ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
249291

การกำจัดคลอรีไพริฟอสโดยปรับจาก *Pistia stratiotes* และผักแพนเป็ด *Lemna minor*

นางสาวพิมพ์ผู้ ปัจเจสิฐพร้พ์บ่

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

b00253752

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
249291

การกำจัดคลอร์ไพริฟอสโดยใช้จอก *Pistia stratiotes* และแหนเป็ด *Lemna minor*

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

นางสาว พิชามญชุ์ ประเสริฐทรัพย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5087171420

REMOVAL OF CHLORPYRIFOS BY WATER LETTUCE *Pistia stratiotes* AND COMMON DUCKWEED *Lemna minor*

Miss Pichamon Prasertsup

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การกำจัดคลอร์ไพริฟอสโดยใช้จอก *Pistia stratiotes* และแหนเป็ด *Lemna minor*
โดย	นางสาว พิชามญชุ์ ประเสริฐทรัพย์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นัยนันทน์ อริยกานนท์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นัยนันทน์ อริยกานนท์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงแข สิทธิเจริญชัย)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปกรณ์ วรานุศุภากุล)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.นิตยา นักระนาด มิลน์)

พิชามญชุ์ ประเสริฐทรัพย์: การกำจัดคลอร์ไพริฟอสโดยใช้จอก *Pistia stratiotes* และแหนเป็ด *Lemna minor* (REMOVAL OF CHLORPYRIFOS BY WATER LETTUCE *Pistia stratiotes* AND COMMON DUCKWEED *Lemna minor*)
อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร.นัยนันทน์ อริยกานนท์, 82 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการกำจัดคลอร์ไพริฟอสด้วยวัชพืชน้ำ 2 ชนิด คือจอก (*Pistia stratiotes*) และแหนเป็ด (*Lemna minor*) ซึ่งเป็นการใช้ความสามารถของวัชพืชน้ำที่พบได้ง่ายในประเทศไทย ที่สามารถดูดดึงคลอร์ไพริฟอสจากน้ำที่มีการปนเปื้อนได้ จากการศึกษาพบว่าในสภาวะที่ไม่มีคลอร์ไพริฟอส อัตราการเจริญเติบโตของแหนเป็ดจะมีค่ามากกว่าจอก ในทางตรงข้ามในสภาวะที่มีคลอร์ไพริฟอส 1 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการเจริญเติบโตของพืชทั้งสองชนิดจะลดลง ค่าคงที่ของอัตราการหายไปของคลอร์ไพริฟอสในสารละลายในชุดควบคุม (ไม่มีพืช) ชุดที่มีจอก และชุดที่มีแหนเป็ดมีค่าเท่ากับ 3.04 15.03 และ 19.16 ไมโครกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ความสามารถในการสะสมคลอร์ไพริฟอสของพืชทั้งสองชนิดมีค่ามากที่สุดในวันที่ 3 ของการทดลอง โดยมีค่าเท่ากับ 823 และ 1375 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง และมีค่าเท่ากับ 68 และ 72 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) จากการศึกษาในเรือนทดลอง พบว่าแหนเป็ดมีประสิทธิภาพในการกำจัดคลอร์ไพริฟอสในน้ำได้มากกว่าจอก

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต พิชามญชุ์ ประเสริฐทรัพย์
ปีการศึกษา 2552 ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก นัยนันทน์

5087171420: MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORDS : CHLORPYRIFOS / *Pistia stratiotes* / *Lemna minor* / PHYTOREMEDIATION

PICHAMON PRASERTSUP : REMOVAL OF CHLORPYRIFOS BY WATER LETTUCE *Pistia stratiotes* AND COMMON DUCKWEED *Lemna minor*

THESIS ADVISOR : ASST. PROF. NAIYANAN ARIYAKANON,Ph.D., 82 pp.

The objective of this research was to study the removal of chlorpyrifos by two species of aquatic plant, water lettuce (*Pistia stratiotes*) and common duckweed (*Lemna minor*) which easily found in Thailand. In the absence of chlorpyrifos, the relative growth rate of *L. minor* was greater than *P. stratiotes*. In contrast, in the presence of 1 mg/L chlorpyrifos, the relative growth rates of two species were decreased. This results showed that the disappearance rate constants of chlorpyrifos in culture solution were 3.04 15.03 and 19.16 $\mu g\ h^{-1}$ for the control (no plants), *P. stratiotes* and *L. minor*, respectively and significantly difference ($p<0.05$). The accumulation of chlorpyrifos in both plant species reached their maximum level of, 823 and 1375 mg/kg DW, 68 and 72 mg/kg FW, respectively and significantly difference ($p<0.05$), at three days of culture. Under these greenhouse based conditions, *L. minor* was therefore more efficient than *P. stratiotes* for the accelerated removal of chlorpyrifos from water.

Field of Study : Environmental Science Student's Signature Pichamon Prasertsup.

Academic Year : 2009 Advisor's Signature Naiyanan Ariyakanon

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณา ความช่วยเหลือ และความอนุเคราะห์ จากบุคคลผู้มีพระคุณหลายๆท่าน ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นัยนันทน์ อริยกานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณามอบความรู้ คำปรึกษาแนะนำต่างๆ ในการค้นคว้าข้อมูล ความช่วยเหลือและความห่วงใยคอยไต่ถามความก้าวหน้าในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมาจนกระทั่งงานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ตลอดจนกรุณาสละเวลาเรียบเรียงและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ จนเป็นวิทยานิพนธ์ที่สมบูรณ์ พร้อมทั้งได้มอบข้อคิดต่างๆ อันก่อให้เกิดประโยชน์อย่างยิ่งในการพัฒนาตนเองต่อศิษย์

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ ผู้อำนวยการหลักสูตรสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงแข สิทธิเจริญชัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปกรณ์ วรานุศุภากุล และดร.นิตยา นักระนาด มิลน์ ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ แนวทางในการแก้ปัญหา และข้อคิดต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ และกรุณาสละเวลาอันมีค่ายิ่งเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมกับให้ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะและช่วยตรวจรายละเอียดต่างๆ ในวิทยานิพนธ์ เพื่อเป็นวิทยานิพนธ์ที่สมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.อรพร หมื่นพล คุณวรรณวิภา สุทธิไกร คุณราตรี จินตนา ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือทางด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง ตลอดจนถึงความรู้ที่ได้รับและคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อข้าพเจ้า

กราบขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุนวิจัยและเจ้าหน้าที่สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยแนะนำ ชี้แจงข้อมูลต่าง ๆ และภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องมือรวมทั้งห้องปฏิบัติการ คุณเพ็ญศรี ชูบรรจง คุณสรัญญา เก่งสาริกิจ คุณเกศราภรณ์ สงโสด เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในห้องปฏิบัติการ

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อนิพนธ์ คุณแม่นงเยาว์ ประเสริฐทรัพย์ คุณแม่จารุ ศิลป์ทอง รวมทั้งญาติพี่น้องทุกคน ที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา ให้กำลังใจ คำปรึกษา และดูแลเอาใจใส่ตลอดมา สุดท้ายนี้ขอขอบคุณนางสาวภาสพิชญ์ ประเสริฐทรัพย์ (พี่สาว) และนายนครินทร์ สบประสงค์ นางสาวฝารีนา เก็นตาสา ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจยามท้อแท้ คำปรึกษา และการดูแลเอาใจใส่ตลอดมาจนทำให้การทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

พิชามญชุ์ ประเสริฐทรัพย์: การกำจัดคลอร์ไพริฟอสโดยใช้จอก *Pistia stratiotes* L. และแหนเป็ด *Lemna minor* L. (REMOVAL OF CHLORPYRIFOS BY WATER LETTUCE *Pistia stratiotes* L. AND COMMON DUCKWEED *Lemna minor* L.)
อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร.นัยนันทน์ อริยกานนท์, 82 หน้า.

249291

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการกำจัดคลอร์ไพริฟอสด้วยวัชพืชน้ำ 2 ชนิด คือจอก (*Pistia stratiotes* L.) และแหนเป็ด (*Lemna minor* L.) ซึ่งเป็นการใช้ความสามารถของวัชพืชน้ำที่พบได้ง่ายในประเทศไทยที่สามารถดูดดึงคลอร์ไพริฟอสจากน้ำที่มีการปนเปื้อนได้ จากการศึกษาพบว่าในสภาวะที่ไม่มีคลอร์ไพริฟอส อัตราการเจริญเติบโตของแหนเป็ดจะมีค่ามากกว่าจอก ในทางตรงข้ามในสภาวะที่มีคลอร์ไพริฟอส 1 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการเจริญเติบโตของพืชทั้งสองชนิดจะลดลง ค่าคงที่ของอัตราการหายไปของคลอร์ไพริฟอสในสารละลายในชุดควบคุม (ไม่มีพืช) ชุดที่มีจอก และชุดที่มีแหนเป็ดมีค่าเท่ากับ 3.04 15.03 และ 19.16 ไมโครกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ความสามารถในการสะสมคลอร์ไพริฟอสของพืชทั้งสองชนิดมีค่ามากที่สุดในวันที่ 3 ของการทดลอง โดยมีค่าเท่ากับ 823 และ 1375 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง และมีค่าเท่ากับ 68 และ 72 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) จากการศึกษาในเรือนทดลอง พบว่าแหนเป็ดมีประสิทธิภาพในการกำจัดคลอร์ไพริฟอสในน้ำได้มากกว่าจอก

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ..... ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา 2552 ..... ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

5087171420: MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORDS : CHLORPYRIFOS / *Pistia stratiotes* L. / *Lemna minor* L. / PHYTOREMEDIATION

PICHAMON PRASERTSUP : REMOVAL OF CHLORPYRIFOS BY WATER LETTUCE *Pistia stratiotes* L. AND COMMON DUCKWEED *Lemna minor* L. THESIS ADVISOR : NAIYANAN ARIYAKANON,Ph.D., 82 pp.

249291

The objective of this research was to study the removal of chlorpyrifos by two species of aquatic plant, water lettuce (*Pistia stratiotes* L.) and common duckweed (*Lemna minor* L.) which easily found in Thailand. In the absence of chlorpyrifos, the relative growth rate of *L. minor* was greater than *P. stratiotes*. In contrast, in the presence of 1 mg/L chlorpyrifos the relative growth rates of two species were decreased. This results showed that the disappearance rate constants of chlorpyrifos in culture solution were 3.04 15.03 and 19.16 $\mu g\ h^{-1}$ for the control (no plants), with *P. stratiotes* and *L. minor*, respectively and significantly difference ($p<0.05$). The accumulation of chlorpyrifos in both plant species reached their maximum level of, 823 and 1375 mg/kg DW, 68 and 72 mg/kg FW, respectively and significantly difference ($p<0.05$), at three days of culture. Under these greenhouse based conditions, *L. minor* was therefore a more efficient than *P. stratiotes* for the accelerated removal of chlorpyrifos from water.

Field of Study : Environmental Science Student's Signature .....

Academic Year : 2009 Advisor's Signature .....

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 แนวเหตุผลและทฤษฎี..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.3 สมมติฐาน..... 2

1.4 ขอบเขตการศึกษา..... 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต..... 4

2.1.1 ประเภทของสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต..... 4

2.1.2 ลักษณะทางเคมี..... 5

2.1.3 การนำมาใช้ประโยชน์..... 6

2.1.4 กลไกการออกฤทธิ์..... 6

2.1.5 การแพร่กระจายของสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตสู่สิ่งแวดล้อม..... 7

2.1.6 การเปลี่ยนแปลงของสารกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตในสิ่งแวดล้อม..... 8

2.1.7 ความเป็นพิษของสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต..... 12

2.1.8 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม..... 15

2.1.9 ผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศ..... 16

2.2 คลอร์ไพริฟอส (chlorpyrifos)..... 17

2.2.1 การบ่งลักษณะ (identification)..... 19

2.2.2 สมบัติทางกายภาพและทางเคมี..... 20

2.2.3 การใช้คลอร์ไพริฟอส..... 20

หน้า

2.2.4 ความเป็นพิษของคลอร์ไพริฟอส..... 21
2.3 การบำบัดโดยใช้พืช (phytoremediation)..... 21
2.3.1 คำจำกัดความของการบำบัดโดยใช้พืช (definition of phytoremediation)..... 21
2.3.2 ชนิดของการบำบัดโดยใช้พืช (type of phytoremediation)..... 22
2.4 การใช้พืชเพื่อการบำบัดสารกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม..... 25
2.5 พืชที่ใช้กำจัดคลอร์ไพริฟอสในน้ำ..... 27
2.5.1 จอก..... 27
2.5.2 แหนเป็ด..... 28
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 30
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย..... 30
3.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างพืช..... 30
3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการปลูกพืช..... 30
3.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง..... 31
3.1.3.1 เครื่องแก้วและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย..... 31
3.1.3.2 วัสดุวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในงานวิจัย..... 31
3.1.3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ..... 31
3.1.3.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช..... 32
3.2 สถานที่ดำเนินงานวิจัย..... 33
3.2.1 สถานที่เก็บตัวอย่างพืชที่ใช้ในงานวิจัย..... 33
3.2.1.1 สถานที่ในการใช้ปลูกพืชของงานวิจัย..... 33
3.2.1.2 สถานที่ในการวิเคราะห์ตัวอย่างของงานวิจัย..... 33
3.3 ขั้นตอนงานวิจัย..... 33
3.2.1 การเตรียมสารละลายธาตุอาหาร..... 33
3.2.2 การเตรียมสารละลายคลอร์ไพริฟอส..... 34
3.3.3 การเตรียมพืช..... 34
3.3.4 การเตรียมโหลแก้วสำหรับปลูกพืช..... 34
3.3.5 การเตรียมการทดลอง..... 35
3.3.6 ดำเนินการเพาะปลูกพืช..... 38

หน้า

3.3.7 การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและการเก็บเกี่ยว..... 38
3.3.8 การวิเคราะห์คลอร์ไพริฟอสในพืชและน้ำ..... 38
3.3.8.1 ขั้นตอนการสกัดตัวอย่างพืช..... 39
3.3.8.2 ขั้นตอนการสกัดตัวอย่างน้ำ..... 39
3.4 การเตรียม calibration curve ของคลอร์ไพริฟอส..... 40
3.5 การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพ..... 41
3.6 การศึกษาสะภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตรกราฟฟี..... 42
3.7 รวบรวมและประมวลผลของข้อมูลที่ได้จากงานวิจัย..... 43
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง..... 45
4.1 การเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางเคมีของสารละลายคลอร์ไพริฟอส..... 45
4.1.1 อุณหภูมิ..... 45
4.1.2 พีเอช..... 46
4.1.3 ค่าการนำไฟฟ้า 48
4.2 การเจริญเติบโต องค์ประกอบการเจริญเติบโต และอิทธิพลของคลอร์ไพริฟอสต่อมวลชีวภาพของจอกและแหนเป็ด..... 50
4.3 อิทธิพลของจอกและแหนเป็ดต่อการกำจัดคลอร์ไพริฟอสในสารละลาย..... 56
4.4 การเปรียบเทียบคลอร์ไพริฟอสที่สะสมในจอก (*P. stratiotes)* และแหนเป็ด (*L. minor)*..... 59
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 62
5.1 สรุปผลการทดลอง..... 62
5.1.1 การเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางเคมีของสารละลายคลอร์ไพริฟอส.... 62
5.1.2 การเจริญเติบโตของจอกและแหนเป็ด..... 62
5.1.3 อิทธิพลของจอกและแหนเป็ดต่อการกำจัดคลอร์ไพริฟอสในสารละลาย..... 63
5.1.4 การเปรียบเทียบคลอร์ไพริฟอสที่สะสมในจอก (*P. stratiotes)* และ แหนเป็ด (*L. minor)*..... 63
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 64
รายการอ้างอิง..... 65

หน้า

ภาคผนวก..... 73
ภาคผนวก ก..... 74
ภาคผนวก ข..... 77
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 82

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สารกำจัดแมลงที่มีการนำเข้าสูงสุด 10 อันดับแรก ในปี 2550 โดยปริมาณ.....	18
3.1	ตำรับการปลูกพืชทดลอง สำหรับศึกษาการดูดดึงคลอร์ไพริฟอสของจอกและแหนเป็ด.....	36
3.2	ตำรับการปลูกพืชทดลอง สำหรับศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของจอกและแหนเป็ด.....	37
4.1	ค่าอัตราคงที่ของคลอร์ไพริฟอสที่หายไปในสารละลาย Hoagland'No.2.....	57
ก-1	ผลการเจริญเติบโตของแหนเป็ดโดยการชั่งน้ำหนักสดทุกวัน เป็นระยะเวลา 7 วัน.....	74
ก-2	ผลการเจริญเติบโตของจอกโดยการชั่งน้ำหนักสดทุกวัน เป็นระยะเวลา 7 วัน....	74
ก-3	ผลการเจริญเติบโตของแหนเป็ดโดยการวัดความยาวรากทุกวัน เป็นระยะเวลา 7 วัน.....	75
ก-4	ผลการเจริญเติบโตของจอกโดยการวัดความยาวรากทุกวัน เป็นระยะเวลา 7 วัน.....	75
ก-5	ผลการเจริญเติบโตของแหนเป็ดโดยการนับจำนวนต้นทุกวัน เป็นระยะเวลา 7 วัน.....	76
ก-6	ผลการเจริญเติบโตของจอกโดยการนับจำนวนต้นทุกวัน เป็นระยะเวลา 7 วัน ...	76

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	โครงสร้างหลักของสารกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต.....	5
2.2	ปฏิกิริยาบริเวณรอยต่อใยประสาทเมื่อมีการสื่อกระแสประสาทตามปกติ.....	6
2.3	กระบวนการ phytoremediation.....	22
2.4	จอก.....	27
2.5	แหนเป็ด.....	28
3.1	calibration curve ของสารมาตรฐานคลอร์ไพริฟอส.....	40
4.1	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารละลายที่เพาะเลี้ยงจอก (*P. stratiotes)* แหนเป็ด (*L. minor)* และชุด ควบคุม ตลอดระยะเวลา 7 วัน.....	45
4.2	การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายที่เพาะเลี้ยงจอก (*P. stratiotes)* แหนเป็ด (*L. minor)* และชุดควบคุม ตลอดระยะเวลา 7 วัน.....	47
4.3	การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า ของสารละลายที่เพาะเลี้ยงจอก (*P. stratiotes*) แหนเป็ด (*L. minor*) และชุดควบคุม ตลอดระยะเวลา 7 วัน	49
4.4	การเจริญเติบโตของแหนเป็ดโดยการชั่งน้ำหนักสดทุกวัน เป็นระยะเวลา 7 วัน..	50
4.5	การเจริญเติบโตของจอกโดยการชั่งน้ำหนักสดทุกวัน เป็นระยะเวลา 7 วัน.....	51
4.6	การเจริญเติบโตของแหนเป็ดโดยการวัดความยาวรากทุกวัน เป็นระยะเวลา 7 วัน.....	52
4.7	การเจริญเติบโตของจอกโดยการวัดความยาวรากทุกวัน เป็นระยะเวลา 7 วัน...	53
4.8	การเจริญเติบโตของแหนเป็ดโดยการนับจำนวนต้นทุกวัน เป็นระยะเวลา 7 วัน..	54
4.9	การเจริญเติบโตของจอกโดยการนับจำนวนต้นทุกวัน เป็นระยะเวลา 7 วัน.....	55
4.10	ความเข้มข้นของคลอร์ไพริฟอสในสารละลาย Hoagland'No.2 แต่ละชุดการทดลอง.....	57
4.11	การสะสมคลอร์ไพริฟอส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในพืช ของจอก (*P. stratiotes*) และแหนเป็ด (*L. minor*) (คิดจากน้ำหนักสด)	59
4.12	การสะสมคลอร์ไพริฟอส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในพืช ของจอก (*P.stratiotes*) และแหนเป็ด (*L. minor*)(คิดจากน้ำหนักแห้ง).....	60
ข-1	ภาพ (ก) (ข) และ(ค) สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส.....	77
ข-2	ภาพ (ก) และ (ข) แสดงการปลูกจอกและแหนเป็ดภายในโรงเรือน เพื่อศึกษาการกำกัดคลอร์ไพริฟอสในน้ำ ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร.....	78

ข-3 ภาพ (ก) ศึกษาพารามิเตอร์ของน้ำ และ (ข) เก็บตัวอย่างพืชเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณคลอร์ไพริฟอสที่สะสมในต้นพืช..... 79

ข-4 เครื่อง vacuum Manifolds..... 80

ข-5 เครื่อง vacuum rotary evaporation..... 80

ข-6 ภาพ (ก) คลอร์ไพริฟอสที่สกัดได้ในน้ำ และ (ข) คลอร์ไพริฟอสที่สกัดได้ในพืช..... 81