รายงานผลการวิจัย

เรื่อง
การเวียนกลับและการย่อยสลายของรากหญ้าแฝกลุ่ม 3 สายพันธุ์ ที่มีผลต่อการเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดิน

โดย

นางสาวธัญลักษณ์ เจริญพรภักดี

นายณัฐพล ทองสามสี

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 61-62-02-11-010000-014-102-1-11

กลุ่มวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 2

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

มีนาคม 2563

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
สารบัญตารางภาคผนวก	(4)
สารบัญภาพภาคผนวก	(5)
บทคัดย่อ	
หลักการและเหตุผล	1
วัตถุประสงค์	1
การตรวจเอกสาร	2
ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ	6
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ	6
ผลการทดลองและวิจารณ์	9
สรุปผลการทดลอง	17
ข้อเสนอแนะ	18
ประโยชน์ที่ได้รับ	18
เอกสารอ้างอิง	19
ภาคผนวก	22

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลการคำนวณค่าอัตราการเวียนกลับของรากหญ้าแฝก 3 สายพันธุ์	9
2	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ของรากหญ้าแฝก	10
3	น้ำหนักรากที่เหลือจากการย่อยสลาย	11
4	สมการการย่อยสลายรากหญ้าแฝก	12
5	ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน	14
6	สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน	16

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนผังการทดลอง	7
2	ความสัมพันธ์ระหว่างซากรากที่คงเหลือกับระยะเวลาทดลอง	13
3	ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินตลอดการทดลอง	15
4	อุณหภูมิดินในแปลงทดลอง	17

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
1	การคำนวณผลผลิตรากโดยวิธี Decision matrix ตามวิธีของ Fairley and Alexander (1985)	23
2	ผลวิเคราะห์ ANOVA ของผลผลิตรากหญ้าแฝก	23
3	ผลวิเคราะห์ ANOVA ของมวลชีวภาพรากหญ้าแฝก	23
4	ผลวิเคราะห์ ANOVA ของค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ก่อนการทดลอง	23
5	ผลวิเคราะห์ ANOVA ของค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) หลังการทดลอง	24
6	ผลวิเคราะห์ ANOVA ของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ครั้งที่ 1	24
7	ผลวิเคราะห์ ANOVA ของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ครั้งที่ 2	24
8	ผลวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน แต่ละตำรับทดลองครั้งที่ 2 ด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%	24
9	ผลวิเคราะห์ ANOVA ของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ครั้งที่ 3	25
10	ผลวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน แต่ละตำรับทดลองครั้งที่ 3 ด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%	25
11	ผลวิเคราะห์ ANOVA ของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ครั้งที่ 4	25
12	ผลวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน แต่ละตำรับทดลองครั้งที่ 4 ด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%	26

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
1	วางแปลงทดลอง	26
2	ปลูกหญ้าแฝก	26
3	แปลงทดลอง (หญ้าแฝกอายุ 6 เดือน)	27
4	แปลงทดลอง (หญ้าแฝกอายุ 12 เดือน)	27
5	รากหญ้าแฝกที่ใช้สำหรับบรรจุลงในถุงตาข่ายเพื่อศึกษาอัตราการย่อยสลาย	27
6	litter bag สำหรับศึกษาการย่อยสลายของรากหญ้าแฝก	28
7	การฝัง litter bag และลักษณะของ litter bag ที่ฝังไว้ในดิน	28
8	Litter bag ที่ขุดเก็บในแต่ละเดือน	28
9	การเก็บตัวอย่างรากหญ้าแฝก และการขุดเก็บ litter bag	29
10	litter bag ที่ล้างดินออก	29

ชื่อโครงการวิจัย การเวียนกลับและการย่อยสลายของรากหญ้าแฝกลุ่ม 3 สายพันธุ์ที่มีผลต่อการเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดิน
Fine root turnover and decomposition of three vetiver grass ecotypes effect on soil organic carbon increasing

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 61-62-02-11-010000-014-102-1-11

กลุ่มชุดดิน/ชุดดิน กลุ่มชุดดินที่ 40 ดินมาบบอนที่เป็นดินร่วนหยาบ (Mb-col)

ผู้ดำเนินการ นางสาวธัญลักษณ์ เจริญพรภักดี Miss Thanyalak Charoenphonphakdi

ผู้ร่วมดำเนินการ นายณัฐพล ทองสามสี Mr. Nutthapon Thongsamsee

บทคัดย่อ

หญ้าแฝกลุ่มมีการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพส่วนใหญ่ไปเก็บสะสมไว้ที่รากฝอย ซึ่งรากฝอยเป็นรากที่มีช่วงชีวิตสั้น และมีผลสำคัญต่อการหมุนเวียนคาร์บอนในดิน การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาอัตราการเวียนกลับ และอัตราการย่อยสลายของรากหญ้าแฝกลุ่ม 3 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์สงขลา3 สายพันธุ์สุราษฎร์ธานี และ สายพันธุ์ศรีลังกา ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่นิยมนำไปปลูกในพื้นที่เกษตรกรรม ควบคู่กับการศึกษาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน โดยศึกษาการเวียนกลับของรากหญ้าแฝกจากการคำนวณผลผลิต และมวลชีวภาพราก ศึกษาอัตราการย่อยสลายด้วยวิธี litter bag โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 7 ตำรับทดลอง 5 ซ้ำ (ตำรับที่ 1 ไม่ปลูกหญ้าแฝกและไม่ฝัง litter bag ตำรับที่ 2 ฝัง litter bag ที่บรรจุรากหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ไว้ในแปลง ตำรับที่ 3 ฝัง litter bag ที่บรรจุรากหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีไว้ในแปลง ตำรับที่ 4 ฝัง litter bag ที่บรรจุรากหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกาไว้ในแปลง ตำรับที่ 5 ปลูกหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 และฝัง litter bag ที่บรรจุรากหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ไว้ในแปลง ตำรับที่ 6 ปลูกหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี และฝัง litter bag ที่บรรจุรากหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีไว้ในแปลง ตำรับที่ 7 ปลูกหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกา และฝัง litter bag ที่บรรจุรากหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกาไว้ในแปลง) ในพื้นที่โครงการจัดทำแปลงสาธิตจุดเรียนรู้การพัฒนาที่ดินตามแนวพระราชดำริ อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง

ผลการศึกษาพบว่า อัตราการเวียนกลับของรากหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกา มีแนวโน้มสูงที่สุด รองลงมาคือหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี โดยมีค่าเท่ากับ 1.41 1.40 และ1.38 รอบต่อปี ตามลำดับ อัตราการย่อยสลายรากหญ้าแฝกรายปีมีค่าสูงที่สุดในตำรับที่ 7 (97.15%) รองลงมาคือ ตำรับที่ 4 (97.00%) 5 (91.50%) 6 (87.85%) 2 (84.75%) และ 3 (84.50%) ตามลำดับ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง ขณะที่เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของอินทรีย์คาร์บอนในตำรับการทดลองที่ปลูกหญ้าแฝกมีแนวโน้มสูงกว่าในตำหรับการทดลองที่ไม่ปลูกหญ้าแฝก และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับอัตราการย่อยสลายราก

หลักการและเหตุผล

หญ้าแฝกเป็นพืชที่นิยมนำมาปลูกกันอย่างแพร่หลายเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ เช่น การปลูกหญ้าแฝกเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน การปลูกหญ้าแฝกรอบโคนต้นของไม้ผลเพื่อรักษาความชื้นดิน กักเก็บธาตุอาหาร และเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน โดยหญ้าแฝกสามารถเพิ่มอินทรียวัตถุในดินได้ 64 กรัมต่อต้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) หญ้าแฝกเป็นพืชวงศ์หญ้าที่มีระบบรากเป็นรากฝอย (fibrous root) ที่สานกันแน่นและหยั่งลึกลงดินในแนวดิ่ง ต่างจากระบบรากของหญ้าทั่วไปซึ่งเป็นรากฝอยที่แตกแขนงจากลำต้นใต้ดินและแผ่ขยายออกไปในแนวขนานกับพื้นดิน และมีระบบรากในแนวดิ่งไม่มากนัก โดยรากหญ้าแฝกสามารถหยั่งลึกลงในดินได้ 1.5-3.0 เมตร แผ่ขยายกว้างเพียง 50 เซนติเมตร การศึกษาเกี่ยวกับมวลชีวภาพของหญ้าแฝก พบว่า หญ้าแฝกมีรูปแบบการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ (biomass allocation) ที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงอายุ โดยเฉลี่ยแล้วจะมีการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพมาเก็บสะสมไว้ในส่วนรากและลำต้นในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน กล่าวคือ หญ้าแฝกหนึ่งต้นมีมวลชีวภาพราก 50 กรัม และมวลชีวภาพของลำต้น 45 กรัม ในหญ้าแฝกที่มีอายุ 2 ปี มีมวลชีวภาพทั้งหมดอยู่ในช่วง 31.2-35.6 ตันต่อเฮกตาร์ และหญ้าแฝกลุ่ม (*Vetiveria zizanioides*) สามารถสร้างรากได้ดีกว่าจึงมีมวลชีวภาพสูงกว่าหญ้าแฝกดอน (*Vetiveria nemoralis*) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 9.98-11.32 ตันต่อเฮกตาร์ และ 7.63-11.07 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Wattanaprapat *et al*., 2019)

รากหญ้าแฝกส่วนใหญ่เป็นรากฝอย ซึ่งเป็นรากที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 มิลลิเมตร เป็นรากที่มีช่วงชีวิตสั้น และมีอัตราการเวียนกลับของรากค่อนข้างสูง กล่าวคือ หากรากฝอยตายพืชจะสร้างรากขึ้นมาใหม่เพื่อทดแทนอย่างรวดเร็ว เมื่อรากฝอยเหล่านั้นตายลงเป็นซากราก จะถูกย่อยสลายโดยสิ่งมีชีวิตในดินให้อยู่ในรูปของอินทรียวัตถุ และธาตุอาหารในดิน เช่น ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถัน เป็นต้น (ปัทมา, 2547) ทั้งนี้การที่หญ้าแฝกมีมวลชีวภาพของรากสูง รากหญ้าแฝกจึงเป็นแหล่งของธาตุอาหารและอินทรีย์คาร์บอนในดิน อย่างไรก็ตามการศึกษาเกี่ยวกับอัตราการเวียนกลับ และการย่อยสลายซากรากหญ้าแฝกยังมีการศึกษาอยู่น้อย

หญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 สุราษฎร์ธานี และศรีลังกา เป็นหญ้าแฝกลุ่มที่สามารถพบได้ง่ายในประเทศไทยและเป็นสายพันธุ์ที่กรมพัฒนาที่ดินส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกในพื้นที่เกษตรกรรม การศึกษาอัตราการเวียนกลับและอัตราการย่อยสลายซากรากหญ้าแฝกลุ่มทั้ง 3 สายพันธุ์ควบคู่ไปกับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน สามารถอธิบายเกี่ยวกับการหมุนเวียนคาร์บอนในพื้นที่เกษตรกรรมและคำนวณปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บในดินที่ปลูกหญ้าแฝกได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาอัตราการเวียนกลับ และอัตราการย่อยสลายของรากหญ้าแฝกลุ่ม 3 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์สงขลา 3 สุราษฎร์ธานี และศรีลังกา
2. ศึกษาปริมาณอินทรีย์คาร์บอน การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

การตรวจเอกสาร

การเวียนกลับของรากพืช หมายถึง การสร้างรากขึ้นมาใหม่เพื่อทดแทนรากที่ตายไป ซึ่งอัตราการเวียนกลับของรากฝอยมีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับรากที่มีขนาดใหญ่เนื่องจากรากฝอยทำหน้าที่ในการดูดน้ำและธาตุอาหารในการเจริญเติบโตของพืช จึงมีความต้องการพลังงานสูง และมีอัตราการเผาผลาญรวมทั้งการหายใจระดับเซลล์สูง (Norby and Jackson, 2000) ทำให้มีช่วงชีวิตสั้นกว่ารากที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งทำหน้าที่ในการพยุงลำต้นพืช ซึ่งจากการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการเวียนกลับของรากฝอยในระบบนิเวศป่าแบบต่าง ๆ โดย Gill and Jackson (2000) พบว่าอัตราการเวียนกลับของรากฝอยในระบบนิเวศป่าแบบต่าง ๆ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.76 รอบต่อปี และในระบบนิเวศป่าเขตร้อนบางแห่งมีอัตราการเวียนกลับของรากฝอยมากกว่า 1 รอบต่อปี จึงเป็นเหตุให้การประมาณค่าผลผลิตรากฝอยไม่สามารถประมาณได้จากมวลชีวภาพรากฝอยที่เพิ่มขึ้นในช่วง 1 ปี ดังเช่นผลผลิตของรากขนาดใหญ่ เนื่องจากในช่วงระยะเวลา 1 ปี อาจมีการเวียนกลับของรากเกิดขึ้น นอกจากนี้อัตราการเวียนกลับของรากยังขึ้นกับความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารในดิน กล่าวคือ อัตราการเวียนกลับของรากฝอยจะสูงเมื่อความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารในดินสูง เนื่องจากรากฝอยสามารถดูดซึมธาตุอาหารเพื่อใช้สำหรับการเจริญเติบโตของพืชได้มาก ทำให้กระบวนการเผาผลาญในเซลล์ของรากฝอยสูง รากฝอยจึงมีช่วงชีวิตสั้นและมีอัตราการเวียนกลับสูง (Yuan and Chen, 2012) โดยทั่วไปอัตราการเวียนกลับของรากสามารถคำนวณได้จากสัดส่วนของผลผลิตรากในรอบปี และมวลชีวภาพราก

วิธีที่มักใช้ในการศึกษาผลผลิตรากพืช มี 3 วิธี ได้แก่ 1) Sequential soil coring เป็นการศึกษาผลผลิตรากโดยการขุดเก็บตัวอย่างรากที่ระยะเวลาต่างๆ เช่น ทุก ๆ เดือน หรือ สองเดือน เป็นต้น จากนั้นจึงประมาณค่าผลผลิตรากจากมวลชีวภาพรากที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละครั้งที่เก็บตัวอย่าง วิธีนี้เหมาะสำหรับศึกษาการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพของรากฝอย แต่ไม่เหมาะกับการศึกษาอัตราการเวียนกลับของราก (Vogt *et al*., 1998) เนื่องจากไม่สามารถทราบถึงการตาย และการเกิดขึ้นใหม่ของรากที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่าง อย่างไรก็ตามสามารถนำมาประมาณค่าผลผลิต และอัตราการเวียนกลับของรากที่แม่นยำมากยิ่งขึ้นผ่านการประเมินค่าผลผลิตรากด้วย Compartment flow model หรือ Decision matrix method (Fairley and Alexander, 1985) 2) Ingrowth core หรือ Ingrowth bag เป็นการศึกษาผลผลิตรากฝอยโดยใช้ตาข่ายทรงกระบอก หรือถุงตาข่ายบรรจุดินซึ่งปราศจากรากปะปน (root-free soil) ไปฝังในพื้นที่ศึกษา จากนั้นขุดเก็บเป็นระยะ ๆ เพื่อศึกษามวลชีวภาพรากฝอยที่เจริญเติบโตเข้าไปภายในการศึกษาวิธีนี้มีจุดอ่อนคือสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินที่บรรจุลงในตาข่ายทรงกระบอก หรือถุงตาข่ายอาจมีลักษณะที่แตกต่างกับดินในพื้นที่ศึกษา ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของรากที่จะเข้าไปภายในและทำให้ได้ผลผลิตรากที่น้อยกว่าความเป็นจริง (Vogt *et al*., 1998) 3) Minirhizotrons เป็นวิธีศึกษารากโดยการนำท่อโปร่งใสไปฝังไว้ในพื้นที่ศึกษาแล้วใช้กล้องที่มีขนาดเล็กสอดลงไปภายในท่อดังกล่าว เพื่อถ่ายภาพรากเป็นระยะ ๆ การศึกษาโดยวิธีนี้สามารถประมาณค่าผลผลิตรากฝอยจาก

ภาพถ่ายรากประกอบกับการเก็บตัวอย่างรากด้วยในเวลาเดียวกัน โดยข้อมูลที่ได้จากภาพถ่าย เช่น ความยาวหรือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรากจะนำมา สร้างความสัมพันธ์และแปลงเป็นค่ามวลชีวภาพราก วิธีนี้จะทำให้ได้ข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณ เช่น root length density ลักษณะการเจริญของราก สีของราก การเสื่อมสลายของราก และการอยู่ร่วมกันของรากกับสิ่งมีชีวิตอื่น เป็นต้น อีกทั้งยังเป็นวิธีที่เหมาะกับการศึกษาพลวัตของรากฝอย และผลกระทบของสภาวะสิ่งแวดล้อมต่อการเจริญเติบโตของราก อย่างไรก็ตามการฝังท่อโปร่งใสลงในดินก็อาจส่งผลกระทบต่ออายุขัยของราก อีกทั้งการศึกษาโดยใช้วิธีนี้ค่อนข้างซับซ้อนและมีค่าใช้จ่ายสูง (Johnson *et al*., 2001)

การย่อยสลายซากพืช เป็นกระบวนการหลักในการหมุนเวียนธาตุอาหาร โดยธาตุอาหารที่อยู่ภายในซากพืชจะถูกปล่อยออกมาผ่านการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดิน จากนั้นพืชจะดึงธาตุอาหารเหล่านั้นมาใช้ในการเจริญเติบโต นอกจากนี้การย่อยสลายซากพืชยังทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้น ซึ่งจะมีผลดีต่อการดูดซึมธาตุอาหารและช่วยเพิ่มผลผลิตของพืช ทั้งนี้การย่อยสลายซากพืชจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ 1) อุณหภูมิ และความชื้นของดิน ดังเช่น การศึกษาการย่อยสลายของซากพืชพบว่าในป่าเขตร้อนการย่อยสลายเกิดได้รวดเร็วกว่าในป่าเขตอบอุ่น เนื่องจากสภาพอากาศมีความชื้นและอุณหภูมิสูงกว่า 2) ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ซึ่งจากการศึกษาพบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในช่วง 6.0-6.5 เป็นภาวะที่เหมาะสมของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายซากพืชในดิน (บุญแสน, 2548) 3) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) เป็นปัจจัยที่ควบคุมอัตราการย่อยสลายซากพืช กล่าวคือ ซากพืชที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อในโตรเจนสูงจะมีอัตราการย่อยสลายช้า (บุญแสน, 2548) 4) ปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างพืช โดยอัตราการย่อยสลายซากพืชจะเกิดขึ้นเร็วเมื่อปริมาณไนโตรเจนในซากรากสูง และ 5) สัตว์หน้าดินและจุลินทรีย์ในดิน สัตว์หน้าดิน เช่น ไส้เดือน ปลวก และตัวอ่อนแมลงบางชนิดที่อาศัยอยู่ในดินจะกัดกินซากพืช ทำให้ซากพืชมีขนาดเล็กลง เกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ได้รวดเร็ว (พงษ์เทพ, 2557)

นอกจากนี้การย่อยสลายซากรากในดินมักใช้เวลานานกว่าการย่อยสลายชิ้นส่วนพืชที่อยู่เหนือดิน โดยอัตราการย่อยสลายซากรากพืชจะสูงในดินที่ระดับลึก 10 เซนติเมตร และลดลงเมื่อความลึกเพิ่มขึ้น ซึ่งอัตราการย่อยสลายซากรากนั้นจะแปรผันตามความเข้มข้นของปริมาณธาตุอาหารในราก โดยเฉพาะปริมาณไนโตรเจนซึ่งจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่ออัตราการย่อยสลาย Whendee and Miya (2001) ได้รวบรวมข้อมูลการย่อยสลายของรากตามรูปชีวิต (life form) ของพืช โดยศึกษาพืช 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มหญ้า (graminoid) กลุ่มสน (conifer) และ กลุ่มพืชใบกว้าง (broad leaf) พบว่า พืชในกลุ่มสนมีการย่อยสลายช้าที่สุด เนื่องจากรากของพืชกลุ่มสนมีปริมาณแคลเซียม และไนโตรเจนต่ำที่สุด ขณะที่อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) รวมถึงอัตราส่วนลิกนินต่อไนโตรเจน (lignin:N ratio) สูงที่สุด เช่นเดียวกับการศึกษาอัตราการย่อยสลายของรากฝอยในระบบนิเวศป่าสนที่พบว่าการย่อยสลายของรากสนจะย่อยสลายได้ดีเมื่อปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียมในรากสูง (Keplin and Huttl, 2001) นอกจากนี้การศึกษาอัตราการย่อยสลายของรากพืชในป่าดิบแล้งและป่าเต็งรัง พบว่ารากของพืชในป่าดิบแล้งย่อยสลายได้เร็วกว่าใน

ป่าเต็งรัง เนื่องจากรากพืชในป่าดิบแล้งมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) อัตราส่วน acid - insoluble :N และปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำ แต่มีปริมาณไนโตรเจนสูง (Fujimaki *et al*., 2008)

วิธีที่นิยมใช้ในการศึกษาการย่อยสลายซากพืชนั้น ได้แก่ วิธีการที่เรียกว่า litter bag method ซึ่งสามารถทำได้โดยการบรรจุซากพืชในถุงตาข่าย (Litter bag) ซึ่งทำจากวัสดุที่มีความคงทนต่อการย่อยสลายและการกัดกินของแมลงและสัตว์ต่างๆ ซากพืชในถุงจะต้องไม่ทับกันหรือหลวมมากเกินไป แต่ควรให้เหมือนตามสภาพธรรมชาติ บันทึกน้ำหนักแห้งของซากพืชเริ่มต้น แล้วนำไปวางในพื้นที่ศึกษาให้ซากพืชอยู่ในสภาพที่ใกล้เคียงกับธรรมชาติมากที่สุด จากนั้นจึงเก็บซากพืชที่อยู่ในถุงตาข่ายมาชั่งน้ำหนักแห้ง เพื่อบันทึกน้ำหนักของซากพืชที่คงเหลือในถุง และคำนวณอัตราการย่อยสลายต่อไป (พงษ์เทพ, 2557) ดังเช่นการศึกษาการย่อยสลายของซากรากฝอยในป่าชายเลนรุ่นที่สอง จังหวัดตราด ด้วยวิธี litter bag โดย นำรากฝอยของพืชป่าชายเลน หนัก 1 กรัม บรรจุลงในถุงตาข่ายไนลอน เพื่อศึกษาการย่อยสลายของรากฝอยเปรียบเทียบใน 3 เขตพันธุ์ไม้ของป่าชายเลน จากน้ำหนักของรากที่คงเหลือภายในถุงตาข่ายทุกๆ 2 สัปดาห์ (บัญฑูรย์, 2553) และ การศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการย่อยสลายของรากหญ้าในพื้นที่ Silvopasure ประเทศสหรัฐอเมริกา ด้วยวิธี litter bag โดยการนำรากหญ้าซึ่งเป็นพืชชนิดเด่นในพื้นที่ดังกล่าว บรรจุลงในถุงตาข่ายขนาดตาตาข่าย 1 มิลลิเมตร จำนวน 5 กรัม เพื่อศึกษาอัตราการย่อยสลายของรากจากน้ำหนักของรากที่คงเหลือในถุงตาข่ายทุกๆ 1 เดือน ควบคู่กับความชื้นในดิน ปริมาณสารอาหารในดิน และอัตราแทะเล็มหญ้าของสัตว์กินพืชในพื้นที่ (Ashworth *et al*., 2021) เป็นต้น

หญ้าแฝกเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวในวงศ์ POACEAE หรือ GRAMINEAE เช่นเดียวกับหญ้าชนิดอื่นๆ มีการกระจายตามธรรมชาติในเขตร้อน สันนิษฐานว่ามีแหล่งเดิมอยู่บริเวณตอนกลางและใต้ของประเทศอินเดีย แต่ปัจจุบันได้มีการนำมาปลูกในเขตอื่นๆ ทั่วโลก และพบได้ทั่วไปในประเทศไทย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) หญ้าแฝกที่พบในประเทศไทยสามารถจำแนกได้ 2 ชนิด คือหญ้าแฝกลุ่ม (*Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash) และ หญ้าแฝกดอน (*Vetiveria nemoralis* (Balansa) A.camus) จากการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีลักษณะเด่นในการอนุรักษ์ดินและน้ำ มีทั้งหมด 28 สายพันธุ์ เป็นหญ้าแฝกดอน 17 สายพันธุ์ หญ้าแฝกลุ่ม 11 สายพันธุ์ สายพันธุ์ที่พบมากและเป็นที่นิยมในการนำไปปลูกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำในภาคเกษตรกรรม คือหญ้าแฝกลุ่ม สายพันธุ์ศรีลังกา สายพันธุ์สุราษฎร์ธานี สายพันธุ์สงขลา 3 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) ซึ่งการปลูกหญ้าแฝกในพื้นที่เกษตรกรรมจะมุ่งเน้นในเรื่องของการอนุรักษ์ดินและน้ำ ลดการชะล้างและการพังทลายของดิน ช่วยในการกักเก็บตะกอนดินในพื้นที่ลาดชัน นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการฟื้นฟูดินทำให้ดินมีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิต อันได้แก่ 1) การเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุ เนื่องจากหญ้าแฝกมีโครงสร้างรากที่ค่อนข้างหนาแน่น มวลชีวภาพสูง และเจริญแทรกลงไปในดิน เมื่อรากบางส่วนตายไปจึงช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน 2) การกักเก็บความชื้นในดิน เนื่องจากรากหญ้าแฝกมีลักษณะโครงสร้างที่ประสานกันเป็นร่างแหหนาแน่นจึงช่วยในการเก็บน้ำไว้ในดินได้ดี 3) การเพิ่มอัตราการระบายน้ำและอากาศ เนื่องจากรากของหญ้าแฝกสามารถเจริญแผ่ขยายลงไปในดินได้ลึก ทำให้ดินมีช่องว่างในการระบายน้ำและอากาศได้ดีขึ้น และ 4) การเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน เนื่องจากบริเวณรากของหญ้าแฝกเป็นที่อยู่ของจุลินทรีย์ในดินหลายชนิด ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) นอกจากนี้ระบบรากหญ้าแฝกมีลักษณะ

เด่นคือเป็นระบบรากฝอย (fibrous root) ที่สานกันแน่นและหยั่งลึกลงดินในแนวดิ่ง ต่างจากระบบรากของหญ้าทั่วไป ซึ่งเป็นรากฝอยที่แตกแขนงจากลำต้นใต้ดินแผ่กว้างออกไปในแนวขนานกับพื้นดิน และมีระบบรากในแนวดิ่งไม่มากนัก โดยรากหญ้าแฝกสามารถหยั่งลึกลงในดินได้ 1.5-3.0 เมตร ขยายกว้างเพียง 50 เซนติเมตร รอบๆ กอ จึงไม่เป็นอุปสรรคต่อพืชที่ปลูกข้างเคียง หญ้าแฝกที่อายุ 18 เดือน รากจะเจริญเติบโตเต็มที่ โดยรากแกนตรงบริเวณโคนกอ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-3 มิลลิเมตร ผนังด้านนอกจะอวบหนาและแข็ง ลักษณะคล้ายนวม เนื่องจากเป็นเซลล์ที่ตายแล้ว โครงสร้างดังกล่าวจะทำหน้าที่ป้องกันส่วนที่ลำเลียงน้ำและอาหารที่อยู่ภายใน โครงสร้างภายในของหญ้าแฝกมีลักษณะคล้ายพืชน้ำ (hydrophyte) คือบริเวณชั้นคอร์เทกซ์ (cortex) จะมีโพรงอากาศขนาดใหญ่กระจายอยู่รอบรากเพื่อทำหน้าที่ในการเก็บแก๊สไว้ใช้ในกระบวนการหายใจของเซลล์ราก (กมลพรรณ และคณะ, 2536) นอกจากนี้รากของหญ้าแฝกลุ่มมีกลิ่นหอมเย็น สามารถนำมาสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยเฉลี่ยสามารถสกัดได้ 1.4 -1.6 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง การศึกษามวลชีวภาพรากของหญ้าแฝกพบว่ามีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุ โดยเฉลี่ยแล้วจะมีการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพมาเก็บสะสมไว้ในส่วนของมวลชีวภาพรากในค่อนข้างสูง ในหญ้าแฝกลุ่ม มีมวลชีวภาพรากสูงกว่าหญ้าแฝกดอน (Pongkarnchana and Wattanaprapat, 2009) โดยมีค่าเท่ากับ 9.98-11.32 ตันต่อเฮกตาร์ และ 7.63-11.07 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Wattanaprapat *et al*., 2019)

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลาดำเนินการ เริ่มต้น เดือนตุลาคม พ.ศ. 2560
สิ้นสุด เดือนกันยายน พ.ศ. 2562

สถานที่ดำเนินการ

1. จุดเรียนรู้การพัฒนาที่ดินตามแนวพระราชดำริ ตำบลแม่น้ำคู้ อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง พิกัด UTM Zone 47P 741519E 1426480N

2. Site Characterization แปลงทดลองเป็นดินมาบบอนที่เป็นดินร่วนหยาบ อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 40 ลักษณะเป็นดินลึกมาก การจำแนกดินจัดอยู่ใน Coarse – loamy, mixed, isohyperthermic Oxic Paleustults เกิดจากการผุพังสลายตัวอยู่กับที่ และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางไม่ไกลนักของหินแกรนิต เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย สีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลอ่อน ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัด มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 5.5 ดินล่างเนื้อเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย สีน้ำตาลแก่ สีเหลืองปนแดง และสีแดงปนเหลือง ในดินล่างลึกลงไป ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 4.5-5.5 พบเศษวัตถุต้นกำเนิดดินจากหินแกรนิตการสะสมเหล็กหรือแมงกานีส ปะปนในเนื้อดินชั้นล่างๆ

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ตาข่ายไนลอนสำหรับทำ litter bag
2. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างราก
3. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน
4. ต้นพันธุ์ และรากหญ้าแฝก 3 สายพันธุ์
5. ตู้อบลมร้อน
6. อุปกรณ์สำหรับล้างราก
7. อุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูลอุณหภูมิดิน (temperature data logger)
8. อุปกรณ์ศึกษาความหนาแน่นรวมของดิน
9. อุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูลความชื้นดิน

วิธีดำเนินการ

1. วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 7 ตำรับการทดลอง 5 ซ้ำ ทำการทดลองโดยใช้หญ้าแฝกลุ่ม 3 สายพันธุ์

ตำรับการทดลอง

ตำรับที่ 1 (T1) แปลงควบคุม (control) ไม่ปลูกหญ้าแฝกและไม่ฝัง litter bag
ตำรับที่ 2 (T2) ฝัง litter bag ที่บรรจุรากหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ไว้ในแปลง
ตำรับที่ 3 (T3) ฝัง litter bag ที่บรรจุรากหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีไว้ในแปลง
ตำรับที่ 4 (T4) ฝัง litter bag ที่บรรจุรากหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกาไว้ในแปลง

ตำรับที่ 5 (T5) ปลูกหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 และฝัง litter bag ที่บรรจุรากหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ไว้ในแปลง

ตำรับที่ 6 (T6) ปลูกหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี และฝัง litter bag ที่บรรจุรากหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีไว้ในแปลง

ตำรับที่ 7 (T7) ปลูกหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกา และฝัง litter bag ที่บรรจุรากหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกาไว้ในแปลง

2. วางแปลงขนาด 2×8 ตารางเมตร รวมทั้งสิ้น 35 แปลง สุ่มปลูกหญ้าแฝกตามการวางแผนการทดลอง กล่าวคือ ปลูกหญ้าแฝกตามตำรับการทดลองที่ 5-7 ตำรับละ 5 ซ้ำ รวมทั้งสิ้น 15 แปลง โดยปล่อยให้หญ้าแฝกเจริญเติบโตเป็นระยะเวลา 1 เดือน

T2R5	T3R5	T1R5	T5R5	T7R5	T4R5	T6R5
T5R4	T1R4	T6R4	T2R4	T4R4	T3R4	T7R4
T4R3	T1R3	T7R3	T2R3	T3R3	T5R3	T6R3
T2R2	T5R2	T3R3	T7R3	T1R3	T6R3	T4R3
T5R1	T7R1	T2R1	T1R1	T6R1	T3R1	T4R1

ภาพที่ 1 แผนผังการทดลอง

3. ศึกษาอัตราการเวียนกลับของราก (root turnover rate)

3.1 เก็บตัวอย่างรากในแปลงที่มีการปลูกหญ้าแฝกโดยขุดหลุม ขนาด 20×20×20 เซนติเมตร ในแปลงปลูกหญ้าแฝก ลึก 20 เซนติเมตร แปลงละ 5 จุด โดยเก็บทุกๆ 1 เดือน เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 1 ปี

3.2 นำรากที่ได้ทั้งหมดล้างดินออก เลือกส่วนที่ไม่ใช่รากหญ้าแฝกออก แล้วนำรากหญ้าแฝกที่ได้ทั้งหมดมาแยกเป็นรากที่ยังมีชีวิต และรากตาย โดยการลอยและจมในน้ำ ประกอบกับสังเกตจากสี และความยืดหยุ่นของราก (Suchewaboripont *et al*., 2015) จากนั้นนำตัวอย่างรากทั้งหมดไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักรากคงที่ ชั่งน้ำหนักราก และคำนวณมวลชีวภาพราก (กรัมต่อตารางเมตร)

3.3 คำนวณผลผลิตรากด้วยวิธี decision matrix (Fairley and Alexander, 1985) และอัตราการเวียนกลับของราก จากความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตรากฝอยในรอบปีกับมวลชีวภาพรากฝอย (Dahlman and Kucera, 1965)

4. เก็บตัวอย่างรากหญ้าแฝกทั้ง 3 สายพันธุ์ที่จะใช้ศึกษาอัตราการย่อยสลายวิเคราะห์คาร์บอน และไนโตรเจน

5. ศึกษาการย่อยสลายรากหญ้าแฝกด้วยวิธี litter bag method

5.1 นำตาข่ายไนลอนซึ่งมีความถี่ของตา 1 มิลลิเมตร มาตัดและเย็บเป็นถุงขนาด 5×6 เซนติเมตร ด้วยด้ายไนลอน เก็บตัวอย่างรากสดของหญ้าแฝกแต่ละสายพันธุ์ ทิ้งไว้ให้รากแห้งที่อุณหภูมิห้อง (น้ำหนักรากคงที่) แล้วบรรจุลงในถุงตาข่ายที่เตรียมไว้ ถุงละ 2 กรัม (เรียกถุงตาข่ายที่บรรจุรากว่า litter bag)

5.2 นำ litter bag ที่บรรจุรากหญ้าแฝกไปฝังในแปลงปลูกหญ้าแฝกแต่ละสายพันธุ์ ลึก 5 เซนติเมตร จำนวน 12 ถุงต่อ 1 แปลง (สำหรับเก็บทุกๆ เดือนเป็นเวลา 12 เดือน) ซึ่งจะได้ litter bag ทั้งหมดจำนวนทั้งสิ้น 360 ถุง หลังจากปลูกหญ้าแฝกตามตำรับการทดลอง 1 เดือน

5.3 เก็บ litter bag ที่ฝังไว้ในแต่ละแปลง ทุกๆ 1 เดือน เป็นเวลาทั้งสิ้น 12 เดือน ล้างดินออก แล้วทิ้งไว้ให้รากแห้งที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ บันทึกน้ำหนักรากที่เหลือ นำตัวอย่างรากที่ได้จาก litter bag ที่วางไว้ครบ 12 เดือน ไปวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจน

5.4 คำนวณอัตราการย่อยสลายซากรากตามสมการ คำนวณค่าคงที่ของการย่อยสลาย (k)

6. ศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

6.1 เก็บตัวอย่างดิน วิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุและอินทรีย์คาร์บอนในดิน ทุกๆ 3 เดือน ตั้งแต่เริ่มปลูกหญ้าแฝก

6.2 หาค่าความชื้น บันทึกอุณหภูมิดินในแปลงโดยฝัง temperature data logger และเก็บตัวอย่างดินโดยใช้ soil core สำหรับเก็บข้อมูลความหนาแน่นรวมของดิน

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเวียนกลับของรากหญ้าแฝก

การคำนวณค่าอัตราการเวียนกลับของรากหญ้าแฝก จากความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตรากหญ้าแฝกและมวลชีวภาพราก พบว่า อัตราการเวียนกลับของรากหญ้าแฝกทั้ง 3 สายพันธุ์ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่ามากที่สุดในหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกา รองลงมาคือ สงขลา 3 และมีค่าน้อยที่สุดในหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลการคำนวณค่าอัตราการเวียนกลับของรากหญ้าแฝก 3 สายพันธุ์

สายพันธุ์	ผลผลิตราก (กิโลกรัม/ตารางเมตร/ปี)	มวลชีวภาพราก (กิโลกรัม/ตารางเมตร)	อัตราการเวียนกลับของราก (ต่อปี)
สงขลา 3	10.87	7.75	1.40
สุราษฎร์ธานี	9.46	6.84	1.38
ศรีลังกา	9.28	6.58	1.41
F-test	ns	ns	-
C.V.%	23.98	18.19	-

2. การย่อยสลายของรากหญ้าแฝก

2.1 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

วิเคราะห์ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของตัวอย่างรากหญ้าแฝกก่อนและหลังการทดลอง พบว่าค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละตำรับการทดลอง เมื่อพิจารณาถึงสายพันธุ์หญ้าแฝกพบว่า หญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกา มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำที่สุด (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ของรากหญ้าแฝก

ตำรับการทดลอง	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
T1	-	-
T2	49.71	33.79
T3	46.30	32.41
T4	44.61	31.22
T5	49.35	32.54
T6	45.92	32.14
T7	41.84	31.28
F-test	ns	ns
C.V.%	7.77	8.18

2.2 น้ำหนักรากที่คงเหลือ

น้ำหนักของรากที่คงเหลือในแต่ละเดือนมีค่าลดลงตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง โดยน้ำหนักรากที่คงเหลือในแต่ละเดือนของแต่ละตำรับการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งตำรับการทดลองที่ 7 มีปริมาณซากรากที่เหลือจากการย่อยสลายเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ที่ระยะเวลา 12 เดือน) น้อยที่สุด และมีค่ามากที่สุดในตำรับการทดลองที่ 3 (ตารางที่ 3) และเมื่อพิจารณาการย่อยสลายของรากหญ้าแฝกแต่ละสายพันธุ์พบว่า ปริมาณรากที่คงเหลือน้อยที่สุดในหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกา (ตำรับทดลองที่ 4 และ 7)

ตารางที่ 3 น้ำหนักรากที่เหลือจากการย่อยสลาย

เวลาในการทดลอง (เดือน)	น้ำหนักรากที่คงเหลือ (กรัม) (คิดเป็น เปอร์เซ็นต์)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
0 (เริ่มต้นการทดลอง)	-	2.00 (100%)	2.00 (100%)	2.00 (100%)	2.00 (100%)	2.00 (100%)	2.00 (100%)
1	-	1.666 (83.3%)	1.720 (86.0%)	1.552 (77.6%)	1.680 (84.0 %)	1.740 (87.0%)	1.632 (81.6%)
2	-	1.610 (80.5%)	1.580 (79.0%)	1.080 (54.0%)	1.424 (71.2%)	1.728 (86.4%)	1.592 (79.6%)
3	-	1.548 (77.4%)	1.406 (70.3%)	1.056 (52.8%)	1.320 (66.0 %)	1.560 (78.0%)	1.536 (76.8%)
4	-	1.484 (74.2%)	1.384 (69.2%)	1.050 (52.5%)	1.280 (64.0 %)	1.472 (73.6%)	1.528 (76.4%)
5	-	1.438 (71.9%)	1.176 (58.8%)	0.992 (49.6%)	1.234 (61.7%)	1.336 (66.8%)	1.512 (75.6%)
6	-	1.368 (68.4%)	1.143 (57.2%)	0.944 (47.2%)	1.005 (50.3%)	1.196 (59.8%)	1.352 (67.6%)
7	-	0.980 (49.0%)	1.124 (56.2%)	0.632 (31.6%)	0.962 (48.1%)	0.670 (33.5%)	1.344 (67.2%)
8	-	0.636 (31.8%)	1.132 (56.6%)	0.536 (26.8%)	0.824 (41.2%)	0.550 (27.5%)	0.704 (35.2%)
9	-	0.558 (27.9%)	0.550 (27.5%)	0.244 (12.2%)	0.652 (32.6%)	0.535 (26.8%)	0.303 (15.2%)
10	-	0.538 (26.9%)	0.482 (24.1%)	0.243 (12.2%)	0.475 (23.8%)	0.440 (22.0%)	0.270 (13.5%)
11	-	0.407 (20.3%)	0.354 (17.7%)	0.075 (3.8%)	0.324 (16.2%)	0.427 (21.3%)	0.275 (13.8%)
12	-	0.305 (15.3%)	0.310 (15.5%)	0.060 (3.0%)	0.170 (8.5%)	0.245 (12.3%)	0.057 (2.9%)

2.3 อัตราการย่อยสลายรากหญ้าแฝก

ค่าคงที่การย่อยสลาย (k) และอัตราการย่อยสลายที่คำนวณจากร้อยละโดยน้ำหนักของรากหญ้าแฝกที่ลดลง มีค่าสูงที่สุดในตำรับการทดลองที่ 7 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างตำรับการทดลองที่ไม่ปลูกหญ้าแฝก (ตำรับการทดลองที่ 2 3 และ 4) กับ ตำรับการทดลองที่ปลูกหญ้าแฝก (ตำรับการทดลองที่ 5 6 และ7) พบว่า ตำรับการทดลองที่ปลูกหญ้าแฝกมีอัตราการย่อยสลายสูงกว่า ทั้งนี้เป็นผลมาจากการปลูกหญ้าแฝกนั้น ช่วยเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ในดิน กล่าวคือ การปลูกหญ้าแฝกจะทำให้มวลชีวภาพจุลินทรีย์ดิน มวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน (Microbial Biomass C) เพิ่มขึ้น และทำให้ดินมีค่าอัตราส่วนมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (microbial quotient) สูงขึ้น ทำให้การย่อยสลายในดินเกิดขึ้นได้ดี (Materechera, 2010) นอกจากนี้การปลูกหญ้าแฝกยังช่วยเก็บรักษาความชื้นไว้ในดิน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาความชื้นดิน ที่พบว่าความชื้นดินในตำรับการทดลองที่ปลูกหญ้าแฝกมีแนวโน้มสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ปลูกหญ้าแฝก (ตารางที่ 6) ทั้งนี้ความชื้นในดินจะส่งผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน ช่วยให้การย่อยสลายเกิดขึ้นได้ดี (พงษ์เทพ, 2557)

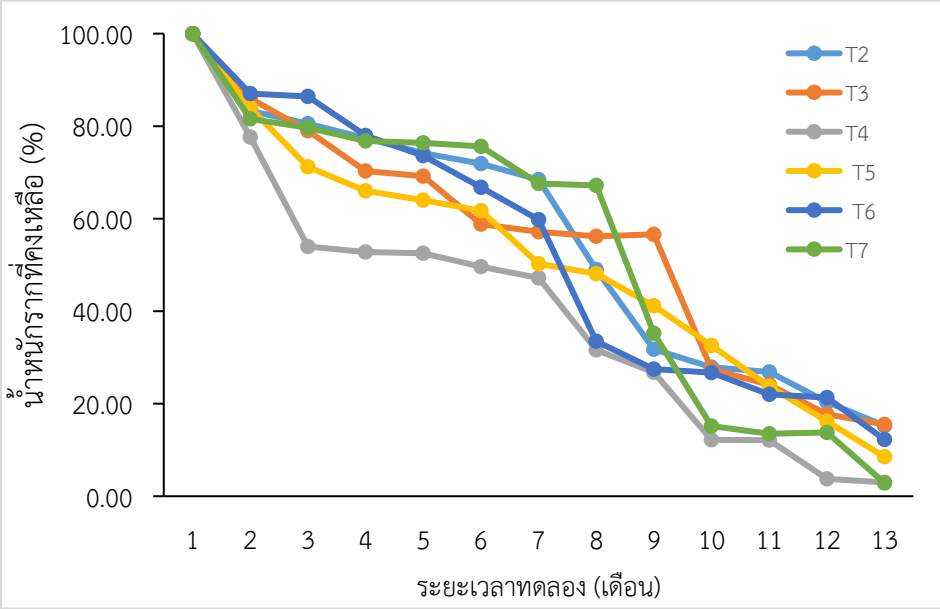
นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงสายพันธุ์หญ้าแฝก พบว่า หญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกามีอัตราการย่อยสลายสูงที่สุด รองลงมาคือ สายพันธุ์สุราษฎร์ธานี และสงขลา 3 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่มีค่าน้อยที่สุดในหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกา (ตารางที่ 2) ทั้งนี้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของรากต่ำ ส่งผลให้การย่อยสลายซากเกิดขึ้นได้เร็ว ขณะที่ซากพืชที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงจะมีอัตราการย่อยสลายช้า (บุญแสน, 2548)

ตารางที่ 4 สมการการย่อยสลายรากหญ้าแฝก

ตำรับทดลอง	สมการการย่อยสลาย	ค่าคงที่การย่อยสลาย (k)	R^2	อัตราการย่อยสลายรายปี (ร้อยละโดยน้ำหนักที่ลดลง/ปี)
T1	-	-	-	-
T2	$y=100e^{-0.131x}$	0.131	0.88	84.75
T3	$y=100e^{-0.131x}$	0.131	0.86	84.50
T4	$y=100e^{-0.232x}$	0.232	0.84	97.00
T5	$y=100e^{-0.149x}$	0.149	0.85	91.50
T6	$y=100e^{-0.146}$	0.146	0.91	87.85
T7	$y=100e^{-0.183x}$	0.183	0.70	97.15

3. ความสัมพันธ์ระหว่างรากที่คงเหลือกับระยะเวลาทดลอง

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์รากที่คงเหลือในแต่ละเดือนกับระยะเวลาทดลอง พบว่า เปอร์เซ็นต์รากที่คงเหลือในแต่ละเดือน (y) แสดงลักษณะความสัมพันธ์กับระยะเวลาในการย่อยสลายเป็นเดือน (x) ในรูปแบบของสมการถดถอยแบบ exponential (ภาพที่ 2 และ ตารางที่ 4)



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างซากรากที่คงเหลือกับระยะเวลาทดลอง

4. ปัจจัยสิ่งแวดล้อม

4.1 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน

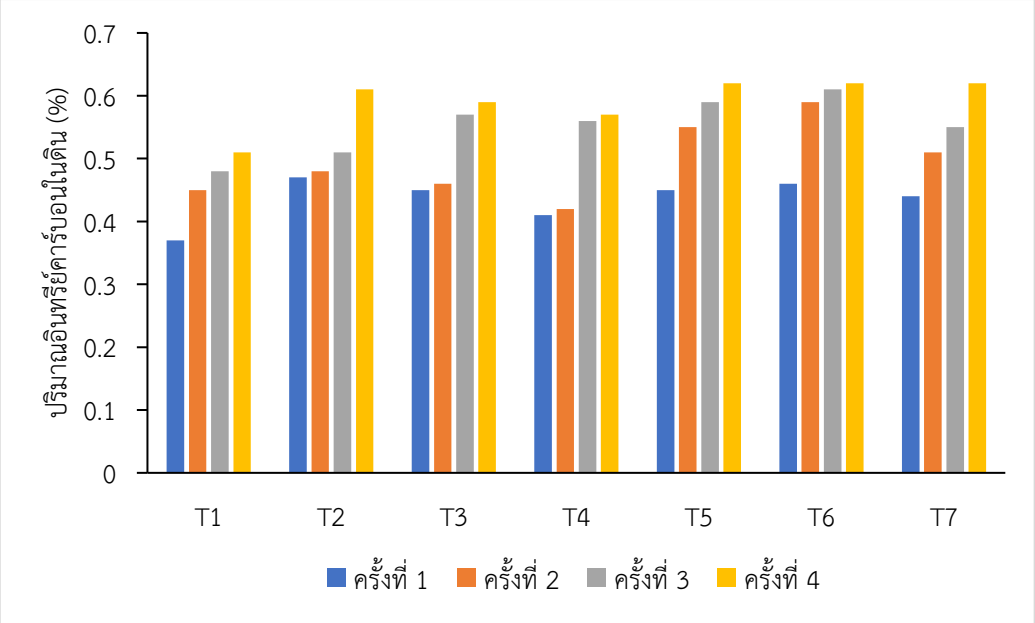
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และมีความแตกต่างกันในแต่ละตำรับการทดลอง (ตารางที่ 5 และภาพที่ 3) เนื่องจากเศษชิ้นส่วนของหญ้าแฝกที่ตายจะสะสมอยู่ในดินทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้น ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในตำรับการทดลองที่มีการปลูกหญ้าแฝกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ปลูกหญ้าแฝก เช่นเดียวกับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพรากหญ้าแฝกและปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินในพื้นที่เกษตรกรรมทางภาคใต้ของประเทศไทยที่พบว่า การปลูกหญ้าแฝกสามารถช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (Wattanaprapat *et al*., 2019) นอกจากนี้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเพิ่มขึ้นมากที่สุดในตำรับการทดลองที่ 7 ซึ่งปลูกหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกา โดยมีค่าเท่ากับ 0.18 % โดยสอดคล้องกับอัตราการเวียนกลับของรากที่มีค่าสูงที่สุดในหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกา (ตารางที่ 1) ทั้งนี้อัตราการเวียนกลับของรากสูงทำให้เกิดการสะสมของซากรากในดินมาก ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินสะสมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงกว่าแปลงที่ปลูกหญ้าแฝกสายพันธุ์อื่นๆ

ตารางที่ 5 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน

ตำรับทดลอง	ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (%)				ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่เพิ่มขึ้น (%)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	
T1	0.37	0.45ab	0.48a	0.51a	0.14
T2	0.47	0.48abc	0.51ab	0.61b	0.15
T3	0.45	0.46ab	0.57bc	0.59b	0.13
T4	0.41	0.42a	0.56bc	0.57b	0.16
T5	0.45	0.55cd	0.59c	0.62b	0.16
T6	0.46	0.59d	0.61c	0.62b	0.16
T7	0.44	0.51bcd	0.55bc	0.62b	0.18
F-test	ns	*	*	*	-
C.V.%	16.2	11.1	8.1	7.6	-

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



ภาพที่ 3 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินตลอดการทดลอง

4.2 สมบัติทางกายภาพ และเคมีของดิน

ความหนาแน่นรวมของดินทั้งก่อนและหลังการทดลองไม่แตกต่างกันในแต่ละตำรับการทดลอง อย่างไรก็ตาม ตำรับทดลองที่มีการปลูกหญ้าแฝก ค่าความหนาแน่นรวมของดินมีแนวโน้มลดลง (ตารางที่ 6) ทั้งนี้เป็นผลมาจากการที่รากหญ้าแฝกมีการแตกแขนงแทรกลงในดิน อีกทั้งปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ว่าการปลูกหญ้าแฝกทำให้ค่าความหนาแน่นรวมของดินลดลงโดยเฉพาะดินที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เนื่องจากระบบรากฝอยที่หนาแน่น และหยั่งลึกลงในดินของหญ้าแฝกทำให้เพิ่มช่องว่างในดินส่งผลให้ดินมีค่าความหนาแน่นรวมลดลง (Poungwarin and Sukviboon, 1994)

ความชื้นดินในแต่ละตำรับการทดลองไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามในตำรับการทดลองที่มีการปลูกหญ้าแฝก ความชื้นดินมีแนวโน้มสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ปลูกหญ้าแฝก (ตารางที่ 6) เนื่องจาก ระบบรากหญ้าแฝกสามารถช่วยดูดซับน้ำและกักเก็บน้ำไว้ในดิน (Kittiyarak et al., 1997) อีกทั้งการปลูกหญ้าแฝกเป็นการปกคลุมดินจึงช่วยลดการระเหยของน้ำในดินและเก็บรักษาความชื้นไว้ในดินได้ดี

อุณหภูมิดินมีการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล และตำรับการทดลองที่มีการปลูกหญ้าแฝก มีอุณหภูมิดินต่ำกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ปลูกหญ้าแฝก ทั้งนี้เป็นเพราะร่มเงาของทรงพุ่มหญ้าแฝกส่งผลให้อุณหภูมิของดินต่ำกว่าแปลงที่ไม่มีหญ้าแฝกปกคลุม (ภาพที่ 4)

ปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่เพิ่มขึ้นในแต่ละตำรับการทดลองไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 6) โดยในตำรับการทดลองที่ไม่ปลูกหญ้าแฝก (ตำรับการทดลองที่ 1-4) มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับตำรับการทดลองที่ปลูกหญ้าแฝก (ตำรับการทดลองที่ 5-7) อาจเป็นผลมาจากการกำจัด

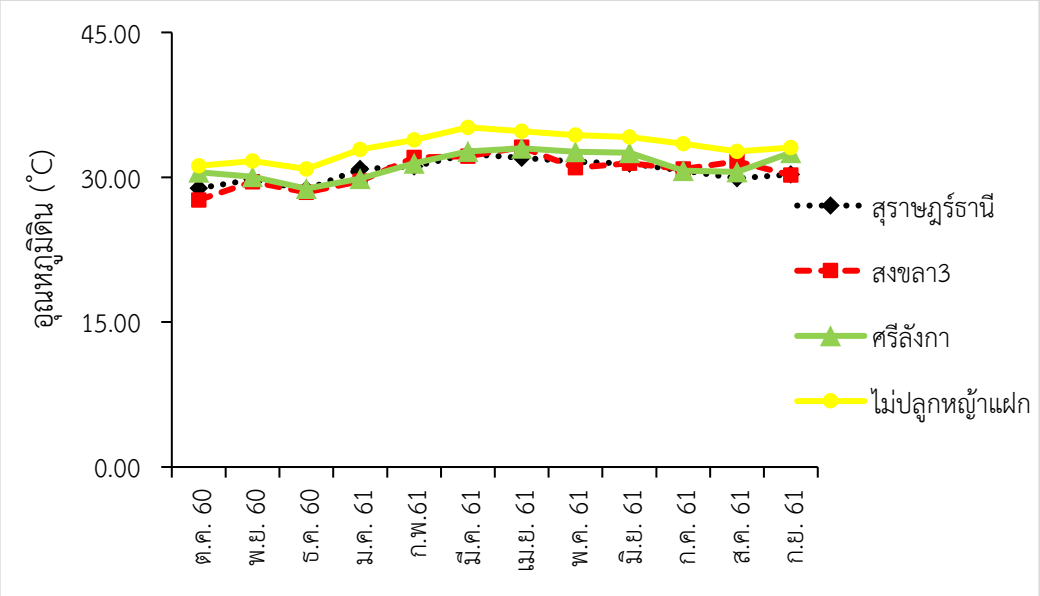
วัชพืชในระหว่างการทดลองไม่ดีพอ ทำให้มีเศษวัชพืชตกค้างและย่อยสลายอยู่ในดิน ส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในตำรับการทดลองที่ไม่ปลูกหญ้าแฝกใกล้เคียงกับตำรับการทดลองที่ปลูกหญ้าแฝก อย่างไรก็ตาม ปริมาณอินทรียวัตถุในตำรับการทดลองที่มีการปลูกหญ้าแฝกมีแนวโน้มสูงกว่าตำรับทดลองที่ไม่ปลูกหญ้าแฝก เนื่องจากการสะสมของรากและใบของหญ้าแฝกที่ตายลงในดินจะช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Wattanaprapat *et al*., 2019) และปริมาณอินทรียวัตถุมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงที่สุดในตำรับการทดลองที่ปลูกหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกา (ตำรับการทดลองที่ 7) เนื่องจากหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกามีอัตราการเวียนกลับของรากสูงทำให้เกิดการสะสมของซากรากในดินมาก

ตารางที่ 6 สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

ตำรับทดลอง	ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัม/ลบ.ซม.)		ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (%)			ความชื้นดิน
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	เพิ่มขึ้น	
T1	1.62	1.64	0.64	0.88a	0.24	4.12
T2	1.63	1.63	0.80	1.06b	0.26	4.45
T3	1.60	1.59	0.78	1.01b	0.23	4.38
T4	1.68	1.64	0.71	0.98ab	0.27	4.40
T5	1.68	1.62	0.78	1.06b	0.28	4.47
T6	1.62	1.57	0.79	1.07b	0.28	4.55
T7	1.59	1.56	0.76	1.07b	0.31	5.10
F-test	ns	ns	ns	*	ns	ns
C.V.%	4.44	5.19	20.04	15.18	20.41	12.92

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



ภาพที่ 4 อุณหภูมิดินในแปลงทดลอง

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการเวียนกลับและการย่อยสลายของรากหญ้าแฝก 3 สายพันธุ์ พบว่าอัตราการเวียนกลับของรากหญ้าแฝกมีค่าใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มสูงที่สุดในหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกา รองลงมาคือสงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี โดยมีค่าเท่ากับ 1.41 1.40 และ 1.38 รอบต่อปี ตามลำดับ เนื่องจากหญ้าแฝกทั้ง 3 สายพันธุ์เป็นหญ้าแฝกชนิดเดียวกัน คือหญ้าแฝกลุ่ม (*Vetiveria zizanioides*) และอัตราการเวียนกลับของรากหญ้าแฝกมีค่าค่อนข้างสูง (มากกว่า 1 รอบต่อปี) จึงมีความสำคัญต่อการคำนวณปริมาณคาร์บอนในพื้นที่เกษตรกรรม สำหรับการศึกษาการย่อยสลายของราก พบว่าเปอร์เซ็นต์ซากรากที่คงเหลือในแต่ละเดือนของหญ้าแฝกลุ่มทั้ง 3 สายพันธุ์ แสดงลักษณะความสัมพันธ์กับระยะเวลาในการย่อยสลายเป็นรายเดือนในรูปแบบของสมการถดถอยแบบ exponential และค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดของสมการสหสัมพันธ์ (R^2) ค่อนข้างสูง ชี้ให้เห็นว่าระยะเวลามีผลต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากรากที่คงเหลือ และมีอิทธิพลต่อการย่อยสลายราก นอกจากนี้อัตราการย่อยสลายของรากหญ้าแฝกและร้อยละน้ำหนักที่ลดลง มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยในตำรับการทดลองที่มีการปลูกหญ้าแฝกจะมีอัตราการย่อยสลายของรากสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ปลูกหญ้าแฝก ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยปัจจัยสิ่งแวดล้อม และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของราก

สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินในแต่ละตำรับการทดลองไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามในตำรับการทดลองที่มีการปลูกหญ้าแฝก ความชื้นดิน มีแนวโน้มสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ปลูกหญ้าแฝก ขณะที่อุณหภูมิดินในตำรับการทดลองที่ไม่ปลูกหญ้าแฝกมีแนวโน้มสูงกว่าตำรับการทดลองที่ปลูกหญ้าแฝก ความหนาแน่นรวมของดินก่อนและหลังการทดลองไม่แตกต่างกันในแต่ละตำรับการทดลอง โดย

ตำรับการทดลองที่มีการปลูกหญ้าแฝก ค่าความหนาแน่นรวมของดินมีแนวโน้มลดลง และมีค่าน้อยกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ปลูกหญ้าแฝก ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน และปริมาณอินทรียวัตถุในดินในตำรับการทดลองที่ปลูกหญ้าแฝกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ปลูกหญ้าแฝก จึงเป็นสิ่งที่ยืนยันได้ว่าการปลูกหญ้าแฝกสามารถช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุ และอินทรีย์คาร์บอนในดิน ซึ่งการปลูกหญ้าแฝกลุ่ม 3 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์สงขลา 3 สุราษฎร์ธานี และ ศรีลังกา นั้น ช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินได้ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากเป็นหญ้าแฝกชนิดเดียวกัน นอกจากนี้ผลการศึกษายังชี้ให้เห็นว่าการปลูกหญ้าแฝกสามารถช่วยให้ดินมีสมบัติทางกายภาพและเคมีที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมในแต่ละตำรับการทดลอง ค่าความหนาแน่นรวมของดิน ความชื้นดิน ไม่แตกต่างกันทั้งก่อนและหลังการทดลอง อาจเป็นเพราะระยะเวลาศึกษาน้อย (2 ปี) จึงควรเพิ่มระยะเวลาในการศึกษาเพื่อความแม่นยำของผลการทดลอง และการศึกษาการปลดปล่อยธาตุอาหารอื่นๆ ควบคู่กับการย่อยสลายรากหญ้าแฝกเป็นประเด็นที่น่าสนใจและควรศึกษาในลำดับต่อไป

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทราบถึงอัตราการเวียนกลับและอัตราย่อยสลายของรากหญ้าแฝก รวมถึงการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน อีกทั้งยังเป็นพื้นฐานของการศึกษาการหมุนเวียนคาร์บอนในพื้นที่เกษตรกรรมที่ปลูกหญ้าแฝก
2. เป็นข้อมูลสำหรับส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกหญ้าแฝกเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548 **คู่มือเรื่องการใช้ประโยชน์หญ้าแฝกเพื่อการพัฒนาที่ดิน.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2558 **คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กมลพรรณ นามวงศ์พรหม มโนชย์ จงรักวิทย์ และวีระชัย ณ นคร. 2536. สัณฐานวิทยาและกายวิภาควิทยาเปรียบเทียบของหญ้าแฝก, น. 239-246. *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 31 (สาขาคหกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ อุตสาหกรรมเกษตร เศรษฐศาสตร์ และบริหารธุรกิจ ศึกษาศาสตร์ มนุษยศาสตร์ การจัดการทรัพยากร และสิ่งแวดล้อม)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บุญแสน เตียวนุกูลธรรม. 2548. **อินทรียวัตถุในดิน.** แหล่งที่มา : http://elearning.nsru.ac.th/web_elearning/soil/lesson_6_2.php, 25 กุมภาพันธ์ 2564.

บัญฑูรย์ เฉลิมฉัตรวิไล. 2553. **อัตราการย่อยสลายซากรากฝอยในป่าชายเลนรุ่นสอง จังหวัดตราด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย.

ปัทมา วิตยากร. 2547. **เอกสารคำสอนวิชาความอุดมสมบูรณ์ของดินขั้นสูง**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาทรัพยากรทีดินและสิงแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

พงษ์เทพ หาญพัฒนากิจ. 2557. การทบทวนวิธีการศึกษาผลผลิตและการย่อยสลายเศษซากชีวมวลในวัฏจักรคาร์บอนต่อการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในป่าเขตเส้นศูนย์สูตร. **วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ** 6: 134-146.

Ashworth, A.J., T. Adams, T. Kharel, D. Philipp, P. Owens and T. Sauer. 2021. Root decomposition in silvopastures is influenced by grazing, fertility, and grass species. Agrosystems, **Geosciences and Environment** 4: 1-15.

Dahlman, R. C. and C. L. Kucera. 1965. Root Productivity and Turnover in Native Prairie. **Ecology** 46: 84-89.

Fairley, R. I. and I. J. Alexander. 1985. **Methods of calculating fine root production in forests**. Blackwell Scientific Publications, United Kingdom.

Fujimaki, R., Takeda, H. and D. Wiwatiwitaya. 2008. Fine root decomposition in tropical dry evergreen and dry deciduous forests in Thailand. **Journal of Forest Research** 3: 338-346.

Gill, R.A. and R.B. Jackson. 2000. Global patterns of root turnover for terrestrial ecosystems. **New Phytologist** 147: 13-31.

Johnson, M. G., D. T. Tingey, D. L. Phillips and M. J. Storm. 2001. Advancing fine root research with minirhizotrons. **Environmental and Experimental Botany** 45: 263-289.

Keplin, B. and R.F. Huttl. 2001. Decomposition of root litter in *Pinus sylvestris* L. and *Pinus nigra* stands on carboniferous substrates in Lusatian lignite mining district. **Ecological Engineering** 17: 285-296.

Kittiyarak, S., T. Boonnab, P., Phouthai, Y. Namsai and Koonnaphan, P. 1997. **Study on planting vetiver grass in different vertical interval for soil and water conservation on the sloping areas**. Land Development Department, Bangkok.

Materechera, S. 2019. Soil physical and biological properties as influenced by growth of vetiver grass (*Vetiveria zizanioides* L.) in a semi-arid environment of South Africa, pp.69-72. *In* **19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World** 1 – 6 August 2010, Brisbane, Australia.

Norby, R. J. and R. B. Jackson. 2000. Root dynamics and global change: seeking an ecosystem perspective. **New Phytologist** 147: 3-12.

Olson, J.S. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology** 44: 322-331.

Pongkarnchana, A. and K. Wattanaprapat. 2009. Root efficiency of vetiver grass on soil improvement. **Journal of Phumiwarin Anurak** 26: 18-24.

Puangwarin, P. and Sukviboon, S. 1994. **Manual of vegetative management for soil and water conservation**. Soil and Water Conservation Division, Land Development Department, Bangkok.

Suchewaboripont, V., M. Ando, Y. Iimura, s. Yoshitake and T. Ohtsuka. 2015. The effect of canopy structure on soil respiration in an old-growth beech oak forest in central Japan. **Ecological Research** 30: 867-877.

Vogt, K., D. Vogt and J. Bloomfield. 1998. Analysis of some direct and indirect methods for estimating root biomass and production of forests at an ecosystem level. **Plant and Soil** 20: 71-89.

Wattanaprapat, K., K. Kanjanathanaset, I. Meesing and P. Nopmalai. 2019. **Correlation between vetiver root biomass with soil organic carbon and co_2 emission in agricultural areas of the southern part of Thailand**. Available Source: https://icv-7.com/correlation-between-vetiver-root-biomass-with-soil-organic-carbon-and-co2-emission-in-agricultural-areas-of-the-southern-part-of-thailand, December 30, 2020.

Whendee, L.S. and R.K. Miya 2001. Global patterns in root decomposition: comparisons of climate and litter quality effects. **Oecologia** 129: 407-419.

Yuan, Z. Y. and H. Y. H. Chen. 2012. A global analysis of fine root production as affected by soil nitrogen and phosphorus, pp.3796-3802. *In* **Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences** 22 September 2012, The Royal Society Publishing 279. London, United Kingdom.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 การคำนวณผลผลิตรากโดยวิธี Decision matrix ตามวิธีของ Fairley and Alexander (1985)

มวลชีวภาพที่เปลี่ยนแปลง	$\Delta B^{live} = +$	$\Delta B^{live} = -$	
		$\Delta B^{dead} > \Delta B^{live}$	$\Delta B^{live} > \Delta B^{dead}$
$\Delta B^{dead} = +$	$P = \Delta B^{live} + \Delta B^{dead}$	$P = \Delta B^{live} + \Delta B^{dead}$	$P = 0$
$\Delta B^{dead} = -$	$P = \Delta B^{live}$	$P = 0$	$P = 0$

เมื่อ P = ผลผลิตราก B^{live} = มวลชีวภาพราก B^{dead} = มวลซากราก

ตารางภาคผนวกที่ 2 ผลวิเคราะห์ ANOVA ของผลผลิตรากหญ้าแฝก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.541	2	3.771	.639	.545
Within Groups	70.763	12	5.897		
Total	78.304	14			

ตารางภาคผนวกที่ 3 ผลวิเคราะห์ ANOVA ของมวลชีวภาพรากหญ้าแฝก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.788	2	1.894	1.178	.341
Within Groups	19.293	12	1.608		
Total	23.081	14			

ตารางภาคผนวกที่ 4 ผลวิเคราะห์ ANOVA ของค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ก่อนการทดลอง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	87.644	5	17.529	1.930	.223
Within Groups	54.490	6	9.082		
Total	142.134	11			

ตารางภาคผนวกที่ 5 ผลวิเคราะห์ ANOVA ของค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) หลังการทดลอง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	42.996	5	8.599	1.933	.223
Within Groups	26.694	6	4.449		
Total	69.690	11			

ตารางภาคผนวกที่ 6 ผลวิเคราะห์ ANOVA ของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ครั้งที่ 1

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.033	6	.005	.550	.766
Within Groups	.279	28	.010		
Total	.312	34			

ตารางภาคผนวกที่ 7 ผลวิเคราะห์ ANOVA ของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ครั้งที่ 2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.097	6	.016	4.855	.002
Within Groups	.093	28	.003		
Total	.190	34			

ตารางภาคผนวกที่ 8 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ของแต่ละตำรับการทดลองครั้งที่ 2 ด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05			
Treatment	N	1	2	3	4
4	5	.4240			
1	5	.4520	.4520		
3	5	.4620	.4620		
2	5	.4740	.4740	.4740	
7	5		.5120	.5120	.5120
5	5			.5440	.5440
6	5				.5860
Sig.		.221	.143	.079	.064

ตารางภาคผนวกที่ 9 ผลวิเคราะห์ ANOVA ของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ครั้งที่ 3

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.069	6	.012	4.693	.002
Within Groups	.069	28	.002		
Total	.138	34			

ตารางภาคผนวกที่ 10 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินแต่ละตำรับการทดลองครั้งที่ 3 ด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05		
Treatment	N	1	2	3
1	5	.4740		
2	5	.5080	.5080	
7	5		.5440	.5440
4	5		.5580	.5580
3	5		.5680	.5680
5	5			.5920
6	5			.6140
Sig.		.287	.089	.053

ตารางภาคผนวกที่ 11 ผลวิเคราะห์ ANOVA ของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ครั้งที่ 4

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.051	6	.009	3.743	.007
Within Groups	.064	28	.002		
Total	.116	34			

ตารางภาคผนวกที่ 12 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินแต่ละตำรับการทดลองครั้งที่ 4 ด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

		Subset for alpha = 0.05	
Treatment	N	1	2
1	5	.5080	
4	5		.5720
3	5		.5880
2	5		.6160
5	5		.6180
7	5		.6180
6	5		.6220
Sig.		1.000	.157

ภาพภาคผนวกที่ 1 วางแปลงทดลอง

ภาพภาคผนวกที่ 2 ปลูกหญ้าแฝก

ภาพภาคผนวกที่ 3 แปลงทดลอง (หญ้าแฝกอายุ 6 เดือน)

ภาพภาคผนวกที่ 4 แปลงทดลอง (หญ้าแฝกอายุ 12 เดือน)

ภาพภาคผนวกที่ 5 รากหญ้าแฝกที่ใช้สำหรับบรรจุลงในถุงตาข่ายเพื่อศึกษาอัตราการย่อยสลาย

ภาพภาคผนวกที่ 6 litter bag สำหรับศึกษาการย่อยสลายของรากหญ้าแฝก

ภาพภาคผนวกที่ 7 การฝัง litter bag และลักษณะของ litter bag ที่ฝังไว้ในดิน

ภาพภาคผนวกที่ 8 Litter bag ที่ขุดเก็บในแต่ละเดือน

ภาพภาคผนวกที่ 9 การเก็บตัวอย่างรากหญ้าแฝก และการขุดเก็บ litter bag

ภาพภาคผนวกที่ 10 litter bag ที่ล้างดินออก