# รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

**1. แผนงานวิจัย** : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพดิน ปุ๋ยและน้ำทางการเกษตรอย่างสมดุลและยั่งยืน

**2. โครงการวิจัย** : โครงการวิจัยและพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพและจุลินทรีย์ดินเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร

**3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : การเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยใช้จุลินทรีย์ดินร่วมกับการอนุรักษ์ดินเพื่อการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

**ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ)** : Increasing soil fertility by using soil microorganisms with soil conservation for maize production

**4. คณะผู้ดำเนินงาน**


| | | |
|---|---|---|
| **หัวหน้าการทดลอง** : | นางสาวบุณฑริก ฉิมชาติ | กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร |
| **ผู้ร่วมงาน** : | นางสาวกนกอร บุญพา | กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร |
| | นางสาวนิศารัตน์ ทวีนุต | กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร |
| | นางสาวพัชรินทร์ นามวงษ์ | กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร |
| | นายอรัญญ์ ขันติยวิชย์ | ศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น |
| | นายธวัชชัย อินทร์บุญช่วย | ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |


กรมวิชาการเกษตร

**5. บทคัดย่อ :**


งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร่วมกับการปลูกหญ้าแฝกและใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมร่วมกับการปลูกถั่วเหลืองเพื่อลดการพังทลายของหน้าดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพิ่มผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยในปี พ.ศ. 2560 ทำการศึกษา ณ แปลงสาธิตเขาสวนกวาง ศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 3 ซ้ำ มี 7 กรรมวิธีการทดลอง ซึ่งทุกกรรมวิธีมีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 30-5-10 กิโลกรัม $N$-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่ พบว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการปลูกถั่วเหลืองคลุมดินและหญ้าแฝกที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถช่วยลดการพังทลายของหน้าดินได้ประมาณ 42 เปอร์เซ็นต์และลดการสูญเสียธาตุอาหารในดินได้ จึงมีส่วนช่วยให้น้ำหนักสดของฝักปอกเปลือก เปลือก ซัง และเมล็ดมีค่าสูงที่สุด ได้แก่ 668 117 89 และ 672 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนในปีที่ พ.ศ. 2561 และ 2562 ทำการศึกษา ณ แปลงเกษตรกร บ้านซับลังกา ตำบลเกาะรัง อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรีวางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ มี 6 กรรมวิธีการทดลอง พบว่าผลการศึกษาคล้ายกับที่แปลงสาธิตเขาสวนกวาง โดยกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 20-5-10

กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับการปลูกถั่วเขียวและหญ้าแฝกที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ช่วยลดการสูญเสียหน้าดินได้ 67 เปอร์เซ็นต์ และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 20-5-10 กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับการปลูกหญ้าแฝกที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาลดการสูญเสียธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมมีค่า 44 64 และ 54 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับวิธีที่ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเพียงอย่างเดียว
**คำหลัก :** ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

**ABSTRACT :**

This research focuses on the use of arbuscular mycorrhiza biofertilizer with vetiver and rhizobium biofertilizer with soybean to reduce soil erosion and increase soil fertility and yield of maize. In 2017, the experiment was studied at Khao Suan Kwang demonstration plot, Agricultural Production Sciences Research and Development Center. The experimental design was RCB with 3 replications and 7 treatments, all treatments were applied chemical fertilizer based on soil analysis rate 30-5-10 kilogram N-$P_2O_5$-$K_2O$ per rai. The result showed that treatment was applied soybean and vetiver with arbuscular mycorrhiza biofertilizer was effective in reducing soil erosion about 42 % and nutrients loss which positively correlated with high yield of the values of fresh weight for ear without husk, husk, cob and grain such as 668, 117, 89 and 672 kg/rai, respectively. In 2018-2019, the experiment was studied at farmer field, Ko Rang sub-districts, Chai Badan district, Lop Buri province. The experimental design was RCB with 4 replications and 6 treatments. The results are similar to those at Khao Suan Kwang demonstration plot which treatment was applied chemical fertilizer rate 20-5-10 kilogram N-$P_2O_5$-$K_2O$ per rai, mung bean and vetiver with arbuscular mycorrhiza biofertilizer was effective in reducing soil erosion about 67 % and treatment was applied chemical fertilizer rate 20-5-10 kilogram N-$P_2O_5$-$K_2O$ per rai, vetiver with arbuscular mycorrhiza biofertilizer was reduced nitrogen phosphorus and potassium loss about 44, 64 and 54 %, respectively.
**Key - word :** Mycorrhiza biofertilizer, Maize, Soil fertility

**6. คำนำ :**

ดินในเขตร้อนส่วนใหญ่เป็นดินที่มีพัฒนาการสูง มีข้อจำกัดด้านธาตุอาหารพืช ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ ค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรด ปริมาณเหล็กและอะลูมินัมออกไซด์สูง ความสามารถในการดูดยึดน้ำต่ำ การแทรกซึมน้ำต่ำ ความสามารถในการดูดยึดฟอสฟอรัสสูง ทำให้ดินขาดธาตุฟอสฟอรัส (George *et al*., 2001; Filho and Yamada, 2002) ในปัจจุบันพื้นที่ทางการเกษตรมีความอุดมสมบูรณ์ลดลงเนื่องจากการชะล้างพังทลายของหน้าดิน ไม่มีระบบการชะลอการไหลของน้ำฝน และการทำเกษตรอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ผลผลิต

กรมวิชาการเกษตร

ทางการเกษตรต่ำ ไม่เพียงพอต่อการบริโภคหรือไม่พอสำหรับขายเพื่อเป็นรายได้ เกษตรกรไม่อนุรักษ์และฟื้นฟูปรับปรุงดินทำให้พื้นที่ปลูกเสื่อมโทรมมากขึ้นมีผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง

แนวทางการแก้ไขปัญหาคือการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน การใช้หญ้าแฝกเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถใช้ป้องกันการกัดเซาะหน้าดินโดยใช้ระบบรากพืช หญ้าแฝกเป็นหญ้าที่สามารถเจริญเติบโตได้ในดินทุกชนิด และมีระบบรากที่ซับซ้อน สามารถแทงทะลุลงไปในดินชั้นล่างได้เป็นอย่างดี (Mickovski and Beek, 2009) ระบบรากของหญ้าแฝกมีสภาพที่เหมาะกับกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน บริเวณรากของหญ้าแฝกพบว่ามีเชื้อจุลินทรีย์อาศัยอยู่หลายชนิด ส่วนใหญ่มีผลดีต่อการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารพืชในดิน ช่วยดูดซับธาตุอาหารจากดิน และส่งเสริมให้เกิดกิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์ในเขตรากหญ้าแฝก ซึ่งจะส่งผลดีต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช (Punamiya *et al*., 2010) นอกจากจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์อาศัยในเขตรากหญ้าแฝกจะมีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกแล้ว ยังมีจุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนและราไมคอร์ไรซาบางชนิดที่มีผลต่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกอีกด้วย ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซานั้นสามารถช่วยเพิ่มพื้นที่รากเพิ่มการดูดซับของธาตุอาหารในดินและช่วยเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างดิน โดยเส้นใยราที่อยู่นอกรากจะสร้างสาร glomalin ออกมาเพื่อช่วยยึดโครงสร้างดินได้ (พักตร์เพ็ญ, 2556; National Research Council, 1993) นอกจากนี้ พืชตระกูลถั่วสามารถใช้เป็นพืชคลุมดิน เนื่องจากใบของต้นถั่วสามารถชะลอและลดแรงกระแทกของเม็ดฝนที่สัมผัสกับเม็ดดินได้ (Pereira and Andre, 2011) การปรับปรุงบำรุงดินด้วยพืชตระกูลถั่วร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีการใช้อย่างแพร่หลายทั่วไป ดังนั้นการนำแฝกและพืชคลุมดินมาใช้ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพจึงเป็นทางหนึ่งที่ช่วยลดการสูญเสียหน้าดิน เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน และช่วยเพิ่มผลผลิตได้มากขึ้น

**7. วิธีดำเนินการ :**

- อุปกรณ์

1. เครื่องมือสำรวจดินภาคสนามมาตรฐานเช่น ได้แก่ สว่านเก็บตัวอย่างดิน และถุงพลาสติกเก็บตัวอย่างดิน เป็นต้น
2. บ่อดักตะกอน
3. เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3
4. กล้าหญ้าแฝกพันธุ์สระบุรี 2 (ปี พ.ศ. 2560) พันธุ์สุราษฎร์ธานี (ปี พ.ศ. 2561-2562)
5. เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์นครสวรรค์ 1 เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวชัยนาท 84-1
6. ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาและไรโซเบียม
7. เครื่องมือวัดการเจริญเติบโตและเก็บผลผลิต
8. เครื่องมือและอุปกรณ์วิเคราะห์ดินและพืช

- วิธีการ

กรมวิชาการเกษตร

**ปีที่ 1 (พ.ศ. 2560)**

ทำการศึกษาในแปลงสาธิตเขาสวนกวาง ศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น บ้านคำม่วง ตำบลคำม่วง อำเภอเขาสวนกวาง จังหวัดขอนแก่น พิกัดที่ตั้ง 16° 51’ N 102° 51’ E ความสูงประมาณ 210 เมตรจากระดับน้ำทะเล สภาพภูมิประเทศโดยรวมเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดเทเฉลี่ย 4.02 เปอร์เซ็นต์

วางแผนการทดลองแบบ RCB 7 กรรมวิธี 3 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 วิธีปฏิบัติของเกษตรกร (FP)

กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (SF)

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการปลูกถั่วเหลือง (SF+SB)

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการปลูกหญ้าแฝก (SF+VG)

กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการปลูกหญ้าแฝก+ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (SF+VG+AMF)

กรรมวิธีที่ 6 ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการปลูกถั่วเหลืองและหญ้าแฝก (SF+SB+VG)

กรรมวิธีที่ 7 ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการปลูกถั่วเหลืองและหญ้าแฝก+ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์-ไมคอร์ไรซา (SF+SB+VG+AMF)

* วิธีปฏิบัติของเกษตรกร: ใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่พร้อมปลูก

ใส่ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่เมื่อข้าวโพดอายุ 30 วัน

ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน: ใส่ปุ๋ยเคมีให้ได้ปริมาณธาตุอาหาร N-$P_2O_5$-$K_2O$ เท่ากับ 30-5-10 กิโลกรัมต่อไร่

ในกรรมวิธีที่มีการปลูกถั่วเหลือง มีการคลุกเมล็ดถั่วเหลืองด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม 200 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 10 กิโลกรัม

เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูก โดยเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ที่ความลึก 10 เซนติเมตร เพื่อตรวจนับสปอร์ราอาร์บัส-คูลาร์ไมคอร์ไรซาโดยวิธี wet sieving และเก็บตัวอย่างดินแบบ composite sample จำนวน 5 จุดต่อพื้นที่ตามระดับความลาดเทที่ระดับความลึก 0-20 และ 20-40 เซนติเมตร นำมาวิเคราะห์สมบัติดินในห้องปฏิบัติการหาค่าได้แก่ การกระจายขนาดของอนุภาคดินโดยวิธี Pipette (Gee and Bauder, 1986) ค่าพีเอช (National Soil Survey Center, 1996) อินทรียวัตถุโดยวิธี Walkley-Black (Nelson and Sommers, 1996) ไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธี Kjeldahl ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Thomas, 1982) หลังจากได้ค่าวิเคราะห์ดินแล้ว นำค่าที่ได้ไปประเมินปริมาณธาตุอาหารที่ต้องใส่ให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (2553) จากนั้นทำการปรับพื้นที่ เตรียมบ่อดักตะกอนจำนวน 21 บ่อ และเตรียมพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในแปลงย่อยให้มีขนาดแปลงกว้าง x ยาว เท่ากับ 4 x 3 เมตร ทำการปลูกหญ้าแฝกวันที่ 21 เมษายน 2560 โดยใส่ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซารองก้นหลุมตามกรรมวิธีที่กำหนดเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ ปลูกเป็นแถว 2 แถวตามแนวระดับขวางความลาดเทของพื้นที่ โดยแถวที่ 2 ปลูกขนานกับแนวแรก โดยมีระยะห่างขึ้นกับสภาพความลาดชันของพื้นที่ จากนั้นปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์วันที่ 25 พฤษภาคม 2560 ปลูกแบบแถวเดี่ยว ระยะปลูกต้น x แถว เท่ากับ 75 x 20 เซนติเมตร หยอดเมล็ด 2 เมล็ดต่อหลุม กลบหลุมด้วยดินบาง ๆ ถอนแยกเมื่อข้าวโพดอายุได้ประมาณ 2 สัปดาห์ ให้ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่กำหนด

กรมวิชาการเกษตร

โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่เมื่อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุได้ 20 วัน ครั้งที่สองใส่เมื่ออายุ 40 วัน ทำการวัดการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เริ่มที่ 30 45 60 75 และ 90 วันหลังปลูก ตามด้วยการปลูกถั่วเหลืองวันที่ 26 มิถุนายน 2560 โดยคลุกเมล็ดด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมก่อนปลูก

ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนดินและปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดินในบ่อดักตะกอนดินในช่วงที่มีฝนตกตลอดฤดูปลูก และนำตัวอย่างตะกอนดินสะสมทั้งฤดูปลูกไปวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สูญเสียในตะกอนดิน เก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดที่อายุประมาณ 120 วัน ในช่วงที่อากาศแห้ง พื้นที่เก็บเกี่ยวกว้าง x ยาว เท่ากับ 2 x 2 เมตร สุ่มเก็บตัวอย่าง 3 ต้นต่อแปลงชั่งน้ำหนักสด สุ่มเก็บตัวอย่างส่วนเหนือดิน แยกเป็น 5 ส่วน คือ เมล็ด ซัง เปลือก ลำต้น และใบของข้าวโพดในแต่ละกรรมวิธีมาวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เพื่อประเมินปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียออกไปจากพื้นที่โดยติดไปกับผลผลิต จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างดินแบบ composite sample ในแต่ละแปลงย่อยจำนวน 5 จุดที่ระดับความลึก 0-20 และ 20-40 เซนติเมตร มาวิเคราะห์ธาตุอาหารที่สูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว นำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน และเก็บตัวอย่างดินแบบ composite sample บริเวณรากหญ้าแฝกจำนวน 3 จุดต่อแปลงย่อยที่ความลึก 10 เซนติเมตร เพื่อตรวจหาสปอร์ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาและจัดจำแนกอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

**ปีที่ 2-3 (พ.ศ. 2561-2562)**

ทำการศึกษาในแปลงเกษตรกรตั้งอยู่ที่บ้านซับลังกา ตำบลเกาะรัง อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี พิกัดที่ตั้ง 15°21'41.0"N 101°16'41.6"E ความสูงประมาณ 92 เมตรจากระดับน้ำทะเล มีสภาพภูมิประเทศโดยรวมเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนชัน มีความลาดชันเฉลี่ย 15 เปอร์เซ็นต์ตามแนวตะวันออก-ตะวันตก 5 เปอร์เซ็นต์ตามแนวเหนือ-ใต้ โดยทำการศึกษา 2 ปีต่อเนื่อง

วางแผนการทดลองแบบ RCB 6 กรรมวิธี 4 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (SF)

กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการปลูกถั่วเขียว (SF+GB)

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการปลูกหญ้าแฝก (SF+VG)

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการปลูกหญ้าแฝก+ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (SF+VG+AMF)

กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการปลูกถั่วเขียวและหญ้าแฝก (SF+GB+VG)

กรรมวิธีที่ 6 ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการปลูกถั่วเขียวและหญ้าแฝก+ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (SF+GB+VG+AMF)

* ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน: ใส่ปุ๋ยเคมีให้ได้ปริมาณธาตุอาหาร N-$P_2O_5$-$K_2O$ เท่ากับ 20-5-10 กก.ต่อไร่

ในกรรมวิธีที่มีการปลูกถั่วเขียว มีการคลุกเมล็ดถั่วเขียวด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม 200 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว 10 กิโลกรัม

เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูก โดยเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ที่ความลึก 10 เซนติเมตร เพื่อตรวจนับสปอร์ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาและเก็บตัวอย่างดินแบบ composite sample จำนวน 5 จุดต่อพื้นที่ตามระดับความลาดเทที่ระดับความลึก 0-20 และ 20-50 เซนติเมตร นำมาวิเคราะห์สมบัติดินในห้องปฏิบัติการเหมือนปีที่ 1 หลังจากได้

กรมวิชาการเกษตร

ค่าวิเคราะห์ดินแล้ว นำค่าที่ได้ไปประเมินปริมาณธาตุอาหารที่ต้องใส่ให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากนั้นทำการปรับพื้นที่เตรียมบ่อดักตะกอน จำนวน 24 บ่อ และเตรียมพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในแปลงย่อยให้มีขนาดแปลงกว้าง x ยาว เท่ากับ 6 x 6 เมตร ทำการปลูกหญ้าแฝกวันที่ 26 เมษายน 2561 โดยใส่ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซารองก้นหลุมตามกรรมวิธีที่กำหนดโดยปลูกเป็นแถว 2 แถวตามแนวระดับขวางความลาดเทของพื้นที่ แถวที่ 2 ปลูกขนานกับแนวแรก มีระยะห่างขึ้นกับสภาพความลาดชันของพื้นที่ จากนั้นทำการปลูกถั่วเขียววันที่ 5 มิถุนายน 2561 โดยคลุกเมล็ดด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมก่อนปลูกตามด้วยปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์วันที่ 3 กรกฎาคม 2561 ปลูกแบบแถวเดี่ยว ระยะปลูกต้น x แถว เท่ากับ 75 x 20 เซนติเมตร หยอดเมล็ด 2 เมล็ดต่อหลุม กลบหลุมด้วยดินบาง ๆ ถอนแยกเมื่อข้าวโพดอายุได้ประมาณ 2 สัปดาห์ ให้ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่กำหนดโดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่รองพื้นพร้อมปลูก ครั้งที่สองใส่เมื่ออายุ 30 วัน ทำการวัดการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เริ่มที่ 30 60 และ 90 วันหลังปลูก ปีต่อมาปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์วันที่ 11 สิงหาคม 2562 ใส่ปุ๋ย และวัดการเจริญเติบโตแบบเดียวกับปี พ.ศ. 2560 ตามด้วยการปลูกถั่วเขียววันที่ 12 สิงหาคม 2562 โดยคลุกเมล็ดด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมก่อนปลูก

ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนดินและปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดินในบ่อดักตะกอนดินในช่วงที่มีฝนตกตลอดฤดูปลูก และนำตัวอย่างตะกอนดินสะสมทั้งฤดูปลูกไปวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สูญเสียในตะกอนดินเก็บเกี่ยวผลผลิต ข้าวโพดที่อายุประมาณ 120 วัน พื้นที่เก็บเกี่ยวกว้าง x ยาว เท่ากับ 3 x 3 เมตร สุ่มเก็บตัวอย่าง 10 ต้นต่อแปลงชั่งน้ำหนักสด สุ่มเก็บตัวอย่างส่วนเหนือดิน แยกเป็น 5 ส่วน คือ เมล็ด ซัง เปลือก ลำต้น และใบของข้าวโพดในแต่ละกรรมวิธีมาวิเคราะห์หาปริมาณ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เพื่อประเมินปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียออกไปจากพื้นที่โดยติดไปกับผลผลิต จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างดินแบบ composite sample ในแต่ละแปลงย่อยจำนวน 5 จุดที่ระดับความลึก 0-20 และ 20-50 เซนติเมตร มาวิเคราะห์ธาตุอาหารที่สูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว นำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน และเก็บตัวอย่างดินแบบ composite sample บริเวณรากหญ้าแฝกจำนวน 3 จุดต่อแปลงย่อยที่ความลึก 10 เซนติเมตร เพื่อตรวจหาสปอร์ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาและจัดจำแนกอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

**การจัดจำแนกราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาโดยเทคนิคอณูชีววิทยา**

นำสปอร์ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีลักษณะเหมือนกันฆ่าเชื้อบริเวณผิวสปอร์โดยขั้นแรกนำสปอร์ไปล้างด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อที่มี tween 1 หยด ลงไป 10 มิลลิลิตร นำไป sonicate เป็นเวลา 3–5 วินาทีย้ายสปอร์ใส่ลงในหลอดปั่นเหวี่ยงขนาด 1.5 มิลลิลิตร (microcentrifuge) เติมสารละลาย 2 % chloramine-T + tween ปริมาตร 1 มิลลิลิตรลงในแต่ละหลอดปั่นเหวี่ยง พลิกหลอดไปมาให้เป็นเวลา 5 นาที ปั่นเหวี่ยงให้สปอร์ตกตะกอน ใช้ทิปดูดสารละลายด้านบนออก ทำซ้ำขั้นตอนนี้อีก 1 รอบ จากนั้นเติมสารละลาย antibiotic streptomycin sulfate + gentamycin sulfate ลงไป 1 มิลลิลิตร พลิกหลอดไปมาให้เป็นเวลา 5 นาที ปั่นเหวี่ยงให้สปอร์ตกตะกอน ใช้ทิปดูดสารละลายด้านบนออก ทำซ้ำขั้นตอนนี้อีก 2 รอบเติม deionized water ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วลงไป 1 มิลลิลิตร เพื่อล้างเอาสารละลายเดิมออก ปั่นเหวี่ยงให้สปอร์ตกตะกอน ใช้ทิปดูดสารละลายด้านบนออก ทำซ้ำขั้นตอนนี้อีก 1 รอบ ใช้ที่ดูดจ่ายสารละลายอัตโนมัติ (autopipette) ดูดสปอร์จำนวน 1 สปอร์ ใส่ลงในหลอด PCR ที่มี deionized water ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วปริมาตร 10 ไมโครลิตร ใช้ปลายทิปบี้สปอร์ให้แตกโดยสังเกตภายใต้

กรมวิชาการเกษตร

กล้องจุลทรรศน์แบบ 3 มิติ ดูดน้ำที่ได้ปริมาตร 1 ไมโครลิตร นำไปใช้เป็นดีเอ็นเอต้นแบบ (template DNA) จากนั้นเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมที่ต้องการโดยวิธี Polymerase chain reaction (PCR) รอบที่ 1 ร่วมกับการใช้ไพม์เมอร์ NS1 (5'-GTAGTCATATGCTTGTCTC-3') และ NS4 (5'-CTTCCGTCAATTCCTTTAAG-3') จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดเข้าเครื่อง PCR โดยมีลำดับของปฏิกิริยา (PCR reaction condition) ดังนี้

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ขั้นตอนที่ 1 | 95 องศาเซลเซียส | 3 | นาที | จำนวน 1 รอบ |
| ขั้นตอนที่ 2 | 94 องศาเซลเซียส | 30 | วินาที | 40 รอบ |
| | 55 องศาเซลเซียส | 40 | วินาที | |
| | 72 องศาเซลเซียส | 1 | นาที | |
| ขั้นตอนที่ 3 | 72 องศาเซลเซียส | 5 | นาที | จำนวน 1 รอบ |

ตรวจสอบ PCR product ด้วยเครื่องแยกดีเอ็นเอ (gel electrophoresis) ใน agarose gel ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ บันทึกรูปเจลปริมาณสารพันธุกรรมที่สามารถเพิ่มจำนวนได้นำ PCR product ไปใช้เป็น Template DNA ให้กับการทำ PCR รอบที่ 2 ทำPCR รอบที่ 2 ร่วมกับการใช้ไพม์เมอร์AM1 (5'-GTTTCCCGTAAGGCGCCGAA-3') และ NS31 (5'-TTGGAGGGCAAGTCTGGTGCC-3') จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดเข้าเครื่อง PCR โดยมีลำดับของปฏิกิริยา ดังนี้

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ขั้นตอนที่ 1 | 94 องศาเซลเซียส | 3 | นาที | จำนวน 1 รอบ |
| ขั้นตอนที่ 2 | 94 องศาเซลเซียส | 45 | วินาที | 30 รอบ |
| | 58 องศาเซลเซียส | 45 | วินาที | |
| | 72 องศาเซลเซียส | 45 | วินาที | |
| ขั้นตอนที่ 3 | 72 องศาเซลเซียส | 10 | นาที | จำนวน 1 รอบ |

ตรวจสอบ PCR product ด้วยเครื่องแยกดีเอ็นเอใน agarose gel ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ บันทึกรูปเจลปริมาณสารพันธุกรรมที่สามารถเพิ่มจำนวนได้ หาลำดับเบสของชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ได้จากการเพิ่มจำนวนด้วยเครื่อง DNA Sequencer จากนั้นนำลำดับเบสของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาแต่ละสายพันธุ์ที่ได้มาทำการ BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) เพื่อเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันกับสายพันธุ์ที่มีอยู่ในฐานข้อมูลของ The National Center for Biotechnology Information (NCBI) (www.ncbi.nlm.gov/BLAST/)

- เวลาและสถานที่ ตุลาคม 2559 – กันยายน 2563

  - ปี พ.ศ. 2560 แปลงสาธิตเขาสวนกวาง ศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น บ้านคำม่วง ตำบลคำม่วง อำเภอเขาสวนกวาง จังหวัดขอนแก่น
  - ปี พ.ศ. 2561-2562 แปลงเกษตรกรบ้านซับลังกา ตำบลเกาะรัง อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี

ศูนย์วิชาการเกษตร

**8. ผลการทดลองและวิจารณ์ :**

**ปีที่ 1 (พ.ศ. 2560)**

**1. สมบัติพื้นฐานของดิน**

สมบัติทางเคมีของดินก่อนทำการทดลอง (Table 1) พบว่าค่า pH ของดินอยู่ในช่วงเป็นกรดจัดถึงกรดอ่อน ปริมาณอินทรียวัตถุมีค่าต่ำมากถึงค่อนข้างต่ำ มีค่า 2.48-10.18 กรัมต่อกิโลกรัม จากผลการวิเคราะห์การแจกกระจายของอนุภาคดิน พบว่าดินที่ทำการศึกษาอยู่ในกลุ่มเนื้อดินปานกลาง อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของวัตถุต้นกำเนิดที่มาจากตะกอนเชิงเขา เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ชั้นเนื้อดิน พบว่าเป็นดินร่วนปนทราย หลังทำการทดลองได้เก็บดินในแต่ละกรรมวิธีมาทำการวิเคราะห์ธาตุอาหาร พบว่าปริมาณของอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าลดลงทุกกรรมวิธี แต่จะเห็นได้ว่าในกรรมวิธีที่ 4 5 6 และ 7 ปริมาณธาตุอาหารจะสูงกว่ากรรมวิธีที่เหลือ เนื่องจากในกรรมวิธีที่ 4 5 6 และ 7 มีการปลูกหญ้าแฝกร่วมด้วย จึงมีส่วนช่วยในการลดการสูญเสียหน้าดินและธาตุอาหารออกไปจากดิน

**Table 1** General characteristics of soils before planting and after harvesting.

| Soil properties / Sampling periods | pH | OM | Total N | Avail.P | Exch.K | Sand | Silt | Clay | Texture |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (---- g $kg^{-1}$ ----) | | (---- mg $kg^{-1}$ ----) | | (---------- % ----------) | | | |
| Before planting* | 5.78 | 5.3 | 0.22 | 75 | 49 | 73 | 17 | 10 | Sandy loam |
| After harvesting | | | | | | | | | |
| FP | 5.01 | 5.1 | 0.14 | 17 | 18 | -** | - | - | - |
| SF | 4.93 | 5.6 | 0.10 | 7 | 21 | - | - | - | - |
| SF+SB | 4.86 | 5.3 | 0.07 | 45 | 20 | - | - | - | - |
| SF+VG | 4.82 | 4.8 | 0.09 | 26 | 20 | - | - | - | - |
| SF+VG+AMF | 4.71 | 5.4 | 0.10 | 26 | 22 | - | - | - | - |
| SF+SB+VG | 5.33 | 3.7 | 0.19 | 33 | 22 | - | - | - | - |
| SF+SB+VG+AMF | 5.00 | 3.8 | 0.09 | 34 | 23 | - | - | - | - |

**Remarks:** FP = Farmer practice (15-15-15, 46-0-0); SF = Soil test-based fertilizer application (30-5-10); SB = Soybean; VG = Vetiver grass; AMF = Mycorrhiza biofertilizer.

* The average from 5 samples. ** Not measurement.

**2. การจำแนกราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาโดยเทคนิคอณูชีววิทยา**

ในการศึกษาการจำแนกราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินก่อนทำการทดลองในบริเวณพื้นที่โดยรอบ พบว่าดินมีจำนวนสปอร์เฉลี่ย 5.84 สปอร์ต่อดิน 1 กรัม (Table 2) จากนั้นนำสปอร์ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่แยกได้จากวิธีร่อนเปียกไปศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาซึ่งแสดงไว้ใน Figure 1 และเทคนิคทางอณูวิทยา พบว่าราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาท้องถิ่นที่พบมีความคล้ายคลึงกับชนิด *Dentiscutata cerradensis* 99-100 เปอร์เซ็นต์ (Table 3) สำหรับการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ขึ้นอยู่กับระยะทาง

กรมวิชาการเกษตร

วิวัฒนาการ (evolutionary distance) การวิเคราะห์จากค่าเปอร์เซ็นต์อัตลักษณ์ (identity percentage) จะให้ค่าประมาณที่เป็นประโยชน์ ซึ่งโดยปกติจะพิจารณาว่าสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ มีวิวัฒนาการใกล้ชิดกันหรือเป็นชนิดเดียวกันเมื่อเปอร์เซ็นต์อัตลักษณ์มีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ (Pearson, 2013) ดังนั้นจึงสามารถใช้ไพรเมอร์ AM1 และ NS31 ในการจัดจำแนกราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจนถึงระดับชนิด (species) ได้ หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินบริเวณที่ปลูกหญ้าแฝกตามกรรมวิธีการทดลอง นำมาร่อนตรวจนับสปอร์ พบว่าจำนวนสปอร์ในแต่ละกรรมวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร่วมด้วย จำนวนสปอร์จะมีจำนวนเพิ่มขึ้น (Table 2) จึงได้นำมาจำแนกเพื่อหาชนิดของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทางเทคนิคอณูชีววิทยาที่เพิ่มจำนวนขึ้นว่ามาจากราท้องถิ่นหรือมาจากปุ๋ยชีวภาพที่ใส่เพิ่มเข้าไป ใน Table 3 จะแสดงจึงชนิดของราในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา จะพบราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอยู่ 5 ชนิด ซึ่งชนิดที่พบมากที่สุด ได้แก่ *Gigaspora margarita* (ค่าความคล้ายคลึง 100 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งเป็นราชนิดที่ใช้ทำปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา รองลงมา คือ *Archaeospora leptoticha* (ค่าความคล้ายคลึง 99 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนี้ยังพบ *Dentiscutata cerradensis* (ค่าความคล้ายคลึง 99 เปอร์เซ็นต์) ตรงกับชนิดที่เป็นราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาท้องถิ่น เมื่อนำไปถ่ายภาพใต้กล้องจุลทรรศน์ เพื่อดูลักษณะทางสัณฐานวิทยาจะได้ตาม Figure 2 ซึ่งสปอร์แต่ละชนิดจะมีขนาดที่แตกต่างกัน จาก Figure 2(d) จะสังเกตได้ว่าราชนิด *Dentiscutata cerradensis* ทั้งก่อนและหลังจะมีขนาดใกล้เคียงกันและมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาคล้ายกันคือมีเซลล์ที่มี

**Table 2** Spore density of arbuscular mycorrhiza in soils before planting and after harvesting.

| Sampling periods | Spore density (spore $g^{-1}$) | Infection rate (%) |
|---|---|---|
| Before planting | 5.84* | 100.0 |
| After harvesting | | |
| FP | 3.06 | -** |
| SF | 5.36 | -** |
| SF+SB | 3.77 | -** |
| SF+VG | 4.83 | 100.0 a |
| SF+VG+AMF | 5.75 | 96.7 ab |
| SF+SB+VG | 6.41 | 93.3 ab |
| SF+SB+VG+AMF | 6.24 | 87.5 b |
| CV (%) | 55.83 | 19.56 |

**Remarks:** FP = Farmer practice (15-15-15, 46-0-0); SF = Soil test-based fertilizer application (30-5-10); SB = Soybean; VG = Vetiver grass; AMF = Mycorrhiza biofertilizer.

* The average from 5 samples. ** Treatment does not grow vetiver grass.

In a column, a common letter is not significant different at the 0.05 level by DMRT.

กรมวิชาการเกษตร

ลักษณะโป่งออกมาเรียกว่า bulbous sporogenous cells ผนังชั้นนอกมี 3-5 ชั้นและเชื่อมกับผนังของสปอร์ (Oehl *et al*., 2008) จึงอาจสรุปได้ว่าปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีส่วนช่วยต่อการเพิ่มจำนวนสปอร์ในดินและสามารถอยู่ร่วมกับราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาท้องถิ่นได้

**Table 3** Accession number of arbuscular mycorrhiza from soils before planting and after harvesting.

| Sampling periods | Ordinal number | Species of arbuscular mycorrhiza | Identity (%) | Accession number |
|---|---|---|---|---|
| Before planting | 1 | *Dentiscutata cerradensis* | 99% | EU020084.1 |
| | 2 | *Dentiscutata cerradensis* | 100% | MF196927.1 |
| After harvesting | 1 | *Gigaspora margarita* | 100% | KY634243.1 |
| | 2 | *Glomus leptotichum* | 99% | AB047308.1 |
| | 3 | *Acaulospora spinosa* | 99% | MF196929.1 |
| | 4 | *Dentiscutata cerradensis* | 99% | EU020084.1 |
| | 5 | *Acaulospora longula* | 99% | KY554749.1 |

**Figure 1** Morphology of *Dentiscutata cerradensis* before planting.

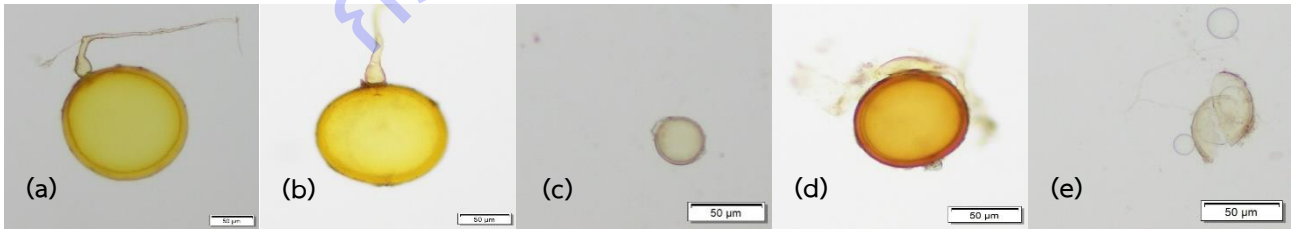


**Figure 2** Morphology of arbuscular mycorrhiza after harvesting such as (a) *Gigaspora margarita* (b) *Glomus leptotichum* (c) *Acaulospora spinose* (d) *Dentiscutata cerradensis* (e) *Acaulospora longula*.

**3. การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกและการสูญเสียของตะกอนดิน**

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างหญ้าแฝกแต่ละกรรมวิธีมาศึกษาการเจริญเติบโตและการกระจายตัวของรากหญ้าแฝก โดยแยกเป็นตัวอย่างที่ใส่และไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจาก Figure 3 จะเห็นได้ว่าที่อายุเดียวกันการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกที่ใส่และไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพไม่ต่างกัน อาจเนื่องมาจากราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไร-

กรมวิชาการเกษตร

ซาท้องถิ่นที่พบในผลที่กล่าวมาแล้วมีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตของรากหญ้าแฝกด้วยเช่นกัน แต่ในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร่วมด้วยนั้น จะมีการกระจายตัวของรากหญ้าแฝกดีกว่า ซึ่งใน Figure 4 แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวและการเพิ่มปริมาณของรากแขนงในแต่ละกรรมวิธี จะเห็นได้ว่าการกระจายตัวและการแตกแขนงของรากของหญ้าแฝกแต่ละต้นในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร่วมด้วยจะมีการแตกแขนงของรากดีกว่า เนื่องมาจากประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพที่ใส่เพิ่มเข้าไป

**Figure 3** Increase and distribution of vetiver grass fibrous root (a) with and (b) without arbuscular mycorrhiza biofertilizer.

**Figure 4** Distribution of vetiver grass fibrous rootfor each treatment.

ในช่วงฤดูฝน ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม 2560 ได้ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนดินและปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดินในบ่อดักตะกอนดินสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ในช่วงที่มีฝนตกตลอดฤดูปลูก นำมาคำนวณค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำและตะกอนดินต่อพื้นที่ 1 ไร่ (Table 4) พบว่าค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 30-5-10 กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับการปลูกถั่วเหลืองคลุมดินและหญ้าแฝกที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีการสูญเสียน้ำไหลบ่าและหน้าดินออกจากพื้นที่น้อยที่สุด มีค่า 20.8 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ เช่นเดียวกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 30-5-10 กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับการปลูกถั่วเหลืองและหญ้าแฝกมีการสูญเสียหน้าดินน้อยที่สุด มีค่า 74.4 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่วิธีปฏิบัติของเกษตรกร มีค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำและหน้าดินออกจากพื้นที่มากที่สุด มีค่า 40.8 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และ 122.5 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ อาจเป็นผลเนื่องมาจากในกรรมวิธีที่มีการปลูกหญ้าแฝกร่วมด้วยช่วยลดการสูญเสียหน้าดินออกจากพื้นที่ได้ ซึ่งการที่รากหญ้าแฝกเจริญเติบโตและแพร่กระจายมากจะช่วยเพิ่มเสถียรภาพใต้ผิวดิน ลดการสูญเสียดินได้ (Chaudhary *et al*., 2009) จาก Table 5 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียตะกอนดินและปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดินออกจากพื้นที่เปรียบเทียบกับวิธีปฏิบัติของเกษตรกร พบว่ากรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยอัตรา 30-5-10 กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับการปลูกถั่วเหลืองคลุมดินและหญ้าแฝกที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียตะกอนดินและปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดินน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีปฏิบัติของเกษตรกร มีค่า 61 และ 51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กล่าวคือกรรมวิธีนี้ช่วยลดการสูญเสียหน้าดินได้ 39 เปอร์เซ็นต์ และลดการเกิดน้ำไหลบ่าได้ 49 เปอร์เซ็นต์

**Table 4** Runoff and soil loss from land use.

| Treatments | Runoff | Soil loss |
|---|---|---|
| | $m^3$ $rai^{-1}$ | kg $rai^{-1}$ |
| FP | 40.8 c | 122.5 e |
| SF | 40.4 c | 121.8 e |
| SF+SB | 39.2 c | 115.7 d |
| SF+VG | 29.2 b | 103.6 c |
| SF+VG+AMF | 28.1 b | 91.6 b |
| SF+SB+VG | 25.6 b | 78.0 a |
| SF+SB+VG+AMF | 20.8 a | 74.4 a |
| CV (%) | 24.9 | 19.1 |

**Remarks:** FP = Farmer practice (15-15-15, 46-0-0); SF = Soil test-based fertilizer application (30-5-10);
SB = Soybean; VG = Vetiver grass; AMF = Mycorrhiza biofertilizer;
In a column, a common letter is not significant different at the 0.05 level by DMRT.

กรมวิชาการเกษตร

**Table 5** Reduction of runoff and soil loss as compared to farmer practice.

| Treatments | Reduction (%) | |
|---|---|---|
| | Runoff | Soil loss |
| FP | - | - |
| SF | 99 | 99 |
| SF+SB | 96 | 94 |
| SF+VG | 72 | 85 |
| SF+VG+AMF | 69 | 75 |
| SF+SB+VG | 63 | 64 |
| SF+SB+VG+AMF | 51 | 61 |

**Remarks:** FP = Farmer practice (15-15-15, 46-0-0); SF = Soil test-based fertilizer application (30-5-10); SB = Soybean; VG = Vetiver grass; AMF = Mycorrhiza biofertilizer.

จาก Table 6 และ Figure 6 แสดงความสัมพันธ์ของจำนวนสปอร์ น้ำหนักแห้งของรากหญ้าแฝกกับปริมาณน้ำไหลบ่าและตะกอนดิน พบว่าน้ำหนักแห้งของรากหญ้าแฝกเพิ่มขึ้น น้ำหนักตะกอน และปริมาณน้ำที่สูญเสียออกจากพื้นที่จะลดลง (r = -0.74, -0.85) เช่นเดียวกับจำนวนสปอร์ถ้ามีจำนวนมากจะช่วยส่งเสริมการเจริญหญ้าแฝกได้ดี จึงช่วยลดปริมาณตะกอนดินและน้ำที่สูญเสียออกจากพื้นที่ได้ (r = 0.64, -0.81) จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่าราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีส่วนช่วยลดการสูญเสียหน้าดิน สอดคล้องกับงานวิจัย Wright and Upadhyaya (1998) รายงานว่า glomalin และเส้นใยรานอกรากพืชของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีอิทธิพลต่อความแข็งแรงคงทนของเม็ดดินจึงทำให้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีบทบาทสำคัญต่อการป้องกันการกร่อนของดินได้เป็นอย่างดี เช่นเดียวกับ Rillig *et al.* (2002) พบว่าเมื่อเส้นใยนอกรากพืชของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีการเจริญแพร่กระจายทั่วไปในดินอย่างสมบูรณ์แล้ว จะมีความหนาแน่นของเส้นใยได้มากถึง 50 เปอร์เซ็นต์ของเส้นใยราทั้งหมดในดิน ดังนั้นเส้นใยนอกรากพืชของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจึงเปรียบเสมือนโครงข่ายของเส้นใยขนาดใหญ่ที่ทำหน้าที่ในการเชื่อมอนุภาคของดินให้เกิดการรวมตัวเป็นเม็ดดินและทำให้เกิดโครงสร้างดินที่แข็งแรง

**Table 6** Correlation matrix (r) between spore density, runoff, soil loss and root dry weight.

| | Spore density | Runoff | Soil loss | Root dry weight |
|---|---|---|---|---|
| Spore density | 1 | - | - | - |
| Runoff | -0.76 * | 1 | - | - |
| Soil loss | -0.81* | 0.93** | 1 | - |
| Root dry weight | 0.64* | -0.85 * | -0.74* | 1 |

**Remarks:** **P <0.01, *P<0.05 (n = 4).

กรมวิชาการเกษตร

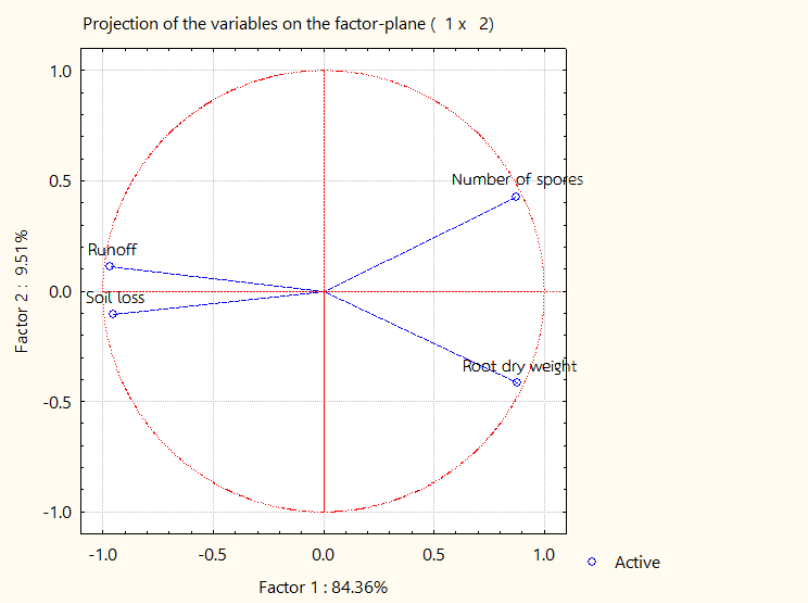


**Figure 6** Correlation of principal component analysis of spores, runoff, soil loss and root dry weight.

เมื่อทำการเก็บตะกอนดินที่สูญเสียออกจากพื้นที่แล้ว ได้นำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สูญเสียออกจากไปตะกอนดินแสดงใน Table 7 พบว่ากรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยอัตรา 30-5-10 กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่ร่วมกับการปลูกถั่วเหลืองคลุมดินและหญ้าแฝกที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา สูญเสียธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมไปกับตะกอนต่ำที่สุด มีค่า 51.1 0.61 และ 1.94 กรัมต่อไร่ ตามลำดับ เมื่อคำนวณเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจแล้ว พบว่าค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่สูญเสียไปสำหรับปุ๋ยที่สูญเสียออกไปจากพื้นที่มีค่าน้อยที่สุด ได้แก่ 1.42 บาทต่อไร่ ในขณะที่วิธีปฏิบัติของเกษตรกรมีการสูญเสียธาตุอาหารสูงที่สุด จึงมีการสูญเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยสูงตามไปด้วย จาก Table 8 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียธาตุอาหารออกไปจากพื้นที่เปรียบเทียบกับวิธีปฏิบัติของเกษตรกร พบว่ากรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยอัตรา 30-5-10 กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่ร่วมกับการปลูกถั่วเหลืองคลุมดินและหญ้าแฝกที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียธาตุอาหารน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีปฏิบัติของเกษตรกร มีการสูญเสียธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มีค่า 39 39 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร

**Table 7** Average of nutrients in sediment loss and economic value from land use.

| Treatments | N loss | P loss | K loss | Economic value (baht rai$^{-1}$)[1] | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (----------g rai$^{-1}$crop$^{-1}$----------) | | | N | P | K | Total |
| FP | 130.6 f | 1.57 f | 6.42 f | 3.41 | 0.07 | 0.18 | 3.66 |
| SF | 112.7 de | 1.35 de | 6.17 f | 2.94 | 0.06 | 0.18 | 3.18 |
| SF+SB | 116.2 d | 1.39 e | 5.26 e | 3.03 | 0.06 | 0.15 | 3.24 |
| SF+VG | 100.1 ce | 1.20 cd | 3.09 d | 2.61 | 0.05 | 0.09 | 2.75 |
| SF+VG+AMF | 87.4 bc | 1.05 bc | 2.68 c | 2.28 | 0.05 | 0.08 | 2.40 |
| SF+SB+VG | 74.0 b | 0.89 b | 2.30 b | 1.93 | 0.04 | 0.07 | 2.04 |
| SF+SB+VG+AMF | 51.1 a | 0.61 a | 1.94 a | 1.33 | 0.03 | 0.06 | 1.42 |
| CV (%) | 27.81 | 45.6 | 31.68 | - | - | - | - |

**Remarks:** FP = Farmer practice (15-15-15, 46-0-0); SF = Soil test-based fertilizer application (30-5-10); SB = Soybean; VG = Vetiver grass; AMF = Mycorrhiza biofertilizer.

In a column, a common letter is not significant different at the 0.05 level by DMRT.

[1] Urea (46-0-0) 600 baht per 50 kg bags, DAP (18-46-0) 1,035 baht per 50 kg bags, KCl (0-0-60) 860 baht per 50 kg bags (Office of Agricultural Economics, 2016).

**Table 8** Reduction of nutrients loss as compared to farmer practice.

| Treatments | Reduction of nutrients loss (%) | | |
|---|---|---|---|
| | Nitrogen | Phosphorus | Potassium |
| FP | - | - | - |
| SF | 86 | 86 | 96 |
| SF+SB | 89 | 89 | 82 |
| SF+VG | 77 | 76 | 48 |
| SF+VG+AMF | 67 | 67 | 42 |
| SF+SB+VG | 57 | 57 | 36 |
| SF+SB+VG+AMF | 39 | 39 | 30 |

**Remarks:** FP = Farmer practice (15-15-15, 46-0-0); SF = Soil test-based fertilizer application (30-5-10); SB = Soybean; VG = Vetiver grass; AMF = Mycorrhiza biofertilizer.

**4. ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์**

Table 9 แสดงน้ำหนักแห้งขององค์ประกอบผลผลิตที่ระดับความชื้นตอนเก็บเกี่ยว พบว่าในกรรมวิธีที่ 6 และ 7 มีน้ำหนักของผลผลิต ประกอบด้วยน้ำหนักของฝักปอกเปลือก เปลือก ซัง และเมล็ด ที่ระดับความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงที่สุด กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 30-5-10 กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับการปลูกถั่วเหลืองและหญ้าแฝก มีค่า 633 103 75 และ 615 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยอัตรา 30-5-10 กิโลกรัม

กรมวิชาการเกษตร

N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับการปลูกถั่วเหลืองคลุมดินและหญ้าแฝกที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีค่า 668 117 89 และ 672 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งทั้งสองกรรมวิธีให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จำนวนฝักของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี มีค่า 830-1,185 ฝักต่อไร่ ยกเว้นวิธีปฏิบัติของเกษตรกร มีค่าน้อยที่สุด ได้แก่ 415 ฝักต่อไร่

**Table 9** Number and dry weight of yield components.

| Treatments | Yield components | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Ear number | Dry weight | | | |
| | | Dehusk ear | Husk | Cob | Grain* |
| | (pod rai$^{-1}$) | (---------- kg rai$^{-1}$ ----------) | | | |
| FP | 415 b | 309 e | 53 d | 48 c | 277 e |
| SF | 830 a | 441 d | 68 cd | 64 bc | 411 d |
| SF+SB | 830 a | 523 c | 89 abc | 71 b | 480 cd |
| SF+VG | 830 a | 501 c | 85 bc | 68 b | 462 cd |
| SF+VG+AMF | 1007 a | 601 b | 92 abc | 75 ab | 540 bc |
| SF+SB+VG | 1126 a | 633 ab | 103 ab | 75 ab | 615 ab |
| SF+SB+VG+AMF | 1185 a | 668 a | 117 a | 89 a | 672 a |
| CV (%) | 32.25 | 21.38 | 26.83 | 18.02 | 24.37 |

**Remarks** FP = Farmer practice (15-15-15, 46-0-0); SF = Soil test-based fertilizer application (30-5-10); SB = Soybean; VG = Vetiver grass; AMF = Mycorrhiza biofertilizer. *at 15 % moisture

In a column, a common letter is not significant different at the 0.05 level by DMRT.

**ปีที่ 2-3 (พ.ศ. 2561-2562)**

**1. สมบัติพื้นฐานของดิน**

ปีที่ 2 เก็บตัวอย่างดินในสถานที่แปลงเกษตรกร บ้านซับลังกา ตำบลเกาะรัง อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี พบว่าเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายแป้งมีหินกรวดปน เป็นดินตื้น วิเคราะห์ตัวอย่างดินเพื่อนำมาประเมินธาตุอาหารให้แก่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่าค่า pH ในดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงกรดจัด มีปริมาณอินทรียวัตถุปานกลางถึงค่อนข้างต่ำ ไนโตรเจนทั้งหมดและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำทั้งดินบนและดินล่าง ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง หลังเก็บเกี่ยวผลผลิต ค่า pH ในดินบนและดินล่างของทุกกรรมวิธีมีค่าใกล้เคียงกันเป็นกรดเล็กน้อยถึงกรดจัด ไนโตรเจนทั้งหมดและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำทั้งดินบนและดินล่าง ปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับที่ต่ำมาก (Table 10)

วิเคราะห์ตัวอย่างดินเพื่อนำมาประเมินธาตุอาหารให้แก่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปีที่ 3 พบว่า ค่า pH ในดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงปานกลาง มีปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างสูงถึงปานกลาง ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับที่ต่ำถึงต่ำมาก โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลางในดินบนและต่ำในดินล่าง

กรมวิชาการเกษตร

หลังเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่าค่า pH ในดินบนและดินล่างของทุกกรรมวิธีมีค่าใกล้เคียงกันเป็นกรดเล็กน้อยถึงกรดจัด ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำทั้งดินบนและดินล่างทุกกรรมวิธี ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับที่ต่ำถึงค่อนข้างต่ำในดินบน ในขณะที่ดินล่างมีค่าต่ำถึงต่ำมาก (Table 10)

**2. การจำแนกราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาโดยเทคนิคอณูชีววิทยา**

ในการศึกษาการจำแนกราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินก่อนทำการทดลองในบริเวณพื้นที่โดยรอบในปีที่ 2 พบว่าดินมีจำนวนสปอร์เฉลี่ย 1.3 สปอร์ต่อดิน 1 กรัม (Table 11) จากนั้นนำสปอร์ราอาร์-บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่แยกได้จากวิธีร่อนเปียกไปศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาซึ่งแสดงไว้ใน Figure 7 และเทคนิคทางอณูวิทยา พบว่าราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอยู่ 3 ชนิด ซึ่งชนิดที่พบมากที่สุด ได้แก่ *Dentiscutata cerradensis* (ค่าความคล้ายคลึง 100 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งเป็นราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาท้องถิ่น (Table 12) สำหรับการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ขึ้นอยู่กับระยะทางวิวัฒนาการ (evolutionary distance) การวิเคราะห์จากค่าเปอร์เซ็นต์อัตลักษณ์ (identity percentage) จะให้ค่าประมาณที่เป็นประโยชน์ ซึ่งโดยปกติจะพิจารณาว่าสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ มีวิวัฒนาการใกล้ชิดกันหรือเป็นชนิดเดียวกัน เมื่อเปอร์เซ็นต์อัตลักษณ์มีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ (Pearson, 2013) ดังนั้นจึงสามารถใช้ไพรเมอร์ AM1 และ NS31 ในการจัดจำแนกราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจนถึงระดับชนิด (species) ได้ หลังจากนั้นได้สุ่มตัวอย่างดินหลังปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปีที่ 2 บริเวณที่ปลูกหญ้าแฝก พบว่าจำนวนสปอร์ในแต่ละกรรมวิธีมีค่าไม่ต่างกันซึ่งในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการปลูกถั่วเขียวและหญ้าแฝกร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา มีจำนวนสปอร์สูงที่สุด มีค่า 5.47 สปอร์ต่อดินแห้ง 1 กรัม

ในปีที่ 3 ได้เก็บตัวอย่างดินมาตรวจนับจำนวนสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในตัวอย่างดินที่เก็บมาก่อนปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ทั้ง 6 กรรมวิธี พบว่าในดินแต่ละกรรมวิธีมีจำนวนสปอร์ในดินไม่ต่างกัน โดยกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 20-5-10 กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่และปลูกหญ้าแฝกที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา มีจำนวนสปอร์สูงที่สุด คือ 5.24 สปอร์ต่อดินแห้ง 1 กรัม และหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินบริเวณที่ปลูกหญ้าแฝกนำมาร่อนตรวจนับสปอร์ พบว่าในดินแต่ละกรรมวิธีมีจำนวนสปอร์ไม่แตกต่างกัน ซึ่งในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 20-5-10 กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่ร่วมกับการปลูกถั่วเขียวและหญ้าแฝกที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา มีจำนวนสปอร์สูงที่สุด คือ 4.47 สปอร์ต่อดินแห้ง 1 กรัม (Table 11) จึงได้นำมาจำแนกเพื่อหาชนิดของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทางเทคนิคอณูชีววิทยาที่เพิ่มจำนวนขึ้นว่ามาจากราท้องถิ่นหรือมาจากปุ๋ยชีวภาพที่ใส่เพิ่มเข้าไป ใน Table 12 แสดงจึงชนิดของราในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา หลังเก็บเกี่ยวผลผลิตพบรา 3 ชนิด *Dentiscutata cerradensis*, *Acaulospora colombiana* และ *Dentiscutata savannicola* ชนิดที่พบทั้งก่อนปลูกและหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต ได้แก่ *Dentiscutata cerradensis* และ *Dentiscutata savannicola* ซึ่งเป็นราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาท้องถิ่น ส่วน *Acaulospora colombiana* ซึ่งเป็นราชนิดที่ใช้ทำปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เมื่อนำไปถ่ายภาพใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อดูลักษณะทางสัณฐานวิทยา จาก Figures 7(a) และ 8(a) จะสังเกตได้ว่าราชนิด *Dentiscutata cerradensis* ทั้งก่อนและหลังจะมีขนาดใกล้เคียงกันและมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาคล้ายกัน มีรูปร่างเป็นทรงกลมถึงรูปไข่ สปอร์มีสีเหลืองอ่อนน้ำตาลถึงน้ำตาลเข้มมีเซลล์ที่มีลักษณะโป่งออกมา เรียกว่า bulbous sporogenous cells (Oehl *et al*., 2008)

กรมวิชาการเกษตร

**Table 10** General characteristics of soils before planting and after harvesting.

| Year | Soil properties / Treatments | Topsoils (0-20 cm) | | | | | Subsoils (20-50 cm) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | pH | Total N ($g\ kg^{-1}$) | Avail. P (------- $mg\ kg^{-1}$ -------) | Exch. K | Texture | pH | Total N ($g\ kg^{-1}$) | Avail. P (------- $mg\ kg^{-1}$ -------) | Exch. K | Texture |
| 2 (2018) | Before planting* | 5.9 | 1.17 | 32.17 | 32.78 | Loam | 5.5 | 0.75 | 18.47 | 23.84 | Silt loam |
| | After harvesting | | | | | | | | | | |
| | SF | 6.01 | 1.70 | 40.38 | 25.54 | -** | 6.03 | 1.17 | 37.36 | 19.28 | - |
| | SF+GB | 5.54 | 1.34 | 43.92 | 30.41 | - | 5.72 | 1.24 | 35.76 | 20.27 | - |
| | SF+VG | 5.91 | 1.30 | 37.16 | 25.02 | - | 5.92 | 1.24 | 35.94 | 18.56 | - |
| | SF+VG+AMF | 6.13 | 1.33 | 35.03 | 20.26 | - | 6.02 | 1.28 | 35.59 | 17.57 | - |
| | SF+GB+VG | 5.83 | 1.27 | 44.94 | 31.32 | - | 6.00 | 1.27 | 36.07 | 25.40 | - |
| | SF+GB+VG+AMF | 5.62 | 1.28 | 39.22 | 33.19 | - | 5.69 | 0.96 | 34.54 | 19.09 | - |
| 3 (2019) | Before planting* | 6.4 | 1.25 | 4.02 | 73.5 | Loam | 7.2 | 0.85 | 1.4 | 42.5 | Silt loam |
| | After harvesting | | | | | | | | | | |
| | SF | 5.41 | 1.45 | 7.46 | 41.19 | - | 5.79 | 1.36 | 2.59 | 59.56 | - |
| | SF+GB | 5.27 | 1.38 | 5.59 | 53.56 | - | 5.46 | 1.29 | 2.37 | 55.47 | - |
| | SF+VG | 6.08 | 1.40 | 3.64 | 45.97 | - | 5.92 | 1.73 | 3.01 | 51.73 | - |
| | SF+VG+AMF | 6.11 | 1.43 | 4.89 | 35.66 | - | 6.48 | 1.40 | 4.09 | 42.41 | - |
| | SF+GB+VG | 5.60 | 1.27 | 4.84 | 41.33 | - | 6.21 | 1.43 | 3.95 | 34.60 | - |
| | SF+GB+VG+AMF | 5.50 | 1.72 | 4.48 | 46.14 | - | 6.08 | 1.43 | 5.29 | 32.46 | - |

**Remarks:** SF = Soil test-based fertilizer application (20-5-10); GB = Green bean; VG = Vetiver grass; AMF = Mycorrhiza biofertilizer.

* The average from 5 samples. ** Not measurement.

กรมวิชาการเกษตร

เช่นเดียวกับ รา *Dentiscutata savannicola* ลักษณะสปอร์ทั้งก่อนและหลังมีขนาดใกล้เคียงและคล้ายกัน สปอร์จะมีลักษณะผิวเรียบ วาว มีหลายสีขึ้นอยู่กับความอ่อนแก่ของสปอร์ ถ้าสปอร์อ่อนจะโปร่งใสและส่วนใหญ่ไม่มีสี ถ้าอายุมากขึ้นจะกลายเป็นสีขาวโปร่งแสง เนื่องจากมีความหนาแน่นของสปอร์เพิ่มมากขึ้น (Figures 7(c) และ 8(c)) (Krüger *et al*., 2014) ลักษณะของสปอร์รา *Acaulospora colombiana* มีรูปร่างกลมหรือค่อนข้างกลม สีน้ำตาลส้มจนถึงน้ำตาลเข้ม มีผนัง 2 ชั้น (spore wall) เมื่อย้อมด้วย Melzer's reagent ผนังชั้น germinal จะติดสีม่วงแดงไปจนถึงม่วงแดงเข้ม Figure 8(b) จึงสรุปได้ว่า ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาท้องถิ่นและราในปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถอยู่ร่วมกันได้และมีส่วนช่วยต่อการเจริญเติบโตของแฝกทำให้ลดปริมาณน้ำไหลบ่าและตะกอนดินออกจากพื้นที่

**Table 11** Spore density of arbuscular mycorrhiza in soils before planting and after harvesting.

| Sampling periods | Year 2 (2018) | Year 3 (2019) |
|---|---|---|
| | Spore density (spore $g^{-1}$) | |
| Before planting | 1.3 | - |
| SF | - | 4.04 |
| SF+GB | - | 0.68 |
| SF+VG | - | 4.49 |
| SF+VG+AMF | - | 5.24 |
| SF+GB+VG | - | 4.87 |
| SF+GB+VG+AMF | - | 2.94 |
| After harvesting | | |
| SF | -* | - |
| SF+GB | - | - |
| SF+VG | 4.76 | 2.53 |
| SF+VG+AMF | 4.90 | 3.08 |
| SF+GB+VG | 4.57 | 2.96 |
| SF+GB+VG+AMF | 5.47 | 4.47 |

**Remarks:** SF = Soil test-based fertilizer application (20-5-10); GB = Green bean; VG = Vetiver grass; AMF = Mycorrhiza biofertilizer.

* Not measurement.

กรมวิชาการเกษตร

**Table 12** Accession number of arbuscular mycorrhiza from soils before planting and after harvesting.

| Sampling periods | Ordinal number | Species of arbuscular mycorrhiza | Identity (%) | Accession number |
|---|---|---|---|---|
| Before planting | 1 | *Dentiscutata cerradensis* | 100% | MF196927.1 |
| | 2 | *Acaulospora mellea* | 99% | MF196923.1 |
| | 3 | *Dentiscutata savannicola* | 78% | HE962472.1 |
| After harvesting | 1 | *Dentiscutata cerradensis* | 100% | MF196927.1 |
| | 2 | *Dentiscutata cerradensis* | 100% | MN784718.1 |
| | 3 | *Acaulospora colombiana* | 99.77% | KF412636.1 |
| | 4 | *Dentiscutata savannicola* | 100% | MN726670.1 |

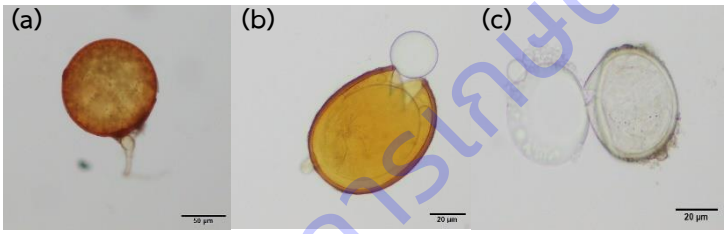


**Figure 7** Morphology of arbuscular mycorrhiza before planting such as (a) *Dentiscutata cerradensis* (b) *Acaulospora mellea* (c) *Dentiscutata savannicola*.

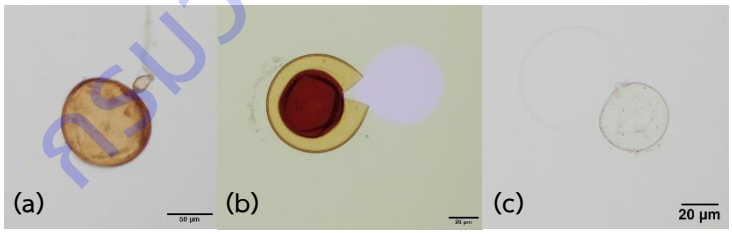


**Figure 8** Morphology of arbuscular mycorrhiza after harvesting such as (a) *Dentiscutata cerradensis* (b) *Acaulospora colombiana* (c) *Dentiscutata savannicola*.

**3. การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกและการสูญเสียของตะกอนดิน**

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างหญ้าแฝกแต่ละกรรมวิธีมาศึกษาการเจริญเติบโตและการกระจายตัวของรากหญ้าแฝก โดยแยกเป็นตัวอย่างที่ใส่และไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจาก Figure 9 จะเห็นได้ว่าการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกที่ใช้และไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพมีขนาดใกล้เคียงกันอาจเนื่องมาจากราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาท้องถิ่นสามารถช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของรากหญ้าแฝกได้เช่นเดียวกับราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในปุ๋ยชีวภาพ แต่ในกรรมวิธีที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร่วมด้วยนั้น รากแขนงของหญ้าแฝกจะมีการกระจายตัวดีกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการทดลองที่แปลงสาธิตเขาสวนกวาง

กรมวิชาการเกษตร

**Figure 9** Increase and distribution of vetiver grass fibrous root (a) with and (b) without arbuscular mycorrhiza biofertilizer.

ในช่วงฤดูฝน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2561 และเดือนสิงหาคมถึงตุลาคม พ.ศ. 2562 ได้ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนดินและปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดินในบ่อดักตะกอนดินในช่วงที่มีฝนตกตลอดฤดูปลูก นำมาคำนวณค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำและตะกอนดินต่อพื้นที่ 1 ไร่ (Table 13) พบว่าในปีที่ 2 การสูญเสียน้ำและตะกอนดินมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในปีที่ 3 กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 20-5-10 กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่ร่วมกับการปลูกถั่วเขียวมีการสูญเสียน้ำไหลบ่าออกจากพื้นที่น้อยที่สุด มีค่า 35.59 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 3 4 5 และ 6 ในขณะที่กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 20-5-10 กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่เพียงอย่างเดียว มีปริมาณน้ำไหลบ่าสูงที่สุด มีค่า 39.42 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 20-5-10 กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่ร่วมกับการปลูกถั่วเหลืองคลุมดินและหญ้าแฝกที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาตะกอนดินจะถูกพัดพาหรือสูญเสียออกจากพื้นที่น้อยที่สุด มีค่า 0.067 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 20-5-10 กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่เพียงอย่างเดียวมีค่าเฉลี่ยการสูญเสียหน้าดินออกจากพื้นที่มากที่สุด มีค่า 0.202 กิโลกรัมต่อไร่ อาจเป็นผลเนื่องมาจากในกรรมวิธีที่มีการปลูกหญ้าแฝกร่วมด้วยจะช่วยลดการสูญเสียหน้าดินออกจากพื้นที่ได้ ซึ่งการที่รากหญ้าแฝกเจริญเติบโตและแพร่กระจายมากจะช่วยเพิ่มเสถียรภาพใต้ผิวดิน ลดการสูญเสียดินได้ (Chaudhary *et al*., 2009) จาก Table 14 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียตะกอนดินและปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดินออกจากพื้นที่เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 20-5-10 กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่เพียงอย่างเดียว พบว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 20-5-10 กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่ร่วมกับการปลูกถั่วเขียวและหญ้าแฝกที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียตะกอนดินน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 20-5-10 กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่เพียงอย่างเดียว มีค่า 33 เปอร์เซ็นต์ กล่าวคือกรรมวิธีนี้ช่วยลดการสูญเสียหน้าดินได้ 67 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การเกิดน้ำไหลบ่ามีค่าใกล้เคียงกับวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 20-5-10 กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่เพียงอย่างเดียว

จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่าราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีส่วนช่วยลดการสูญเสียหน้าดิน สอดคล้องกับงานวิจัย Wright and Upadhyaya (1998) รายงานว่า glomalin และเส้นใยรานอกรากพืชของราอาร์บัส-

กรมวิชาการเกษตร

คูลาร์ไมคอร์ไรซามีอิทธิพลต่อความแข็งแรงคงทนของเม็ดดินจึงทำให้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีบทบาทสำคัญต่อการป้องกันการกร่อนของดินได้เป็นอย่างดี เส้นใยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทำหน้าที่ในการเชื่อมอนุภาคของดินให้เกิดการรวมตัวเป็นเม็ดดินและทำให้เกิดโครงสร้างดินที่แข็งแรง (Prasad *et al*., 2018)

**Table 13** Runoff and soil loss from land use.

| Treatments | Year 2 (2018) | | Year 3 (2019) | |
|---|---|---|---|---|
| | Runoff | Soil loss | Runoff | Soil loss |
| | $m^3$ $rai^{-1}$ | kg $rai^{-1}$ | $m^3$ $rai^{-1}$ | kg $rai^{-1}$ |
| SF | 40.29 | 0.129 | 39.42 a | 0.202 a |
| SF+GB | 44.48 | 0.140 | 35.59 b | 0.167 ab |
| SF+VG | 42.93 | 0.096 | 38.79 ab | 0.13 ab |
| SF+VG+AMF | 36.91 | 0.059 | 38.52 ab | 0.104 ab |
| SF+GB+VG | 38.39 | 0.134 | 36.57 ab | 0.18 ab |
| SF+GB+VG+AMF | 43.80 | 0.090 | 36.99 ab | 0.067 b |
| CV (%) | 24.26 | 55.12 | 4.63 | 3.20 |

**Remarks:** SF = Soil test-based fertilizer application (20-5-10); GB = Green bean; VG = Vetiver grass; AMF = Mycorrhiza biofertilizer.

In a column, a common letter is not significant different at the 0.05 level by DMRT.

**Table 14** Reduction of runoff and soil loss as compared to farmer practice within 2 years.

| Treatments | Reduction (%) | |
|---|---|---|
| | Runoff | Soil loss |
| SF | - | - |
| SF+GB | 90 | 82 |
| SF+VG | 98 | 64 |
| SF+VG+AMF | 98 | 51 |
| SF+GB+VG | 93 | 89 |
| SF+GB+VG+AMF | 94 | 33 |

**Remarks:** SF = Soil test-based fertilizer application (20-5-10); GB = Green bean; VG = Vetiver grass; AMF = Mycorrhiza biofertilizer.

เมื่อทำการเก็บตะกอนดินที่สูญเสียออกจากพื้นที่แล้ว ได้นำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สูญเสียออกจากไปตะกอนดิน แสดงใน Table 15 พบว่ากรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยอัตรา 20-5-10 กิโลกรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ร่วมกับการปลูกหญ้าแฝกที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสูญเสียธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมไปกับตะกอนต่ำที่สุด มีค่า 0.083 0.017 และ 0.005 กรัมต่อไร่ ตามลำดับ เมื่อคำนวณเป็น

กรมวิชาการเกษตร

มูลค่าทางเศรษฐกิจแล้ว พบว่าค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่สูญเสียไปสำหรับปุ๋ยที่สูญเสียออกไปจากพื้นที่มีค่าน้อยที่สุด ได้แก่ 2.58 บาทต่อไร่ ในขณะที่กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 20-5-10 กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่เพียงอย่างเดียวมีการสูญเสียธาตุอาหารสูงที่สุด จึงมีการสูญเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยสูงตามไปด้วย จาก Table 16 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียธาตุอาหารออกไปจากพื้นที่เปรียบเทียบกับวิธีที่ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเพียงอย่างเดียว พบว่ากรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยอัตรา 20-5-10 กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่ร่วมกับการปลูกหญ้าแฝกที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียธาตุอาหารน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 20-5-10 กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่เพียงอย่างเดียว มีการสูญเสียธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มีค่า 44 64 และ 54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 20-5-10 กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่ร่วมกับการปลูกถั่วเขียวและหญ้าแฝกที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เนื่องจากหญ้าแฝกมีส่วนช่วยลดการสูญเสียดินและธาตุอาหารได้ (National Research Council, 1993)

**Table 15** Average of nutrients in sediment loss and economic value from land use within 2 years.

| Treatments | N loss | P loss | K loss | Economic value (baht rai$^{-1}$)[1] | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (----------g rai$^{-1}$crop$^{-1}$----------) | | | N | P | K | Total |
| SF | 0.186 | 0.026 | 0.010 | 4.10 | 0.99 | 0.24 | 5.33 |
| SF+SB | 0.175 | 0.026 | 0.010 | 3.85 | 0.98 | 0.24 | 5.07 |
| SF+VG | 0.132 | 0.025 | 0.008 | 2.90 | 0.95 | 0.21 | 4.06 |
| SF+VG+AMF | 0.083 | 0.017 | 0.005 | 1.82 | 0.63 | 0.13 | 2.58 |
| SF+SB+VG | 0.124 | 0.020 | 0.010 | 2.73 | 0.74 | 0.24 | 3.71 |
| SF+SB+VG+AMF | 0.127 | 0.017 | 0.009 | 2.80 | 0.63 | 0.22 | 3.65 |
| P-value | ns | ns | ns | - | - | - | - |
| CV (%) | 60.38 | 62.60 | 57.89 | - | - | - | - |

**Remarks:** SF = Soil test-based fertilizer application (20-5-10); GB = Green bean; VG = Vetiver grass; AMF = Mycorrhiza biofertilizer.

In a column, a common letter is not significant different at the 0.05 level by DMRT.

[1] Urea (46-0-0) 600 baht per 50 kg bags, DAP (18-46-0) 1,035 baht per 50 kg bags, KCl (0-0-60) 860 baht per 50 kg bags (Office of Agricultural Economics, 2020).

กรมวิชาการเกษตร

**Table 16** Reduction of nutrients loss as compared to soil test-based fertilizer application.

| Treatments | Reduction of nutrients loss (%) | | |
|---|---|---|---|
| | Nitrogen | Phosphorus | Potassium |
| SF | - | - | - |
| SF+SB | 94 | 99 | 98 |
| SF+VG | 71 | 96 | 87 |
| SF+VG+AMF | 44 | 64 | 54 |
| SF+SB+VG | 66 | 75 | 98 |
| SF+SB+VG+AMF | 68 | 63 | 90 |

**Remarks:** SF = Soil test-based fertilizer application (20-5-10); GB = Green bean; VG = Vetiver grass; AMF = Mycorrhiza biofertilizer.

**4. ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์**

Table 17 แสดงน้ำหนักแห้งขององค์ประกอบผลผลิตที่ระดับความชื้นตอนเก็บเกี่ยว พบว่าในปีที่ 2 จำนวนฝักและน้ำหนักแห้งให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในปีที่ 3 พบว่าจำนวนฝักมีจำนวนเพิ่มขึ้นมากกว่าในปีที่ 2 แต่ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกรรมวิธี มีค่า 2,067 – 2,589 ฝักต่อไร่ ในขณะที่น้ำหนักแห้งของฝักปอกเปลือก เปลือก ซัง และเมล็ดในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 20-5-10 กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่ร่วมกับการปลูกถั่วเขียวและหญ้าแฝกที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์-ไมคอร์ไรซามีค่าสูงที่สุด มีค่า 153 30 110 และ 520 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และยังพบว่าในกรรมวิธีที่มีการปลูกหญ้าแฝกทั้งที่ใช้และไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีค่าน้ำหนักแห้งของฝักปอกเปลือก เปลือก ซัง และเมล็ดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 20-5-10 กิโลกรัม N-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่ร่วมกับการปลูกถั่วเขียวและหญ้าแฝกที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา นอกจากนี้ พบว่าน้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ด เปอร์เซ็นต์กะเทาะ และความชื้นที่จุดเก็บเกี่ยวในปีที่ 2 มีค่าสูงกว่าในปีที่ 3 เนื่องจากในปีที่ 3 ขนาดฝักและเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีขนาดเล็กกว่าปีที่ 2 น้ำหนักเมล็ดและเปอร์เซ็นต์กะเทาะจึงมีค่าต่ำกว่า สรุปได้ว่าราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาท้องถิ่นและราในปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถมีส่วนช่วยต่อการเจริญเติบโตของแฝกทำให้ลดการสูญเสียธาตุอาหารและช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ Gazey *et al*. (2004) ศึกษาการใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาท้องถิ่นและราอาร์บัส-คูลาร์ไมคอร์ไรซาที่แนะนำต่อการเจริญเติบโตของพืชในดินที่ทำการเกษตร 2 บริเวณ พบว่าราอาร์บัสคูลาร์ไม-คอร์ไรซาท้องถิ่นมีประสิทธิภาพในการสร้างสปอร์ของรากพืชในดินสูงทั้ง 2 บริเวณ ในขณะที่ Teranishi and Kobae (2020) รายงานว่าการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเพิ่มเข้าไปจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อราอาร์บัสคู-ลาร์ไมคอร์ไรซาท้องถิ่นมีประสิทธิภาพลดลง ซึ่งประสิทธิภาพของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาท้องถิ่นจะลดลงเนื่องจากการจัดการดิน เช่น การไถพรวน การใส่ปุ๋ย เป็นต้น (Faggioli *et al*., 2019) แต่อย่างไรก็ตามการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเพิ่มเข้าไปส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพต่อดินทั้งด้านที่เกิดประโยชน์และเสียประโยชน์ได้

กรมวิชาการเกษตร

**Table 17** Number and dry weight of yield components.

| Treatments | Year 2 (2018) | | | | | | | | Year 3 (2019) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ear number | Dry weight | | | | 100-grain weight | % shelling | Grain moisture | Ear number | Dry weight | | | | 100-grain weight | % shelling | Grain moisture |
| | | Dehusk ear | Husk | Cob | Grain* | | | | | Dehusk ear | Husk | Cob | Grain* | | | |
| | (pod rai$^{-1}$) | (---------- kg rai$^{-1}$ ----------) | | | | g | (-------- % --------) | | (pod rai$^{-1}$) | (---------- kg rai$^{-1}$ ----------) | | | | g | (-------- % --------) | |
| SF | 1989 | 167 | 16 | 124 | 642 | 23.1 | 83.9 bc | 20.9 | 2500 | 125 ab | 24 ab | 73 bc | 330 b | 16.7 a | 81.8 | 12.5 |
| SF+SB | 1889 | 119 | 13 | 97 | 485 | 21.4 | 83.3 c | 20.5 | 2267 | 95 b | 18 b | 68 c | 291 b | 15.9 ab | 81.0 | 14.3 |
| SF+VG | 1944 | 170 | 15 | 132 | 701 | 22.9 | 84.2 ab | 21.2 | 2067 | 119 ab | 24 ab | 100 ab | 508 a | 14.6 b | 83.0 | 12.7 |
| SF+VG+AMF | 1600 | 131 | 13 | 120 | 654 | 23.6 | 84.4 ab | 21.3 | 2511 | 134 ab | 28 a | 112 a | 516 a | 16.5 a | 82.1 | 12.5 |
| SF+SB+VG | 2011 | 154 | 15 | 129 | 707 | 22.7 | 84.6 ab | 19.9 | 2444 | 132 ab | 27 a | 114 a | 499 a | 16.2 ab | 81.4 | 13.1 |
| SF+SB+VG+AMF | 1789 | 152 | 15 | 130 | 728 | 22.6 | 84.9 a | 20.8 | 2589 | 153 a | 30 a | 110 a | 520 a | 16.0 ab | 82.4 | 12.6 |
| P-values | ns | ns | ns | ns | ns | ns | * | ns | ns | * | * | * | * | * | ns | ns |
| CV (%) | 20.37 | 24.80 | 23.84 | 26.06 | 26.49 | 8.30 | 0.81 | 7.46 | 17.70 | 23.99 | 23.62 | 25.95 | 30.79 | 6.86 | 1.93 | 11.85 |

**Remarks:** SF = Soil test-based fertilizer application (20-5-10); GB = Green bean; VG = Vetiver grass; AMF = Mycorrhiza biofertilizer.

* at 15 % moisture

In a column, a common letter is not significant different at the 0.05 level by DMRT.

กรมวิชาการเกษตร

**9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ :**

ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในปุ๋ยชีวภาพและในท้องถิ่นนั้นมีประสิทธิภาพทำให้หญ้าแฝกมีการกระจายตัวและช่วยเพิ่มปริมาณของรากแขนงได้ ซึ่งมีส่วนช่วยในการลดการสูญเสียของตะกอนดินและน้ำและลดการสูญเสียธาตุอาหารออกไปจากพื้นที่ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการทดลองแปลงสาธิตเขาสวนกวาง สรุปได้ว่า กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยอัตรา 30-5-10 กิโลกรัม $N$-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่ร่วมกับการปลูกถั่วเหลืองคลุมดินและหญ้าแฝกร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยลดการสูญเสียตะกอนได้ 39 เปอร์เซ็นต์ และสูญเสียธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มีค่า 39 39 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้น้ำหนักของผลผลิตมีค่าสูงที่สุด เช่นเดียวกับแปลงเกษตรกร จ.ลพบุรี พบว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 20-5-10 กิโลกรัม $N$-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่ร่วมกับการปลูกถั่วเขียวและหญ้าแฝกที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยลดการสูญเสียหน้าดินได้ 67 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้จำนวนฝักและน้ำหนักของผลผลิตมีค่าสูงที่สุด ในขณะที่กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 20-5-10 กิโลกรัม $N$-$P_2O_5$-$K_2O$ ต่อไร่ร่วมกับการปลูกหญ้าแฝกที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์-บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาลดการสูญเสียธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมมีค่า 44 64 และ 54 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับวิธีที่ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเพียงอย่างเดียว สรุปได้ว่าราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีส่วนช่วยต่อการเจริญเติบโตของแฝกส่งผลให้ลดการสูญเสียธาตุอาหารและช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้

**10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ :**

สามารถนำรูปแบบการจัดการนี้ไปใช้เป็นวิธีต้นแบบในการปลูกพืชเศรษฐกิจต่าง ๆ สำหรับแปลงเกษตรกรที่มีปัญหาการสูญเสียหน้าดิน เพื่อช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์และลดปัญหาการชะละลายของปุ๋ยที่ใส่ไปกับตะกอนน้ำและดิน

กรมวิชาการเกษตร

**11. คำขอบคุณ (ถ้ามี)**

ขอขอบคุณ ผอ.อุชฎา สุขจันทร์ และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น อ.เขาสวนกวาง จ.ขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่และเก็บข้อมูลในงานวิจัย ขอขอบคุณศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ที่ 6 จ.ขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์กล้าหญ้าแฝกสำหรับงานวิจัย

**12. เอกสารอ้างอิง :**

กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์. 2556. บทบาทของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อพืช ดิน และสิ่งแวดล้อม. Thai Journal of Science and Technology 2 (2): 91-101.

Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. Soil Science 59: 39-45.

Chaudhary, V.B., T.E. O'Dell, M.A. Bowker, J.B. Grace, A.E. Redman, M.C. Rillig, N.C. Johnson. 2009. Untangling the biological controls of soil stability in semi-arid shrublands. Ecological Applications 19: 110–122.

Faggioli, V.S., M.N. Cabello, G. Grilli, M. Vasar, F. Covacevich and M. Öpik. 2019. Root colonizing and soil borne communities of arbuscular mycorrhizal fungi differ among soybean fields with contrasting historical land use. Agriculture, Ecosystems & Environment 269: 174–182.

Filho, M.P.B. and T. Yamada. 2002. Upland Rice Production in Brazil. Better Crops International 16: 43-46.

Gazey, C., L.K. Abbott and A.D. Robson. 2004. Indigenous and introduced arbuscular mycorrhizal fungi contribute to plant growth in two agricultural soils from south-western Australia. Mycorrhiza 14: 355-362.

Gee, G.W. and J.W Bauder. 1986. Particle-size analysis, pp. 961-1010. *In* A. Klute, ed. Methods of soil analysis, Part I. ยhysical and mineralogical methods. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

George, T., R. Magbanua, W. Roder, K.V. Keer, G. Trebuil and V. Reoma. 2001. Upland rice response to phosphorus fertilization in Asia. Agronomy Journal 93: 1362-1370.

Krüger, C., C. Walker and A. Schüßler. 2014. *Scutellospora savannicola*: redescription, epitypification, DNA barcoding and transfer to *Dentiscutata*. Mycological Progress 13: 1165-1178.

Mickovski, S.B. and L.P.H. van Beek. 2009. Root morphology and effects on soil reinforcement and slope stability of young vetiver (*Vetiveria zizanioides*) plants grown in semi-arid climate. Plant and Soil 324 (1-2): 43-56.

National Research Council. 1993. Vetiver grass: a thin green line against erosion. National Academy Press. Washington, USA.

National Soil Survey Center. 1996. Soil survey laboratory methods manual. United States Department of Agriculture, Natl. Soil Surv. Cent., Soil Surv. Lab., Soil Survey Investigation No. 42, Version 3.

Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1996. Total carbon, and organic matter, pp. 961-1010. *In* D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke and R.H. Loeppert, eds. Methods of soil analysis: Part III Chemical Method. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

กรมวิชาการเกษตร

Oehl, F., F.A.D. Souza and E. Sieverding. 2008. Revision of *Scutellospora* and description of five new genera and three new families in the arbuscular mycorrhiza-forming *Glomeromycetes*. Mycotaxon 106: 311-360.

Office of Agricultural Economics. 2016. Agricultural Economic Information. Available Source: https://bit.ly/3qnsMf4, 2016

Office of Agricultural Economics. 2020. Agricultural Economic Information. Available Source: https://bit.ly/2NIVulA, February 19, 2021.

Pearson W.R. 2013. An introduction to sequence similarity ("Homology") searching current protocols in bioinformatics 3.

Pereira, P.L. and P.F. André. 2011. Benefits of cover crops in soybean plantation in Brazilian Cerrados, pp.67-94. *In* Tzi-Bun Ng, ed. Soybean - Applications and Technology. InTech, Croatia.

Prasad, M., M. Chaudhary, R. Srinivasan and S.K. Mehawer. 2018. Glomalin: A miracle protein for soil sustainability. Indian Farmer 5 (09): 1092-1100.

Punamiya, P., R. Datta, D. Sarkar, S. Barber, M. Patel and P. Das. 2010. Symbiotic role of *Glomus mosseae* in phytoextraction of lead in vetiver grass [*Chrysopogon zizanioides* (L.)]. Journal of Hazardous Materials 177: 465-474.

Rillig, M.C., S.F. Wright, K.A. Nichols, W.F. Schmid and M.S. Tom. 2002. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: Comparing effects of five plant species. Plant Soil 238: 325-333.

Teranishi, T. and Y. Kobae. 2020. Investigation of indigenous arbuscular mycorrhizal performance using a *Lotus japonicus* mycorrhizal mutant. Plants 9: 658.

Thomas, G.W. 1982. Exchangeable cations, pp. 159-165. *In* C.A. Black, ed. Methods of soil analysis, Part 2 Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. Agronomy No. 9. ASA and SSSA. Inc., Madison, WI.

Wright, S.F. and A. Upadhyaya. 1998. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of AM fungi. Plant Soil 198: 97-107.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัย