รายงานการวิจัย

ความสามารถของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 ในการบำบัดดิน ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม

ASSESSING NAPIER GRASS POTENTIAL TO REMEDIATE CADMIUM CONTAMINATED SOIL

โดย

ทิพวรรณ ลิมังกูร และคณะ

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ความสามารถของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 ในการบำบัดดินที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม

ASSESSING NAPIER GRASS POTENTIAL TO REMEDIATE CADMIUM CONTAMINATED SOIL

โดย

รศ. ดร.ทิพวรรณ ลิมังกูร

ผศ.พรทิวา กัญยวงศ์หา

ผศ.ดร.ธำรงค์ เมฆโหรา และ ดร.พัชรา เอี่ยมกิจการ

b 12840609
i

RCH
P181
2558

ตราชู
สาขทะเบียน 145934
รับงดีคน ปี 11 เมย. 2560

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

สารบัญ..... I
สารบัญตาราง..... II
สารบัญภาพ..... III
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....2
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม.....3
2.1 ความเป็นพิษของแคดเมียม.....3
2.2 ปัญหาการปนเปื้อนของแคดเมียมในการเกษตร.....4
2.3 สถานการณ์การปนเปื้อนของแคดเมียมในประเทศไทย.....5
2.4 การใช้พืชมาช่วยในการบำบัดมลพิษ.....6
2.5 ลักษณะทั่วไปของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1.....7
2.6 แนวคิดในการส่งเสริมการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เพื่อพลังงาน.....8
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย.....9
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....11
4.1 ผลการวิเคราะห์ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย.....11
4.2 ผลการตรวจวิเคราะห์หน้าดิน.....12
4.3 ผลการปลูกหญ้าเนเปียร์ในกระถางทดลอง.....13
บรรณานุกรม.....19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 4.1 ผลการตรวจวิเคราะห์ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย.....11
ตาราง 4.2 ผลการตรวจวิเคราะห์หน้าดิน.....12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 4.1 แผนผังกระถางทดลอง 5 ซ้ำ.....13
ภาพที่ 4.2 การดูแลหญ้าเนเปียร์ทั้ง 15 กระถางในแปลงทดลอง.....15
ภาพที่ 4.3 หญ้าเนเปียร์ที่เติบโตจากท่อนพันธุ์ที่ปลูกลงในกระถางในช่วงแรก.....15
ภาพที่ 4.4 เครื่องมือและการเก็บตัวอย่างดินจาก 15 กระถางในแปลงทดลอง.....16
ภาพที่ 4.5 ท่อนพันธุ์และการปักชำเตรียมต้นกล้าพันธุ์หญ้าเนเปียร์ในถุงพลาสติก.....17
ภาพที่ 4.6 กล้าพันธุ์หญ้าเนเปียร์ประสบปัญหาเชื้อราช่วงฝนตกชุก (เดือนสิงหาคม-ตุลาคม) ทำให้กล้าพันธุ์ตายต้องปักชำใหม่.....18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ปัญหามลพิษปนเปื้อนในดินสืบเนื่องมาจากการขยายตัวทางอุตสาหกรรมและการใช้สารเคมีจากการเกษตร เป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพของประชากรทั่วโลก สำหรับในประเทศไทยพบการปนเปื้อนของแคดเมียมในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ตาว อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ซึ่งตรวจพบว่าข้าวตัวอย่างเกือบทั้งหมดคือร้อยละ 90 มีแคดเมียมเกินค่าอนุญาตให้มี CCFAC และ ร้อยละ12 ของประชากรในพื้นที่มีแนวโน้มที่จะมีอาการไตวาย การบำบัดด้วยวิธีเชิงกลศาสตร์ของดินนั้นใช้ต้นทุนสูงและเป็นการทำลายความอุดมสมบูรณ์ของดิน เทคนิคการใช้พืชเพื่อบำบัดและฟื้นฟูสภาพดินที่ปนเปื้อนสารพิษ (Phytoremediation) เป็นวิธีที่น่าสนใจเนื่องจากต้นทุนต่ำ และไม่ซับซ้อน โดยพืชที่ใช้ควรจะเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในท้องถิ่นและสามารถดูดซึมสารพิษได้ดีรวมถึงมีมูลค่าทางเศรษฐกิจ

หญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 (*Pennisetum purpureum* × *P.americanum* cv. Pakchong 1) เป็นหญ้าที่ได้รับการส่งเสริมเพื่อปลูกเป็นพลังงานทดแทนในประเทศไทย เนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลสูง และให้ผลผลิตสูงตลอดทั้งปี การปลูกหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่ปนเปื้อนมลพิษเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานทดแทน จะสามารถฟื้นฟูดินโดยไม่ส่งผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหารของมนุษย์ ทั้งนี้ยังไม่มีงานวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการดึงสารพิษในดิน (Phytoextraction) และความสามารถในการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์บนดินที่ปนเปื้อนสารพิษในรูปของโลหะหนัก งานวิจัยชิ้นนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาความสามารถในการดึงสารพิษในดินของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 จากดินที่มีการปนเปื้อนสารแคดเมียม เนื่องจากประเทศไทยมีเหตุการณ์ปนเปื้อนแคดเมียมในพื้นที่เกษตรกรรมบ่อยครั้งจากการรั่วไหลของการใช้ในอุตสาหกรรมและเหมืองแร่ หรือแม้แต่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติก็ตาม การปนเปื้อนนี้ก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัยในสุขภาพของประชากร รวมถึงผู้บริโภคสินค้าในห่วงโซ่อาหารเช่นข้าว ยาสูบ เนื้อสัตว์ในพื้นที่ปนเปื้อนนั้น ผลงานที่ได้จากงานวิจัยนี้จะเป็นข้อมูลสำหรับภาครัฐและชุมชนในการส่งเสริมและตัดสินใจปลูกหญ้าเนเปียร์เพื่อพลังงานทางเลือกและ/หรือเพื่อจัดการหน้าดินให้มีพื้นที่ที่ปลอดสารพิษสำหรับการเกษตรกรรมแก่คนรุ่นหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการดูดซึมแคดเมียมรวมถึงอัตราการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 ที่ระดับความเข้มข้นแคดเมียม 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมซึ่งเกินค่าปนเปื้อนในดินที่ยอมรับได้คือที่ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

การทดลองนี้ทำการตรวจสอบความสามารถในการบำบัดสารแคดเมียม ของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1โดยจะทำการทดลองเบื้องต้นในกระถางที่แปลงทดลองของคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ศึกษาปริมาณแคดเมียม (หน่วยมิลลิกรัม) ที่หญ้า เนเปียร์สามารถดูดซับเปรียบเทียบขณะที่อายุ 45 วันและ 90วัน โดยใช้ดินที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมจากตัวอย่างดินผสมกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตที่ระดับความเข้มข้นแคดเมียม 3 ระดับ คือ ไม่มีแคดเมียม, แคดเมียม5 และ10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และนำมาเปรียบเทียบอัตราการดูดซับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 ความเป็นพิษของแคดเมี่ยม

แคดเมียม (Cadmium) เป็นโลหะหนักที่มีประจุบวก 2 ประจุ ถูกค้นพบในปี ค.ศ. 1817 โดย มีรากศัพท์มาจากภาษาลาตินว่า Cadmia และ ภาษากรีกว่า Kadmeia มีสัญลักษณ์ทางเคมี คือ Cd โดยมีเลขอะตอม และมวลอะตอมเท่ากับ 48 และ 112.40 g/mol ตามลำดับ โครงสร้างเป็นรูปหกเหลี่ยม (Hexagonal structure) จัดเป็นธาตุทรานซิชัน (Transition metal) ที่อยู่ในกลุ่ม IIB ตามตารางธาตุ แคดเมียมจัดเป็นแร่โลหะหนัก มีลักษณะสีขาว มีความอ่อนตัว ตัดได้ง่าย และตีแผ่ได้เป็นมันเงา หรือเป็นผง เม็ดละเอียดสีเทา เงิน (Silver-white) พบในธรรมชาติในรูปของสารประกอบซัลไฟด์ และมักพบร่วมกับสังกะสี และทองแดง มีการนำแคดเมียมมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น เคลือบผิวหรือชุบโลหะ การเชื่อมหรือประสานโลหะ ใช้ในกระบานผลิตพลาสติกเพื่อการคงรูปพลาสติก ใช้เป็นส่วนประกอบของสีทาบ้าน ทำแบตเตอรี่ หลอดฟลูออเรสเซ็นต์ ผสมในสารฆ่าเชื้อรา พลาสติก ปุ๋ยและสารป้องกันกำจัดฆ่าแมลง

ความเป็นพิษของแคดเมียม โดยทั่วไปแคดเมียมจะเข้าสู่ร่างกายผ่านทางระบบทางเดินอาหารโดยการกินอาหารหรือน้ำดื่มที่มีการปนเปื้อน และจากการหายใจเอาเศษไอ ละอองหรือฝุ่นที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมในอากาศ โดยเฉพาะบริเวณการทำเหมืองแร่ การหลอมสังกะสี ทองแดง และตะกั่ว การเข้าสู่ร่างกายของแคดเมียมผ่านทางการหายใจจะทำให้เกิดพิษอย่างน้อย 60 เท่าของการกิน เพราะไอระเหย และฝุ่นอาจจะก่อให้เกิดภาวะปอดอักเสบ (Delayed chemical pneumonitis) และทำให้ปอดบวมน้ำ เลือดออกในปอด ส่วนการกินเข้าสู่ระบบทางเดินอาหารจะทำให้ระคายเคืองทางเดินอาหาร และเมื่อถูกดูดซึมแคดเมียมจะรวมตัวกับ Metallothionein เกิดการกรองผ่านไต ซึ่งจะเกิดการทำงานของไตผิดปกติ หากกลืนกินจะทำให้เกิดพิษแบบเฉียบพลัน เกิดอาการเวียนศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องรุนแรง มีอาการถ่ายเหลว และอาจมีภาวะเลือดปนออกมา เนื่องจากการระคายเคือง และการอักเสบของอวัยวะระบบทางเดินอาหาร ถ้าอาการรุนแรงอาจเกิดการช็อกเนื่องจากขาดน้ำ และไตวายเฉียบพลันเสียชีวิตได้ง่าย กลไกของแคดเมียมไปยับยั้งเอนไซม์ทำให้เมตาบอลิซึมหลายขบวนการหยุดนิ่ง ในกรณีพิษเรื้อรังพบว่าเซลล์ของตับ ไต ลำไส้ กล้ามเนื้อหัวใจ และสมองจะถูกทำลายและอักเสบ เกิดโรคโลหิตจาง ความดันเลือดสูง อัตราการเติบโตช้าลง การสะสมแคดเมียมในร่างกายทีละเล็กทีละน้อยในระยะยาว ซึ่งจะมีการสะสมแคดเมียมในกระดูก ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เกิดโรคอิไตอิไต(Itai-itai) กระดูกจะเปราะ หักง่าย มีอาการเจ็บปวดกระดูกทั่วทั้งร่างกาย และเกิดโรคไตเสื่อม นอกจากนี้ การสะสมแคดเมียมในร่างกายยังเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งหลายชนิด เช่น มะเร็งปอด มะเร็งที่ไต มะเร็งต่อมลูกหมาก เป็นต้น

สำหรับค่ามาตรฐานการปนเปื้อนแคดเมียมในสถานที่ทำงาน กำหนดไว้ไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ในบรรยากาศ ส่วนค่ามาตรฐานในร่างกาย ไม่เกิน 5 ไมโครกรัม/ลิตร ในเลือด(นิรนาม, 2558)

2.2 ปัญหาการปนเปื้อนของแคดเมียมในการเกษตร

การปนเปื้อนของแคดเมียมในการเกษตรส่งผลกระทบในหลายพื้นที่ทั่วโลกประเทศ เช่น ในจังหวัดโทยาม่า ประเทศญี่ปุ่น พบว่ามีการรั่วไหลของสารแคดเมียมจากการถลุงสังกะสีของบริษัท Mitsui Minning and Smelting Co. ltd. ในช่วงปีค.ศ.1910-1950 ซึ่งเป็นช่วงที่ภูมิภาคเอเชียปลอดจากการล่าอาณานิคมจากประเทศตะวันตก ประเทศญี่ปุ่นเติบโตในอุตสาหกรรมมาก เหมืองคามิโอกะในจังหวัดโทยาม่ามีกำลังการผลิตสังกะสีประมาณครึ่งหนึ่งของแร่ที่ถลุงได้ในประเทศในช่วงปี1930 ญี่ปุ่นทำสงครามกับจีนทำให้มีความต้องการใช้สังกะสีเพิ่มขึ้นช่วงนั้นเองชาวนาและชาวประมงในจังหวัดสังเกตเห็นผลผลิตลดลงอย่างมาก ทั้งนี้ผลกระทบต่อผลิตผลการเกษตรจะสังเกตได้ก่อนที่จะมีผลกระทบกับสุขภาพของคน หลังจากนั้นในช่วงสงครามโลกครั้งที่สองความต้องการใช้สังกะสียิ่งเพิ่มมากขึ้น แร่แคดเมียมที่ไม่มีค่าทางเศรษฐกิจมากนักเพียงแค่ถูกปล่อยทิ้งสู่ลุ่มน้ำไม่ได้มีการจัดการหรือการถลุงแคดเมียมเก็บไว้ ซึ่งในช่วงปี 1960 เริ่มมีผู้ป่วยหลายราย ซึ่งจำนวนผู้ป่วยเป็น โรคอิไต อิไตถึงปี 2007 รวมทั้งสิ้นประมาณ 400 ราย (Kaji 2012) ปัจจุบันแม้ว่าปริมาณแคดเมียมในเมล็ดข้าวจะไม่สูงกว่ามาตรฐานจาก Codex Committee on Food Additives and Contaminants (CCFAC) ซึ่งกำหนดค่าของแคดเมียมไว้ไม่ให้เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่นับว่าข้าวในประเทศญี่ปุ่นมีแคดเมียมสูงมากเมื่อเทียบกับประเทศอื่นในเอเชีย โดยญี่ปุ่นมีค่าเฉลี่ยแคดเมียมอยู่ที่ 0.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Watanabe et al. 1996) แต่ค่าบริโภคนั้นอยู่ที่ 3 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัวต่อสัปดาห์ ซึ่งเกินมาตรฐานที่ 2.5 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัวต่อสัปดาห์ (Uraguchi and Fujiwara 2012) เช่นเดียวกันในประเทศจีนมีการตรวจพบค่าแคดเมียมที่สูงเกินมาตรฐานในข้าวและยาสูบในพื้นที่บริเวณโรงถลุงสังกะสีและปรอทในภาคตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ในมณฑลเจื้อเจียง(Jin et al. 2002) และในมณฑลกวางตุ้ง (Yang et al. 2012) โดยค่าแคดเมียมจากข้าวในพื้นที่ปนเปื้อนจะอยู่ที่ประมาณ 2.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (CCFAC limit=0.2) ซึ่งผู้บริโภคข้าวปนเปื้อนนั้นได้รับผลกระทบจากอาการเจ็บป่วยเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับประชากรส่วนใหญ่ คือมวลกระดูกลดลงและไตวาย (Nordberg et al. 2002) สำหรับในประเทศไทยพบการปนเปื้อนของแคดเมียมในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ตาว อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ซึ่งตรวจพบว่าข้าวตัวอย่างเกือบทั้งหมดคือร้อยละ 90 มีแคดเมียมเกินค่าอนุญาตให้มี CCFAC และ ร้อยละ 12 ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประชากรในพื้นที่มีแนวโน้มที่มีอาการไตวาย (Simmons et al. 2005) เห็นได้ว่าปัญหาการปนเปื้อนแคดเมียมเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและก่อให้เกิดปัญหาในระยะยาวแก่ชาวบ้านในพื้นที่และผู้บริโภคผลิตภัณฑ์จากเกษตรกรรมในพื้นที่เป็นจำนวนมาก

2.3 สถานการณ์การปนเปื้อนของแคดเมียมในประเทศไทย

การตระหนักถึงปัญหาการปนเปื้อนแคดเมียมที่ดอยผาแดง ตำบลแม่ตาว อำเภอแม่สอด สืบเนื่องมาจากผลรายงานวิจัย International Water Management Institute 2003 ที่นักวิจัยจากสถาบันจัดการคุณภาพซึ่ง เป็นองค์กรนานาชาติอิสระที่ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำและดินในประเทศกำลังพัฒนา ร่วมกับกรมวิชาการเกษตร ได้ทำการตรวจวัดระดับสารแคดเมียมในดินและข้าว พบว่าตัวอย่างดินจากการสุ่มจำนวน 154 ตัวอย่างมีปริมาณสารแคดเมียมในดิน สูงกว่าค่ามาตรฐานของยุโรป (EU) ถึง 1,800 เท่า และพบว่า ร้อยละ 95 ของเมล็ดข้าวที่สุ่มตัวอย่างมีแคดเมียมปนเปื้อนเกินมาตรฐาน โดยพิสัยอยู่ที่ 0.1 – 4.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งปริมาณสารแคดเมียมที่พบนี้มีค่าในพิสัยครอบคลุมกับข้าวที่ก่อโรคอิไต-อิไตในประเทศญี่ปุ่น (0.3 – 1.0) ผลของการตรวจสอบนี้ได้ก่อให้เกิดความเคลื่อนไหวใน หน่วยงานของรัฐทั้งในส่วนกลางและท้องที่ องค์กรอิสระ และชุมชน เพื่อตรวจสอบข้อเท็จจริง และพิสูจน์หาสาเหตุซึ่งปัจจุบันยังสรุปไม่ได้ว่าเกิดจากเหมืองแร่สังกะสีหรือไม่ รวมทั้งพิจารณาแนวทางการป้องกันแก้ไขปัญหาในการที่ชาวบ้านอาจได้รับสารแคดเมียมปนเปื้อนต่อเนื่องมานานกว่า 10 ปี เนื่องจากในราวปี พ.ศ. 2512-2518 บริษัท ไทยซิง จำกัด ได้สำรวจและได้รับสัมปทาน(ประทานบัตร)การทำแร่สังกะสี ต่อมาในปี 2526 บริษัทผาแดงอินดัสทรี จำกัด (มหาชน) ได้ประทานบัตรการทำเหมืองแร่ต่อ และขอขยายพื้นที่สัมปทานออกไปอีก และในปี 2536 บริษัท ตากไมนิง ก็ได้รับสัมปทาน ให้เข้ามาทำเหมืองอีกแห่ง ในพื้นที่ไม่ไกลกันนัก (http://www.anamai.moph.go.th/main.php?filename=HIA020309, กรมอนามัย) โดยมีนักวิจัยหลายกลุ่มบ่งชี้ว่า สาเหตุของการปนเปื้อนมาจากการทำเหมืองสังกะสี (ประยุทธ 2546, Simmons et al. 2008, Paijitprapapon et al. 2008) ขณะเดียวกันกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ ได้ส่งเจ้าหน้าที่ไปทำการสำรวจสภาพพื้นที่และเก็บตัวอย่างคุณภาพสิ่งแวดล้อม ซึ่งสรุปได้ว่า การปนเปื้อนของแคดเมียมในสิ่งแวดล้อมบริเวณอำเภอแม่สอดมีสาเหตุมาจากกระบวนการตามธรรมชาติเป็นสำคัญ ไม่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมเหมืองแร่ (กลุ่มวิชาการและมาตรฐาน การเหมืองแร่อุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่) ซึ่งนักวิจัยพบว่าเป็นไปได้ที่มีอยู่ก่อนแล้ว (Unhalekhaka และ Kositanont 2008, Khaokaew et al. 2011, Sriprachote et al. 2012) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และกระทรวงสาธารณสุขแนะนำแก่เกษตรกรให้หยุดกินข้าวและพืชผักที่มีการปนเปื้อนสารแคดเมียมที่ปลูกเองในพื้นที่ ส่งเสริมให้ชาวบ้านปลูกพืชที่ไม่อยู่ในห่วงโซ่อาหาร เช่น ยางพารา สัก ไม้ยูคา พืชไม้ดอกไม้ประดับ หรือ พืชเพื่อเป็นพลังงานทดแทน เช่น สบู่ดำ ละหุ่ง ปาล์มน้ำมัน สำหรับไบโอดีเซล และ อ้อย สำหรับไบโอเอทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การใช้พืชมาช่วยในการบำบัดมลพิษ

การบำบัดดินปนเปื้อนของดินมีหลายทาง ทางเลือกหนึ่งของการบำบัดดินปนเปื้อนคือการใช้พืชมาช่วยในการบำบัดมลพิษหรือไฟโตรีมีดิเอชั่น (Phytoremediation) ซึ่งเป็นวิธีที่เปลืองค่าใช้จ่ายน้อยและเป็นมิตรต่อหน้าดินและสภาพแวดล้อม ไม่ลดความสมบูรณ์ของดินเช่นวิธีการอื่นๆ และรักษาสภาพหน้าดิน โดยอาศัยประโยชน์จากกระบวนการดูดน้ำ และ แร่ธาตุอาหาร ผ่านทางรากของพืช รวมทั้งกระบวนการคายน้ำทางปากใบ เพื่อแลกเปลี่ยนสารปนเปื้อนให้มีความเป็นพิษน้อยลง(จีราจันทร์ 2554) ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายกระบวนการได้แก่

1) การใช้พืชลดการเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อน (Phytostabilization) เป็นการเลือกใช้พืชที่มีความสามารถในการควบคุม หรือลดการเคลื่อนย้ายของสารพิษที่ปนเปื้อนในดิน และน้ำใต้ดินด้วยการตรึงและยึดไว้ที่ราก โดยรากของพืชจะดูดและตรึงสารปนเปื้อนไว้บนรากพืช ทำให้สารปนเปื้อนต่างๆ ภายในดินมีการเปลี่ยนรูปไปอยู่ในรูปที่มีความเสถียร เกิดการตกตะกอน โดยกระบวนการดังกล่าวนี้จะสามารถลดการเคลื่อนย้ายสารปนเปื้อนที่เป็นพิษต่างๆ ภายในดิน และขัดขวางการเคลื่อนย้ายสารปนเปื้อนลงไปสู่น้ำใต้ดินหรือในอากาศให้มีการเคลื่อนย้ายลดลง นอกจากนี้ ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปลูกพืชคลุมดินในบริเวณที่มีการปนเปื้อน ทำให้สารปนเปื้อนที่มีความเข้มข้นสูงลดระดับความเป็นพิษให้น้อยลง ด้วยการลดความสามารถในการเคลื่อนย้ายสารปนเปื้อนจากลม

2) การเลือกใช้พืชที่มีความสามารถในการกรอง(Rhizofiltration) เพื่อดูดซับ และรับเอาสารปนเปื้อนต่างๆ ที่อยู่ในรูปของสารละลายรอบๆ บริเวณรากให้เข้าไปในรากของพืชได้ ซึ่งพืชที่มีคุณสมบติดังกล่าวนี้ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้กำจัดสารปนเปื้อนต่างๆ ในแหล่งน้ำหรือในดินที่มีความชุ่มของน้ำ

3) การเลือกใช้พืชที่มีความสามารถในการเป็นสื่อที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายสารปนเปื้อนที่มีอยู่ในดินหรือในน้ำออกไปสู่อากาศ (Phytovolatilization) จะเกิดขึ้นตามการเจริญเติบโตของพืชยืนต้นที่มีการดูดเอาน้ำ ที่มีสารอินทรีย์และอนินทรีย์ปนเปื้อนเข้าไป แล้วเปลี่ยนรูปสารพิษด้วยกลไกที่เกิดขึ้นในต้นพืชให้สารพิษอยู่ในรูปที่ระเหยได้ผ่านไปยังใบ และจะมีการระเหยเป็นไอออกไปสู่บรรยากาศ

4) Phytodegradation เป็นการสลายตัวของสารที่ปนเปื้อนในดินให้มีพิษน้อยลงด้วยกิจกรรมการเผาผลาญในพืช หรือจากเอนไซม์ของพืช ซึ่งกระบวนการนี้จะเกิดในบริเวณรากจุลินทรีย์ในพืช(Endophytes) สามารถช่วยขบวนการนี้ได้ดี จุลินทรีย์ในพืชเป็นได้ทั้งแบคทีเรีย,ราซึ่งเข้าไปอยู่ในพืชผ่านทางราก,ดอก,ใบหรือผล ซึ่งมีความสัมพันธ์แบบได้ประโยชน์ร่วมกันกับพืช โดยจุลินทรีย์ในพืชจะรับน้ำตาลจากพืช และตอบแทนโดยการสร้างภูมิคุ้มกันต่อความเครียดทางชีวภาพและกายภาพ เช่นเชื้อโรค, ความแห้งแล้ง, ความเค็มและความเป็นพิษจากสารปนเปื้อน เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกระถิน (*Leucaena leucocephala*) มีจุลินทรีย์ที่ช่วยทั้งตรึงไนโตรเจนและลดการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์สิโนเจนที่ก่อมะเร็ง (Doty et al. 2003)

5) กระบวนการการดูดซับมลพิษจากดิน(Phytoextraction) เป็นการใช้พืชที่มีความสามารถในการสะสมโลหะหนัก โดยสามารถดูดซับและลำเลียงไปสะสมในใบและลำต้น การดึงโลหะหนักเข้าไปเก็บมวลชีวภาพ เป็นวิธีที่สามารถเคลื่อนย้ายมลพิษได้ง่าย โดยอาจจะนำไปที่บำบัดที่ของเสียปนเปื้อน หรืออาจนำมาแปรรูปแล้วนำมาใช้ประโยชน์หมุนเวียนได้ใหม่ในภายหลังได้ พืชที่มีความสามารถสะสมโลหะหนักได้มากกว่าพืชปกติเรียกว่า Hyperaccumulator ซึ่งความสามารถสะสมได้มากกว่าพืชปกติมากกว่า 100 เท่าเมื่อเทียบกับมวลน้ำหนักแห้ง พืชที่เป็น Hyperaccumulator ของสารแคดเมียม ได้แก่ มะแว้งนก (*Solanum nigrum L.)* (Wei et al. 2005) หรือหญ้า *Thlaspi caerulescens* (Brown et al. 1994) ซึ่งพืชสะสมสารโลหะหนักจะเป็นพืชโตช้า เนื่องจากต้องใช้แรงดูดในการขับเคลื่อนมาก ดังนั้นการจะดูดสารพิษให้มากควรจะใช้พืชที่มีความสามารถดูดซับมาก (หน่วย: มิลลิกรัมสารต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของพืช) และมีมวลน้ำหนักมากด้วย อีกทั้งควรจะมีความต้านทานต่อความเป็นพิษของโลหะหนักสูง

2.5 ลักษณะทั่วไปของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นหญ้าเนเปียร์ลูกผสมสายพันธุ์หนึ่ง ซึ่งเกิดจากการผสมข้ามระหว่างหญ้าเนเปียร์ยักษ์และหญ้าไข่มุก และไม่ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด จึงไม่เกิดปัญหาเป็นพืชรุกรานลักษณะภายนอกประกอบด้วยลำต้นมีข้อและปล้องชัดเจน ลักษณะลำต้นและทรงต้นตั้งตรง มีใบเกิดสลับข้างกัน มีส่วนกาบใบหุ้มลำต้นไว้ ใบและลำต้นอ่อนนุ่ม โตเต็มที่สูงประมาณ 5 เมตร รากเป็นระบบรากฝอยแข็งแรง แผ่กระจายออกรอบลำต้นในรัศมี ประมาณ 50-100 เซนติเมตร ลึก 30-50 เซนติเมตร ลำต้นสามารถแตกหน่อได้จากตาของข้อล่างๆ ที่อยู่ชิดดิน เจริญเติบโตเร็ว แตกกอดี ทนแล้ง ไม่มีระยะพักตัว ตอบสนองต่อน้ำและปุ๋ยดี ปรับตัวได้ดีในดินหลายสภาพ หญ้าจะเจริญเติบโตได้ดีในระยะย่างปล้องและสุกแก่ อายุ 1 เดือนครึ่ง – 2 เดือน (6-8 สัปดาห์) สามารถเก็บเกี่ยวได้ 4-6 รอบต่อปี ให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่า 35 ตัน/ไร่ หญ้าเนเปียร์มีปริมาณน้ำตาลในใบและลำต้นสูง ทำเป็นหญ้าหมักโดยไม่จำเป็นต้องเติมสารเสริมใดๆ ปลูกครั้งเดียวเก็บเกี่ยวต่อเนื่องได้นาน 8-9 ปี ปัจจุบันได้มีโครงการส่งเสริมให้เกษตรปลูก โดยมีสัญญาซื้อขายพืชพลังงานกับโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพ เพื่อ ผลิตไฟฟ้า หรือนำไปผลิตเป็นก๊าซชีวภาพอัด หรือนำไปใช้แทนก๊าซแอลพีจี (LPG) ซึ่งจะส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้ที่มั่นคง และประเทศเกิดความมั่นคงทางด้านพลังงาน (ไกรลาศ เขียวทอง, 2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 แนวคิดในการการส่งเสริมการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เพื่อพลังงาน

ในพื้นที่ที่ปนเปื้อนควรได้รับการบำบัด ทั้งนี้การให้เกษตรกรหยุดปลูกข้าวและพืชอาหารนั้นไม่เป็นวิธีแก้ปัญหาอย่างยั่งยืน เกษตรกรควรได้รับการส่งเสริมให้ปลูกพืชพลังงานหรือสวนป่าไม้ มีการศึกษาอ้อยเพื่อเป็นพืชพลังงานในลุ่มน้ำตาวพบว่าอ้อยมีความสามารถดูดแคดเมียมได้มากกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด (ทะนงศักดิ์ ยาทะเลและคณะ 2551) ทั้งนี้ผลผลิตของอ้อยเพื่อเป็นพืชพลังงานไม่สูงเท่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 แต่ไม่มีงานวิจัยใดวิเคราะห์ ความสามารถในการเจริญเติบโตในพื้นที่ปนเปื้อน และ ความสามารถในการบำบัดสารพิษ หญ้าเนเปียร์เป็นหญ้าโตเร็ว น่าจะมีศักยภาพในการดูดซับมลพิษได้มาก อีกทั้งยังมีมูลค่าทางเศรษฐกิจโดยไม่ส่งผลต่อวงจรอาหารมนุษย์ มีรายงานของ Zhang et al. 2010 พบว่าหญ้าบาน่า (*Pennisetum americanum* × *P. purpureum*) ซึ่งเป็นหญ้าพันธุ์ทางจากหญ้าไข่มุกและหญ้าเนเปียร์ยักษ์เช่นเดียวกับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 พบว่าสามารถต้านทานพิษของแคดเมียมได้ดีและดูดซับแคดเมียมได้เป็นปริมาณมากด้วย โดยพื้นที่ปนเปื้อนแคดเมียม 8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมจะใช้เวลาประมาณ 12 ปีในการบำบัด เมื่อเทียบกับหญ้าพาสพาลัม (*Paspalum atratum*)และถั่วสไตโล (*Stylosanthes guianensis (Leguminosae)*) ซึ่งใช้เวลา 32 และ 95 ปีตามลำดับ

หากมีการวิจัยความสามารถในการบำบัดสารพิษ ในหญ้าเนเปียร์รองรับ การส่งเสริมการปลูกจะช่วยให้ภาครัฐและชุมชนมีข้อมูลเพื่อตัดสินใจมากขึ้น เนื่องจากหญ้าเนเปียร์ยักษ์มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสำหรับตลาดพลังงานที่กำลังเติบโต ทำให้เกษตรกรได้ประโยชน์จากสองทางคือได้ผลตอบแทนในรูปรายได้และลดความเป็นพิษที่จะก่อให้เกิดปัญหากับสุขภาพ รวมถึงเทคโนโลยีปัจจุบันยังเอื้อต่อการกำจัดแคดเมียมในกระบวนการสุดท้ายอย่างมาก การส่งชีวมวลหญ้าเนเปียร์เข้าสู่เตาเผาPyrolysis นั้นจะได้ เชื้อเพลิงเป็นก๊าซ (Biogas)และได้ผลพลอยได้เป็น ถ่านCoke ซึ่งมีแคดเมียมอยู่ ซึ่งถ่านนี้สามารถนำไปกำจัดได้ง่าย หรือนำไปทำเชื้อเพลิงในการถลุงแร่ (Incineration) ที่อุณหภูมิสูง โดยโลหะจะกลายเป็นไอ และจะสามารถดักจับไอโลหะเพื่อสกัดโลหะได้ (Sas-Nowosielska et al. 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงการทดลองตรวจสอบความสามารถในการบำบัดสารแคดเมียมของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ทำการทดลองที่แปลงทดลองของคณะเทคโนโลยีการเกษตร โดยทำการเตรียมดินในพื้นที่ ที่ไม่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักมาก่อน สำหรับใส่ในกระถางขนาด 50×50×50 ซ.ม. จำนวน 15 กระถาง ในแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design ที่มีระดับความเข้มข้นแคดเมียม 2 ระดับ คือ ไม่มีแคดเมียม(ควบคุม), แคดเมียม 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยจะวัดที่ 2 ระยะเวลาคือ 45 วันและ 90วัน ในตัวอย่างดินจากดินผสมกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง มีจำนวนซ้ำ 5 กระถาง

วิธีการทดลอง

การเตรียมดินจะนำตัวอย่างดินจากดินผสมกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบังมาผึ่งให้แห้งและเก็บเศษปลอมปน และเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม โดยจะสกัดตัวอย่างดินโดยสาร Diethylene Triamine Penta Acitic Acid (DTPA) แล้วนำไปตรวจวัดโดยเครื่อง inductively-coupled plasma emission spectroscopy (Page et al. 1982)

การเตรียมดินบริเวณแปลงปลูกจะขุดหน้าดินความลึกประมาณ 15-25 ซม. มาผึ่งให้แห้งและเก็บเศษปลอมปน จากนั้นชั่งดินใส่กระถาง และคำนวณหาปริมาณที่จะผสมกับดินปนเปื้อนโดยใช้ดินกระถางละ 100 กิโลกรัม คลุกดินให้ทั่วกัน รดน้ำกระถาง และย้ายต้นกล้าหญ้าเนเปียร์ ที่เพาะในถุงพลาสติกอายุ 15 วันมาปลูกในกระถาง

เมื่อครบ 45 วันและ 90วัน จะเก็บข้อมูลความสูงและทำการเก็บเกี่ยว ชั่งน้ำหนัก แยกส่วนราก และ ลำต้น ไปอบที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ แล้วแยกส่วนบดแห้ง แล้วใช้ตัวอย่างอบแห้งของราก, ใบ, ลำต้น อย่างละ 1 กรัม นำไปใส่กรดไนตริกเพอร์คลอริก HNO_3:$HClO_4$ 2:1 จำนวน 10 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 คืนแล้วปรับให้เป็นปริมาตร 100 มิลลิลิตร (McGrath and Cunliffe 1985) แล้วนำไปวิเคราะปริมาณแคดเมียม จากเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง

ใช้เทคนิคการวัดความแปรปรวน ANOVA เพื่อวัดค่าต่อไปนี้จากกระถางควบคุมและกระถางดินปนเปื้อนว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

1) ปริมาณแคดเมียมในส่วนต่างๆของต้นหญ้าเนเปียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ปริมาณแคดเมียมที่คงเหลือในดินหลังการเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์

3) มวลน้ำหนักของต้นหญ้าเนเปียร์

ใช้เทคนิคการวัดความแปรปรวน ANOVA จาก 2 ปัจจัย เพื่อวัดค่าอัตราส่วนแคดเมียมต่อน้ำหนักในส่วนต่างๆของต้นหญ้าเนเปียร์ จากกระถางควบคุมและกระถางดินปนเปื้อนว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิเคราะห์ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย

ผลจากห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง พบว่าตะกอนมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง(pH) 7.8 ไม่พบการปนเปื้อนของแคดเมียม แต่พบการปนเปื้อนของสารโลหะหนักชนิดอื่น เรียงตามลำดับจากมากไปน้อย คือ ทองแดง (Cu) 1,319.64 mg/kg นิเกิล(Ni) 88.44 mg/kg โครเมียม(Cr) 30.02 mg/kg และตะกั่ว(Pb) 17.26 mg/kg ตามลำดับ ส่วนปริมาณธาตุอาหารในดินพบไนโตรเจน((N) 1.26 เปอร์เซนต์ ฟอสฟอรัส (P) 0.32 mg/kg โปแตสเซียม (K) 5,405.67 mg/kg ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 0.82 เปอร์เซนต์ โดยมีความชื้น 10.44 เปอร์เซนต์ (ตาราง 4.1)

ตาราง 4.1 ผลการตรวจวิเคราะห์ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย

พารามิเตอร์ (Parameter)	หน่วย (Unit)	ผลการวิเคราะห์ (Result)	วิธีอ้างอิง (Reference Method)
กรด-ด่าง (pH)	-	7.80	pH meter
ความชื้น	%	10.44	อบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส (อย่างน้อย 1 ชั่วโมง)
เปอร์เซนต์อินทรียวัตถุ	%	0.82	Potassium dichromate digestion
สารหนู (As)	mg/kg		Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) - Hydride Technique
สารแคดเมียม (Cd)	mg/kg	nd	Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) - Flame Technique
สารโครเมียม (Cr)	mg/kg	30.02	Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) - Flame Technique
สารทองแดง (Cu)	mg/kg	1319.64	Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) - Flame Technique
สารตะกั่ว (Pb)	mg/kg	17.26	Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) - Flame Technique
สารปรอท (Hg)	mg/kg		Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) - Hydride Technique
สารนิเกิล (Ni)	mg/kg	88.44	Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) - Flame Technique
ไนโตรเจน (N)	%	1.26	kjeldahl method
ฟอสฟอรัส (P)	mg/kg	0.32	Bray II method
โพแทสเซียม (K)	mg/kg	5405.67	Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) - Flame Technique

ข้อเสนอแนะ : nd = non detect (ค่าที่ไม่สามารถเครื่องมือวัดได้ หรือน้อยกว่าค่าที่เครื่องมือสามารถวัดได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการตรวจวิเคราะห์หน้าดิน

ผลจากห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์หน้าดินที่ทำการทดลอง พบว่าหน้าดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) 2.50 ไม่พบการปนเปื้อนของแคดเมียม แต่พบการปนเปื้อนของสารโลหะหนักชนิดอื่น เรียงตามลำดับจากมากไปน้อย คือ ทองแดง (Cu) 60.95 mg/kg โครเมียม(Cr) 43.78 mg/kg ตะกั่ว(Pb) 20.48 mg/kg และนิเกิล(Ni) 12.89 mg/kg ตามลำดับ ส่วนปริมาณธาตุอาหารในดินพบไนโตรเจน((N) 0.31 เปอร์เซนต์ ฟอสฟอรัส (P) 0.17 mg/kg โปแตสเซียม (K) 4,634.73 mg/kg ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 1.44 เปอร์เซนต์ โดยมีความชื้น 1.33 เปอร์เซนต์ (ตาราง 4.2)

ตาราง 4.2 ผลการตรวจวิเคราะห์หน้าดิน

พารามิเตอร์ (Parameter)	หน่วย (Unit)	ผลการวิเคราะห์ (Result)	วิธีอ้างอิง (Reference Method)
กรด-ด่าง (pH)	-	2.50	pH meter
ความชื้น	%	1.33	เทียบจากน้ำหนักที่หายไปหลังจากอบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่
ปริมาณอินทรียวัตถุ	%	1.44	Potassium dichromate digestion
สารหนู (As)	mg/kg		Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) - Hydride Technique
สารแคดเมียม (Cd)	mg/kg	nd	Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) - Flame Technique
สารโครเมียม (Cr)	mg/kg	43.78	Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) - Flame Technique
สารทองแดง (Cu)	mg/kg	60.95	Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) - Flame Technique
สารตะกั่ว (Pb)	mg/kg	20.48	Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) - Flame Technique
สารปรอท (Hg)	mg/kg		Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) - Hydride Technique
สารนิกเกิล (Ni)	mg/kg	12.89	Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) - Flame Technique
ไนโตรเจน (N)	%	0.31	kjeldahl method
ฟอสฟอรัส (P)	mg/kg	0.17	Bray II method
โพแทสเซียม (K)	mg/kg	4634.73	Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) - Flame Technique

ข้อสังเกตุ : nd = non detect (ค่าที่ไม่สามารถตรวจวัดได้ หรือมีค่าน้อยกว่าค่าต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถวัดได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

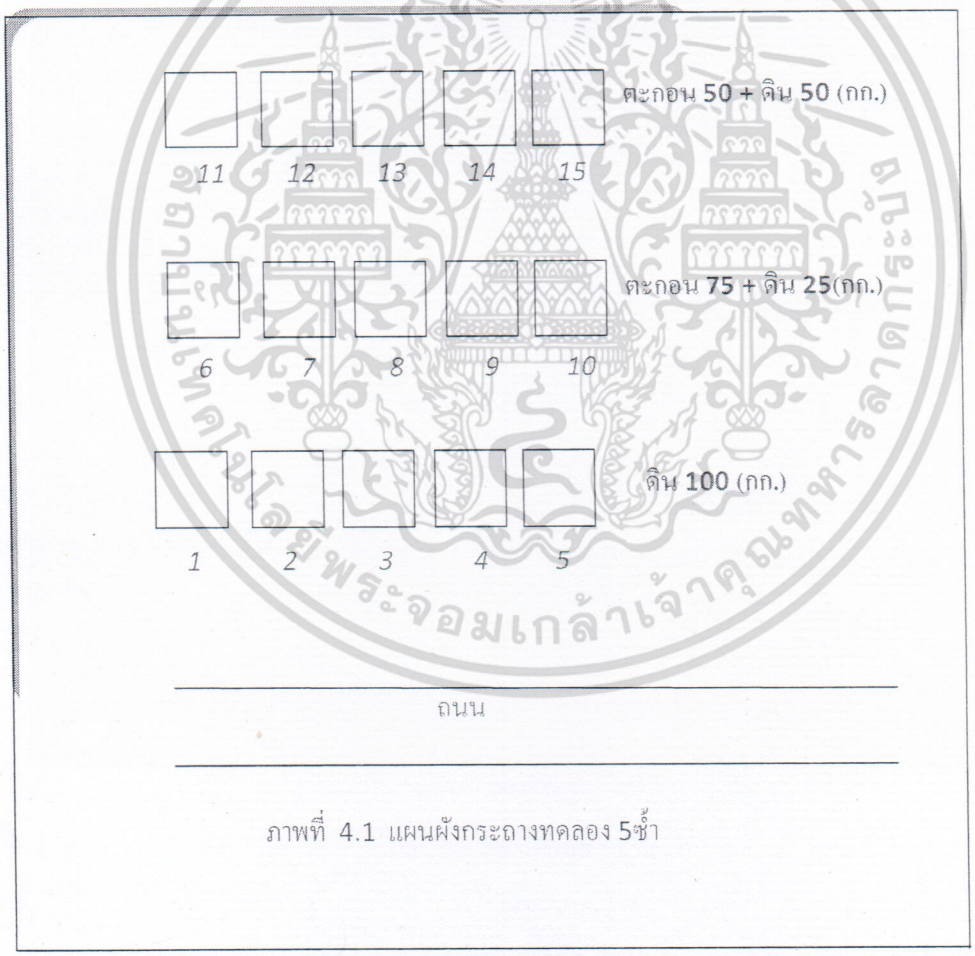
4.3 ผลการปลูกหญ้าเนเปียร์ในกระถางทดลอง

นำกระถางที่หล่อทำขึ้นมาโดยเฉพาะให้มีขนาด 50×50×50 ซ.ม. จำนวน 15 กระถาง แต่ละกระถางบรรจุวัสดุปลูกได้ 100 กิโลกรัมมาบรรจุหน้าดินผสมตะกอนในแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์ทั้งตะกอนและหน้าดินที่นำมาใช้ในการทดลองไม่พบแคดเมียม จึงลองทดลองต่อโดยผสมตะกอนและหน้าดิน จำนวนซ้ำ 5 กระถาง ดังนี้

ระดับที่ 1 : ใส่หน้าดินอย่างเดียว 100 กก.โดยไม่ผสมตะกอนเป็น Control จำนวน 5 กระถาง

ระดับที่ 2 : ใส่หน้าดิน 75 กก. ผสมกับตะกอน 25 กก. จำนวน 5 กระถาง

ระดับที่ 3 : ใส่หน้าดิน 50 กก. ผสมกับตะกอน 50 กก. จำนวน 5 กระถาง



ภาพที่ 4.1 แผนผังกระถางทดลอง 5ซ้ำ

ท่อนพันธุ์หญ้าเนเปียร์ที่นำมาจากสหกรณ์โคขุนบ้านปางมะนาว ตำบลหินดาด อำเภอปางศิลาทอง จังหวัดกำแพงเพชร นำมาตัดปักชำ 15 วันแล้วนำมาปลูกลงในกระถางทั้ง 15 ใบ ดูแลรดน้ำใน ช่วงประมาณ 20 วันแรกหญ้าเนเปียร์มีการเจริญเติบโตขึ้นมาอยู่บ้างแต่ภายหลัง 1 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หญ้าเนเปียร์ ตายเกือบทั้งหมด โดยพบว่าหญ้าเนเปียร์ในกระถางของแถวระดับที่ 1 ตายก่อน เนื่องจากค่าpHของดินเป็นกรดสูงมาก ผู้วิจัยได้ทิ้งดินพักไว้เป็นเวลาอีกประมาณ 1 ปีแล้วทำการเก็บดินทุกกระถางมาวิเคราะห์พร้อมกับเตรียมท่อนพันธุ์หญ้าเนเปียร์เพื่อเตรียมทดลองใหม่ แต่ผลการวิเคราะห์ดินพบว่าค่า pH ของดินยังคงเป็นกรดสูงมากอยู่เช่นเดิม รวมทั้งคำนวณค่า EC (Electrical Conductivity) หรือค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายของดินและค่าLR (Lime Requirement)หรือค่าความต้องการใช้ปูน($CaCO_3$)เพื่อปรับสภาพความเป็นกรดของดิน(pH) ให้เป็น 7 (กำหนดพื้นที่ 1 ไร่ ชั้นไถพรวนดินหนัก 312,000 กก.)โดยวิเคราะห์ตามจำนวนดินที่เหลือในแต่ละกระถางตามแผนผังการทดลอง ผลการวิเคราะห์ได้ค่าดังนี้

ระดับที่ 1 : ใส่หน้าดินอย่างเดียว 100 กก. โดยไม่ผสมตะกอนเป็น Control

กระถางที่	pH	LR(kg. $CaCO_3$/rai)	EC ($mScm^{-1}$)
1	2.90	4,047	2.35
2	2.90	4,469	2.35
3	2.53	4,459	2.40
4	2.68	4,513	2.30
5	2.88	4,418	2.30

ระดับที่ 2 : ใส่หน้าดิน 75 กก. ผสมกับตะกอน 25 กก. จำนวน 5 กระถาง

กระถางที่	pH	LR(kg. $CaCO_3$/rai)	EC ($mScm^{-1}$)
6	4.36	2,129	2.60
7	4.82	2,338	2.50
8	4.11	2,891	2.20
9	4.48	1,965	2.30
10	4.20	2,108	2.35

ระดับที่ 3 : ใส่หน้าดิน 50 กก. ผสมกับตะกอน 50 กก. จำนวน 5 กระถาง

กระถางที่	pH	LR(kg. $CaCO_3$/rai)	EC ($mScm^{-1}$)
11	3.41	3,950	2.30
12	3.40	3,836	2.40
13	4.09	2,407	2.90
14	3.42	3,827	2.35
15	3.36	2,877	2.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการวิเคราะห์ดินครั้งหลังสุดที่พบว่าค่าpHของดินยังเป็นกรดสูงมาก การจะปรับค่าpHดินในกระถางเพื่อลดความเป็นกรด ปรับโครงสร้างของดินให้เข้าสู่สภาวะในการปลูกหญ้าเนเปียร์ให้รอดตายได้ต้องใช้ปูน ($CaCO_3$) ใช้อินทรีย์วัตถุที่เหมาะสม ซึ่งจะไปมีผลกระทบต่อความคลาดเคลื่อนของค่าสารต่างๆที่ได้ทำการวิเคราะห์ไว้เปรียบเทียบตอนก่อนปลูก ประกอบกับผลการวิเคราะห์ดินที่ไม่พบสารแคดเมียมในดิน อีกทั้งต้องลงทุนใหม่ทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายในการวิจัยที่ไม่คุ้มทุน ทีมผู้วิจัยจึงตัดสินใจยุติการทดลองที่หากดำเนินต่อไปไม่คุ้มทุนและไม่สามารถให้คำตอบเรื่องหญ้าเนเปียร์ในการบำบัดดินที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมได้

ภาพที่ 4.2 การดูแลหญ้าเนเปียร์ทั้ง 15 กระถางในแปลงทดลอง

ภาพที่ 4.3 หญ้าเนเปียร์ที่เติบโตจากท่อนพันธุ์ที่ปลูกลงในกระถางในช่วงแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.4 เครื่องมือและการเก็บตัวอย่างดินจาก 15 กระถางในแปลงทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ภาพที่ 4.5 ท่อนพันธุ์และการปักชำเตรียมต้นกล้าพันธุ์หญ้าเนเปียร์ในถุงพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

145934

ภาพที่ 4.6 กล้าพันธุ์หญ้าเนเปียร์ประสบปัญหาเชื้อราช่วงฝนตกชุก (เดือนสิงหาคม-ตุลาคม) ทำให้กล้าพันธุ์ตายต้องปักชำใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ.2541. แคดเมียม(Cadmium)จุลสาร.กรุงเทพฯ.

กรมอนามัย.2556.สรุปการประชุมวิชาการ.เข้าถึงได้จาก http://www.anamai.moph.go.th/main.php?filename=HIA020309 [8/8/2557]

ไกรลาศ เขียวทอง.2554.คู่มือการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1.นครราชสีมา :ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา.

ทะนงศักดิ์ ยาทะเล, สินเดิม ดีโตและสุรัสวดี ปลิโพธ. 2551.การสะสมแคดเมียมในพืชน้ำมันและผลิตภัณฑ์ บริเวณลำน้ำแม่ตาว อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก.ตาก:มหาวิทยาลัยราชมงคลล้านนา.

นิรนาม.2558.แคดเมียม พิษจากแคดเมียมและการรักษา.เข้าถึงได้จาก http://thaihealthlife.com [1/8/2558]

พันธวัศ สัมพันธ์พานิช.2558.การฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนักด้วยพืช.กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประยุทธ์ สมบูรณ์.2542.การแพร่กระจายแคดเมียมและสังกะสีในดินจากกิจกรรมเหมืองแร่สังกะสี: กรณีศึกษา เหมืองสังกะสี อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการวางแผนสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาชนบท มหาวิทยาลัยมหิดล.

Brown,G.S.,L.L.Barton and B.M.Thomson.2003.Permaganate oxidation of sorbed polycyclic aromatic hydrocarbons.Waste Management.

Jin T, Nordberg M, Frech W, Dumont X, Bernard A, Ye T. 2002. Cadmium biomonitoring and renal dysfunction among a population environmentally exposed to cadmium from smelting in China (ChinaCad). Biometals 15:397–410.

Khaokaew S.,Chaney RL.,Landrot G. 2011 Speciation and release kinetics of cadmium in an alkaline paddy soil under various flooding periods and draining conditions.Environ Sci Technol 45:4249-4255.

McGrath, S.P. and Zhao, Fang-Jie.2003. Phytoextraction of metals and metalloids from contaminated soils. Current Opinion in Biotechnology. 14 (3): 277-282.

Nordberg G.F.,Nogawa K., Nordberg M.,Friberg L.. 2007.Cadmium.In:Handbook on the Toxicology of Metals.Amsterdam:Elsevier:445-486.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Page J R.,Miller R.H.,Keeney D.R.,Baker D.E.,Roscoe Ellis J.R. and Rhoades J.D. 1982. Methods of soil analysis.II.Chemical and microbiology properties (2nd Edn).Madison.Wisconsin.USA. 1159pp.

Paijitprapapon A.,Williams M.,Fordyce F.and Charoenchaisri P.1996.Asenic contamination in surface drainage and groundwater in part of the southeast Asian tin belt,Nakhon Si Thammarat Province, southern Thailand.Emviron Geol 27:16-33.

Simmons R.W., Pongsakul, P., Saiyasitpanich, D. and Klinphoklap, S. 2005. Elevated levels of cadmium and zinc in paddy soil and elevated levels of cadmium in rice grain downstream of a zinc mineralized area in Thailand: implications for public health, *Environmental Geochemistry and Health*. Vol. 27, pp. 501-511.

Sriprachote A.,Pornthiwa K.,Kumiko O. andToru M. 2012.Current situation of cadmium-polluted paddy soil, rice and soybean in the Mae Sot District, Tak Province, Thailand.Soil Science and Plant Nutrition.Volume 58:349-359..

Wei M.,wanibuchi H.,Yamamoto S.,. 2002.Carcinogenesis.23:1387-1397.

Yang L., Jiang L., Wang G. 2015.Assessment of amendments for the immobilization of Cu in soils containing EDDS leachates.Environ Sci Pollut Res.DOI 10.1007/s11356-015-4840-9.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้