P-ISSN 2586-9000
E-ISSN 2586-9027

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี Homepage : http://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj
ปีที่ 30 ฉบับที่ 1 (มกราคม-กุมภาพันธ์ 2565) หน้า [109-122]

ผลของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินหลังการขังน้ำ

Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth of Field Corn Growing in Soil after Waterlogging

ขวัญภิชา สังข์สำราญ[1], อรประภา เทพศิลปวิสุทธิ์[1], พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์[1],* นัทฐา ทักษ์รัตนศรัณย์[2]

[1]*สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12120
[2]*สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1 ปทุมธานี 12110*

Khwanpicha Sungsamran[1], Ornprapa Thapsilvisul[1], Phakpen Poomipan[1],*
Natta Takrattanasaran[2]

[1]*Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology,*
Thammasat University, Pathum Thani 12120
[2]*Land Development Regional 1, Pathum Thani 12110*

Received 22 May 2021; Received in revised 16 August 2021; Accepted 27 August 2021

บทคัดย่อ

การท่วมขังของน้ำมีผลทำให้ธาตุอาหารในดินลดลง พืชที่ปลูกในดินหลังการขังน้ำจึงมีผลผลิตต่ำ ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินหลังการขังน้ำ (ชุดดินรังสิต) โดยวางแผนการทดลองแบบ 2x2 Factorial in CRD จำนวน 5 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 คือ สภาพของดินก่อนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ ดินปลูกพืช และดินขังน้ำ ปัจจัยที่ 2 คือ การไม่ใส่และใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา *Glomus* sp. ให้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ผลการทดลองพบว่า การท่วมขังของน้ำทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำลง โดยมีผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ลดลง ประมาณ 18 17 17 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (เมื่อเทียบกับดินหลังการปลูกพืช) และมีผลทำให้ดินมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ สปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินก็มีจำนวนลดลงประมาณ 57 เปอร์เซ็นต์ (เมื่อเทียบกับดินหลังการปลูกพืช) จากผลดังกล่าวจึงทำให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินหลังการขังน้ำมีการเจริญเติบโตและผลผลิตต่ำกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีปริมาณผลผลิตลดลงมากถึง 50 เปอร์เซ็นต์ โดยประมาณ อย่างไรก็ตาม การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินหลังการขังน้ำช่วยทำให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น

***ผู้รับผิดชอบบทความ** phakpen@staff.tu.ac.th
doi: 10.14456/tstj.2022.10

ได้ จึงเป็นผลทำให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินหลังขังน้ำมีการเจริญเติบโตและผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสามารถเพิ่มผลผลิตได้ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินหลังการขังน้ำโดยไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอรุ์ไรซา ดังนั้นจึงชี้ให้เห็นว่า การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกหลังการขังน้ำได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา; ดินขังน้ำ; ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Abstract

Waterlogging in soil has resulted in decreasing plant nutrients. Plants that grow in the ground after waterlogging often have low yields. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of arbuscular mycorrhizal (AM) fungal application on the growth and yield of field corn planting after waterlogged soil (Rangsit soil series). An experimental design was 2x2 factorial in CRD with five replications. Factor 1 was soil before field corn plantation; planted soil, and waterlogged soil. Factor 2 was AM inoculation (without/with *Glomus* sp.). The results had found that fertility of the soil after waterlogging was decreased. Soil organic matter, total nitrogen, available phosphorus, available potassium were reduced by approximately 18, 17, 17, and 10 %, respectively. Soil pH was decreased. Moreover, the number of AM spores in the soil was decreased by 57%. These results show that field corn grown in soil after waterlogging had significantly lower growth and yield than planted soil. The yield of field corn grown in soil after waterlogging was reduced by 50% approximately. However, applied AM fungi to soil after waterlogging had promoted nitrogen and phosphorus uptake in field corn. Their growth and yield were significantly increased. The yield was increased by approximately 25% compared to field corn planting in soil after waterlogging without AM inoculation. Therefore, these results had indicated that the application of AM fungi could significantly increase the growth and yield of field corn planting in waterlogged soil.

Keywords: Arbuscular mycorrhizal fungi; Waterlogged soil; Field corn

1. บทนำ

ในปัจจุบัน ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศปรากฏให้เห็นทั่วโลก เช่น ฝนตกหนักจากพายุฝนฟ้าคะนองหรือพายุหมุนเขตร้อน ร่องความกดอากาศต่ำกำลังแรง อากาศแปรปรวน และน้ำทะเลหนุนเป็นต้น ซึ่งส่งผลต่อระบบการเกษตรกรรมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยประเทศไทยที่ตั้งอยู่ในเขตลุ่มแม่น้ำโขงมีความเสี่ยงจากสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่ทำให้เกิดปัญหาอุทกภัยรุนแรงมากขึ้น ตัวอย่างเช่นในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยประสบกับอุทกภัยรุนแรงที่สุดในรอบหลายสิบปี โดยเฉพาะในพื้นที่ลุ่มภาคกลาง สร้างความเสียหายในหลายด้าน ต้องใช้งบประมาณเพื่อซ่อมแซมและฟื้นฟูเป็นจำนวนมาก [1] ถัดมาในปี พ.ศ. 2563 เกิดปรากฏการณ์ลานีญา จึงทำให้มีฝนตกหนักทั่วประเทศ ส่งผลให้เกิดน้ำท่วมใหญ่ทั้งในภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และท่วมขังพื้นที่ทำการเกษตรเป็นเวลานานจนกระทั่งเกิดความเสียหายต่อผลผลิต [2] ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ประเทศไทยได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ทำให้เกิดปัญหาอุทกภัยรุนแรงมากกว่าในอดีต อีกทั้งสภาพภูมิประเทศที่มีข้อจำกัด ทำให้การระบายน้ำตามธรรมชาติและที่สร้างขึ้นไม่สามารถรองรับได้เพียงพอ จึงยิ่งเป็นเหตุให้เกิดความเสียหายต่อพื้นที่เกษตรกรรม [3]

เมื่อเกิดน้ำท่วมจะทำให้ดินมีการขังน้ำติดต่อกันเป็นเวลานาน ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชโดยตรง ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำจะทำให้ดินขาดอากาศ โครงสร้างของดินถูกทำลาย และเกิดการอัดแน่น หน้าดินจะถูกพัดไปกับกระแสน้ำทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ โดยทั่วไปดินที่ถูกน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลานานจะมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลง และธาตุอาหารต่างๆ เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมจะลดลงเช่นกัน นอกจากนี้ ยังมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินลดลง [4, 5] อีกทั้งความมีชีวิตของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินที่เคยถูกน้ำท่วมขังทนอยู่ไม่ได้จนสูญหายไป เช่น ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาตามธรรมชาติจะมีจำนวนสปอร์ลดลงด้วยเช่นกัน [6]

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกับพืช โดยราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะเข้าอาศัยอยู่ในรากพืชและแตกแขนงเส้นใยราภายนอกรากเพื่อทำหน้าที่ดูดน้ำและธาตุอาหารจากดิน ทำให้พืชได้รับธาตุอาหารเพิ่มขึ้น เจริญเติบโตดีขึ้น และได้ผลผลิตมากขึ้น [7] ดังนั้นการนำราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามาใช้ในการฟื้นฟูดินหลังการขังน้ำ จึงอาจช่วยทำให้พืชได้รับธาตุอาหารเพิ่มขึ้นได้ โดยการศึกษาทดลองในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินหลังการขังน้ำ

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การวางแผนการทดลอง

โดยวางแผนการทดลองแบบ 2x2 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 5 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 คือ สภาพของดินก่อนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ ดินปลูกพืช และดินขังน้ำ และปัจจัยที่ 2 คือ การไม่ใส่และใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

2.2 การเตรียมวัสดุการทดลอง

2.2.1 การเพิ่มปริมาณสปอร์ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

นำตัวอย่างดินจากสถาบันวิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ซึ่งมีการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาเป็นระยะเวลานานกว่า 10 ปี มาแยกสปอร์จากด้วยวิธี wet sieving and decanting [8] และคัดแยกสปอร์ *Glomus* sp. ที่จัดจำแนกตามลักษณะ spore morphology โดยมีลักษณะเป็นสปอร์เดี่ยวและสปอร์เกาะกันเป็นกลุ่ม สีเหลืองน้ำตาลอ่อน สปอร์มีรูปร่างกลม ขนาด 80-120 ไมครอน ผนังสปอร์ประกอบด้วย 2 ชั้น ผิวของสปอร์มีลักษณะเรียบ [9] นำมาเพิ่มปริมาณในกระถางโดยใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชอาศัย (ใช้ดินที่ผ่านการกำจัดราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาตามธรรมชาติโดยการ auto-

clave) เป็นเวลา 60 วัน จากนั้นนำดินที่ใช้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาใช้เป็น soil inoculant ซึ่งมีจำนวนสปอร์ 30 สปอร์ต่อดินแห้งหนึ่งกรัม

2.2.2 ตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดิน (ชุดดินรังสิต) ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร จากนั้นนำดินมาพึ่งให้แห้งในที่ร่ม แยกเศษพืชออก เตรียมดินให้มีขนาดสม่ำเสมอ คลุกเคล้าให้เข้ากันดี สุ่มตัวอย่างดินมาวิเคราะห์สมบัติของดิน พบว่าเป็นดินเหนียวมีสีน้ำตาล ปฏิกิริยาดิน 6.7 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก

2.2.3 ปุ๋ยสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดังนี้ ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 อัตรา 16 กิโลกรัมต่อไร่ พร้อมปลูก และปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 16 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 อัตรา 6 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 21 วันหลังปลูก

2.3 การเตรียมหน่วยทดลอง

นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้ในข้อ 2.2 บรรจุใส่กระถางขนาด 15 นิ้ว กระถางละ 10 กิโลกรัม จำนวน 20 กระถาง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 วิธี ได้แก่ 1) ปลูกพืช (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3) จำนวน 10 กระถาง และ 2) ขังน้ำให้ดินอยู่ในสภาพเปียกและรักษาระดับน้ำให้ท่วมขังเหนือผิวดินตลอดเวลา จำนวน 10 กระถาง โดยใช้ระยะเวลา 6 สัปดาห์ หลังจากนั้นจึงนำดินในกระถางที่ผ่านการปลูกพืชและขังน้ำแล้ว มาใส่และไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (soil inoculant 100 กรัมต่อกระถาง) อย่างละ 5 กระถาง ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (พันธุ์นครสวรรค์ 3) จำนวน 1 ต้นต่อกระถาง จนถึงระยะเก็บเกี่ยว ใส่ปุ๋ยตามอัตราค่าการวิเคราะห์ดินสำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในทุกทรีตเมนต์ ให้น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต กำจัดแมลงและวัชพืชโดยวิธีกล

2.4 การเก็บบันทึกผลการทดลอง

2.4.1 การเก็บบันทึกข้อมูลก่อนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ได้แก่ การประเมินจำนวนสปอร์ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา โดยการนำดินมาแยกสปอร์ด้วยวิธี wet sieving and decanting และ sugar centrifugation method [8, 10] พบว่า สภาพของดินมีผลต่อจำนวนสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินปลูกพืชมีจำนวนสปอร์เท่ากับ 763.2±72.6 สปอร์ต่อดิน 100 กรัม ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินขังน้ำ โดยมีจำนวนสปอร์เท่ากับ 330.4±51.9 สปอร์ต่อดิน 100 กรัม หรือคิดเป็น 43 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินปลูกพืช หรืออีกความหมายหนึ่งคือ การขังน้ำมีผลทำให้จำนวนสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาลดลง 57 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 1)

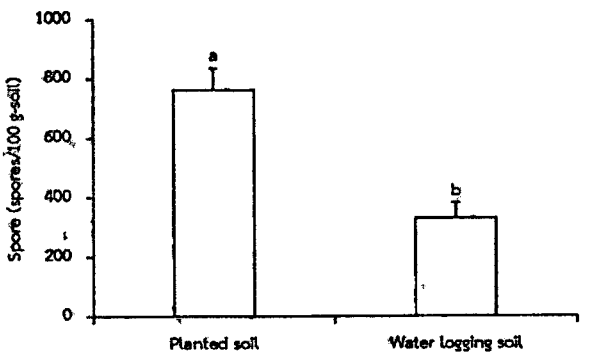

Figure 1 AM spore numbers in planted soil and waterlogged soil

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ [11] พบว่า การขังน้ำและการปลูกพืชมีผลทำให้สมบัติดินเปลี่ยนแปลงไปจากดินเมื่อเริ่มทดลอง จากการวิเคราะห์สมบัติของดินขังน้ำมีความเป็นกรดมากกว่าดินปลูกพืช โดยดินขังน้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.5 ส่วนดินปลูกพืชมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินขังน้ำต่ำกว่าในดินปลูกพืช โดยดินขังน้ำมีปริมาณอินทรียวัตถุ 3.85 เปอร์เซ็นต์ และดินปลูกพืชมีปริมาณอินทรียวัตถุ 4.68 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินขังน้ำต่ำกว่าในดินปลูกพืช โดยดินขังน้ำมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.19 เปอร์เซ็นต์ และดินปลูกพืชมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.23 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินขังน้ำต่ำกว่าในดินปลูกพืช โดยดินขังน้ำมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 27.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และดินปลูกพืชมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 32.96 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินขังน้ำต่ำกว่าในดินปลูกพืช โดยดินขังน้ำมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ 220.87 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และดินปลูกพืชมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ 245.32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ดินขังน้ำจะมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น มีปริมาณอินทรียวัตถุลดลง และมีปริมาณธาตุอาหารลดลง (ตารางที่ 1)

Table 1 Soil properties of planted soil and waterlogged soil

Soil properties	Soil before experiment	Planted soil	Waterlogged soil
pH [1]	6.7	7.0	6.5
Soil organic matter [2] (%)	5.43	4.68	3.85
Total nitrogen [3] (%)	0.27	0.23	0.19
Available phosphorus (mg/kg) [4]	41.58	32.96	27.33
Available potassium (mg/kg) [5]	365.98	245.32	220.87

[1] 1:1, soil:H_2O, [2] Walkley-Black titration method, [3] Calculated from the organic matter in the soil, [4] Bray II, [5] 1 M NH4OAc, pH 7.0 extraction

2.4.2 การเก็บบันทึกข้อมูลหลังการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ได้แก่ ประเมินการเข้าอยู่อาศัยของราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในราก ตามวิธีของ McGonigle และคณะ (1990) [12] จากนั้นทำการคำนวณหา เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของการเข้าอยู่อาศัยในรากพืชตามวิธีของ Trouvelet และคณะ (1986) [13] และวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทั้งหมดในพืช [14] ข้อมูลการเจริญเติบโต เช่น ความสูงต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เมื่ออายุ 30, 45 และ 60 วันหลังปลูก วันออกเกสรตัวผู้ 50 เปอร์เซ็นต์ วันออกไหม น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน น้ำหนักแห้งราก และข้อมูลผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เช่น น้ำหนักผลผลิตต่อไร่ (น้ำหนักแห้งของฝักรวมเปลือก) และคำนวณดัชนีการเก็บเกี่ยว

2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม SPSS

3. ผลการวิจัย

3.1 การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ผลต่อความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เมื่ออายุ 30, 45 และ 60 วัน หลังปลูก พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำมีความสูงน้อยกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืช และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาก็มีความสูงน้อยกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาด้วยเช่นกัน กล่าวคือ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำโดยไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสูงน้อยที่สุด 16.5±0.7, 30.5±0.9 และ 67.1±4.7 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ที่ปลูกในดินปลูกพืชโดยไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสูงมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความสูง 29.7±0.9, 57.7±3.2 และ 162.9±6.6 เซนติเมตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำ พบว่า มีผลทำให้ความสูงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความสูง 18.4±0.8, 36.2±2.0 และ 89.4±5.3 เซนติเมตร ตามลำดับ และยังพบว่าการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืชก็มีผลทำให้ความสูงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน โดยมีความสูง 30.8±0.7, 62.0±3.7 และ 160.0±3.7 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2; A, B, C)

ผลต่อจำนวนวันเกสรตัวผู้บาน 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำมีจำนวนวันเกสรตัวผู้บาน 50 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืช หรืออีกนัยหนึ่งคือ เกสรตัวผู้บาน 50 เปอร์เซ็นต์ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำช้ากว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืช แต่การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไม่มีผลต่อจำนวนวันเกสรตัวผู้บาน 50 เปอร์เซ็นต์ กล่าวคือ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำมีจำนวนวันเกสรตัวผู้บาน 50 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 64±1 วัน ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนวันเกสรตัวผู้บาน 50 เปอร์เซ็นต์ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืช (57±1 วัน) (ตารางที่ 2; D)

ผลต่อจำนวนวันออกไหม พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำมีจำนวนออกไหมมากกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืช หรืออีกนัยหนึ่งคือ จำนวนวันออกไหมของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำช้ากว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืช และการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไม่มีผลต่อจำนวนออกไหม กล่าวคือ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำมีจำนวนออกไหมเท่ากับ 66±1 วัน ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนออกไหมของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืช (58±1 วัน) (ตารางที่ 2; E)

ผลต่อน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินน้อยกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืช และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาก็มีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินน้อยกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาด้วยเช่นกัน กล่าวคือ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำโดยไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินน้อยที่สุด 31.7±1.1 กรัมต่อต้น ในขณะที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืชโดยไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเท่ากับ 49.2±1.5 กรัมต่อต้น อย่างไรก็ตาม เมื่อใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำ พบว่า มีผลทำให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเท่ากับ 37.4±0.8 กรัมต่อต้น และยังพบว่าการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืชก็มีผลทำให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน โดยมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเท่ากับ 52.8±0.8 กรัมต่อต้น (ตารางที่ 2; F)

ผลต่อน้ำหนักแห้งราก พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำมีน้ำหนักแห้งรากน้อยกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืช และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาก็มีน้ำหนักแห้งรากน้อยกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาด้วยเช่นกัน กล่าวคือ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำโดยไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งรากน้อยที่สุด 12.0±0.5 กรัมต่อต้น ในขณะที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืชโดยไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งรากมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีน้ำหนักแห้งรากเท่ากับ 14.1±0.6 กรัมต่อต้น อย่างไรก็ตาม เมื่อใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำ พบว่า มีผลทำให้น้ำหนักแห้งรากเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีน้ำหนักแห้งรากเท่ากับ 13.3±1.0 กรัมต่อต้น ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักแห้งรากของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืชโดยไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา อีกทั้งยังพบว่าการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืชก็มีผลทำให้น้ำหนักแห้งรากเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน โดยมีน้ำหนักแห้งรากเท่ากับ 17.6±0.8 กรัมต่อต้น (ตารางที่ 2; G)

3.2 ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ผลต่อปริมาณผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำมีปริมาณผลผลิตน้อยกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืช และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาก็มีปริมาณผลผลิตน้อยกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาด้วยเช่นกัน กล่าวคือ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำโดยไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณผลผลิตน้อยที่สุด 405±37 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืชโดยไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณผลผลิตมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีปริมาณผลผลิต 813±36 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตาม เมื่อใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำ พบว่า มีผลทำให้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีปริมาณผลผลิต 505±36 กิโลกรัมต่อไร่ แต่การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืชไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิต โดยมีปริมาณผลผลิต 833±34 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืชโดยไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (ตารางที่ 3; A)

ผลต่อดัชนีการเก็บเกี่ยว พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำมีดัชนีการเก็บเกี่ยวน้อยกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืช และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาก็มีดัชนีการเก็บเกี่ยวน้อยกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาด้วยเช่นกัน กล่าวคือ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำโดยไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีดัชนีการเก็บเกี่ยวน้อยที่สุด 0.37±0.03 ในขณะที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืชโดยไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีดัชนีการเก็บเกี่ยวมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีดัชนีการเก็บเกี่ยว 0.45±0.01 อย่างไรก็ตาม เมื่อใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำ พบว่า มีผลทำให้ดัชนีการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีดัชนีการเก็บเกี่ยว 0.43±0.02 ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีการเก็บเกี่ยวของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืชโดยไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา นอกจากนี้ การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืชไม่มีผลต่อดัชนีการเก็บเกี่ยว โดยพบว่ามีดัชนีการเก็บเกี่ยวเท่ากับ 0.47±0.02 ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืชโดยไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (ตารางที่ 3; B)

Table 2 Effect of AM application on growth of field corn planting in planted soil and waterlogged soil

Soils	AM fungi (AM)	Plant height (cm)			Tasselling (days)	Silking (days)	Dry weight (g/plant)	
		30 days (A)	45 days (B)	60 days (C)	(D)	(E)	Shoot (F)	Root (G)
Soil								
Planted soil		30.3±0.9^{a}	59.8±4.0^{a}	161.7±5.2^{a}	57±1.0^{b}	58±1.0^{b}	51.0±2.2^{a}	15.8±2.0^{a}
Waterlogged soil		17.4±1.2^{b}	33.4±3.3^{b}	78.3±12.7^{b}	64±1.0^{a}	66±1.0^{a}	34.6±3.1^{b}	12.7±1.1^{b}
AM								
Without AM		23.1±7.0^{b}	44.1±14.5^{b}	115.0±50.8^{b}	61±4.0	62±5.0	40.5±9.3^{b}	13.0±1.2^{b}
With AM		24.6±6.6^{a}	49.1±13.6^{a}	125.0±37.7^{a}	60±3.0	62±4.0	45.1±8.2^{a}	15.4±2.4^{a}
Soil * AM								
Planted soil	Without AM	29.7±0.9$^{b1/}$	57.7±3.2^{b}	162.9±6.6^{a}	57±0.8^{b}	58±1.0^{b}	49.2±1.5^{b}	14.1±0.6^{b}
	With AM	30.8±0.7^{a}	62.0±3.7^{a}	160.6±3.7^{a}	57±0.7^{b}	57±0.9^{b}	52.8±0.8^{a}	17.6±0.8^{a}
Waterlogged soil	Without AM	16.5±0.7^{d}	30.5±0.9^{d}	67.1±4.7^{c}	64±1.6^{a}	66±1.7^{a}	31.7±1.1^{d}	12.0±0.5^{c}
	With AM	18.4±0.8^{c}	36.2±2.0^{c}	89.4±5.3^{b}	63±0.9^{a}	66±0.5^{a}	37.4±0.8^{c}	13.3±1.0^{b}
F test								
Soil		**	**	**	**	**	**	**
AM		**	**	**	ns	ns	**	**
Soil*AM		**	**	**	**	**	**	**

** There were statistically significant differences at 99%, ns means not significant difference.

$^{1/}$means ± standard deviations in column with the same letter had no significant difference at p-value < 0.05 by DMRT

3.3 จำนวนสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดิน

ผลต่อจำนวนสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดิน พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำมีจำนวนสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินน้อยกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืช และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาก็มีจำนวนสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินน้อยกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาด้วยเช่นกัน กล่าวคือ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำโดยไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีจำนวนสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินน้อยที่สุด 595±34 สปอร์ต่อดินแห้ง 100 กรัม ในขณะที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืชโดยไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีจำนวนสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีจำนวนสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดิน 879±32 สปอร์ต่อดินแห้ง 100 กรัม อย่างไรก็ตาม เมื่อใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำ พบว่า มีผลทำให้จำนวนสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีจำนวนสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดิน 776±15 สปอร์ต่อดินแห้ง 100 กรัม และยังพบว่าการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืชก็มีผลทำให้จำนวนสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน โดยมีจำนวนสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดิน 1583±23 สปอร์ต่อดินแห้ง 100 กรัม (ตารางที่ 3; C)

เมื่อพิจารณาจำนวนสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาตามระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยเมื่อเริ่มมีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า ในดินปลูกพืชมีจำนวนสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามากกว่าในดินขังน้ำ แต่เมื่อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เมื่ออายุ 60 วันหลังปลูก พบว่า สปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีจำนวนเพิ่มขึ้นในทุกทรีตเมนต์ และเมื่อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เมื่ออายุ 120 วันหลังปลูก พบว่า การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลทำให้จำนวนสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินขังน้ำเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับจำนวนสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินปลูกพืช ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยฟื้นฟูความเสียหายจากการขังน้ำที่มีต่อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาตามธรรมชาติได้ (รูปที่ 2)

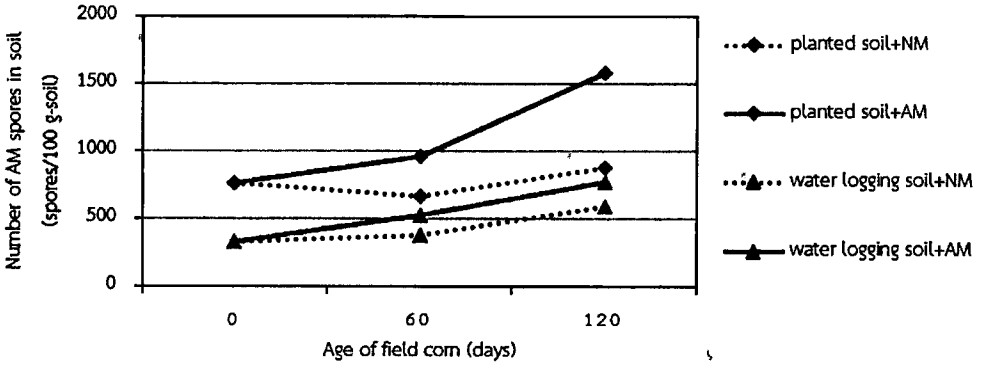

Figure 2 Numbers of AM spores of field corn at 0, 60 and 120 days that planting in planted and waterlogged soil without/with AM inoculation (NM/AM)

3.4 การเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ผลต่อการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำมีการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากน้อยกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืช และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาก็มีกวรเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากน้อยกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาด้วยเช่นกัน กล่าวคือ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำโดยไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากน้อยที่สุด 8.2±1.1 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืชโดยไม่มีกจรใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในราก 20.0±0.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำ พบว่า มีผลทำให้การเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในราก 22.2±2.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืชโดยไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา นอกจากนี้ การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืชยังมีผลทำให้การเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกันเท่ากับ 27.2±1.4 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3; D)

3.5 ปริมาณธาตุอาหารในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ผลต่อปริมาณไนโตรเจนที่ดูดซับได้ทั้งหมดในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำมีปริมาณไนโตรเจนที่ดูดซับได้ทั้งหมดน้อยกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืช และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาก็มีปริมาณไนโตรเจนที่ดูดซับได้ทั้งหมดน้อยกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาด้วยเช่นกัน กล่าวคือ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำโดยไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณไนโตรเจนที่ดูดซับได้ทั้งหมดน้อยที่สุด 0.81±0.05 กรัมต่อต้น ในขณะที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืชโดยไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณไนโตรเจนที่ดูดซับได้ทั้งหมดมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีปริมาณไนโตรเจนที่ดูดซับได้ทั้งหมด 1.10±0.07 กรัมต่อต้น อย่างไรก็ตาม เมื่อใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืช พบว่า มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ดูดซับได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีปริมาณไนโตรเจนที่ดูดซับได้ทั้งหมด 1.17±0.04 และ 1.20±0.05 กรัมต่อต้น (ตารางที่ 3; E)

ผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่ดูดซับได้ทั้งหมดในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำมีปริมาณฟอสฟอรัสที่ดูดซับได้ทั้งหมดน้อยกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืช และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาก็มีปริมาณฟอสฟอรัสที่ดูดซับได้ทั้งหมดน้อยกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาด้วยเช่นกัน กล่าวคือ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำโดยไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณฟอสฟอรัสที่ดูดซับได้ทั้งหมดน้อยที่สุด 44.18±3.58 มิลลิกรัมต่อต้น ในขณะที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืชโดยไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณฟอสฟอรัสที่ดูดซับได้ทั้งหมดมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสที่ดูดซับได้ทั้งหมด 68.61±2.88 มิลลิกรัมต่อต้น อย่างไรก็ตาม เมื่อใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำ พบว่า มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่ดูดซับได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสที่ดูดซับได้

ทั้งหมด 68.26±2.44 มิลลิกรัมต่อต้น และยังพบว่าการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืชก็มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่ดูดซับได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสที่ดูดซับได้ทั้งหมด 76.24±2.48 มิลลิกรัมต่อต้น (ตารางที่ 3; F)

Table 3 Effect of AM application on yield, AM colonization, spore and nutrients content in field corn growing in planted soil and waterlogged soil

Soil	AM fungi (AM)	Cob yield (kg/rai) (A)	Harvesting index (B)	Spore (spores/ 100 g-soil) (C)	AM colonization (%) (D)	Total N content (g/plant) (E)	Total P content (mg/plant) (F)
Soil							
Planted soil		823±35^{a}	0.46±0.02^{a}	1231±372^{a}	23.6±3.9^{a}	1.15±0.07^{a}	72.42±4.58^{a}
Waterlogged soil		455±63^{b}	0.40±0.04^{b}	686±98^{b}	15.2±7.6^{b}	0.99±0.20^{b}	56.23±12.93^{b}
AM							
Without AM		609±218^{b}	0.41±0.05^{b}	737±152^{b}	14.1±6.3^{b}	0.95±0.16^{b}	56.40±13.14^{b}
With AM		669±176^{a}	0.45±0.02^{a}	1180±426^{a}	24.7±3.2^{a}	1.19±0.04^{a}	72.25±4.65^{a}
Soil * AM							
Planted soil	**Without AM**	813±36$^{a1/}$	0.45±0.01^{ab}	879±32^{b}	20.0±0.5^{c}	1.10±0.07^{b}	68.61±2.88^{b}
	With AM	833±34^{a}	0.47±0.02^{a}	1583±23^{a}	27.2±1.4^{a}	1.20±0.05^{a}	76.24±2.48^{a}
Waterlogged soil	**Without AM**	405±37^{c}	0.37±0.03^{c}	595±34^{d}	8.2±1.1^{d}	0.81±0.05^{c}	44.18±3.58^{c}
	With AM	505±36^{b}	0.43±0.02^{b}	776±15^{c}	22.2±2.8^{b}	1.17±0.04^{a}	68.26±2.44^{b}
F test							
Soil		**	**	**	**	**	**
AM		**	**	**	**	**	**
Soil*AM		**	**	**	**	**	**

** There were statistically significant differences at 99% $^{1/}$ means ± standard deviations in column with the same letter had no significant difference at p-value < 0.05 by DMRT

4. วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

การขังน้ำมีผลทำให้จำนวนสปอร์ในดินและการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากลดลง เนื่องจากราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเป็นจุลินทรีย์ที่ต้องใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิต [15] เมื่อมีการขังน้ำจะทำให้ดินขาดออกซิเจน ซึ่งส่งผลต่อความมีชีวิตของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดิน สอดคล้องกับการศึกษาของ Solaiman และ Ḥirata เกี่ยวกับการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อข้าวที่ปลูกในพื้นที่ชุ่มน้ำ พบว่า มีจำนวนสปอร์และการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาน้อยมาก [6] นอกจากนี้ การขังน้ำยังมีผลทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง เนื่องจากธาตุอาหารพืชถูกชะล้างออกไป ทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ และเมื่อมีการขังน้ำนานมากขึ้นยิ่งเป็นผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลง [4] ดังนั้นในการทดลองนี้จึงพบว่า ข้าวโพดที่ปลูกในดินขังน้ำมีการเจริญเติบโตและผลผลิตต่ำที่สุด รวมถึงปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในพืชลดลงด้วยเช่นกัน

อย่างไรก็ตาม การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำมีผลทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และดัชนีการเก็บเกี่ยว รวมถึงปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมดในพืชมากกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังมีผลทำให้จำนวนสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาและการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำเพิ่มขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Poomipan และคณะ ศึกษาเกี่ยวกับผลของการใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตและการดูดธาตุอาหารในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ได้รับการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะเจริญเติบโตได้ดีกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และได้รับธาตุอาหารมากกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา [16] เนื่องจากราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีการแตกเส้นใยราออกมาภายนอกราก ซึ่งทำหน้าที่ดูดน้ำและธาตุอาหารจากดิน เพื่อลำเลียงธาตุอาหารให้แก่พืชที่มีราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัยมากกว่าพืชที่ไม่มีราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัย ทำให้พืชได้รับธาตุอาหาร เจริญเติบโต และผลผลิตเพิ่มขึ้น [7] ดังนั้นการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาส่งผลให้เพิ่มการดูดธาตุอาหารหลายชนิดจากดินเข้าสู่พืช โดยเฉพาะฟอสฟอรัส [17, 18] เช่นการศึกษาวิจัยของ Mohammadi และคณะ เกี่ยวกับประโยชน์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของพืช พบว่า ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีประสิทธิภาพในการเพิ่มการดูดธาตุอาหารและเพิ่มน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ ของพืชหลายชนิดที่ปลูกในดินที่มีธาตุฟอสฟอรัสต่ำ [19]

เมื่อพิจารณาที่การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืช ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตไม่แตกต่างกับกจรไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เนื่องจากดินปลูกพืชมีราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาตามธรรมชาติจำนวนและจุลินทรีย์ในดินอื่นๆ ทำให้การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่คัดเลือกแล้วในรูปของ soil inoculum ไม่ได้ผล เพราะไม่สามารถแข่งขันเพื่อเข้าอยู่อาศัยในรากพืชได้ [6, 20] ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Oruru และคณะ เกี่ยวกับผลของถั่วฝักยาวต่อการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อและไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาตามธรรมชาติ พบว่า การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินอบฆ่าเชื้อช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชได้ดีกว่าการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินไม่อบฆ่าเชื้อ [21]

5. สรุปผลการวิจัย

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำมีการเจริญเติบโต ผลผลิต ดัชนีการเก็บเกี่ยว ปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสน้อยกว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินปลูกพืช อย่างไรก็ตาม การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินขังน้ำมีผลทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต ดัชนีการเก็บเกี่ยว ปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

6. References

[1] Open Development Thailand, Climate change, Available Source: https://thailand.opendevelopmentmekong.net/th/topics/climate-change/, January 22, 2021. (in Thai)

[2] Mitrpholmodernfarm, La Niña a global phenomenon 2020-2021 in Thailand. Available Source: http://www.mitrpholmodernfarm.com, January 22, 2021. (in Thai)

[3] Suwannakorn, S, Why this year the flooding of Ubon Ratchathani Province?, Available Source: https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/847483, January 22, 2021. (in Thai)

[4] Research and Development for Land Management Division, Land Development Department, Soil management after flooding of rubber plantation areas, Available Source: http://www.ldd.go.th/www/files/78070.pdf, January 22, 2021. (in Thai)

[5] Silprasert, N., 2001, The study air fill in flooded plant system, Engineering - Irrigation project, Department of Engineering - Irrigation Faculty of Engineering, Kasetsart University Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom, 252 p. (in Thai)

[6] Solaiman, M.Z. and Hirata, H., 1998, Glomus - wetland rice mycorrhizas influenced by nursery inoculation techniques under high fertility soil conditions, Biol. Fertil. Soils. 27(1): 92-96.

[7] Mala, T., 2546, Organic fertilizer and organic fertilizer: production techniques and utilization, Kasetsart university press, Bangkok, 300 p. (in Thai)

[8] Daniels, B.A. and Skipper, H.D., 1982; Methods for the recovery.and quantitative estimation of propagules from soil, 244 p, In Schneck N. C. (Eds.), Methods and principles of mycorrhizal Research, American Phytopathological Society, St Paul, Minnesota.

[9] Suwanarit P., 2004, Teaching biology of mycorrhiza, Department of Microbiology Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

[10] Gerdemann, J.W. and Nicolson, T.H., 1963, Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting, Trans. Brit. Mycol. Soc. 46(2): 235-244.

[11] Land Development Department, 2010, Manual for Chemical Soil Analysis, Document No OSD-05, Land Development Department, Bangkok, 51 p. (in Thai)

[12] McGonigle, T.P., Miller, M.H., Evans, D.G., Fairchild, G.L. and Swan, J.A., 1990, A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, New Phytol. 115(3): 495-501.

[13] Trouvelot, A., Kough, J.L. and Gianinazzi-Pearson, V., 1986, Mesure du taux de mycorhization VA d'un système radiculaire. Recherche de méthode d'estimation ayant une signification fonctionnelle.

pp. 217-221, In Physiological and genetical aspects of mycorrhizae: proceedings of the 1st european symposium on mycorrhizae. Dijon, 1-5 July 1985.

[14] Land Development Department, 2010, Manual for Plant, Fertilizer and Soil Amendment Analysis. Document No OSD-07, Land Development Department, Bangkok, 53 p. (in Thai)

[15] Wang, Y., Li, T., Li, Y., Björn, L.O., Rosendahl, S., Olsson, P.A. and Fu, X., 2015, Community dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi in high-input and intensively irrigated rice cultivation systems, Appl. Environ. Microbiol. 81(8): 2958-2965.

[16] Poomipan, P., Suwanarit, A., Suwanarit. P., Nopamonbodi, O. and Dell, B., 2011, Reintroduction of a native Glomus to a tropical Ultisol promoted grain yield in maize after fallow and restored the density of arbuscular mycorrhizal fungal spores, J. Soil Sci. Plant Nutr. 174(2): 257-268.

[17] Hodge, A. and Fitter, A.H., 2010, Substantial nitrogen acquisition by arbuscular mycorrhizal fungi from organic material has implications for N cycling, PNAS. 107: 13754-13759.

[18] Veresoglou, S.D., Chen, B. and Rillig, M.C., 2012, Arbuscular mycorrhiza and soil nitrogen cycling, Soil Biol Biochem. 46: 53-62.

[19] Mohammadi, K., Khalesro, S., Sohrabi, Y. and Heidari, G., 2011, A review: beneficial effects of the mycorrhizal fungi for plant growth, J. Appl. Environ. Biol. Sci. 1(9): 310-319.

[20] Farzaneh, M., Vierheilig, H., Lössl, A. and Kaul, H.P., 2011, Arbuscular mycorrhiza enhances nutrient uptake in chickpea, Plant Soil Environ. 57(10): 465-470.

[21] Oruru, M.B., Njeru, E.M., Pasquet, R. and Runo, S., 2018, Response of a wild-type and modern cowpea cultivars to arbuscular mycorrhizal inoculation in sterilized and non-sterilized soil, J Plant Nutr. 41(1): 90-101.