



## 1.1 ความเป็นมาของปัญหา

เนื่องจากการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมในปัจจุบันเพื่อรองรับอัตราการบริโภคที่สูงขึ้นของ ประชากร ยังผลให้เกิดการใช้ทรัพยากรที่มากขึ้นและในบางกรณียังเกิดการเร่งอัตราการผลิตเพื่อให้ทันปริมาณการบริโภคด้วย ซึ่งนอกจากการใช้ทรัพยากรที่มากขึ้นจะก่อให้เกิดมลพิษที่บางอย่างไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้แล้ว การใช้ การผลิต และการจัดการเก็บกักสารพิษที่เกิดจากขบวนการผลิตที่ขาดการควบคุมด้านมลพิษอย่างถี่ถ้วนระมัดระวังและไร้ความรับผิดชอบ ยังก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมตามมาด้วย

ในขั้นตอนการปฏิบัติการในอุตสาหกรรมหนักต่างๆเช่นในเมืองแร่หรือโรงถลุงแร่ มักมีการรั่วไหลของมลพิษในรูปแบบต่างๆออกมาเสมอเช่น มลพิษทางอากาศ น้ำ หรือดิน และมลพิษดังกล่าวนี้มักมีความเข้มข้นและปริมาณสูงสืบเนื่องมาจากในขั้นตอนการปฏิบัติงานเช่นในการแยกแร่ การสกัด หรือการถลุงแร่ นั้นได้กระทำกับวัตถุดิบที่มีปริมาณและความเข้มข้นของสารประกอบในตัวสูงอยู่แล้ว แม้ในขั้นตอนการผลิตจะมีการควบคุมในระดับหนึ่ง แต่การรั่วไหลในระดับเล็กน้อยจากประสิทธิภาพการบำบัดที่มีขีดจำกัด ก็อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมภายนอกได้ ตัวอย่างเช่นขั้นตอนการแยกแร่ออกจากหัวแร่ หรือขั้นตอนการถลุงแร่โดยเฉพาะโลหะหนัก ซึ่งกากที่เหลือจากขบวนการดังกล่าวมักมีปริมาณของโลหะหนักเหลืออยู่สูงเกินกว่าที่มีในสิ่งแวดล้อมอยู่มาก แต่เนื่องจากอาจไม่คุ้มค่าในการนำมาสกัดอีกจึงจำเป็นต้องจัดการให้เป็นกากหรือเป็นหางแร่ต่อไป ส่วนใหญ่แล้วการจัดการกากในรูปหางแร่นั้น หลังจากผ่านขั้นตอนการบำบัดข้างแล้วมักจะนิยมจัดการในรูปการกักเก็บ กล่าวคือทำการกักเก็บหางแร่นั้นไว้มิให้แพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมหรืออาจนำมาสกัดใหม่อีกในอนาคตถ้าพิจารณาแล้วว่าคุ้มค่า ในส่วนของสถานที่กักเก็บก็ต้องมีการดูแลอย่างรอบคอบให้มั่นใจได้ว่าไม่มีการรั่วไหล ซึ่งบางครั้งอาจมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นเช่น เกิดการชำรุดของแหล่งกักเก็บ การบำรุงซ่อมแซมแหล่งกักเก็บไม่ดี หรืออาจเกิดการนำพากากออกไปสู่สิ่งแวดล้อมโดยปัจจัยธรรมชาติเช่นน้ำพัดพา น้ำใต้ดินกัดเซาะ ซึ่งปัจจัยเล็กน้อยดังกล่าวนี้อาจส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตภายนอกได้

โดยปกติโลหะหนักจะเป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตถ้าได้รับในปริมาณมาก ซึ่งผลกระทบมักเกิดกับระบบประสาท กล้ามเนื้อ ทางเดินหายใจ ระบบพันธุกรรม และอื่นๆ แม้ในปัจจุบัน

ขบวนการผลิตต่างๆจะควบคุมการรั่วไหลได้บ้าง แต่ในกรณีของหางแร่จากเหมืองแร่เป็นส่วนที่มีปริมาณของโลหะหนักมากอยู่แล้ว เมื่อเกิดการรั่วไหลเพียงเล็กน้อยก็สามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ อีกทั้งการแพร่กระจายสู่ระบบนิเวศนั้นมักมาจากการบริโภคต่อกันไปเป็นลำดับตามลักษณะสายใยอาหาร จึงทำให้เกิดการแพร่กระจายของโลหะหนักที่ปกติสลายด้วยากเข้าสู่ร่างกายมนุษย์และสัตว์ได้โดยง่าย ในปัจจุบันการบำบัดมักทำในรูปของการป้องกันการเคลื่อนตัวของโลหะหนัก(Immobilization)ไปสู่สิ่งแวดล้อมเท่านั้น เช่น กักเก็บไว้ในบ่อ แปรรูปให้มีขนาดที่เก็บง่ายขึ้น หรืออาจนำกลับไปเข้าขบวนการสกัดใหม่เป็นต้น ซึ่งในกรณีแรกนั้นมลพิษจะเกิดหรือไม่ขึ้นขึ้นอยู่กับสภาพของที่เก็บกักนั้นว่ามีเสถียรภาพมากแค่ไหน และเมื่อพิจารณาจากจำนวนสถานที่ที่เกิดปัญหาซึ่งมีจำนวนมากแล้ว จะพบว่าส่วนใหญ่แล้วก็ยังมีจัดการที่ไม่ถูกต้องอยู่พอสมควร

งานวิจัยนี้จะทดลองนำผลมาแก้ปัญหาโลหะหนักที่ตกค้างในดิน โดยให้ผลทำการดูดซับโลหะหนักไว้ในส่วนต่างๆของแฝก เทคโนโลยีนี้มีชื่อว่า Phytoremediation (Greek: *phyton* = plant; Latin: *remediare* = remedy) หรือ การใช้พืชบำบัด วิธีการบำบัดดังกล่าวมีพื้นฐานจากการใช้พืชซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสิ่งแวดล้อมในธรรมชาติอยู่แล้ว มาแก้ไขปัญหาดังกล่าวในสิ่งแวดล้อมนั้นๆ วิธีนี้เป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนมากนัก งบประมาณในการจัดการก็ไม่สูงมากนักเนื่องจากไม่มีความจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีที่สูง และไม่จำเป็นต้องมีการก่อสร้างหรือติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีสูง การบำบัดวิธีนี้จะได้ประสิทธิภาพมากขึ้นอยู่กับการเลือกพืชที่จะนำมาบำบัดว่ามีความทนทานต่อสภาพความเป็นพิษของแหล่งบำบัดนั้นมากแค่ไหน และมีศักยภาพในการบำบัดมากน้อยแค่ไหน ในขณะที่เดียวกันก็ยังขึ้นอยู่กับการจัดเตรียมพื้นที่ของแหล่งบำบัดนั้นด้วยว่า เหมาะสมกับลักษณะมลพิษที่จะบำบัดและพืชที่จะบำบัดมากน้อยแค่ไหนด้วย ข้อได้เปรียบของวิธีบำบัดวิธีนี้อีกอย่างคือการควบคุมดูแลหรือการปฏิบัติงานมีไม่มาก และไม่ซับซ้อนทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนของคุณค่าการไปด้วย อีกทั้งค่าใช้จ่ายในส่วนของการบำรุงรักษายังต่ำมากเมื่อเทียบกับการบำบัดวิธีอื่นด้วย นอกเหนือไปจากข้อได้เปรียบที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ผลพลอยได้ที่เห็นได้ชัดเจนคือ การคืนวัตถุคิบทางธรรมชาติให้แก่สิ่งแวดล้อม ทั้งยังให้ทัศนียภาพที่สวยงาม เป็นการฟื้นฟูสภาพแวดล้อมของสถานที่ปฏิบัติงานไปด้วยในตัว อย่างไรก็ตามวิธีการบำบัดด้วยพืชนี้มีข้อจำกัดบางประการ อาทิเช่น เนื่องจากการบำบัดที่ค่อนข้างเป็นไปในทางอ้อมกล่าวคือใช้พืชเป็นตัวปฏิบัติงาน ซึ่งการเจาะจงให้พืชนั้นเลือกบำบัดเฉพาะมลพิษหรือสารที่เราต้องการอาจเป็นไปได้ยาก จึงเสมือนเป็นการปฏิบัติงานที่ครอบคลุมมากกว่าเจาะจง ในส่วนของขบวนการที่เกิดที่พืชนั้นส่วนมากมักเป็นไปแบบซ้ำๆตามธรรมชาติของพืช ฉะนั้นวิธีบำบัดนี้จึงเหมาะแก่การบำบัดที่ไม่เร่งด่วน หรือเป็นวิธีบำบัดข้างเคียง ควบคู่กับวิธีอื่นมากกว่า หรืออาจใช้เป็นการบำบัดระยะยาวจะเหมาะสมกว่า ในการบำบัดด้วย

วิธีนี้นั้นมักกระทำกับมลพิษที่มีปริมาณน้อยหรือไม่มากเกินไปที่พืชนั้นๆจะทนได้ และมักใช้วิธีนี้ในรูปแบบของการเก็บกักหรือป้องกันการเคลื่อนตัวของมลพิษควบคู่ไปกับการบำบัดอื่นๆด้วย

การที่เลือกใช้แฝกในงานวิจัยชิ้นนี้เนื่องมาจากแฝกเป็นพืชที่นำมาใช้นั้นเป็นพืชที่มีการใช้ประโยชน์อยู่แล้วอย่างแพร่หลายเช่น ในการป้องกันการชะล้างพังทลายของหน้าดิน ฟื้นฟูสภาพหน้าดินตามเหมืองต่างๆ หรือใช้เป็นกำแพงธรรมชาติ อีกทั้งยังมีคุณสมบัติที่ดีคือมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่เป็นพิษได้สูง โดยเฉพาะ โลหะหนัก ปลูกง่าย และสามารถควบคุมการขยายพันธุ์ได้ง่าย ซึ่งก็เป็นการจำกัดการแพร่กระจายสู่ระบบนิเวศน์ได้ด้วย เมื่อนำแฝกไปปลูกบนดินที่มีการปนเปื้อนแล้วหลังจากนั้นจะนำตัวพืชและดิน ไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณ โลหะหนักที่สนใจด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์เป็นขั้นตอนต่อไป

ในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำแฝกหรือพืชชนิดใดมาปฏิบัติจริงในการแก้ปัญหาลดปริมาณโลหะหนักปนเปื้อนในดินและฟื้นฟูพื้นที่สีเขียว ส่วนใหญ่จะนำไปใช้งานดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ฉะนั้นหากการวิจัยให้ผลที่สามารถนำไปใช้งานจริงได้ก็จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานด้านสิ่งแวดล้อม ที่อาจนำไปประยุกต์ใช้กับงานบำบัดด้านอื่นได้ด้วยเพราะวิธีนี้เป็นวิธีทางธรรมชาติอยู่แล้ว ที่ง่ายในทางปฏิบัติทั้งยังใช้งบประมาณน้อยเมื่อเทียบกับแบบอื่น ซึ่งเหมาะกับสภาพแวดล้อมและคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ต่อประเทศด้วย

ในส่วนของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์นั้นถือเป็นเทคนิคที่มีศักยภาพสูงในหลายๆด้านและยังเป็นเทคนิคที่มีความยืดหยุ่นเหมาะกับการใช้งานด้านสิ่งแวดล้อมเพียงแต่ยังไม่มี การใช้กันอย่างแพร่หลายนักกับพืช หรือในด้านสิ่งแวดล้อม ฉะนั้นการพัฒนาใช้กับงานด้านนี้นั้นจึงถือเป็นการนำเทคนิคทางนิวเคลียร์มาประยุกต์ใช้ ซึ่งนอกจากจะได้การวิเคราะห์ที่แม่นยำและรวดเร็วขึ้นแล้วในอนาคตอาจมีการพัฒนาให้ใช้เป็นมาตรฐานในการวิเคราะห์อีกด้วย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำเทคนิควิธีการบำบัดแบบใช้พืชบำบัดนี้ไปใช้ในการบำบัดมลพิษโลหะหนักปริมาณสูงปนเปื้อนในดิน โดยเฉพาะดินหางแร่ ซึ่งมักก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางดินหรือน้ำได้ถ้ามีการรั่วไหล ดินที่นำมาทดลองเป็นดินหางแร่ตะกั่วและหางแร่สังกะสี โดยดินหางแร่ตะกั่วนั้นได้นำมาจากเหมืองถลุงแร่ตะกั่วในจังหวัดกาญจนบุรี ส่วนดินหางแร่สังกะสีได้นำมาจากเหมืองแร่สังกะสีในจังหวัดตาก ดินดังกล่าวทั้งสองเป็นดินที่มีปริมาณแร่สูงในระดับที่ถือเป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ และไม่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่จะนำกลับไปเข้ากระบวนการถลุงใหม่ จึงมักทิ้งเป็นกากหางแร่ ในส่วนของพืชที่นำมาใช้บำบัดนั้นได้ทดลองใช้หญ้าแฝกเป็นพืชทดลอง เนื่องจากหญ้าแฝกนั้นได้ถูกนำมาใช้งานอยู่แล้วในเหมืองตะกั่วและ

สังกะสี ในด้านการป้องกันหน้าดินพังทลาย หรือเคลื่อนตัว เพราะตัวพืชเองนั้นมีลักษณะพิเศษ คือมีปริมาณรากฝอยมากและหนาแน่น ครอบคลุมพื้นที่กว้าง สามารถเกาะตัวจับดินได้ปริมาณมากกว่าเมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่นที่ขนาดเท่ากัน และสามารถขึ้นได้ในพื้นที่รอบบ่อหางแร่ แสดงว่าแผ่นมีความทนทานต่อระดับความเข้มข้นของแร่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ว่าหญ้าแผ่นนั้นสามารถทนทานต่อมลพิษต่างๆ เช่น โลหะหนัก ความเป็นกรด-เบสของดิน ความเค็ม สภาพภูมิอากาศ ฯลฯ ได้สูงกว่าพืชทั่วไป และจากปริมาณรากฝอยที่มีมากนั้น จึงน่าจะมีความสามารถในการดูดซับสารพิษที่อยู่ในดินได้มากกว่าพืชชนิดอื่นที่ขนาดเท่ากันด้วย

## 1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

เพื่อหาความสามารถของแผ่นในการดูดตะกั่วและสังกะสีจากหางแร่เซอร์ไซต์ (Cerussite) และ เฮมิมอร์ไฟต์ (Hemimorphite) โดยการวิเคราะห์ตะกั่วและสังกะสีด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์

## 1.3 ขอบเขตในการทำวิทยานิพนธ์

1. ใช้ดินหางแร่ตะกั่ว Cerussite จากเหมืองแร่บริษัท Lead Concentrate จังหวัดกาญจนบุรี และหางแร่สังกะสี Hemimorphite จากเหมืองแร่บริษัทผาแดง อินคัสเทรียล จำกัด จังหวัดตาก
2. ใช้แผ่นหอมเป็นพืชทดลองโดยปลูกในกระถางที่ควบคุมตัวแปร
3. ใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ในการวิเคราะห์โดยตรวจสอบผลวิเคราะห์ด้วยวิธี Atomic Absorption spectrophotometry

## 1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาค้นคว้าเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับคุณสมบัติและลักษณะของแผ่นที่นำมาทำการทดลอง รวมถึงศึกษาการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์
2. ตั้งสมมติฐานและทำการออกแบบการทดลอง พร้อมกำหนดเงื่อนไขที่จำเป็นในการดำเนินงาน
3. นำดินที่จะทำการทดลองมาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักเบื้องต้น เพื่อเก็บข้อมูลพื้นฐานและจัดเตรียมตัวอย่างดินทดลองและจัดเตรียมแผ่นที่ใช้ในการทดลอง

4. จัดการทดลองและปลูกแฝกในระบบที่ควบคุมตัวแปรต่างๆ
5. วัดการเจริญเติบโตของแฝกในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนดขึ้นและเก็บเกี่ยวตามระยะเวลา นำตัวอย่างที่ได้ไปทำการวิเคราะห์หาความเข้มข้นโลหะหนักตกค้างในดินและที่ถูกดูดซับในพืช ด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์
6. ตรวจสอบผลวิเคราะห์บางตัวอย่างด้วยเทคนิค Atomic Absorption spectrophotometry
7. สรุปและประเมินผลการวิจัย

### 1.5 สถานที่การปฏิบัติงานวิจัย

1. ภาควิชานิเวศวิทยาเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : สถานที่ในการศึกษาหาข้อมูลและเตรียมตัวอย่าง
2. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : ปฏิบัติการวิจัย ทดลองส่วนการปลูกแฝกภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดในโรงเพาะชำเรือนกระจก
3. ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ด้วยวิธีการเรืองรังสีเอกซ์

### 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์

1. ทราบสภาพและความสามารถในการดูดตะกั่วและสังกะสีของแฝก
2. ได้แนวทางในการนำแฝกไปใช้บำบัดสารพิษซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและประหยัด
3. ได้นำเทคนิคการวิเคราะห์ด้วยการเรืองรังสีเอกซ์ไปใช้ในการวิเคราะห์พืช และในวงการสิ่งแวดล้อม

### 1.7 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. Paul Truong และ Dennis Baker, 1997 เรื่อง The Role of Vetiver Grass in The Rehabilitation of Toxic and Contaminated Lands in Australia งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความทนทานต่อความเป็นพิษจากโลหะหนักของแฝก โดยโลหะหนักที่ใช้ได้แก่แมงกานีส อาร์เซนิก แคดเมียม ทองแดง โครเมียม และนิกเกิล โดยสามารถทนนิกเกิลได้ถึง 50-100 ppm ทนโครเมียมได้ 200-600 ppm ทนอาร์เซนิกได้ 100-250 ppm และทนทองแดงได้ถึง 10-20 ppm ฯลฯ

2. นवलวิ รุ่งธนเกียรติ ประไพ ชัยโรจน์ และสุรสิทธิ์ อรรถจารุสิทธิ์ , 2542 เรื่อง การดูดโลหะหนักและผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตของแฝก โดยทำการทดลองปลูกแฝกในกระถางควบคุมแล้วรดด้วยน้ำที่มีสารละลายของโลหะหนักในปริมาณต่างๆ พบว่าแฝกสามารถดูดซับแคดเมียมได้ 2.9 มก./กก. ตะกั่วได้ 55.1 มก./กก. สังกะสีได้ 253.8 มก./กก. และแมงกานีสได้ 299.5 มก./กก.
3. W.S. Shu, et al., เรื่อง Use of Vetiver and three other grasses for revegetation on a Pb/Zn mine tailing at Lechang, Guangdong Province, China กล่าวถึงการนำแฝกและพืชอีก 3 ชนิดมาทดลองแก้ปัญหามลพิษและการเสื่อมสภาพของดินในบริเวณที่ทิ้งหางแร่ โดยดูจากการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 4 ชนิดในสภาวะดินที่มีการจัดการต่างกันเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าแฝกมีการเติบโตดีที่สุดและสามารถดูดซับโลหะหนักได้ ทั้งยังทนต่อสภาพความเป็นพิษของดินได้ดีกว่าพืชชนิดอื่นด้วย
4. วัลลภ บุญคง, การวิเคราะห์แร่ทองแดงและแร่ตะกั่วด้วยวิธี X-ray fluorescence เป็นการวิจัยการใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์มาวิเคราะห์แร่ทองแดง 0.1% และตะกั่ว 5 % โดยใช้ Pu-238 เป็นต้นกำเนิดรังสี มีการแปรค่าฟิเตอร์และเรทมิเตอร์เป็นตัวแปรพบว่าสามารถวิเคราะห์ได้
5. สุรพงษ์ พิมพ์จันทร์ พิศาล ทังพิทยากุล , 2534 เรื่อง การวิเคราะห์ธาตุที่มีค่าทางเศรษฐกิจโดยวิธีนิวเคลียร์ โดยทำการวิเคราะห์แร่มีค่าทางเศรษฐกิจต่างๆจากหางแร่ดิบๆเช่น โคลัมไบท์-แทนทาลไลท์ อิลเมไนท์ ฯลฯ โดยใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์วิเคราะห์เชิงคุณภาพ และใช้เทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรคชันในการจำแนกชนิดแร่