคผนวกที่ 15** จำนวนต้นต่อกอ ของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 30 วัน

| วิธีการ | จำนวนซ้ำ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | ค่าเฉลี่ย |
| ไม่ใช้อะไร | 5.10 | 5.95 | 5.50 | 5.20 | 5.43 |
| เถ้าถ่านหิน 50 กก./ไร่ | 5.30 | 5.20 | 3.95 | 5.25 | 4.92 |
| เถ้าชีวภาพ 25 กก./ไร่ | 5.63 | 4.70 | 6.40 | 5.40 | 5.53 |
| เถ้าชีวภาพ 50 กก./ไร่ | 5.35 | 6.45 | 6.00 | 4.55 | 5.58 |
| เถ้าชีวภาพ 75 กก./ไร่ | 6.45 | 7.95 | 5.74 | 4.95 | 6.27 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 16** แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 15

| Source | Df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 3 | 2.00 | 0.66 | 1.24 | 3.29 | 5.42 |
| Treatment | 5 | 106.42 | 21.28 | 39.41 | 2.90 | 4.56 |
| Ex.Error | 15 | 8.1 | 0.54 | - | - | - |
| Total | 23 | 116.52 | 5.00 | - | - | - |

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเป็นไปได้ที่ 0.01

GRAND MEAN = 4.62 , CV(%)= 15.88

**ตารางภาคผนวกที่ 17** จำนวนต้นต่อกอ ของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 45 วัน

| วิธีการ | จำนวนซ้ำ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | ค่าเฉลี่ย |
| ไม่ใช้อะไร | 5.85 | 6.70 | 6.30 | 5.85 | 6.17 |
| เถ้าถ่านหิน 50 กก./ไร่ | 5.10 | 6.05 | 4.75 | 6.30 | 5.55 |
| เถ้าชีวภาพ 25 กก./ไร่ | 6.26 | 6.05 | 7.10 | 6.55 | 6.49 |
| เถ้าชีวภาพ 50 กก./ไร่ | 7.00 | 8.05 | 7.30 | 6.20 | 7.13 |
| เถ้าชีวภาพ 75 กก./ไร่ | 7.20 | 7.85 | 6.84 | 6.30 | 7.04 |

**ตารางภาคผนวกที่ 18** แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 17

| Source | Df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 3 | 1.28 | 0.42 | 1.42 | 3.29 | 5.42 |
| Treatment | 5 | 146.81 | 29.36 | 97.48 | 2.90 | 4.56 |
| Ex.Error | 15 | 4.51 | 0.30 | - | - | - |
| Total | 23 | 152.62 | 6.63 | - | - | - |

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเป็นไปได้ที่ 0.01

GRAND MEAN = 5.40 , CV(%)= 10.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 19** จำนวนรวงต่อกอ ของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 45 วัน

| วิธีการ | จำนวนซ้ำ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | ค่าเฉลี่ย |
| ไม่ใช้อะไร | 5.35 | 6.15 | 5.80 | 4.70 | 5.50 |
| เถ้าถ่านหิน 50 กก./ไร่ | 4.05 | 4.45 | 4.20 | 5.53 | 4.55 |
| เถ้าชีวภาพ 25 กก./ไร่ | 6.16 | 6.80 | 9.70 | 6.90 | 7.39 |
| เถ้าชีวภาพ 50 กก./ไร่ | 6.80 | 8.75 | 7.50 | 7.47 | 7.63 |
| เถ้าชีวภาพ 75 กก./ไร่ | 6.65 | 7.40 | 7.80 | 7.74 | 7.39 |

**ตารางภาคผนวกที่ 20** แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 19

| Source | Df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 3 | 3.25 | 1.08 | 1.71 | 3.29 | 5.42 |
| Treatment | 5 | 171.20 | 34.24 | 53.95 | 2.90 | 4.56 |
| Ex.Error | 15 | 9.51 | 0.63 | - | - | - |
| Total | 23 | 183.98 | 7.99 | - | - | - |

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเป็นไปได้ที่ 0.01

GRAND MEAN = 5.41 , CV(%)= 14.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 21** น้ำหนักเมล็ดเขียวต่อรวง ของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 45 วัน

| วิธีการ | จำนวนซ้ำ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | ค่าเฉลี่ย |
| ไม่ใช้อะไร | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| เถ้าถ่านหิน 50 กก./ไร่ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| เถ้าชีวภาพ 25 กก./ไร่ | 16.88 | 15.43 | 10.02 | 40.30 | 20.65 |
| เถ้าชีวภาพ 50 กก./ไร่ | 21.21 | 28.22 | 13.89 | 17.00 | 20.08 |
| เถ้าชีวภาพ 75 กก./ไร่ | 33.10 | 62.76 | 34.86 | 9.37 | 35.02 |

**ตารางภาคผนวกที่ 22** แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 21

| Source | Df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 3 | 221.93 | 73.97 | 0.59 | 3.29 | 5.42 |
| Treatment | 5 | 4399.67 | 879.93 | 7.08 | 2.90 | 4.56 |
| Ex.Error | 15 | 1865.12 | 124.34 | - | - | - |
| Total | 23 | 6486.73 | 282.03 | - | - | - |

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเป็นไปได้ที่ 0.01

GRAND MEAN = 12.62 , CV(%)= 28.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 23** น้ำหนักเมล็ดเหลืองต่อรวง ของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 45 วัน

| วิธีการ | จำนวนซ้ำ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | ค่าเฉลี่ย |
| ไม่ใช้อะไร | 158.01 | 155.97 | 157.30 | 138.46 | 152.43 |
| เถ้าถ่านหิน 50 กก./ไร่ | 82.00 | 101.25 | 89.36 | 172.66 | 111.31 |
| เถ้าชีวภาพ 25 กก./ไร่ | 237.48 | 254.46 | 384.02 | 295.68 | 292.91 |
| เถ้าชีวภาพ 50 กก./ไร่ | 291.00 | 307.28 | 348.43 | 169.97 | 279.17 |
| เถ้าชีวภาพ 75 กก./ไร่ | 288.57 | 288.51 | 296.04 | 391.51 | 316.15 |

**ตารางภาคผนวกที่ 24** แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 23

| Source | Df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 3 | 4404.58 | 1468.19 | 0.56 | 3.29 | 5.42 |
| Treatment | 5 | 312542.31 | 62508.46 | 23.93 | 2.90 | 4.56 |
| Ex.Error | 15 | 39183.33 | 2612.22 | - | - | - |
| Total | 23 | 356130.22 | 15483.92 | - | - | - |

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเป็นไปได้ที่ 0.01

GRAND MEAN = 191.99 , CV(%)= 26.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 25** น้ำหนักเมล็ดทั้งหมดต่อรวง ของข้าวจากการทดลองใช้เถ้าชีวภาพ ที่อายุ 45 วัน

| วิธีการ | จำนวนซ้ำ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | ค่าเฉลี่ย |
| ไม่ใช้อะไร | 158.01 | 155.97 | 157.30 | 138.46 | 152.43 |
| เถ้าถ่านหิน 50 กก./ไร่ | 82.00 | 101.25 | 89.36 | 172.66 | 111.31 |
| เถ้าชีวภาพ 25 กก./ไร่ | 254.36 | 269.89 | 394.04 | 335.98 | 313.56 |
| เถ้าชีวภาพ 50 กก./ไร่ | 312.21 | 335.50 | 362.32 | 186.97 | 299.25 |
| เถ้าชีวภาพ 75 กก./ไร่ | 321.67 | 351.27 | 330.90 | 400.88 | 351.18 |

**ตารางภาคผนวกที่ 26** แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 25

| Source | Df | SS | MS | F | F.05 | F.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | 3 | 3569.42 | 11889.80 | 0.49 | 3.29 | 5.42 |
| Treatment | 5 | 382408.81 | 76481.76 | 31.77 | 2.90 | 4.56 |
| Ex.Error | 15 | 36109.28 | 2407.28 | - | - | - |
| Total | 23 | 422087.53 | 18351.63 | - | - | - |

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเป็นไปได้ที่ 0.01

GRAND MEAN = 204.62 , CV(%)= 23.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

## วารสารที่ได้รับการตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Journal of Agricultural Technology

# Biological ash from bottom coal ash mixed with beneficial fungi on the growth of rice var Pathumthani 1

**Suphawat Kowapradit[1], Wattanachai Pongnak[1] and Kasem Soytong[2*]**

[1]Department of Soil Science, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand
[2]Department of Plant Pest Management, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

Kowapradit, S., Pongnak, W. and Soytong, K. (2007). Biological ash from bottom coal ash mixed with beneficial fungi on the growth of rice var pathumthani 1. Journal of Agricultural Technology 3(1): 129-136.

It is clearly showed that the biological ash mixed to 7 species of fungi have produced amylase, cellulose, protease and ligninase as follows:- *Aspergillus sparsus, Chaetomium lucknowense, Achaetomium theilaviopsis, Paecilomyces marquandii, Emericella nidulans, Eurotium herbariorum* and *Arthrobotrys oligospora*, and the other 4 species produced amylase, cellulose and ligninase as follows:- *Trichoderma hamatum, T. hamatum* (T-12), *Mucor hiemalis* and *M. circinelloides* increased in plant height, number of tillers, number of grains per panicle, number of panicle per tiller and grain weight per panicle. It was also indicated that the bio-ash has affected to higher soil fertility which increased in plant nutrients available for the growth of rice var Prathumthani 1. The bio-ash treatments of 25, 50 and 75 kg/rai were not significantly differ in yield and increased the yield as 52.38, 49.05 and 56.59 %, respectively and it was significantly higher when compared to the non-treated one. This may due to the activities of beneficial fungi added into the bottom ash. It is suggested that the biological ash may possible to develop to be used to increase yield and reduce the chemical use.

**Keywords:** biological ash, bottom ash

## Introduction

Bottom Ash is the residue from coal which sedimentary from plant debris under soil for million years. The coal has been used for heating the industrial factory such as electrical factory for giving heat energy by burning at high temperature ca. 1,100-1,400 C, since then the remaining residue called coal ash. The heating was affected to various oxides and some part of 15-25 % coal ash was melted and mixed to be a big one and fall into the burning room called bottom ash or furnace ash. Kowapradit (2005) reported that the bottom ash may contain some essential elements for plant growth like potassium, calcium

*Corresponding author: Kasem Soytong; e-mail: kskasem@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

and magnesium etc which would be the form of available to plant absorption for their growth. lmiurb (1992) stated that the paddy soil has reported to decreased in organic matter leading to low soil fertility, acidity which become less response to chemical fertilizer application. It is important that adding soil conditioners will lead to balance soil to be neutral and possible increase in yield. While, Cheanrung *et al.* (2006) reported that soil conditioner are normally substances from the natural resources or the synthesizes substances which used to improve the physical and chemical soil properties to favor for plant growth but the soil amendment is the substances which contain more plant nutrient. However, there are many researchers have been used rice straw to manage yield and nitrogen utilization for rice growth as organic amendments (Eagle *et al.*, 2000; Kumar and Goh, 2000; Bird *et al.*, 2001; Eagle *et al.*, 2001). However, the bottom ash has become interesting to be used as an addition soil conditioner which high potassium, phosphorus and calcium which may possible useful for plant growth (Kowapradit, 2005).

The objectives of project were studied on the properties of bottom ash from electricity factory applying in paddy rice soil and testing the biological ash which developed from bottom ash by adding the beneficial fungi for growing rice var Prathumthani 1.

## Materials and methods

### *Formulation of biological ash*

The biological of bottom ash has developed by mixing the screened beneficial fungi offered by Dr. Kasem Soytong which 7 species of fungi have produced amylase, cellulose, protease and ligninase as follows:- *Aspergillus sparsus, Chaetomium lucknowense, Achaetomium theilaviopsis, Paecilomyces marquandii, Emericella nidulans, Eurotium herbariorum* and *Arthrobotrys oligospora*, and the other 4 species produced amylase, cellulose and ligninase as follows; *Trichoderma hamatum, T. hamatum* (T-12), *Mucor hiemalis* and *M. circinelloides*.

All eleven species of fungi grew on potato dextrose agar for two weeks at room temperature (27-30°C), then remove fungal structures, especially spores from the fungal colony, then counting the spore number using haemacytometer. The spore suspension of all isolates were then mixed in electrical mixer for 5 minutes before poured into sterilized bottom ash at the rate of 10 petri dishes for each isolate per 100 kg of bottom ash, then incubated for 30 days before used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*Nutrient analysis*

The sample of bottom ash and biological ash were sampling taken into plastic bags and brought to laboratory of soil analysis. The soil properties were analyzed for pH, EC, organic matter, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, B and Cl. The data were used to compare the nutritional changes between bottom ash and biological ash.

*Efficacy of biological ash for the growth of rice var Pathumthani 1*

The experiment was done by using Randomized Complete Block Design (RCBD) with four replications. Treatments were as follows:- T1 = non-treated check(control), T2 = apply bottom ash at the rate of 50 kg/rai, T3= apply biological ash at the rate of 25 kg/rai, T4 = apply biological ash at the rate of 50 kg/rai and T5 = apply biological ash at the rate of 75 kg/rai. Clay soil used for the experiment is brought from Ladkrabang rice field, then put into the concrete block which was 0.69 $m^2$. There were 20 blocks for the experiment and treatments were done as mentioned above. The treatments of biological ash were done by mixing biological ash into soil in each block. All treatments were flooded with water. The 30 days rice seedlings were transplanted into each block with 20 seedlings. The soil samples in each block were sampling taken into plastic bags and brought to laboratory of soil analysis before the experiment and after treatments, then brought to soil analysis. The soil properties were analyzed for pH, EC, organic matter, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, B and Cl. Data collection:- plant height (every 15 days), number of tillers, flowering days, number of panicles per tiller, number of harvested panicles, number of grains per panicle and panicle's weight. The data were analyzed statistical analysis and treatment means were compared with Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at P = 0.05 and P = 0.01.

**Results**

*Plant Height*

The rice growing in the experiment showed significantly different in plant height after 15 d, 30 d and 45 d after transplanting. It was clearly demonstrated that in control plot and ash treatment at 45 d, the plant height were 33.15 cm and 30.46 cm, respectively. When it was highly significant in plant height at 45 d in bio-ash treatments at the rates of 25, 50 and 75 kg/rai

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

which were 35.59, 35.62 and 39.54 cm, respectively when compared to the ash treatment and non-treated one as seen in Table 1.

**Table 1.** Plant height of rice from the experimental plots.

| Treatments | Plant height (cm) | | |
|---|---|---|---|
| | 15 d | 30 d | 45 d |
| Control | 15.25b[1] | 19.44b | 33.15bc |
| ash 50 kg/rai | 15.84ab | 19.66b | 30.46c |
| Bio-ash 25 kg/rai | 15.67ab | 19.41b | 35.59ab |
| Bio-ash 50 kg/rai | 15.29b | 19.83ab | 35.62ab |
| Bio-ash 75 kg/rai | 16.70a | 20.88a | 39.54a |

[1]Mean of four replications. Means followed by a common letters in each column are not significantly different by DMRT at P=0.05.

***Number of plant per tiller***

The number of plant per tiller was not significantly different at early stage of 15 d in all treatments. It was clearly shown that the number of tiller at 45 d significantly in bio-ash treatments at the rate of 25 kg/rai, 50 kg/rai and 75 kg/rai which were 6.49, 7.14 and 7.05 plants, respectively when compared to the non-treated one (6.18 plants) and ash treatment (5.55 plants) as seen in Table 2.

**Table 2.** Number of plant per tiller of rice from the experimental plots.

| Treatments | Number of plant per tiller | | |
|---|---|---|---|
| | 15 d | 30 d | 45 d |
| Control | 2.38a[1] | 5.44ab | 6.18bc |
| ash 50 kg/rai | 2.14a | 4.93b | 5.55c |
| Bio-ash 25 kg/rai | 2.53a | 5.53ab | 6.49ab |
| Bio-ash 50 kg/rai | 2.01a | 5.59ab | 7.14a |
| Bio-ash 75 kg/rai | 2.51a | 6.27a | 7.05a |

[1]Mean of four replications. Means followed by a common letters in each column are not significantly different by DMRT at P=0.05.

***Number of grain per panicle***

The rice growing in the experiment showed significantly different in number of grain per panicle 45 d after transplanting. It was clearly demonstrated that in control plot and ash treatment at 45 d, total number of grain per panicle were 108.50 and 100.75 grains, respectively. But it was highly significant in total number of grains per panicle at 45 d in bio-ash

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

treatments at the rates of 25, 50 and 75 kg/rai which were 259.50, 227.25 and 265.75 grains, respectively when compared to the ash treatment and non-treated one as seen in Table 3.

**Table 3.** Number of grain per panicle of rice from the experimental plots.

| Treatments | No of grain/panicle | | Total |
|---|---|---|---|
| | green | yellow | |
| Control | 0.00b[1] | 108.50b[1] | 108.50b |
| ash 50 kg/rai | 0.00b | 100.75b | 100.75b |
| Bio-ash 25 kg/rai | 68.75a | 190.25a | 259.00a |
| Bio-ash 50 kg/rai | 64.00a | 163.25a | 227.25a |
| Bio-ash 75 kg/rai | 69.75a | 196.00a | 265.75a |

[1]Mean of four replications. Means followed by a common letters in each column are not significantly different by DMRT at P=0.05.

***Grain weight per panicle***

The rice growing in the experiment showed significantly different in total grain weight per panicle at 45 d after transplanting. It was clearly demonstrated that in control plot and ash treatment at 45 d, total number of Grain weight per panicle were 152.44 and 111.32 g, respectively. But it was highly significant in total number of total grain weight per panicle at 45 d in bio-ash treatments at the rates of 25, 50 and 75 kg/rai which were 313.57, 299.25 and 351.18 g, respectively when compared to the ash treatment and non-treated one as seen in Table 4.

***Number of panicle per tiller***

The rice growing in the experiment showed significantly different in number of panicle per tiller at 45 d after transplanting. It was clearly demonstrated that in control plot and ash treatment at 45 d, number of panicle per tiller were 5.50 and 4.56 panicles, respectively. But it was highly significant in number of panicle per tiller at 45 d in bio-ash treatments at the rates of 25, 50 and 75 kg/rai which were 7.39, 7.63 and 7.40 g, respectively when compared to the ash treatment and non-treated one as seen in Table 5.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Table 4.** Grain weight per panicle of rice from the experimental plots.

| Treatments | Grain weight/ panicle (g) green | Grain weight/ panicle (g) yellow | Total (g) | Increase (%) |
|---|---|---|---|---|
| Control | 0.00b[1] | 152.44b | 152.44b | - |
| ash 50 kg/rai | 0.00b | 111.32b | 111.32b | - |
| Bio-ash 25 kg/rai | 20.66a | 292.91a | 313.57a | 51.38 |
| Bio-ash 50 kg/rai | 20.08a | 279.17a | 299.25a | 49.05 |
| Bio-ash 75 kg/rai | 35.02a | 316.16a | 351.18a | 56.59 |

[1]Mean of four replications. Means followed by a common letters in each column are not significantly different by DMRT at P=0.05.

***Effect of biological ash for the growth of rice on nutrients***

It observed that the biological ash which mixed with 7 species of fungi have produced amylase, cellulose, protease and ligninase as follows:- *Aspergillus sparsus, Chaetomium lucknowense, Achaetomium theilaviopsis, Paecilomyces marquandii, Emericella nidulans, Eurotium herbariorum* and *Arthrobotrys oligospora*, and the other 4 species produced amylase, cellulose and ligninase as follows:-*Trichoderma hamatum, T. hamatum* (T-12), *Mucor hiemalis* and *M. circinelloides* had shown higher EC, organic matter, K, Fe and Cl than the bottom ash alone. It was showed that the pH of bottom ash did not change after mix with the effective fungi as it was 12.48.

**Table 5.** Number of panicle per tiller of rice from the experimental plots.

| Treatments | No of panicle/tiller |
|---|---|
| Control | 5.50b[1] |
| ash 50 kg/rai | 4.56b |
| Bio-ash 25 kg/rai | 7.39a |
| Bio-ash 50 kg/rai | 7.63a |
| Bio-ash 75 kg/rai | 7.40a |

[1]Mean of four replications. Means followed by a common letters in each column are not significantly different by DMRT at P=0.05.

The soil planted to rice (soil without bio-ash) in pot experiment showed that the soil pH was 4.2, EC value was 325 and organic matter was 0.67 and and for nutrient analysis showed that P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, B and Cl were 5.70, 94.2, 882, 863, 64.8, 16.2, 1.07, 0.41 and 8.67 ppm, respectively. It was observed that after apply the biological ash to soil planted to rice in pot experiment after 30 day before transplanting, it showed higher in soil pH which

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

was 5.41, and higher in EC value (7430) and organic matter was increased to 2.95 and increased in P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, B and Cl were 240, 925, 754, 816, 72.2, 17.4, 2.22, 0.63 and 4663 ppm, respectively (Table 6).

It was indicated that the bi-ash has affected to higher soil fertility which increased in plant nutrients available for the growth of rice var Prathumthani 1. This may due to the activities of beneficial fungi added into the bottom ash. It is suggested that the biological ash may possible to develop to be used to increase yield and reduce the chemical use.

**Table 6.** The nutrient analysis of bottom ash, biological ash, soil planted to rice without biological ash and soil planted to rice with biological ash.

| | Units | Bottom ash | Bio-ash | Soil without bio-ash | Soil treated with bio-ash |
|---|---|---|---|---|---|
| pH, 1:5 | - | 12.40 | 12.48 | 4.20 | 5.41 |
| EC, 1:5 | µS/cm | 7760 | 11030 | 325 | 7430 |
| Organic matter | % | 0.25 | 1.39 | 0.67 | 2.95 |
| P | ppm | 15.2 | 15.7 | 5.70 | 240 |
| K | ppm | 189 | 870 | 94.2 | 925 |
| Ca | ppm | 67659 | 67412 | 882 | 754 |
| Mg | ppm | 877 | 784 | 863 | 816 |
| Fe | ppm | 127 | 160 | 64.8 | 72.2 |
| Mn | ppm | - | - | 16.2 | 17.4 |
| Zn | ppm | 0.19 | 0.23 | 1.07 | 2.22 |
| B | ppm | 51.7 | 32.6 | 0.41 | 0.63 |
| Cl | ppm | 198 | 4037 | 8.67 | 4663 |

## References


Bird, J.A., Horwath, W.R., Eagle, A.J. and Kessel, C. (2001). Immobilization of fertilizer nitrogen in rice: effect of straw management practices. Soil Science Society of America Journal 65: 1143-1152.

Cheanrung, J., Aromrat, U. and Na Nakorn, T. (2006). Effect of soil conditioners-tridimite, yod-doi and bunkumthorn for physical and chemical propreties of soil and rice yield. Thai Agricultural Research Journal 24: 153-167.

Eagle, A.J., Bird, J.A., Horwath, W.R., Linquist, B.A., Bouder, A.M., Hill, J.E. and Kessel, C. (2000). Rice yield and nitrogen utilization efficiency under alternative straw management practices. Agronomy Journal 92: 1096-1103.

Eagle, A.J., Bied, J.A., Horwath, W.R., and Kessel, C. (2001). Nitrogen dynamics and fertilizer use efficiency in rice following straw incorporation and winter flooding. Agronomy Journal 93: 1346-1354.

Imiurb, A. (1992). Soil status of the farmers before join the project of soil and fertilizer in 1992. Journal of Land Develpoment 319 (29): 33-40.


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kowapradit, S. (2005). Study of bottom ash in increase the growth of Cassava. Reports of Agricultural Extension Department.

Kumar, K. and Goh, K.M. (2000). Crop residues and management practices: Effects on soil nitrogen dynamics, crop yield and nitrogen recovery. Advances in Agronomy 68: 197-319.

(Received 5 March 2007; accepted 28 May 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน

นายศุภวัฒน์ โกวะประดิษฐ์ เกิดวันที่ 1 มกราคม 2500 สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนยานเวศวิทยาคม จังหวัดกรุงเทพมหานคร และสำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตพืช) จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2522 ปัจจุบันทำงานอยู่ที่สำนักงานเกษตรจังหวัดระยอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้