การบำบัดสารละลายฟอสเฟตที่ปนเปื้อนในน้ำ โดยใช้ระบบแฝกทุ่นลอยของหญ้าแฝก

คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

นพคุณ ยรรยงค์
ภัจจ์ งามสิทธิโชค
ศักดาวุฒิ กาศวิบูลย์

ห้องศึกษาคณะเกษตรศาสตร์ฯ
วันลงทะเบียน 22 กย 52
เลขทะเบียน 1467480
เลขเรียกหนังสือ JS ทส. น 166ก 2550
C.3

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
พฤษภาคม 2550

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษาและภาควิชาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้พิจารณาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง เรื่อง "การบำบัดสารละลายฟอสเฟตที่ปนเปื้อนในน้ำโดยใช้ระบบแฝกทุ่นลอยของหญ้าแฝก" ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยนเรศวร

.....

(ดร.ธนูชัย กองแก้ว)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(ดร.จรูญ สารินทร์)

หัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ประกาศคุณูปการ

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองฉบับนี้ ประสบความสำเร็จขึ้นได้ด้วยความกรุณาจาก ดร. ธนูชัย กองแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำและชี้แนะแนวทางในการศึกษาค้นคว้า ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่จนการศึกษาค้นคว้าฉบับนี้ได้สำเร็จเป็นรูปเล่มขึ้น ขอบคุณคณาจารย์และผู้ประสานงานประจำภาควิชาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำในการศึกษาค้นคว้า ขอขอบคุณคุณอนุสรณ์ ปุดแดง ผู้ช่วยวิจัยซึ่งคอยอำนวยความสะดวกในด้านเอกสาร สถานที่ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้อุปการะคุณทุกท่าน ที่ช่วยเป็นกำลังใจในการศึกษาค้นคว้าของข้าพเจ้าตลอดมา คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองในครั้งนี้ ข้าพเจ้า ขอเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา คณาจารย์และผู้มีอุปการคุณทุกท่าน

นพคุณ ยรรยงค์
ภัจจ์ งามสิทธิโชค
ศักดาวุฒิ กาศวิบูลย์

ชื่อเรื่อง	: การบำบัดสารละลายฟอสเฟตที่ปนเปื้อนในน้ำ โดยใช้ระบบแฝกทุ่นลอยของหญ้าแฝก
ผู้เขียน	: นายนพคุณ ยรรยงค์
	: นายภัจจ์ งามสิทธิโชค
	: นายศักดาวุฒิ กาศวิบูลย์
ที่ปรึกษา	: ดร. ธนูชัย กองแก้ว
ประเภทบทนิพนธ์	: การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง วท.ม. (การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยนเรศวร,2549

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการบำบัดสารละลายฟอสเฟตที่ปนเปื้อนในน้ำ การสะสมของฟอสฟอรัสในรากและใบและการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่มสายพันธุ์ศรีลังกาและสุราษฎร์ธานี ทำการทดลองปลูกแฝกในสภาพทุ่นลอยในถังพลาสติกที่บรรจุสารละลายฟอสฟอรัสที่เตรียมจากผงซักฟอกและสารฟอสฟอรัสมาตรฐานความเข้มข้น 1, 3, 5, 10 และ 15 ppm. ปริมาตร 6 ลิตร ตามลำดับ และในแหล่งน้ำธรรมชาติ เป็นเวลา 3 เดือน โดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design 3 ซ้ำ เก็บข้อมูลการบำบัดฟอสฟอรัสโดยวัดปริมาณฟอสฟอรัสที่หายไปจากสารละลายและปริมาณในรากและลำต้นหญ้าแฝก ความยาวและน้ำหนักแห้งของรากและลำต้นที่ระยะ 45 และ 90 วันหลังปลูก ผลการทดลองพบว่าหญ้าแฝกทั้ง 2 สายพันธุ์บำบัดฟอสเฟตจากผงซักฟอกไม่ต่างกันทางสถิติ ในขณะที่การบำบัดฟอสเฟตจากสารละลายมาตรฐานนั้นสายพันธุ์ศรีลังกาบำบัดได้มากกว่าสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีเมื่อปลูกได้ 45 วัน ส่วนที่ระยะ 90 วันไม่แตกต่างกัน ส่วนฟอสฟอรัสในรากและลำต้นพบว่าไม่แตกต่างกันทั้ง 2 สายพันธุ์เมื่อปลูกในสารละลายที่มีการปนเปื้อนฟอสฟอรัสจากผงซักฟอก ในขณะที่ในสารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐานพบในสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมากกว่าสายพันธุ์ศรีลังกา สำหรับการเจริญเติบโตด้านความสูงลำต้น สายพันธุ์ศรีลังกามีความสูงมากกว่าสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีเมื่อปลูกในสารละลายผงซักฟอก ในขณะที่ความยาวราก น้ำหนักแห้งรากและลำต้นมีค่าไม่ต่างกันทั้ง 2 สายพันธุ์ ทั้งที่ปลูกในสารละลายผงซักฟอกและสารเคมีมาตรฐาน

Title	:	Removal of phosphate contaminated water by using buoy system of vetiver grass
Authors	:	Noppakoon Yanyong, Pat Ngamsittichok and Sakdawut Katwiboon
Advisor	:	Dr. Thanuchai Kongkaew
Type of Degree	:	Independent Study (Master of Science), Naresuan University. 2006

Abstract

The experiment aims to study the removal of phosphate solution contaminated water and its accumulation in root and stems and the growth of 2 types of low land vetiver grass i.e. Sri Lanka and Surajthanee species. The trial was done for 3 1months in buoy system of plastic tanks. Each tank contained 6 liters of phosphorus solution prepared from detergent and standard phosphorus with the concentration of 1, 3, 5, 10 and 15 ppm. respectively and natural wastewater was included. The trial was arranged as completely randomized design with 3 replication. Data of phosphorus removal from solution, its concentration in root and stems of vetiver grass and the length and dry weight of root and stems were measured at 45 and 90 days after transplanting. The finding results were the removal of phosphorus contaminated from detergent was not significant affected by 2 species of vetiver grass meanwhile the removal from standard phosphorus solution at 45 days after transplanting was found more in Sri Lanka than Surajthanee species but it was not significantly at 90 days after transplanting. The concentration of phosphorus in root and stems of 2 vetiver grass did not differ when planted in solution prepared by whereas it was found more in Surajthanee than Sri Lanka species when planted in solution prepared by standard phosphorus. Regarding stems growth, Sri Lanka specie was higher than Surajthanee when planted in solution prepared by detergent whereas the length and dry weight of root and stems of 2 species were not significantly both planted in solution prepared by detergent and standard phosphorus.

สารบัญ

บทที่	หน้า
1. บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
จุดมุ่งหมายของการศึกษา	2
ความสำคัญของการศึกษา	2
ขอบเขตของการศึกษา	2
นิยามศัพท์เฉพาะ	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
ความเป็นมาและสายพันธุ์หญ้าแฝก	4
การขยายพันธุ์หญ้าแฝก	8
การดูแลรักษาหญ้าแฝก	10
การใช้ประโยชน์หญ้าแฝกในรูปแบบต่างๆ	11
การปลูกพืชไร้ดินแบบใช้น้ำหรือน้ำยา	13
กลไกที่ไอออนในดินมาสู่รากพืช	13
กลไกการดูดไอออนของเซลล์พืช	15
วิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
3. วิธีดำเนินการทดลอง	19
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	19
แผนการทดลอง	19
วิธีการทดลอง	19
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	22

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
4.	**ผลการทดลอง**	23
	การบำบัดฟอสเฟตจากผงซักฟอก ที่ปนเปื้อนในน้ำของหญ้าแฝก	23
	การดูดซึมฟอสเฟตและปริมาณฟอสเฟต ที่สะสมในรากและลำต้นของหญ้าแฝก 2 สายพันธุ์	23
	การเจริญเติบโตทางด้านชีวมวลของหญ้าแฝก	23
	ค่าความเป็นกรด – เบส และค่าการนำไฟฟ้า ของสารละลายธาตุอาหารพืช	27
	การบำบัดฟอสเฟตที่เตรียมจาก สารละลายฟอสเฟตมาตรฐานของหญ้าแฝก	28
	การดูดซึมฟอสเฟตและปริมาณฟอสเฟต ที่สะสมในรากและลำต้นของหญ้าแฝก	28
	การเจริญเติบโตทางด้านชีวมวลของหญ้าแฝก	29
	ค่าความเป็นกรด – เบส และค่าการนำไฟฟ้า ของสารละลายธาตุอาหารพืช	32
5.	สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	34
	อภิปรายผล	34
	สรุป	35
	ข้อเสนอแนะ	35

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม	37
ภาคผนวก	40
ภาคผนวก ก วิธีการแวนาโดโมลิบโดฟอสฟอริกแอซิด	41
ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์หาปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในพืช	44
ประวัติผู้วิจัย	46

บัญชีตาราง

ตาราง **หน้า**

1 ปริมาณของธาตุอาหารพืชชนิดต่างๆ ที่ใช้เตรียมสารละลาย
ธาตุอาหารสำหรับปลูกหญ้าแฝก 20

2 ปริมาณการดูดซับฟอสเฟตของรากแฝกและต้นแฝก
ในน้ำผงซักฟอกของแฝก 2 สายพันธุ์
ในระยะเวลา 45 วัน และ 90 วัน 25

3 ความยาวของรากแฝก น้ำหนักรากแฝกแห้ง ความสูงต้นแฝก
น้ำหนักต้นแฝกแห้ง ของแฝก 2 สายพันธุ์ ที่ปลูกในน้ำผงซักฟอก
ในระยะเวลา 45 วัน และ 90 วัน 26

4 ปริมาณการดูดซับฟอสเฟตของรากแฝกและต้นแฝกใน
สารละลายฟอสเฟตมาตรฐานของแฝก 2 สายพันธุ์
ในระยะเวลา 45 วัน และ 90 วัน 30

5 ความยาวของรากแฝก น้ำหนักรากแฝกแห้ง ความสูงต้นแฝก
น้ำหนักต้นแฝกแห้ง ของแฝก 2 สายพันธุ์
ที่ปลูกในสารละลายฟอสเฟตมาตรฐาน
ที่ระยะเวลา 45 วัน และ 90 วัน 31

บัญชีภาพ

ภาพ **หน้า**

1 หญ้าแฝกลุ่มสายพันธุ์ศรีลังกา 5
2 หญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี 6
3 ลักษณะทุนลอยที่ประดิษฐ์จากลวดและโฟม 21
4 การวางแฝกในทุ่นลอยของลวดและโฟม 21
5 การปลูกหญ้าแฝกแบบทุ่นลอยในสารละลายฟอสเฟต 22
6 ค่าความเป็น กรด-เบส ในน้ำผงซักฟอกแต่ละความเข้มข้น ของหญ้าแฝก 2 สายพันธุ์ ที่ 13 สัปดาห์ 27
7 ค่าการนำไฟฟ้าของธาตุอาหารพืช ในน้ำผงซักฟอกแต่ละความเข้มข้น ของหญ้าแฝก 2 สายพันธุ์ ที่ 13 สัปดาห์ 28
8 ค่าการนำไฟฟ้าของธาตุอาหารพืช ในสารละลายฟอสเฟตมาตรฐาน แต่ละความเข้มข้นของหญ้าแฝก 2 สายพันธุ์ ที่ 13 สัปดาห์ 32
9 ค่าความเป็น กรด-เบส ในสารละลายฟอสเฟตมาตรฐาน แต่ละความเข้มข้นของหญ้าแฝก 2 สายพันธุ์ ที่ 13 สัปดาห์ 33
10 ตัวอย่างกราฟมาตรฐานฟอสเฟต 42

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมที่เกิดจากการระบายน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่างๆ เช่น ชุมชนที่อยู่อาศัย การเกษตรกรรม และอุตสาหกรรม ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการบำบัดและปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ได้ตามมาตรฐานก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ โดยเฉพาะน้ำเสียชุมชน (domestic wastewater) ที่มีสาเหตุส่วนหนึ่งมาจากการปล่อยน้ำที่ใช้ในกระบวนการซักล้างที่มีการปนเปื้อนของอินทรีย์ฟอสฟอรัสและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสจากผงซักฟอก เมื่อละลายน้ำแล้วจะอยู่ในรูปของ Orthophosphate ion (PO^{-3}_4) ซึ่งเป็นรูปที่พืชดูดใช้เพื่อการเจริญเติบโตทางชีววิทยา (เกรียงศักดิ์, 2540) ธาตุฟอสฟอรัสเมื่อมีปริมาณมากเกินไปจะทำให้เกิดปรากฏการณ์ Eutrophication ซึ่งเป็นสภาวะที่มีการปนเปื้อนของธาตุอาหารในน้ำสูง เมื่อมีปริมาณมากในแหล่งน้ำจะช่วยเพิ่มเจริญเติบโตและปริมาณของสาหร่าย (algae bloom) อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญทำให้ระดับออกซิเจนในน้ำลดต่ำลง ทำให้เกิดสภาวะน้ำเน่าเสียมีผลกระทบต่อคุณภาพของแหล่งน้ำและสิ่งมีชีวิตต่างๆ ติดตามมา จากการสำรวจแหล่งน้ำผิวดินทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2546 พบว่ามีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ พอใช้ 48 เปอร์เซ็นต์ เสื่อมโทรม 27 เปอร์เซ็นต์และเสื่อมโทรมมาก 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2547 พบว่าคุณภาพน้ำโดยรวมมีแนวโน้มเสื่อมโทรมลงมากขึ้น แหล่งน้ำที่อยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมมากส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เดิมๆ ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง แม่น้ำท่าจีนตอนล่าง และลำตะคองตอนล่าง (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

การบำบัดน้ำที่เสื่อมโทรมด้วยพืช จัดเป็นวิธีการบำบัดที่ผสมผสานทั้งทางกายภาพและชีวภาพ ตัวอย่างเช่น การบำบัดโดยใช้ระบบพืชกรองและการปลูกพืชในน้ำโดยตรง เพื่อใช้พืชดูดซับธาตุอาหาร สารพิษและโลหะหนักต่างๆ ซึ่งพืชจะนำธาตุต่างๆ เหล่านี้ไปใช้ในการเจริญเติบโต และมีกระบวนการบำบัดหรือทำให้มีปริมาณน้อยลงโดยตัวของพืชเอง ในบรรดาพืชที่ใช้ในการบำบัดของเสียต่างๆนี้ หญ้าแฝกจัดเป็นพืชชนิดหนึ่งที่สามารถมีความสามารถในการบำบัดได้ดี และยังเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในปริมาณมากอีกด้วย เนื่องจากมีระบบรากที่สามารถดูดซึมสารต่างๆ ได้ดี จึงเป็นพืชที่นิยมนำมาใช้ในการบำบัดกันมากในปัจจุบันในหลายๆ รูปแบบ เช่น การใช้แฝกปลูกในระบบทุ่นลอย เพื่อใช้บำบัดน้ำ

ที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ต่างๆ การปลูกแฝกในดินที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักต่างๆ เป็นต้น

หญ้าแฝกที่สามารถนำมาปลูกในแฝกทุ่นลอยได้นั้น ส่วนใหญ่จะเป็นหญ้าแฝกลุ่มซึ่งมีอยู่หลายสายพันธุ์ สายพันธุ์ที่กรมพัฒนาที่ดินได้ส่งเสริมให้ปลูกในปัจจุบันมีอยู่ 4 สายพันธุ์คือ พันธุ์ศรีลังกา, พันธุ์กำแพงเพชร 2, พันธุ์สุราษฎร์ธานี และพันธุ์สงขลา 3 ทั้ง 4 สายพันธุ์มีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการเติบโตในสภาพภูมิประเทศที่ลุ่มที่มีน้ำขังและสภาพภูมิอากาศของไทยได้ดี จากเหตุผลดังที่กล่าวมาจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการบำบัดฟอสเฟตที่ปนเปื้อนในน้ำของหญ้าแฝก เนื่องจากยังมีการศึกษากับธาตุชนิดนี้น้อย โดยเฉพาะฟอสฟอรัสที่มาจากสารละลายผงซักฟอกซึ่งเป็นสารที่มีการใช้กันมากในบ้านเรือนทั่วไป โดยเลือกใช้หญ้าแฝกลุ่มมาทำการทดสอบ

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

1. ศึกษาเปรียบเทียบการบำบัดสารละลายฟอสเฟตที่ปนเปื้อนในน้ำที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ ของหญ้าแฝกลุ่มสายพันธุ์ศรีลังกาและสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี
2. ศึกษาการสะสมของสารละลายฟอสเฟตในใบและรากของหญ้าแฝกและผลของสารละลายฟอสเฟตต่อการเจริญเติบโตด้านชีวมวลของหญ้าแฝกลุ่มทั้ง 2 สายพันธุ์
3. ศึกษาความสามารถในการบำบัดฟอสฟอรัสของหญ้าแฝก 2 สายพันธุ์

ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษาการดูดซึมฟอสเฟตในรูปของสารละลาย dissolved reactive phosphate (DRP) ซึ่งเป็นอนินทรีย์ฟอสฟอรัส (PO^{-3}_4) ชนิดหนึ่งที่เป็นรูปที่พืชดูดใช้ได้ดีและมีการปนเปื้อนในแหล่งน้ำเป็นส่วนใหญ่ สารละลายดังกล่าวเตรียมจากสารละลายสังเคราะห์ของผงซักฟอก สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัสที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทางเคมีทั่วไปและทดสอบกับแหล่งน้ำจริงในธรรมชาติ โดยใช้หญ้าแฝกลุ่ม 2 สายพันธุ์ ที่มีสมบัติในการแตกกอต่างกันเป็นตัวดูดซึม ทำการศึกษาในระยะการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกนาน 3 เดือน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ฟอสเฟต หมายถึงสารอนินทรีย์ฟอสฟอรัส ที่อยู่ในรูปของ orthophosphate ion (PO^{-3}_4) ที่เตรียมมาจากสารสังเคราะห์ผงซักฟอก สารเคมีมาตรฐานและที่ละลายอยู่ในน้ำธรรมชาติ เมื่อมีปริมาณมากในแหล่งน้ำจะช่วยเพิ่มเจริญเติบโตและปริมาณของสาหร่าย (algae bloom) อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญทำให้ระดับออกซิเจนในน้ำลดต่ำลง

2. หญ้าแฝก หมายถึง หญ้าที่เจริญเป็นกอ ระบบรากเจริญลงดินในแนวดิ่งมากกว่าแนวราบ เมล็ดขยายพันธุ์เป็นต้นได้น้อยมากจึงไม่เป็นวัชพืช มี 2 ชนิด คือ หญ้าแฝกดอนใช้ประโยชน์ในการป้องกันการชะล้างพังทลายของหน้าดินในพื้นที่สูง และหญ้าแฝกลุ่ม ใช้ประโยชน์ในการทำระบบแฝกทุ่นลอยเพื่อบำบัดน้ำ

3. หญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกา คือ หญ้าแฝกลุ่มชนิดหนึ่ง ที่มีลักษณะกอตั้ง แตกกอค่อนข้างหลวม ประมาณ 10 ต้นต่อกอ ใบสีเขียวท้องใบสีขาว ใบค่อนข้างเล็กเป็นมันและดอกสีม่วงแดง

4. หญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี คือ หญ้าแฝกลุ่มชนิดหนึ่ง ที่มีลักษณะกอตั้ง แตกกอค่อนข้างดี ประมาณ 22 ต้นต่อกอ ใบสีเขียวท้องใบสีขาว ใบค่อนข้างเล็ก เนื้อใบหยาบ ทรงพุ่มกาง หน่อใหญ่ มีการยืดปล้องเร็วและดอกสีม่วงแดง

5. ระบบแฝกทุ่นลอย หมายถึง การปลูกแฝกในลักษณะลอยอยู่เหนือผิวน้ำ โดยใช้วัสดุลอยน้ำเป็นโครงและใช้ตระแกรงที่มีรู ในการพยุงหญ้าแฝก ส่วนของรากจะจมอยู่ใต้ผิวน้ำ

6. การดูดซึม (absorption) หมายถึง กระบวนการทางเคมีและฟิสิกส์ที่อะตอม โมเลกุล หรือไอออนไหลเข้าไปในส่วนที่เป็นเนื้อในของวัสดุที่เป็นแก๊ส ของเหลว หรือของแข็ง อยู่ในปริมาตรของวัสดุนั้น ในการศึกษานี้จะหมายถึงการดูดซึมสารละลายฟอสฟอรัสเข้าไปทางรากแล้วส่งผ่านไปยังลำต้นและใบต่อไป

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบประสิทธิภาพในการบำบัดฟอสเฟตที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำของหญ้าแฝกลุ่ม 2 สายพันธุ์

2. ผลการทดลองที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดฟอสเฟตที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำต่างๆ ได้ เช่น น้ำทิ้งชุมชนและน้ำเสียในลำคลองต่างๆ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความเป็นมาและสายพันธุ์หญ้าแฝก

1.1 แหล่งที่มาของหญ้าแฝก

หญ้าแฝกเป็นพืชตระกูลหญ้า พบกระจายอยู่ทั่วไปในทุกภาคของประเทศไทย ในอดีตมีการใช้ประโยชน์ในการนำไปทำเป็นวัสดุมุงหลังคา มีการสันนิษฐานว่าแหล่งเดิมหรือศูนย์กลางของหญ้าแฝกกระจายอยู่บริเวณตอนกลางและตอนใต้ของประเทศอินเดีย ต่อมาได้มีการนำไปปลูกในหลายเขตของโลก ในปัจจุบันปรากฏกระจายแพร่หลายอยู่ทั่วไป ประเทศไทยได้มีการนำหญ้าแฝกมาใช้ประโยชน์ในด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างจริงจัง ตั้งแต่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้ทรงมีพระราชดำริในการใช้ประโยชน์หญ้าแฝกเมื่อวันที่ 22 มิถุนายน พ.ศ. 2534 โดยกรมพัฒนาที่ดินและสำนักงานคณะกรรมการประสานงานโครงการในพระราชดำริ (กปร.) เป็นหน่วยงานหลักที่สนองพระราชดำริในเรื่องดังกล่าว โดยดำเนินการทั้งด้านการวิจัยและพัฒนาหญ้าแฝกสายพันธุ์ต่างๆ เพื่อใช้ในการอนุรักษ์ดินและน้ำ และการฟื้นฟูทรัพยากรดิน (กรมพัฒนาที่ดิน. 2546:1)

1.2 สายพันธุ์หญ้าแฝก

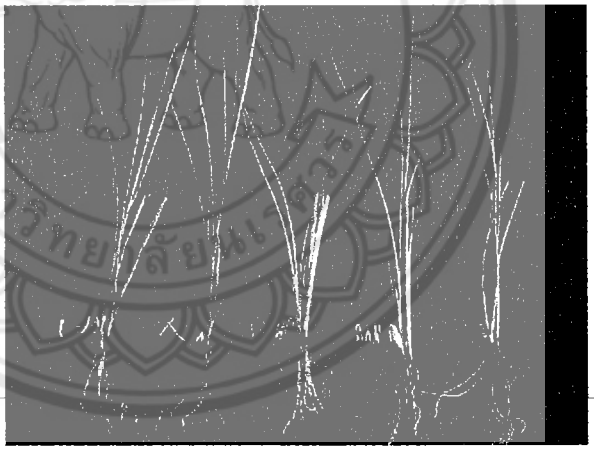
กรมพัฒนาที่ดินและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างหญ้าแฝกทั่วประเทศ มาทำการจัดหมวดหมู่จนสามารถจัดหญ้าแฝกออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ หญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอน ซึ่งมีลักษณะประจำในแต่ละชนิดดังนี้

1.2.1 หญ้าแฝกลุ่ม

หญ้าแฝกลุ่มเป็นพืชที่มีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดีและค่อนข้างเร็ว หญ้าแฝกลุ่มที่นำเข้ามาจากต่างประเทศส่วนใหญ่ ได้แก่ พันธุ์ที่นำมาจากประเทศอินเดีย ศรีลังกาและอินโดนีเซีย เป็นหญ้าที่ได้รับคัดเลือกพันธุ์และจัดปลูกภายใต้การดูแลที่มีปัจจัยต่างจากสภาพในธรรมชาติ อาทิ มีการตัดแต่งอย่างสม่ำเสมอเพื่อเร่งราก เร่งการแตกกอและเพื่อไม่ให้เกิดช่อดอก ทำให้ไม่เกิดการผสมและไม่กลายพันธุ์โดยยังคงลักษณะเดิมต่างๆ ไว้อย่างสม่ำเสมอ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548:13) หญ้าแฝกลุ่มที่พบในสภาพธรรมชาติจะขึ้นในพื้นที่ลุ่มมีความชื้นสูงหรือมีน้ำขัง ใบมีความยาว 45-100 เซนติเมตร กว้าง 0.6–1.2 เซนติเมตร ด้านหลังใบมีลักษณะโค้งมนถึงเหลี่ยม สีเขียว เนื้อใบค่อนข้างเนียน มีไขเคลือบมากทำให้ดูมัน ท้องใบออกสีขาวซีดกว่าด้านหลังใบ หญ้าแฝกลุ่มที่มีอายุประมาณ 1 ปี จะมีรากหยั่งลึกได้

มากกว่า 1 เมตร ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับสภาพของดิน และความอุดมสมบูรณ์ของต้น ในสภาพธรรมชาติดินร่วนปนทรายที่มีการระบายน้ำดี หญ้าแฝกจะให้รากยาวที่สุด (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546:2) ตัวอย่างเช่น หญ้าแฝกลุ่มสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่มีอายุได้ 7 เดือน ส่วนของต้นสูง 1.50 เมตร ที่ปลูกในพื้นที่ที่เป็นดินสีแดงชั้นบนร่วน และชั้นล่างเหนียวพบว่ามีความยาวของรากตามแนวดิ่งถึง 3.10 เมตร และรากประสานกันอย่างหนาแน่น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548:14) สำหรับสายพันธุ์หญ้าแฝกลุ่มที่แนะนำในการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ต่างๆ ตามโครงการรณรงค์การปลูกหญ้าแฝกของกรมพัฒนาที่ดิน ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ ดังนี้

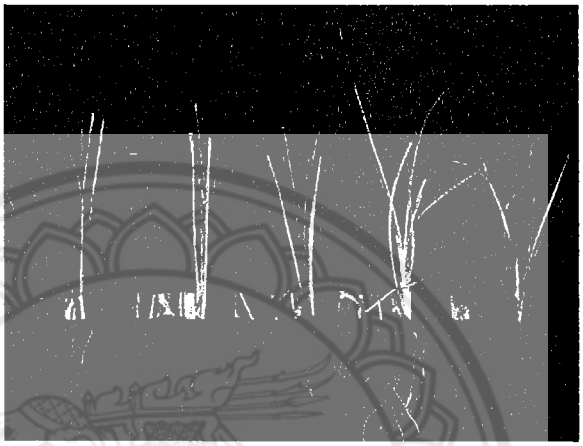
1) สายพันธุ์ศรีลังกา เป็นสายพันธุ์ที่เจริญเติบโตดีในสภาพพื้นที่เป็นดินลูกรัง อากาศหนาวเย็น แตกกอประมาณ 10 ต้นต่อกอ เส้นผ่าศูนย์กลางกอ 11 เซนติเมตร สูง 101 เซนติเมตร แตกกอค่อนข้างหลวม หน่อกลม ยืดปล่องเร็ว โคนกอเล็ก ใบแก่ค่อนข้างเล็ก ท้องใบสีขาวน้อยใกล้เคียงไปทางด้านใบหญ้าแฝกดอน ดอกมีสีม่วง หลังจากปลูก ขยายพันธุ์ง่ายในสภาพที่มีความชื้นสูง แต่จะไม่ต้านทานโรคโคนเน่า แสดงดังภาพ 1



ภาพ 1 หญ้าแฝกลุ่มสายพันธุ์ศรีลังกา

2) สายพันธุ์กำแพงเพชร 2 เป็นสายพันธุ์ที่เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่เป็นดินทรายถึงดินลูกรัง แตกกอ 18 ต้นต่อกอ เส้นผ่าศูนย์กลางกอ 8 เซนติเมตร สูง 94 เซนติเมตร แตกกอค่อนข้างหลวม หน่อกลมค่อนข้างเล็ก ยืดปล้องเร็วทรงพุ่มกาง ใบสีเขียวเข้ม ท้องใบสีขาว ดอกสีม่วงแดง ออกดอกเมื่ออายุประมาณครึ่งเดือนหลังจากปลูก ต้นโตปล้องไม่โต ให้น้ำหนักสดสูง ให้คุณค่าทางอาหารสัตว์ดีกว่าสายพันธุ์อื่นๆ ทั้งในด้านปริมาณโปรตีน (มีโปรตีน 5.2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) และวัตถุแห้งที่ย่อยได้ อายุตัดใบ 4 สัปดาห์

3) สายพันธุ์สุราษฎร์ธานี เป็นสายพันธุ์ที่เจริญเติบโตดีในสภาพพื้นที่เป็นดินร่วนเหนียวและดินลูกรัง แตกกอ 22 ต้นต่อกอ เส้นผ่าศูนย์กลางกอ 13 เซนติเมตร สูง 108 เซนติเมตร แตกกอหลวม หน่อกลมอวบ ยืดปล้องเร็ว ทรงพุ่มกางมาก ใบสีเขียวอ่อน ท้องใบสีขาว ดอกสีม่วงแดง แสดงดังภาพ 2



ภาพ 2 หญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี

4) สายพันธุ์สงขลา 3 เป็นสายพันธุ์ที่เจริญเติบโตดีในสภาพพื้นที่เป็นดินร่วนเหนียวดินทรายถึงลูกรัง แตกกอ 24 ต้นตอกอ เส้นผ่าศูนย์กลางกอ 13 เซนติเมตร สูง 112 เซนติเมตร แตกกอหลวม หน่อกลมอวบ ยืดปล้องเร็ว ใบสีเขียวอ่อน ท้องใบสีขาว ดอกสีม่วงแดง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548:14-16)

1.2.2 หญ้าแฝกดอน

หญ้าแฝกดอน มีการกระจายพันธุ์อยู่ในวงแคบๆ ตามสภาพธรรมชาติเฉพาะในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ คือ ประเทศไทย ลาว กัมพูชาและเวียดนาม ไม่พบหลักฐานที่ชัดเจนว่ามีการนำไปใช้ประโยชน์ในทางใด (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548:16)

หญ้าแฝกดอนจะพบได้ทั่วไปในที่ค่อนข้างแล้งสามารถขึ้นได้ดีทั้งในที่แดดจัดและแดดปานกลาง ยอดกอปลายจะแผ่โค้งลงคล้ายกอตะไคร้ หญ้าแฝกดอนมีใบยาว 35–80 เซนติเมตร กว้าง 0.4–0.8 เซนติเมตร ใบสีเขียว หลังใบพับเป็นสันสามเหลี่ยม เนื้อหยาบ สากคาย มีไขเคลือบน้อยทำให้ดูกร้านไม่เหลือบมัน ท้องใบสีเดียวกับด้านหลังใบ แต่มีสีซีดกว่า เส้นกลางใบสังเกตได้ชัดเจน มีลักษณะแข็งเป็นแกนนูนทางด้านหลังใบ หญ้าแฝกดอนและหญ้าแฝกลุ่มที่มีอายุเท่ากัน หญ้าแฝกดอนจะมีรากสั้นกว่า โดยทั่วไปหญ้าแฝกดอนที่มีอายุประมาณ 1 ปี จะมี

รากลึกประมาณ 80–100 เซนติเมตร ช่อดอกของหญ้าแฝกดอนจะมีได้หลายสี ซึ่งเป็นลักษณะปกติประจำถิ่น ที่พบทั่วไปได้แก่ ช่อดอกสีขาวครีมถึงสีม่วงแดง สายพันธุ์ที่กรมพัฒนาที่ดินส่งเสริมได้แก่ ราชบุรี ประจวบคีรีขันธ์ เลย นครสวรรค์ ร้อยเอ็ด และกำแพงเพชร 1 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546:3)

การเลือกชนิดของหญ้าแฝกลุ่มหรือหญ้าแฝกดอน ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ด้วย เช่น ในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงและมีความชุ่มชื้น โดยปลูกพืชหลักเป็นไม้ผล หรือพืชที่ต้องดูแลและเอาใจใส่สูงสำหรับในพื้นที่ลุ่มใกล้แหล่งน้ำควรใช้สายพันธุ์หญ้าแฝกลุ่ม เพราะจะสะดวกในการปฏิบัติงานเนื่องจากใบหญ้าแฝกลุ่มจะไม่คม และระคายเคืองเหมือนหญ้าแฝกดอน การใส่ปุ๋ยและการดูแลพืชหลัก ทำให้หญ้าแฝกได้น้ำและปุ๋ยด้วยส่วนในพื้นที่ที่ปลูกพืชหลักที่เป็นพืชไร่ ซึ่งมีการดูแลรักษาน้อย ควรใช้สายพันธุ์หญ้าแฝกดอน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546:5)

สำหรับสายพันธุ์หญ้าแฝกดอนที่แนะนำในการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ต่างๆ ตามโครงการรณรงค์การปลูกหญ้าแฝกของกรมพัฒนาที่ดิน มี 6 สายพันธุ์ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) สายพันธุ์นครสวรรค์ เจริญเติบโตดีในสภาพพื้นที่เป็นดินทรายถึงร่วนเหนียว แตกกอ 35 ต้นต่อกอ สูง 89 เซนติเมตร การแตกกอแน่นแต่กางออกเป็นทรงพุ่มเตี้ยใบสีเขียวเข้มนวลเทา ดอกสีม่วง

2) สายพันธุ์กำแพงเพชร 1 เจริญเติบโตดีในสภาพพื้นที่เป็นดินทรายถึงดินร่วนเหนียว แตกกอ 34 ต้นต่อกอ เส้นผ่าศูนย์กลางกอ 12 เซนติเมตร สูง 106 เซนติเมตร แตกกอแน่นตั้งตรง ใบสีเขียวนวล กาบใบสีฟ้านวล ดอกสีม่วง

3) สายพันธุ์ร้อยเอ็ด เจริญเติบโตดีในสภาพพื้นที่เป็นดินทราย แตกกอ 26 ต้นต่อกอ เส้นผ่าศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร แตกกอแน่น หน่อมีขนาดเล็ก ตั้งตรง ใบสีเขียว ดอกสีน้ำตาล

4) สายพันธุ์เลย เจริญเติบโตดีในสภาพพื้นที่เป็นดินร่วนเหนียว แตกกอ 26 ต้นต่อกอ เส้นผ่าศูนย์กลางกอ 13 เซนติเมตร สูง 108 เซนติเมตร การแตกกอแน่น ตั้งตรง ใบสีเขียว กาบใบสีชมพู ดอกสีม่วง

5) สายพันธุ์ราชบุรี เจริญเติบโตดีในสภาพพื้นที่เป็นดินทรายถึงดินร่วนเหนียว แตกกอ 32 ต้นต่อกอ เส้นผ่าศูนย์กลางกอ 12 เซนติเมตร สูง 110 เซนติเมตร แตกกอแน่น ตั้งตรง ใบสีเขียวเข้ม กาบใบออกสีน้ำตาลสายพันธุ์ราชบุรี ในสภาพธรรมชาติออกดอกช่วงปลายธันวาคมถึงมกราคม เป็นสายพันธุ์ที่ให้น้ำหนักสดดี ต้น กอ หน่อ และใบใหญ่กว่าพันธุ์อื่นๆ

6) สายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ เจริญเติบโตดีในสภาพพื้นที่เป็นดินร่วนเหนียวและลูกรัง แตกกอ 26 ต้นต่อกอ เส้นผ่าศูนย์กลาง 14 เซนติเมตร สูง 112 เซนติเมตร แตกกอแน่น หน่อ

ใหญ่ ตั้งตรง ใบหนามีสีเขียวเข้ม ร่องโคนใบขาว กาบใบออกสีขาวนวล ออกดอกช้าบางแห่งใน 2 ปีแรกยังไม่ออกดอกหรือมีเปอร์เซ็นต์ออกดอกน้อย ดอกสีม่วง ช่อดอกเล็ก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548:16-20)

2. การขยายพันธุ์หญ้าแฝก

การขยายพันธุ์หญ้าแฝกเป็นการเพิ่มปริมาณกล้าหญ้าแฝก เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการ เป็นขั้นตอนที่สำคัญของการส่งเสริมการปลูกหญ้าแฝกในงานด้านต่างๆ โดยเฉพาะงานส่งเสริมการปลูกหญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ

2.1 การเพิ่มจำนวนหน่อหญ้าแฝก

2.1.1 การปลูกลงดินในแปลงขนาดใหญ่

วิธีนี้เป็นการขยายพันธุ์เป็นแปลงใหญ่ โดยเลือกพื้นที่ซึ่งอยู่ในพื้นที่โล่งแจ้งหลังจากการไถพรวนพื้นที่เป็นอย่างเดียว ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยหมักแล้วนำหน่อพันธุ์หญ้าแฝก โดยใช้กล้าเพาะชำถุงขนาด 2X6 นิ้ว ซึ่งแตกหน่อ 2-3 หน่อขึ้นไป ปลูกลงแปลงในขณะที่ดินมีความชุ่มชื้น โดยใช้ระยะปลูก 50X50 เซนติเมตร และเพื่อให้หญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตดี ควรทำการกำจัดวัชพืชและให้น้ำตามความเหมาะสม ควรมีการตัดใบหญ้าแฝกที่ระดับความสูง 30 เซนติเมตร อย่างสม่ำเสมอทุก 1 เดือน เพื่อเร่งการแตกหน่อ เมื่อหญ้าแฝกแตกหน่อ 25-30 หน่อ ทำการขุดแยกไปขยายพันธุ์ได้

2.1.2 การปลูกลงดินในแปลงยกร่อง

การขยายพันธุ์ด้วยวิธีการนี้จะทำในที่ที่มีชลประทาน หรือพื้นที่ที่มีการจัดระบบการให้น้ำหญ้าแฝกได้เป็นอย่างดี โดยในบางพื้นที่อาจมีสภาพเป็นที่ลุ่ม หากต้องการปลูกหญ้าแฝกก็ให้ทำการยกร่องปลูก ขนาดแปลงกว้าง 1.5 เมตร และระยะห่างระหว่างแปลง 1 เมตร แล้วนำหน่อพันธุ์หญ้าแฝกโดยใช้กล้าเพาะชำถุงขนาด 2X6 นิ้ว ที่มีการแตกหน่อ 2-3 หน่อขึ้นไป ปลูกลงแปลงยกร่องในขณะที่ดินมีความชื้น โดยใช้ระยะห่างระหว่างต้น 50 เซนติเมตร และระยะแถว 50 เซนติเมตร กำจัดวัชพืชตามความเหมาะสมและตัดใบหญ้าแฝกที่ระดับความสูง 30 เซนติเมตร อย่างสม่ำเสมอทุก 1 เดือน เพื่อเร่งการแตกหน่อ เมื่อหญ้าแฝกแตกหน่อ 25-30 หน่อ ให้ทำการขุดแยกไปขยายพันธุ์ต่อไป

2.1.3 การปลูกในถุงพลาสติกขนาดใหญ่

การขยายพันธุ์ด้วยวิธีการนี้จะทำในที่ที่มีการชลประทาน หรือพื้นที่ที่มีการจัดระบบการให้น้ำหญ้าแฝกได้เป็นอย่างดี เตรียมถุงหญ้าแฝกพับข้างขนาด 5X11 นิ้ว ใช้ดินผสมที่มีดินร่วนหรือทราย:ขุยมะพร้าว:ปุ๋ยหมัก อัตรา 3:1:1 วางถุงเป็นระบบแถวคู่ตามยาวแปลง เว้นระยะห่าง

ระหว่างแถวคู่ 1 เมตร ติดตั้งระบบน้ำสปริงค์เกอร์ หรือใช้สายยางรดน้ำ แล้วนำหน่อพันธุ์หญ้าแฝกโดยใช้กล้าเพาะชำถุงขนาด 2X6 นิ้ว ซึ่งแตกหน่อ 2-3 หน่อขึ้นไป มาปลูกตัดใบหญ้าแฝกที่ระดับความสูง 30 เซนติเมตร อย่างสม่ำเสมอทุก 1 เดือน เพื่อเร่งการแตกหน่อ จนกระทั่งได้หน่อเต็มถุงจึงแยกหน่อไปขยายพันธุ์ได้

2.2 การเพาะชำหน่อหญ้าแฝก

2.2.1 กล้าหญ้าแฝกในถุงพลาสติกขนาดเล็ก

กล้าหญ้าแฝกที่ได้จากแม่พันธุ์ที่แข็งแรง ซึ่งได้จากแปลงขยายพันธุ์ขนาดใหญ่ หรือแปลงยกร่อง หรือจากแม่พันธุ์ในถุงพลาสติกขนาดใหญ่ นำมาทำการขยายพันธุ์ปลูกในถุงพลาสติกขนาด 2X6 นิ้ว ซึ่งเหมาะสำหรับนำไปปลูกลงดินหรือในพื้นที่เป้าหมาย เพื่อประโยชน์ทางด้านอนุรักษ์ดินและน้ำ เช่น ปลูกเป็นแถวเพื่อเป็นแนวรั้วหญ้าแฝก หรือปลูกตามขอบถนน ไหล่ทาง ขอบบ่อ คันนา เพื่อยึดดินให้มีความแข็งแรงในสภาพพื้นที่แห้งแล้ง ดินเลว ดินเค็ม หรือพื้นที่ซึ่งต้องการให้หญ้าแฝกมีการตั้งตัวเร็ว การปลูกหญ้าแฝกที่ได้จากการขยายพันธุ์ในถุงขนาดเล็กนี้ จะช่วยให้หญ้าแฝกรอดตายสูง มีการเจริญเติบโตสม่ำเสมอ สำหรับการขยายพันธุ์หญ้าแฝกให้มีคุณภาพในถุงพลาสติกมีดังนี้

การเตรียมหน่อโดยใช้หน่อพันธุ์อายุตั้งแต่ 4 เดือนขึ้นไป เตรียมการโดยตัดใบในกอแม่พันธุ์ให้สั้นสูงจากดิน 10 เซนติเมตร หน่อที่ออกดอกแล้วซึ่งจะตายและงอกไม่ดีจะถูกกำจัดออกไม่นำมาใช้เพาะชำ ควรใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 และปุ๋ยหมัก ให้น้ำ โดยที่ยังไม่ต้องขุดกอขึ้นมาปล่อยให้หน่ออ่อนหรือใบแตกใหม่ขึ้นมาเป็นเวลา 15 วัน แล้วจึงขุดแยกกอและแยกหน่อเดี่ยว ตัดยอดให้สั้นเหลือความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร และตัดรากให้สั้นที่สุด ซึ่งจะทำให้ได้หน่อหญ้าแฝกที่แข็งแรง ลอกกาบใบที่แก่ออกให้หมดล้างน้ำให้สะอาด มัดรวมกันเป็นมัดๆละ 50 หรือ 100 หน่อ นำไปแช่ในน้ำ หรือผสมสารฮอร์โมนเร่งราก หรือวางบนขุยมะพร้าวละเอียดที่ชุ่มชื้นภายใต้ร่มเงา หรือแสงรำไรเป็นเวลา 3-5 วัน หญ้าแฝกจะแตกรากออกมาใหม่จึงคัดเลือกเอาไปชำลงถุงต่อไป ในขั้นตอนนี้สามารถนำหน่อหญ้าแฝกไปปลูกเป็นกล้ารากเปลือยได้เลย หากเป็นช่วงต้นฤดูฝนที่มีฝนตกอย่างต่อเนื่อง หากเลยต้นฤดูฝนไปแล้วควรใช้กล้าเพาะชำถุง

วัสดุเพาะชำหรือดินปลูก ดินปลูกควรมีการระบายน้ำดี ซึ่งอาจใช้ส่วนผสมระหว่างดินร่วนหรือทราย : ขุยมะพร้าว : ปุ๋ยหมัก เป็นสัดส่วน 3:1:1 ก็ได้ ควรเพาะชำกล้าภายใต้โรงเรือนพรางแสงเป็นเวลา 15 วัน หลังจากนั้นให้กล้าได้รับแสงแดดเต็มที่ และใช้ปุ๋ยน้ำหมัก พด.2 ฉีดพ่นและควรรักษาความชุ่มชื้นของดินปลูกให้สม่ำเสมอ สำหรับหญ้าแฝกที่เพาะชำลงในถุงขนาดเล็กเมื่อกล้าอายุ 45 วัน ขึ้นไป จนถึง 60 วัน ก็พร้อมที่จะนำไปปลูกได้ ซึ่งแตกหน่อ 3-5 หน่อ

ก่อนนำไปปลูก 3 วัน ควรลดการให้น้ำลง และดึงถุงขึ้นมาเพื่อให้กล้าหญ้าแฝกปรับสภาพต้นก่อน เมื่อปลูกหญ้าแฝกด้วยถุงเสร็จแล้ว ต้องรดน้ำต่อไปอย่างต่อเนื่อง จนกว่าหญ้าแฝกจะตั้งตัวได้ โดยทั่วไปประมาณ 15 วัน หรือช่วงที่มีฝนตกติดต่อกัน 2 สัปดาห์ เมื่อหญ้าแฝกตั้งตัวได้ ก็จะมีการปรับตัวเข้ากับสภาพพื้นที่ได้ต่อไป

2.2.2 กล้าหญ้าแฝกแบบรากเปลือย

การปลูกหญ้าแฝกโดยใช้กล้าแบบรากเปลือย เป็นสิ่งที่ควรให้ความสำคัญมาก เนื่องจากกล้าแบบรากเปลือย จะทำให้การปลูกหญ้าแฝกทำได้รวดเร็ว ขนส่งไปได้ปริมาณมาก และสามารถปลูกได้ปริมาณงานมาก แต่ก็จะมีความเสี่ยงในช่วงหลังจากปลูกสูง เนื่องจากกล้าอาจจะตายได้หากขาดน้ำและกล้ารากเปลือยจะมีการแตกหน่อช้า ดังนั้นผู้ปลูกควรจะให้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การเตรียมหน่อกล้ารากเปลือยโดยใช้หน่อพันธุ์อายุตั้งแต่ 4 เดือนขึ้นไป เตรียมการโดยการตัดใบในกอแม่พันธุ์ให้สั้นสูงจากดิน 10 เซนติเมตร หน่อที่ออกดอกแล้วซึ่งจะตายและงอกไม่ดีจะถูกกำจัดออก หว่านปุ๋ยสูตร 15-15-15 ให้น้ำ โดยที่ยังไม่ต้องขุดกอขึ้นมาปล่อยให้หน่ออ่อนหรือใบแตกใหม่ขึ้นมาเป็นเวลา 15 วัน จึงขุดแยกกอและแยกเป็นหน่อเดี่ยวๆ ตัดยอดให้สั้นเหลือความยาวประมาณ 20 เซนติเมตร และตัดรากให้สั้นที่สุด ลอกกาบใบที่แก่ออกให้หมดล้างน้ำให้สะอาด มัดรวมกันเป็นมัดๆ ละ 50 หรือ 100 หน่อ นำไปแช่ในน้ำ หรือผสมสารฮอร์โมนเร่งรากหรือวางบนขุยมะพร้าวละเอียดที่ชุ่มชื้น ภายใต้ร่มเงา หรือแสงรำไรเป็นเวลา 3-5 วัน หญ้าแฝกจะแตกรากออกมาใหม่ยาว 1 เซนติเมตร จำนวน 2-3 ราก จึงคัดเลือกไปปลูกช่วงต้นฤดูฝนที่มีฝนตกอย่างต่อเนื่อง (กรมพัฒนาที่ดิน. 2546 :7-12)

3. การดูแลรักษาหญ้าแฝก

หญ้าแฝกก็เหมือนพืชทั่วไป จำเป็นต้องอยู่ในสภาพที่เหมาะสมจึงจะเจริญเติบโตได้ดี การให้น้ำเพื่อให้ดินมีความชุ่มชื้น จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นไม่ว่าจะใช้กล้าเป็นถุงพลาสติกหรือกล้ารากเปลือย ดังนั้น จึงควรปลูกในขณะที่มีฝนตกติดต่อกันหลายวัน หรือภายหลังจากการปลูกหญ้าแฝกควรรดน้ำให้ดินมีความชุ่มชื้นต่อเนื่องอย่างน้อย 15 วัน และควรปลูกซ่อมแซมต้นที่ตายเมื่อหญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตเต็มที่ ก็จะมีความสูงมากกว่า 1.20 เมตร ซึ่งหากพื้นที่นั้นมีหญ้าอื่นๆ ซึ่งปกคลุมก็จะทำให้สังเกตแนวหญ้าแฝกได้ไม่ชัดเจน การตัดใบหญ้าแฝกทุกๆ 3-4 เดือน จะเป็นการช่วยให้แนวหญ้าแฝกมีการแตกกอเพิ่มขึ้น ตัดช่อดอก และยังเป็นการกำจัดโรคแมลงที่มาทำลายแนวหญ้าแฝก โดยในช่วงต้นฤดูฝนให้ตัดใบหญ้าแฝกให้สั้น สูงจากผิวดิน 30 เซนติเมตร เพื่อให้เกิดการแตกหน่อใหม่สูงขึ้น และกำจัดหน่อแก่ที่แห้งตาย สำหรับในช่วงกลางฤดูฝนควรตัดให้ใบ

สูงไม่ต่ำกว่า 40-50 เซนติเมตร เพื่อให้มีแนวกอที่หนาแน่นในการรับแรงปะทะของน้ำไหลบ่าและทำให้หญ้าแฝกแตกใบเขียวในช่วงฤดูแล้ง เมื่อตัดใบหลายครั้งหญ้าแฝกจะเริ่มเป็นก้านแข็ง ให้ตัดใบชิดดินเพื่อให้เกิดต้นใหม่ขึ้นมาทั้งหมด เป็นการล้างกอเพื่อกำจัดแมลงศัตรูไปในตัว และนำใบไปคลุมพื้นที่หรือทำปุ๋ยหมัก ทำเช่นนี้สลับกับการตัดใบแบบปกติที่ให้สูงจากผิวดิน 30 เซนติเมตร ทุกครั้งที่พบว่ากอหญ้าแฝกเริ่มมีต้นเป็นก้านแข็ง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2549:18-19)

4. การใช้ประโยชน์หญ้าแฝกในรูปแบบต่าง ๆ

4.1 การใช้ประโยชน์ในด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ

การเกษตรบนพื้นที่ลาดชันและพื้นที่สูงมักก่อให้เกิดปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งมีผลกระทบต่อทรัพยากรที่ดินและสภาพแวดล้อม ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตพืชลดลงและแหล่งน้ำตื้นเขิน การควบคุมและแก้ไขปัญหาการชะล้างพังทลายของดินกระทำได้โดยการปลูกหญ้าแฝกเป็นแถบขวางความลาดเทของพื้นที่ เพื่อดักตะกอนดินและยึดต้นไม้ไม่ให้พังทลาย ก็เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถลดการชะล้างพังทลายของดินได้ดี นอกจากนี้ยังมีการใช้หญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำนอกพื้นที่การเกษตร เช่น การปลูกหญ้าแฝกเป็นกำแพงกั้นชะลอความเร็วของน้ำและดักตะกอนดินไม่ให้ไหลลงสู่พื้นที่ตอนล่าง การป้องกันการชะกร่อนของดินบริเวณพื้นที่ป่าไม้ ไหล่ทาง ถนน สะพาน อ่างเก็บน้ำ แม่น้ำและลำคลองต่างๆ

4.2 การใช้ประโยชน์ด้านการปรับปรุงบำรุงดิน

หญ้าแฝกนอกจากจะช่วยในการอนุรักษ์ดินและน้ำแล้ว ยังมีบทบาทที่สำคัญในการปรับปรุงบำรุงดินทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งใบและรากของหญ้าแฝกนั้น เมื่อมีการย่อยสลายแล้วสามารถปล่อยธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองแก่ดิน รากหญ้าแฝกจะช่วยให้ดินร่วนซุยเนื่องจากรากหญ้าแฝกหยั่งลึกลงดิน จึงมีการดูดธาตุอาหารจากดินล่างขึ้นมาหมุนเวียน และยังพบจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์หลายชนิดอาศัยอยู่ในบริเวณรากของหญ้าแฝก เมื่อรากหญ้าแฝกตายลงเกิดช่องว่างสำหรับน้ำและอากาศถ่ายเทได้สะดวกเป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชหรือช่วยให้ปุ๋ยที่ซึมลงดินได้มากขึ้น

4.3 การใช้ประโยชน์ด้านการรักษาและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของหญ้าแฝกที่เด่น คือ รากสามารถหยั่งลึกลงในดินตามแนวดิ่ง ปรับตัวและเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินและสภาพอากาศในช่วงกว้าง สามารถดูดซับสารต่างๆ ได้ดี จึงได้มีการนำหญ้าแฝกมาใช้ในการบำบัดและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมกันอย่างกว้างขวาง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548:15) มีรายงานว่าหญ้าแฝกมีความสามารถในการดูดซับสารต่างๆ ได้ดี จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงได้นำหญ้าแฝกมาใช้ในการรักษาและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม ได้แก่

4.3.1 การใช้ประโยชน์ในการกำจัดสารพิษจากขยะ

การปลูกหญ้าแฝกกำจัดสารพิษจากขยะเป็นการปลูกสกัดไม่ให้สารพิษในส่วนที่เป็นน้ำไหลออกมานอกกองขยะ ทำได้โดยปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวเช่นเดียวกับการปลูกล้อมต้นไม้ แต่เป็นการปลูกล้อมกองขยะ โดยการปลูกชิดติดกันเหมือนการปลูกอนุรักษ์ดินและน้ำ จำนวน 3-5 วง ห่างกันวงละ 2 เมตร หรือเป็นเส้นขวางทางน้ำจากกองขยะที่จะไหลไปปนเปื้อนบริเวณที่ต่ำกว่า จำนวน 3-5 แถว ห่างกันแถวละ 2 เมตร

4.3.2 การปลูกเพื่อลดระดับน้ำใต้ดิน

เป็นการปลูกเพื่อป้องกันดินเค็มหรือลดความเป็นกรดเป็นด่าง โดยปลูกให้เต็มพื้นที่ เช่นเดียวกับการปลูกเพื่อปรับปรุงบำรุงดิน ปกติใช้ระยะปลูกประมาณ 50X50 ตารางเซนติเมตร จะช่วยลดระดับน้ำใต้ดินที่เค็มหรือลดระดับน้ำใต้ดินที่จะไปละลายธาตุที่ทำให้ดินเค็มและเป็นกรดเพิ่มขึ้น

4.3.3 การใช้ประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสีย

น้ำเสียทำให้สภาพน้ำในแม่น้ำและคูคลองต่างๆ ลดคุณภาพลง ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในด้านต่างๆ ได้ การใช้หญ้าแฝกบำบัดน้ำเสีย ทำได้ 2 แบบ คือ แบบพื้นที่ชุ่มน้ำ ทำได้โดยปลูกหญ้าแฝกในพื้นที่ชุ่มน้ำด้วยระยะปลูกประมาณ 50X50 เซนติเมตร เมื่อหญ้าแฝกเจริญเติบโตมีอายุ 3-4 เดือน จึงปล่อยน้ำเสียลงไปอย่าให้ล้นคันคู ให้มีน้ำท่วมขังสูง 10-15 เซนติเมตร เป็นเวลา 5-7 วัน จึงระบายน้ำออก และไขน้ำเสียเข้ามาบำบัดใหม่ ปฏิบัติอย่างนี้หมุนวนไปตลอด และควรตัดใบหญ้าแฝกทุก 1-2 เดือน นำใบที่ตัดไปทำปุ๋ยหมัก สายพันธุ์หญ้าแฝกที่เจริญเติบโตในน้ำเสียได้ดี ได้แก่หญ้าแฝกลุ่ม สายพันธุ์ใหม่ห้วยหวาย ฟิจิ และอินโดนีเซีย น้ำเสียที่บำบัดได้ดี ได้แก่ น้ำเสียจากชุมชน และน้ำเสียจากการเลี้ยงปศุสัตว์

นอกจากนี้ยังมีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบราก โดยให้รากหญ้าแฝกแช่ลงในน้ำโดยตรง วิธีนี้เหมาะสำหรับหญ้าแฝกที่มีรากยาว ทำได้โดยปลูกหญ้าแฝกลงในแพท่อพีวีซีที่ทำเป็นทุ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าประมาณ 1X1.20 ตารางเมตร ด้านล่างกรุด้วยตะแกรงพลาสติกขนาดช่อง 1X1 ตารางเซนติเมตร หลังจากนั้นนำหญ้าแฝกที่ปลูกแบบรากเปลือยไปทำเป็นแพแพลอยน้ำที่จะบำบัด โดยให้แถวของหญ้าแฝกในแพขวางทางน้ำไหล หลังจากนั้นตัดใบหญ้าแฝกทุกๆ 1 เดือน เพื่อเร่งการแตกกอและการเจริญเติบโต เมื่อหญ้าแฝกอายุ 10-12 เดือนหรือต้นเป็นก้านแข็งไม่สามารถตัดได้ควรเปลี่ยนหญ้าแฝกใหม่มาปลูก สายพันธุ์หญ้าแฝกลุ่มที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดโดยวิธีนี้ได้แก่ สายพันธุ์ใหม่ห้วยหวาย ฟิจิ และสุราษฎร์ธานี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548:47-65)

5. การปลูกพืชไร้ดินแบบใช้น้ำหรือน้ำยา (solution culture)

การปลูกพืชแบบนี้สามารถปลูกได้ในภาชนะทั่วๆ ไปที่ขังน้ำได้ รากของพืชจะแช่อยู่ในน้ำตลอดระยะเวลาปลูก มีหลายแบบด้วยกันแล้วแต่สถานที่ ขนาดของพืชและจุดมุ่งหมายของการปลูก ภาชนะที่ใส่น้ำหรือน้ำยาต้องมีขนาดที่พอเหมาะกับขนาดของพืชที่ปลูกและเหมาะสมต่อสถานที่ที่จะปลูก ภาชนะเหล่านี้ ได้แก่ แจกัน ถ้วยแก้ว โถ กระป๋อง กระถาง ขวด และอ่าง ส่วนการพยุงลำต้นพืชนั้นอาจใช้สำลีค้ำยันพืช จะช่วยให้ลำต้นของพืชตั้งตรงและต้นไม่ช้ำ ส่วนของรากให้จุ่มอยู่ในน้ำทั้งหมด ในกรณีที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำจะต้องหมั่นคนน้ำเพื่อให้อากาศผสมกับน้ำบ้างหรือจะใช้เครื่องปั๊มอากาศช่วยเช่นเดียวกับที่ใช้ในตู้เลี้ยงปลาก็ได้ ส่วนข้อควรระวังของการปลูกพืชในน้ำยาคือการรักษาระดับของ pH และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลายไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก จนมีผลกระทบต่อการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชและเป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของพืชติดตามมา (นพดล เรียบเลิศหิรัญ. 2538 : 4-5) ส่วนธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชนั้น การปลูกพืชแบบไร้ดินผู้ปลูกจะต้องเตรียมและดูแลให้สารละลายธาตุอาหารให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างสม่ำเสมอ โดยทั่วไปมีธาตุอาหารจำเป็นที่พืชต้องการใช้มี 16 ธาตุ ได้แก่ คาร์บอน (C) ออกซิเจน (O) ไฮโดรเจน (H) ไนโตรเจน (N) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) ฟอสฟอรัส (P) โปแตสเซียม (K) กำมะถัน (S) เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) แมงกานีส (Mn) โมลิบดินัม (Mo) สังกะสี (Zn) คลอรีน (Cl) และโบรอน (B)

6. กลไกที่ไอออนในดินมาสู่รากพืช

ปริมาณธาตุอาหารที่พืชดูดไปใช้จะมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ประการ คือ 1) ความเป็นประโยชน์ของธาตุนั้นในดิน 2) การเคลื่อนย้ายของไอออนมาสู่ผิวราก และ 3) อัตราการดูดไอออนนั้นของรากพืช ปกติไอออนของดินมาสู่รากพืชได้โดย 1) การไหลแบบกลุ่มก้อนตามกระแสน้ำ (mass flow) 2) การแพร่ (diffusion) ในสารละลายของดิน และ 3) รากไชชอนไปสัมผัสคอลลอยด์และไอออน (root interception)

1. ไอออนไหลแบบกลุ่มก้อนตามมาพร้อมกับกระแสน้ำ ในขณะที่พืชกำลังดำรงชีพอยู่นั้น รากย่อมดูดน้ำจากดินมาใช้อยู่เสมอโดยน้ำในดินถูกดูดเข้าสู่รากพืช เคลื่อนย้ายไปในรากและลำต้น น้ำส่วนหนึ่งถูกนำไปใช้ในการเจริญเติบโต แต่ส่วนมากจะเป็นไอออกทางปากใบซึ่งเรียกว่าการคายน้ำ จากปรากฏการซึ่งพืชดูดน้ำทางรากและคายน้ำทางใบอย่างต่อเนื่องนี้เอง สารละลายของดินปริมาณมากจึงเคลื่อนย้ายจากดินมาสู่ผิวราก ซึ่งไอออนต่างๆ ในสารละลายของดินก็มาพร้อมกับกระแสน้ำด้วย ต่อจากนั้นรากพืชก็สามารถดูดไอออนด้วยกลไกการดูดซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

ปริมาณของธาตุอาหารที่มาสู่ผิวรากโดยการไหลมาพร้อมกับกระแสน้ำนี้ ขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้น้ำของพืชและความเข้มข้นของไอออนในสารละลายของดินนั้น จากการศึกษาพบว่าฟอสฟอรัสเข้าสู่รากข้าวโพดโดยกระบวนการนี้ประมาณ 7%

2. การแพร่ เมื่อรากพืชได้ดูดไอออนชนิดหนึ่งจากสารละลายดินเข้าไปในรากแล้วความเข้มข้นของไอออนชนิดนั้นๆ ในสารละลายดินบริเวณใกล้รากพืชย่อมลดต่ำกว่าบริเวณใกล้เคียงไอออนประเภทเดียวกันจากบริเวณอื่นๆ ซึ่งมีความเข้มข้นสูงกว่าก็สามารถแพร่มาสู่จุดที่ต่ำกว่านั้นเพื่อรักษาสมดุลไว้ จากการศึกษาพบว่าฟอสฟอรัสเข้าสู่รากข้าวโพดโดยกระบวนนี้ถึง 90%

3. รากไชชอนไปสัมผัสคอลลอยด์ดินและไอออนที่อยู่ห่างจากบริเวณเดิม รากพืชซึ่งรวมถึงรากขนอ่อนมีการเจริญเติบโตในแง่การขยายขนาดและเพิ่มความยาว จึงไชชอนออกไปสัมผัสกับดินได้กว้างขวางและทั่วถึงยิ่งขึ้น จากการศึกษาพบว่าฟอสฟอรัสเข้าสู่รากข้าวโพดโดยกระบวนการนี้ประมาณ 3% ซึ่งการแผ่ขยายของรากไปสัมผัสกับคอลลอยด์ดินและไอออนจะเกิดผล 2 ประการ คือ

1) เมื่อรากสัมผัสแนบชิดกับผิวคอลลอยด์ จะมีการแลกเปลี่ยนระหว่าง H^+ ที่ผิวรากซึ่งมาจากเมแทบอลิซึมของรากเอง กับแคตไอออนซึ่งดูดซับอยู่ที่ผิวคอลลอยด์ เช่น K^+ Ca^{++} เป็นต้น เป็นเหตุให้แคตไอออนดังกล่าวย้ายไปดูดซับที่ผนังเซลล์ของราก แล้ว H^+ ก็ออกมาดูดซับกับผิวของคอลลอยด์แทน ปรากฏการณ์ดังกล่าวเรียกว่าการแลกเปลี่ยนไอออนเมื่อสัมผัส (contact exchange) ซึ่งทำให้แคตไอออนแลกเปลี่ยนได้มาดูดซับกับผนังของเซลล์ราก ส่วนการดูดเข้าไปในเซลล์รากนั้นเป็นอีกกลไกหนึ่งต่างหาก อย่างไรก็ตามกลไกนี้มีส่วนสนับสนุนให้รากพืชได้รับธาตุอาหารไม่มากนัก จากการศึกษาพบว่าฟอสฟอรัสเข้าสู่รากข้าวโพดโดยกระบวนการนี้ประมาณ 3%

2) รากมีโอกาสสัมผัสไอออนต่างๆ ในสารละลายของดินจำนวนมากและทั่วถึงขึ้นกว่าเดิม เมื่อรากไชชอนขยายบริเวณออกไป ยังช่วยลดระยะทางและเวลาที่ไอออนในส่วนอื่นๆ จะต้องเคลื่อนย้ายมาสู่ผิวราก ซึ่งอาจจะไหลแบบกลุ่มก้อนตามกระแสน้ำหรือการแพร่ได้เป็นอันมาก ผิวรากที่แผ่ขยายออกไปจึงสัมผัสกับไอออนได้รวดเร็วและทั่วถึง

อย่างไรก็ตามแม้การไชชอนของรากจะก่อให้เกิดผลดังกล่าว แต่การแพร่ของไอออนในสารละลายดินและการไหลแบบกลุ่มก้อนของไอออนตามกระแสน้ำ ก็ยังมีบทบาทในการสนองธาตุอาหารจากบริเวณใกล้เคียงให้แก่รากพืช แม้ว่ากลไกทั้ง 3 แบบ จะรับผิดชอบโดยตรงต่ออัตราการเคลื่อนย้ายของไอออนมาสู่ผิวรากก็ตาม ยังมีปัจจัยเสริมอีก 2 ประการที่ช่วยเร่งให้รากพืชได้รับไอออนมากขึ้น คือ 1) เอ็กซูเดตของราก (root exudates) และ 2) กิจกรรมของจุลินทรีย์ในไรโซสเฟียร์ (rhizosphere) รากพืชคายคาร์บอนไดออกไซด์และขับอินทรีสารหลายชนิดออกมาสู่ดิน

ของเหลวที่ถูกขับออกมานี้เรียกว่าเอ็กซูเดตของราก นอกจานี้ยังมีเยื่อหมวกรากเก่าในบริเวณนั้นอีกด้วย ซึ่งสารอินทรีย์เหล่านี้เป็นอาหารและแหล่งพลังงานที่ดีของจุลินทรีย์ดิน เป็นเหตุให้ดินที่อยู่ชิดผิวรากในอาณาบริเวณใกล้ๆ มีกิจกรรมทางชีวเคมีสูง ซึ่งก่อประโยชน์หลายประการแก่พืช จึงเรียกบริเวณนี้ว่าไรโซสเฟียร์ กิจกรรมดังกล่าวมีส่วนช่วยให้ไอออนของธาตุอาหารมาสู่ผิวรากได้เร็วขึ้นตามสมควร

7. กลไกการดูดไอออนของเซลล์พืช

มีทฤษฎีที่อธิบายกลไกการดูดไอออนเข้าไปในเซลล์พืช (ราก) หรือที่เรียกว่ากลไกการดูดซึม (absorption, transport หรือ uptake) แคตไอออนหรือแอนไอออนผ่านเม็มเบรนเข้าสู่เซลล์ 2 อย่างด้วยกัน คือ

1. Passive absorption หรือการดูดซึมแบบแพสซีพ หมายถึงกลไกการดูดไอออนของเซลล์โดยไม่ต้องใช้พลังงานจากเมแทบอลิซึมอันได้แก่พลังงานจากการสังเคราะห์แสงและการหายใจ แต่จะใช้พลังงานทางฟิสิกส์ คือ ถ้าศักดิ์เคมีทางไฟฟ้า (electrochemical potential) ของไอออนนั้นภายนอกเซลล์สูงกว่าภายในเซลล์ ไอออนดังกล่าวก็เคลื่อนผ่านเม็มเบรนเข้าสู่เซลล์ได้ เฉพาะความแตกต่างศักดิ์ไฟฟ้าระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ มีอิทธิพลอย่างสูงต่อการดูดไอออน เช่นเดียวกับความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของสองบริเวณดังกล่าว หากศักดิ์ไฟฟ้าด้านประจุลบภายในสูง ไอออนบวกในสารละลายภายนอกก็จะเข้าไปในเซลล์เพื่อสะเทินประจุ การทราบทั้งสององค์ประกอบคือศักดิ์เคมีและศักดิ์ไฟฟ้าทั้งภายในและภายนอกเซลล์ หรือที่เรียกรวมกันว่าความต่างศักดิ์เคมีไฟฟ้าของสองบริเวณดังกล่าว จำเป็นในการคำนวณหาพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการดูดไอออนโดยกระบวนการนี้

2. Active absorption หรือการดูดซึมแบบแอกทีฟ หมายถึงกลไกการดูดไอออนของเซลล์ซึ่งจำเป็นต้องใช้พลังงานจากเมแทบอลิซึมช่วยในการเคลื่อนย้ายไอออนจากผิวเม็มเบรนด้านนอกเข้าไปภายในเซลล์ แนวความคิดที่ยึดถือกันในปัจจุบันเกี่ยวกับการดูดไอออนของพืชแบบแอกทีฟคือทฤษฎีตัวลำเลียงไอออน (carrier theory) ซึ่งกล่าวว่ามีตัวลำเลียงไอออน (carrier) อยู่ในเม็มเบรนเป็นตัวชักนำไอออนเฉพาะชนิดจากเม็มเบรนด้านนอกสู่ด้านใน การทำงานของกลไกดังกล่าวจะสัมฤทธิ์ผลเมื่อตัวลำเลียงได้รับพลังงานจากเมแทบอลิซึม แล้วยอมให้ไอออนที่เหมาะกับตัวลำเลียงนี้เข้าไปเกาะ (ตัวลำเลียงมีความจำเพาะต่อไอออน) ต่อจากนั้นก็ชักพากันเข้าสู่ด้านในของเม็มเบรนแล้วปลดปล่อยไอออนดังกล่าวไว้ในเซลล์ เมื่อเสร็จภาระนี้แล้วตัวลำเลียงก็รับพลังงานอีกครั้งหนึ่งและพร้อมที่จะชักนำไอออนเข้ามาใหม่ ดังนั้นอัตราการดูดไอออนของรากพืชจะลดลงอย่างมาก เมื่อรากขาดออกซิเจน อุณหภูมิของดินต่ำหรือสูงเกินไป หรือพืชได้รับสารพิษต่อการ

หายใจอันเป็นผลให้อัตราการหายใจของรากลดลง สาเหตุที่เชื่อกันว่าการดูดซึมแบบแอกทีฟเป็นกลไกหนึ่งซึ่งทำหน้าที่ดูดธาตุอาหารก็เพราะว่า

1. สารละลายของดินมีไอออนอยู่อย่างเจือจาง แต่ในเซลล์พืชมักสะสมไอออนไว้มาก หากสภาพการไม่เข้าข่ายของกลไกแรก คือ การดูดซึมแบบแพสซีฟ พืชจะดูดไอออนเข้าสู่เซลล์ไม่ได้เลย แต่ความเป็นจริงรากพืชสามารถดูดไอออนต่างๆ เข้าไปได้เสมอแม้ความเข้มข้นภายในเซลล์จะสูงกว่าก็ตาม กลไกนี้เอื้อให้มีการสะสม (accumulation) ของไอออนในเนื้อเยื่อพืช

2. รากมิได้ดูดไอออนมากหรือน้อยตามสัดส่วนที่มีอยู่ในสารละลายดิน แต่รากพืชสามารถเลือกดูดไอออนบางชนิดที่มีอยู่ในความเข้มข้นต่ำเข้าไปสะสมไว้มาก ไอออนบางชนิดแม้จะมีในสารละลายดินมากกว่ารากพืชอาจดูดน้อยกว่าก็ได้ ลักษณะเด่นของกลไกนี้คือความสามารถของเซลล์เม็มเบรนในการคัดเลือก (selectivity) ไอออนที่จะดูดเข้าไป

3. เมื่อสภาพแวดล้อมบังคับให้อัตราการหายใจของรากพืชลดลง เช่น อุณหภูมิต่ำหรือสูงเกินไป ขาดแคลนออกซิเจน หรือได้รับสารพิษ จะทำให้อัตราการดูดไอออนลดลงด้วย ที่น่าสังเกตประการหนึ่งคือ ในช่วงอุณหภูมิปรกติการเพิ่มอุณหภูมิ 10^{o}C จะเร่งอัตราการดูดไอออนขึ้นไปประมาณ 2 เท่าหรือกล่าวได้ว่ามี Q_{10} ประมาณ 2 นั่นเอง หากเป็นกระบวนการทางฟิสิกส์ Q_{10} จะมีค่าประมาณ 1.1 ถึง 1.2 เท่านั้น แสดงว่ากลไกที่เกี่ยวข้องมีความสัมพันธ์กับเมแทบอลิซึมของรากอย่างใกล้ชิด

8. วิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุทธิรักษ์ ตั้งเรืองเกียรติ, นวลฉวี รุ่งธนเกียรติ และ ฤทธี มีสัตย์. (2549 : 91-109) ได้ทำการศึกษาเรื่องศักยภาพการใช้แฝกในการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม พบว่าจากการปลูกหญ้าแฝก 3 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์กำแพงเพชร 2 ศรีลังกา และ สุราษฎร์ธานี ในน้ำเสียอุตสาหกรรมจากโรงงานนม (W1) โรงงานแบตเตอรี่ (W2) โรงงานผลิตโคมไฟ (W3) และโรงงานหมึกพิมพ์ (W4) พบว่าแฝกสามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำเสียทั้ง 4 แหล่ง แฝกที่ปลูกในน้ำเสีย W1 มีการเจริญเติบโตดีกว่าน้ำเสียอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแฝกที่ปลูกในน้ำเสีย W4 มีการเจริญเติบโตต่ำสุดเพราะเป็นน้ำเสียที่มีโลหะหนักมาก ความสูงและน้ำหนักแห้งของแฝกแหล่งพันธุ์กำแพงเพชร 2 และศรีลังกาดีกว่าสุราษฎร์ธานี ทั้งนี้ แฝกสามารถลดค่าบีโอดี และซีโอดีได้ 71% และ 55% ตามลำดับ แฝกสามารถลดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในน้ำเสียได้สูงถึง 84% , 97% และ 48% ตามลำดับ นอกจากนี้ แฝกยังสามารถลดโลหะหนักในน้ำเสียได้ด้วย เช่น ลดตะกั่ว W2 ได้ 5.78 มก./ล. สังกะสี W3 ได้ 6.83 มก./ล. เหล็กและทองแดง

ใน W4 ได้ 8.00 และ 11.43 มก./ล. ตามลำดับ ดังนั้น แฝกจึงมีศักยภาพในการใช้เพื่อบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

สำหรับการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำเสียเทคนิคการดูดกลืนคลื่นแสงโดยอะตอม (AAS) สามารถวิเคราะห์โลหะหนักที่มีความเข้มข้นต่ำๆ ได้ดี แต่ไม่เหมาะกับการวิเคราะห์น้ำเสียที่มีความสกปรกมาก หรือมีความเข้มข้นของโลหะหนักสูงๆ ได้ ในขณะที่เทคนิคการวาวรังสีเอกซ์แบบกระจายพลังงาน (EDXRF) เป็นเทคนิคที่ไม่ต้องทำลายตัวอย่างและสามารถวิเคราะห์ได้ครั้งละหลายๆ ธาตุพร้อมกัน แต่ไม่สามารถวิเคราะห์โลหะหนักที่มีความเข้มข้นต่ำๆ ได้

มงคล ต๊ะอุ่น, สันติภาพ ปัญจพรรค์, พัชรี ธีรจินดาขจร และ วันเพ็ญ วิโรจน์กูฏ. (2549 : 267-273) ได้ทำการศึกษาเรื่องการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกในการปรับปรุงคุณภาพน้ำของหนองน้ำเสียชุมชน โดยใช้หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา-3 ที่ทำการเพาะเลี้ยงเจริญเต็มที่ในกระบะเพาะขนาด 25X40 เซนติเมตร และผูกเป็นแพจำนวน 20 กระบะ (1.2X2.7 เมตร) แล้วนำไปบำบัดน้ำเสียที่มีแหล่งได้รับมลภาวะ 4 ระยะทาง คือ 1) ระยะทาง/ศักยภาพที่ได้รับมลภาวะมากที่สุด 2) ระยะทาง/ศักยภาพที่ได้รับมลภาวะมาก 3) ระยะทาง/ศักยภาพที่ได้รับมลภาวะปานกลาง และ 4) ระยะทาง/ศักยภาพที่ได้รับมลภาวะน้อย โดยแต่ละระยะทางประกอบด้วย 3 แพ (ซ้ำ) การศึกษาพบว่าหญ้าแฝกพันธุ์สงขลา-3 สามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำเสีย โดยทำให้การเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและราก (น้ำหนักแห้ง) เฉลี่ยเมื่ออายุ 4 เดือน มีค่าเท้ากับ 11.7 และ 2.6 กิโลกรัม/ตารางเมตร ที่อายุ 8 เดือน ให้น้ำหนักเท่ากับ 19.8 และ 4.9 กิโลกรัม/ตารางเมตร ส่วนอายุ 1 ปีให้น้ำหนักเท่ากับ 16.7 และ 5.3 กิโลกรัม/ตารางเมตร ตามลำดับ หญ้าแฝกสามารถลดความรุนแรงการเกิดมลภาวะของน้ำเสียได้โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อน (เมษายน) ที่ก่อให้เกิดมลภาวะรุนแรงมากที่สุดโดยช่วยลดความเหม็นของกลิ่นและสามารถทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้นโดยค่า BOD ลดลง ดังนี้ 1) ระยะทาง/ศักยภาพที่ได้รับมลภาวะมากที่สุด 2) มาก 3) ปานกลาง และ 4) น้อย มีค่าเท่ากับ 85, 84, 68 และ 76 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ขณะที่แหล่งมลภาวะมีค่าเท่ากับ 398 มิลลิกรัม/ลิตร

อัญชลี เจตน์สัมฤทธิ์ และสุทธิรักษ์ สุจิตตานนท์. (ปัณณวัฒน์ หมีคุ้ม. 2545 : 16 อ้างอิงมาจาก อัญชลี เจตน์สัมฤทธิ์ และสุทธิรักษ์ สุจิตตานนท์. 2540) ได้ศึกษาการกำจัดตะกั่วและแคดเมียมโดยการตกผลึกในกระบวนการฟลูอิดไดซ์เบด โดยใช้ขี้เถ้าลอยเป็นตัวดูดซับ พบว่าปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการดูดซับตะกั่วและแคดเมียมมากคือ pH ของสารละลาย สำหรับตะกั่วพบว่า ที่ค่า pH ต่ำกว่า 6 กระบวนการดูดติดผิวมีผลมากที่สุดเนื่องจากตะกั่วจะอยู่ในรูป $Pb(OH^{+})$ น้อย และที่ค่า pH เกิน 6 กระบวนการตกตะกอนจะเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการ

บำบัดตะกั่ว สำหรับแคดเมียมนั้นพบว่าที่ค่า pH สูงๆ จะกำจัดได้ดี อาจเนื่องมาจากการตกตะกอนโดยขี้เถ้าลอยเป็นสารช่วยทำให้เกิดการตกตะกอน ส่วนงานวิจัยอื่นๆ นั้น Machdonal and Maric (1996) ได้นำดินเหนียวชนิด Illitc มาดูดซับสารละลายตะกั่วได้ดีที่สุด ส่วน Orhan Altin at al. (1999) ได้ทดลองใช้ดินเหนียวชนิด montmorillonite ดูดซับตะกั่วที่ละลายอยู่ในสารละลายที่มี pH ต่างกัน และหาอัตราการไหลที่เหมาะสมพบว่าการดูดซับตะกั่วที่ละลายอยู่ในสารละลายที่มี pH ต่ำกว่า 5 เนื่องจากตะกั่วมีการแข่งขันกับไอออนของไฮโดรเจนที่ละลายออกมามากเมื่อค่า pH ต่ำๆ ส่วนที่ค่า pH สูงกว่า 5 กระบวนการตกตะกอนของอนุภาคจะเป็นปัจจัยหลักในการลดลงของตะกั่ว นอกจากนั้น Straw and Glenn (1999) พบว่าค่า pH จะมีผลต่อการดูดซับตะกั่ว และเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความแรงของการแตกตัวของไอออน (Ionic Strength) และยังพบอีกว่าอินทรียวัตถุในดินจะมีผลต่อการดูดซับตะกั่วมากกว่าปริมาณแร่ดินเหนียวอีกด้วย ส่วนเวลาในการสัมผัสระหว่างตะกั่วและดินเหนียว พบว่าการทิ้งให้สารละลายตะกั่วสัมผัสกับดินเหนียวนานมากกว่า 1.5 ชั่วโมง จนถึง 23 วัน ไม่มีผลทำให้การดูดซับตะกั่วมากขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. หญ้าแฝกลุ่ม 2 สายพันธุ์

2. สารละลายฟอสเฟตที่เตรียมจากสารละลายสังเคราะห์ผงซักฟอกและสารละลายฟอสเฟตมาตรฐาน ($NaH_2PO_4.2H_2O$) และน้ำจากแหล่งน้ำจริงที่เก็บจากคลองหลังมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก

3. สารละลายธาตุอาหารหลักและรองที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบของหญ้าแฝกจำนวน 12 ธาตุ

4. ถังพลาสติก ขนาดความจุ 8 ลิตร จำนวน 76 ใบ

5. อุปกรณ์ในการประกอบทุ่นลอย ได้แก่ ลวดและโฟม

6. อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างน้ำและเครื่องมือวิเคราะห์ฟอสเฟตในห้องปฏิบัติการ

แผนผังการทดลอง

ใช้การทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 3 ซ้ำ ศึกษาการบำบัดสารละลายฟอสฟอรัสที่เตรียมจากผงซักฟอก สารละลายฟอสเฟตมาตรฐานจำนวน 5 ความเข้มข้น คือ 1, 3, 5, 10 และ 15 ppm. ตามลำดับ และสารละลายฟอสฟอรัสจากแหล่งน้ำธรรมชาติของหญ้าแฝกลุ่ม 2 สายพันธุ์ คือ ศรีลังกาและสุราษฎร์ธานี

วิธีการทดลอง

1. เตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชที่เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก 12 ธาตุ คือ N, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, B, Zn, Cl และ Mo โดยเตรียมจากสารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ดังตาราง 1

ตาราง 1 ปริมาณของธาตุอาหารพืชชนิดต่างๆ ที่ใช้เตรียมสารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกหญ้าแฝก

ธาตุอาหาร	g/pot/5ml	g/500 ml	Con. (Mole)
NH_4NO_3	1.010677	101.0677	2.52
$NaH_2PO_4.2H_2O$	2.226304	222.6304	2.85
KCL	0.674115	67.4115	1.80
$CaCl_2.2H_2O$	0.259254	25.92538	0.35
$MgCl_2.6H_2O$	0.443718	44.37178	0.43
Na_2SO_4	0.313285	31.32855	0.44
$ZnCl_2$	0.022102	2.210237	0.03
$MnCl_2.4H_2O$	0.031864	3.186387	0.03
$CuSO_4.5H_2O$	0.027804	2.780374	0.02
H_3BO_3	0.020246	2.024557	0.06
$(NH_4)_3Mo_7O_{24}.4H_2O$	0.008543	0.854309	0.001
$FeSO_4.7H_2O$	0.044045	4.404452	0.03

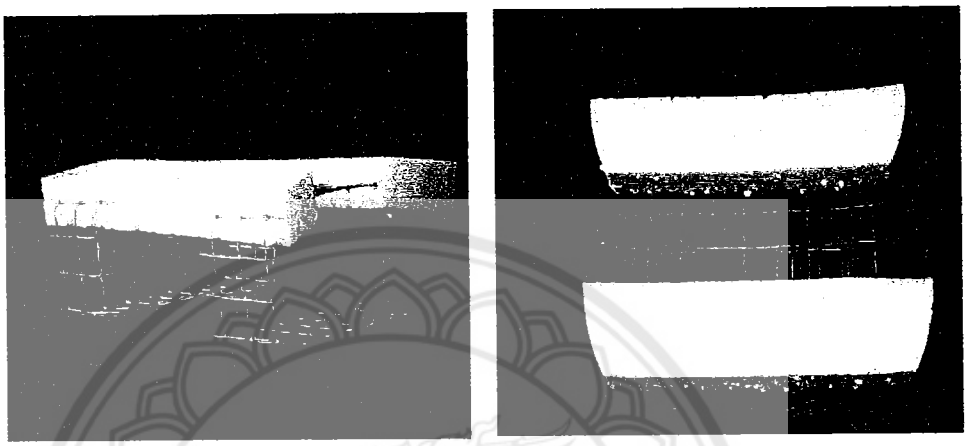
2. ดูดธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองทั้ง 12 ชนิดๆ จากสารละลายตั้งต้น (stock solution) ชนิดละ 5 ml มาเติมน้ำกลั่นเพิ่มอีก 945 ml

3. สารละลายฟอสเฟตที่เตรียมจากผงซักฟอก ใช้ผงซักฟอกยี่ห้อโอโมพลัส จากร้านสะดวกซื้อ โดยละลายผงซักฟอกในน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้นประมาณ 30 ppm. แล้วทำการ dilute ความเข้มข้นลงเหลือ 1, 3, 5, 10 และ 15 ppm. ตามลำดับ (ทดลองทำหลายๆ ครั้งจนได้ความเข้มข้นตามที่ต้องการ แล้วคำนวณเป็นกรัมของผงซักฟอกต่อน้ำที่แน่นอน) ทำการดูดสารละลายฟอสฟอรัสจากผงซักฟอกที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนใส่ในถังพลาสติกที่ใช้บรรจุสารละลาย พร้อมเติมน้ำกลั่นเพิ่มให้ครบ 6 ลิตร (สารละลายฟอสเฟตที่เตรียมได้นี้ยังมีความเข้มข้นตามที่กำหนดไว้ แต่มีปริมาตรเท่ากับ 6 ลิตรทุกความเข้มข้น)

4. เตรียมสารสะลายฟอสเฟตจากสารเคมี $NaH_2PO_4.2H_2O$ ให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 2,000 ppm. จำนวน 1 ลิตร แล้วทำการ dilute ความเข้มข้นลงเหลือ 1, 3, 5, 10 และ 15 ppm. ตามลำดับ โดยเตรียมความเข้มข้นละ 6 ลิตร เช่นเดียวกับการเตรียมสารละลายจากผงซักฟอกในข้อ 3.

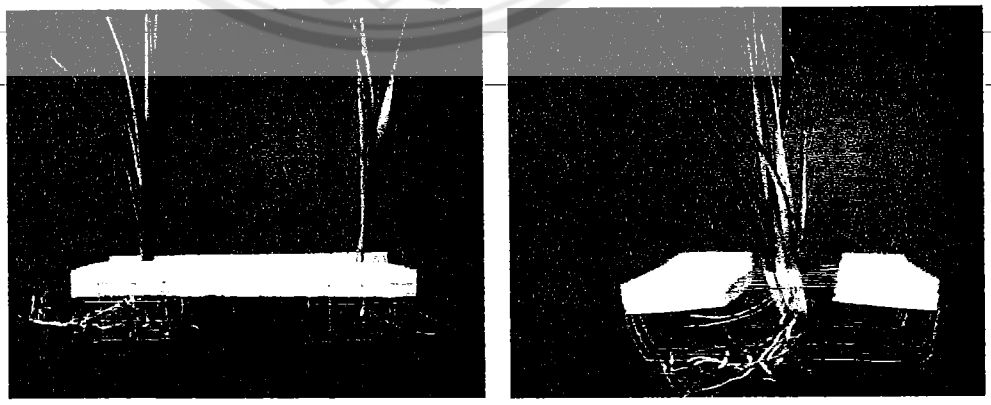
5. เตรียมน้ำเสียจากชุมชนซึ่งเป็นแหล่งน้ำจริงหนึ่งตัวอย่าง จำนวน 6 ลิตรต่อถัง จำนวน 3 ซ้ำเช่นเดียวกับในผงซักฟอกและสารเคมี (ไม่มีการเติมธาตุอาหารชนิดใดๆ ลงในน้ำเสียดังกล่าว)

6. ประดิษฐ์ทุ่นลอยเพื่อใช้ปลูกหญ้าแฝกแบบลอยน้ำ แสดงดังภาพ 3



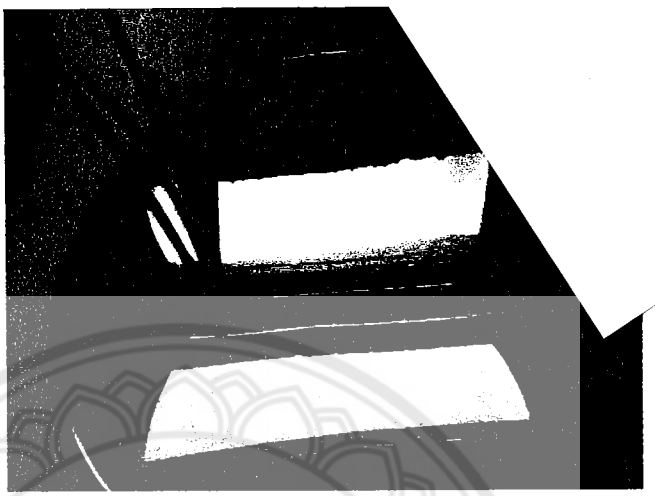
ภาพ 3 ลักษณะทุ่นลอยที่ประดิษฐ์จากลวดและโฟม

7. นำหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกาและสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่เพาะชำไว้นาน 90 วัน มาล้างเศษดินออกด้วยน้ำสะอาด แล้วตัดลำต้นและใบให้เหลือความยาว 30 เซนติเมตร (วัดจากโคนต้นขึ้นไป) ตัดรากออกให้เหลือความยาว 10 เซนติเมตร จากนั้นใส่หญ้าแฝกลงในทุ่นลอย 2 ต้น ต่อ 1 ทุ่นลอย แสดงดังภาพ 4 ก่อนปลูกนำหญ้าแฝกทั้ง 2 ชนิดนำมาวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในรากและใบก่อน



ภาพ 4 การวางแฝกในทุ่นลอยของลวดและโฟม

9. จากนั้นนำทุ่นลอยหญ้าแฝกไปวางในถังที่บรรจุสารละ



ภาพ 5 การปลูกหญ้าแฝกแบบทุ่นลอยในสารละลายฟอสเฟต

10. กำหนดให้มีชุดการทดลองควบคุม โดยใช้สารละลายฟอสฟอรัสที่เตรียมจากผงซักฟอกและสารเคมีมาตรฐาน ความเข้มข้น 1, 3, 5, 10 และ 15 ppm. จำนวน 3 ซ้ำ ซึ่งสารละลายดังกล่าวนี้ไม่มีการปลูกหญ้าแฝก

11. ระหว่างทำการทดลองวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย (electrical conductivity; EC) และ pH ของสารลาย ทุกสัปดาห์ และทำการเติมน้ำกลั่นสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เพื่อรักษาระดับน้ำ (ปริมาตร) ให้คงเดิม

12. ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจหาฟอสเฟต 2 ครั้ง ที่ระยะ 45 และ 90 วันหลังปลูก

13. เก็บตัวอย่างหญ้าแฝก 2 ครั้ง ครั้งละ 1 ต้น ที่ระยะ 45 และ 90 วันหลังปลูก ทำการแยกส่วนใบและรากนำมาวัดความยาวและชั่งน้ำหนักแห้ง วิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตที่สะสมในรากและใบ โดยวิธีแวนาโดโมลิบโดฟอสฟอริก แอซิด (คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, 2545)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์โดยใช้แกรม SPSS for PC version 10 วิเคราะห์ F-test หา variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีโดยวิธี Duncan's Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมัน 95 แ ละ 99%

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การบำบัดฟอสเฟตจากผงซักฟอกที่ปนเปื้อนในน้ำของหญ้าแฝก

4.1.1 การบำบัดฟอสเฟตและปริมาณฟอสเฟตที่สะสมในรากและลำต้นของหญ้าแฝก 2 สายพันธุ์

ผลการศึกษาพบว่า หญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีและพันธุ์ศรีลังกา ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่เติมสารละลายฟอสเฟตที่เตรียมจากผงซักฟอกความเข้มข้น 1, 3, 5, 10 และ 15 ppm. บำบัดฟอสเฟต (soluble phosphate) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงดังตาราง 2 โดยหญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานีบำบัดได้เท่ากับ 69.56 % และพันธุ์ศรีลังกาบำบัดเท่ากับ 85.63 % เมื่อปลูกไปเป็นเวลานาน 45 วัน ส่วนที่ระยะเวลา 90 วันหลังปลูกก็ให้ผลเช่นเดียวกัน กล่าวคือ หญ้าแฝกทั้ง 2 สายพันธุ์ บำบัดฟอสเฟตได้ 100%

ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตที่สะสมในรากและลำต้นของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ พบว่า ที่ระยะเวลา 45 วัน และ 90 วันหลักปลูก มีปริมาณฟอสเฟตสะสมในรากและในลำต้นของหญ้าแฝกทั้ง 2 สายพันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ระยะ 45 วันหลังปลูกมีฟอสเฟตสะสมในรากเท่ากับ 25.81 ppm. และในลำต้นเท่ากับ 21.79 ppm. ส่วนที่ระยะ 90 วันหลังปลูกมีฟอสเฟตสะสมในรากเท่ากับ 25.23 ppm. และในลำต้นเท่ากับ 21.67 ppm. เมื่อพิจารณาปริมาณการสะสมฟอสเฟตในรากและในลำต้นพบว่า มีปริมาณใกล้เคียงกันคือ ที่รากเท่ากับ 47.60 ppm. และที่ลำต้นเท่ากับ 46.90 ppm.

ส่วนในแหล่งน้ำเสียธรรมชาติ หญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี และพันธุ์ศรีลังกาบำบัดได้เท่ากับ 100% เมื่อปลูกได้ 45 วันเป็นต้นไป

4.1.2 การเจริญเติบโตทางด้านชีวมวลของหญ้าแฝก

ผลการทดลองพบว่าความยาวรากของหญ้าแฝกทั้ง 2 สองสายพันธุ์ที่ปลูกในสารละลายฟอสฟอรัสเป็นเวลานาน 45 วัน มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงดังตาราง 3 โดยหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายฟอสฟอรัสเข้มข้น 5 ppm.

มีความยาวรากมากที่สุด เท่ากับ 37.3 เซนติเมตร ซึ่งยาวมากกว่าสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในสารละลายความเข้มข้น 15 ppm. ซึ่งมีความยาวรากเพียง 6.6 เซนติเมตร ส่วนการปลูกในน้ำเสียธรรมชาติหญ้าแฝกทั้ง 2 สายพันธุ์มีความยาวรากไม่แตกต่างกัน ส่วนที่ระยะ 90 วันหลังปลูกหญ้าแฝกทั้ง 2 สายพันธุ์มีความยาวรากไม่แตกต่างกัน โดยให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.94 เซนติเมตร เช่นเดียวกับการปลูกในน้ำเสียธรรมชาติซึ่งก็ให้ค่าไม่ต่างกัน

เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งของราก (1 ต้น) พบว่า การปลูกในสารละลายฟอสเฟตนาน 45 และ 90 วัน ให้น้ำหนักแห้งรากไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ระยะ 45 วัน สายพันธุ์ศรีลังกามีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.69 กรัม ส่วนสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.45 กรัม และระยะเวลา 90 วัน สายพันธุ์ศรีลังกามีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 1.03 กรัม ส่วนสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.83 กรัม เช่นเดียวกับการปลูกในน้ำเสียธรรมชาติก็ให้น้ำหนักแห้งรากก็ไม่แตกต่างกัน

สำหรับความสูงของลำต้นผลการทดลองให้ผลเช่นเดียวกับความยาวของราก กล่าวคือ ความสูงของลำต้นที่ปลูกได้ 45 วัน ของสายพันธุ์ศรีลังกาที่ปลูกในสายละลายความเข้มข้น 5 ppm. ให้ความสูงของลำต้นมากที่สุดเท่ากับ 88.3 เซนติเมตร ในขณะที่สายพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในสารละลายความเข้มข้น 15 ppm. ให้ความสูงลำต้นน้อยที่สุด เท่ากับ 20 เซนติเมตร ส่วนการปลูกในน้ำเสียธรรมชาตินั้นให้ค่าไม่แตกต่างกัน เมื่อเพิ่มระยะเวลาการปลูกไปถึง 90 วัน พบว่า ความสูงของลำต้นยังมีค่าแตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกับที่ระยะเวลา 45 วัน กล่าวคือ สายพันธุ์ศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายความเข้มข้น 10 ppm. มีความยาวรากสูงสุดเท่ากับ 105 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในสารละลายความเข้มข้น 1 ppm.

เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งของต้น (1 ต้น) พบว่า การปลูกในสารละลายฟอสเฟตนาน 45 และ 90 วัน ให้น้ำหนักแห้งต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ระยะ 45 วัน สายพันธุ์ศรีลังกามีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 2.37 กรัม ส่วนสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 2.38 กรัม และระยะเวลา 90 วัน สายพันธุ์ศรีลังกามีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 3.47 กรัม ส่วนสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 3.74 เช่นเดียวกับการปลูกในน้ำเสียธรรมชาติก็ให้น้ำหนักแห้งต้นไม่แตกต่างกัน

ตาราง 2 ความสามารถในการบำบัดฟอสเฟตของหญ้าแฝก และความเข้มข้นฟอสฟอรัสในรากและลำต้นแฝกที่ปลูกในน้ำผงซักฟอกระยะ 45 วัน และ 90 วัน

Vetiver types/conc. (ppm.)	Removal-P (%)		P in root (ppm.)		P in stem (ppm.)	
	45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP
Sri 1[1/]	75.85	100.00	31.46	7.58	25.28	14.30
Sri 3	88.57	100.00	27.27	20.24	22.68	17.59
Sri 5	81.71	100.00	18.35	27.74	17.35	16.62
Sri 10	91.46	100.00	20.83	24.89	19.81	27.34
Sri 15	90.58	100.00	30.25	25.85	23.52	16.27
SriWast [2/]	100.00	100.00	31.39	26.14	22.55	23.26
Su 1[3/]	74.28	100.00	18.81	33.87	16.61	28.96
Su 3	55.71	100.00	24.97	30.06	21.78	27.75
Su 5	66.75	100.00	29.64	27.04	15.60	20.02
Su 10	70.01	100.00	28.29	22.45	17.44	25.45
Su 15	81.04	100.00	23.61	34.71	30.10	20.18
SuWast [4/]	100.00	100.00	24.91	22.21	28.72	22.32
Mean	84.55	100.00	25.81	25.23	21.79	21.67
F-test	ns	-	ns	ns	ns	ns

ns= ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[1/] พันธุ์ศรีลังกาปลูกในน้ำผงซักฟอกความเข้มข้น 1, 3, 5, 10 และ 15 ppm.

[2/] พันธุ์ศรีลังกาปลูกในน้ำธรรมชาติ

[3/] พันธุ์สุราษฎ์ธานีที่ปลูกในน้ำผงซักฟอกความเข้มข้น 1, 3, 5, 10 และ 15 ppm.

[4/] พันธุ์สุราษฎ์ธานีที่ปลูกในน้ำธรรมชาติ

ตาราง 3 ความยาวราก น้ำหนักแห้งราก ความสูงและน้ำหนักแห้งต้นหญ้าแฝกของแฝก 2 สายพันธุ์ที่ปลูกในน้ำผงซักฟอกระยะ 45 วัน และ 90 วัน

Vetiver type/con. (ppm.)	Root length (cm.)		Dry weight of root (g./plant)		Stem height (cm.)		Dry weight of stem (g./plant)	
	45DAP	90 DAP	45DAP	90DAP	45DAP	90DAP	45DAP	90DAP
Sri 1 [1/]	15.6bcd	17.6	0.41	0.74	56.6abc	83.0ab	2.11	3.58
Sri 3	29.0abc	25.6	0.65	0.66	83.0ab	77.3abc	2.46	3.42
Sri 5	37.3a	20.6	1.05	1.81	88.3a	82.3ab	3.05	3.56
Sri 10	29.6abc	22.0	0.61	1.19	75.6ab	105.0a	2.00	3.98
Sri 15	32.6abc	28.0	0.71	0.76	58.3abc	88.3a	2.21	2.80
SriWast [2/]	34.0ab	34.3	0.48	0.61	72.0ab	54.0cd	3.12	3.05
Su 1 [3/]	25.3abcd	18.0	0.59	0.98	64.3abc	39.6d	2.39	3.87
Su 3	28.3abc	34.6	0.41	0.61	54.3abc	55.6bcd	2.11	3.45
Su 5	21.0abcd	19.0	0.61	0.68	93.3a	57.6bcd	3.27	2.45
Su 10	24.6abcd	24.6	0.52	1.43	50.3abc	57.6bcd	3.26	5.44
Su 15	6.6d	15.3	0.12	0.47	20.0c	50.3cd	0.89	3.48
SuWast [4/]	14.0cd	15.3	0.29	0.30	39.6bc	37.0d	1.40	3.10
Mean	24.86	22.94	0.53	0.85	63	65.66	2.36	3.51
F-test	**	ns	ns	ns	*	**	ns	ns

*, **, ns= แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95, 99% และไม่แตกต่างกันทางสถิติ

[1/] พันธุ์ศรีลังกาปลูกในน้ำผงซักฟอกความเข้มข้น 1, 3, 5, 10 และ 15 ppm.

[2/] พันธุ์ศรีลังกาปลูกในน้ำธรรมชาติ

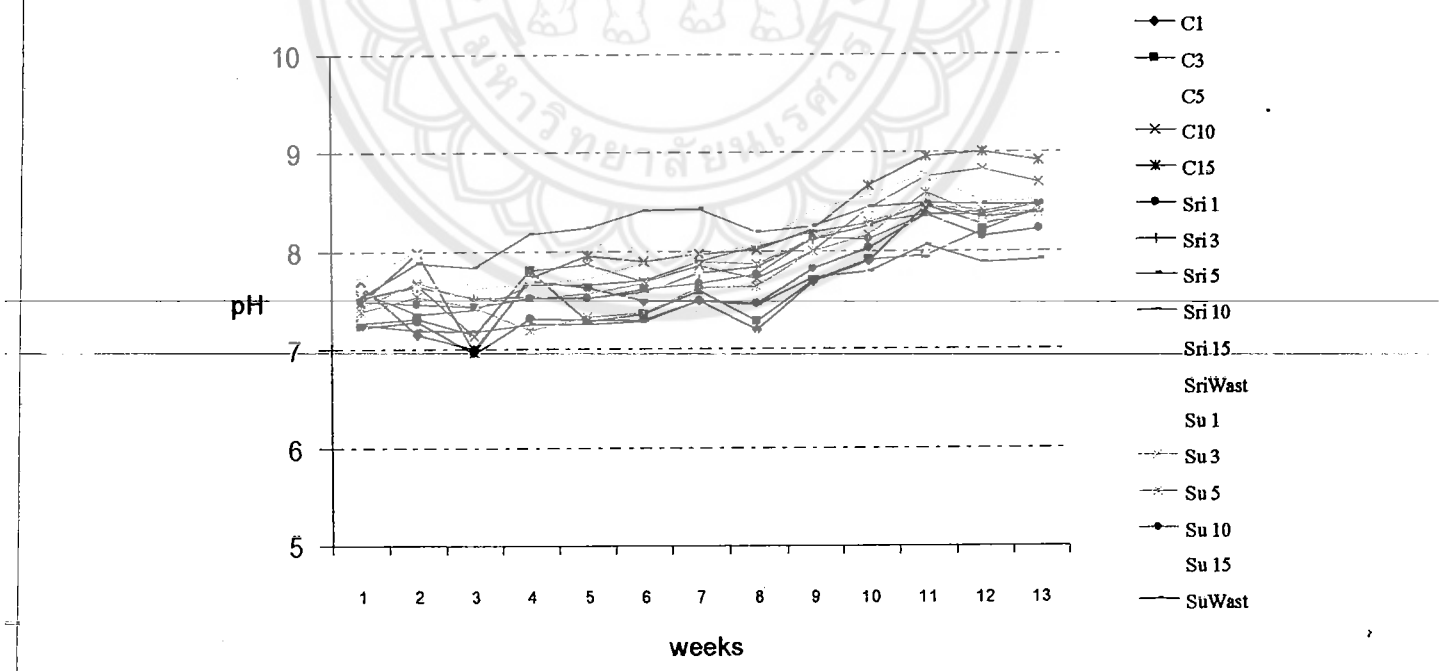
[3/] พันธุ์สุราษฎ์ธานีที่ปลูกในน้ำผงซักฟอกความเข้มข้น 1, 3, 5, 10 และ 15 ppm.

[4/] พันธุ์สุราษฎ์ธานีที่ปลูกในน้ำธรรมชาติ

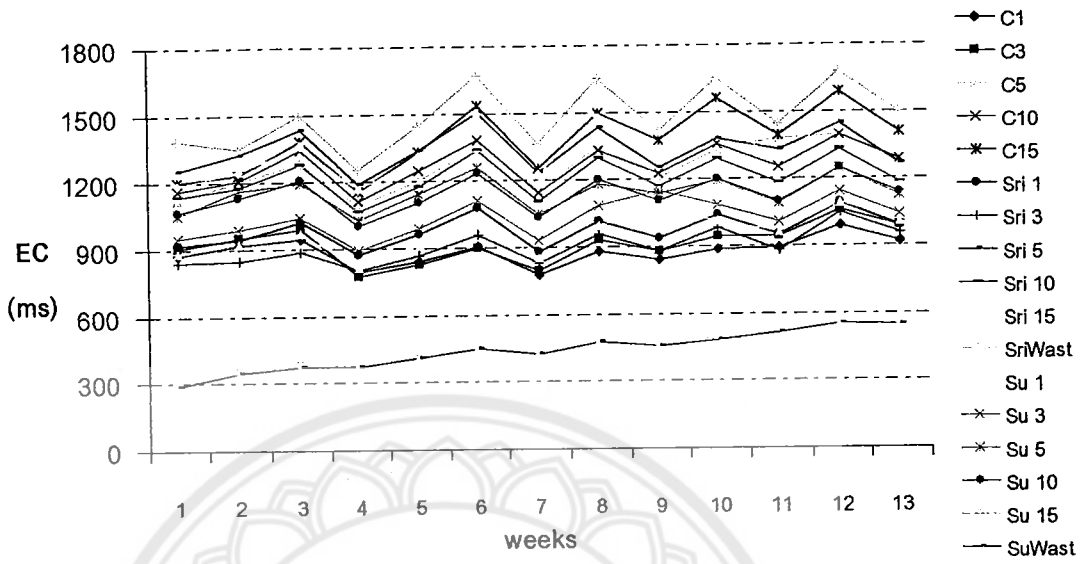
4.1.3 ค่าความเป็นกรด – ด่าง และค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารพืช

ผลการศึกษาความเป็นกรด - ด่างของสารละลายธาตุอาหารพืชระหว่างการปลูกหญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานีและพันธุ์ศรีลังกา ที่เติมสารละลายฟอสเฟตจากผงซักฟอกที่ความเข้มข้น 1, 3, 5, 10 และ 15 ppm. และที่ปลูกในแหล่งน้ำเสียจากธรรมชาติตลอดระยะเวลาการทดลอง 90 วัน พบว่าสัปดาห์ที่ 1–4 ค่าความเป็น กรด – ด่างมีค่าคงที่อยู่ในช่วง 7.80–7.40 สัปดาห์ที่ 5-8 ค่าความเป็นกรด – ด่างเริ่มเพิ่มขึ้นแต่ยังไม่มากนัก โดยมีค่าอยู่ในช่วง 8.10–7.60 ส่วนสัปดาห์ที่ 9–13 สารละลายธาตุอาหารมีค่าความเป็น กรด-ด่าง สูงขึ้น โดยมีค่าอยู่ในช่วง 8.40–7.70 ดังแสดงในภาพ 6

สำหรับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกหญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานีและพันธุ์ศรีลังกา ตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ค่า EC ที่ได้มีค่อนข้างคงที่ โดยมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1000 – 1300 มิลลิซีเมนต์ และ 300 – 350 มิลลิซีเมนต์ สำหรับน้ำเสียจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ดังแสดงในภาพ 7



ภาพ 6 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของสารละลายผงซักฟอกที่ใช้ปลูกหญ้าแฝกทั้ง 2 สายพันธุ์ นาน 13 สัปดาห์



ภาพ 7 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายผงซักฟอกที่ใช้ปลูกหญ้าแฝกทั้ง 2 สายพันธุ์ นาน 13 สัปดาห์

4.2 การบำบัดฟอสเฟตที่เตรียมจากสารละลายฟอสเฟตมาตรฐานของหญ้าแฝก

4.2.1 การบำบัดฟอสเฟตและฟอสเฟตที่สะสมในรากและลำต้นหญ้าแฝก

ผลการศึกษาพบว่า หญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีและพันธุ์ศรีลังกา ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่เติมสารละลายฟอสเฟตที่เตรียมสารละลายฟอสเฟตมาตรฐานความเข้มข้น 1, 3, 5, 10 และ 15 ppm. บำบัดฟอสเฟต (soluble phosphate) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงในตาราง 4 โดยที่ระยะเวลา 45 วันหลังปลูก หญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกาที่ปลูกในสารละลายฟอสเฟตมาตรฐาน 76.85 % และพันธุ์สุราษฎร์ธานีบำบัดได้เท่ากับ 67.94% ส่วนที่ระยะเวลา 90 วันหลังปลูกก็ให้ผลเช่นเดียวกันคือ หญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกาบำบัดได้ 93.13 % และสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีบำบัดได้ 96.11%

ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตที่สะสมในรากและในลำต้นของหญ้าแฝกทั้ง 2 สายพันธุ์พบว่าการสะสมในรากที่ระยะเวลา 45 วัน นั้นมีค่าแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยสายพันธุ์ศรีลังกาดูดไปสะสมไว้ในรากเท่ากับ 39.51 ppm. ส่วนสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีสะสมไว้

เพียง 47.99 ppm. ในขณะที่ระยะเวลา 90 วันหลังปลูกกลับพบว่ามีปริมาณที่สะสมไว้ในรากไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งสองสายพันธุ์ โดยให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 37.03 ppm. ส่วนการสะสมในลำต้นพบว่ามีปริมาณที่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทั้ง 2 ระยะเวลาการปลูกคือ 45 และ 90 วัน ตามลำดับ โดยที่ระยะ 45 วันหลังปลูกสายพันธุ์ศรีลังกามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.1 ppm. และสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 49.18 ppm. ส่วนระยะ 90 วันหลังปลูกสายพันธุ์ศรีลังกามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.98 ppm. และสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 45.12 ppm.

4.2.2 การเจริญเติบโตทางด้านชีวมวลของหญ้าแฝก

ผลการทดลองพบว่าความยาวรากของหญ้าแฝกทั้ง 2 สองสายพันธุ์ที่ปลูกในสารละลายฟอสฟอรัสเป็นเวลานาน 45 วัน และ 90 วัน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดงในตาราง 5 โดยที่ระยะ 45 วัน หญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกามีความยาวรากเฉลี่ยเท่ากับ 15.66 เซนติเมตร และสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีความยาวรากเพียง 17 เซนติเมตร ส่วนระยะ 90 วัน หญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกามีความยาวรากเฉลี่ยเท่ากับ 35.86 เซนติเมตร และ สายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีความยาวรากเพียง 37.8 เซนติเมตร

เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งของราก (1 ต้น) พบว่า การปลูกในสารละลายฟอสเฟตนาน 45 ให้น้ำหนักแห้งรากแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยสายพันธุ์ศรีลังกามีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.73 กรัม ส่วนสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.28 กรัม ในขณะที่ระยะ 90 วัน นั้นมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.73 กรัม

สำหรับความสูงของลำต้นที่ระยะ 45 วัน หลังปลูกมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ค่าเฉลี่ยของทั้งสองสายพันธุ์เท่ากับ 62.43 เซนติเมตร ในขณะที่ระยะ 90 วันหลังปลูกกลับมีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยสายพันธุ์ศรีลังกามีความสูงลำต้นเฉลี่ย 71.8 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่มีความสูงลำต้นเพียง 60.13 เซนติเมตร

เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งของต้น (1 ต้น) พบว่าการปลูกในสารละลายฟอสเฟตนาน 45 และ 90 วัน ให้น้ำหนักแห้งต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ระยะ 45 วัน ทั้งสองสายพันธุ์ให้ค่าน้ำหนักแห้งลำต้นเฉลี่ย 3.09 กรัม และที่ระยะ 90 วัน ให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.31 กรัม

ตาราง 4 ความสามารถในการบำบัดฟอสเฟตของหญ้าแฝก และความเข้มข้นฟอสฟอรัสในรากและลำต้นแฝกที่ปลูกในสารละลายฟอสเฟตมาตรฐานระยะ 45 วัน และ 90 วัน

Vetiver type/con.	Removal-P (%)		P in root (ppm.)		P in stem (ppm.)	
(ppm.)	45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP
Sri 1[1/]	87.92ab	100.00	31.65c	11.43	20.05cd	15.20de
Sri 3	52.65c	82.68	32.31c	23.49	22.92bcd	18.18bcde
Sri 5	65.55bc	93.89	43.77c	18.74	32.20bcd	29.61bcde
Sri 10	89.22ab	93.34	64.89ab	28.93	32.17bcd	16.63cde
Sri 15	88.93ab	95.73	24.94c	16.43	13.14d	10.26e
Su 1 [2/]	69.29abc	100.00	28.19c	31.79	46.18abc	25.88bcde
Su 3	70.52abc	100.00	27.30c	40.30	28.88bcd	44.00abcd
Su 5	52.74c	94.05	40.27c	32.24	53.59ab	62.25a
Su 10	64.66ab	92.47	69.81a	116.67	47.26abc	47.48ab
Su 15	82.48abc	94.05	74.37a	50.42	70.01a	46.01abc
Mean	78.47	94.59	43.75	37.03	36.64	31.55
F-test	*	ns	**	ns	*	*

*, **, ns= แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95, 99% และไม่แตกต่างกันทางสถิติ

[1/] พันธุ์ศรีลังกาปลูกในน้ำผงซักฟอกความเข้มข้น 1, 3, 5, 10 และ 15 ppm.

[2/] พันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในน้ำผงซักฟอกความเข้มข้น 1, 3, 5, 10 และ 15 ppm.

ตาราง 5 ความยาวของรากแฝก น้ำหนักรากแฝกแห้ง ความสูงต้นแฝก น้ำหนักต้นแฝกแห้ง ของแฝก 2 สายพันธุ์ ที่ปลูกในสารละลายฟอสเฟตมาตรฐาน ที่ระยะเวลา 45 วัน และ 90 วัน

Vetiver type/con. (ppm.)	Root length (cm.)		Dry weight of root (g./plant)		Stem height (cm.)		Dry weight of stem (g./plant)	
	45DAP	90DAP	45DAP	90DAP	45DAP	90DAP	45DAP	90DAP
Sri 1[1/]	13.66	27.33	0.64ab	0.68	77.33	59.00ab	3.60	4.65
Sri 3	13.66	55.66	0.64ab	0.99	80.33	75.00a	4.12	5.76
Sri 5	17.00	26.00	0.72ab	0.84	74.00	68.00a	3.12	3.93
Sri 10	15.00	45.66	0.61ab	1.03	72.00	78.00a	3.70	5.20
Sri 15	19.00	24.66	1.03a	0.86	92.33	79.00a	3.26	5.22
Su 1[2/]	10.66	55.00	0.08c	0.50	31.33	66.00a	0.94	2.77
Su 3	22.33	42.66	0.43bc	0.53	38.33	68.00a	3.07	4.37
Su 5	15.66	19.66	0.45bc	0.83	58.00	53.66ab	2.59	4.94
Su 10	19.33	41.00	0.65ab	0.63	59.33	73.66a	3.46	3.86
Su 15	17.00	30.66	0.49bc	0.38	41.33	39.33b	3.03	2.44
Mean	16.33	36.83	0.57	0.73	62.43	65.96	3.09	4.31
F-test	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns

*, ns= แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และไม่แตกต่างกันทางสถิติ

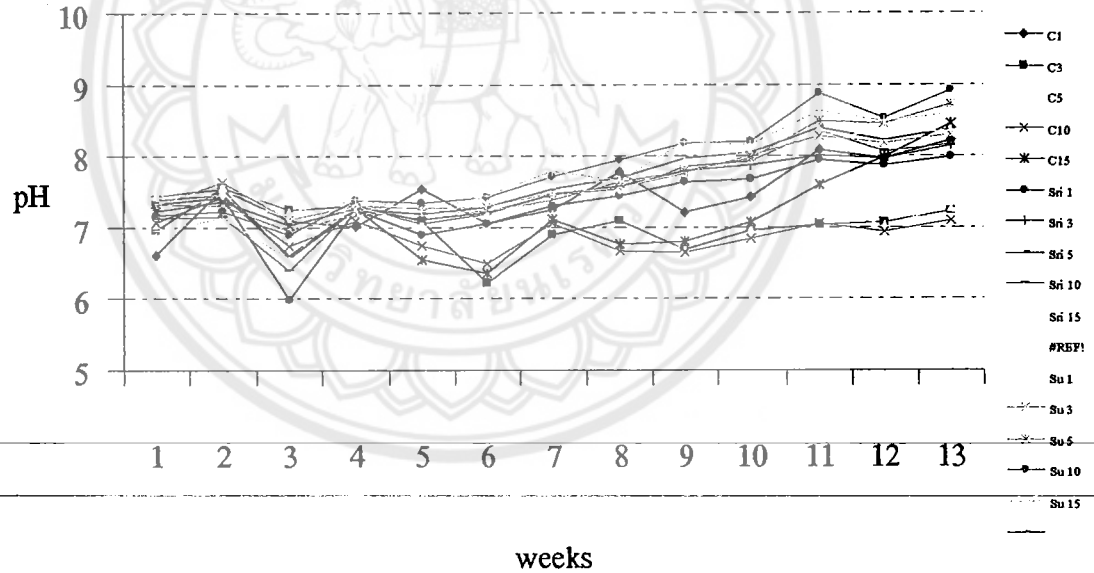
[1/] พันธุ์ศรีลังกาปลูกในน้ำผงซักฟอกความเข้มข้น 1, 3, 5, 10 และ 15 ppm.

[2/] พันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในน้ำผงซักฟอกความเข้มข้น 1, 3, 5, 10 และ 15 ppm.

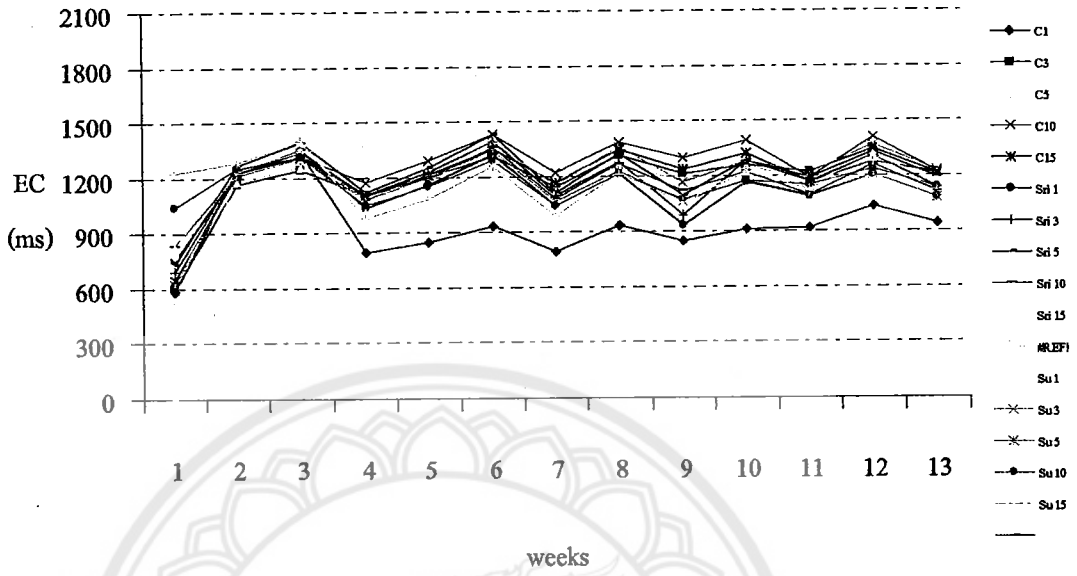
4.2.3 ค่าความเป็นกรด – ด่าง และค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารพืช

ผลการศึกษาความเป็นกรด - ด่างของสารละลายธาตุอาหารพืชระหว่างการปลูกหญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานีและพันธุ์ศรีลังกา ที่เติมสารละลายฟอสเฟตจากผงซักฟอกที่ความเข้มข้น 1, 3, 5, 10 และ 15 ppm. และที่ปลูกในแหล่งน้ำเสียจากชุมชนตลอดระยะเวลาการทดลอง 90 วัน พบว่าสัปดาห์ที่ 1–7 ค่าความเป็น กรด–ด่างมีค่าคงที่อยู่ในช่วง 7.5–7.0 ระยะสัปดาห์ที่ 8–13 ค่าความเป็นกรด–ด่างเริ่มมีค่า pH เพิ่มขึ้น โดยมีค่าอยู่ในช่วง 8.7–7.5 ดังแสดงในภาพ 8

สำหรับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกหญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานีและพันธุ์ศรีลังกา ตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ค่า EC ที่ได้มีค่าค่อนข้างคงที่ โดยมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 900 – 1200 มิลลิซีเมนต์ ดังแสดงในภาพ 9



ภาพ 8 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายฟอสเฟตมาตรฐานที่ใช้ปลูกหญ้าแฝกทั้ง 2 สายพันธุ์ นาน 13 สัปดาห์



ภาพ 9 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของสารละลายฟอสเฟตมาตรฐานที่ใช้ปลูกหญ้าแฝกทั้ง 2 สายพันธุ์ นาน 13 สัปดาห์

บทที่ 5

อภิปรายผลและสรุปผลการทดลอง

อภิปรายผลการทดลอง

1. การบำบัดสารละลายฟอสเฟตที่ปนเปื้อนในน้ำของหญ้าแฝก

การบำบัดฟอสเฟตในสารละลายของผงซักฟอกและสารละลายฟอสเฟตมาตรฐานของหญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานีและพันธุ์ศรีลังกาที่ไม่แตกต่างกันนั้น อาจเนื่องจากเหตุผลดังต่อไปนี้ 1) หญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์มีลักษณะทางชีวภาพที่ใกล้เคียงกัน เช่น ความสูง น้ำหนักแห้งรากและลำต้น ความยาวรากและลำต้น การที่หญ้าแฝกมีลักษณะดังที่กล่าวมาใกล้เคียงกัน จะทำให้ความสามารถในการบำบัดฟอสฟอรัสไม่แตกต่างกัน 2) ปลูกในสารละลายธาตุอาหารเพียง 90 วัน ซึ่งเป็นระยะเวลาค่อนข้างน้อย หญ้าแฝกยังไม่เจริญเติบโตเต็มที่ทำให้การบำบัดมีค่าใกล้เคียงกัน สังเกตได้จากหญ้าแฝกทั้งสองชนิดมีการแตกกอน้อยมาก และยังมีการเจริญเติบโตทางใบไม่เต็มที่ เมื่อปล่อยระยะเวลาให้นานมากกว่านี้ จนกระทั่งหญ้าแฝกเจริญเติบโตได้เต็มที่แล้ว อาจเห็นผลการบำบัดที่ต่างกันก็ได้ และ 3) ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสที่ใช้ในการทดลองมีค่าสูงสุดเพียง 15 ppm. ซึ่งเป็นค่าที่ไม่สูงมากนัก ดังนั้นจึงอยู่ในพิสัยที่จะถูกหญ้าแฝกบำบัดได้หมดภายในระยะ 90 วัน (ค่าจากการวิเคราะห์สารละลายมีน้อยมาก) ทำให้ไม่เห็นความแตกต่างของการบำบัดจากหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์

เมื่อพิจารณาความสามารถในการบำบัดฟอสฟอรัสของหญ้าแฝก จะเห็นว่าหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์มีความสามารถสูงมากในการบำบัด (ใกล้เคียง 100%) ค่าดังกล่าวนี้ไม่ได้หมายความว่าหญ้าแฝกบำบัดได้ทั้งหมด 100% ทั้งนี้เนื่องจากมีสารละลายฟอสฟอรัสบางส่วนที่ตกตะกอนในรูปของของแข็งที่ไม่สามารถตรวจหาได้ในรูป available phosphorus ปรากฏการดังกล่าวเกิดขึ้นใน ช่วงสัปดาห์ที่ 10 – 13 ของการทดลอง ที่พบว่าค่า pH ของสารละลายเพิ่มขึ้นมากกว่า 8.5 ซึ่งจะทำให้สารละลายฟอสฟอรัสส่วนหนึ่งตกตะกอน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุทธิรักษ์ ตั้งเรืองเกียรติและคณะ (2549) รวมทั้งของ Xia et al., 2000 and 2003 ที่พบว่าในระยะการเติบโตของลำต้นและใบ (vegetative growth) หญ้าแฝกจะดูดไนเตรทไอออน (NO^-_3) เป็นส่วนใหญ่ ทำให้มีมีปล่อยอนุมูลไบคาร์บอเนต (HCO^-_3) ซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่างออกมาในปริมาณที่เท่ากัน ทำให้ค่า pH ของสารละลายมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งสารละลายในที่เป็นด่างแก่จะทำให้ฟอสเฟตในรูปสารละลายตกตะกอน

2. การสะสมฟอสเฟตในราก ลำต้นและผลต่อการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก

การสะสมฟอสเฟตในรากและลำต้นของหญ้าแฝกที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารซึ่งเตรียมจากผงซักฟอกที่ไม่แตกต่างกันทั้งสองสายพันธุ์ อาจเนื่องมาจากลักษณะทางชีวมวลที่ไม่แตกต่างกันมากนักในระยะที่เป็นต้นอ่อนเช่นเดียวกับเหตุผลที่แสดงไว้ในเรื่องความสามารถในการบำบัดฟอสฟอรัส แต่เมื่อพิจารณาความเข้มข้นที่จะสมในรากและลำต้นแล้วจะพบว่าฟอสฟอรัสถูกดูดไปสะสมไว้ในรากมากกว่าในลำต้น โดยพบในรากประมาณ 25.52 ppm. และในลำต้นประมาณ 21.23 ppm. แสดงให้เห็นถึงรากหญ้าแฝกนั้นสามารถดูดซึมฟอสเฟตได้ดี และมีการสะสมไว้ในรากมากกว่าส่งไปสะสมที่ลำต้นหรือใบ การทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาของธนียา เจติยานุกรกุล (2539) ที่พบว่าแคดเมียมจะถูกดูดไปไว้ในรากมากกว่าส่วนของต้นและใบ ตัวอย่างเช่น สายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีแคดเมียมในราก 4.18 mg/kg ในขณะที่พบในใบเพียง 3.84 mg/kg เช่นเดียวกับสายพันธุ์ราชบุรีพบในรากและใบเท่ากับ 5.62 และ 2.23 mg/kg ตามลำดับ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Thares Srisatit (2003) ที่พบว่าหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์และสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีการดูดซึมสารหนูในส่วนรากมากกว่าส่วนของใบ การที่รากหญ้าแฝกสะสมฟอสเฟตได้มากกว่าส่วนอื่นๆ เช่น ใบหรือลำต้น อาจเนื่องจากหญ้าแฝกมีปริมาณชีวมวลรากมาก ทั้งนี้เนื่องจากหญ้าแฝกเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตของรากที่ดี มีปริมาณรากฝอยและรากขนอ่อนมาก จึงต้องการฟอสฟอรัสในการเจริญเติบโตของรากปริมาณมากเมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่นๆ คุณสมบัติดังกล่าวของหญ้าแฝกช่วยส่งเสริมการดูดซึมน้ำและธาตุต่างๆ รวมถึงฟอสเฟตเข้าไปสะสมในรากได้ดี

สรุปผลการทดลอง

1. การดูดซึมฟอสเฟตของหญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานีและพันธุ์ศรีลังกา ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีการปนเปื้อนของฟอสฟอรัสจากผงซักฟอก มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยดูดซึมฟอสเฟตที่ระยะเวลา 45 และ 90 วันเท่ากับ 84.55 และ 100 % ตามลำดับ ในส่วนสารละลายฟอสเฟตมาตรฐานนั้นมีค่าแตกต่างกันที่ระยะ 45 วัน โดยสายพันธุ์ศรีลังกาดูดซึมได้มากกว่าสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ส่วนที่ระยะ 90 วันนั้นไม่แตกต่างกัน

2. การสะสมฟอสเฟตในรากและลำต้นของหญ้าแฝกที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร ที่เติมสารละลายฟอสเฟตจากผงซักฟอกไม่มีความแตกต่างกันทั้งสองสายพันธุ์ แต่ในสารละลายฟอสเฟตที่เตรียมจากสารเคมีมาตรฐานนั้นมีค่าแตกต่างกัน โดยสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีการสะสมของฟอสเฟตในรากและลำต้นมากกว่าสายพันธุ์ศรีลังกา

3. การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกด้านความสูงลำต้นที่ปลูกในสารละลายผงซักฟอกของสายพันธุ์ศรีลังกามีมากกว่าสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ส่วนการเจริญเติบโตด้านความยาวรากและน้ำหนักแห้งรากและลำต้นนั้นไม่แตกต่างกันทั้งสองสายพันธุ์ ส่วนการปลูกในสารละลายสารเคมีมาตรฐาน นั้นให้ค่าการเจริญเติบโตด้านชีวมวลไม่แตกต่างกันที่ระยะเวลา 90 วันหลังปลูก

4. หญ้าแฝกทั้ง 2 สายพันธุ์มีความสามารถในการบำบัดฟอสเฟตได้ดี

ข้อเสนอแนะ

การดูดซึมสารละลายฟอสเฟตที่ปนเปื้อนในน้ำโดยใช้ระบบแฝกทุ่นลอยของหญ้าแฝก 2 สายพันธุ์คือพันธุ์สุราษฎร์ธานีและพันธุ์ศรีลังกา มีประสิทธิภาพในการดูดซึมฟอสเฟตได้เกือบ 100 % ที่ความเข้มข้นต่ำกว่า 15 ppm. มีระยะเวลาในการปลูก 3 เดือน ในระบบปิด จากผลการศึกษาสามารถนำไป ประยุกต์ใช้ในพื้นที่จริงและมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. ในการศึกษาต่อไปอาจทดลองใช้หญ้าแฝกลุ่มสายพันธุ์อื่นๆ ที่มีความเหมาะสมในแต่ละพื้นที่ เพื่อจะได้ทราบความสามารถของแต่ละสายพันธุ์

2. อาจนำน้ำจากแหล่งธรรมชาติที่มีการปนเปื้อนของมลสารอื่นๆ มาใช้ในการศึกษาและเพิ่มระยะเวลาในการศึกษาเพื่อดูประสิทธิภาพในระยะยาว

3. ปรับค่าความเข้มข้น ค่า EC และ pH ของสารละลายที่จะนำมาใช้ในการศึกษาให้มีความหลากหลาย

4. ศึกษากระบวนการและกลไกการดูดซึมของรากหญ้าแฝกในเชิงลึก

5. ตรวจวัดค่าความเข้มข้น EC และ pH ของแหล่งน้ำจริงก่อนใช้หญ้าแฝกในการบำบัด หากมีค่าสูงเกินอาจใช้หญ้าแฝกในการบำบัดไม่ได้

6. หากต้องการเพิ่มความรวดเร็วในการบำบัด สามารถเพิ่มจำนวนต้นของหญ้าแฝก ที่นำมาปลูกในระบบได้

7. น้ำมีการปนเปื้อนมาก อาจเพิ่มระยะเวลาในการบำบัด และควรตัดใบของหญ้าทุกๆ 45 วัน เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโต เพิ่มการดูดซึมธาตุอาหาร

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาที่ดิน. (2546). คู่มือการปฏิบัติงานเรื่องการขยายและการปลูกหญ้าแฝก. ม.ป.ท.

_____. (2549). เอกสารคำแนะนำรูปแบบการปลูกหญ้าแฝกเพื่อการพัฒนาที่ดินอย่างยั่งยืน. ม.ป.ท.

_____. (2548). คู่มือเรื่องการใช้ประโยชน์หญ้าแฝกเพื่อการพัฒนาที่ดิน. ม.ป.ท.

เกษมศรี ซับซ้อน. (2528-2529). คู่มือการวิเคราะห์ดิน พืช ปุ๋ย และน้ำ. สำนักงาน ก.ค. กระทรวงศึกษาธิการ.

คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. (2545). คู่มือการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียดิน. ม.ป.ท.

ธนียา เจติยานุกรกุล. (2539). ความเป็นไปได้ของการใช้หญ้าแฝกจากแหล่งพันธุ์ต่างๆ ในการบำบัดน้ำทิ้ง. วิทยานิพนธ์ วท.ม. , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นพดล เรียบเลิศหิรัญ. (2538). การปลูกพืชไร้ดิน. นนทบุรี: โรงพิมพ์สหมิตรพริ้นติ้ง.

ปรางแก้ว ศิริโยธา, ต่อศักดิ์ สิงห์เผ่น, และ ปติภูมิ ธีรวณิชนันท์. (2548). การดูดซับแคดเมียมที่ปนเปื้อนในน้ำโดยหญ้าข้าวนก หญ้าหนวดแมวและหญ้าแดง. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง วท.ม. , มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ปรีดา พากเพียร, พิชิต พงษ์สกุล และ วิศิษฐ์ โชลิตกุล. (2536). การวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืช. ม.ป.ท.

ปัณณวัฒน์ หมีคุ้ม. (2545). การดูดซับตะกั่วและแคดเมียมในน้ำเสียโดยใช้ดินที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว : ผลของความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน และความเป็น กรด-ด่างของสารละลายต่อการดูดซับตะกั่วและแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน. วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร.

พัชรี ธีรจินดาขจร และ มงคล ต๊ะอุ่น. (2544). การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกกับการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดินเค็ม. สัมมนาวิชาการเกษตรประจำปี 2544, 26-27 มกราคม, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มงคล ต๊ะอุ่น, พัชรี ธีรจินดาขจร และ สุทธิพงศ์ เปรื่องค้า. (2544). การจัดการน้ำเสียโดยการประยุกต์ใช้ศักยภาพของหญ้าแฝก. ว. สภาวะแวดล้อม 23(2): 1-11.

มงคล ต๊ะอุ่น, สันติภาพ ปัญจพรรค์, พัชรี ธีรจินดาขจร และ วันเพ็ญ วิโรจน์กูฎ. (2549). การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกในการปรับปรุงคุณภาพน้ำของหนองน้ำเสียชุมชน. วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์(บรรณาธิการ), แก่นเกษตร: นวัตรกรรมการประยุกต์ใช้หญ้าแฝกเพื่อบำบัดน้ำเสีย (ปีที่ 34, หน้า 267-273). ขอนแก่น: ศิริภัณฑ์ออฟเซ็ท.

มงคล ต๊ะอุ่น. (2548). เทคนิคและการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการดิน พืช น้ำ และปุ๋ย. ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 300 หน้า.

สุทธิรักษ์ ตั้งเรืองเกียรติ, นวลฉวี รุ่งธนเกียรติ และ ฤทธี มีสัตย์. (2549). ศักยภาพการใช้แฝกในการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม. วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริลักษณ์ กล้าการขาย. (2548). การบำบัดแคดเมียมที่ปนเปื้อนโดยใช้หญ้าแฝก. วิทยานิพนธ์ วท.ม. , มหาวิทยาลัยนเรศวร.

อัญชลี เจตน์สัมฤทธิ์ และสุทธิรักษ์ สุจิตตานนท์. การกำจัดสารตะกั่วโดยการตกผลึกในกระบวนการฟลูอิดไดซ์เบด. วิทยานิพนธ์ วศ.ม.,กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540

อานัฐ ตันโช. (2548). การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. เชียงใหม่: ทรีโอ แอดเวอร์ไทร์ซิ่ง.

อานัฐ ตันโช, พัชรินทร์ พุทธฤทธิ์ และ วีระดา หล้าเบอะ. (2547). การศึกษาการจัดการธาตุอาหารพืชในระบบการปลูกพืชผักไร้ดิน. รายงานการวิจัยประจำปีมูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ ตามโครงการวิจัยที่ 3001-3044 งบประมาณปี 2545-2547. 78 หน้า.

Macdonal and Maric. "Aspects of Competitive Adsorption and precipitation of Heavy Metails by a Clay Soil (Lead, Copper, Zine)" Clays and Clay Minerals. 44(1) : January-February 1996. p. 104-120.

Orhan Altin, Order H. Ozbelge, and Timur Dogu. "Effect of pH, flow rate and concentration on the sorption of Pb and Cd on montmorillonite" Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 74 : January-February 1999. p. 1131-1138.

Srisatit, T, Kosakul, T, & Dhitivara, D. (May 16, 2003). Efficency of Arsenic Removal From Soil by Vetiveria zizanioides (Linn.) Nash and Vetiveria nemoralis (Balansa) A. Camus. Retrieved on October 23, 2004 From:http://www.elsevier.com/locate/chemosphere.

Xia, H., S. Liu and H. Ao. 2000. A study of purification and uptake of garbage leachate by vetiver grass, P. 393-403. *In* The second international conference on vetiver-Vetiver and the environment. Office of the Royal Development Projects Board, Bangkok

Xia, H., H. Ke, Z. Deng, P. Tan and s. Liu. 2003. Ecological effectiveness of Vetiver constructed wetlands in treating oil-refined wastewater, P. 115-127. *In* The third international conference on vetiver and exhibition.-Vetiver and water. Guangdong Academy of Agricultureal Sciences, Sount China Institute of Botany, Chinese Academy Sciences, Sount China Agricultureal University, Guangdong Association of Grass Industry and Environment, Guangzhou.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการแวนาโดโมลิบโดฟอสฟอริก แอซิด

1. หลักการ

แอมโมเนียมโมลิบเดทจะทำปฏิกิริยากับออร์โธฟอสเฟตภายใต้สภาวะที่เป็นกรด เกิดเป็นเฮทเทอโรโพลีโมลิปโดฟอสฟอริค แอซิค เมื่อมีแวนาเดียมอยู่ด้วยจะเกิดเป็นแวนาโดโมลิปโดฟอสฟอริกซึ่งมีสีเหลือง ความเข้มข้นของสีเป็นปฏิภาคกับความเข้มข้นของฟอสเฟตในสารละลายนั้น

2. เครื่องมือและอุปกรณ์

1) สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ 490 นาโนเมตร

2) กรดล้างเครื่องแก้ว : เครื่องแก้วที่ล้างด้วยกรดเจือจางแล้วล้างด้วยน้ำกลั่นจนสะอาดและควรแยกเครื่องแก้วที่ใช้หาฟอสเฟตไว้ต่างหากไม่ปนกับอันอื่น

3. สารเคมี

1) conc. HCl

2) สารละลายแวนาเดท-โมลิบเดท : เตรียมโดย

ก. สารละลาย A : ละลาย $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ 25 กรัม ในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร

ข. สารละลาย B : ละลาย NH_4NO_3 1.25 กรัม โดยการต้มให้เดือดในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร ทำให้เย็นแล้วเติม conc. HCl 330 มิลลิลิตร ทิ้งสารละลาย B ให้เย็นจนเท่าอุณหภูมิห้อง เทสารละลาย A ลงในสารละลาย B แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

3) สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต : เตรียมจาก stock standard Phosphorus 1,000 ppm

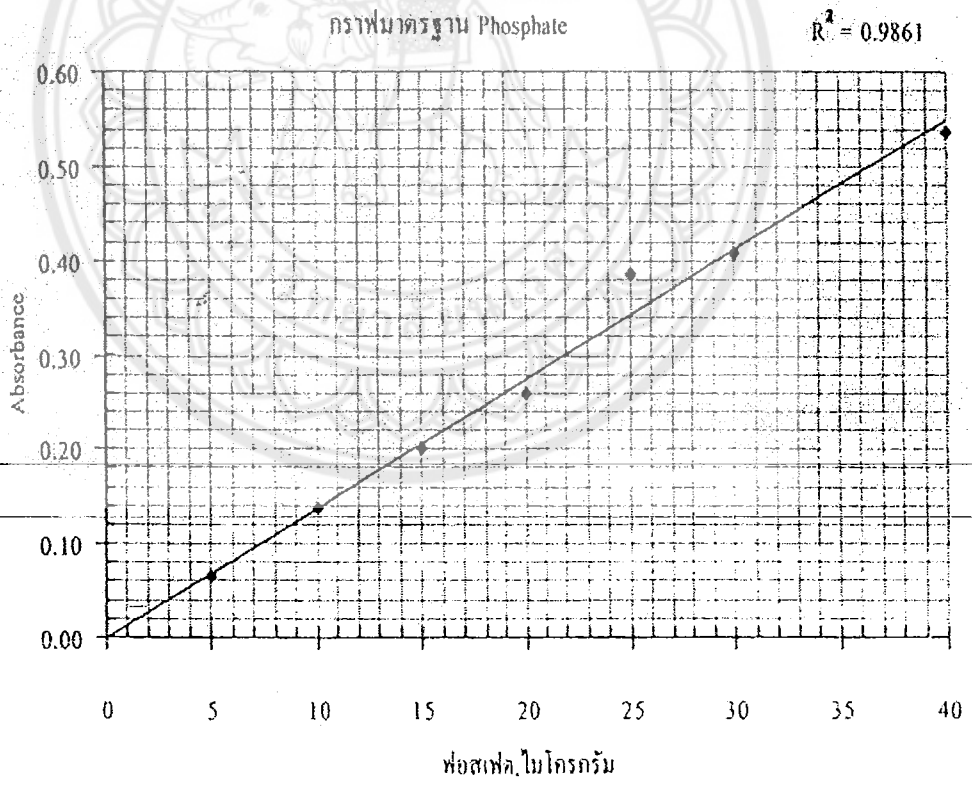
4. วิธีการวิเคราะห์

1) หากตัวอย่างน้ำตัวอย่างที่เก็บมามีความขุ่น ควรกรองด้วยกระดาษกรอง 0.45 ไมครอน แล้วปรับพีเอชของน้ำตัวอย่างให้เป็นกลางไม่เกิน 8

2) ปิเปตตัวอย่างน้ำ 35 มิลลิลิตรหรือน้อยกว่า ใส่ลงใน Volumetric flask ขนาด 50 ml (หรือวัดปริมาตรโดยใช้หลอดเนสเลอร์ ขนาด 50 ml)

3) เติม 10 มิลลิลิตร สารละลายแวนนาเดทโมลิบเดท แล้วปรับปริมาตรเป็น 50 ml เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 10 นาที แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร

4) การเตรียมกราฟมาตรฐาน : เตรียมกราฟมาตรฐานฟอสเฟต (ควรเตรียมกราฟก่อนวัดตัวอย่างเพื่อเป็นการเช็คว่าสารเคมีที่เตรียมกับเครื่องที่ใช้วัดผิดปกติหรือไม่) โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายฟอสเฟตมาตรฐานต่างๆ (0, 2, 4, 6, 8 และ 10) โดยทำวิธีเดียวกับตัวอย่างข้างต้นนำค่าความเข้มข้นของสารละลายฟอสเฟตมาตรฐานต่างๆ พล็อตกราฟกับค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้บนกระดาษกราฟ จะได้กราฟเส้นตรง คำนวณหาค่าความเข้มข้นของฟอสเฟตในตัวอย่าง โดยอ่านจากกราฟมาตรฐานที่เตรียมได้ แสดงดังภาพ 10



ภาพ 10 ตัวอย่างกราฟมาตรฐานฟอสเฟต

6. **การคำนวณ**

$$\text{ฟอสเฟต (มก.P/ล.)} = \frac{\text{ไมโครกรัมฟอสฟอรัส (ปริมาตรสุดท้าย 50 มล.)}}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง (มล.)}}$$

หมายเหตุ ปริมาตรสุดท้ายของตัวอย่างน้ำก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงอาจใช้เป็น 100 มล. ได้แต่จะต้องทำกราฟมาตรฐานให้มีปริมาตรของสารละลายมาตรฐานเท่ากับ 100 มล. เช่นกันทุกความเข้มข้น (คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, 2545)

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์หาปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในพืช

1. การย่อยตัวอย่างพืช

1) เก็บตัวอย่างต้นหญ้าแฝกล้างด้วยน้ำสะอาด ผึ่งให้แห้งแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน แล้วนำไปบดให้ระเอียด

2) ชั่งตัวอย่าง 0.2 กรัม ใส่ใน flask 125 ml. เติมสารผสมระหว่างไนตริค และเปอร์คลอริค อัตราส่วน 4:1 ใส่ลงไปใน flask 20 ml. เติมลูกแก้วเพื่อป้องกันการเดือดอย่างรุนแรง 3-4 เม็ด

3) นำ flask ที่ได้จากข้อ 2 ไปตั้งบนเตาให้ความร้อน แล้วค่อยเพิ่มอุณหภูมิในการย่อย ย่อยจนใสทิ้งไว้ให้เย็น

4) เทตัวอย่างใส่ volumetric flask ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 50 ml.

5) กรองสารละลายตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 5

(เกษมศรี, 2528-2529 : 47-48)

2. วิธีการวัดปริมาณฟอสฟอรัสโดยใช้เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

2.1 สารเคมีที่ใช้ในการทำให้เกิดสีเพื่อวัด P

2.1.1 Vanadate-reagent ละลายแอมโทเนียมวานาเดท 0.5 กรัม ในน้ำเดือด 100 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น เติมกรดเปอร์คลอริคเข้มข้น 80 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

2.1.2 Molybdate reagent ละลายแอมโมเนียมโมลิบเดท 12.5 กรัม ในน้ำ 1 ลิตร

2.2 การวิเคราะห์

2.2.1 Pipatte สารละลายตัวอย่างพืช 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดลดลอง

2.2.2 Pipette Standards (0, 5, 10, 15, 20 ppm P) อย่างละ 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองเช่นกัน

2.2.3 ในแต่ละหลอดเติม Vanadate reagent 5 มิลลิลิตร ผสมเข้าด้วยกัน และเติม molybdate reagent อีก 5 มิลลิลิตร เข่ายผสมอีกครั้งหนึ่ง

2.2.4 วางหลอดทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที

2.2.5 วัดความเข้มของสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ 420 นาโนเมตร ด้วยการเปรียบเทียบสีที่เกิดขึ้นจากของตัวอย่างพืช และ standards ซึ่งสามารถคิดคำนวณได้โดยใช้สูตร

$$\text{ppm ของ P} = \frac{\text{ppm จาก curve X ปริมาตรที่ปรับตัวอย่าง}}{\text{น้ำหนักพืช (g)}}$$

(ปรีดา และคณะ, 2536 : 12)