

อิทธิพลของภาวะแล้ง และเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเปลี่ยนแปลง
ของฟอสฟอรัสในดิน และการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

EFFECTS OF DROUGHT STRESS AND ARBUSCULAR MYCORRHIZAL
FUNGI INOCULATION ON PHOSPHORUS FRACTION IN SOIL
AND SWEET CORN GROWTH

ดวงกมล ชูแดง

DUANGKAMON CHUDAENG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

KMITL-2020-AG-M-065-319

อิทธิพลของภาวะแล้ง และเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเปลี่ยนรูป
ของฟอสฟอรัสในดิน และการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

EFFECTS OF DROUGHT STRESS AND ARBUSCULAR MYCORRHIZAL
FUNGI INOCULATION ON PHOSPHORUS FRACTION IN SOIL
AND SWEET CORN GROWTH

ดวงกมล ชูแดง

DUANGKAMON CHUDAENG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

KMITL-2020-AG-M-065-319

**EFFECTS OF DROUGHT STRESS AND ARBUSCULAR MYCORRHIZAL
FUNGI INOCULATION ON PHOSPHORUS FRACTION IN SOIL
AND SWEET CORN GROWTH**

DUANGKAMON CHUDAENG

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURAL
FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2020

KMITL-2020-AG-M-065-319

COPYRIGHT 2020

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	อิทธิพลของภาวะแล้ง และเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสในดิน และการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน
นักศึกษา	นางสาวดวงกมล ชูแดง
รหัสประจำตัว	60604009
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เกษตรศาสตร์
พ.ศ.	2563
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. ภัทรารัตน์ เทียมเก่า

บทคัดย่อ

ปัญหาภัยแล้งนับว่าเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช และยังคงส่งผลกระทบต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัสที่ส่วนใหญ่ถูกตรึงไว้ในดิน ซึ่งความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสอาจมีความสัมพันธ์กับความชื้นในดิน การศึกษาครั้งนี้จึงสนใจศึกษาผลของภาวะแล้งและการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสในดิน และการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน โดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 การศึกษาอิทธิพลของภาวะแล้งและการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสในดิน วางแผนการทดลองแบบ 4x2 factorial in CRD ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบใน 2 ชุดดินแยกกันคือ ชุดดินชลบุรี (ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ) และชุดดินแมริม (ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง) ปัจจัยที่ 1 คือ ความชื้นในดิน ประกอบด้วย 0% 25% 50% และ 75% ของ water holding capacity (WHC) ปัจจัยที่ 2 คือ การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (arbuscular mycorrhizal fungi; AMF) ประกอบด้วย การใส่ และไม่ใส่ AMF ผลการศึกษาพบว่าในชุดดินชลบุรีเมื่อความชื้นลดลงส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ง่าย คือ P-loosely มีความเป็นประโยชน์ในดินลดลง และการใส่ AMF ช่วยทำให้ฟอสฟอรัสรูปที่ไม่เป็นประโยชน์กับพืช (P-AI P-Ca และ P-apatite) ลดปริมาณลง ส่วนในชุดดินแมริมพบว่าเมื่อความชื้นลดลงส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ง่าย คือ P-water และ P-loosely มีความเป็นประโยชน์ในดินลดลง และการใส่ AMF ช่วยทำให้ฟอสฟอรัสรูปที่ไม่เป็นประโยชน์กับพืช (P-AI P-Ca และ P-apatite) ลดปริมาณลง

การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของภาวะแล้งและการใส่เชื้อ AMF ต่อการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสและการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน วางแผนการทดลองแบบ 3x2 factorial in

CRD โดยการทดลองนี้จะใช้ชุดดินชลบุรีในการทดลอง ปัจจัยที่ 1 คือ ระดับความแล้ง ประกอบด้วย 25% 50% และ 75% ของ WHC ปัจจัยที่ 2 คือ การใส่ AMF ประกอบด้วย การใส่และไม่ใส่ AMF ผลจากการทดลองที่มีการปลูกพืชร่วมด้วยไม่พบฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ (P-water และ P-loosely) แต่พบฟอสฟอรัสในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ (P-Al และ P-Ca) เพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นสูงขึ้น นอกจากนี้ความชื้นที่สูงขึ้นและการใส่ AMF จะส่งเสริมให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ในโตรเจนทั้งหมด แคลเซียม และแมกนีเซียมในดินเพิ่มขึ้นด้วย และยังพบการเข้าอยู่อาศัยของ AMF ในรากพืชสูงขึ้นเมื่อความชื้นสูงขึ้น แนวโน้มการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานพบว่าที่ความชื้น 50% ของ WHC ร่วมกับการใส่ AMF ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด จากการทดลองทั้งสองการทดลองจะพบว่า เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้มีปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ (P-water และ P-loosely) เพิ่มขึ้น แต่ไม่พบฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ ในการทดลองที่มีการปลูกข้าวโพดหวาน และการใส่เชื้อ AMF สามารถลดฟอสฟอรัสในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ (P-Al P-Ca และ P-apatite) และยังเพิ่มอินทรีย์วัตถุในโตรเจนทั้งหมด แคลเซียม และแมกนีเซียมในดินอีกด้วย

Thesis	Effects of drought stress and arbuscular mycorrhizal fungi inoculation on phosphorus fraction in soil and sweet corn growth
Student	Miss Duangkamon Chudaeng
Student ID.	60604009
Degree	Master of Science
Program	Agriculture
Year	2020
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Pattrarat Teamkao

ABSTRACT

Drought is an environmental stress that impact on plant growth, crop productivity and nutrients availability. Phosphorus is easily to fixed in the soil and phosphorus availability may be related on soil moisture. This study aims to investigate the effects of drought stress and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) addition on phosphorus fraction and sweet corn growth. The study was divided into 2 experiments, the first experiment was the study of the influence of drought stress and the addition of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on phosphorus fraction in soil. The experimental study was set in 4×2 factorial in CRD, which compared in 2 soil series i.e. Chon Buri soil series (low available phosphorus) and Mae Rim soil series (high available phosphorus). The first factor was soil moisture contents consisted of 0%, 25%, 50% and 75% of soil water holding capacity (WHC). The second factor was AMF addition consisted of inoculation and non-inoculation. The result showed that in the Chon Buri soil series, when moisture decreased result in decreased phosphorus in the easily available phosphorus in the form of P-loosely. Inoculation of AMF reduced content of unavailable phosphorus for plants (P-Al, P-Ca and P-apatite). Experiments in the Mae Rim soil series found that when decreased soil moisture result in decreased available phosphorus in the form of P-water and P-loosely. Inoculation of AMF reduced content of unavailable phosphorus for plants (P-Al, P-Ca and P-apatite).

The second experiment was the study of the influence of drought and the addition of arbuscular mycorrhizal fungi on phosphorus fraction and the growth of sweet corn. The experimental study was set in 3×2 factorial in CRD, using Chon Buri soil series. The first factor

was soil moisture contents consisted of 25%, 50% and 75% of soil WHC. The second factor was AMF addition consisted of inoculation and non-inoculation. The results of the experiment with growing plants did not find the available phosphorus, but found increased unavailability phosphorus (P-Al and P-Ca) when increased soil moisture. In addition, higher soil moisture and addition of AMF increase content of organic matter, total nitrogen, calcium and magnesium. The inoculation of AMF in the roots also increased in higher soil moisture content. The highest sweet corn growth found under 50% WHC combined with AMF inoculation condition. The both experiments showed that when moisture content increased result in increased available phosphorus form (P-water and P-loosely). In addition, under the sweet corn planting experiments did not find available phosphorus. The inoculation of AMF reduced unavailable phosphorus form (P-Al, P-Ca and P-apatite) and increase soil organic matter, total nitrogen, calcium and magnesium in the soil.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ศศ.ดร.ภัทรรัตน์ เทียมเก่า ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ ศศ.ดร. นฤกุล ถวิลถึง และ ดร. ช่อแก้ว อนิลบล กรรมการสอบหัวข้อและโครงสร้างวิทยานิพนธ์ และเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึง ศศ.ดร. พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์ และ รศ.ดร. มยุรา สุณย์วีระ ที่เป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะ จนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

สุดท้ายต้องขอขอบคุณครอบครัว อาจารย์ พี่ๆ เพื่อนๆ และบุคลากร ณ ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยาที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้แก่บิดามารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

ดวงกมล ชูแดง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	IX
สารบัญภาพ	XII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 สถานที่ทำการทดลอง.....	4
1.6 ระยะเวลาในการทดลอง	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ภาวะแล้ง	5
2.2 ไมคอร์ไรซา.....	6
2.2.1 ชนิดของไมคอร์ไรซา	7
2.2.2 ลักษณะสำคัญของอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา.....	9
2.2.3 การพัฒนาเข้าสู่รากพืชของ AMF	9
2.3 ข้าวโพดหวาน.....	10
2.3.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์.....	11
2.3.2 การเจริญเติบโตของข้าวโพด	12
2.3.3 พันธุ์ข้าวโพดหวาน.....	13
2.3.4 พื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานในไทย	13
2.3.5 ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2.....	14
2.3.6 ความต้องการธาตุอาหารและปุ๋ยที่ใช้.....	14
2.3.7 ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ	15
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	17
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	21
3.1 ดิน พืช และเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (AMF) ที่ใช้ในการศึกษา	21

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2	แผนการทดลอง	21
3.2.1	การทดลองที่ 1 ศึกษาอิทธิพลของภาวะแล้งและการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์-ไมคอร์ไรซาต่อการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสในดิน	21
3.2.2	การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของภาวะแล้งและการใส่เชื้อ AMF ต่อการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสและการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน	22
3.3	การศึกษาเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา	22
3.3.1	การนับปริมาณสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดิน	22
3.3.2	การประเมินการเข้าอยู่อาศัยในรากพืช.....	23
3.4	การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี	23
3.4.1	การวิเคราะห์ pH (อัตราส่วน ดิน : น้ำ เท่ากับ 1 : 1).....	23
3.4.2	การวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า EC (อัตราส่วน ดิน : น้ำ เท่ากับ 1 : 5).....	23
3.4.3	การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) ในดิน	23
3.4.4	การวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุในดิน โดยวิธี Loss on ignition	25
3.4.5	การวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน	25
3.4.6	การวิเคราะห์เบสที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน โดยวิธี ammonium acetate	26
3.4.7	การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน โดยวิธี Bray II	26
3.4.8	การวิเคราะห์ทองแดง เหล็ก แมงกานีส และสังกะสีในดิน โดยวิธี DTPA	26
3.4.9	การวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในพืช โดยวิธี Kjeldahl	27
3.4.10	การวิเคราะห์โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และฟอสฟอรัสทั้งหมดในพืชโดยวิธี Aqua regia	28
3.5	วัดการเจริญเติบโตของพืช.....	28
3.5.1	ความสูงของพืช	28
3.5.2	เส้นผ่านศูนย์กลางของพืช.....	28
3.5.3	น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของพืช.....	28
3.6	การวิเคราะห์ทางสถิติ	29
บทที่ 4	ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	30
4.1	ผลการวิเคราะห์สมบัติดินก่อนการทดลอง	30
4.2	การทดลองที่ 1 ศึกษาอิทธิพลของภาวะแล้งและการใส่เชื้อ AMF ต่อการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสในดิน	31
4.2.1	ชุดดินชลบุรี (Chon Buri series: Cb)	31

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.2 ชุดดินแมริม (Mae Rim series: Mr)	62
4.3 การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของภาวะแล้งและการใส่เชื้อ AMF ต่อการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสและการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน	91
4.3.1 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) ฟอสฟอรัสอนินทรีย์ (Inorganic P) ฟอสฟอรัสอินทรีย์ (Organic P) และฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) ในการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)	91
4.3.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินของการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)	93
4.3.3 การวิเคราะห์ธาตุอาหารในข้าวโพดหวานของการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี) ..	95
4.3.4 การประเมินการเข้าอยู่อาศัยของ AMF ภายในรากพืช และปริมาณสปอร์ในดินของการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี).....	96
4.3.5 ผลการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานในการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี).....	97
4.4 วิจารณ์ผลการทดลอง	102
4.4.1 ความขึ้นต่อการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสและธาตุอาหารอื่นๆในดิน.....	102
4.4.2 การใส่เชื้อ AMF ต่อการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสและธาตุอาหารอื่นๆในดิน	102
4.4.3 ความขึ้น และการใส่เชื้อ AMF ต่อปริมาณฟอสฟอรัสในดิน ธาตุอาหารอื่นๆในดิน และการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน	103
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	105
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	105
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	106
บรรณานุกรม	107
ภาคผนวก	114
ประวัติผู้เขียน	147

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ปริมาณธาตุอาหารที่ข้าวโพดหวานต้องการ	14
2.2 รูปและปริมาณของอินทรีย์ฟอสเฟตในดิน	15
2.3 ปริมาณของอินทรีย์ฟอสเฟตในดินแร่และดินอินทรีย์ในดินชนิดต่างๆ	16
4.1 สมบัติดินก่อนการทดลองในชุดดินชลบุรี (Chon Buri series: Cb) และแมริม (Mae Rim series: Mr)	30
4.2 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) ในการทดลองที่ 1 ของชุดดินชลบุรี วันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90	32
4.3 ปริมาณฟอสฟอรัสอนินทรีย์ (Inorganic P) ในการทดลองที่ 1 ของชุดดินชลบุรี วันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90	34
4.4 ปริมาณฟอสฟอรัสอินทรีย์ (Organic P) ในการทดลองที่ 1 ของชุดดินชลบุรี วันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90	36
4.5 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อเริ่มต้นการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)	37
4.6 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 15 วัน (ชุดดินชลบุรี)	39
4.7 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 30 วัน (ชุดดินชลบุรี)	41
4.8 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 45 วัน (ชุดดินชลบุรี)	42
4.9 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 60 วัน (ชุดดินชลบุรี)	44
4.10 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 75 วัน (ชุดดินชลบุรี)	45
4.11 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)	47
4.12 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อเริ่มต้นการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)	52
4.13 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 15 วัน (ชุดดินชลบุรี)	54
4.14 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 30 วัน (ชุดดินชลบุรี)	55
4.15 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 45 วัน (ชุดดินชลบุรี)	57
4.16 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 60 วัน (ชุดดินชลบุรี)	58

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.17 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 75 วัน (ชุดดินชลบุรี)	59
4.18 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี).....	61
4.19 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) ในการทดลองที่ 1 ของชุดดินแมริม วันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90	63
4.20 ปริมาณฟอสฟอรัสอนินทรีย์ (Inorganic P) ในการทดลองที่ 1 ของชุดดินแมริม วันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90	65
4.21 ปริมาณฟอสฟอรัสอินทรีย์ (Organic P) ในการทดลองที่ 1 ของชุดดินแมริม วันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90	67
4.22 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อเริ่มต้นการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม).....	68
4.23 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 15 วัน (ชุดดินแมริม)	70
4.24 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 30 วัน (ชุดดินแมริม)	71
4.25 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 45 วัน (ชุดดินแมริม)	73
4.26 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 60 วัน (ชุดดินแมริม)	75
4.27 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 75 วัน (ชุดดินแมริม)	76
4.28 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม).....	77
4.29 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อเริ่มต้นการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม).....	82
4.30 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 15 วัน (ชุดดินแมริม).....	83
4.31 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 30 วัน (ชุดดินแมริม).....	85
4.32 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 45 วัน (ชุดดินแมริม).....	86
4.33 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 60 วัน (ชุดดินแมริม).....	88
4.34 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 75 วัน (ชุดดินแมริม).....	89
4.35 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)	90
4.36 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) ฟอสฟอรัสอนินทรีย์ (Inorganic P) และฟอสฟอรัส อินทรีย์ (Organic P) ของการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี).....	92

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.37 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) ในการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี).....	93
4.38 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อสิ้นสุดการทดลองในการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)	94
4.39 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืชเมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยวของการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี).....	96
4.40 ผลการประเมินการเข้าอยู่อาศัยของ AMF ภายในรากพืช และปริมาณสปอร์ในดินของ การทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)	97
4.41 ผลการเปรียบเทียบน้ำหนักสดและแห้งของพืชในการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)	98
4.42 การเปรียบเทียบเส้นผ่านศูนย์กลางของพืชตั้งแต่ลำคอกแรกจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิตใน การทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)	101

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวโพด	12
2.2 ระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพด (ระยะ 0-7)	13
4.1 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสทั้งหมด ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)	32
4.2 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสอินทรีย์ ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)	34
4.3 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสอินทรีย์ ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)	36
4.4 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆ เมื่อเริ่มต้นการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)	38
4.5 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)	39
4.6 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)	41
4.7 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 45 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)	43
4.8 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 60 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)	44
4.9 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)	46
4.10 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)	47
4.11 สัดส่วนฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (%P-fraction) ในการทดลองวันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90 เมื่อมีการรักษาความชื้นที่ระดับ 0% (A) 25% (B) 50% (C) และ 75% (D) WHC ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)	49
4.12 สัดส่วนฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (%P-fraction) ในการทดลองวันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90 เมื่อมีการใส่เชื้อ AMF (A) และ ไม่ใส่เชื้อ AMF (B) ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)	51

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
4.13 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุ (A) และแคลเซียม (B) เมื่อเริ่มต้นการทดลอง ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี).....	53
4.14 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุ (A) และแคลเซียม (B) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)	54
4.15 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (A) และ โซเดียม (B) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)	56
4.16 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุ (A) โพแทสเซียม โซเดียม แมกนีเซียม (B) และแคลเซียม (C) เมื่อทำการทดลอง เป็นเวลา 60 วันใน การทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)	58
4.17 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุเมื่อทำการทดลอง เป็นเวลา 75 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี).....	60
4.18 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุ (A) ไนโตรเจน ทั้งหมด (B) และ โซเดียม (C) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี).....	61
4.19 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสทั้งหมด ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมร์ิม)	63
4.20 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสอินทรีย์ ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมร์ิม)	65
4.21 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสอินทรีย์ ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมร์ิม)	67
4.22 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆ เมื่อทำการทดลอง เป็นเวลา 15 วันในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมร์ิม)	70
4.23 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆ เมื่อทำการทดลอง เป็นเวลา 30 วันในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมร์ิม)	72
4.24 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆ เมื่อทำการทดลอง เป็นเวลา 45 วันในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมร์ิม)	73
4.25 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆ เมื่อทำการทดลอง เป็นเวลา 60 วันในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมร์ิม)	75
4.26 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมร์ิม)	78

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
4.27 สัดส่วนฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (%P-fraction) ในการทดลองวันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90 เมื่อมีการรักษาความชื้นที่ระดับ 0% (A) 25% (B) 50% (C) และ 75% (D) WHC ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม).....	79
4.28 สัดส่วนฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (%P-fraction) ในการทดลองวันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90 เมื่อมีการใส่เชื้อ AMF (A) และไม่ใส่เชื้อ AMF (B) ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม).....	81
4.29 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุ (A) และไนโตรเจนทั้งหมด (B)เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม).....	84
4.30 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณโซเดียม แมกนีเซียม (A) และแคลเซียม (B)เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม).....	85
4.31 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณโพแทสเซียม (A) และโซเดียม (B) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 45 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม).....	87
4.32 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณแคลเซียม (A) และแมกนีเซียม (B)เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 60 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม).....	88
4.33 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุ (A) และไนโตรเจนทั้งหมด (B) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม).....	91
4.34 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณแมกนีเซียมเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี).....	95
4.35 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อน้ำหนักพืชเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี).....	98
4.36 ความสูงของข้าวโพดหวานในช่วงสัปดาห์ (W) แรกจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต ในการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี) เมื่อมีการรักษาความชื้นที่ระดับ 0% 25% 50% และ 75% WHC (A) ร่วมกับการใส่ (+AMF) และไม่ใส่ (-AMF) เชื้อ AMF (B).....	99
4.37 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของพืชในสัปดาห์ที่ 4 และ 6 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี).....	102

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ปัญหาภัยแล้งนับว่าเป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้ผลผลิตของพืชมีความแปรปรวน ซึ่งส่งผลกระทบต่อทั้งปริมาณ และคุณภาพของผลผลิต ภัยแล้งเป็นภัยธรรมชาติอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นแล้วจะนำมาซึ่งความเสียหายทางการเกษตร และมีผลกระทบทางอ้อม ได้แก่ การทิ้งร้างที่ดินทำกิน การอพยพละทิ้งที่อยู่อาศัยไปหางานทำในเมือง สำหรับภัยแล้งในประเทศไทยส่วนใหญ่เกิดจากฝนแล้ง และทิ้งช่วง โดยแต่ละปีจะเกิดขึ้นได้ 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงฤดูหนาวต่อเนื่องถึงฤดูร้อน (กลางเดือนตุลาคมเป็นต้นไป) บริเวณประเทศไทยตอนบน (ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก) จนกว่าจะเข้าสู่ฤดูฝนในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมของปีถัดไป ซึ่งภัยแล้งลักษณะนี้จะเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี และมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงขึ้นเป็นลำดับ ส่วนภัยแล้งอีกช่วงหนึ่งมักเกิดขึ้นในช่วงกลางฤดูฝน (ปลายเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม) จะมีฝนทิ้งช่วงซึ่งอาจเกิดขึ้นเฉพาะท้องถิ่นหรือบางบริเวณ แต่บางครั้งก็อาจครอบคลุมพื้นที่กว้างเกือบทั่วประเทศไทย (สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม, 2556) โดยภัยแล้งทำให้ปริมาณน้ำของเนื้อเยื่อพืชลดลง และเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของพืช ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และกระบวนการเมตาบอลิซึม นอกจากนี้ภาวะแล้งก็มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน (Munns, 1993) ภัยแล้งส่งผลให้อัตราส่วนของ Na/Ca Na/K Ca/Mg และ Cl/NO_3 สูงขึ้นภายใต้สภาวะดินเค็ม ทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง เนื่องจากความเป็นพิษของไอออน (เช่น Na และ Cl) และความไม่สมดุลของไอออน (Grattan and Grieve, 1999) ปัจจุบันนี้มีการนำอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (arbuscular mycorrhizal fungi) มาใช้ทางเกษตรกรรม เชื้อราที่อาศัยในรากพืชส่งผลดีต่อพืชหลายด้าน ทั้งเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารและการทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมของพืช

อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (arbuscular mycorrhizal fungi ; AMF) เป็นเชื้อราที่พบทั่วไปในดิน ซึ่งอาศัยอยู่ร่วมกับรากพืชมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัย โดยไม่ทำอันตรายต่อพืชอาศัย (วิระ ศรีธัญรัตน์, 2544) AMF สามารถช่วยดูดธาตุอาหารต่างๆที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน ธาตุอาหารเสริม และจุลธาตุ (ธงชัย มาลา, 2535) รวมไปถึงช่วยให้พืชมีชีวิตรอดภายใต้สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น การเพิ่มความสามารถในการทนแล้งของพืช เพิ่มความต้านทานเชื้อสาเหตุโรคพืช (Schenck, 1981) และช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (สมจิตร อยู่เป็นสุข, 2549) อย่างไรก็ตามการได้รับประโยชน์จาก AMF ของพืชอาศัยขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของพืช ชนิดของเชื้อรา และคุณสมบัติของดิน (Smith and Read, 2000 ;

Tawara *et al.* 2001) ในดินที่ถูกรบกวนอยู่ตลอดเวลาจะมีปริมาณของสปอร์ AMF ต่ำเมื่อเทียบกับดินที่ไม่ถูกรบกวน (Gravito and Miller. 1998) ดินที่มีฟอสฟอรัสต่ำหรือสูงเกินไปมีผลทำให้การเข้าสู่รากพืชของ AMF ลดน้อยลง (Clark. 1997 ; Koide. 1991) การเข้าอยู่อาศัยของไมคอร์ไรซาในรากพืชจะเกิดกิจกรรมของ phosphatase ในดิน และมีความสำคัญต่อการเพิ่มธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช จากการเปลี่ยนรูปฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ (Tarafdar and Marschner. 1994)

ธาตุฟอสฟอรัส (P) ในดินเกิดขึ้นจากการสลายตัวของแร่บางชนิดในดิน เช่น แร่อะพาไทต์ (apatite) และการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดิน ธาตุฟอสฟอรัสในดินจะอยู่ในรูปฟอสเฟตไอออน คือ $H_2PO_4^-$ และ HPO_4^{2-} ซึ่งจะต้องละลายได้ในน้ำและเป็นประโยชน์ต่อพืช ฟอสฟอรัสช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากแขนงและรากฝอยในระยะแรก ช่วยให้ดอก ผล เมล็ด ของพืชสมบูรณ์ ช่วยให้รากพืชดูดซึ่มโพแทสเซียมได้มากขึ้น ฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของโปรตีนบางชนิดในพืช เป็นสารประกอบของสารต่างๆหลายอย่างที่อยู่ในเมล็ด เป็นตัวถ่ายทอดพลังงานจากสารหนึ่งไปยังอีกสารหนึ่งในกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช สารประกอบของฟอสฟอรัสในดินมีอยู่เป็นจำนวนมาก ส่วนใหญ่ละลายน้ำได้ยากเนื่องจากฟอสเฟตทำปฏิกิริยากับแร่ธาตุในดินกลายเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำยากจึงอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ หากสภาพดินมีฤทธิ์เป็นกรด คือ ค่า pH ต่ำกว่า 5.5 เหล็กไอออน และอะลูมิเนียมไอออนจะเข้าทำปฏิกิริยากับฟอสเฟตไอออน เกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ และเมื่อสภาพดินมีฤทธิ์เป็นด่าง คือ ค่า pH สูงกว่า 7 ขึ้นไป แคลเซียมไอออน และแมกนีเซียมไอออนจะทำปฏิกิริยากับฟอสเฟตไอออนเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำเช่นกัน นอกจากการละลายน้ำได้ยากจากความเป็นกรด-ด่างแล้ว ยังมีสาเหตุมาจากปรากฏการณ์การดูดซับ (adsorption) ประจุลบของฟอสเฟตไอออนจะถูกยึดอยู่กับไอออนบวกบริเวณผิวของดินเหนียว (clay) ด้วยแรงยึดเหนี่ยวไฟฟ้าสถิต (electrostatic bonding) คือ ประจุลบของฟอสเฟตไอออนจะดูดซับอยู่กับประจุบวกของแร่ดินเหนียว และปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนแอนไอออน (anion exchange reaction) เป็นการแลกเปลี่ยนระหว่างไฮดรอกไซด์ไอออนกับฟอสเฟตไอออนในสารละลายดิน เมื่อฟอสเฟตเข้าไปแทนที่ สามารถเกิดพันธะเคมีกับโครงสร้างของแร่ดินเหนียวได้ ฟอสเฟตชนิดนี้ยากที่จะถูกปลดปล่อยออกมาทำให้เกิดเป็นสารประกอบฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ ดังนั้นจึงมักพบมีปัญหาวาดินมีฟอสฟอรัสมากแต่พืชยังขาดฟอสฟอรัส เพราะส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ (กฤตย์ สมสาร. 2549) ธาตุฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน ข้าวโพดหวานต้องการฟอสฟอรัสมากช่วง 2 สัปดาห์แรกหลังงอก ซึ่งที่ระยะนี้ข้าวโพดหวานยังมีรากค่อนข้างน้อยจึงดูดใช้ฟอสฟอรัสได้น้อย จนกระทั่งเมื่อรากเจริญเต็มที่รากจึงดูดธาตุฟอสฟอรัสจากดินได้มาก และประมาณ 3-4 สัปดาห์หลังงอกเป็นช่วงที่ข้าวโพดหวานออกดอกตัวผู้และตัวเมีย ธาตุฟอสฟอรัสมีบทบาทสำคัญในการช่วยเสริมสร้างความอุดมสมบูรณ์ให้กับดินและเมล็ด

ข้าวโพดหวานเป็นธัญพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของโลก ข้าวโพดหวานเป็นพืชที่ปลูกได้กว้างขวางเกือบทุกสภาพภูมิอากาศ และสภาพดิน ด้วยความเป็นพืชที่ปลูกได้ง่ายและมีประโยชน์สำคัญทางด้านอาหารหลักของมนุษย์หลายประการ นอกจากนี้องค์ประกอบที่สำคัญจากส่วนเมล็ดของข้าวโพดหวานอันได้แก่ แป้ง ไขมัน โปรตีน ได้ชักนำให้เกิดอุตสาหกรรมแปรรูปที่นับวันจะมีบทบาทต่อมนุษย์มากยิ่งขึ้น ซึ่งข้าวโพดหวานเป็นพืชที่สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตรส่งเสริมให้ปลูกในภาวะแล้ง เนื่องจากเป็นพืชไร่ที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น และมีการใช้น้ำ 300-400 m³/rai อย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง

ภาวะแล้งส่งผลให้น้ำที่พืชดูดใช้ได้น้อยลงมีผลต่อการเจริญและการพัฒนาของพืช และยังส่งผลให้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยลง ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ถูกตรึงไว้ในดิน ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินสัมพันธ์กับการตรึงและการละลายของฟอสฟอรัสอนินทรีย์ ซึ่งอาจมีความสัมพันธ์กับความชื้นในดิน การศึกษาครั้งนี้จึงสนใจศึกษาการเปลี่ยนแปลงรูปของฟอสฟอรัสในสภาวะแล้ง และบทบาทของ AMF ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปของฟอสฟอรัส และการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาผลของภาวะแล้งและการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเปลี่ยนแปลงรูปของฟอสฟอรัสในดิน
- 1.2.2 เพื่อศึกษาผลของภาวะแล้ง และการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเปลี่ยนแปลงรูปของฟอสฟอรัสในดิน และการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.3.1 ศึกษาภาวะแล้ง 3 ระดับ คือ ไม่แล้ง แล้งปานกลาง และแล้งมากต่อการเปลี่ยนแปลงรูปของฟอสฟอรัสในดิน
- 1.3.2 ศึกษาการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเปลี่ยนแปลงรูปของฟอสฟอรัสในดินที่ระดับภาวะแล้งต่างๆ
- 1.3.3 ศึกษาผลของภาวะแล้งและการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร่วมด้วยต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ทราบถึงผลของภาวะแล้งและการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเปลี่ยนแปลงรูปของฟอสฟอรัสในดิน

1.4.2 ทราบถึงผลของภาวะแล้ง และการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสในดิน และการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

1.5 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ และโรงเรือนปลูกพืชทดลอง วิชาเอกปฐพีวิทยา ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.6 ระยะเวลาในการทดลอง

1.6.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาอิทธิพลของภาวะแล้งและการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสในดิน

ชุดดินแม่ริม : เริ่มการทดลอง 12 ตุลาคม 2561 ถึง 12 มกราคม 2562

ชุดดินชลบุรี : เริ่มการทดลอง 10 กุมภาพันธ์ 2562 ถึง 10 พฤษภาคม 2562

1.6.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของภาวะแล้งและการใส่เชื้อ AMF ต่อการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสและการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

เริ่มต้นการทดลอง 26 กรกฎาคม 2562 ถึง 26 ตุลาคม 2562

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ภาวะแล้ง (สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า. 2559)

ภัยแล้งเป็นปัญหาในระดับชาติที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นในภาคการเกษตร ภัยแล้งส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรได้รับความเสียหาย รายได้เกษตรกรลดลง สาเหตุการเกิดภัยแล้งอาจเกิดขึ้นได้จากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

2.1.1 โดยธรรมชาติ

2.1.1.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโลก เช่น ระบบการหมุนเวียนหรือส่วนผสมของบรรยากาศเปลี่ยนแปลง สภาพอากาศในฤดูร้อนที่ร้อนมากกว่าปกติ

2.1.1.2 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม เช่น ฝนทิ้งช่วง ฝนตกน้อย ดินเก็บความชื้นได้ไม่ดี ปริมาณน้ำใต้ดินมีน้อย

2.1.1.3 การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเล

2.1.1.4 ความผิดปกติของตำแหน่งร่องมรสุมทำให้ฝนตกในพื้นที่ไม่ต่อเนื่อง

2.1.1.5 ความผิดปกติเนื่องจากพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนที่ผ่านประเทศน้อยกว่าปกติ

2.1.2 โดยการกระทำของมนุษย์

2.1.2.1 การใช้น้ำอย่างไม่เหมาะสมหรือสิ้นเปลืองเกินไป ทั้งการอุปโภค บริโภค และการเกษตร ทำให้ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำและน้ำใต้ดินลดลง

2.1.2.2 พฤติกรรมการดำรงชีวิตของมนุษย์ที่ทำลายชั้นโอโซน ทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก และทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น เช่น การเผาพลาสติก น้ำมัน และถ่านหิน

2.1.2.3 การพัฒนาด้านต่างๆ โดยเฉพาะด้านอุตสาหกรรม ทำให้เกิดการตัดไม้ทำลายป่า ส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เพียงพอ เนื่องจากขาดต้นไม้ซึมน้ำ และเกิดการบุกรุกพื้นที่ป่า

2.1.2.4 ระบบการเพาะปลูกและความถี่ของการเพาะปลูก

2.1.2.5 ขาดการวางแผนการสร้างแหล่งกักเก็บน้ำไว้ใช้ประโยชน์จากน้ำฝน

ปัจจุบันปัญหาภัยแล้งที่เกิดขึ้นในประเทศไทยนั้นถือเป็นปัญหาที่สำคัญของประเทศอีกด้านหนึ่ง ปัญหาภัยแล้งนี้เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี แต่ในปี 2558 นั้นอาจถือว่ามี ความรุนแรงมากที่สุดในรอบหลายๆ ปีที่ผ่านมา ประกอบกับปรากฏการณ์เอลนีโญที่ส่งผลให้ฝนไม่ตกตรงตามฤดูกาลหรือตกมาแต่มีปริมาณน้ำฝนที่น้อยกว่าระดับปกติ ทำให้การกักเก็บน้ำของแหล่งน้ำขนาดใหญ่

สามารถกักเก็บได้ในปริมาณน้อย จึงได้นำพาความเสียหายมาสู่ภาคเศรษฐกิจและสังคมทั้งด้านการขาดแคลนน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และด้านการเพาะปลูกของภาคเกษตรที่ต้องพึ่งพาแหล่งน้ำจากธรรมชาติ ประกอบกับประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกสินค้าเกษตร และผลิตภัณฑ์แปรรูปทางการเกษตรที่สำคัญในตลาดโลก ภัยแล้งจึงมีผลกระทบโดยตรงต่อการลดลงของผลผลิตทางการเกษตรของไทย ปัญหาภัยแล้งจึงจัดเป็นปัญหาสำคัญของชาติ (สิตาวีร์ ชีรวีรุฬห์. 2558)

สถานการณ์ภัยแล้งในปี 2017 พื้นที่บริเวณแอฟริกาตะวันออกได้รับผลกระทบจากภัยแล้งรุนแรง หลังจากฝนตกต่ำกว่าค่าปกติในปี 2016 ส่วนฤดูฝนปี 2017 ก็ยังเกิดภัยแล้งในหลายพื้นที่ของโซมาเลียทางตอนบนของเคนยา และทางตะวันออกเฉียงใต้ของเอธิโอเปีย องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติรายงานว่าในเดือนมิถุนายนปี 2017 พื้นที่เพาะปลูกมากกว่าครึ่งของประเทศโซมาเลียได้รับผลกระทบจากสภาวะแห้งแล้ง และจำนวนปศุสัตว์ลดลง 40-60 % ตั้งแต่เดือนธันวาคมปี 2016 องค์การอาหารโลก (World Food Programme ; WFP) ประเมินการว่าจำนวนผู้อดอยากในโซมาเลียเพิ่มขึ้นสองเท่าเป็น 8 แสนราย ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ปี 2017 โดยมากกว่าครึ่งของประเทศต้องการความช่วยเหลือ องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติยืนยันว่าผู้คนกว่า 11 ล้านคนกำลังประสบปัญหาความไม่มั่นคงทางอาหารอย่างรุนแรงในโซมาเลีย เอธิโอเปีย และเคนยา ปี 2017 หลายพื้นที่ในแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียนได้ประสบกับภัยแล้ง โดยภัยแล้งรุนแรงที่สุดเกิดในประเทศอิตาลีซึ่งส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตร โดยเฉพาะการผลิตน้ำมันมะกอกลดลงถึง 62 % เมื่อเทียบกับปี 2016 ปริมาณฝนเฉลี่ยของอิตาลีตั้งแต่เดือนมกราคมถึงสิงหาคม ปี 2017 ต่ำกว่า ค่าปกติ 36 % นับเป็นช่วงที่ร้อนที่สุดของประเทศเท่าที่ผ่านมา โดยอุณหภูมิสูงกว่าค่าปกติ 1.31 °C ส่วนพื้นที่แห้งแล้งอื่นๆ ได้แก่ สเปน และ โปรตุเกส นอกจากนี้เกาหลีเหนือยังได้รับผลกระทบจากฝนที่ตกต่ำกว่าค่าปกติ ส่งผลกระทบต่อพืชพันธุ์หลักของประเทศ เช่น ข้าวเปลือก และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยปริมาณฝนที่ตกในช่วงเดือนมกราคมถึงมิถุนายนต่ำกว่าค่าปกติถึง 51 % ซึ่งเป็นปริมาณฝนน้อยที่สุดนับตั้งแต่เริ่มมีการบันทึกในปี 1973 (กรมอุตุนิยมหาวิทยาลัย. 2560)

2.2 ไมคอร์ไรซา

ไมคอร์ไรซา คือการอยู่ร่วมกันระหว่างเชื้อรากับรากพืชชั้นสูงโดยมีความสัมพันธ์กับการอยู่ร่วมกันแบบเกื้อกูลประโยชน์ซึ่งกันและกัน (symbiosis) โดยจะเพิ่มการดูดซับน้ำและธาตุอาหารให้แก่พืช ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตนอกจากนี้ยังช่วยให้พืชมีความต้านทานโรคได้มากขึ้น และมีความสำคัญมากในช่วงแรกของการเจริญเติบโตของกล้าไม้ซึ่งจะช่วยให้กล้าไม้มีชีวิตอยู่ได้ในสภาวะแห้งแล้ง (สมจิตร อยู่เป็นสุข. 2549) ในขณะที่อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาได้รับคาร์โบไฮเดรตจากการสังเคราะห์แสงของพืช และสารที่พืชหลั่งออกมาจากราก (plant root exudates) เป็นอาหาร (อรรธรณ นัทรสิริรุ่ง. 2551)

2.2.1 ชนิดของไมคอร์ไรซา

ไมคอร์ไรซามี 7 ชนิดแบ่งตามความแตกต่างของกลุ่มพืชอาศัย (host plant) และความแตกต่างทางโครงสร้างของไมคอร์ไรซา ได้แก่ อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (arbuscular mycorrhiza) เอกโตไมคอร์ไรซา (ectomycorrhiza) ออร์คิดไมคอร์ไรซา (orchid mycorrhiza) อีริกอยด์ไมคอร์ไรซา (ericoid mycorrhiza) เอกเท็นโดไมคอร์ไรซา (ectendomycorrhiza) อาร์บุดอยด์ไมคอร์ไรซา (arbutoid mycorrhiza) และ โมโนโทรพอยด์ไมคอร์ไรซา (monotropoid mycorrhiza) ไมคอร์ไรซาชนิดที่พบมากได้แก่ อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และเอกโตไมคอร์ไรซา (Brundrett, 1991)

2.2.1.1 อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (arbuscular mycorrhiza ; AMF) หรือเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า เอนโดไมคอร์ไรซา (endomycorrhiza) เป็นการอยู่อาศัยร่วมกันแบบพึ่งพากันเดิมจัดอยู่ในไฟลัม (phylum) *Zygomycota* แต่ Schübler *et al.* (2001) ได้ตรวจสอบ small subunit (SSU) rRNA gene sequences พบว่ามีความแตกต่างจากเชื้อรา *Zygomycota* ปัจจุบันได้จัดให้อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอยู่ในไฟลัม *Glomeromycota* ซึ่งเชื้อราในกลุ่มนี้ดำรงชีวิตแบบ obligate symbiosis กับพืชหลายชนิด ดังนั้นไม่สามารถเพาะเลี้ยงเชื้อราในกลุ่มนี้บนอาหารเลี้ยงเชื้อได้ การเพาะขยายเพื่อเพิ่มปริมาณเชื้อราชนิดนี้มักนิยมทำในกระถางปลูกที่มีพืชอาศัยเจริญอยู่ (pot culture) โดยเส้นใยของเชื้อราจะเจริญอยู่ในชั้นคอร์เทกซ์ของรากพืช

2.2.1.2 เอกโตไมคอร์ไรซา (ectomycorrhizal) เป็นการอยู่ร่วมกันระหว่างเชื้อราชั้นสูง (higher fungi) และรากของไม้ยืนต้น (tree) หรือไม้พุ่ม (shrub) โดยเชื้อราพวกนี้เป็นพวกที่สร้างเส้นใยแบบที่มีผนังกันตามขวาง (septate hypha) ส่วนใหญ่อยู่ในไฟลัม *Basidiomycota* และมีบางส่วนอยู่ในไฟลัม *Ascomycota* ลักษณะโครงสร้างของรากที่มีเชื้อเอกโตไมคอร์ไรซา (ectomycorrhizal root) ประกอบด้วยเส้นใยของเชื้อราที่สานตัวกันหุ้มอยู่รอบราก (mantle hyphae) เส้นใยบางส่วนที่ยื่นออกนอกรากช่วยในการดูดน้ำ และธาตุอาหารให้แก่พืช (external hyphae) เส้นใยที่สานกันแทรกตัวอยู่ระหว่างเซลล์รากในชั้นคอร์เทกซ์ (hartig net hyphae) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างเชื้อรากับรากพืชอาศัย เอกโตไมคอร์ไรซาเกิดที่บริเวณส่วนปลายของรากแขนงขนาดเล็ก

2.2.1.3 ออร์คิดไมคอร์ไรซา (orchid mycorrhiza) พบในพืชวงศ์ (family) *Orchidaceae* หรือกล้วยไม้ชนิดต่างๆ มีเชื้อราบางชนิดที่อยู่ในไฟลัม *Basidiomycota* ออร์คิดไมคอร์ไรซาหลายชนิดอยู่ในสกุล (genus) *Rhizoctonia* อาศัยร่วมกับรากของกล้วยไม้โดยมีลักษณะของเส้นใยขดเป็นวง (coils of hyphae หรือ peloton) อยู่ในเซลล์รากไมคอร์ไรซาชนิดนี้มีความสำคัญในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ และช่วยดูดธาตุอาหารให้แก่ต้นกล้าของกล้วยไม้ (สมจิตร อยู่เป็นสุข, 2549) ทั้งนี้ยังสามารถย่อยเซลลูโลส และลิกนินได้ (Warcup, 1975)

2.2.1.4 เอกเท็นโดไมคอร์ไรซา (ectendomycorrhizal fungi) เป็นไมคอร์ไรซาที่มีลักษณะอยู่ระหว่างเอกโตไมคอร์ไรซา และเอนโดไมคอร์ไรซา แต่มีลักษณะคล้ายกับเชื้อราพวก

แรกมากกว่า เส้นใยจะเจริญอยู่อย่างหลวมๆ รอบรากพืชมีลักษณะเป็นเยื่อบางๆ หรือเป็นแผ่นเนื้อเยื่อบางๆ (ธงชัย มาลา. 2535) มีเส้นใยบางส่วนเจริญเข้าไปในเซลล์พืช และเจริญคดเป็นวง (coil) อยู่ภายในเซลล์บางครั้งพบเส้นใยเจริญเข้าไปอยู่ในช่องว่างเซลล์ในชั้นคอร์เทกซ์ และสร้างเส้นใยสานเป็นตาข่าย (hartig net) จะมีผนังกันมีสีเข้ม บางครั้งพบการสร้าง chlamyospore อยู่ภายในเส้นใย เชื้อราที่โป่งบวมไม่พบ conidia และโครงสร้างสืบพันธุ์อื่นๆ (Gerdemann. 1968) พืชอาศัยของเชื้อราชนิดนี้คล้ายกับเอนโดไมคอร์ไรซาพบมากในรากของไม้สน (conifer) (ธงชัย มาลา. 2535)

2.2.1.5 อีริกอยด์ไมคอร์ไรซา (ericoid mycorrhiza) เป็นไมคอร์ไรซาที่พบในพืชที่อยู่ในอันดับ (order) *Ericales* พืชอาศัยเป็น ไม้พุ่มหรือ ไม้ยืนต้นขนาดเล็กในวงศ์ *Ericaceae* *Epacridaceae* และ *Empetraceae* ตัวอย่างพืชในวงศ์ *Ericaceae* เช่น *Rhododendron* *Azalea* *Calluna* และ *Vaccinium* อีริกอยด์ไมคอร์ไรซา (ericoid mycorrhiza) ส่วนใหญ่อยู่ในไฟลัม *Ascomycota* เช่น *Pezizella* sp. โดยเจริญเข้าสู่เซลล์พืชแล้วม้วนคดเป็นวง (hyphal coils) อยู่ในเซลล์รากพืชไม่มีการสร้าง fungal sheath และ hartig net อีริกอยด์ไมคอร์ไรซามีความสามารถในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดิน และสามารถเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อได้ (สมจิตร อยู่เป็นสุข. 2549)

2.2.1.6 อาร์บิวทอยด์ไมคอร์ไรซา (arbutoid mycorrhiza) พบในรากพืชที่อยู่ในอันดับ *Ericales* เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ *Ericaceae* เช่น พืชที่อยู่ในสกุล *Arbutus* และ *Arctostaphylos* ส่วนพืชที่อยู่ในวงศ์ *Pyrolaceae* ได้แก่ พืชที่อยู่ในสกุล *Pyrola* โดยเชื้อราจะสร้างเส้นใยสานกันเป็นแผ่น (sheath) ล้อมรอบรากแล้วเส้นใยบางส่วนเจริญเข้าไปอยู่ระหว่างเซลล์ในชั้นคอร์เทกซ์โดยเจริญคดม้วนเป็นวง (coil) อยู่ภายในเซลล์รากมักพบในต้น ไม้ และ ไม้พุ่มที่โตเต็มที่แล้วเป็นเชื้อราที่ส่วนใหญ่พบอยู่ในไฟลัม *Basidiomycota* (สมจิตร อยู่เป็นสุข. 2549) ซึ่งบางครั้งอาจมีความสัมพันธ์แบบ *ectomycorrhiza* หรือ *ectendomycorrhiza* กับพืชอาศัยชนิดอื่นเช่น *Cortinarius zakii* ซึ่งเป็น arbutoid- mycorrhiza กับพืช *Arbutus menziesii* และเป็น *ectomycorrhiza* กับพืช *Pseudotsuga douglasii* และกับพืช *Abies grandis* เป็นต้น (Zak. 1973)

2.2.1.7 โมโนโทรพอยด์ไมคอร์ไรซา (monotropoid mycorrhiza) เป็นไมคอร์ไรซาที่พบในรากพืชในอันดับ *Ericales* ที่อยู่ในวงศ์ *Monotropaceae* ได้แก่พืชในสกุล *Monotropa* ซึ่งเป็นพืชที่ไม่มีคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) มีระบบรากเป็นรากแก้ว รากแขนง และรากฝอย บริเวณรากแขนงจะพบเส้นใยของเชื้อราสานกันหนา 2-3 ชั้นเป็นแผ่น (sheath) และเชื้อรามีการสร้างเส้นใยล้อมรอบราก และสร้างเป็นตาข่าย (hartig net) ล้อมรอบเซลล์ชั้นเอพิเดอร์มิสและในชั้นคอร์เทกซ์ของรากพืช เส้นใยบางส่วนเจริญในเซลล์รากเป็นเชื้อราที่อยู่ในไฟลัม *Basidiomycota* (สมจิตร อยู่เป็นสุข. 2549)

2.2.2 ลักษณะสำคัญของอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (AMF) จะประกอบไปด้วยกลุ่มของเส้นใยที่เจริญอยู่รอบๆ ราก (external hyphae) เป็นโครงสร้างที่สำคัญของเชื้อรา ซึ่งประกอบด้วยเส้นใยที่อยู่บนกรากพืชมีลักษณะสานกันเป็นร่างแหช่วยเพิ่มพื้นที่ในการดูดซับธาตุอาหารและน้ำให้แก่พืชได้มากขึ้น และอาจจะยื่นออกมาจากรากประมาณ 1 cm ภายในเส้นใยเชื้อราจะไม่มีผนังกันมีหลายนิวเคลียส เส้นใยเชื้อราในดินมี 2 ชนิดคือ เส้นใยราหลักมีขนาดที่ค่อนข้างใหญ่เส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยเชื้อราประมาณ 8-12 μm แต่บางครั้งมีขนาดใหญ่ถึง 20 μm ที่ปลายของเส้นใยมีการแตกแขนงกิ่งก้านสาขาแบบ dichotomous ผนังบางคล้ายขนรากของพืช และกลุ่มเส้นใยขนาดเล็กที่แตกกิ่งก้านสาขามากมายจะมีอายุสั้นซึ่งเส้นใยเชื้อรามีการแตกกิ่งก้านสาขาออกด้านข้างคล้ายรากพืชทำหน้าที่ดูดธาตุอาหารให้แก่เชื้อราโดยที่เชื้อรานั้นแทรกตัวไปตามอนุภาคของอินทรีย์วัตถุ เมื่ออาหารหมดไซโตพลาสซึมจะเคลื่อนที่ไปยังเส้นใยหลักและสร้างผนังมาปิดกั้น และเส้นใยเชื้อราขนาดเล็กนี้จะเหี่ยวสลายไป เส้นใยที่อยู่ภายนอกกรากนี้ยังสามารถสานตัวกันเป็นร่างแหเพิ่มพื้นที่ในการดูดธาตุอาหาร (Mosse, 1981) เมื่อเส้นใยเชื้อราเจริญเข้าสู่รากพืชโดยเจริญผ่านชั้นเอพิเดอร์มิส (epidermis) เข้าไปยังชั้นคอร์เทกซ์ (cortex) โดยเส้นใยจะเจริญทั้งภายในเซลล์และระหว่างเซลล์ซึ่งพบว่าการเจริญหลายลักษณะ เช่น เจริญม้วนเป็นวง (coil หรือ check) หรือแตกกิ่งก้านสาขาแบบ dichotomous ออกไปรอบๆทุกทิศทางคล้ายกิ่งไม้เรียกว่า อาร์บัสคูล (arbuscule) (Harley and Smith, 1983) ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างเซลล์พืชกับเชื้อรา (ณัฐวรารักษ์ สงวนราชทรัพย์, 2530) อาร์บัสคูลเป็นโครงสร้างที่เจริญอยู่ที่ในเซลล์รากพืชชั้นคอร์เทกซ์ ซึ่งจะเกิดการแตกแขนงของเส้นใยแบบ 2 แขนงต่อเนื่อง อาร์บัสคูลมีอายุสั้นประมาณ 1-2 สัปดาห์หลังจากนั้นผนังก็จะสลายไป

2.2.3 การพัฒนาเข้าสู่รากพืชของ AMF

สามารถแบ่งออกได้เป็นระยะดังนี้

2.2.3.1 การงอกของชิ้นส่วนของเชื้อรา (germination of fungal propagules) เมื่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ในดินเหมาะสมโดยเริ่มจากสปอร์ในดินเกิดการงอก และเจริญเป็นเส้นใยผ่านสปอร์ออกมาหรือเกิดการเจริญจากชิ้นส่วนของรากพืชที่มีเส้นใยเชื้อราเจริญอยู่ภายใน โดยการงอกของท่อเจริญ (germ tube) จากสปอร์เส้นใยที่มีอยู่ในดิน และในรากที่ติดเชื่อจะเริ่มงอกเส้นใยออกมาเข้าหารากพืชที่อยู่ใกล้เคียงพืชแต่ละชนิดอาจมีสารปลดปล่อยออกมาจากรากพืช (root exudate) ที่แตกต่างกันองค์ประกอบของสารเหล่านี้ชักนำให้ AMF งอกและเจริญเข้าหารากพืชต่อไป (Barea, 1986)

2.2.3.2 การแทงเส้นใยเข้าสู่รากพืช เมื่อเส้นใยของเชื้อราเจริญไปสัมผัสกับผิวของเซลล์รากพืชแล้วปลายเส้นใยจะสร้างโครงสร้างแอฟเพรสซอเรียม (appressorium) ซึ่งมีหน้าที่ในการแทงเส้นใยเข้าไปในรากพืชมักเกิดกับรากขนอ่อนหรือรากแขนงอ่อนที่ห่างจากปลายรากประมาณ 0.5-1

cm การเจริญของเส้นใยจะกระจายอยู่เฉพาะในชั้นเอพิเดอร์มิสและชั้นคอร์เทกซ์ของรากเท่านั้น (Mosse and Hepper. 1975)

2.2.3.3 ระยะเวลาสร้างเส้นใยเชื้อรา เมื่อเชื้อรามีการสร้างโครงสร้างของ appressorium ที่ผิวรากจากนั้นเชื้อราจะสร้างเส้นใยให้ไปเจริญระหว่างเซลล์รากโดยการแทงเข้าไปในเซลล์รากพืช และการเจริญของเส้นใยเชื้อราจะอยู่เฉพาะบริเวณเนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermis tissues) ส่วนท่อน้ำ (xylem) ท่ออาหาร (pholem) เนื้อเยื่อส่วนลำต้นเหนือดิน (shoot) แต่ในส่วนของพืชที่มีคลอโรฟิลล์ จะไม่มีกลุ่มของเส้นใยเชื้อรานี้เจริญอยู่ (Bowen. 1987)

2.2.3.4 การเกิดเวสิเคิล (vesicle) และอาร์บัสคูล (arbuscule) ในชั้นคอร์เทกซ์ของรากพืช เส้นใยของเชื้อราจะเจริญผ่านผนังเซลล์ของรากพืชและสร้างโครงสร้างพิเศษที่เรียกว่า อาร์บัสคูล การสร้างอาร์บัสคูลจะเกิดขึ้นหลังจากเส้นใยเชื้อราแทงเข้าไปเจริญในรากพืชแล้วประมาณ 2-3 วัน ซึ่งจะมีลักษณะเป็นเส้นใยที่แตกกิ่งก้านแบบสองแฉกหรือแบบ dichotomous branching มีขนาดตั้งแต่ 0.3-1.0 μm ซึ่งจะถูกล้อมรอบด้วย plasma lemma ของเซลล์รากพืชและมีอินเทอร์เฟซเชียล เมทริกซ์ (interfacial matrix) เป็นตัวเชื่อมทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างเชื้อรากับ เซลล์รากพืชอาร์บัสคูลจะมีชีวิตอยู่ได้ประมาณ 4-15 วัน

2.2.3.5 การแพร่กระจายของเส้นใยเชื้อราในรากและในดินรอบราก เส้นใยของเชื้อราจะมีการเจริญแล้วแพร่กระจายเข้าไปในเซลล์ชั้นคอร์เทกซ์ของรากพืช และบางส่วนจะเจริญออกนอก รากพืชแล้วจะแพร่กระจายอยู่ในดินรอบๆรากพืช (rhizosphere) เส้นใยนี้จะมีผนังหนาและมีขนาดใหญ่เป็นเส้นเดี่ยวๆ เส้นใยเชื้อราเหล่านี้จะเจริญกระจายไปในดินช่วยการดูดธาตุอาหารต่างๆ ทั้ง ธาตุอาหารหลักธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอื่นๆ เข้าไปในพืช ส่วนพืชก็จะให้อาหารจากการสังเคราะห์แสงแก่เชื้อรา และพบว่าในช่วงนี้พืชมีอัตราการเจริญเติบโตรวดเร็ว (ดวงใจ วยเจริญ. 2546)

2.2.3.6 การสร้างสปอร์หลังจากมีการเข้าสู่รากพืชได้ประมาณ 3 เดือนเชื้อราจะสร้างสปอร์แบบไม่ใช้เพศ (asexual spore) ในดิน ซึ่งสปอร์อาจสร้างขึ้นแล้วเกิดในลักษณะเป็นสปอร์เดี่ยวๆหรือรวมกันเป็นกลุ่มที่เรียกว่า สปอโรคาร์ป (sporocarp) สปอร์จะมีขนาดตั้งแต่ 50-600 μm มีผนังหนาและอาจมีได้หลายชั้น ภายในเต็มไปด้วยเม็ดไขมันที่เก็บสะสมอยู่ (กนกวรรณ ชูฉัตร. 2546)

2.3 ข้าวโพดหวาน (ราเชนทร์ ธีรพร. 2539)

หลังจากที่ข้าวโพดหวานได้มีถิ่นกำเนิดในเม็กซิโก และอเมริกากลาง ข้าวโพดหวานได้ กลายเป็นพืชอาหารหลักทดแทนพืชอาหารพื้นเมืองเดิม เช่น Setaria ของชาวอินเดียนแดงเจ้าของพื้นที่ และมนุษย์ที่ได้โยกย้ายถิ่นเข้ามาอยู่ในทวีปอเมริกา รวมไปถึงในแถบลาตินอเมริกา หลังจากที่ คริสโตเฟอร์โคลัมบัสค้นพบทวีปอเมริกาในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2035 และได้นำเมล็ดข้าวโพด

หวานเข้าไปในประเทศสเปน ข้าวโพดหวานจึงได้แพร่กระจายอย่างรวดเร็วในทวีปยุโรปด้วยสาเหตุที่ข้าวโพดหวานเป็นพืชที่ปลูกง่ายปรับตัวกับสภาพแวดล้อมได้ดี และให้ผลผลิตสูงประกอบกับความต้องการอาหารของมวลมนุษยาก็เพิ่มมากขึ้น ข้าวโพดหวานจึงมีการกระจายตัวเข้าไปในทวีปแอฟริกา และเอเชียตอนใต้ในช่วงศตวรรษที่ 16 โดยการนำของพ่อค้าพาณิชย์ และนักเดินเรือ

ข้าวโพดหวานปลูกเป็นการค้าของไทย เริ่มมาตั้งแต่สมัยสงครามโลก ครั้งที่ 1 โดยในปี พ.ศ. 2463 หม่อมเจ้าสิทธิพร กฤดากร ได้ทดลองส่งพันธุ์ข้าวโพดหวานไรซ์นิคหัวบุบมาจากสหรัฐอเมริกามาทดลองปลูกเป็นครั้งแรกในประเทศไทย จำนวน 2 พันธุ์ คือพันธุ์ Nicholsons Yellow Dent ซึ่งมีเมล็ดสีเหลือง และพันธุ์ Mexican June ซึ่งมีเมล็ดสีขาว นำไปปลูกที่ฟาร์มบางเบิด อำเภอบางสะพาน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เมล็ดเลี้ยงไก่ส่งไปขายในตลาดกรุงเทพมหานคร และใช้เลี้ยงสุกรขายตลาดปิ้ง นอกจากนี้ยังส่งไปขายเป็นอาหารไก่ในประเทศญี่ปุ่น ข้าวโพดหวานเป็นพืชล้มลุกใบเลี้ยงเดี่ยว อายุสั้น จัดอยู่ในตระกูล Gramineae เป็นพืชตระกูลเดียวกับหญ้าที่ผสมข้ามพันธุ์ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays* L. Var *Saccharata* ชื่อสามัญ Sweet corn (bicolor) (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. 2560)

2.3.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ราก ข้าวโพดมีระบบรากแบบรากฝอย (fibrous root system) ซึ่งเจริญมาจาก 2 ส่วน คือ primary root หรือ first seedling root เป็นรากที่มีการพัฒนาจากเรดิเคิล และมีรากแขนงแตกออกมาเรียกว่า secondary root หรือ lateral root นอกจากนี้ยังมีรากที่เกิดขึ้นที่ scutellar node เรียกว่า seminal root รากทั้งหมดนี้มีการเจริญเติบโตในระยะเวลาสั้นๆ ขณะข้าวโพดเป็นต้นกล้า และจะตายไปเมื่อต้นข้าวโพดโตขึ้นรากส่วนที่สอง คือ รากที่เจริญจากลำต้น เรียกว่า adventitious root มีจุดกำเนิดรากที่ข้อส่วนล่างของลำต้น ข้อแรกที่เกิดรากชนิดนี้คือ coleoptilar node รากเหล่านี้จะเจริญเติบโตอยู่ตลอดชีวิตของข้าวโพดสามารถเจริญแผ่กระจายรอบลำต้นมีรัศมีประมาณ 1 m และหยั่งลึกลงไปในดินได้ 2.1-2.4 m

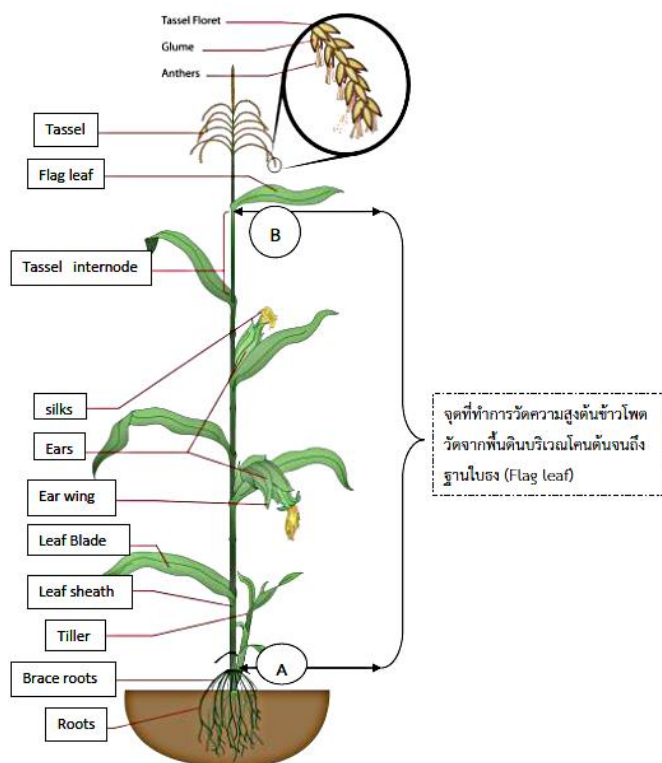
ใบ ข้าวโพดมีใบลักษณะยาวรี คล้ายพืชตระกูลหญ้าทั่วไป ประกอบด้วยตัวใบ กาบใบ และเยื่อใบ ลักษณะของใบรวมทั้งสีของใบแตกต่างกันไป แล้วแต่ชนิดของพันธุ์ บางพันธุ์ใบสีเขียว บางพันธุ์ใบสีม่วง และบางพันธุ์ใบหลายจำนวนใบก็เช่นเดียวกันอาจมีตั้งแต่ 8-48 ใบ

ดอก ข้าวโพดจัดเป็นพวก monoecious คือ มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกอยู่ในต้นเดียวกัน ช่อดอกตัวผู้ (tassel) อยู่ตอนบนสุดของลำต้น ดอกตัวผู้ดอกหนึ่งจะมีอับเกสร (anther) 3 อับ แต่ละอับจะมีเรณูเกสร (pollen grain) ประมาณ 2,500 เม็ด ดังนั้นข้าวโพดต้นหนึ่ง จึงมีเรณูเกสรอยู่เป็นจำนวนหลายล้าน และสามารถปลิวไปได้ไกลกว่า 2,000 m ส่วนดอกตัวเมียอยู่รวมกันเป็นช่อเกิดขึ้นตอนข้อกลาง ๆ ลำต้น ต้นหนึ่งอาจมีหลายช่อแล้วแต่ชนิดพันธุ์

ลำต้น ข้าวโพดมีลำต้นแข็ง ใสน้ำหนักกลวงเหมือนพืชอื่น ความสูงของลำต้นมีตั้งแต่ 60 cm จนถึง 6 m แล้วแต่ชนิดของพันธุ์ ข้อของข้าวโพดนอกจากเป็นข้อต่อของปล้องแล้วยังเป็นที่เกิด

ของราก ลำต้นใหม่ และฝักอีกด้วย ปล้องที่โคนต้นจะสั้นและหนา และยาวขึ้นไปทางด้านปลาย ปล้องเหนือพื้นดินมีตั้งแต่ 8-20 ปล้อง เมื่อผ่าลำต้นดูตามขวางจะเห็นเปลือกอยู่เป็นวงรอบนอก ประกอบไปด้วยเซลล์ที่กั้นน้ำได้ ส่วนด้านในเป็นเซลล์ท่อน้ำและท่ออาหาร ภายในเปลือกเป็นเซลล์ สีขาวของไส้ (Pith) และมีท่อน้ำ ท่ออาหาร (vascular bundles) กระจายอยู่ทั่วไป

ผลและเมล็ด ผลเป็นแบบ Caryopsis ที่มีเยื่อหุ้มผล (pericarp) ติดอยู่กับส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) มีลักษณะเป็นเยื่อบางๆ ไส้ไม่มีสี เยื่อหุ้มผลและเยื่อหุ้มเมล็ดรวมเรียกว่า hull



ภาพที่ 2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวโพด

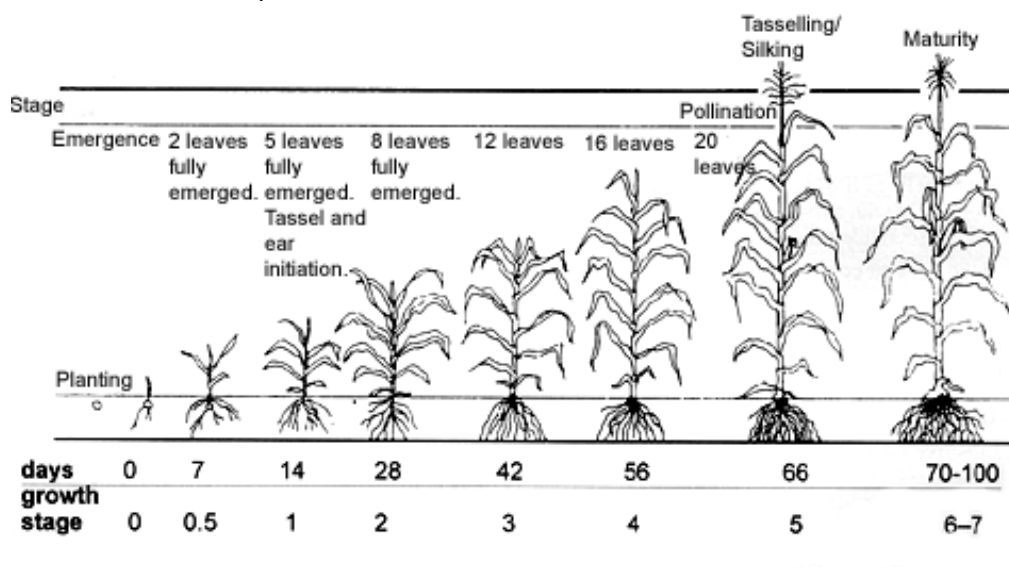
ที่มา : ฉวีวรรณ สุตจิตร (2557)

2.3.2 การเจริญเติบโตของข้าวโพด

เมล็ดข้าวโพดจัดเป็นพวก ไม่มีระยะการพักตัว (seed dormancy) เมื่อเมล็ดแก่เก็บเกี่ยวสามารถนำไปปลูกได้เลย เมื่อฝังเมล็ดลงไปในดิน เมล็ดจะงอกโผล่พ้นผิวดิน และใบแรกก็ออกมาให้เห็นภายในประมาณ 5-6 วัน ต่อมาจึงจะมีรากออกมาจากข้อแรก (nodal roots) เพิ่มจากรากหัวคราวที่มีอยู่แล้ว

การเจริญเติบโตของราก ลำต้น ใบ เป็นไปตามลำดับ จนกระทั่งเห็นช่อดอกตัวผู้ ซึ่งในระยะนี้ข้าวโพดไร่จะมีอายุประมาณ 50-55 วัน หลังจากปลูก การเจริญเติบโตในระยะนี้เข้าสู่ระยะ

การผสมพันธุ์ (reproductive stage) เส้นไหมของดอกตัวเมียจะโผล่พ้นเปลือกหุ้ม (husk) ของฝัก พร้อมที่จะรับละอองเกสรได้ภายในประมาณ 55-60 วัน หลังจากปลูก หลังจากได้รับการผสมเกสรแล้ว รังไข่จะเจริญกลายเป็นเมล็ดอ่อนและเมล็ดแก่ พร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้ภายในประมาณ 45 วัน หลังการผสมเกสร (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. 2560)



ภาพที่ 2.2 ระยะเวลาเจริญเติบโตของข้าวโพด (ระยะ 0-7)

ที่มา : Clarrie (2007)

2.3.3 พันธุ์ข้าวโพดหวาน

2.3.3.1 พันธุ์ผสมเปิด ได้แก่ พันธุ์ฮาวายเอียนซูการ์ ชูเปอร์สวีท เป็นพันธุ์ให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์ลูกผสม แต่ความสูงต้น ความสูงฝัก และอายุเก็บเกี่ยวใกล้เคียงกับพันธุ์ลูกผสม

2.3.3.2 พันธุ์ลูกผสม ปัจจุบันมีข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสมมากมายให้เกษตรกรเลือกใช้ ส่วนใหญ่จะเป็นพันธุ์ของบริษัทเอกชนต่างๆ และมีบางพันธุ์เป็นของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสมของกรมวิชาการเกษตรยังอยู่ในขั้นตอนทำๆ ของการปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งคาดว่าจะออกเป็นพันธุ์รับรองหรือพันธุ์แนะนำได้ภายใน 2-3 ปี (กรมวิชาการเกษตร. 2559)

2.3.4 พื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานในไทย

ประเทศไทยมีเนื้อที่ปลูกข้าวโพดหวาน 202,942 ไร่ ครอบคลุมไปด้วย 70 จังหวัด ซึ่งพื้นที่ที่ปลูกข้าวโพดหวานมากที่สุดคือเชียงราย กาญจนบุรี นครสวรรค์ เชียงใหม่ และในจังหวัดอื่นๆ ตามลำดับ (กรมส่งเสริมการเกษตร. 2560)

2.3.5 ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2

ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 คือ ข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสมที่พัฒนามาจากการผสมระหว่างสายพันธุ์แท้ SSWI 114 กับสายพันธุ์แท้ KSei 14004 ความสูงของต้นประมาณ 198 cm น้ำหนักฝักสดที่รวมเปลือก 2,097 kg/rai (น้ำหนักฝักสดที่ปอกเปลือก 1,422 kg/rai) ฝักมีสีเหลือง รูปทรงกระบอก เมล็ดเป็นแถว 14-16 แถว เรียงตัวสม่ำเสมอ ฝักยาว 17 cm กว้าง 4.5 cm เปลือกหุ้มฝักปิดชิด ให้ความนุ่ม และรสหวาน ความหวานประมาณ 15% brix เมล็ดไม่ยุบตัวเร็วเมื่อแห้ง คงความเต่งตึงได้นาน 2-3 วัน ต้านทานโรคทางใบได้สูง ทั้งโรคราสนิม โรคใบไหม้แผลใหญ่ โรคใบไหม้แผลเล็ก และโรคไวรัสใบด่างอ้อย (ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ. 2559)

2.3.6 ความต้องการธาตุอาหารและปุ๋ยที่ใช้

ธาตุอาหารที่มีความจำเป็นสำหรับข้าวโพด มีอยู่ 16 ชนิด ธาตุอาหารที่ข้าวโพดดูดซึมมาก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ในการปลูกข้าวโพดจำเป็นต้องมีการใส่ปุ๋ย 3 ชนิดนี้ เนื่องจากในดินมีปริมาณธาตุอาหารเหล่านี้ไม่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโต ส่วนธาตุคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) พืชจะได้จากอากาศ และจากกระบวนการสังเคราะห์แสงและแตกตัวของน้ำ (กรมส่งเสริมการเกษตร. 2560)

ตารางที่ 2.1 ปริมาณธาตุอาหารที่ข้าวโพดหวานต้องการ (Reuter and Robinson, 1997)

ธาตุอาหาร	ระยะการเจริญเติบโต	
	ออกใหม่ (silking)	ออกพู่ (tasselling)
N (%)	2.6-3.1	2.6-3.3
P (%)	0.22-0.27	0.24-0.25
K (%)	1.2-1.7	1.6-2.4
S (%)	0.16-0.24	0.16-0.2
Ca (%)	0.2-0.21	0.2-0.4
Mg (%)	0.1-0.21	0.15-0.25
Cu (ppm)	5-6	5-6
Zn (ppm)	13-25	14-25
Mn (ppm)	11-20	19-20
Fe (ppm)	20-30	20-30
B (ppm)	4-6	4-6
Mo (ppm)	0.2	0.2

การใส่ปุ๋ย ควรใส่ปุ๋ย 3 ครั้ง ดังนี้

2.3.6.1 ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ที่ 14 วันหลังปลูก โดยดินร่วนปนทราย ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ดินเหนียวใส่ปุ๋ยสูตร 16-20-0 อัตรา 50 kg/rai

2.3.6.2 ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 เมื่อต้นข้าวโพดอายุ 25 – 30 วัน ปุ๋ยสูตร 21-0-0 อัตรา 50 kg/rai หรือปุ๋ยยูเรีย สูตร 46-0-0 อัตรา 25-30 kg/rai หากสภาพดินทรายให้เพิ่มสูตร 21-0-0 เป็น 80 kg/rai หรือปุ๋ยยูเรียเป็น 44 kg/rai

2.3.6.3 ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 3 เมื่อต้นข้าวโพดอายุ 40-45 วัน โดยใส่ปุ๋ยสูตร และอัตราเดียวกันกับครั้งที่ 2

2.3.7 ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ

ฟอสฟอรัสในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปของออร์โทฟอสเฟต หรือเปลี่ยนมาจากออร์โทฟอสเฟต โดยฟอสเฟตในดินแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่

2.3.7.1 อินทรีย์ฟอสเฟต (Organic phosphate)

สารประกอบฟอสเฟตชนิดนี้เกิดจากกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ พบได้ในรูปสารละลาย สารแขวนลอย สารอินทรีย์วัตถุที่กำลังเน่าสลาย หรือเป็นองค์ประกอบในสิ่งมีชีวิต สารประกอบฟอสเฟตที่มีอยู่ในอินทรีย์วัตถุมีอยู่หลายประเภท ส่วนที่สามารถจำแนกได้พบว่ามี อินโนซิทอลฟอสเฟต กรดนิวคลีอิก และฟอสโฟลิพิด

ตารางที่ 2.2 รูปและปริมาณของอินทรีย์ฟอสเฟตในดิน

รูปของอินทรีย์ฟอสเฟต	% อินทรีย์ฟอสเฟต
Inositol phosphate	0.3-62
Nucleic acid	0.1-65
Phospholipids	0.03-5.4

ที่มา : ณฐมณ กัณธิยะ และ ศุภริดา อำทอง 2557 ; เภษญาภา วีระวิทยาเลิศ และ สุทธิชา กัทรานนท์.

ตารางที่ 2.3 ปริมาณของอินทรีย์ฟอสเฟตในดินแร่และดินอินทรีย์ในดินชนิดต่างๆ

เนื้อดิน (soil texture)	% อินทรีย์ฟอสเฟต
ดินแร่ (mineral soils)	
Sands	34.1
Loams	39.9
Clay loams and clays	41.4
ดินอินทรีย์ (organic soils)	
Organic loams	58.9
Peats	65.4

ที่มา : อนุกรมถัน กัณธิยะ และ สุภธิดา อ่ำทอง 2557 ; วิทยุณาภา ชีระวิทยาเลิศ และ สุทธิชา ภัทรานนท์.

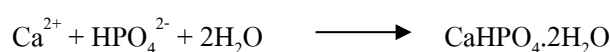
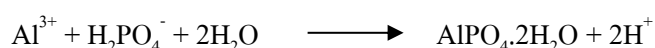
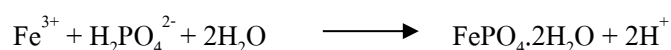
2557

2.3.7.2 อินทรีย์ฟอสเฟต (Inorganic phosphate)

อินทรีย์ฟอสเฟต คือฟอสเฟตที่มีอยู่ในหินแร่ธรรมชาติ และในปุ๋ยที่ใส่ลงในดิน รวมถึงพวกที่ดูดซับตามผิวของ Al Fe oxide และ แร่ดินเหนียว (clay minerals) หินแร่ฟอสเฟตทั่วไปจะเป็นสารประกอบกับแคลเซียม เหล็ก และอะลูมิเนียม โดยสัดส่วนของ Ca-P จะลดลงตามความรุนแรงการสลายตัวของแหล่งกำเนิด แต่ของ Fe-P จะเพิ่มขึ้นในดินที่มีการสลายตัวอย่างรุนแรง

อินทรีย์ฟอสเฟตจะพบอยู่ในส่วนที่เป็น occluded form และรูปที่ละลายได้ เนื่องจากออกไซด์ของเหล็ก และอะลูมิเนียมมาเคลือบไว้ ส่วน pH ของดินก็มีผลต่อการตรึงฟอสเฟต ถ้ามี pH มากกว่า 6 จะพบ Ca-P มาก แต่ถ้า pH ต่ำจะพบ Al-P มากกว่า และยังมีระดับความชื้นของดินที่เข้ามามีผลในการเปลี่ยนรูปด้วย โดยในดินที่มีน้ำขังจะมีการสะสมอินทรีย์ฟอสเฟตในรูป Al-P และถ้าดินมีความชื้นจะพบในรูป Fe-P และ P-reductant เป็นส่วนของฟอสฟอรัสที่มีออกไซด์ของเหล็กล้อมรอบอยู่ ซึ่งเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ได้ยาก

: สมการแสดงการตรึงฟอสฟอรัส



อีกส่วนหนึ่งคือส่วนที่อยู่ในสารละลายดิน รูปอินทรีย์ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ในสารละลายดินจะอยู่ในรูปของ H_2PO_4^- และ HPO_4^{2-} ซึ่งปริมาณของไอออนฟอสเฟตทั้ง 2 รูป จะขึ้นอยู่กับค่า pH ของดิน ฟอสฟอรัสในดินจะอยู่ในรูปของสารประกอบต่างๆ ดังนี้คือ ฟอสเฟต

อนินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ในสารละลายดิน ฟอสเฟตอนินทรีย์ที่ถูกยึด (absorbed P) ฟอสเฟตอนินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble P) หรือ สารประกอบฟอสเฟตที่ตกตะกอน (precipitated P) และ ฟอสเฟตอินทรีย์ (ณัฐมณ กัณธิยะ และ ศุภริศา อ่ำทอง 2557 ; เบนุญาภา ชีระวิทยาเลิศ และ สุทธิชา ภัทรานนท์. 2557)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฐมณ กัณธิยะ และ ศุภริศา อ่ำทอง (2557) ได้ศึกษาผลของชนิดดิน ระดับความชื้น และค่า pH ของดินต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในส่วนต่างๆ เพื่อศึกษาผลของชนิดของดินการจัดการน้ำต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในส่วนต่างๆ (P-fractions) และความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ต่อ P โดยปัจจัยที่ 1 คือชนิดดินประกอบด้วย 3 ชนิดดิน ได้แก่ ดินหางดง (Hd) น้ำพอง (Ng) และสรรพยา (Sa) และปัจจัยที่ 2 คือ ระดับความชื้น 3 รูปแบบ ได้แก่ เปียกสลับแห้งรักษาความชื้นที่ 0.3 บาร์ (AWD0.3) เปียกสลับแห้งรักษาระดับความชื้นของดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (AWDs_{sat}) และขังน้ำเหนือดิน (WL) 5 cm ผลการศึกษาพบว่าชนิดของดินหางดง (Hd) พบ P ในส่วนอะลูมิเนียมฟอสเฟต (Al-P) เหล็กฟอสเฟต (Fe-P) ริดักแดนท์ฟอสเฟต (P-Red) ปริมาณที่สูง ดินสรรพยา (Sa) พบ P ในส่วนสารละลายฟอสฟอรัสในดิน (P-solution) แคลเซียมฟอสเฟต (Ca-P) ปริมาณที่สูง สำหรับผลของความชื้นระดับต่างๆ พบว่าการปลูกข้าวแบบเปียกสลับแห้งจะมีปริมาณ P-fractions ในส่วน P-solution Fe-P และ Ca-P ปริมาณที่สูงกว่าการจัดการน้ำแบบน้ำขังเนื่องจากการเปลี่ยนรูปของเหล็กในดิน ปฏิสัมพันธ์ของ P-fractions กับค่า pH พบว่าเมื่อ pH สูงขึ้น P-solution และ Al-P ในดินจะปริมาณสูงด้วยแต่อย่างไรก็ตามเมื่อ pH ในดินลดลงพบว่าปริมาณ Fe-P P-Red Ca-P สูงขึ้น

จำเนียร มีสำลี และ ธนกิจ อินทะลา (2558) ได้ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อการพึ่งพา AMF เพื่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพริก เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อการพึ่งพาเชื้อรา AMF ของพริกโดยทำในกระถางพลาสติกใช้วัสดุปลูกเป็นดินผสมมูลโคที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้ออัตราส่วน 3 : 1 โดยปริมาตรใส่เชื้อรา *Acualospora morrowiae* ในวัสดุปลูกที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูปแบบของทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต 6 ระดับคือ 0 20 40 50 60 และ 80 kg/rai เปรียบเทียบกับต้นพริกที่ไม่มีเชื้อรา AMF พบว่าในทุกะดับของปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่เชื้อรา AMF ทำให้พริกมีความสูง น้ำหนักแห้งส่วนที่อยู่เหนือดิน น้ำหนักแห้งราก จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลสดต่อต้น และการดูดธาตุฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (AMF*, P<0.05) เชื้อรา AMF ส่งผลให้น้ำหนักผลผลิตเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 44.5% การเพิ่มปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสลงไปในดินปลูกมีผลทำให้การพึ่งพาเชื้อรา AMF ในการทำให้ผลผลิตของพริกลดลง แสดงให้เห็นควรปลูกพริกร่วมกับการใส่เชื้อรา *A. morrowiae* โดยเฉพาะในดินที่มีฟอสฟอรัสต่ำจะช่วยให้พริกเจริญเติบโตและมีผลผลิตเพิ่มขึ้น

อรประภา อนุกุลประเสริฐ (2559) ได้ทดลองผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบของผลผลิตข้าวหอม 6 พันธุ์ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทนแล้งและผลกระทบของการ

ขาดน้ำต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของข้าวหอม 6 พันธุ์ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ พันธุ์ข้าวหอมจำนวน 6 พันธุ์ ได้แก่ หอมคลองหลวง 1 ขาวดอกมะลิ 105 กข 33 หอมสุพรรณบุรี กข 15 และปทุมธานี 1 และอัตราการให้น้ำที่แตกต่างกัน 5 อัตรา ได้แก่ การให้น้ำ 100 (การให้น้ำปกติ) 50 25 12.5 และ 0% (งดให้น้ำ) ในช่วงระยะต้นกล้า และระยะแตกกอของข้าวจากผลการวิจัยแม้ว่าไม่พบความแตกต่างที่เด่นชัดในด้านความสูงต้น และจำนวนต้นตอกของข้าวหอมแต่ละพันธุ์เมื่อได้รับอัตราการให้น้ำที่แตกต่างกันแต่พบว่าอัตราการให้น้ำที่ลดลงส่งผลให้องค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ เเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่อรวงมีค่าลดลง ในขณะที่เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบมีค่ามากขึ้น โดยเมื่อเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตที่ระดับการให้น้ำปกติ และการงดให้น้ำเพื่อประเมินความทนแล้งของข้าวหอมแต่ละพันธุ์ พบว่าสามารถเรียงลำดับความทนแล้งจากมากไปหาน้อยได้เป็นข้าวพันธุ์ กข 15 หอมคลองหลวง 1 ปทุมธานี 1 ขาวดอกมะลิ 105 กข 33 และหอมสุพรรณบุรี

Moradi *et al.* (2012) ทดสอบการทนแล้งในข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมใหม่ โดยใช้การต้านทานต่อความแล้งเป็นตัวบ่งชี้ เพื่อศึกษาถึงผลของภาวะการขาดน้ำต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยา ผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต 8 พันธุ์ของข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมใหม่ คือ H1 H2 H3 H4 H5 H6 H7 และ H8 ส่วน KSC704 เป็นพันธุ์ลูกผสมเชิงพาณิชย์ ซึ่งเป็นตัวควบคุมที่ต้านทานต่อภาวะแล้งและความร้อน โดยผลจากการวิเคราะห์พบว่าภายใต้การให้น้ำปกติ และภาวะแล้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างพันธุ์ลูกผสม จากผลการทดลองแสดงให้เห็นดัชนีการต้านทานความแล้งของผลผลิตซึ่งถูกพบในข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมเชิงพาณิชย์ และพันธุ์ลูกผสมใหม่ คือ KSC704 และ H4 ตามลำดับ ที่มีความต้านทานต่อภาวะแล้งสูง

Prabawardani *et al.* (2012) ได้ทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา AMF ในการปรับปรุงความทนทานต่อภาวะแล้งของมันฝรั่งหวาน เพื่อประเมินประสิทธิภาพของ AMF ในการเพิ่มความต้านทานการทนแล้งของมันฝรั่งหวาน ปัจจัยแรก คือ AMF ซึ่งจะประกอบด้วยการไม่ใส่ AMF ใส่ AMF พื้นเมือง และใส่ AMF ที่แนะนำ ปัจจัยที่สอง คือ ปริมาณน้ำในดินประกอบไปด้วย 20% และ 80% ของความสามารถในการอุ้มน้ำ ผลจากการวิจัยพบว่าความแห้งแล้งทำให้ปริมาณน้ำในใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของราก ความยาวราก การคายน้ำ และประสิทธิภาพการใช้น้ำลดลงในข้าวโพดหวาน โดย AMF จะช่วยเพิ่มการปรับตัวของมันฝรั่งหวานต่อภาวะแห้งแล้ง

Shirin *et al.* (2013) ได้ศึกษาผลกระทบจากภัยแล้ง และวิธีการเพาะปลูกต่อผลผลิตของข้าวโพดหวาน และประสิทธิภาพการใช้น้ำ โดยทำการทดลองสองปีเพื่อหาผลกระทบของระบบชลประทานที่จำกัดต่อผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้น้ำของข้าวโพดหวาน โดยใช้ข้าวโพดหวาน 3 พันธุ์ คือ KSC403 Merit และ Obsession ซึ่งมีการชลประทาน 3 ระดับ คือ 100% 80% และ 60% ของการคายระเหยของพืช โดยในแปลงย่อยต้องมีวิธีการปลูก 2 วิธี และข้าวโพดหวาน 3 พันธุ์ จากการทดลองพบว่าชลประทานแบบ 100% ให้ผลผลิตสูงสุด และ 60% ให้ผลผลิตต่ำสุด

Meysam *et al.* (2015) ได้ศึกษาผลของภาวะขาดน้ำและการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส และสังกะสีต่อลักษณะทางสรีรวิทยา ผลผลิต และองค์ประกอบที่สำคัญของดอกคาโมไมล์เยอรมัน ซึ่งประกอบไปด้วยภาวะแล้ง 3 ระดับ คือ 75% 50% และ 25% ของความสามารถในการอุ้มน้ำ และมีการใส่ปุ๋ย triple superphosphate 3 ระดับ คือ 0 150 และ 300 kg ha⁻¹ และปุ๋ย zinc sulfate 2 ระดับ คือ 0 และ 30 kg ha⁻¹ โดยศึกษาคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ปริมาณน้ำมันหอมระเหย และผลผลิต ซึ่งผลจากการทดลองพบว่าภาวะแล้งมีผลต่อการศึกษาทั้งหมด ปุ๋ยฟอสฟอรัสและสังกะสีมีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย ผลจากการทดลองนี้ได้มีการแนะนำให้ใช้การชลประทานที่ระดับ 50% ของความสามารถในการอุ้มน้ำร่วมกับการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัส 150 kg ha⁻¹

Francesca *et al.* (2015) ทดลองการปรับปรุงความทนแล้งในข้าวโพดโดยใช้ rhizospheric microorganisms งานวิจัยนี้ได้เลือกดินที่มี rhizospheric microorganisms เพื่อเพิ่มความต้านทานต่อภาวะแล้งของการเจริญเติบโตของข้าวโพด โดยกลุ่มหนึ่งจะผสมเชื้อรา AMF และ PGPR isolated จากดินที่มีภาวะแล้ง และเลือกภายใต้สภาวะการขาดน้ำ โดยกลุ่มอื่นจะเป็นเชื้อราเชิงพาณิชยกรรม การทดลองพบว่าทั้งดินที่ผสมเชื้อรา AMF กับ PGPR isolated และเชื้อราเชิงพาณิชยกรรม มีการตอบสนองที่แตกต่างกันในเชิงบวก ซึ่งการใช้เชื้อ rhizospheric microorganisms สามารถต้านทานภาวะแล้ง และเหมาะสำหรับการใช้งานทางการเกษตรเพื่อปรับปรุงการเจริญเติบโตของพืชและผลผลิตภายใต้คุณภาพน้ำต่ำ

Lamia *et al.* (2016) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเพื่อเพิ่มความทนแล้งให้กับต้นสน (*Cupressus atlantica* G.) โดยได้ทดสอบความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน ซึ่งมีทั้งการใส่และไม่ใส่เชื้อ AMF จากผลการทดลองพบว่าการใส่ AMF ส่งผลทางบวกต่อความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น และชีวมวลของพืช และนอกจากนี้ยังช่วยในการดูดซึมแร่ธาตุของพืช ได้ดีอีกด้วย และพบว่าพืชที่อยู่ในสภาวะแล้ง (25% และ 50% ของความสามารถในการเก็บน้ำของดิน) ที่ใส่เชื้อ AMF สามารถทนต่อสภาวะแล้งได้ดีกว่าพืชที่ไม่ใส่ AMF

Timothy (2016) ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบจากความชื้นต่อการตอบสนองของธาตุอาหารในดิน และเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา โดยได้ทดลองเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของความชื้นที่เกิดจากฝน ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อดินอยู่ภายใต้ความชื้นที่แตกต่างกัน AMF จะมีประสิทธิภาพอย่างมากในการรักษาสมบัติทางกายภาพของดินที่ปลูกมะเขือเทศ ซึ่งจะทำให้มะเขือเทศมีชีวิตอยู่ได้ในสภาพพื้นที่แห้งแล้ง และยังพบว่าในทริทเมนต์ ที่มีความชื้นต่ำจะตอบสนองต่อการเจริญของ AMF ต่ำ ผลเหล่านี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าธาตุอาหารในดิน การเจริญเติบโตของพืช และการตอบสนองของไมคอร์ไรซา ได้รับผลกระทบจากความชื้นในดิน ดังนั้นเมื่อเราเข้าสู่ช่วงที่มีฝนตกชุกจะเกิดการแปรปรวนอย่างรุนแรง จึงต้องพิจารณาผลกระทบจากความชื้นในดินด้วย

Jorg *et al.* (2016) ความสัมพันธ์ของฟอสฟอรัสรูปแบบต่างๆสำหรับการดูดใช้ธาตุอาหารระยะสั้นของพืช ซึ่งการทดลองนี้จะพิจารณาความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส ผลการวิจัยได้ระบุถึง

ความสำคัญของฟอสฟอรัสส่วนต่างๆ สำหรับเป็นธาตุอาหารในการเจริญเติบโตของต้นไม้ในระยะสั้น นอกจากนี้การศึกษาเหล่านี้ยังแสดงให้เห็นว่า วิธีการของ Hedley สามารถศึกษาความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงฟอสฟอรัสรูปต่างๆในดิน

Ran *et al.* (2017) ได้ศึกษาปริมาณน้ำในดินระหว่างการเจริญเติบโต และหลังการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งมีอิทธิพลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร และชีวมวลของจุลินทรีย์ การทดลองนี้ประกอบไปด้วย 2 การทดลอง คือ การทดลองปลูกข้าวสาลีในกระถาง (มีการควบคุมความชื้นให้ดิน) การทดลองที่ 2 คือ รักษาความชื้นของดินให้อยู่ 10 20 30 40 และ 50% WHC เป็นเวลา 4 สัปดาห์และปลูกข้าวสาลี ในการทดลองแรกพบว่าชีวมวลส่วนเหนือดิน และส่วนรากเพิ่มสูงขึ้นใน treatment ที่มีความชื้นสูงมากกว่าดินแห้ง ส่วนในการทดลองที่ 2 ที่ 50% WHC จะมีการทำกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินสูงกว่าความชื้นอื่นๆ

Dieudonne *et al.* (2018) ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของวิธีการอนุรักษ์น้ำต่อความชื้นในดิน และผลผลิตข้าวโพดภายใต้ความแห้งแล้ง โดยวิธีการอนุรักษ์น้ำประกอบด้วยการใช้น้ำจากน้ำฝน สัมปน้ำ การคลุมดิน และการชลประทาน พบว่าวิธีการอนุรักษ์น้ำทั้งหมดส่งเสริมให้ข้าวโพดมีผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต เช่น ความสูงของพืช เส้นผ่าศูนย์กลาง ความยาวฝัก จำนวนใบ น้ำหนัก 100 เมล็ด และผลผลิตต่อต้นสูง โดยวิธีชลประทานพบว่าเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดสูงที่สุดคือ 11,982 kg/ha นอกจากนี้ยังพบว่าการชลประทานยังเป็นตัวเลือกที่เกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดใช้กันอย่างแพร่หลาย เพื่อบรรเทาปัญหาความแห้งแล้ง

Jorg *et al.* (2018) ศึกษาฟอสฟอรัสในรูปต่างๆ ในพื้นที่ป่า ซึ่งปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่างอยู่ที่ 60-2,800 mg/kg โดยพบว่าฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ง่ายอยู่ที่ 27% ของฟอสฟอรัสทั้งหมด ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ปานกลางอยู่ที่ 51% ของฟอสฟอรัสทั้งหมด และฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ยากอยู่ที่ 22 % ของฟอสฟอรัสทั้งหมด และพบว่าเมื่อระดับความลึกของดินเพิ่มขึ้นฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์จะลดลง 15% ขณะที่ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ยากจะเพิ่มขึ้น 30% และนอกจากนี้ยังพบว่าในดินทรายจะมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดต่ำกว่าดินประเภทอื่น

Fikriinda *et al.* (2019) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการใช้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และเชื้อราที่ผลิตเอนไซม์ย่อยเซลลูโลส เพื่อจัดการกับผลกระทบจากความแห้งแล้งต่อข้าวโพด ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่ามี การเพิ่มขึ้นของความสูงของพืช เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของพืช มีการเพิ่มขึ้นของการเข้าอยู่อาศัยของอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาภายในรากพืช แต่ปริมาณฟอสฟอรัสลดลงเป็นผลกระทบจากอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาหรือเชื้อราที่ผลิตเอนไซม์ย่อยเซลลูโลส

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ดิน พีช และเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (AMF) ที่ใช้ในการศึกษา

ดินที่ใช้ในการทดลองเก็บจากแปลงที่มีระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ คือ ชุดดินชลบุรี (Chon Buri series: Cb) เก็บตัวอย่างดินจาก ตำบลมาบไฟ อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี และชุดดินที่มีระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง คือ ชุดดินแมร์ิม (Mae Rim series: Mr) เก็บตัวอย่างดินจาก ตำบลท่ากระดาน อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยการทดสอบภาคสนามด้วยชุดทดสอบแบบรวดเร็ว (soil test kit) ก่อนการเก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 0-20 cm เตรียมดินโดยนำดินมาผึ่งลมให้แห้ง หลังจากนั้นนำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 mm เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป โดยทำการวิเคราะห์ pH EC อินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ จุลธาตุและเบสที่แลกเปลี่ยนได้ของดินก่อนการทดลอง

เชื้อรา AMF ที่ใช้ในการทดลองเป็นเชื้อรา AMF ทางการค้า จากกรมวิชาการเกษตร ประกอบด้วยเชื้อ *Glomus sp.* และ *Acaulospora sp.* จำนวนสปอร์ 25 spore/g

ข้าวโพดหวานที่ใช้ในการทดลอง คือ พันธุ์อินทรี 2 (*Zea mays* L. Var. *Saccharata*) จากศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ตำบลกลางดง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

3.2 แผนการทดลอง

3.2.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาอิทธิพลของภาวะแล้งและการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสในดิน

จัดหน่วยการทดลองแบบ 4 x 2 Factorial in CRD ประกอบด้วย 2 ปัจจัยคือ

1. ภาวะแล้ง 4 ระดับ คือ ไม่แล้ง (ให้น้ำ 75% ของความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity; WHC) แล้งปานกลาง (ให้น้ำ 50% ของ WHC) แล้งมาก (ให้น้ำ 25% ของ WHC) และไม่มีการให้น้ำเป็นต้นควบคุม (Vicente *et al.* 2012)
2. การใส่เชื้อรา AMF มี 2 รูปแบบ คือ ใส่เชื้อ AMF และไม่ใส่เชื้อ AMF

ทำการทดลองในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ภายใต้โรงเรือนทดลอง ใช้ดิน 800 g/กระถาง และใส่เชื้อ AMF 1 g/กระถาง สำหรับทรีทเมนต์ที่มีการใส่เชื้อรา รักษาระดับความชื้นของดินให้คงที่ตลอดการทดลองโดยการชั่งน้ำหนัก จัดกระถางทดลองเป็นชุด ทั้งหมด 7 ชุด เพื่อการเก็บตัวอย่างดิน 7 ครั้งในวันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90 ของการทดลอง ในแต่ละชุด

ประกอบด้วยทุกทริทเมนต์ จำนวน 3 ซ้ำ ชุดดินที่ใช้ในการทดลอง คือ ชุดดินชลบุรี (Chon Buri series: Cb) และชุดดินแมร์ิม (Mae Rim series: Mr) ตัวอย่างดินที่เก็บได้ในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองนำมาวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) อินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจนทั้งหมด และเบสที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

3.2.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของภาวะแล้งและการใส่เชื้อ AMF ต่อการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสและการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

จัดหน่วยการทดลองแบบ 3 x 2 Factorial in CRD ประกอบด้วย 2 ปัจจัยคือ

1. ภาวะแล้งมี 3 ระดับ คือ ไม่แล้ง (มีการให้น้ำ 75% ของ WHC) แล้งปานกลาง (มีการให้น้ำ 50% ของ WHC) และแล้งมาก (มีการให้น้ำ 25% ของ WHC)
2. การใส่เชื้อรา AMF มี 2 รูปแบบ คือ ใส่เชื้อ AMF และไม่ใส่เชื้อ AMF

ทำการทดลองในกระถางพลาสติกขนาด กว้าง 12 นิ้ว สูง 12.5 cm ใช้ดิน 8 kg/กระถาง บ่มดินให้มีความชื้นเท่าที่กำหนดในแต่ละทริทเมนต์เป็นเวลา 48 hr ในที่มีดก่อนการปลูกพืช ย้ายปลูกข้าวโพดหวาน (อายุ 15 วัน) 1 ต้น/กระถาง ในทริทเมนต์ที่มีการใส่เชื้อ AMF ทำการใส่เชื้อ AMF ที่ก้นหลุมปลูก 10 g/หลุม ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำมี 5 หน่วยการทดลอง โดยจะใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) 1.28 g/กระถาง และใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) 0.32 g/กระถาง เมื่อข้าวโพดหวานมีอายุ 20 30 40 และ 50 วัน และจะมีการวัดการเจริญเติบโตของพืชระหว่างการทดลอง คือ ความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ข้าวโพดหวานอยู่ในระยะเก็บเกี่ยว) ชุดดินที่ใช้ในการทดลอง คือ ชุดดินชลบุรี (Chon Buri series: Cb) เก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในรูปต่างๆ อินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ จุลธาตุในดิน เบสที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน และประเมินจำนวนสปอร์ของเชื้อราในดิน เก็บตัวอย่างพืชเพื่อประเมินการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา AMF ในรากพืช น้ำหนักสด และแห้งของพืชทั้งส่วนเหนือดิน ราก และผลผลิต และวิเคราะห์ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมดในพืช

3.3 การศึกษาเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

3.3.1 การนับปริมาณสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดิน

แยกสปอร์จากดินโดยวิธี Wet sieving and decanting method (Gerdeman and Nicolsan. 1963) ตามด้วยวิธี modified sucrose centrifugation (Daniels and Skipper. 1982) ชั่งดิน 200 g ใส่ในบีกเกอร์เติมน้ำกลั่น 1,000 ml คนให้ดินแตกตัว 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ 10 วินาที เทดินผ่านตะแกรงร่อนขนาด 500 และ 38 μm ตามลำดับ เก็บตะกอนดินบนตะแกรงร่อนขนาด 500 และนำตะกอนดินบนตะแกรงร่อนขนาด 38 μm เทใส่ในหลอดพลาสติกขนาด 50 mm ปิดฝาแล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 960 xg เป็นเวลา 2 นาที เทน้ำใสเหนือตะกอนทิ้งจากนั้นเติม

สารละลายซูโครสความเข้มข้น 20 และ 60% แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 960 xg เป็นเวลา 5 นาที เทสารละลายซูโครสที่อยู่เหนือตะกอนดินลงในตะแกรงร่อนขนาด 38 μm โดยใช้กระบอกฉีดน้ำกลั่นล้างน้ำตาลออกให้หมด เทสปอร์ลงในจานเลี้ยงเชื้อที่เตรียมไว้เพื่อทำการตรวจนับภายใต้กล้องจุลทรรศน์

3.3.2 การประเมินการเข้าอยู่อาศัยในรากพืช

ประเมินการเข้าอาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากข้าวโพดหวานโดยใช้วิธีการของ Phillip and Hayman (1970) และ Trouvelet's method (1986) ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างรากและล้างให้สะอาดด้วยน้ำกลั่นจากนั้นตัดรากข้าวโพดหวานใน KOH ความเข้มข้น 5-10% ที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 5-10 นาทีจากนั้นนำรากไปต้มในกรด HCl ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 3-4 นาที แล้วนำรากไปอุ่นในสารละลายสีน้ำเงิน (trypan blue) เป็นเวลา 10-20 นาที ที่อุณหภูมิ 90 °C เพื่อย้อมสีราก จากนั้นตัดรากออกมาให้มีความยาว 1 cm จำนวน 30 ราก เพื่อตรวจดูโครงสร้าง vesicle และ arbuscule ภายในราก และประเมินการเข้าอยู่ของเชื้อราภายใต้กล้องจุลทรรศน์

3.4 การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี

3.4.1 การวิเคราะห์ pH (อัตราส่วน ดิน : น้ำ เท่ากับ 1 : 1)

ชั่งดิน 10 g ใส่ในกระป๋องพลาสติกขนาด 100 ml เติมน้ำกลั่น 10 ml โดยใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้ 30 นาที และนำไปวัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter ในส่วนที่เป็นสารละลายใสด้านบน (ก่อนวัดต้องปรับเครื่อง pH ด้วย Buffer Solution pH 7 และ 4)

3.4.2 การวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า EC (อัตราส่วน ดิน : น้ำ เท่ากับ 1 : 5)

ชั่งดิน 10 g ใส่ในกระป๋องพลาสติกขนาด 100 ml เติมน้ำกลั่น 50 ml จากนั้นใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้ 30 นาที และนำวัดค่า EC ด้วยเครื่อง Conductivity ในส่วนที่เป็นสารละลายใสด้านบน

3.4.3 การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) ในดิน

3.4.3.1 การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน (Pardo *et al.* 2004)

ชั่งดิน 0.5 g ใส่ในคูซิเบลแล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 450 °C เป็นเวลา 3 hr จากนั้นถ่ายตัวอย่างลงในหลอด centrifuge ขนาด 50 ml เติม 3.5 M HCl 25 ml แล้วนำไปเขย่าเป็นเวลา 16 hr ปิดเปิด aliquot ที่ได้ (1-10 ml) ใส่ใน volumetric flask ขนาด 25 ml ปรับ pH ด้วย 2 M NaOH เป็น 8.5 เติมกรดแอสคอร์บิกลงไป 4 ml แล้วปรับปริมาตรเป็น 25 ml ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้สารละลายเข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที แล้วนำไปวัด Absorbance ที่ความยาวคลื่น 840 nm

3.4.3.2 การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสอนินทรีย์ทั้งหมดในดิน (Jin *et al.* 1990)

คำนวณจากการรวมผลปริมาณฟอสฟอรัสอนินทรีย์รูปต่างๆ ในดิน

3.4.3.3 การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสอินทรีย์ในดิน (Kuo. 1996)

การหาปริมาณฟอสฟอรัสอินทรีย์ใช้วิธีคำนวณความแตกต่างระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดและปริมาณฟอสฟอรัสอนินทรีย์

3.4.3.4 การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสอินทรีย์รูปต่างๆ ในดิน (Kuo. 1996)

1) ฟอสฟอรัสรูปที่สกัดด้วยน้ำ (water soluble P)

ชั่งดิน 1 g ใส่ในหลอด centrifuge ขนาด 50 ml แล้วเติมน้ำกลั่น 25 ml และนำไปเขย่า 30 นาที (เพื่อสกัดฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้) จากนั้นนำส่วนที่ใสมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 (สารสกัด A)

2) ฟอสฟอรัสรูปที่ละลายได้ง่าย (loosely P)

เติม 1 M NH_4Cl 25 ml ลงในดินที่เหลือจากข้อ 1 และนำไปเขย่า 30 นาที (เพื่อสกัดฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้และฟอสฟอรัสที่มีพันธะอยู่อย่างหลวมๆ) นำตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยงที่ 2,500 รอบ เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนที่ใสมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 (สารสกัด B)

3) ฟอสฟอรัสรูปอะลูมิเนียมฟอสเฟต (Al – P)

เติม 0.5 M NH_4F pH 8.2 25 ml ลงในดินที่เหลือจากข้อ 2 แล้วนำไปเขย่าเป็นเวลา 1 hr (เพื่อสกัด Al - P) นำตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยงที่ 2,500 รอบ เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนที่ใสมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 (สารสกัด C) ล้างตัวอย่างดินสองรอบด้วย saturated NaCl 12.5 ml นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 2,500 รอบ เป็นเวลา 10 นาที และเทสารละลายส่วนที่ใสรวมกับสารสกัด C

4) ฟอสฟอรัสรูปเหล็กฟอสเฟต (Fe – P)

เติม 0.1 M NaOH 25 ml ลงในดินที่เหลือจากข้อ 3 และนำไปเขย่าเป็นเวลา 17 hr (เพื่อสกัด Fe – P) จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 2,500 รอบ เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนที่ใสมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 (สารสกัด D) ล้างตัวอย่างดินสองรอบด้วย saturated NaCl 12.5 ml นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 2,500 รอบ เป็นเวลา 10 นาที และเทสารละลายส่วนที่ใสรวมกับสารสกัด D

5) ฟอสฟอรัสรูปรีดิวซ์ที่ละลายได้ (reductant soluble P)

เติม 0.3 M $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ 20 ml และ 1 M NaHCO_3 2.5 ml ลงในดินจากข้อ 4 นำไปให้ความร้อน 15 นาที ใน water bath ที่ 85 °C จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 2,500 รอบ เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนที่ใสมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 (สารสกัด E) ล้างตัวอย่างดินสองรอบด้วย saturated NaCl 12.5 ml นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 2,500 รอบ เป็นเวลา 10 นาที และเทสารละลายส่วนที่ใสรวมกับสารสกัด E

6) ฟอสฟอรัสรูปแคลเซียมฟอสเฟต (Ca – P)

เติม 0.25 M H_2SO_4 25 ml ลงในตัวอย่างดินที่เหลือจากข้อ 5 และเขย่าเป็นเวลา 1 hr นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 2,500 รอบ เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนที่ใสมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1

(สารสกัด F) ล้างตัวอย่างดินสองรอบด้วย saturated NaCl 12.5 ml นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 2,500 รอบเป็นเวลา 10 นาที และเทสารละลายส่วนที่ใสรวมกับสารสกัด F

7) อะพาไทต์ (Apatite)

เติม 1 M HCl 25 ml ลงในตัวอย่างดินที่เหลือจากข้อ 6 และนำไปเขย่าเป็นเวลา 1 hr นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 2,500 รอบ เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนที่ใสมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 (สารสกัด G) ล้างตัวอย่างดินสองรอบด้วย saturated NaCl 12.5 ml นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 2,500 รอบเป็นเวลา 10 นาที และเทสารละลายส่วนที่ใสรวมกับสารสกัด G

8) การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสแต่ละรูป

ปิเปต aliquot ที่ได้ (มี 1–10 ml) จากแต่ละสารสกัด A B C D E F และ G ใส่ใน volumetric flask ขนาด 25 ml เติมน้ำกลั่น และเติม 0.8 M H₃BO₃ 7.5 ml ลงใน volumetric flask ที่มีสารสกัด C หยด p-nitrophenol indicator 3 หยด ลงใน volumetric flask ที่มีสารสกัด D F และ G จากนั้นปรับ pH โดย 2 M HCl หรือ 2 M NaOH จนกว่าสีของ indicator จะเปลี่ยน หลังจากนั้นเติมกรดแอสคอร์บิกลงไป 4 ml ปรับปริมาตรเป็น 25 ml ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที แล้วนำไปวัด transmittance ที่ความยาวคลื่น 882 nm และสามารถนำมาคำนวณปริมาณฟอสฟอรัสในแต่ละรูปได้ดังสูตรนี้

$$P \text{ (mg/kg)} = \frac{\text{ppm from std. curve} \times \text{final volume} \times \text{ml of extractant}}{\text{aliquot} \times \text{wt. of sample}}$$

3.4.4 การวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุในดิน โดยวิธี Loss on ignition

อบ crucible เปลา ที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 2 hr จากนั้นนำไปใส่ใน dessicators รอให้อุณหภูมิปกติ และชั่งน้ำหนัก crucible เปลา จากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่างดิน 5 g ใส่ crucible ด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง นำดินไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 2 hr และนำออกจากเตา รอให้เย็นที่อุณหภูมิห้องใน desiccators แล้วชั่งน้ำหนัก (W105) จากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิ 400 °C นาน 4 hr และนำออกจากเตา รอให้เย็นที่อุณหภูมิห้องใน desiccators แล้วชั่งน้ำหนัก (W400) และนำข้อมูลมาหาค่าอินทรีย์วัตถุ (OM) โดยสมการนี้

$$OM \text{ (\%)} = \frac{(W105 - W400) \times 100}{W105 - \text{wt. crucible}}$$

3.4.5 การวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน

$$\% \text{total N in soil} = \% \text{OM} \times 0.05$$

3.4.6 การวิเคราะห์เบสที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน โดยวิธี ammonium acetate

ชั่งตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 mm ปริมาณ 2.5 g ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 ml เติมน้ำยาสกัด NH_4OAc (pH เท่ากับ 7) ปริมาณ 25 ml แล้วปิดจุก flask และนำไปเขย่านาน 30 นาที จากนั้นกรองดินด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของ K^+ Na^+ Ca^{2+} และ Mg^{2+} โดยวัดความเข้มข้นเทียบกับ Standard solution ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectroscopy ซึ่งสามารถคำนวณความเข้มข้นได้ดังสมการ

$$M \text{ (mg/kg)} = \frac{(\text{ppm from std. curve} - \text{blank}) \times \text{final volume} \times \text{dilution}}{\text{wt. of sample}}$$

***M = K^+ Na^+ Ca^{2+} และ Mg^{2+}

3.4.7 การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน โดยวิธี Bray II

วิธีสกัดดิน

ชั่งดินมา 2.5 g ใสลงไปใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 ml เติมน้ำยาสกัด Bray II ปริมาณ 25 ml เขย่าทันทีเป็นเวลา 40 วินาที และกรองสารละลายด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ใสลงในกระป๋องพลาสติกขนาด 100 ml

วิธีทำให้เกิดสี

ดูดสารละลายใส (Aliquot) มา 1-10 ml (ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของฟอสฟอรัส) เติมน้ำกลั่น 5 ml จากนั้นเติมน้ำ ascorbic acid หรือ Reagent B ปริมาณ 4 ml และปรับปริมาตรให้เป็น 25 ml ด้วยน้ำกลั่น เขย่าแล้วทิ้งไว้ 10 นาที จะได้สารละลายสีน้ำเงิน นำสารละลายสีน้ำเงินไปวัดค่าความเข้มข้นด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 nm ซึ่งคำนวณความเข้มข้นได้ดังสมการ

$$P \text{ (mg/kg)} = \frac{\text{ppm from std. curve} \times \text{final volume} \times \text{ml of extractant}}{\text{aliquot} \times \text{wt. of sample}}$$

3.4.8 การวิเคราะห์ทองแดง เหล็ก แมงกานีส และสังกะสีในดิน โดยวิธี DTPA

ชั่งดิน 10 g (ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 mm) ใสลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 ml และเติมน้ำยาสกัด DTPA ปริมาตร 20 ml ปิด flask ให้สนิทด้วยพาราฟิล์ม และนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 120 rpm เป็นเวลา 2 hr และนำไปกรองผ่านกระดาษกรอง จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์ความเข้มข้นด้วยเครื่อง Atomic absorption spectroscopy ซึ่งสามารถคำนวณความเข้มข้นได้ดังสมการ

$$M \text{ (mg/kg)} = \frac{(\text{ppm from std. curve} - \text{blank}) \times \text{final volume} \times \text{dilution}}{\text{wt. of sample}}$$

***M = Fe⁺² Mn⁺² Cu⁺² และ Zn⁺²

3.4.9 การวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในพืช โดยวิธี Kjeldahl

การย่อยพืช

ผสมตัวอย่างพืชซึ่งบรรจุในถุงกระดาษให้รวมเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 4 hr และตัวอย่างดินที่นำไปผึ่งให้แห้งและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 ml จากนั้นชั่งตัวอย่างพืช 0.25xx g ตามลำดับ ใส่ในหลอด digestion tube และเติมสารเร่งปฏิกิริยา (mixed catalyst) ประมาณ 1 g เติม H₂SO₄ ประมาณ 4 ml เขย่า digestion tube เบาๆ แล้วนำไปวางบนเตา digest เป็นเวลา 3-4 hr โดยใช้อุณหภูมิไม่เกิน 380 °C เมื่อของเหลวในหลอด digestion tube เริ่มเปลี่ยนเป็นสีใส ให้ย่อยต่ออีก 20-30 นาที

การกลั่น

เปิด boric acid indicator 25 ml ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 ml เริ่มกลั่น Blank จากนั้นเติมสารละลาย 40% NaOH 10 ml ใส่ใน distillation tube ดังตามด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อยเพื่อขจัดด่างและสารที่ตกค้าง จากนั้นเริ่มกลั่นและจับ NH₄⁺ ในน้ำยา boric acid indicator และใช้น้ำกลั่นล้างทำความสะอาด distillation flask ก่อนที่จะเริ่มดำเนินการกลั่นตัวอย่างถัดไป และดำเนินการกลั่นตัวอย่างสารละลายพืชและดิน โดยเหมือนกับขั้นตอนการกลั่น Blank

การไทเทรต

นำสารละลายที่กลั่นได้ไปไทเทรตด้วย Standard H₂SO₄ (เข้มข้น 0.5 N) จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงแดง จุดบันทึกปริมาณ Standard H₂SO₄ ที่ใช้เพื่อคำนวณหาปริมาณ N ดังสมการ

$$\text{Total N (\%)} = \frac{(A - B) \times C \times 14 \times 100}{\text{wt. of sample} \times 1000}$$

A = ml ของ Standard H₂SO₄ ที่ใช้ไทเทรต

B = ml ของ Standard H₂SO₄ ที่ใช้ไทเทรต Blank

C = ความเข้มข้นของ Standard H₂SO₄ ในหน่วย Normality

14 = น้ำหนักสมมูลของ N

3.4.10 การวิเคราะห์โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และฟอสฟอรัสทั้งหมดในพืช โดยวิธี

Aqua regia

ชั่งตัวอย่างพืชมา 0.25xx g (ที่อุณหภูมิ 70 °C นาน 4 hr) ใส่ลงไปใน crucible และนำไปเผาเป็นเวลา 6 hr ที่อุณหภูมิ 550 °C จากนั้นเติม Aqua regia 10 ml ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง และปรับปริมาตรเป็น 50 ml ใน volumetric flask จากนั้นกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 เพื่อนำไปวิเคราะห์ K Mg Ca ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectroscopy ซึ่งคำนวณความเข้มข้นได้ดังสมการ

$$\text{Total M (\%)} = \frac{(\text{ppm from std. curve} - \text{blank}) \times \text{final volume} \times \text{dilution}}{\text{wt. of sample} \times 10000}$$

***M = K Ca และ Mg

การทำให้เกิดสีเพื่อวัดฟอสฟอรัสทั้งหมดในพืช

ปีเปตสารละลายตัวอย่างมา 5 ml ลงในหลอดทดลองขนาด 25 ml เติม Free acid vanadomolybdate solution ปริมาตร 5 ml เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 30 นาที และวัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 nm จากนั้นสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง standard P และ %Transmittance ซึ่งคำนวณความเข้มข้นของ P ทั้งหมดในพืชได้ดังสมการ

$$\text{Total P (\%)} = \frac{\text{ppm from std. curve} \times \text{final volume} \times 10}{\text{aliquot} \times \text{wt. of sample} \times 10000}$$

3.5 วัดการเจริญเติบโตของพืช (กรมวิชาการเกษตร. 2560)

3.5.1 ความสูงของพืช

การวัดความสูงระยะก่อนใบธงจะวัดความสูงของของข้าวโพดหวานจากพื้นดินถึงปลายใบ (รวบใบ) และระยะใบธงจะวัดจากพื้นดินถึงฐานใบธง โดยจะวัดความสูงทุกๆ 7 วัน จนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต

3.5.2 เส้นผ่านศูนย์กลางของพืช

วัดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นพืชโดยใช้เวอร์เนีย (วัดระหว่างใบที่ 2 และ 3 จากยอด) วัดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นทุกๆ 7 วัน จนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต

3.5.3 น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของพืช

เก็บตัวอย่างส่วนของราก ฟัก ใบ และลำต้นหลังจากเก็บเกี่ยวที่อายุ 77 วันหลังจากจากนั้นนำมาตัดเป็นชิ้นส่วนเล็กๆ แล้วไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักสด แล้วนำพืชไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 48 hr เพื่อหาน้ำหนักแห้งของพืช

3.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ Analysis of Variances (ANOVA) โดยใช้โปรแกรม Statistical Analysis System (SAS) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินก่อนการทดลอง

จากค่าการวิเคราะห์ดินก่อนการทดลองของชุดดินชลบุรี (Chon Buri series: Cb) พบว่ามีค่า pH 5.21 ซึ่งอยู่ในช่วงกรดจัด มีค่า EC อยู่ที่ 0.02 mS/cm อยู่ในช่วงที่ไม่เค็มสามารถปลูกพืชได้ และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ไนโตรเจนทั้งหมด (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) แมงกานีส (Mn) และสังกะสี (Zn) อยู่ในระดับต่ำต่อความต้องการธาตุอาหารของพืช คือ 0.07% 0.004% 5.31 mg/kg 17.13 mg/kg 365.83 mg/kg 37.33 mg/kg 1.06 mg/kg 0.24 mg/kg 6.44 mg/kg และ 0.62 mg/kg ตามลำดับ

จากค่าการวิเคราะห์ดินก่อนการทดลองของชุดดินแมริม (Mae Rim series: Mr) พบว่ามีค่า pH 5.98 ซึ่งอยู่ในช่วงกรดปานกลาง มีค่า EC อยู่ที่ 0.27 mS/cm อยู่ในช่วงที่ไม่เค็มสามารถปลูกพืชได้ และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ไนโตรเจนทั้งหมด (N) และโพแทสเซียม (K) ต่ำต่อความต้องการธาตุอาหารของพืช คือ 1.07% 0.050% และ 46.03 mg/kg ตามลำดับ ปริมาณเหล็ก (Fe) อยู่ในช่วงปานกลางต่อความต้องการธาตุอาหารของพืช คือ 17.46 mg/kg และมีปริมาณฟอสฟอรัส (P) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) และแมงกานีส (Mn) อยู่ในช่วงสูงต่อความต้องการธาตุอาหารของพืช คือ 52.97 mg/kg 1,481.67 mg/kg 145.00 mg/kg 8.07 mg/kg 5.34 mg/kg และ 133.37 mg/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 สมบัติดินก่อนการทดลองในชุดดินชลบุรี (Chon Buri series: Cb) และแมริม

(Mae Rim series: Mr)

Soil Series	pH (1:1)	EC (1:5) (mS/cm)	OM	Total N	Avai. P (Bray2)	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn
						1 N Ammonium acetate pH 7			0.005 M DTPA pH 7.3			
						mg/kg						
%												
Cb	5.21	0.02	0.07	0.004	5.31	17.13	365.83	37.33	1.06	0.62	0.24	6.44
Mr	5.98	0.27	1.07	0.050	52.97	46.03	1481.67	145.00	17.46	8.07	5.34	133.37

4.2 การทดลองที่ 1 ศึกษาอิทธิพลของภาวะแล้งและการใส่เชื้อ AMF ต่อการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสในดิน

4.2.1 ชุดดินชลบุรี (Chon Buri series: Cb)

4.2.1.1 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน (Total P) พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างของ total P เมื่อเริ่มทำการทดลอง และทำการทดลองเป็นเวลา 15 30 60 75 และ 90 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าในดินที่มีความชื้น 50% ส่งผลให้เมื่อเริ่มต้นการทดลอง และเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน มีปริมาณ total P สูงที่สุด คือ 25.07 mg/kg และ 24.44 mg/kg ตามลำดับ ขณะที่ในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 60 75 และ 90 วัน มีปริมาณ total P สูงที่สุด คือ 24.56 mg/kg 23.48 mg/kg 24.68 mg/kg และ 24.00 mg/kg ตามลำดับ

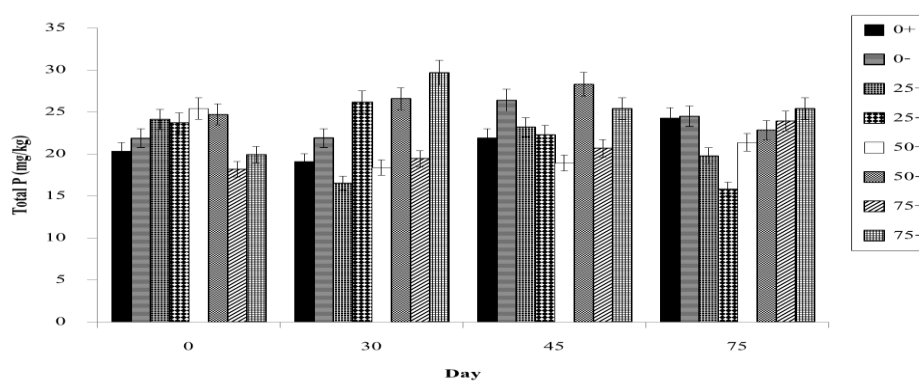
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ปริมาณ total P มีความแตกต่างเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 30 45 และ 60 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งพบว่าการไม่ใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ดินมีปริมาณ total P สูงกว่าการใส่เชื้อ คือ 27.02 mg/kg 26.09 mg/kg 25.60 mg/kg และ 22.71 mg/kg ตามลำดับ

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้ปริมาณ total P เมื่อเริ่มทำการทดลอง และทำการทดลองเป็นเวลา 30 45 และ 75 วัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าความชื้น 50% ร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้เมื่อเริ่มต้นการทดลองมีปริมาณ total P สูงที่สุด คือ 25.43 mg/kg ขณะที่การไม่ใส่เชื้อส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 45 วัน มีปริมาณ total P สูงที่สุด คือ 28.30 mg/kg และที่ความชื้น 75% โดยไม่ใส่เชื้อส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 และ 75 วัน มีปริมาณ total P สูงที่สุด คือ 29.69 mg/kg และ 25.43 mg/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2 และ ภาพที่ 4.1)

ตารางที่ 4.2 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) ในการทดลองที่ 1 ของชุดดินชลบุรี วันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90

Factor		Total P (mg/kg)						
		0	15	30	45	60	75	90
%WHC	0%	21.12 C	21.91 B	20.51 C	24.15	19.70 C	24.40 B	17.35 C
	25%	23.92 B	22.99 B	21.35 BC	22.74	22.66 AB	17.81 C	19.80 B
	50%	25.07 A	24.44 A	22.48 B	23.61	21.59 B	22.11 B	20.27 B
	75%	19.05 D	24.26 A	24.56 A	23.05	23.48 A	24.68 A	24.00 A
AMF	+	22.03	19.78 b	18.36 b	21.18 b	21.00 b	22.35	20.69
	-	22.55	27.02 a	26.09 a	25.60 a	22.71 a	22.15	20.02
%WHC		**	**	**	ns	**	**	**
AMF		ns	**	**	**	**	ns	ns
%WHC X AMF		*	ns	**	**	ns	*	ns
CV (%)		3.69	4.26	6.69	5.81	6.52	6.57	7.90

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, Samples were collected on 0, 15, 30, 45, 60, 75 and 90 of the experiment, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.1 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสทั้งหมด ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

4.2.1.2 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสอนินทรีย์ (Inorganic P) ในการทดลองที่ 1

(ชุดดินชลบุรี)

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสอนินทรีย์ (Inorganic P) พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างของ inorganic P เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 30 และ 90 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าในดินที่มีความชื้น 25% ส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน มีปริมาณ inorganic P สูงที่สุด คือ 7.84 mg/kg และพบว่าในดินที่มีความชื้น 50% ส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน มีปริมาณ inorganic P สูงที่สุด คือ 9.54 mg/kg ขณะที่ในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 90 วัน มีปริมาณ inorganic P สูงที่สุด คือ 4.48 mg/kg

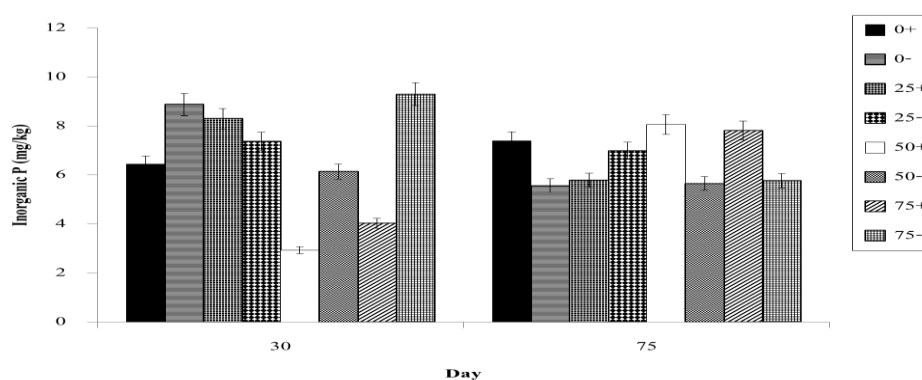
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ปริมาณ inorganic P มีความแตกต่างเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 30 45 75 และ 90 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งพบว่าการใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 และ 90 วัน มีปริมาณ inorganic P สูงกว่าการใส่เชื้อ คือ 7.29 mg/kg และ 3.40 mg/kg ตามลำดับ และพบว่าการไม่ใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 30 และ 45 วัน มีปริมาณ inorganic P สูงกว่าการใส่เชื้อ คือ 8.64 mg/kg 7.92 mg/kg และ 10.25 mg/kg ตามลำดับ

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้ปริมาณ inorganic P เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 และ 75 วัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าความชื้น 50% ร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน มีปริมาณ inorganic P สูงที่สุด คือ 7.82 mg/kg และที่ความชื้น 75% โดยไม่ใส่เชื้อส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 มีปริมาณ inorganic P สูงที่สุด คือ 9.30 mg/kg (ตารางที่ 4.3 และ ภาพที่ 4.2)

ตารางที่ 4.3 ปริมาณฟอสฟอรัสอนินทรีย์ (Inorganic P) ในการทดลองที่ 1 ของชุดดินชลบุรี วันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90

Factor		Inorganic P (mg/kg)						
		0	15	30	45	60	75	90
%WHC	0%	4.04	6.78 B	7.66 A	9.58	2.37	6.53	2.11 C
	25%	4.34	6.77 B	7.84 A	8.23	3.13	6.56	2.23 BC
	50%	5.77	9.54 A	4.50 B	8.97	4.36	6.92	3.25 B
	75%	5.99	6.06 B	6.66 A	8.85	3.71	6.79	4.48 A
AMF	+	4.53	5.94 b	5.41 b	7.57 b	3.14	7.29 a	3.40 a
	-	5.54	8.64 a	7.92 a	10.25 a	3.64	6.07 b	2.62 b
%WHC		ns	*	**	ns	ns	ns	**
AMF		ns	**	**	**	ns	*	*
%WHC X AMF		ns	ns	**	ns	ns	*	ns
CV (%)		27.90	23.47	16.15	16.08	44.09	17.24	28.65

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, Samples were collected on 0, 15, 30, 45, 60, 75 and 90 of the experiment, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.2 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสอนินทรีย์ ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

4.2.1.3 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสอินทรีย์ (Organic P) ในการทดลองที่ 1

(ชุดดินชลบุรี)

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสอินทรีย์ (Organic P) พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้ organic P มีความแตกต่างเมื่อเริ่มทำการทดลอง และทำการทดลองเป็นเวลา 15 30 75 และ 90 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าในดินที่มีความชื้น 25% ส่งผลให้เมื่อเริ่มต้นการทดลองมีปริมาณ organic P สูงที่สุด คือ 19.58 mg/kg และพบว่าในดินที่มีความชื้น 50% ส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน มีปริมาณ organic P สูงที่สุด คือ 17.98 mg/kg ขณะที่ในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 75 และ 90 วัน มีปริมาณ organic P สูงที่สุด คือ 18.20 mg/kg 17.89 mg/kg และ 19.52 mg/kg

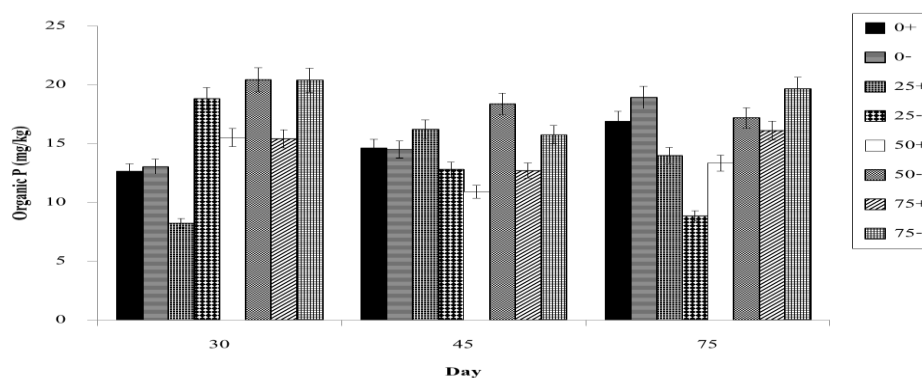
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ปริมาณ organic P มีความแตกต่างเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 30 และ 45 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งพบว่าการไม่ใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้การเก็บตัวอย่าง ณ วันดังกล่าวมีปริมาณ organic P สูงกว่าการใส่เชื้อ คือ 18.37 mg/kg 18.17 mg/kg และ 15.35 mg/kg ตามลำดับ

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้ปริมาณ organic P เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 45 และ 75 วัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าความชื้น 50% โดยไม่ใส่เชื้อส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 และ 45 วัน มีปริมาณ organic P สูงที่สุด คือ 20.43 mg/kg และ 18.37 mg/kg และที่ความชื้น 75% โดยไม่ใส่เชื้อส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน มีปริมาณ organic P สูงที่สุด คือ 19.66 mg/kg (ตารางที่ 4.4 และ ภาพที่ 4.3)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณฟอสฟอรัสอินทรีย์ (Organic P) ในการทดลองที่ 1 ของชุดดินชลบุรี วันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90

Factor		Organic P (mg/kg)						
		0	15	30	45	60	75	90
%WHC	0%	17.08 B	15.13 B	12.84 B	14.57	17.34	17.87 A	15.24 C
	25%	19.58 A	16.21 AB	13.52 B	14.51	19.52	11.35 B	17.57 AB
	50%	19.30 A	14.90 B	17.98 A	14.56	17.23	15.19 A	17.02 BC
	75%	13.06 C	18.20 A	17.90 A	14.20	19.77	17.89 A	19.52 A
AMF	+	17.49	13.84 b	12.95 b	13.61 b	17.87	15.06	17.28
	-	17.01	18.37 a	18.17 a	15.35 a	19.06	16.08	17.39
%WHC		**	*	**	ns	ns	**	**
AMF		ns	**	**	*	ns	ns	ns
%WHC X AMF		ns	ns	**	**	ns	**	ns
CV (%)		8.87	11.66	11.47	13.30	11.85	13.52	9.84

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, Samples were collected on 0, 15, 30, 45, 60, 75 and 90 of the experiment, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.3 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสอินทรีย์ ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

4.2.1.4 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อเริ่มการทดลอง ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อเริ่มการทดลองพบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างของฟอสฟอรัสในรูป P-water P-Al P-Fe P-Ca และ P-apatite อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าในดินที่ไม่มีความชื้นส่งผลให้ปริมาณ P-water และ P-Fe มีค่าสูงสุด คือ 0.732 mg/kg และ 0.56 mg/kg ตามลำดับ ที่ความชื้น 50% ส่งผลให้มีปริมาณ P-Al และ P-apatite สูงที่สุด คือ 2.32 mg/kg และ 1.204 mg/kg ตามลำดับ และในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้ปริมาณ P-Ca มีค่าสูงสุด คือ 2.32 mg/kg

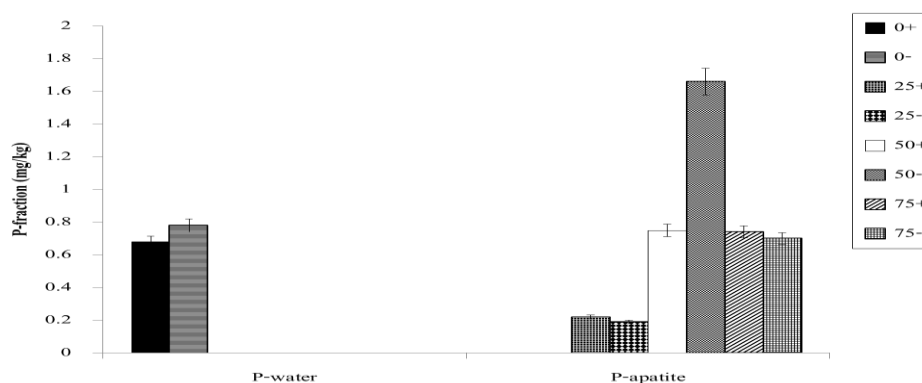
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P-water P-Al และ P-Fe มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งพบว่าการใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ปริมาณ P-Fe มีปริมาณสูงกว่าการไม่ใส่เชื้อคือ 0.47 mg/kg และพบว่าการไม่ใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีปริมาณ P-water และ P-Al มีปริมาณสูงสุดคือ 0.19 mg/kg และ 2.15 mg/kg

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้ฟอสฟอรัสในรูป P-water และ P-apatite มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าเมื่อดินไม่มีความชื้นโดยไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ P-water สูงที่สุด คือ 0.78 mg/kg และที่ความชื้น 50% โดยไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ P-apatite สูงที่สุด คือ 1.66 mg/kg (ตารางที่ 4.5 และ ภาพที่ 4.4)

ตารางที่ 4.5 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อเริ่มต้นการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

Factor		P-fraction (mg/kg)						
		P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite
%WHC	0%	0.732 A	nd	1.80 B	0.56 A	nd	1.28 B	0.003 C
	25%	0.001 B	nd	1.78 B	0.55 A	nd	1.76 AB	0.201 C
	50%	0.001 B	nd	2.32 A	0.22 B	nd	2.01 A	1.204 A
	75%	0.001 B	nd	2.06 AB	0.14 B	nd	2.32 A	0.723 B
AMF	+	0.17 b	nd	1.83 b	0.47 a	nd	1.73	0.43
	-	0.19 a	nd	2.15 a	0.27 b	nd	1.96	0.64
%WHC		**	nd	*	**	nd	*	**
AMF		*	nd	*	*	nd	ns	ns
%WHC X AMF		*	nd	ns	ns	nd	ns	*
CV (%)		8.61	nd	13.66	34.87	nd	25.72	35.65

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, nd : non-detect, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.4 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆ เมื่อเริ่มต้นการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

4.2.1.5 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างของฟอสฟอรัสในรูป P-loosely P-Al P-Fe P-Ca และ P-apatite อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าที่ในดินที่ไม่มีความชื้นส่งผลให้มีปริมาณ P-apatite สูงที่สุด คือ 3.898 mg/kg ที่ความชื้น 25% ส่งผลให้มีปริมาณ P-Ca สูงที่สุด คือ 5.37 mg/kg และที่ความชื้น 50% ส่งผลให้มีปริมาณ P-Al และ P-Fe สูงที่สุด คือ 1.82 mg/kg และ 2.063 mg/kg ตามลำดับ ขณะที่ในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้ปริมาณ P-loosely สูงที่สุด คือ 1.380 mg/kg

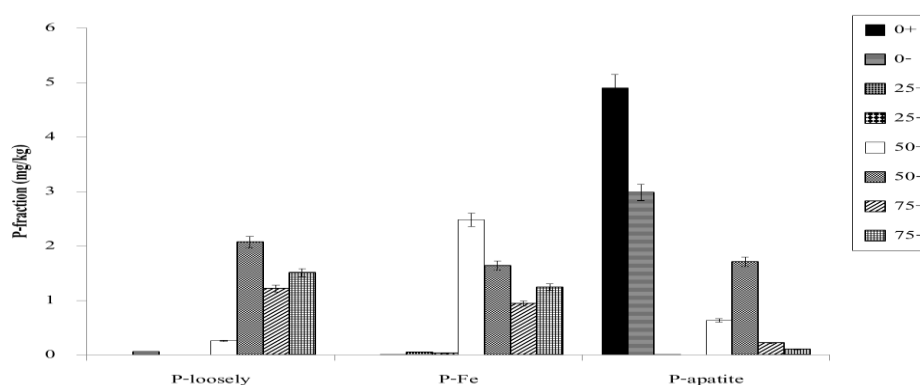
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ปริมาณ P-loosely P-Al P-Fe และ P-Ca มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งพบว่าการใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ปริมาณ P-Fe สูงที่สุดคือ 0.93 mg/kg ในขณะที่จะพบว่าการไม่ใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ปริมาณ P-loosely P-Al และ P-Ca สูงกว่าการใส่เชื้อคือ 0.90 mg/kg 1.38 mg/kg และ 4.00 mg/kg ตามลำดับ

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้ฟอสฟอรัสในรูป P-loosely P-Fe และ P-apatite มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าดินที่ไม่มีความชื้นร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ P-apatite สูงที่สุด คือ 4.90 mg/kg ที่ความชื้น 50% ร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ P-Fe สูงที่สุด คือ 2.48 mg/kg ขณะที่การไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ P-loosely สูงที่สุด คือ 2.07 mg/kg (ตารางที่ 4.6 และ ภาพที่ 4.5)

ตารางที่ 4.6 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 15 วัน (ชุดดินชลบุรี)

Factor		P-fraction (mg/kg)						
		P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite
%WHC	0%	nd	0.001 C	0.16 B	0.001 C	nd	2.08 BC	3.898 A
	25%	nd	0.001 C	0.49 B	0.011 C	nd	5.37 A	0.001 C
	50%	nd	1.152 B	1.82 A	2.063 A	nd	3.09 B	1.127 B
	75%	nd	1.380 A	1.57 A	1.114 B	nd	1.80 C	0.117 C
AMF	+	nd	0.29 b	0.49 b	0.93 a	nd	2.15 b	1.40
	-	nd	0.90 a	1.38 a	0.87 b	nd	4.00 a	1.18
%WHC		nd	**	**	**	nd	**	**
AMF		nd	**	**	**	nd	**	ns
%WHC X AMF		nd	**	ns	**	nd	ns	**
CV (%)		nd	24.36	49.37	8.56	nd	32.46	28.02

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, nd : non-detect, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.5 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

4.2.1.6 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างของฟอสฟอรัสในรูป P-water P-loosely P-Al P-Fe P-Ca และ P-apatite อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าในดินที่ไม่มีความชื้นส่งผลให้มีปริมาณ P-Al P-Fe และ P-Ca สูงที่สุด คือ 2.18 mg/kg 0.89 mg/kg และ 3.18 mg/kg ตามลำดับ ที่ความชื้น 25% ส่งผลให้มีปริมาณ P-water สูงที่สุด คือ 1.255 mg/kg และที่ความชื้น 50% ส่งผลให้มีปริมาณ P-loosely สูงที่สุด คือ 0.459 mg/kg ขณะที่ในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้มีปริมาณ P-apatite สูงที่สุด คือ 3.57 mg/kg

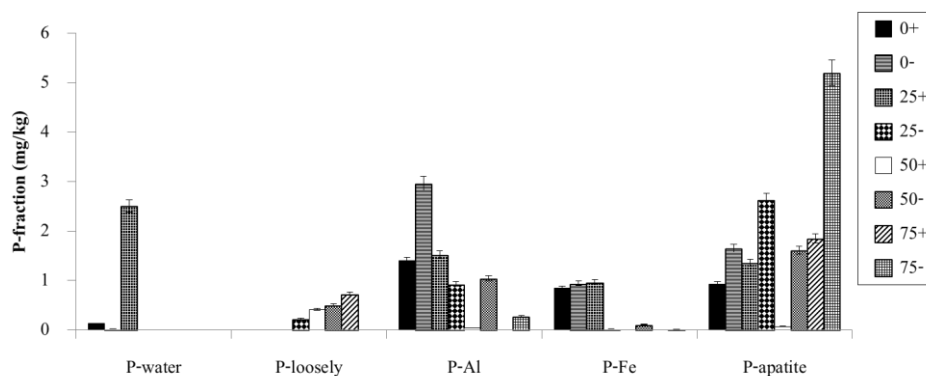
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ P-fraction มีความแตกต่างกันทางสถิติของฟอสฟอรัสในรูป P-water P-loosely P-Al P-Fe P-Ca และ P-apatite อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าการใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ P-water P-loosely และ P-Fe สูงที่สุดคือ 0.66 mg/kg 0.27 mg/kg และ 0.45 mg/kg ตามลำดับ ในขณะที่การไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ P-Al P-Ca และ P-apatite สูงที่สุดคือ 1.30 mg/kg 3.72 mg/kg และ 2.77 mg/kg ตามลำดับ

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้ P-water P-loosely P-Al P-Fe และ P-apatite มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าดินที่ไม่มีความชื้นโดยไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ P-Al สูงที่สุด คือ 2.96 mg/kg ที่ความชื้น 25% ร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ P-water และ P-Fe สูงที่สุด คือ 2.51 mg/kg และ 0.97 mg/kg ตามลำดับ และที่ความชื้น 75% ร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ P-loosely สูงที่สุด คือ 0.73 mg/kg ขณะที่การไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ P-apatite สูงที่สุด คือ 5.20 mg/kg (ตารางที่ 4.7 และ ภาพที่ 4.6)

ตารางที่ 4.7 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) ในดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน

Factor		P-fraction (mg/kg)						
		P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite
%WHC	0%	0.080 B	0.001 C	2.18 A	0.89 A	nd	3.18 A	1.29 C
	25%	1.255 A	0.109 B	1.23 B	0.50 B	nd	3.14 A	1.99 B
	50%	0.001 B	0.459 A	0.54 C	0.06 C	nd	2.77 A	0.84 C
	75%	0.001 B	0.356 A	0.14 D	0.01 C	nd	2.20 B	3.57 A
AMF	+	0.66 a	0.27 a	0.74 b	0.45 a	nd	1.93 b	1.05 b
	-	0.01 b	0.18 b	1.30 a	0.27 b	nd	3.72 a	2.77 a
%WHC		**	**	**	**	nd	**	**
AMF		**	*	**	**	nd	**	**
%WHC X AMF		**	**	**	**	nd	ns	**
CV (%)		24.77	32.74	16.68	16.33	nd	14.33	14.26

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, nd : non-detect, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.6 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

4.2.1.7 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 45 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 45 วัน พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างของฟอสฟอรัสในรูป P-loosely และ P-Al อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าในดินที่ไม่มีความชื้นส่งผลให้มีปริมาณ P-Al สูงที่สุด คือ 1.91 mg/kg ขณะที่ในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้มีปริมาณ P-loosely สูงที่สุด คือ 0.103 mg/kg

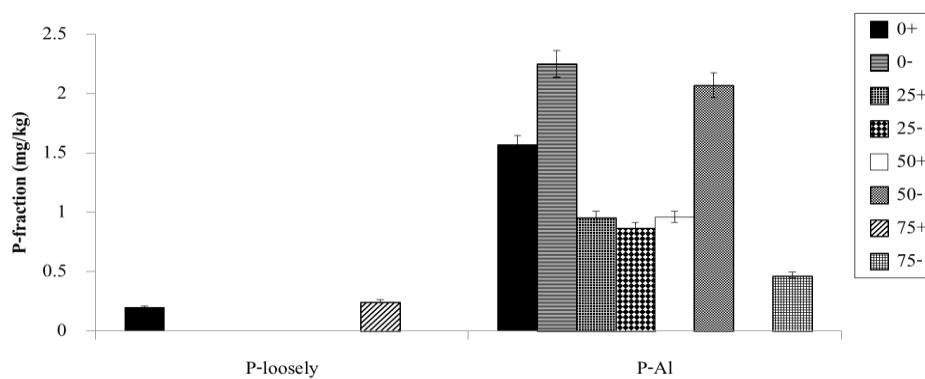
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีปริมาณ P-loosely P-Al P-Ca และ P-apatite มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งพบว่าการใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีปริมาณ P-loosely สูงที่สุดคือ 0.092 mg/kg ในขณะที่จะพบว่าการไม่ใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีปริมาณ P-Al P-Ca และ P-apatite สูงกว่าการใส่เชื้อคือ 1.41 mg/kg 4.29 mg/kg และ 1.04 mg/kg ตามลำดับ

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้ฟอสฟอรัสในรูป P-loosely และ P-Al มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าดินที่ไม่มีความชื้นโดยไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ P-Al สูงที่สุด คือ 2.25 mg/kg และที่ความชื้น 75% ร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ P-loosely สูงที่สุด คือ 2.25 mg/kg (ตารางที่ 4.8 และ ภาพที่ 4.7)

ตารางที่ 4.8 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 45 วัน (ชุดดินชลบุรี)

Factor		P-fraction (mg/kg)						
		P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite
%WHC	0%	nd	0.102 A	1.91 A	2.73	nd	3.22	0.81
	25%	nd	0.001 B	1.05 C	2.98	nd	3.33	0.93
	50%	nd	0.001 B	1.51 B	2.70	nd	3.69	0.99
	75%	nd	0.103 A	0.27 D	3.19	nd	3.48	0.99
AMF	+	nd	0.092 a	0.94 b	2.73	nd	2.57 b	0.82 b
	-	nd	0.001 b	1.41 a	3.07	nd	4.29 a	1.04 a
%WHC		nd	**	**	ns	nd	ns	ns
AMF		nd	**	**	ns	nd	**	*
%WHC X AMF		nd	**	**	ns	nd	ns	ns
CV (%)		nd	47.15	17.01	17.67	nd	13.80	23.93

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, nd : non-detect, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.7 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 45 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

4.2.1.8 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 60 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 60 วัน พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างของฟอสฟอรัสในรูป P-Al P-Fe และ P-Ca อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าที่ความชื้น 25% ส่งผลให้มีปริมาณ P-Fe สูงที่สุด คือ 0.251 mg/kg และที่ความชื้น 50% ส่งผลให้มีปริมาณ P-Al สูงที่สุด คือ 1.392 mg/kg ขณะที่ในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้ปริมาณ P-Ca สูงที่สุด คือ 2.54 mg/kg

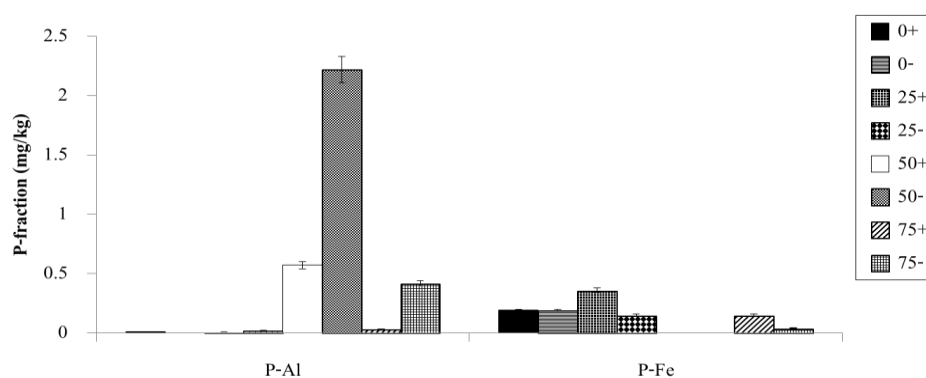
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ปริมาณ P-Al P-Fe และ P-Ca มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งพบว่าการใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีปริมาณ P-Fe สูงที่สุดคือ 0.17 mg/kg ในขณะที่จะพบว่าการไม่ใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีปริมาณ P-Al และ P-Ca สูงกว่าการใส่เชื้อคือ 0.66 mg/kg และ 1.77 mg/kg ตามลำดับ

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้ฟอสฟอรัสในรูป P-Al และ P-Fe มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่ความชื้น 25% ร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ P-Fe สูงที่สุด คือ 0.36 mg/kg และพบว่าดินที่มีความชื้น 50% โดยไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ P-Al สูงที่สุด คือ 2.22 mg/kg (ตารางที่ 4.9 และ ภาพที่ 4.8)

ตารางที่ 4.9 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 60 วัน (ชุดดินชลบุรี)

Factor		P-fraction (mg/kg)						
		P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite
%WHC	0%	nd	0.001	0.015 C	0.189 B	nd	1.33 C	-
	25%	nd	0.229	0.014 C	0.251 A	nd	1.93 B	-
	50%	nd	0.118	1.392 A	0.001 D	nd	2.42 AB	-
	75%	nd	0.410	0.229 B	0.093 C	nd	2.54 A	-
AMF	+	nd	0.36	0.16 b	0.17 a	nd	1.77 b	-
	-	nd	0.01	0.66 a	0.09 b	nd	2.34 a	-
%WHC		nd	ns	**	**	nd	**	-
AMF		nd	ns	**	**	nd	**	-
%WHC X AMF		nd	ns	**	*	nd	ns	-
CV (%)		nd	15.09	22.98	23.18	nd	22.72	-

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, nd : non-detect, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.8 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 60 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

4.2.1.9 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

การฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างของฟอสฟอรัสในรูป P-loosely อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าที่ความชื้น 50% ส่งผลให้มีปริมาณ P-loosely สูงที่สุด คือ 0.181 mg/kg

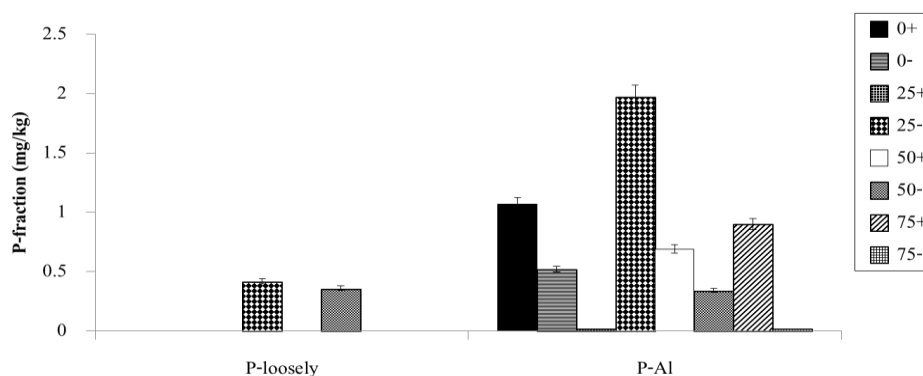
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ปริมาณ P-loosely P-Ca และ P-apatite มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งพบว่าการใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีปริมาณ P-Ca และ P-apatite สูงที่สุดคือ 2.68 mg/kg และ 0.71 mg/kg ในขณะที่จะพบว่าการไม่ใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีปริมาณ P-loosely สูงกว่าการใส่เชื้อคือ 0.221 mg/kg

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้ฟอสฟอรัสในรูป P-loosely และ P-Al มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่ความชื้น 25% ร่วมกับการไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ P-loosely และ P-Al สูงที่สุด คือ 0.42 mg/kg และ 1.97 mg/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10 และ ภาพที่ 4.9)

ตารางที่ 4.10 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 75 วัน (ชุดดินชลบุรี)

Factor		P-fraction (mg/kg)						
		P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite
%WHC	0%	nd	0.001 C	0.81	2.71	nd	2.34	0.71
	25%	nd	0.139 AB	1.02	2.47	nd	2.21	0.55
	50%	nd	0.181 A	0.49	2.58	nd	2.12	0.57
	75%	nd	0.101 B	0.44	2.69	nd	2.17	0.60
AMF	+	nd	0.001 b	0.64	2.72	nd	2.68 a	0.71 a
	-	nd	0.221 a	0.74	2.51	nd	1.74 b	0.50 b
%WHC		nd	**	ns	ns	nd	ns	ns
AMF		nd	**	ns	ns	nd	**	**
%WHC X AMF		nd	**	**	ns	nd	ns	ns
CV (%)		nd	27.44	49.88	15.63	nd	15.21	28.98

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, nd : non-detect, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.9 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

4.2.1.10 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อสิ้นสุดการทดลองในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

การฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 90 วันพบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างของฟอสฟอรัสในรูป P-loosely P-AI และ P-apatite อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าที่ความชื้น 50% ส่งผลให้มีปริมาณ P-AI สูงที่สุด คือ 0.131 mg/kg ขณะที่ในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้มีปริมาณ P-loosely และ P-apatite สูงที่สุด คือ 0.776 mg/kg และ 2.07 mg/kg

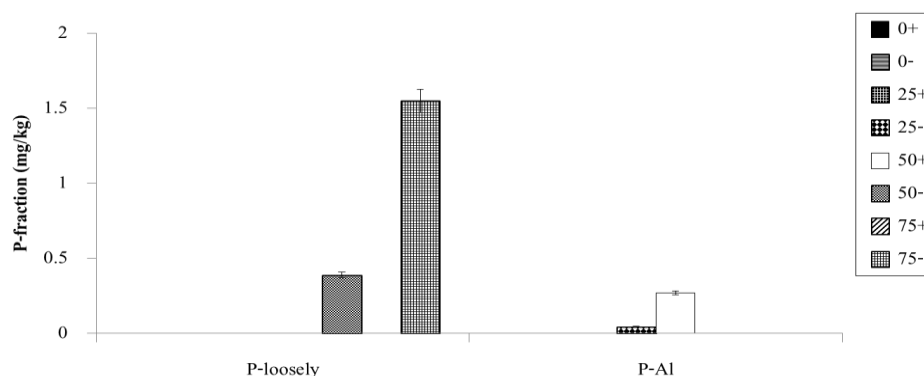
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีปริมาณ P-loosely P-AI และ P-Ca มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งพบว่าการใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีปริมาณ P-AI และ P-Ca สูงที่สุดคือ 0.12 mg/kg และ 1.65 mg/kg ตามลำดับ ในขณะที่จะพบว่าการไม่ใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีปริมาณ P-loosely สูงกว่าการใส่เชื้อคือ 0.482 mg/kg

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้ฟอสฟอรัสในรูป P-loosely และ P-AI มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่ความชื้น 50% ร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ P-AI สูงที่สุด คือ 0.27 mg/kg และที่ความชื้น 75% โดยไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ P-loosely สูงที่สุด คือ 1.55 mg/kg (ตารางที่ 4.11 และ ภาพที่ 4.10)

ตารางที่ 4.11 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

Factor		P-fraction (mg/kg)						
		P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite
%WHC	0%	nd	0.001 C	0.003 B	nd	nd	1.26	0.68 B
	25%	nd	0.001 C	0.025 B	nd	nd	1.28	0.85 B
	50%	nd	0.193 B	0.131 A	nd	nd	0.83	2.02 A
	75%	nd	0.776 A	0.101 A	nd	nd	1.14	2.07 A
AMF	+	nd	0.001 b	0.12 a	nd	nd	1.65 a	1.37
	-	nd	0.482 a	0.01 b	nd	nd	0.59 b	1.44
%WHC		nd	**	**	nd	nd	ns	**
AMF		nd	**	**	nd	nd	**	ns
%WHC X AMF		nd	**	**	nd	nd	ns	ns
CV (%)		nd	7.94	37.48	nd	nd	36.33	23.56

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, nd : non-detect, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.10 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

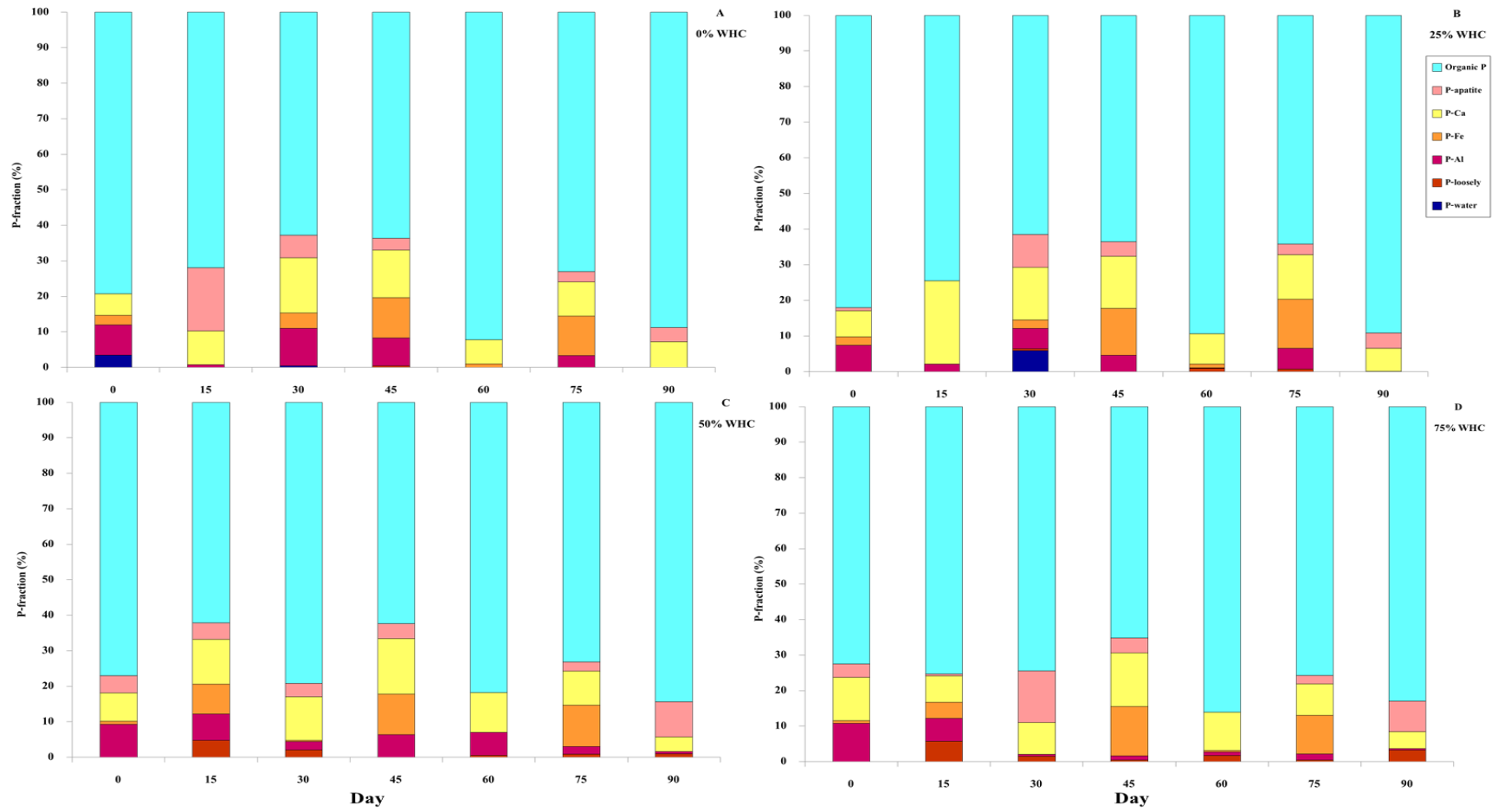
จากการเปรียบเทียบสัดส่วนฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (%P-fraction) ในชุดดินชลบุรี เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 0 15 30 45 60 75 และ 90 วัน ของฟอสฟอรัสอินทรีย์ที่ปัจจัยความชื้น พบว่าเมื่อดินไม่มีความชื้นส่งผลให้มีปริมาณมีปริมาณ P-Al สูงที่สุดเมื่อเริ่มต้นการทดลอง คือ 8.52% พบปริมาณ P-apatite สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน คือ 17.80% พบ

ฟอสฟอรัสในรูป P-Ca สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 45 60 และสิ้นสุดการทดลอง คือ 15.50% 13.30% 6.75% และ 7.26% ตามลำดับ พบฟอสฟอรัสในรูป P-Fe สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน และพบปริมาณฟอสฟอรัสอินทรีย์สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 60 วัน คือ 92.28% (ภาพที่ 4.11 A)

เมื่อดินมีความชื้น 25% ส่งผลให้มีปริมาณมีปริมาณ P-AI สูงที่สุดเมื่อเริ่มต้นการทดลอง คือ 7.44% พบฟอสฟอรัสในรูป P-Ca สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 30 45 60 และสิ้นสุดการทดลอง คือ 23.36% 14.71% 14.64% 8.52% และ 6.46% ตามลำดับ พบฟอสฟอรัสในรูป P-Fe สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน คือ 13.87% และพบปริมาณฟอสฟอรัสอินทรีย์สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 60 วัน คือ 89.32% (ภาพที่ 4.11 B)

เมื่อดินมีความชื้น 50% ส่งผลให้มีปริมาณมีปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P-AI เมื่อเริ่มต้นการทดลองสูงที่สุด คือ 9.25% พบฟอสฟอรัสในรูป P-Ca สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 30 45 และ 60 วัน คือ 12.64% 12.32% 15.63% และ 11.21% พบฟอสฟอรัสในรูป P-Fe สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน คือ 11.67% พบฟอสฟอรัสในรูป P-apatite สูงที่สุดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง คือ 9.97% และพบปริมาณฟอสฟอรัสอินทรีย์สูงที่สุดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง คือ 84.36% (ภาพที่ 4.11 C)

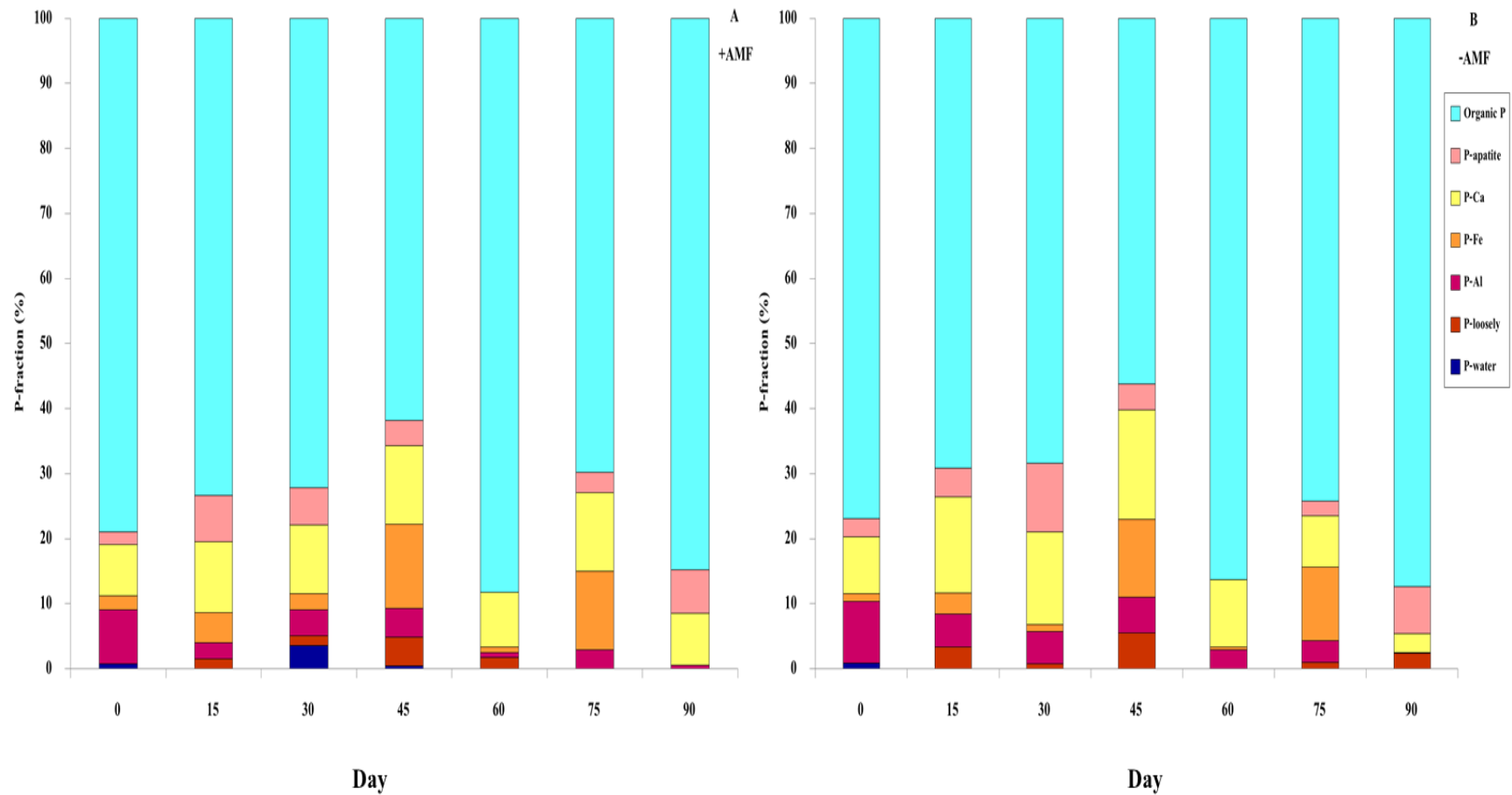
เมื่อดินมีความชื้น 75% ส่งผลให้มีปริมาณมีปริมาณ P-Ca สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 0 15 45 และ 60 วัน คือ 12.18% 7.42% 15.10% และ 10.82% ตามลำดับ พบฟอสฟอรัสในรูป P-apatite สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 และ 90 วัน คือ 14.54% และ 8.63% พบฟอสฟอรัสในรูป P-Fe สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน คือ 10.90% และพบปริมาณฟอสฟอรัสอินทรีย์สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 60 วัน คือ 86.07% (ภาพที่ 4.1 D)



ภาพที่ 4.11 สัดส่วนฟอสฟอรัสรูปแบบต่างๆ (%P-fraction) ในการทดลองวันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90 เมื่อมีการรักษาความชื้นที่ระดับ 0% (A) 25% (B) 50% (C) และ 75% (D) WHC ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

จากการเปรียบเทียบสัดส่วนฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (%P-fraction) ในชุดดินชลบุรี เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 0 15 30 45 60 75 และ 90 วัน ของฟอสฟอรัสอินทรีย์ที่ปัจจัยการใส่เชื้อ AMF พบว่าเมื่อใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีปริมาณ P-AI สูงที่สุดเมื่อเริ่มต้นการทดลอง คือ 8.31% พบฟอสฟอรัสในรูป P-Ca สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 30 60 และสิ้นสุดการทดลอง คือ 10.87% 10.51% 8.43% และ 7.97% ตามลำดับ พบฟอสฟอรัสในรูป P-Fe สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 45 และ 75 วัน คือ 12.89% และ 12.17% ตามลำดับ และพบปริมาณฟอสฟอรัสอินทรีย์สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 60 วัน คือ 88.41% (ภาพที่ 4.12 A)

เมื่อไม่ใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีปริมาณ P-AI สูงที่สุดเมื่อเริ่มต้นการทดลอง คือ 9.53% พบฟอสฟอรัสในรูป P-Ca สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 30 45 และ 60 วัน คือ 14.80% 14.26% 16.76% และ 10.30% ตามลำดับ พบฟอสฟอรัสในรูป P-Fe สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน คือ 11.33% พบฟอสฟอรัสในรูป P-apatite สูงที่สุดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง คือ 7.19% และพบปริมาณฟอสฟอรัสอินทรีย์สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 90 วัน คือ 87.41% (ภาพที่ 4.12 B)



ภาพที่ 4.12 สัดส่วนฟอสฟอรัสรูปแบบต่างๆ (%P-fraction) ในการทดลองวันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90 เมื่อมีการใส่เชื้อ AMF (A) และไม่ใส่เชื้อ AMF (B) ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชนบุรี)

4.2.1.11 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อเริ่มการทดลองในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

การวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อเริ่มการทดลอง พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าอินทรีย์วัตถุ และแคลเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และแคลเซียมมีค่าสูงที่สุด คือ 0.30% และ 446.08 mg/kg ตามลำดับ

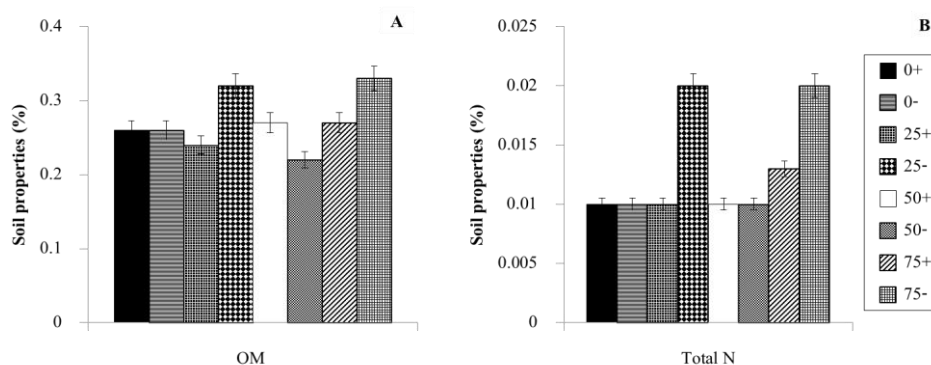
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าไนโตรเจนทั้งหมด แคลเซียม และแมกนีเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยพบว่าการไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีค่าไนโตรเจนทั้งหมด แคลเซียม และแมกนีเซียมสูงกว่าการใส่เชื้อคือ 0.014% 425.04 mg/kg และ 41.54 mg/kg ตามลำดับ

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าไนโตรเจนทั้งหมด และอินทรีย์วัตถุในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ความชื้น 75% โดยไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด คือ 0.33% และ 0.021% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.12 และ ภาพที่ 4.13)

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อเริ่มต้นการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

Factor		Soil properties					
		OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
		%		mg/kg			
%WHC	0%	0.26 B	0.014	24.80	40.78	365.83 B	37.33
	25%	0.28 AB	0.014	23.95	39.50	383.25 B	39.25
	50%	0.24 B	0.012	25.08	36.00	405.00 AB	39.42
	75%	0.30 A	0.015	25.75	34.75	446.08 A	42.00
AMF	+	0.26	0.012 b	24.13	36.73	375.04 b	37.46 b
	-	0.29	0.014 a	25.76	38.79	425.04 a	41.54 a
%WHC		*	ns	ns	ns	**	ns
AMF		ns	*	ns	ns	**	**
%WHC X AMF		*	*	ns	ns	ns	ns
CV (%)		10.59	11.47	12.34	19.94	8.59	8.20

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.13 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุ (A) และ แคลเซียม (B) เมื่อเริ่มต้นการทดลอง ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

4.2.1.12 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

การวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน พบว่าความชื้นในดิน ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าอินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจนทั้งหมด โพแทสเซียม และแคลเซียม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในดินที่มีความชื้น 50% ส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจนทั้งหมด โพแทสเซียม และแคลเซียมสูงที่สุด คือ 0.43% 0.022% 37.90 mg/kg และ 825.83 mg/kg ตามลำดับ

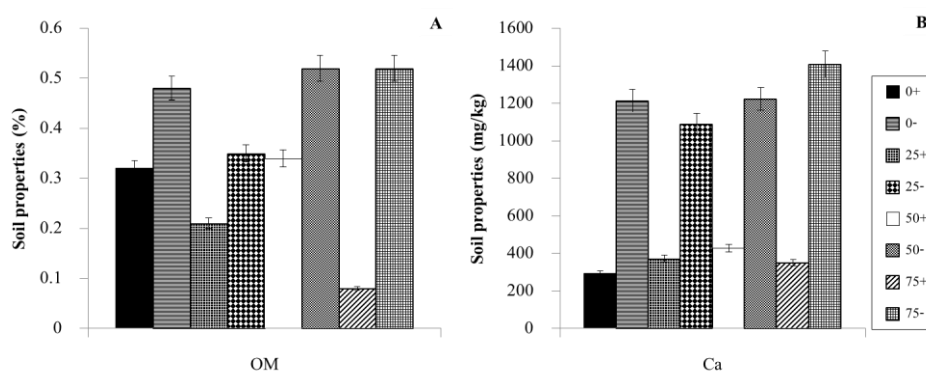
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าอินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจนทั้งหมด โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าการใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ค่าอินทรีย์วัตถุในดิน โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมมีค่าสูงกว่าการไม่ใส่เชื้อคือ 0.47% 43.00 mg/kg 79.00 mg/kg 1217.50 mg/kg และ 83.96 mg/kg ตามลำดับ ในขณะที่การไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีค่าไนโตรเจนทั้งหมดสูงกว่าคือ 0.023%

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าอินทรีย์วัตถุ และแคลเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ความชื้น 50% โดยไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงที่สุด คือ 0.52% และที่ความชื้น 75% โดยไม่ใส่เชื้อ ส่งผลให้มีปริมาณแคลเซียมสูงที่สุด คือ 1409.00 mg/kg (ตารางที่ 4.13 และ ภาพที่ 4.14)

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 15 วัน (ชุดดินชลบุรี)

Factor		Soil properties					
		OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
		%		mg/kg			
%WHC	0%	0.41 A	0.020 AB	31.68 B	55.00	754.50 B	61.00
	25%	0.29 B	0.014 C	32.80 B	60.33	731.30 B	57.83
	50%	0.43 A	0.022 A	37.90 A	60.75	825.83 A	65.08
	75%	0.30 B	0.017 BC	31.17 B	54.25	771.60 AB	54.25
AMF	+	0.24 b	0.012 b	23.77 b	36.17 b	361.29 b	35.13 b
	-	0.47 a	0.023 a	43.00 a	79.00 a	1217.50 a	83.96 a
%WHC		**	**	*	ns	**	ns
AMF		**	**	**	**	**	**
%WHC X AMF		**	ns	ns	ns	**	ns
CV (%)		7.69	14.04	12.08	17.04	6.07	17.94

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.14 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุ (A) และ แคลเซียม (B) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

4.2.1.13 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

การวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน พบว่าความชื้นในดิน ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าไนโตรเจนทั้งหมด โปแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และ แมกนีเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในดินที่มีความชื้น 25% ส่งผลให้มีปริมาณโซเดียม

สูงที่สุด คือ 72.75 mg/kg ในดินที่มีความชื้น 50% ส่งผลให้มีปริมาณโพแทสเซียม และแคลเซียมสูงที่สุด คือ 39.94 mg/kg และ 835.92 mg/kg ส่วนในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และแมกนีเซียมสูงที่สุด คือ 0.027% และ 63.00 mg/kg ตามลำดับ

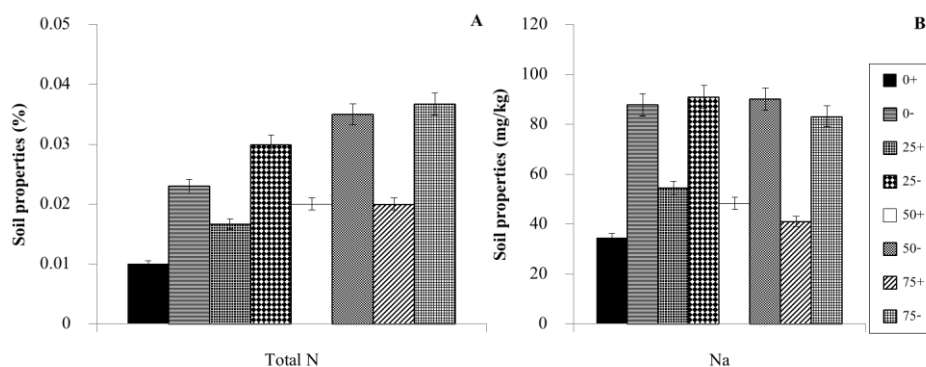
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าอินทรีย์วัตถุในดิน ในโตรเจนทั้งหมด โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่า การไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีค่าดังกล่าวสูงกว่าการใส่เชื้อคือ 0.65% 0.031% 45.56 mg/kg 88.04 mg/kg 1216.36 mg/kg และ 84.04 mg/kg ตามลำดับ

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และโซเดียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ความชื้น 25% โดยไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณโซเดียมสูงที่สุด คือ 91.00 mg/kg และที่ความชื้น 75% โดยไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด คือ 0.0367% (ตารางที่ 4.14 และ ภาพที่ 4.15)

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 30 วัน (ชุดดินชลบุรี)

Factor		Soil properties					
		OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
		%		mg/kg			
%WHC	0%	0.35 C	0.018 C	33.05 C	61.17 B	715.08 B	54.75 B
	25%	0.47 B	0.023 B	35.35 BC	72.75 A	830.67 A	60.25 A
	50%	0.48 B	0.024 AB	39.94 A	69.25 A	835.92 A	61.25 A
	75%	0.53 A	0.027 A	37.42 B	62.08 B	752.70 B	63.00 A
AMF	+	0.31 b	0.015 b	27.32 b	44.58 b	389.46 b	35.92 b
	-	0.65 a	0.031 a	45.56 a	88.04 a	1216.36 a	84.04 a
%WHC		**	**	**	**	**	*
AMF		**	**	**	**	**	**
%WHC X AMF		ns	*	ns	*	ns	ns
CV (%)		6.97	9.45	5.16	6.87	5.96	7.21

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.15 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (A) และ โซเดียม (B) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

4.2.1.14 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 45 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

การวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 45 วัน พบว่าความชื้นในดินไม่ส่งผลให้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าอินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจนทั้งหมด โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าการใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ค่าสมบัติดินมีค่าสูงกว่าการไม่ใส่เชื้อ AMF คือ 0.65% 0.032% 43.33 mg/kg 84.79 mg/kg 1296.67 mg/kg และ 84.17 mg/kg ตามลำดับ

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ไม่ส่งผลให้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4.15)

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 45 วัน (ชุดดินชลบุรี)

Factor		Soil properties					
		OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
		%		mg/kg			
%WHC	0%	0.52	0.026	33.94	68.10	874.25	60.08
	25%	0.50	0.025	32.28	58.50	881.17	61.83
	50%	0.49	0.025	36.35	63.75	882.92	63.25
	75%	0.42	0.021	33.29	62.50	792.33	57.75
AMF	+	0.33 b	0.016 b	24.60 b	39.23 b	418.67 b	37.29 b
	-	0.65 a	0.032 a	43.33 a	84.79 a	1296.67 a	84.17 a
%WHC		ns	ns	ns	ns	ns	ns
AMF		**	**	**	**	**	**
%WHC X AMF		ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)		16.89	16.89	7.84	10.39	8.17	8.73

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level

4.2.1.15 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 60 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

การวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 60 วัน พบว่าความชื้นในดิน ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าอินทรีย์วัตถุในดิน ในโตรเจนทั้งหมด โปแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในดินที่มีความชื้น 50% ส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมสูงที่สุดคือ 0.30% 67.08 mg/kg 1345.42 mg/kg และ 96.58 mg/kg ตามลำดับ ส่วนในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และโปแทสเซียมมีค่าสูงที่สุด คือ 0.014% และ 33.58 mg/kg ตามลำดับ

การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าโปแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าการไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีความดังกล่าว สูงกว่าการใส่เชื้อคือ 30.81 mg/kg 57.10 mg/kg 1155.80 mg/kg และ 69.63 mg/kg ตามลำดับ

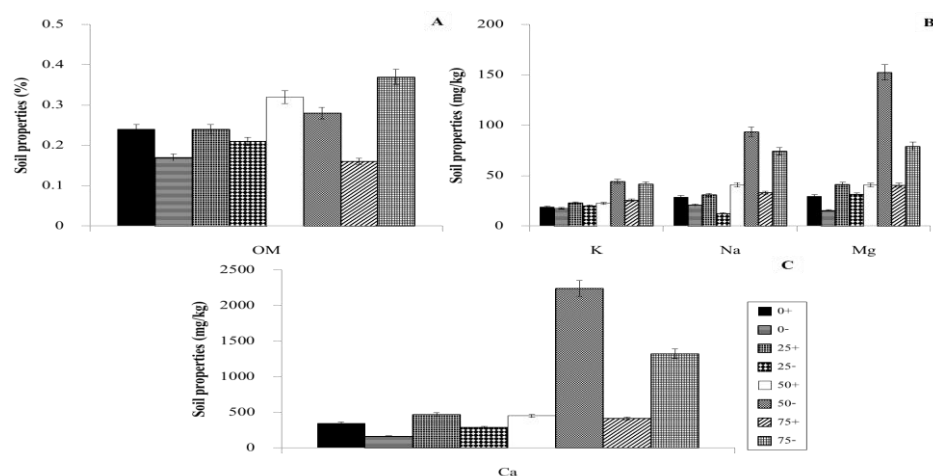
อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน โปแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ความชื้น 50% โดยไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีความโปแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมสูงที่สุด คือ 44.17 mg/kg 93.33 mg/kg 2240.80 mg/kg และ 152.50

mg/kg ตามลำดับ และที่ความชื้น 75% โดยไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงที่สุดคือ 0.37% (ตารางที่ 4.16 และ ภาพที่ 4.16)

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 60 วัน (ชุดดินชลบุรี)

Factor		Soil properties					
		OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
		%		mg/kg			
%WHC	0%	0.21 C	0.010 B	18.13 B	25.10 C	237.13 D	22.50 D
	25%	0.22 BC	0.011 B	21.45 B	22.25 C	371.75 C	36.25 C
	50%	0.30 A	0.013 A	33.36 A	67.08 A	1345.42 A	96.58 A
	75%	0.25 B	0.014 A	33.58 A	57.50 B	868.42 B	59.83 B
AMF	+	0.23	0.012	22.45 b	33.65 b	416.05 b	37.96 b
	-	0.25	0.013	30.81 a	57.10 a	1155.80 a	69.63 a
%WHC		**	**	**	**	**	**
AMF		ns	ns	**	**	**	**
%WHC X AMF		**	ns	**	**	**	**
CV (%)		9.23	13.55	14.29	6.64	9.10	17.69

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.16 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุ (A) โพแทสเซียม โซเดียม แมกนีเซียม (B) และแคลเซียม (C) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 60 วันในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

4.2.1.16 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

การวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน พบว่าความชื้นในดิน ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าอินทรีย์วัตถุในดิน และไนโตรเจนทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในดินที่มีความชื้น 50% ส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด คือ 0.40% และ 0.020% ตามลำดับ

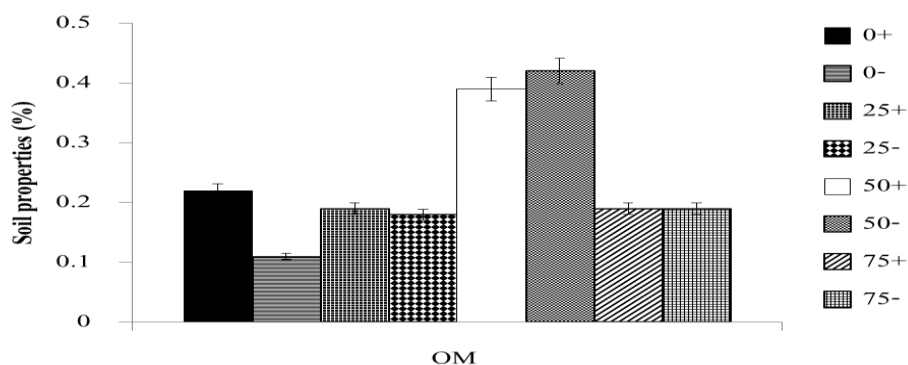
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าไนโตรเจนทั้งหมด โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าการใส่เชื้อส่งผลให้มีค่าไนโตรเจนทั้งหมด โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมสูงกว่าการไม่ใส่เชื้อ คือ 0.012% 29.96 mg/kg 373.81 mg/kg 33.42 mg/kg ตามลำดับ

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ความชื้น 50% โดยไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงที่สุด คือ 0.42% (ตารางที่ 4.17 และ ภาพที่ 4.17)

ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 75 วัน (ชุดดินชลบุรี)

Factor		Soil properties					
		OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
		%		mg/kg			
%WHC	0%	0.18 B	0.009 B	22.90	23.00	276.13	27.50
	25%	0.18 B	0.009 B	24.41	23.75	262.13	24.67
	50%	0.40 A	0.020 A	22.80	22.58	265.88	24.92
	75%	0.19 B	0.010 B	24.65	18.58	273.63	24.75
AMF	+	0.25 a	0.012 a	24.86	29.96 a	373.81 a	33.42 a
	-	0.22 b	0.011 b	22.52	14.00 b	165.06 b	17.50 b
%WHC		**	**	ns	ns	ns	ns
AMF		ns	ns	ns	**	**	**
%WHC X AMF		*	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)		13.18	14.53	12.31	15.97	8.57	9.09

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.17 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

4.2.1.17 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อสิ้นสุดการทดลองในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

การวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 90 วัน พบว่าความชื้นในดิน ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าอินทรีย์วัตถุในดิน ในโตรเจนทั้งหมด โปแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในดินที่มีความชื้น 50% ส่งผลให้มีปริมาณโซเดียมสูงที่สุดคือ 34.78 mg/kg ส่วนในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน โปแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมมีค่าสูงที่สุด คือ 0.20% 0.011% 63.48 mg/kg 310.60 mg/kg และ 37.17 mg/kg ตามลำดับ

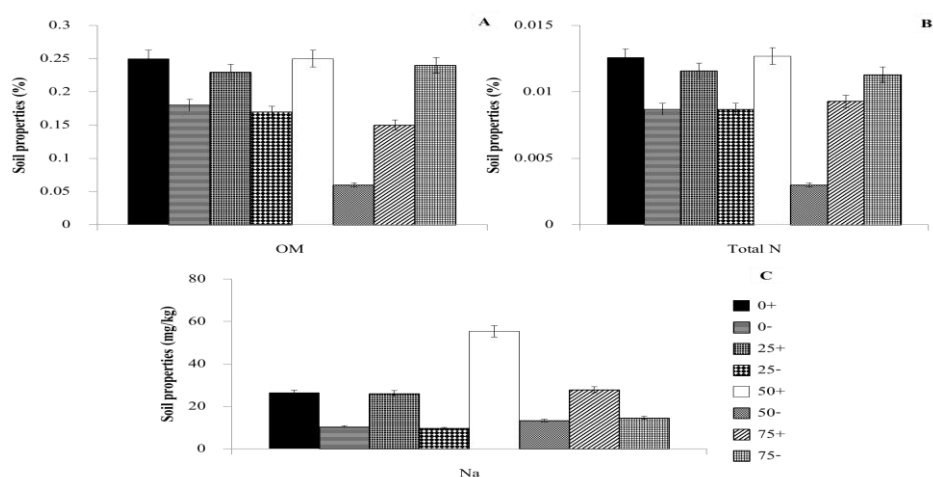
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าอินทรีย์วัตถุในดิน ในโตรเจนทั้งหมด โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่า การใส่เชื้อส่งผลให้ค่าอินทรีย์วัตถุในดิน ในโตรเจนทั้งหมด โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมสูงกว่าการใส่เชื้อคือ 0.23% 0.012% 35.00 mg/kg 372.38 mg/kg และ 37.83 mg/kg ตามลำดับ

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และในโตรเจนทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อดินไม่มีความชื้นร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และโซเดียมสูงที่สุดคือ 0.25% และ 26.33 mg/kg และที่ความชื้น 50% ร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณในโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุดคือ 0.013% (ตารางที่ 4.18 และ ภาพที่ 4.18)

ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

Factor		Soil properties					
		OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
		%		mg/kg			
%WHC	0%	0.21 A	0.010 A	25.78 BC	18.50 B	236.75 B	23.92 B
	25%	0.19 A	0.009 AB	22.43 C	18.00 B	278.50 A	26.67 B
	50%	0.16 B	0.008 B	32.27 B	34.78 A	306.00 A	29.00 B
	75%	0.20 A	0.011 A	63.48 A	19.00 B	310.60 A	37.17 A
AMF	+	0.23 a	0.012 a	37.25	35.00 a	372.38 a	37.83 a
	-	0.15 b	0.008 b	34.73	11.94 b	206.56 b	20.54 b
%WHC		**	*	**	**	**	**
AMF		**	**	ns	**	**	**
%WHC X AMF		**	**	ns	**	ns	ns
CV (%)		11.23	17.42	18.70	9.35	8.92	17.07

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.18 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุ (A) ไนโตรเจนทั้งหมด (B) และ โซเดียม (C) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

4.2.2 ชุดดินแมริม (Mae Rim series: Mr)

4.2.2.1 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

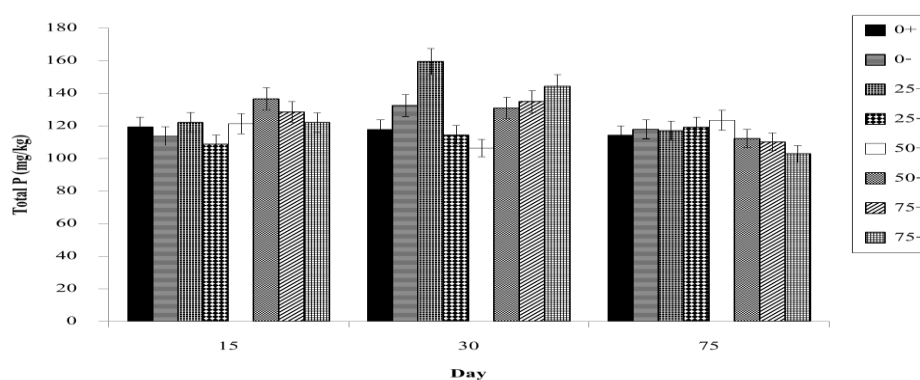
การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างเมื่อเริ่มทำการทดลอง และทำการทดลองเป็นเวลา 15 75 และ 90 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าในดินที่มีความชื้น 25% ส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 และ 90 วัน มีปริมาณ total P สูงที่สุด คือ 118.20 mg/kg และ 123.00 mg/kg ตามลำดับ และที่ความชื้น 50% ส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน มีปริมาณ total P สูงที่สุด คือ 129.00 mg/kg ตามลำดับ ขณะที่ในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้เมื่อเริ่มทำการทดลองมีปริมาณ total P สูงที่สุด คือ 130.91 mg/kg

การใส่เชื้อ AMF ไม่ส่งผลให้ปริมาณ total P มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และพบอิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้ปริมาณ total P เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 30 และ 75 วัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ความชื้น 25% ร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน มีปริมาณ total P สูงที่สุด คือ 159.39 mg/kg และที่ความชื้น 50% ร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน มีปริมาณ total P สูงที่สุด คือ 123.46 mg/kg ในขณะที่การไม่ใส่เชื้อส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน มีปริมาณ total P สูงที่สุด คือ 136.65 mg/kg (ตารางที่ 4.19 และ ภาพที่ 4.19)

ตารางที่ 4.19 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) ในการทดลองที่ 1 ของชุดดินแมริม วันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90

Factor		Total P (mg/kg)						
		0	15	30	45	60	75	90
%WHC	0%	119.94 B	116.53 B	125.25	109.30	119.93	116.05 A	118.35 AB
	25%	123.40 B	115.45 B	136.92	102.80	113.75	118.20 A	123.00 A
	50%	118.27 B	129.00 A	118.67	105.27	116.33	117.85 A	110.23 B
	75%	130.91 A	125.27 A	139.67	100.18	129.84	106.50 B	100.78 C
AMF	+	122.90	122.83	129.65	104.72	123.76	116.27	115.76
	-	123.36	120.29	130.61	104.05	116.17	113.04	110.42
%WHC		**	**	ns	ns	ns	**	**
AMF		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
%WHC X AMF		ns	**	**	ns	ns	*	ns
CV (%)		4.44	5.13	12.05	6.36	9.85	4.17	6.56

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, Samples were collected on 0, 15, 30, 45, 60, 75 and 90 of the experiment, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.19 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสทั้งหมด ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

4.2.2.2 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสอนินทรีย์ (Inorganic P) ในการทดลองที่ 1

(ชุดดินแมริม)

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสอนินทรีย์ (Inorganic P) พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างเมื่อเริ่มทำการทดลอง และทำการทดลองเป็นเวลา 15 30 45 และ 60 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าในดินที่ไม่มีความชื้นส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน มีปริมาณ inorganic P สูงที่สุด คือ 36.41 mg/kg และพบว่าในดินที่มีความชื้น 25% ส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 45 วัน มีปริมาณ inorganic P สูงที่สุด คือ 40.25 mg/kg ในดินที่มีความชื้น 50% ส่งผลให้เมื่อเริ่มทำการทดลองมีปริมาณ inorganic P สูงที่สุด คือ 45.98 mg/kg ขณะที่ในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 และ 60 วัน มีปริมาณ inorganic P สูงที่สุด คือ 42.30 mg/kg

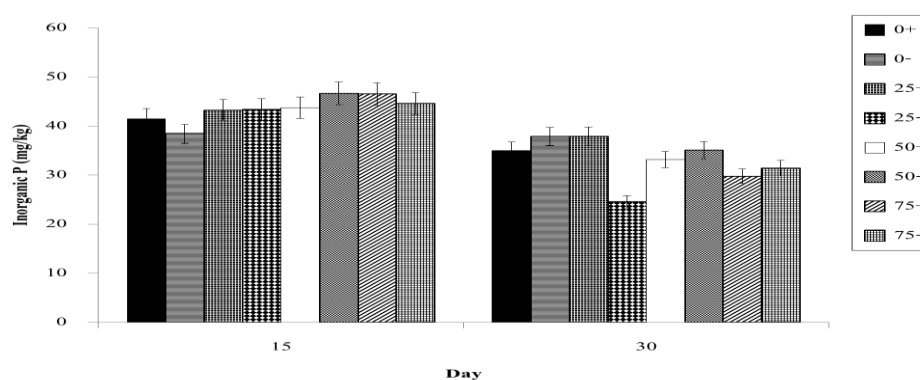
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ปริมาณ inorganic P มีความแตกต่างเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 90 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งพบว่าการไม่ใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้การเก็บตัวอย่างในวันดังกล่าวมีปริมาณ inorganic P สูงกว่าการใส่เชื้อ คือ 38.17 mg/kg

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้ปริมาณ inorganic P เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 และ 30 วัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ความชื้น 25% ร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน มีปริมาณ inorganic P สูงที่สุด คือ 37.91 mg/kg และที่ความชื้น 50% โดยไม่ใส่เชื้อส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน มีปริมาณ inorganic P สูงที่สุด คือ 46.66 mg/kg (ตารางที่ 4.20 และ ภาพที่ 4.20)

ตารางที่ 4.20 ปริมาณฟอสฟอรัสอนินทรีย์ (Inorganic P) ในการทดลองที่ 1 ของชุดดินแมริม วันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90

Factor		Inorganic P (mg/kg)						
		0	15	30	45	60	75	90
%WHC	0%	39.20 C	39.97 C	36.41 A	36.40 B	26.31 D	31.69	35.93
	25%	42.25 B	43.34 B	31.17 BC	40.25 A	32.37 C	30.42	35.57
	50%	45.98 A	45.20 AB	34.10 AB	38.46 AB	35.82 B	30.51	36.26
	75%	44.52 AB	45.57 A	30.58 C	36.39 B	42.30 A	29.72	35.71
AMF	+	42.72	43.75	33.94	38.48	34.00	30.99	33.57 b
	-	43.26	43.29	32.19	37.27	34.41	30.18	38.17 a
%WHC		**	**	**	*	**	ns	ns
AMF		ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
%WHC X AMF		ns	*	**	ns	ns	ns	ns
CV (%)		5.72	3.73	7.70	5.59	7.50	6.30	10.99

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, Samples were collected on 0, 15, 30, 45, 60, 75 and 90 of the experiment, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.20 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสอนินทรีย์ ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

4.2.2.3 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสอินทรีย์ (Organic P) ในการทดลองที่ 1

(ชุดดินแมริม)

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสอินทรีย์ (Organic P) พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างเมื่อเริ่มทำการทดลอง และทำการทดลองเป็นเวลา 30 75 และ 90 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าในดินที่มีความชื้น 25% ส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 และ 90 วัน มีปริมาณ organic P สูงที่สุด คือ 87.78 mg/kg และ 87.44 mg/kg ตามลำดับ และพบว่าในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้เมื่อเริ่มทำการทดลอง และทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน มีปริมาณ organic P สูงที่สุด คือ 86.39 mg/kg และ 109.08 mg/kg

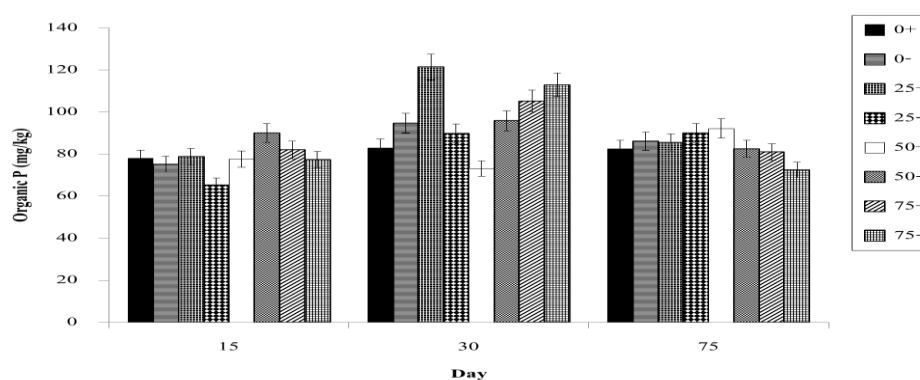
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ปริมาณ organic P มีความแตกต่างเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 90 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งพบว่าการใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้การเก็บตัวอย่าง ณ วันดังกล่าวมีปริมาณ organic P สูงกว่าการใส่เชื้อ คือ 82.19 mg/kg

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้ปริมาณ organic P เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 30 และ 75 วัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ความชื้น 25% ร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน มีปริมาณ organic P สูงที่สุด คือ 121.49 mg/kg และที่ความชื้น 50% ร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน มีปริมาณ organic P สูงที่สุด คือ 92.15 mg/kg ในขณะที่การไม่ใส่เชื้อส่งผลให้เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน มีปริมาณ organic P สูงที่สุด คือ 89.99 mg/kg (ตารางที่ 4.21 และ ภาพที่ 4.21)

ตารางที่ 4.21 ปริมาณฟอสฟอรัสอินทรีย์ (Organic P) ในการทดลองที่ 1 ของชุดดินแมริม วันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90

Factor		Organic P (mg/kg)						
		0	15	30	45	60	75	90
%WHC	0%	80.74 A	76.56	88.84 BC	72.91	93.61	84.36 A	82.42 A
	25%	81.15 A	72.11	105.75 AB	62.55	81.38	87.78 A	87.44 A
	50%	72.29 B	83.80	84.56 C	66.81	80.51	87.34 A	73.97 B
	75%	86.39 A	79.70	109.08 A	63.79	87.53	76.79 B	65.06 C
AMF	+	80.19	79.09	95.71	66.24	89.76	85.28	82.19 a
	-	80.10	77.00	98.41	66.24	81.76	82.86	72.25 b
%WHC		**	ns	*	ns	ns	**	**
AMF		ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
%WHC X AMF		ns	*	*	ns	ns	*	ns
CV (%)		6.66	8.73	14.94	9.66	14.58	6.23	8.71

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, Samples were collected on 0, 15, 30, 45, 60, 75 and 90 of the experiment, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.21 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสอินทรีย์ ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

4.2.2.4 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อเริ่มต้นการทดลองที่ 1

(ชุดดินแมริม)

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อเริ่มการทดลองพบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างของฟอสฟอรัสในรูป P-Al และ P-Fe อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าที่ความชื้น 50% ส่งผลให้มีปริมาณ P-Al และ P-Fe สูงที่สุด คือ 23.34 mg/kg และ 6.63 mg/kg ตามลำดับ และในดินที่ไม่มีความชื้นส่งผลให้ปริมาณ P-Al และ P-Fe มีค่าต่ำที่สุด คือ 20.15 mg/kg และ 5.61 mg/kg ตามลำดับ

การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้ (P-water) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งพบว่าการไม่ใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ปริมาณ P-water 4.77 mg/kg ซึ่งมากกว่าการใส่เชื้อ AMF ที่พบปริมาณ P-water 3.68 mg/kg

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ไม่ส่งผลให้ฟอสฟอรัสในรูปต่างๆมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4.22)

ตารางที่ 4.22 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อเริ่มต้นการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

Factor		P-fraction (mg/kg)						
		P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite
%WHC	0%	3.45	8.75	20.15 C	5.61 B	nd	1.26	nd
	25%	3.95	10.26	20.76 C	6.23 A	nd	1.01	nd
	50%	5.01	9.91	23.34 A	6.63 A	nd	1.06	nd
	75%	4.49	10.24	22.41 AB	6.24 A	nd	1.10	nd
AMF	+	3.68 b	10.04	21.72	6.15	nd	1.12	nd
	-	4.77 a	9.54	21.61	6.20	nd	1.09	nd
%WHC		ns	ns	**	**	nd	ns	nd
AMF		*	ns	ns	ns	nd	ns	nd
%WHC X AMF		ns	ns	ns	ns	nd	ns	nd
CV (%)		28.57	18.55	6.30	6.06	nd	16.13	nd

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, nd : non-detect, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level

4.2.2.5 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 15 วัน (ชุดดินแมริม)

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างของฟอสฟอรัสในรูป P-water P-loosely P-Al P-Fe และ P-Ca อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าในดินที่มีความชื้น 25% ส่งผลให้มีปริมาณ P-Ca สูงที่สุด คือ 5.65 mg/kg ที่ความชื้น 50% ส่งผลให้มีปริมาณ P-loosely สูงที่สุด คือ 11.60 mg/kg ขณะที่ในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้มีปริมาณ P-water P-Al และ P-Fe สูงที่สุด คือ 5.96 mg/kg 12.50 mg/kg และ 10.02 mg/kg ตามลำดับ

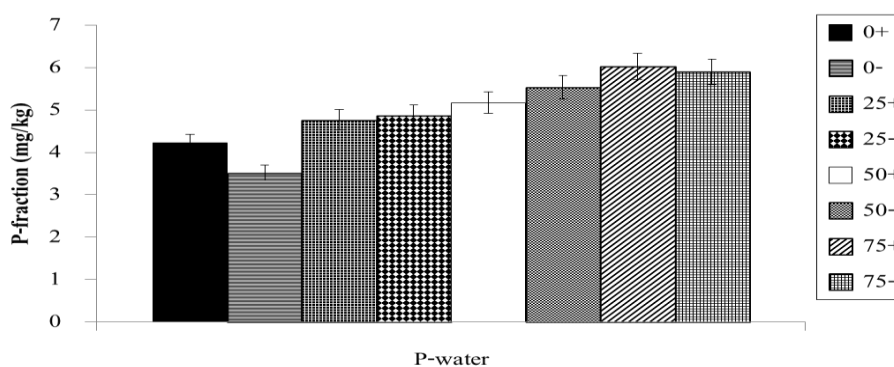
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ปริมาณ P-loosely และ P-Ca มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งพบว่าการใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีปริมาณ P-Ca สูงที่สุดคือ 5.35 mg/kg ในขณะที่จะพบว่าการไม่ใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีปริมาณ P-loosely สูงกว่าการใส่เชื้อคือ 10.97 mg/kg

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้ฟอสฟอรัสในรูป P-water มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อดินมีความชื้น 75% ร่วมกับการใส่เชื้อ ส่งผลให้มีปริมาณ P-water สูงที่สุด คือ 6.03 mg/kg (ตารางที่ 4.23 และ ภาพที่ 4.22)

ตารางที่ 4.23 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 15 วัน (ชุดดินแมริม)

Factor		P-fraction (mg/kg)						
		P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite
%WHC	0%	3.87 D	9.71 B	11.37 B	8.69 B	nd	5.19 AB	1.13
	25%	4.82 C	9.96 B	11.39 B	9.46 A	nd	5.65 A	2.06
	50%	5.36 B	11.60 A	12.42 A	9.92 A	nd	3.42 C	2.48
	75%	5.96 A	11.52 A	12.50 A	10.02 A	nd	4.36 BC	1.19
AMF	+	5.05	10.42 b	11.99	9.46	nd	5.35 a	1.47
	-	4.96	10.97 a	11.85	9.59	nd	3.96 b	1.95
%WHC		**	**	*	**	nd	**	*
AMF		ns	**	ns	ns	nd	**	ns
%WHC X AMF		*	ns	ns	ns	nd	ns	ns
CV (%)		5.94	4.31	6.12	4.89	nd	18.71	45.74

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, nd : non-detect, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.22 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆ เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วันในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

4.2.2.6 ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 30 วัน (ชุดดินแมริม)

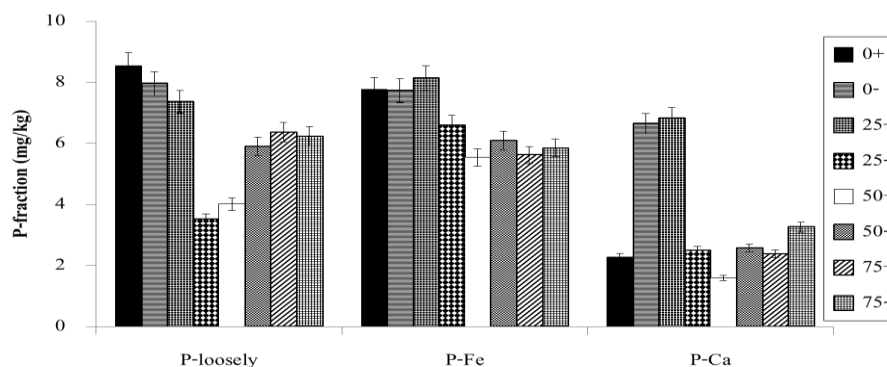
การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างของฟอสฟอรัสในรูป P-water P-loosely P-Fe P-Ca และ P-apatite อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าในดินที่ไม่มีความชื้นส่งผลให้มีปริมาณ P-loosely และ P-Fe สูงที่สุด คือ 8.25 และ 7.75 mg/kg ตามลำดับ ที่ความชื้น 25% ส่งผลให้มีปริมาณ P-Ca สูงที่สุด คือ 4.66 mg/kg และที่ความชื้น 50% ส่งผลให้มีปริมาณ P-apatite สูงที่สุด คือ 6.51 mg/kg ขณะที่ในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้มีปริมาณ P-water สูงที่สุด คือ 3.73 mg/kg

การใส่เชื้อ AMF ไม่ส่งผลให้ P-fraction มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้ P-loosely P-Fe และ P-Ca มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อดินไม่มีความชื้นร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ P-loosely สูงที่สุด คือ 8.54 mg/kg และที่ความชื้น 25% ร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ P-Fe และ P-Ca สูงที่สุด คือ 8.14 mg/kg และ 6.83 mg/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 4.24 และ ภาพที่ 4.23)

ตารางที่ 4.24 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 30 วัน
(ชุดดินแมริม)

Factor		P-fraction (mg/kg)						
		P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite
%WHC	0%	2.35 B	8.25 A	11.07	7.75 A	nd	4.46 A	2.52 B
	25%	2.22 B	5.44 B	10.81	7.37 A	nd	4.66 A	0.73 C
	50%	3.53 A	4.96 B	10.56	5.82 B	nd	2.08 B	6.51 A
	75%	3.73 A	6.30 B	11.69	5.74 B	nd	2.82 B	0.30 C
AMF	+	3.30	6.57	11.11	6.76	nd	3.27	2.78
	-	2.61	5.90	10.96	6.57	nd	3.74	2.25
%WHC		*	**	ns	**	nd	**	**
AMF		ns	ns	ns	ns	nd	ns	ns
%WHC X AMF		ns	**	ns	*	nd	**	ns
CV (%)		30.41	19.26	8.46	7.7	nd	25.22	31.44

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, nd : non-detect, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.23 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆ เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วันในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

4.2.2.7 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 45 วัน (ชุดดินแมริม)

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 45 วัน พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างของฟอสฟอรัสในรูป P-loosely P-AI และ P-Ca อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าในดินที่มีความชื้น 25% ส่งผลให้มีปริมาณ P-loosely และ P-AI สูงที่สุด คือ 11.46 mg/kg และ 14.43 mg/kg ขณะที่ในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้มีปริมาณ P-Ca สูงที่สุด คือ 5.26 mg/kg

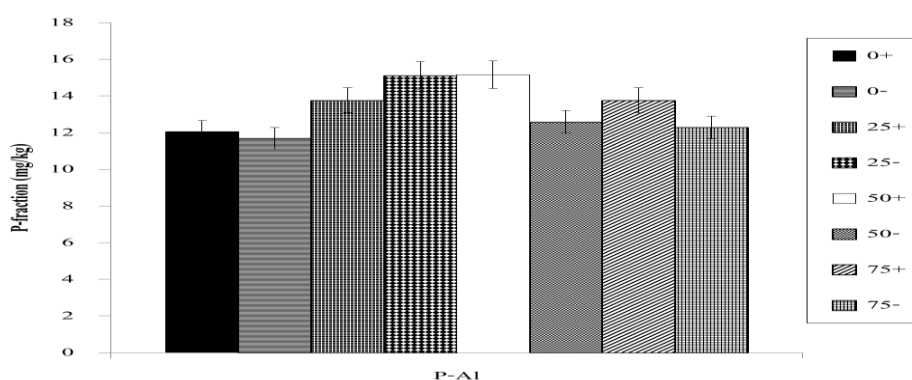
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ปริมาณ P-AI มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งพบว่าการใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีปริมาณ P-AI สูงที่สุดคือ 13.68 mg/kg

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้ฟอสฟอรัสในรูป P-AI มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อดินมีความชื้น 50% ร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ P-AI สูงที่สุด คือ 15.16 mg/kg (ตารางที่ 4.25 ภาพที่ 4.24)

ตารางที่ 4.25 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 45 วัน (ชุดดินแมริม)

Factor		P-fraction (mg/kg)						
		P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite
%WHC	0%	1.74	10.94 A	11.87 C	7.54	nd	4.31 B	nd
	25%	1.83	11.46 A	14.43 A	8.48	nd	4.05 B	nd
	50%	1.87	10.02 B	13.87 AB	8.14	nd	4.54 AB	nd
	75%	2.06	7.90 C	13.03 B	8.14	nd	5.26 A	nd
AMF	+	1.99	10.29	13.68 a	8.01	nd	4.50	nd
	-	1.76	9.87	12.92 b	8.14	nd	4.58	nd
%WHC		ns	**	**	ns	nd	*	nd
AMF		ns	ns	*	ns	nd	ns	nd
%WHC X AMF		ns	ns	**	ns	nd	ns	nd
CV (%)		49.76	6.82	6.30	8.28	nd	13.01	nd

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, nd : non-detect, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.24 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆ เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 45 วันในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

4.2.2.8 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 60 วัน (ชุดดินแมริม)

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 60 วัน พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างของฟอสฟอรัสในรูป P-water P-loosely P-Al P-Fe และ P-apatite อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าที่ความชื้น 75% ส่งผลให้มีปริมาณ P-water P-loosely P-Al และ P-Fe สูงที่สุด คือ 5.91 mg/kg 8.57 mg/kg 17.72 mg/kg และ 6.26 mg/kg ตามลำดับ ในขณะที่ความชื้น 25% ส่งผลให้มีปริมาณ P-apatite สูงที่สุด คือ 0.80 mg/kg

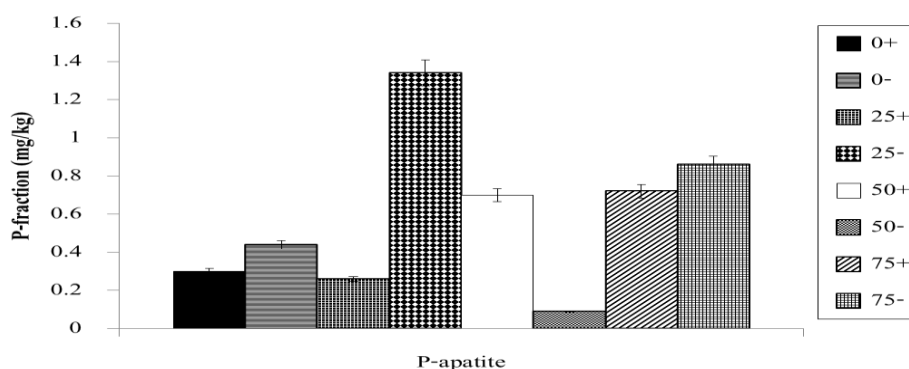
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีปริมาณ P-water และ P-loosely มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งพบว่าการใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีปริมาณ P-water 4.28 mg/kg ซึ่งมากกว่าการไม่ใส่เชื้อ AMF ที่พบปริมาณ P-water 2.87 mg/kg ในขณะที่จะพบว่าการไม่ใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีปริมาณ P-loosely 5.60 mg/kg ซึ่งมากกว่าการใส่เชื้อ AMF ที่พบปริมาณ P-loosely 4.86 mg/kg

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้ฟอสฟอรัสในรูป P-apatite มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่ความชื้น 25% โดยไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ P-apatite สูงที่สุด คือ 1.34 mg/kg (ตารางที่ 4.26 และ ภาพที่ 4.25)

ตารางที่ 4.26 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 60 วัน (ชุดดินแมริม)

Factor		P-fraction (mg/kg)						
		P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite
%WHC	0%	0.87 C	3.13 C	13.68 C	5.37 C	nd	2.88	0.37 B
	25%	3.22 B	4.27 B	15.22 B	5.71 B	nd	3.25	0.80 A
	50%	4.29 B	4.95 B	16.08 B	6.08 A	nd	4.03	0.40 B
	75%	5.91 A	8.57 A	17.72 A	6.26 A	nd	3.14	0.79 A
AMF	+	4.28 a	4.86 b	15.24	5.75	nd	3.35	0.50
	-	2.87 b	5.60 a	16.11	5.97	nd	3.30	0.68
%WHC		**	**	**	**	nd	ns	*
AMF		*	*	ns	ns	nd	ns	ns
%WHC X AMF		ns	ns	ns	ns	nd	ns	**
CV (%)		36.56	16.11	6.45	4.67	nd	22.72	33.79

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, nd : non-detect, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.25 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆ เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 60 วันในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

4.2.2.9 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 75 วัน (ชุดดินแมริม)

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างของฟอสฟอรัสในรูป P-loosely อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าในดินที่ไม่มี ความชื้นส่งผลให้มีปริมาณ P-loosely สูงที่สุด คือ 7.57 mg/kg การใส่เชื้อ AMF และอิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ไม่ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสในรูปต่างๆมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4.27)

ตารางที่ 4.27 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 75 วัน (ชุดดินแมริม)

Factor		P-fraction (mg/kg)						
		P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite
%WHC	0%	nd	7.57 A	11.57	6.72	nd	5.14	nd
	25%	nd	6.60 B	11.84	6.53	nd	5.08	nd
	50%	nd	7.08 AB	11.93	6.37	nd	5.13	nd
	75%	nd	6.42 B	11.57	5.99	nd	5.62	nd
AMF	+	nd	7.15	11.89	6.53	nd	5.18	nd
	-	nd	6.70	11.66	6.28	nd	5.31	nd
%WHC		nd	*	ns	ns	nd	ns	nd
AMF		nd	ns	ns	ns	nd	ns	nd
%WHC X AMF		nd	ns	ns	ns	nd	ns	nd
CV (%)		nd	10.05	9.13	13.10	nd	19.26	nd

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, nd : non-detect, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level

4.2.2.10 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 90 วัน พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างของฟอสฟอรัสในรูป P-water P-loosely P-Fe และ

P-apatite อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าเมื่อดินไม่มีความชื้น ส่งผลให้มีปริมาณ P-loosely และ P-apatite สูงที่สุด คือ 7.22 mg/kg และ 2.92 mg/kg ตามลำดับ และในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้มีปริมาณ P-water และ P-Fe มีค่าสูงที่สุด คือ 3.37 mg/kg และ 7.65 mg/kg ตามลำดับ

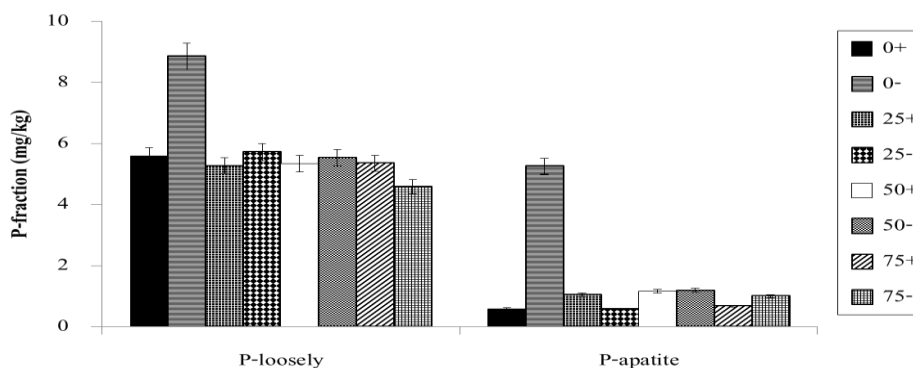
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีปริมาณ P-Al P-Ca และ P-apatite มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งพบว่าการไม่ใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีปริมาณ P-Al P-Ca และ P-apatite 16.82 mg/kg 4.09 mg/kg และ 2.01 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าการใส่เชื้อ AMF ที่พบปริมาณ P-Al P-Ca และ P-apatite 15.33 mg/kg 2.51 mg/kg และ 0.87 mg/kg ตามลำดับ

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้ฟอสฟอรัสในรูป P-loosely และ P-apatite มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อดินไม่มีความชื้นโดยไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ P-loosely และ P-apatite สูงที่สุด คือ 8.85 mg/kg และ 5.26 mg/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 4.28 และ ภาพที่ 4.26)

ตารางที่ 4.28 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

Factor		P-fraction (mg/kg)						
		P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite
%WHC	0%	1.87 B	7.22 A	16.12	5.49 B	nd	2.32	2.92 A
	25%	1.84 B	5.50 B	17.14	6.29 B	nd	3.97	0.82 B
	50%	3.36 A	5.43 B	15.27	7.21 A	nd	3.79	1.18 B
	75%	3.37 A	4.97 B	15.78	7.65 A	nd	3.11	0.84 B
AMF	+	2.89	5.39	15.33 b	6.57	nd	2.51 b	0.87 b
	-	2.33	6.17	16.82 a	6.75	nd	4.09 a	2.01 a
%WHC		*	**	ns	**	nd	ns	**
AMF		ns	ns	*	ns	nd	*	**
%WHC X AMF		ns	*	ns	ns	nd	ns	**
CV (%)		42.15	16.22	8.15	10.92	nd	41.33	25.28

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, nd : non-detect, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



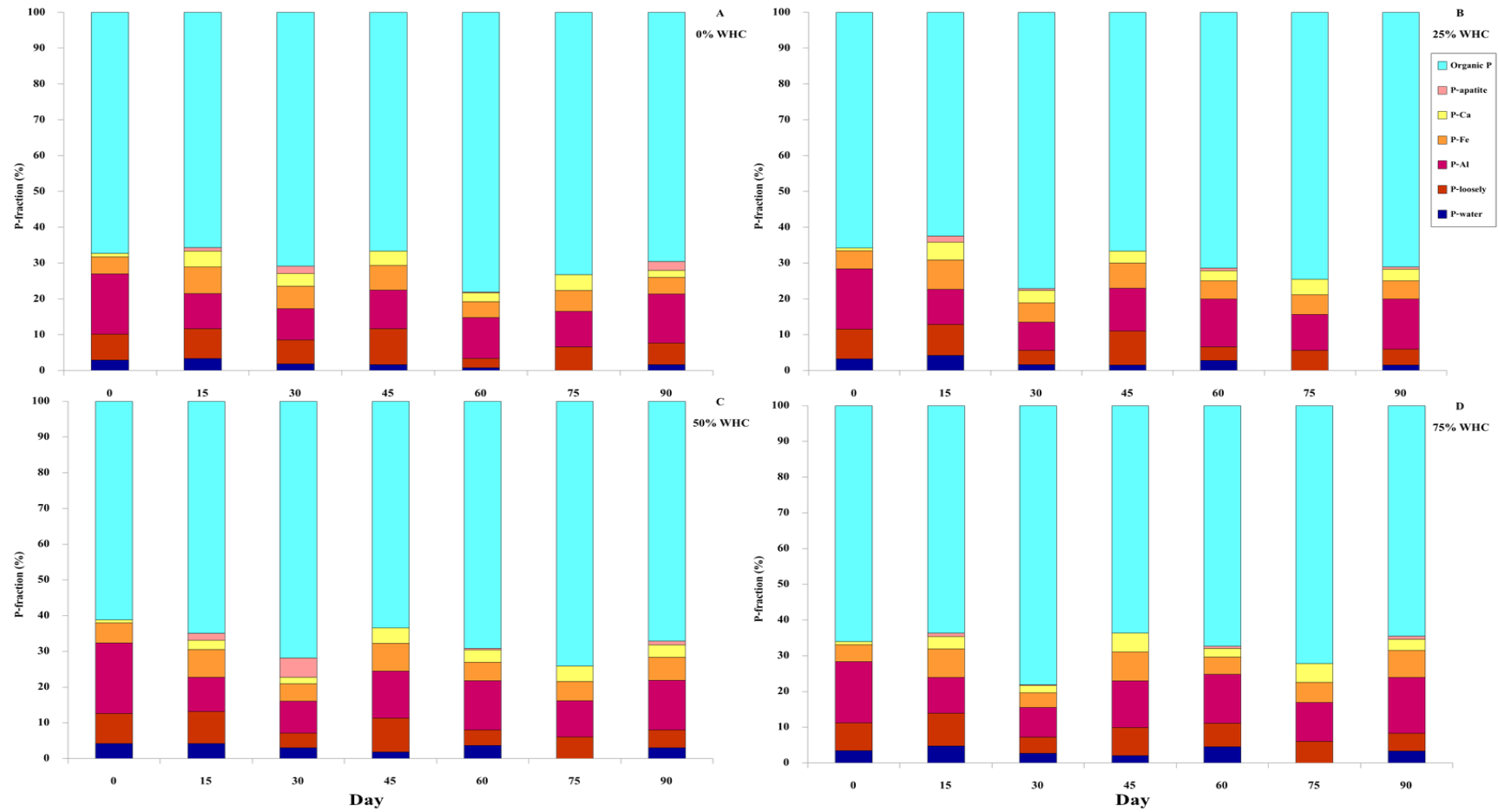
ภาพที่ 4.26 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อฟอสฟอรัสรูปต่างๆ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

จากการเปรียบเทียบสัดส่วนฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (%P-fraction) ในชุดดินแมริม เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 0 15 30 45 60 75 และ 90 วัน ของฟอสฟอรัสอินทรีย์ที่ปัจจัยความชื้น พบว่าเมื่อดินไม่มีความชื้นส่งผลให้มีปริมาณมีปริมาณ P-A1 สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 0 15 30 45 60 75 และ 90 วัน คือ 16.80% 9.76% 8.84% 10.86% 11.41% 9.97% และ 13.62% ตามลำดับ และพบปริมาณฟอสฟอรัสอินทรีย์สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 60 วัน คือ 78.07% (ภาพที่ 4.27 A)

เมื่อดินมีความชื้น 25% ส่งผลให้มีปริมาณมีปริมาณ P-A1 สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 0 15 30 45 60 75 และ 90 วัน คือ 16.82% 9.87% 7.90% 11.95% 13.38% 10.02% และ 13.93% ตามลำดับ และพบปริมาณฟอสฟอรัสอินทรีย์สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน คือ 77.19% (ภาพที่ 4.27 B)

เมื่อดินมีความชื้น 50% ส่งผลให้มีปริมาณมีปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P-A1 สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 0 15 30 45 60 75 และ 90 วัน คือ 19.73% 9.63% 8.90% 13.18% 13.82% 10.12% และ 13.85% ตามลำดับ และพบปริมาณฟอสฟอรัสอินทรีย์สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน คือ 74.11% (ภาพที่ 4.27 C)

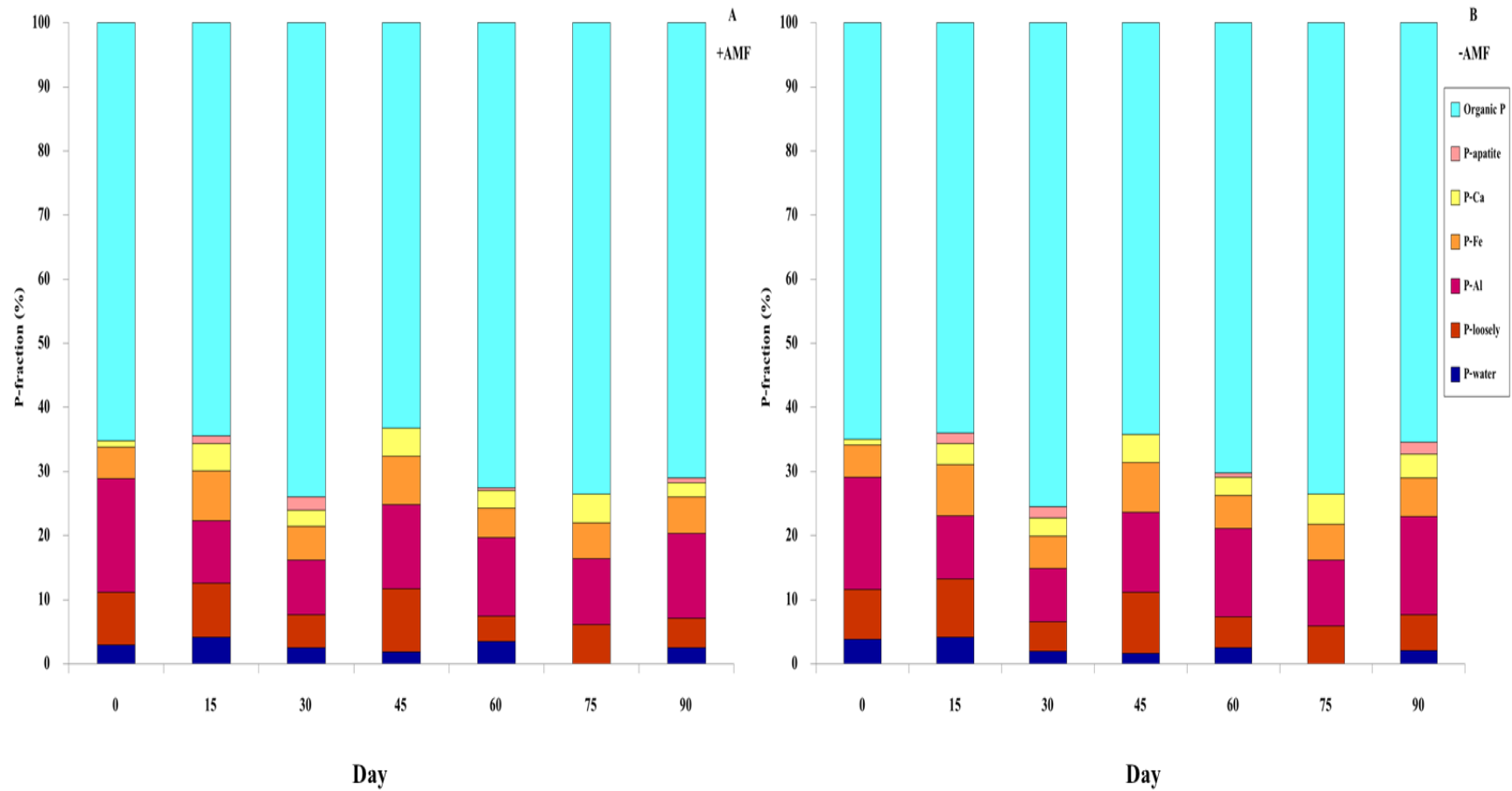
เมื่อดินมีความชื้น 75% ส่งผลให้มีปริมาณมีปริมาณ P-A1 สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 0 15 30 45 60 75 และ 90 วัน คือ 17.12% 9.98% 8.37% 13.01% 13.65% 10.86% และ 15.66% ตามลำดับ และพบปริมาณฟอสฟอรัสอินทรีย์สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน คือ 78.11% (ภาพที่ 4.27 D)



ภาพที่ 4.27 สัดส่วนฟอสฟอรัสรูปแบบต่างๆ (%P-fraction) ในการทดลองวันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90 เมื่อมีการรักษาความชื้นที่ระดับ 0% (A) 25% (B) 50% (C) และ 75% (D) WHC ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

จากการเปรียบเทียบสัดส่วนฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (%P-fraction) ในชุดดินแมริม เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 0 15 30 45 60 75 และ 90 วัน ของฟอสฟอรัสอินทรีย์ที่ปัจจัยการใส่เชื้อ AMF พบว่าเมื่อใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีปริมาณมีปริมาณ P-A1 สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 0 15 30 45 60 75 และ 90 วัน คือ 17.67% 9.76% 8.57% 13.06% 12.31% 10.23% และ 13.24% ตามลำดับ และพบปริมาณฟอสฟอรัสอินทรีย์สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน คือ 73.94% (ภาพที่ 4.28 A)

เมื่อไม่ใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีปริมาณมีปริมาณ P-A1 สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 0 15 30 45 60 75 และ 90 วัน คือ 17.52% 9.85% 8.39% 12.42% 13.87% 10.31% และ 15.23% ตามลำดับ และพบปริมาณฟอสฟอรัสอินทรีย์สูงที่สุดเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน คือ 75.48% (ภาพที่ 4.28 B)



ภาพที่ 4.28 สัดส่วนฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (%P-fraction) ในการทดลองวันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90 เมื่อมีการใส่เชื้อ AMF (A) และไม่ใส่เชื้อ AMF (B) ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

4.2.2.11 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อเริ่มการทดลองในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

การวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อเริ่มการทดลอง พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าอินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจนทั้งหมด โปแทสเซียม และแมกนีเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าเมื่อดินมีความชื้น 25% ส่งผลให้มีปริมาณแมกนีเซียมสูงที่สุด คือ 169.42 mg/kg ในดินที่มีความชื้น 50% ส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงที่สุด คือ 1.69% ส่วนในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และโปแทสเซียมมีค่าสูงที่สุด คือ 0.085% และ 77.29 mg/kg ตามลำดับ

การใส่เชื้อ AMF รวมถึงอิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ไม่ส่งผลให้สมบัติดินมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4.29)

ตารางที่ 4.29 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อเริ่มต้นการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

Factor		Soil properties					
		OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
		%		mg/kg			
%WHC	0%	1.48 B	0.074 C	67.48 B	30.17	1870.08	165.25 A
	25%	1.56 B	0.081 B	76.75 A	33.33	1846.25	169.42 A
	50%	1.69 A	0.084 AB	73.63 A	39.83	1708.75	153.26 AB
	75%	1.67 A	0.085 A	77.29 A	34.17	1673.33	144.56 B
AMF	+	1.58	0.081	72.70	36.00	1816.08	163.52
	-	1.62	0.081	74.87	32.75	1733.13	152.73
%WHC		**	**	**	ns	ns	*
AMF		ns	ns	ns	ns	ns	ns
%WHC X AMF		ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)		3.81	3.45	6.33	27.46	8.40	9.60

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level

4.2.2.12 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

การวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าอินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจนทั้งหมด โปแทสเซียม และโซเดียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าเมื่อดินไม่มีความชื้นส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุใน

ดิน และไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด คือ 1.64% และ 0.082% ตามลำดับ ในดินที่มีความชื้น 50% ส่งผลให้มีปริมาณโซเดียมสูงที่สุด คือ 32.42 mg/kg ส่วนในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้มีปริมาณโพแทสเซียมสูงที่สุด คือ 71.83 mg/kg

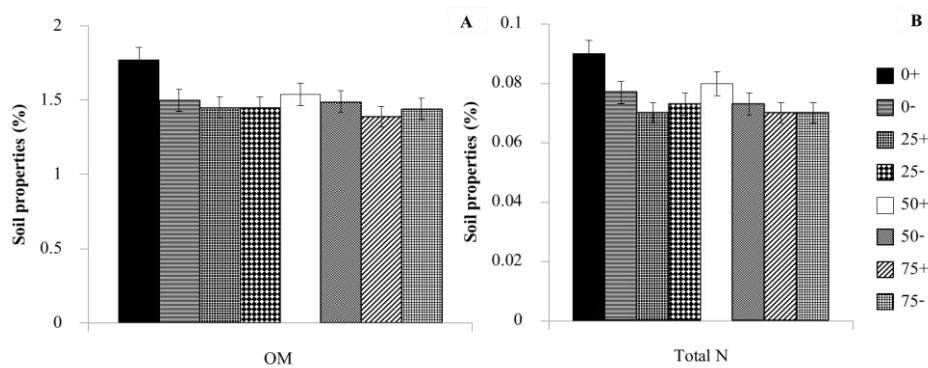
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าอินทรีย์วัตถุในดิน และไนโตรเจนทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าการใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ค่าอินทรีย์วัตถุในดิน และไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าสูงกว่าการไม่ใส่คือ 1.54% และ 0.077% ตามลำดับ

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าอินทรีย์วัตถุ และไนโตรเจนทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อดินไม่มีความชื้นร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด คือ 1.77% และ 0.090% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.30 และภาพที่ 29)

ตารางที่ 4.30 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 15 วัน (ชุดดินแมริม)

Factor		Soil properties					
		OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
		%		mg/kg			
%WHC	0%	1.64 A	0.082 A	64.22 C	25.67 B	1704.58	140.34
	25%	1.47 B	0.074 B	63.03 C	22.83 B	1729.58	146.13
	50%	1.51 B	0.076 B	68.43 B	32.42 A	1725.00	136.68
	75%	1.42 C	0.071 C	71.83 A	31.58 A	1674.17	136.01
AMF	+	1.54 a	0.077 a	66.83	27.21	1726.46	138.95
	-	1.48 b	0.074 b	66.93	29.04	1690.21	140.63
%WHC		**	**	**	**	ns	ns
AMF		**	**	ns	ns	ns	ns
%WHC X AMF		**	**	ns	ns	ns	ns
CV (%)		2.76	2.76	3.67	16.22	6.40	7.82

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.29 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุ (A) และไนโตรเจนทั้งหมด (B)เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

4.2.2.13 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

การวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน พบว่าความชื้นในดิน ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าอินทรีย์วัตถุในดิน โปแทสเซียม โซเดียม และแคลเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าเมื่อดินไม่มีความชื้นส่งผลให้มีปริมาณโปแทสเซียมสูงที่สุดคือ 69.38 mg/kg ในดินที่มีความชื้น 25% ส่งผลให้มีปริมาณโซเดียมสูงที่สุดคือ 40.17 mg/kg ในดินที่มีความชื้น 50% ส่งผลให้มีปริมาณแคลเซียมสูงที่สุดคือ 1,852.92 mg/kg ส่วนในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุดคือ 1.55% และ 0.078% ตามลำดับ

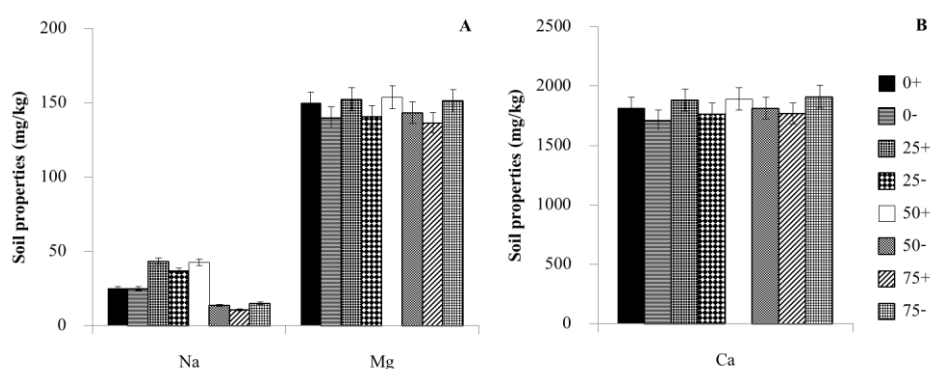
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าโซเดียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าการใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ค่าโซเดียมมีค่าสูงกว่าการไม่ใส่คือ 29.41 mg/kg

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของปริมาณโซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อดินมีความชื้น 25% ร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณโซเดียมสูงที่สุดคือ 43.50 mg/kg ที่ความชื้น 50% ร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณแมกนีเซียมสูงที่สุดคือ 153.76 mg/kg และเมื่อดินมีความชื้น 75% โดยไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณแคลเซียมสูงที่สุดคือ 1,911.70 mg/kg (ตารางที่ 4.31 และ ภาพที่ 4.30)

ตารางที่ 4.31 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 30 วัน (ชุดดินแมริม)

Factor	Soil properties						
	OM	Total N	K	Na	Ca	Mg	
	%		mg/kg				
%WHC	0%	1.30 C	0.065 C	69.38 A	25.25 B	1764.58 B	144.94
	25%	1.43 B	0.071 B	66.33 B	40.17 A	1824.17 AB	146.69
	50%	1.45 B	0.072 B	65.44 BC	28.50 B	1852.92 A	148.58
	75%	1.55 A	0.078 A	63.55 C	12.83 C	1841.25 A	143.95
AMF	+	1.43	0.072	66.63	29.41 a	1839.38	148.17
	-	1.43	0.072	65.71	23.64 b	1902.08	143.92
%WHC	**	**	**	**	*	ns	
AMF	ns	ns	ns	**	ns	ns	
%WHC X AMF	ns	ns	ns	**	**	**	
CV (%)	4.38	4.38	2.71	12.17	2.90	4.37	

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.30 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณ โซเดียม แมกนีเซียม (A) และแคลเซียม (B)เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

4.2.2.14 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 45 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

การวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 45 วัน พบว่าความชื้นในดิน ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าอินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจนทั้งหมด โพแทสเซียม และ โซเดียม

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าเมื่อดินไม่มีความชื้นส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด คือ 1.59% และ 0.079% ตามลำดับ ในขณะที่ดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียม และโซเดียมสูงที่สุด คือ 70.38 mg/kg และ 41.13 mg/kg ตามลำดับ

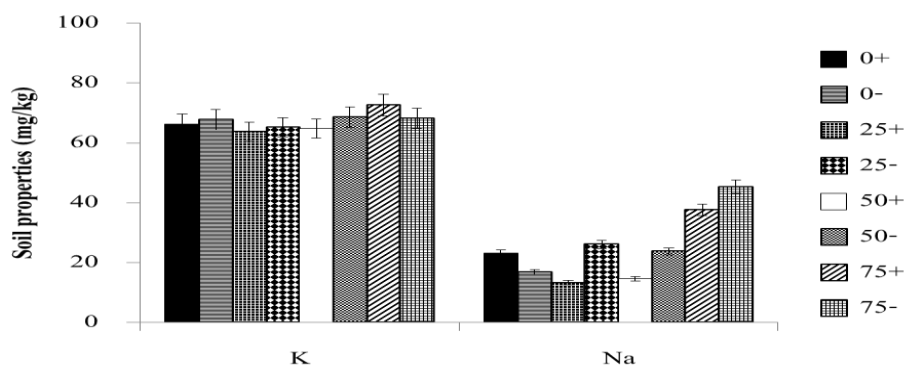
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าโซเดียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าการใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ค่าโซเดียมมีค่าสูงกว่าการไม่ใส่คือ 27.31 mg/kg

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของปริมาณโพแทสเซียม และโซเดียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อดินมีความชื้น 75% ร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณโพแทสเซียมสูงที่สุด คือ 72.65 mg/kg ขณะที่ไม่มีการใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณโซเดียมสูงที่สุด คือ 45.35 mg/kg (ตารางที่ 4.32 และภาพที่ 4.31)

ตารางที่ 4.32 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 45 วัน (ชุดดินแอมริม)

Factor		Soil properties					
		OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
		%		mg/kg			
%WHC	0%	1.59 A	0.079 A	67.03 B	20.30 B	1888.33	159.29
	25%	1.46 C	0.073 C	64.43 C	18.88 B	1822.08	152.23
	50%	1.52 B	0.076 B	66.68 BC	18.63 B	2022.50	166.57
	75%	1.48 BC	0.074 BC	70.38 A	41.13 A	1842.08	140.43
AMF	+	1.51	0.076	66.86	27.31 a	1893.75	157.22
	-	1.51	0.075	67.41	21.94 b	1893.75	152.04
%WHC		**	**	**	**	ns	ns
AMF		ns	ns	ns	*	ns	ns
%WHC X AMF		ns	ns	*	*	ns	ns
CV (%)		2.98	2.98	2.82	18.75	7.98	14.35

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.31 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณโพแทสเซียม (A) และ โซเดียม (B)เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 45 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

4.2.2.15 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 60 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

การวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 60 วัน พบว่าความชื้นในดิน ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าอินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจนทั้งหมด แคลเซียม และแมกนีเซียม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าเมื่อดินไม่มีความชื้นส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด คือ 1.39% และ 0.070% ตามลำดับ และในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้มีปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมสูงที่สุด คือ 2,590.00 mg/kg และ 203.48 mg/kg ตามลำดับ

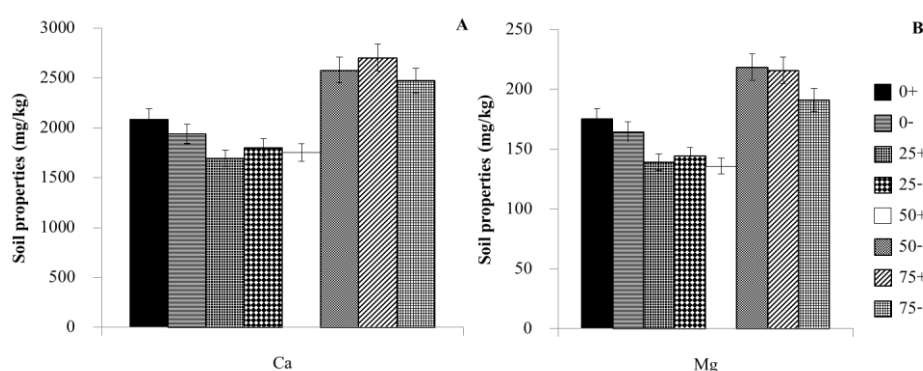
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าโซเดียม และแมกนีเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าการใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ค่าโซเดียมมีค่าสูงกว่าการไม่ใส่ คือ 75.08 mg/kg และการไม่ใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้ค่าแมกนีเซียมมีค่าสูงสุด คือ 179.62 mg/kg

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อดินมีความชื้น 50% โดยการไม่ใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณแมกนีเซียมสูงที่สุด คือ 218.60 mg/kg และเมื่อดินมีความชื้น 75% ร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณแคลเซียมสูงที่สุด คือ 2,705.00 mg/kg (ตารางที่ 4.33 และ ภาพที่ 4.32)

ตารางที่ 4.33 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 60 วัน (ชุดดินแมริม)

Factor		Soil properties					
		OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
		%		mg/kg			
%WHC	0%	1.39 A	0.070 A	64.33	74.50	2013.80 B	169.75 B
	25%	1.29 AB	0.065 AB	62.52	70.83	1748.80 C	141.79 C
	50%	1.20 B	0.060 B	64.16	70.67	2165.80 B	177.22 B
	75%	1.35 A	0.068 A	64.84	59.00	2590.00 A	203.48 A
AMF	+	1.30	0.065	65.17	75.08 a	2059.79	166.60 b
	-	1.32	0.066	62.75	62.42 b	2199.38	179.62 a
%WHC		**	**	ns	ns	**	**
AMF		ns	ns	ns	**	ns	*
%WHC X AMF		ns	ns	ns	ns	**	**
CV (%)		6.70	6.70	4.41	14.49	8.86	8.36

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.32 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณแคลเซียม (A) และ แมกนีเซียม (B) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 60 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

4.2.2.16 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

การวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน พบว่าความชื้นในดิน ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าอินทรีย์วัตถุในดิน ในโตรเจนทั้งหมด โพแทสเซียม แคลเซียม

และแมกนีเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าเมื่อดินไม่มีความชื้นส่งผลให้มีปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมสูงที่สุด คือ 66.78 mg/kg 2967.50 mg/kg และ 256.23 mg/kg ตามลำดับ และในดินที่มีความชื้น 25% ส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด คือ 1.53% และ 0.076% ตามลำดับ

การใส่เชื้อและไม่ใส่เชื้อ AMF รวมถึงอิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ไม่ส่งผลให้สมบัติดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4.34)

ตารางที่ 4.34 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อทำการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 75 วัน (ชุดดินแมริม)

Factor		Soil properties					
		OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
		%		mg/kg			
%WHC	0%	1.44 B	0.072 B	66.78 A	62.92	2967.50 A	256.23 A
	25%	1.53 A	0.076 A	62.56 B	62.67	1871.70 B	161.15 B
	50%	1.23 C	0.062 C	60.54 B	63.50	1696.70 B	131.11 C
	75%	1.28 C	0.064 C	62.63 B	57.25	1716.70 B	126.18 C
AMF	+	1.36	0.068	63.53	62.63	2093.30	175.14
	-	1.38	0.069	62.73	60.54	3032.90	162.19
%WHC		**	**	**	ns	**	**
AMF		ns	ns	ns	ns	ns	ns
%WHC X AMF		ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)		4.87	4.87	3.77	8.20	13.08	11.32

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level

4.2.2.17 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อสิ้นสุดการทดลองในการทดลองที่ 1

(ชุดดินแมริม)

การวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้ความแตกต่างของค่าอินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจนทั้งหมด โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าเมื่อดินไม่มีความชื้นส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจนทั้งหมด โพแทสเซียม และแมกนีเซียมสูงที่สุด คือ 1.49% 0.075% 69.61 mg/kg และ 140.28 mg/kg ตามลำดับ ในดินที่มีความชื้น 25% ส่งผลให้มีปริมาณโซเดียมสูง

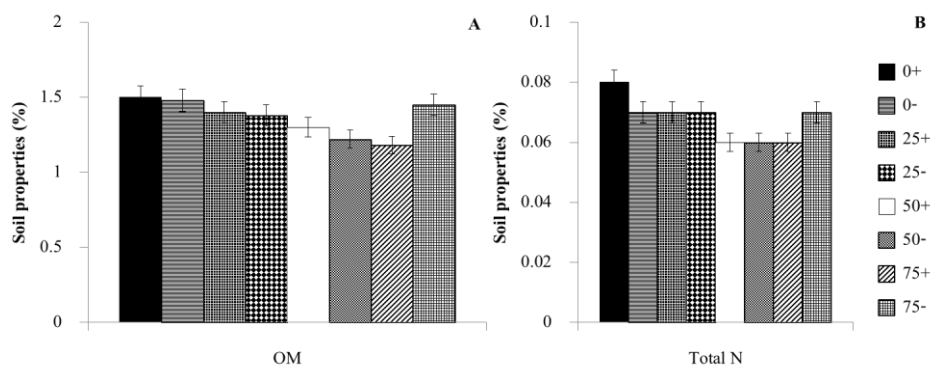
ที่สุด คือ 76.00 mg/kg ในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้มีปริมาณแคลเซียมสูงที่สุด คือ 1,744.58 mg/kg

การใส่เชื้อและไม่ใส่เชื้อ AMF ไม่ส่งผลให้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และพบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และไนโตรเจนทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อดินไม่มีความชื้นร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ และไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด คือ 1.50% และ 0.080% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.35 และ ภาพที่ 4.33)

ตารางที่ 4.35 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

Factor		Soil properties					
		OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
		%		mg/kg			
%WHC	0%	1.49 A	0.075 A	69.61 A	68.58 AB	1677.50 AB	140.28 A
	25%	1.39 B	0.070 B	66.30 B	76.00 A	1607.08 B	130.54 B
	50%	1.26 C	0.063 C	66.07 B	69.50 AB	1720.00 A	131.27 B
	75%	1.32 C	0.066 C	63.03 C	60.33 B	1744.58 A	126.35 B
AMF	+	1.35	0.067	66.24	66.71	1684.58	130.58
	-	1.38	0.069	66.26	70.50	1690.00	133.64
%WHC		**	**	**	*	*	*
AMF		ns	ns	ns	ns	ns	ns
%WHC X AMF		**	**	ns	ns	ns	ns
CV (%)		4.14	4.14	2.78	12.72	3.99	5.24

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.33 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุ (A) และ ไนโตรเจนทั้งหมด (B) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

4.3 การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของภาวะแล้งและการใส่เชื้อ AMF ต่อการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสและการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) ฟอสฟอรัสอนินทรีย์ (Inorganic P)

ฟอสฟอรัสอินทรีย์ (Organic P) และฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) ในการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) ฟอสฟอรัสอนินทรีย์ (Inorganic P) และฟอสฟอรัสอินทรีย์ (Organic P) ของการทดลองปลูกข้าวโพดหวานในชุดดินชลบุรีเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าความชื้นส่งผลให้มีความแตกต่างของ inorganic P อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้ปริมาณ inorganic P สูงที่สุด คือ 1.66 mg/kg

การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของ total P และ organic P อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าการใส่เชื้อส่งผลให้มีปริมาณ total P และ organic P สูงกว่าการใส่เชื้อ คือ 17.64 mg/kg และ 16.67 mg/kg ตามลำดับ

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ไม่ส่งผลให้มีความแตกต่างของ total P inorganic P และ organic P อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4.36)

ตารางที่ 4.36 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) ฟอสฟอรัสอนินทรีย์ (Inorganic P) และ ฟอสฟอรัสอินทรีย์ (Organic P) ของการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)

Factor		P concentration (mg/kg)		
		Total	Inorganic	Organic
%WHC	25%	17.17	0.76 B	16.40
	50%	16.51	0.95 B	15.55
	75%	17.45	1.66 A	15.78
AMF	+	17.64 a	0.96	16.67 a
	-	16.44 b	1.29	15.15 b
%WHC		ns	*	ns
AMF		*	ns	**
%WHC X AMF		ns	ns	ns
CV (%)		6.48	40.16	6.30

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปแบบต่างๆ (P-fraction) ของการทดลองปลูกข้าวโพดหวานในชุดดินชลบุรีเมื่อสิ้นสุดการทดลองส่งผลให้มีความแตกต่างของฟอสฟอรัสในรูปแบบ P-A1 และ P-Ca อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้ปริมาณ P-A1 และ P-Ca สูงที่สุดคือ 0.43 mg/kg และ 1.24 mg/kg

การใส่เชื้อ AMF ไม่ส่งผลให้มีความแตกต่างของฟอสฟอรัสในรูปแบบต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ไม่ส่งผลให้มีความแตกต่างของฟอสฟอรัสในรูปแบบต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4.37)

ตารางที่ 4.37 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) ในการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)

Factor		P-fraction (mg/kg)						
		P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite
%WHC	25%	nd	nd	0.02 B	nd	nd	0.62 B	nd
	50%	nd	nd	0.33 A	nd	nd	0.63 B	nd
	75%	nd	nd	0.43 A	nd	nd	1.24 A	nd
AMF	+	nd	nd	0.26	nd	nd	0.69	nd
	-	nd	nd	0.31	nd	nd	0.96	nd
%WHC		nd	nd	**	nd	nd	*	nd
AMF		nd	nd	ns	nd	nd	ns	nd
%WHC X AMF		nd	nd	ns	nd	nd	ns	nd
CV (%)		nd	nd	25.19	nd	nd	44.38	nd

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, nd : non-detect, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level

4.3.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินของการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)

การวิเคราะห์สมบัติดินของการทดลองปลูกข้าวโพดหวานในชุดดินชลบุรีเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าอินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจนทั้งหมด โปแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เหล็ก สังกะสี ทองแดง และแมงกานีสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าเมื่อดินที่มีความชื้น 25% ส่งผลให้มีปริมาณโพแทสเซียม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ สังกะสี และทองแดงสูงสุด คือ 104.86 mg/kg 4.33 mg/kg 1.32 mg/kg และ 0.20 mg/kg ตามลำดับ ในดินที่มีความชื้น 50% ส่งผลให้ปริมาณเหล็กมีค่าสูงสุด คือ 6.06 mg/kg และในดินที่มีความชื้น 75% ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจนทั้งหมด โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม และแมงกานีสมีค่าสูงสุด คือ 0.36% 0.018% 20.29 mg/kg 461.15 mg/kg 43.60 mg/kg และ 34.11 mg/kg ตามลำดับ

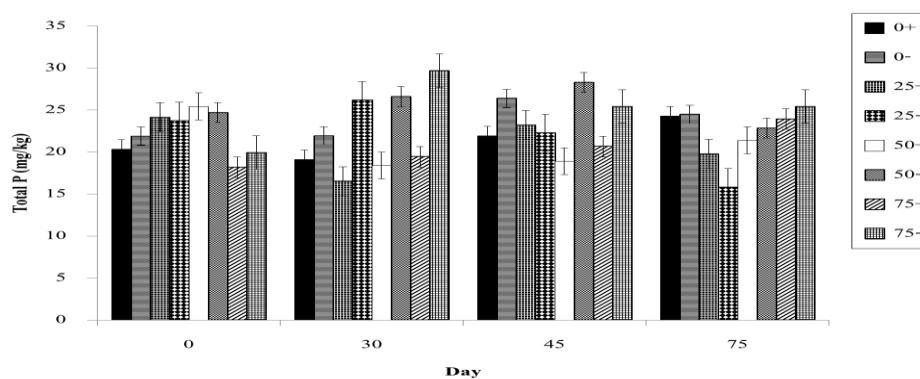
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าอินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจนทั้งหมด โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม และทองแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าการใส่เชื้อส่งผลให้ค่าดังกล่าวสูงกว่าการใส่เชื้อ คือ 0.35% 0.017% 21.03 mg/kg 377.35 mg/kg 38.37 mg/kg และ 0.20 mg/kg ตามลำดับ

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้มีความแตกต่างของปริมาณแมกนีเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อดินมีความชื้น 75% ร่วมกับการใส่เชื้อ ส่งผลให้มีปริมาณแมกนีเซียมสูงที่สุด คือ 43.84 mg/kg (ตารางที่ 4.38 และ ภาพที่ 4.34)

ตารางที่ 4.38 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินเมื่อสิ้นสุดการทดลองในการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)

Factor		Soil properties					
		OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
		%		mg/kg			
%WHC	25%	0.28 B	0.014 B	104.86 A	18.13 AB	277.77 B	28.31 B
	50%	0.30 B	0.015 B	69.98 C	15.17 B	298.02 B	29.35 B
	75%	0.36 A	0.018 A	90.11 B	20.29 A	461.15 A	43.60 A
AMF	+	0.35 a	0.017 a	91.27	21.03 a	377.35 a	38.37 a
	-	0.27 b	0.014 b	85.36	13.93 b	284.13 b	27.88 b
%WHC		**	**	**	*	**	**
AMF		**	**	ns	**	*	**
%WHC X AMF		ns	ns	ns	ns	ns	*
CV (%)		5.94	8.81	9.40	15.20	18.07	8.75
Factor		Soil properties (mg/kg)					
		Available P	Fe	Zn	Cu	Mn	
%WHC	25%	4.33 A	2.86 B	1.32 A	0.20 A	19.25 B	
	50%	3.48 B	6.06 A	0.61 C	0.13 B	30.62 A	
	75%	3.70 AB	5.92 A	0.79 B	0.19 A	34.11 A	
AMF	+	4.00	4.52	0.91	0.20 A	28.62	
	-	3.67	5.37	0.90	0.15 B	27.36	
%WHC		*	**	**	*	**	
AMF		ns	ns	ns	*	ns	
%WHC X AMF		ns	ns	ns	ns	ns	
CV (%)		13.64	20.23	15.48	23.47	12.05	

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.34 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อปริมาณแมกนีเซียมเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)

4.3.3 การวิเคราะห์ธาตุอาหารในข้าวโพดหวานของการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)

การวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืชของการทดลองปลูกข้าวโพดหวานในชุดดินชลบุรี พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างของค่าฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าเมื่อดินที่มีความชื้น 25% ส่งผลให้มีปริมาณธาตุอาหารดังกล่าวสูงที่สุด คือ 0.0059% 0.80% และ 0.29 ตามลำดับ

การใส่เชื้อ AMF และอิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ไม่ส่งผลให้มีความแตกต่างของธาตุอาหารในพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4.39)

ตารางที่ 4.39 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืชเมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยวของการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)

Factor		Plant nutrition (%)				
		Total N	Total P	Total K	Total Ca	Total Mg
%WHC	25%	3.19	0.0059 A	1.70	0.80 A	0.29 A
	50%	3.15	0.0028 B	1.46	0.53 B	0.24 B
	75%	2.28	0.0033 B	1.47	0.53 B	0.25 AB
AMF	+	2.64	0.0042	1.54	0.64	0.25
	-	3.11	0.0038	1.54	0.60	0.26
%WHC		ns	**	ns	**	*
AMF		ns	ns	ns	ns	ns
%WHC X AMF		ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)		24.32	19.92	15.30	19.40	12.12

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level

4.3.4 การประเมินการเข้าอยู่อาศัยของ AMF ภายในรากพืช และปริมาณสปอร์ในดินของการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)

การประเมินการเข้าอยู่อาศัยของ AMF ภายในรากพืชส่งผลให้มีความแตกต่างของความชื้นในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าที่ความชื้น 75% ส่งผลให้การเข้าอยู่อาศัยของ AMF ภายในรากพืชสูงที่สุด คือ 17.38%

การใส่เชื้อ AMF ไม่ส่งผลให้มีความแตกต่างของการเข้าอยู่อาศัยของ AMF ภายในรากพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ไม่ส่งผลให้มีความแตกต่างของการเข้าอยู่อาศัยของ AMF ภายในรากพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ส่วนการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณสปอร์ในดินไม่พบความแตกต่างของความชื้นในดิน การใส่เชื้อ AMF และอิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4.40)

ตารางที่ 4.40 ผลการประเมินการเข้าอยู่อาศัยของ AMF ภายในรากพืช และปริมาณสปอร์ในดินของการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)

Factor		Colonization (%)	Spore in soil (spore/g soil)
%WHC	25%	10.70 B	0.70
	50%	11.82 B	0.55
	75%	17.38 A	0.69
AMF	+	14.13	0.73
	-	12.47	0.57
%WHC		**	ns
AMF		ns	ns
%WHC X AMF		ns	ns
CV (%)		21.67	26.39

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level

4.3.5 ผลการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานในการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)

4.3.5.1 น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวานการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)

การเปรียบเทียบน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของพืชพบว่าความชื้นในดินส่งผลให้มีความแตกต่างของ น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน น้ำหนักสดราก และน้ำหนักแห้งราก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าที่ความชื้น 50% ส่งผลให้น้ำหนักสดราก และน้ำหนักแห้งราก มีน้ำหนักสูงที่สุด คือ 14.79 g และ 2.09 g ตามลำดับ ที่ความชื้น 75% ส่งผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินมีน้ำหนักสูงที่สุด คือ 25.48 g

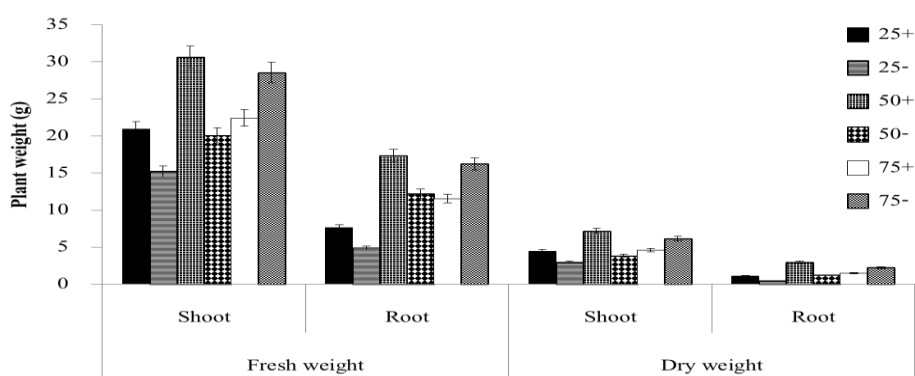
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้น้ำหนักแห้งรากมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งพบว่าการใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้น้ำหนักสูงที่สุดคือ 1.86 g

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน น้ำหนักสดราก น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และน้ำหนักแห้งรากมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่ความชื้น 50% ร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้มีน้ำหนักสดพืชส่วนเหนือดิน ส่วนราก น้ำหนักแห้งพืชส่วนเหนือดิน และส่วนรากสูงที่สุด คือ 30.62 g 17.33 g 7.18 g และ 2.95 g ตามลำดับ (ตารางที่ 4.41 และ ภาพที่ 4.35)

ตารางที่ 4.41 ผลการเปรียบเทียบน้ำหนักสดและแห้งของพืชในการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)

Factor		Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
		Shoot	Root	Shoot	Root
%WHC	25%	18.07 B	6.29 B	3.71	0.79 B
	50%	25.35 A	14.79 A	5.51	2.09 A
	75%	25.48 A	13.89 A	5.36	1.88 A
AMF	+	24.65	12.18	5.41	1.86 a
	-	21.29	11.13	4.30	1.31 b
%WHC		*	**	ns	**
AMF		ns	ns	ns	*
%WHC X AMF		*	*	*	**
CV (%)		22.06	22.68	25.94	32.86

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



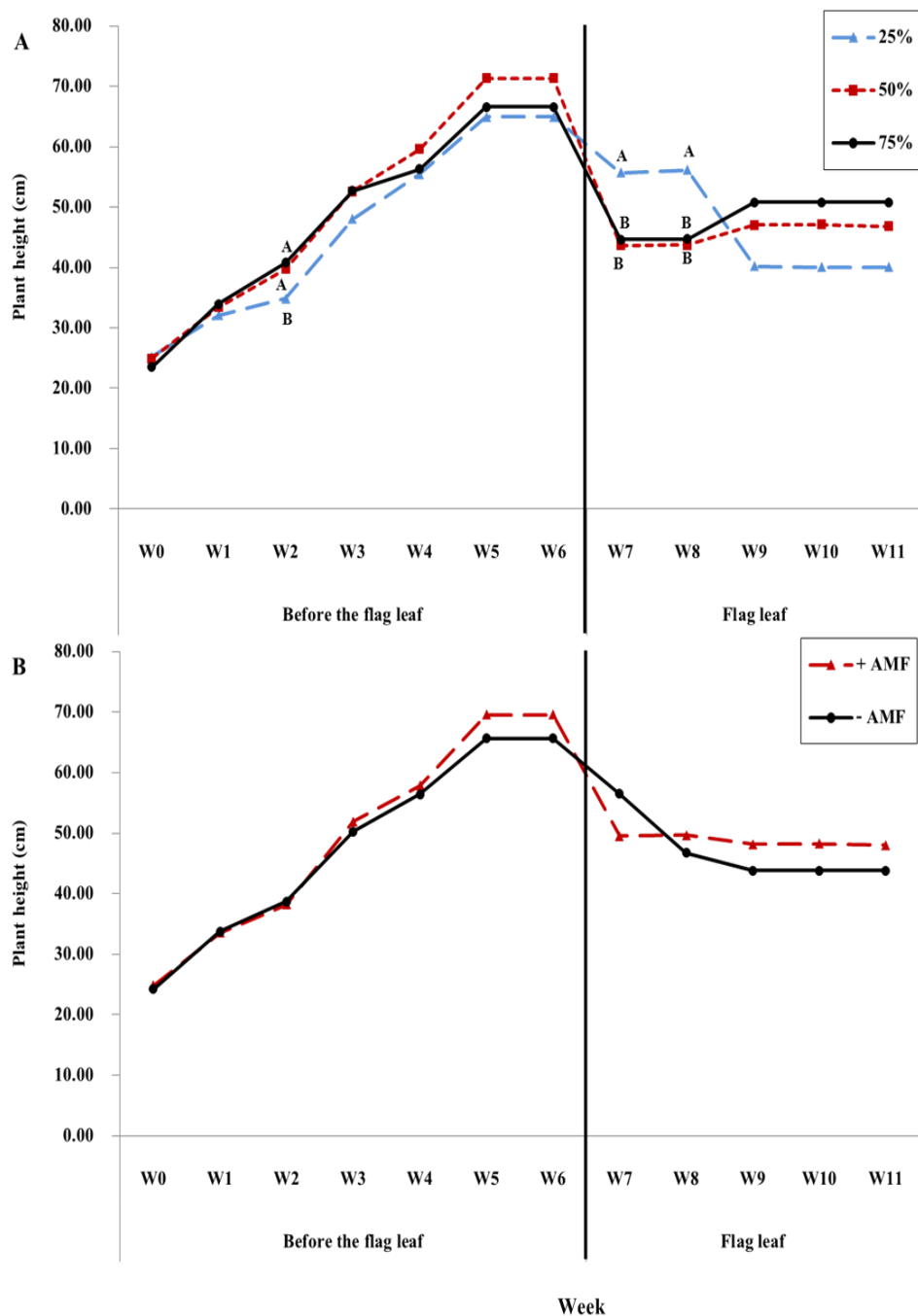
ภาพที่ 4.35 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อน้ำหนักพืชเมื่อสิ้นสุดการทดลองในการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)

4.3.5.2 ความสูงของข้าวโพดหวานการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)

การเปรียบเทียบความสูงของพืชตั้งแต่สัปดาห์แรกจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้ความสูงในสัปดาห์ที่ 2 7 และ 8 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าที่ความชื้น 25% ส่งผลให้ความสูงในสัปดาห์ที่ 7 และ 8 มีความสูงมากที่สุด คือ 55.68 cm และ 56.15 cm ที่ความชื้น 75% ส่งผลให้มีความสูงในสัปดาห์ที่ 2 มากที่สุด คือ 40.78 cm

การใส่เชื้อ AMF ไม่ส่งผลให้ความสูงของพืชตั้งแต่สัปดาห์แรกจนถึงเก็บเกี่ยว ผลผลิตมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้ความสูงของพืชในสัปดาห์ที่ 5 และ 6 มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) (ภาพที่ 4.36)



ภาพที่ 4.36 ความสูงของข้าวโพดหวานในช่วงสัปดาห์ (W) แรกจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต ในการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี) เมื่อมีการรักษาความชื้นที่ระดับ 0% 25% 50% และ 75% WHC (A) ร่วมกับการใส่ (+AMF) และไม่ใส่ (-AMF) เชื้อ AMF (B)

4.3.5.3 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของข้าวโพดหวานการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)

การเปรียบเทียบเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของพืชตั้งแต่สัปดาห์แรกจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่าความชื้นในดินส่งผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นในสัปดาห์เริ่มต้น ถึง สัปดาห์ที่ 8 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าที่ความชื้น 25% ส่งผลให้มีความกว้างของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นในสัปดาห์ที่ 7 และ 8 มากที่สุด คือ 0.77 cm และ 0.81 cm ตามลำดับ เมื่อดินมีความชื้น 50% ส่งผลให้มีความกว้างของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นในสัปดาห์ที่ 2 ถึง 6 มากที่สุด คือ 0.44 cm 0.57 cm 0.78 cm 1.04 cm และ 1.04 cm ตามลำดับ และที่ความชื้น 75% ส่งผลให้มีความกว้างของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นในสัปดาห์เริ่มต้นและสัปดาห์ที่ 1 มากที่สุด คือ 0.45 cm และ 0.32 cm ตามลำดับ

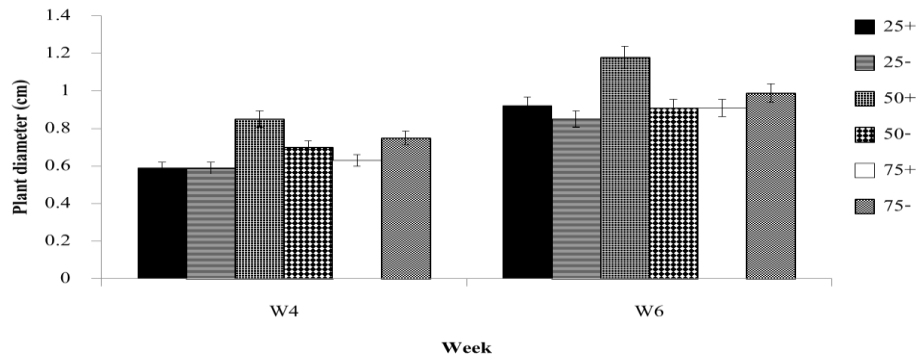
การใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของพืชในสัปดาห์ที่ 6 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) คือ 1.00 cm

อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและการใส่เชื้อรา AMF ส่งผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของพืชในสัปดาห์ที่ 4 และ 6 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่ความชื้น 50% ร่วมกับการใส่เชื้อส่งผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางของข้าวโพดหวานสัปดาห์ที่ 4 และ 6 มากที่สุด คือ 0.85 cm และ 1.18 cm ตามลำดับ (ตารางที่ 4.42 และ ภาพที่ 37)

ตารางที่ 4.42 การเปรียบเทียบเส้นผ่านศูนย์กลางของพืชตั้งแต่ลำต้นแรกจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิตในการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)

Factor		Plant diameter (cm)											
		Before the flag leaf						Flag leaf					
		W0	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11
%WHC	25%	0.23 B	0.22 B	0.35 B	0.44 C	0.59 C	0.88 B	0.88 B	0.77 A	0.81 A	0.57	0.59	0.59
	50%	0.23 B	0.30 A	0.44 A	0.57 A	0.78 A	1.04 A	1.04 A	0.58 B	0.60 B	0.53	0.56	0.56
	75%	0.45 A	0.32 A	0.43 A	0.50 B	0.69 B	0.95 AB	0.95 AB	0.62 B	0.64 B	0.52	0.54	0.54
AMF	+	0.23	0.28	0.41	0.51	0.69	0.79	1.00 a	0.66	0.69	0.52	0.55	0.55
	-	0.24	0.28	0.41	0.50	0.68	0.74	0.91 b	0.65	0.68	0.55	0.56	0.57
%WHC		*	**	**	**	**	*	*	*	*	ns	ns	ns
AMF		ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
%WHC X AMF		ns	ns	ns	ns	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)		6.29	9.69	8.86	9.20	7.55	12.97	8.19	15.92	15.38	11.01	9.65	9.89

+: AMF inoculation; -: no AMF inoculation, W : Weekly data collection, Different capital letters represent statistical differences in moisture factor and different lowercase letters show the statistical differences of AMF factor, ns: non-significant; *: significant at 95% probability level; **: significant at 99% probability level



ภาพที่ 4.37 อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นในดินและ AMF ต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของพืชในสัปดาห์ที่ 4 และ 6 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)

4.4 วิจัยผลการทดลอง

4.4.1 ความชื้นต่อการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสและธาตุอาหารอื่นๆ ในดิน

ความชื้นในดินส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารรวมทั้งฟอสฟอรัสที่เป็นธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งจากการศึกษาของ Mingzhu and Feike (2014) ที่ได้ศึกษาผลของภาวะแล้งต่อไนโตรเจนทั้งหมดและฟอสฟอรัสในพืช พบว่าในภาวะที่มีความชื้นไม่เพียงพอส่งผลให้ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนลดลง 3.73% และฟอสฟอรัสลดลง 9.18% ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในชุดดินชลบุรีที่แสดงให้เห็นว่าเมื่อดินมีความชื้นเพิ่มขึ้นและทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน ส่งผลให้เพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ คือ P-loosely และการทดลองในชุดแอมริมที่แสดงให้เห็นว่าเมื่อดินมีความชื้นเพิ่มขึ้นและทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน ส่งผลให้เพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ คือ P-water และ P-loosely โดยพบว่าการเปลี่ยนแปลงทั้งความชื้นและอุณหภูมิของดินมีอิทธิพลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์จึงส่งผลกระทบต่อฟอสฟอรัสในดิน (Kabba and Aulakh, 2004) จากการทดลองเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นในชุดดินชลบุรีพบว่ามีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โปแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมเพิ่มขึ้น ชุดดินแอมริมพบว่ามีปริมาณแคลเซียมเพิ่มขึ้น ซึ่งจากงานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่าการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน (Franzluebbers *et al.* 1994 ; Burger *et al.* 2005 ; Yu and Ehrenfeld, 2009).

4.4.2 การใส่เชื้อ AMF ต่อการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสและธาตุอาหารอื่นๆ ในดิน

การทำให้ฟอสฟอรัสในรูปที่ละลายน้ำได้ยากสามารถละลายออกมาได้ สามารถทำได้โดยใช้วิธีทางชีวภาพ คือ การใช้จุลินทรีย์เพื่อเพิ่มการละลายและศักยภาพในการดูดซึมธาตุฟอสฟอรัสในดินเพื่อให้พืชนำไปใช้ได้ง่ายขึ้น ซึ่งจุลินทรีย์จะสร้างกรดอินทรีย์ หรือเอนไซม์ฟอสฟาเตส (phosphatase) ออกมาละลายฟอสเฟตในดินที่ละลายยาก และฟอสเฟตจากหินฟอสเฟตให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ ประโยชน์ของเชื้อรา AMF ในการดูดซับฟอสฟอรัสให้กับพืชมีความสำคัญต่อการจัดการฟอสฟอรัสในระบบการเกษตรเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากฟอสฟอรัสมักเกิดปฏิกิริยากับเหล็ก อะลูมิเนียม และแคลเซียม เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ละลายน้ำยากทำให้ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช อีกทั้งฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายในดินได้ช้าทำให้พืชมีโอกาสขาดธาตุฟอสฟอรัสได้ง่าย (Marschner, 1995) ซึ่งจากการทดลองในชุดดินชลบุรีพบว่าการใส่เชื้อ

AMF ส่งผลให้ฟอสฟอรัสในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช คือ P-Al P-Ca และ P-apatite ลดลง และยังช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ในโตรเจนทั้งหมด แคลเซียม และแมกนีเซียมที่จำเป็นสำหรับพืชอีกด้วย และการทดลองในชุดดินแมริมพบว่าการใช้เชื้อ AMF ส่งผลให้ฟอสฟอรัสในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช คือ P-Al P-Ca และ P-apatite ลดลง ซึ่งจากการทดลองของ 2 ชุดดินพบว่าในชุดดินชลบุรีที่มีปริมาณธาตุอาหารต่ำต่อความต้องการของพืช การใช้เชื้อ AMF จึงส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณธาตุอาหารในดิน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์ (2556) ที่กล่าวว่า AMF สามารถช่วยเพิ่มการดูดซับฟอสฟอรัสและธาตุอาหารอื่นๆ ได้ดี โดยเฉพาะในดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ ส่วนในชุดดินแมริมที่มีปริมาณธาตุอาหารเพียงพอต่อความต้องการของพืช การใช้เชื้อ AMF จึงไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณธาตุอาหารในดิน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ryan *et al.* (2002) ที่กล่าวว่าการใช้ AMF ในดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงไม่มีผลทำให้เกิดความแตกต่างของการดูดซับฟอสฟอรัสและธาตุอาหารอื่นๆ

4.4.3 ความชื้น และการใส่เชื้อ AMF ต่อปริมาณฟอสฟอรัสในดิน ธาตุอาหารอื่นๆ ในดิน และการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

พืชที่มีเชื้อรา AMF เข้าอยู่อาศัยในรากจะมีความทนทานต่อการขาดน้ำได้ดีกว่าพืชที่ไม่มีเชื้อรา AMF เข้าอยู่อาศัยในราก ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อรา AMF ช่วยดูดซับน้ำให้กับพืชผ่านทางเส้นใยราที่แพร่กระจายในดิน ซึ่งเส้นใยเหล่านี้มีขนาดเล็กมากจึงสามารถดูดซับน้ำจากช่องบรรจุน้ำขนาดเล็กได้ดีกว่ารากพืช (Faber *et al.* 1991) นอกจากนี้ความทนทานต่อการขาดน้ำของพืชที่มีเชื้อรา AMF ในรากยังเป็นผลมาจากการลดอัตราการคายน้ำของพืช เนื่องจากเมื่อเกิดความเครียดจากการขาดน้ำพบว่าพืชที่มีเชื้อรา AMF ในรากจะมีการสะสมสาร โพรลีนในเซลล์มากขึ้นเพื่อรักษาปริมาณน้ำในเซลล์ไว้ตามกลไก osmotic adjustment ซึ่งเป็นผลทำให้ศักย์น้ำในพืชลดลง ดังนั้นการคายน้ำจึงลดลงด้วย (Ruiz *et al.* 1995) ซึ่งจะเห็นได้ว่าพืชที่มีเชื้อรา AMF เข้าอยู่อาศัยในรากมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงกว่า (Schreiner *et al.* 2007) และสามารถทนทานต่อสภาพการขาดน้ำได้ดีกว่าพืชที่ไม่มีเชื้อรา AMF เข้าอยู่อาศัยในราก (Kubikova *et al.* 2001) ซึ่งจากการทดลองจะพบว่าเมื่อความชื้นสูงขึ้นจะเพิ่มการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา AMF ในรากพืชสูงขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามเชื้อรา AMF ช่วยเพิ่มการดูดซับน้ำให้กับพืชที่ต้องการน้ำมากได้ดีกว่าพืชที่ต้องการน้ำน้อย (Faber *et al.* 1991; Tarafdar, 1995) โดย AMF จะไปส่งเสริมหรือช่วยในการสลายพันธะที่ถูกจับ และตกตะกอนฟอสเฟตด้วยการสร้างกรดอินทรีย์และ สารคีเลต เกิดการแลกเปลี่ยนไอออนทำให้ฟอสฟอรัสเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น (Chung *et al.* 2005) และยังพบว่าในการทดลองที่ 2 เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ในโตรเจนทั้งหมด แคลเซียม แมกนีเซียม และแมงกานีสเพิ่มขึ้น การใช้เชื้อ AMF ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน แคลเซียม แมกนีเซียม และทองแดงสูงขึ้นในดินกว่าการไม่ใส่ AMF นอกจากนี้ยังพบว่าที่ความชื้น 50% WHC ร่วมกับการใส่ AMF ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตของพืชสูงกว่าการไม่ใส่เชื้อ AMF ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Poomipan *et al.* (2011) พืชที่มีราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัยในรากจะได้รับฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น และมักส่งผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตเพิ่มขึ้นไปด้วย นอกจากนี้การวัดความสูงของข้าวโพดหวานยังพบว่าเมื่อช่วงระยะใบธงจะมีความสูงและความกว้างของลำต้นลดลง ซึ่งการวัดความสูงในระยะใบธงจะวัดความสูงตั้งแต่พื้นดินจนถึงฐานของใบธง ในขณะที่ช่วงระยะก่อนใบธงจะวัดความสูงตั้งแต่พื้นดินจนถึงปลายใบ (รวบใบ) นอกจากนี้ยังพบว่าที่ความชื้น 25% จะออกใบธงช้ากว่า

ความชื้นที่ 50% และ 75% WHC โดยความสูงในช่วงระยะใบธงที่ความชื้น 25% จะลดลง เนื่องจากความชื้นที่ 25% WHC ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน กรมส่งเสริมการเกษตร (2551) กล่าวว่า การขาดน้ำในระยะ vegetative จะทำให้ข้าวโพดมีความสูงลดลง แต่จะไม่เป็นการสูญเสียผลผลิตเท่ากับการขาดน้ำในระยะออกดอกหรือระยะสร้างเมล็ด นอกจากนี้ปริมาณธาตุอาหารหลักในดินก่อนการทดลอง คือ มีไนโตรเจนทั้งหมด 0.004% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 5.31 mg/kg และโพแทสเซียม 17.13 mg/kg ซึ่งมีปริมาณต่ำต่อความต้องการของข้าวโพดหวาน (Reuter and Robinson, 1997)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 ในชุดดินชลบุรีแสดงให้เห็นว่าเมื่อความชื้นลดลงส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ง่าย คือ P-loosely มีความเป็นประโยชน์ในดินลดลงเมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลานาน (90 วัน) และการใส่ AMF ช่วยทำให้ฟอสฟอรัสรูปที่ไม่เป็นประโยชน์กับพืช คือ P-Al P-Ca และ P-apatite ลดปริมาณลง ส่วนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โปแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมจะลดลงเมื่อดินมีความชื้นลดลงเมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลานาน (90 วัน) นอกจากนี้เมื่อใส่ AMF จะเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และธาตุไนโตรเจนทั้งหมด แคลเซียม และแมกนีเซียม ส่วนการทดลองในชุดดินแมริมแสดงให้เห็นว่าเมื่อความชื้นลดลงส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ง่าย คือ P-water และ P-loosely มีความเป็นประโยชน์ในดินลดลงเมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลานาน (90 วัน) และการใส่ AMF ช่วยทำให้ฟอสฟอรัสรูปที่ไม่เป็นประโยชน์กับพืช คือ P-Al P-Ca และ P-apatite ลดปริมาณลง ส่วนปริมาณแคลเซียม จะลดลงเมื่อดินมีความชื้นลดลงเมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลานาน (90 วัน)

การทดลองที่ 2 ที่มีการปลูกข้าวโพดหวานร่วมด้วยพบว่าไม่พบปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ง่าย คือ P-water และ P-loosely อาจเกิดจากพืชมีการดูดใช้ฟอสฟอรัสในรูปนี้ไปใช้ประโยชน์ แต่จะพบปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่เป็นประโยชน์ คือ P-Al และ P-Ca เพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นสูงขึ้น และเมื่อความชื้นลดลงจะส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และธาตุไนโตรเจนทั้งหมด แคลเซียม และแมกนีเซียมลดลง และเมื่อใส่ AMF จะเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และธาตุไนโตรเจนทั้งหมด แคลเซียม และแมกนีเซียม จากการวัดการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานพบว่าที่ความชื้น 50% WHC ร่วมกับการใส่เชื้อ AMF ส่งผลให้มีแนวโน้มการเจริญเติบโตสูงที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อความชื้นลดลงจะลดการเข้าอยู่อาศัยของ AMF ในรากพืช

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 จากการทดลองจะพบว่าเมื่อทำการศึกษาในดินทรายจะมีปริมาณธาตุอาหารต่ำเกินไปจึงยากต่อการศึกษากการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหาร ประกอบกับการทดลองในกระถางทำให้พืชไม่อาจจะเจริญเติบโตได้ตามปกติ

5.2.2 ในการศึกษาครั้งต่อไปอาจจะเพิ่มการเปรียบเทียบระหว่างชุดดินที่ทำการศึกษา เนื่องจากการทดลองในครั้งนี้จะเห็นได้ชัดว่าเมื่อทำการทดลองกับดินทรายพืชจะมีการเจริญเติบโตต่ำและอาจจะต้องมีการนำเชื้อจุลินทรีย์ในดินก่อนทำการทดลองหากจะศึกษาปริมาณจุลินทรีย์

5.2.3 ในการศึกษาครั้งต่อไปอาจจะมีการศึกษาเพิ่มเติมในแปลงทดลอง เพื่อดูผลกระทบจากอิทธิพลทางธรรมชาติ

บรรณานุกรม

- กนกวรรณ ชูฉัตร. 2546. ผลของสารโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาใน
ลำไย (*Euphoria longan*). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์. 97 น.
- กรมวิชาการเกษตร. 2560. ชนิดของข้าวโพดหวาน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.doa.go.th/pibai/pibai/n11/v_11-feb/korkui.html.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2551. ข้าวโพด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.agriman.doae.go.th/home/t.n/t.n1/2filcrop_Requirement/02_Corn.pdf.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2560. ข้าวโพดหวาน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.agriinfo.doae.go.th/year60/plant/rortor/veget/16.pdf>.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2560. สภาพภูมิอากาศโลกในปี 2017. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.tmd.go.th>.
- กฤตย์ สมสาร. 2549. ฟอสฟอรัสในดิน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://kanchanapisek.or.th/kp1/data/32/th32-112.htm>.
- จำเนียร มีสำลี และ ธนกิจ อินทะลา. 2558. อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อการฟังกเชื้อราอาร์บัสคู
ลาร์ไมคอร์ไรซาเพื่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพริก. *แก่นเกษตร*. 43(2) : 343-352.
- ฉวีวรรณ สุกจิตร์. 2557. การเก็บตัวอย่างองค์ประกอบผลผลิตพืชต่างๆ ในงานทดลอง วิจัยของ
ส่วนการใช้น้ำชลประทาน. *วารสารข่าวเกษตรชลประทาน*. 17(66) : 2-13.
- ณฐมน กันธิยะ และ ศุภธิดา อ่ำทอง. 2557. ผลของชนิดของดินระดับความชื้นและค่า pH ของดิน
ต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในส่วนต่างๆ. *แก่นเกษตร*. 42(2) (ฉบับพิเศษ) : 314-
321.
- ณัฐวรงค์ สงวนราชทรัพย์. 2530. ชนิดและผลของเชื้อราเวสิคูลาร์อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการ
เจริญเติบโตของกล้าไม้บางชนิด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์. 105 น.
- ดวงใจ วิจัยเจริญ. 2546. การผลิตฮอร์โมนจิบเบอเรลลินแอซิด (GA₃) โดยเชื้อราเวสิคูลาร์อาร์บัสคู
ลาร์ไมคอร์ไรซาในต้นมะละกอ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาปฐพีวิทยา
มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. 81 น.
- ธงชัย มาลา. 2535. ปุ๋ยชีวภาพเพื่อการเกษตร. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 305 น.

- เบญญาภา ชีระวิทยาเลิศ และ สุทธิชา ภัทรานนท์. 2557. **อิทธิพลของไกลโฟเสตต่อการเปลี่ยนแปลงฟอสฟอรัสรูปต่างๆ**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.agi.nu.ac.th/nred/Document/is-PDF/2556/nre_2556_01_FullPaper.pdf.
- พัคตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์. 2556. **บทบาทของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อพืช ดิน และสิ่งแวดล้อม**. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2(2) : 91-101.
- ราชนนท์ ธีรพร. 2539. **การผลิตข้าวโพด การใช้ประโยชน์ การวิเคราะห์ปัญหา และการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกร**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : คณะเกษตร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. 274 น.
- วิระ ศรีชัยรัตน์. 2544. **ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ**. สุรินทร์ : คณะเกษตรศาสตร์บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตสุรินทร์. 128 น.
- ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ. 2559. **สร้างสายพันธุ์ข้าวโพดให้มีคุณสมบัติพิเศษ**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.iicrd.ku.ac.th>.
- สมจิตร อยู่เป็นสุข. 2549. **ไมคอร์ไรซา**. เชียงใหม่ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 101 น.
- สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. 2560. **ธาตุอาหารพืชในดิน**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=3&chap=2&page=t3-2-infodetail07.html>.
- สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า. 2559. **ปัญหาภัยแล้งที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและธุรกิจค่อนข้างแรง**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.tpsa.moc.go.th/sites/default/files/30_news.pdf.
- สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย. 2556. **คู่มือ การจัดการด้านสุขาภิบาล และอนามัยสิ่งแวดล้อม กรณีภัยแล้ง**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : บริษัทสามเจริญพาณิชย์ (กรุงเทพ) จำกัด. 42 น.
- สิตาวีร์ ชีรวีรุพห์. 2558. **การแก้ไขปัญหาภัยแล้งอย่างยั่งยืน**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.Parliament.go.th>.
- อรประภา อนุกุลประเสริฐ. 2559. **ผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวหอม 6 พันธุ์**. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 24 : 443-455.
- อรรวรรณ นัทรสิริรุ่ง. 2551. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. เชียงใหม่ : คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 253 น.

- Barea, J.M. 1986. Importance of hormones and root exudate in mycorrhizal phenomena. 451-547. In V. Gianinazzi – Pearson and S. Gianinazzi (eds.). *Mycorrhizae–Physiology and Genetics. Proceedings First European Symposium on Mycotoxins*. Dijon, Paris : INRA France.
- Bowen, G.D. 1987. The biology and physiology of infection and its development. 27–57. In G.R. Safir (ed.). *Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plant*. Inc. Florida, USA : CRC Press.
- Brundrett, M. 1991. Mycorrhizas in natural ecosystems. *Adv. Ecol. Res.* 21 : 171-313.
- Burger, M., Jackson, L.E., Lundquist, E.J., Louie, D.T., Miller, R.L., Rolston, D.R. and Scow, K.M. 2005. Microbial responses and nitrous oxide emissions during wetting and drying of organically and conventionally managed soil under tomatoes. *Biol Fertil Soils.* 42 : 109-118.
- Chung, H., Park, M., Madhaiyan, M., Seshadri, S., Song, J., Cho, H. and Sa, T. 2005. Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacteria from the rhizosphere of crop plants of Korea. *Soil Biol. Biochem.* 37 : 1970–1974.
- Clark, R.B. 1997. Arbuscular mycorrhizal adaptation, spore germination, root colonization, and host plant growth and mineral acquisition at low pH. *Plant and Soil.* 192 : 15-22.
- Clarrie, B. 2007. **Sweet corn growing**. [Online]. Available : <https://www.dpi.nsw.gov.au/agriculture/horticulture/vegetables/commodity-growing-guides/sweet-corn>.
- Dieudonne, U., Stephen, M.M. and George, K. 2018. Effect of water conservation measures on soil moisture and maize yield under drought prone agro-ecological zones in Rwanda. *Int. Soil Water Conserv. Res.* 6 : 214-221.
- Faber, B.A., Zasoski, R.J., Munns, D.N. and Shackel, K. 1991. A method for measuring hyphal nutrient and water uptake in mycorrhizal plants. *Can. J. Bot.* 69 : 87-94.
- Fikrinda, F., Syafruddin, S., Sufardi, S. and Sriwati, R. 2019. Combined application of native mycorrhizal and cellulolytic fungi to manage drought effects on maize. *Environ. Earth Sci.* 334 : 1-12.
- Francesca, Z., Eligio, M., Walter, C., Claudio, L., Federico, S., and Laura, B. 2014. Improvement of drought tolerance in maize (*Zea mays* L.) by selected rhizospheric microorganisms. *Ital. J. Agrometeorol.* 1 : 4-18.

- Franzluebbers, K., Weaver, R.W., Juo, A.S.R. and Franzluebbers, A.J. 1994. Carbon and nitrogen mineralization from cowpea plants part decomposing in moist and in repeatedly dried and rewetted soil. **Soil Biol. Biochem.** 26 : 1379-1387.
- Gerdemann, J. W. 1968. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. **Ann. Rev. Phytopathol.** 6 : 397-418.
- Grattan, S.R. and Grieve, C.M. 1999. Salinity mineral nutrient relations in horticultural crops. **Sci. Hort.** 78 : 127–157.
- Gravito, M.E. and Miller, M.H. 1998. Changes in mycorrhizal development in maize induced by crop management practices. **Plant and Soil.** 198 : 185-192.
- Harley, J.L. and Smith, S.E. 1983. **Mycorrhizal Symbiosis.** London : Academic Press. 483 p.
- Jin, X. C., Liu, H. L. and Tu, Q. Y. 1990. **Eutrophication of Lakes in China (in Chinese).** Beijing : China Environmental Science Press.
- Jorg, N., Martin, K. and Jurgen, B. 2016. The relevance of different soil phosphorus fractions for short-term tree nutrition: results from a mesocosm bioassay. **Int. J. For. Res.** 90 : 258-267.
- Jorg, N., Martin, K. and Jurgen, B. 2018. Distribution of phosphorus fractions of different plant availability in German forest soils and their relationship to common soil properties and foliar P concentrations. **J. Soil.** 1-30.
- Kabba, B.S. and Aulakh, M.S. 2004. Climatic conditions and crop residue quality differentially affect N, P, and S mineralization in soils with contrasting P status. **J. Plant Nutr. Soil Sci.** 167 : 596–601.
- Koide, R.T. 1991. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. **New Phytologist.** 117 : 365-386.
- Kubikova, E., Moore, J.L., Ownlew, B.H., Mullen, M.D. and Auge, R.M. 2001. Mycorrhizal impact on osmotic adjustment in *Ocimum basilicum* during a lethal drying episode. **J. Plant Physiol.** 158 : 1227-1230.
- Kuo, S. 1996. Phosphorus. 869-919. in Sparks, D. L. **Methods of Soil Analysis Part 3—Chemical Methods.** 5. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy.

- Lamia, Z., Abdelilah, M., Mohamed, H., Mohamed, H., Ahmed, O., Lahcen, O., Robin, D. and Ali, B. 2016. Use of arbuscular mycorrhizal fungi to improve the drought tolerance of *Cupressus atlantica* G. **CR. Biol.** 339 : 185–196.
- Meysam, G.J., Mohsen, M., Issa, K., and Maryam, R. 2015. The changes of yield and essential oil components of German Chamomile (*Matricaria recutita* L.) under application of phosphorus and zinc fertilizers and drought stress conditions. **J. Saudi Soc. Agric. Sci.** 16 : 60–65.
- Moradi, H., Akbari, G.A., Khorasani, S.K., and Ramshini, H.A. 2012. Evaluation of drought tolerance in corn (*Zea mays* L.) new hybrids with using stress tolerance indices. **Eur. J. Sustain. Dev.** 1(3) : 543-560.
- Mosse, B. and Hepper C. 1975. Vesicular–arbuscular mycorrhizal infections in root organocultures. **Physiol. Plant Pathol.** 5 : 215-223.
- Munns, R. 1993. Physiological process limiting plant growth in saline soil : some dogmas and hypotheses. **Plant Cell Environ.** 16 : 15–24.
- Pardo, P., Rauret, G. and Sánchez, J. F. L. 2004. Shortened screening method for phosphorus fractionation in sediments A complementary approach to the standards, measurements and testing harmonised protocol. **Anal. Chim. Acta.** 508 : 201-206.
- Poomipan, P., Suwanarit, A., Suwanarit, P., Nopamornbodi, O. and Dell, B. 2011. Reintroduction of a native *Glomus* to a tropical Ultisol promoted grain yield in maize after fallow restored the density of arbuscular mycorrhizal fungal spores. **J. Plant Nutr. Soil Sc.** 174 : 257-268.
- Prabawardani, S., Wasgito, D.P., and Nouke, L.M. 2012. The effectiveness of AM fungal in improving the tolerance of sweet potato plants to drought stress. 55-58. In **International Conference on Agricultural, Environment and Biological Sciences (ICAEBs'2012) Phuket.**
- Ran, X., Yuying, S. and Petra, M. 2017. Soil water content during and after plant growth influence nutrient availability and microbial biomass. **J. Soil Sci. Plant Nutr.** 17(3) : 702-715.
- Reuter, D. and Robinson, J.B. 1997. **Plant Analysis.** Australia : Csiro Publishing. 450 p.

- Ruiz, J.M., Azcon, R. and Gomez, M. 1995. Effects of arbuscular mycorrhizal *Glomus* species on drought tolerance : physiological and nutritional plant responses. **Appl. Environ. Microbiol.** 61: 456-460.
- Ryan, M.H., Norton, R.M., Kirkegaard, J.A., McCormick, K.M., Knights, S.E. and Angus, J.F. 2002. Increasing mycorrhizal colonization does not improve growth and nutrition of wheat on vertosols in south- eastern Australia. **Aust. J. Agric. Res.** 53 : 1173-1181.
- Schenck, N.C. 1981. Can mycorrhizae control root diseases. **Plant Disease.** 65 : 230-234.
- Schreiner, R.P., Tarara, J.M. and Smithyman, R.P. 2007. Dificit irrigation promotes arbuscular colonization of fine roots by mycorrhizal fungi in grapevines (*Vitis vinifera* L.) in an arid climate. **Mycorrhiza.** 17 : 551-562.
- Schübler, A., Schwarzott, D. and Walker, C. 2001. A new fungal phylum, the *Glomeromycota* : phylogeny and evolution. **Mycol. Res.** 105 : 1413-1421.
- Shirin, G.T., Amir, A., Hossein, T., Saeed, K.K. and Mohammad, J. 2013. Impacts of drought stress and planting methods on sweet corn yield and water use efficiency. **J. Plant Physiol.** 3(2) : 23-31.
- Smith, S.E. and Read, D.J. 2000. **Mycorrhizal Symbiosis.** 2nd ed. London : Academic Press. 605 p.
- Tarafdar J.C. and Marschner, H. 1994. Phosphatase activity in the rhizosphere and hyphosphere of VA-mycorrhizal wheat supplied with inorganic and organic phosphorus. **Soil Biol. Biochem.** 26 : 387-395.
- Tarafdar, J.C. 1995. Role of a VA mycorrhizal fungus on growth and water relations in wheat in presence of organic and inorganic phosphates. **J. Indian Soc. Sci.** 43: 200-204.
- Tawara, M., Itou, K., and Mizukubo, T. 2001. Reduction of nematode damage by root colonization with arbuscular mycorrhiza (*Glomus* spp.) in tomato-*Meloidogyne incognita* (Tylenchida : Meloidogynidae) and carrot-*Pratylenchus penetrans* (Tylenchida : Pratylenchidae) pathosystems. **Appl. Entomol. Zool.** 36(3) : 387-392.
- Timothy, R.C. 2016. Soil moisture legacy effects: Impacts on soil nutrients, plants and mycorrhizal responsiveness. **Soil Biol. Biochem.** 95 : 173-179.
- Vicente, C.S.L., Pérez, M.A., Pereira, G. and Tavares, M.M. 2012. Biological nitrogen fixation of *Biserrula pelecinus* L.under water deficit. **Plant Soil Environ.** 58(8) : 360–366.

- Warcup, J.H. 1975. Factors affecting symbiotic germination of orchid seed. 87-104. In Sander, F.E., Mosse, B. and Tinker, P.B. (eds). **Endomycorrhizae**. London : Academic Press.
- Yu, S. and Ehrenfeld, J.G. 2009. The effects of changes in soil moisture on nitrogen cycling in acid wetland types of the New Jersey Pinelands (USA). **Soil Biol. Biochem.** 41 : 2394-2405.
- Zak, B. 1973. Classification of Mycorrhizae. 43-78. In Marks, G.C. and Kozlowski, T.T. (eds). **Ectomycorrhiza**. New York : Academic Press.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลข้อมูลการทดลองที่ 1 ศึกษาอิทธิพลของภาวะแล้งและการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสในดิน

(1) ชุดดินชลบุรี (Chon Buri series: Cb)

ตารางภาคผนวก ก1 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อเริ่มทำการทดลอง ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	%		mg/kg			
													OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
0	P	1	19.76	15.82	3.94	0.00	0.00	1.89	0.78	0.00	1.28	0.00	0.24	0.012	28.00	37.25	337.50	35.00
0	P	2	21.00	17.42	3.58	0.65	0.00	1.52	0.13	0.00	1.28	0.00	0.27	0.013	24.95	36.80	350.50	34.50
0	P	3	20.29	16.22	4.07	0.72	0.00	1.52	0.91	0.00	0.91	0.00	0.27	0.014	20.20	35.15	323.50	34.00
0	N	1	21.35	16.33	5.02	0.78	0.00	2.26	0.78	0.00	1.21	0.00	0.28	0.014	28.70	42.50	411.50	40.00
0	N	2	22.07	17.63	4.44	0.39	0.00	1.80	0.39	0.00	1.86	0.00	0.33	0.016	43.50	60.00	418.00	44.00
0	N	3	22.24	19.04	3.20	0.00	0.00	1.79	0.13	0.00	1.13	0.15	0.24	0.012	22.15	33.00	354.00	36.50
25	P	1	23.33	20.51	2.82	0.00	0.00	1.70	0.13	0.00	1.06	0.00	0.21	0.010	24.10	40.50	335.50	35.50
25	P	2	24.25	19.25	5.00	0.00	0.00	1.89	0.58	0.00	2.31	0.22	0.26	0.013	25.45	49.00	366.50	38.50
25	P	3	24.81	20.32	4.49	0.06	0.00	1.70	0.72	0.00	1.86	0.15	0.25	0.013	22.15	31.00	335.00	36.00
25	N	1	24.80	20.55	4.25	0.00	0.00	2.07	0.00	0.00	2.09	0.22	0.35	0.017	44.60	41.00	453.50	47.50
25	N	2	23.70	20.20	3.50	0.00	0.00	1.61	0.39	0.00	1.35	0.14	0.30	0.015	21.15	36.00	425.00	40.00
25	N	3	22.60	16.84	5.76	0.00	0.00	1.70	0.39	0.00	1.86	1.81	0.30	0.015	26.90	39.50	384.00	38.00

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก1 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อเริ่มทำการทดลอง ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี) (ต่อ)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
													%		mg/kg			
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
50	P	1	25.37	21.22	4.15	0.00	0.00	1.89	0.39	0.00	1.13	0.74	0.25	0.013	27.05	41.00	360.50	37.00
50	P	2	25.37	20.08	5.29	0.00	0.00	1.79	1.18	0.00	1.57	0.74	0.28	0.014	23.55	37.50	457.50	43.00
50	P	3	25.55	19.51	6.04	0.00	0.00	2.25	0.06	0.00	2.61	1.12	0.69	0.034	21.35	29.50	360.00	35.00
50	N	1	24.80	17.21	7.59	0.00	0.00	3.00	0.32	0.00	2.23	2.04	0.21	0.011	25.60	37.00	430.50	40.50
50	N	2	24.81	18.15	6.66	0.00	0.00	2.81	0.19	0.00	2.38	1.27	0.23	0.011	27.75	34.50	424.50	41.00
50	N	3	24.54	19.69	4.85	0.00	0.00	2.16	0.00	0.00	2.16	0.59	0.23	0.012	25.15	36.50	397.00	40.00
75	P	1	17.17	12.25	4.92	0.00	0.00	2.34	0.26	0.00	1.57	0.74	0.28	0.014	26.35	40.50	461.00	44.00
75	P	2	19.73	15.01	4.72	0.00	0.00	1.61	0.13	0.00	2.53	0.44	0.20	0.010	22.25	26.50	428.00	41.00
75	P	3	17.68	12.39	5.29	0.00	0.00	1.80	0.07	0.00	2.61	0.82	0.32	0.016	33.10	36.00	385.00	36.00
75	N	1	20.77	14.60	6.17	0.19	0.00	2.53	0.32	0.00	2.38	0.74	0.33	0.017	29.60	46.00	490.50	44.50
75	N	2	20.25	9.83	10.42	4.11	0.00	2.44	0.07	0.00	2.91	0.90	0.33	0.017	27.15	28.50	490.00	46.00
75	N	3	18.70	14.27	4.42	0.00	0.00	1.61	0.13	0.00	1.94	0.74	0.34	0.017	23.40	31.00	422.00	40.50

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก2 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
													%		mg/kg			
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
0	P	1	19.21	12.66	6.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	1.08	4.99	0.31	0.016	19.85	24.50	286.50	30.00
0	P	2	17.68	13.22	4.46	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	2.75	0.32	0.016	20.85	35.00	305.50	31.50
0	P	3	18.18	12.35	5.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.19	4.65	0.77	0.038	20.50	28.00	290.00	29.50
0	N	1	25.09	15.97	9.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.94	2.76	5.69	1.35	0.068	43.30	86.50	1255.00	102.50
0	N	2	25.09	17.42	7.67	0.00	0.74	0.40	0.00	0.56	2.34	3.63	0.50	0.025	43.05	79.00	1177.50	87.50
0	N	3	26.21	19.43	6.78	0.00	0.04	0.40	0.08	0.30	3.63	2.32	0.49	0.024	42.55	77.00	1212.50	85.00
25	P	1	19.73	16.17	3.56	0.00	0.00	0.00	0.19	0.30	1.39	1.68	0.18	0.009	24.50	40.00	377.00	37.00
25	P	2	18.70	13.38	5.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.31	0.00	0.12	0.006	23.70	36.50	353.50	34.50
25	P	3	19.73	14.22	5.50	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	5.31	0.00	0.24	0.012	23.65	43.00	385.00	38.00
25	N	1	25.09	18.84	6.25	0.00	0.00	0.47	0.00	0.00	5.78	0.00	0.43	0.021	39.75	74.00	1045.00	77.50
25	N	2	27.34	20.25	7.09	0.00	0.00	0.06	0.04	0.00	6.99	0.00	0.34	0.017	40.55	76.50	1070.00	75.00
25	N	3	27.34	14.41	12.93	0.00	0.00	1.94	2.63	0.00	7.17	1.18	0.38	0.019	44.65	92.00	1157.50	85.00

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก2 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี) (ต่อ)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	%		mg/kg			
													OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
50	P	1	21.83	12.73	9.10	0.00	0.31	2.85	2.63	0.00	2.22	1.08	0.25	0.013	23.05	37.50	430.00	39.50
50	P	2	20.25	13.47	6.78	0.00	0.20	1.37	2.41	0.00	2.23	0.57	0.36	0.018	29.55	43.50	409.00	40.00
50	P	3	20.25	11.36	8.88	0.00	0.85	1.23	2.41	1.18	2.54	0.67	0.34	0.017	29.80	38.50	446.00	43.50
50	N	1	28.49	16.48	12.01	0.00	1.94	2.07	1.64	0.00	4.57	1.80	0.51	0.025	49.60	73.50	1182.50	97.50
50	N	2	28.49	18.96	9.53	1.34	0.18	1.77	1.53	0.00	4.00	0.71	0.52	0.026	45.30	90.00	1282.50	87.50
50	N	3	27.34	16.37	10.97	0.00	2.16	2.61	1.75	0.00	2.98	1.47	0.42	0.021	50.10	81.50	1205.00	82.50
75	P	1	21.83	17.74	4.08	0.00	0.94	0.90	1.09	0.00	1.15	0.00	0.25	0.012	22.40	38.00	348.00	32.00
75	P	2	18.70	12.80	5.89	0.00	1.49	0.90	0.88	0.00	1.04	1.58	0.09	0.005	24.75	32.00	335.50	32.00
75	P	3	21.30	16.03	5.26	0.00	2.05	1.11	0.98	0.00	0.83	0.29	0.10	0.005	22.65	37.50	369.50	34.00
75	N	1	28.69	20.97	7.71	0.00	0.08	2.18	1.20	0.00	3.54	0.71	0.47	0.023	45.60	83.00	1315.00	87.50
75	N	2	26.94	18.91	8.03	0.00	1.60	2.28	1.20	0.00	2.76	0.18	0.55	0.027	44.00	88.50	1490.00	95.00
75	N	3	28.10	24.56	3.54	0.00	0.00	1.11	1.31	0.00	1.47	0.00	0.23	0.011	27.60	46.50	503.00	45.00

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก3 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
													%		mg/kg			
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
0	P	1	17.70	10.75	6.96	0.26	0.00	1.52	1.81	0.31	1.94	1.12	0.25	0.012	20.65	28.00	345.50	32.00
0	P	2	20.84	13.81	7.03	0.00	0.00	1.34	0.93	1.10	2.91	0.74	0.22	0.011	24.95	37.50	322.00	32.00
0	P	3	18.73	13.38	5.36	0.71	0.00	1.16	0.73	0.00	2.46	0.30	0.27	0.013	23.95	38.00	358.00	34.50
0	N	1	22.46	13.75	8.71	0.00	0.00	2.90	1.00	0.00	4.14	0.67	0.37	0.018	42.70	91.50	995.00	72.50
0	N	2	20.84	11.91	8.93	0.06	0.00	3.09	0.00	0.31	3.67	1.81	0.52	0.026	44.95	89.50	1082.50	70.00
0	N	3	22.46	13.47	8.99	0.52	0.00	1.62	0.86	0.67	3.98	1.35	0.50	0.025	41.10	82.50	1187.50	87.50
25	P	1	16.68	7.76	8.92	2.68	0.00	1.52	0.98	0.00	2.45	1.27	0.27	0.013	26.10	46.50	411.00	39.00
25	P	2	17.70	8.71	8.99	2.34	0.00	1.43	0.00	0.00	2.16	3.06	0.30	0.015	25.60	57.00	403.50	37.50
25	P	3	15.17	8.19	6.98	0.06	0.00	1.62	2.09	0.00	1.64	1.58	0.31	0.015	27.15	60.00	397.00	36.50
25	N	1	24.67	15.43	9.23	0.00	0.40	1.27	0.64	0.00	3.95	2.97	0.65	0.032	46.90	89.50	1237.50	82.50
25	N	2	28.10	21.66	6.44	0.00	0.04	0.14	0.02	0.00	3.95	2.29	0.66	0.033	42.85	90.50	1232.50	82.50
25	N	3	25.80	19.33	6.47	0.00	0.25	0.61	0.02	0.00	4.71	0.88	0.64	0.032	43.50	93.00	1302.50	87.50

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก3 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี) (ต่อ)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
													%		mg/kg			
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
50	P	1	19.26	14.95	4.30	0.00	0.19	2.07	0.00	0.00	1.95	0.09	0.32	0.016	31.20	54.50	457.00	39.50
50	P	2	18.22	15.99	2.22	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	1.95	0.00	0.35	0.017	33.50	41.50	390.00	36.00
50	P	3	17.70	15.62	2.08	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	1.74	0.00	0.35	0.018	31.40	49.00	416.00	39.50
50	N	1	24.67	19.54	5.13	0.00	0.54	1.17	0.29	0.00	3.12	0.01	0.77	0.038	48.30	92.00	1252.50	80.00
50	N	2	26.94	19.59	7.35	0.00	0.47	0.98	0.64	0.00	3.94	1.32	0.63	0.031	47.15	88.50	1297.50	87.50
50	N	3	28.10	22.17	5.93	0.00	0.00	0.14	0.08	0.00	3.94	1.76	1.27	0.064	48.10	90.00	1202.50	85.00
75	P	1	20.31	16.53	3.77	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	1.71	1.89	0.34	0.017	25.25	39.50	396.00	34.50
75	P	2	17.70	14.22	3.48	0.00	0.71	0.00	0.00	0.00	0.95	1.82	0.35	0.017	27.90	39.50	369.00	35.50
75	P	3	20.31	15.48	4.83	0.00	0.71	0.00	0.00	0.00	1.29	2.82	0.37	0.018	30.15	44.00	408.50	34.50
75	N	1	31.08	21.65	9.43	0.00	0.00	0.35	0.00	0.27	3.42	5.38	0.69	0.035	47.15	86.00	1257.50	85.00
75	N	2	30.47	22.31	8.16	0.00	0.31	0.27	0.26	0.34	3.05	3.93	0.73	0.037	49.50	81.50	1332.50	95.00
75	N	3	27.52	17.21	10.31	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	2.76	5.15	0.72	0.036	44.55	82.00	384.50	93.50

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก4 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 45 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
													%		mg/kg			
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
0	P	1	23.01	15.55	7.45	0.00	0.20	1.65	2.31	0.49	2.23	0.57	0.36	0.018	22.85	94.50	419.50	35.00
0	P	2	21.38	15.59	5.79	0.00	0.00	0.80	2.42	0.00	1.80	0.77	0.31	0.015	22.70	44.00	355.50	30.50
0	P	3	21.38	12.79	8.58	0.00	0.20	1.51	3.87	0.00	2.22	0.77	0.31	0.015	24.85	29.00	483.00	32.50
0	N	1	25.80	11.19	14.60	0.00	1.76	5.80	2.20	0.00	3.96	0.87	0.67	0.033	42.55	86.50	1347.50	87.50
0	N	2	28.10	17.40	10.70	0.00	0.00	2.38	2.85	0.00	4.29	1.18	0.74	0.037	43.75	86.00	1315.00	87.50
0	N	3	25.23	14.88	10.35	0.00	0.00	2.08	2.74	0.00	4.85	0.67	0.77	0.038	46.95	95.00	1325.00	87.50
25	P	1	22.46	16.05	6.41	0.00	0.00	1.08	2.63	0.00	2.12	0.57	0.38	0.019	25.65	37.00	428.50	42.00
25	P	2	21.92	14.27	7.64	0.00	0.00	1.37	2.52	0.03	2.33	1.39	0.35	0.017	23.20	34.00	404.50	39.50
25	P	3	25.23	18.34	6.89	0.00	0.00	0.38	3.29	0.00	2.54	0.67	0.37	0.019	22.70	37.00	434.00	37.00
25	N	1	21.38	12.99	8.38	0.00	0.00	0.81	2.96	0.00	3.84	0.77	0.76	0.038	43.15	71.50	1380.00	82.50
25	N	2	21.92	11.75	10.16	0.00	0.00	0.95	3.52	0.00	4.62	1.08	0.61	0.030	40.25	90.50	1405.00	92.50
25	N	3	23.56	13.64	9.92	0.00	0.00	1.37	2.96	0.00	4.51	1.08	0.56	0.028	38.70	81.00	1235.00	77.50

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก4 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 45 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี) (ต่อ)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
													%		mg/kg			
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
50	P	1	19.78	10.85	8.93	0.00	0.00	2.95	1.37	0.00	3.74	0.87	0.30	0.015	23.50	40.50	482.50	39.00
50	P	2	17.70	9.65	8.05	0.00	0.00	0.80	3.18	0.00	3.19	0.87	0.30	0.015	26.05	40.50	503.00	41.00
50	P	3	19.26	12.22	7.03	0.00	0.00	1.09	2.63	0.00	2.44	0.87	0.37	0.018	28.70	48.50	427.00	42.00
50	N	1	26.94	15.92	11.02	0.00	0.00	2.37	2.85	0.00	4.52	1.29	0.89	0.044	51.30	81.00	1185.00	80.00
50	N	2	29.28	18.82	10.46	0.00	0.00	1.79	3.07	0.00	4.51	1.08	0.57	0.028	46.30	83.00	1315.00	90.00
50	N	3	28.69	20.38	8.31	0.00	0.00	0.52	3.07	0.00	3.73	0.98	0.54	0.027	42.25	89.00	1385.00	87.50
75	P	1	21.38	11.41	9.97	3.82	0.00	0.00	2.74	0.00	2.54	0.98	0.31	0.016	22.00	30.00	364.00	38.50
75	P	2	21.38	14.91	6.47	0.00	0.31	0.00	2.85	0.00	2.33	0.98	0.28	0.014	25.05	41.50	429.00	31.50
75	P	3	19.26	11.81	7.45	0.00	0.20	0.38	2.97	0.00	3.33	0.57	0.29	0.015	28.00	49.50	293.50	39.00
75	N	1	25.80	15.06	10.74	0.00	0.00	1.51	3.30	0.00	4.75	1.18	0.56	0.028	39.80	82.00	1297.50	87.50
75	N	2	26.94	17.23	9.71	0.00	0.00	0.38	3.74	0.00	4.40	1.18	0.55	0.028	44.40	88.50	1260.00	82.50
75	N	3	23.56	14.92	8.64	0.00	0.00	0.52	3.52	0.00	3.51	1.08	0.54	0.027	40.50	83.50	1110.00	67.50

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก5 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 60 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
													%		mg/kg			
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
0	P	1	19.78	18.61	1.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17	0.00	0.24	0.012	18.65	25.00	332.50	30.00
0	P	2	17.19	12.64	4.55	0.00	0.82	1.74	0.22	0.00	1.25	0.52	0.22	0.011	17.80	31.50	324.00	28.50
0	P	3	20.31	18.89	1.42	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.96	0.30	0.25	0.013	19.75	29.50	130.00	30.00
0	N	1	20.31	19.56	0.75	0.00	0.00	0.33	0.01	0.00	0.40	0.00	0.19	0.010	19.55	22.50	155.50	14.50
0	N	2	20.31	16.73	3.58	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	1.96	1.47	0.16	0.008	17.70	20.00	136.50	16.00
0	N	3	20.31	17.59	2.72	0.00	0.25	0.00	0.22	0.00	2.25	0.00	0.17	0.009	15.30	4.50	489.50	16.00
25	P	1	21.38	18.79	2.59	0.00	0.33	0.00	0.36	0.00	1.67	0.23	0.21	0.010	26.45	33.50	408.00	43.50
25	P	2	23.56	20.22	3.34	0.00	0.40	0.42	0.78	0.00	1.74	0.00	0.70	0.035	19.75	29.50	500.50	35.50
25	P	3	20.31	17.51	2.80	0.00	0.47	0.00	0.08	0.00	2.25	0.00	0.28	0.014	22.55	46.00	155.00	44.50
25	N	1	25.23	22.79	2.44	0.00	0.19	0.00	0.15	0.00	2.10	0.00	0.20	0.010	13.95	14.50	140.50	17.00
25	N	2	21.92	20.30	1.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.53	0.09	0.21	0.010	15.70	11.50	821.50	16.50
25	N	3	23.56	17.54	6.02	0.00	0.96	1.27	0.15	0.00	2.32	1.32	0.43	0.022	30.30	50.00	438.00	60.50

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก5 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 60 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี) (ต่อ)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
													%		mg/kg			
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
50	P	1	20.84	18.03	2.82	0.00	0.12	0.51	0.00	0.00	2.10	0.09	0.31	0.016	22.25	40.50	419.50	39.50
50	P	2	18.73	14.79	3.94	0.00	1.04	0.00	0.00	0.00	2.39	0.52	0.32	0.016	21.20	40.00	439.00	38.00
50	P	3	19.26	14.60	4.66	0.00	0.26	0.61	0.00	0.00	1.96	1.84	0.12	0.006	24.20	42.00	491.50	44.50
50	N	1	24.11	17.61	6.50	0.00	0.00	2.13	0.00	0.00	2.90	1.47	0.20	0.010	43.75	95.00	2207.50	155.00
50	N	2	22.46	17.03	5.43	0.00	0.26	2.26	0.00	0.00	2.61	0.30	0.26	0.013	43.60	96.00	2220.00	147.50
50	N	3	24.11	21.30	2.81	0.00	0.05	0.14	0.00	0.00	2.54	0.09	0.30	0.015	45.15	89.00	2295.00	155.00
75	P	1	23.56	21.47	2.08	0.00	0.19	0.00	0.15	0.00	1.74	0.00	0.16	0.008	25.45	44.50	416.50	43.00
75	P	2	25.23	20.31	4.92	0.00	1.05	1.09	0.29	0.00	2.39	0.09	0.14	0.007	23.60	34.50	455.00	36.00
75	P	3	21.92	18.56	3.36	0.00	0.82	0.05	0.15	0.00	1.60	0.74	0.18	0.009	27.70	30.50	374.00	42.50
75	N	1	24.67	21.12	3.55	0.00	0.04	0.23	0.22	0.00	2.75	0.30	0.39	0.019	44.30	78.00	1357.50	80.00
75	N	2	24.11	19.88	4.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.72	0.52	0.48	0.024	42.60	70.00	1312.50	82.50
75	N	3	21.38	17.30	4.08	0.00	0.11	0.60	0.08	0.00	3.05	0.23	0.36	0.018	37.85	74.50	1295.00	75.00

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก6 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
													%		mg/kg			
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
0	P	1	23.01	16.70	6.30	0.00	0.00	0.00	2.74	0.00	3.30	0.57	0.21	0.010	23.15	28.50	384.00	36.00
0	P	2	26.37	19.68	6.69	0.00	0.00	0.52	2.85	0.00	2.44	0.88	0.22	0.011	22.30	31.00	408.00	37.00
0	P	3	23.56	14.39	9.17	0.00	0.21	1.51	3.29	0.00	2.97	1.18	0.23	0.011	31.15	38.00	169.50	38.50
0	N	1	23.56	17.34	6.22	0.00	0.00	0.67	2.85	0.00	2.12	0.57	0.19	0.009	18.85	15.00	161.00	19.00
0	N	2	23.56	17.44	6.12	0.00	0.00	1.23	2.63	0.00	1.60	0.67	0.12	0.006	24.50	13.50	151.50	17.00
0	N	3	26.37	22.01	4.36	0.00	0.00	0.52	1.87	0.00	1.60	0.37	0.10	0.005	17.45	12.00	323.50	17.50
25	P	1	19.78	14.55	5.23	0.00	0.00	0.00	2.85	0.00	1.91	0.47	0.15	0.007	24.60	27.50	336.00	29.50
25	P	2	19.26	12.88	6.37	0.00	0.10	0.00	2.52	0.00	3.08	0.67	0.19	0.010	27.95	36.50	371.50	31.00
25	P	3	20.31	14.52	5.78	0.00	0.00	0.25	1.88	0.12	2.98	0.57	0.22	0.011	23.55	28.00	190.00	33.00
25	N	1	15.17	6.32	8.86	0.00	0.74	2.44	2.52	0.78	1.91	0.47	0.18	0.009	21.60	12.00	167.50	20.50
25	N	2	17.19	12.08	5.10	0.00	0.42	0.00	2.52	0.00	1.70	0.77	0.18	0.009	23.75	19.50	173.50	16.50
25	N	3	15.17	8.17	7.51	0.00	0.00	1.65	2.52	0.88	1.70	0.37	0.19	0.009	25.00	19.00	412.00	17.50

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก6 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี) (ต่อ)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
													%		mg/kg			
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
50	P	1	22.46	14.95	7.51	0.00	0.20	0.81	3.07	0.00	2.65	0.77	0.37	0.019	22.70	29.50	345.00	35.00
50	P	2	19.26	12.39	6.87	0.00	0.00	0.52	2.31	0.40	2.87	0.77	0.41	0.021	22.95	31.50	383.00	30.00
50	P	3	22.46	12.67	9.79	0.00	0.00	3.24	2.85	0.68	2.44	0.57	0.40	0.020	23.25	31.00	163.00	32.50
50	N	1	21.38	15.07	6.31	0.00	0.31	0.52	2.63	0.78	1.70	0.37	0.47	0.024	19.60	12.50	174.00	16.00
50	N	2	23.56	18.53	5.03	0.25	0.10	0.11	2.20	0.21	1.60	0.57	0.35	0.017	23.15	16.50	161.50	17.50
50	N	3	23.56	17.96	5.60	0.00	0.41	0.00	2.41	1.36	1.49	0.37	0.15	0.008	25.15	14.50	337.50	18.50
75	P	1	24.67	16.54	8.12	0.00	0.20	0.81	2.96	1.35	2.22	0.57	0.17	0.008	21.30	20.50	347.00	29.50
75	P	2	24.67	17.63	7.04	0.00	0.00	0.95	2.85	0.03	2.54	0.67	0.19	0.009	27.40	29.00	416.00	30.50
75	P	3	22.46	14.17	8.29	0.00	0.00	1.37	2.41	0.88	2.76	0.87	0.21	0.010	28.00	28.50	173.00	38.50
75	N	1	25.80	21.07	4.72	0.04	0.20	0.00	2.20	0.12	1.70	0.47	0.19	0.010	23.15	10.00	158.50	16.00
75	N	2	23.56	17.29	6.27	0.00	0.20	0.00	3.41	0.59	1.70	0.37	0.19	0.010	24.25	12.00	173.00	16.50
75	N	3	26.94	20.62	6.32	0.04	0.52	0.66	2.31	0.00	2.12	0.67	0.19	0.010	23.80	11.50	337.50	17.50

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก7 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
													%		mg/kg			
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
0	P	1	16.68	14.83	1.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.29	0.56	0.77	0.039	24.15	23.50	323.50	33.00
0	P	2	19.07	15.11	3.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.77	1.19	0.26	0.013	32.15	26.00	333.00	31.00
0	P	3	15.89	13.17	2.72	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	1.71	0.63	0.25	0.012	25.65	27.50	147.50	31.50
0	N	1	18.53	16.44	2.09	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.88	0.63	0.17	0.008	20.30	10.50	147.00	16.00
0	N	2	18.53	17.63	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.49	0.16	0.008	23.40	15.00	143.50	17.00
0	N	3	15.37	14.25	1.12	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.48	0.56	0.20	0.010	29.00	10.00	388.50	15.00
25	P	1	19.61	17.43	2.18	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	1.57	0.43	0.38	0.019	25.25	33.50	345.50	35.00
25	P	2	18.53	15.91	2.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.13	0.49	0.22	0.011	21.15	25.50	393.00	32.50
25	P	3	20.71	18.09	2.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.85	0.77	0.24	0.012	24.10	27.50	159.50	37.50
25	N	1	18.53	17.13	1.40	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.88	0.43	0.18	0.009	19.65	10.00	193.50	17.00
25	N	2	21.81	19.54	2.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02	1.26	0.18	0.009	19.55	19.50	182.00	20.00
25	N	3	19.61	17.35	2.26	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.20	1.68	0.15	0.008	24.90	9.00	427.00	18.00

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก7 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินชลบุรี) (ต่อ)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
													%		mg/kg			
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
50	P	1	21.26	17.93	3.33	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	1.15	1.89	0.24	0.012	55.85	51.50	363.00	41.00
50	P	2	20.16	16.24	3.91	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	1.43	2.10	0.24	0.012	24.05	58.50	419.00	32.50
50	P	3	22.94	18.95	3.99	0.00	0.00	0.87	0.00	0.00	1.15	1.96	0.27	0.014	28.50	25.00	210.50	36.00
50	N	1	20.71	18.25	2.46	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	2.03	0.06	0.003	26.70	19.50	237.50	21.00
50	N	2	17.46	14.46	3.01	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.81	2.10	0.04	0.002	26.70	12.50	204.50	22.50
50	N	3	19.07	16.29	2.78	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.41	2.03	0.09	0.004	31.80	15.00	451.50	21.00
75	P	1	24.65	18.03	6.62	0.00	1.02	1.07	0.00	0.00	1.92	2.61	0.27	0.013	61.55	95.00	398.00	60.50
75	P	2	22.94	19.85	3.09	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	1.08	1.82	0.13	0.006	63.80	60.00	404.00	46.00
75	P	3	25.82	21.87	3.95	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	1.78	1.89	0.18	0.009	60.80	28.50	315.50	37.50
75	N	1	22.37	17.26	5.11	0.00	2.33	0.00	0.00	0.00	0.75	2.03	0.19	0.010	64.00	14.50	289.00	33.00
75	N	2	25.82	22.17	3.65	0.51	0.42	0.00	0.00	0.00	0.61	2.10	0.24	0.012	63.70	14.00	221.50	23.50
75	N	3	22.37	17.94	4.44	0.00	1.54	0.00	0.19	0.00	0.67	2.03	0.24	0.012	67.00	10.00	240.50	22.50

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

(2) ชุดดินแมริม (Mae Rim series: Mr)

ตารางภาคผนวก ก8 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อเริ่มทำการทดลอง ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	%		mg/kg			
													OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
0	P	1	127.88	91.78	36.10	3.97	4.30	21.59	5.06	0.00	1.18	0.00	1.31	0.065	62.85	30.50	2270.48	208.38
0	P	2	117.79	79.83	37.96	3.56	7.14	20.60	5.06	0.00	1.61	0.00	1.54	0.077	65.95	22.50	1825.00	158.15
0	P	3	117.77	77.47	40.30	3.23	11.06	19.21	5.82	0.00	0.98	0.00	1.52	0.076	63.40	27.00	1670.00	145.45
0	N	1	116.35	78.51	37.84	2.91	9.50	18.67	5.64	0.00	1.11	0.00	1.51	0.075	63.25	29.50	2055.00	177.80
0	N	2	116.38	76.96	39.41	3.56	9.65	19.07	5.81	0.00	1.33	0.00	1.52	0.075	68.15	28.00	1782.50	155.13
0	N	3	123.48	79.88	43.59	3.48	10.82	21.74	6.24	0.00	1.33	0.00	1.51	0.074	81.25	43.50	1617.50	146.58
25	P	1	113.58	71.05	42.53	0.10	13.02	21.87	6.50	0.00	1.05	0.00	1.50	0.079	73.15	45.50	1845.00	163.48
25	P	2	124.21	81.31	42.91	5.22	9.35	21.01	6.41	0.00	0.91	0.00	1.48	0.080	83.15	47.50	1952.50	183.55
25	P	3	127.10	84.75	42.34	1.56	12.82	20.74	6.24	0.00	0.98	0.00	1.59	0.079	77.40	17.50	1922.50	178.18
25	N	1	125.65	85.68	39.97	5.22	7.90	19.62	5.98	0.21	1.04	0.00	1.60	0.080	72.55	29.50	1832.50	165.60
25	N	2	127.13	82.13	45.00	6.10	10.37	21.02	6.24	0.08	1.18	0.00	1.59	0.084	81.65	34.50	1807.50	168.93
25	N	3	122.75	81.98	40.77	5.48	8.09	20.31	5.98	0.00	0.91	0.00	1.59	0.084	72.60	25.50	1717.50	156.80

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก8 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อเริ่มทำการทดลอง ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม) (ต่อ)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	%		mg/kg			
													OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
50	P	1	117.04	74.88	42.16	5.39	8.54	21.02	6.24	0.00	0.98	0.00	1.67	0.088	73.65	35.00	1780.00	162.23
50	P	2	119.18	71.48	47.70	5.14	10.66	23.76	7.10	0.00	1.04	0.00	1.68	0.088	71.40	40.00	1875.00	174.90
50	P	3	114.25	68.03	46.21	3.97	10.98	23.61	6.32	0.00	1.32	0.00	1.76	0.083	77.75	56.00	1700.00	153.93
50	N	1	127.89	78.38	49.50	6.60	8.82	25.42	7.27	0.21	1.18	0.00	1.75	0.082	77.10	34.50	1640.00	144.78
50	N	2	116.25	69.64	46.61	5.48	9.38	24.51	6.41	0.00	0.84	0.00	1.67	0.082	71.95	34.00	1732.50	153.18
50	N	3	114.99	71.29	43.70	3.48	11.10	21.73	6.41	0.00	0.98	0.00	1.64	0.080	69.90	39.50	1525.00	130.55
75	P	1	136.58	89.06	47.52	4.97	11.41	23.91	5.99	0.00	1.25	0.00	1.63	0.084	76.20	31.50	1622.50	144.38
75	P	2	128.98	83.61	45.37	2.99	12.53	22.31	6.49	0.00	1.05	0.00	1.60	0.083	73.05	44.00	1635.00	142.53
75	P	3	130.47	88.99	41.48	4.05	8.71	21.01	6.58	0.00	1.11	0.00	1.69	0.087	74.50	35.00	1695.00	147.10
75	N	1	138.60	94.62	43.99	4.38	10.38	22.30	5.81	0.00	1.11	0.00	1.65	0.086	77.60	40.50	1770.00	149.85
75	N	2	124.01	78.36	45.65	5.39	8.82	23.47	6.58	0.21	1.18	0.00	1.73	0.084	80.00	36.50	1690.00	149.35
75	N	3	126.83	83.74	43.09	5.14	9.62	21.45	5.98	0.00	0.91	0.00	1.72	0.086	82.40	17.50	1627.50	134.18

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก9 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
													%		mg/kg			
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
0	P	1	112.92	70.44	42.48	4.30	9.14	11.92	8.90	0.00	7.56	0.66	1.76	0.088	61.85	22.00	1637.50	133.58
0	P	2	134.40	94.65	39.75	4.29	9.22	10.03	8.82	0.00	6.59	0.79	1.81	0.090	61.80	28.00	1627.50	134.43
0	P	3	110.86	68.68	42.18	4.08	9.96	12.65	8.41	0.00	6.11	0.98	1.75	0.088	67.35	25.00	1815.00	148.00
0	N	1	108.82	70.28	38.54	3.57	9.72	11.44	8.49	0.00	3.64	1.70	1.57	0.079	63.30	25.00	1687.50	142.55
0	N	2	110.86	72.75	38.11	3.49	9.79	10.85	8.90	0.00	3.64	1.44	1.42	0.071	64.50	22.00	1735.00	144.00
0	N	3	121.30	82.57	38.74	3.49	10.45	11.32	8.66	0.00	3.64	1.18	1.52	0.076	66.55	32.00	1725.00	139.48
25	P	1	117.08	75.88	41.19	4.59	10.45	11.92	8.65	0.00	4.85	0.73	1.46	0.073	61.80	20.00	1757.50	148.58
25	P	2	129.96	88.95	41.01	4.82	9.15	10.80	8.73	0.00	5.95	1.57	1.43	0.071	63.80	20.00	1795.00	143.45
25	P	3	119.18	71.60	47.58	4.89	9.71	12.28	10.33	0.00	7.40	2.97	1.45	0.073	67.05	19.50	1720.00	140.73
25	N	1	108.82	65.53	43.29	5.04	9.80	11.32	10.16	0.00	3.94	3.04	1.47	0.074	60.55	20.00	1882.50	180.58
25	N	2	106.80	63.76	43.03	5.26	10.37	11.20	9.31	0.00	4.85	2.03	1.54	0.077	60.45	23.00	1600.00	129.38
25	N	3	110.86	66.92	43.94	4.30	10.29	10.85	9.57	0.00	6.91	2.03	1.50	0.075	64.55	34.50	1622.50	134.10

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก9 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 15 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม) (ต่อ)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	%		mg/kg			
													OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
50	P	1	117.08	74.02	43.06	5.49	10.37	12.40	9.82	0.00	3.86	1.11	1.53	0.077	63.45	38.00	1605.00	132.50
50	P	2	119.18	76.04	43.14	4.67	11.38	11.32	9.82	0.00	3.12	2.84	1.54	0.077	70.55	29.00	1765.00	146.63
50	P	3	127.77	82.77	45.00	5.34	11.46	12.04	9.57	0.00	4.09	2.50	1.54	0.077	70.10	27.50	1662.50	135.60
50	N	1	136.65	89.79	46.85	5.87	12.24	13.01	9.82	0.00	2.53	3.38	1.49	0.074	68.95	32.00	1595.00	133.75
50	N	2	136.65	91.58	45.06	5.42	12.07	12.28	10.25	0.00	3.94	1.11	1.52	0.076	67.20	32.50	1700.00	135.40
50	N	3	136.65	88.59	48.06	5.34	12.07	13.50	10.25	0.00	2.97	3.93	1.46	0.073	70.35	35.50	2022.50	136.18
75	P	1	125.60	78.97	46.63	5.72	11.98	12.40	9.90	0.00	5.63	0.98	1.41	0.071	70.75	37.00	1610.00	131.70
75	P	2	127.77	81.48	46.29	5.95	11.55	12.40	9.74	0.00	5.09	1.57	1.38	0.069	70.25	32.50	1645.00	136.28
75	P	3	132.17	85.53	46.64	6.42	10.71	13.74	10.85	0.00	3.94	0.98	1.38	0.069	73.25	28.00	1642.50	135.95
75	N	1	121.30	77.68	43.63	5.95	11.64	11.80	9.57	0.00	3.56	1.11	1.49	0.074	72.00	27.00	1710.00	137.80
75	N	2	121.30	76.72	44.59	5.95	11.55	11.80	10.16	0.00	4.02	1.11	1.47	0.074	70.95	35.00	1752.50	135.00
75	N	3	123.44	77.82	45.62	5.80	11.72	12.89	9.91	0.00	3.94	1.37	1.37	0.068	73.75	30.00	1685.00	139.33

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก10 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	%		mg/kg			
													OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
0	P	1	132.84	96.50	36.34	2.99	9.23	11.56	8.00	0.00	1.31	3.24	1.33	0.067	72.25	22.00	1757.50	144.48
0	P	2	112.81	77.45	35.36	2.85	8.43	12.04	7.68	0.00	2.60	1.77	1.31	0.066	68.45	28.00	1870.00	155.95
0	P	3	108.10	74.91	33.20	2.22	7.96	10.50	7.60	0.00	2.90	2.03	1.38	0.069	68.20	25.00	1817.50	149.10
0	N	1	123.39	88.03	35.36	1.73	7.26	10.26	7.28	0.00	5.79	3.04	1.24	0.062	69.65	25.00	1715.00	139.30
0	N	2	125.44	85.92	39.52	2.36	8.03	9.91	7.76	0.03	7.56	3.86	1.25	0.063	67.15	22.00	1665.00	136.03
0	N	3	148.94	110.24	38.70	1.94	8.58	12.16	8.16	0.09	6.59	1.18	1.28	0.064	70.60	29.50	1762.50	144.78
25	P	1	164.33	124.83	39.50	3.57	7.65	11.09	7.92	0.03	7.81	1.44	1.40	0.070	70.10	41.00	1867.50	141.75
25	P	2	174.07	135.02	39.05	2.29	7.34	11.80	8.08	0.00	7.98	1.57	1.30	0.065	66.65	42.50	1917.50	167.75
25	P	3	139.78	104.61	35.17	2.15	7.11	11.44	8.41	0.00	4.70	1.37	1.47	0.073	65.95	47.00	1860.00	148.00
25	N	1	110.09	84.59	25.50	1.54	3.31	11.06	6.77	0.00	2.82	0.00	1.52	0.076	64.65	40.50	1812.50	140.63
25	N	2	110.85	87.17	23.69	0.00	3.76	10.59	6.86	0.02	2.44	0.00	1.49	0.075	63.95	31.50	1737.50	138.93
25	N	3	122.39	97.86	24.53	3.78	3.49	8.90	6.15	0.00	2.21	0.00	1.39	0.070	66.65	38.50	1750.00	143.10

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก10 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม) (ต่อ)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	%		mg/kg			
													OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
50	P	1	107.51	72.40	35.11	5.84	4.41	10.96	6.15	0.45	1.40	5.91	1.37	0.069	67.40	41.00	1835.00	153.05
50	P	2	106.06	72.56	33.51	3.60	4.22	9.42	6.24	0.24	1.84	7.94	1.49	0.075	66.80	29.00	1937.50	157.43
50	P	3	105.40	74.58	30.82	3.43	3.40	9.51	4.23	1.02	1.54	7.69	1.51	0.076	65.10	45.00	1897.50	150.80
50	N	1	121.94	91.10	30.84	2.73	4.13	10.24	6.15	0.00	1.76	5.83	1.42	0.071	66.20	43.50	1820.00	145.75
50	N	2	118.34	84.92	33.41	2.65	4.22	10.60	5.70	0.00	3.20	7.04	1.37	0.068	64.45	13.50	1877.50	148.05
50	N	3	152.73	111.82	40.92	2.91	9.35	12.65	6.42	2.18	2.74	4.67	1.50	0.075	62.70	14.50	1750.00	136.40
75	P	1	159.75	129.21	30.54	4.02	6.49	11.92	5.80	0.00	2.31	0.00	1.51	0.076	60.50	12.50	1737.50	132.80
75	P	2	121.84	94.45	27.40	2.82	5.49	11.20	5.49	0.00	2.31	0.09	1.61	0.081	63.05	10.00	1790.00	136.18
75	P	3	123.25	91.97	31.28	3.86	7.12	11.92	5.57	0.00	2.53	0.29	1.48	0.074	65.15	9.50	1785.00	140.73
75	N	1	164.86	134.55	30.31	3.79	6.57	11.46	5.80	0.00	2.53	0.15	1.55	0.078	65.00	11.50	1912.50	155.38
75	N	2	124.16	92.65	31.51	3.79	6.26	11.91	5.80	0.00	3.04	0.71	1.52	0.076	64.25	15.50	1830.00	146.78
75	N	3	144.13	111.68	32.45	4.09	5.87	11.73	5.97	0.00	4.22	0.56	1.63	0.081	63.35	18.00	1992.50	151.88

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก11 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 45 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
													%		mg/kg			
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
0	P	1	125.60	85.04	40.55	3.25	11.38	12.83	8.01	0.00	5.07	0.00	1.64	0.082	64.90	20.50	1965.00	162.73
0	P	2	106.80	69.22	37.58	2.26	10.71	12.48	7.52	0.00	4.61	0.00	1.60	0.080	64.80	24.00	1827.50	155.50
0	P	3	108.82	75.72	33.10	0.00	10.71	10.85	7.27	0.00	4.27	0.00	1.54	0.077	69.20	25.00	1795.00	151.78
0	N	1	96.90	61.34	35.56	1.64	9.92	11.93	8.13	0.00	3.93	0.00	1.63	0.081	68.75	18.50	1745.00	145.88
0	N	2	104.79	68.95	35.84	1.20	11.65	11.93	6.79	0.00	4.27	0.00	1.61	0.081	68.90	13.50	2190.00	188.03
0	N	3	112.92	77.18	35.73	2.05	11.25	11.21	7.52	0.00	3.70	0.00	1.50	0.075	65.65	25.00	1807.50	151.85
25	P	1	104.79	65.23	39.56	1.63	12.76	13.95	7.64	0.00	3.59	0.00	1.41	0.070	63.05	13.00	1687.50	145.90
25	P	2	100.81	61.98	38.83	2.38	10.59	13.96	7.64	0.00	4.27	0.00	1.48	0.074	63.00	12.00	1637.50	136.25
25	P	3	100.81	62.71	38.10	2.05	10.71	13.39	8.13	0.00	3.81	0.00	1.46	0.073	64.90	24.00	2105.00	172.05
25	N	1	102.79	65.31	37.49	0.58	10.98	14.54	8.13	0.00	3.26	0.00	1.45	0.072	65.20	28.00	1790.00	147.35
25	N	2	102.79	57.12	45.67	2.16	11.79	16.83	10.84	0.00	4.04	0.00	1.47	0.073	64.30	22.50	1790.00	153.10
25	N	3	104.79	62.93	41.86	2.16	11.93	13.95	8.52	0.00	5.31	0.00	1.49	0.074	66.15	35.50	1922.50	158.75

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก11 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 45 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม) (ต่อ)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	%		mg/kg			
													OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
50	P	1	106.80	66.28	40.51	2.05	10.19	14.33	8.64	0.00	5.31	0.00	1.57	0.079	63.05	41.00	2165.00	137.30
50	P	2	94.96	55.71	39.25	0.38	10.85	14.90	8.38	0.00	4.74	0.00	1.51	0.076	64.50	6.50	1887.50	150.10
50	P	3	98.85	58.00	40.85	2.59	9.94	16.25	8.13	0.00	3.93	0.00	1.48	0.074	66.95	22.00	2060.00	234.18
50	N	1	123.44	87.01	36.44	1.13	10.45	12.65	8.38	0.00	3.81	0.00	1.47	0.073	69.50	26.50	2072.50	158.08
50	N	2	102.79	64.72	38.07	2.91	9.80	12.28	7.89	0.00	5.19	0.00	1.55	0.078	69.40	19.50	1857.50	153.78
50	N	3	104.79	69.15	35.64	2.15	8.91	12.83	7.39	0.08	4.27	0.00	1.52	0.076	66.70	50.50	2092.50	166.00
75	P	1	100.81	62.97	37.84	2.58	8.52	13.76	8.13	0.00	4.85	0.00	1.47	0.074	73.70	29.50	1825.00	139.18
75	P	2	102.79	65.70	37.09	1.64	8.52	13.95	8.26	0.00	4.73	0.00	1.47	0.074	70.30	38.00	1947.50	159.93
75	P	3	104.79	66.30	38.48	3.04	8.65	13.57	8.38	0.00	4.85	0.00	1.51	0.076	73.95	36.50	1822.50	141.75
75	N	1	94.96	59.03	35.93	2.37	7.53	13.20	7.64	0.00	5.19	0.00	1.52	0.076	67.90	31.00	1862.50	138.83
75	N	2	98.85	65.36	33.49	1.11	6.68	11.39	8.76	0.00	5.54	0.00	1.44	0.072	65.70	46.50	1755.00	130.30
75	N	3	98.85	63.37	35.48	1.65	7.53	12.28	7.64	0.00	6.38	0.00	1.44	0.072	70.75	43.50	1840.00	132.60

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก12 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 60 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	%		mg/kg			
													OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
0	P	1	152.09	126.01	26.08	1.45	2.26	13.40	4.94	0.00	3.25	0.77	1.40	0.070	66.85	60.00	2142.50	186.28
0	P	2	132.94	107.87	25.06	0.61	2.49	13.28	5.65	0.00	2.74	0.29	1.38	0.069	62.20	105.50	2042.50	166.70
0	P	3	109.42	84.35	25.07	1.03	2.72	13.28	4.94	0.00	2.75	0.36	1.36	0.068	62.05	74.50	2080.00	173.03
0	N	1	120.53	93.91	26.62	1.17	3.48	13.88	5.33	0.00	2.75	0.00	1.41	0.070	64.90	71.50	1972.50	165.93
0	N	2	102.63	76.13	26.50	0.47	3.33	13.64	5.72	0.00	3.04	0.29	1.43	0.071	61.65	66.50	1850.00	161.80
0	N	3	101.98	73.35	28.63	0.47	4.51	14.62	5.65	0.00	2.74	0.63	1.39	0.070	68.35	69.00	1995.00	165.95
25	P	1	106.15	77.39	28.75	3.72	3.25	14.00	5.25	0.00	2.24	0.29	1.31	0.065	62.80	72.00	1800.00	143.28
25	P	2	116.39	82.52	33.87	3.64	4.58	15.87	5.49	0.00	4.07	0.22	1.35	0.068	67.60	88.00	1720.00	144.08
25	P	3	114.16	82.44	31.73	2.75	3.87	14.74	5.80	0.00	3.92	0.63	1.32	0.066	59.95	68.00	1560.00	130.55
25	N	1	124.90	92.61	32.28	2.97	4.27	15.37	5.89	0.00	2.67	1.12	1.35	0.067	61.60	61.50	1937.50	157.73
25	N	2	107.36	72.96	34.40	3.04	4.43	15.49	6.04	0.00	3.85	1.54	1.22	0.061	60.30	61.00	1845.00	142.05
25	N	3	113.56	80.35	33.21	3.19	5.23	15.87	5.80	0.00	2.75	0.36	1.21	0.060	62.85	74.50	1630.00	133.08

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก12 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 60 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม) (ต่อ)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	%		mg/kg			
													OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
50	P	1	111.49	76.14	35.35	3.86	5.23	14.38	5.89	0.00	5.29	0.70	1.23	0.061	62.85	80.50	1727.50	134.23
50	P	2	112.12	73.69	38.43	7.81	4.11	15.24	5.80	0.00	4.83	0.63	1.37	0.069	66.10	80.50	1700.00	132.63
50	P	3	132.90	100.84	32.07	2.83	4.11	15.37	5.88	0.00	3.11	0.77	0.98	0.049	68.80	83.50	1830.00	140.68
50	N	1	105.29	73.58	31.72	3.12	4.11	15.61	6.04	0.00	2.81	0.02	1.12	0.056	61.25	59.00	2652.50	229.63
50	N	2	119.90	82.87	37.03	3.64	4.83	16.76	6.37	0.00	5.29	0.15	1.26	0.063	61.10	57.00	2887.50	240.63
50	N	3	116.27	75.96	40.31	4.47	7.30	19.12	6.53	0.00	2.89	0.00	1.21	0.061	64.85	63.50	2197.50	185.53
75	P	1	128.50	84.19	44.31	7.32	7.73	19.53	6.61	0.00	2.96	0.15	1.27	0.064	65.95	58.50	2410.00	199.80
75	P	2	126.95	83.60	43.35	6.59	9.58	16.89	6.77	0.00	2.82	0.71	1.23	0.062	65.05	58.50	3057.50	240.45
75	P	3	141.94	98.05	43.89	9.69	8.34	16.89	5.96	0.00	2.24	0.77	1.35	0.067	71.85	71.50	2647.50	207.48
75	N	1	142.13	105.29	36.84	2.32	8.34	16.50	5.73	0.00	3.04	0.91	1.44	0.072	60.80	53.00	2465.00	192.48
75	N	2	120.46	76.17	44.29	4.85	9.49	17.80	6.04	0.00	4.98	1.12	1.50	0.075	63.20	58.00	2517.50	185.73
75	N	3	119.03	77.88	41.15	4.70	7.91	18.72	6.44	0.00	2.82	0.56	1.33	0.066	62.20	54.50	2442.50	194.95

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก13 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
													%		mg/kg			
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
0	P	1	112.92	79.00	33.92	0.17	10.06	10.85	7.76	0.00	5.08	0.00	1.45	0.072	73.50	64.00	2465.00	229.93
0	P	2	117.08	87.35	29.73	0.00	6.80	10.67	7.76	0.00	4.50	0.00	1.44	0.072	64.65	66.50	3157.50	274.60
0	P	3	112.92	81.13	31.79	0.00	7.77	12.84	6.33	0.00	4.84	0.00	1.52	0.076	66.65	70.50	3092.50	264.75
0	N	1	112.92	81.68	31.24	0.00	6.56	11.38	6.79	0.00	6.50	0.00	1.41	0.071	62.65	55.50	2860.00	244.43
0	N	2	121.30	88.52	32.79	1.31	7.16	12.47	6.07	0.00	5.78	0.00	1.37	0.068	66.15	60.50	3050.00	252.58
0	N	3	119.18	88.48	30.71	1.63	7.04	12.28	5.60	0.00	4.15	0.00	1.45	0.073	67.10	60.50	3180.00	271.10
25	P	1	117.08	84.17	32.91	1.20	5.97	13.77	6.07	0.00	5.90	0.00	1.51	0.075	60.70	60.00	2772.50	228.75
25	P	2	112.92	82.25	30.67	0.99	6.08	11.38	6.67	0.00	5.54	0.00	1.52	0.076	61.70	64.00	1690.00	177.00
25	P	3	121.30	89.99	31.32	0.00	7.16	12.28	7.15	0.00	4.73	0.00	1.44	0.072	61.85	65.00	1707.50	138.40
25	N	1	129.96	100.37	29.59	0.00	7.04	11.75	6.31	0.00	4.50	0.00	1.45	0.073	60.70	58.00	1702.50	145.58
25	N	2	117.08	89.04	28.03	0.00	6.56	10.31	6.54	0.00	4.61	0.00	1.50	0.075	63.25	64.50	1677.50	136.90
25	N	3	110.86	80.89	29.98	0.00	6.80	11.56	6.43	0.00	5.19	0.00	1.74	0.087	67.15	64.50	1680.00	140.28

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก13 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 75 วัน ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม) (ต่อ)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	%		mg/kg			
													OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
50	P	1	127.77	97.82	29.96	0.00	7.40	11.74	6.54	0.00	4.27	0.00	1.19	0.059	61.60	74.50	1700.00	130.35
50	P	2	123.44	90.63	32.82	0.00	7.77	11.03	6.91	0.00	7.11	0.00	1.16	0.058	58.50	55.50	1567.50	126.15
50	P	3	119.18	87.99	31.19	0.00	7.04	12.65	6.55	0.00	4.96	0.00	1.21	0.060	59.90	65.50	1682.50	133.23
50	N	1	112.92	80.80	32.12	0.00	7.16	13.20	7.03	0.00	4.73	0.00	1.34	0.067	61.15	63.50	1640.00	129.85
50	N	2	110.86	82.47	28.39	0.00	6.56	11.39	5.83	0.00	4.61	0.00	1.28	0.064	60.85	60.00	1735.00	132.68
50	N	3	112.92	84.36	28.56	0.00	6.56	11.56	5.37	0.00	5.07	0.00	1.23	0.062	61.25	62.00	1855.00	134.40
75	P	1	110.86	80.07	30.79	0.00	6.68	13.20	5.60	0.00	5.31	0.00	1.26	0.063	62.60	51.00	1705.00	125.55
75	P	2	112.92	86.20	26.72	0.27	6.20	10.49	5.37	0.00	4.38	0.00	1.36	0.068	65.50	61.50	1722.50	131.33
75	P	3	106.80	76.73	30.07	0.38	6.80	11.74	5.60	0.00	5.55	0.00	1.29	0.065	65.15	53.50	1857.50	141.70
75	N	1	102.79	68.87	33.92	0.00	6.20	11.74	8.13	0.00	7.85	0.00	1.22	0.061	59.05	55.50	1625.00	114.53
75	N	2	98.85	71.10	27.74	0.00	6.68	12.47	4.45	0.00	4.15	0.00	1.26	0.063	61.50	55.50	1722.50	122.33
75	N	3	106.80	77.74	29.06	0.00	5.97	9.80	6.79	0.00	6.50	0.00	1.27	0.064	62.00	66.50	1667.50	121.68

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก14 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	%		mg/kg			
													OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
0	P	1	122.03	90.04	31.99	1.38	6.29	15.92	5.53	0.00	2.36	0.52	1.50	0.075	68.15	59.50	1715.00	138.93
0	P	2	120.46	92.31	28.15	1.38	5.34	14.10	4.57	0.00	1.84	0.93	1.56	0.078	69.90	59.00	1770.00	146.33
0	P	3	119.32	90.93	28.39	1.96	5.15	14.23	4.83	0.00	1.91	0.31	1.43	0.071	69.65	65.50	1592.50	133.73
0	N	1	116.32	75.48	40.84	2.48	8.05	16.45	6.15	0.00	2.59	5.13	1.47	0.074	73.10	78.50	1660.00	137.50
0	N	2	120.48	78.55	41.93	2.05	8.84	17.39	6.14	0.00	1.99	5.52	1.55	0.077	70.15	80.00	1627.50	131.30
0	N	3	111.48	67.20	44.28	1.96	9.66	18.63	5.70	0.00	3.20	5.13	1.43	0.072	66.70	69.00	1700.00	153.93
25	P	1	114.15	78.60	35.55	1.88	5.71	16.71	8.24	0.00	2.48	0.52	1.39	0.070	63.65	75.50	1595.00	127.55
25	P	2	134.03	102.33	31.70	2.22	5.15	15.53	6.23	0.00	1.07	1.50	1.40	0.070	69.50	69.00	1555.00	125.45
25	P	3	122.95	86.94	36.02	1.97	4.96	16.72	6.06	0.00	5.17	1.14	1.42	0.071	66.15	72.50	1597.50	127.93
25	N	1	119.08	78.52	40.56	1.97	5.15	20.72	5.44	0.00	6.48	0.79	1.41	0.070	66.95	72.00	1657.50	133.13
25	N	2	125.90	85.87	40.03	2.99	6.77	17.12	6.42	0.00	6.15	0.58	1.37	0.069	64.10	69.00	1620.00	128.78
25	N	3	121.91	92.37	29.54	0.00	5.25	16.05	5.35	0.00	2.52	0.38	1.35	0.067	67.45	98.00	1617.50	140.43

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ก14 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปต่างๆ (P-fraction) และสมบัติดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในการทดลองที่ 1 (ชุดดินแมริม) (ต่อ)

WHC	AMF	Rep	P-fraction (mg/kg)										Soil properties					
			Total	Organic	Inorganic	P-water	P-loosely	P-Al	P-Fe	P-reductant	P-Ca	P-apatite	%		mg/kg			
													OM	Total N	K	Na	Ca	Mg
50	P	1	108.67	74.19	34.48	3.43	4.96	13.72	7.60	0.00	3.28	1.50	1.38	0.069	65.35	63.00	1640.00	125.70
50	P	2	113.51	79.89	33.62	4.13	4.96	14.23	6.59	0.00	2.29	1.43	1.27	0.063	67.05	67.50	1735.00	131.83
50	P	3	113.79	78.31	35.48	3.77	6.10	15.92	6.59	0.00	2.51	0.58	1.25	0.063	66.55	74.00	1805.00	135.50
50	N	1	112.07	74.51	37.55	1.97	5.71	15.92	7.13	0.00	5.82	1.00	1.28	0.064	64.15	70.00	1797.50	135.30
50	N	2	108.49	71.82	36.67	4.84	5.15	15.52	6.96	0.00	3.12	1.07	1.26	0.063	67.00	73.50	1692.50	131.48
50	N	3	104.85	65.08	39.77	2.05	5.72	16.33	8.43	0.00	5.74	1.50	1.11	0.055	66.30	69.00	1650.00	127.80
75	P	1	106.76	67.65	39.11	4.40	6.58	15.93	8.34	0.00	2.67	1.21	1.19	0.060	63.00	49.50	1707.50	121.20
75	P	2	100.14	69.68	30.47	3.95	3.67	13.59	6.95	0.00	2.06	0.24	1.13	0.057	63.40	81.50	1825.00	136.10
75	P	3	113.28	75.44	37.85	4.22	5.81	17.40	7.32	0.00	2.51	0.58	1.21	0.061	62.55	64.00	1677.50	116.78
75	N	1	108.76	65.81	42.95	4.66	6.29	16.85	7.78	0.00	6.23	1.14	1.41	0.070	64.20	55.50	1662.50	123.10
75	N	2	97.70	63.13	34.56	2.99	3.58	15.92	8.71	0.00	2.36	1.00	1.46	0.073	62.50	54.00	1825.00	133.80
75	N	3	78.01	48.68	29.33	0.00	3.86	15.01	6.77	0.00	2.82	0.86	1.49	0.074	62.50	57.50	1770.00	127.13

***WHC ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ 0%, 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ภาคผนวก ข

ผลข้อมูลการทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของภาวะแล้งและการใส่เชื้อ AMF ต่อการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสและการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

ตารางภาคผนวก ข1 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรูปแบบต่างๆ (P-fraction) การทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)

WHC	25	25	25	25	25	25	50	50	50	50	50	50	75	75	75	75	75	75		
AMF	P	P	P	N	N	N	P	P	P	N	N	N	P	P	P	N	N	N		
Rep	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
P-fraction (mg/kg)	Total	17.35	18.08	18.67	15.41	15.65	17.85	17.62	16.74	17.87	15.61	14.63	16.57	15.74	19.16	17.50	16.61	17.25	18.43	
	Organic	17.35	17.06	17.90	14.96	15.01	16.14	16.44	15.83	17.34	14.48	13.61	15.62	14.34	17.82	15.99	14.50	16.01	16.03	
	Inorganic	0.00	1.02	0.77	0.45	0.64	1.71	1.18	0.91	0.54	1.13	1.02	0.95	1.41	1.34	1.50	2.10	1.23	2.40	
	P-water	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	P-loosely	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	P-Al	0.00	0.10	0.00	0.04	0.03	0.72	0.57	0.19	0.30	0.09	0.35	0.46	0.37	0.51	0.41	0.35	0.39	0.53	
	P-Fe	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	P-reductant	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	P-Ca	0.00	0.92	0.77	0.41	0.60	0.99	0.61	0.72	0.24	1.04	0.66	0.49	1.03	0.83	1.10	1.75	0.84	1.86	
	P-apatite	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

***WHC ประกอบด้วย 3 ระดับ คือ 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ข2 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)

WHC		25	25	25	25	25	25	50	50	50	50	50	50	75	75	75	75	75	75	
AMF		P	P	P	N	N	N	P	P	P	N	N	N	P	P	P	N	N	N	
Rep		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Soil properties	%	OM	0.28	0.35	0.31	0.23	0.21	0.29	0.33	0.34	0.35	0.27	0.27	0.25	0.29	0.37	0.41	0.33	0.33	0.39
		Total N	0.014	0.018	0.015	0.012	0.010	0.014	0.017	0.017	0.017	0.014	0.013	0.012	0.014	0.018	0.021	0.017	0.016	0.019
	mg/kg	K	104.46	83.70	101.68	112.80	100.50	133.28	74.18	75.53	152.53	61.55	121.13	68.67	86.70	105.13	121.55	92.63	76.00	311.87
		Na	35.63	25.02	17.05	14.45	16.01	21.06	18.37	18.55	15.91	12.65	14.95	10.60	12.29	26.27	26.07	21.84	16.63	12.22
		Ca	214.22	430.17	324.60	226.10	193.74	366.26	371.15	366.13	373.75	255.90	192.10	186.97	233.10	451.40	487.35	401.95	274.70	503.90
		Mg	22.76	38.27	32.24	21.42	21.32	33.78	38.41	35.51	36.51	24.46	20.60	20.60	23.85	43.71	43.95	39.21	26.45	47.53
		Available P	3.60	4.63	4.66	3.72	3.97	5.40	4.03	3.75	3.88	3.09	3.13	3.03	3.45	4.09	3.93	3.59	3.00	4.14
		Fe	3.83	1.84	2.61	2.85	4.13	1.89	5.13	5.38	4.82	6.17	7.72	7.13	7.21	5.78	4.12	5.73	7.06	5.64
		Zn	1.54	1.25	1.37	1.26	1.47	1.06	0.59	0.53	0.49	0.72	0.60	0.71	0.84	0.93	0.68	0.62	0.95	0.70
		Cu	0.20	0.22	0.29	0.10	0.23	0.17	0.18	0.17	0.14	0.11	0.07	0.10	0.15	0.22	0.20	0.14	0.20	0.20
Mn	22.65	12.55	22.04	15.86	23.94	18.48	31.29	34.32	32.17	30.71	26.06	29.17	30.67	35.93	36.01	32.92	33.58	35.53		

***WHC ประกอบด้วย 3 ระดับ คือ 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ข3 ผลธาตุอาหาร น้ำหนักสดและแห้งของพืช การเข้าอยู่อาศัยของ AMF ภายในรากพืช และปริมาณสปอร์ในดินของการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)

WHC	AMF	Rep	Plant nutrition (%)					Fresh weight (g)		Dry weight (g)		Colonization (%)	Spore in soil (spore/g soil)
			Total N	Total P	Total K	Total Ca	Total Mg	Shoot	Root	Shoot	Root		
25	P	1	2.56	0.0060	1.62	0.77	0.25	22.61	8.20	5.23	1.35	9.15	1.15
25	P	2	2.04	0.0059	1.70	0.60	0.31	25.16	9.27	4.98	1.33	14.52	0.63
25	P	3	3.03	0.0062	1.66	1.03	0.30	14.92	5.52	3.23	0.63	10.39	0.77
25	N	1	2.81	0.0055	1.53	0.69	0.29	13.46	3.99	2.73	0.42	10.11	0.63
25	N	2	3.70	0.0059	1.87	0.70	0.25	17.38	6.43	3.32	0.65	6.10	0.68
25	N	3	5.02	0.0057	1.78	0.99	0.32	14.86	4.33	2.77	0.33	13.92	0.36
50	P	1	2.87	0.0021	1.23	0.50	0.22	35.87	18.21	9.36	3.55	12.95	0.78
50	P	2	3.04	0.0019	1.33	0.55	0.23	31.21	16.83	7.03	2.60	13.38	0.37
50	P	3	2.68	0.0037	1.46	0.55	0.26	24.78	16.94	5.15	2.71	11.92	0.49
50	N	1	3.25	0.0022	1.49	0.52	0.25	23.92	12.62	4.51	1.40	9.83	0.59
50	N	2	3.66	0.0041	2.12	0.49	0.20	21.67	11.69	4.05	1.04	9.89	0.60
50	N	3	3.41	0.0029	1.14	0.56	0.27	14.65	12.43	2.95	1.26	12.94	0.50
75	P	1	3.80	0.0053	1.76	0.62	0.25	17.20	5.44	3.61	0.55	19.13	0.72
75	P	2	2.00	0.0044	1.55	0.49	0.20	25.49	16.09	5.41	2.21	16.83	0.92
75	P	3	1.75	0.0027	1.54	0.60	0.25	24.56	13.10	4.73	1.79	18.93	0.71
75	N	1	1.77	0.0028	1.50	0.43	0.22	35.90	18.65	7.83	2.94	21.29	0.63
75	N	2	2.47	0.0023	1.19	0.50	0.26	27.34	16.05	5.72	2.01	15.99	0.68
75	N	3	1.90	0.0026	1.27	0.51	0.30	22.40	14.00	4.87	1.76	12.11	0.47

***WHC ประกอบด้วย 3 ระดับ คือ 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF

ตารางภาคผนวก ข4 ผลความสูงของข้าวโพดหวานในช่วงสัปดาห์แรกจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต ในการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)

WHC		25	25	25	25	25	25	50	50	50	50	50	50	75	75	75	75	75	75	
AMF		P	P	P	N	N	N	P	P	P	N	N	N	P	P	P	N	N	N	
Rep		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Plant height (cm)	Before the flag leaf	W0	25.46	21.27	26.24	25.87	26.68	25.70	26.58	26.23	25.38	26.00	22.13	23.10	24.10	23.18	24.93	23.30	19.90	25.73
		W1	34.44	29.23	32.72	30.07	35.20	30.70	35.18	31.60	35.03	32.43	33.58	32.80	35.12	33.15	35.35	34.55	31.40	34.23
		W2	35.50	32.43	36.56	32.07	35.70	36.84	42.63	34.70	41.20	40.03	37.48	42.47	44.34	39.53	36.83	42.38	39.43	42.17
		W3	53.14	41.17	55.58	47.80	41.34	48.98	62.03	49.25	55.33	53.33	45.95	49.60	55.58	47.55	47.68	52.70	52.93	59.70
		W4	62.10	45.03	63.30	51.50	53.86	56.92	71.80	60.35	60.25	58.88	54.28	51.90	53.06	49.35	55.18	60.35	56.07	63.93
		W5	63.26	49.57	66.60	56.87	58.70	59.06	78.04	69.13	68.83	64.25	56.75	59.83	54.60	54.63	59.08	67.33	61.33	66.77
	flag leaf	W6	69.72	61.67	71.34	60.53	62.60	63.56	85.28	75.63	73.95	68.50	61.13	63.43	56.90	63.88	67.75	74.58	67.67	68.73
		W7	52.40	49.33	58.20	53.33	55.20	65.60	53.50	48.25	46.13	36.50	46.75	30.67	40.20	51.63	45.88	45.75	35.67	48.67
		W8	52.80	49.50	58.30	53.67	56.80	65.82	53.63	48.38	46.25	36.50	46.75	31.00	40.30	51.75	45.88	45.88	35.67	48.67
		W9	52.60	43.33	33.60	30.00	49.20	32.20	53.50	51.00	48.00	43.38	48.75	37.67	42.40	52.00	57.00	58.25	45.00	50.00
		W10	52.70	43.33	33.70	30.00	48.10	32.50	53.63	51.00	48.13	43.50	48.75	37.83	42.40	52.00	57.00	58.25	45.00	50.33
W11	52.70	43.33	33.70	30.00	48.10	32.50	53.63	51.00	46.17	43.50	48.75	37.83	42.40	52.00	57.00	58.25	45.00	50.33		

***WHC ประกอบด้วย 3 ระดับ คือ 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF; W คือ สัปดาห์

ตารางภาคผนวก ข5 ผลเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของข้าวโพดหวานในช่วงสัปดาห์แรกจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต ในการทดลองที่ 2 (ชุดดินชลบุรี)

WHC		25	25	25	25	25	25	50	50	50	50	50	50	75	75	75	75	75	75	
AMF		P	P	P	N	N	N	P	P	P	N	N	N	P	P	P	N	N	N	
Rep		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Plant diameter (cm)	Before the flag leaf	W0	0.24	0.23	0.23	0.22	0.24	0.21	0.23	0.20	0.23	0.21	0.24	0.25	0.26	0.24	0.24	0.25	0.27	0.23
		W1	0.23	0.17	0.25	0.22	0.22	0.23	0.30	0.26	0.33	0.30	0.28	0.32	0.32	0.29	0.34	0.35	0.32	0.32
		W2	0.35	0.37	0.37	0.33	0.36	0.34	0.50	0.38	0.45	0.44	0.45	0.43	0.45	0.41	0.39	0.50	0.40	0.47
		W3	0.45	0.38	0.48	0.45	0.42	0.45	0.66	0.50	0.65	0.51	0.53	0.55	0.50	0.48	0.46	0.50	0.52	0.57
		W4	0.61	0.50	0.66	0.60	0.57	0.60	0.91	0.81	0.84	0.78	0.69	0.63	0.66	0.64	0.60	0.74	0.73	0.77
		W5	0.77	0.62	0.70	0.57	0.61	0.63	1.18	0.88	0.76	0.84	0.74	0.75	0.75	0.78	0.73	0.83	0.80	0.88
	flag leaf	W6	1.00	0.82	0.93	0.80	0.86	0.90	1.30	1.18	1.06	0.98	0.84	0.90	0.83	0.95	0.95	1.04	0.95	0.97
		W7	0.72	0.73	0.80	0.60	0.88	0.88	0.60	0.60	0.50	0.53	0.60	0.67	0.52	0.73	0.75	0.53	0.70	0.48
		W8	0.76	0.78	0.85	0.63	0.92	0.93	0.60	0.61	0.53	0.55	0.63	0.70	0.54	0.76	0.75	0.56	0.72	0.50
		W9	0.50	0.60	0.50	0.53	0.60	0.66	0.55	0.55	0.55	0.60	0.48	0.43	0.42	0.55	0.50	0.55	0.58	0.50
		W10	0.54	0.60	0.54	0.55	0.61	0.67	0.59	0.59	0.56	0.61	0.51	0.47	0.44	0.59	0.54	0.58	0.58	0.52
W11	0.54	0.60	0.54	0.55	0.61	0.67	0.59	0.59	0.56	0.61	0.51	0.47	0.43	0.59	0.54	0.58	0.58	0.52		

***WHC ประกอบด้วย 3 ระดับ คือ 25%, 50% และ 75%; AMF ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ P = การใส่เชื้อ AMF และ N = การไม่ใส่เชื้อ AMF; W คือ สัปดาห์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)	นางสาวดวงกมล ชูแดง
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)	Ms. Duangkamon Chudaeng
ที่อยู่	บ้านเลขที่ 83 ม.3 ต.ทุ่งกง อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี รหัสไปรษณีย์ 84290
E-mail address	DuangkamonChudaeng@gmail.com
โทร	086-266-2383

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีการศึกษาที่จบ
วท.บ.	เกษตรศาสตร์ (ปฐพีวิทยา)	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง	2559

ผลงานวิจัย

ดวงกมล ชูแดง ชฎาพร กิ่งแก้ว ภัทรารัตน์ เทียมเก่า และ บุญฤทธิ วัฒนภิญโญ. 2561. การเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมีระหว่าง วิธี Kjeldahl และ วิธี Combustion. วารสารเกษตรพระจอม. 36(ฉบับพิเศษ) : 35-44.

Chudaeng, D. and Teamkao, P. 2020. Effects of soil moisture content and arbuscular mycorrhizal fungi on phosphorus fractions in soil. **Inter. J. Agri. Tech.** 16(2) : 247-258.