

ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชไกลโฟเสตในเซลล์รากหอม
Cytotoxicity of Glyphosate to Onion Root Cell (*Allium cepa* var. *cepa* L.)

วีระเกียรติ ทรัพย์มี^{1/}

Verakiat Sup-mee^{1/}

จุฑามาศ ศุภพันธ์^{2/}

Jutamas Suppapan^{2/}

ABSTRACT

The effects of glyphosate in *Allium cepa* var. *cepa* L. (onion) using Anaphase - Telophase Chromosome Aberration Assay were studied at the Rajamangkala Institute Nakornsrihammarat Campus, Department of General Education, Thung Song district Nakhon Si Thammarat province. There were 2 experiments, the exploratory testing using glyphosate concentrations at 0.3 and 0.6 ppm and the full scale test using glyphosate concentrations at 0.1 and 0.2 ppm. Onions were treated for 72 hours, after which the mitotic index and chromosome aberrations were examined in the root tips. The resulted showed that glyphosate compound did not affect the chromosome aberration in exploratory test but it did show an effect in the full scale test. Chromosome structure aberrations (chromosome bridge, micro-nucleus and broken spindle fiber) were induced at 0.1 ppm. The mitotic index was changed and a different control was used for both experiments. This study indicated that glyphosate were more affected in mitotic index than the chromosome aberration. Therefore, conclusion was made from the experiment that glyphosate should be used carefully and the plant should not directly touch.

Key words : *Allium cepa*, chromosome, glyphosate

^{1/} สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช คณะวิทยาศาสตร์ อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช 80110

^{1/} Rajamangkala Institute Nakornsrihammarat Campus, Department of General Education, Thung Song district, Nakhon Si Thammarat province 80110

^{2/} สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช คณะวิทยาศาสตร์ อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช 80110

^{2/} Rajamangkala Institute, Nakornsrihammarat Campus, Department of Plant Science, Thung Song district, Nakhon Si Thammarat province 80110

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของสารกำจัดวัชพืชต่อหัวหอม (*Allium cepa* var. *cepa* L.) โดยใช้วิธี Anaphase - Telophase Chromosome Aberration Assay ที่สถาบันราชมนฑล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช แบ่งเป็น 2 การทดลอง คือการทดลองเบื้องต้นที่ความเข้มข้น 0.3 และ 0.6 ppm และการทดลอง full scale test ที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.2 ppm เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 72 ชม. แล้วนำมาศึกษาไมโทติกอินดิเคอร์ และความเสียหายของโครโมโซม โดยใช้เซลล์บริเวณปลายราก ผลการทดลองพบว่า สารประกอบไกลโฟเสตไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครโมโซมในการทดลองเบื้องต้น แต่มีผลในการทดลอง full scale test โดยพบการเปลี่ยนแปลงชนิด chromosome bridge, micronucleus และเส้นใยสปินเดิลเสียหาย ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm และยังพบว่าสารกำจัดวัชพืชไกลโฟเสตมีผลต่อไมโทติกอินดิเคอร์ โดยในทุกการทดลองแตกต่างไปจากการทดลองควบคุม การทดลองบ่งชี้ว่าสารกำจัดวัชพืชไกลโฟเสตมีผลต่อไมโทติกอินดิเคอร์มากกว่าการเปลี่ยนแปลงโครโมโซม ดังนั้น ในการใช้สารควรใช้อย่างระมัดระวัง และหลีกเลี่ยงการให้สารสัมผัสพืชปลูกโดยตรง

คำหลัก : หอมหัวใหญ่ โครโมโซม ไกลโฟเสต

คำนำ

มีการใช้สารกำจัดวัชพืชในการเพาะปลูกอย่างแพร่หลายทั้งในพืชสวนและพืชไร่ เพื่อให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น แต่สารกำจัดวัชพืชหลายชนิดมีผลกระทบต่อผู้ใช้สาร ผู้บริโภค ผลผลิต รวมทั้งสิ่งแวดล้อม

ไกลโฟเสต (glyphosate) เป็นสารกำจัดวัชพืชพวก isopropylamine ammonium salt ชื่อทางเคมีคือ N-(phosphonomethyl) glycine มีสูตรเคมีเป็น $C_6H_{17}N_2O_5P$ ผลิตครั้งแรกในประเทศอเมริกาโดยบริษัทมอนซานโต โดยใช้ชื่อทางการค้า Roundup ใช้พ่นทางใบชนิดดูดซึม ไม่เลือกทำลายโดยผ่านทางผนังขี้ผึ้งเคลือบผิวใบ (cuticle) ใช้ได้ทั้งวัชพืชล้มลุกและวัชพืชข้ามปี โดยหลังจากพืชได้รับสารภายใน 4 - 7 วันจะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตในทันที ในวัชพืชวงศ์หญ้าที่อ่อนแอจะแสดงอาการได้รับพิษภายใน 10 - 20 วัน ซึ่งจะมีอาการใบเหลืองซีด (chlorosis) และไหม้เป็นสีน้ำตาล (necrosis) นับเป็นสารกำจัดวัชพืชที่นิยมใช้ในหมู่เกษตรกร (ทรงยศ, 2544; ทศพล, 2545 ; Vencill, 2002) แต่ไกลโฟเสตที่วางจำหน่ายในท้องตลาดส่วนใหญ่เป็นสูตรผสม แล้วแต่สูตรของแต่ละบริษัทที่ผลิต ซึ่งมีชื่อเรียกแต่ละบริษัท เช่น Roundup Pondmaster ซึ่งไม่ซ้ำกัน พิษของไกลโฟเสตนอกจากมีผลต่อวัชพืชแล้วยังมีผลต่อผู้ได้รับสารด้วย เช่น ทำให้ระคายเคืองผิวหนัง ตา มีผลต่อระบบทางเดินหายใจ ความดันเลือด และทางเดินอาหารรวมถึงยังสะสมในร่างกายด้วย แต่ความเป็นพิษในระดับเซลล์ (cytotoxic) ยังมีการศึกษากันน้อย โดยทั่วไปการสังเกตพฤติกรรมของโครโมโซมที่นิยมศึกษามี 4 ระยะ คือ ระยะโปรเฟส (prophase) เป็นระยะที่เริ่มมองเห็นรูปร่างของโครโมโซม ระยะเมตาเฟส (metaphase) จะมองเห็นโครโมโซมเรียงตัวอยู่ตรงกึ่งกลางเซลล์เนื่องจากมีเส้นใยสปินเดิล (spindle fiber) ยึดระหว่างจุดเซนโตรเมียร์ (centromere) กับจุดเซนตริโอล (centriole) เพื่อดึงโครโมโซม

เข้าสู่ช่วงเซลล์ในระยะแอนาเฟส (anaphase) และแบ่งออกเป็นสองเซลล์ในระยะเทโลเฟส (telophase) (Peter,1996) ซึ่งวิธีการตรวจสอบความผิดปกติระดับเซลล์ที่ยอมรับกันคือศึกษาในระยะแอนาเฟสและเทโลเฟส เนื่องจากสังเกตได้ง่าย เช่น ศึกษาการเคลื่อนตัวของโครโมโซมเข้าสู่ช่วงเซลล์ หรือขนาดของเซลล์ที่แบ่งตัวเสร็จสิ้นในระยะเทโลเฟสเป็นต้น จากการศึกษาของ Rank และคณะ (1993) ถึงผลของ Roundup ต่อการเกิดการเปลี่ยนแปลงโครโมโซมในระยะแอนาเฟส - เทโลเฟส ในเซลล์รากหอมพบว่า Roundup ให้ผลแตกต่างกับไกลโฟเสตที่ใช้ในห้องปฏิบัติการโดย Roundup สร้างความเสียหายได้มากกว่าถึง 5 เท่า โดยไปรบกวนการทำงานของเส้นใยสปินเดิล ทำให้โครโมโซมไม่เคลื่อนเข้าสู่ช่วงเซลล์ สำหรับรากหอม นั้น เป็นพืชที่นิยมใช้ในการทดสอบความเป็นพิษในระดับเซลล์ เนื่องจากเป็นพืชที่ไวต่อสารละลายพันธุ์ หาได้ง่าย และมีขั้นตอนในการศึกษาโครโมโซมไม่ซับซ้อน (Fiskesjoe, 1995 ; Grant, 1994) จึงเหมาะสำหรับเป็นตัวทดสอบในครั้งนี้

การทดลองครั้งนี้ใช้สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเสต ที่มีชื่อการค้า Roundup ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้มข้นของสารกำจัดวัชพืชไกลโฟ

เสตที่ชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมโดยใช้วิธี Anaphase - Telophase Chromosome Aberration Assay และผลต่อไมโทติกอินเด็กซ์ (mitotic index) ของเซลล์รากหอม คาดว่าผลการทดลองน่าจะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพิจารณาใช้สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเสตในระดับปฏิบัติต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

นำหัวหอมมาเพาะราก โดยนำมาวางบนแผ่นวางหลอดทดลองซึ่งวางในอ่างน้ำ ใส่ น้ำให้ท่วมส่วนล่างของหัวหอม เมื่อครบ 2 วันหลังจากเพาะรากนำหัวหอมที่มีรากงอกมาทดสอบเบื้องต้น (exploratory test) เพื่อหาความเข้มข้นเริ่มต้นที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยใช้ความเข้มข้นของ Roundup [(N-(phosphonomethyl) glycine Isopropylamine salt 16 % w/v SL acid equivalent, N- (phosphonomethyl) glycine 120 g / ml)] ที่ความเข้มข้น 0.3 ppm และ 0.6 ppm (ดัดแปลงจาก Rank and Nielsen,1998) เปลี่ยนน้ำที่ใช้เพาะทุกวันโดยเพาะเป็นเวลา 5 วัน เมื่อครบกำหนดนำรากหอมมาศึกษาไมโทติกอินเด็กซ์ โดยนับจำนวนเซลล์ที่อยู่ในระยะอินเตอร์เฟส โพรเฟส เมตาเฟส แอนาเฟส และเทโลเฟส หัวละประมาณ 1,000 เซลล์แล้วนำมาคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ไมโทติกอินเด็กซ์ดังนี้

$$\% \text{ไมโทติกอินเด็กซ์} = \frac{\text{จำนวนระยะโปรเฟส เมตาเฟส แอนาเฟส เทโลเฟส}}{\text{จำนวนเซลล์ทั้งหมด}} \times 100$$

และศึกษาความเสียหายของโครโมโซมโดยวิธี Anaphase - Telophase Chromosome Aberration Assay ตามวิธีของ Rank และ Nielsen

(1998) โดยใช้หัวละประมาณ 100 เซลล์ ถ่ายรูปเซลล์ที่กำลังขยายเลนส์วัตถุ 40 เท่า บันทึกผลเป็นเปอร์เซ็นต์เซลล์เสียหายที่สำรวจในแต่ละหัว

นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย เป็นรายคู่ เมื่อพบว่ามีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ค่าสถิติ least significant difference (LSD) เป็นค่าทดสอบ เทียบกับผลต่างค่าเฉลี่ยของการทดลองที่ระดับ นัยสำคัญ 0.05 ตามวิธีของ Zar (1996) เมื่อได้ ความเข้มข้นเริ่มต้นที่มีการเปลี่ยนแปลงทำการ ทดสอบอย่างละเอียด (full scale test) โดยแบ่ง ความเข้มข้นให้ต่ำลงอีก 2 ความเข้มข้นและ ทำการทดลองแบบเดียวกับการทดลองเบื้องต้น

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาไมโทติคอินเด็กซ์

ในการทดลองเบื้องต้นพบระยะต่าง ๆ ดังนี้ อินเตอร์เฟส โพรเฟส เมตาเฟส แอแนเฟส และเทโลเฟส (Figure 1) โดยที่ชุดควบคุมมีการ แบ่งเซลล์สูงสุดเท่ากับ 4.79 ± 0.59 % ความเข้มข้น 0.3 ppm มีค่า 0.85 ± 0.15 % และ ความเข้มข้น 0.6 ppm มีค่า 0.80 ± 0.25 % ตาม ลำดับ (Figure 2) วิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับนัย สำคัญ 0.05 พบว่ามีความแตกต่าง เมื่อเปรียบ เทียบเป็นรายคู่พบว่า ชุดควบคุมมีความแตกต่าง จากความเข้มข้น 0.3 และ 0.6 ppm ส่วนความเข้มข้น 0.3 ppm เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้น 0.6 ppm ไม่มีความแตกต่างกัน

ในการทดลอง full scale test พบว่าชุด ควบคุมมีการแบ่งเซลล์สูงสุดเท่ากับ 5.76 ± 0.21 % ความเข้มข้น 0.1 ppm มีค่า 0.79 ± 0.06 % และความเข้มข้น 0.2 ppm มีค่า 0.55 ± 0.11 % ตามลำดับ (Figure 3) วิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับ

นัยสำคัญ 0.05 พบว่ามีความแตกต่างเมื่อเปรียบ เทียบเป็นรายคู่พบว่าชุดควบคุมมีความแตกต่าง จากความเข้มข้น 0.1 และ 0.2 ppm สำหรับ ความเข้มข้น 0.1 และ 0.2 ppm ไม่มีความ แตกต่างกัน

การทดลองเบื้องต้นพบว่า ที่ความเข้มข้น 0.3 และ 0.6 ppm มีเปอร์เซ็นต์ไมโทติคอินเด็กซ์ ต่ำกว่าชุดควบคุม เมื่อทำการทดลอง full scale test ที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.2 ppm ก็ให้ ผลเช่นเดียวกับการทดลองเบื้องต้น แสดงว่า สารประกอบไกลโฟเสต มีผลยับยั้งการแบ่งเซลล์ สอดคล้องกับรายงานของ Rank และคณะ (1993) ได้ทดลองผลของ Roundup ต่อการเปลี่ยนแปลง โครโมโซมเปรียบเทียบกับไกลโฟเสตที่ใช้ในห้อง ปฏิบัติการโดยใช้วิธี Allium anaphase - telo- phase test ที่ความเข้มข้น 1.44 และ 2.88 ppm พบว่า Roundup ก่อให้เกิดความเสียหายมาก กว่าถึง 5 เท่า โดยจะไปทำลายเส้นใยสปินเดิล ทำให้โครโมโซมไม่เข้าสู่ช่วงเซลล์ การแบ่งตัวของ เซลล์จึงผิดปกติ สำหรับการทดลองครั้งนี้ใช้สาร กำจัดวัชพืชไกลโฟเสตชนิดอื่นก็ให้ผลเช่นเดียว กับการทดลองของ Rank แม้ว่าจะใช้ความเข้ม ข้นต่ำลงก็ตาม นอกจากนี้การทดลองของ Kooffreh (1999) พบว่า สารกำจัดวัชพืชไกลโฟ เสตมีผลต่อการแบ่งเซลล์ของรากหอมโดยที่ ระดับความเข้มข้น 1 ppm จะไปรบกวนการ ทำงานของเส้นใยสปินเดิลเช่นเดียวกัน และ พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นไปอีกความเสียหายก็ จะเกิดขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นในการทดลองครั้งต่อ ไปควรทำการทดลองในความเข้มข้นที่ต่ำกว่า 0.1 ppm ลงไปอีก

2. การศึกษา Anaphase - Telophase Chromosome Aberration Assay

การทดลองเบื้องต้นพบความเสียหายของโครโมโซมระยะแอนาเฟสและเทโลเฟสดังนี้ เส้นใยสปินเดิลถูกทำลาย chromosome bridges และ micronucleus (Figure 4) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เซลล์เสียหาย คือ ชุดควบคุมมีค่า 3.16 ± 0.97 % ความเข้มข้น 0.3 ppm มีค่า 3.46 ± 0.84 % และความเข้มข้น 0.6 ppm มีค่า 5.34 ± 0.90 % ตามลำดับ (Figure 5) วิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า ทั้งชุดควบคุม ความเข้มข้น 0.3 ppm และความเข้มข้น 0.6 ppm ไม่มีความแตกต่างกัน

ในการทดลอง full scale test มีเปอร์เซ็นต์เซลล์เสียหาย คือ ชุดควบคุมมีค่า 1.77 ± 1.33 % ความเข้มข้น 0.1 ppm มีค่า 13.89 ± 3.60 % และความเข้มข้น 0.2 ppm มีค่า 6.31 ± 1.43 % ตามลำดับ (Figure 6) วิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ พบว่าชุดควบคุมแตกต่างกับความเข้มข้น 0.1 ppm แต่ไม่แตกต่างกับความเข้มข้น 0.2 ppm และความเข้มข้น 0.1 กับ 0.2 ppm มีความแตกต่างกัน

การทดลองครั้งนี้พบว่าในการทดลองเบื้องต้น ไม่พบความเสียหายที่ต่างไปจากชุดควบคุม แต่ในการทดลอง full scale test พบว่าที่ความเข้มข้น 0.1 ppm ก่อให้เกิดความเสียหาย แต่ที่ 0.2 ppm ไม่ก่อให้เกิดความเสียหาย จะเห็นได้ว่าที่ความเข้มข้นต่ำก่อให้เกิดความเสียหายแต่ที่ความเข้มข้นสูงไม่ก่อให้เกิดความเสียหาย ตรง

ข้ามกับการทดลองของ Kooffreh (1999) ได้ทดลองสารไกลโฟเสตในระดับความเข้มข้น 1, 5, 10, 50, และ 100 ppm ซึ่งความเข้มข้นสูงกว่าในการทดลองครั้งนี้ ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซม ทำให้โครโมโซมแตกหักและ chromosome bridges เป็นที่น่าสังเกตว่าในทุกความเข้มข้นจากการทดลองครั้งนี้มีจำนวนเซลล์ค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เป็นผลมาจากมีเปอร์เซ็นต์ไมโทติกอินเด็กซ์น้อยเมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ จึงทำให้ค่าไม่มีความแตกต่าง แสดงว่าสารกำจัดวัชพืชไกลโฟเสตน่าจะมีผลต่อการแบ่งเซลล์มากกว่าทำให้เซลล์เสียหาย อย่างไรก็ตามจากรายงานของ Rank และคณะ (1993) พบว่าไกลโฟเสตที่ความเข้มข้น 1.44 และ 2.88 ppm ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครโมโซม แต่สารที่ใช้ทดลองเป็นไกลโฟเสตที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ นอกจากไกลโฟเสตจะมีผลต่อรากทอมแล้วยังมีผลในระดับยีนต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ได้แก่การทดลองของ Kale (1995) พบว่า Roundup และ Pondmaster ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของยีนบนโครโมโซมเพศ (X - linked) และทำให้เกิดยีนด้อยมรณะ (recessive lethal gene) เพิ่มขึ้นในแมลงวันผลไม้ (fruit flies) สำหรับไกลโฟเสตยังส่งผลต่อเซลล์มนุษย์ด้วยได้แก่การทดลองของ Vigfusson (1990) ศึกษาผลของ Roundup ต่อการแลกเปลี่ยนซิสเตอร์โครมาติด (sister chromatid exchanges) ในเซลล์เม็ดเลือดขาวของมนุษย์ ที่เพาะเลี้ยงในหลอดทดลอง พบว่า ความเข้มข้นที่สูงเกินกว่าที่ใช้ในการเกษตรก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนซิสเตอร์ โครมาติดเพิ่มขึ้น ผลของความเสียหายของโครโมโซม อาจให้ผลไม่แน่นอน

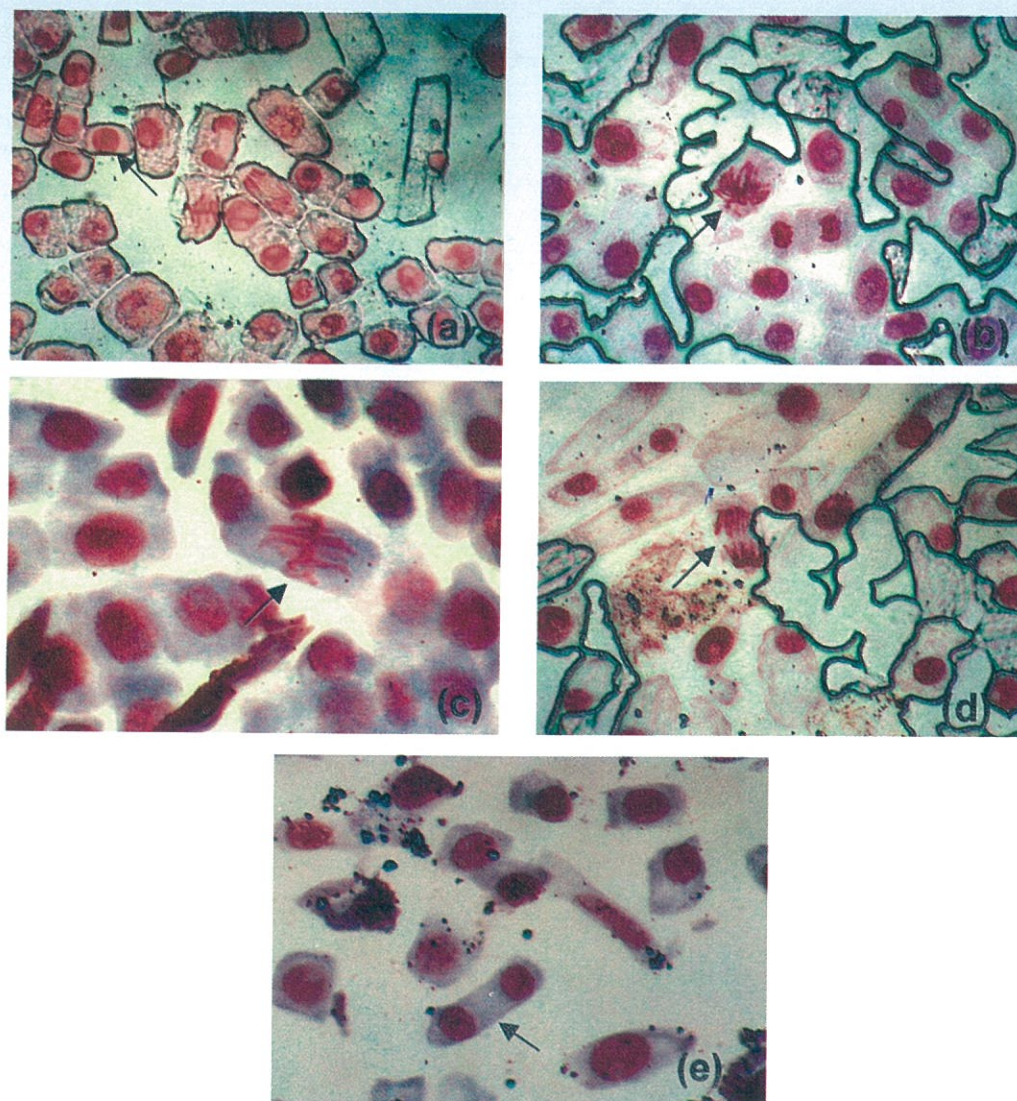


Figure 1. Stage of mitotic division

(a) Interphase (b) Prophase (c) Metaphase (d) Anaphase (e) Telophase

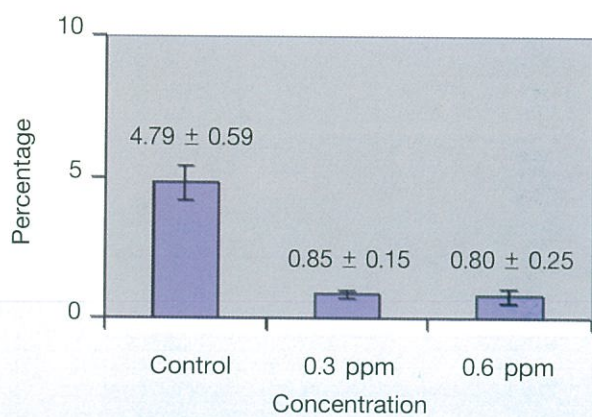


Figure 2. Percentage of mitotic index in exploratory test (mean ± SE, n = 5)

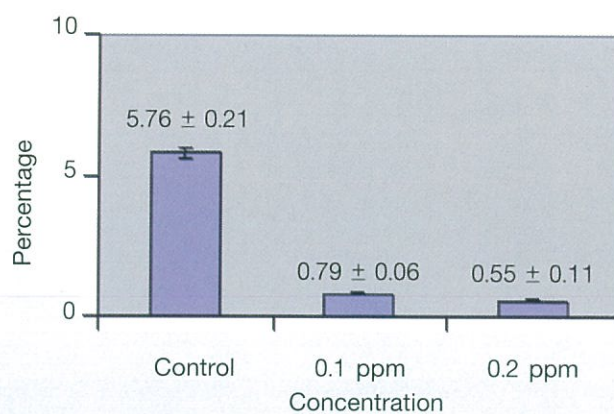


Figure 3. Percentage of mitotic index in full scale test (mean ± SE, n = 5)

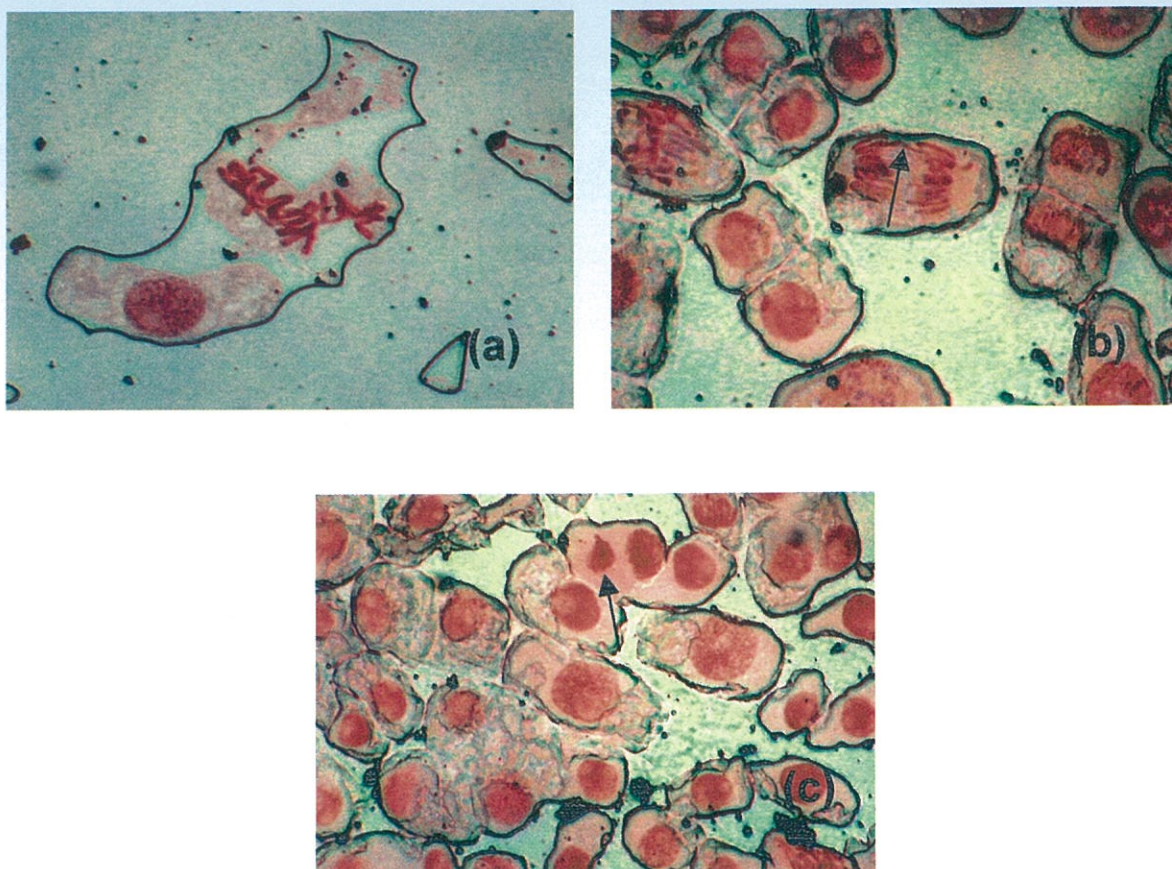


Figure 4. Cell aberration

(a) Broken spindle fiber (b) Chromosome bridge (c) Micronucleus

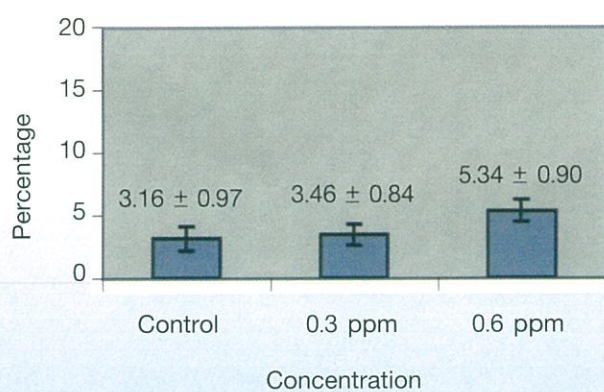


Figure 5. Percentage of mitotic index in exploratory test (mean ± SE, n = 5)

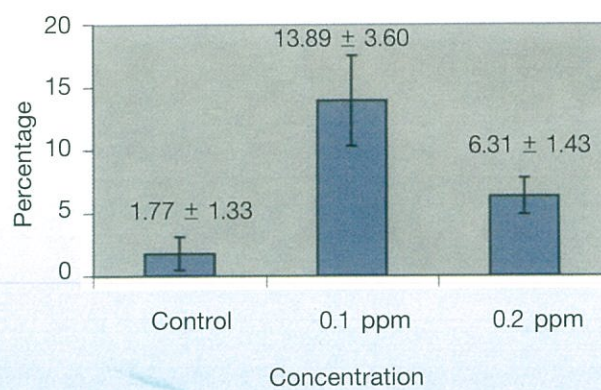


Figure 6. Percentage of mitotic index in full scale test (mean ± SE, n = 5)

เนื่องจากมีจำนวนเซลล์ในระยะที่ต้องการศึกษาน้อย จึงควรทำการศึกษาในความเข้มข้นที่ต่ำลงอีกเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดยิ่งขึ้น

3. การพิจารณานำไปใช้ในทางปฏิบัติ

สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเสตแต่ละความเข้มข้นที่ใช้เพาะเลี้ยงรากหอมโดยการสัมผัสกับรากโดยตรง มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับเซลล์โดยเฉพาะการแบ่งเซลล์ แต่ในทางปฏิบัติพืชปลูกจะไม่สามารถได้รับสารโดยตรง เนื่องจากสารแพร่ผ่านชั้นของดินก่อน มีบางส่วนเท่านั้นที่สัมผัสกับรากพืช สำหรับในกรณีการฉีดพ่นทางใบพืช จะมีโอกาสได้รับสารได้โดยตรงกว่า จึงควรใช้ในความเข้มข้นที่พอเหมาะ จะเห็นได้ว่าการใช้สารไกลโฟเสตที่ความเข้มข้นไม่ว่ามากหรือน้อย ย่อมเกิดผลต่อเซลล์หรือผิวที่สัมผัส ดังนั้นการใช้สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเสตต้องระมัดระวังอย่าให้สารสัมผัสกับผิวพืชปลูกโดยตรง ควรใช้สารเคมีในกรณีที่จำเป็นเท่านั้น เนื่องจากการทดลองครั้งนี้จะเห็นว่าความเข้มข้นเพียงแค่ว่า 0.1 ppm ก็ส่งผลต่อการแบ่งเซลล์ ขณะที่ฉลากแนะนำข้างขวดให้ใช้มีความเข้มข้นมากกว่า 0.1 ppm ก็ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงในระดับเซลล์

สรุปผลการทดลอง

1. สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเสต ความเข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.6 ppm มีผลต่อการแบ่งเซลล์ของรากหอมเมื่อเทียบกับชุดควบคุมโดยการทดลองชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์ไมโทติกอันเด็กซ์สูงกว่าทุกความเข้มข้น

2. สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเสตที่ความเข้มข้น 0.2, 0.3 และ 0.6 ppm ไม่ก่อให้เกิด

ความผิดปกติของโครโมโซมในระยะแอนาเฟสและเทโลเฟส แต่ที่ 0.1 ppm ก่อให้เกิดความผิดปกติ สาเหตุที่ความเข้มข้นสูงไม่ก่อให้เกิดความผิดปกติ น่าจะมาจากมีการแบ่งเซลล์น้อย จึงไม่ค่อยพบโครโมโซมในระยะแอนาเฟสและเทโลเฟส

3. สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเสตมีผลทำให้เซลล์แบ่งตัวช้าลง สามารถบ่งบอกได้ว่าการใช้สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเสตมีผลต่อผิวสัมผัสที่ได้รับสารโดยตรง สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยการกำจัดวัชพืชโดยวิธีการเชตกรรม หรือวิธีทางชีววิธี

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช ที่ได้ให้เงินทุนอุดหนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณผลประโยชน์ปี 2546

เอกสารอ้างอิง

ทรงยศ ดันพิพัฒน์. 2544. อิทธิพลของระยะการเติบโตต่อประสิทธิภาพสาร glyphosate ในการควบคุมหญ้าข้าวนก. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*. 19 (1) : 7 - 16.

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

Fiskesjoe, G. 1995. Allium test. *In Vitro Toxicity Testing Protocols*. 43 : 119 - 128.

Grant, W.F. 1994. The present status of higher plant bioassays for the detection of environmental mutagens. *Mutation Res.* 310 (2) : 175 - 185.

- Kale, P. 1995. Mutagenicity testing of nine herbicides and pesticides currently used in agriculture. *Environ. Mol. Mutagen.* 25 : 148 - 153 .
- Kooffreh, M. 1999. Cytogenetic effects of glyphosate and 2 : 1 metolachlor : atrazine on root tips of *Allium cepa*. *Global Journal of Pure and Applied Sciences.* 5(3) : 317 - 321.
- Peter, J.R. 1996. Genetics. Harper Collins Publishers, New York. 784 p.
- Rank, J., Jesen, A., Skov,B., Pedersen, L. and K. Jensen. 1993. Genotoxicity testing of the herbicide Roundup and its active ingredient glyphosate isopropy- lamine using the mouse bone marrow micronucleus test, Samonella mutagenicity test and *Allium* anaphase - telophase test. *Mutation. Res.* 300 (1) : 29 - 36.
- Rank, J. and M.H. Nielsen. 1998. Genotoxicity testing of wastewater sludge using the *Allium cepa* anaphase - telephase chromosome aberration assay. *Mutation. Res.* 418 (2) : 113 -119.
- Vencill, W.K.2002. Herbicide Handbook. Weed Science Society of America, Lawrence,U.S.A. 490 p.
- Vigfusson, N.V. and E.R. Vyse, 1990. The effect of the pesticides, Dexon, Cap- tan, and Roundup, on sister - chro- matid exchanges in human lympho- cytes in vitro. *Mutation. Res.* 79 (1) : 53 - 57.
- Zar, J.H.1996. Biostatistical Analysis. Prentice - Hall, New Jersey. 662 p.