

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ความสัมพันธ์ของคาร์บอนไดออกไซด์โพเทนเชียลและพีเอชต่อรูปของสารหนูในดินที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและความดัน 1 บรรยากาศ	5
2.2 กระบวนการต่างๆที่เกี่ยวข้องกับ phytoremediation ซึ่งเป็นการใช้พืชเพื่อกำจัดสารมลพิษที่ปนเปื้อนและตกค้างในสิ่งแวดล้อม	11
2.3 กลไกการดูดซับ	14
2.4 ลักษณะของถ่านชีวภาพที่ผลิตจากกิ่งไม้	17
2.5 ถ่านชีลื้อย ถ่านกลบ และถ่านลอยชานอ้อย	18
2.6 กรอบแนวคิด	23
3.1 ไบโอบีโอสที่เตรียมสำหรับการทดลอง	25
3.2 ดินขาวที่ใช้ในการทดลอง	26
3.3 ดินที่ปนเปื้อนสารหนูสำหรับการทดลอง	28
3.4 ดินที่ไม่ปนเปื้อนสารหนูที่ใช้ในการทดลอง	28
3.5 ผสมดินปนเปื้อนสารหนู+ดินไม่ปนเปื้อนสารหนูในกระถางเพื่อใช้ในการทดลอง	28
3.6 ฟริกซ์หนูพันธุ์หยดน้ำราชบุรี	29
3.7 มะเขือเปราะพันธุ์ Super hot 2	29
3.8 การทดลองการปลูกฟริกซ์หนูในดินที่ปนเปื้อนสารหนูในเงื่อนไขต่างๆ	30
3.9 การทดลองการปลูกมะเขือเปราะในดินที่ปนเปื้อนสารหนูในเงื่อนไขต่างๆ	32
3.10 นำตัวอย่างพืชไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง	33
3.11 นำตัวอย่างแห้งมาชั่งน้ำหนัก	34
3.12 นำส่วนต่างๆ ของพืชที่ได้ไปเผาด้วยอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง	34
3.13 นำส่วนต่างๆ ของพืชหลังจากเผาไปชั่งน้ำหนัก	35
3.14 ขั้นตอนการย่อยสารหนูออกจากพืช	35
3.15 กรองสารละลายด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 เพื่อเตรียมไปวิเคราะห์ปริมาณสารหนูด้วย ICP	36
3.16 วิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP	36
3.17 ตัวอย่างของดิน	37
3.18 นำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	37
3.19 นำดินมาบดให้ละเอียด	37
3.20 ชั่งน้ำหนักแห้งของดินเพื่อเข้าสู่กระบวนการย่อยสารหนูและวัดปริมาณด้วย ICP	37
3.21 การเตรียมสารละลายสารหนูจากดินที่ปนเปื้อนสารหนู	38
3.22 นำตัวดูดซับต่างๆ มาบดให้ละเอียด	38

ภาพที่	หน้า
3.23 นำตัวดูดซับที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง	39
3.24 นำเข้าเครื่องเขย่า (shaker)	39
3.25 กรองตัวอย่าง	40
3.26 เตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP	40
3.27 อบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง	40
3.28 ชั่งตัวอย่าง 1 มิลลิกรัม ผสมให้เข้ากันกับ KBr 600 มิลลิกรัม	40
3.29 อัดตัวอย่างเพื่อเข้าเครื่อง FTIR	41
3.30 เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)	41
4.1 SEM images ของถ้ำซีลี้อย (ก) ถ้ำลอยซานอ้อย (ข) ถ้ำแกลบ (ค) ดินขาว (ง) กำลังขยาย 2000 เท่า	43
4.2 ปริมาณสารหนูในราก (ก) ลำต้น (ข) ใบ (ค) ชั่ว (ง) และผล (จ) เมื่อปลูกพริกชี้หูปลูกในดินที่ปนเปื้อนสารหนูภายใต้เงื่อนไขต่างๆ หลังเก็บเกี่ยว 51 วัน	51
4.3 ปริมาณสารหนูที่เหลืออยู่ในดินภายใต้เงื่อนไขการทดลองต่างๆ หลังจากเก็บเกี่ยวต้นพริกชี้หู	53
4.4 น้ำหนักแห้ง (dry weight) ของต้นพริกชี้หูหลังเก็บเกี่ยว 51 วัน	54
4.5 ปริมาณแคลเซียมในราก (ก) ลำต้น (ข) ใบ (ค) ชั่ว (ง) และผล (จ) เมื่อปลูกพริกชี้หูในดินที่ปนเปื้อนสารหนูภายใต้เงื่อนไขการทดลองต่างๆ หลังเก็บเกี่ยว 51 วัน	56
4.6 ปริมาณแมกนีเซียมในราก (ก) ลำต้น (ข) ใบ (ค) ชั่ว และผล (ง) เมื่อปลูกพริกชี้หูในดินที่ปนเปื้อนสารหนูภายใต้เงื่อนไขการทดลองต่างๆ หลังเก็บเกี่ยว 51 วัน	60
4.7 ปริมาณสารหนูในราก (ก) ลำต้น (ข) ใบ (ค) ชั่ว (ง) และผล (จ) เมื่อปลูกมะเขือเปราะในดินที่ปนเปื้อนสารหนูภายใต้เงื่อนไขต่างๆ หลังเก็บเกี่ยว 75 วัน	64
4.8 ปริมาณสารหนูที่เหลืออยู่ในดินภายใต้เงื่อนไขการทดลองต่างๆ หลังจากเก็บเกี่ยวต้นมะเขือเปราะ 75 วัน	68
4.9 น้ำหนักแห้ง (dry weight) ของต้นมะเขือเปราะหลังเก็บเกี่ยว 75 วัน	70
4.10 ปริมาณแคลเซียมในราก (ก) ลำต้น (ข) ใบ (ค) ชั่ว (ง) ชั่ว (ง) และผล (จ) เมื่อปลูกมะเขือเปราะในดินที่ปนเปื้อนสารหนูภายใต้เงื่อนไขการทดลองต่างๆ หลังเก็บเกี่ยว 75 วัน	72
4.11 ปริมาณแมกนีเซียมในราก (ก) ลำต้น (ข) ใบ (ค) ชั่ว (ง) ชั่ว (ง) และผล (จ) เมื่อปลูกมะเขือเปราะในดินที่ปนเปื้อนสารหนูภายใต้เงื่อนไขการทดลองต่างๆ หลังเก็บเกี่ยว 75 วัน	76
4.12 ประสิทธิภาพการดูดซับสารละลายสารหนูด้วยตัวดูดซับชนิดต่างๆ	79
4.13 หมู่ฟังก์ชันของดินขาวก่อนดูดซับและหลังดูดซับสารหนู	80
4.14 หมู่ฟังก์ชันของถ้ำลอยซานอ้อยก่อนดูดซับและหลังดูดซับสารหนู	81
4.15 หมู่ฟังก์ชันของถ้ำแกลบก่อนดูดซับและหลังดูดซับสารหนู	82

ภาพที่	หน้า
4.16 หมูฟังก์ชั้นของเก้าอี้เคลื่อนก่อนดูดซับและหลังดูดซับสารหนู	83
ข-1 ชั่งน้ำหนักตัวดูดซับเพื่อใช้เป็นสารปรับปรุงดิน	126
ข-2 ทบตัวอย่างดินให้ละเอียดเพื่อเตรียมการเพาะปลูก	126
ข-3 นำดินที่ปนเปื้อนสารหนูผสมกับดินที่ไม่ปนเปื้อนสารหนู	127
ข-4 นำสารปรับปรุงดินเติมในดินที่ปนเปื้อนสารหนูในเงื่อนไขที่แตกต่างกัน	127
ข-5 ปลูกต้นกล้าลงในกระถางในเงื่อนไขต่างๆ	128
ข-6 รดต้นกล้าด้วยน้ำประปา	128
ข-7 การเจริญเติบโตของต้นพริกขี้หนูและมะเขือเปราะ	129
ข-8 เก็บตัวอย่างพืชและล้างรากให้สะอาดเพื่อนำไปวิเคราะห์	129
ข-9 เก็บตัวอย่างดินเพื่อใช้ในการวิเคราะห์	130
ข-10 ชั่งน้ำหนักพืชก่อนอบ	130
ข-11 นำตัวอย่างพืชเข้าตู้อบ (Oven)	131
ข-12 ชั่งน้ำหนักพืชหลังอบโดย แยก ราก ลำต้น ใบ ชั่ว และผล ออกจากกัน	132
ข-13 บดตัวอย่างดินให้ละเอียดเพื่อใช้ในการวิเคราะห์	132
ข-14 นำราก ลำต้น ใบ ชั่ว และผล ของพืช ไปเผา	132
ข-15 นำตัวอย่างของพืชที่เผาแล้วชั่งน้ำหนักเพื่อเตรียมย่อย	133
ข-16 ใส่ น้ำกลั่น ในตัวอย่างพืชที่จะย่อย	133
ข-17 เตรียมกรดไฮโดรคลอริก (HCl) และกรดไนตริก (HNO ₃) สำหรับการย่อย	134
ข-18 นำตัวอย่างพืชที่จะย่อยเข้าเตาย่อย	134
ข-19 กรองตัวอย่างหลังจากการย่อย	135
ข-20 ตัวอย่างที่ได้หลังจากการย่อยซึ่งจะนำไปวิเคราะห์ด้วย ICP	135
ข-21 การนำตัวดูดซับมาเขย่าในเครื่องเขย่า (shaker)	136