ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250497

รายงานการวิจัย

เรื่อง การคัดกรองชนิดพืชและการประเมินความเป็นพิษของสารสกัดสะเดาต่อความผิดปกติของสารพันธุกรรมพืช

Plant species screening and genotoxicity assessment of neem extract

ผู้วิจัย ผศ.วิมล ขวัญเกื้อ และ นางสาวนงนุช กำลังแพทย์

Assist. Prof. Wimol Kwankua and Miss. Nongnuch Gumlungpat

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีที่ดำเนินการเสร็จ 2552

b00256469

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250497

รายงานการวิจัย

เรื่อง การคัดกรองชนิดพืชและการประเมินความเป็นพิษของสารสกัดสะเดาต่อความผิดปกติของสารพันธุกรรมพืช

Plant species screening and genotoxicity assessment of neem extract

ผู้วิจัย ผศ.วิมล ขวัญเกื้อ และ นางสาวนงนุช กำลังแพทย์

Assist. Prof. Wimol Kwankua and Miss. Nongnuch Gumlungpat

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีที่ดำเนินการเสร็จ 2552

รายงานการวิจัย

เรื่อง การคัดกรองชนิดพืชและการประเมินความเป็นพิษของสารสกัดสะเดาต่อความผิดปกติของสารพันธุกรรมพืช

(Plant species screening and genotoxicity assessment of neem extract)

ผู้วิจัย : ผศ.วิมล ขวัญเกื้อ และ นางสาวนงนุช กำลังแพทย์

Assist. Prof. Wimol Kwankua and Miss. Nongnuch Gumlungpat

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีที่ดำเนินการเสร็จ 2552

คำนำ

สืบเนื่องจากปัญหามลพิษในสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบ ๆ ตัวมนุษย์ทั้งในอากาศ ในดิน และในน้ำ ซึ่งจัดได้ว่าเป็นปัญหาที่ใหญ่ยิ่งและทวีความรุนแรงมากขึ้นในปัจจุบัน ปัญหาดังกล่าวนี้เกิดขึ้นทั้งในประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น อเมริกา และประเทศที่กำลังพัฒนา เช่นประเทศไทย สาเหตุหลักของการเพิ่มมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมมาจากกิจกรรมของมนุษย์ทั้งสิ้น ยิ่งการเพิ่มจำนวนของมนุษย์มีมากขึ้น ผลพวงจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ก่อมลพิษก็ย่อมมีมากขึ้นด้วย สารพิษกลุ่มที่ก่อให้เกิดปัญหาและเป็นสารที่กำจัดได้ยาก คือประเภทโลหะหนัก เช่น นิเกล (Ni) ทองแดง (Cu) แคดเมียม (Cd) และตะกั่ว (Pb) สารพิษส่วนใหญ่พบได้จากแบตเตอรี่รถยนต์ ถ่านไฟฉาย อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นแบตเตอรี่เช่น โทรศัพท์มือถือ เครื่องเล่นเกมส์ ของเล่นเด็ก สิ่งเหล่านี้เมื่อหมดอายุใช้งานจะถูกทิ้งจากบ้านเรือนมาอยู่ในรูปของขยะ ซึ่งจะถูกรวบรวมไปกองไว้เพื่อการกำจัด หรือถูกนำไปกลบฝังและสุดท้ายก็ถูกชะล้างลงสู่ดิน แหล่งน้ำหรือสารบางประเภทอาจระเหยสู่อากาศ

นอกจากจะแฝงมากับขยะแล้วสารพิษกลุ่มโลหะหนักยังได้มาจากกิจกรรมด้านการเกษตร เช่นได้จากปุ๋ยฟอสเฟต สารปราบศัตรูพืช และยาฆ่าแมลง กิจกรรมด้านอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมผลิตตะกั่ว สังกะสี พลาสติก เม็ดสี โลหะเคลือบ และเศษเหล็ก ตลอดจนกิจกรรมด้านคมนาคมเช่น รถยนต์ รถบรรทุกและรถโดยสารเป็นต้น (พงศักดิ์ หนูพันธ์, Fusconi *et.al* 2006)

สารพิษในสิ่งแวดล้อมดังกล่าวมีโอกาสเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ทั้งโดยทางตรง และทางอ้อมโดยไม่อาจหลีกเลี่ยง เช่นหายใจเอาฝุ่นผงจากโรงงานสิ่งทอ ได้รับแคดเมียม สารตะกั่ว หรือปรอทที่ปนเปื้อนมาจากการสัมผัสหรือจากอาหาร ทำให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพและอาจพัฒนาจนถึงขั้นเป็นโรคร้ายแรงเช่นมะเร็ง และมีรายงานว่าเด็กจะมีโอกาสเกิดความผิดปกติมากกว่าผู้ใหญ่ เช่น การได้รับสารตะกั่วในเด็กจะมีผลต่อระดับสติปัญญา (IQ) ระดับการได้ยินลดลง เกิดภาวะโลหิตจาง และระบบประสาทมีปัญหาและหากมีการสะสมของตะกั่วในปริมาณมากอาจทำให้มีอันตรายถึงชีวิต (Gooneratne and Pasco 2006)

จากผลการวิจัยบ่งชี้ว่าสารพิษจะมีผลต่อสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต เช่น ทำให้เกิดความผิดปกติ หรือแตกหักเสียหาย หรือเกิดการกลายพันธุ์ของยีนทั้งในสัตว์ทดลอง เช่น หนู ปลา แม้แต่ในคน และในเซลล์ที่เพาะเลี้ยง (Ciranni *et. al* 1995, Cavas and Gozukara 2003, Hongping et.al 2006, Lu *et. al* 2004) ดังนั้นการตรวจหาความผิดปกติของสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตก็จะสามารถบ่งบอกความเป็นพิษของสารที่ได้รับมาได้และยิ่งไปกว่านั้นยังพบอีกว่า การใช้พืชเป็นตัวทดสอบความเป็นพิษต่อสารพันธุกรรมจะให้ผลในทิศทางเดียวกับการตรวจสอบโดยสัตว์ทดลอง (Fusconi *et al.*, 2006) จึงมีผู้นำพืชหลายชนิด เช่น หอม กระเทียม ถั่วลันเตา ข้าวโพด ข้าว และข้าวบาเลย์มาใช้ในการตรวจสอบได้สำเร็จ และสามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวางเช่นใช้ตรวจสอบมลพิษ ในน้ำ ในดิน และในอากาศ อนึ่งการคัดเลือกชนิดพืชมาใช้ในการตรวจสอบนั้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับงบประมาณอุดหนุนจากรัฐบาลโดยผ่านการดำเนินงานของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากรในปีงบประมาณ 2550 ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณคณะกรรมการสถาบันวิจัยและพัฒนาและผู้ที่เกี่ยวข้องที่เอื้ออำนวยให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงได้ตามกำหนดเวลา

ขอขอบคุณภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรที่อนุญาตให้ใช้ห้องวิจัย ครุภัณฑ์ที่จำเป็นและสิ่งอำนวยความสะดวกอื่น ๆ จนกระทั่งงานวิจัยดำเนินการได้เสร็จสิ้นสมบูรณ์ ขอขอบคุณ รศ.ดร.เรณู เวชรัชต์พิมล และ ดร.สุพรรณญิกา เส็งสาย ผู้ร่วมงานในภาควิชาชีววิทยา ที่ให้คำปรึกษาและเติมเต็มงานวิจัยเรื่องนี้จนเข้าสู่ทิศทางเป็นที่พอใจของคณะผู้วิจัยและสุดท้ายท่านที่มีส่วนทำให้งานนี้สมบูรณ์ได้แก่อาจารย์ Roger Hooper และผศ.เสงี่ยม โตรัตน์ จากภาควิชาภาษาอังกฤษ คณะศึกษาศาสตร์ ขอได้รับคำขอบคุณจากผู้วิจัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้วิจัย

11 พฤษภาคม 2551

ชื่อโครงการ : การคัดกรองชนิดพืชและการประเมินความเป็นพิษของสารสกัดสะเดาต่อความผิดปกติของสารพันธุกรรมพืช

250497

บทคัดย่อ

การทดสอบความไวของพืช 6 ชนิดได้แก่ พลับพลึง (*Hymenocalli littoralis* Salsb.) กระดุมทอง (*Wedelia trilobata* L.Hiteh) บัวจีน (*Zephyranthes rosea* (Speng) Lind.) ว่านมหาลาภ (*Eucrosia bicolor* Ker. Gawl,) หอมแดง (*Allium cepa* L var. ascolonium) และหอมหัวใหญ่ (*Allium cepa* Linn.) กับสารละลายแคดเมียมคลอไรด์ ($CdCl_2$) ความเข้มข้น 0.00, 0.02, 0.03, 0.06 และ 0.09 ppm เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำปลายรากมาเตรียมสไลด์แบบ squash การวิเคราะห์ความไวในการตอบสนองของสารพันธุกรรมต่อสารพิษพิจารณาจากค่า Mitotic index (MI) และ Mitotic aberration (MA) พบว่าพืช 4 ชนิด ได้แก่ พลับพลึง บัวจีน ว่านมหาลาภ และหอมหัวใหญ่ มีผลการตอบสนองในทิศทางเดียวกันคือ ความเข้มข้นของแคดเมียมที่ใช้มีผลเชิงลบต่อการแบ่งเซลล์ โดยแสดงค่า MI ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อความเข้มข้นของแคดเมียมเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และระหว่างกลุ่มทดลอง สำหรับพืชอีก 2 ชนิดคือ กระดุมทองและหอมแดงไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน สำหรับค่า MA พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแคดเมียมเพิ่มขึ้นซึ่งพบความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เฉพาะกระดุมทอง ว่านมหาลาภ และหอมหัวใหญ่โดยชนิดของ MA ที่พบมากที่สุดได้แก่ disturb

จากการคัดเลือกพืช โดยพิจารณาการตอบสนองของสารพันธุกรรมต่อสารพิษจากค่า MI และ MA ซึ่งสามารถคัดเลือกไว้ได้ 2 ชนิด ได้แก่ ว่านมหาลาภและบัวจีน เพื่อนำมาประเมินความไวต่อการตอบสนองของสารพันธุกรรม เปรียบเทียบกับพืชที่นิยมนำมาใช้ในการทดสอบลักษณะนี้คือ หอมหัวใหญ่ โดยศึกษาค่า MI และ MA เมื่อปลายรากได้รับสารละลายแคดเมียม 0.06 ppm เป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ซึ่งพบว่า เซลล์ของว่านมหาลาภมีการตอบสนองเป็นไปในทิศทางเดียวกับหอมหัวใหญ่คือ มีค่า MI ลดลงและค่า MA เพิ่มขึ้น เมื่อให้สารละลายแคดเมียมเป็นเวลานานขึ้น ส่วนบัวจีนมีการตอบสนองที่ไม่ชัดเจนในกลุ่มทดลอง

เมื่อนำบัวจีน ว่านมหาลาภและหอมหัวใหญ่ มาทดสอบกับสารสกัดสะเดาที่มีส่วนประกอบของสาร Azadirachtin 0.00, 0.05, 1.00, 1.50 และ 2.00 ppm ผลการทดลองพบว่าเฉพาะหอมหัวใหญ่และว่านมหาลาภเท่านั้นที่กลุ่มทดลองมีค่า MI ลดลงและค่า MA เพิ่มขึ้นซึ่งต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

การศึกษาการเสื่อมฤทธิ์ของสารสกัดสะเดาความเข้มข้น 2.00 ppm โดยการตากแดดเป็นเวลา 3 วัน และ 7 วัน ผลการทดสอบ Genotoxicity ต่อพืชทดสอบเมื่อพิจารณาจากค่า MI และ MA พบว่าพิษของสารสกัดสะเดาหายไปเมื่อถูกแสงแดดทั้ง 3 วันและ 7 วัน

ผลการศึกษา Genotoxicity ต่อพืชทดสอบของน้ำในร่องสวนที่ทำเกษตรอินทรีย์ ภายหลังการฉีดพ่นสารสกัดสะเดาวันแรกวันที่ 2 และวันที่ 3 พบว่า ค่า MI และ MA สูงกว่ากลุ่มควบคุม (น้ำประปา) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าน้ำในร่องสวนดังกล่าวอาจมีสารชนิดอื่นปนเปื้อนซึ่งมีฤทธิ์ส่งเสริมการแบ่งเซลล์และเป็นสาเหตุของความผิดปกติของสารพันธุกรรมด้วย

Research Title : Plant species screening and genotoxicity assessment of neem extract

250497

Abstract

An assessment was made to determine the cyto-genotoxic sensitivity of six plant species, namely, *Hymenocalli littoralis* Salsb., *Wedelia trilobata* L. Hitch, *Zephyranthes rosea* (Spreng) Lind., *Eucrosia bicolor* Ker. Gawl, *Allium cepa* L. var. ascolonium and *Allium cepa* Linn. Mitotic index (MI) and mitotic aberration (MA) in root tip cells were determined in each treated-plant species after being exposed to 0.00, 0.02, 0.03, 0.06 and 0.09 ppm of $CdCl_2$ for 24 hours. Mitodepressive effects of $CdCl_2$ in a dose-dependent manner were absorved in four plant species, *H. littoralis*, *Z. rosea*, *E. bicolor* and *A. cepa*. The MI decreased when the $CdCl_2$ concentration increased. A statistical significant difference ($P \leq 0.05$) was shown between the control and the treated groups in each species. Noticeable change in the MI did not show in *W. trilobata* and *A. cepa* L. var. ascolonium. Increasing $CdCl_2$ concentrations induced an increase of MA in most treated plants, but significant differences ($P \leq 0.05$) between the control and the treated groups was only observed in *W. trilobata*, *E. bicolor* and *A. cepa*. The highest frequency of mitotic aberration type was chromosomal disturb.

Two plant species, *E. bicolor* and *Z. rosea* were further selected based on the MI and MA results from the first experiment. An evaluation was made of the genotoxic sensitivity of these two species and of that of the typical genotoxicity testing species, *A. cepa*. A study was carried out of the MI and MA from the root tips treated with 0.06 ppm $CdCl_2$ for 24 hours and 48 hours. It was found that the effects of $CdCl_2$ on root tip cells of *E. bicolor* was similar to the effects on *A. cepa* with decrease of the MI and increase of the MA affected by longer duration of $CdCl_2$ treatment. In contrast, low genotoxic sensitivity was found in the treated groups of *Z. rosea*.

After the screening experiments, *E. bicolor*, *Z. rosea* and *A. cepa* were used as the genotoxicity tested plants to study the effects of azadirachtin (Aza) containing neem (*Azadirachta indica*) extract at 0.0, 0.05, 1.0, 1.5 and 2.00 ppm. The results showed that the MI significantly decreased while the MA increased, ($P \leq 0.05$), particularly in Aza-treated groups of *E. bicolor* and *A. cepa*, when compared to control.

The lower of mitotic inhibition and chromosome aberration, as measured by mitotic index (MI) and mitotic aberration (MA), showed that the root tip cells in testing plants species treated with 2 ppm of neem extract which was exposed to sunlight for 3 day and 7 days before used. This result implicates that genotoxicity effect of neem extract would be inactivated by sunlight.

Genotoxicity of surface water collected from an organic farm after application of neem extract for 1, 2 and 3 days was evaluated by plant genotoxicity system. The high MI and MA compared with the control (tap water) suggested that tested water contain both mitotic promoting substances and plant genotoxic substances.

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญเรื่อง	ฉ
สารบัญภาพ	ซ
สารบัญตาราง	ฌ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	1
ขอบเขตการวิจัย	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
การตรวจสอบความเป็นพิษต่อสารพันธุกรรมพืช	3
ชนิดพืชที่นิยมใช้ประเมินความเป็นพิษต่อสารพันธุกรรม	3
วิธีการประเมินความเป็นพิษต่อสารพันธุกรรมพืช	6
ผลของแคดเมียมต่อพืช	10
ความสำคัญของสารสกัดสะเดา	11
ความเป็นพิษของสารสกัดสะเดาต่อสารพันธุกรรมพืช	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลองวิจัย	16
พืชที่ใช้ในการศึกษา	16
การคัดเลือกพืชท้องถิ่นที่มีคุณสมบัติในการใช้ประเมินสารพิษปนเปื้อน	21
การตรวจสอบทางเซลล์วิทยา	24
การบันทึกผล	24
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจัย	25
ผลการทดสอบ genotoxicity ของแคดเมียมกับพืช 6 ชนิด	25

ผลการศึกษา genotoxic ของพืช 2 ชนิดที่คัดเลือกไว้ และหอมหัวใหญ่ซึ่งใช้เป็นพืชเปรียบเทียบเมื่อได้รับแคดเมียม 0.06 ppm เป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง..... 28
ผลการทดสอบ genotoxic ของสารสกัดสะเดากับพืช 2 ชนิดที่คัดเลือกไว้เปรียบเทียบกับหอมหัวใหญ่..... 33
การศึกษาการเสื่อมฤทธิ์ของสารสกัดสะเดา 111 และการทดลองภาคสนาม 39
ผลการศึกษาการเสื่อมฤทธิ์ของสารสกัดสะเดา 111 39
ผลการประเมินความเป็นพิษของน้ำในแหล่งน้ำของสวนเกษตรอินทรีย์ภายหลังการฉีดพ่นสารสกัดสะเดา..... 41
สรุปผลการทดลอง 47
บทที่ 5 วิจารร์ผลการทดลอง..... 48
เอกสารอ้างอิง..... 53
ประวัติผู้วิจัย..... 60
ภาคผนวก..... 64

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะของพืชที่ใช้ทดลอง 6 ชนิด.....	17
2	เปรียบเทียบขนาดและจำนวนของสารพันธุกรรมในพืชทดลอง 6 ชนิด..	20
3	แสดงการเตรียมพืชและการกระตุ้นให้งอกรากในพืช 2 กลุ่ม.....	22
4	แผนภูมิแสดง Mitotic index ของหอมหัวใหญ่ บัวจีน และว่านมหาลาภ เมื่อได้รับสารสกัดสะเดาความเข้มข้น 0.00, 0.50, 1.00, 1.50 และ 2.00 ppm เป็นเวลา 24 ชม. พักฟื้นราก 48 ชม.	34
5	แผนภูมิแสดง Mitotic aberration ในหอมหัวใหญ่ บัวจีน และว่านมหาลาภ เมื่อได้รับสารสกัดสะเดาความเข้มข้น 0.00, 0.50, 1.00, 1.50 และ 2.00 ppm เป็นเวลา 24 ชม.	34
6	ลักษณะความผิดปกติของสารพันธุกรรมแบบต่างๆ เมื่อได้รับสารละลายแคดเมียม 0.02- 0.09 ppm.ในพลับพลึง กระดุมทอง และบัวจีน.....	37
7	ลักษณะความผิดปกติของสารพันธุกรรมแบบต่างๆ เมื่อได้รับสารละลายแคดเมียม 0.02- 0.09 ppm.ในว่านมหาลาภ หอมแดง และหอมหัวใหญ่	38
8	โครมาโตแกรมของสารสกัดสะเดาความเข้มข้น 0.00020% (w/v) เมื่อได้รับแสงแคด 0, 3 และ 7 วัน.....	41
9	ลักษณะความผิดปกติของสารพันธุกรรมแบบต่างๆ ในว่านมหาลาภ หอมแดง และหอมหัวใหญ่เมื่อได้รับพิษจากสารสกัดสะเดา 2.00 ppm.....	46

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ชนิดพืช ชนิดสารทดสอบและวิธีการตรวจสอบความเป็นพิษต่อสารพันธุกรรมพืช.....	3
2	ค่าMitotic index ของพืช 6 ชนิดเมื่อได้รับ $CdCl_2$ ความเข้มข้น 0.00, 0.02,0.03 0.06 และ 0.09 ppm เป็นเวลา 24 ชม. พักฟื้นราก 48 ชม.....	26
3	ค่า Phase index ของเซลล์ปลายรากพืช 6 ชนิดที่ได้รับ $CdCl_2$ ความเข้มข้น0.00,0.02, 0.03 0.06 และ 0.09 ppm เป็นเวลา 24 ชม. พักฟื้นราก 48 ชม.....	27
4	Mitotic aberration/1000 เซลล์ของพืช 6 ชนิดเมื่อได้รับ $CdCl_2$ ความเข้มข้น 0.00, 0.02, 0.03 0.06 และ 0.09 ppm เป็นเวลา 24 ชม. พักฟื้นราก 48 ชม.....	28
5	ชนิดของ Mitotic aberration จากเซลล์ปลายรากพืช 6 ชนิด ที่ได้รับ $CdCl_2$ ความเข้มข้น 0.00, 0.02, 0.03 0.06 และ 0.09 ppm เป็นเวลา 24 ชม. พักฟื้นราก 48 ชม.....	29
6	ค่า Mitotic Index และPhase Index ของพืช 2 ชนิดที่ได้รับคัดเลือกเปรียบเทียบกับหอมหัวใหญ่เมื่อได้รับ $CdCl_2$ 0.06 ppm เป็นเวลา 24 และ 48 ชม.....	31
7	ค่า Mitotic aberration และค่า MA ของพืช 2 ชนิดที่ได้รับคัดเลือกเปรียบเทียบกับหอมหัวใหญ่ กับหอมหัวใหญ่เมื่อได้รับ $CdCl_2$ เป็นเวลา 24 และ 48 ชม.....	32
8	ค่า Mitotic Index และ Mitotic aberration ของพืชที่คัดเลือกไว้ 2 ชนิดเปรียบเทียบกับหอมหัวใหญ่เมื่อได้รับสารสกัดสะเดาที่มี Azadirachtin ความเข้มข้น 0.00, 0.5, 1.00, 1.50 และ 2.00 ppm เป็นเวลา 24 ชม. พักฟื้นราก 48 ชม.....	33
9	ค่า Phase index ของพืชที่คัดเลือกไว้ 2 ชนิดเปรียบเทียบกับหอมหัวใหญ่ เมื่อเซลล์ปลายรากได้รับ Azadirachtin 0.00, 0.50, 1.00, 1.50 และ 2.00 ppm และ positive control ได้แก่ $CdCl_2$ 0.06 ppm เป็นเวลา 24 ชม. พักฟื้นราก 48 ชม.....	35
10	ชนิดของ Mitotic aberration ที่พบในการแบ่งเซลล์ปลายรากพืช 2 ชนิดที่คัดเลือกไว้เปรียบเทียบกับหอมหัวใหญ่ เมื่อได้รับ Azadirachtin 0.00, 0.50, 1.00, 1.50 และ 2.00 ppm และpositive control ($CdCl_2$ 0.06 ppm) เป็นเวลา 24 ชม. พักฟื้นราก 48 ชม.....	36
11	ค่า Phase index และ Mitotic index ของเซลล์ปลายรากพืช 3 ชนิดเมื่อทดสอบด้วยสารสกัดสะเดา 2.00 ppm และสารสกัดสะเดา 2.00 ppm ที่ผ่านการตากแดด 3 วันและ 7 วัน	39
12	ค่า Mitotic aberration ของเซลล์ปลายรากพืช 3 ชนิดเมื่อทดสอบด้วยสารสกัดสะเดา 2.00 ppm และสารสกัด 2.00 ppm ที่ผ่านการตากแดด 3 วันและ 7 วัน	40

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

MI (mitotic index) หมายถึงจำนวนเซลล์ที่กำลังแบ่งเซลล์คืออยู่ในระยะโพรเฟส เมทาเฟส แอนาเฟส และเทโลเฟส นับจากจำนวนเซลล์ทั้งหมด 100 หรือ 1000 เซลล์

PI (phase index) หมายถึงจำนวนเซลล์ที่อยู่ในระยะหนึ่งๆ เช่น ระยะโพรเฟส เมทาเฟส แอนาเฟส หรือเทโลเฟสระยะใดระยะหนึ่งต่อจำนวนเซลล์ที่ศึกษาทั้งหมด 100 หรือ 1000 เซลล์

MA (mitotic aberration) หมายถึงจำนวนเซลล์ที่มีการแบ่งเซลล์ที่ผิดปกติเช่น การเกิด micronucleus หรือ binucleate และเซลล์ที่มีความผิดปกติของโครโมโซมชนิดต่างๆในขณะแบ่งเซลล์ เช่น bridge, disturb, laggard และ fragment

MN (micronucleus) หมายถึงนิวเคลียสขนาดเล็กที่มีขนาดไม่ใหญ่กว่า 1 ใน 3 ของนิวเคลียสปกติ เป็นนิวเคลียสที่เกิดจากความผิดปกติของการแบ่งเซลล์

Bi (binucleate) หมายถึงเซลล์ที่มี 2 นิวเคลียสเกิดจากการถูกรบกวนในช่วงที่มีการแบ่งไซโทพลาซึม

EC_{50} (effective concentration 50) หมายถึงความเข้มข้นของสารทดสอบระดับที่ทำให้เกิดผล 50 เปอร์เซ็นต์ เช่น จำนวนเซลล์ที่พบว่าเกิดความเป็นพิษต่อสารพันธุกรรม 50 เซลล์ ในเซลล์ที่ศึกษา 100 เซลล์ เป็นต้น