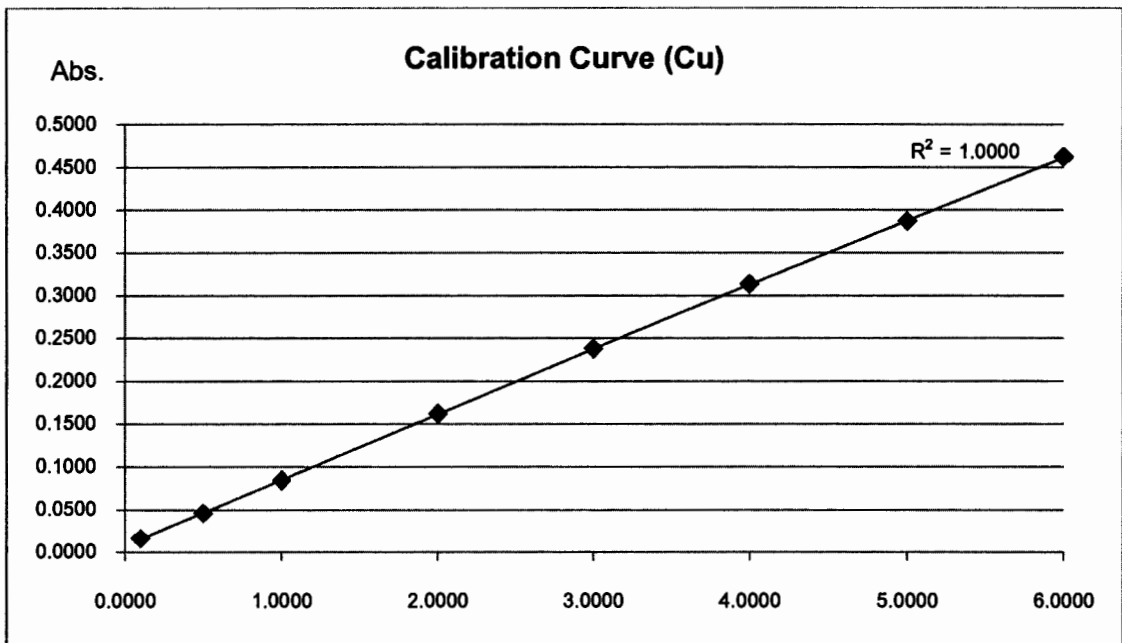


**ภาคผนวก**

ภาคผนวก ก

กราฟมาตรฐานโลหะหนักที่วิเคราะห์กับเครื่อง  
**Atomic Absorption Spectrophotometer**

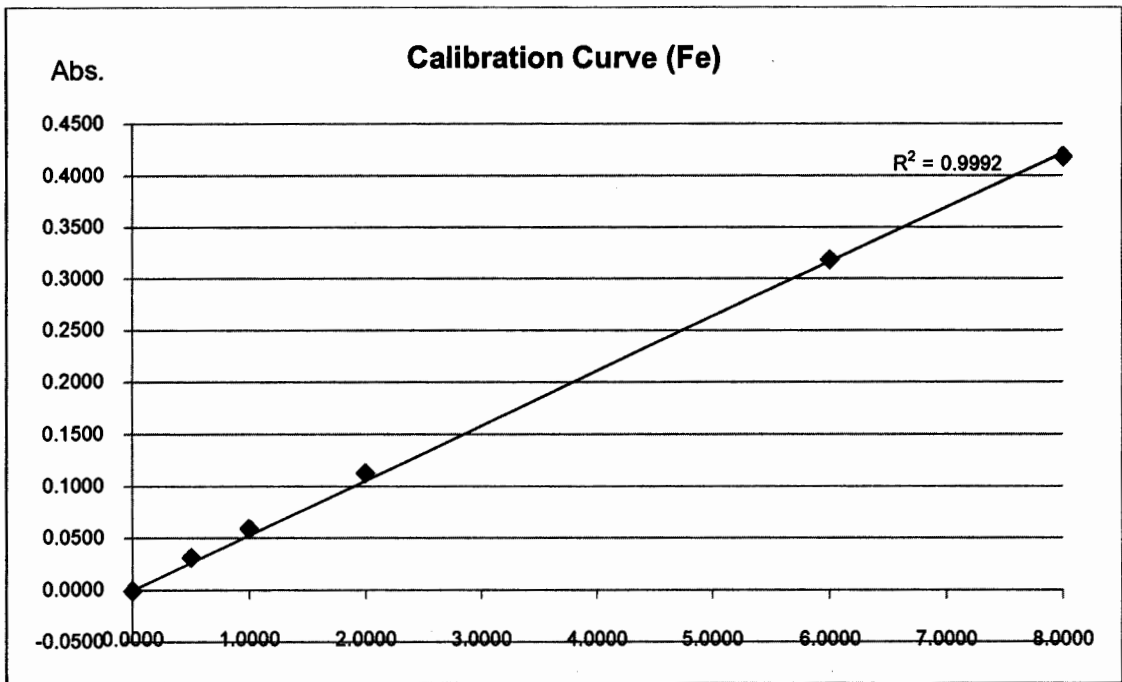


Cu

Conc.

| Conc. (ppm.) | Abs     |
|--------------|---------|
| 0.0000       | -0.0005 |
| 0.1000       | 0.0164  |
| 0.5000       | 0.0461  |
| 1.0000       | 0.0844  |
| 2.0000       | 0.1622  |
| 3.0000       | 0.2377  |
| 4.0000       | 0.3132  |
| 5.0000       | 0.3868  |
| 6.0000       | 0.4622  |

กราฟมาตรฐานทองแดง (Cu)

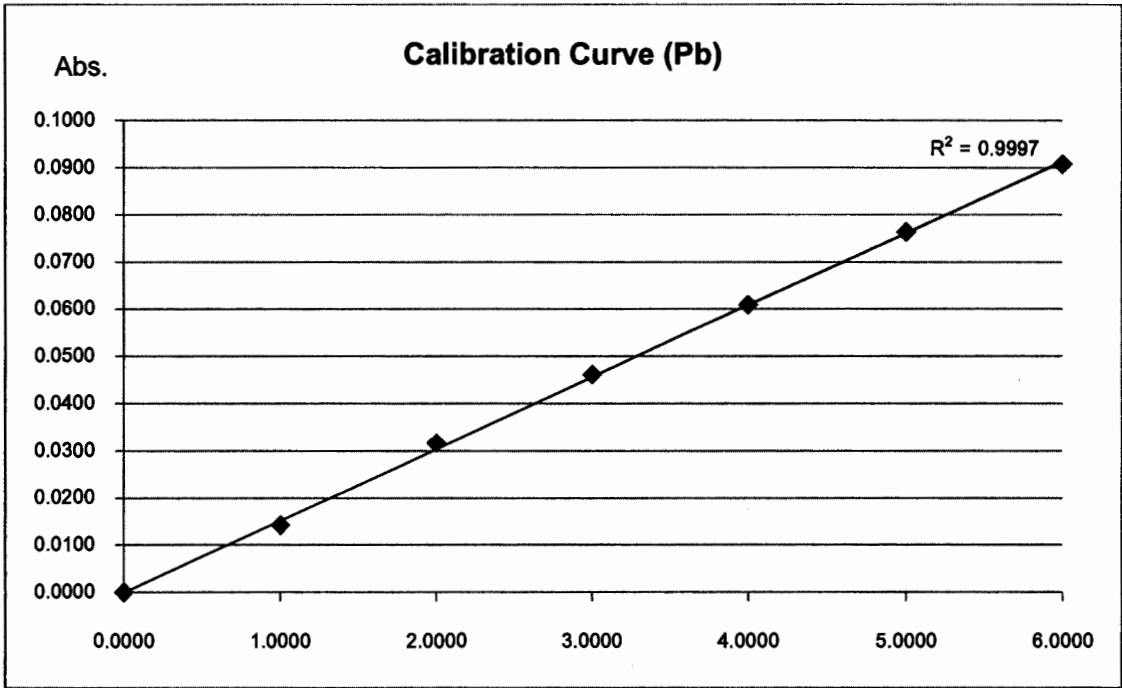


Fe

Conc.

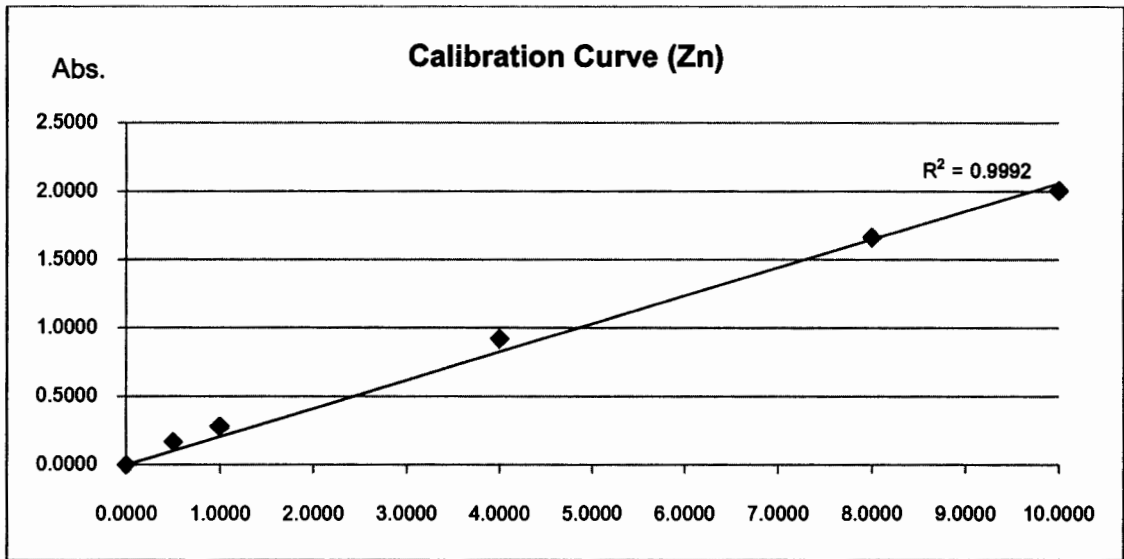
| Conc. (ppm.) | Abs     |
|--------------|---------|
| 0.0000       | -0.0008 |
| 0.5000       | 0.0316  |
| 1.0000       | 0.0587  |
| 2.0000       | 0.1125  |
| 4.0000       | 0.2280  |
| 6.0000       | 0.3185  |
| 8.0000       | 0.4183  |

กราฟมาตรฐานเหล็ก (Fe)

**Pb****Conc.**

| Conc. (ppm.) | Abs    |
|--------------|--------|
| 0.0000       | 0.0000 |
| 1.0000       | 0.0142 |
| 2.0000       | 0.0317 |
| 3.0000       | 0.0462 |
| 4.0000       | 0.0608 |
| 5.0000       | 0.0764 |
| 6.0000       | 0.0907 |

กราฟมาตรฐานตะกั่ว (Pb)

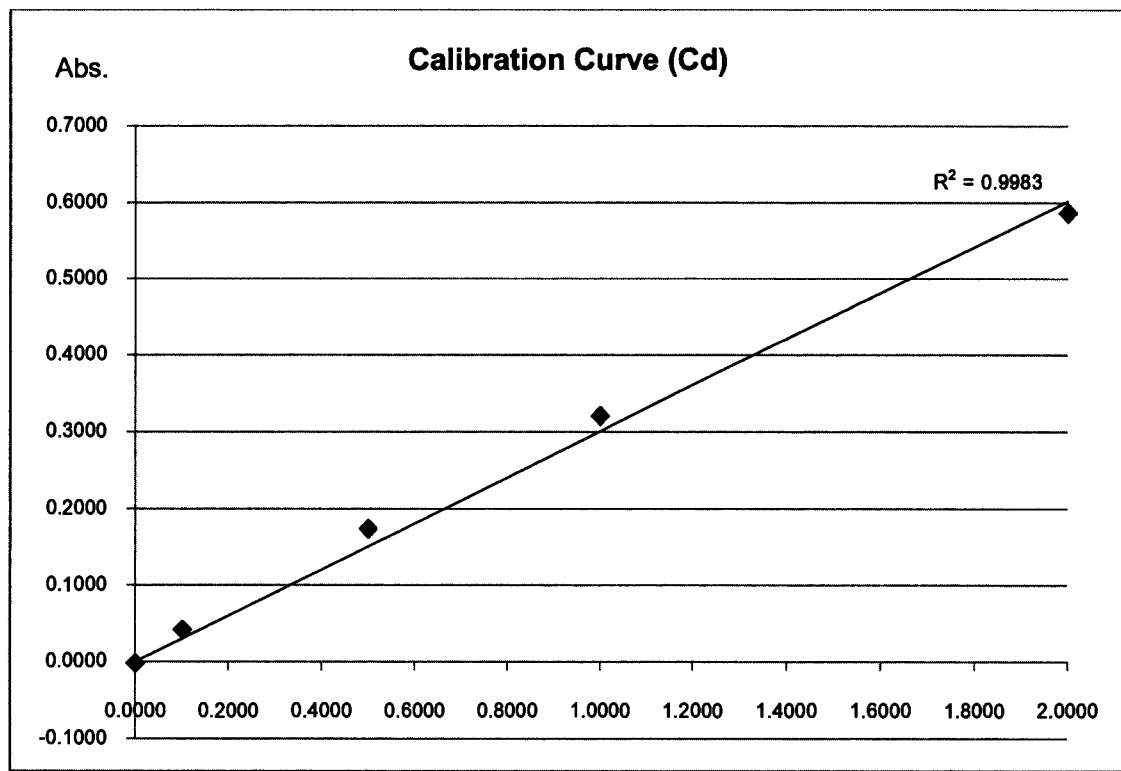


Zn

Conc.

| Conc. (ppm.) | Abs    |
|--------------|--------|
| 0.0000       | 0.0000 |
| 0.5000       | 0.1664 |
| 1.0000       | 0.2785 |
| 4.0000       | 0.9180 |
| 8.0000       | 1.6608 |
| 10.0000      | 2.0040 |

กราฟมาตรฐานสังกะสี (Zn)

**Cd****Conc.**

| Conc. (ppm.) | Abs     |
|--------------|---------|
| 0.0000       | -0.0020 |
| 0.1000       | 0.0417  |
| 0.5000       | 0.1734  |
| 1.0000       | 0.3201  |
| 2.0000       | 0.5862  |

**กราฟมาตรฐานแคดเมียม (Cd)**

## ภาคผนวก ข

การหาค่า **Limit Of Detection (LOD)** และ **Limit Of Quantitation (LOQ)**

## การหาค่า Limit Of Detection (LOD) และ Limit Of Quantitation (LOQ)

### LOD

สำหรับการวิเคราะห์เชิงปริมาณ สามารถทำได้ 3 วิธี ได้แก่

1. กรณี Sample Blank มีค่า

- ทดสอบ Reagent Blank  $\geq 10$  ซ้ำ คำนวณค่าความเข้มข้นเฉลี่ย (X1)
- ทดสอบ Sample Blank  $\geq 10$  ซ้ำ คำนวณค่าความเข้มข้นเฉลี่ย (X2)

$$\text{LOD} = (X2 - X1) + 3\text{SD}$$

2. กรณี Sample Blank ไม่มีค่า

- ทดสอบ Fortified Sample Blank ที่ความเข้มข้นน้อยๆ  $\geq 10$  ซ้ำ

$$\text{LOD} = 3\text{SD}$$

3. ใช้ Fortified Sample Blank 3 ความเข้มข้น

- ทดสอบ Fortified Sample Blank ที่ระดับความเข้มข้น ภายใน Range 3 ความเข้มข้นๆ ละ  $\geq 10$  ซ้ำ
- คำนวณหาค่า SD ของแต่ละความเข้มข้น
- เขียนกราฟระหว่างความเข้มข้น (แกน X) กับ SD (แกน Y)
- จุดตัดแกน Y คือค่า  $S_0$

$$\text{LOD} = 3S_0$$

สำหรับการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ สามารถทำได้ดังนี้

- ทดสอบ Fortified Sample Blank ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ระดับละ 10 ซ้ำ
- ตรวจสอบผล Positive และ ผล Negative

$$\text{LOD} = \text{ความเข้มข้นต่ำสุดที่ให้ผล Positive ทั้ง 10 ซ้ำ}$$

### LOQ

สามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่

1. กรณี Sample Blank มีค่า

- ทดสอบ Reagent Blank  $\geq 10$  ซ้ำ คำนวณค่าความเข้มข้นเฉลี่ย (X1)
- ทดสอบ Sample Blank  $\geq 10$  ซ้ำ คำนวณค่าความเข้มข้นเฉลี่ย (X2)

$$\text{LOQ} = (X2 - X1) + 10\text{SD}$$

## 2. กรณี Sample Blank ไม่มีค่า

- ทดสอบ Fortified Sample Blank ที่ความเข้มข้นน้อยๆ  $\geq 10$  ซ้ำ  
Predicted LOQ = 10SD
- ทดสอบ Sample Blank  $\geq 10$  ซ้ำ
- ทดสอบ Fortified Sample Blank ที่มีความเข้มข้นเท่ากับ Predicted LOQ  $\geq 10$  ซ้ำ
- ตรวจสอบ Outliner, Accuracy และ Precision ของ Fortified Sample Blank

**ภาคผนวก ค**

**การหาเปอร์เซ็นต์ Recovery**

### การหาเปอร์เซ็นต์ Recovery

$$M1V1 = M2V2$$

$$100 \text{ ppm.} \times V1 = \frac{0.5 \times 50}{100}$$

$$V1 = 0.25 \text{ ml.}$$

ปีเปิดโลหะหนักที่ต้องการหาเปอร์เซ็นต์ Recovery 0.25 ml. (จากความเข้มข้น 100 ppm.) ใส่ในตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์

การ Spilk Sample ต้องทำ 3 ความเข้มข้น

0.5 ppm. Spilk ลงไป 0.25 ml. (3 ซ้ำ)

1.0 ppm. Spilk ลงไป 0.50 ml. (3 ซ้ำ)

1.5 ppm. Spilk ลงไป 0.75 ml. (3 ซ้ำ)

$$\% \text{ Recovery} = \frac{(\text{ค่าที่วัดได้จากการทำ Spilk Sample} - \text{ค่าที่วัดได้จาก Sample}) \times 100}{\text{ความเข้มข้นที่ Spilk ลงไป}}$$

1. Sample 1 กรัม = 0.00 ppm.

Sample + Spilk (0.5 ppm.) = 0.50 ppm.

$$\begin{aligned} \% \text{ Recovery} &= \frac{0.50 - 0.00 \times 100}{0.50} \\ &= 100 \% \end{aligned}$$

2. Sample 1 กรัม = 0.00 ppm.

Sample + Spilk (1.0 ppm.) = 1.00 ppm.

$$\begin{aligned} \% \text{ Recovery} &= \frac{1.00 - 0.00 \times 100}{1.00} \\ &= 100 \% \end{aligned}$$

3. Sample 1 กรัม = 0.00 ppm.

Sample + Spilk (1.5 ppm.) = 1.46 ppm.

$$\begin{aligned} \% \text{ Recovery} &= \frac{1.46 - 0.00 \times 100}{1.50} \\ &= 97 \% \end{aligned}$$

## ตาราง % Recovery

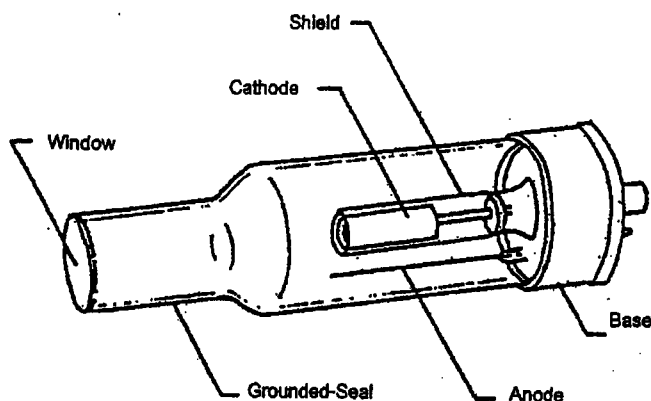
| ครั้งที่   | Sample<br>(ppm.) | Sample+ Spilk<br>0.5 ppm. | Sample+ Spilk<br>1.0 ppm. | Sample+ Spilk<br>1.5 ppm. |
|------------|------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1          | 0.00             | 0.48                      | 1.01                      | 1.46                      |
| 2          | 0.00             | 0.51                      | 0.98                      | 1.46                      |
| 3          | 0.00             | 0.50                      | 1.01                      | 1.46                      |
| ค่าเฉลี่ย  | 0.00             | 0.50                      | 1.00                      | 1.46                      |
| SD         | 0.00             | 0.02                      | 0.02                      | 0.00                      |
| % Recovery |                  | 100%                      | 100%                      | 97%                       |

หมายเหตุ เปอร์เซ็นต์ Recovery ต้องอยู่ในช่วง 90% – 105%

**ภาคผนวก ง**

**หลักการของ Atomic Absorption Spectrophotometry**





ภาพที่ 1 ลักษณะ (Hollow Cathode Lamp, HCL)  
ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545

ลักษณะของ HCL จะประกอบด้วยขั้วแคโทด ซึ่งเป็นโลหะทำเป็นรูปทรงกระบอกกลวงผนังด้านในฉาบด้วยโลหะ (หรือสารประกอบของโลหะ) ที่ต้องการวิเคราะห์ โดยทั่วไปนิยมใช้โลหะหนึ่งต่อด้วย HCL 1 หลอด เช่น ถ้าต้องการวิเคราะห์ตะกั่ว (Pb) ต้องเลือกใช้ HCL ชนิดของตะกั่วด้วย

(2) อุปกรณ์ทำให้เกิดอะตอมอิสระ (Atomizer)

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS นั้น จะประสบความสำเร็จอย่างดีมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของอะตอมอิสระ (Free Atom) ของธาตุที่ทำให้เกิดขึ้น ดังนั้นความสำคัญจึงอยู่ที่ทำอย่างไรจึงจะทำให้ธาตุที่มีอยู่ในสารตัวอย่างที่จะวิเคราะห์แตกตัวเป็นอะตอมอิสระได้มากที่สุดวิธีที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีดังต่อไปนี้

(ก) กระบวนการที่ทำให้สารแตกตัวเป็นอะตอมอิสระด้วยเปลวไฟ (Flame Atomization Process) สำหรับกระบวนการนี้สารตัวอย่างจะต้องเป็นสารละลายเนื้อเดียว ไม่มีสารแขวนลอยอยู่ ตัวทำละลายจะเป็นน้ำหรือสารอินทรีย์ก็ได้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

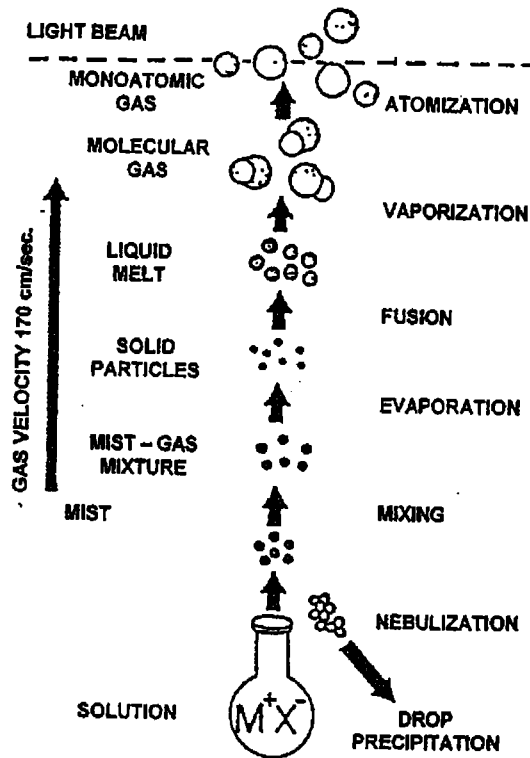
(I) Nebulization เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงของเหลวให้เป็นละอองเล็ก ๆ (Mist) ด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Nebulizer

(II) Droplet Precipitation เป็นกระบวนการที่ละอองเล็ก ๆ ของสารละลายรวมกันเป็นหยดสารละลายขนาดใหญ่ โดยไม่สามารถลอยอยู่ในอากาศได้ จึงตกลงมาแล้วออกไปทางท่อน้ำทิ้ง (Drain)

(III) Mixing เป็นกระบวนการที่ละอองเล็ก ๆ ของสารละลายเกิดผสมกับเชื้อเพลิง (Fuel) และออกซิเจน (Oxidant) ใน Spray Chamber ของ Nebulizer

(IV) Desolvation เป็นกระบวนการที่ทำตัวละลาย ซึ่งอยู่ในละอองเล็ก นั้นถูกกำจัดออกไป ทำให้เกิดเป็นอนุภาคเล็กๆของสารประกอบ กระบวนการนี้จะเกิดขึ้น ตอนล่างของเปลวไฟ

(V) Compound Decomposition เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในเปลวไฟ โดยที่พลังงานความร้อนจากเปลวไฟจะไปทำให้สารประกอบเกิดการแตกตัวเป็นอะตอมอิสระ

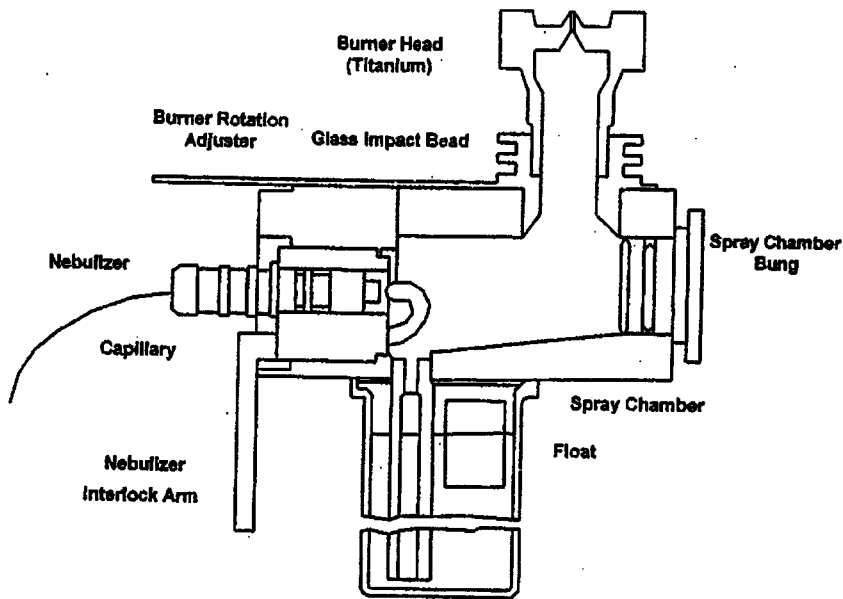


ภาพที่ 2 Flame Atomization Process

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545

โดยทั่วไปเมื่อเวลาใช้เครื่อง ก๊าซที่เป็นเชื้อเพลิงและออกซิแดนท์จะไหลผ่านเข้าไปใน Nebulizer ไปออกตรงปลาย ซึ่งเป็นท่อเล็กๆทำให้ความดันลดลง เป็นผลทำให้สารละลายถูกดูดเข้าไปด้วยอัตราเร็วระหว่าง 1- 4 มิลลิลิตร / นาที จากนั้นสารละลายจะถูกกระแทกด้วยอากาศจนแตกกระจายเป็นฝอยละอองเล็กๆเรียกว่า Aerosol ซึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงไปชน Glass Bead ใน Spray Chamber ทำให้หยดสารละลายขนาดใหญ่แตกกระจายเป็นละอองขนาดเล็กอย่างสม่ำเสมอ โดยละอองเล็กๆเหล่านี้จะไปผสมกับเชื้อเพลิงและออกซิแดนท์ใน Spray

Chamber แล้วไหลเข้าไปยังเปลวไฟ ความร้อนจากเปลวไฟจะกำจัดตัวทำละลายออกไปทำให้สารที่จะวิเคราะห์อยู่ในสภาวะที่แห้งและเป็นก๊าซ ซึ่งจะสลายตัวเป็นอะตอมอิสระของธาตุ



ภาพที่ 3 Nebulizer Spray Chamber  
ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545

ในการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค AAS นั้น การเลือกใช้เตาเผา (Burner) และชนิดของเปลวไฟเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งเตาเผาแต่ละแบบมีการใช้งานแตกต่างกันออกไป เช่น เตาเผาที่ใช้กับ Air/Acetylene หรือ Nitrous Oxide/ Acetylene เป็นต้น ส่วนชนิดของเปลวไฟก็มีด้วยกันหลายชนิด การเลือกเปลวไฟในการทำให้เกิด Atomization ต้องเลือกให้เหมาะสมเพราะเปลวไฟแต่ละชนิดให้อุณหภูมิสูงต่ำแตกต่างกันคือ

**Air/Acetylene Flame** เปลวไฟที่เกิดจากอากาศกับก๊าซอะเซทิลีน เป็นเปลวไฟที่ใช้กันมาก ให้อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 2,300 องศาเซลเซียส และใช้ในการวิเคราะห์ธาตุได้ประมาณ 30 ธาตุ

**Nitrous Oxide/ Acetylene Flame** เปลวไฟที่เกิดจากก๊าซไนตรัสออกไซด์กับก๊าซอะเซทิลีนให้อุณหภูมิของเปลวไฟสูงสุดประมาณ 3,000 องศาเซลเซียส เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ธาตุที่มีเสถียรภาพมาก เช่น อะลูมิเนียม เป็นต้น

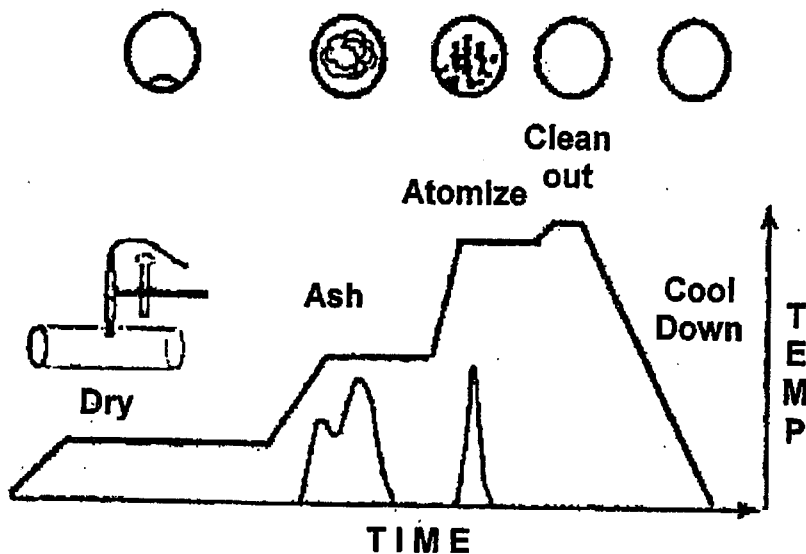
(ข) กระบวนการที่ทำให้สารแตกตัวเป็นอะตอมอิสระด้วยความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (Flameless or Electrothermal Atomization Process) กระบวนการนี้เกิดขึ้นจากการให้พลังงานความร้อนแก่ Graphite Tube ซึ่งความร้อนจะทำให้ตัวทำละลายหรือสารอินทรีย์

ที่อยู่ในตัวอย่างระเหยออกไปเหลือไว้เฉพาะธาตุที่เราสนใจ โดยกระบวนการ Atomization แบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอน ที่สามารถโปรแกรมได้ทั้งอุณหภูมิและเวลาคือ

(I) ขั้นทำให้แห้ง (Drying Stage) เป็นขั้นตอนที่สารตัวอย่างจะค่อยๆ ถูกให้ความร้อน เพื่อระเหยตัวทำละลายให้ออกไปก่อน โดยปกติใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส

(II) ขั้นเผาให้เป็นเถ้า (Ashing Stage) เป็นขั้นตอนที่ให้ความร้อนสูงขึ้น อาจถึง 1,500 องศาเซลเซียส เพื่อกำจัดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ออกจากสารตัวอย่าง เหลือเฉพาะแต่สารอนินทรีย์ที่เสถียรเท่านั้น

(III) ขั้นทำให้เกิดเป็นอะตอม (Atomization Stage) เป็นขั้นตอนของสารที่เหลืออยู่ ถูกเผาที่อุณหภูมิสูงอาจถึง 3,000 องศาเซลเซียส เพื่อให้สลายเกิดเป็นอะตอมอิสระเกิดขึ้นในช่องทางที่แสงผ่าน ซึ่งวัดสัญญาณการดูดกลืนแสงได้ออกมาเป็นพีคแหลม (Sharp Peak) และความสูงของพีคจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณของธาตุในสารละลายตัวอย่างนั้น



ภาพที่ 4 Furnace Thermal Stages  
ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545

### (3) อุปกรณ์เลือกความยาวคลื่น (Wavelength Selector)

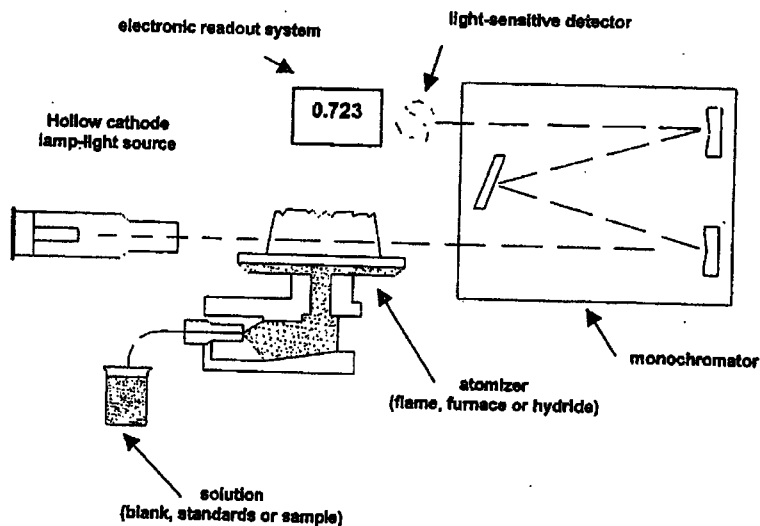
มักใช้กับเครื่องมือที่เรียกว่า Monochromator ซึ่งมีความสามารถในการแยกความยาวคลื่นระหว่างเส้นสเปกตรัม Non-Absorbing Line กับเส้นสเปกตรัม Analytical Line ของธาตุส่วนใหญ่ได้ โดยการวิเคราะห์ธาตุแต่ละธาตุนั้น ต้องการความสามารถในการแยกของ Monochromator ที่ต่างกัน

(4) เครื่องวัดความเข้มของแสง (Detector)

เป็นส่วนของอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณความเข้มของรังสีให้เป็นค่าทางไฟฟ้า

(5) ระบบประมวลผลข้อมูล (Data System)

ในปัจจุบันเครื่อง AAS โดยทั่วไปจะต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถใช้ควบคุมการทำงานและให้ข้อมูลของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ต้องการเหมือนกับเป็นตำราทำกับข้าว (Cook Book) เพื่อคอยให้ความช่วยเหลือ นอกจากนี้เครื่องคอมพิวเตอร์ยังสามารถทำหน้าที่เก็บข้อมูล คำนวณผล และพิมพ์รายงานผลให้อีกด้วย ซึ่งนับว่าสะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้นในการวิเคราะห์



ภาพที่ 5 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่อง AAS

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545

### เทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี AAS

สามารถทำได้หลายวิธี คือ

(1) Flame Atomization Technique เป็นกระบวนการที่ทำให้สารตัวอย่างแตกตัวเป็นอะตอมด้วยเปลวไฟที่เหมาะสม

(2) Non-Flame Atomization Technique เป็นกระบวนการที่ทำให้สารตัวอย่างแตกตัวเป็นอะตอมด้วยความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (Electrothermal) โดยสามารถโปรแกรมให้อุณหภูมิของการเผามีค่าต่าง ๆ กันและใช้เวลาดัง ๆ กันได้

(3) Hydride Generation Technique เนื่องจากมีธาตุบางชนิดไม่สามารถเปลี่ยนให้เป็นอะตอมได้โดยตรงด้วยเทคนิค 1 และ 2 ที่กล่าวมาแล้ว แต่จำเป็นต้องใช้วิธีทำให้แตกตัวใน

บรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจน ( $O_2$ ) เพื่อป้องกันการรวมตัวกับ  $O_2$  ของธาตุเหล่านี้ ดังนั้นเทคนิคนี้จึงต้องใช้วิธีทำให้ธาตุเหล่านี้กลายเป็นสารที่เป็นไอได้ง่ายๆ ที่อุณหภูมิห้องด้วยการรีดิวซ์ให้เป็นไฮไดรด์ แล้วให้ไฮไดรด์นั้นผ่านเข้าไปในเปลวไฟไฮโดรเจน ( $H_2$ ) ซึ่งความร้อนจากเปลวไฟ  $H_2$  จะทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมอิสระได้ เทคนิคนี้ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุสารหนู (As) ซีลีเนียม (Se) เป็นต้น

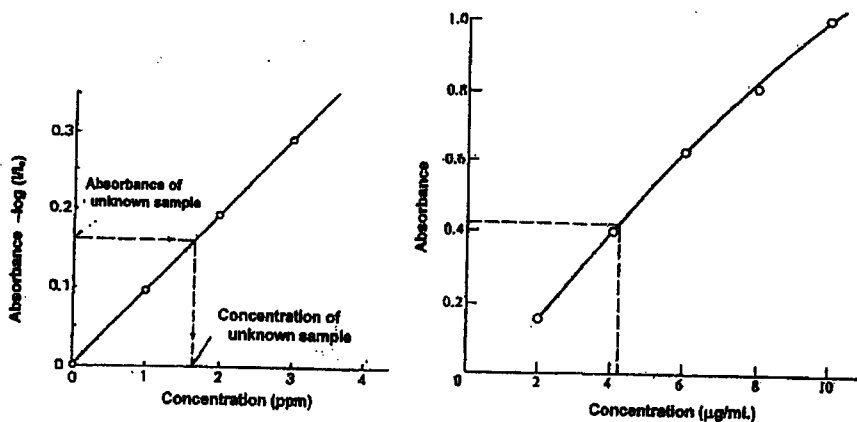
(4) Cold Vapor Generation Technique เทคนิคนี้เหมาะสมกับการวิเคราะห์ธาตุที่สามารถเปลี่ยนให้กลายเป็นไอได้ง่ายๆ เช่น การวิเคราะห์หาปรอท (Hg)

**การทำปริมาณวิเคราะห์ (Quantitative Analysis) ด้วยเทคนิค AAS**

สามารถทำได้ด้วยวิธีดังต่อไปนี้

#### (1) Calibration Method

ใช้ในกรณีที่สารตัวอย่างไม่ค่อยมีสารแทรกสอด (Interference) วิเคราะห์โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนแล้ว โดยปรับสัญญาณ Blank ให้มีค่าเป็นศูนย์ แล้วจึงวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ของสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันประมาณ 4-5 ระดับความเข้มข้น แล้วนำผลมาเขียนกราฟ เพื่อหาความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน จะได้ Calibration Curve ซึ่งอาจเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้งก็ได้ โดยสิ่งสำคัญจะต้องไม่ลืมว่า Calibration Curve ที่ได้จะใช้ได้เฉพาะการวิเคราะห์แต่ละครั้งเท่านั้น เมื่อทำการวิเคราะห์ครั้งใหม่จะต้องทำ Calibration Curve ใหม่ด้วยทุกครั้ง ทั้งนี้เพราะพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้อาจเปลี่ยนแปลงไปได้

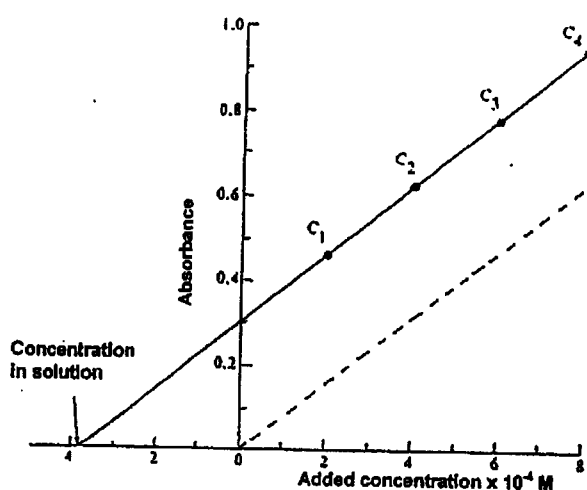


ภาพที่ 6 การหาความเข้มข้นของสารตัวอย่างด้วยวิธี Calibration Curve

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545

## (2) Standard Addition Method

เป็นวิธีแก้ปัญหาเกี่ยวกับผลกระทบของ Matrix และสารแทรกสอดในสารตัวอย่าง โดยเติมสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่างๆ กันลงไป ( $C_1, C_2, C_3, \dots$ ) ด้วยปริมาณเท่ากัน และนำสารละลายส่วนสุดท้ายมาเติมเฉพาะตัวทำละลายให้มีปริมาณเท่ากันทั้งหมด จากนั้นนำสารละลายทั้งหมดไปวัดค่าการดูดกลืนแสง แล้วนำมาเขียนกราฟ โดยที่แกน Y เป็นค่าการดูดกลืนแสง ส่วนแกน X เป็นระดับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เติมลงไป ในสารละลายตัวอย่าง และค่าที่จุดตัดของกราฟที่แกน X จะ เป็นความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง



ภาพที่ 7 การหาความเข้มข้นของสารตัวอย่างด้วยวิธี Standard Addition

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545

**ภาคผนวก จ**

**คู่มือการใช้งาน**

**Shimadzu Atomic Absorption  
Spectrometer (AAS) รุ่น AA-6200**

# คู่มือการใช้งาน

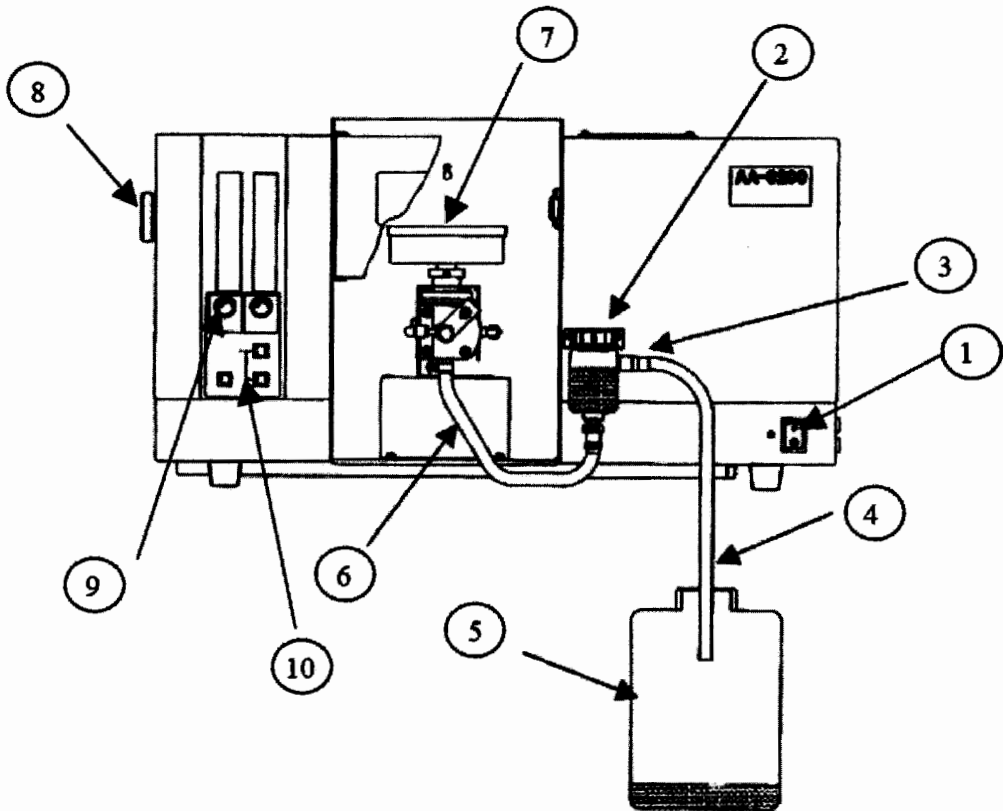
Shimadzu Atomic Absorption  
Spectrometer (AAS) รุ่น AA-6200  
ด้วย WizAArd Software

(ฉบับภาษาไทย)



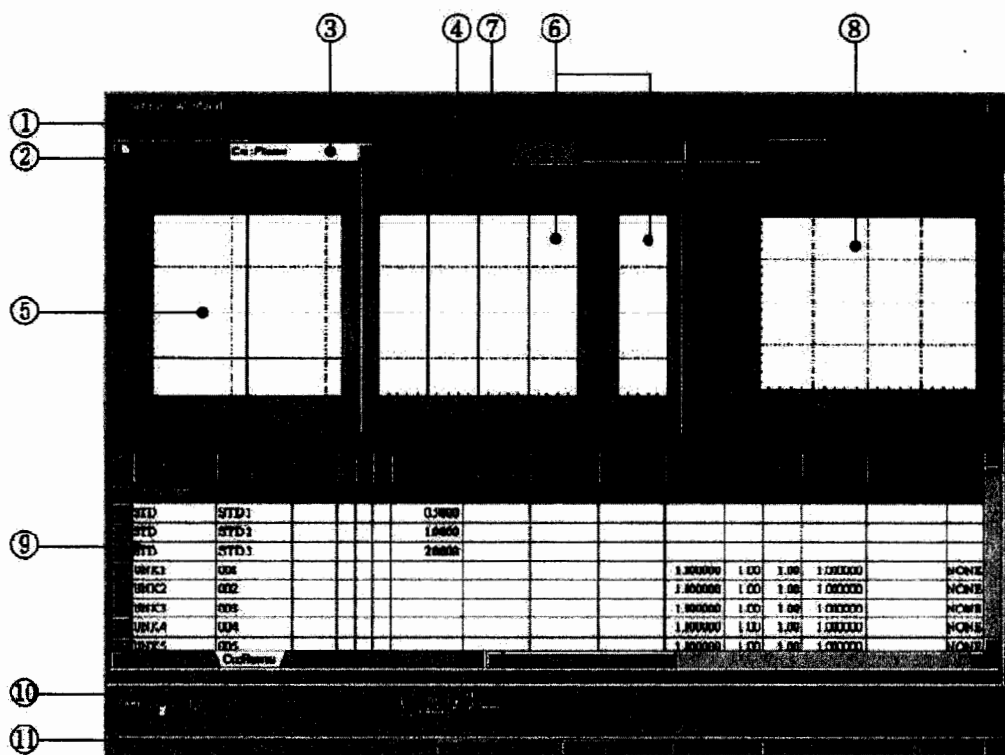
**บริษัท พาราไซแอนติฟิค จำกัด**  
**BARA SCIENTIFIC CO., LTD.**

### ส่วนประกอบของเครื่อง AA-6200



| หมายเลข | ชื่อ                                 | ความหมาย   |
|---------|--------------------------------------|--|
| 1       | Power Switch                         | ปุ่มเปิดเครื่อง                                      |
| 2       | Drain Tank Opening                   | ฝาปิด Drain tank                                     |
| 3       | Discharge Port                       | ทางออกของน้ำทิ้งจาก Drain tank                       |
| 4       | Drain Tube                           | สายยางน้ำทิ้งจาก Drain tank                          |
| 5       | Drain Container                      | ถังเก็บน้ำทิ้ง                                       |
| 6       | U-Tube                               | สายยางน้ำทิ้งจาก Chamber                             |
| 7       | Burner Head                          | เตาเผาตัวอย่าง                                       |
| 8       | Slit Changing Knob                   | ปุ่มปรับ Slit  |
| 9       | Fuel/Oxidant Gas Flow Adjusting Knob | ปุ่มปรับอัตราการไหลของแก๊สเชื้อเพลิงและแก๊สช่วยติดไฟ |
| 10      | Purge/Ignite/Extinguish Button       | ปุ่มกดสำหรับจุดไฟและดับไฟ                            |

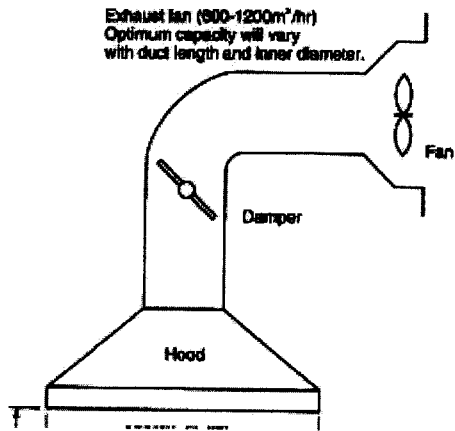
## ส่วนประกอบบนหน้าจอ WizArd Software



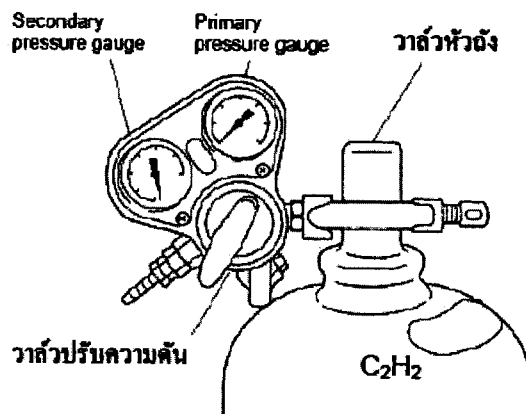
| หมายเลข | ความหมาย   |
|---------|--|
| 1       | แถบเมนู  |
| 2       | แถบไอคอน   |
| 3       | เมนูเลือกการวิเคราะห์ที่กำหนด                        |
| 4       | ช่องแสดงธาตุและค่าการดูดกลืนแสงที่กำลังวิเคราะห์อยู่ |
| 5       | ช่องแสดงสัญญาณค่าการดูดกลืนแสงแบบ Real Time          |
| 6       | ช่องแสดงสัญญาณค่าการดูดกลืนแสงของแต่ละตัวอย่าง       |
| 7       | ช่องเลือกดู Calibration Curve                        |
| 8       | ช่องแสดง Calibration Curve                           |
| 9       | ตารางแสดงผลการวิเคราะห์                              |
| 10      | แถบปุ่มกดสำหรับสั่งวิเคราะห์                         |
| 11      | แถบแสดงสถานะของเครื่อง                               |

## การเปิดเครื่อง AA-6200

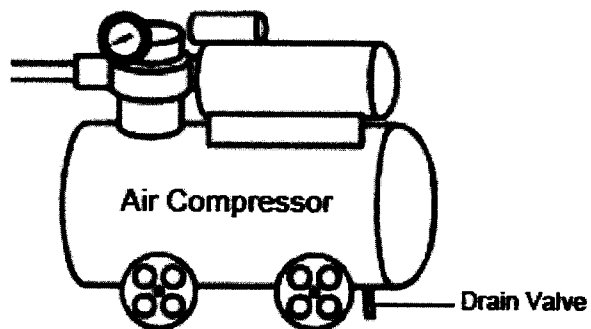
### 1. เปิด Hood



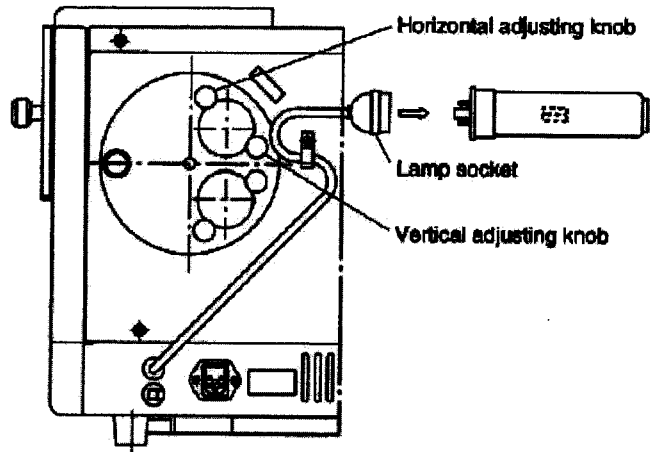
2. เปิดแก๊ส C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> โดยใช้ประแจ  
หมุนวาล์วหัวถังทวนเข็มนาฬิกา  
1-1.5 รอบ หมุนวาล์วปรับความ  
ดันให้ได้ความดันที่ Secondary  
Pressure Gauge ประมาณ  
1 kg/cm<sup>2</sup>  
(0.098 Mpa=0.98 bar=14.2 psi)



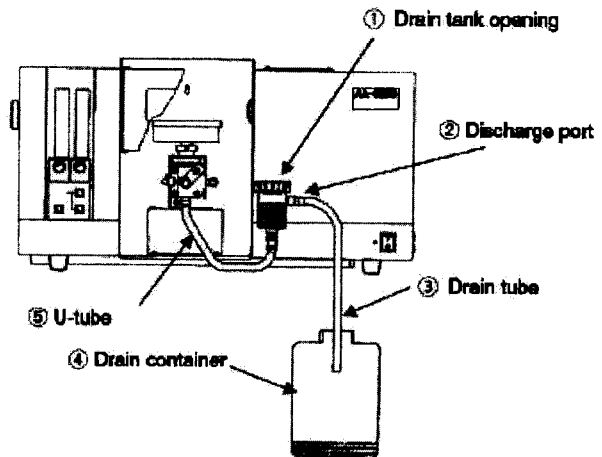
3. เปิด Air Compressor โดยปิด  
Drain Valve แล้วเปิดสวิตช์ที่  
Air Compressor



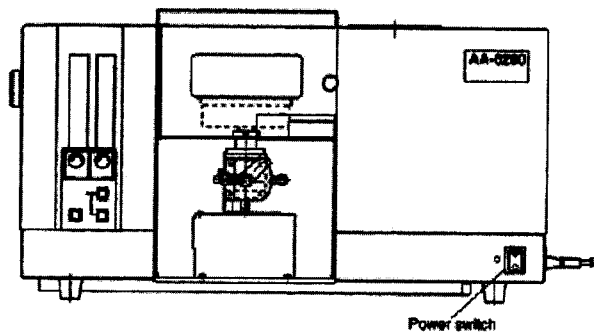
4. ใส่ Lamp ที่ต้องการวิเคราะห์



5. เติมน้ำ DI ที่ Drain Tank และตรวจสอบ Drain Tube ให้ลอยอยู่เหนือน้ำทิ้งใน Drain Container



6. เปิดสวิตช์เครื่อง AA-6200



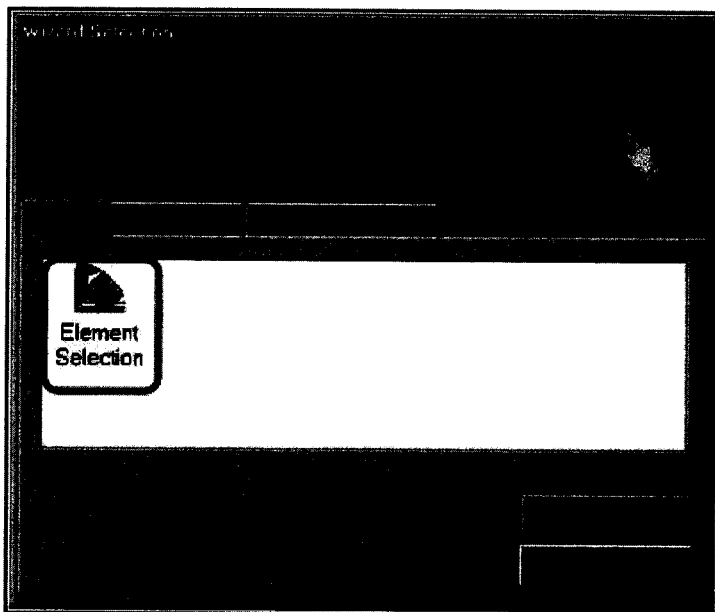
7. เปิดคอมพิวเตอร์

## การใช้งาน WizAard Software

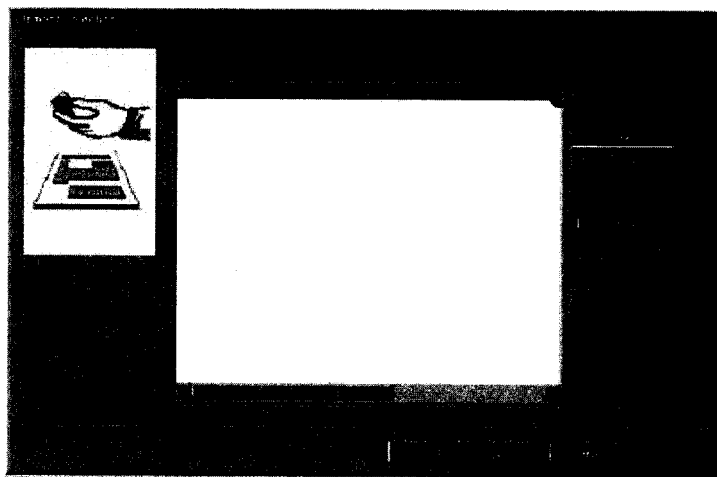
1. ดับเบิลคลิกที่ไอคอน  
WizAard



2. ดับเบิลคลิกที่ไอคอน  
Element Selection



3. คลิก [Select Elements]



#### 4. คลิกเลือกธาตุ

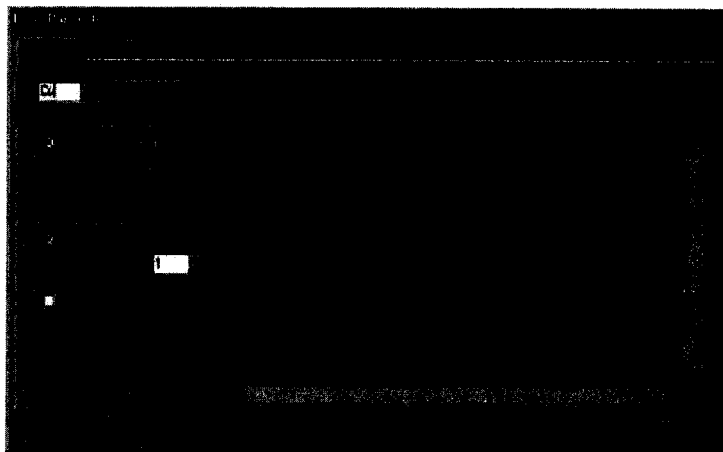
คลิก  Flame

คลิก  Normal Lamp

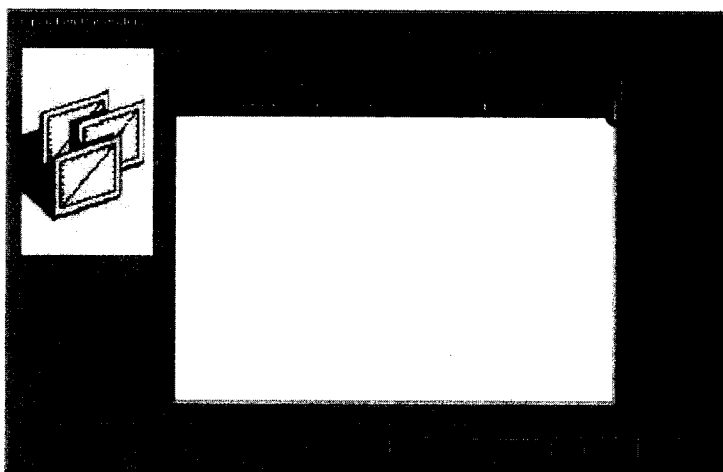
คลิกเลือกเบอร์ Socket#

ที่ใส่ Lamp แล้วคลิก [OK]

เมื่อนำจอกลับสู่หน้าเดิม  
ให้คลิก [Next>]



#### 5. คลิก [Edit]



ตั้งค่าการวัด Std.\* ดังนี้

Order 1<sup>st</sup> คือ กราฟเส้นตรง

Conc. Unit คือ หน่วยความ

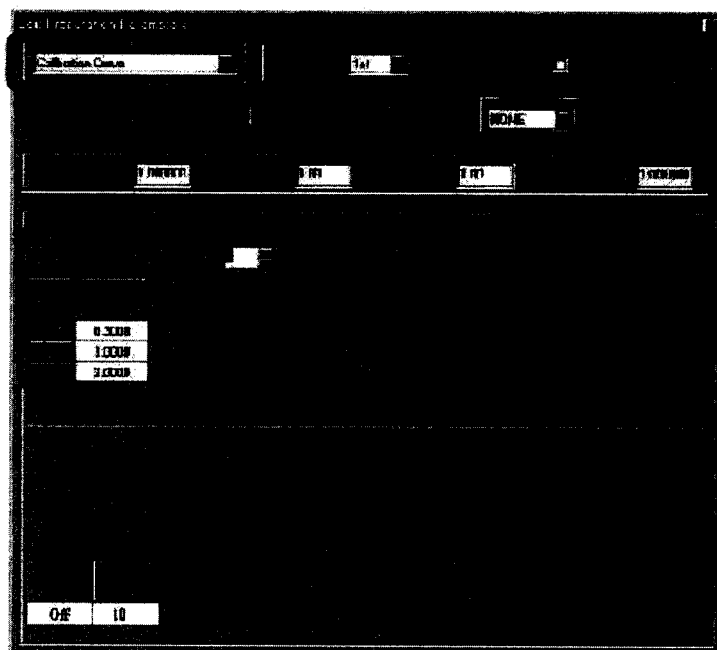
เข้มข้นของ std.\*

พิมพ์จำนวน std.\* โดยคลิก

ที่ Number of STD

พิมพ์ความเข้มข้น Std.\*

ที่ช่อง Conc.



Repeat Conditions คือ  
ตั้งค่าการวัดซ้ำของ Blank/  
Std.\*/ Sample

Num.of Reps. คือ จำนวน  
การวัดซ้ำที่ต้องการนำมาหา  
ค่าเฉลี่ย

Max. Num.of Reps. คือ  
จำนวนการวัดซ้ำที่ต้องการ  
นำมาหาค่าเฉลี่ยมากที่สุด

RSD Limit คือ ค่าความ  
แตกต่างของผลการวัดซ้ำที่  
ต้องการ ผลการวัดซ้ำที่ทำ  
ให้ได้ค่าความแตกต่างเกิน  
จากนี้จะไม่นำมาคำนวณ  
ค่าเฉลี่ย

คลิก [OK]

เมื่อหน้าจอกลับสู่หน้าเดิมให้  
คลิก [NEXT>]

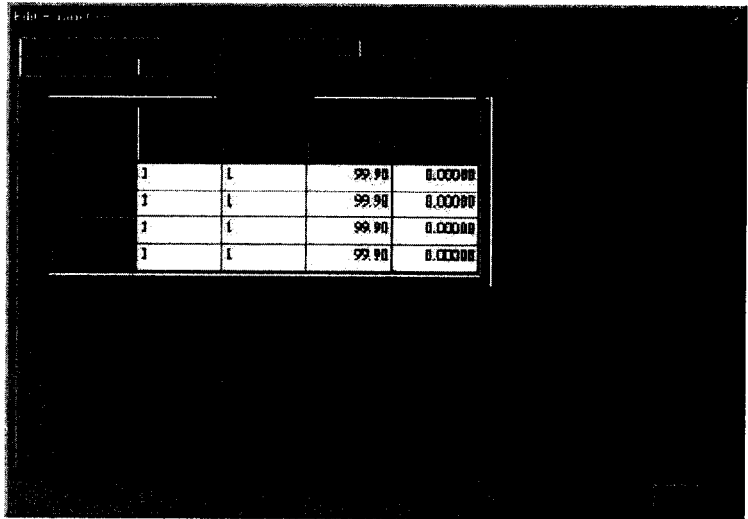
\*Std. คือ Standard

6.คลิกเลือกNo.of Samples  
พิมพ์ชื่อ Sample ในช่อง

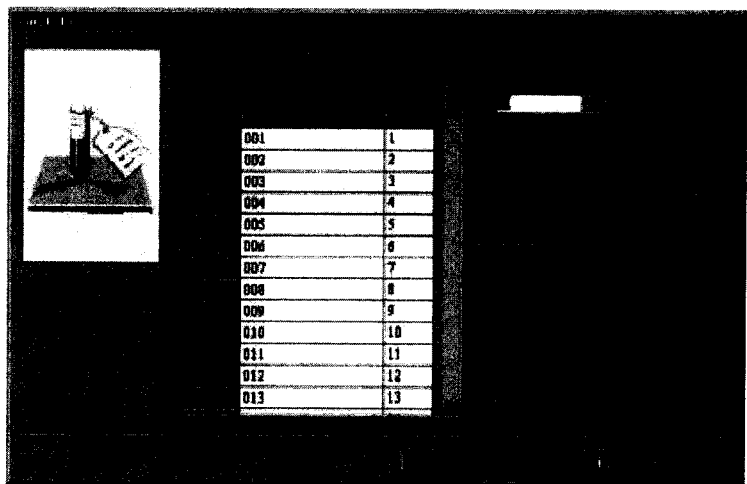
Sample ID

คลิก [OK]

แล้วคลิก [NEXT>]

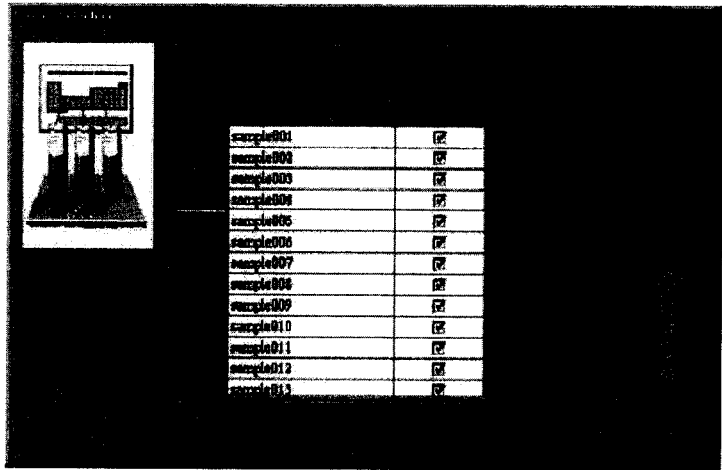


|   |   |       |          |
|---|---|-------|----------|
| 1 | 1 | 99.98 | 0.000000 |
| 1 | 1 | 99.98 | 0.000000 |
| 1 | 1 | 99.98 | 0.000000 |
| 1 | 1 | 99.98 | 0.000000 |

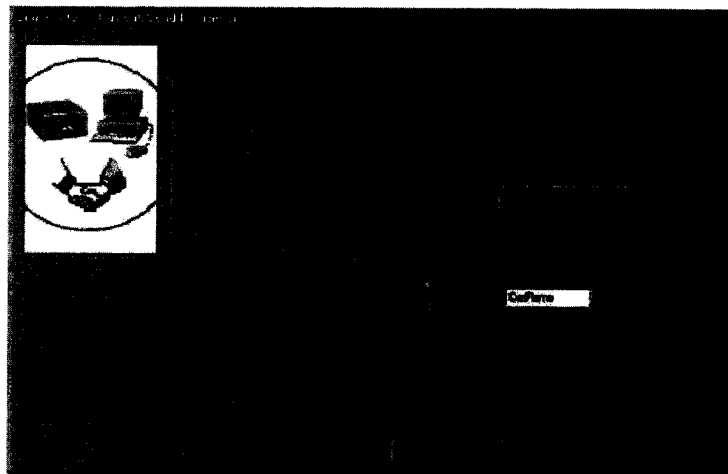


|     |    |
|-----|----|
| 001 | 1  |
| 002 | 2  |
| 003 | 3  |
| 004 | 4  |
| 005 | 5  |
| 006 | 6  |
| 007 | 7  |
| 008 | 8  |
| 009 | 9  |
| 010 | 10 |
| 011 | 11 |
| 012 | 12 |
| 013 | 13 |

## 7. คลิก [Next &gt;]

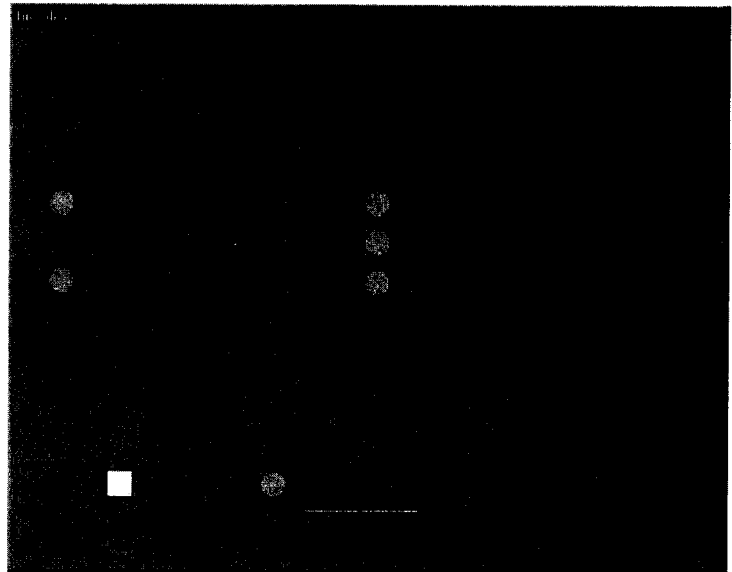


## 8. คลิก [Connect/sent Parameter]

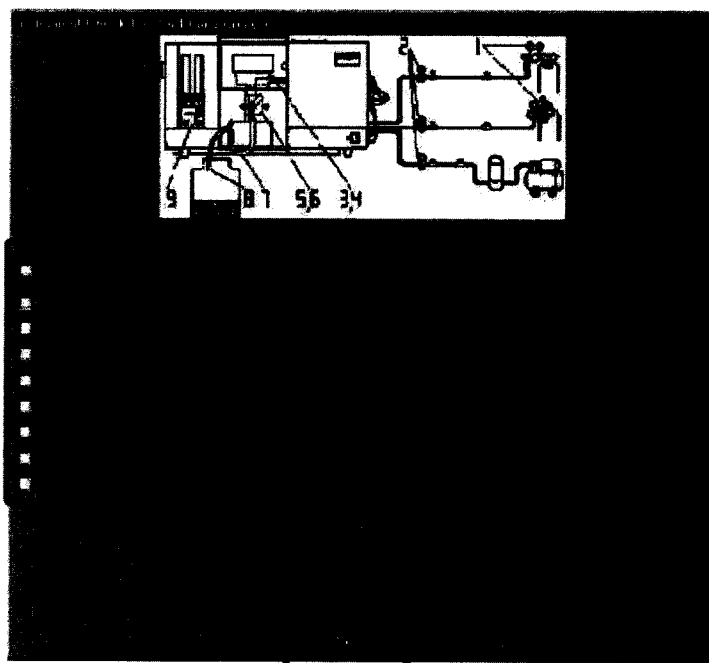


เครื่องจะเริ่มทำการ  
Initialize และตรวจสอบ  
ระบบ Safety ดังนี้

เมื่อตรวจสอบเสร็จ  
คลิก [OK]

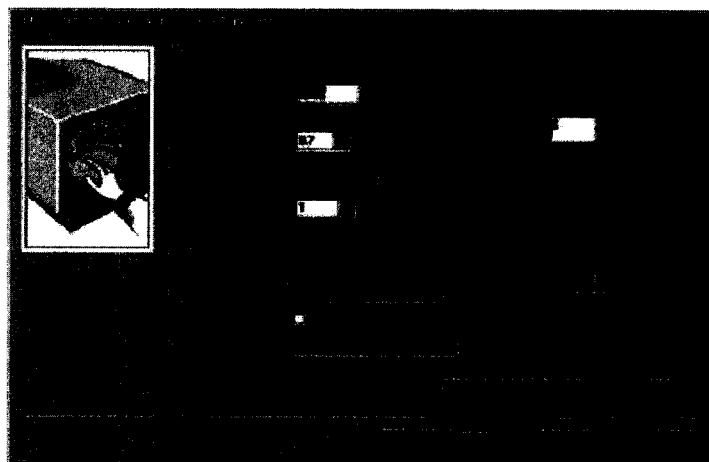


ตรวจสอบส่วนประกอบ  
ต่างๆ เพื่อความปลอดภัย  
ให้คลิก  และคลิก [OK]

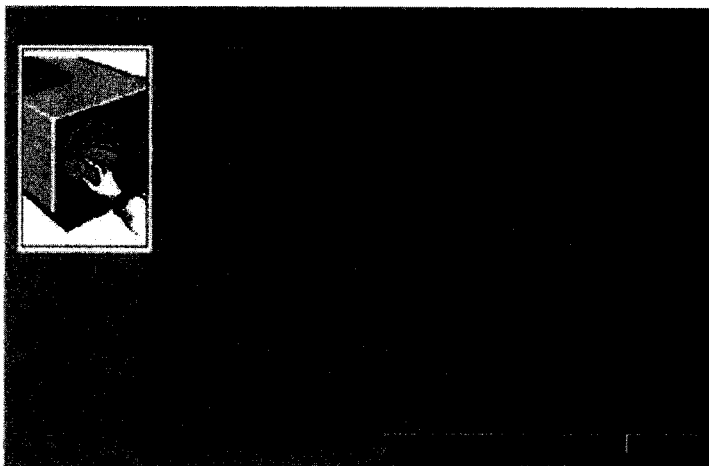


เมื่อนำจอกลับสู่หน้าเดิม  
ให้คลิก [Next>]

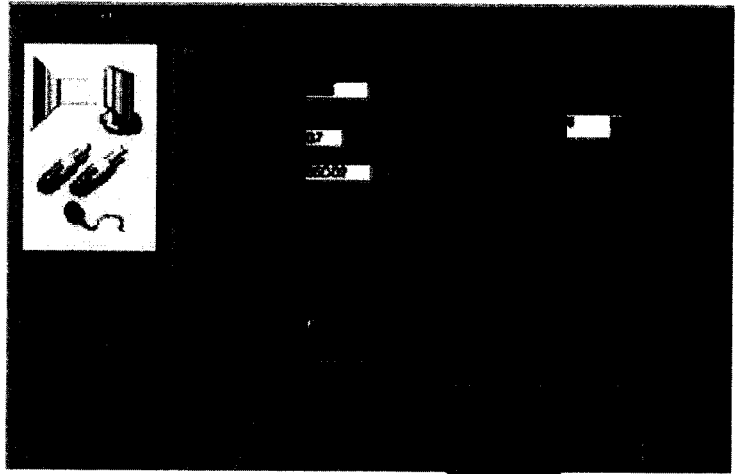
9. ปรับ Slit ทางซ้ายของ  
เครื่องปรับ Lamp ทางขวา  
ของเครื่อง  
คลิก Lamp On   
รอมุมขวาล่างเป็น Ready  
แล้วคลิก [Next>]  
และ [No]



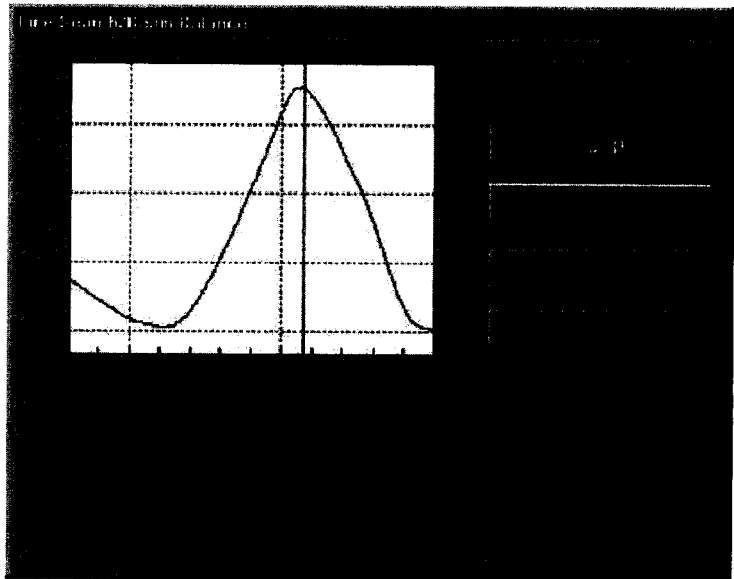
ปรับสัญญาณจาก Lamp  
ให้ได้ค่าที่สูงที่สุดแต่ไม่เกิน  
ค่า Max.  
โดยปรับปุ่มสองข้างของ  
Lamp แล้วคลิก [Next>]



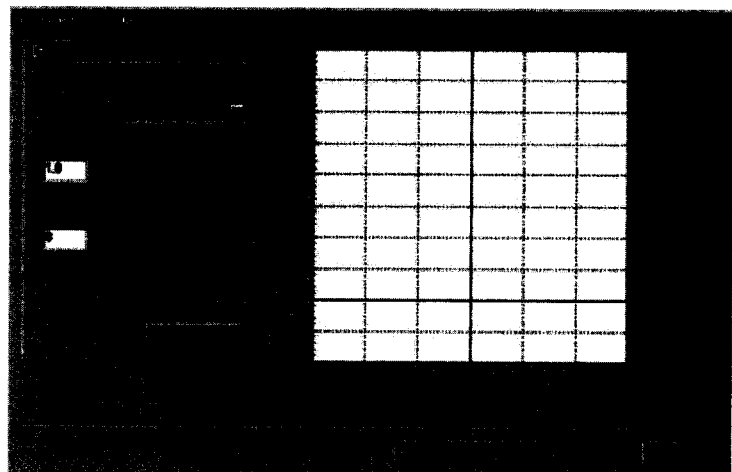
คลิก [Next>]



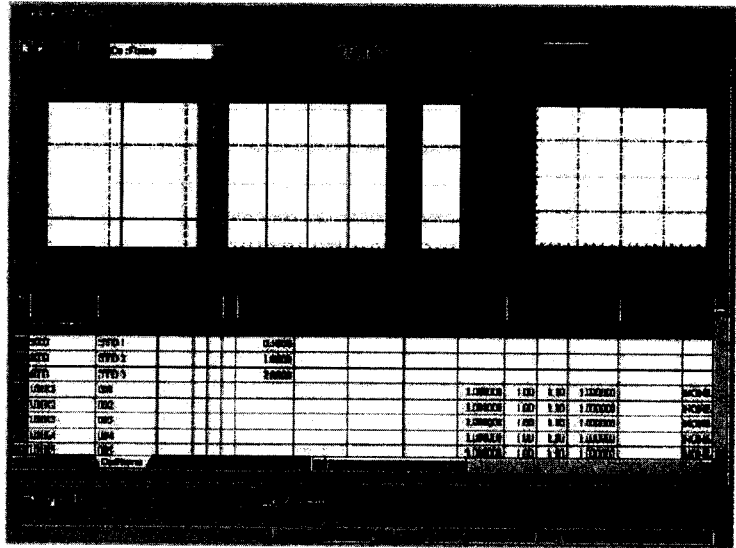
เมื่อ Line Search/Beam Balance เป็น OK แล้วคลิก [Close]



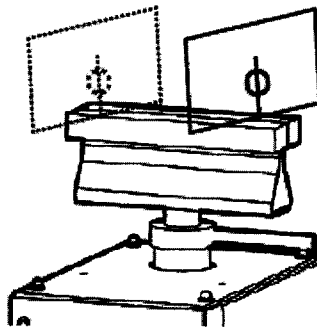
10. ปรับชนิดของแก๊สที่ใช้  
โดยคลิกที่ Flam Type  
ปรับอัตราการไหลของแก๊ส  
โดยกดปุ่ม PURGE ที่  
เครื่องแล้วหมุนปุ่มปรับลูก  
ลอยเสร็จแล้วคลิก [Finish]



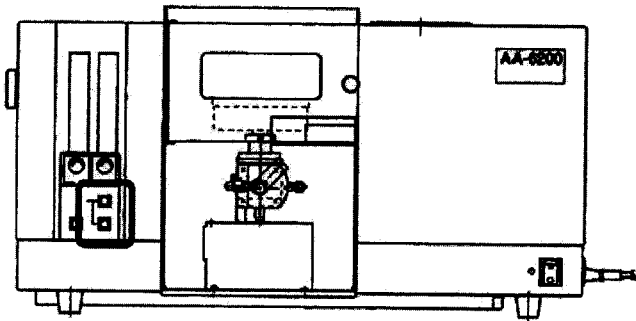
หน้าจอทำงานจะแสดงขึ้น  
ดังรูป



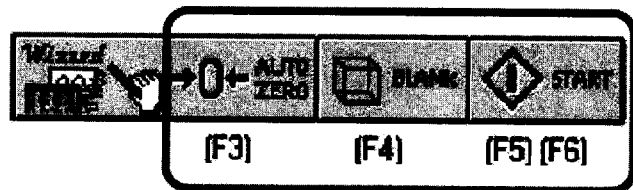
11. ตรวจสอบลำแสงจาก  
Lamp ให้ผ่านกลาง Burner  
Head ทั้งหน้าและหลัง  
ดังรูป



12. จุดไฟ โดยกดปุ่ม  
PURGE กับ IGNITE  
พร้อมกันจนไฟติด



13. ทำการวิเคราะห์  
จุดน้ำ DI ดูสัญญาณที่คงที่  
คลิก [AUTO ZERO]  
จุด Blank ดูสัญญาณที่คงที่  
คลิก [BLANK]  
จุด Std./ Sample ดู  
สัญญาณที่คงที่คลิก  
[START]



14. บันทึกข้อมูลและ  
พารามิเตอร์ คลิกเมนู

**[File] > [Save As]**

เลือกโฟลเดอร์ ตั้งชื่อไฟล์

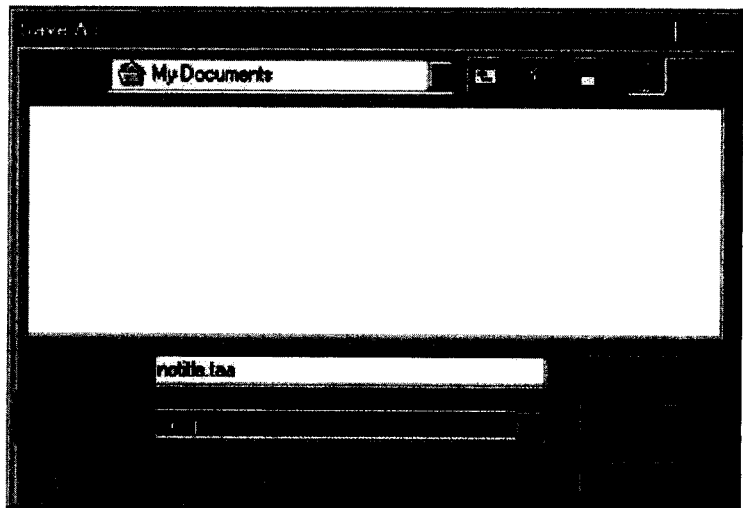
และเลือกนามสกุล

ข้อมูลเลือกData File (\*.aa)

พารามิเตอร์ เลือก

Template (\*.taa)

แล้วคลิก **[Save]**



15. พิมพ์รายงาน

คลิกเมนู **[File] >**

**[Print Data/Parameters]**

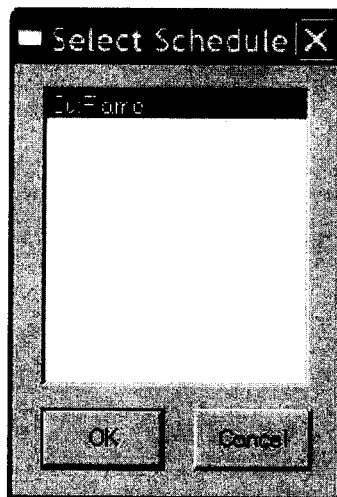
เพื่อพิมพ์ข้อมูลการวัดและ

พารามิเตอร์หรือ

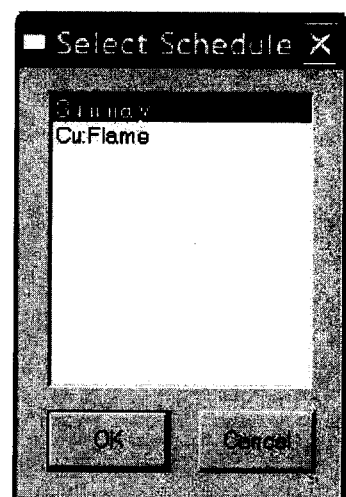
**[Print Table Data]**

เพื่อพิมพ์ตารางการวัด

หรือ ตารางแสดงผลสรุป



**Print Data/Parameter**



**Print Table Data**

## ขั้นตอนการปิดเครื่อง AA-6200

1. คลิกเมนู

[Parameters]>

[Edit Parameters]

คลิก Lamp On

เพื่อปิด Lamp

คลิก [OK] และ[Cancel]

2. ทำความสะอาดเครื่อง

ก่อนดับไฟ

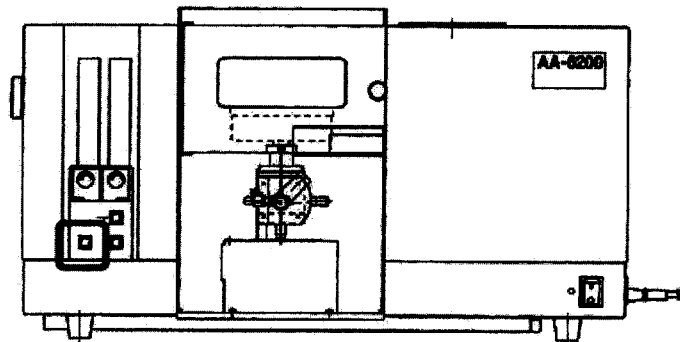
ดูด Blank นาน 3-5 นาที

ดูด น้ำ DI นาน 3-5 นาที

ดูดอากาศ นาน 3-5 นาที

3. ดับไฟ โดยกดปุ่ม

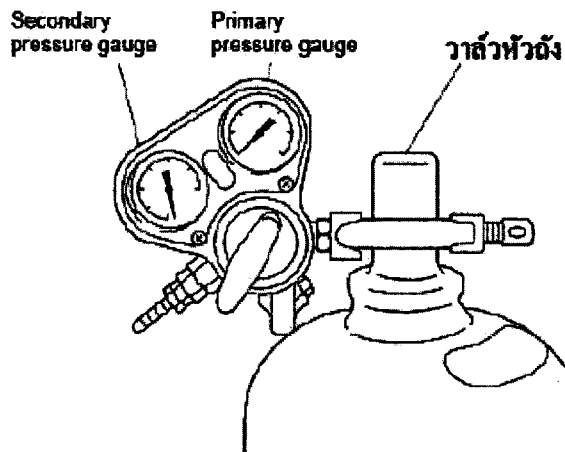
[Extinguish]



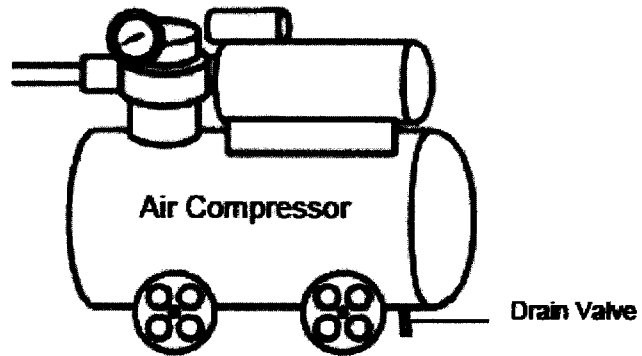
4. ปิดแก๊ส C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>

ใช้ประแจหมุนวาล์วหัวถัง

ตามเข็มนาฬิกา



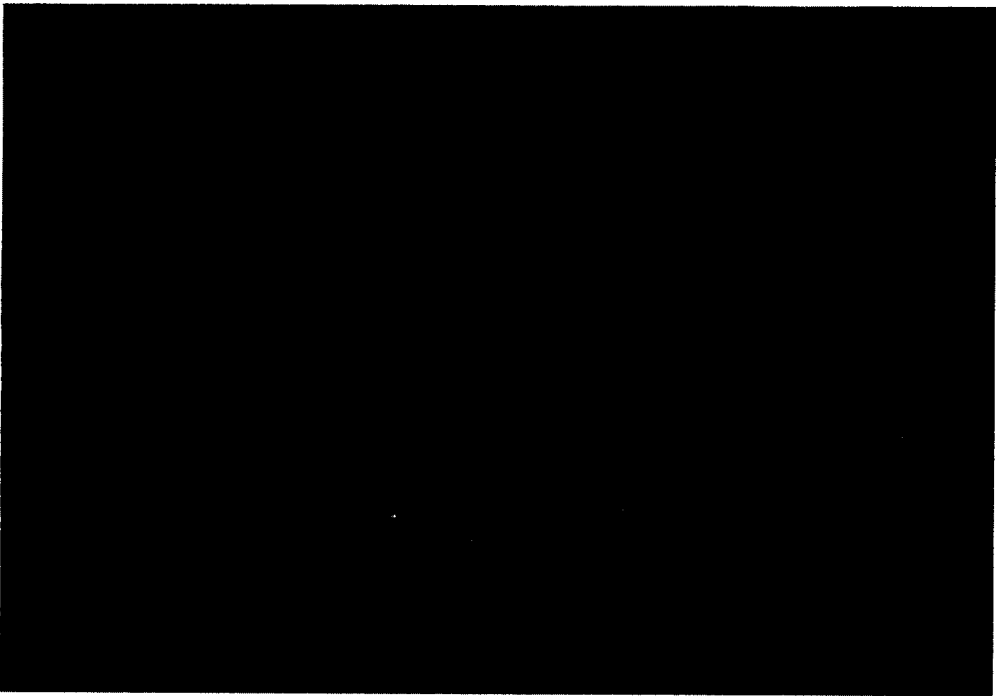
5. ปิด Air Compressor  
แล้วเปิด Drain Valve ที่  
Air Compressor เพื่อไล่ลม  
ในถังออกให้หมด ป้องกัน  
ถังเป็นสนิม



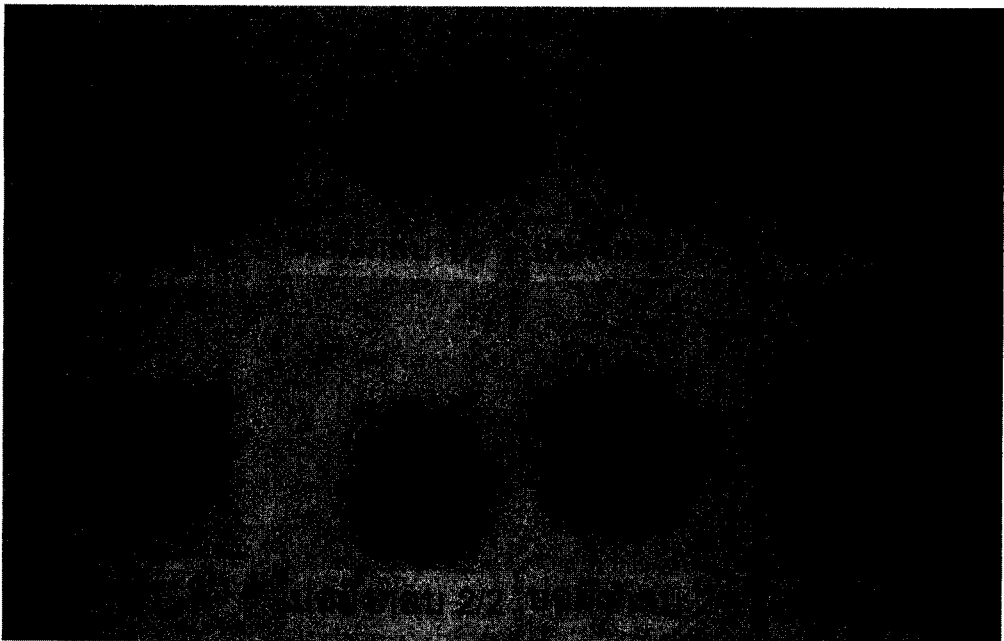
6. กดปุ่ม **[PURGE]** ค้างไว้  
จนลูกลอยด้าน Fuel หล่น  
ลงมาที่ศูนย์  
7. คลิกเมนู **[Instrument]>**  
**[Connect]**  
8. ปิดสวิตช์เครื่อง AA-6200  
และปิดคอมพิวเตอร์

**ภาคผนวก จ**

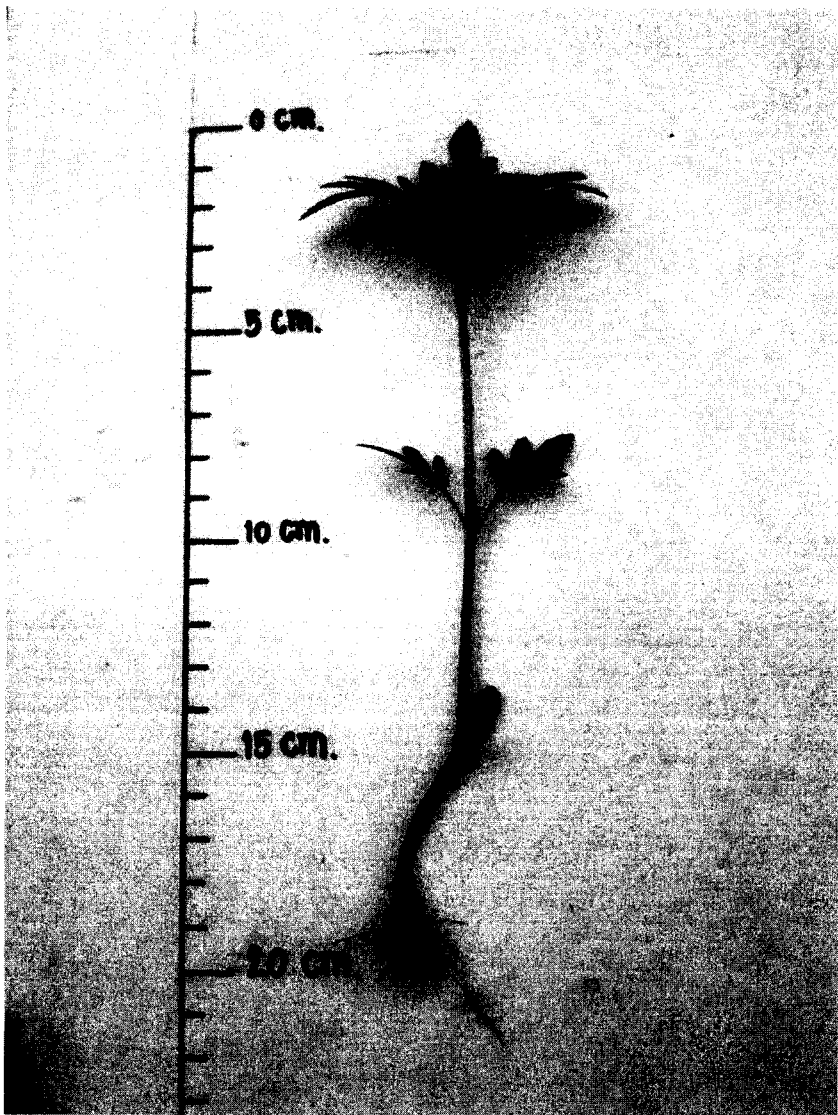
**ภาพประกอบการศึกษาวิจัย**



บ่อฝังกบขยะ เทศบาลตำบลในเมือง อำเภอพิชัย จังหวัดอุตรดิตถ์



ดินจากบ่อฝังกบขยะ เทศบาลตำบลในเมือง อำเภอพิชัย จังหวัดอุตรดิตถ์



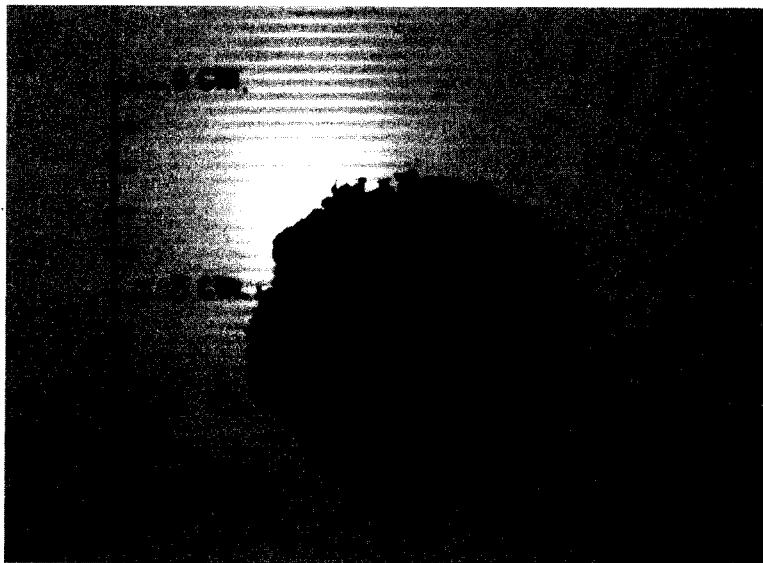
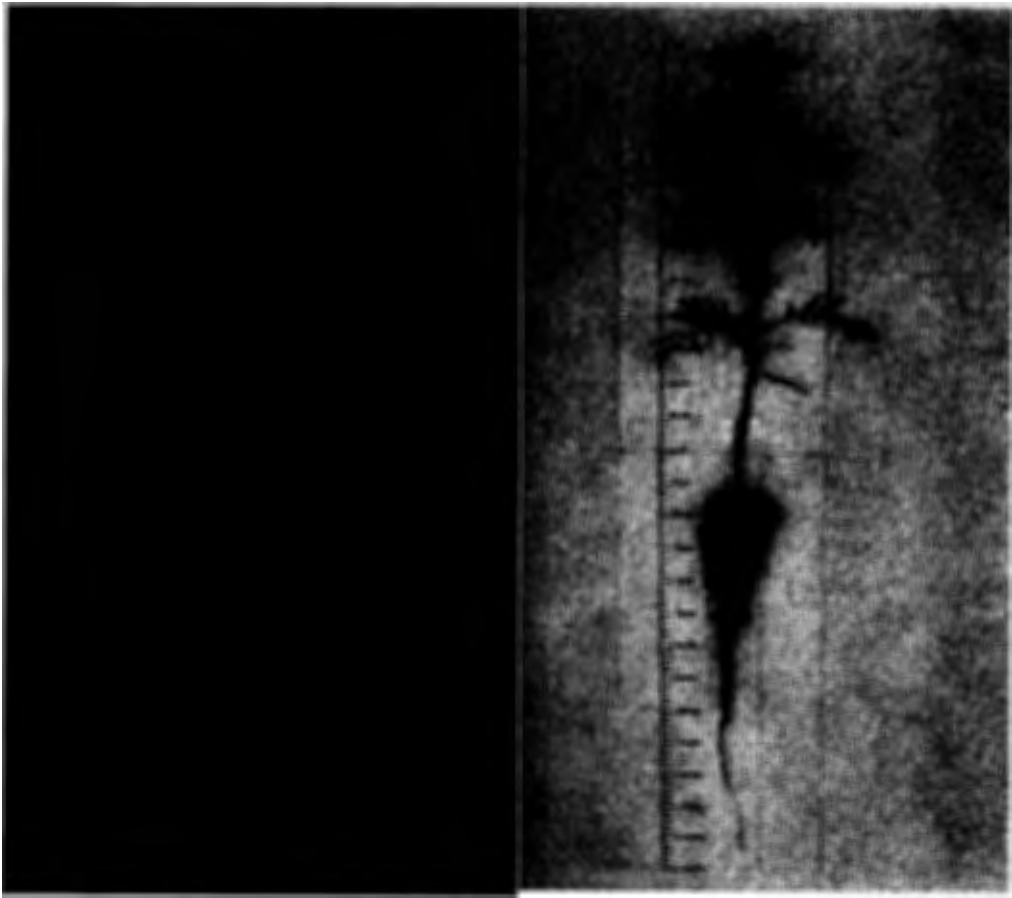
ดาวเรืองที่นำมาปลูกในชุดการทดลอง



ดาวเรืองหลังปลูก 2 สัปดาห์ และเติม EDTA ความเข้มข้น 5 มิลลิโมล/กิโลกรัม



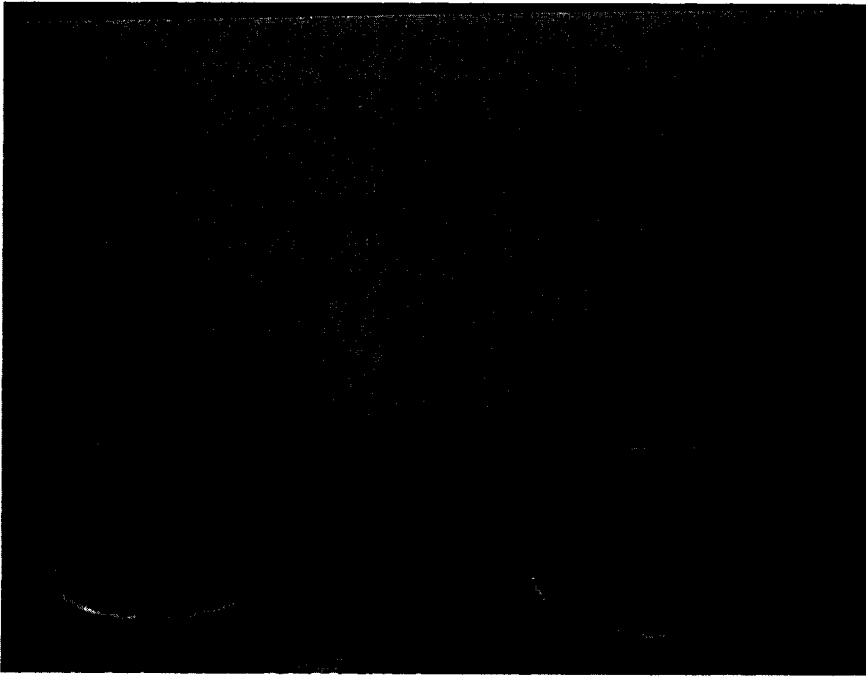
ดาวเรือง และดาวเรือง EDTA อายุ 3 สัปดาห์



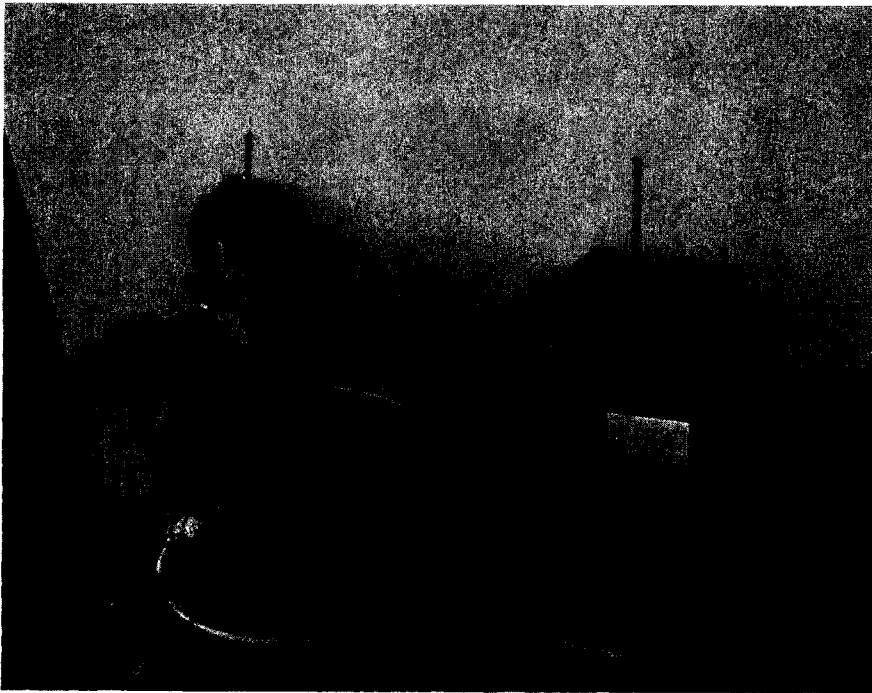
ดาวเรืองอายุ 8 สัปดาห์



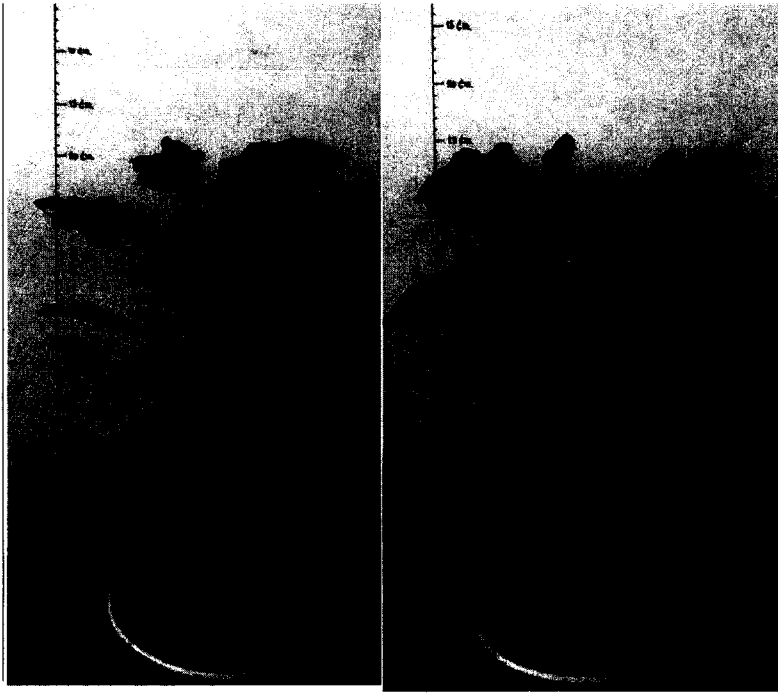
มะเขือที่นำมาปลูกในชุดการทดลอง



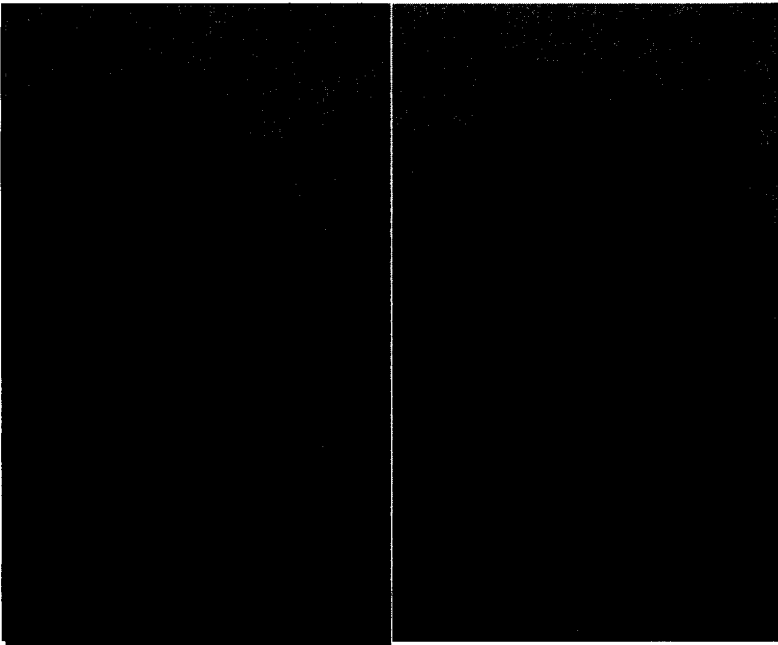
มะเขือหลังปลูก 2 สัปดาห์ และเติม EDTA ความเข้มข้น 5 มิลลิโมล/กิโลกรัม



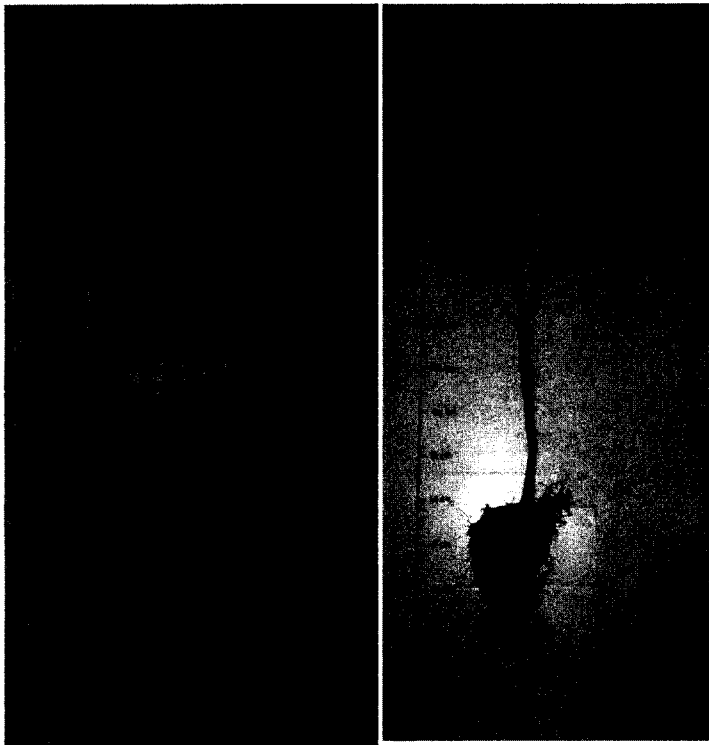
มะเขือและมะเขือ EDTA อายุ 3 สัปดาห์



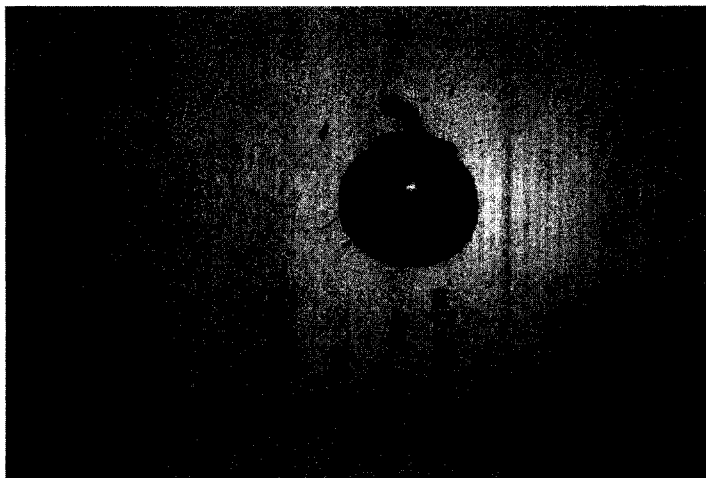
มะเขือและมะเขือ EDTA อายุ 9 สัปดาห์



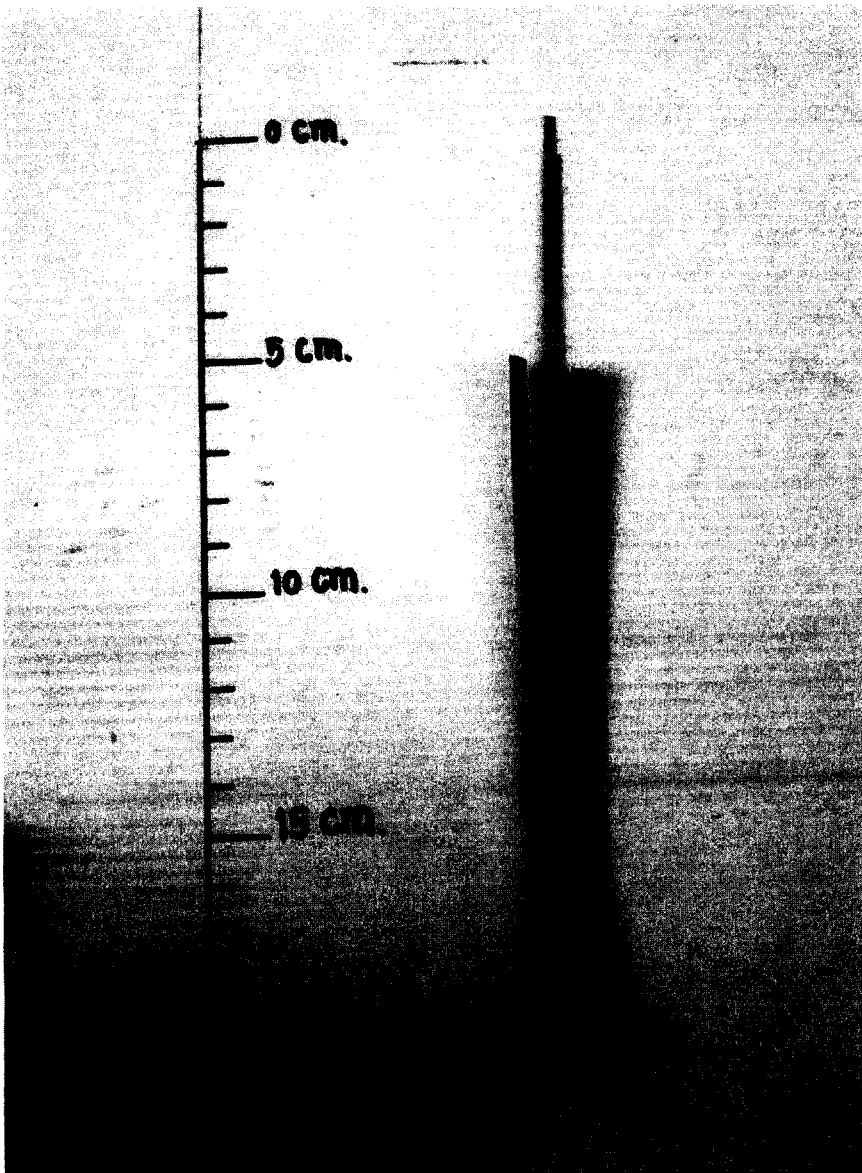
มะเขือและมะเขือ EDTA อายุ 10 สัปดาห์ (ระยะติดผล)



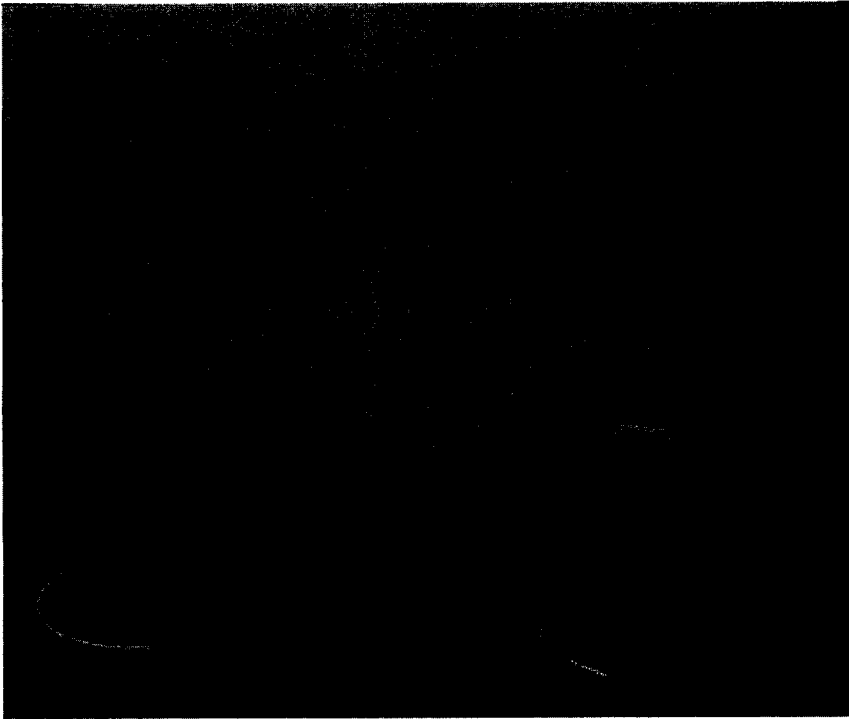
มะเขือและมะเขือ EDTA อายุ 12 สัปดาห์



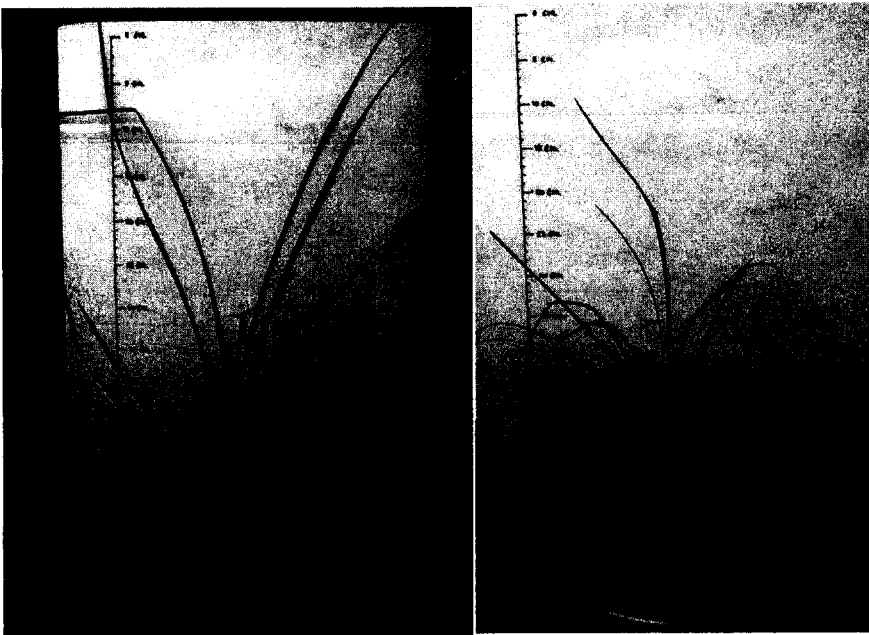
ผลมะเขือ EDTA



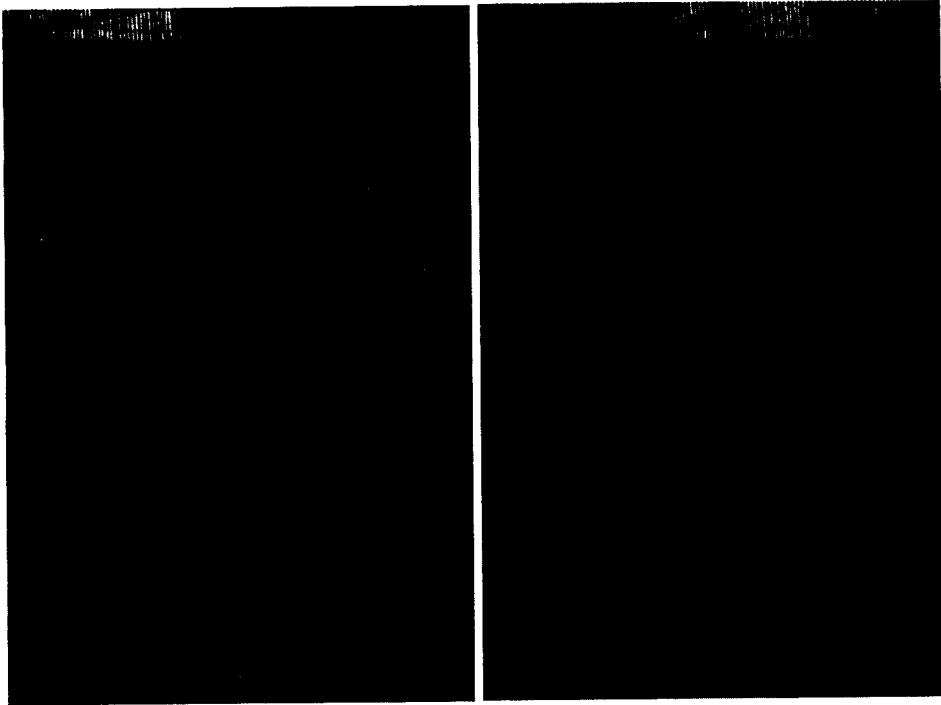
หญ้าแฝกที่นำมาปลูกในชุดการทดลอง



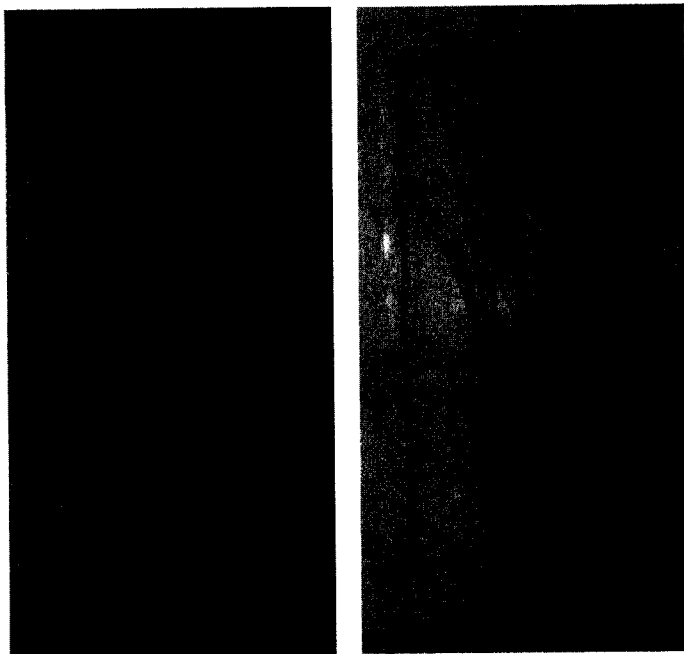
หญ้าแฝกหลังปลูก 2 สัปดาห์ และเติม EDTA ความเข้มข้น 5 มิลลิโมล/กิโลกรัม



หญ้าแฝกและหญ้าแฝก EDTA อายุ 5 สัปดาห์



หญาแฝกและหญาแฝก EDTA อายุ 9 สัปดาห์



หญาแฝกและหญาแฝก EDTA อายุ 12 สัปดาห์

## ประวัติผู้วิจัย

|                     |   |
|---------------------|---|
| ชื่อ - สกุล         | นางสาวสุพัตรา เอี่ยมนาค   |
| วัน เดือน ปีเกิด    | 22 สิงหาคม 2527   |
| สถานที่เกิด         | 240 หมู่ 1 ตำบลดอนทอง อำเภอ จังหวัดพิษณุโลก 65000   |
| สถานที่อยู่ปัจจุบัน | 240 หมู่ 1 ตำบลดอนทอง อำเภอ จังหวัดพิษณุโลก 65000   |
| ตำแหน่ง             | นักวิทยาศาสตร์  |
| สถานที่ทำงาน        | สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก |

## ประวัติการศึกษา

|           |   |
|-----------|---|
| พ.ศ. 2545 | มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนพุทธชินราชพิทยา พิษณุโลก  |
| พ.ศ. 2550 | วิทยาศาสตรบัณฑิต (สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก          |
| พ.ศ. 2557 | วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม)<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก |