

การฟื้นฟูคืนที่ปนเปื้อนโครเมียมด้วยพืชใบเลี้ยงเดี่ยว



เลขที่.....
เลขทะเบียน..... 49270
วัน, เดือน, ปี..... 18 ก.พ. 2547

b.....
i.....

โครงการพิเศษเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา เคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chromium Accumulation from Soil by Narrow Leaf Plant



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the degree of
Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษ เรื่อง การฟื้นฟูดินที่ปนเปื้อนโครเมียมด้วยพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

นักศึกษา นางสาวพิมพ์จันทร์ จินตนาวงศ์
นางสาววรรณิจ ไกรพินิจ

ภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ พันธวิศ สัมพันธ์พานิช

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติ
ให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล	   
กรรมการ ดร.อุสารัตน์ ภัคดีสุสุข	
กรรมการ ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย	
กรรมการ อาจารย์พันธวิศ สัมพันธ์พานิช	


.....
(รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษ เรื่อง การฟื้นฟูดินที่ปนเปื้อนโครเมียมด้วยพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

นักศึกษา นางสาวพิมพ์จันทร์ จินตนาวงศ์

นางสาววรนิช ไกรพิณี

ภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์

สาขาวิชา เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2545

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ พันธวัศ สัมพันธ์พานิช

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการสะสมโครเมียมด้วยพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ได้แก่หญ้าแพรง หญ้าแฝก และหญ้าข้าวนก โดยทำการปลูกลงในกระถางพลาสติกสีดำขนาด 12 นิ้ว ดินที่ใช้เก็บจากจังหวัดสมุทรปราการบรรจุใส่กระถางละ 5 กิโลกรัม นำมาเติมสารละลายโครเมียมที่เตรียมจากโพแทสเซียมไดโครเมต โดยทำการศึกษาที่ความเข้มข้น 100, 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก และมีชุดควบคุม(ทำเช่นเดียวกันแต่ไม่มีการเติมโครเมียม) ระยะเวลาในการทดลอง 90 วัน และทำการเก็บตัวอย่างพืช ดิน และน้ำ มาวิเคราะห์ทุกๆ 30, 60 และ 90 วัน จากผลการทดลอง พบว่าหญ้าแพรงที่ปลูกในดินที่มีโครเมียม 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก สามารถสะสมโครเมียมได้ 2.55 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 90 วัน ซึ่งเป็นอัตราสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นอื่น ส่วนในหญ้าแฝก ที่เวลา 60 วัน เมื่อปลูกในดินที่มีโครเมียม 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก พบว่าสามารถสะสมโครเมียมได้สูงถึง 0.35 เปอร์เซ็นต์ และหญ้าข้าวนกที่เวลา 30 วัน เมื่อปลูกในดินที่มีโครเมียม 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก พบว่าสามารถสะสมโครเมียมได้สูงถึง 0.15 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าต้นหญ้าแพรงมีความสามารถสะสมโครเมียมได้ดีที่สุด และเมื่อดำเนินการปริมาณการสะสมโครเมียมต่อน้ำหนักแห้งของพืช พบว่า ปริมาณโครเมียมในต้นหญ้าแพรง เท่ากับ 2546.41 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ปริมาณโครเมียมในต้นหญ้าแฝก เท่ากับ 44.71 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง และปริมาณโครเมียมในต้นหญ้าข้าวนก เท่ากับ 78.95 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title Chromium Accumulation from Soil by Narrow Leaf Plant
 Name Miss Pimjun Jintanawong
 Miss Waranij Kraipinij
 Department Chemistry
 Program Environmental Resource Chemistry
 Academic Year 2002
 Special Project Advisor Asst. Pisamai Chairat-utai
 Special Project co-advisor Mr. Pantawat Sumpanpanit

ABSTRACT

Narrow leaf plant, *Cynodon dactylon* (L.) Pers. , *Vertiveria nemoralis* (A.) Camus and *Echinochloa monodum* (L.) Link. , were grown in 12 inches in diameter plastic plot containing 5 kg soil . Soils collecting from Samutprakarn province around the leather processing factories were amended with potassium dichromate at difference concentrations (100 , 200 and 400 mg/kg wet weight) for *Cynodon dactylon* (L.) Pers. , *Vertiveria nemoralis* (A.) Camus and *Echinochloa monodum* (L.) Link. Control treatments were done similarly without potassium dichromate amendment. Plants, soil and water were sampled at 30, 60 and 90 days interval to evaluate for the accumulation of chromium. Results found that accumulation of chromium at 2.55 % was accumulated in *Cynodon dactylon* (L.) Pers. grown in soil treated with 400 mg/kg wet weight . The accumulation in soil was highest at 400 mg/kg wet weight . In *Vertiveria nemoralis* (A.) Camus the accumulation of 0.35% was found in 60 days in treatment of 100 mg/kg wet weight. Chromium treated soil where as the amount of chromium less than 0.15% was accumulated in *Echinochloa monodum* (L.) Link. In the treatment of 200 mg/kg wet weight in 30 days. The results from this study showed *Cynodon dactylon* (L.) Pers. that is the best for chromium absorption . The calculation found that accumulation of chromium at 2545.41 , 44.71 and 78.95 mg/kg dry weight was accumulated in *Cynodon dactylon* (L.) Pers. *Vertiveria nemoralis* (A.) Camus and *Echinochloa monodum* (L.) Link.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย	1
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 พีชที่ใช้ในการศึกษา	3
2.2 โดเมนที่ใช้ในการศึกษา	8
2.3 กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมฟอกหนัง	11
2.4 ลักษณะดิน	14
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 ดินและพีชที่ใช้ในการทำวิจัย	16
3.2 การวางแผนก่อนการทดลอง	17
3.3 การดำเนินการทดลอง	17
3.4 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	22
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	
4.1 ลักษณะการเจริญเติบโตของ หญ้าแพรก หญ้าแฝก และหญ้าข้าวนก	23
4.2 อัตราการรอด	31
4.3 ค่าพิกัดแห้งของ หญ้าแพรก หญ้าแฝก และหญ้าข้าวนก	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 การสะสมโครเมียมในพืช	39
4.5 การสะสมโครเมียมในดิน น้ำ และพืช	45
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	49
5.2 ข้อเสนอแนะ	51
บรรณานุกรม	52
ภาคผนวก ก. การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต	53
ภาคผนวก ข. วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม	55
ภาคผนวก ค. คุณสมบัติของดินที่ทำการศึกษาทั้งหมดทั้ง 5 แหล่ง	59
ภาคผนวก ง. การคำนวณผลการทดลอง	60



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1	16
3.2	20
4.1	24
4.2	26
4.3	28
4.4	30
4.5	32
4.6	33
4.7	34
4.8	36
4.9	38
4.10	40
4.11	42
4.12	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1	หน้า
2.1	4
2.2	5
2.3	7
2.4	9
2.5	11
3.1	18
3.2	19
3.3	19
4.1	26
4.2	28
4.3	30
4.4	34
4.5	36
4.6	38
4.7	40
4.8	42
4.9	44
4.10	46
4.11	47
4.12	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ

ปัจจุบันมีการขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เกิดขึ้นมากมาย โรงงานฟอกหนังเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีการขยายตัวอย่างมาก ก่อให้เกิดปัญหามลพิษที่กระทบสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะสารมลพิษที่สำคัญ คือ โครเมียม ซึ่งมีการปนเปื้อนมากับน้ำทิ้ง ถึงแม้ว่าในปัจจุบันกลุ่มอุตสาหกรรมฟอกหนังจะนำน้ำเสียผ่านกระบวนการบำบัดขั้นต้นด้วยวิธีตะกอนเร่ง (Activated Sludge) ก่อนทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ นอกจากนี้ยังพบว่า ดินในบริเวณที่อุตสาหกรรมฟอกหนังตั้งอยู่มักมีปริมาณโครเมียมค่อนข้างสูง ในการกำจัดหรือฟื้นฟูดินวิธีการหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจคือ วิธีการดูดซับโดยใช้พืช เนื่องจากเป็นระบบธรรมชาติที่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และดูแลต่ำ จึงเป็นการสมควรอย่างยิ่งที่จะได้ศึกษาถึงรูปแบบที่เหมาะสม โดยใช้พืชเป็น ตัวดูดซับ ซึ่งพืชที่ใช้เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ได้แก่ หญ้าแพรก หญ้าแฝก และหญ้าข้าวนก ซึ่งเป็น พืชที่มีความทนทานในการเจริญเติบโตได้ในที่แห้งแล้งได้ดี และเนื่องจากหญ้าแพรก หญ้าแฝก และหญ้าข้าวนก มีรากแขนง (lateral root) จำนวนมาก โอกาสที่รากจะสัมผัสและดูดซับ ปริมาณสารปนเปื้อนในดินจะมีได้มาก

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการสะสมโครเมียมในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว
2. ศึกษาชนิด ระยะเวลาของการสะสมโครเมียมของพืช ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆกัน
3. ศึกษาเปอร์เซ็นต์การสะสมโครเมียมในพืช ดิน และน้ำ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ดินที่ใช้ในการทดลองนำมาจากกรมการวินพณิชย์ ซอย 59 ตำบลบางปิ้ง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งเป็นดินชุดสมุทรปราการ
2. พืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ หญ้าแพรก หญ้าแฝก และหญ้าข้าวนก โดยเก็บ พืชต้นอ่อน ที่ขึ้นอยู่โดยทั่วไปมาเพาะชำในถุงเพาะชำ เป็นเวลา 15 วัน จากนั้นนำมาปลูก ในดินชุดสมุทรปราการ แต่ละกระถางใช้ดิน 3 กิโลกรัม ปลูกในกระถางพลาสติกสีดำ พร้อมจานรอง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3. โลหะหนักที่ศึกษาคือ โครเมียม (Cr^{6+})
- 4. โครเมียมที่ใช้ในการทดลอง คือ โพแทสเซียมไดโครเมต โดยทำการทดลองที่ความเข้มข้นต่างๆ คือ
 - หน้ําแพรก ศึกษาที่ความเข้มข้น 0, 100, 200 และ 400 มิลลิลิตรต่อกลโกรรรมดินเป็ยก
 - หน้ําแฝก ศึกษาที่ความเข้มข้น 0, 100, 200 และ 400 มิลลิลิตรต่อกลโกรรรมดินเป็ยก
 - หน้ําซ้ําวนก ศึกษาที่ความเข้มข้น 0, 100, 200 และ 400 มิลลิลิตรต่อกลโกรรรมดินเป็ยก
 ระยะเวลาที่ศึกษา 3 เดือน โดยทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 30, 60 และ 90 วัน

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

ในการทดลองนี้เป็นการดูระดับโครเมียมที่ปนเปื้อนในดิน โดยแบ่งขั้นตอนการทดลองออกเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

- ขั้นที่ 1 การสืบค้น ศึกษาข้อมูล และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
 - ศึกษาหลักพื้นฐานของการปลูกพืช การเลือกใช้ความเข้มข้นของโครเมียมและข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการใช้พืชใบเลี้ยงเดี่ยว เพื่อดูระดับโลหะหนัก
- ขั้นที่ 2 การทดลองและหาปริมาณการสะสมโครเมียมของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว
- ขั้นที่ 3 ประมวลผลผลการทดลอง สรุป และวิจารณ์ผลการทดลอง

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถประยุกต์ใช้พืชใบเลี้ยงเดี่ยว ในการบำบัดโครเมียมที่ปนเปื้อนอยู่ในดินบริเวณรอบๆ โรงงานอุตสาหกรรมฟอกหนังได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 พืชที่ใช้ในการศึกษา

2.1.1 หญ้าแพรก

ชื่อวงศ์

POACEAE

ชื่อวิทยาศาสตร์

Cynodon (L.) Pers.

ชื่อสามัญไทย

หญ้าแพรก หญ้าเบ็ด หญ้าแสด หญ้าแพก แพรก

ชื่อสามัญอังกฤษ

Bermuda grass, couch grass, Bahama grass dog's tooth grass, great coastal grass, wire grass, lawn grass, scotch grass, carpet grass, common Bermuda grass, green couch, devil's grass, dub grass, devil grass

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น

ต้นเล็กแผ่ราบมีไหล แยกไปตามพื้น ลำต้นอาจยาวได้ถึง 1 เมตร ชูตั้งขึ้นสูง 5-45 ซม. ข้อที่แตะดินจะมีรากงอกออกมา แตกกิ่งก้านสาขาตามไปทั่วลำต้นบางครั้งมีสีม่วงแดง

ใบ

ใบแต่ละข้อมีใบอยู่ 2 ใบ กาบใบยาวถึง 15 มม. แต่สั้นกว่าปล้องใบเรียบ มีขน สีขาว ออกเป็นวงรอบรอยต่อระหว่างกาบใบกับแผ่นใบ เห็นได้ชัด แผ่นใบยาว 2-16 ซม. กว้าง 3-5 มม. อาจเรียบหรือมีขนบนหลังใบ

ดอก

ออกเป็นช่อแบบช่อเชิงลดประอบ (compound spike) ที่ยอด ช่อหนึ่งมี 3-6 ช่อดอกย่อย กาบช่อดอกรวมยาว 1.5-5 ซม. ช่อดอกย่อยเป็นเส้นเดี่ยวหรือเกือบวง ยาว 2-5 ซม. มีดอกย่อยเรียงกันเป็น 2 แถว ดอกย่อยยาวประมาณ 1.5-3 มม. รังไข่มีก้านเกสรตัวเมีย 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้น ส่วนปลายเป็นฝอยคล้ายขนนกและมีขนขึ้นเป็นแถวอยู่ที่สันขอบ
กาบนอกของดอก

ผล

แบบผลธัญพืช (caryopsis) หรือเมล็ดมีขนาดเล็กมาก ยาว 1-1.5
มม. รูปไข่สีน้ำตาลไปจนถึงแดง

ลักษณะทางนิเวศวิทยา

เป็นพืชจำพวกหญ้า มีอายุข้ามปี (perennial) ทนต่อสภาพดินเลว
และสภาพแห้งแล้งได้ดีขยายพันธุ์โดยอาศัยเมล็ด และไหล พบขึ้นเอง
ตามที่ว่างริมถนน บนที่สูง หนองหญ้า และพบได้ในสวนผลไม้ สวน
มะพร้าว สวนปาล์มน้ำมัน ไร่ไร่ฝ้าย ไร่ถั่วเหลือง ไร่อ้อย และนา
ข้าว (ดร.ณิ, ณัฐตราและชาติรี, 2538)



รูปที่ 2.1 หญ้าแพรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 หญ้าแฝก

ชื่อวงศ์

Poaceae

ชื่อวิทยาศาสตร์

Vetiveria zizanioides (L.) Camus

ชื่อสามัญไทย

หญ้าแฝก

ชื่อสามัญอังกฤษ

Saccharum spontaneum

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น

มีลำต้นเหนือผิวดิน ซึ่งมีข้อที่เมื่อหน่อแก่จะเริ่มงอกปล้องสูงขึ้น ข้อจะ
เริ่มห่างขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งเป็นลำต้นที่ชูช่อดอกสูงขึ้นไป

ใบ

มีลักษณะเป็นสามเหลี่ยม ค่อนข้างใบทั้ง 2 ข้าง และสันของเส้นกลาง
ใบมีหนามที่ละเอียด คล้ายคมเล็กๆ ซึ่งคมจัด

ดอก

ดอกใหญ่ อยู่บนก้านช่อดอก ซึ่งสูงประมาณ 1.5 ม. ดอกมีสีน้ำตาล
ถึงน้ำตาลแดง สีเทา หรือสีขาวนวล เนื่องจากเป็นสีของส่วนประกอบ
ที่เป็นก้านช่อดอก แขนงช่อดอก กลีบดอก

(ครุณี, ณัฐตราและชาติรี, 2538)



รูปที่ 2.2 หญ้าแฝก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 หญ้าข้าวนก

ชื่อวงศ์

Poaceae

ชื่อวิทยาศาสตร์

Echinochloa colonum (L.) link

ชื่อสามัญไทย

หญ้าปล้องละมาน หญ้าข้าวนก หญ้าปล้อง หญ้าข้าวนก(ชนิดมีหาง)
หญ้าไข่แมงดา

ชื่อสามัญอังกฤษ

barnyard grass, barnyard millet, chicken-panic grass,
cock's foot, Dutch kut grass, baronetgrass, cockspear,
cockspear grass, cockspear panicum, Japanese millet, small
millet, watergrass

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น

ต้นตั้งตรง อาจสูงถึง 1.5 เมตร มีตลิ่งและแขนงบริเวณโคนต้น ลำ
ต้นกลมและเรียบแต่ก็พบมีขนอยู่บ้าง ใบมีขน ที่รอยต่อระหว่างกาบ
ใบและแผ่นใบ

ใบ

เป็นใบเดี่ยว ออกลัดใบข้างกัน โคนใบแผ่เป็นกาบหุ้มลำต้นไว้ แผ่นใบ
เรียวยาว สีเขียวยาว 5-50 ซม. กว้าง 5-20 มม. ขอบใบเป็นหนาม
เล็กๆ

ดอก

ดอกเป็นช่อแบบช่อแยกแขนง (panicle) ตั้งตรงขึ้นไปหรือโน้มยอดลง
มา ยาว 10-20 ซม. ออกที่ส่วนยอดของลำต้น ประกอบด้วยช่อดอก
แบบช่อกระจุก (raceme) 12-30 ช่อ แต่ละช่อยาว 2-4 ซม. แกน
กลางของดอกช่อดอกเป็นสีเหลืองที่โคนจะมีโคนสั้น ๆ แต่ละช่อ
ประกอบด้วยช่อดอกย่อย ยาว 3-4 มม. จำนวนมากอัดแน่นอยู่ ช่อ
ดอกย่อยมีกาบ 2 อัน กาบกลางยาวไม่ถึงครึ่งหนึ่งของความยาวช่อ
ดอกย่อย กาบบนยาวกว่า มีขนแปกคลุมอยู่ตามขอบและลายเส้นบน
กาบ ช่อดอกย่อยแต่ละช่อมีดอกย่อยอยู่ 2 ดอก ดอกแรกเป็นหมัน
มีกาบนอกยาว 3-3.5 มม. ที่ปลายสุดตั้งขน ตามแบบฉบับแล้วจะมี
ปลายยื่นยาวออกไปเป็นหนวด แต่ก็หยาบๆ ทั่วไปหนวดนี้จะยาว 5-10
มม. กาบในยาว 2.5-3 มม. บางไซไม่มีขนปกคลุมที่ตอซึ่งเป็นดอก
สมบูรณ์เพศ มีกาบนอกยาว 0.5 มม. คอเนซึ่งแข็งผิวเรียบเป็นมันเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือนำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผล

กาบ ในยาว 2.5 มม. บางกว่ากานอก ส่วนของกลีบดอกที่ลดรูปไปมี 2 อันขนาดเล็ก ท่อรังไข่ 2 อัน ที่ปลายมีขนสีม่วงปกคลุม แบบผลัทธิพีช (caryopsis) รูปไข่สีน้ำตาลยาว 2.5-3 มม. ด้านหลังเรียบ ด้านหน้ามีรอยเว้าเข้าไป ขอบของรอยเว้ามนเป็นสันขึ้นมา ลักษณะของเมล็ดนี้แตกต่างกันไปมาก

ลักษณะทางนิเวศวิทยา

เป็นหญ้าที่มีอายุฤดูเดียว (annual) ขึ้นเป็นกอ ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด พบได้ทั่วไปในนาข้าว และสวนผัก (เดลินี, ญุฉัตราและชาติรี, 2538)



รูปที่ 2.3 หญ้าข้าวรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 โลหะหนักที่ใช้ในการศึกษา

2.2.1 โครเมียม

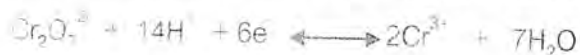
โครเมียม(Cr) เป็นธาตุที่มีเลขอะตอมเท่ากับ 24 เกิดตามธรรมชาติในรูปของโครไมต์หรือ สีนแร่ Chrome iron (FeOCr_2O_3) มีอยู่ประมาณ 0.037% ของเปลือกโลก ทั่วทั้งโลกจะมีความเข้มข้นของโครเมียมในดินอยู่ในช่วงตั้งแต่ปริมาณน้อยมาก ๆ จนถึง 2.4% ขณะที่ความเข้มข้นในบรรยากาศจะมีอยู่ในช่วง 0.001 - 0.007 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เลขออกซิเดชันของโครเมียมมีตั้งแต่ -2 ถึง +6 (ชัยวัฒน์, 2525)

1. โครเมียม (-2 ถึง 0) พบมากในคาร์บอนิลและสารประกอบโลหะอินทรีย์
2. Hexacarbonylchromium ($\text{Cr}(\text{CO})_6$) มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาวคงตัวในอากาศและไม่ละลายน้ำ
3. โครเมียม (+2) เป็นตัวรีดิวซ์ที่แรงและถูกออกซิไดส์เป็นโครเมียม (+3) โดยอากาศ
4. โครเมียม (+3) เป็นเวเลนซ์ที่เสถียรเป็นรูปที่พบมากในธรรมชาติ เมื่อละลายน้ำจะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน โดยมีโมเลกุลของน้ำเป็นลิแกนด์ในสถานะกรด $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ และในสถานะด่าง $[\text{Cr}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$
5. โครเมียม (+6) พบมากในธรรมชาติพอ ๆ กับ (+3) แต่พบในรูปของสารประกอบที่มีออกซิเจน ตัวอย่างเช่น
 - โครเมียม (+6) ออกไซด์ (กรดโครมิก : CrO_3)
 - โครเมียมคลอไรด์ (CrO_2Cl_2)
 - คลอโรโครเมต (CrO_3Cl)
 - โครเมต (CrO_4^{2-})
 - ไดโครเมต ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$)

เมื่อไดโครเมตละลายน้ำ จะได้โครเมตดังสมการ



โครเมียม (+6) เป็นตัวออกซิไดส์ที่แรงมาก ภายใต้สภาวะกรด (พีเอช 0)



ในอดีตสาหกรรมหลายประเภท ได้มีการนำโครเมียมมาใช้อย่างกว้างขวาง เป็นเวลากว่า 10 ปี เช่น ในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก กระจกวัตถุ สีทา สีย้อม สารยัดอายุไม้ สารป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ การชุบโครเมียมและการฟอกหนัง เป็นต้น

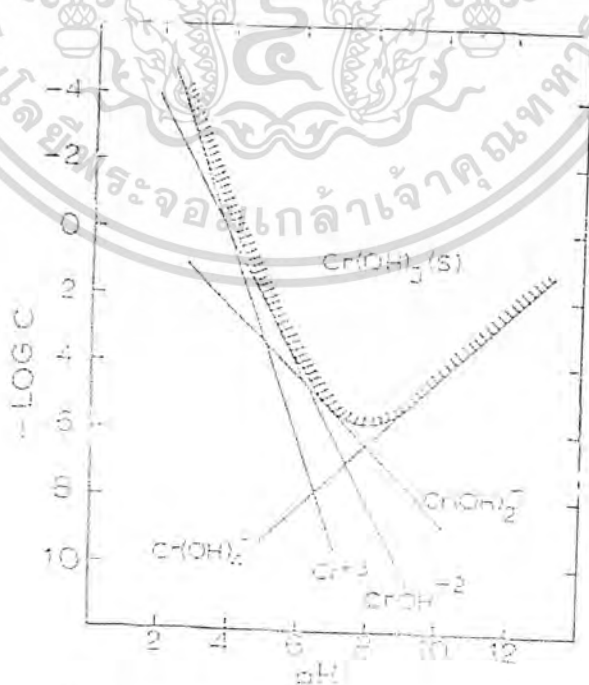
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังมีการเติมสารประกอบโครเมียมลงในหลอมลื่นเย็น เพื่อป้องกันการกัดกร่อน อุตสาหกรรมการชุบเพลาโลหะและการประดิษฐ์ส่วนผสมบรอนต์ เป็นอุตสาหกรรมที่มีการนำ โลหะมาชุบโครเมียมมากที่สุดและมีความเป็นไปได้ว่าในระยะยาวจะมีการสะสมและกระจายตัวของโครเมียมในระบบนิเวศเพิ่มมากขึ้น

ธาตุโครเมียม(Cr) จะไม่พบในสถานะอิสระในธรรมชาติ แร่โลหะที่พบบ่อย คือ โครไมต์ ($FeOCr_2O_3$) ซึ่งใช้ในการผลิตโซเดียมไดโครเมต เป็นสารเคมีขั้นปฐมภูมิของสารประกอบโครเมียมตัวอื่น ๆ ในอุตสาหกรรม เช่นการฟอกหนัง การผลิตสารเคมี อุตสาหกรรมสิ่งทอ สารกัดกร่อนโลหะ เป็นต้น โรงงานต่าง ๆ จะปล่อยน้ำทิ้งที่มีโครเมียมเจือปนอยู่ในรูปโครเมียม (+6) ซึ่งในสภาวะธรรมชาติโครเมียม (+3) จะเสถียรกว่าโครเมียม (+6) ในสภาวะเป็นกรด และโครเมียม (+6) จะเสถียรขึ้นที่พีเอชมากกว่า 12

ความสามารถในการออกซิไดส์ของ Cr^{3+} ไปเป็น Cr^{6+} ขึ้นอยู่กับค่าพีเอช และอัตราส่วนที่มีแต่ละชนิดของ Cr^{3+} ตามธรรมชาติแล้วจะตกตะกอนภายใต้สภาวะธรรมชาติ หรือภายใต้สภาวะเบสเล็กน้อย คือประมาณ 0.1 mg/L ที่พีเอช 8.5 โดยประมาณ การละลายของโครเมียมไฮดรอกไซด์นี้จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าพีเอช การเพิ่มขึ้นของค่าการละลายจะเพิ่มค่าพีเอช เนื่องจากสูตรของ $Cr(OH)_3$ และชนิดของ Hydrolysis อัน

การเคลื่อนย้ายระหว่าง Cr^{3+} และ Cr^{6+} เป็นระบบ Oxidation และ Reduction



รูปที่ 2.4 การละลายของ $Ca(OH)_2$ กับ ค่าพีเอช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของ Cr^{6+} ปฏิกิริยารีดักชันสามารถถูกแสดงออกมาในสารละลายกรดได้ (pH 2-3)



ในการมีอยู่ของ Fe^{2+} จะพบ Cr^{6+} ถูกรีดิวซ์ที่พีเอช 6.5-8.5



จึงชี้ให้เห็นว่า การลดลงของ Cr^{6+} อาจเกิดขึ้น ถึงแม้ว่าจะเกิดปฏิกิริยากับซัลไฟด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ถูกผลิตโดยการนำเปื่อยของสารอินทรีย์ โดยแบคทีเรียซัลเฟตรีดักชันหรือโดยการปล่อยของเสียอุตสาหกรรมที่เน่าอน การผลิต Cr^{3+} โดยปฏิกิริยานี้ น่าจะเป็นไปได้ที่จะถูกดูดซับโดยตะกอนและถูกกำจัดออกจากสารละลาย

ปฏิกิริยา Oxidation ของ Cr^{3+} ที่พีเอช 6.5-8.5

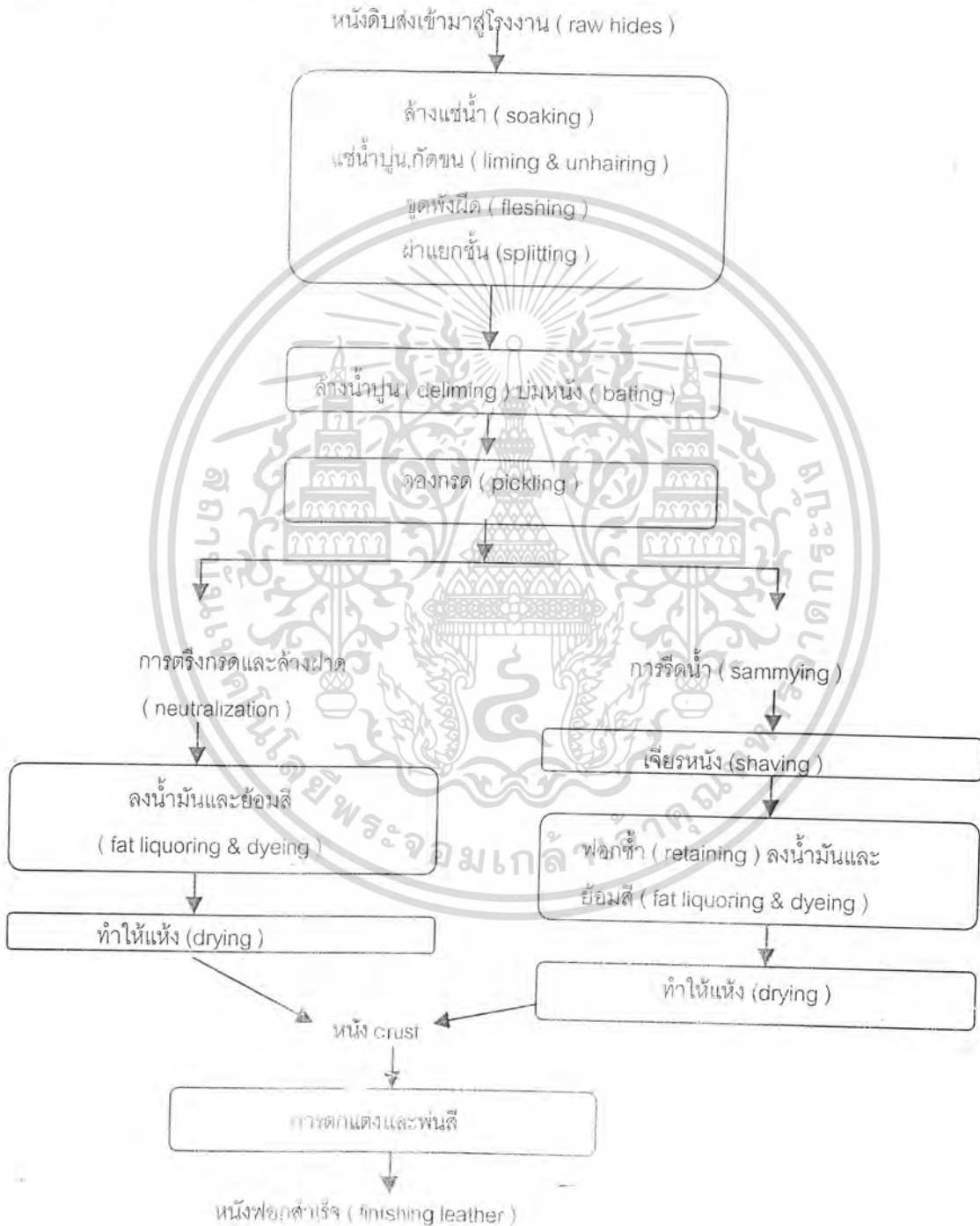


อย่างไรก็ตามใคร่เมียมอาจเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาอื่น ๆ เช่น การดูดซับอนุภาค เป็นต้น (Paul and Cart, 1996)



2.3 กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมฟอกหนัง

การผลิตหนังฟอกแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ การเตรียมหนังก่อนฟอก (beamhouse process), การฟอก (tanning process), และการตกแต่ง (finishing process) โดยมีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 2.5 (สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน. 2540)



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการฟอกหนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 การฟอก (tanning process)

ภายหลังจากที่ได้ทำความสะอาดผ้าหนังดิบให้มีขนาดตามต้องการแล้ว จะนำหนังไปผ่านการฟอก ซึ่งการฟอกหนังก็คือการเปลี่ยนสภาพหนังสัตว์ดิบซึ่งเน่าเปื่อยได้ ไปเป็นหนังสำเร็จซึ่งคงตัวกว่า ไม่เน่าเปื่อย มีความทนทานต่อสภาพอากาศและน้ำร้อน ทั้งนี้การรักษาสภาพหนังไม่ให้เน่าเปื่อยจะอาศัยสารเคมีบางชนิด ได้แก่ ฝาด โครเมียม หรือสารเคมีอื่น เข้าไปทำปฏิกิริยา กับคอลลาเจน(โปรตีน) ในหนัง

การฟอกหนังที่นิยมใช้มี 2 วิธี คือ การฟอกโครเมียมซึ่งอาศัยโครเมียม และการฟอกฝาดซึ่งอาศัยแทนนินหรือสารสังเคราะห์มาเป็นตัวฟอก ทั้งนี้การฟอกโครเมียมเป็นที่นิยมกว่า เนื่องจากใช้เวลาสั้น ใช้สารเคมีราคาถูก หนังที่ฟอกแล้วทนต่อความร้อนและความชื้นดีกว่า อนึ่ง การดองกรดเป็นขั้นตอนที่จำเป็นต้องมีในการฟอกทั้ง 2 วิธี สารเคมีที่ใช้ คือ เกลือแกง กรดกำมะถัน และกรดฟอร์มิก วัตถุประสงค์ของการดองกรดก็เพื่อปรับพีเอชให้เหมาะสมกับปฏิกิริยาการฟอกหนัง ระหว่างการฟอกอาจมีการเติมสารเคมีพิเศษ(สารช่วยฟอก หรือสารช่วยตรึงโครเมียม) ลงไประหว่างการดองกรดเพื่อให้หนังจับโครเมียมได้ดีขึ้นและเพื่อลดปริมาณโครเมียมในน้ำเสีย

2.3.2 ขั้นตอนการดองกรดและการฟอกโครม (pickling and chrome tanning)

การดองกรดเป็นการปรับพีเอชให้เหมาะสมต่อการฟอกโครม โดยการเติมเกลือแกง (โซเดียมคลอไรด์) หรือโซเดียมซัลเฟต และกรดซัลฟูริก เพื่อลดการพองบวมของหนัง ให้พีเอชมีค่าประมาณ 1.4 -3.0 ใช้ระยะเวลาดองกรดประมาณ 1-2 ชั่วโมง หลังจากนั้นเติมโครเมียมซัลเฟต ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับโปรตีนในหนัง โดยปกติประมาณร้อยละ 70 ของน้ำหนักโครเมียมจะค้างอยู่ในหนังโครม บางแห่งอาจเติม "สารช่วยฟอก" ในช่วงของการดองกรด (เพื่อให้หนังจับโครเมียมได้ดี และเพื่อช่วยลดโครเมียมในน้ำเสีย) การตรึงโครมให้อยู่กับหนังเพิ่มขึ้นได้ด้วยการเพิ่มพีเอชและอุณหภูมิ ในน้ำเสียที่เกิดขึ้นจึงพบกรด, เกลือ, สารแขวนลอย, บีโอดี, ซีโอดี และโครเมียม ส่วนเศษตะกอนลอย (float residues) ที่เกิดขึ้นมีโครเมียมปนอยู่และจะหลุดออกมาพร้อมน้ำทิ้งด้วย (ปริมาณโครเมียมในน้ำทิ้งมีค่าประมาณ 2,000 - 4,000 มก./ล.)

2.3.3 บุคคลที่ได้รับอันตรายจากโครเมียม

ผู้ที่ทำงานเกี่ยวกับการชุบโครเมียมและขัดเงาโลหะที่ชุบโครเมียม, สัตว์ที่มีส่วนประกอบของโครเมียม, โรงงานฟอกหนังซึ่งมีการใช้สารประกอบโครเมียม, การล้างอัดรูปซึ่งมีการใช้สารประกอบโครเมียม และประชาชนที่อยู่ใกล้โรงงานดังกล่าวจะได้รับผลกระทบเนื่องจากน้ำทิ้งจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรงงานเหล่านี้จะมีส่วนผสมของโครเมียม ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำ และถ้าประชาชนใช้น้ำจากแหล่งน้ำเหล่านั้นก็จะเป็นอันตรายต่อร่างกายได้

2.3.4 อันตรายที่เกิดจากโครเมียม

โครเมียมที่มีอยู่สถานะทั่วไปในธรรมชาติ คือ โครเมียม (+3) และโครเมียม (+6) กรณีของโครเมียม (+6) จะมีความเป็นพิษมากกว่าโครเมียม (+3) ประมาณ 100 เท่า โลหะโครเมียมบริสุทธิ์จะไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ เกลือที่ละลายน้ำของโครเมียม (+3) ทั้งออกไซด์และฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำจะไม่เป็นพิษ

1. แผลจากโครเมียมเกิดจากการสะสมของฝุ่นละอองของโครเมียม ซึ่งโดยมากจะเริ่มเป็นรอยถลอกที่ผิวหนังและจะพบมากที่สุดที่โคนเล็บตามข้อที่นิ้วมือหรือหลังเท้า มีลักษณะเป็นแผลวงกลม ขอบค่อนข้างเรียบ บวมเล็กน้อย ปกติมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตรหรือเล็กกว่าซึ่งจะมองดูคล้ายถูกเจาะด้วยตะปู ถึงแม้ว่าแผลนี้จะไม่เจ็บปวดแต่จะคันมากในเวลากลางคืน ต่อไปแผลอาจเกิดการติดเชื้อขึ้น และอาจทำให้ลุกลามไปถึงข้อต่อใกล้เคียง ซึ่งอาจทำให้ต้องตัดนิ้วที่งอกของเกลือโครเมียมหรือค้อนของกรดโครมิกอาจตกลงบนหนังตาหรือที่ปลายจมูกซึ่งอาจเกิดแผลขึ้นได้เช่นเดียวกัน

2. ผิวหนังอักเสบ บริเวณที่อาจเกิดการอักเสบ ได้แก่ มือ แขน ขา ใบหน้า และหน้าอกอาจเกิดเมื่อมีคางานมาทำงานแล้วประมาณ 6 เดือน ในรายที่รุนแรงใบหน้าจะมีสีแดงเข้ม และบวมส่วนที่อักเสบ จะคันมากและอาจเจ็บแสบด้วย

3. ผื่นคันในจมูกถูกเจาะทะลุ คนที่ทำงานเกี่ยวกับโครเมียมจะได้รับควันกรดโครมิกหรือฝุ่นละอองเป็นประจำจะทำให้ผื่นคันในจมูกถูกทำลายจนเป็นรูทะลุ ซึ่งการทะลุนี้คางานจะไม่รู้สึกเจ็บปวดแต่อย่างไร จะรู้สึกตัวก็ต่อเมื่อมีเสียงอื้อ หรือตั้งจมูกแบนลง

4. มะเร็งปอด อาจเกิดกับคางานที่สุดเอาโครเมียมเข้าสู่ร่างกายอยู่เป็นประจำ และเป็นเวลานาน ซึ่งอาจเป็นอันตรายอย่างมากแก่ชีวิต

2.4 ลักษณะดิน

จากรายงานการสำรวจดินในปี พ.ศ. 2519 ของกองสำรวจดินกรมพัฒนาที่ดิน ในระดับการสำรวจ แบบค่อนข้างหายาบ (detuarine reconnaissance) มาตราส่วน 1 : 100,000 พบว่าลักษณะดินโดยทั่วไปของจังหวัดสมุทรปราการ เกิดจากขบวนการ 3 ลักษณะคือ

1. เกิดจากการทับถมของตะกอน น้ำทะเลบนชวาททะเล (estuarine)
2. เกิดจากการทับถมของตะกอนน้ำกร่อย หรือตะกอนน้ำทะเลบนที่ราบน้ำทะเลเคยท่วมถึง
3. เกิดจากการทับถมของตะกอนน้ำกร่อยทับบนตะกอนน้ำทะเลบนที่ราบน้ำทะเลเคยท่วมถึง

โดยมีลักษณะเนื้อดินบนและดินล่างเป็นดินเหนียว หรือดินเหนียวปนทรายแห้ง ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคของดินเหนียวมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินลึกมากมีการระบายน้ำเร็วถึงสูงมาก ปฏิกริยาของดินเป็นกรดจัดมากถึงด่างปานกลาง ความอุดมสมบูรณ์ของดินปานกลางถึงสูง นอกจากนี้บางบริเวณยังพบลักษณะของดินเค็มและดินกรดอีกด้วย เนื่องจากมีน้ำทะเลท่วมถึงและพบกำมะถันหรือสารจาโรไซด์ในดินสูง โดยที่สารนี้เมื่ออยู่ในสภาพดินแห้งจะถูกออกซิไดซ์ทำให้เกิดความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ซึ่งลักษณะดินทั้ง 2 นี้จะเป็นอุปสรรคต่อการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรกรรม และการเพาะปลูก เลี้ยงสัตว์น้ำ โดยสามารถจำแนกดินตามระบบการจำแนกดินสากลหรือที่เรียกว่า "Soil Taxonomy" ได้ทั้งหมด 8 ชุดดิน คือ (เจลีเยว. 2525)

1. ดินชุดท่าจีน
2. ดินชุดบางปะกง
3. ดินชุดชะอำ
4. ดินชุดสมุทรปราการ
5. ดินชุดสมุทรสงคราม
6. ดินชุดบางกอก
7. ดินชุดบางน้ำเปรี้ยว
8. ดินชุดฉะเชิงเทรา

ทำการเลือกดินชุดสมุทรปราการ โดยชุดดินนี้อยู่บริเวณจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงงานฟอกหนัง

2.4.1 ดินชุดสมุทรปรากฏ very saline phase (Sm-x)

มีเนื้อที่ประมาณ 12,040 ไร่ พบในที่ราบลุ่มน้ำทะเลท่วมถึงสภาพพื้นที่ราบเรียบ เป็นดินลึก การระบายน้ำดีมาก ความสามารถในการรุ่มน้ำสูง ดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านไปได้ช้าตลอดทุกชั้น

ปฏิกิริยาของดินเป็นต่างแก่ ในฤดูแล้งจะพบเกลือบนผิวน้ำดิน ดินบนมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียว หรือดินเหนียวปนซิลท์ มีพื้นเป็นสีน้ำตาล ดินล่างเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนซิลท์ สีพื้นเป็นสีเทาปนเขียวมะกอก มีสีประน้ำตาลและแดงปนเหลือง สีเทาปนเขียว จะเริ่มที่ระยะความลึกต่ำกว่า 50 ซม.

ดินชุดนี้มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง แต่เนื่องจากเป็นดินเค็ม จึงไม่สามารถใช้ทำประโยชน์ได้ มีวัชพืชและต้นไม้ที่สามารถทนต่อความเค็มได้ขึ้นอยู่ทั่วไป ดินชุดนี้ควรจะมีการปรับปรุงพัฒนาสมบัติทางกายภาพของดินให้ดีขึ้นโดยใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยเทศบาล จะเป็นทางช่วยให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นได้ แต่อาจต้องใช้เวลาชาน และลงทุนสูง เนื่องจากมีความเค็มสูงมาก (บริษัทสมุทรปรากฏและบริษัทที่ปรึกษา, 2538)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ดินและพืชที่ใช้ในการทำวิจัย

3.1.1 ดินที่นำมาใช้ในการทดลอง

ดินที่นำมาใช้ในการทดลองคือ ชุดดินสมุทรปรากร โดยเก็บตัวอย่างดิน 5 แหล่ง คือ บริเวณบ้านคุณศรี บริเวณร้านส.ไม่งาม บริเวณบ้านคุณศิริ1 บริเวณบ้านคุณศิริ2 และบริเวณกรมการบินพาณิชย์ เพื่อนำมาวิเคราะห์ลักษณะของดินและหาปริมาณโครเมียมในดิน พบว่าทุกแหล่งมีปริมาณโครเมียมใกล้เคียงกัน คือ มีช่วงอยู่ระหว่าง 18-51 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่เลือกใช้ดินบริเวณกรมการบินพาณิชย์ ซอย 59 ตำบลบางปิ้ง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งเป็นสถานที่ราชการ และสะดวกในการเก็บตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ลักษณะดินที่นำมาใช้ทำวิจัย

พารามิเตอร์	ผลการวิเคราะห์
พีเอช	5.24
ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร)	3.95
ค่าความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	0.48
ปริมาณโครเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก)	51.17
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน)	4.83
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	0.20
ปริมาณโพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	6170.50
ปริมาณฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	747.60
ค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวก (มิลลิกรัมสมมูลต่อดิน 100 กรัม)	21.10
ปริมาณทราย (เปอร์เซ็นต์)	65.00
ปริมาณกรวด (เปอร์เซ็นต์)	7.50
ปริมาณดินเหนียว (เปอร์เซ็นต์)	27.50

จากลักษณะต่างๆ สามารถบอกได้ว่าดินมีลักษณะเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy silt loam) และมีปริมาณโครเมียมอยู่ 51.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 พืชที่ใช้ในการทดลอง

จากการสำรวจพื้นที่บริเวณโรงงานฟอกหนังที่นิคมอุตสาหกรรมฟอกหนังจังหวัดสมุทรปราการ พบว่าพืชที่ขึ้นในบริเวณโรงงานฟอกหนัง มีหลายชนิด โดยได้เลือกชนิดพืชที่พบมากในบริเวณนั้น และพืชที่เป็นที่สนใจ มาเป็นพืชตัวอย่างในการศึกษาทางวิจัย พืชใบเลี้ยงเดี่ยวทั้ง 3 ชนิด ได้แก่

1. หญ้าแพรง *Cynodon dactylon* (L.) Pers.
2. หญ้าแฝก *Vetiveria nemoralis* (A.) Camus
3. หญ้าข้าวนก *Echinochloa monodum* (L.) Link.

3.2 การวางแผนก่อนการทดลอง

1. ทำการเพาะชำต้นพืชทั้ง 3 ชนิด โดยนำดินที่ใช้ปลูกพืชโดยทั่วไปมาใส่ในถุงเพาะชำ สีด้า จากนั้นนำดินอ่อนมาทำการเพาะชำในถุงเพาะชำ ทั้งไว้ประมาณ 2 สัปดาห์ เพื่อให้ต้นพืชปรับตัว และแข็งแรง และคอยรดน้ำสม่ำเสมอ

2. เมื่อต้นอ่อนพืชแข็งแรงดีแล้ว ทำการทดลองปลูกหญ้าแพรง หญ้าแฝก และหญ้าข้าวนกใน ดินที่ใช้ปลูกพืชทั่วไป โดยค่อยๆ เติสารละลายโพแทสเซียมโครเมต ที่ความเข้มข้น 10, 100, 200, 300, 400, 500, 700 และ 900 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก ลงในดิน ทำการดูแลรดน้ำ 2 สัปดาห์

จากการศึกษาเบื้องต้นในข้อ 3.2.1.2 พบว่าระดับความเข้มข้นของโครเมียมที่ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก พืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ดังนั้น จึงทำการศึกษางานวิจัยที่ระดับ ความเข้มข้นโครเมียม 100, 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก

3.3 การดำเนินการทดลอง

3.3.1 การเตรียมดินและพืช

1. นำกระถางพลาสติกสีดำพร้อมจานรอง ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 นิ้ว บรรจุดินลงใน กระถางๆ ละ 5 กิโลกรัม

2. คัดเลือกต้นอ่อนของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (หญ้าแพรง หญ้าแฝก และหญ้าข้าวนก) ที่ได้ทำการ เพาะชำไว้ประมาณ 15 วัน และมีขนาดความสูงของแต่ละต้นเท่าๆ กัน ปลูกลงในกระถาง จำนวน 1 ต้น ต่อ 1 กระถาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การเตรียมชุดการทดลอง

ในการปลูกพืชใบเลี้ยงเดี่ยวสามารถแบ่งการทดลองออกได้เป็น 3 ชุดการทดลอง ดังนี้

1. ชุดการทดลอง ก. ทำการปลูกหญ้าแพรกที่ได้ทำการเพาะไว้แล้วลงในดินที่เตรียมไว้ในกระถางพลาสติกสีดำพร้อมจานรอง ทั้งไว้เป็นเวลา 2-3 อาทิตย์ เพื่อให้หญ้าปรับตัวทนต่อดินชุดสมุทรปราการ และสภาพแวดล้อมได้ ก่อนทำการใส่สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตลงไป นำกระถางที่ปลูกพืชไว้แล้วมาใส่ถุงพลาสติก ขนาด 20x30 นิ้ว จากนั้นค่อย ๆ ใส่สารละลายโครเมียมที่มีความเข้มข้น 100, 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก ที่มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร ลงในกระถาง ทำการเก็บผลการทดลองทุก 30, 60 และ 90 วัน ในแต่ละความเข้มข้น ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ชุดการทดลอง ก.

2. ชุดการทดลอง ข. ทำการปลูกหญ้าแฝก ที่ได้เพาะไว้แล้ว ลงในดินที่เตรียมไว้ในกระถาง และทำการใส่สารละลายโครเมียม และทำเช่นเดียวกับชุดการทดลอง ก. ทุกประการ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ชุดการทดลอง ข.

3. ชุดการทดลอง ค. ทำการปลูกหญ้าข้าวนกที่ได้เพาะไว้แล้ว ลงในดินที่เตรียมไว้ในกระถาง และทำการใส่สารละลายโครเมียม และทำเช่นเดียวกับชุดการทดลอง ก. ทุกประการ ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ชุดการทดลอง ค.

ทำชุดควบคุมโดยทำการปลูกพืชทั้ง 3 ชนิดที่เพาะไว้แล้วลงในดินที่เตรียมไว้เช่นเดียวกับชุดการทดลอง ก, ข และ ค แต่ไม่มีการใส่สารละลายโครเมียม และในการทดลองครั้งนี้ได้มีการทำซ้ำในแต่ละชุดการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ สามารถแสดงได้ในตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 การวางแผนการทดลองชุดการทดลอง ความเข้มข้นของสารละลายโครเมียม และ จำนวนกระถางที่ใช้ในการทดลอง (ดังภาคผนวก ก.)

ชุดการทดลอง	ความเข้มข้นของสารละลายโครเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก)	จำนวนกระถางที่ใช้ในการทดลอง (กระถาง)			จำนวนกระถางทั้งหมด (กระถาง)
		30วัน	60วัน	90วัน	
ก. หญ้าแพรก	0	3	3	3	36
	100	3	3	3	
	200	3	3	3	
	400	3	3	3	
ข. หญ้าแฝก	0	3	3	3	36
	100	3	3	3	
	200	3	3	3	
	400	3	3	3	
ค. หญ้าชันนก	0	3	3	3	36
	100	3	3	3	
	200	3	3	3	
	400	3	3	3	

หลังจากปลูกพืชใบเลี้ยงเดี่ยวแล้ว นำชุดการทดลองทั้งหมดไปตั้งไว้ในบริเวณที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอ คอยดูแลรดน้ำและพรวนดิน พร้อมใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 เดือนละครั้งในปริมาณที่เท่ากันทุกกระถาง และทำการเก็บตัวอย่างพืช, ดิน และน้ำในถุง และจากรองกระถาง มาวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม ทุก 30, 60 และ 90 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การเก็บตัวอย่างพืช ดิน และน้ำ

การเก็บตัวอย่างแต่ละกระถาง แบ่งเป็นขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดังนี้

1. พืช

เก็บตัวอย่างพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ในแต่ละชุดการทดลอง มาล้างทำความสะอาด ให้สะอาด แล้วนำมาทิ้งไว้ให้แห้ง (air dry) เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง จากนั้นนำมาอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันไม่ให้โครเมียมและธาตุอาหารอื่นๆ สลายตัวเนื่องจากความร้อนสูง อบเป็นเวลา 2-3 วัน แล้วทำการบดให้ละเอียด

2. ดิน

เก็บตัวอย่างดินในแต่ละชุดการทดลองมาทิ้งไว้ให้แห้ง (air dry) เป็นเวลา 2-3 วัน ทำการเก็บตัวอย่างดินให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของกระถางประมาณ 1 กิโลกรัมต่อ 1 กระถาง แล้วนำตัวอย่างดินไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 วัน จากนั้นนำดินมาบดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร

3. น้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละชุดการทดลอง ซึ่งน้ำอยู่ในจานรอง และถุงพลาสติกมาวัดปริมาตรและเก็บตัวอย่างน้ำ นำมาใส่ขวดพลาสติก 250 มิลลิลิตร จากนั้นใส่กรดไนตริกเข้มข้น 65% จำนวน 3 มิลลิลิตร เก็บไว้ในที่เย็น

นำตัวอย่างพืช ดิน และน้ำ ที่เก็บแล้วในแต่ละชุดการทดลองมาวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียมและความชื้น โดยตัวอย่างพืช ดิน และน้ำ ทำการย่อยสลายตามวิธีของ EPA method 3052 ตามวิธีในภาคผนวก ข. จากนั้นจึงนำสารละลายมาหาปริมาณโครเมียมด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ รายงานผลปริมาณโครเมียมทั้งหมดในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักดินแห้งดังวิธีในภาคผนวก ค.

3.4 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.4.1 อุปกรณ์

1. กระถางพลาสติกสีดำพร้อมจานรอง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 นิ้ว จำนวน 108 ใบ
2. ชุดย่อยสลาย (High Performance microwave digestion unit) ของบริษัท Milestone microwave laboratory systems รุ่น MPR-300/12s
3. เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrophotometer) ของบริษัท Perkin Elmer รุ่น AAnalyst800
4. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 41
5. ถังพลาสติกใส ขนาด 20x36 นิ้ว
6. ตะแกรงร่อน ขนาด 2 มิลลิเมตร

3.4.2 สารเคมี

1. สารโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) เกรดวิเคราะห์ (AR grade)
2. กรดไนตริกเข้มข้น 65% (HNO_3) เกรดวิเคราะห์ (AR grade)
3. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 37% (HCl) เกรดวิเคราะห์ (AR grade)
4. สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30% (H_2O_2) เกรดวิเคราะห์ (AR grade)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ลักษณะการเจริญเติบโตของ หญ้าแพรก หญ้าแฝก และหญ้าข้าวนก

4.1.1 ลักษณะอาการของพืช

จากการศึกษาการสะสมปริมาณโครเมียมในดิน โดยใช้พืชใบเลี้ยงเดี่ยวได้แก่ หญ้าแพรก หญ้าแฝก และหญ้าข้าวนก สามารถบอกแนวโน้ม ของโครเมียมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ว่า ชุดควบคุม(ต้นที่ไม่ได้ใส่สารละลายโครเมียม) สามารถเจริญเติบโตได้ดี เมื่อทำการใส่สารละลายโครเมียมลงไปที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก พบว่าหญ้าแพรก หญ้าแฝก และหญ้าข้าวนก มีการเจริญเติบโตลดลงเล็กน้อย พืชมีอาการใบเหลืองและแห้ง และเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียมเป็น 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก พบว่าการเจริญเติบโตของพืช ลดลงมากกว่าที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก พืชมีอาการใบเหลืองและแห้งเพิ่มขึ้น และที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก การเจริญเติบโตของพืชลดลงมากที่สุด จนถึงตายเกือบทั้งหมดดังตารางที่ 4.1 ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่าที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียมสูงๆ จะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช

ตารางที่ 4.1. แสดงลักษณะอาการของหญ้าแพรก, หญ้าแฝก และหญ้าข้าวนก

ชุดการทดลอง	ความเข้มข้นสาร ละลายโครเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดินเปียก)	ลักษณะอาการ
ก. หญ้าแพรก	0	ต้นเขียวสด
	100	ต้นเขียวสด บางต้นเหลืองแห้ง
	200	ต้นเหลืองปนเขียว
	400	ต้นเหลืองแห้ง บางต้นเขียวปนเหลือง
ข. หญ้าแฝก	0	ต้นเขียวสด
	100	ต้นเขียวสด บางต้นเหลืองปนเขียว
	200	ต้นเขียวปนเหลือง
	400	ตายเกือบทั้งหมด ต้นที่เหลือเหลืองแห้ง
ค. หญ้าข้าวนก	0	ต้นเขียวสด
	100	ต้นเหลืองเล็กน้อย
	200	ต้นเหลืองแห้ง
	400	ตายทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ลักษณะความสูงของพีช

4.1.2.1 หญ้าแพรก

จากผลการศึกษา พบว่า ที่ 30 วัน ถึง 90 วัน ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียกหญ้าแพรกมีการเจริญเติบโตมากขึ้น โดยมีความสูงเฉลี่ย ที่ 30, 60 และ 90 วัน เท่ากับ 39.3, 43.3 และ 45.0 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียมที่ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก พบว่า หญ้าแพรกมีการเจริญเติบโตลดลง โดยมีความสูงเฉลี่ยที่ 30 และ 60 วัน เท่ากับ 37.9 และ 33.2 เซนติเมตร แต่ที่ 90 วันหญ้าแพรกมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น โดยมีความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้น เท่ากับ 51.7 เซนติเมตร และที่ 30 วัน ถึง 60 วัน ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก หญ้าแพรกมีการเจริญเติบโตลดลง โดยมีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 28.4 และ 26.2 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่ที่ 90 วันหญ้าแพรกมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น โดยมีความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้น เท่ากับ 33.5 เซนติเมตร ดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1



ตารางที่ 4.2 ความสูงเฉลี่ยของหญ้าแพรก

ชุดการทดลอง	ความเข้มข้นสารละลายโครเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก)	ความสูงของพืช (เซนติเมตร)						
		0	15	30	45	60	75	90
ก. หญ้า แพรก	0	55.7	75.7	41.7	33.5	21.0	22.0	25.0
	100	60.6	76.6	39.3	40.5	43.3	44.0	45.0
	200	58.1	47.2	37.9	29.8	33.2	47.7	51.7
	400	66.8	36.9	28.4	23.8	26.2	30.0	33.5



รูปที่ 4.1 ความสูงเฉลี่ยของหญ้าแพรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.2 หน้ําแฝก

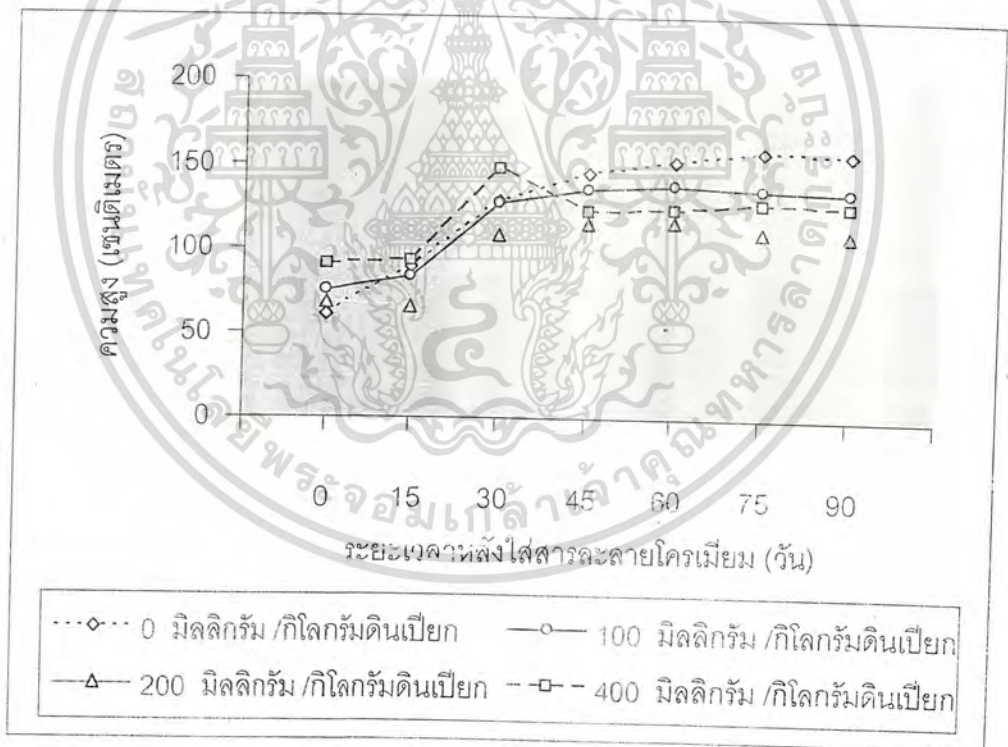
จากผลการศึกษาพบว่า ที่ 30 , 60 และ 90 วัน ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก หน้ําแฝกมีความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้น โดยมีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 127.2, 137.8 และ 134.3, เซนติเมตร ตามลำดับ และที่ 30 , 60 และ 90 วัน ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก หน้ําแฝกมีความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้น โดยมีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 108.2, 116.8 และ 109.0 เซนติเมตร ตามลำดับ กล่าวได้ว่า ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก มีผลต่อการเจริญในด้านความสูงของหน้ําแฝก แต่ที่ 30 วัน ถึง 60 วัน ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก หน้ําแฝกมีความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้น โดยมีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 148.0, 124.0 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่ที่ 90 วัน หน้ําแฝกมีความสูงเฉลี่ยลดลง เท่ากับ 126.0 เซนติเมตร ดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ความสูงของหญ้าแฝก

ชุดการทดลอง	ความเข้มข้นสารละลายโครเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก)	ความสูงของพืช (เซนติเมตร)						
		0	15	30	45	60	75	90
ข. หญ้าแฝก	0	60.8	89.3	128.4	145.8	152.2	158.3	157.3
	100	74.4	83.8	127.2	136.2	137.8	135.7	134.3
	200	68.2	65.2	108.2	115.3	116.8	110.5	109.0
	400	90.0	93.0	148.0	123.0	124.0	127.0	126.0



รูปที่ 4.2 ความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.3 หญ้าข้าววนก

จากผลการศึกษาพบว่า ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก หญ้าข้าววนกมีการเจริญเติบโตมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากระดับของสารละลายโครเมียมไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตในด้านความสูง โดยมีความสูงเฉลี่ย ที่ 30, 60 และ 90 วัน เท่ากับ 67.9 , 78.5 และ 81.7 เซนติเมตร ตามลำดับ ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก หญ้าข้าววนกมีการเจริญเติบโตมากขึ้น โดยมีความสูงเฉลี่ย ที่ 30, 60 และ 90 วัน เท่ากับ 67.9, 78.5 และ 81.7 เซนติเมตร ตามลำดับ และที่ 30 วัน ถึง 60 วัน ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก พบว่า หญ้าข้าววนก มีความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยมีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 51.0 และ 96.0 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่ที่ 90 วัน หญ้าข้าววนก มีความสูงเฉลี่ยลดลง เท่ากับ 94.0 เซนติเมตร ดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.3

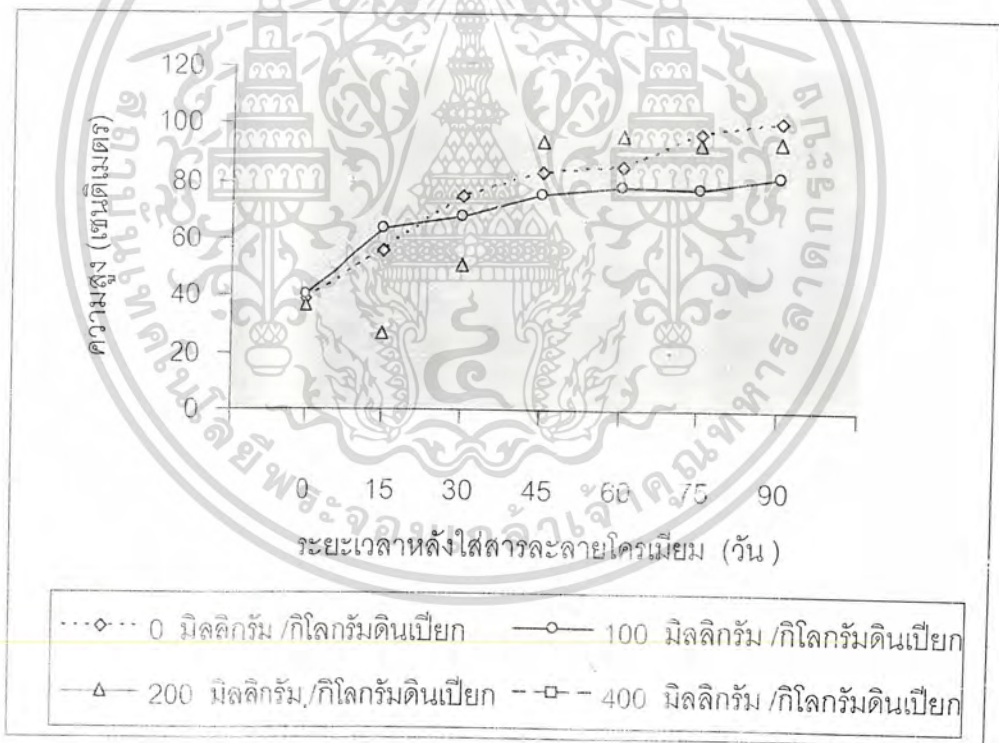


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ความสูงหญ้าข้าวนก

ชุดการทดลอง	ความเข้มข้นสารละลายโครเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก)	ความสูงของพืช (เซนติเมตร)						
		0	15	30	45	60	75	90
ค. หญ้า ข้าวนก	0	38.9	56.1	74.6	83.5	85.3	97.0	101.0
	100	40.3	63.6	67.9	75.8	78.5	78.0	81.7
	200	36.5	27.0	51.0	94.0	96.0	93.0	94.0
	400	*	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ * - คือต้นพืชตาย



รูปที่ 4.3 ความสูงเฉลี่ยของหญ้าข้าวนก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 อัตราการรอด

อัตราการเจริญเติบโตของพืชศึกษาทั้ง 3 ชนิด ได้ทำการวิเคราะห์ และตรวจหาเปอร์เซ็นต์การรอดตายของพืชศึกษา ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6 พบว่า หญ้าแพรกมีอัตราการรอดตายสูงที่สุด จากจำนวนต้นทั้งหมดของหญ้าแพรกในทุกระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม และ พบว่า หญ้าแพรกมีจำนวนต้นตายเพียง 1 ต้น เท่านั้น ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก ในระยะเวลา 90 วัน แสดงให้เห็นแนวโน้มว่าหญ้าแพรกมีความทนทานสูงสุด

สำหรับหญ้าแฝกมีแนวโน้มของอัตราการรอดตายน้อยกว่าหญ้าแพรก จากจำนวนต้นทั้งหมด หญ้าแฝกมีจำนวนต้นที่ตายถึง 8 ต้น จากทุกระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม โดยพบว่าที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก มีอัตราการรอดตายเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทั้งหมด และเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียมสูงขึ้นไปเป็น 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก ทำให้อัตราการรอดตายลดลงเหลือ 66.67 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียมสูงสุดที่ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก หญ้าแฝกมีอัตราการรอดตายน้อยที่สุดคือ 11.11 เปอร์เซ็นต์

หญ้าข้าวนกมีอัตราการรอดตายต่ำที่สุด จากจำนวนต้นทั้งหมดซึ่งในการศึกษาพบว่า มีจำนวนต้นตายถึง 17 ต้นจากทุกระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม โดยที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก พบว่ามีจำนวนต้นที่ตายน้อยที่สุด โดยมีอัตราการรอดตาย คือ 88.89 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็นที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก หญ้าข้าวนกมีจำนวนต้นตายเพิ่มขึ้น โดยมีอัตราการรอดตาย คือ 22.00 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก หญ้าข้าวนกมีอัตราการรอดตายเป็น 0 เปอร์เซ็นต์

ซึ่งจากการศึกษาอัตราการรอดตายของพืชศึกษาทั้ง 3 ชนิด พบว่าหญ้าแพรกมีความทนทาน และมีเปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงที่สุด รองลงมาคือแฝก สำหรับหญ้าข้าวนกมีอัตราการรอดตายต่ำสุด

ตารางที่ 4.5 อัตราการรอดตายของหญ้าแพรก , หญ้าแฝก และหญ้าข้าวนก

ชุดการทดลอง	ความเข้มข้น สารละลายโครเมียม (มีลิกรัมต่อกิโลกรัม ดินเปียก)	ระยะเวลาในการทดลอง					
		(วัน)					
		30		60		90	
		รอด	ตาย	รอด	ตาย	รอด	ตาย
หญ้าแพรก	0	3	0	3	0	3	0
	100	3	0	3	0	3	0
	200	3	0	3	0	3	0
	400	3	0	3	0	2	1
หญ้าแฝก	0	3	0	3	0	3	0
	100	3	0	3	0	3	0
	200	2	1	2	1	2	1
	400	0	3	0	3	1	2
หญ้าข้าวนก	0	3	0	3	0	3	0
	100	2	1	3	0	3	0
	200	1	2	0	3	1	2
	400	0	3	0	3	0	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์อัตราการรอดตายของหญ้าแพรก , หญ้าแฝก และหญ้าข้าวนก

ชุดการทดลอง	ความเข้มข้นสารละลายโครเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก)	เปอร์เซ็นต์อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)*
ก. หญ้าแพรก	0	100
	100	100
	200	100
	400	88.89
ข. หญ้าแฝก	0	100
	100	100
	200	66.67
	400	11.11
ค. หญ้าข้าวนก	0	100
	100	88.89
	200	22.22
	400	0

หมายเหตุ * วิธีการคำนวณหาอัตราการรอดตายอยู่ในภาคผนวก ง.

4.3 น้ำหนักแห้งของ หญ้าแพรก หญ้าแฝก และหญ้าข้าวนก

4.3.1 หญ้าแพรก

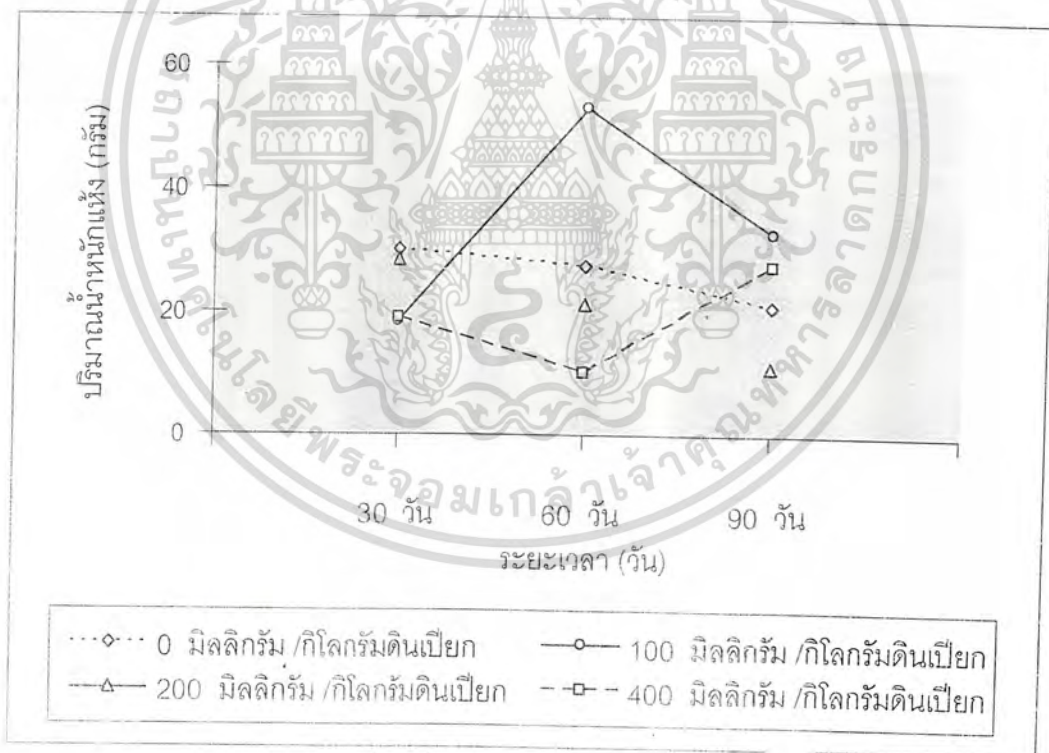
ผลการศึกษาด้านน้ำหนักแห้งของพืช ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก พบว่า หญ้าแพรกที่ 30 วัน มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย เท่ากับ 18.49 กรัม ที่ 60 วัน เท่ากับ 53.26 กรัม แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเพิ่มขึ้น แต่ที่ 90 วัน หญ้าแพรกมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยลดลงเท่ากับ 32.88 กรัม อาจเนื่องมาจากระดับของโครเมียมที่สะสมในดินที่เวลานานขึ้นจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชจึงทำให้พืชมีอัตราการเจริญเติบโตน้อยลง ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก พบว่า หญ้าแพรกที่ 30, 60 และ 90 วัน มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย เท่ากับ 28.51, 21.32 และ 11.09 กรัม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า น้ำหนักเฉลี่ยลดลง เนื่องมาจากระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียมทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง และที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก พบว่า หญ้าแพรกที่ 30 วัน มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย เท่ากับ 19.16 กรัม ที่ 60 วัน เท่ากับ 10.27 กรัม แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเพิ่มขึ้น แต่ที่ 90 วัน หญ้าแพรกมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยลดลง เท่ากับ 27.52 กรัม แสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เห็นว่า เมื่อเวลาผ่านไป ที่ 90 วันหญ้าแพรกสามารถปรับตัวได้ทำให้การเจริญเติบโตของหญ้าแพรกเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.7 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้าแพรก

ชุดการทดลอง	ความเข้มข้นของสารละลายโครเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก)	ปริมาณน้ำหนักแห้ง (กรัม)		
		ที่ 30 วัน	ที่ 60 วัน	ที่ 90 วัน
ก. หญ้าแพรก	0	30.14	27.70	20.97
	100	18.49	53.26	32.88
	200	28.51	21.32	11.09
	400	19.16	10.27	27.52



รูปที่ 4.4 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้าแพรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 หญ้าแฝก

ผลการศึกษาด้านน้ำหนักแห้งของพืช ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 100 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัมดินเปียก พบว่า หญ้าแฝกที่ 30, 60 และ 90 วัน มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย เท่ากับ 26.72, 59.75 และ 99.45 กรัม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า น้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่า โครเมียมไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก ทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก พบว่า หญ้าแฝกที่ 30 วัน มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย เท่ากับ 25.96 กรัม ที่ 60 วัน เท่ากับ 57.00 กรัม แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเพิ่มขึ้น แต่ที่ 90 วัน หญ้าแฝกมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยลดลง เท่ากับ 52.55 กรัม แสดงให้เห็นว่า โครเมียมสะสมในดินที่เวลานานขึ้นมีผลทำให้การเจริญเติบโตลดลง และความเข้มข้นของโครเมียม 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก พบว่า หญ้าแฝกไม่สามารถเจริญเติบโตได้ซึ่งมีผลมาจากปริมาณโครเมียมที่สูง ซึ่งโดยเฉลี่ยอาจมีบางต้นเท่านั้นที่สามารถทนต่อโครเมียมที่มีปริมาณสูงได้ทำให้สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ ดังตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.5



ตารางที่ 4.8 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้าแฝก

ชุดการทดลอง	ความเข้มข้นของสารละลายโครเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก)	ปริมาณน้ำหนักแห้ง (กรัม)		
		ที่ 30 วัน	ที่ 60 วัน	ที่ 90 วัน
ข. หญ้าแฝก	0	58.59	70.42	104.38
	100	26.72	59.75	99.45
	200	25.96	57.00	52.53
	400	-*	-	58.40

หมายเหตุ * - คือดินพืชตาย



รูปที่ 4.5 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้าแฝก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 หญ้าข้าวฉง

ผลการศึกษาด้านน้ำหนักแห้งของพืช ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน เปียก พบว่า หญ้าข้าวฉง ที่ 30 วัน มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย เท่ากับ 26.94 กรัม ที่ 60 วัน เท่ากับ 29.05 กรัม แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเพิ่มขึ้น แต่ที่ 90 วัน หญ้าข้าวฉงมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยลดลง เท่ากับ 9.89 กรัม แสดงให้เห็นว่า ไครเมียมที่สะสมในดินเป็นเวลานานจะส่งผลต่อการเจริญเติบโต ของพืชลดลง ระดับความเข้มข้นสารละลายไครเมียม 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก ยัง พบว่า หญ้าข้าวฉงที่ 30 วัน มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย เท่ากับ 23.69 กรัม ที่ 90 วัน มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย ลดลง เท่ากับ 21.27 กรัม แสดงว่า ไครเมียมมีผลการเจริญเติบโตลดลง และที่ระดับความเข้มข้น สารละลายไครเมียม 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก พบว่า หญ้าข้าวฉงไม่สามารถเจริญเติบโต ได้ ซึ่งเป็นผลมาจากหญ้าข้าวฉงได้รับไครเมียมที่ระดับความเข้มข้นสูงทำให้ไม่สามารถทนได้ ดัง ตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้าข้าวนก

ชุดการทดลอง	ความเข้มข้นของสารละลายโครเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก)	ปริมาณน้ำหนักแห้ง (กรัม)		
		ที่ 30 วัน	ที่ 60 วัน	ที่ 90 วัน
ค. หญ้าข้าวนก	0	15.07	22.62	19.79
	100	26.94	29.05	9.89
	200	23.69	-*	21.27
	400	-	-	-

หมายเหตุ * - คือต้นพืชตาย



รูปที่ 4.6 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้าข้าวนก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การสะสมโครเมียมในพืช

4.4.1 หญ้าแพรก

ปริมาณการสะสมโครเมียมในต้นหญ้าแพรก ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียมที่ 100 มิลลิกรัมต่อลิตรดินเปียก พบว่า หญ้าแพรกที่ 30 และ 60 วัน มีการสะสมโครเมียมเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.25 และ 1.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ที่ 90 วัน หญ้าแพรกมีการสะสมโครเมียมลดลงเป็น 0.50 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจาก หญ้าแพรกมีการทิ้งใบทำให้มวลชีวภาพในส่วนบนดินลดลง ทำให้ปริมาณการสะสมโครเมียมลดลง หรือกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า การเจริญเติบโตของพืชจึงลดลง ทำให้การสะสมโครเมียมลดลงด้วย

ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 200 มิลลิกรัมต่อลิตรดินเปียก การสะสมโครเมียมที่ 30 วัน และที่ระยะเวลา 60 วันมีการสะสมลดลงจาก 1.07 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.14 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจาก ช่วงแรกของหญ้าแพรกไม่สามารถทนต่อโครเมียมที่ระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้นได้ ทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง ทำให้ปริมาณการสะสมโครเมียมของหญ้าแพรกลดลงด้วย แต่ที่ 90 วัน ปริมาณการสะสมโครเมียมของหญ้าแพรกเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.17 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ทราบว่าหญ้าแพรกมีแนวโน้มที่จะปรับตัวให้ทนต่อโครเมียมได้มากขึ้นและสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้

และระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 400 มิลลิกรัมต่อลิตรดินเปียก การสะสมโครเมียมของหญ้าแพรก ที่ 30 วัน ลดลงจาก 0.76 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.56 เปอร์เซ็นต์ ที่ 60 วัน ทั้งนี้เนื่องจาก ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียมสูงจะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช และที่ 90 วัน หญ้าแพรกมีการสะสมโครเมียมสูงชันมาก เท่ากับ 2.55 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจาก หญ้าแพรกมีการปรับตัวให้ทนต่อโครเมียมได้ดีและสามารถเจริญเติบโตได้ดี แสดงดังตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.10 การสะสมโครเมียมในต้นหญ้าแพรก

ชุดการทดลอง	ความเข้มข้นของสารละลายโครเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก)	ปริมาณโครเมียมในพืช (เปอร์เซ็นต์)		
		ที่ 30 วัน	ที่ 60 วัน	ที่ 90 วัน
ก. หญ้าแพรก	100	0.25	1.04	0.50
	200	1.07	0.14	0.17
	400	0.76	0.55	2.55



รูปที่ 4.7 การสะสมโครเมียมในต้นหญ้าแพรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 หล้าแฝก

หล้าแฝกมีการสะสมโครเมียม ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก พบว่า การสะสมโครเมียมของหล้าแฝก มีปริมาณสูงขึ้นจาก 0 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.37 เปอร์เซ็นต์ ที่ 30 วัน และที่ 60 วัน ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียมที่ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก พืชสามารถทนต่อระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียมได้และสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ แต่ที่ 90 วัน หล้าแฝกมีปริมาณการสะสมลดลงเป็น 0.35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลดลงเล็กน้อย เนื่องมาจากจากหล้าแฝกบางต้นทนต่อโครเมียมได้ ดังนั้นผลของการเจริญเติบโตส่วนใหญ่จึงลดลง

ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก พบว่า การสะสมของโครเมียมในต้นหล้าแฝก ที่ 30 วัน และที่ 60 วัน มีปริมาณสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยจาก 0.02 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.09 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากความเข้มข้นของโครเมียมทำให้พืชมีการสะสมโครเมียมต่ำกว่าที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก ค่อนข้างอยู่ในระดับสูง ซึ่งอาจจะมีผลต่อการนำไปใช้ของพืช แต่ที่ 90 วัน หล้าแฝกมีการปรับตัวให้อยู่กับสภาพแวดล้อมในปัจจุบันได้

และระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก หล้าแฝกรอดเพียง 1 ต้น จากจำนวนหล้าแฝกทั้งหมด โดยมีการสะสม 0.09 เปอร์เซ็นต์ ที่ 90 วัน จะเห็นได้ว่าที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก หล้าแฝกมีการสะสมโครเมียมสูงสุด และการสะสมโครเมียมลดลง ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.8

ตารางที่ 4.11 การสะสมโครเมียมในต้นหญ้าแฝก

ชุดการทดลอง	ความเข้มข้นของสารละลายโครเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก)	ปริมาณโครเมียมในพืช (เปอร์เซ็นต์)		
		ที่ 30 วัน	ที่ 60 วัน	ที่ 90 วัน
ข. หญ้าแฝก	100	0.00	0.37	0.35
	200	0.02	0.09	0.16
	400	-*	-	0.09

หมายเหตุ * - คือต้นพืชตาย



รูปที่ 4.8 การสะสมโครเมียมในต้นหญ้าแฝก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 หญ้าข้าววนก

การสะสมโครเมียมของหญ้าข้าววนก ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก พบว่า การสะสมโครเมียมในต้นหญ้าข้าววนกมีปริมาณลดลง จาก 0.13 เป็น 0.03 เปอร์เซ็นต์ ที่ 30 วัน และ 60วัน และลดลงอีกเป็น 0 เปอร์เซ็นต์ ที่ 90 วัน ทำให้ทราบว่าหญ้าข้าววนก มีแนวโน้มในการสะสมโครเมียมลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น

ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก พบว่า หญ้าข้าววนก 9 ต้นรอดเพียง 2 ต้นจากจำนวนต้นทั้งหมด โดยมีแนวโน้มการสะสมโครเมียมลดลงจาก 0.15 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.11 เปอร์เซ็นต์ ที่ 30 วัน และที่ 90 วัน

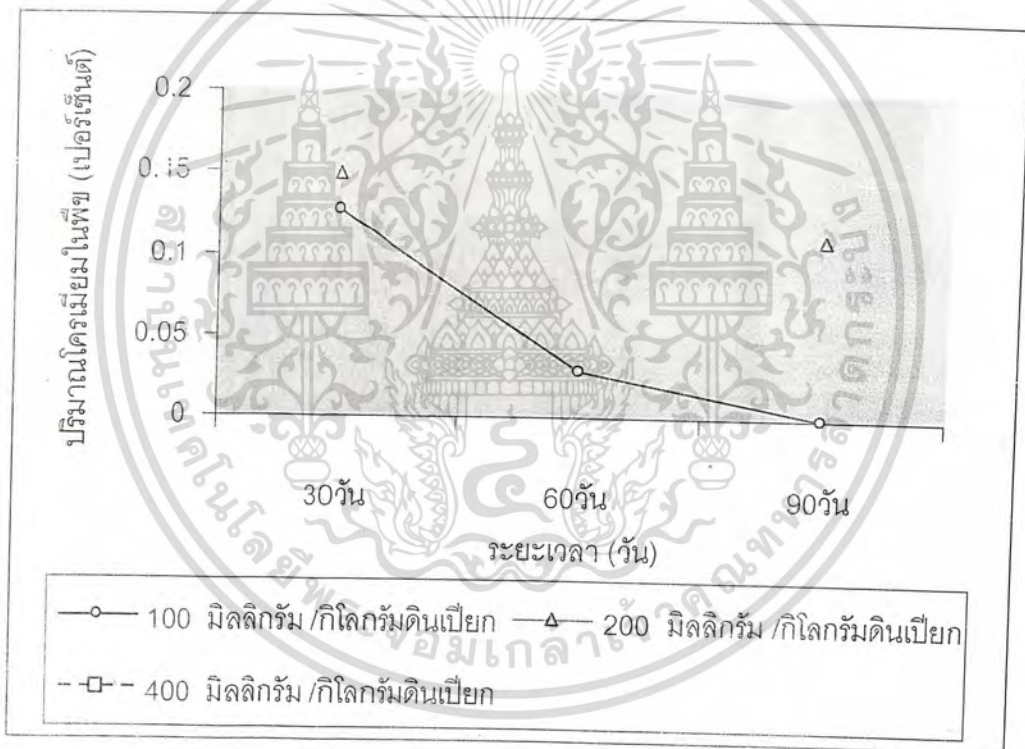
และระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก พบว่า หญ้าข้าววนกตายทั้งหมดเนื่องจากไม่สามารถทนต่อระดับความเข้มข้นที่สูงๆ ได้ แสดงดังตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.9



ตารางที่ 4.12 การสะสมโครเมียมในดินหญ้าข้าวนก

ชุดการทดลอง	ความเข้มข้นของสารละลายโครเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก)	ปริมาณโครเมียมในพืช (เปอร์เซ็นต์)		
		ที่ 30 วัน	ที่ 60 วัน	ที่ 90 วัน
ค. หญ้าข้าวนก	100	0.13	0.09	0.00
	200	0.15	- *	0.11
	400	-	-	-

หมายเหตุ * - คือต้นพืชตาย



รูปที่ 4.9 ปริมาณโครเมียมในดินหญ้าข้าวนก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การสะสมโครเมียมในดิน น้ำ และพืช

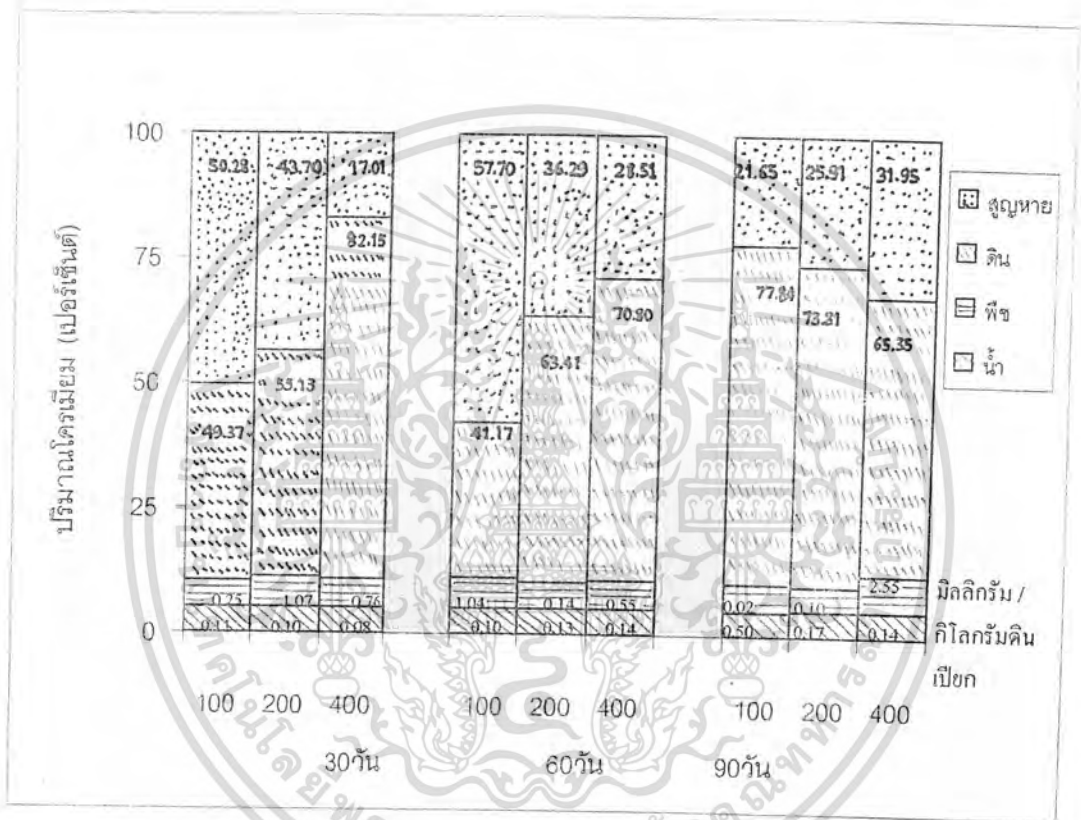
ปริมาณการสะสมโครเมียมของหญ้าแพรกที่ 30 , 60 และ 90 วัน พบว่า จะมีการสะสมโครเมียมในดินสูงกว่าในน้ำและในพืช ซึ่งปริมาณโครเมียมจะต่างกันไปตามระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม คือ ที่ 100 , 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก และเปอร์เซ็นต์ปริมาณโครเมียมที่สะสมอยู่ในพืช ดิน และน้ำ เมื่อนำมารวมกันจะไม่ได้ครบ 100 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้พบว่า มีปริมาณโครเมียมที่สูญหายไปและไม่ได้สะสมอยู่ใน 3 ส่วน คือ พืช ดิน และน้ำอยู่ ประมาณ 2 - 69 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการสูดตัวอย่างพืช และดินมาวิเคราะห์ ซึ่งการวิเคราะห์จะทำการเก็บตัวอย่างมา 0.5 กรัมจากดินทั้งหมด 5 กิโลกรัม และ 0.5 กรัม จากพืชประมาณ 8 - 120 กรัม มาวิเคราะห์นั้น ซึ่งเป็นการสูดตัวอย่างในปริมาณที่น้อยมากจากปริมาณทั้งหมด และนอกจากนั้นปริมาณโครเมียมที่หายไปอาจเกิดจาก โครเมียมถูกดูดซับโดยผิววัสดุภาชนะ อันได้แก่ กระจก จานรองกระจก และตุ้กรอง ซึ่งเป็นวัสดุพลาสติกทั้งหมดทำให้สามารถดูดซับโครเมียมไว้ที่พื้นผิวได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.1 หญ้าแพรก

ปริมาณโครเมียมที่สะสมในต้นหญ้าแพรก ในดิน และในน้ำ ที่ระยะเวลา 30 , 60 และ 90 วัน พบว่า ต้นหญ้าแพรกมีปริมาณโครเมียมสะสมมากที่สุดที่ความเข้มข้นโครเมียมที่ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก โดยสะสมใน พืชเท่ากับ 0.76, 0.55 และ 2.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ น้ำเท่ากับ 0.08, 0.14 และ 0.15 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และดินเท่ากับ 82.15, 70.80 และ 65.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.10

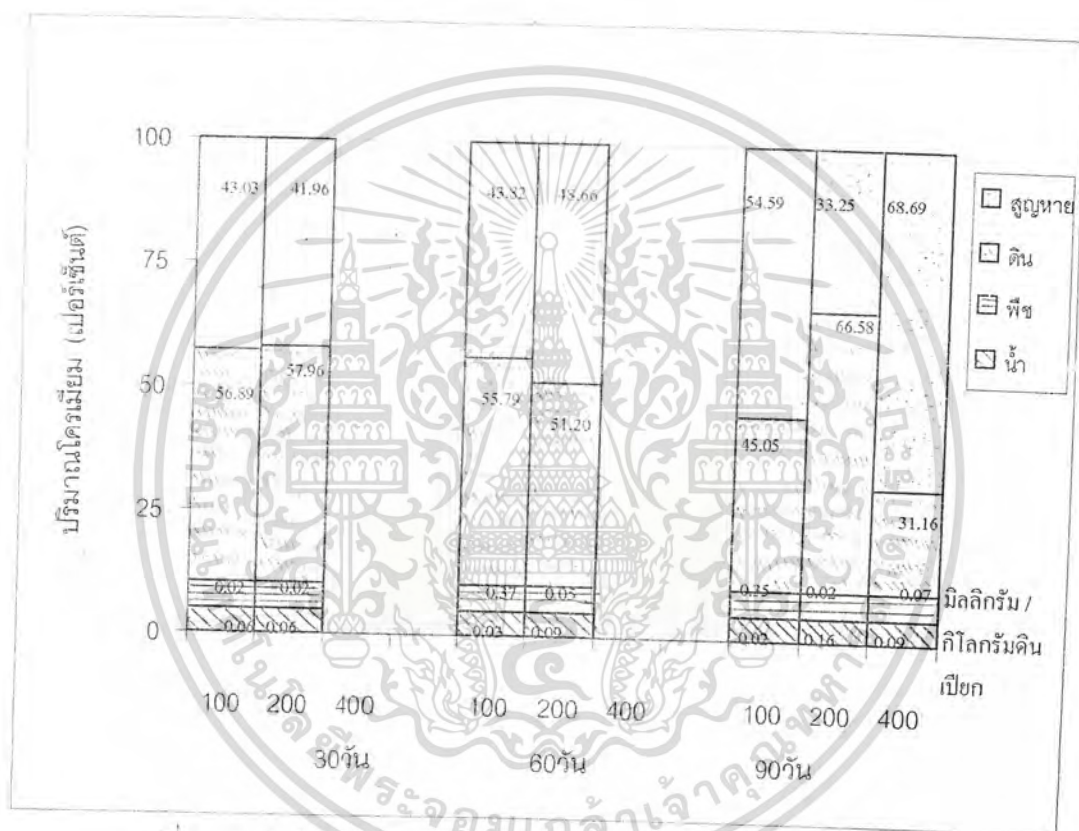


รูปที่ 4.10 เปอร์เซ็นต์การสะสมโครเมียมในดิน พืช และน้ำ ของหญ้าแพรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 หญ้าแฝก

ปริมาณความเข้มข้นของโครเมียมที่สะสมในต้นหญ้าแฝก ดิน และน้ำ ที่ระยะเวลา 30, 60 และ 90 วัน พบว่า ต้นหญ้าแฝกมีปริมาณโครเมียมสะสมมากที่สุดที่ความเข้มข้นโครเมียมที่ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก โดยสะสมในพืช เท่ากับ 0.02 , 0.37 และ 0.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในน้ำเท่ากับ 0.06 , 0.03 และ 0.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในดินเท่ากับ 56.89, 55.79 และ 45.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.11

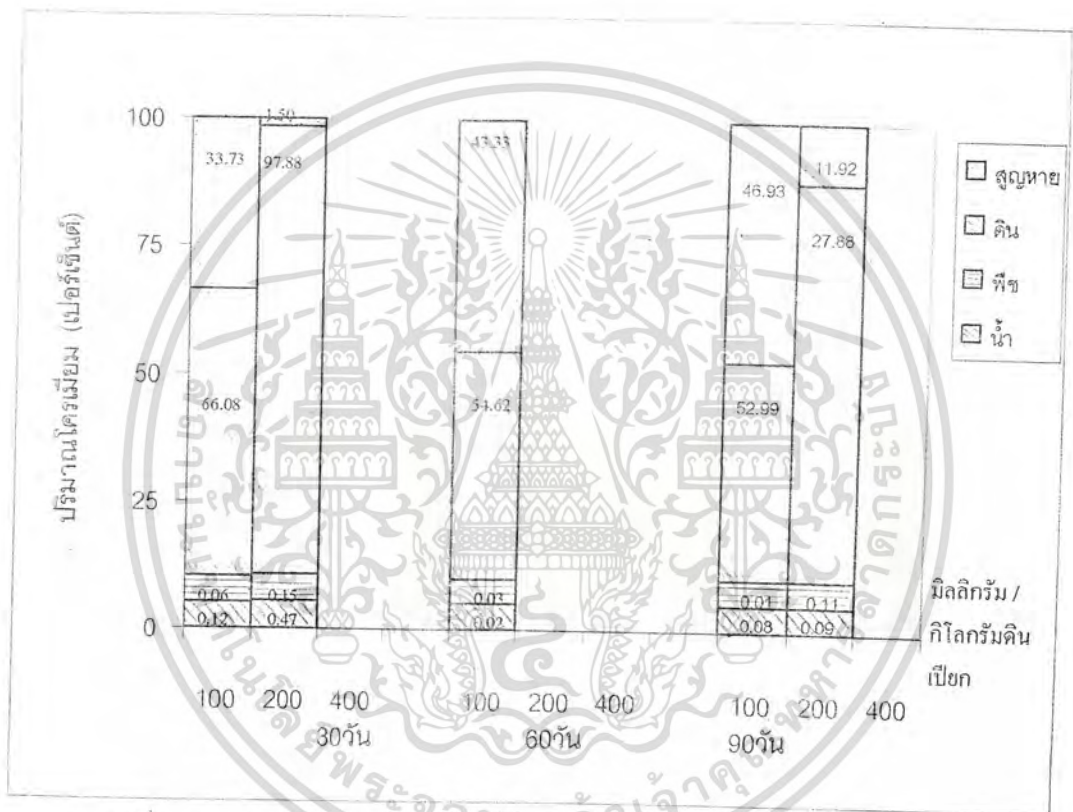


รูปที่ 4.11 เปอร์เซ็นต์การสะสมโครเมียมในดิน พืช และน้ำ ของหญ้าแฝก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.3 หลุม้าข้าววนก

ปริมาณโครเมียมที่สะสมในต้นหลุม้าข้าววนก ในดิน และในน้ำ ที่ระยะเวลา 30 และ 90 วัน พบว่า ต้นหลุม้าข้าววนกมีปริมาณโครเมียมสะสมมากที่สุดที่ความเข้มข้นโครเมียมที่ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก โดยสะสมในพืชเท่ากับ 0.15 และ 0.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในน้ำเท่ากับ 0.47 และ 0.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในดินเท่ากับ 97.88 และ 87.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 เปอร์เซ็นต์การสะสมโครเมียมในดิน พืช และน้ำ ของหลุม้าข้าววนก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองพบว่าดินที่ใช้ในการวิจัยคือดินบริเวณกรมการบินพาณิชย์มีปริมาณโครเมียมอยู่เท่ากับ 51.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และทำการใส่สารละลาย โพแทสเซียมไดโครเมตลงไปที่ความเข้มข้นโครเมียมต่างๆ กัน คือ

- หน้ําแพรก ที่ความเข้มข้นโครเมียม 0, 100, 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปี้ยก
- หน้ําแฝก ที่ความเข้มข้นโครเมียม 0, 100, 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปี้ยก
- หน้ําข้าวรก ที่ความเข้มข้นโครเมียม 0, 100, 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปี้ยก

ทำให้ดินมีการสะสมโครเมียมเพิ่มขึ้นจากเดิม โดยระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียมจะเพิ่มขึ้นจาก ความเข้มข้น 0, 100, 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปี้ยก เป็น 51.17, 151.17, 251.17 และ 451.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปี้ยก ตามลำดับ ใช้ระยะเวลาศึกษา 3 เดือน โดยทำการเก็บพืช ดิน และน้ำ มาวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียมทุก 30, 60 และ 90 วัน

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. หน้ําแพรกมีแนวโน้มที่จะทนทานต่อระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียมได้มากที่สุด เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบกับ ความเข้มข้นในระดับเดียวกันในหน้ําแฝก และหน้ําข้าวรก ในแต่ละความเข้มข้นโครเมียมที่ทำการวิจัย คือ 151.17, 251.17, และ 451.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปี้ยก พบว่าหน้ําแพรกมีอัตราการรอดชีวิตมากที่สุดคือ 100, 100 และ 88.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และหน้ําแพรกมีปริมาณการสะสมโครเมียมได้แก่

ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 151.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปี้ยก ในระยะเวลา 30, 60 และ 90 วัน เท่ากับ 0.25, 1.04 และ 0.50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และเมื่อคำนวณหาปริมาณโครเมียมที่สะสมในต้นหน้ําแพรกต่อน้ำหนักแห้งของหน้ําแพรกได้ผลเท่ากับ 104.03, 142.77 และ 126.99 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ

ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 251.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปี้ยก ในระยะเวลา 30, 60 และ 90 วัน เท่ากับ 1.07, 0.14 และ 0.17 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และเมื่อคำนวณหาปริมาณโครเมียมที่สะสมในต้นหน้ําแพรกต่อน้ำหนักแห้งของหน้ําแพรกได้ผลเท่ากับ 461.97, 84.07 และ 165.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 451.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก ในระยะเวลา 30, 60 และ 90 วัน เท่ากับ 0.76, 0.55 และ 2.55 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และเมื่อคำนวณหาปริมาณโครเมียมที่สะสมในต้นหญ้าแพรกต่อน้ำหนักแห้งของหญ้าแพรกได้ผลเท่ากับ 1040.82, 1284.26 และ 1546.41 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ

ปริมาณโครเมียมที่หญ้าแพรกสามารถสะสมได้สูงที่สุดคือ ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 451.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก ระยะเวลา 90 วัน คือมีปริมาณการสะสมโครเมียมเป็น 2.55 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าปริมาณโครเมียมที่หญ้าแฝก และหญ้าข้าวนกสามารถสะสมได้สูงสุด

2. หญ้าแฝกมีแนวโน้มที่จะทนทานต่อระดับของโครเมียมได้รองจากหญ้าแพรก เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นในระดับเดียวกันในหญ้าแพรก และหญ้าข้าวนก ในแต่ละความเข้มข้นโครเมียมที่ทำการวิจัย คือ 151.17, 251.17 และ 451.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก พบว่า หญ้าแฝกมีอัตราการรอดชีวิตน้อยกว่าหญ้าแพรก แต่มากกว่าหญ้าข้าวนก คือมีอัตราการรอดตายเป็น 100, 66.67 และ 11.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และหญ้าแฝกมีปริมาณการสะสมโครเมียมได้แก่

ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 151.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก ในระยะเวลา 30, 60 และ 90 วัน เท่ากับ 0.00, 0.37 และ 0.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อคำนวณหาปริมาณโครเมียมที่สะสมในต้นหญ้าแฝกต่อน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกได้ผลเท่ากับ 0.00, 44.71 และ 16.88 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ

ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 251.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก ในระยะเวลา 30, 60 และ 90 วัน เท่ากับ 0.02, 0.09, 0.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อคำนวณหาปริมาณโครเมียมที่สะสมในต้นหญ้าแฝกต่อน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกได้ผลเท่ากับ 9.86, 22.80, 38.07 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ

ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 451.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก ในระยะเวลา 90 วัน เท่ากับ 0.09 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อคำนวณหาปริมาณโครเมียมที่สะสมในต้นหญ้าแฝกต่อน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกได้ผลเท่ากับ 32.91 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง

ปริมาณโครเมียมที่หญ้าแฝกสามารถสะสมได้สูงที่สุดคือ ที่ระยะเวลา 60 วัน ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 151.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก คือมีปริมาณการสะสมโครเมียมเป็น 0.37 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่าปริมาณการสะสมโครเมียมที่สูงที่สุดของหญ้าแพรก แต่มากกว่าปริมาณการสะสมโครเมียมที่สูงที่สุดของหญ้าข้าวนก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หน้้าข้้าวนกมีแนวโน้มที่จะสามารถทนทานโครเมียมได้น้อยที่สุด เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นเดียวกันในหน้้าแพรก และหน้้าแฝก ในแต่ละความเข้มข้นที่ทำการวิจัย คือ 151.17, 251.17 และ 451.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก พบว่า หน้้าข้้าวนกมีอัตราการรอดชีวิตน้อยที่สุดคือ มีอัตราการรอดชีวิตเป็น 38.89, 22.22 และ 0.00 เปอร์เซนต์ตามลำดับ และหน้้าข้้าวนกมีปริมาณการสะสมโครเมียมได้แก่

ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 151.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก ในระยะเวลา 30, 60 และ 90 วัน เท่ากับ 0.13, 0.03 และ 0.00 เปอร์เซนต์ตามลำดับ และเมื่อคำนวณหาปริมาณโครเมียมที่สะสมในต้นหน้้าข้้าวนกต่อน้้าหนักแห้งของหน้้าข้้าวนกได้ผลเท่ากับ 49.88, 7.40 และ 0.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้้าหนักแห้ง ตามลำดับ

ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 251.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก ในระยะเวลา 30 และ 90 วัน เท่ากับ 0.15 และ 0.11 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ และเมื่อคำนวณหาปริมาณโครเมียมที่สะสมในต้นหน้้าข้้าวนกต่อน้้าหนักแห้งของหน้้าข้้าวนกได้ผลเท่ากับ 78.95 และ 65.26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้้าหนักแห้ง ตามลำดับ

ปริมาณโครเมียมที่หน้้าข้้าวนกสามารถสะสมได้สูงที่สุดคือ ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายโครเมียม 251.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก ระยะเวลา 30 วัน คือมีปริมาณการสะสมโครเมียมเป็น 0.15 เปอร์เซนต์ ซึ่งน้อยกว่าปริมาณโครเมียมที่หน้้าแพรก และหน้้าแฝกสามารถสะสมได้สูงสุด

4. การสะสมของโครเมียมส่วนใหญ่อยู่ในดินมากที่สุดประมาณ 97-31 เปอร์เซนต์ รองลงมาสะสมอยู่ในส่วนของพืชประมาณ 2.5 0- 0.01 เปอร์เซนต์ และมีโครเมียมบางส่วนชะละลายออกมากับน้้าประมาณ 0.10-0.01 เปอร์เซนต์

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรใช้ระยะเวลาในการศึกษาให้ครอบคลุมถึงชวงอายุขัยของพืชแต่ละชนิดทั้งนี้เพื่อให้พืชปรับตัวและได้ข้อมูลการสะสมโครเมียมในแต่ละชวงฤดูการปลูก
2. การวัดการเจริญเติบโตของพืชนอกจากจะวัดความสูงของพืชแล้วต้องวัดดูเส้นรอบวงของพืชและวัดจำนวนยอดด้วย
3. ควรใช้ภาชนะในการปลูกที่ไม่ดูดซับโครเมียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- เจลีเยว แจ้งไพโร. 2525. การจำแนกและกำหนดลักษณะดินในภาคกลางของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. 2525. สารานุกรมธาตุ. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ดร.ณิ เพ็ชรพลาย, ณัฐตรา จันทร์สุวานิชย์ และชาติรี ชาญประเสริฐ. 2538. พีชสมุนไพรรักษาในประเทศไทย ตอนที่1. กรุงเทพฯ: องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.
- บริษัทสมุทรปราการและบริษัทที่ศึกษา. 2538. แผนการลงทุนจังหวัดสมุทรปราการ เล่ม 2. สมุทรปราการ: บริษัทสมุทรปราการ.
- สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน. 2540. คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมฟอกหนัง. กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- Paul R. Wittbrodt and Carl D. Palmer. 1996. Effect of Temperature, Ionic Strength, Electrolytes, Humic Substance. Environ. Sci. Technol. 30(8): 2470-2477. Edition: John Wiley and Sons' Inc.

ภาคผนวก ก.

การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต

การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตที่ใช้เติมลงในดิน 5 กิโลกรัมต่อ 1 กระจ่างให้มีความเข้มข้นตามต้องการ

ตัวอย่างการคำนวณ เช่น ต้องการดินที่มีโครเมียมปนเปื้อน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก

จากดิน 1000 กรัม

มี Cr 100 มิลลิกรัม

ถ้าดิน 5000 กรัม

จะมี Cr $\frac{100 \times 5000}{1000} = 500$ มิลลิกรัม

- คำนวณหาปริมาณ $K_2Cr_2O_7$

น้ำหนักโมเลกุลของ $K_2Cr_2O_7$ เท่ากับ 294

โดยมี

$$K \quad 2 \quad \text{อะตอม} = 2 \times 39 = 78$$

$$Cr \quad 2 \quad \text{อะตอม} = 2 \times 52 = 104$$

$$O \quad 7 \quad \text{อะตอม} = 7 \times 16 = 112$$

$$Cr \quad 104 \quad \text{กรัม} \quad \text{อยู่ใน } K_2Cr_2O_7 \quad 294 \quad \text{กรัม}$$

$$Cr \quad 0.5 \quad \text{กรัม} \quad \text{อยู่ใน } K_2Cr_2O_7 \quad \frac{294 \times 0.5}{104} = 1.4135 \quad \text{กรัม}$$

จะได้ปริมาณ $K_2Cr_2O_7$ 1.4135 กรัม ละลายลงในน้ำ 100 มิลลิลิตร แล้วเติมลงในดิน 5 กิโลกรัม

การเตรียมสารละลายสต็อกโครเมียมให้มีความเข้มข้นตามต้องการ

ตัวอย่างการเตรียมสารละลายสต็อกโครเมียมที่มีความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก

ในน้ำ 100 มิลลิลิตร จะมีปริมาณ $K_2Cr_2O_7$ ละลายอยู่ 1.4135 กรัม ต่อ 1 กระจก



ต้นพืชทั้งหมดที่มีความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก มีจำนวน 18 กระจก



ใน 1 กระจก จะใช้สารละลาย $K_2Cr_2O_7$ 100 มิลลิลิตร

ถ้าพืชทั้งหมด 18 กระจก จะใช้สารละลาย $K_2Cr_2O_7$ $18 \times 100 = 1800$ มิลลิลิตร



ปริมาณ Cr ที่ใช้ใน 1 กระจก อยู่ใน $K_2Cr_2O_7$ 1.4135 กรัม

ถ้าปริมาณ Cr ที่ใช้ใน 18 กระจก อยู่ใน $K_2Cr_2O_7$ $1.4135 \times 18 = 25.4430$ กรัม

จะได้สารละลายสต็อกโครเมียมที่มีความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก จำนวน 18 กระจก ที่มีปริมาณ $K_2Cr_2O_7$ ทั้งหมด 25.4430 กรัม ละลายลงในน้ำ 1800 มิลลิลิตร แล้วเติมลงในดิน 5 กิโลกรัม (1 กระจก) จำนวน 100 มิลลิลิตร

ภาคผนวก ข.

วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม

วิธีการหาปริมาณโครเมียมทำโดยนำตัวอย่างไปย่อยด้วยเครื่อง Microwave และนำสารละลาย ที่ได้จากการย่อยไปวิเคราะห์ต่อโดย วิธี Atomic Absorption Spectrometric

1. วิธีการย่อยตัวอย่างด้วยเครื่อง Microwave

1.1 น้ำเสีย

วิธีการสำหรับใช้กรดในการย่อยน้ำเสียในภาชนะปิดที่ใช้เครื่อง Microwave ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ สำหรับพวกโลหะที่กำหนดไว้แน่นอนโดยใช้วิธี Spectroscopic Method เครื่องมือ

เครื่อง Microwave รุ่น Milestone ETHOS PLUS with MPR-300/12S medium pressure rotor

สารเคมี

1. HNO_3 65% 5 ml

2. H_2O_2 30% 1 ml

วิธีวิเคราะห์

1. ใช้ TFM vessel ขนาด 250 ml. โดยใส่ตัวอย่าง 45 ml.
2. ใส่ TFM vessel ลงใน HTC Safety Shield
3. ใส่สารเคมีลงไปตามจำนวนข้างต้นถ้าส่วนของตัวอย่างเกาะอยู่ที่ผิวของ vessel ทำการหยดกรดลงไปบริเวณนั้น
4. ปิด vessel และใส่เข้าไปใน ส่วนที่ใช้หมุน (rotor segment) ทำการหมุนลึกลงให้แน่น
5. ใส่ (segment) ส่วนที่ใช้ประกอบเครื่อง เข้าไปในเครื่อง Microwave และต่อเข้ากับเครื่องวัดอุณหภูมิ
6. ทำการเปิดเครื่องให้เครื่องทำตามโปรแกรมที่ตั้งไว้จนเสร็จสมบูรณ์
7. นำ segment มาทำให้เย็นโดยอากาศ/น้ำ กระทั่งสารละลายมีอุณหภูมิเกือบเท่าอุณหภูมิห้อง
8. เปิด vessel ทำการถ่ายสารละลายลงใน flask

โปรแกรม Microwave

Step	Time	Temperature	Microwave Power
1.	10 minutes	160 °C	Up to 1000 watt
2.	10 minutes	165 °C	Up to 1000 watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ดิน

รายละเอียดของการใช้กรดย่อยตัวอย่างดินในภาชนะปิดที่ใส่ตัวอย่างเตรียมไว้ สำหรับ
เครื่อง Microwave

เครื่องมือ

เครื่อง Microwave รุ่น Milestone ETHOS PLUS with MPR-300/12S medium
pressure rotor

สารเคมี

1. HCl 37% 9 ml

2. HNO₃ 65% 3 ml

วิธีวิเคราะห์

1. ใช้ TFM vessel ขนาด 250 ml. โดยใส่ตัวอย่าง 5 g.
2. ใส่ TFM vessel ลงใน HTC Safety Shield
3. ใส่สารเคมีลงไปตามจำนวนข้างต้นถ้าส่วนของตัวอย่างเกาะอยู่ที่ผิวของ vessel ทำการ
หยดกรดลงไปบริเวณนั้น
4. ปิด vessel และใส่เข้าไปใน ส่วนที่ใช้หมุน (rotor segment) ทำการหมุนล็อคให้แน่น
5. ใส่ (segment) ส่วนที่ใช้ประกอบเครื่อง เข้าไปในเครื่อง Microwave และต่อเข้ากับ
เครื่องวัดอุณหภูมิ
6. ทำการเปิดเครื่องให้เครื่องทำตามโปรแกรมที่ตั้งไว้จนเสร็จสมบูรณ์
7. นำ segment มาทำให้เย็นโดยอากาศ/น้ำ กระทั่งสารละลายมีอุณหภูมิเกือบเท่า
อุณหภูมิห้อง
8. เปิด vessel ทำการถ่ายสารละลายลงใน flask

โปรแกรม Microwave

Step	Time	Temperature	Microwave Power
1.	10 minutes	200°C	Up to 1000 watt
2.	15 minutes	200°C	Up to 1000 watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 หนู่า

รายงานรายละเอียดของการใช้กรดทำการย่อยตัวอย่างหนู่าในภาชนะปิดที่เตรียมไว้
สำหรับเครื่อง Microwave

ชนิดเครื่อง Microwave

Microwave model Milestone ETHOS PLUS with HPR-1000/10S high pressure rotor

ปริมาณตัวอย่าง

0.5 g

ปริมาณสารเคมี

H₂O₂ 30% 2ml

HNO₃ 65% 8ml

วิธีการ

1. ใช้ TFM vessel ที่มีขนาดเท่ากันทำให้สมดุลโดยใส่ตัวอย่าง 0.5 g ลงไปเท่าๆกัน
2. ใส่ TFM vessel ลงใน HTC Safety Shield
3. ใส่สารเคมีลงไปตามจำนวนข้างต้นถ้าส่วนของตัวอย่างเกาะอยู่ที่ผิวของ vessel ทำการ
หยดกรดลงไปปริมาณนั้น
4. ปิด vessel และใส่เข้าไปใน ส่วนที่ใช้หมุน (rotor segment) ทำการหมุนล็อกให้แน่น
5. ใส่ (segment) ส่วนที่ใช้ประกอบเครื่อง เข้าไปในเครื่อง Microwave และต่อเข้ากับ
เครื่องวัดอุณหภูมิ
6. ทำการเปิดเครื่องให้เครื่องทำตามโปรแกรมที่ตั้งไว้จนเสร็จสมบูรณ์
7. นำ segment มาทำให้เย็นโดยอากาศ/น้ำ กระทั่งสารละลายมีอุณหภูมิเกือบเท่า
อุณหภูมิห้อง
8. เปิด vessel ทำการถ่ายสารละลายลงใน flask

โปรแกรม Microwave

Step	Time	Temperature	Microwave Power
1.	3 minutes	85°C	Up to 1000 watt
2.	9 minutes	145°C	Up to 1000 watt
3.	4 minutes	200°C	Up to 1000 watt
4.	14 minutes	200°C	Up to 1000 watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 วิธี Atomic Absorption Spectrometric

การวิเคราะห์โครเมียมโดยวิธีนี้ เปลวไฟที่เกิดจากก๊าซผลระหว่างอากาศและ Acetylene จะให้พลังงานที่ทำให้ธาตุแตกตัวเป็นอะตอมเสรี (Atomzation) เพื่อให้ดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 357 นาโนเมตร

เครื่องมือ

เครื่อง Atomic Absorption Spectrometer

วิธีวิเคราะห์

นำสารละลายที่ย่อยด้วยเครื่องไมโครเวฟแล้ว นำมากรองสารละลายที่ได้จนใส แล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

คุณสมบัติของดินที่ทำการศึกษาก่อนทำการทดลองทั้ง 5 แห่ง

ตาราง คุณสมบัติของดินที่ทำการศึกษาก่อนทำการทดลองทั้ง 5 แห่ง

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์	แหล่งตัวอย่างดิน				
		1	2	3	4	5
พีเอช	pH meter	5.47	5.28	6.73	7.26	5.24
ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)	conductivity meter	6.00	1.62	1.77	2.01	3.95
ค่าความชื้น (%)	moisture content	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
ปริมาณโคโรเนียม (mg/Kg)	AAS	34.10	22.99	21.79	18.58	51.17
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (%)	Walkley and Black method	4.50	2.38	4.17	1.99	4.83
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%)	Kjeldahl method	0.178	0.13	0.21	0.15	0.20
ปริมาณโพแทสเซียม (mg/kg)	AES	4164.0	4417.0	4518.5	4866.5	747.60
ปริมาณฟอสฟอรัส (mg/kg)	colorimetric method	981.6	742.3	1592.60	1184.20	6170.50
ค่าแลกเปลี่ยนประจุบวก (meq/100g)	ammonium acetate	21.60	22.40	24.30	18.9	21.10
ปริมาณทราย (%)	soil texture	68.76	52.50	52.5	60.0	65.00
ปริมาณกรวด (%)	soil texture	6.24	10.00	7.50	7.50	7.50
ปริมาณดินเหนียว (%)	soil texture	25.00	37.50	40.0	32.50	27.50

หมายเหตุ แหล่งตัวอย่างดินที่ 1 คือ บริเวณบ้านคุณศิริ

2 คือ บริเวณร้านส.ไม่งาม

3 คือ บริเวณบ้านคุณศิริ1

4 คือ บริเวณบ้านคุณศิริ2

5 คือ บริเวณกรมการบินพาณิชย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

1. อัตราการรอดของพืชแต่ละชนิด

การคำนวณอัตราการรอดของหญ้าแต่ละชนิด ตัวอย่างการคำนวณเช่น

- หญ้าแพรกที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินเปียก

หญ้าแพรกก่อนบำบัดมีทั้งหมด 9 ต้น คิดเป็น 100%

หญ้าแพรกหลังบำบัดเหลือ 9 ต้น คิดเป็น $\frac{100 \times 9}{9} = 100\%$

9

ดังนั้น หญ้าแพรกมีอัตราการรอด 100% และมีอัตราการตาย 0.00%

2. ผลการคำนวณปริมาณโครเมียมในตัวอย่าง



2.1 พีช

ตารางคำนวณปริมาณโครเมียมใน Plant T30

ชนิดตัวอย่าง ; พีช

รหัส	% ความชื้น	น้ำหนักพีช ทั้งหมด (g)	น้ำหนักแห้ง(dry wt.) พีชทั้งหมด (g) [(100-B)xC]/100	น้ำหนักแห้งพีช ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (g) [(100-B)×0.5]/100	Mean [Cr]sample AAS (mg/l) <F>	[Cr]Blank (mg/l) <G>	Mean [Cr]sample สุทธิ (mg/l) [F - [Cr]Blank] <H>	ปริมาณ Cr ในพีช (mg) [(H×25×D) / (1000×E)] <I>	ปริมาณ Cr ในพีชสุทธิ (mg) [I - Average of Cr Control] <J>	ปริมาณ Cr ในพีช 1 Kg (mg) [(J×1000)/D] <K>	ปริมาณCrในกระดาษ (mg) (ปริมาณCrที่มีอยู่เดิม ปริมาณCrที่เติม 51.174×5=255.87mg+ <L>	% Crในพีช (J×100)/L <M>	Average of % Cr <N>
1. Cy-C0-t30-1	0.34	25.43	25.34	0.50	0.45	0.09	0.36	0.46	-	-	255.87	-	-
2. Cy-C0-t30-2	0.46	35.03	34.87	0.50	0.27	0.09	0.18	0.32	-	-	255.87	-	-
3. Cy-C0-t30-3	0.35	30.31	30.20	0.50	0.26	0.09	0.17	0.26	-	-	255.87	-	-
Average Cr Control=								0.35					
4. Cy-C100-t30-1	0.43	18.42	18.33	0.50	1.56	0.09	1.47	1.35	1.01	54.95	755.87	0.13	} 0.25
5. Cy-C100-t30-2	0.57	15.85	15.76	0.50	3.52	0.09	3.43	2.72	2.37	150.57	755.87	0.31	
6. Cy-C100-t30-3	0.52	21.49	21.38	0.50	2.53	0.09	2.44	2.62	2.28	106.56	755.87	0.30	
7. Cy-C200-t30-1	0.40	24.93	24.83	0.50	13.96	0.09	13.87	17.29	16.95	682.41	1255.87	1.35	} 1.07
8. Cy-C200-t30-2	0.54	37.95	37.74	0.50	9.99	0.09	9.90	18.79	18.45	488.78	1255.87	1.47	
9. Cy-C200-t30-3	0.52	23.07	22.95	0.50	4.66	0.09	4.57	5.27	4.93	214.73	1255.87	0.39	
10. Cy-C400-t30-1	0.46	20.08	19.99	0.50	19.54	0.18	19.36	19.44	19.09	955.11	2255.87	0.85	} 0.76
11. Cy-C400-t30-2	0.52	13.59	13.52	0.50	37.66	0.18	37.48	25.47	25.12	1858.18	2255.87	1.11	
12. Cy-C400-t30-3	0.42	24.08	23.98	0.50	6.63	0.18	6.45	7.76	7.41	309.19	2255.87	0.33	

ตารางคำนวณปริมาณโครเมียมใน Plant T60

ชนิดตัวอย่าง : พืช

รหัส	% ความชื้น	น้ำหนักพืช ทั้งหมด (g)	น้ำหนักแห้ง(dry wt.) พืชทั้งหมด (g) [(100-B)xC]/100	น้ำหนักแห้งพืช ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (g) [(100- B)x0.5]/100	Mean [Cr]sample AAS (mg/l) <F>	[Cr]Blank (mg/l) <G>	Mean [Cr]sample สุทธิ (mg/l) F - [Cr]Blank <H>	ปริมาณ Cr ในพืช (mg) (Hx25xD) / (1000xE) <I>	ปริมาณ Cr ในพืชสุทธิ (mg) (I - Average of Cr Control) <J>	ปริมาณ Cr ในพืช 1 Kg (mg) [(Jx1000)/D] <K>	ปริมาณCrในกระถาง (mg) (ปริมาณCrที่มีอยู่เดิม 51.174x5=255.87mg+ ปริมาณCrที่เติม) <L>	% Crในพืช (Jx100)/L <M>	Average of % Cr <N>
1. Cy-C0-160-1	0.34	30.45	30.34	0.50	0.57	0.09	0.48	0.73	-	-	255.87	-	-
2. Cy-C0-160-2	0.34	12.66	12.62	0.50	0.78	0.09	0.70	0.44	-	-	255.87	-	-
3. Cy-C0-160-3	0.32	40.26	40.14	0.50	0.28	0.09	0.19	0.39	-	-	255.87	-	-
Average Cr Control=								0.52					
4. Cy-C100-160-1	0.34	42.47	42.33	0.50	2.39	0.09	2.30	4.88	4.36	102.92	755.87	0.58	} 1.04
5. Cy-C100-160-2	0.34	59.03	58.83	0.50	3.15	0.09	3.06	9.04	8.52	144.90	755.87	1.13	
6. Cy-C100-160-3	0.35	58.82	58.62	0.50	3.86	0.09	3.77	11.10	10.58	180.49	755.87	1.40	
7. Cy-C200-160-1	0.49	9.95	9.91	0.50	2.91	0.09	2.83	1.41	0.89	89.51	1255.87	0.07	} 0.14
8. Cy-C200-160-2	0.43	17.54	17.56	0.50	2.35	0.09	2.26	1.99	1.47	83.72	1255.87	0.12	
9. Cy-C200-160-3	0.23	36.58	36.49	0.50	1.95	0.09	1.86	3.40	2.88	78.98	1255.87	0.23	
10. Cy-C400-160-1	0.51	13.03	12.96	0.50	17.38	0.21	17.17	11.10	10.67	823.02	2255.87	0.47	} 0.55
11. Cy-C400-160-2	0.51	9.09	9.05	0.50	13.64	0.21	13.43	6.11	5.59	617.69	2255.87	0.25	
12. Cy-C400-160-3	0.55	8.64	8.79	0.50	49.36	0.21	49.15	21.72	21.20	2412.07	2255.87	0.94	

ตารางคำนวณปริมาณโครเมียมใน Plant T90

ชนิดตัวอย่าง : พืช

รหัส	% ความชื้น	น้ำหนักพืช ทั้งหมด (g)	น้ำหนักแห้ง(dry wt.) พืชทั้งหมด (g) [(100-B)×C]/100	น้ำหนักแห้งพืช ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (g) [(100-B)×0.5]/100	Mean [Cr]sample AAS (mg/l) <F>	[Cr]Blank (mg/l) <G>	Mean [Cr]sample สุทธิ (mg/l) F - [Cr]Blank <H>	ปริมาณ Cr ในพืช (mg) (H×25×D) / (1000×E)	ปริมาณ Cr ในพืชสุทธิ (mg) (I - Average of Cr Control)	ปริมาณ Cr ในพืช 1 Kg (mg) [(J×1000)/D]	ปริมาณCrในกระถาง (mg) ปริมาณCrที่มีอยู่เดิม 51.174×5=255.87mg+ ที่มีอยู่เดิม	% Crในพืช (J×100)/L	Average of % Cr <N>
12. Ve-C0-190-1	1.35	117.25	115.67	0.49	0.10	0.00	0.10	0.60	-	-	255.87	-	-
13. Ve-C0-190-2	1.50	113.98	112.27	0.49	0.06	0.00	0.06	0.35	-	-	255.87	-	-
14. Ve-C0-190-3	1.21	86.25	85.21	0.49	0.28	0.00	0.28	1.21	-	-	255.87	-	-
Average Cr Control =								0.72					
15. Ve-C100-190-1	1.44	88.74	87.46	0.49	0.75	0.00	0.75	3.35	2.63	30.02	755.87	0.35	} 0.35
16. Ve-C100-190-2	1.59	89.66	88.23	0.49	0.62	0.00	0.62	2.77	2.06	23.29	755.87	0.27	
17. Ve-C100-190-3	1.52	124.54	122.64	0.49	0.65	0.00	0.65	4.07	3.35	27.29	755.87	0.44	
18. Ve-C200-190-1	1.25	48.99	48.38	0.49	1.24	0.00	1.24	3.03	2.31	47.76	1255.87	0.18	} 0.16
Ve-C200-190-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19. Ve-C200-190-3	1.41	57.50	56.69	0.49	0.81	0.00	0.81	2.33	1.61	28.38	1255.87	0.13	
Ve-C400-190-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	} 0.09
Ve-C400-190-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20. Ve-C400-190-3	1.41	59.23	58.40	0.49	0.89	0.00	0.89	2.64	1.92	32.91	2255.87	0.09	

2.2 ดิน

ตารางคำนวณปริมาณโครเมียมใน Soil T30

ชนิดตัวอย่าง : ดิน

รหัส	% ความชื้น	น้ำหนักดิน ทั้งหมด (g)	น้ำหนักแห้ง(dry wt.) ดินทั้งหมด (g) [(100-B)×C]/100	น้ำหนักแห้งดิน ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (g) [(100- B)×0.5]/100	Mean [Cr]sample (mg/l) AAS	[Cr]Blank (mg/l)	Mean [Cr]sample สุทธิ (mg/l) [F - [Cr]Blank]	ปริมาณ Cr ในดิน(mg) [(H×50×D) / (1000×E)]-255.87	ปริมาณ Cr ในดินสุทธิ (mg) (I - Average of Cr Control)	ปริมาณ Cr ในดิน 1 Kg (mg) [(J×1000)/D]	ปริมาณCrในกระดาษ (mg) (ปริมาณCrที่มีอยู่เดิม 51.174×5=255.87mg+ ปริมาณCrที่เติม	% Crในดิน (J×100)/L	Average of % Cr
<A>		<C>	<D>	<E>	<F>	<G>	<H>	<I>	<J>	<K>	<L>	<M>	<N>
1. Cy-C0-t30-1	1.82	5000.00	4909.20	0.49	0.58	0.00	0.58	36.13	-	-	255.87	-	-
2. Cy-C0-t30-2	1.68	5000.00	4915.76	0.49	0.50	0.00	0.50	3.87	-	-	255.87	-	-
3. Cy-C0-t30-3	2.00	5000.00	4900.25	0.49	0.58	0.00	0.58	33.83	-	-	255.87	-	-
Average Cr Control=								21.96					
4. Cy-C100-t30-1	1.96	5000.00	4902.02	0.49	1.18	0.00	1.18	334.63	312.67	63.78	755.87	41.37	} 49.37
5. Cy-C100-t30-2	1.75	5000.00	4912.65	0.49	1.23	0.02	1.21	349.13	327.17	66.60	755.87	43.28	
6. Cy-C100-t30-3	1.79	5000.00	4910.48	0.49	1.53	0.02	1.52	501.63	479.67	97.68	755.87	63.46	
7. Cy-C200-t30-1	1.65	5000.00	4917.73	0.49	2.02	0.02	2.00	743.13	721.17	146.65	1255.87	57.42	} 55.13
8. Cy-C200-t30-2	1.74	5000.00	4913.16	0.49	1.84	0.02	1.82	652.13	630.17	128.26	1255.87	50.18	
9. Cy-C200-t30-3	1.88	5000.00	4906.06	0.49	2.03	0.02	2.01	747.63	725.67	147.91	1255.87	57.78	
10. Cy-C400-t30-1	2.00	5000.00	4899.81	0.49	4.48	0.00	4.48	1982.63	1960.67	400.15	2255.87	86.91	} 82.15
11. Cy-C400-t30-2	2.00	5000.00	4900.18	0.49	3.86	0.00	3.86	1673.63	1651.67	337.06	2255.87	73.22	
12. Cy-C400-t30-3	1.87	5000.00	4906.49	0.49	4.47	0.02	4.45	1969.13	1947.17	396.86	2255.87	86.32	

ตารางคำนวณปริมาณโครเมียมใน Soil T60

ชนิดตัวอย่าง : ดิน

รหัส	% ความชื้น	น้ำหนักดิน ทั้งหมด (g)	น้ำหนักแห้ง(dry wt.) ดินทั้งหมด (g) [(100-B)xC]/100	น้ำหนักแห้งดิน ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (g) [(100- B)x0.5]/100	Mean [Cr]sample (mg/l) AAS <F>	[Cr]Blank (mg/l) <G>	Mean [Cr]sample สุทธิ (mg/l) F - [Cr]Blank <H>	ปริมาณ Cr ในดิน(mg) [(Hx50xD)/ (1000xE)]-255.87 <I>	ปริมาณ Cr ในดินสุทธิ (mg) (I - Average of Cr Control) <J>	ปริมาณ Cr ในดิน 1 Kg (mg) [(Jx1000)/D] <K>	ปริมาณCrในกระถาง (mg) (ปริมาณCrที่มีอยู่เดิม 51.174x5=255.87mg+ ปริมาณCrที่เติม <L>	% Crในดิน (Jx100)/L <M>	Average of % Cr <N>
1. Cy-C0-160-1	1.85	5000.00	4907.51	0.49	0.49	0.02	0.47	-19.37	-	-	255.87	-	-
2. Cy-C0-160-2	1.72	5000.00	4914.16	0.49	0.42	0.02	0.40	-55.87	-	-	255.87	-	-
3. Cy-C0-160-3	1.94	5000.00	4902.93	0.49	0.57	0.02	0.55	19.63	-	-	255.87	-	-
Average Cr Control=								-18.54					
4. Cy-C100-160-1	1.97	5000.00	4901.33	0.49	0.85	0.02	0.83	157.13	175.67	35.84	755.87	23.24	} 41.17
5. Cy-C100-160-2	1.72	5000.00	4913.92	0.49	1.33	0.02	1.31	398.63	417.17	84.89	755.87	55.19	
6. Cy-C100-160-3	1.75	5000.00	4912.50	0.49	1.18	0.02	1.16	322.13	340.67	69.35	755.87	45.07	
7. Cy-C200-160-1	1.66	5000.00	4916.90	0.49	2.13	0.02	2.11	798.63	817.17	166.20	1255.87	65.07	} 63.41
8. Cy-C200-160-2	1.72	5000.00	4914.11	0.49	2.00	0.02	1.98	735.13	753.67	153.37	1255.87	60.01	
9. Cy-C200-160-3	1.87	5000.00	4906.74	0.49	2.13	0.02	2.11	799.63	818.17	166.74	1255.87	65.15	
10. Cy-C400-160-1	1.81	5000.00	4909.65	0.49	4.22	0.04	4.18	1834.13	1852.67	377.35	2255.87	82.13	} 70.80
11. Cy-C400-160-2	1.91	5000.00	4904.72	0.49	2.80	0.04	2.76	1125.63	1144.17	233.28	2255.87	50.72	
12. Cy-C400-160-3	1.82	5000.00	4908.90	0.49	4.10	0.04	4.06	1776.13	1794.67	365.59	2255.87	79.56	

ตารางคำนวณปริมาณโครเมียมใน Soil T90

ชนิดตัวอย่าง ; ดิน

รหัส	% ความชื้น	น้ำหนักดิน ทั้งหมด (g)	น้ำหนักแห้ง(dry wt.) ดินทั้งหมด (g) [(100-B)xC]/100	น้ำหนักแห้งดิน ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (g) [(100- B)x0.5]/100	Mean [Cr]sample (mg/l) AAS	[Cr]Blank (mg/l)	Mean [Cr]sample สุทธิ (mg/l) F - [Cr]Blank	ปริมาณ Cr ในดิน(mg) [(Hx50xD) / (1000xE)]-255.87	ปริมาณ Cr ในดินสุทธิ (mg) (I - Average of Cr Control)	ปริมาณ Cr ในดิน 1 Kg (mg) [(Jx1000)/D]	ปริมาณ Cr ที่ใส่ในกระถาง (mg)	% Crในดิน (Jx100)/L	Average of % Cr
<A>		<C>	<D>	<E>	<F>	<G>	<H>	<I>	<J>	<K>	<L>	<M>	<N>
12. Ve-C0-190-1	1.87	5000.00	4906.60	0.49	0.43	0.00	0.43	-43.37	-	-	255.87	-	-
13. Ve-C0-190-2	1.83	5000.00	4908.59	0.49	0.31	0.00	0.31	-102.37	-	-	255.87	-	-
14. Ve-C0-190-3	1.73	5000.00	4913.61	0.49	0.45	0.00	0.45	-30.37	-	-	255.87	-	-
Average Cr Control=								-58.70					
15. Ve-C100-190-1	1.72	5000.00	4914.00	0.49	0.77	0.00	0.77	129.13	187.83	38.22	755.87	24.85	} 45.05
16. Ve-C100-190-2	1.95	5000.00	4902.55	0.49	1.27	0.00	1.27	378.13	436.83	89.10	755.87	57.79	
17. Ve-C100-190-3	1.76	5000.00	4912.00	0.49	1.19	0.00	1.19	338.13	396.83	80.79	755.87	52.50	
18. Ve-C200-190-1	1.91	5000.00	4904.57	0.49	1.45	0.00	1.45	471.13	529.83	108.03	1255.87	42.19	} 66.57
Ve-C200-190-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19. Ve-C200-190-3	1.75	5000.00	4912.52	0.49	2.68	0.00	2.68	1083.63	1142.33	232.54	1255.87	90.96	
Ve-C400-190-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	} 31.16
Ve-C400-190-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20. Ve-C400-190-3	1.84	5000.00	4908.11	0.49	1.80	0.00	1.80	644.13	702.83	143.20	2255.87	31.16	

2.3 น้ำ

ตารางคำนวณปริมาณโครเมียมใน Water T30

ชนิดตัวอย่าง : น้ำ

รหัส	ปริมาตรน้ำทั้งหมด (ml)	ปริมาตรน้ำที่ใช้ในการวิเคราะห์ (ml)	Mean [Cr]sample (mg/l) AAS	[Cr]Blank (mg/l)	Mean [Cr]sample สุกชี (mg/l) D - [Cr]Blank	ปริมาณ Cr ในน้ำ (mg) (Fx50xB) / (1000xC)	ปริมาณ Cr ในน้ำสุกชี (mg) (G - Average of Cr Control)	ปริมาณ Cr ในกระดาง (mg) (ปริมาณ Cr ที่มีอยู่เดิม + ปริมาณ Cr ที่เติม) 51.174x5=255.87mg+	% Cr ในน้ำ (Hx100) / I	Average of % Cr
<A>		<C>	<D>	<E>	<F>	<G>	<H>	<L>	<J>	<L>
1. Cy-C0-t30-1	560.00	45.00	0.21	0.02	0.19	0.12	-	255.87	-	-
2. Cy-C0-t30-2	560.00	45.00	0.13	0.02	0.11	0.07	-	255.87	-	-
3. Cy-C0-t30-3	420.00	45.00	0.30	0.02	0.28	0.13	-	255.87	-	-
Average Cr Control =						0.10				
4. Cy-C100-t30-1	930.00	45.00	1.00	0.02	0.98	1.01	0.91	755.87	0.12	} 0.11
5. Cy-C100-t30-2	630.00	45.00	1.98	0.02	1.95	1.37	1.26	755.87	0.17	
6. Cy-C100-t30-3	630.00	45.00	0.52	0.02	0.50	0.35	0.24	755.87	0.03	
7. Cy-C200-t30-1	625.00	45.00	2.69	0.02	2.67	1.85	1.75	1255.87	0.14	} 0.10
8. Cy-C200-t30-2	690.00	45.00	2.35	0.02	2.32	1.78	1.68	1255.87	0.13	
9. Cy-C200-t30-3	470.00	45.00	1.12	0.02	1.09	0.57	0.47	1255.87	0.04	
10. Cy-C400-t30-1	520.00	45.00	4.28	0.00	4.28	2.47	2.37	2255.87	0.10	} 0.08
11. Cy-C400-t30-2	490.00	45.00	2.55	0.00	2.55	1.39	1.28	2255.87	0.06	
12. Cy-C400-t30-3	502.00	45.00	3.50	0.00	3.50	1.95	1.85	2255.87	0.08	

ตารางคำนวณปริมาณโครเมียมใน Water T60

ชนิดตัวอย่าง : น้ำ

รหัส	ปริมาตรน้ำทั้งหมด (ml)	ปริมาตรน้ำที่ใช้ในการวิเคราะห์ (ml)	Mean [Cr]sample (mg/l) AAS	[Cr]Blank (mg/l)	Mean [Cr]sample สุทธิ (mg/l) D - [Cr]Blank	ปริมาณ Cr ในน้ำ (ng) (F×50×B) / (1000×C)	ปริมาณ Cr ในน้ำสุทธิ (mg) (G - Average of Cr Control)	ปริมาณ Cr ในกระดาง (mg) (ปริมาณ Cr ที่มีอยู่เดิม + ปริมาณ Cr ที่เติม) 51.174×5=255.87mg+	% Cr ในน้ำ (H×100) / I	Average of % Cr
<A>		<C>	<D>	<E>	<F>	<G>	<H>	<I>	<J>	<L>
1. Cy-C0-160-1	790.00	45.00	0.23	0.00	0.23	0.20	-	255.87	-	-
2. Cy-C0-160-2	550.00	45.00	0.24	0.00	0.24	0.14	-	255.87	-	-
3. Cy-C0-160-3	510.00	45.00	0.38	0.00	0.38	0.22	-	255.87	-	-
Average Cr Control =						0.19				
4. Cy-C100-160-1	280.00	45.00	1.43	0.00	1.43	0.45	0.26	755.87	0.03	} 0.10
5. Cy-C100-160-2	600.00	45.00	3.00	0.00	3.00	2.00	1.82	755.87	0.24	
6. Cy-C100-160-3	580.00	45.00	0.66	0.00	0.66	0.42	0.24	755.87	0.03	
7. Cy-C200-160-1	840.00	45.00	2.22	0.00	2.22	2.07	1.89	1255.87	0.15	} 0.13
8. Cy-C200-160-2	210.00	45.00	3.79	0.00	3.79	0.89	0.70	1255.87	0.06	
9. Cy-C200-160-3	870.00	45.00	2.48	0.00	2.48	2.39	2.21	1255.87	0.18	
10. Cy-C400-160-1	840.00	45.00	5.30	0.04	5.26	4.91	4.72	2255.87	0.21	} 0.14
11. Cy-C400-160-2	250.00	45.00	3.60	0.04	3.56	0.99	0.80	2255.87	0.04	
12. Cy-C400-160-3	1100.00	45.00	3.45	0.04	3.41	4.17	3.98	2255.87	0.18	

ตารางคำนวณปริมาณโครเมียมใน Water T90

ชนิดตัวอย่าง : น้ำ

รหัส	ปริมาตรน้ำทั้งหมด (ml)	ปริมาตรน้ำที่ใช้ในการวิเคราะห์ (ml)	Mean [Cr]sample (mg/l) AAS	[Cr]Blank (mg/l)	Mean [Cr]sample สุทธิ (mg/l) D - [Cr]Blank	ปริมาณ Cr ในน้ำ (mg) (Fx50xB) / (1000xC)	ปริมาณ Cr ในน้ำสุทธิ (mg) (G - Average of Cr Control)	ปริมาณCrในกระดาง (mg) (ปริมาณCrที่มีอยู่เดิม 51.174x5=255.87mg+ ปริมาณCrที่เติม)	% Crในน้ำ (Hx100) / I	Average of % Cr
<A>		<C>	<D>	<E>	<F>	<G>	<H>	<L>	<J>	<K>
12. Ve-C0-190-1	360.00	45.00	0.07	0.00	0.07	0.03	-	255.87	-	-
13. Ve-C0-190-2	1700.00	45.00	0.02	0.00	0.02	0.03	-	255.87	-	-
14. Ve-C0-190-3	1970.00	45.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	255.87	-	-
Average Cr Control=						0.02				
15. Ve-C100-190-1	330.00	45.00	0.15	0.00	0.15	0.06	0.04	755.87	0.00	} 0.02
16. Ve-C100-190-2	450.00	45.00	0.24	0.00	0.24	0.12	0.10	755.87	0.01	
17. Ve-C100-190-3	820.00	45.00	0.25	0.00	0.25	0.23	0.21	755.87	0.03	
18. Ve-C200-190-1	400.00	45.00	0.84	0.00	0.84	0.37	0.35	1255.87	0.03	} 0.02
Ve-C200-190-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19. Ve-C200-190-3	380.00	45.00	0.53	0.00	0.53	0.22	0.20	1255.87	0.02	
Ve-C400-190-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	} 0.07
Ve-C400-190-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20. Ve-C400-190-3	510.00	45.00	2.72	0.00	2.72	1.54	1.52	2255.87	0.07	

2.4 Mass balance การดูดซับโครเมียมของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ที่ 30 วัน

รหัส	ปริมาณ Cr ทั้งหมดในหญ้า (mg)	ปริมาณ Cr ทั้งหมดในหญ้า (%)	ปริมาณ Cr ทั้งหมดในดิน (mg)	ปริมาณ Cr ทั้งหมดในดิน (%)	ปริมาณ Cr ทั้งหมดในน้ำ (mg)	ปริมาณ Cr ทั้งหมดในน้ำ (%)	ผลรวมปริมาณ Cr ใบหญ้า, ดิน, น้ำ (mg)	Mass balance (%)	Average massbalance (%)
1. Cy-C0-t30-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Cy-C0-t30-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Cy-C0-t30-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Cy-C100-t30-1	1.01	0.13	312.67	41.37	0.91	0.12	314.58	41.62	49.73
5. Cy-C100-t30-2	2.37	0.31	327.17	43.28	1.26	0.17	330.80	43.76	
6. Cy-C100-t30-3	2.28	0.30	479.67	63.46	0.24	0.03	482.19	63.79	
7. Cy-C200-t30-1	16.95	1.35	721.17	57.42	1.75	0.14	739.86	58.91	56.30
8. Cy-C200-t30-2	18.45	1.47	630.17	50.18	1.68	0.13	650.29	51.78	
9. Cy-C200-t30-3	4.93	0.39	725.67	57.78	0.47	0.04	731.06	58.21	
10. Cy-C400-t30-1	19.09	0.85	1960.67	86.91	2.37	0.10	1982.12	87.87	82.99
11. Cy-C400-t30-2	25.12	1.11	1651.67	73.22	1.28	0.06	1678.07	74.39	
12. Cy-C400-t30-3	7.41	0.33	1947.17	86.32	1.85	0.08	1956.43	86.73	
13. Ve-C0-t30-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14. Ve-C0-t30-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15. Ve-C0-t30-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16. Ve-C100-t30-1	0.47	0.06	379.67	50.23	0.58	0.08	380.71	50.37	56.97
17. Ve-C100-t30-2	0.00	0.00	541.67	71.66	0.53	0.07	542.20	71.73	
18. Ve-C100-t30-3	0.00	0.00	368.67	48.77	0.31	0.04	368.98	48.82	
19. Ve-C200-t30-1	0.15	0.01	807.67	64.31	1.13	0.09	808.94	64.41	58.04
20. Ve-C200-t30-2	0.35	0.03	648.17	51.61	0.38	0.03	648.89	51.67	
21. Ec-C0-t30-1	-	-	-	-	-	-	-	-	
22. Ec-C0-t30-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23. Ec-C0-t30-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24. Ec-C100-t30-1	0.86	0.11	424.73	56.19	0.93	0.12	426.52	56.43	66.27
25. Ec-C100-t30-2	1.06	0.14	574.23	75.97	0.02	0.00	575.31	76.11	
26. Ec-C200-t30-1	1.87	0.15	1229.23	97.88	0.73	0.06	1231.83	98.09	

Mass balance การดูดซับโครเมียมของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ที่ 60 วัน

รหัส	ปริมาณ Cr ทั้งหมดในหญ้า (mg)	ปริมาณ Cr ทั้งหมดในหญ้า (%)	ปริมาณ Cr ทั้งหมดในดิน (mg)	ปริมาณ Cr ทั้งหมดในดิน (%)	ปริมาณ Cr ทั้งหมดในน้ำ (mg)	ปริมาณ Cr ทั้งหมดในน้ำ (%)	ผลรวมปริมาณ Cr ในหญ้า, ดิน, น้ำ (mg)	Mass balance (%)	Average massbalance (%)
1. Cy-C0-t60-1	-	-	-	-	-	-	-	-	
2. Cy-C0-t60-2	-	-	-	-	-	-	-	-	
3. Cy-C0-t60-3	-	-	-	-	-	-	-	-	
4. Cy-C100-t60-1	4.36	0.58	175.67	23.24	0.26	0.03	180.28	23.85	42.30
5. Cy-C100-t60-2	8.52	1.13	417.17	55.19	1.82	0.24	427.51	56.56	
6. Cy-C100-t60-3	10.58	1.40	340.67	45.07	0.24	0.03	351.48	46.50	
7. Cy-C200-t60-1	0.89	0.07	817.17	65.07	1.89	0.15	819.94	65.29	63.68
8. Cy-C200-t60-2	1.47	0.12	753.67	60.01	0.70	0.06	755.84	60.18	
9. Cy-C200-t60-3	2.88	0.23	818.17	65.15	2.21	0.18	823.25	65.55	
10. Cy-C400-t60-1	10.67	0.47	1852.67	82.13	4.72	0.21	1868.06	82.81	71.49
11. Cy-C400-t60-2	5.59	0.25	1144.17	50.72	0.86	0.04	1150.56	51.00	
12. Cy-C400-t60-3	21.20	0.94	1794.67	79.56	3.98	0.18	1819.85	80.67	
13. Ve-C0-t60-1	-	-	-	-	-	-	-	-	
14. Ve-C0-t60-2	-	-	-	-	-	-	-	-	
15. Ve-C0-t60-3	-	-	-	-	-	-	-	-	
16. Ve-C100-t60-1	3.92	0.52	404.00	53.45	0.04	0.04	407.96	54.01	56.19
17. Ve-C100-t60-2	1.41	0.19	430.50	56.95	0.02	0.02	431.93	57.16	
18. Ve-C100-t60-3	2.99	0.40	430.50	56.95	0.04	0.04	433.53	57.39	
19. Ve-C200-t60-1	0.83	0.07	724.00	57.65	0.06	0.06	724.88	57.77	51.34
20. Ve-C200-t60-3	1.52	0.12	562.00	44.75	0.0	0.04	563.59	44.91	
21. Ec-C0-t60-1	-	-	-	-	-	-	-	-	
22. Ec-C0-t60-2	-	-	-	-	-	-	-	-	
23. Ec-C0-t60-3	-	-	-	-	-	-	-	-	
24. Ec-C100-t60-1	0.22	0.03	400.33	52.96	0.28	0.04	400.83	53.03	54.67
25. Ec-C100-t60-2	0.32	0.04	332.83	44.03	0.02	0.00	333.17	44.08	
26. Ec-C100-t60-3	0.12	0.02	505.33	66.85	0.32	0.04	505.77	66.91	

รหัส	ปริมาณ Cr ทั้งหมดในหญ้า (mg)	ปริมาณ Cr ทั้งหมดในหญ้า (%)	ปริมาณ Cr ทั้งหมดในดิน (mg)	ปริมาณ Cr ทั้งหมดในดิน (%)	ปริมาณ Cr ทั้งหมดในน้ำ (mg)	ปริมาณ Cr ทั้งหมดในน้ำ (%)	ผลรวมปริมาณ Cr ในหญ้า, ดิน, น้ำ (mg)	Mass balance (%)	Average massbalance (%)
1. Cy-C0-t90-1	-	-	-	-	-	-	-	-	
2. Cy-C0-t90-2	-	-	-	-	-	-	-	-	
3. Cy-C0-t90-3	-	-	-	-	-	-	-	-	
4. Cy-C100-t90-1	2.30	0.30	671.50	88.84	0.29	0.04	674.09	89.18	78.35
5. Cy-C100-t90-2	4.22	0.56	394.50	52.19	0.18	0.02	398.91	52.77	
6. Cy-C100-t90-3	4.72	0.62	699.00	92.48	0.00	0.00	703.72	93.10	
7. Cy-C200-t90-1	5.15	0.41	894.50	71.23	1.42	0.11	901.07	71.75	74.09
8. Cy-C200-t90-2	1.28	0.10	947.50	75.45	0.84	0.07	949.62	75.61	
9. Cy-C200-t90-3	0.09	0.01	939.00	74.77	1.56	0.12	940.66	74.90	
10. Cy-C400-t90-1	108.24	4.80	1707.50	75.69	2.90	0.13	1818.73	80.62	68.05
11. Cy-C400-t90-2	6.97	0.31	1241.00	55.01	3.63	0.16	1251.60	55.48	
12. Ve-C0-t90-1	-	-	-	-	-	-	-	-	
13. Ve-C0-t90-2	-	-	-	-	-	-	-	-	
14. Ve-C0-t90-3	-	-	-	-	-	-	-	-	
15. Ve-C100-t90-1	2.63	0.35	187.83	24.85	0.04	0.00	190.49	25.20	45.42
16. Ve-C100-t90-2	2.06	0.27	436.83	57.79	0.10	0.01	438.99	58.08	
17. Ve-C100-t90-3	3.35	0.44	396.83	52.50	0.21	0.03	400.39	52.97	
18. Ve-C200-t90-1	2.31	0.18	529.83	42.19	0.35	0.03	532.50	42.40	66.75
19. Ve-C200-t90-3	1.61	0.13	1142.33	90.96	0.20	0.02	1144.15	91.10	
20. Ve-C400-t90-3	1.92	0.09	702.83	31.16	1.52	0.07	706.28	31.31	
21. Ec-C0-t90-1	-	-	-	-	-	-	-	-	31.31
22. Ec-C0-t90-2	-	-	-	-	-	-	-	-	
23. Ec-C0-t90-3	-	-	-	-	-	-	-	-	
24. Ec-C100-t90-1	0.26	0.03	395.67	52.35	0.27	0.04	396.19	52.42	53.07
25. Ec-C100-t90-2	0.00	0.00	443.67	58.70	0.32	0.04	443.98	58.74	
26. Ec-C100-t90-3	0.00	0.00	362.17	47.91	1.18	0.16	363.34	48.07	
27. Ec-C200-t90-3	1.39	0.11	1103.67	87.88	1.13	0.09	1106.18	88.08	88.08