สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

## ผลของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ และ ต่อกิจกรรมการแบ่งเซลล์พืช

## Residual Effects of Synthetic Alachlor Herbicide on Germination and Seedling Growth of Bioassay Plant. and its Cytogenetic on Root Tip Cell of *Allium cepa* L.

รศ.ดร.จำรูญ เล้าสินวัฒนา

ผศ.ดร.มณทินี ธีรารักษ์

นางสาวกนกพร ช้างเสวก

RDH
ร369ง
2556

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 140742
วัน.เดือน.ปี 24 ก.พ. 2559

b 12748250
i.....

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2556

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ชื่อโครงการ** ผลของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ และ ต่อกิจกรรมการแบ่งเซลล์พืช

**แหล่งเงิน** เงินงบประมาณแผ่นดิน

**ประจำปีงบประมาณ** 2556 **จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน** 192,000 บาท

**ระยะเวลาทำการวิจัย** 1 ปี

**ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด**

รศ.ดร. จำรูญ เล้าสินวัฒนา

ผศ.ดร.มณทินี ธีรารักษ์

นางสาวกนกพร ช้างเสวก

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ต่อการแบ่งเซลล์บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ที่ระดับความเข้มข้น 1.25, 25, 5, 10 และ 20 ppm และแช่ในสารอะลาคลอร์นาน 12 ชั่วโมง พบว่าดัชนีการแบ่งเซลล์ลดลงตามความเข้มข้นของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเซลล์เข้าสู่ระยะไมโทติก มีผลทำให้การแบ่งเซลล์ในระยะมีโพรเฟสเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้าม ระยะเมทาเฟส แอนาเฟส และเทโลเฟส มีสัดส่วนลดลง นอกจากนี้ยังมีผลทำให้ขนาดของนิวคลีโอลัสลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม

จากนั้นเมื่อนำรากหอมหัวใหญ่ที่แช่ในสารอะลาคลอร์นาน 12 ชั่วโมง ย้ายกลับมาแช่น้ำกลั่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าค่าดัชนีการแบ่งเซลล์ลดลงตามความเข้มข้นของสารอะลาคลอร์ที่เพิ่มขึ้น และเมื่อเซลล์เข้าสู่ระยะไมโทติกมีผลทำให้การแบ่งเซลล์ในระยะมีโพรเฟสเพิ่มขึ้น และสูงถึง 100.00 % ที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm ส่วนระยะอื่น ๆ ในระยะไมโทติกมีค่าเท่ากับ 0.00 % ลักษณะความผิดปกติของเซลล์ที่พบในทุกระดับความเข้มข้น คือ exposed cell to the herbicide solution, sticky anaphase, polyploid metaphase with supernumerary centrosomes, c-metaphase และ spindle prophase สำหรับผลต่อนิวคลีโอลัสให้ผลเป็นไปในแนวทางเดียวกับเซลล์ที่ยังไม่ได้รับการฟื้นฟู

เมื่อศึกษาผลของสารพิษที่ตกค้างในดินต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชปลูก คือข้าวโพด และวัชพืชทดสอบคือ หญ้าข้าวนก และผักโขม หลังจากที่มีการฉีดพ่นสาร 0, 1, 2 และ 3 เดือน ที่อัตรา 100, 200 และ 400 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ พบว่าการฉีดพ่นสารพร้อมปลูก (0 เดือน) มีผลยับยั้งการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวโพดสูงสุด ซึ่งที่ 14 วันหลังปลูก ข้าวโพดมีเปอร์เซ็นต์การรอดเท่ากับ 40.00, 10.00 และ 0.00 เปอร์เซ็นต์ และการเจริญเติบโตของต้นด้านความสูงมีค่าเท่ากับ 11.02, 3.15 และ 0.00 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งความสูงของต้นมีแนวโน้มลดลงตามความอัตราการใช้สารที่เพิ่มขึ้น และพบว่าทั้งข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับหญ้าข้าวนก และข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับผักโขมให้ผลไปในแนวทางเดียวกัน นอกจากนี้สารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ยังมีผลทำให้การเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกและผักโขมลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีการควบคุมในทุกระยะเวลาหลังฉีดพ่นสาร

**คำสำคัญ:** อะลาคลอร์, ผลตกค้างในดิน, การแบ่งเซลล์พืช, การยับยั้งการเจริญเติบโตพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Research Title :** Residual Effects of Synthetic Alachlor Herbicide on Germination and Seedling Growth of Bioassay Plant. and its Cytogenetic on Root Tip Cell of *Allium cepa* L.

**Researcher :**

**Department :** Plant Production Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok

Assoc.Prof. Dr Chamroon Laosinwattana

Asst.Prof. Dr Montinee Teerarak

Miss Kanokporn Changsawake

**Faculty :** Agricultural Technology

## ABSTRACT

The effects of alachlor herbicide on cytotoxic effects were examined on the root meristem cells of *Allium cepa* L. Six concentrations of alachlor herbicide (1.25, 25, 5, 10 and 20 ppm) were applied for 12 h. The mitotic index in treated *A. cepa* root tips decreased with increasing concentrations of alachlor. In addition, the mitotic phase index was altered in *A. cepa* incubated with alachlor. The results showed that the increase in the percentage of the prophase phase in contrast to the percentage of remaining phases was found to be decreased. Moreover, the size of the nucleolus area decreased with increasing concentrations when compared with the control.

For recovering treatment, *A. cepa* roots that have undergone the 12 hour treatment were transferred and grown in distilled water for 24 hours. The result obtained in a recovering treatment showed that Alachlor exhibited a cellular damage and unrecovered cell to normal manner. The mitotic index in treated *A. cepa* root tips decreased with increasing concentrations of alachlor. And the percentage of the prophase phase increased to 100 % at concentration of 20 ppm while the percentage of remaining phases decreased to 0.00 %. The abnormalities included sticky anaphase, polyploid metaphase with supernumerary centrosomes, c-metaphase and spindle disturbance at prophase. The results of nucleolus also showed uncovering.

The effects of toxic residues in the soil on seed germination and seedling growth of maize (*Zea mays* L.), barnyardgrass *(Echinochloa crus-galli)* and Amaranthus (*Amaranthus gracilis* Desf.) after

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

foliar spraying alachlor herbicide 0, 1, 2 and 3 month at the concentrations of 100, 200 and 400 g a.i. $rai^{-1}$ were determined. The maize seedlings showed the strongest growth inhibition after foliar application and planting at 0 month. At 14 days after planting maize exhibited germination was 40, 10 and 0 %, the height was 11.02, 3.15 and 0 %, respectively the height of maize decreased with increasing concentrations of alachlor. Furthermore the maize planted with either barnyardgrass or amaranthus showed the same effect. In addition, inhibition of seedling growth of barnyardgrass and amaranthus decreased as increasing of concentrations of alachlor, compared with the control.

**Keywords:** alachlor, residues in the soil, cell division , Inhibition on seedling growth

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

**บทคัดย่อภาษาไทย**.....I

**บทคัดย่อภาษาอังกฤษ**.....III

**กิตติกรรมประกาศ**.....V

**สารบัญ**.....VI

**สารบัญตาราง**.....VIII

**สารบัญภาพ**.....X

**บทที่ 1 บทนำ**.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....2

1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย.....2

1.5 คำสำคัญ (Keywords) ของโครงการวิจัย.....2

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

**บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**.....3

2.1 สารกำจัดวัชพืช.....3

2.2 รูปผลิตภัณฑ์สารกำจัดวัชพืช.....6

2.3 กลไกการทำลายของสารกำจัดวัชพืช.....7

2.4 ผลของสารกำจัดวัชพืชต่อเซลล์และการเจริญเติบโตของพืช.....9

2.5 ผลกระทบจากสารกำจัดวัชพืชในสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม.....11

2.6 ความคงทนของสารกำจัดวัชพืชในดิน.....13

2.7 การสูญหายของสารกำจัดวัชพืชในดิน.....14

2.8 อะลาคลอร์.....16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย**.....18

3.1 อุปกรณ์.....19

3.2 วิธีการทดลอง.....20

3.3 สถานที่ดำเนินการทดลอง.....24

3.4 ระยะเวลาดำเนินการ.....24

**บทที่ 4 ผลการวิจัย**.....25

4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ต่อกิจกรรมการแบ่งเซลล์บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่.....25

4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ต่อการฟื้นตัวในกิจกรรมการแบ่งเซลล์บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่.....34

4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ.....43

**บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ**.....58

5.1 สรุปผลการวิจัย.....58

5.2 ข้อเสนอแนะ.....60

**เอกสารอ้างอิง**.....61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**

4.1 ค่าดัชนีการแบ่งเซลล์และสัดส่วนของเซลล์ที่เข้าสู่ไมโทติก ในระยะต่าง ๆ บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ ที่แช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ เป็นระยะเวลา 12ชั่วโมง.....27

4.2 ลักษณะและสัดส่วนความผิดปกติของเซลล์บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ ที่แช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง.....28

4.3 เปอร์เซ็นต์นิวคลีโอลัสที่นับได้ในเซลล์บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ ที่แช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง.....29

4.4 ขนาดพื้นที่ของนิวคลีโอลัสบริเวณเซลล์บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ ที่แช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง.....30

4.5 ค่าดัชนีการแบ่งเซลล์และสัดส่วนของเซลล์ที่เข้าสู่ไมโทติกในระยะต่าง ๆ บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ ที่ผ่านการแช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง และนำกลับมาฟื้นตัวในน้ำกลั่น เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....36

4.6 ลักษณะและสัดส่วนความผิดปกติของเซลล์บริเวณรากหอมหัวใหญ่ ที่ผ่านการแช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง และนำกลับมาฟื้นตัวในน้ำกลั่นเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....37

4.7 เปอร์เซ็นต์นิวคลีโอลัสที่นับได้ในเซลล์บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ ที่ผ่านการแช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง และนำกลับมาฟื้นตัวในน้ำกลั่นเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....38

4.8 ขนาดพื้นที่ของนิวคลีโอลัสของเซลล์บริเวณรากหอมหัวใหญ่ ที่ผ่านการแช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง และนำกลับมาฟื้นตัวในน้ำกลั่นเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....39

4.9 การงอกและการเจริญเติบโตของ ข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับหญ้าข้าวนก ในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน.....45

4.10 การงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก ในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน.....46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.11 การงอกและการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับผักโขมในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน.....47
4.12 การงอกและการเจริญเติบโตของผักโขม ในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน.....48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ


ภาพที่ หน้า

2.1 แสดงลักษณะโครงสร้างของรากบริเวณเนื้อเยื่อเจริญ....10

2.2 แสดงพฤติกรรมของสารกำจัดวัชพืชในดิน....15

2.3 แสดงสูตรโครงสร้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์....16

4.1 ลักษณะโครโมโซมปกติของรากหอมหัวใหญ่ที่แช่ในน้ำกลั่น....31

4.2 แสดงลักษณะความผิดปกติของโครโมโซมของปลายรากหอมหัวใหญ่ที่แช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ในเวลา 12 ชั่วโมง....32

4.3 แสดงลักษณะนิวคลีโอลัสในระยะอินเทอร์เฟสของปลายรากหอมหัวใหญ่ที่แช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ระยะเวลา 12 ชั่วโมง....33

4.4 แสดงลักษณะโครโมโซมปกติของรากหอมหัวใหญ่ที่แช่ในน้ำ....40

4.5 แสดงลักษณะความผิดปกติของโครโมโซมของปลายรากหอมหัวใหญ่ที่แช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ในเวลา 12 ชั่วโมง และนำกลับมาแช่ในน้ำกลั่นอีก 24 ชั่วโมง....41

4.6 แสดงลักษณะนิวคลีโอลัสในระยะอินเทอร์เฟสของปลายรากหอมหัวใหญ่ที่แช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ระยะเวลา 24 ชั่วโมง และนำกลับไปแช่ในน้ำ 24 ชั่วโมง....42

4.7 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตวันที่ 3 ของข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับหญ้าข้าวนกในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ที่อัตรา 0, 100, 200 และ 400 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และปลูกหลังมีการฉีดพ่นสาร 0, 1, 2 และ 3 เดือน....49

4.8 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตวันที่ 5 ของข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับหญ้าข้าวนกในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ที่อัตรา 0, 100, 200 และ 400 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และปลูกหลังมีการฉีดพ่นสาร 0, 1, 2 และ 3 เดือน....50

4.9 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตวันที่ 7 ของข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับหญ้าข้าวนกในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ที่อัตรา 0, 100, 200 และ 400 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และปลูกหลังมีการฉีดพ่นสาร 0, 1, 2 และ 3 เดือน....51


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตวันที่ 14 ของข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับหญ้าข้าวนก ในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ที่อัตรา 0, 100, 200 และ 400 กรัม ของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และปลูกหลังมีการฉีดพ่นสาร 0, 1, 2 และ 3 เดือน.....52

4.11 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตวันที่ 3 ของข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับผักโขม ในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ที่อัตรา 0, 100, 200 และ 400 กรัม ของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และปลูกหลังมีการฉีดพ่นสาร 0, 1, 2 และ 3 เดือน.....53

4.12 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตวันที่ 5 ของข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับผักโขม ในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ที่อัตรา 0, 100, 200 และ 400 กรัม ของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และปลูกหลังมีการฉีดพ่นสาร 0, 1, 2 และ 3 เดือน.....54

4.13 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตวันที่ 7 ของข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับผักโขม ในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ที่อัตรา 0, 100, 200 และ 400 กรัม ของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และปลูกหลังมีการฉีดพ่นสาร 0, 1, 2 และ 3 เดือน.....55

4.14 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตวันที่ 14 ของข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับผักโขม ในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ที่อัตรา 0, 100, 200 และ 400 กรัม ของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และปลูกหลังมีการฉีดพ่นสาร 0, 1, 2 และ 3 เดือน.....56

4.15 แสดงลักษณะความผิดปกติของข้าวโพด ที่ปลูกในดินที่มีสารตกค้างของ สารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ที่อัตรา 0, 100, 200 และ 400 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และปลูกหลังมีการฉีดพ่นสาร 0, 1, 2 และ 3 เดือน.....57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากปัญหาด้านต่างๆที่เกษตรกรผู้ทำการเกษตรต้องประสบ ทั้งด้านสภาพแวดล้อม (ดิน ฟ้า อากาศ) ด้านราคาผลผลิตที่ไม่แน่นอน มีการแข่งขันกันสูง จึงต้องอาศัยสารเคมีเพื่อช่วยเพิ่มผลผลิตให้มีปริมาณและคุณภาพสูงขึ้น เช่น ปุ๋ย ฮอร์โมน และสารกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น ปัจจุบันสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ในทางเกษตรมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อผลผลิตทางการเกษตร ได้ถูกนำมาใช้ในกระบวนการเพิ่มผลผลิตทางเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพ สารกำจัดวัชพืชมีบทบาทสำคัญในการควบคุมวัชพืชชนิดต่าง ๆ ทำให้วัชพืชมีจำนวนลดลง สะดวกต่อการใช้ ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย เกษตรกรส่วนใหญ่จึงหันมานิยมใช้สารกำจัดวัชพืชอย่างกว้างขวาง แต่การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชนอกจากจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแล้วยังก่อให้เกิดปัญหา การได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกายของเกษตรกรผู้ใช้ และยังมีสารพิษตกค้างในผลผลิตทางการเกษตรอีกด้วย

อะลาคลอร์ (alachlor) เป็นสารกำจัดวัชพืชชนิดหนึ่ง จัดอยู่ในกลุ่มสารเคมี Chloroacetamide มีคุณสมบัติในการเลือกทำลาย (selective) เกษตรกรจำนวนมากนิยมใช้ในควบคุมกำจัดวัชพืชกระกูลหญ้าประเภทล้มลุกเป็นส่วนใหญ่ และวัชพืชใบกว้างหลายชนิด รวมทั้งวัชพืชตระกูลกก เช่น แห้วหมูในพืชปลูกพวกข้าวโพด ถั่วลิสง ถั่วเหลือง ฝ้าย มันสำปะหลัง ทานตะวัน ยาสูบ มะเขือเทศ อ้อย สวนยางพารา รวมทั้งพืชผักหลายชนิด ซึ่งสารดังกล่าวหากใช้ในปริมาณที่มากและวิธีการใช้ไม่ถูกต้อง จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้เอง และเกิดความไม่สมดุลทางระบบนิเวศธรรมชาติ เนื่องจากสารเคมีเหล่านี้ต้องใช้ระยะเวลานานในการย่อยสลาย ถึงแม้ว่าพื้นที่นั้นจะหยุดใช้สารเคมีไปแล้วก็ตาม พืชที่งอกขึ้นมาใหม่ก็ยังคงได้รับสารเคมีที่ตกค้างอยู่ ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสุขภาพของผู้ใช้เอง จึงให้ความสนใจถึงพิษภัยอันตรายที่เกิดจากสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ที่เกิดจากการตกค้างในดินในระดับความเข้มข้นต่ำมาก ๆ อาจก่อให้เกิดความผิดปกติในพืชผักได้ รวมถึงการศึกษาผลของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ต่อดัชนีการเซลล์ โดยใช้หอมหัวใหญ่เป็นพืชทดสอบ ศึกษาถึงสัดส่วนของเซลล์ที่เข้าสู่ระยะไมโทติก และผลกระทบของสารอะลาคลอร์ในแต่ละความเข้มข้น ต่อลักษณะความผิดปกติของโครโมโซมในระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทติก สามารถเป็นข้อมูลสำคัญในการประเมินค่าความปลอดภัยและความเสี่ยงต่อการตกค้างของสารเคมีในระบบนิเวศสิ่งแวดล้อมเกษตร ที่อาจจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1. เพื่อศึกษาผลของสารตกค้างสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์และระยะเวลาในการย่อยสลายฤทธิ์ของสาร ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

2. เพื่อศึกษาผลของสารกำจัดวัชพืชสารอะลาคลอร์ ต่อดัชนีการแบ่งเซลล์ และนิวคลีโอลัส

3. เพื่อศึกษาผลของการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ต่อดัชนีการแบ่งเซลล์ และนิวคลีโอลัส

**1.3 ขอบเขตของการวิจัย**

1. ผลการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ในดินที่อัตรา ระยะเวลา และชนิดดินต่างๆ

2. ผลของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ในการยับยั้งการเจริญเติบโตและการแบ่งเซลล์พืช

**1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย**

สารอะลาคลอร์เป็นสารป้องกันกำจัดวัชพืชที่เกษตรกรนิยมใช้ และมีการใช้ในประมาณที่สูงมากในการผลิตพืชของเกษตรกรในปัจจุบัน การศึกษาเพื่อให้ทราบข้อมูลการตกค้างของสารในดิน และผลกระทบของสารในระดับความเข้มข้นต่ำๆ ต่อการเจริญเติบโตและการแบ่งเซลล์พืช จะสามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อการบริหารการใช้สารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชอื่นๆ และ สิ่งแวดล้อม

**1.5 คำสำคัญ (Keywords) ของโครงการวิจัย**

อะลาคลอร์, ผลตกค้างในดิน, การแบ่งเซลล์พืช, การยับยั้งการเจริญเติบโตพืช

**1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. ได้ขอมูลสำหรับตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการ และ/หรือการนำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการ หน่วยงานที่รับวารสาร และ/หรือเข้าร่วมประชุมวิชาการสามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ได้

2. เป็นองค์ความรู้ในการวิจัยต่อไป นักวิจัยและ/หรือนักวิชาการสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวิจัยต่อยอดได้

3. นำไปสู่การการใช้สารอะลาคลอร์ในการควบคุมวัชพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ นักวิชาการและ/หรือเกษตรกรสามารถใช้สารอะลาคลอร์ในการควบคุมวัชพืชได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 สารกำจัดวัชพืช (herbicides)

การริเริ่มนำสารเคมีมาใช้เพื่อการกำจัดวัชพืชเริ่มครั้งแรกโดยการค้นคว้าใน ปี ค.ศ. 1850 ซึ่งนำเอาสาร อนินทรีย์สาร คือ iron sulfate และ sulfuric acid ใช้เพื่อกำจัดวัชพืชในพื้นที่ขนาดเล็ก ต่อมาใน ค.ศ. 1895 ได้มีการเอาสารจุนสี (copper sulfate) และปุ๋ยบางชนิดมาปราบวัชพืชในไร่นา ปรากฏว่าได้ผลดี (พรชัย, 2531) ซึ่งสารกำจัดวัชพืชเหล่านี้เป็นวัตถุอันตราย ที่ระบุไว้ในพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย ปี พ.ศ. 2535 ของประเทศไทย โดยที่การควบคุมวัชพืชเป็นวิธีหนึ่งในการอารักขาพืช (crop protection) แต่ในการใช้สารเคมีต่าง ๆ ในการควบคุมวัชพืช ทำให้ได้รับความเสียหายไม่กรณีใดก็กรณีหนึ่งในเกือบทุกระบบการผลิตพืช เป็นวิธีที่ง่าย และเห็นผลเร็วกว่าการใช้สารสกัดจากธรรมชาติ (ธวัชชัย , 2540)

ในปี ค.ศ. 1900 ได้มีการค้นพบสารกำจัดวัชพืชชนิดแรกคือ sodium arsenite ซึ่งจัดเป็น soil sterilant ต่อมามีการผลิต sodium chlorate, diesel oil และ stoddard's sovent ซึ่งได้มีความเป็นพิษต่อพืชอย่างสูง (Laskowski, 1992) ต่อมาในปี ค.ศ. 1940 ได้มีการค้นพบสารกำจัดวัชพืชที่เป็นสารอินทรีย์สังเคราะห์ ทำให้เกิดความสนใจเรื่องกลไกการทำงานของสารกำจัดวัชพืชที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช (Caseley and Walker, 1990) ปี ค.ศ. 1941 มีการสังเคราะห์สารกำจัดวัชพืช 2, 4-D ในประเทศสหรัฐอเมริกาและมีการใช้อย่างกว้างขวาง จนมาถึงปัจจุบันได้มีสารกำจัดวัชพืชเพื่อใช้ในการเพิ่มผลผลิตตามความต้องการ มีการผลิตสารกำจัดวัชพืชขึ้นมาถึง 143 ชนิด มีการสังเคราะห์และผลิตสารชนิดใหม่เพิ่มขึ้นทุกปี (รังสิต, 2526) ประมาณว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ของสารเคมีที่ใช้จัดเป็นพวกสารอนินทรีย์สาร (พรชัย, 2542) ประเทศไทยนับเป็นประเทศหนึ่งที่มีการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชในปริมาณและหลากหลายชนิด (ศุภชัย, 2535) ประเทศไทยมีปริมาณและมูลค่าการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชเป็นจำนวนมาก ในระหว่างปี พ.ศ. 2545 - 2552 ช่วงระยะเวลา 7 ปีที่ผ่านมา มีแนวโน้มการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชสูงขึ้นเรื่อย ๆ ถึง 118,152 ตัน คิดเป็นมูลค่า 16,816 ล้านบาท สารที่มีการนำเข้าสูงสุด คือ สารกำจัดวัชพืช รองลงมา คือ สารกำจัดแมลง และสารป้องกันและกำจัดโรคพืช ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) สอดคล้องกับการรายงานของสำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร (2553) ได้สรุปการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ในเดือนมกราคม-มีนาคม ปี พ.ศ. 2553 มีการนำเข้าสารกำจัดวัชพืชสูงที่สุด เท่ากับ 33,783.15 ตัน คิดเป็นมูลค่า 3,554.25 ล้านบาท

สารเคมีที่มีผลในการควบคุมกำจัดวัชพืช เรียกว่า สารกำจัดวัชพืช มีผลในการ ควบคุมกำจัดซึ่งจะแบ่งออกได้หลายวิธี ได้แก่ การแบ่งตามลักษณะวิธีการใช้ (method of application; soil vs. foliar-applied herbicides) การแบ่งตามลักษณะอาการได้รับพิษโดยทั่วไป (general symptoms; contact vs. systemic herbicides) การแบ่งตามลักษณะการเลือกทำลายของสาร (selectivity; non-selective หรือ broadleaf vs. grass control herbicides) การแบ่งตามเวลาที่ใช้ (application timing; pre-vs. post-emergence herbicides) ตลอดจนแบ่งตามลักษณะโครงสร้างพื้นฐานทางเคมีและกลไกในการทำปฏิกิริยาทางชีวเคมีภายในพืช (basic chemical structure และ biochemical modes of action of herbicides) (Warren and Hess, 1993; Ahrens, 1994; Smith, 1995) เป็นต้น ในการกำจัดวัชพืชโดยการใช้สารกำจัดวัชพืชนั้น โดยทั่วไปเมื่อฉีดพ่นสารลงบนวัชพืช ไม่เพียงแต่ลักษณะทางสัณฐานวิทยาเท่านั้น แต่ลักษณะทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของพืช (อัตราการคายน้ำและการสังเคราะห์แสง) จะมีผลกระทบต่อปฏิกิริยาของสารกำจัดวัชพืช โดยที่กระบวนการทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของพืชที่เกิดขึ้นภายในต้นพืช มีผลกระทบโดยตรงต่อการดูดซึมและการเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืช ดังนั้นกระบวนการเหล่านี้จึงมีผลกระทบต่อระดับการควบคุมวัชพืชด้วยสารกำจัดวัชพืช เนื่องจากกระบวนการต่าง ๆ ทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของพืชอยู่ภายใต้อิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่พืชนั้นเจริญเติบโตอยู่ ดังนั้นสภาพแวดล้อมจึงเป็นอิทธิพลต่อการใช้สารกำจัดวัชพืช (Muzik, 1976; Klingman and Ashton, 1982; Robert, 1982) การใช้สารกำจัดวัชพืชแบบหลังงอก สารกำจัดวัชพืชนั้นต้องสัมผัสกับเนื้อเยื่อพืช แล้วจึงทำลายเนื้อเยื่อนั้น ในกรณีของสารกำจัดวัชพืชชนิดสัมผัสตาย หรือเคลื่อนย้ายไปยังส่วนต่าง ๆ ในกรณีของสารกำจัดวัชพืชชนิดเคลื่อนย้าย ซึ่งทำให้เกิดความเป็นพิษกับพืชได้ (Muzik, 1976; Akobundu, 1987) ระหว่างสารกำจัดวัชพืชทั้งสองชนิดนี้สารกำจัดวัชพืชชนิดที่มีการเคลื่อนย้ายจะได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมที่พืชนั้นเจริญเติบโตอยู่รุนแรงมากกว่าสารกำจัดวัชพืชชนิดสัมผัสตาย ซึ่งสารกำจัดวัชพืชสามารถแบ่งออกเป็นประเภทหรือกลุ่ม ได้ 3 กลุ่ม ด้วยกัน คือ ขอบเขตชนิดพืชที่ควบคุม ลักษณะการใช้กับพืช และเกณฑ์ทางเคมี (Ashton and Craft, 1981)

1. การแบ่งตามการเลือกทำลายของสาร (Herbicide selectivty) แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ

1.1 สารประเภทเลือกทำลาย (selective herbicides) หมายถึง สารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชบางชนิด แต่ไม่มีผลหรือมีผลน้อยกับพืชบางชนิด สารป้องกันกำจัดวัชพืชส่วนใหญ่มีจำหน่ายมักจะเป็นพวกที่เลือกทำลาย โดยฆ่าเฉพาะพืชบางชนิดหรือบางกลุ่มแต่จะไม่เป็นพิษต่อพืชอีกบางชนิดหรือบางกลุ่ม เช่น 2,4-D เป็นสารที่ควบคุมวัชพืชพวกใบกว้างได้ดี แต่ไม่มีผลต่อวัชพืชพวกหญ้า ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารป้องกันกำจัดวัชพืช fluazifop และ haloxyfop สามารถควบคุมวัชพืชพวกหญ้าได้ดี แต่มีผลน้อยต่อวัชพืชพวกใบกว้าง จึงเป็นสารที่ใช้ในพืชปลูกใบกว้าง นอกจากนี้ สาร propanil แม้จะเป็นสารป้องกันกำจัดวัชพืชที่สามารถควบคุมพวกหญ้าได้ดี แต่ก็ไม่ทำลายข้าว จึงใช้ควบคุมวัชพืชพวกหญ้าในนาข้าวได้โดยที่ไม่มีความเป็นพิษต่อต้นข้าว

1.2 สารประเภทไม่เลือกทำลาย (non- selective herbicides) หมายถึง สารที่มีผลในการทำลายพืชทุกชนิด เช่น paraquat glyphosate และ glufosinate สารพวกนี้จะทำลายพืชทุกชนิดที่สัมผัส การใช้จึงต้องระมัดระวังไม่ให้สารสัมผัสพืชปลูก มักนิยมใช้ในพืชปลูกไม้ยืนต้น เช่น ยางพารา ปาล์มน้ำมัน สวนผลไม้ และแหล่งที่ที่ไม่ได้ทำการเกษตร เป็นต้น

2. การแบ่งตามลักษณะวิธีการใช้ (Method of application) แบ่งได้ 2 กลุ่มคือ

2.1 สารป้องกันกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางใบ หรือสารที่ใช้ทางใบ (foloar-applied herbicides) หมายถึง สารซึ่งทำลายพืชโดยมีการใช้ผ่านเข้าสู่พืชทางใบ (leaf-acting herbicide) ซึ่งอาจจะเรียกว่า สารที่ใช้ฉีดพ่นหลังงอก (post-emergence herbicide) เป็นสารป้องกันกำจัดวัชพืชที่มักนิยมเรียกว่า "ยาฆ่า" หรือ "สารฆ่า" (หมายถึงว่า เพื่อกำจัดต้นวัชพืชที่ขึ้นอยู่) เช่น glyphosate, glufosinate, paraquat และ 2,4-D เป็นต้น สารที่ใช้ทางใบนั้น ในขณะที่ฉีดพ่นสารต้องการสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นในอากาศสูง ควรมีระยะปลอดฝนนาน 4-6 ชั่วโมง จึงจะมีประสิทธิภาพในการทำลายวัชพืชได้ดี สามารถแบ่งออกตามลักษณะอาการที่พืชได้รับพิษโดยทั่วไป (general symptoms) ได้ 2 กลุ่ม ดังนี้

2.1.1 สารประเภทสัมผัส (contact herbiccide) หมายถึง สารที่มีผลเฉพาะตรงบริเวณของส่วนที่พืชได้รับหรือสัมผัสเท่านั้น ทำให้บริเวณนั้นแสดงอาการเหลืองซีดและแห้งตายหรือถูกทำลายไป แต่ส่วนอื่นยังคงเจริญเติบโตต่อไป เช่น glyphosate, paraquat และ MSMA เป็นต้น

2.1.2 สารประเภทเคลื่อนย้าย (translocated herbicides) หมายถึง สารซึ่งเมื่อเข้าไปในพืชทางใบแล้ว มีการเคลื่อนย้ายไปยังส่วนต่างๆ ภายในต้นพืชได้หลายทิศทาง เช่น ขึ้นสู่ส่วนยอดของลำต้น หรือลงสู่รากหรือหัวใต้ดิน เช่น 2,4-D, glyphosate alachlor, atrazine, bromacil, oxyfluorfen, ozadiazon และ dalapon เป็นต้น สารพวกนี้จะมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชข้ามปีได้ดี เนื่องจากสารสามารถเคลื่อนย้ายลงไปทำลายส่วนหัวใต้ดินหรือไหลใต้ดิน และสารกำจัดวัชพืชประเภทใช้ทางดินมักจะมีผลตกค้างในดิน (residue) สารบางชนิดอยู่ในดินได้นานเป็นปี ขึ้นกับชนิดและความเข้มข้นของสาร และสภาพแวดล้อม

2.2 สารป้องกันกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางดิน หรือสารที่ใช้ทางดิน (soil-applied herbicides) หมายถึง สารที่ใช้ฉีดพ่นลงบนดิน ทั้งนี้หลังจากฉีดแล้วอาจมีการคลุกหรือไม่มีการคลุกสารเข้ากับดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อทำลายเมล็ดวัชพืชที่กำลังจะงอก ซึ่งอาจจะเรียกว่า สารที่ใช้ฉีดพ่นก่อนงอก (pre-emergence herbicide) สารจะเข้าสู่ต้นพืชทางรากหรือยอดใต้ดิน อาจจะมีการตกค้างของสารในดิน ผลตกค้างจะนานเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของสาร คุณสมบัติของดิน และอัตราที่ใช้ สารป้องกันกำจัดวัชพืชประเภทนี้ มักนิยมเรียกว่า "ยาคุม" หรือ "สารคุม" (หมายถึงว่า เพื่อควบคุมเมล็ดวัชพืชไม่ให้งอก) เช่น alachlor, bromacil, oxyfluorfen, oxadiazon และ pendimethalin เป็นต้น สารที่ใช้ทางดินนั้น ในขณะที่มีการฉีดพ่นสารต้องให้ดินมีสภาพความชื้นเหมาะสม ควรให้น้ำก่อนหรือหลังฉีดพ่นสาร 2-3 วัน จึงจะมีประสิทธิภาพในการทำลายวัชพืชได้ดี

3. แบ่งตามกลุ่มทางเคมี (chemical classification) จำแนกประเภทและกลุ่มของสารกำจัดวัชพืชตามลักษณะทางเคมี Klingman and Ashton (1982) ได้ดังนี้ คือ

3.1 ประเภทสารอนินทรีย์ (inorganic herbicides) เช่น Ammonium sulfamate (AMS), Copper sulfate, Calcium cyanamide, Copper chelate, Sodium chlorate, Hhexaflurate เป็นต้น มีผลต่อพืชในลักษณะทำลายเซลล์พืชเป็นส่วนใหญ่

3.2 สารป้องกันกำจัดวัชพืชที่เป็นอินทรีย์ (organic herbicides) เป็นสารที่มีอะตอมของคาร์บอนเป็นองค์ประกอบอย่างน้อย 1 อะตอม โดยทั่วไปโมเลกุลของสารอินทรีย์ประกอบด้วยธาตุต่างๆ ในจำนวน 12 ชนิด ซึ่งธาตุที่พบบ่อยที่สุด ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และ ออกซิเจน ส่วนธาตุชนิดอื่นๆ ที่อาจจะพบบ้าง ได้แก่ ไนโตรเจน กำมะถัน ฟอสฟอรัส และธาตุในกลุ่มฮาโลเจน เป็นต้น ซึ่งสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็นกลุ่มต่างๆ ตามโครงสร้างพื้นฐานทางเคมีของสารและตามกลไกในการทำปฏิกิริยาทางชีวเคมี (Devine et al., 1993; Warren and Hess. 1993; Smith, 1995) Aliphatics, Bipyridiliums, Dinitroanilines, Amides, Benzoics, Carbamates, Diphenyl, Nitriles, Phenoxys, Thiocarbamate, Triazines, Ureas, Uracils และสารชนิดอื่น ๆ ที่การจัดกลุ่มยังไม่ชัดเจน

**2.2 รูปผลิตภัณฑ์สารกำจัดวัชพืช**

รูปผลิตภัณฑ์ของสารกำจัดวัชพืช หมายถึง สารกำจัดวัชพืชที่ได้รับการปรุงแต่งให้อยู่ในสภาพที่เหมาะต่อการใช้งาน การเคลื่อนย้าย และการเก็บรักษา เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืช และยังลดอันตรายของสารกำจัดวัชพืชอีกด้วย สารกำจัดวัชพืชจะทำลายวัชพืชได้หรือไม่นั้นจะต้องเข้าสู่ภายในต้นพืช โดยผ่านชั้นของผิวใบภายนอกจนถึงไซโทพลาสซึมของเซลล์ ในทางปฏิบัตินั้นไม่ได้ใช้สารกำจัดวัชพืชในรูปสารบริสุทธิ์ ดังนั้น สารกำจัดวัชพืชจึงอยู่ในรูปผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อใช้ง่าย สะดวก สามารถกระจายตัวในน้ำ (หรือสารที่เป็นตัวพาอื่น เช่น น้ำมัน) ได้ดี ยึดติดกับใบพืชได้ดี และมีกัมมันต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชีวภาพ (biological activity) เป้าหมายอื่นของการทำรูปผลิตภัณฑ์ของสารกำจัดวัชพืช คือ ทำให้ความเป็นพิษที่มีต่อวัชพืชเพิ่มขึ้น ทำให้สารใช้ได้อย่างสะดวกและประหยัด ทำให้สารมีอายุในการเก็บรักษาไว้ได้นานขึ้น และ ป้องกันไม่ให้สารก่อผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม เมื่อเกิดอุบัติเหตุขณะขนส่งหรือเก็บรักษา (ทศพล พรพรหม. 2545) พรชัย เหลืองอาภาพงศ์ (2540) ได้แบ่งรูปผลิตภัณฑ์ (formulation) ของสารเคมี ได้แก่

1. EC (emulsifiable concentrate) เป็นสารละลายที่อยู่ในรูปของเหลว (liquid) ซึ่งเป็นสารละลายเข้มข้น โดยมีสารออกฤทธิ์ (active ingradient) ละลายอยู่ในตัวทำลาย (solvent) ซึ่งจะถูกผสมเป็นเนื้อเดียว (homogenous formulation)

2. WP (wettable powder) รูปของของแข็งเป็นผงละเอียด โดยนำสารเคมีออกฤทธิ์มาผสมกับ talc หรือ clay ซึ่งจะเป็นดินเหนียว ที่ละลายในน้ำได้ดี เช่น bentonite หรือ attapugite และส่วนประกอบของสารเพิ่มฤทธิ์ (surfactant) เมื่อนำผง WP ไปผสมน้ำจะได้สารแขวนลอย (suspension) โดยถ้าปล่อยทิ้งไว้นาน ๆ จะตกตะกอน

3. SC (suspension concentrate) ของเหลวที่มีความเข้มข้น การปรุงแต่งเกิดจากการนำสารเคมีออกฤทธิ์ มาผสมกับสารอื่น เช่น ดินเหนียว (clay)

4. SL (soluble concentrate) หรือเรียกอีกอย่างว่า LC (liquid concentrate) หรือ WS (water soluble concentrate) ซึ่งอยู่ในรูปของเหลว (liquid) ที่มีสารออกฤทธิ์ละลายในน้ำ หรือแอลกอฮอล์ได้ดี เกิดจากการนำสารเคมีออกฤทธิ์มาบดให้ละเอียด แล้วมาผสมกับสารเคมีอื่น ๆ พวกสารเคลือบใบ จนได้เป็นสารละลายเข้มข้น

5. SP (water soluble powder) อยู่ในสภาพของแข็งที่ละลายน้ำได้ดีมาก มีคุณสมบัติเหมือน SL ถ้าละลายน้ำจะมีลักษณะเหมือนเกลือแกง

6. GR (granule) จะอยู่ในรูปของแข็งที่มีลักษณะเป็นเม็ดขนาดเล็กพร้อมที่จะใช้ทันที โดยไม่ต้องผสมน้ำ

**2.3 กลไกการทำลายของสารกำจัดวัชพืช (herbicide mode of action)**

ในบริเวณหรือตำแหน่งหลักที่สำคัญของสารกำจัดวัชพืชที่แสดงปฏิกิริยาในการยับยั้งหรือทำลายภายในพืช (major target sites of herbicide action in plants) นั้น สามารถแบ่งตามจุดบริเวณหรือตำแหน่งเฉพาะของการทำปฏิกิริยาทางชีวเคมีของสารกำจัดวัชพืชภายในพืชได้ สารกำจัดวัชพืชจะทำลายพืชโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่โมเลกุลของสารไปรบกวนขบวนการทางสรีรวิทยา (physiological Processes) ของพืช ซึ่งแบ่งได้หลายลักษณะคือ (ทศพล, 2545)

1. รบกวนการเจริญเติบโต (growth and development interference) การเจริญเติบโตคือ การสร้างหรือเพิ่มจำนวนเซลล์หรือการสร้างองค์ประกอบ (organell) ของเซลล์ สารกำจัดวัชพืชเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต 3 ลักษณะ คือ ยับยั้งการแบ่งเซลล์ (mitotic poison) กระตุ้นการเจริญเติบโต (growth regulation) และยับยั้งการสร้างคลอโรฟิลล์ (chlorophyll inhibitor) สารกำจัดวัชพืชที่ทำลายแบบก่อนงอก จะไม่มีการเคลื่อนย้ายของสารในต้นพืช แต่จะเคลื่อนเข้าสู่เมล็ด ผลกระทบที่เกิดขึ้น คือ การยับยั้งการเจริญเติบโตของราก โดยยับยั้งการแบ่งเซลล์และป้องกันการสร้างผนังเซลล์ ดังนั้นการแบ่งตัวของเซลล์ในระยะไมโทซีสจะหยุดลง อาการที่เกิดขึ้น คือ มีการพองของปลายราก และการเจริญเติบโตของรากด้านข้างถูกยับยั้ง ซึ่งการเจริญเติบโตของรากที่ผิดปกติไปจะทำให้พืชตายทั้งต้น (ประเสริฐ, 2540)

2. รบกวนขบวนการเมทาโบลิซึ่ม (metabolic process interference) ซึ่งแบ่งได้เป็นลักษณะ ใหญ่ ๆ คือ ยับยั้งการสังเคราะห์แสง (photosynthetic inhibition) ยับยั้งขบวนการหายใจ (respiration inhibition) ยับยั้งขบวนการสังเคราะห์โปรตีน (protein synthesis inhibition) รบกวนกิจกรรมของน้ำย่อย (enzyme activity) เมื่อพืชซึ่งได้รับสารกำจัดวัชพืชถูกโมเลกุลของสารเหล่านั้นทำลาย ก็จะแสดงผลอันเนื่องจากถูกทำลายในลักษณะต่าง ๆ กัน เช่น เกิดอาการใบเหลืองซีด (chlorosis) ใบร่วง (defoloant) ลำต้น ราก หรือใบหงิกงอโค้งลง (epinasty) หรือโค้งขึ้น (hyponasty) ใบหรือต้นตาย (necrosis) ใบหรือต้นแห้งตาย (desiccation) การเติบโตผิดปกติ (fasciation) หรือ การเกิดอาการผิดปกติอื่น ๆ

3. การยับยั้งการแบ่งเซลล์บริเวณเนื้อเยื่อเจริญ (meristem mitotic inhibitors)

บริเวณเนื้อเยื่อเจริญ เป็นบริเวณปลายราก (root tip) และปลายยอดของพืช บริเวณโครงสร้างตามยาวของรากพืชแบ่งได้เป็น 4 บริเวณ คือ บริเวณหมวกราก (root cap) บริเวณเซลล์กำลังแบ่งตัว (region of cell division) บริเวณเซลล์ขยายตัวตามยาว (region of cell elongation) และบริเวณเซลล์เปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะ (region of cell differentiation and maturation) บริเวณเนื้อเยื่อเจริญของพืช จะเป็นบริเวณที่มีการแบ่งเซลล์ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาและการเจริญเติบโตของพืช (ภาพที่ 1) เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส (mitosis) (ภาพที่ 4) ซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการแบ่งเซลล์ของพืช จะมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชในกระบวนการต่าง ๆ (วิทยา, 2549)

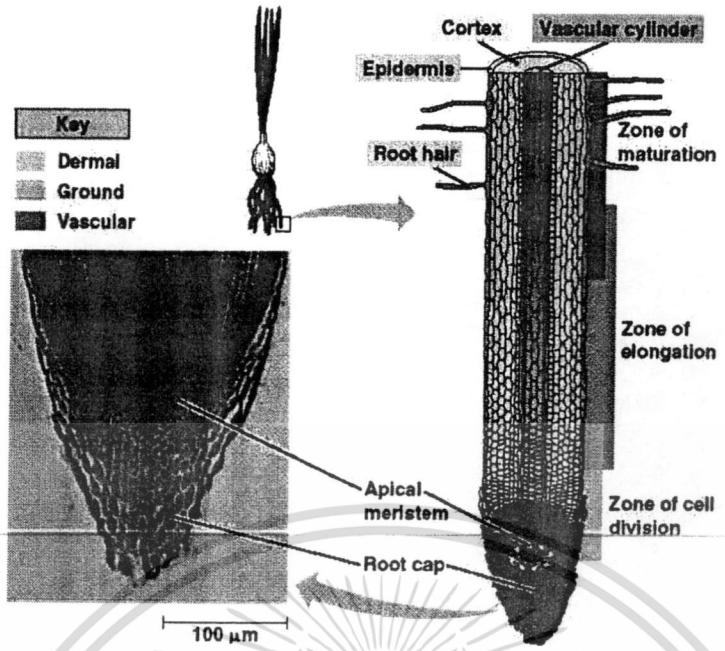
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.4 ผลของสารกำจัดวัชพืชต่อเซลล์และการเจริญเติบโตของพืช**

นอกจากสารกำจัดวัชพืชจะสามารถยับยั้งกระบวนการต่าง ๆ ทางชีวเคมีแล้ว การเจริญเติบโตและการวิวัฒนาการของพืชที่ได้รับสารกำจัดวัชพืช ซึ่งสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์เป็นสารกำจัดวัชพืชประเภทใช้ก่อนงอก ทำให้วัชพืชมีความอ่อนแอต่อสาร จากนั้นก็ยับยั้งหรือขัดขวางกระบวนการต่าง ๆ ในพืช โดยเฉพาะการสังเคราะห์โปรตีน ส่งผลให้การเจริญเติบโตในส่วนของต้น และรากหยุดชะงักลง (พรชัย, 2531) ในการเจริญเติบโตของเมล็ดไปเป็นต้นกล้า ที่เริ่มต้นจากเมล็ดที่พร้อมจะงอกอยู่ใต้ดินและสิ้นสุดเมื่อใบแท้ใบแรกปรากฏขึ้นมาเหนือดิน เมล็ดประกอบด้วยเอมบริโอและส่วนที่สะสมอาหาร มีเปลือกเมล็ดชั้นนอกหุ้มอยู่ เอมบริโอมีใบเลี้ยงหนึ่งใบหรือสองใบ ติดอยู่กับแกนกลางช่วงบนของแกน คือ ลำต้นเหนือใบเลี้ยง มียอดแรกเกิดอยู่ตรงปลาย ช่วงล่างคือลำต้นใต้ใบเลี้ยงและรากแรกเกิด เมล็ดที่แพร่กระจายอยู่ในดินแม่จะแห้ง และพักตัวอยู่ระยะหนึ่ง หลังจากนั้นจะเริ่มงอกเมื่อได้รับน้ำ ออกซิเจน และความชื้นที่เพียงพอ บางกรณีอาจต้องใช้แสงด้วย ระยะแรกของการงอกเมล็ดพืชจะดูดน้ำ เอมบริโอเริ่มใช้อาหารสะสม รากแรกเกิดการพองตัวออกดันให้เปลือกเมล็ดชั้นนอกแตกออก และงอกลงไปด้านล่าง ต่อจากนั้นการงอกอาจเป็นแบบใดแบบหนึ่งในสองแบบ แล้วแต่ชนิดของเมล็ด แบบแรกคือการงอกอยู่เหนือดิน (epigeal germination) ซึ่งลำต้นใต้ใบเลี้ยงยืดยาวออกดึงยอดแรกเกิดและใบเลี้ยงขึ้นมาเหนือดิน แบบที่สองคือการงอกอยู่ใต้ดิน (hypogeal germination) ซึ่งใบเลี้ยงยังคงอยู่ใต้ดิน มีแต่ลำต้นเหนือใบเลี้ยงยืดขึ้นมาและชูยอดแรกเกิดขึ้นเหนือดิน (Khan, 1982)

บริเวณเนื้อเยื่อเจริญ เป็นบริเวณปลายราก (root tip) และปลายยอดของพืช บริเวณเนื้อเยื่อเจริญของพืช จะเป็นบริเวณที่มีการแบ่งเซลล์ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาและการเจริญเติบโตของพืช เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส (mitosis) (ภาพที่ 2.1) ซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการแบ่งเซลล์ของพืช จะมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชในกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้ (Havey, 2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 2.1** ลักษณะโครงสร้างของรากบริเวณเนื้อเยื่อเจริญ

โดยทั่วไปพืชจะประกอบไปด้วยเซลล์ต่าง ๆ ที่มีโครงสร้างและการทำงานคล้ายคลึงกันอยู่ในเนื้อเยื่อพืช ซึ่งเป็นศูนย์กลางของการแบ่งเซลล์และวัฒนาการของเซลล์ หากสารกำจัดวัชพืชยับยั้งกระบวนการแบ่งเซลล์ จะมีผลต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของกรดนิวคลีอิคและการสังเคราะห์โปรตีน เป็นกลไกอันดับแรกของการคิดค้นสารกำจัดวัชพืช Marcano *et al.*, (2004) ศึกษาความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืช Maleic Hydrazide ที่ระดับความเข้มข้น $10^{-6}$, $10^{-5}$, $10^{-4}$, $10^{-3}$ M ที่เวลา 0, 4, 8, 12 และ 24 ชั่วโมง โดยใช้หอมหัวใหญ่เป็นพืชทดสอบ ซึ่งพบว่าความเข้มข้นที่แตกต่างกันกับเวลาที่ถูกสาร มีความสัมพันธ์กันกับดัชนีการแบ่งเซลล์ (mitotic Index : MI) และการเกิดความผิดปกติของโครโมโซม ความผิดปกติที่พบ คือ stickynessis และ anaphasic bridges เมื่อนำกลับมาฟื้นตัวในน้ำ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า และสารกำจัดวัชพืชบางชนิดยังมีผลต่อการสร้าง cell plate ในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ซึ่งจะมีผลยับยั้งการสร้าง microtubule โดยตรง (Oliva *et al.*, 2002) เช่น Fernandes *et al.*, (2007) ศึกษาการสร้าง micronuclei ในเซลล์ polyploidizated ของหอมหัวใหญ่ ซึ่ง trifluralin เป็นสารกำจัดวัชพืชที่ทำให้เกิดความเสียหายในการแบ่งเซลล์ ผลที่มีต่อ microtubules ทำให้พืชไม่สามารถควบคุมการแบ่งเซลล์ได้ ทำให้เกิด polyplody cell โดยทดสอบด้วยความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีการแบ่งเซลล์ลดลงตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น และชักนำให้เกิดการสร้าง polyplody cell, micronuclei และทำให้เซลล์ขนาดเล็ก ในการประเมินความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชโดยใช้หอมหัวใหญ่เป็นพืชทดสอบสารกำจัดวัชพืชอะทราซีน พบว่าทำให้ดัชนีการแบ่งเซลล์ลดลง และเกิดการแตกหักของโครโมโซม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Srivastava and Mishra, 2009) นอกจากนี้หอมหัวใหญ่ยังเป็นพืชต้นแบบแสดงออกได้ถึงผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตได้อย่างชัดเจน เนื่องจากตอบสนองต่อความเป็นพิษใกล้เคียงกับการทดสอบในสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ เช่น เซลล์สาหร่ายบางชนิด และเซลล์เม็ดเลือดขาวของคน (Fiskesjo, 1985)

**2.5 ผลกระทบจากสารกำจัดวัชพืชในสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม**

ปัจจุบันมีการตระหนักถึงอันตรายที่เกิดจากการใช้สารกำจัดวัชพืช เช่น ความเป็นพิษที่เกิดขึ้นกับพืช คน สัตว์ และจุลินทรีย์ ประกอบกับสารกำจัดวัชพืชบางชนิดสะสมอยู่ในดินเป็นระยะเวลานาน ความเป็นพิษย่อมเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา หรืออาจมีการเคลื่อนย้ายของสารสู่แหล่งน้ำเมื่อฝนตก เกิดเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำนั้นจนถึงคนได้ (สมศักดิ์, 2528) ในสภาพปกติจุลินทรีย์มีความสำคัญต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินมาก แต่จากการใช้สารกำจัดวัชพืชในดินเป็นระยะเวลานาน ๆ หรือใช้ติดต่อกันหลายปี นอกจากกำจัดวัชพืชได้แล้ว ยังทำลายและลดปริมาณจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในดินด้วย ทำให้เกิดการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในดิน ย่อมมีผลกระทบจนเกิดความเสื่อมโทรมของดินได้ (อุดมลักษณ์, 2536) การตกค้างของสารกำจัดวัชพืชนั้นเป็นมุมมองในทางลบ เป็นการสร้างมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ ได้แก่ ทางดิน ทางน้ำ ทางอากาศ และอาหารของสิ่งมีชีวิต ดังนั้นเมื่อ ปี ค.ศ. 1993 สหรัฐอเมริกาได้มีแนวทางในการป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นนี้ด้วยการกำหนดค่าปนเปื้อนสูงสุด (maximum contaminant levels, MCls) ของสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชจำนวนหนึ่งที่สำคัญออกมา ซึ่งรวมถึงสารกำจัดวัชพืชด้วย โดยสำนักงานเบื้องต้นสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency หรือ EPA) (1999) ปัญหาของสารกำจัดวัชพืชที่มีการตกค้างในพืชและสิ่งแวดล้อม หากเกิดจากการแพร่กระจายของสารเคมีในระหว่างการฉีด ทำให้มีการสะสมอยู่ในพื้นดินและน้ำ ซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์เลี้ยง และสัตว์ในธรรมชาติ ในที่สุดจะส่งผลให้เกิดการสะสมของสารเคมีในห่วงโซ่อาหารในทวีปเอเชียมีการปนเปื้อนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในผลไม้ ผัก นมและผลิตภัณฑ์จากนมและเนื้อสัตว์ (Battu *et al.*, 2004) ผลกระทบต่อสุขภาพส่วนมากเกิดจากการใช้หรือสัมผัสสารเคมีทางการเกษตรหากใช้ไม่ถูกต้องหรือมีการสัมผัสในปริมาณมากและต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน สารเคมีเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น ผลต่อระบบฮอร์โมน โดยอาจไปรบกวนระบบการทำงานของฮอร์โมนโดยเฉพาะฮอร์โมนเพศ (Amaral, 2002) การใช้สารกำจัดวัชพืช นอกจากจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อมนุษย์อย่างมากมาย สารดังกล่าวอาจก่อให้เกิดผลเสียได้เช่นกัน อันตรายที่เห็นได้ชัดเจน ยุวยงค์ (2550) พบว่า ผลกระทบด้านสุขภาพจากการใช้สารเคมีการเกษตร ได้แก่ มีเหงื่อออกมาก ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ อ่อนเพลีย เวียนศีรษะ ผื่นแพ้คัน หายใจไม่สะดวก ชาที่มือเท้าและปวดศีรษะ หรือ การได้รับสารพิษอย่างฉับพลัน (acute

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

poisoning) ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายถึงขั้นตายได้ โดยอัตราส่วนผู้ตายต่อผู้ป่วยร้อยคนเท่ากับ 13.00 (รัชนี, 2530) สารกำจัดวัชพืชหลายชนิดก่อให้เกิดอันตรายที่เห็นได้ในระยะยาว (long term effect) เช่น ก่อให้เกิดมะเร็งของอวัยวะต่าง ๆ และก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ (mutation) ส่งผลถึงลูกหลานได้ (สิรินุช และคณะ, 2527) การวิจัยในฝรั่งเศสพบว่า การสัมผัสต่อสารกำจัดศัตรูพืชในระยะยาวมีผลทำให้ความสามารถทางสติปัญญาลดต่ำลง (Baldi, 2001) นอกจากนี้ยังมีการตรวจหาปริมาณสารคงเหลือของอะลาคลอร์ในตัวอย่างปัสสาวะของลิง โดยใช้ enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) (Feng *et al.*, 1994)

ผลของสารกำจัดวัชพืชที่มีต่อสัตว์ ระดับความเข้มข้นของสารแต่ละชนิดแตกต่างกันออกไป ส่วนสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ มีระดับอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น กับปลา คือ เป็นพิษอย่างร้ายแรง กับนก คือ เป็นพิษเล็กน้อย และกับผึ้ง คือ โดยทั่วไปแล้วไม่เป็นพิษ (Meister, 1994) Worthing (1991) กล่าวว่า ระดับความเป็นพิษของสารอะลาคลอร์ต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมีค่า $LD_{50}$ สำหรับหนู (rats) 930 - 1,350 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ $LD_{50}$ สำหรับกระต่าย (rabbit) 13,300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และข้อมูลจาก Environmental Protection ของ Wauchope (1994) รายงานว่า ก่อให้เกิดมะเร็งในหนูถีบจักรและหนูขาว และเป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ได้ แต่มีความเสี่ยงของการก่อให้เกิดมะเร็งในระดับที่ยอมรับได้ หรือถือว่ามีความเสี่ยงต่ำในการเกิดโรคมะเร็ง อย่างไรก็ตามสารกำจัดวัชพืชที่มีการสะสมในสิ่งแวดล้อม หรือในสิ่งมีชีวิตอย่างต่อเนื่องอาจส่งผลในระยะยาวได้ จากการรายงานของ นวลศรีและคณะ (2526) ซึ่งเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีปลาตาย ใน 23 จังหวัดเมื่อวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ ปลา และตะกอนดิน พบว่ามีพาราควอทปะปนอยู่ในตัวอย่างน้ำมากที่สุด โดยพบได้ถึง 94.80 เปอร์เซ็นต์ ของตัวอย่างทั้งหมด ปริมาณที่พบในน้ำคือ 0.001 - 0.118 ppm สารเคมีต่าง ๆ นำมาใช้ทางการเกษตรนำมาช่วยป้องกันกำจัดศัตรูพืช หากนำมาใช้ในปริมาณที่มากเกินไปทำให้เกิดการตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร ดิน และแหล่งน้ำ อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม รวมถึงผู้บริโภคด้วย และยากต่อการหาปริมาณสารตกค้างที่เกิดขึ้นในดินและแหล่งน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก จากการวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชที่ตกค้างในน้ำโดยใช้วิธี Gas Chromatography เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างจากสารกำจัดวัชพืชสารอะลาคลอร์ โบรมาซิล (bromacil) ฟีนอกซาพรอป-พี-เอธทิล (fenoxprop-P-ethyl) ออกซิฟลูออเฟน (oxyfluorfen) และเพรทิลาคลอร์ (preetilachlor) จากแหล่งน้ำได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำมาใช้วางมาตรการการแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนสารเคมีในแหล่งน้ำ จำเป็นต้องใช้วิธีวิเคราะห์ทางเคมีที่มีประมสิทธิภาพ ทำได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว และเป็นการพัฒนาการตรวจสอบสารเคมีที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อมสู่มาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหาร (สุนัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทา และคณะ, 2550) ถึงแม้ว่าปริมาณของสารกำจัดวัชพืชที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม อาจมีปริมาณเพียงเล็กน้อย แต่ก็สามารถยับยั้งหรือทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ผิดปกติไป เมื่อเปรียบเทียบกับพืชที่ไม่ได้สัมผัสกับสารกำจัดวัชพืช

**2.6 ความคงทนของสารกำจัดวัชพืชในดิน**

ความคงทนในดิน (persistence) เป็นการกล่าวถึงระยะเวลาที่สารกำจัดวัชพืชจะยังคงแสดงกิจกรรมได้ ซึ่งชี้ออกมาเป็นจำนวน วัน-เดือน-ปี หลังจากที่พ่นสารกำจัดวัชลงสู่ดินแล้ว เช่น 1-3 วัน (propanil) ถึง 3-24 เดือน (imazapyr) (WSSA, 1983) ภายหลังจากที่ได้ฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชไปแล้วสารจะเคลื่อนลงสู่ดิน โดยทั่วไปสารกำจัดวัชพืชสลายตัวได้ยากหรือช้า พิษของสารจึงตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานาน ก่อให้เกิดความเสียหายหลายประการ เช่น การเสื่อมคุณภาพของดินและอาจทำลายจุลินทรีย์ในดินที่มีประโยชน์ในการรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ทศพล, 2545) สารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ เป็นสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางดินในการควบคุมวัชพืช ความคงทนของสารโดยเฉพาะในดิน เป็นการพิจารณาสมบัติของสารกำจัดวัชพืชในส่วนที่เป็น "ระยะที่สามารถออกฤทธิ์ได้" และ "การตกค้าง" เพื่อจุดประสงค์สี่ประการ คือ การเลือกใช้สารกำจัดวัชพืชให้เหมาะสมกับระยะเวลาที่ต้องการให้วัชพืชนั้นถูกควบคุม หากยาวนานเกินไปก็อาจจะส่งผลกระทบต่อพืชปลูกถัดไปได้ สองเพื่อพิจารณาผลกระทบต่อพืชปลูกไปพร้อมกัน สามเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการปลูกพืชต่อเนื่องในฤดูถัดไปบนพื้นที่เดียวกัน และสี่เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม จากการตกค้าง ในฐานะที่เป็นวัตถุมีพิษชนิดหนึ่ง (Madhum and Freed, 1990) ค่าความคงทน ได้มาจากการศึกษาค่า half life ($t_{1/2}$) ซึ่งหมายถึงระยะเวลาที่สารเคมีหายไปครึ่งหนึ่งร้อยละ 50 จากความเข้มข้นเริ่มต้น และใช้กับบริเวณที่ศึกษาเท่านั้น ในบางตำรามีการจัดแบ่งกลุ่มของสารกำจัดวัชพืช 4 กลุ่ม คือ non -persistent เท่ากับ 0.5 เดือน slightly persistent เท่ากับ 0.5 - 1.5 เดือน moderately persistent เท่ากับ 1.5 - 6 เดือน และ persistent เท่ากับ มากกว่า 6 เดือน

จากการศึกษาของ Ashton and Monaco (1991) ซึ่งศึกษาสภาพไร่ - นาในอัตราที่ใช้ตามปกติ ช่วงฤดูร้อนในเขตอบอุ่น ได้จัดให้สารอะลาคลอร์มีความคงทนของสารอยู่ในช่วง 3 - 12 เดือน (ออกฤทธิ์ควบคุมตลอดฤดูปลูก) แต่ในขณะที่ พรชัย (2531) รายงานว่า สารอะลาคลอร์มีความคงทนของสารในดินปานกลาง คือ 40 - 70 วัน แต่อย่างไรก็ตาม ความยาวนานของความคงทนนี้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ มากมายทางสภาพแวดล้อม เช่น ลักษณะของเนื้อดิน (texture) และปริมาณของอินทรียวัตถุในดิน หากสภาพของดินมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงและเป็นดินเหนียว อาจมีความคงทนของสารในดินได้นาน

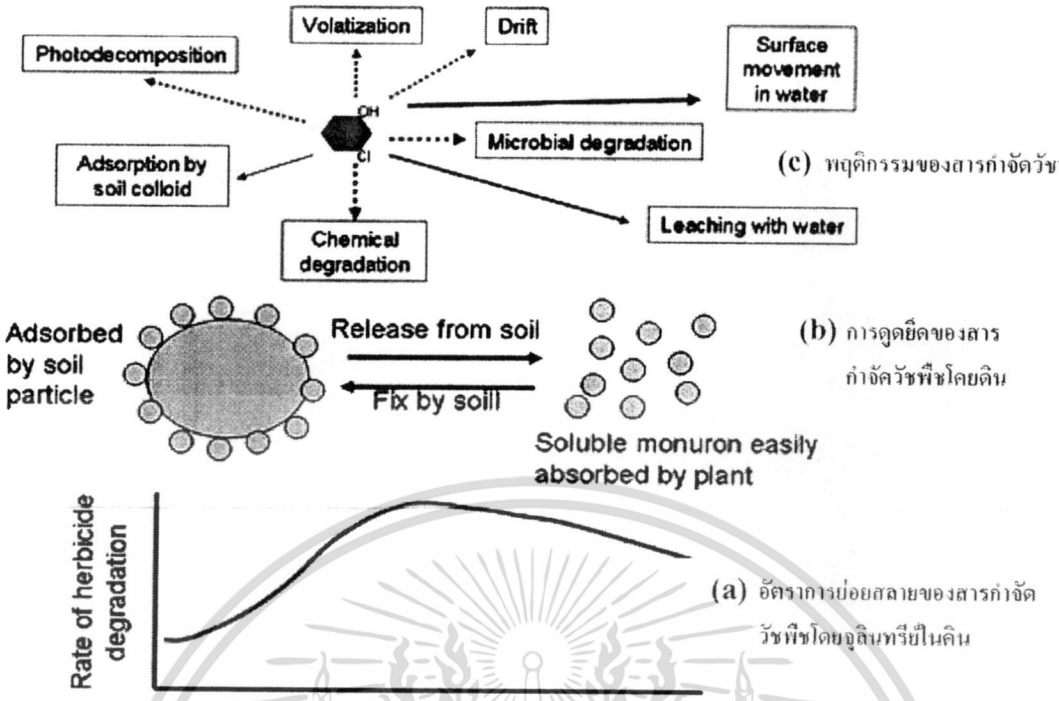
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่า 3 เดือนโดยอนุภาคของดินจะมีการดูดยึดโมเลกุลของสารได้ง่าย มีรายงานการศึกษาผลกระทบของการใช้สารกำจัดวัชพืช 9 ชนิด คือ 2, 4-D (80%WP) ดาลาพอน (dalapon 85%WP) อะลาคลอร์ (alachlor 48%EC) เพนดิเมทธาลิน (pendimethalin 31.7%EC) ไดเฟนามีด (diphenamid 50%WP) ไลนูรอน (linuron 50%WP) ไดยูรอน (diuron 50%WP) อะทราซีน (atrazine 50%WP) และอะซิโพรทริน (aziprotryn 50%WP) กับพืชผักชนิดต่าง ๆ คือ ข้าวโพด ถั่วเหลือง ข้าว และแตงกวา ภายหลังจากการใช้สารกำจัดวัชพืช 30 วัน พบว่ามีการตกค้างของสารอะลาคลอร์ในดินประมาณ 2 เดือน และมีผลกระทบมากที่สุดต่อการปลูกข้าว (ธีระพล, 2541) นอกจากนั้น การใช้สารกำจัดวัชพืชยังก่อให้เกิดความต้านทานสารได้ในวัชพืชและจุลินทรีย์บางชนิด หากใช้ในปริมาณที่มากและต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน ขาดการจัดการที่ดี เช่น เกิดความต้านทานสารอะลาคลอร์ในพวกแบคทีเรีย แกรมลบ ซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งสั้นจัดอยู่ในจีนัส *Paeudomonas* และ *Alcaligenes* ได้ทุกระดับความเข้มข้นของสารอะลาคลอร์ (200, 2000, 4000, และ 20000 ppm) (Pothuluri *et al.*, 1993)

**2.7 การสูญหายของสารกำจัดวัชพืชในดิน**

การสูญหายของสารกำจัดวัชพืชไปจากดิน มีอยู่หลายสาเหตุ เช่น การสลายตัวโดยวิธีเคมี (chemical tranformations) การสลายตัวโดยแสง (photo decomposition) การสลายตัวโดยจุลินทรีย์ (microbial decomposition) การดูดซับโดยดิน (adsorption-desorption) การระเหย (volatilization) การถูกชะละลาย (leaching) และการถูกชะล้าง (runoff) (Leonard, 1990) นอกจากนี้สารกำจัดวัชพืชยังสามารถสูญหายหรือย่อยสลายได้ในดิน โดยกระบวนการทางชีววิทยา (biological decomposition) โดยจุลินทรีย์ในดิน (Swarbrick and Mercado, 1987) (ภาพที่ 2.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 2.2** พฤติกรรมของสารกำจัดวัชพืชในดิน

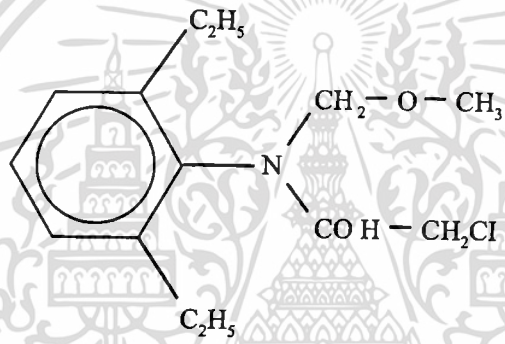
การศึกษาการย่อยสลายสารในกลุ่มเอมายด์รวมถึงสารอะลาคลอร์ในดินโดยจุลินทรีย์ กันเป็นจำนวนมาก เช่น ความลึกของดินที่ใช้สารอะลาคลอร์และสารอะทราซีนทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ในดินลดลง (Khan and Harris, 1993) Singh *et al.*, (1991) รายงานว่า บางส่วนของโมเลกุลของสารเคมีหรือสารตัวกลาง (intermediate) สามารถสะสมในจุลินทรีย์ในดิน ทำให้ความเป็นพิษของสารลดลงได้ การเพิ่มความสามารถในการย่อยสลายสารกำจัดวัชพืชทำได้โดยการปรับปรุงการเพาะปลูก ทั้งด้านเขตกรรม การชลประทาน การปลูกพืชหมุนเวียน และ weed residue ซึ่งจะพบในแต่ละฤดูปลูก (Swarbrick and Mercado, 1987) สารอะลาคลอร์มีการสูญเสียของสารโดยการดูดยึดของอนุภาคของดิน เนื่องจากดินมีการดูดยึดโมเลกลุของสารเคมีได้ง่าย มีการสลายตัวโดยแสง และจุลินทรีย์ในดินหลายชนิด แต่การสูญเสียโดยการระเหยไม่มากนัก (รังสิต, 2526) มีการศึกษาของ Tiedje and Hagedorn (1975) พบว่าสารอะลาคลอร์สามารถย่อยสลายได้ในเชื้อรา *C. globosum* จากการศึกษาเชื้อราในดิน 8 ชนิด โดยใช้ conidia, mycelium หรือ ascospore เป็น inoculums แล้ววิเคราะห์หาปริมาณสารอะลาคลอร์ และสารเมตาบอไลท์ และยังมีเชื้อราของ Fusarium oxysporum ที่สามารย่อยสลายได้ แต่ไม่สามารถตรวจพบเมตาบอไลท์ (Singh *et al.*, 1991) ต่อมามีการศึกษาถึงการใช้สารกำจัดวัชพืชหลายชนิดในแปลงถั่วเหลืองต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดเชื้อราในดินในช่วงฤดูร้อนถึงฤดูใบไม้ผลิ พบว่า การใช้สารอะลาคลอร์ร่วมกับอะฟาลอน ทำให้เกิดเชื้อราในดินมากที่สุดในฤดูร้อน และส่งผลให้ผลผลิตเสียหายเป็นอย่างมาก (Bogdanovic, 1990)

**2.8 อะลาคลอร์ (alachlor)**

อะลาคลอร์ หรือ N-methoxymethyl-2', 6'-diethyl-2-chloroacetanilide มีสูตรเคมีโครงสร้าง $C_{14}H_{20}CHO_2$ เป็นสารกำจัดวัชพืชที่จัดอยู่ในประเภทเลือกทำลาย ใช้ทางดิน โดยสาร อะลาคลอร์ส่วนใหญ่ใช้ฉีดพ่นก่อนงอก (pre-emergence) อาจใช้แบบหลังงอกแต่เป็นระยะที่วัชพืชเริ่มงอก (early-postemergence) หรือก่อนปลูกแล้วไถกลบคลุกเคล้าสารเคมีกับดิน (preplant-incorporated) (พรชัย, 2542)




**ภาพที่ 2.3** สูตรโครงสร้างของสารกำจัดวัชพืช อะลาคลอร์

**ชื่อสามัญ** alachlor (ANSI, BSI, ISO, WSSA)

**ชื่อทางเคมี** 2-Chloro-N-(2,6-diethylphenyl)-N-(methoxymethyl) acetamide

**สูตรทางเคมี** $C_{14}H_{20}CHO_2$

**น้ำหนักโมเลกุล** 269.8

**จุดหลอมเหลว** 39.4-41.5 องศาเซลเซียส และจุดเดือด 100 องศาเซลเซียส

**การสลายตัว** 105 องศาเซลเซียส

**การออกฤทธิ์** เป็นสารกำจัดวัชพืชที่จัดอยู่ในประเภทเลือกทำลาย ใช้ทางดิน โดยสารอะลาคลอร์ส่วนใหญ่ใช้ฉีดพ่นก่อนงอก (pre-emergence) อาจใช้แบบหลังงอกแต่เป็นระยะที่วัชพืชเริ่มงอก (early-postemergence) หรือก่อนปลูกแล้วไถกลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



**ความเป็นพิษ** มีพิษเฉียบพลันทางปาก (หนู) 1,800 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทางผิวหนัง 13,300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทำให้ดวงตาและผิวหนังระคายเคือง

**วัชพืชที่กำจัด** วัชพืชที่สารอะลาคลอร์สามารถกำจัดได้ โดยควบคุมไม่ให้เมล็ดพืชงอก เช่น หญ้าขน หญ้าตีนนก หญ้าปากควาย หญ้าปล้อง หญ้าข้าวนก หญ้าตีนไก่ หญ้า กุศลา หญ้าหางหมา ผักโขม ผักโขมหวาน หญ้าชันอากาศ วัชพืชใบแคบและใบกว้างอื่น ๆ

**พืชปลูก** ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลิสง หอม กระเทียม ผักตระกูลกะหล่ำ มะเขือเทศ พริก ข้าวฟ่าง อ้อย ทานตะวัน ยาสูบ มันสำปะหลัง ยางพารา รวมทั้งพืชผักหลายชนิด (Crafts, 1975)

**สูตรผสม** 45.1% และ 48% ของสารออกฤทธิ์

**อัตราการใช้** ใช้อัตราแตกต่างกันออกไปตามชนิดของดินทั่ว ๆ ไป ใช้อัตราระหว่าง 500-1,000 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำ 60-80 ลิตร ฉีดพ่นคลุมดิน

**การเกิดพิษ** หากถูกบริเวณผิวหนัง อาจทำให้เกิดอาการแพ้และระคายเคือง ถ้าเข้าตาทำให้ดวงตาระคายเคือง ถ้ากินเข้าไป ทำให้เกิดอาการคลื่นไส้และท้องเสีย

**การแก้พิษ** หากถูกบริเวณผิวหนัง ให้ล้างด้วยน้ำสบู่หลาย ๆ ครั้ง ถ้าเข้าตา ให้ล้างตาด้วยน้ำสะอาดนานประมาณ 15 นาที ถ้ากินเข้าไปอย่าทำให้อาเจียน ให้คนไข้รับประทานยาแอ๊คติเวทเต็ด ชาร์โคล 2-4 ช้อนโต๊ะ ละลายกับน้ำ 1 แก้ว แล้วนำส่งแพทย์ตามอาการ

**ข้อควรระวัง** ให้ใช้ก่อนวัชพืชงอกหรือก่อนพืชที่ปลูกงอก ภายหลังการฉีดพ่น ถ้ามีฝนตกลงมาภายใน 10 วัน จะให้ผลดีมาก ใช้ฉีดพ่นร่วมกับสารกำจัดวัชพืชชนิดอื่น ๆ ได้เป็นจำนวนมาก รวมทั้งปุ๋ย คงตัวอยู่ในดินได้นาน 6-10 สัปดาห์ อย่าใช้กับดินที่มีอินทรียวัตถุสูงกว่า 10 เปอร์เซ็นต์

อะลาคลอร์เป็นสารกำจัดวัชพืชในกลุ่มเอมายด์ (amide) ผลิตออกใช้เป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1969 โดยบริษัทมอนซานโต้ (monsanto) กลไกในการทำลาย คือ มีการเคลื่อนย้ายสู่พืชทางรากและทางยอดใต้ดิน โดยทางท่อน้ำไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของพืช ทำให้พืชอ่อนแอต่อสารอะลาคลอร์ จะถูกยับยั้งหรือขัดขวางกระบวนการต่าง ๆ ในพืช เช่น การสังเคราะห์โปรตีน (protein syntesis) ซึ่งฤทธิ์ของสารอะลาคลอร์นี้จะทำให้เกิดการเจริญเติบโตในส่วนต้นและรากหยุดชะงักลง (ดีพร้อม, 2537) การใช้โดยทั่วไป พรชัย (2531) รายงานว่า อาจใช้ได้ตั้งแต่ 160 - 717 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ โดยใช้น้ำผสม หากใช้เพื่อควบคุมวัชพืชในสภาพที่มีพืชปลูก อาจใช้ผสมร่วมกับสารกำจัดวัชพืชชนิดอื่นเพื่อควบคุมวัชพืชได้มากชนิดขึ้น การใช้สารอะลาคลอร์ในอัตราปกติตั้งแต่ 160 - 320 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ในไร่ข้าวโพด ฝ้าย ถั่วเหลือง และอื่น ๆ ขณะที่ ปรีชา (2537) รายงานว่าอัตราการใช้แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดของดิน ซึ่งหากใช้ในปริมาณที่มากเกินไปทำให้เกิดการตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร ทำลายสมดุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

140742

ของระบบนิเวศ และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสุขภาพของมนุษย์ (คณะกรรมาธิการการเกษตรและสหกรณ์สภาผู้แทนราษฎร, 2546) และยากต่อการหาปริมาณสารตกค้างที่เกิดขึ้นในดิน ยังทำให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนของสารในแหล่งน้ำได้ (ปรีชา, 2537) Macomber *et al.*, (1992) รายงานว่า ปัญหาการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชในแหล่งน้ำไม่ใช่ปัญหาใหม่ในสิ่งแวดล้อม สารอะลาคลอร์จัดเป็นสารกำจัดวัชพืชชนิดหนึ่งที่ใช้กันมากในประเทศสหรัฐอเมริกา และมีการปนเปื้อนเกิดขึ้นตามแหล่งน้ำ ได้มีการตรวจพบการปนเปื้อน โดยการตรวจหาสารเมตาบอไลท์ Ethanesulfonate โดย High-performance liquid chromatography (HPLC) นอกจากนี้มีรายงานว่า ภายใต้สภาพไร้ออกซิเจน สารอะลาคลอร์อาจตกค้างในดินเป็นเวลานาน ประมาณว่าครึ่งชีวิตของสารอยู่ระหว่าง 2.5-79 สัปดาห์ใน aquifer sample (Pothuluri *et al.*, 1993) ซึ่ง Negre *et al.*, (1992) ศึกษาพบว่ารูปแบบของสารอะลาคลอร์ (formulation) และความชื้นของดินมีผลต่อการสลายตัวของสารอะลาคลอร์ จากศึกษาในห้องปฏิบัติการ สาร อะลาคลอร์ที่อยู่ในรูปของ microencapsulated (lasso ME และ chloral ME) มีความคงทนอยู่ในดินนานกว่าสารอะลาคลอร์ในรูป pure active ingredient (ALA) ที่ 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ field moisture content (FMC) ส่วนสารอะลาคลอร์ในรูป emulsifiable concentrate formulation (lasso EC) มีความคงทนในดินน้อยกว่า lasso ME และ chloral ME แต่มากกว่า ALA ที่ 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ FMC และมีความคงทนในดินน้อยกว่า lasso ME แต่มากกว่า chloral ME และ ALA ที่ 25 เปอร์เซ็นต์ FMC ครึ่งชีวิตของ ALA เพิ่มขึ้นจาก 5 วันเป็น 13 วัน เมื่อเปอร์เซ็นต์ความชื้นเพิ่มขึ้น การศึกษาในสภาพแปลงทดลองไม่สามารถตรวจพบสารอะลาคลอร์ในดินที่ระดับความลึกต่ำกว่า 10 เซนติเมตร ตรวจพบสารอะลาคลอร์ได้ในน้ำในดินและน้ำใต้ดินที่ความลึก 60 เซนติเมตร มากประมาณ 1.13 และ 0.22 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ดังนั้นการศึกษาผลของสารตกค้าง รวมถึงฤทธิ์ที่เป็นพิษต่อเซลล์และสารพันธุกรรมของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ จึงเป็นข้อมูลสำคัญในการประเมินค่าความปลอดภัย และความเสี่ยงต่อการตกค้างของสารเคมีในระบบนิเวศสิ่งแวดล้อมเกษตร ที่อาจจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

# วิธีการดำเนินงานวิจัย

## 3.1 อุปกรณ์การทดลอง

1. พืชทดสอบ ได้แก่ หอมหัวใหญ่ (*Allium cepa* L.) ข้าวโพด (*Zea mays* L. var *saccharata Bailey*) หญ้าข้าวนก (*Echinochloa cruss-galli* (L.) Beauv.) และ ผักโขม (*Amaranthus Lividus* L.)

2. สารเคมีที่ใช้ ได้แก่ alcohol 95%, alcohol 70%, acetone, acetic acid, tween 80, giemsa, cellulose, kaolinite, sodium-lauryl sulfate, pectinase, calcium chloride, sodium hypochloride, potassium sodium tartarate salt, starch, moltose, dinitrosalicylic reagent, silver nitrate, citrate buffer และสารกำจัดวัชพืช อะลาคลอร์

3. อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ กระบอกตวง บีกเกอร์ แท่งแก้วคนสาร ขวดรูปชมพู่ พาราฟิล์มแก้วขนาดเล็ก 60 มิลลิลิตร ขวดแก้วขนาด 10 มิลลิลิตร หลอดทดลองขนาด 5 มิลลิลิตร กล่องย้อมสี หลอดทดลองขนาด 1.5 มิลลิลิตร หลอดวัด spectrophotometer microscope slide แก้วพลาสติก โกร่งบด หลอดหยด ปากคีบปลายแหลม กระดาษกรอง Whatman No.1 กรรไกร มีด และน้ำกลั่น

4. เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ตู้อบความร้อน (hot air oven) กล้องจุลทรรศน์ (microscope) ยี่ห้อ Olympus รุ่น BX41 และ รุ่น CX31 และเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

5. อุปกรณ์ทางการเกษตร ได้แก่ กระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ตะแกรงร่อนทรายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร วัสดุปลูก (ทราย และดินร่วน) โครงไม้ล้อมกรอบกระจกขนาด 40 x 40 x 40 (กว้าง x ยาว x สูง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.2 วิธีการทดลอง**

**การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ต่อกิจกรรมการแบ่งเซลล์ของหอมหัวใหญ่**

**3.2.1.1 การวางแผนการทดลอง**

ทำการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิธีการทดลองละ 4 ซ้ำ ดังนี้

1.1 น้ำกลั่น (วิธีการเปรียบเทียบ)

1.2 สารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ที่ระดับความเข้มข้น 1.25 ppm

1.3 สารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ที่ระดับความเข้มข้น 2.50 ppm

1.4 สารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ที่ระดับความเข้มข้น 5.00 ppm

1.5 สารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ที่ระดับความเข้มข้น 10.00 ppm

1.6 สารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ที่ระดับความเข้มข้น 20.00 ppm

**3.2.1.2 การเตรียมตัวอย่างรากหอมหัวใหญ่**

เลือกหอมหัวใหญ่ที่มีขนาดเท่า ๆ กัน ลอกเปลือกที่มีน้ำตาลออกให้หมด แล้วตัดบริเวณโคนรากออก นำไปล้างน้ำทำความสะอาด ผึ่งลมให้แห้ง แล้วแช่ในน้ำกลั่นให้เกิดรากเป็นระยะเวลา 2-3 วัน ความยาวประมาณ 1.5 - 2 เซนติเมตร แล้วนำไปแช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง โดยมีหอมหัวใหญ่ที่แช่ในน้ำกลั่นเป็นวิธีการเปรียบเทียบ แล้วตัดรากหอมหัวใหญ่หัวละ 3 - 5 ราก โดยตัดรากช่วงระยะเวลา 8.00 – 8.30 น. และแช่ในสารเคมีเพื่อคงสภาพเซลล์ประกอบด้วย เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ และ acetic acid ในอัตราส่วน 3 : 1 ซึ่งทำได้ 2 วิธี คือ นำปลายรากหอมหัวใหญ่ที่ได้แช่ในน้ำยา fixation เพื่อคงสภาพเซลล์ เก็บในอุณหภูมิห้อง 12 ชั่วโมง และอีกหนึ่งวิธี คือ นำปลายรากหอมหัวใหญ่ที่ได้แช่ในสารเคมี เพื่อคงสภาพเซลล์ แล้วนำไปบ่ม ที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำมาล้างด้วยเอทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ และแช่ปลายรากหอมหัวใหญ่ที่ได้ในเอทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น เพื่อใช้ศึกษาต่อไป หรือสามารถนำมาศึกษาลักษณะของโครโมโซมได้เลย (Radic *et al.* 2005)

**3.2.1.3 การเตรียมสไลด์ศึกษากิจกรรมการแบ่งเซลล์**

นำปลายรากหอมหัวใหญ่ที่เก็บไว้ในตู้เย็นมาล้างด้วยน้ำกลั่น ซับน้ำให้แห้ง ทำการตัดปลายรากหอมหัวใหญ่ให้มีความยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร นำมาย่อยผนังเซลล์ ด้วยเอนไซม์ ซึ่งประกอบด้วย cellulose 8 เปอร์เซ็นต์ pectinase 6 เปอร์เซ็นต์ ละลายในบัฟเฟอร์ที่ประกอบด้วย citric acid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.01 โมล และ sodium citrate 0.01 มิลลิโมล จากนั้นนำหลอดที่มีปลายรากหอมหัวใหญ่ไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 นาที เมื่อครบตามเวลาที่กำหนด ดูดเอนไซม์ออกจากหลอดทดลอง และแช่ปลายรากในน้ำกลั่น ใช้ปากคีบปลายแหลมคีบปลายรากหอมออกจากหลอดทดลอง ซับน้ำออกให้แห้งแล้ววางบนสไลด์ ตัดเอาเฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อเจริญปลายราก หยดน้ำยา fixation ที่แช่เย็นลงบนสไลด์ จากนั้นขยี้เซลล์ปลายรากหอมให้ทั่วแผ่นสไลด์ด้วยปากคีบปลายแหลม ทิ้งไว้ให้แห้ง เมื่อสไลด์แห้งนำมาย้อมด้วยสี giemsa 2 เปอร์เซ็นต์ นาน 10 นาที นำสไลด์ไปล้างผ่านน้ำสะอาดโดยเปิดน้ำไหลผ่านเบา ๆ จากนั้นผึ่งสไลด์ทิ้งไว้ให้แห้ง เป็นวิธีดัดแปลงมาจาก สมศักดิ์ และสุมน (2543)

**3.2.1.4 การเตรียมสไลด์ศึกษานิวคลีโอลัส**

เตรียมสไลด์เช่นเตรียมกับการทดลองที่ 1.3 แต่ย้อมสีสไลด์ด้วยสี silver nitrate ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ แล้วบ่มในตู้อบความร้อน อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบตามเวลาที่กำหนด นำสไลด์ไปล้างผ่านน้ำสะอาด โดยเปิดน้ำไหลผ่านเบา ๆ จากนั้นผึ่งสไลด์ทิ้งไว้ให้แห้ง ศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Gabara *et al.* 1995)

**3.2.1.5 การบันทึกผล และการวิเคราะห์ผลการทดลอง**

บันทึกจำนวนเซลล์ในระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส นับจำนวนและจำแนกชนิดความผิดปกติของเซลล์ โดยนับเซลล์แบบสุ่มอย่างน้อย 4,000 เซลล์ ต่อทรีทเมนต์ พร้อมบันทึกภาพ คำนวณ ดัชนีการแบ่งเซลล์ (mitotic index, MI) ค่าดัชนีการแบ่งเซลล์ในระยะต่าง ๆ ของไมโทติก (phase index) และค่าเปอร์เซ็นต์เซลล์ที่มีความผิดปกติ (abnormal cell) จากเซลล์ที่นับได้ในแต่ละทรีทเมนต์ โดยสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ดัชนีการแบ่งเซลล์} = \frac{\text{จำนวนเซลล์ทั้งหมดในระยะไมโทติก}}{\text{จำนวนเซลล์ทั้งหมดที่นับได้}} \times 100$$

ดัชนีการแบ่งเซลล์ในระยะต่าง ๆ ของไมโทติก (%) เช่น ดัชนีการแบ่งเซลล์ระยะโพรเฟส

$$\text{เปอร์เซ็นต์ดัชนีการแบ่งเซลล์ระยะโปรเฟส} = \frac{\text{จำนวนเซลล์ในระยะโปรเฟส}}{\text{จำนวนเซลล์ที่แบ่งตัวปกติในระยะไมโทติก}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความผิดปกติของเซลล์ เช่น ลักษณะความผิดปกติ spindle disturbance ที่พบในระยะโพรเฟส เปอร์เซ็นต์ความผิดปกติของเซลล์ เช่น ชนิด spindle disturbance

$$= \frac{\text{จำนวนเซลล์ผิดปกติ spindle disturbance}}{\text{จำนวนเซลล์ทั้งหมดที่นับได้}} \times 100$$

พื้นที่นิวคลีโอลัส $(\mu m)^2 = \pi r^2$

เมื่อ $\pi$ คือ ค่าคงตัว มีค่าเท่ากับ 3.14

r คือ รัศมีของวงกลม

**การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของสารของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ต่อการฟื้นตัวในกิจกรรมการแบ่งเซลล์ของหอมหัวใหญ่**

**3.2.2.1 การวางแผนการทดลอง**

เช่นเดียวกับการที่ลองที่ 1.1

**3.2.2.2 การเตรียมตัวอย่างรากหอมหัวใหญ่**

เลือกหอมหัวใหญ่ที่มีขนาดเท่า ๆ กัน ลอกเปลือกที่แห้งออก ตัดรากเก่าออก นำไปล้างน้ำทำความสะอาด ผึ่งลมให้แห้ง จึงนำไปแช่ในน้ำกลั่นประมาณ 2-3 วัน ให้เกิดรากความยาวประมาณ 1.5 - 2 เซนติเมตร นำไปแช่ต่อในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และนำกลับไปแช่ในน้ำ โดยการใช้ภาชนะใหม่เพื่อทำการ recover เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อทำให้หอมหัวใหญ่ได้มีการฟื้นตัว (Grant and Owens, 2001) ส่วนหอมหัวใหญ่ชุดควบคุมแช่ในน้ำกลั่นตลอดการทดลอง ตัดรากหอมหัวใหญ่หัวละ 3 - 5 ราก จำนวน 4 หัว ต่อทรีทเมนต์ โดยตัดรากหอมหัวใหญ่ในช่วงระยะเวลา 8.00 – 8.30 น.

**3.2.2.3 การเตรียมสไลด์ศึกษากิจกรรมการแบ่งเซลล์**

เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.3

**3.2.2.4 การเตรียมสไลด์ศึกษานิวคลีโอลัส**

เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.4

**3.2.2.5 การบันทึกผล และการวิเคราะห์ผลการทดลอง**

เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การทดลองที่ 3 ผลของสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ**

**3.2.3.1 การวางแผนการทดลอง**

ทำการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิธีการทดลองละ 4 ซ้ำ ดังนี้

1.1 น้ำกลั่น (วิธีการเปรียบเทียบ)

1.2 สารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ที่ระดับความเข้มข้น 100 g a.i./rai

1.3 สารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ที่ระดับความเข้มข้น 200 g a.i./rai

1.4 สารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ที่ระดับความเข้มข้น 400 g a.i./rai

**3.2.3.2 การเตรียมเมล็ดพืชทดสอบ**

พืชปลูกคือ ข้าวโพด เมล็ดวัชพืชทดสอบ 2 ชนิด คือ หญ้าข้าวนก เป็นตัวแทนของวัชพืชใบเลี้ยงเดี่ยว และผักโขม เป็นตัวแทนของวัชพืชใบเลี้ยงคู่ แช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ นาน 20 นาที เพื่อทำการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ติดมากับเมล็ด เมื่อครบเวลาล้างเมล็ดด้วยน้ำสะอาด 2 - 3 ครั้ง แช่เมล็ดถั่วผีในน้ำสะอาดนานอย่างน้อย 12 ชั่วโมง สำหรับหญ้าข้าวนก แช่เมล็ดในน้ำสะอาดนาน 24 ชั่วโมง ห่อด้วยผ้าขาวบางเป็นเวลา 48 ชั่วโมง พร้อมสำหรับการทดสอบ

**3.2.3.3 การทดสอบ**

เตรียมวัสดุปลูก โดยการเก็บดินร่วนและดินทรายจากพื้นที่ที่ไม่มีการใช้สารกำจัดวัชพืช ร่อนดินผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ผสมให้เข้ากันแล้วตักดินใส่กระถางทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ปริมาณดินเท่ากันทุกกระถาง จากนั้นทำการทดสอบสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ที่ระดับความเข้มข้น 100, 200 และ 400 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ โดยการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช อะลาคลอร์ลงกระถางที่เตรียมไว้ เปรียบเทียบกับชุดควบคุม ( คือกระถางที่ฉีดพ่นน้ำกลั่น) กำหนดให้ 1 กระถางเท่ากับ 1 ซ้ำ ทิ้งไว้ที่ระยะเวลา 1, 2 และ 3 เดือน ให้น้ำเพื่อให้ดินมีความชุ่มชื้นทุกวัน เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด ปลูกพืชทดสอบ คือ พืชปลูกคือ ข้าวโพด และวัชพืชคือ หญ้าข้าวนก เป็น และผักโขม วางเมล็ดพืชทดสอบพืชปลูกต่อวัชพืชทดสอบจำนวน 5 ต่อ 10 เมล็ดต่อกระถางทดลอง รดน้ำเป็นประจำทุกวัน

**3.2.3.4 การบันทึกผล และการวิเคราะห์ผลการทดลอง**

วัดจำนวนต้น พืชปลูก (ข้าวโพด) และวัชพืชทดสอบ (หญ้าข้าวนก และผักโขม) ที่งอก และวัดความยาวต้น วันที่ 3, 5, 7 และ 14 วัน หลังจากการปลูก ชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของพืชทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Studentized Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

**3.3 สถานที่ดำเนินการทดลอง**

ห้องปฏิบัติการและโรงเรือนทดลอง ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**3.4 ระยะเวลาดำเนินการ**

ใช้ระยะเวลาในการทดลองทั้งหมด 11 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

# ผลการวิจัย

## 4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ต่อกิจกรรมการแบ่งเซลล์บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่

การศึกษาผลของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ต่อกิจกรรมการแบ่งเซลล์ในปลายรากหอมหัวใหญ่ พบว่า ปลายรากของหอมหัวใหญ่ที่แช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ที่ระดับความเข้มข้น 10 และ 20 ppm มีลักษณะผิดปกติ คือ มีสีขาวขุ่นบริเวณปลายราก และรากมีลักษณะยุ่ย กลุ่มรากมีขนาดเส้นเล็กและรีบ เมื่อเทียบกับหอมหัวใหญ่ที่แช่ในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) ซึ่งมีลักษณะเรียวยาว สีขาว กลุ่มรากไม่รีบ และการศึกษาลักษณะของโครโมโซมจากการนับจำนวนเซลล์ 1,000 เซลล์ ต่อสไลด์ รวมเป็น 4,000 เซลล์ต่อทรีทเมนต์ พบว่าค่าดัชนีการแบ่งเซลล์ของรากหอมหัวใหญ่ที่แช่ในน้ำกลั่น มีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบกับหอมหัวใหญ่แช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ที่ความเข้มข้น 1.25, 2.5, 5, 10 และ 20 ppm ระยะเวลา 12 ชั่วโมง พบว่าค่าดัชนีการแบ่งเซลล์ลดลงตามความเข้มข้นของสารอะลาคลอร์ที่สูงขึ้น มีค่าเท่ากับ 9.28, 6.99, 4.30, 2.73, 2.02 และ 0.60 ตามลำดับ การแบ่งเซลล์ในระยะไมโทซีส ซึ่งเริ่มจากระยะโพรเฟส พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การแบ่งเซลล์เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามความเข้มข้นของสารอะลาคลอร์ที่เพิ่มขึ้น มีเปอร์เซ็นต์การแบ่งเซลล์สูงกว่าชุดควบคุม ซึ่งที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm มีเปอร์เซ็นต์การแบ่งเซลล์ในระยะโพรเฟสสูงที่สุด คือ 92.77 % เมื่อเซลล์เข้าสู่ระยะเมทาเฟส แอนาเฟส และเทโลเฟส มีสัดส่วนของอัตราการแบ่งเซลล์ลดลงตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ (ภาพที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.1)

เมื่อทำการศึกษาลักษณะความผิดปกติของโครโมโซม บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ที่ได้รับสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ พบว่ามีรูปแบบความผิดปกติในรูปแบบต่าง ๆ คือ เกิดลักษณะการขดตัวของโครมาตินในระยะโพรเฟสผิดปกติ เนื่องจากความผิดปกติของสาย spindle (spindle distribution at prophase), โครโมโซมไม่จัดเรียงตัวบริเวณกลางเซลล์ในระยะเมทาเฟส (c-metaphase), การขดตัวกันแน่นของโครโมโซมในระยะเมทาเฟส (sticky metaphase), การขดตัวกันแน่นของโครโมโซมในระยะแอนาเฟส (sticky anaphase), กลุ่มของโครโมโซม 2 กลุ่มในระยะแอนาเฟสไม่ได้จัดเรียงตัวอยู่ในแนวเดียวกัน (diagonal at anaphase), กลุ่มของโครโมโซม 2 กลุ่มในระยะเทโลเฟสไม่ได้จัดเรียงตัวอยู่ในแนวเดียวกัน (diagonal at telophase) และการเข้าสู่ขั้วเซลล์ของกลุ่มโครโมโซมในระยะแอนาเฟสช้ากว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(delay anaphase) ลักษณะความผิดปกติที่พบในทุกระดับความเข้มข้น คือ spindle distribution at prophase, sticky anaphase, sticky metaphase และ c-metaphase (ภาพที่ 4.2) เมื่อศึกษาจำนวนเซลล์ที่ผิดปกติทั้งหมด พบว่าเซลล์ปลายรากหอมหัวใหญ่ที่ได้รับสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ที่ระดับความเข้มข้น 1.25 ppm เกิดความผิดปกติของเซลล์มากที่สุด และรูปแบบลักษณะเปอร์เซ็นต์ความผิดปกติของเซลล์ที่พบมากที่สุดคือ spindle disturbance at late prophase เท่ากับ 1.47% และลดลงเรื่อย ๆ ตามความเข้มข้นที่เพิ่มสูงขึ้น มีเปอร์เซ็นต์ความผิดปกติรวมทั้งหมด 0.14-3.72% (ตารางที่ 4.2) ในขณะที่ปลายรากหอมหัวใหญ่ที่ไม่ได้รับสารอะลาคลอร์ ไม่พบลักษณะความผิดปกติของเซลล์ และมีลักษณะการแบ่งเซลล์เป็นไปอย่างปกติ

ลักษณะของนิวคลีโอลัสในเซลล์ปลายรากหอมหัวใหญ่ มีลักษณะค่อนข้างกลม เมื่อย้อมด้วยสี silver nitrate จะเห็นนิวคลีโอลัสเป็นก้อนหนาทึบเด่นชัดอยู่บริเวณตรงกลางของเซลล์ หรือชิดขอบด้านใดด้านหนึ่ง มีจำนวนนิวคลีโอลัส 1-4 ต่อเซลล์ พบในระยะอินเทอร์เฟส (ภาพที่ 4.3) จำนวนนิวคลีโอลัส 1 และ 2 นิวคลีโอลัส มีจำนวนลดลงตามระดับความเข้มข้นของสารอะลาคลอร์ที่สูงขึ้น ต่างจากจำนวนนิวคลีโอลัส 3 และ 4 มีจำนวนเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสารอะลาคลอร์ที่สูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ตารางที่ 4.3) ส่วนพื้นที่ของนิวคลีโอลัสเฉลี่ยมีขนาดลดลงตามจำนวนของนิวคลีโอลัสที่เพิ่มขึ้นในทุกระดับความเข้มข้นของสารอะลาคลอร์ที่สูงขึ้น คือใน 1 นิวคลีโอลัส จะมีขนาดใหญ่กว่า 2-4 นิวคลีโอลัส ตามลำดับ และจะมีขนาดเล็กลงทุกระดับความเข้มข้นของสารอะลาคลอร์ที่สูงขึ้น เช่น ใน 2 นิวคลีโอลัสมีพื้นที่เฉลี่ยเท่ากับ 13.77, 12.03, 8.98, 7.97 และ 4.33 $\mu m^2$ ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 24.34 $\mu m^2$ ส่วนพื้นที่รวมของนิวคลีโอลัสในแต่ละเซลล์ ให้ผลไปในแนวทางเดียวกันกับพื้นที่เฉลี่ยคือจะมีขนาดเล็กลงตามความเข้มข้นของสารอะลาคลอร์ที่สูงขึ้น แต่นิวคลีโอลัส 2 และ 3 นิวคลีโอลัส มีพื้นที่รวมมากกว่า 1 และ 4 นิวคลีโอลัสที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน ในขณะที่ชุดควบคุมมีขนาดพื้นที่รวมสูงขึ้นตามจำนวนนิวคลีโอลัสที่มากขึ้น คือ 1-4 นิคลีโอลัส มีพื้นที่รวมเท่ากับ 37.17, 48.68, 54.86 และ 55.13 $\mu m^2$ ตามลำดับ และพื้นที่รวมที่มีขนาดน้อยที่สุด คือ ที่ระดับความเข้มข้นของสารอะลาคลอร์ 20 ppm มีขนาดพื้นที่รวมเท่ากับ 7.77 $\mu m^2$ มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.1** ค่าดัชนีการแบ่งเซลล์และสัดส่วนของเซลล์ที่เข้าสู่ไมโทติกในระยะต่าง ๆ บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ ที่แช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ เป็นระยะเวลา 12ชั่วโมง

| ความเข้มข้น (ppm) | จำนวนเซลล์ทั้งหมดที่นับได้ | ผลรวมเซลล์ในระยะไมโทซีส | ดัชนีการแบ่งเซลล์ (mean+S.E.) | ระยะโพรเฟส (%) | ระยะเมทาเฟส (%) | ระยะแอนาเฟส (%) | ระยะเทโลเฟส (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| control | 4,594 | 426 | $9.28 \pm 0.93^{a}$ | $78.77^{b}$ | $7.27^{a}$ | $5.59^{a}$ | $8.37^{a}$ |
| 1.25 | 4,773 | 334 | $6.99 \pm 0.58^{b}$ | $81.24^{b}$ | $5.61^{ab}$ | $5.38^{a}$ | $7.77^{a}$ |
| 2.50 | 4,395 | 189 | $4.30 \pm 0.93^{c}$ | $83.81^{b}$ | $4.18^{ab}$ | $5.16^{ab}$ | $6.84^{ab}$ |
| 5.00 | 4,497 | 128 | $2.73 \pm 0.26^{d}$ | $86.85^{ab}$ | $3.45^{ab}$ | $4.76^{ab}$ | $4.94^{ab}$ |
| 10.00 | 4,557 | 92 | $2.02 \pm 0.45^{d}$ | $89.44^{ab}$ | $2.27^{ab}$ | $4.12^{ab}$ | $4.17^{ab}$ |
| 20.00 | 4,199 | 22 | $0.60 \pm 0.23^{e}$ | $92.77^{a}$ | $0.00^{b}$ | $2.45^{b}$ | $2.51^{b}$ |

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ของแต่ละคอลัมน์ ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's Studentized Range Test (p = 0.05)

**ตารางที่ 4.2** ลักษณะและสัดส่วนความผิดปกติของเซลล์บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ ที่แช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

| ความเข้มข้น (ppm) | จำนวนเซลล์ทั้งหมดที่นับได้ | Spindle disturbance at prophase (%) | c-Metaphase (%) | Sticky metaphase (%) | Sticky anaphase (%) | Diagonal at anaphase (%) | Diagonal at Telophase (%) | Delay anaphase (%) | ผลรวมเซลล์ที่ผิดปกติ (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| control | 4,594 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 [c] |
| 1.25 | 4,773 | 1.47 | 0.82 | 0.65 | 0.15 | 0.06 | 0.40 | 0.19 | 3.72 ± 1.31 [a] |
| 2.50 | 4,395 | 1.24 | 0.60 | 0.29 | 0.07 | 0.00 | 0.23 | 0.14 | 2.57 ± 1.31 [ab] |
| 5.00 | 4,497 | 0.82 | 0.38 | 0.33 | 0.04 | 0.00 | 0.11 | 0.07 | 1.76 ± 0.34 [b] |
| 10.00 | 4,557 | 0.57 | 0.33 | 0.15 | 0.02 | 0.00 | 0.07 | 0.02 | 1.17 ± 0.40 [bc] |
| 20.00 | 4,199 | 0.10 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.17 ± 0.14 [c] |

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ของแต่ละคอลัมน์ ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's Studentized Range Test (p = 0.05)

**ตารางที่ 4.3** เปอร์เซ็นต์นิวคลีโอลัสที่นับได้ในเซลล์บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ ที่แช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

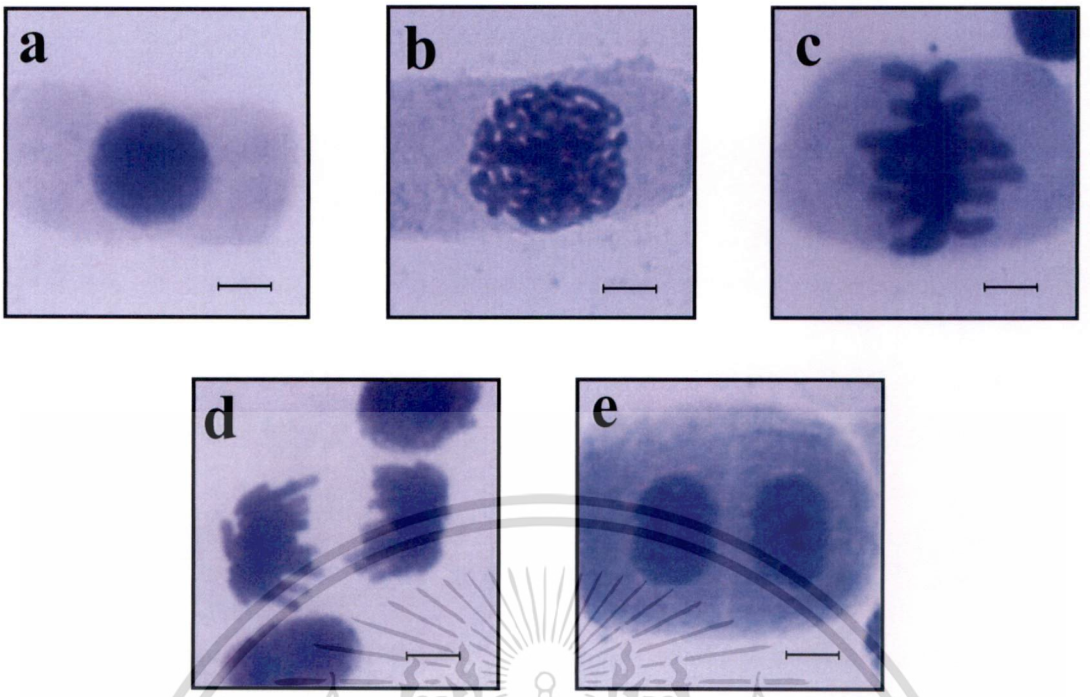
| ความเข้มข้น (ppm) | จำนวนนิวคลีโอลัสทั้งหมด | เปอร์เซ็นต์นิวคลีโอลัสที่นับได้ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| control | 550 | 13.55 ± 1.67 [a] | 31.88 ± 3.00 [a] | 31.04 ± 2.64 [d] | 26.30 ± 2.68 [b] |
| 1.25 | 481 | 11.01 ± 0.18 [ab] | 24.41 ± 3.11 [b] | 35.07 ± 1.33 [cd] | 29.52 ± 1.84 [b] |
| 2.50 | 471 | 9.11 ± 1.36 [b] | 24.40 ± 2.15 [b] | 38.31 ± 2.08 [bc] | 28.18 ± 1.49 [b] |
| 5.00 | 544 | 5.46 ± 0.94 [c] | 18.02 ± 0.76 [c] | 41.75 ± 2.77 [ab] | 34.76 ± 1.24 [a] |
| 10.00 | 538 | 4.80 ± 0.74 [c] | 15.23 ± 1.58 [c] | 43.51 ± 1.07 [a] | 36.46 ± 1.50 [a] |
| 20.00 | 565 | 3.68 ± 1.52 [c] | 13.97 ± 1.60 [c] | 45.55 ± 1.25 [a] | 36.80 ± 2.61 [a] |

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ของแต่ละคอลัมน์ ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's Studentized Range Test (p = 0.05)

**ตารางที่ 4.4** ขนาดพื้นที่ของนิวคลีโอลัสของเซลล์บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ ที่แช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

| ความเข้มข้น (ppm) | จำนวนนิวคลีโอลัสทั้งหมด | พื้นที่ของนิวคลีโอลัสเฉลี่ย ($\mu m^2$) | | | | พื้นที่ของนิวคลีโอลัสรวมทั้งหมด ($\mu m^2$) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| control | 550 | $37.17 \pm 1.50^{a}$ | $24.34 \pm 1.19^{a}$ | $18.29 \pm 1.32^{a}$ | $13.78 \pm 0.93^{a}$ | $37.17 \pm 0.15^{a}$ | $48.68 \pm 2.38^{a}$ | $54.86 \pm 3.97^{a}$ | $55.13 \pm 3.72^{a}$ |
| 1.25 | 481 | $21.82 \pm 1.40^{b}$ | $13.77 \pm 1.34^{b}$ | $9.29 \pm 0.64^{b}$ | $3.97 \pm 0.37^{b}$ | $21.89 \pm 0.14^{b}$ | $27.53 \pm 2.69^{b}$ | $27.88 \pm 1.91^{b}$ | $15.88 \pm 1.48^{b}$ |
| 2.50 | 471 | $17.13 \pm 1.28^{cd}$ | $12.03 \pm 1.26^{b}$ | $7.37 \pm 0.57^{c}$ | $3.12 \pm 0.28^{bc}$ | $17.86 \pm 0.24^{bc}$ | $24.05 \pm 2.51^{b}$ | $22.12 \pm 1.71^{c}$ | $12.48 \pm 1.10^{bc}$ |
| 5.00 | 544 | $17.86 \pm 2.40^{bc}$ | $8.98 \pm 1.09^{c}$ | $5.85 \pm 0.51^{cd}$ | $3.17 \pm 0.34^{bc}$ | $17.12 \pm 0.18^{cd}$ | $17.96 \pm 2.18^{c}$ | $17.54 \pm 1.53^{c}$ | $12.70 \pm 1.37^{bc}$ |
| 10.00 | 538 | $13.23 \pm 2.23^{d}$ | $7.97 \pm 1.02^{c}$ | $5.43 \pm 0.49^{d}$ | $2.87 \pm 0.32^{cd}$ | $13.24 \pm 2.28^{d}$ | $15.93 \pm 2.05^{c}$ | $16.28 \pm 3.50^{cd}$ | $11.46 \pm 1.30^{cd}$ |
| 20.00 | 565 | $6.56 \pm 1.86^{e}$ | $4.33 \pm 1.01^{d}$ | $3.20 \pm 0.34^{e}$ | $1.94 \pm 0.21^{d}$ | $6.56 \pm 0.19^{e}$ | $8.65 \pm 2.02^{d}$ | $9.59 \pm 1.03^{d}$ | $7.77 \pm 0.84^{d}$ |

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ของแต่ละคอลัมน์ ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's Studentized Range Test ($p = 0.05$)



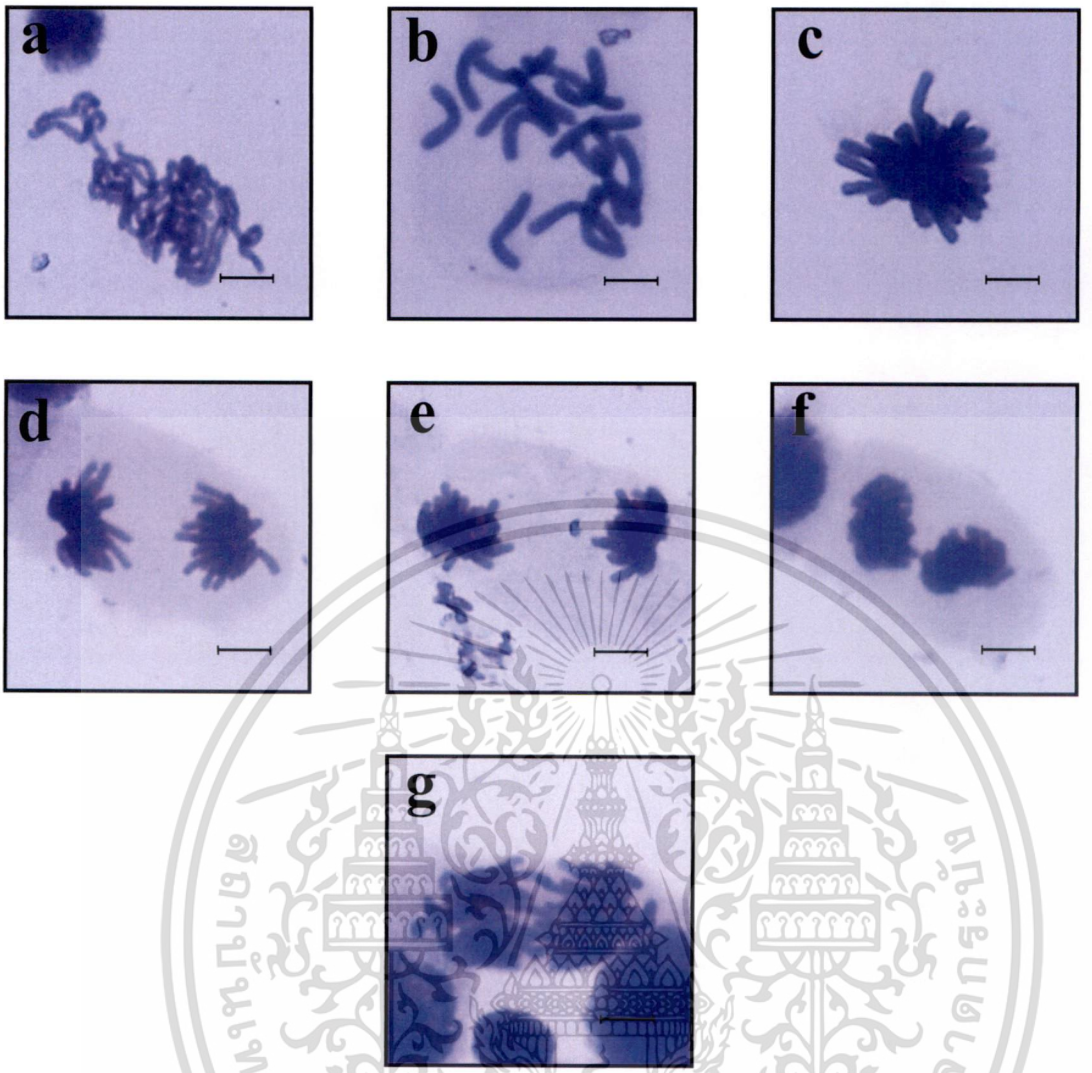

**ภาพที่ 4.1** ลักษณะโครโมโซมปกติของบริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ที่แช่ในน้ำกลั่น ที่กำลังขยาย 400 เท่า (Bar = 10 μm.)

a. Interphase b. Prophase

c. Metaphase d. Anaphase

e.Telophase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 4.2** ลักษณะความผิดปกติของโครโมโซมบริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ที่แช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ในเวลา 12 ชั่วโมง ที่กำลังขยาย 400 เท่า (Bar = 10 μm.)

a. c-Metaphase

b. Spindle distribution at prophase

c. Sticky metaphase

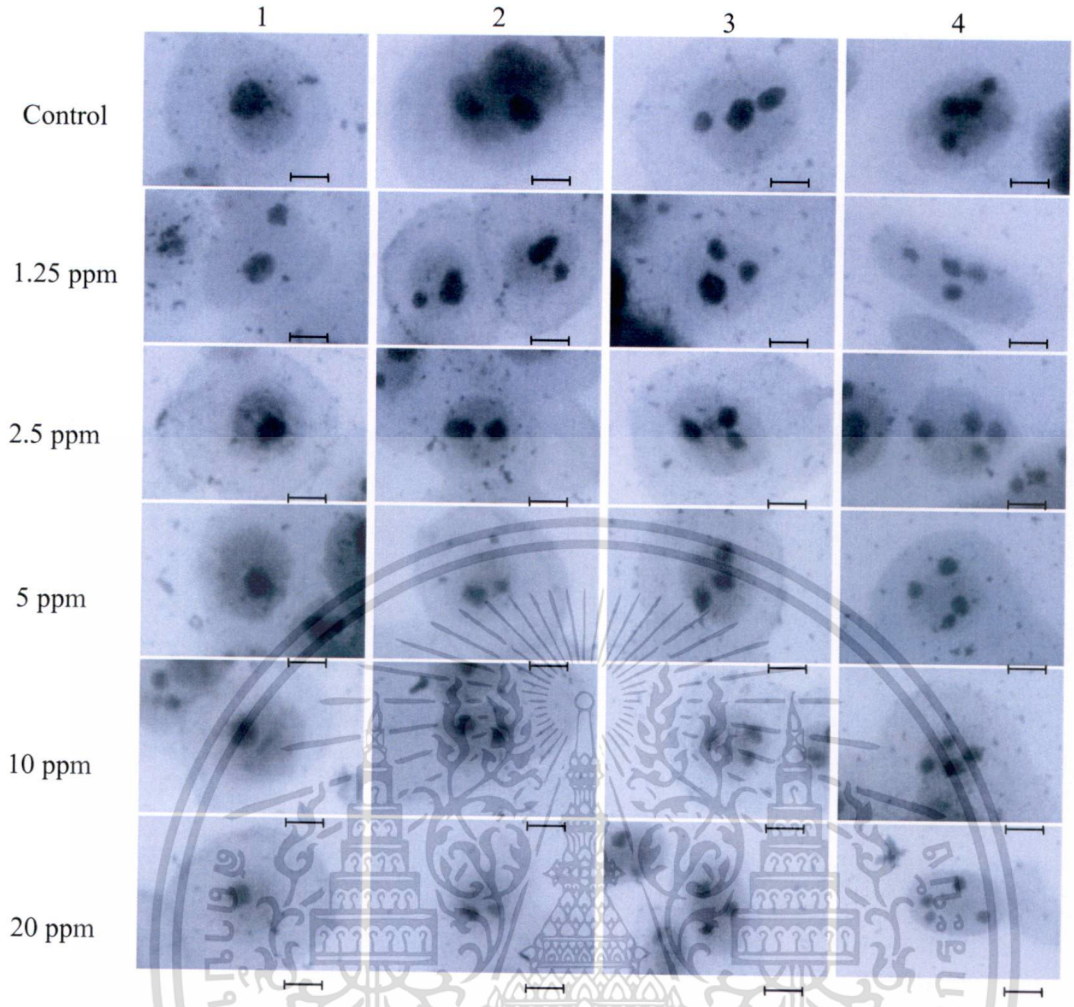
d. Sticky anaphase

e. Diagonal at anaphase

f. Diagonal at Telophase

g. Delay anaphase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 4.3** ลักษณะนิวคลีโอลัสในระยะอินเทอร์เฟสบริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ที่แช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ระยะเวลา 12 ชั่วโมง กำลังขยาย 400 เท่า (Bar = 10 µm.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ต่อการฟื้นตัวในกิจกรรมการแบ่งเซลล์บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่หอมหัวใหญ่**

การศึกษาผลของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ต่อการฟื้นตัวของหอมหัวใหญ่ในน้ำกลั่นเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.4) เปรียบเทียบกับหอมหัวใหญ่ที่ผ่านการแช่สารอะลาคลอร์มาก่อนที่ระดับความเข้มข้น 1.25, 2.5, 5, 10 และ 20 ppm พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 10 และ 20 ppm มีลักษณะผิดปกติกับหอมหัวใหญ่ คือ มีสีขาวขุ่นบริเวณปลายราก และรากมีลักษณะยุ่ย กลุ่มรากมีขนาดเส้นเล็กและรีบ ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 5 ppm มีลักษณะเป็นสีขาวขุ่นเพียงเล็กน้อย เมื่อนำกลับมาแช่ในน้ำกลั่น ปลายรากหอมหัวใหญ่เริ่มมีสีขาวใสขึ้น ขณะที่ระดับความเข้มข้น 10 และ 20 ppm มีลักษณะไม่เปลี่ยนไปจากเดิม และจากการศึกษาลักษณะของโครโมโซมจากค่าดัชนีการแบ่งเซลล์ของรากหอมหัวใหญ่ที่แช่ในน้ำกลั่นตลอดการทดลอง มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับหอมหัวใหญ่ที่ผ่านการแช่สารอะลาคลอร์มาก่อน พบว่าค่าดัชนีการแบ่งเซลล์ลดลงตามความเข้มข้นของสารอะลาคลอร์ที่สูงขึ้น มีค่าเท่ากับ 7.71, 3.15, 2.99, 2.38, 1.80 และ 0.89 ตามลำดับ การแบ่งเซลล์ในระยะไมโทซีส ซึ่งเริ่มจากระยะโพรเฟส พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การแบ่งเซลล์เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามความเข้มข้นของสารอะลาคลอร์ที่เพิ่มขึ้น มีเปอร์เซ็นต์การแบ่งเซลล์ในระยะโพรเฟสสูงที่สุด คือ 100% ที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm ในขณะที่หอมชุดควบคุมมีการแบ่งเซลล์ระยะโพรเฟสมีค่าเท่ากับ 86.86% ส่วนเซลล์ในระยะไมโทซีสระยะอื่น ๆ คือเซลล์ที่เข้าสู่ระยะเมทาเฟส แอนาเฟส และเทโลเฟส มีสัดส่วนของอัตราการแบ่งเซลล์ลดลงตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของสารอะลาคลอร์ (ภาพที่ 4.5 และ ตารางที่ 4.5)

เมื่อทำการศึกษาลักษณะความผิดปกติของโครโมโซม บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ที่ผ่านการสัมผัสกับสารอะลาคลอร์มาก่อน พบว่ามีรูปแบบความผิดปกติในรูปแบบต่าง ๆ คือ spindle prophase , c-metaphase , sticky metaphase, sticky anaphase และ diagonal at anaphase (ภาพที่ 4.6) ซึ่งเป็นลักษณะความผิดปกติที่เหมือนกับการทดลองที่ 1 และยังมีลักษณะความผิดปกติของโครโมโซมที่เพิ่มขึ้นมา 3 ลักษณะคือ เกิดความผิดปกติในระยะอินเทอร์เฟสที่มีการสัมผัสกับสารกำจัดวัชพืช ภายในเซลล์มีสีที่จางลงกว่าปกติ รูปร่างกลม ๆ รี ๆ ประมาณ 2-3 ตำแหน่งบริเวณกลางเซลล์ (exposed cell to the herbicide solution), เกิดความผิดปกติในระยะเมทาเฟสเป็นลักษณะที่มีความต่อเนื่องจากโครโมโซมไม่จัดเรียงตัวบริเวณกลางเซลล์และมีจำนวนโครโมโซมเกิน 16 แท่ง (polyploid c-metaphase) และเกิดความผิดปกติในระยะเมทาเฟสที่มีจำนวนโครโมโซมเกิน 16 แท่ง กำลังจัดเรียงตัวบริเวณกลางเซลล์อย่างไม่เป็นระเบียบ (polyploid metaphase with Supernumerary centrosomes ) ลักษณะความผิดปกติที่พบมากที่สุด คือ exposed cell to the herbicide solution มีค่าเท่ากับ 1.13% ที่ระดับความเข้มข้น 1.25 ppm และเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นที่ชักนำให้เกิดความผิดปกติของเซลล์มากที่สุดด้วย เท่ากับ 2.77% ลักษณะความผิดปกติของเซลล์ที่พบในทุกระดับความเข้มข้น คือ exposed cell to the herbicide solution, sticky anaphase, polyploid metaphase with supernumerary centrosomes, c-metaphase และ spindle prophase ลักษณะและสัดส่วนความผิดปกติของเซลล์บริเวณรากหอมหัวใหญ่ที่ผ่านการแช่สารอะลาคลอร์ มีเปอร์เซ็นต์ความผิดปกติรวมลดลงตามความเข้มข้นของสารที่สูงขึ้น คือมีค่าเท่ากับ 2.77, 2.05, 1.97, 1.31 และ 0.49% ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีความผิดปกติรวม 0.02% (ตารางที่ 4.6)

เปอร์เซ็นต์นิวคลีโอลัสที่นับได้ในเซลล์บริเวณรากหอมหัวใหญ่ ที่ผ่านการแช่สารอะลาคลอร์มีจำนวนมากขึ้นตามความเข้มข้นของสารที่เพิ่มขึ้น เฉพาะในเซลล์ที่มีจำนวนนิวคลีโอลัส 3 และ 4 นิวคลีโอลัส ต่างจากในเซลล์ที่มีจำนวนนิวคลีโอลัสเท่ากับ 1 และ 2 ซึ่งมีจำนวนลดลงตามความเข้มข้นของสารที่เพิ่มขึ้น และมีความแตกต่างทางสถิติที่เห็นได้ชัดเจนคือเซลล์ที่มีจำนวน นิวคลีโอลัสเท่ากับ 2 มีค่าเปอร์เซ็นต์นิวคลีโอลัสที่นับได้เท่ากับ 27.51, 21.85, 17.47, 13.98 และ 10.91 % ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมนับได้ 30.69 % (ตารางที่ 4.7) ส่วนขนาดพื้นที่ของนิวคลีโอลัสเฉลี่ยมีขนาดลดลงตามจำนวนของนิวคลีโอลัสที่เพิ่มขึ้นในทุกระดับความเข้มข้นของสารอะลาคลอร์ที่เพิ่มขึ้น คือใน 1 นิวคลีโอลัส จะมีขนาดใหญ่กว่า 2-4 นิวคลีโอลัส ตามลำดับ และจะมีขนาดเล็กลงทุกระดับความเข้มข้นของสารอะลาคลอร์ที่เพิ่มขึ้น เช่น ใน 1 นิวคลีโอลัสมีพื้นที่เฉลี่ยเท่ากับ 22.84, 20.37, 19.56, 13.24 และ 7.34 $\mu m^2$ ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 35.24 $\mu m^2$ ส่วนพื้นที่รวมของนิวคลีโอลัสในแต่ละเซลล์ให้ผลไปในแนวทางเดียวกันกับพื้นที่เฉลี่ยคือมีขนาดเล็กลงตามความเข้มข้นของสารอะลาคลอร์ที่เพิ่มขึ้น แต่ในเซลล์ที่มีนิวคลีโอลัส 2 นิวคลีโอลัส จะมีพื้นที่รวมมากที่สุดที่ระดับความเข้มข้น1.25-5 ppm ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 10 และ 20 ppm เซลล์ที่มีนิวคลีโอลัส 3 นิวคลีโอลัสมีขนาดพื้นที่รวมมากที่สุด ในขณะที่ชุดควบคุมมีขนาดพื้นที่รวมจาก 1-4 นิคลีโอลัส เท่ากับ 35.24, 44.76, 52.88 และ 49.27 $\mu m^2$ ตามลำดับ และพื้นที่รวมที่มีขนาดน้อยที่สุด คือ ที่ระดับความเข้มข้นของสารอะลาคลอร์ 20 ppm มีขนาดพื้นที่รวมเท่ากับ 7.34 $\mu m^2$ (ตารางที่ 4.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.5** ค่าดัชนีการแบ่งเซลล์และสัดส่วนของเซลล์ที่เข้าสู่ไมโทติกในระยะต่าง ๆ บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ ที่ผ่านการแช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง และนำกลับมาฟื้นตัวในน้ำกลั่นเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

| ความเข้มข้น (ppm) | จำนวนเซลล์ทั้งหมดที่นับได้ | ผลรวมเซลล์ในระยะไมโทซีส | ดัชนีการแบ่งเซลล์ (mean+S.E.) | ระยะโพรเฟส (%) | ระยะเมทาเฟส (%) | ระยะแอนาเฟส (%) | ระยะเทโลเฟส (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| control | 4702 | 361.00 | $7.71 \pm 1.31^{a}$ | $86.86^{b}$ | $5.19^{a}$ | $3.09^{a}$ | $4.86^{ab}$ |
| 1.25 | 5101 | 162.00 | $3.15 \pm 0.68^{b}$ | $87.19^{b}$ | $5.76^{a}$ | $1.18^{cd}$ | $5.87^{a}$ |
| 2.50 | 4910 | 147.00 | $2.99 \pm 0.52^{b}$ | $92.39^{ab}$ | $2.46^{ab}$ | $2.12^{bc}$ | $3.03^{bc}$ |
| 5.00 | 4832 | 115.00 | $2.38 \pm 0.26^{bc}$ | $93.04^{ab}$ | $1.59^{ab}$ | $1.59^{cd}$ | $3.79^{bc}$ |
| 10.00 | 4591 | 84.00 | $1.80 \pm 0.66^{bc}$ | $97.22^{ab}$ | $0.00^{b}$ | $1.38^{cd}$ | $1.39^{cd}$ |
| 20.00 | 4596 | 42.00 | $0.89 \pm 0.74^{c}$ | $100.00^{a}$ | $0.00^{b}$ | $0.00^{d}$ | $0.00^{d}$ |

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ของแต่ละคอลัมน์ ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's Studentized Range Test (p = 0.05)

**ตารางที่ 4.6** ลักษณะและสัดส่วนความผิดปกติของเซลล์บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ ที่ผ่านการแช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง และนำกลับมาฟื้นตัวในน้ำกลั่นเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

| ความเข้มข้น (ppm) | จำนวนเซลล์ทั้งหมดที่นับได้ | Exposed cell to the herbicide solution | Sticky anaphase | Diagonal at telophase | Polyploid metaphase with Supernumerary centrosomes | C-metaphase | Spindle prophase | Sticky metaphase | Polyploid c-metaphase | ผลรวมเซลล์ที่ผิดปกติ (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| control | 4702 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | $0.02 \pm 0.00^{b}$ |
| 1.25 | 5101 | 1.13 | 0.18 | 0.23 | 0.08 | 0.25 | 0.31 | 0.54 | 0.04 | $2.77 \pm 0.03^{a}$ |
| 2.5 | 4910 | 0.51 | 0.32 | 0.06 | 0.07 | 0.44 | 0.25 | 0.32 | 0.08 | $2.05 \pm 0.10^{a}$ |
| 5.0 | 4832 | 0.77 | 0.04 | 0.10 | 0.06 | 0.31 | 0.36 | 0.32 | 0.00 | $1.97 \pm 0.01^{ab}$ |
| 10.0 | 4591 | 0.57 | 0.02 | 0.07 | 0.02 | 0.19 | 0.30 | 0.14 | 0.00 | $1.31 \pm 0.04^{ab}$ |
| 20.0 | 4596 | 0.17 | 0.04 | 0.00 | 0.06 | 0.15 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | $0.49 \pm 0.05^{ab}$ |

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ของแต่ละคอลัมน์ ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's Studentized Range Test ($p = 0.05$)

**ตารางที่ 4.7** เปอร์เซ็นต์นิวคลีโอลัสที่นับได้ในเซลล์บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ ที่ผ่านการแช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง และนำกลับมาฟื้นตัวในน้ำกลั่นเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

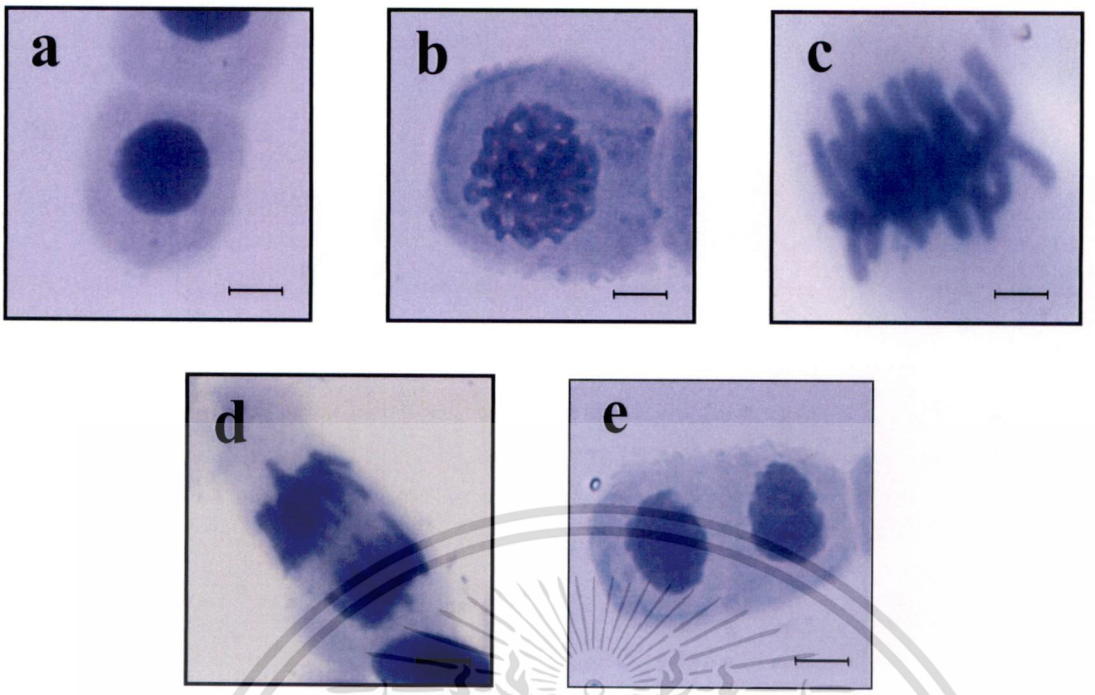
| ความเข้มข้น (ppm) | จำนวนนิวคลีโอลัสทั้งหมด | เปอร์เซ็นต์นิวคลีโอลัสที่นับได้ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| control | 526 | 14.01 ± 0.77 [a] | 30.69 ± 1.38 [a] | 29.86 ± 1.90 [d] | 24.76 ± 1.47 [d] |
| 1.25 | 521 | 13.15 ± 0.17 [a] | 27.51 ± 0.99 [b] | 33.91 ± 0.79 [c] | 25.42 ± 1.19 [d] |
| 2.50 | 501 | 9.55 ± 0.91 [b] | 21.85 ± 1.11 [c] | 35.91 ± 1.08 [c] | 32.70 ± 1.07 [c] |
| 5.00 | 516 | 4.18 ± 0.82 [c] | 17.47 ± 0.61 [d] | 40.87 ± 1.24 [d] | 37.48 ± 1.11 [b] |
| 10.00 | 528 | 3.39 ± 0.89 [c] | 13.98 ± 1.27 [e] | 42.82 ± 0.93 [ab] | 39.82 ± 0.36 [b] |
| 20.00 | 534 | 1.66 ± 0.62 [d] | 10.91 ± 1.23 [f] | 44.86 ± 0.83 [a] | 42.56 ± 0.90 [a] |

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ของแต่ละคอลัมน์ ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's Studentized Range Test (p = 0.05)

**ตารางที่ 4.8** ขนาดพื้นที่ของนิวคลีโอลัสของเซลล์บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ ที่ผ่านการแช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง และนำกลับมาฟื้นตัวในน้ำกลั่นเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

| ความเข้มข้น (ppm) | จำนวนนิวคลีโอลัสทั้งหมด | พื้นที่ของนิวคลีโอลัสเฉลี่ย ($\mu m^2$) | | | | พื้นที่ของนิวคลีโอลัสรวมทั้งหมด ($\mu m^2$) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| control | 526 | 35.24 ± 2.10 $^{a}$ | 22.38 ± 1.44 $^{a}$ | 17.63 ± 1.30 $^{a}$ | 12.32 ± 0.86 $^{a}$ | 35.24 ± 2.1 $^{a}$ | 44.76 ± 2.87 $^{a}$ | 52.88 ± 3.89 $^{a}$ | 49.27 ± 3.34 $^{a}$ |
| 1.25 | 521 | 22.84 ± 1.43 $^{b}$ | 20.07 ± 2.02 $^{a}$ | 10.04 ± 0.64 $^{b}$ | 6.13 ± 0.45 $^{b}$ | 22.84 ± 1.43 $^{b}$ | 40.14 ± 4.04 $^{a}$ | 30.13 ± 1.93 $^{b}$ | 24.54 ± 1.79 $^{b}$ |
| 2.50 | 501 | 20.37 ± 1.37 $^{b}$ | 12.24 ± 1.30 $^{b}$ | 7.45 ± 0.55 $^{c}$ | 4.62 ± 0.32 $^{c}$ | 20.37 ± 1.37 $^{b}$ | 24.48 ± 2.60 $^{b}$ | 22.36 ± 1.66 $^{c}$ | 18.47 ± 1.30 $^{c}$ |
| 5.00 | 516 | 19.56 ± 1.36 $^{b}$ | 10.49 ± 1.20 $^{bc}$ | 6.98 ± 0.54 $^{c}$ | 3.96 ± 0.33 $^{c}$ | 19.56 ± 1.36 $^{b}$ | 20.97 ± 2.41 $^{bc}$ | 20.95 ± 1.61 $^{c}$ | 15.84 ± 1.31 $^{c}$ |
| 10.00 | 528 | 13.24 ± 2.23 $^{c}$ | 8.72 ± 1.32 $^{c}$ | 6.53 ± 0.52 $^{c}$ | 3.61 ± 0.34 $^{cd}$ | 13.24 ± 2.23 $^{c}$ | 17.43 ± 2.65 $^{c}$ | 19.58 ± 3.99 $^{cd}$ | 14.42 ± 1.34 $^{cd}$ |
| 20.00 | 534 | 7.34 ± 0.59 $^{d}$ | 5.36 ± 0.57 $^{d}$ | 4.13 ± 0.36 $^{d}$ | 2.73 ± 0.23 $^{d}$ | 7.34 ± 0.59 $^{d}$ | 10.72 ± 1.14 $^{d}$ | 12.38 ± 1.07 $^{d}$ | 10.93 ± 0.92 $^{d}$ |

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ของแต่ละคอลัมน์ ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's Studentized Range Test ($p = 0.05$)



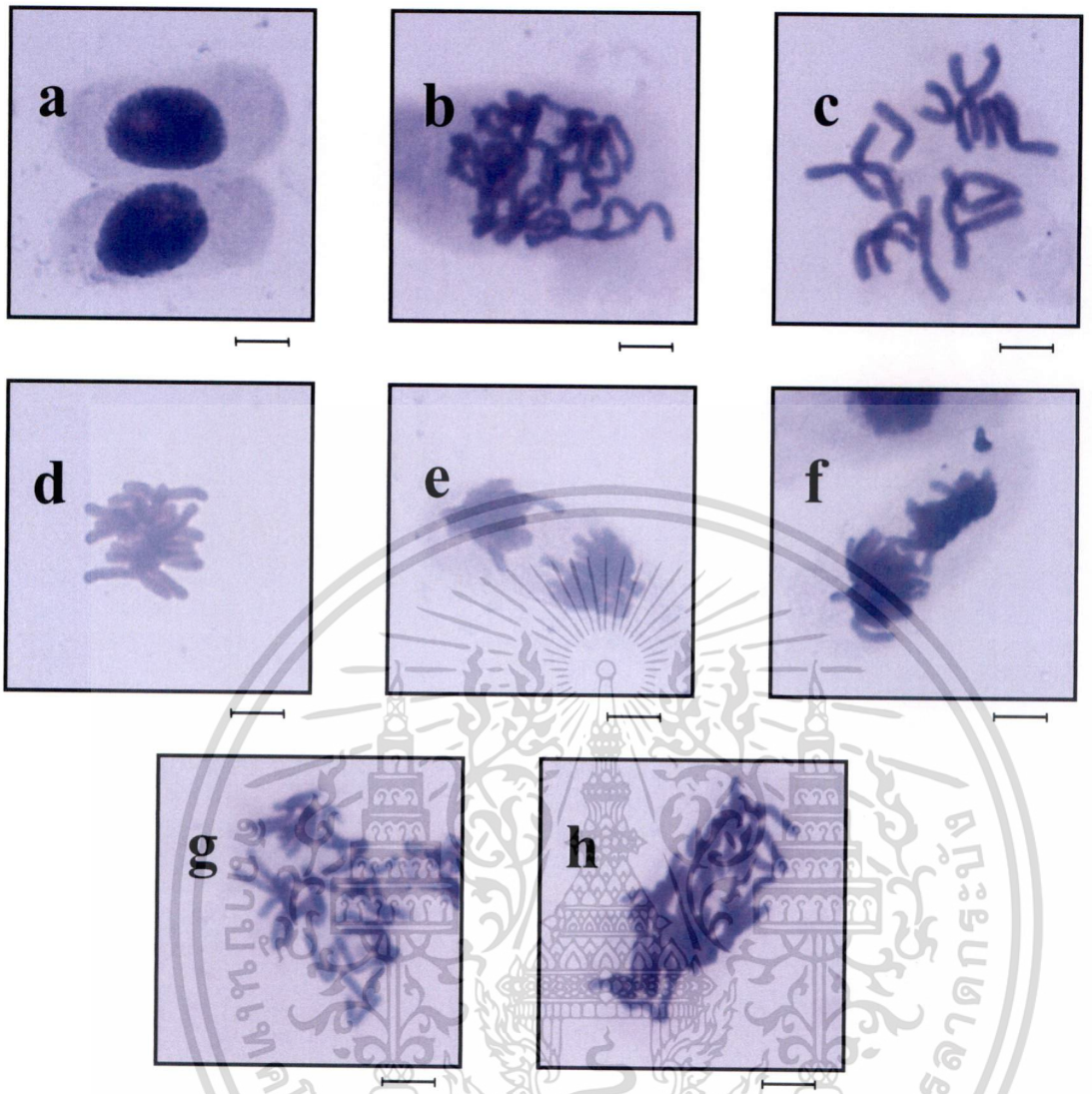

**ภาพที่ 4.4** ลักษณะโครโมโซมปกติบริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ที่แช่ในน้ำ ที่กำลังขยาย 400 เท่า (Bar = 10 μm.)

a. Interphase b. Prophase

c. Metaphase d. Anaphase

e.Telophase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 4.5** ลักษณะความผิดปกติของโครโมโซมบริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ที่แช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ในเวลา 12 ชั่วโมง และนำกลับมาแช่ในน้ำกลั่น 24 ชั่วโมง ที่กำลังขยาย 400 เท่า (Bar = 10 μm.)

a. Exposed cell to the herbicide solution

b. Spindle distribution at prophase

c. c-metaphase

d. Sticky metaphase

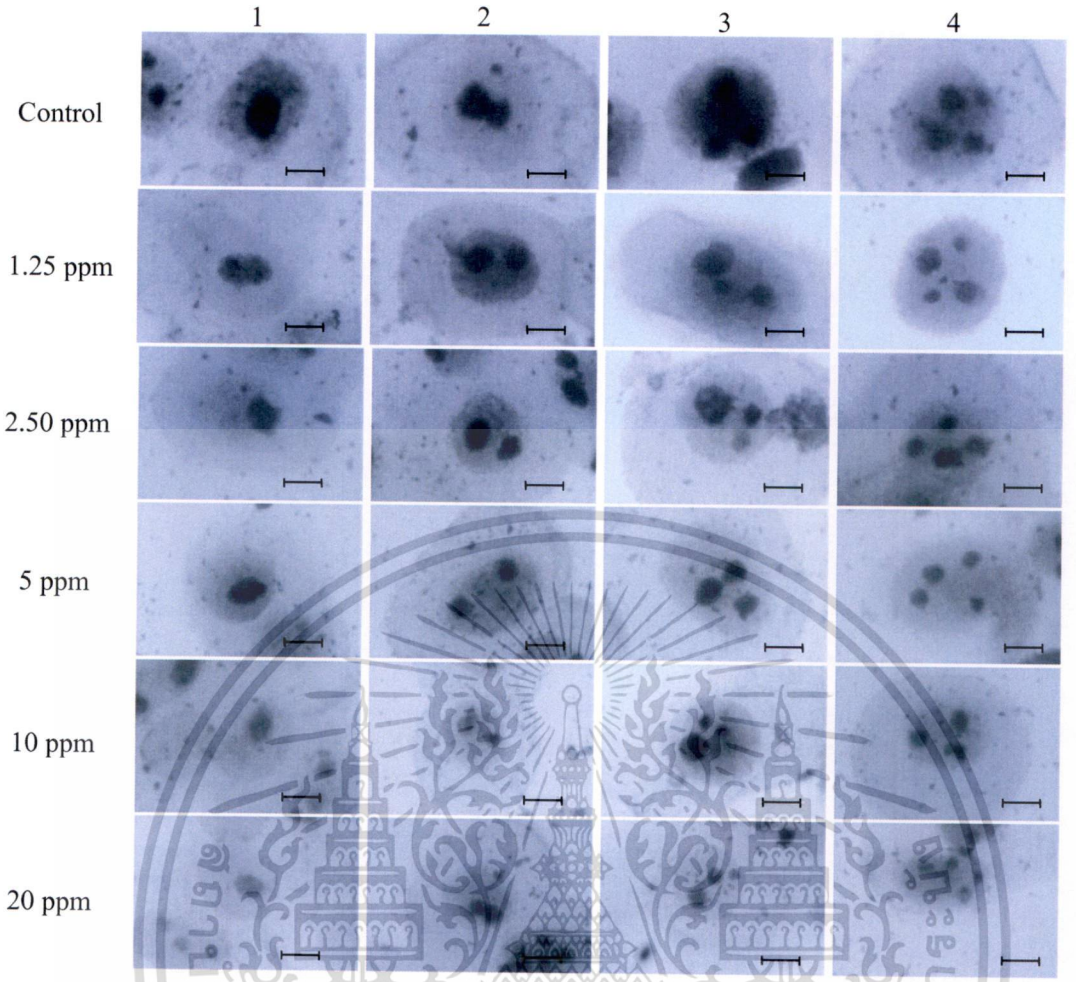
e. Sticky anaphase

f. Diagonal at anaphase

g. Polyploid c-metaphase

h. Polyploid metaphase with Supernumerary centrosomes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 4.6** ลักษณะนิวคลีโอลัสในระยะอินเทอร์เฟสบริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ที่แช่ในสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ระยะเวลา 24 ชั่วโมง และนำกลับไปแช่ในน้ำ 24 ชั่วโมง กำลังขยาย 400 เท่า (Bar = 10 μm.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ**

ศึกษาสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบที่ได้ทำการฉีดพ่นสารอะลาคลอร์ก่อนการปลูกพืช 0, 1, 2 และ 3 เดือน ที่อัตรา 100, 200 และ 400 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ เปรียบเทียบกับกระถางที่ไม่มีการใช้สารกำจัดวัชพืช พืชทดสอบ ได้แก่ หญ้าข้าวนก เป็นตัวแทนของวัชพืชใบเลี้ยงเดี่ยว และผักโขม เป็นตัวแทนของวัชพืชใบเลี้ยงคู่ ส่วนพืชปลูกคือข้าวโพดที่ปลูกรวมอยู่กับวัชพืชแต่ละชนิด พบว่าการงอกและการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับหญ้าข้าวนก มีเปอร์เซ็นต์การงอกในวันที่ 3 อยู่ในช่วงระหว่าง 30-60 % ความสูงของต้นข้าวโพด มีค่าลดลงตามอัตราการใช้สารที่เพิ่มขึ้นทุกช่วงระยะเวลาในการทดสอบ ยกเว้นช่วงที่ปลูกพืชหลังการฉีดสาร 3 เดือน ซึ่งมีค่าความสูงของต้นข้าวโพดเพิ่มขึ้นตามอัตราการใช้สารที่เพิ่มขึ้น คือมีค่าเท่ากับ 5.31, 5.81 และ 1.80 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การงอก 75% และความสูงของต้นข้าวโพดเท่ากับ 5.68 เซนติเมตร จนวันที่ 14 เปอร์เซ็นต์การงอกของแต่ละช่วงเวลาการทดสอบสารอะลาคลอร์ มีเปอร์เซ็นต์การงอกลดลงทุกอัตราการใช้สารอะลาคลอร์ และที่ช่วงฉีดสารพร้อมปลูก มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 40.00, 10.00 และ 0.00% ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 60.00% ส่วนความสูงของต้นข้าวโพดในวันที่ 14 มีค่าลดลงตามอัตราการใช้สารเพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงของสารทดสอบ คือความสูงของต้นข้าวโพดที่มีการฉีดสารพร้อมปลูกมีค่าเท่ากับ 11.02, 3.15 และ 0.00 เซนติเมตร ปลูกหลังฉีดสาร 1 เดือน ความสูงของต้นข้าวโพดเท่ากับ 16.61, 16.28 และ 9.58 เซนติเมตร ปลูกหลังฉีดสาร 2 เดือน ความสูงของต้นข้าวโพดเท่ากับ 18.47, 14.25 และ 12.53 เซนติเมตร และปลูกหลังฉีดสาร 3 เดือน ความสูงของต้นข้าวโพดเท่ากับ 19.08, 15.31 และ 14.78 เซนติเมตร ตามลำดับ และความสูงของต้นข้าวโพดในชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 25.66 เซนติเมตร ซึ่งความสูงและจำนวนต้นข้าวโพดในแต่ละการทดสอบ จะส่งผลต่อปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ช่วงระยะเวลาในการทดสอบที่น้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ ช่วงฉีดสารพร้อมปลูก มีค่าน้ำหนักสดเท่ากับ 2.89, 1.18 และ 0.00 กรัม ตามลำดับ แปรผันตรงกับน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 1.96, 0.93 และ 0.00 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 4. 9) นอกจากนี้ยัง เกิดความผิดปกติกับต้นข้าวโพด ที่อัตราการใช้สาร 400 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ทุกช่วงระยะเวลาของการฉีดพ่นสาร และ 200 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ของช่วงฉีดสารพร้อมปลูก (ภาพที่ 4.7 ถึง 4.14 ) และพบว่า ข้าวโพดที่งอกขึ้นมาไม่คลี่ใบออกจากกัน ปลายใบม้วนอัดตัวกันแน่น ใบใหม่ที่เจริญเติบโตขึ้นมาดันโผล่ออกตรงกลางของลำต้น ทำให้รูปทรงคดงอบิดเบี้ยว ใบเป็นรอยหยักตามรูปทรงลำต้นที่บิดเบี้ยว ต่างจากต้นข้าวโพดที่ไม่ได้รับสารอะลาคลอร์จะมีลักษณะลำต้นตรง ใบเริ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลีตั้งแต่ที่ปลายใบ แผ่นใบเรียบตรง ลำต้นตรง (ภาพที่ 4.15) และต้นข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับผักโขมให้ผลไปในแนวทางเดียวกับ ต้นข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับหญ้าข้าวนก (ตารางที่ 4.11) เช่น ส่วนความสูงของต้นข้าวโพดในวันที่ 14 มีค่าลดลงตามอัตราการใช้สารเพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงของสารทดสอบ และช่วงที่มีความสูงของต้นน้อยที่สุด เป็นช่วงฉีดสารพร้อมปลูก มีค่าความสูงต้นเท่ากับ 12.02,2.45 และ 0.00 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ต้นข้าวโพดที่ไม่ได้รับสารอะลาคลอร์มีความสูงต้น เท่ากับ 27.24 เซนติเมตร

การงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชหญ้าข้าวนก พบว่า ในวันที่ 14 หญ้าข้าวนกมีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 0.00% ที่อัตราการใช้สาร 400 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ทุกช่วงระยะเวลาในการทดสอบ ยกเว้นช่วงปลูกหลังฉีดสาร 1 เดือน มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 10.00% เปอร์เซ็นต์ การงอกของหญ้าข้าวนกที่ไม่ได้รับสารอะลาคลอร์มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 92.50% และที่อัตรา 400 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ช่วงฉีดสารพร้อมปลูก ทำให้หญ้าข้าวนกมีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 0.00% ตั้งแต่วันที่ 5 ของการวัดผล ส่วนความสูงของหญ้าข้าวนกที่มีค่าน้อยที่สุดคือ ช่วงฉีดสารพร้อมปลูก ที่อัตรา 100 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีความสูงของหญ้าข้าวนกเท่ากับ 0.79 เซนติเมตร ซึ่งที่อัตรา 200 และ 400 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 0.00% จึงไม่มีความสูงต้น ในขณะที่หญ้าข้าวนกที่ไม่ได้รับสารอะลาคลอร์มีความสูงเท่ากับ 1.72 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.10) ส่วนการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชผักโขม พบว่า ในวันที่ 14 ผักโขม มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 0.00% ที่อัตราการใช้สาร 400 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ทุกช่วงระยะเวลาในการทดสอบ ยกเว้นช่วงปลูกหลังฉีดสาร 1 เดือน มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 15.00% ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การงอกผักโขมที่ไม่ได้รับสารอะลาคลอร์มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 72.50% และความสูงของผักโขมที่มีค่าน้อยที่สุดคือ ช่วงฉีดสารพร้อมปลูก ที่อัตรา 100 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีความสูงของผักโขมเท่ากับ 0.79, 0.15 และ 0.00 เซนติเมตร ในขณะที่ผักโขมที่ไม่ได้รับสารอะลาคลอร์มีความสูงเท่ากับ 1.37 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.12)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.9** การงอกและการเจริญเติบโตของ ข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับหญ้าข้าวนก ในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

| อัตราการใช้ (g a.i./rai)/ | วันที่ | เปอร์เซ็นต์การงอก | | | | ความสูงต้น (cm) | | | | น้ำหนักสด (g) | น้ำหนักแห้ง (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 3 | 5 | 7 | 14 | 3 | 5 | 7 | 14 | | |
| ชุดควบคุม | น้ำ | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 5.68 ± 0.82 $^{ab}$ | 8.48 ± 0.82 $^{a}$ | 14.78 ± 2.4 $^{l\ ab}$ | 25.66 ± 4.22 $^{a}$ | 4.47 ± 0.57 $^{ab}$ | 2.07 ± 0.04 $^{ab}$ |
| ฉีดสาร พร้อมปลูก | 100 | 35.00 | 85.00 | 70.00 | 40.00 | 2.56 ± 1.04 $^{bc}$ | 3.26 ± 1.04 $^{ef}$ | 6.68 ± 2.27 $^{bc}$ | 11.02 ± 5.33 $^{b-d}$ | 2.89 ± 0.34 $^{bc}$ | 1.96 ± 0.03 $^{ab}$ |
| | 200 | 30.00 | 55.00 | 50.00 | 10.00 | 0.89 ± 0.25 $^{c}$ | 2.23 ± 1.00 $^{ef}$ | 3.79 ± 1.94 $^{cd}$ | 3.15 ± 3.61 $^{cd}$ | 1.18 ± 1.18 $^{cd}$ | 0.93 ± 0.93 $^{c}$ |
| | 400 | 50.00 | 70.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 ± 0.18 $^{c}$ | 1.20 ± 0.89 $^{f}$ | 3.09 ± 1.62 $^{d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ |
| ปลูกหลัง ฉีดสาร 1 เดือน | 100 | 55.00 | 85.00 | 65.00 | 55.00 | 5.08 ± 1.20 $^{ab}$ | 6.95 ± 1.59 $^{a-d}$ | 12.82 ± 2.58 $^{ab}$ | 16.61 ± 1.72 $^{ab}$ | 4.58 ± 0.64 $^{ab}$ | 2.05 ± 0.06 $^{ab}$ |
| | 200 | 55.00 | 75.00 | 70.00 | 60.00 | 4.23 ± 1.98 $^{a-c}$ | 5.85 ± 1.80 $^{a-c}$ | 13.23 ± 3.51 $^{ab}$ | 16.28 ± 3.89 $^{ab}$ | 5.53 ± 1.24 $^{ab}$ | 2.24 ± 0.21 $^{ab}$ |
| | 400 | 60.00 | 65.00 | 65.00 | 50.00 | 2.98 ± 1.37 $^{a-c}$ | 3.78 ± 1.68 $^{c-f}$ | 8.95 ± 3.80 $^{a-d}$ | 9.58 ± 3.94 $^{b-d}$ | 2.88 ± 0.50 $^{bc}$ | 1.38 ± 0.54 $^{bc}$ |
| ปลูกหลัง ฉีดสาร 2 เดือน | 100 | 55.00 | 55.00 | 50.00 | 35.00 | 6.17 ± 1.31 $^{ab}$ | 8.97 ± 1.31 $^{a}$ | 17.25 ± 0.41 $^{a}$ | 18.47 ± 6.12 $^{ab}$ | 3.05 ± 0.52 $^{bc}$ | 1.93 ± 0.06 $^{ab}$ |
| | 200 | 55.00 | 75.00 | 75.00 | 55.00 | 3.58 ± 1.67 $^{a-c}$ | 5.27 ± 2.27 $^{a-f}$ | 10.50 ± 3.07 $^{a-d}$ | 14.25 ± 2.76 $^{a-c}$ | 4.36 ± 1.32 $^{bc}$ | 2.10 ± 0.19 $^{ab}$ |
| | 400 | 50.00 | 70.00 | 70.00 | 50.00 | 2.75 ± 2.26 $^{a-c}$ | 4.16 ± 1.97 $^{b-f}$ | 9.21 ± 3.07 $^{a-d}$ | 12.53 ± 2.24 $^{a-c}$ | 4.34 ± 0.75 $^{bc}$ | 2.06 ± 0.09 $^{ab}$ |
| ปลูกหลัง ฉีดสาร 3 เดือน | 100 | 50.00 | 55.00 | 55.00 | 50.00 | 5.31 ± 1.56 $^{ab}$ | 8.42 ± 1.08 $^{ab}$ | 16.74 ± 5.50 $^{a}$ | 19.08 ± 5.85 $^{bc}$ | 4.91 ± 1.07 $^{bc}$ | 2.12 ± 0.09 $^{ab}$ |
| | 200 | 60.00 | 65.00 | 65.00 | 60.00 | 5.81 ± 1.14 $^{ab}$ | 8.10 ± 1.12 $^{ab}$ | 12.16 ± 3.63 $^{a-c}$ | 15.31 ± 4.97 $^{ab}$ | 5.78 ± 0.96 $^{a}$ | 2.34 ± 0.11 $^{ab}$ |
| | 400 | 55.00 | 70.00 | 70.00 | 50.00 | 6.65 ± 1.80 $^{a}$ | 7.95 ± 1.90 $^{a-c}$ | 10.90 ± 2.97 $^{a-d}$ | 14.78 ± 3.35 $^{a-c}$ | 5.54 ± 1.58 $^{ab}$ | 2.21 ± 0.20 $^{ab}$ |

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ของแต่ละคอลัมน์ ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's Studentized Range Test (p = 0.05)

**ตารางที่ 4.10** การงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก ในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

| อัตราการใช้ (g a.i./rai) | วันที่ | เปอร์เซ็นต์การงอก | | | | ความสูงต้น (cm) | | | | น้ำหนักสด (g) | น้ำหนักแห้ง (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 3 | 5 | 7 | 14 | 3 | 5 | 7 | 14 | | |
| ชุดควบคุม | น้ำ | 60.00 | 90.00 | 92.50 | 92.50 | 0.80 ± 0.36 $^{a}$ | 1.24 ± 0.75 $^{a}$ | 1.66 ± 0.31 $^{a}$ | 1.72 ± 0.$^{48\ a}$ | 0.50 ± 0.09 $^{a}$ | 0.18 ± 0.03 $^{a}$ |
| ฉีดสาร | 100 | 47.50 | 65.00 | 27.50 | 25.00 | 0.27 ± 0.02 $^{bc}$ | 0.37 ± 0.05 $^{bc}$ | 0.72 ± 0.12 $^{cd}$ | 0.79 ± 0.23 $^{bc}$ | 0.04 ± 0.01 $^{cd}$ | 0.02 ± 0.00 $^{cd}$ |
| พร้อมปลูก | 200 | 22.50 | 30.00 | 30.00 | 0.00 | 0.27 ± 0.08 $^{d}$ | 0.25 ± 0.04 $^{bc}$ | 0.52 ± 0.06 $^{d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ |
| | 400 | 17.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.25 ± 0.06 $^{d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{c}$ | 0.00 ± 0.00 $^{c}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ |
| ปลูกหลัง | 100 | 47.50 | 80.00 | 42.50 | 30.00 | 0.30 ± 0.05 $^{b-d}$ | 0.57 ± 0.04 $^{a-c}$ | 0.99 ± 0.05 $^{bc}$ | 1.19 ± 0.03 $^{ab}$ | 0.12 ± 0.04 $^{bc}$ | 0.04 ± 0.01 $^{bc}$ |
| ฉีดสาร 1 | 200 | 35.00 | 77.50 | 35.00 | 17.50 | 0.42 ± 0.11 $^{cd}$ | 0.62 ± 0.11 $^{a-c}$ | 0.84 ± 0.06 $^{b-d}$ | 0.88 ± 0.14 $^{bc}$ | 0.05 ± 0.03 $^{b-d}$ | 0.02 ± 0.01 $^{bd}$ |
| เดือน | 400 | 35.00 | 70.00 | 37.50 | 10.00 | 0.26 ± 0.02 $^{b-d}$ | 0.56 ± 0.09 $^{a-c}$ | 0.75 ± 0.11 $^{cd}$ | 0.44 ± 0.26 $^{cd}$ | 0.02 ± 0.01 $^{cd}$ | 0.01 ± 0.00 $^{cd}$ |
| ปลูกหลัง | 100 | 35.00 | 87.50 | 50.00 | 25.00 | 0.48 ± 0.12 $^{b-d}$ | 0.88 ± 0.12 $^{ab}$ | 1.20 ± 0.11 $^{b}$ | 1.44 ± 0.21 $^{ab}$ | 0.12 ± 0.04 $^{bc}$ | 0.04 ± 0.01 $^{bc}$ |
| ฉีดสาร 2 | 200 | 45.00 | 87.50 | 47.50 | 10.00 | 0.26 ± 0.01 $^{cd}$ | 0.46 ± 0.03 $^{cd}$ | 0.96 ± 0.03 $^{bc}$ | 0.76 ± 0.44 $^{dc}$ | 0.03 ± 0.02 $^{cd}$ | 0.01 ± 0.01 $^{cd}$ |
| เดือน | 400 | 50.00 | 72.50 | 40.00 | 0.00 | 0.38 ± 0.02 $^{d}$ | 0.42 ± 0.05 $^{bc}$ | 0.78 ± 0.08 $^{b-d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ |
| ปลูกหลัง | 100 | 45.00 | 75.00 | 57.50 | 40.00 | 0.40 ± 0.18 $^{b}$ | 0.61 ± 0.23 $^{a-c}$ | 1.12 ± 0.26 $^{bc}$ | 1.30 ± 0.35 $^{ab}$ | 0.16 ± 0.06 $^{b}$ | 0.06 ± 0.02 $^{b}$ |
| ฉีดสาร 3 | 200 | 55.00 | 77.50 | 45.00 | 20.00 | 0.41 ± 0.23 $^{b-d}$ | 0.75 ± 0.28 $^{ab}$ | 0.91 ± 0.17 $^{b-d}$ | 1.25 ± 0.32 $^{ab}$ | 0.09 ± 0.05 $^{bd}$ | 0.03 ± 0.02 $^{b-d}$ |
| เดือน | 400 | 30.00 | 67.50 | 25.00 | 0.00 | 0.39 ± 0.13 $^{d}$ | 0.53 ± 0.18 $^{bc}$ | 0.88 ± 0.17 $^{b-d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ |

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ของแต่ละคอลัมน์ ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's Studentized Range Test (p = 0.05)

**ตารางที่ 4.11** การงอกและการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับผักโขมในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

| อัตราการใช้ (g a.i./rai) | วันที่ | เปอร์เซ็นต์การงอก | | | | ความสูงต้น (cm) | | | | น้ำหนักสด (g) | น้ำหนักแห้ง (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 3 | 5 | 7 | 14 | 3 | 5 | 7 | 14 | | |
| ชุดควบคุม | น้ำ | 40.00 | 65.00 | 65.00 | 70.00 | 3.43 ± 0.72 $^{a-c}$ | 7.50 ± 1.21 $^{ab}$ | 13.31 ± 0.86 $^{ab}$ | 27.24 ± 1.18 $^{a}$ | 4.97 ± 0.52 $^{a-c}$ | 2.07 ± 0.04 $^{ab}$ |
| ฉีดสารพร้อมปลูก | 100 | 55.00 | 80.00 | 80.00 | 40.00 | 1.93 ± 0.76 $^{bc}$ | 3.73 ± 1.23 $^{b-d}$ | 8.23 ± 1.52 $^{b-d}$ | 12.02 ± 2.67 $^{bc}$ | 2.89 ± 0.34 $^{bc}$ | 1.96 ± 0.03 $^{a-c}$ |
| | 200 | 35.00 | 60.00 | 65.00 | 10.00 | 0.94 ± 0.18 $^{c}$ | 2.36 ± 0.55 $^{cd}$ | 3.62 ± 1.71 $^{d}$ | 2.45 ± 2.47 $^{cd}$ | 1.18 ± 1.18 $^{dc}$ | 0.93 ± 0.93 $^{cd}$ |
| | 400 | 35.00 | 60.00 | 60.00 | 0.00 | 0.61 ± 0.20 $^{c}$ | 1.16 ± 0.54 $^{d}$ | 3.23 ± 1.71 $^{d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{e}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ |
| ปลูกหลังฉีดสาร 1 เดือน | 100 | 60.00 | 80.00 | 80.00 | 65.00 | 4.19 ± 0.89 $^{a-c}$ | 5.33 ± 1.17 $^{a-d}$ | 9.29 ± 0.88 $^{a-d}$ | 15.50 ± 1.78 $^{b}$ | 4.58 ± 0.64 $^{a-c}$ | 2.05 ± 0.06 $^{ab}$ |
| | 200 | 40.00 | 75.00 | 75.00 | 60.00 | 2.73 ± 1.23 $^{a-c}$ | 4.19 ± 1.37 $^{a-d}$ | 10.43 ± 2.97 $^{a-c}$ | 15.14 ± 4.54 $^{b}$ | 5.53 ± 1.24 $^{ab}$ | 2.24 ± 0.21 $^{a}$ |
| | 400 | 40.00 | 55.00 | 55.00 | 50.00 | 3.89 ± 2.60 $^{a-c}$ | 4.34 ± 1.86 $^{a-d}$ | 6.80 ± 1.35 $^{cd}$ | 9.87 ± 7.42 $^{b-d}$ | 2.26 ± 1.38 $^{a-c}$ | 1.17 ± 0.80 $^{bc}$ |
| ปลูกหลังฉีดสาร 2 เดือน | 100 | 55.00 | 70.00 | 65.00 | 30.00 | 6.66 ± 2.85 $^{ab}$ | 8.11 ± 2.08 $^{ab}$ | 14.28 ± 2.24 $^{ab}$ | 18.16 ± 2.43 $^{ab}$ | 3.05 ± 0.52 $^{a-d}$ | 1.93 ± 0.06 $^{a-c}$ |
| | 200 | 60.00 | 75.00 | 85.00 | 60.00 | 6.52 ± 2.42 $^{ab}$ | 7.38 ± 2.82 $^{ab}$ | 13.16 ± 3.59 $^{a-c}$ | 16.60 ± 2.98 $^{b}$ | 4.36 ± 1.32 $^{a-c}$ | 2.10 ± 0.19 $^{ab}$ |
| | 400 | 50.00 | 55.00 | 55.00 | 50.00 | 4.67 ± 2.27 $^{a-c}$ | 5.83 ± 1.23 $^{a-c}$ | 11.91 ± 3.32 $^{a-c}$ | 13.75 ± 4.23 $^{b}$ | 4.34 ± 0.75 $^{a-c}$ | 2.06 ± 0.09 $^{ab}$ |
| ปลูกหลังฉีดสาร 3 เดือน | 100 | 55.00 | 75.00 | 70.00 | 45.00 | 6.14 ± 0.89 $^{ab}$ | 6.19 ± 1.77 $^{a-c}$ | 12.81 ± 2.99 $^{a-c}$ | 17.40 ± 2.55 $^{ab}$ | 4.91 ± 1.07 $^{a-c}$ | 2.12 ± 0.09 $^{ab}$ |
| | 200 | 65.00 | 65.00 | 70.00 | 65.00 | 7.00 ± 0.84 $^{a}$ | 8.50 ± 0.84 $^{a}$ | 14.87 ± 0.71 $^{a}$ | 17.49 ± 3.50 $^{ab}$ | 5.78 ± 0.96 $^{a}$ | 2.34 ± 0.11 $^{a}$ |
| | 400 | 50.00 | 75.00 | 70.00 | 50.00 | 6.99 ± 2.56 $^{a}$ | 7.24 ± 1.78 $^{ab}$ | 14.16 ± 2.77 $^{ab}$ | 17.20 ± 4.77 $^{ab}$ | 5.54 ± 1.58 $^{ab}$ | 2.21 ± 0.02 $^{a}$ |

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ของแต่ละคอลัมน์ ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's Studentized Range Test (p = 0.05)

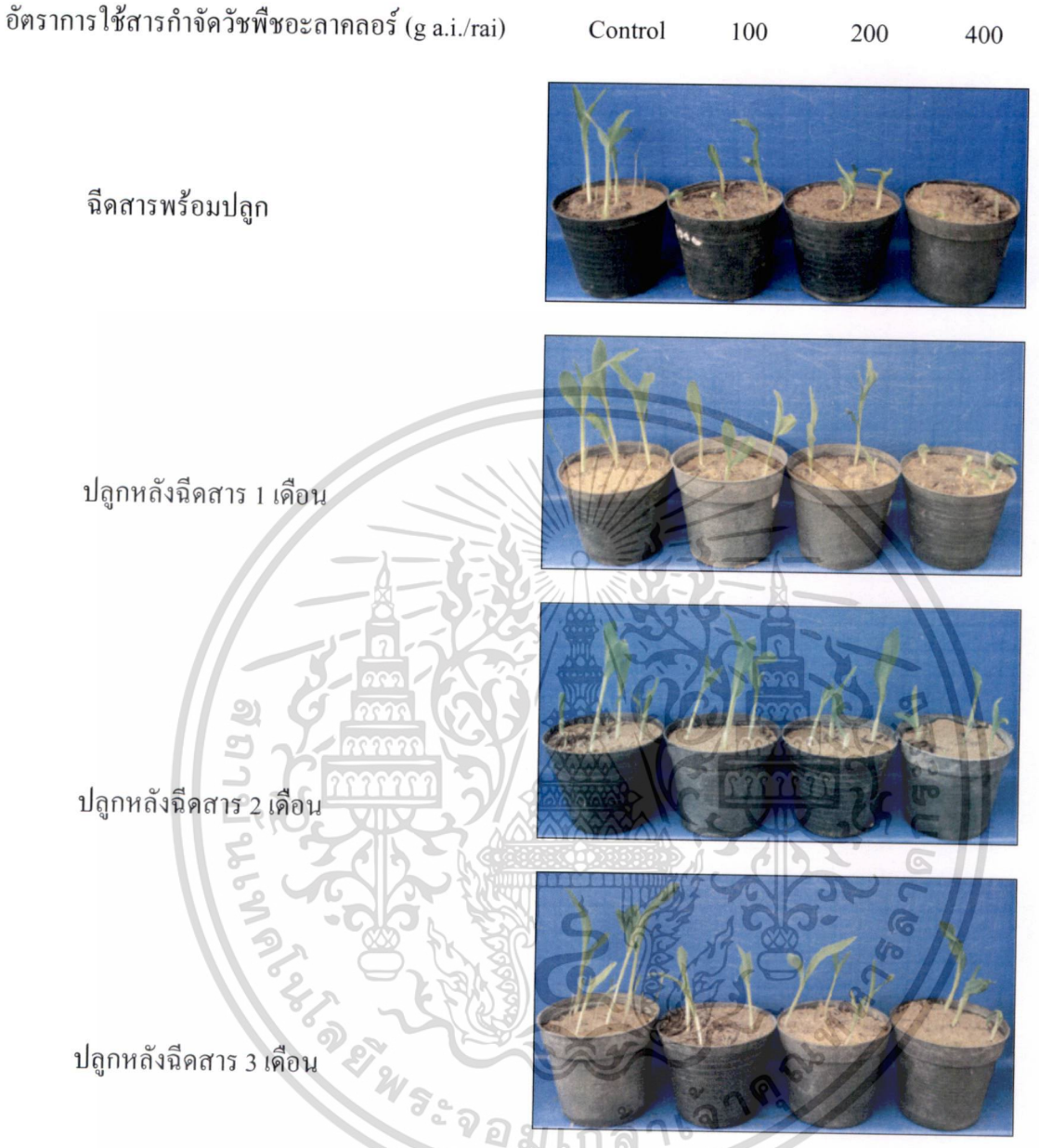
**ตารางที่ 4.12** การงอกและการเจริญเติบโตของผักโขม ในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

| อัตราการใช้ (g a.i./rai)/ | วันที่ | เปอร์เซ็นต์การงอก | | | | ความสูงต้น (cm) | | | | น้ำหนักสด (g) | น้ำหนักแห้ง (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 3 | 5 | 7 | 14 | 3 | 5 | 7 | 14 | | |
| ชุดควบคุม | น้ำ | 82.50 | 95.00 | 87.50 | 72.50 | 0.97 ± 0.12 $^{a}$ | 0.81 ± 0.28 $^{a-c}$ | 1.02 ± 0.16 $^{a-c}$ | 1.37 ± 0.12 $^{a}$ | 0.36 ± 0.10 $^{a}$ | 0.10 ± 0.03 $^{a}$ |
| ฉีดสาร พร้อมปลูก | 100 | 60.00 | 72.50 | 55.00 | 40.00 | 0.57 ± 0.02 $^{a-d}$ | 0.49 ± 0.06 $^{c-e}$ | 0.52 ± 0.14 $^{c-e}$ | 0.79 ± 0.10 $^{a-c}$ | 0.12 ± 0.03 $^{bc}$ | 0.03 ± 0.01 $^{bc}$ |
| | 200 | 25.00 | 20.00 | 10.00 | 2.50 | 0.34 ±0.34 $^{cd}$ | 0.26 ± 0.16 $^{d-e}$ | 0.35 ± 0.21 $^{de}$ | 0.15 ± 0.26 $^{cd}$ | 0.01 ± 0.01 $^{d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ |
| | 400 | 5.00 | 2.50 | 5.00 | 0.00 | 0.20 ± 0.21 $^{d}$ | 0.08 ± 0.13 $^{e}$ | 0.23 ± 0.23 $^{e}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ |
| ปลูกหลัง ฉีดสาร 1 เดือน | 100 | 60.00 | 65.00 | 42.50 | 30.00 | 0.50 ± 0.09 $^{b-d}$ | 0.62 ± 0.07 $^{b-d}$ | 0.56 ± 0.15 $^{c-e}$ | 0.90 ± 0.15 $^{ab}$ | 0.09 ± 0.04 $^{b-d}$ | 0.03 ± 0.01 $^{b-d}$ |
| | 200 | 55.00 | 60.00 | 52.50 | 25.00 | 0.49 ± 0.05 $^{b-d}$ | 0.50 ± 0.05 $^{c-e}$ | 0.54 ± 0.02 $^{c-e}$ | 0.95 ± 0.22 $^{ab}$ | 0.05 ± 0.03 $^{cd}$ | 0.01 ± 0.01 $^{cd}$ |
| | 400 | 62.50 | 52.50 | 40.00 | 15.00 | 0.43 ± 0.06 $^{b-d}$ | 0.48 ± 0.02 $^{c-e}$ | 0.53 ± 0.31 $^{cc}$ | 0.69 ± 0.41 $^{bc}$ | 0.09 ± 0.04 $^{b-d}$ | 0.03 ± 0.01 $^{b-d}$ |
| ปลูกหลัง ฉีดสาร 2 เดือน | 100 | 70.00 | 75.00 | 55.00 | 25.00 | 0.99 ± 0.10 $^{a}$ | 1.05 ± 0.06 $^{ab}$ | 1.29 ± 0.11 $^{a}$ | 1.00 ± 0.27 $^{ab}$ | 0.09 ± 0.03 $^{b-d}$ | 0.03 ± 0.01 $^{bc}$ |
| | 200 | 62.50 | 60.00 | 27.50 | 15.00 | 0.53 ± 0.17 $^{a-d}$ | 0.64 ± 0.14 $^{b-d}$ | 0.86 ± 0.11 $^{a-c}$ | 0.81 ± 0.39 $^{ab}$ | 0.05 ± 0.02 $^{cd}$ | 0.01 ± 0.01 $^{cd}$ |
| | 400 | 47.50 | 70.00 | 45.00 | 0.00 | 0.41 ± 0.09 $^{b-d}$ | 0.59 ± 0.12 $^{cd}$ | 0.74 ± 0.21 $^{b-d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ |
| ปลูกหลัง ฉีดสาร 3 เดือน | 100 | 62.50 | 72.50 | 60.00 | 52.50 | 0.84 ± 0.29 $^{ab}$ | 1.13 ± 0.30 $^{a}$ | 1.16 ± 0.13 $^{ab}$ | 1.23 ± 0.31 $^{ab}$ | 0.17 ± 0.02 $^{b}$ | 0.05 ± 0.01 $^{b}$ |
| | 200 | 55.00 | 50.00 | 45.00 | 25.00 | 0.69 ± 0.12 $^{a-c}$ | 0.73 ± 0.21 $^{a-c}$ | 0.80 ± 0.21 $^{a-d}$ | 0.94 ± 0.16 $^{ab}$ | 0.09 ± 0.01 $^{b-d}$ | 0.02 ± 0.00 $^{b-d}$ |
| | 400 | 62.50 | 50.00 | 25.00 | 0.00 | 0.69 ± 0.04 $^{a-c}$ | 0.43 ± 0.05 $^{c-e}$ | 0.59 ± 0.06 $^{c-e}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ | 0.00 ± 0.00 $^{d}$ |

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ของแต่ละคอลัมน์ ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's Studentized Range Test (p = 0.05)

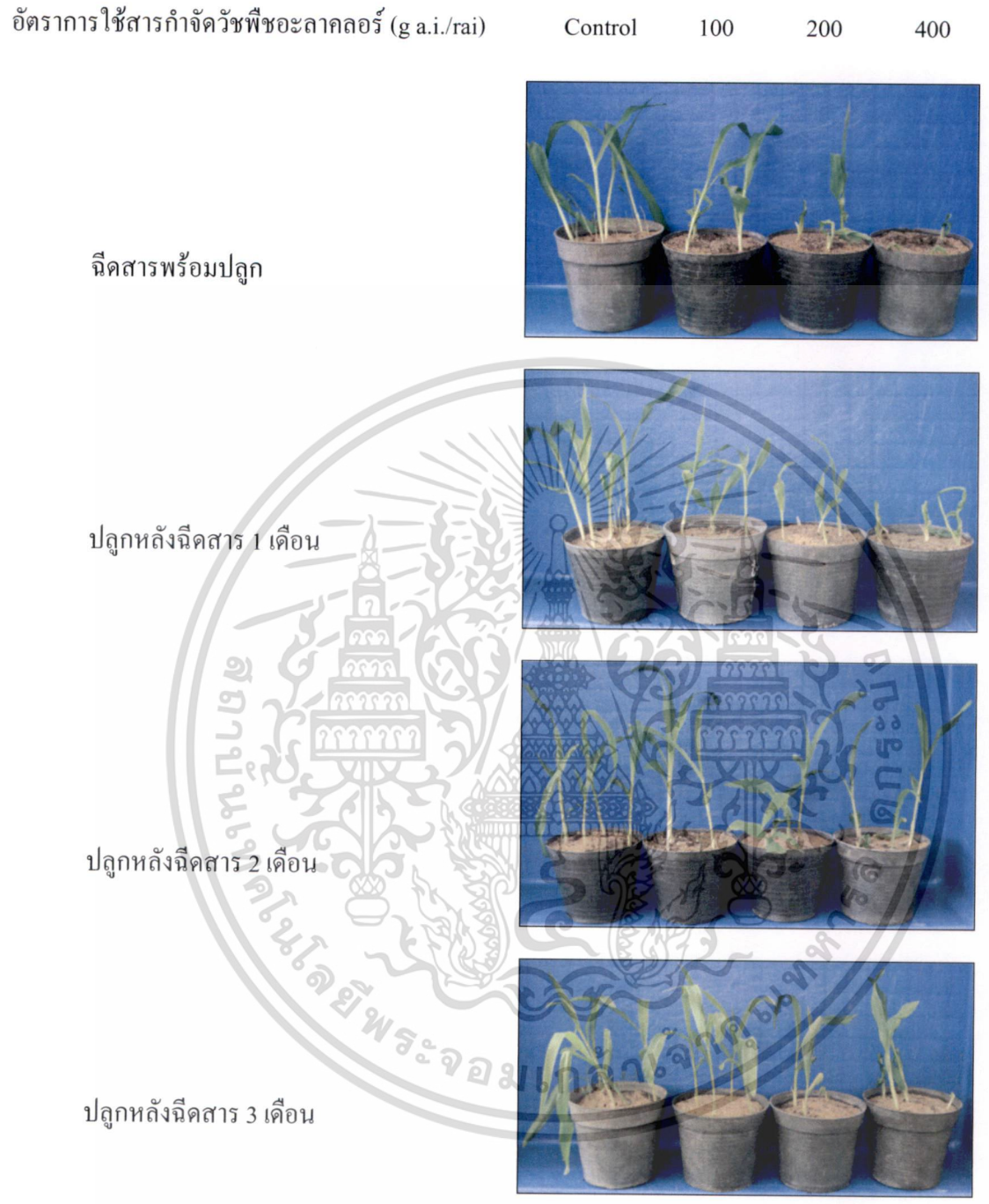
**ภาพที่ 4.**7 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตวันที่ 3 ของข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับหญ้าข้าวนก ในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ที่อัตรา 0, 100, 200 และ 400 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และปลูกหลังมีการฉีดพ่นสาร 0, 1, 2 และ 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



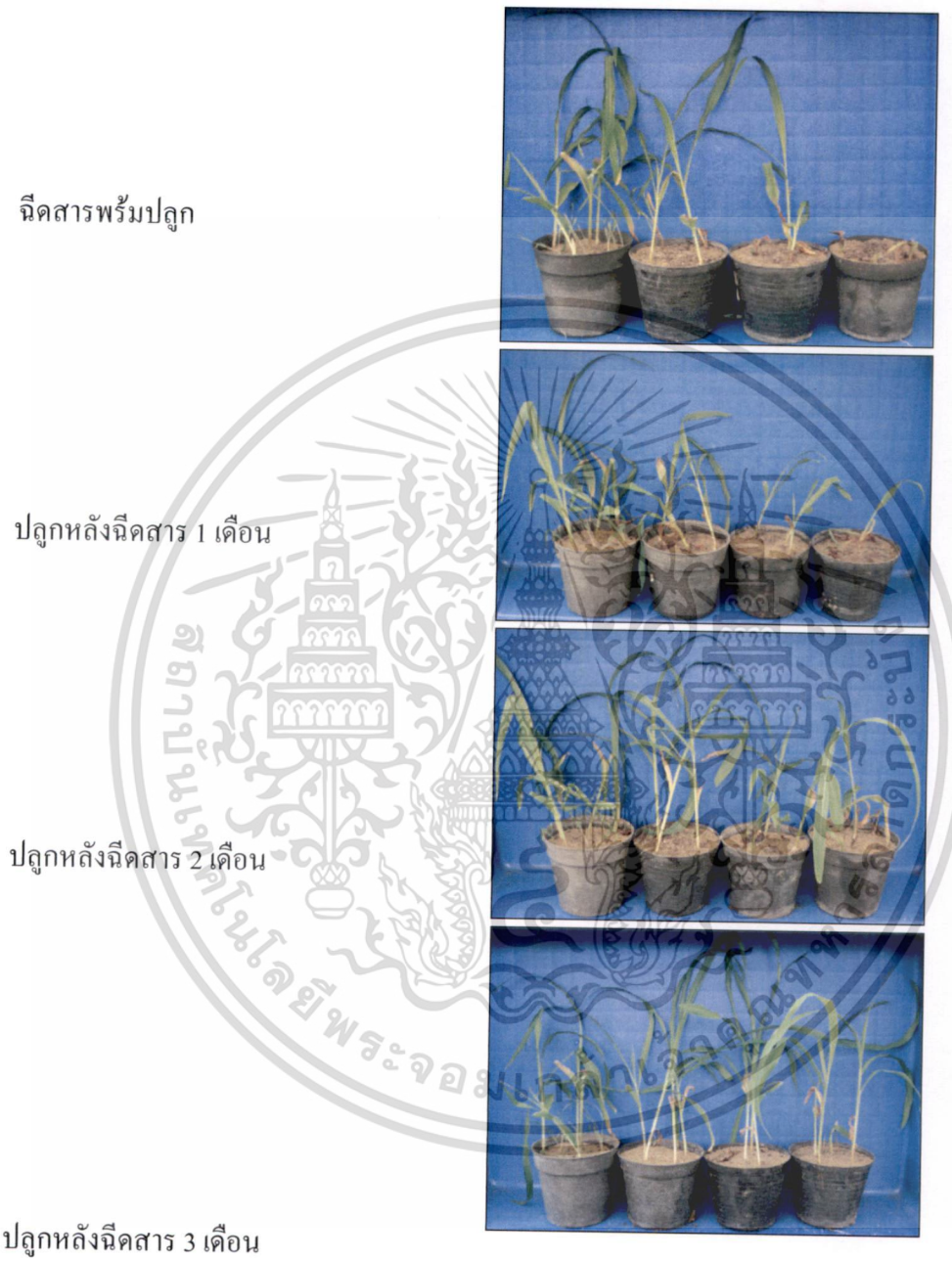

**ภาพที่ 4.8** แสดงลักษณะการเจริญเติบโตวันที่ 5 ของข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับหญ้าข้าวนก ในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ที่อัตรา 0, 100, 200 และ 400 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และปลูกหลังมีการฉีดพ่นสาร 0, 1, 2 และ 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 4.9** แสดงลักษณะการเจริญเติบโตวันที่ 7 ของข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับหญ้าข้าวนก ในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ที่อัตรา 0, 100, 200 และ 400 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และปลูกหลังมีการฉีดพ่นสาร 0, 1, 2 และ 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

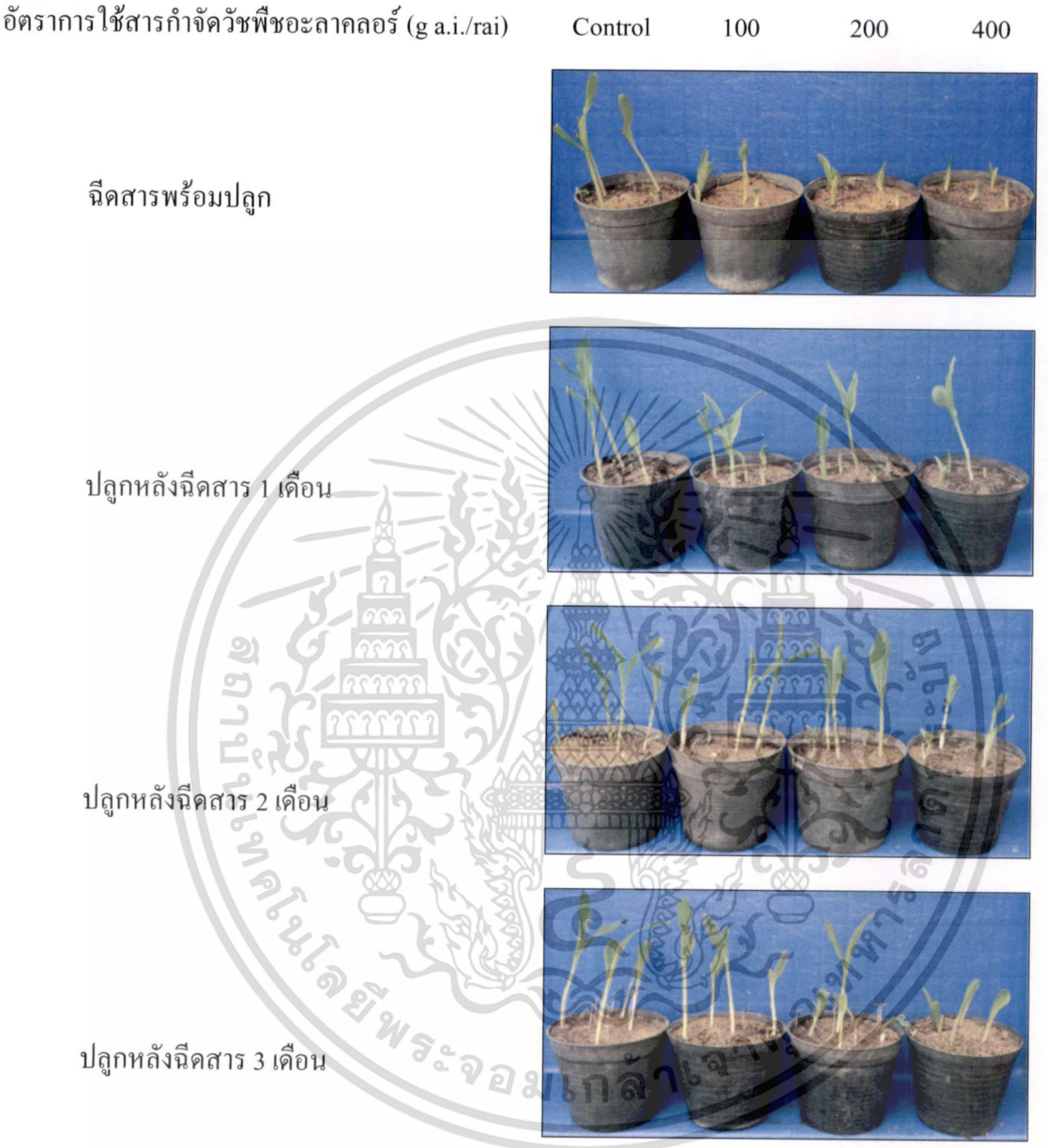



**ภาพที่ 4.10** แสดงลักษณะการเจริญเติบโตวันที่ 14 ของข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับหญ้าข้าวนก ในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ที่อัตรา 0, 100, 200 และ 400 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และปลูกหลังมีการฉีดพ่นสาร 0, 1, 2 และ 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

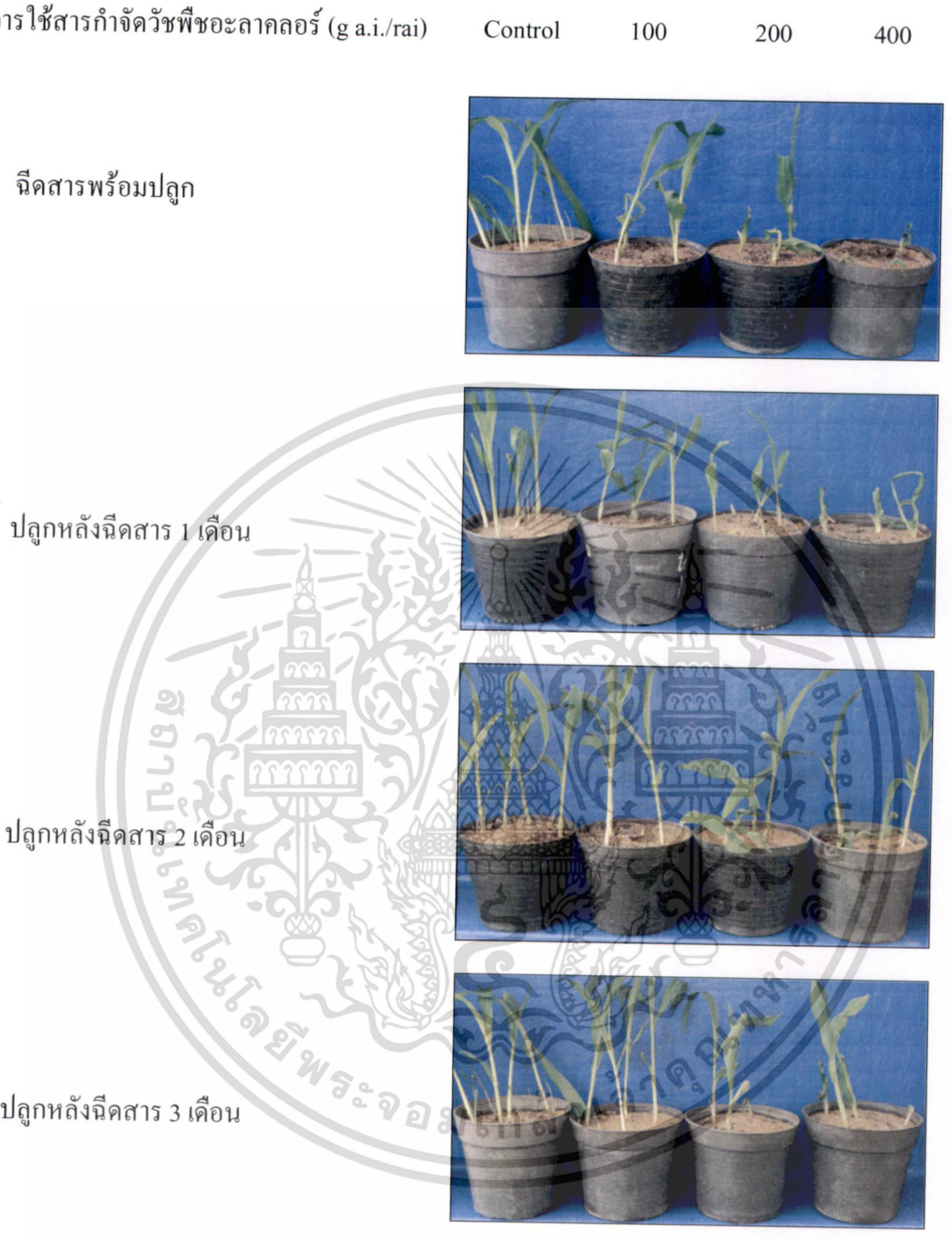
**ภาพที่ 4.11** แสดงลักษณะการเจริญเติบโตวันที่ 3 ของข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับผักโขม ในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ที่อัตรา 0, 100, 200 และ 400 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และปลูกหลังมีการฉีดพ่นสาร 0, 1, 2 และ 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



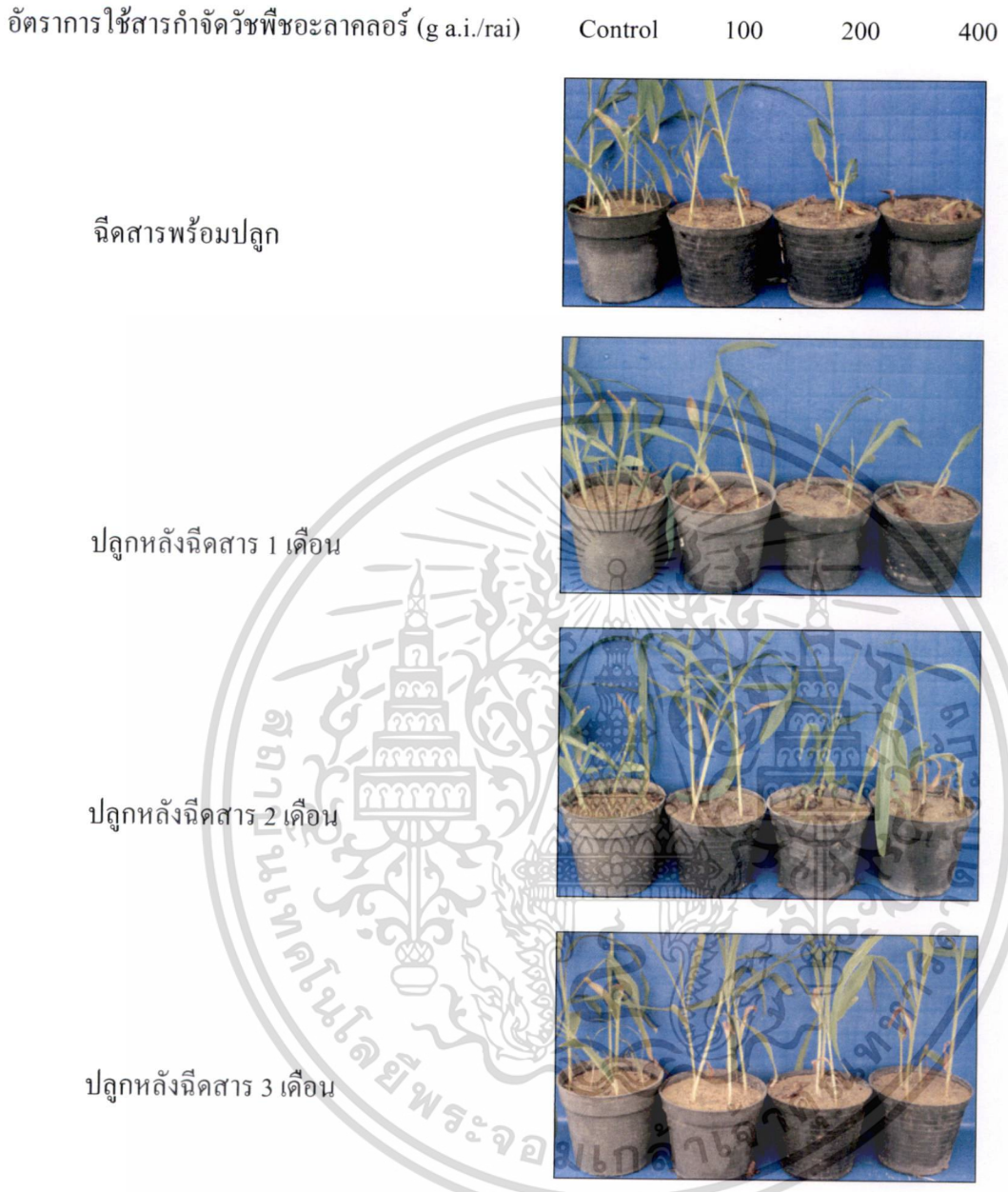

**ภาพที่ 4.12** แสดงลักษณะการเจริญเติบโตวันที่ 5 ของข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับผักโขม ในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ที่อัตรา 0, 100, 200 และ 400 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และปลูกหลังมีการฉีดพ่นสาร 0, 1, 2 และ 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 4.13** แสดงลักษณะการเจริญเติบโตวันที่ 7 ของข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับผักโขม ในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ที่อัตรา 0, 100, 200 และ 400 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และปลูกหลังมีการฉีดพ่นสาร 0, 1, 2 และ 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 4.14** ลักษณะการเจริญเติบโตของวันที่ 14 ของข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับผักโขม ในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ที่อัตรา 0, 100, 200 และ 400 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และปลูกหลังมีการฉีดพ่นสาร 0, 1, 2 และ 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาพที่ 4.15** แสดงลักษณะความผิดปกติของข้าวโพด ที่ปลูกในดินที่มีสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืช อะลาคลอร์ ที่อัตรา 0, 100, 200 และ 400 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และปลูกหลังมีการฉีดพ่นสาร 0, 1, 2 และ 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5

# สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ ต่อการแบ่งเซลล์บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ พบว่าดัชนีการแบ่งเซลล์ลดลงตามความเข้มข้นของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ที่เพิ่มขึ้น (1.25, 25, 5, 10 และ 20 ppm) เมื่อเซลล์เข้าสู่ระยะไมโทติกมีผลทำให้การแบ่งเซลล์ในระยะมีโพรเฟสเพิ่มขึ้น ส่วนระยะที่เหลือ ได้แก่ ระยะเมทาเฟส แอนาเฟส และเทโลเฟส มีสัดส่วนลดลง พบความผิดปกติที่เกิดจากการรบกวนสายใยสปินเดิล คือ spindle disturbance at prophase, c-metaphase, diagonal at anaphase, diagonal at telophase และ delay anaphase ที่เกิดจากความผิดปกติของการขดตัวของโครโมโซม คือ stickiness chromosome ซึ่งความผิดปกติของเซลล์ที่พบมากที่สุด และพบความผิดปกติของเซลล์อยู่ในระยะโพรเฟส และเมทาเฟสเป็นจำนวนมาก อิทธิผลของสารอะลาคลอร์ทำให้เกิดลักษณะความผิดปกติของโครโมโซม ซึ่งมีสาเหตุ 2 ประการ คือ เกิดการหดสั้นและหดตัวอัดกันแน่นของโครโมโซมมากกว่าปกติ และรบกวนการจัดเรียงตัวของไมโครทิวบูล (microtubule) ซึ่งส่งผลต่อการสร้างสายใยสปินเดิล เกิดความผิดปกติของการหดตัวของโครโมโซม ซึ่งเกี่ยวข้องกับโครมาตินที่เกิดจากการรวมตัวกันของดีเอ็นเอ โปรตีนฮีสโตน และโปรตีนที่ไม่ใช่ฮีสโตน (อมรา, 2540; Sumner, 2003) ผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความผิดปกติของโครโมโซมที่เกิดจากสารกำจัดวัชพืช เช่น Marcano *et al.*, (2004) รายงานว่า ความผิดปกติของสารกำจัดวัชพืชมาเลอิกไฮดราไซด์ (maleic hydrazide) ที่ระดับความเข้มข้น $10^{-6}$, $10^{-5}$, $10^{-4}$, $10^{-3}$ M เมื่อได้รับสารกำจัดวัชพืชเป็นระยะเวลา 4, 8, 12 และ 24 ชั่วโมง โดยใช้หอมหัวใหญ่เป็นพืชทดสอบ พบว่าความเข้มข้นที่แตกต่างกันกับเวลาที่ได้รับสารมีความสัมพันธ์กันกับ ดัชนีการแบ่งเซลล์ และความผิดปกติของโครโมโซมที่พบ คือ stickynessis และ anaphasic bridges โดยอาจส่งผลกระทบต่อทางกายภาพ หรือองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ และโปรตีนดังกล่าวจับตัวกับดีเอ็นเอทำให้เกิดการจัดเรียงตัวผิดปกติ (El-Ghamery *et al.*, 2003) ส่วนเปอร์เซ็นต์นิวคลีโอลัสที่นับได้ จำนวนนิวคลีโอลัส 1 และ 2 นิวคลีโอลัส มีจำนวนลดลง ต่างจากจำนวนนิวคลีโอลัส 3 และ 4 มีจำนวนเพิ่มขึ้น ตามระดับความเข้มข้นของสารอะลาคลอร์ที่สูงขึ้น พื้นที่ของนิวคลีโอลัสเฉลี่ยมีขนาดลดลงตามจำนวนของนิวคลีโอลัสที่เพิ่มขึ้นทุกระดับความเข้มข้น ให้ผลไปใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางเดียวกันกับพื้นที่เฉลี่ยคือจะมีขนาดเล็กลงตามความเข้มข้นของสารอะลาคลอร์ที่สูงขึ้น แต่นิวคลีโอลัส 2 และ 3 นิวคลีโอลัส มีพื้นที่รวมมากกว่า 1 และ 4 นิวคลีโอลัสที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน เมื่อนำรากหอมหัวใหญ่ที่แช่ในสารอะลาคลอร์นาน 12 ชั่วโมง มาฟื้นตัวในน้ำกลั่น พบว่าค่าดัชนีการแบ่งเซลล์ลดลงตามความเข้มข้นของสารอะลาคลอร์ที่เพิ่มขึ้น และเมื่อเซลล์เข้าสู่ระยะไมโทติกมีผลทำให้การแบ่งเซลล์ในระยะมีโพรเฟสเพิ่มขึ้น และสูงถึง 100.00% ที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm ส่วนระยะอื่น ๆ ในระยะไมโทติมีค่าเท่ากับ 0.00% ลักษณะความผิดปกติของเซลล์ที่พบในทุกระดับความเข้มข้น คือ exposed cell to the herbicide solution, sticky anaphase, polyploid metaphase with supernumerary centrosomes, c-metaphase และ spindle prophase ส่วนเปอร์เซ็นต์ที่นับได้รวมถึงพื้นที่ของนิวคลีโอลัสให้ผลเป็นไปในแนวทางเดียวกับเซลล์ที่ยังไม่ได้รับการฟื้นฟู

เมื่อศึกษาสารพิษตกค้างในดินต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ โดยพืชปลูกคือ ข้าวโพด และวัชพืชทดสอบได้แก่ หญ้าข้าวนก และผักโขม หลังจากที่มีการฉีดพ่นสาร 0, 1, 2 และ 3 เดือน ที่อัตรา 100, 200 และ 400 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ พบว่าพบว่าการฉีดพ่นสารพร้อมปลูก (0 เดือน) มีผลยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวโพดได้สูงสุด มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 40.00, 10.00 และ 0.00% และการเจริญเติบโตของต้นด้านความสูงเท่ากับ 2.56, 0.89 และ 0.00 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งให้ผลเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากันทั้งข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับหญ้าข้าวนก และข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับผักโขมรองลงมาคือ หลังฉีดสาร 1 และ 2 เดือน ตามลำดับ ในขณะที่หลังฉีดสาร 3 เดือน ข้าวโพดมีการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้า ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีการควบคุม ส่วนหญ้าข้าวนกและผักโขม พบว่า ทุกระยะเวลาหลังฉีดพ่นสาร ทำให้การงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีการควบคุม และพบว่า ข้าวโพดที่งอกขึ้นมาไม่คลีใบออกจากกัน ปลายใบม้วนอัดตัวกันแน่น ใบใหม่ที่เจริญเติบโตขึ้นมาดันโผล่ออกตรงกลางของลำต้น ทำให้รูปทรงคดงอบิดเบี้ยว ใบเป็นรอยหยักตามรูปทรงลำต้นที่บิดเบี้ยว ต่างจากต้นข้าวโพดที่ไม่ได้รับสารอะลาคลอร์จะมีลักษณะลำต้นตรง ใบเริ่มคลีตั้งแต่ที่ปลายใบ แผ่นใบเรียบตรง ลำต้นตรง แสดงให้เห็นถึงความเป็นพิษของสารอะลาคลอร์การงอกงอกและการเจริญเติบโตของพืช ไม่ว่าจะเป็นวัชพืชเอง แต่รวมถึงพืชปลูกด้วย ซึ่งทำให้เกิดลักษณะความผิดปกติทางด้านสัณฐานวิทยาของต้นข้าวโพด อาจเนื่องมาจากสารอะลาคลอร์ทำให้เกิดความเสียหายในระดับเซลล์ ทำให้โครโมโซมผิดปกติ หรือชักนำให้เซลล์ตาย ดังที่การใช้สารอะลาคลอร์ที่อัตรา 400 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ช่วงระยะฉีดสารพร้อมปลูก ทำให้ข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับวัชพืชทั้ง 2 ชนิดตาย และหากปัญหาของสารกำจัดวัชพืชที่มีการตกค้างในพืชและสิ่งแวดล้อม เกิดจากการแพร่กระจายของสารเคมีในระหว่างการฉีด ทำให้มีการสะสมอยู่ในพื้นดินและน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์เลี้ยง และ สัตว์ในธรรมชาติ ก่อให้เกิดมลภาวะทางดินได้ (ศุภมาศ, 2539) ในที่สุดจะส่งผลให้เกิดการสะสมของสารเคมีในห่วงโซ่อาหาร ในทวีปเอเชียมีการปนเปื้อนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในผลไม้ ผัก นมและผลิตภัณฑ์จากนมและเนื้อสัตว์ (Battu *et al.*, 2004) ผลกระทบต่อสุขภาพส่วนมากเกิดจากการใช้หรือสัมผัสสารเคมีทางการเกษตรหากใช้ไม่ถูกต้องหรือมีการสัมผัสในปริมาณมากและต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน สารเคมีเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น ผลต่อระบบฮอร์โมนโดยอาจไปรบกวนระบบการทำงานของฮอร์โมนโดยเฉพาะฮอร์โมนเพศ (Amaral, 2002) นอกจากนี้ยังมีข้อมูลจาก Environmaental Protection Agency (1999) ที่รายงานว่าสารอะลาคลอร์ก่อให้เกิดโรคมะเร็งในหนูถีบจักรและหนูขาว และจัดเป็นสารที่อาจก่อมะเร็งในมนุษย์ แต่อย่างไรก็ตามถือว่ามีความเสี่ยงของการก่อมะเร็งในระดับที่ยอมรับได้ หรือถือว่ามีความเสี่ยงต่ำในการก่อโรคมะเร็ง

**5.2 ข้อเสนอแนะ**

เนื่องจากสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์เป็นสารป้องกันกำจัดวัชพืชที่เกษตรกรนิยมใช้ และมีการใช้ในประมาณที่สูงมากในการผลิตพืชของเกษตรกรในปัจจุบัน และจากการศึกษาผลของสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ พบว่ามีผลต่อการแบ่งเซลล์บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่และมีการตกค้างในดินนานเกิน 1 เดือน เกษตรกรจึงควรใช้ในปริมาณที่น้อยลง หรือหาสารธรรมชาติอื่นมาใช้ทดแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง


คณะกรรมาธิการการเกษตรและสหกรณ์สภาผู้แทนราษฎร. 2546. สารพิษตกค้างในผัก. หน้า 195. ในเอกสารสรุปผลการสัมมนา เรื่องแนวทางการควบคุมและการใช้สารเคมีภัณฑ์เกษตรในไม้ผลและพืชผัก. ณ จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดราชบุรี จังหวัดลำพูน และจังหวัดกำแพงเพชร.

ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ. 2537. สารกำจัดวัชพืช. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ.

ทศพล พรพรหม. 2545. สารกำจัดวัชพืช : หลักการและกลไกการทำลาย. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 274 หน้า

ธวัชชัย รัตน์ชเลศ. 2540. เทคโนโลยีสารกำจัดวัชพืช. สำนักพิมพ์รั้วเขียว. กรุงเทพฯ. 259 หน้า.

ธีระพล อุ่นจิตต์วรรธนะ. 2541. ผลกระทบของการใช้สารกำจัดวัชพืช (ต่อพืชอาหาร). ข่าวสารวัตถุมีพิษ. ปีที่ 25 ฉบับที่ 2 เมษายน – มิถุนายน 2541. หน้า 63-63.

นวลศรี ทยาพัชร, ประยูร ดีมา, จันทร์ทิพย์ ธำรงศรีกุล, อารยา กำเนิดมั่น, สุวิมล เลิศวีรศิริกุล, ประภัสสร เพชรบูรณิณ และ ภิญญา จำภัสกุล. 2526. อุบัติภัยจากสารมีพิษต่อสัตว์น้ำ. ข่าวสารวัตถุมีพิษ 10 (1) : หน้า 2-10

ประเสริฐ ชิตพงศ์. 2540. วัชพืชและการจัดการ. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ : หาดใหญ่.

ปรีชา พุทธิปรีชาพงศ์. 2537. สารกำจัดวัชพืชในประเทศไทย. ฝ่ายสารวัตรเกษตรกองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. 2531. สารกำจัดวัชพืช. เชียงใหม่คอมพิวกราฟฟิค. 214 หน้า.

พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. 2542. วัชพืชและการป้องกันกำจัด. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ : เชียงใหม่.

ยุวยงค์ จันทรวิจิตร. 2550. ปัญหาและความต้องการเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร. พยาบาลสาร.34 (1) : 154-163.

รังสิต สุวรรณเขตนิคม. 2526. สารกำจัดวัชพืชกับผลทางสรีรวิทยาของพืช. เล่ม 1 พื้นฐานการเลือกทำลาย. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 386 หน้า.


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รัชนี เก่าเจริญ. 2530. พิษฉับพลันจากสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์. วารสารวิทยาศาสตร์. 41(9). หน้า 543-548.

ลัดดา เอกสมทราเมษฐ์. 2547. ชีววิทยาของเซลล์. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

วิทยา พงษ์มาลา. 2549. โครงสร้างของพืชมีดอก เอกสารประกอบคำบรรยาย ชีววิทยาทั่วไป 2. ภาควิชาชีววิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สิรินุช ลามศรีจันทร์ นวลฉวี รุ่งธนเกียรติ อรุณี วงศ์ปิยะสถิต และสุมินทร์ สมุทคุปต์. 2527. การทดสอบความเป็นพิษต่อกรรมพันธุ์ของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช. วารสารวิทยาศาสตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 3(3). หน้า 23-35.

สมศักดิ์ วังใน. 2528. จุลินทรีย์และกิจกรรมในดิน. บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด กรุงเทพ. 193 หน้า.

สมศักดิ์ อภิสิทธิวานิช และ สุมน มาสุธน. 2543. การศึกษาโครโมโซมพืชด้วยการย่อยเซลล์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 54(3) หน้า 178-183.

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2553. รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ปี พ.ศ. 2553. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าสารกำจัดวัชพืช ปี 2537-2550 กระทรวงการเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ศุภชัย เมฆธน. 2535. สารพิษกำจัดศัตรูพืช ทิศทางและแนวโน้มในอนาคต. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ปีที่ 2. หน้า 21-24.

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. 2539. ภาวะมลพิษของดินจากการใช้สารเคมี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 327 หน้า.

อมรา คัมภิรานนท์. 2540. พันธุศาสตร์ของเซลล์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 253 หน้า.

อุดมลักษณ์ อุ่นจิตต์วรรธนะ. 2536. ผลกระทบจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืช. ข่าวสารวัตถุมีพิษ. 15(2) : 55-57.

Ahrens, H.W. 1994. Herbicide handbook. 7th ed. Weed Science Society of America. Illinois, USA. 352 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Akobundu, I.O. 1987. Weed science in the tropics : principles and practices. singapore : KJohn wiley and sons

Amaral Mendes JJ. (2002). The endocrine disruptors: a major medical challenge. Food and Chemical Toxicology .40:781-788.

Ashton, F.M. and A.S. Crafts. 1981. Mode of action of herbicides 2 nd ed. John Wiley & Sons, New York, NY, USA.

Ashton, F.M. and T.J. Monaco. 1991. Weed science : Principles and practices. Third Edition John Wiley and Sons, Inc. New York. 466 p.

Baldi, I. 2001. Neuropsychologic effects of long-Term exposure to pesticide : Results from the french phytoner study. Environ Health Perspec. 109 : 839-844.

Battu, R.S., Singh, B. and Kang, B.K. 2004. Contamination of liquid milk and butter with pesticide residues in the Ludhiana district of punjab state, India. Ecotoxicol. Environ. Saf. 59. 324-331.

Bogdanovic, V. 1990. Presence of fungus in soil by soybean growing and by the use of some herbicides. Abstract in *Mikro-Biologija (Belgr)*. 27(2) : 165-172.

Caseley, J.C. and Walker, A. 1990. Entry and transport of herbicides in plant. 183-200. In Hence, R.J. and Holly, K. (eds.). Weed Control Handbook : Principle. 8th ed. Oxford and London : Blackwell Scientific Publication.

Crafts, A.S. 1975. Modern weed control. Univ. of Calif. Press., Berkely, CA, USA.

Derenzini, M., Pession, A., Trere` , D., 1990. Quantity of nucleolar silver-stained proteins is related to proliferating activity in cancer cells. Lab. Invest. 63, 137-140.

Dervan, P.A., Gilmartin, L.G., Loftus, B.M., Carney, D.N., 1989. Argyrophilic nucleolar organizer region counts correlate with Ki67 scores. Am. Journal Agric. Food Chem. . 92, 401-407.

Environmental Protection Agency, Chemicals evaluated for carcinogenic science information management branch health effects division office of pesticides programs. 1999.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

El-Ghamery, A.A., El-Kholy, M.A., Abou El-Yousser, M.A., 2003. Evaluation of cytological effects of Zn2+ in relation to germination and root growth of *Nigella sativa* L. and *Triticum aestivum* L. Mutat. Res. 537, 29-41.

Feng, P. C. C., Sharpe, C.R. and Horton, S.R. 1994. Quantitation of alachlor residues in monkey urine by ELISA. Journal Agric. Food Chem. 42(2) : 316-319.

Fernandes, T.C.C., D.E.C. Mazzeo, M.A. Marin-Morales. 2007. Mechanism of micronuclei formation in polyploidizated cells of *Allium cepa* L. exposed to trifuralin herbicide. Pesticide Biochemistry and Physiology. 88 (2007) 252-259.

Fiskesjo, G., 1985. The Allium test as a standard in environmental monitoring. hereditas 102, 99-112.

Gabara, B., Krajewska, M. and Stecka, E. 1995. Calcium effect on number, dimension and activity of nucleoli in cortex cells of pea (*Pisum sutivum* L.) roots after treatment with heavy metals. Plant Science 111 : 153-161.

Grant, W.F. and E.T. Owens. 2001. Chromosome aberration assays in pisum for the study of environmental mutagens. Mutation Research. 488 : 93-118

Granier, C., Cookson, S.J., Tardieu, F., Muller, B., 2007. Cell cycle and environmental stresses. Ann. Plant Rev. 32, 336-355.

Havey, M.J., 2002. Genome organization in allium. In: Rabinowitch, H.D., Currah, L. (Eds.), Allium Crop Science. Recent Advances. CABI Publishing, United Kingdom, pp. 59-79

Khan, Y.H. and Harris, F. R. 1993. Microbial populations as a function of herbicide nature, concentration, orgarnic matter and soil zones. Journal Agric. 9 (1) : 95-104.

Khan., A.A. 1982. The physiology and biochemistry of seed development. Dormancy and Germination. Elsevier Biomedical Press, Amsterdam. Gibberellins and seed development, pp. 111-131.

Klingman. G.C. and F.M. Ashton. 1982. Weed science principles and practices 2nd ed. John Wiley & Sons, New York, NY, USA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Laskowski, D.A. 1992. EPA guideline for environmental fate study meaningful data for accessing exposure to pesticide, pp. 117-128. In Arochemical Environmental Fate : State of Art. CRS Press, New York, USA.

Leonard, R.A. 1990. Movement of pesticides into surface waters. p. 303-349. In H.H. Cheng (ed). Pesticides in the soil environment : Processes, impacts and modeling. Number 2. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin.

Macomber, C., Bushway, R. J., Perkins, L. B., Baker, D., Fan, T.S. and Ferguson, B.S. 1992. Determination of the ethanesulfonate metabolite of alachlor in water by high-performance liquid chromatography. Journal Agric. Food Chem. 40 (8) : 1450-1452.

Marcano, L., I. Carruyo, A. Del Campo, and X. Montielb. 2004. Cytotoxicity and mode of action of maleic hydrazide in root tips of *Allium cepa* L. Environmental Research 94 (2004) 221–226

Madhum, Y.A. and V.H. Freed. 1990. Chapter 12 : Impact of pesticides on the environment. P. 429-466. In H.H. Cheng (ed). Pesticides in the soil environment : Processes, impacts, and modeling. Soil Society of America, Inc. Wisconsin.

Meister, R.T. 1994. Farm chemicals handbook' 94. Volume 80. Meister Puhlishing Company. Willoughby, Ohio.

Muzik, T.J. 1976. Influence of environmental factors on toxicity to plant. 203-247. In Audus, L.J. (ed.). Herbicides : Physiology, Biochemistry, Ecology. Vol. 2. 2nd ed. London : Acdemic Press.

Negre, M., Gennari, M., Raimondo, E., Celi, L., Trevisan, M. and Capri, E. 1992. Alachlor dissipation in soil as influenced by formulation and soil moisture. Journal Agric. Food Chem. 40 (6) : 1071-1075.

Pothuluri, J. V., Freeman, J. P., Evana, F. E., Moorman, T. B. and Cerniglia, C. E. 1993. Metabolism of alachlor by the fungus *Cunnighamells elegans*. Journal Agric. Food Chem. 41(3) : 483-488.

Radic, S., Prolic, M., Pavlicab, M. and Pevalek-Kozlinaa, B. 2005. Cytogenetic effect of osmotic stress on the root meristem cell of *Centauren regusina* L. Environmental and Experimantal Botany 54 : 213-218.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ranen, P.H., Evert, RF. And SE Eichhorn. 2005. Biology of plants. W.H. Freeman and Company Publishers. New York.

Robert, H.A. (ed.) 1982. Weed control handbook : principles. 7th ed. Melbourne : Blackwell Scientific Publicatioons.

Singh, D.U., Setunathan, N. and Raghu, K. 1991. Fungal degradation of pesticide. Marcel Dekker, Inc. New York. 541-577 p.

Smith, A.E. 1995. Handbook of weed management systems. Marcel Dekker, Inc. New York. 741 p.

Srivastava, K. and K.K. Mishra. 2009. Cytogenetic effects of commercially formulated atrazine on the somatic cells of *Allium cepa* and *Vicia faba*. Pesticicide Biochemistry and Physiology 93 : 8-12

Sumner, A.T., 2003. Chromosomes organization and function. Blackwell Publishing, North Berwick, United Kingdom.

Swarbrick, J.T. and B.L. Mercado. 1987. Weed science and weed control in southeast asia. FAO : Rome. (SB613 S92 1987)

Tiedje, J. M. and Hagedorn, M. L. 1975. Degradation of alachlor by a soil fungus, *chaetomium globosum*. Journal Agric. Food Chem. 23 (1) : 77-81.

Warren, G.F. and F.D. Hess. 1993. Classification of herbicides. pp. 63-66. *In* S.C. Weller et al. (eds.). Herbicide Action No. 1. Purdue University, West Lafayette, IN.

Worthing, C.R. 1991. The pesticide manual. 9 th edition. The British Crop Protection Council. UK. 13-14, 643.

WSSA. 1983. Herbicide handbook. Weed Science Society of America. Illinois, USA. 515 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้