การปรับปรุงพันธุ์หอมแดงโดยการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยสารเคมีก่อการกลายพันธุ์

Varietal Improvement of Shallot (*Allium ascalonicumauct*. hort.) Through Chemical Induced Mutation Breeding

จันทนา โชคพาชื่น[๑/] เสาวนี เขตสกุล[๑/] รัชนี ศิริยาน[๑/]
อรรถพล รุกขพันธ์[๑/] จิรภา ออสติน[๑/]

บทคัดย่อ

การปลูกหอมแดงในปัจจุบันนิยมปลูกด้วยหัวพันธุ์ เกษตรกรไม่คัดลักษณะพันธุ์หอมที่ดีเก็บไว้ทำพันธุ์ แต่นิยมซื้อหัวพันธุ์จากแหล่งปลูกอื่นๆ ทำให้พันธุ์หอมแดงขาดความหลากหลายของสายพันธุ์ การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างหอมแดงสายพันธุ์ใหม่ๆ ที่มีผลผลิต และคุณภาพสูง โดยการใช้สารเคมีชักนำให้เกิดการกลายพันธุ ทำการทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ ระหว่างเดือนตุลาคม ๒๕๕๗ ถึงเดือนกันยายน ๒๕๕๘ ระยะเวลาดำเนินการ ๑ ปี โดยการใช้สารโคลชิซิน (Colchicine) และ สารเอธิลมีเทนซัลโฟเนต (Ethyl methanesulfonate:EMS) ผลการทดลอง พบว่า สารโคลชิซิน ที่อัตรา ๐.๒๕-๒.๐๐ เปอร์เซ็นต์ แช่หัวพันธุ์นาน ๓ ชั่วโมง ไม่สามารถชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ หอมแดงไม่สามารถงอกได้ทั้งหมด การใช้สาร EMS ที่ระดับความเข้มข้น ๑ เปอร์เซ็นต์ แช่หัวพันธุ์นาน ๖ ชั่งโมง พบว่า มีอัตราการรอดตายของต้นกล้า ($GR_{๕๐}$) ที่อายุ ๖๐ วัน หลังปลูกต่ำกว่า ๕๐ เปอร์เซ็นต์ อยู่ระหว่าง ๓๒.๕๐–๔๒.๕๐ เปอร์เซ็นต์ และจะนำหัวพันธุ์หอมแดงที่ผ่านการแช่สารไปใช้ในการทดลองตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

Abstract

Recently, shallot generally is planted from bulblets. Most farmers were planted shallot that was bought from many different sources without keeping and selecting a good variety. Also, there are a few good shallot varieties. The objectives of this study were to develop shallot varieties through chemical induced mutation breeding for high yield and quality. The experiments were conducted at Si Sa Ket Horticultural Research Center in ๒๐๑๕. Colchicine and Ethyl methanesulfonate (EMS) were used. The results showed that shallot bulbs were soaked with ๐.๒๕-๒.๐๐% Colchicine, for ๓ h that were unable to germinate. But they were treated with EMS at concentrations of ๑.๐๐% for ๖ h were germination. $LD_{๕๐}$ values were observed based on growth reduction of seedlings after EMS treatments. The plants showed survival rates between ๓๒.๕๐ to ๔๒.๕๐% at ๖๐ days after planting. All treated shallot bulbs will be used for the next selection step of breeding program.

[๑/]ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ

๑. คำนำ

การปลูกหอมแดงในปัจจุบันนิยมปลูกด้วยหัวพันธุ์ เกษตรกรไม่คัดลักษณะพันธุ์หอมที่ดีเก็บไว้ทำพันธุ์ โดยมักซื้อหัวพันธุ์จากแหล่งปลูกอื่นๆ ทำให้ขาดการกลายพันธุ์จากการผสมข้ามพันธุ์ตามธรรมชาติ พันธุ์หอมแดงในปัจจุบันจึงขาดความหลากหลายของสายพันธุ์ การการปรับปรุงพันธุ์หอมแดงโดยใช้เทคโนโลยีต่างๆ เพื่อสร้างหอมแดงสายพันธุ์ใหม่ๆ ที่มีผลผลิต และคุณภาพสูง เช่น แตกกอมาก หัวใหญ่ แน่น และอายุการเก็บรักษานาน เป็นต้น หอมแดง (*A. cepa* L. *Aggregatum* group) เป็นพืชผสมข้าม มีจำนวนชุดของโครโมโซมเป็น Haploid (๒n=x=๘) การพัฒนาลูกผสมระหว่างหอมแดงกับกลุ่มหอมหัวใหญ่ (*A. cepa* L. Common onion group) จะทำให้ขนาดหัวหอมแดงเพิ่มขึ้น และมีความแปรปรวนของลักษณะต่างๆ (Endang et al, ๒๐๐๒, Endang et al, ๒๐๐๖) จึงมีการใช้สารก่อการกลายพันธุ์ในการเพิ่มโครโมโซมหอมแดง เช่น โคลชิซิน เป็นสารประกอบประเภทอัลคาลอยด์ที่สกัดจากเมล็ด และส่วนหัวของพืชพวก *Colcicam autumnale* เป็นสารมีพิษคล้ายสารหนู และเป็นอันตรายต่อการสัมผัสเพราะเป็นตัวก่อมะเร็งได้นอกจากนี้ โคลชิซินสามารถขัดขวางการแบ่งเซลล์โดยไปยับยั้งการสร้างสปินเดินไฟรหัสพันธุ์ที่ทำหน้าที่ดึงเซนโตรเมียร์ไปยังขั้วเซลล์ทำให้ จำนวนโครโมโซมเพิ่มเป็นสองเท่าจากคุณสมบัตินี้ โครชิซินจึงถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืชโดยการชักนำให้เกิดการเพิ่มจำนวนชุดของโครโมโซม (Polyploid) พืชที่มีจำนวนชุดของโครโมโซมเพิ่มขึ้นนี้พบว่าจะมีลักษณะลำต้นและใบที่มีสีเขียวและขนาดใหญ่กว่าต้นพืชปกติ และการกลายพันธุระดับยีนสารเคมีที่นิยมใชในการชักนำ คือ สารเอธิลมีเทนซัลโฟเนต (Ethyl methanesulfonate:EMS) (สิรนุช, ๒๕๔๐) EMS ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ได้โดย ทำให้เกิดการเข้าแทนที่คู่เบส การหลุดหายไปของเบสพิวรีนจากสายดีเอ็นเอและการตัดขาดของเส้นเดี่ยวและเส้นคู่ของดีเอ็นเอ ดังนั้นจึงได้นำวิธีการนี้มาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์หอมแดงโดยการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ซึ่งจะมีผลให้หอมแดงมีผลผลิตที่มีคุณภาพดี ผลผลิตต่อไร่สูง และเก็บรักษาได้นาน การชักนำต้นอ่อนกล้วยไข่ให้กลายพันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อโดยใช้สาร colchicine และ oryzalin ร่วมกับ DMSO ๒ เปอร์เซ็นต์ พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารก่อกลายพันธุ์เพิ่มมากขึ้นและระยะเวลาที่ได้รับสารนานขึ้นทำให้มีอัตราการรอดชีวิตลดลง การใช้ colchicine ๐.๔-๐.๗๕ เปอร์เซ็นต์ และ oryzalin ๑๓-๒๒ micro M ทำให้ต้นอ่อนกล้วยมีอัตราการรอดชีวิต ๕๐ เปอร์เซ็นต์ นำไปศึกษาโครโมโซม พบว่าต้นควบคุมมีจำนวนโครโมโซม ๒n=๒๒ และสามารถคัดเลือกต้น tetraploid (๒n=๔๔) ได้ ๓ หมายเลข ซึ่งได้จากการใช้ colchicine ๑ เปอร์เซ็นต์ นาน ๗.๕ ชั่วโมง และ oryzalin ๔๕ micro M นาน ๒.๕ ชั่วโมง (ภาสันต์, ๒๕๔๐) หอมแดงที่ถูกฉีดด้วยโคลชิซินความเข้มข้น ๐.๕ เปอรเซ็นต์ สองครั้งติดต่อกัน แต่ฉีดคนละวัน จะให้ต้นคล้ายต้น Polyploid ที่มีลักษณะแตกต่างจากต้นปกติ (Diploid) ที่ไม่ฉีดสารโคลชิซิน คือต้น Polyploid จะมีใบสีเขียวเข้มกว่า ขนาดหัวสะสมอาหารและใบใหญ่กว่า จากการตรวจนับจำนวนโครโมโซมพบว่า ๒n=๒x=๑๖ และต้น Polyploid ๒n=๔x=๓๒ (จักรกฤษณ์ และคณะ, ๒๕๔๕) ในหอมแบ่ง การแช่เมล็ดในสารละลายโคลชิซิน ๐.๑ เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลา ๑๘ ๒๔ และ ๓๒ ชั่วโมง ที่ระยะเวลา ๑๘ และ ๒๔ ชั่วโมง สามารถชักนำให้เกิดโพลีพลอยด์ชนิดเททราพลอยด์ได้ดีที่สุด โดยชักนำได้ ๖๔ และ ๕๕.๔ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และให้ลักษณะของผลผลิต ได้แก่ ความสูง ขนาดของลำต้น และน้ำหนักสดเพิ่มตามมาด้วย ที่ระยะเวลา ๓๒ ชั่วโมง ชักนำให้เกิดเททราพลอยด์ได้ ๒๔.๖ เปอร์เซนต์ และให้ลักษณะผลผลิตต่ำกว่าที่ระยะเวลา ๑๘ และ ๒๔ ชั่วโมง (จุฑามาศ และวีระเกียรติ, ๒๕๕๓) จากข้อมูลดังกล่าว ดังนั้น จึงได้ทำการสร้างหอมแดงสายพันธุ์ใหม่ๆ ที่มีผลผลิต และคุณภาพสูง โดยการใช้สารเคมีที่ชักนำใหเกิดการกลายพันธุระดับโครโมโซมโดยการเปลี่ยนแปลงโครงสรางหรือจำนวนชุดของโครโมโซม ไดแก สารโคลชิซิน และชักนำใหเกิดการการกลายพันธุระดับยีน ไดแก สาร EMS เพื่อให้ได้หอมแดงพันธุ์กลาย เพื่อนำไปปลูกและคัดเลือกพันธุ์ตามกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

๒. วิธีดำเนินงาน

-อุปกรณ์

๑. หัวพันธุ์หอมแดงพันธุ์ดี จำนวน ๕ รหัสพันธุ์ คือ รหัสพันธุ์ ๒ ๓ ๕ ๑๔ และ ๑๘ จำนวน ๑๐ กิโลกรัม จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพ คุณภาพผลผลิต และอายุการเก็บรักษาของหอมแดงจากแหล่งปลูกต่างๆ (สิ้นสุดการทดลอง ปี ๒๕๕๖)

๒. สารก่อการกลายพันธุ์ คือ EMS และ สารโคลชิซิน

๓. น้ำกลั่น

๔. อุปกรณ์วิทยาศาสตร์

๕. เครื่องชั่ง ๓ ตำแหน่ง

๖. วัสดุบำรุงดิน ได้แก่ ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์

๗. สารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืช โรคและแมลง

๘. วัสดุการเกษตร ได้แก่ สายยาง ถังน้ำพลาสติก ถังพ่นสารเคมี เป็นต้น

- วิธีการ

ศึกษาความเข้มข้นของสารชนิดต่างๆ ที่เหมาะสมให้เกิดอัตราการตาย ๕๐% ในหอมแดง โดยไม่มีการวางแผนการทดลอง

- รวบรวมพันธุ์หอมแดงที่มีลักษณะดีเด่นจากแหล่งปลูกต่างๆ จำนวน ๕ รหัสพันธุ์ คือ รหัสพันธุ์ ๒ ๓ ๕ ๑๔ และ ๑๘ จำนวน ๑๐ กิโลกรัม

- นำหัวพันธุ์หอมแดงแกะกลีบออก ตัดปลายยอดออกเล็กน้อย

- ทำการแช่หัวพันธุ์หอมแดง โดยใช้สารก่อการกลายพันธุ์ คือ สารโคลชิซิน ระดับความเข้มข้น ๕ ระดับ คือ ๐ ๐.๕ ๑.๐ ๑.๕ และ ๒.๐ เปอร์เซ็นต์ และ EMS ระดับความเข้มข้น ๐, ๐.๒๕ ๐.๕๐ และ ๑.๐ เปอร์เซ็นต์ แช่นาน ๒ ๔ และ ๖ ชั่วโมง ใช้หัวหอมแดงที่มีขนาดกลางมีความสม่ำเสมอกรรมวิธีละ ๕๐ หัว

- นำหัวพันธุ์ผ่านการแช่สาร ไปเพาะกล้า และย้ายปลูก เมื่ออายุ ๔๕ วัน หาค่า $LD_{๕๐}$ โดยวิธี Typical sigmoid mortality โดยการนับจำนวนต้นที่งอกและรอดชีวิตของหอมแดงต่อความเข้มข้นของสารชนิดต่างๆ และดูอัตราการรอดตายของกล้าหอมแดง เมื่ออายุต้นหอมแดง ๖๐ วัน โดยการคำนวณค่า corrected % mortality (Canella al.,๑๙๖๗ อ้างโดย นครและจรัสศรี, ๒๕๕๐)

Corrected % mortality =x-y/x*๑๐๐

x = % survival of control

y = % survival of treated plant

นำค่า corrected % mortality ซึ่งเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความอยู่รอดมาเขียนความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารแล้วลากเส้นจากแกนเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดที่จุด ๕๐% มาตัดกราฟแล้วลากมาตัดแกนความเข้มข้นของสาร M๑ จุดนั้นเป็น $LD_{๕๐}$

การปลูกหอมแดง เตรียมแปลงทดลองขนาด ๑.๐x๑๐.๐ เมตร ระยะปลูก ๑๕x๑๕ เซนติเมตร ระยะระหว่างแปลง ๐.๓ เมตร ปรับความเป็นกรดของดิน และให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ปฏิบัติดูแลให้น้ำ พ่นสารเคมีกำจัดโรคและแมลงตามความจำเป็น

การคัดเลือกพันธุ์หอมแดง จะเริ่มคัดในรุ่น M๑V๒ หรือ M๑V๓ เพื่อให้เกิดการกระจายตัวของประชากรให้มากที่สุด มีเกณฑ์การคัดเลือก คือ ผลผลิตที่มีคุณภาพดี เปลือกนอกสีม่วงปนแดง เปลือกหนาและเหนียว ขนาดหัวใหญ่ หอมแดงแบบหัวเดี่ยว มีรูปทรงกลม/รูปทรงรี/รูปทรงยาว มีขนาดหัวรหัสขนาด ๒ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, ๒๕๕๑) มีเส้นผ่านศูนย์กลาง มากกว่า

๒.๕ เซนติเมตร มีจำนวนหัวน้อยกว่า ๑๐๐ หัวต่อกิโลกรัม น้ำหนักเฉลี่ยมากกว่า ๑๐ กรัมต่อหัว หัวแน่น มีกลิ่นฉุนจัด

- ผลผลิตสูง แตกกอมากกว่า ๕ หัว ผลผลิตมากกว่า ๓ ตันต่อไร่

การบันทึกข้อมูล

๑. บันทึกข้อมูลต้นที่รอด ต้นตาย ลักษณะต้น สีใบ ลักษณะหัวหอมแดง น้ำหนักผลผลิต จำนวนต้นต่อกอ จำนวนหัวต่อกิโลกรัม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัว น้ำหนักหัว และอายุเก็บเกี่ยว

๒. บันทึกคุณภาพหอมแดงภายหลังการเก็บเกี่ยว ๑๕ ๓๐ ๖๐ และ ๑๒๐ วัน โดยบันทึกข้อมูลน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณ TSS ความแน่นเนื้อ สีเปลือก สีเนื้อ ของหอมแดงก่อนเก็บรักษา และหลังเก็บรักษา

- เวลาและสถานที่
- เริ่มดำเนินการ ตุลาคม ๒๕๕๗ สิ้นสุด กันยายน ๒๕๕๘ ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ

แผนผังการปรับปรุงพันธุ์โดยชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์โดยใช้สารก่อกลายพันธุ์

ปี ๒๕๕๗- รวบรวมพันธุ์หอมแดงที่มีลักษณะดีเด่นจากแหล่งปลูกต่างๆ

↓

ศึกษาความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสม
ปลูกหัวพันธุ์ที่ผ่านการแช่สาร (M๑V๐) เพื่อขยายหัวพันธุ์ M๑V๑

↓

ปี ๒๕๕๙ - ปลูกหอมแดง M ๑V๑-M๑V๒ คัดลักษณะพันธุ์ดีในรุ่น M๑V๒ ที่มีลักษณะดีเด่น อย่างน้อย ๕ สายพันธุ์ (M๑V๓) เพื่อนำไปปลูกเปรียบเทียบกับพันธุ์เกษตรกร

↓

ปี ๒๕๖๑- ทดสอบพันธุ์หอมแดง (M๑V๓) ในศูนย์/สถานี ในแหล่งปลูกหอมแดงเป็นการค้า

↓

ปี ๒๕๖๓- ทดสอบพันธุ์หอมแดง (M๔) ในไร่เกษตรกร ในแหล่งปลูกหอมแดงเป็นการค้า

ปี ๒๕๖๔ แนะนำพันธุ์สู่เกษตรกร

๓. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการหาค่า $LD_{๕๐}$ ของสารชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ ๒ ชนิด สารโคลชิซิน และ EMS ที่ความเข้มข้น ๐.๕ ๑.๐ ๑.๕ และ ๒.๐ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แช่นาน ๓ ชั่วโมง พบว่า หัวหอมแดงที่แช่สารโคลชิซิน ทุกความเข้มข้น มีผลให้หอมแดงไม่งอกทั้งหมด และ EMS ทุกอัตรา มีอัตราการรอดตาย สูงกว่า ๕๐ เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ ๑, ภาพที่ ๒)

การทดสอบครั้งที่ ๒ การใช้สาร EMS ที่ระดับ ๐ ๐.๒๕ ๐.๕๐ ๑.๐๐ ๑.๕๐ และ ๒.๐๐ เปอร์เซ็นต์ แช่เฉพาะหัวพันธุ์นาน ๒ ชม. ภายหลังจากการเพาะกล้า ๑๔ วัน พบว่า มีอัตราการงอกดี สูงกว่า ๕๐ เปอร์เซ็นต์ ในสาร EMS ที่ใช้ในการแช่หัวพันธุ์ทุกระดับ มีอัตราการรอดตาย ($GR_{๕๐}$) ของกล้าหอมแดงสูงกว่า ๕๐ เปอร์เซ็นต์ เมื่ออายุ ๖๐ วัน หลังปลูก พบว่า ระดับความเข้มข้นของสาร EMS ที่มีอัตราการรอดตายสูงสุดของหัวพันธุ์หอมแดง รหัสพันธุ์ ๓ ๕ และ ๑๘ คือ ระดับความเข้มข้น ๑.๕ เปอร์เซ็นต์ โดย

อัตราการรอดตาย คือ ๗๕.๘ ๖๓.๔ และ ๖๘.๓ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และหอมแดง รหัสพันธุ์ ๒ มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายต่ำสุด ที่ ๖๓.๓ เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้น ๐.๕ เปอร์เซ็นต์ โดยในทุกระดับความเข้มข้น ยังคงมีอัตราการรอดตายสูงเกินกว่า ๕๐ เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ ๒)

การทดสอบครั้งที่ ๓ การใช้ EMS ที่ระดับ ๐ ๑.๐ ๒.๐ และ ๔.๐๐ เปอร์เซ็นต์ โดยใช้หัวพันธุ์ รหัสพันธุ์ ๕ แช่หัวพันธุ์นาน ๖ ชั่วโมง. เมื่ออายุ ๖๐ วัน หลังปลูก พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นสาร EMS ที่ ๑.๐ เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการรอดตายของกล้าหอมแดง ๓๒.๕ เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ ๓) ส่วนอัตราอื่นๆ ต้นตายลง เมื่ออายุ ๓๐-๔๐ วันหลังปลูก นำค่า corrected % mortality ซึ่งเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความอยู่รอดมาเขียนความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารแล้วลากเส้นจากแกนเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดที่จุด ๕๐ เปอร์เซ็นต์ ($LD_{๕๐}$) มาตัดกราฟแล้วลากมาตัดแกนความเข้มข้นของสาร พบว่า ความเข้มข้นของสาร ๑.๐ เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการรอดต่ำกว่า ๕๐ เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ ๑)

ขณะนี้หอมแดงที่ผ่านการทดสอบในการแช่สารครั้งที่ ๒ และ ครั้งที่ ๓ ยังอยู่ในระหว่างการปลูกดูแลรักษา คาดว่าจะเก็บเกี่ยว เมื่ออายุ ๑๐๐-๑๒๐ วัน หรือ ต้นเดือนมีนาคม ๒๕๕๙ (ภาพที่ ๓)

๔. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการทดลอง ได้หัวหอมแดงที่ผ่านการแช่สาร EMS ที่ระดับ ๑.๐-๑.๕ เปอร์เซ็นต์ (แช่ครั้งที่ ๒ และครั้งที่ ๓) ขณะนี้หอมแดงที่ผ่านการทดสอบ ยังอยู่ในระหว่างการปลูกดูแลรักษา คาดว่าจะเก็บเกี่ยว เมื่ออายุ ๑๐๐-๑๒๐ วัน หรือ ต้นเดือนมีนาคม ๒๕๕๙ โดยจะนำหัวพันธุ์หอมแดงที่ผ่านการแช่สารไปใช้ในการทดลองตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

ส่วนการใช้สารโคลชิซิน ต้องใช้ในปริมาณน้อยมาก ในระดับไมโครลิตร ทำให้ต้องหาระดับความเข้มข้นสารให้น้อยลง และระยะเวลาในการแช่สารที่เหมาะสมต่อไป สำหรับการใช้สาร EMS ทำได้ง่ายกว่า โดยใช้ความเข้มข้นเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร โดยแช่ในระยะเวลา ๖ ชั่วโมง จึงจะทำให้ค่า $LD_{๕๐}$ ต่ำกว่า ๕๐ เปอร์เซ็นต์

๕. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

นำพันธุ์หอมแดงที่มีลักษณะดี อย่างน้อย ๓ สายพันธุ์ มาทดสอบในสภาพแปลงปลูกต่อไป

๖. คำขอบคุณ (ถ้ามี) –

๗. เอกสารอ้างอิง

จักรกฤษณ์ ภารการ สุปราณี บุดดีคง ยุพิน ไชยโต วาสนา ไวจำปา ชูเกียรติ ผาโสม. การปรับปรุงพันธุ์พืชโดยวิธีการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยสารโคลชิซินในข้าวโพดหวาน ผักกาดเขียวปลี คะน้า และหอมแดง. (วันที่๑๙ มีนาคม๒๕๕๕) http://khoon.msu.ac.th/full๒๑/jukgrit๑๙๖๑/abstract.pdf

จุฑามาศ ศุภพันธ์ และ วีระเกียรติ ทรัพย์มี. ๒๕๕๓. การชักนำให้เกิดโพลีพลอยด์ในหอมแบ่งโดยใช้สารโคลชิซิน. ว.วิทย์.กษ. ๔๑(๒) (พิเศษ) : ๔๗๓-๔๗๖ (๒๕๕๓)

สิรนุช ลามศรีจันทร์. ๒๕๔๐. การกลายพันธุ์ของพืช. ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ ๒๐๕ น.

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ. การใช้ประโยชน์จากพลังงานนิวเคลียร์. (วันที่ ๑๙ มีนาคม ๒๕๕๕) http://www.tint.or.th/application/apply-plant.html

Endang Sulistyaningsih, Ken-ichiro Yamashita, Yosuke Tashiro. ๒๐๐๒. Haploid induction from F๑ hybrids between CMS shallot with Allium galanthum cytoplasm and common onion by unpollinated flower culture. Euphytica ๑๒๕: ๑๓๙-๑๔๔, ๒๐๐๒

Endang Sulistyaningsih, Youhei Aoyagi, Yosuke Tashiro. ๒๐๐๖. Flower bud culture of shallot (Allium cepa L. Aggregatumgroup) with cytogenetic analysis of resulting gynogenic plants and somaclones. Plant Cell Tiss Organ Cult (๒๐๐๖) ๘๖:๒๔๙-๒๕๕

ตารางที่ ๑ เปอร์เซ็นต์การรอดตายของต้นกล้าหอมแดงแต่ละพันธุ์ (corrected % mortality) ของหอมแดงแต่ละพันธุ์ ภายหลังการแช่สารก่อกลายพันธุ์ ระดับต่างๆ นาน ๓ ชั่วโมง ภายหลังอายุกล้า ๖๐ วัน ณ ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ ปี ๒๕๕๘

ความเข้มข้นสาร	พันธุ์หอมแดง				
	รหัสพันธุ์ ๒	รหัสพันธุ์ ๓	รหัสพันธุ์ ๕	รหัสพันธุ์ ๑๔	รหัสพันธุ์ ๑๘
control	๑๐๐.๐	๑๐๐.๐	๑๐๐.๐	๑๐๐.๐	๑๐๐.๐
Colchicine ๐.๒๕%	๐	๐	๐	๐	๐
Colchicine ๐.๕๐%	๐	๐	๐	๐	๐
Colchicine ๑.๐%	๐	๐	๐	๐	๐
Colchicine ๒.๐%	๐	๐	๐	๐	๐
EMS ๐.๑๒๕%	๙๖.๐	๙๔.๐	๑๐๐.๐	๑๐๐.๐	๑๐๐.๐
EMS ๐.๒๕%	๑๐๐.๐	๙๘.๐	๑๐๐.๐	๑๐๐.๐	๙๔
EMS ๐.๕ %	๑๐๐.๐	๘๒.๐	๑๐๐.๐	๑๐๐.๐	๙๖
EMS ๑.๐ %	๙๖.๐	๗๐.๐	๗๘.๐	๘๔.๐	๗๖.๐

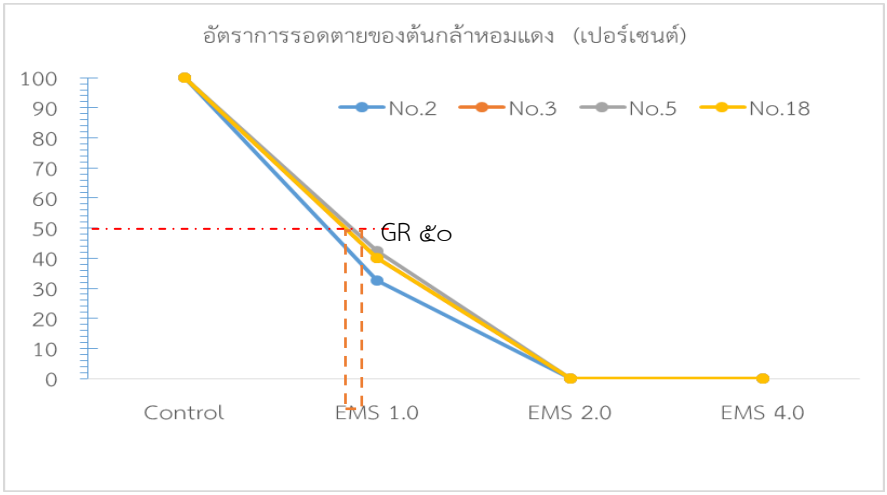
ตารางที่ ๒ เปอร์เซ็นต์การรอดตายของต้นกล้าหอมแดงแต่ละพันธุ์ (corrected % mortality) ภายหลังการแช่สาร EMS ระดับต่างๆ นาน ๒ ชั่วโมง ครั้งที่ ๒ เมื่ออายุกล้า ๖๐ วัน หลังปลูก ณ ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ ปี ๒๕๕๘

ความเข้มข้นสาร	รหัสพันธุ์ ๒	รหัสพันธุ์ ๓	รหัสพันธุ์ ๕	รหัสพันธุ์ ๑๔
Control	๑๐๐.๐	๑๐๐.๐	๑๐๐.๐	๑๐๐.๐
EMS ๐.๒๕%	๙๗.๗	๙๓.๙	๙๒.๗	๑๐๐.๐
EMS ๐.๕%	๖๓.๖	๙๐.๙	๗๐.๗	๑๐๒.๔
EMS๑.๐%	๗๐.๕	๘๔.๘	๖๓.๔	๘๕.๔
EMS ๑.๕%	๗๒.๗	๗๕.๘	๖๓.๔	๖๘.๓
EMS ๒.๐%	๘๔.๑	๙๐.๙	๘๒.๙	๗๓.๒

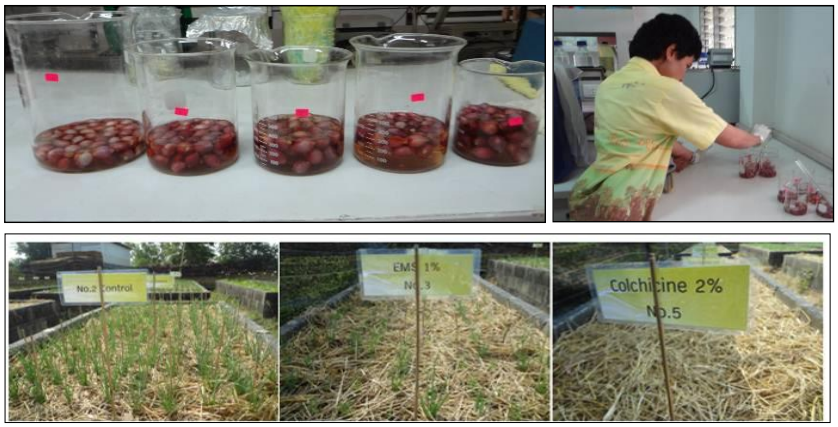
ตารางที่ ๓ เปอร์เซ็นต์การรอดตายของต้นกล้าหอมแดงแต่ละพันธุ์ (corrected % mortality) ภายหลังการแช่สาร EMS ระดับต่างๆ นาน ๒ ชั่วโมง ครั้งที่ ๓ เมื่ออายุกล้า ๖๐ วัน หลังปลูก ณ ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ ปี ๒๕๕๘

ความเข้มข้นสาร	รหัสพันธุ์ ๒	รหัสพันธุ์ ๓	รหัสพันธุ์ ๕	รหัสพันธุ์ ๑๔
Control	๑๐๐.๐	๑๐๐.๐	๑๐๐.๐	๑๐๐.๐
EMS ๑.๐	๓๒.๕	๔๐.๐	๔๒.๕	๔๐.๐
EMS ๒.๐	๐.๐	๐.๐	๐.๐	๐.๐
EMS ๔.๐	๐.๐	๐.๐	๐.๐	๐.๐

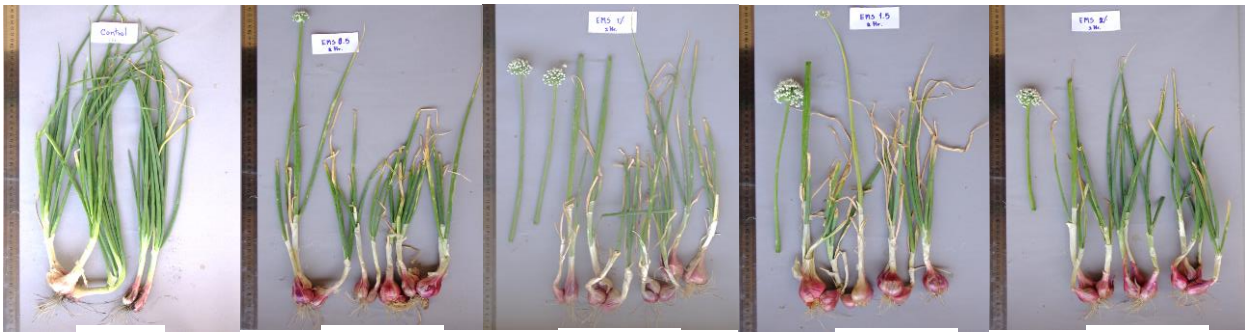
ภาพภาคผนวก



ภาพภาคผนวกที่ ๑ เปอร์เซ็นต์ความอยู่รอดต้นกล้าหอมแดง ภายหลังการแช่สาร EMS นาน ๖ ชั่วโมง เมื่อหลังอายุกล้า ๖๐ วัน ($GR_{๕๐}$) ณ ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ ปี ๒๕๕๘



ภาพภาคผนวกที่ ๒ การแช่พันธุ์หอมแดงในสารชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในทุกระดับความเข้มข้น นาน ๓ ชั่วโมง ภายหลังนำมาปลูกลงแปลง ที่อายุ ๖๐ วัน ณ ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ ปี ๒๕๕๘



๐% ๐.๕% ๑.๐% ๑.๕% ๒.๐%

ภาพภาคผนวกที่ ๓ ต้นหอมแดง ภายหลังการแช่สาร EMS ความเข้มข้น ๐ ๐.๔ ๑.๐ ๑.๕ และ ๒ เปอร์เซนต์ นาน ๒ ชั่วโมง เมื่อหลังอายุกล้า ๙๐ วัน หลังปลูก ณ ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ ปี ๒๕๕๘