

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการ

ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) การพัฒนารูปผลิตภัณฑ์และศึกษากลไกการทำลายวัชพืช ของสารกำจัดวัชพืช จากชะอม

(ภาษาอังกฤษ) Formulation development and mode of action of biorational herbicide from *Acacia pennata* (L.) willd.subsp.*insuavis*.Nielsen

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ ปี 2553 จำนวนเงิน 280,000 บาท

ระยะเวลาการทำวิจัย 10 เดือน ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2552 ถึง 30 กันยายน 2553

ผู้ดำเนินการวิจัย รศ.ดร. จำรูญ เล้าสินวัฒนา, ผศ. มณฑินี ชีวรักษ์ และ นางสาวกนกพร ช้างเสวก
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดวัชพืชจากชะอมรูปแบบผง ที่มีผลต่อการงอก และการเจริญเติบโตของถั่วฝัก โดยทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 6.25, 12.5, 25 และ 50 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร พบว่า ผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดวัชพืชรูปแบบผง จากชะอม สามารถยับยั้งการงอกของถั่วฝักได้อย่างสมบูรณ์ที่ระดับความเข้มข้น 25 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และเมื่อทำการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพของประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากชะอมที่ผสม surfactant ต่างกัน 4 ชนิด คือ tergit 15-S-5, tergit 15-S-7, triton x-100 และ np9 ในอัตราส่วน 80:5:15 (สารสกัดหยาบ : Surfactant : น้ำ) กับถั่วฝัก โดยเปรียบเทียบการผสม Surfactant ที่ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่า สารสกัดหยาบจากชะอมที่ผสม tergit 15-S-5 สามารถยับยั้งการงอกและเจริญเติบโตของถั่วฝักได้ดีที่สุด และเมื่อนำสารสกัดหยาบจากชะอมที่ผสม tergit 15-S-5 ทดสอบผลต่อการยับยั้งการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ และการสร้างไข พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากนั้นทำการทดสอบสารสกัดน้ำจากชะอมต่อดัชนีการแบ่งเซลล์ และความผิดปกติของเซลล์ปลายรากหอมหัวใหญ่ พบว่าดัชนีการแบ่งเซลล์ลดลงเมื่อระดับความเข้มข้นของสารสกัดเพิ่มขึ้น และพบลักษณะความผิดปกติของโครโมโซมในระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์ ได้แก่ Spindle disturbance ในระยะโพรเฟส Chromosome stickiness และ c-Metaphase พบความ

RCH
SB
951.4
จ 3 ๑๖๓

สงวน
เลขทะเบียน 115206
วันเดือนปี 22 ก.พ. 2553

1228๓๐๕๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาตจากสำนักหอสมุดกลาง

ลักษณะผิดปกติในระยะเมทาเฟส และ Chromosome stickiness, Diagonal และ Delayed anaphase พบในระยะแอนาเฟส และการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดน้ำจากชะอม ต่อการยับยั้งกิจกรรมของ เอนไซม์อะไมเลส (amylase) ในเมล็ดหญ้าข้าวนก พบว่า เมื่อระดับความเข้มข้นของสกัดน้ำจาก ชะอมเพิ่มสูงขึ้น กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดหญ้าข้าวนกจะมีกิจกรรมลดลง เมื่อ เปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม นอกจากนี้ผลของสารสกัดน้ำจากชะอม ต่อการดูดน้ำของเมล็ดพืช ทดสอบ (water uptake) พบว่าเมล็ดพืชทดสอบปริมาณการดูดน้ำมีแนวโน้มลดลง.

Abstract

The studied of formulation from *Acacia pennata* (L.) Willd.subsp.*insuavis* Nielsen on germination and seedling growth of wild pea (*Phaseolus lathyroides* Linn.) at 6.25, 12.5, 25 และ 50 (mg/ml). The results showed that the pellet formulation from *A. pennata* had the inhibitory effect on complete germination of wild pea at rate 25 mg/ml. And test effect of *A. pennata* with mix different surfactant (tergital 15-S-5, tergital 15-S-7, triton x-100, np9) using ratio 80:5:15 (crude : surfactant : water) on germination and growth of wild pea compare with product mix surfactant at 5 and 10 %. Found that product from *A. pennata* had inhibitory germination and seedling growth better than product mix surfactant. Effect on inhibition synthetic chlorophyll and carotenoid compared with control. The result show that no significant. For cytogenetic analysis, six concentrations of *A. pennata* aqueous extracts were examined through mitotic index phase index and cell division abnormality on the root meristem cells of *Allium cepa* L. The mitotic index in treated onion root tips decreased with increasing concentrations of *A. pennata* extracts. The percentage of prophase increased while the percentage of the remaining phases was lowered. In addition, roots of *A. cepa* L. exhibited various mitotic abnormalities, including Spindle disturbance at late prophase, Sticky metaphase, c-Metaphase, Sticky anaphase, Diagonal at anaphase and Delayed anaphase. Inhibition activity of the enzyme amylase and water uptake seed barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.). Results show that when the concentration of extract increased activity of enzyme amylase in barnyardgrass seeds has decreased. Although the aqueous extracts inhibited water uptake of seeds tested. When the concentration of extract increased ability to inhibited the water uptake of seed testing has decreased.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย เรื่องการพัฒนารูปผลิตภัณฑ์และศึกษากลไกการทำลายวัชพืช ของสารกำจัดวัชพืชจากชะอม ได้รับการสนับสนุน งบประมาณจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ ปี พ.ศ. 2553 ที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	III
บทนำ	1
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
อุปกรณ์และวิธีการ	38
ผลการทดลอง	48
สรุปและวิจารณ์ผลทดลอง	63
เอกสารอ้างอิง	66



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 การทดสอบเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์จากยอดชะอมแห้ง ต่อการงอก และการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ	48
ตารางที่ 2 การทดสอบเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์จากยอดชะอมแห้ง ต่อการงอก และการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ	58
ตารางที่ 3 ค่าดัชนีการแบ่งเซลล์ของรากปลายรากหอมหัวใหญ่ที่เพาะในสารสกัด จากยอดชะอม ที่ระยะเวลา 18 ชั่วโมง	59
ตารางที่ 4 ลักษณะความผิดปกติของโครโมโซมของปลายรากหอมหัวใหญ่ที่เพาะใน สารสกัดจากชะอมในเวลา 18 ชั่วโมง	60



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 การทดสอบเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์จากยอดชะอมแห้ง ต่อการออก และการเจริญเติบโต ของพืชทดสอบ	49
ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์ที่ผสม Surfactant ชนิดต่าง ๆ ในอัตราส่วน สารสกัดหยาบ : Surfactant : น้ำ (80:5:15) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ	50
ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์ที่ผสม Surfactant ชนิดต่าง ๆ ในอัตราส่วน สารสกัดหยาบ : Surfactant : น้ำ (80:5:15) ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของพืชทดสอบ	50
ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์ที่ผสม Surfactant ชนิดต่าง ๆ ในอัตราส่วน สารสกัดหยาบ : Surfactant : น้ำ (80:5:15) ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การรอดของพืชทดสอบ	51
ภาพที่ 5 การเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์ที่ผสม Surfactant ชนิดต่าง ๆ ในอัตราส่วน สารสกัดหยาบ : Surfactant : น้ำ (80:5:15) ที่มีต่อความยาวต้นของพืชทดสอบ	51
ภาพที่ 6 การเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์ที่ผสม Surfactant ชนิดต่าง ๆ ในอัตราส่วน สารสกัดหยาบ : Surfactant : น้ำ (80:5:15) ที่มีต่อความยาวรากของพืชทดสอบ	52
ภาพที่ 7 การเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์ที่ผสม Surfactant ชนิดต่าง ๆ ในอัตราส่วน สารสกัดหยาบ : Surfactant : น้ำ (80:10:15) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ	53
ภาพที่ 8 การเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์ที่ผสม Surfactant ชนิดต่าง ๆ ในอัตราส่วน สารสกัดหยาบ : Surfactant : น้ำ (80:10:15) ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของพืชทดสอบ	53
ภาพที่ 9 การเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์ที่ผสม Surfactant ชนิดต่าง ๆ ในอัตราส่วน สารสกัดหยาบ : Surfactant : น้ำ (80:10:15) ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การรอดของพืชทดสอบ	54
ภาพที่ 10 การเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์ที่ผสม Surfactant ชนิดต่าง ๆ ในอัตราส่วน สารสกัดหยาบ : Surfactant : น้ำ (80:10:15) ที่มีต่อความยาวต้นของพืชทดสอบ	54
ภาพที่ 11 การเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์ที่ผสม Surfactant ชนิดต่าง ๆ ในอัตราส่วน สารสกัดหยาบ : Surfactant : น้ำ (80:10:15) ที่มีต่อความยาวรากของพืชทดสอบ	55
ภาพที่ 12 การเปรียบเทียบผลของสารในการทำลายผนังเซลล์และการเปลี่ยนแปลงการซึมผ่าน ของเยื่อเมมเบรน หลังจากทดสอบสารที่ระยะเวลา 7 วัน	55
ภาพที่ 13 ปริมาณของคลอโรฟิลล์เอในใบถั่วฝักที่วัดได้หลังจากแช่สารเป็นเวลา 3, 5 และ 7 วัน	57
ภาพที่ 14 ปริมาณของคลอโรฟิลล์บีในใบถั่วฝักที่วัดได้หลังจากแช่สารเป็นเวลา 3, 5 และ 7 วัน	57
ภาพที่ 15 ปริมาณของแคโรทีนอยด์ในใบ ที่วัดได้หลังจากแช่สารเป็นเวลา 3, 5 และ 7 วัน	60
ภาพที่ 16 ลักษณะการแบ่งเซลล์ปกติของปลายรากหอมหัวใหญ่	60

- ภาพที่ 17 ลักษณะการแบ่งเซลล์ที่ผิดปกติของเซลล์ปลายรากหอมหัวใหญ่ที่ทดสอบด้วย
สารสกัดด้วยน้ำ จากยอดชะอมแห่งที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ 61
- ภาพที่ 18 ลักษณะนิวคลีโอลัสของเซลล์ปลายรากหอมหัวใหญ่ที่ทดสอบด้วยสารสกัดด้วยน้ำ
จากยอดชะอมแห่งที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ 61



บทนำ

ความสำคัญและที่มา

การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ทำให้เกิดปัญหาสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เนื่องจากการใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืชในแต่ละครั้งจะใช้ประโยชน์ได้เพียง 25 % ที่เหลืออีก 75 % จะกระจายสะสมในดิน น้ำ และอากาศในสิ่งแวดล้อม ที่สำคัญคือ สารเคมีกำจัดศัตรูพืชไม่ได้ทำลายเฉพาะศัตรูพืชเท่านั้น แต่ยังทำลายแมลงและจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในธรรมชาติอีกด้วย ซึ่งเป็นการทำลายความสมดุลของระบบนิเวศในธรรมชาติ และผลที่ตามมาคือ การระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืชที่รุนแรงมากขึ้น การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชนอกจากจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแล้วยังก่อให้เกิดปัญหา การได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกายของเกษตรกรผู้ใช้ และยังมีสารพิษตกค้างในผลผลิตทางการเกษตรอีกด้วย

ปัจจุบันจากปัญหาที่เกิดขึ้นในการใช้สารเคมีเพื่อกำจัดศัตรูพืช ทำให้มีการใช้สารจากธรรมชาติทดแทนสารเคมีแพร่หลายมากขึ้น ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อม และปัญหาสุขภาพต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นจากการใช้สารเคมี โดยมีรายงานการวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชเพื่อใช้กำจัดวัชพืชมามากมาย เช่น รายงานการวิจัย Chon *et al.*, (2002) พบว่าเมื่อความเข้มข้นจากสารสกัดใบถั่วอัลฟาฟาเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ความยาวรากของต้นอัลฟาฟาและหญ้าข้าวเนลดลง โดยเฉพาะรากแก้วของอัลฟาฟาจะมีลักษณะสั้นและพองเมื่อใช้สารสกัดจากใบอัลฟาฟา ซึ่งการที่พืชมีการสร้างสารเคมีขึ้นภายในต้นและปลดปล่อยออกมาและมีผลต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียง เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า อัลลีโลพาตี ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติรูปแบบหนึ่งซึ่งเกิดขึ้นจากความสัมพันธ์ด้านชีวเคมีระหว่างพืชรวมถึงจุลินทรีย์ โดยพืชหรือจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งผลิตและปลดปล่อยสารชีวเคมีออกสู่สภาพแวดล้อมแล้วก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชหรือจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นอาจจะมีผลในด้านการยับยั้งหรือส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชหรือจุลินทรีย์ดังกล่าว (Rice, 1984) ในการศึกษาวิจัยได้ทำการศึกษาลักษณะการป้องกันกำจัดวัชพืชโดยการใช้สารเคมีนั้นเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ สารกำจัดวัชพืชที่ถูกใช้ไปทั้งในและนอกพื้นที่การเกษตรอาจเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมโดยอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ และอาจมีพิษตกค้างในดินและน้ำ ถ้าหากเกษตรกรมีการใช้ที่ไม่ถูกต้องตามคำแนะนำ สารเคมีกำจัดวัชพืชบางชนิดมีฤทธิ์ตกค้างอยู่ในดินเป็นระยะเวลานาน มีการสลายตัวช้าอาจถูกชะล้างไปโดยน้ำฝน แล้วไหลลงสู่แหล่งน้ำ คลอง บึง (พรชัย, 2540) ดังนั้นการใช้ประโยชน์ของสารธรรมชาติจากพืชในการจัดการกับวัชพืชแบบยั่งยืน (sustainable weed management) จึงเป็นแนวคิดที่ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางการพัฒนาเพื่อนำพืชที่มีศักยภาพทางอัลลีโลพาทีสูงไปใช้ในการจัดการวัชพืชแบบยั่งยืนมีหลายแนวทาง เช่น การวิเคราะห์หาสูตร โครงสร้างของสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช และนำไปใช้เป็นสารกำจัดวัชพืชโดยตรง การพัฒนาสารกำจัดวัชพืชให้มีประสิทธิภาพสูงจากการดัดแปลงสูตร โครงสร้างของสารจากพืช หรือการพัฒนาวิธีการในการนำพืชที่มีศักยภาพทางอัลลีโลพาทีสูงมาปรับใช้ในระบบการผลิตพืช เช่น การใช้เป็นวัสดุคลุมผิวหน้าดินในแปลงปลูกพืช หรือการนำมาคลุมในวัสดุปลูกเพื่อควบคุมการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืช เป็นต้น จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจและมีการศึกษาทดลองกันอย่างกว้างขวาง เพื่อนำสารจากพืช และวัชพืชตลอดจน สารธรรมชาติจากแหล่งอื่น ๆ มาใช้ควบคุมวัชพืช เพื่อเป็นการลดอันตรายจากการใช้สารกำจัดวัชพืชสังเคราะห์ที่จะเกิดกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อมให้น้อยลง

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาารูปของสาร (formulation) ที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืช
2. ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพสารผลิตภัณฑ์เพื่อลดปริมาณการใช้ต่อพื้นที่
3. ศึกษากลไกการทำลายวัชพืช
4. ตีพิมพ์เผยแพร่ และจดสิทธิบัตรผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืช

ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ศึกษาการทำรูปสารผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมให้อยู่ในรูปที่สามารถใช้งานได้ ทั้งการละลายน้ำ และการคงตัวของสารในรูปผลิตภัณฑ์
2. ศึกษาการเพิ่มสาร additive ชนิดต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์
3. ศึกษากลไกของสารออกฤทธิ์ที่ทำให้วัชพืชตาย

แนวทางความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย

สารอัลลีโลพาทีที่มีความน่าสนใจและได้รับความสนใจอย่างมากเนื่องจากเป็นสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่ได้จากพืชหรือจุลินทรีย์ ซึ่งสารเหล่านี้มีความปลอดภัยต่อสภาพแวดล้อมสูง แนวทางการพัฒนานำพืชที่มีศักยภาพทางอัลลีโลพาทีสูงไปใช้ในระบบการจัดการวัชพืชแบบยั่งยืนมีหลายแนวทาง เช่น การวิเคราะห์หาสูตร โครงสร้างของสารออกฤทธิ์และนำไปใช้เป็นสารกำจัดวัชพืชโดยตรง การดัดแปลงสูตร โครงสร้างของสารอัลลีโลพาที (allelochemicals) จากธรรมชาติ ให้มีประสิทธิภาพในการเป็นสารกำจัดวัชพืชที่สูงขึ้น พัฒนาการในการนำพืชนั้นๆ มาปรับใช้ในระบบการปลูกพืช เช่น การใช้ซากพืชที่มีศักยภาพทางอัลลีโลพาทีในการคลุมดิน และการทำรูปสารสกัดหยาบหรือส่วนของพืชให้อยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชโดยตรง ซึ่งการทำรูปสาร (formulation) หรือสภาพของสารผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลายแบบ โดยการทำรูปหรือปรุงแต่งผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น การละลายน้ำดีขึ้น การคงรูปดีขึ้น หรือแม้แต่สะดวกต่อการนำไปใช้ในภาคสนาม เป็นวัตถุประสงค์หลัก สารสกัดหยาบหรือส่วนของพืชที่มีศักยภาพทางอัลลีโลพาตี ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้โดยตรงด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงจำเป็นต้องมีการมีการทำรูป (formulation) หรือสภาพสารผลิตภัณฑ์ให้มีความเหมาะสมก่อน สารผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ สารออกฤทธิ์ (active ingredient, ai) เป็นส่วนเนื้อของสารออกฤทธิ์ในการทดลองนี้มาจากสารสกัดหยาบจากชะอม หรือใบชะอมบดผง ส่วนประกอบที่สองคือ สารเฉื่อย (inert ingredients) เป็นส่วนผสมอื่นซึ่งเป็นสารที่ไม่มีพิษหรือเป็นพิษน้อยต่อพืชหรือสิ่งมีชีวิตอื่น สารเฉื่อยนี้อาจมีบทบาทแตกต่างกัน เช่น ทำหน้าที่เป็นตัวทำลาย ตัวทำให้เจือจาง สารเพิ่มประสิทธิภาพ ทั้งนี้อาจมีหน้าที่กระตุ้นกัมมันตภาพ (activity) ของสารกำจัดวัชพืช คุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของสารกำจัดวัชพืช และสารเฉื่อยรวมกันทำให้เกิดสารกำจัดวัชพืชในรูปแบบต่าง ๆ สารเฉื่อยเหล่านั้นมีสารจับผิวอยู่ด้วยซึ่งมีหน้าที่ป้องกันการตกตะกอน และทำให้ยึดเกาะกับใบพืช รวมทั้งทำให้สารกำจัดวัชพืชเข้าสู่ภายในใบได้ดียิ่งขึ้น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ข้อมูลทางวิชาการที่สามารถตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารและการประชุมวิชาการต่าง ๆ
2. สามารถจดสิทธิบัตรกรรมวิธีในการผลิตสารกำจัดวัชพืชจากชะอม
3. เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อเป็นแนวทางให้หน่วยงานต่าง ๆ ได้วิจัยและพัฒนาต่อยอดต่อไป

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อัลลีโลพาที (allelopathy) เป็นผลทางตรงหรือทางอ้อมจากพืชชนิดหนึ่งไปยังพืชชนิดหนึ่งผ่านทางสารเคมีที่ผลิตออกมาสู่สภาพแวดล้อม เป็นคำที่บัญญัติขึ้นโดย Hans Molisch ชาวเยอรมันในปี ค.ศ. 1937 ซึ่งมีรากศัพท์มาจากภาษากรีก คือ allelon หมายถึง ซึ่งกันและกัน และ pathos หมายถึง เดือดร้อนหรือทำให้เกิดอันตราย ในความหมายโดยรวม อัลลีโลพาทีจึงหมายถึงปรากฏการณ์ที่พืชชนิดหนึ่ง (รวมทั้งจุลินทรีย์) ได้ผลิตและปลดปล่อยสารชีวเคมีออกมาสู่สภาพแวดล้อม ซึ่งสารชีวเคมีนี้ก่อให้เกิดผลยับยั้งหรือส่งเสริมการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตที่อยู่รอบ ๆ (Molisch, 1937 ; Rice, 1984) ต่อมา Putnam (1985) ได้อธิบายความหมายของอัลลีโลพาทีเพิ่มเติมว่าเป็นผลกระทบของพืชชั้นสูงชนิดหนึ่ง ที่มีผลต่อความงอก การเจริญเติบโต และพัฒนาการของพืชอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งอาจจะส่งผลดีในด้าน การกระตุ้นหรือส่งผลเสียในด้านการยับยั้งการเจริญเติบโต และพัฒนาการของพืชชนิดอื่นรวมทั้ง จุลินทรีย์ และเรียกรวมสารเคมีที่พืชปลดปล่อยออกมาว่า สารอัลลีโลพาที (allelochemical, allelopathic substances) ต่อมา Fitter (2003) และ Inderjit ; Duke (2003) ได้ให้ความหมายของอัลลีโลพาที ไว้ว่า อัลลีโลพาที คือ กลไกการควบคุมการอยู่รอดหรือการตาย โดย สารอัลลีโลพาทีที่ปลดปล่อยออกมาจากพืชมีผลต่อสังคมพืช และมีบทบาทสำคัญในธรรมชาติ สารอัลลีโลพาทีสามารถปลดปล่อยออกมาสู่สิ่งแวดล้อมได้หลายทาง เช่น การระเหยของสารทางผิวใบที่มีชีวิต (volatilization from leaves) การชะล้างจากผิวใบโดยน้ำฝน หมอก และน้ำค้าง (leaching from leaves by rain, fog and dew) การละลายมากับสารละลายราก (root exudation from root) การปลดปล่อยจากการย่อยสลายของรากพืชที่ตายแล้ว (released from decomposing sloughed roots) การปลดปล่อยจากการย่อยสลายของใบ ผล และกิ่ง (released from decomposing leaves, fruits and twigs) สารอัลลีโลพาทีที่ปลดปล่อยออกมาเหล่านี้ สามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่รอบ ๆ เช่น ส่งผลต่อการแบ่งและการยืดตัวของเซลล์ (cell division and cell elongation) มีปฏิสัมพันธ์กับฮอร์โมนพืช (hormonal interaction) การดูดซึมธาตุอาหารของพืช (mineral uptake) การสังเคราะห์แสงและขบวนการที่เกี่ยวข้อง (photosynthesis) การหายใจ (respiration) และการสังเคราะห์โปรตีน (protein synthesis) (Rice, 1984)

วัชพืช

วัชพืช (weeds) ในทางเกษตร หมายถึงพืชที่ขึ้นผิดที่ หรือพืชที่ขึ้นในที่ที่ไม่ต้องการให้ขึ้น และทำให้มีผลกระทบต่อระบบการผลิตทางเกษตรในด้านที่เป็นโทษมากกว่าเป็นประโยชน์ (Craft, 1975) ในทางนิเวศน์วิทยา วัชพืช หมายถึงพืชที่ขึ้นและปรับตัวเข้ากับบริเวณที่ถูกรบกวน โดยมนุษย์หรือปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ (Baker, 1974 ; Harlan, 1975) และ รังสิต (2547) ก็ได้ให้คำจำกัดความของวัชพืชไว้ว่า เป็นพืชที่ไม่ต้องการให้ขึ้นในพื้นที่แห่งหนึ่งและในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งสามารถพบวัชพืชได้ทั่วไป ไม่ว่าในสนามหญ้า ข้างทาง ริมถนน ริมรั้ว ภูน้ำ แหล่งน้ำ สวน บริเวณปลูกพืช ทุ่งหญ้า บริเวณสาธารณสถาน และในป่า

วัชพืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่นับได้ว่ามีความสัมพันธ์กับมนุษย์ค่อนข้างมาก โดยที่ไม่ใช่เฉพาะการมีความเกี่ยวข้องกับการเกษตรเท่านั้น วัชพืชยังเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดความเสียหายแก่มนุษย์ทั้งทางตรง และทางอ้อมมากมาย เช่น ปัญหาของวัชพืชที่เกิดแก่การประมง การทำป่าไม้ การชลประทาน การคมนาคม และสภาพแวดล้อม สาเหตุที่วัชพืชมีความสัมพันธ์กับมนุษย์ค่อนข้างมากก็เพราะว่า วัชพืชมีมากมายหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติ และลักษณะพิเศษที่แตกต่างกันจนทำให้สามารถขึ้นแข่งขันได้ในสภาพต่าง ๆ ซึ่งในสภาพดังกล่าวจึงอาจเรียกว่าเป็นวัชพืชได้อย่างถาวร ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากว่าวัชพืชมีโทษมากกว่าประโยชน์นั่นเอง ในสภาพธรรมชาติถึงแม้ว่าในบางกรณี วัชพืชจะมีประโยชน์บ้างก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาถึงคุณค่าทางเศรษฐกิจ และปัญหาที่เกิดขึ้นแล้วจะถูกรับเรียกว่าวัชพืชทันที

การงอกของเมล็ดวัชพืช

วัชพืชมีทั้งวัชพืชล้มลุกหรือวัชพืชฤดูเดียว (annual weed) และวัชพืชยืนต้นหรือวัชพืชข้ามปี (perennial weed) ที่มีการขยายพันธุ์แบบไม่ใช้เพศ (vegetative reproduction) จะมีการออกดอกผลิตเมล็ดขึ้นในส่วนที่ได้รับการผสมของเกสรตัวผู้ และมีการพัฒนามาเป็นเมล็ด เพื่อใช้ในการขยายพันธุ์ต่อไป เมล็ดของวัชพืชมีความสำคัญอย่างมาก เพราะเป็นตัวทำให้เกิดการแพร่ขยายพันธุ์ ซึ่งยากต่อการควบคุมและกำจัดซึ่งการงอกของเมล็ดวัชพืช ทั้งวัชพืชล้มลุกและวัชพืชยืนต้นจะมีโอกาสที่จะผลิตเมล็ดซึ่งเป็นการขยายพันธุ์แบบไม่ใช้เพศ (vegetative reproduction)

ลักษณะการงอกของต้นวัชพืชจากเมล็ดนั้น แบ่งออกเป็น 2 แบบ (พรชัย, 2540) ได้แก่

1. การงอกแบบ epigeal germination เป็นการงอกแบบที่ต้นกล้ามีใบเลี้ยง (cotyledon) โผล่ขึ้นมาเหนือดินโดยการยืดตัวของ ไฮโปคอติล (hypocotyl) ซึ่งไฮโปคอติลนี้ จะอยู่ระหว่างปลายรากกับข้อของใบเลี้ยง เมื่อมีการงอก รากอ่อนจะงอกโผล่พ้นเมล็ดออกทางรูไมโครพิล (micropyle) เจริญสู่พื้นดิน จากนั้น ไฮโปคอติล จะยืดตัวและมีลักษณะโค้งงอดึงเอาส่วนของใบเลี้ยง (cotyledon) กับเอพิคอติล (epicotyl) ขึ้นมาเหนือดิน ต่อจากนั้นก็จะมีใบจริงเกิดขึ้น เช่น การงอกของพืชในเลี้ยงคู่ต่าง ๆ

2. การงอกแบบ hypogeal germination เป็นการงอกออกจากเมล็ดของวัชพืช โดยที่ส่วนของใบเลี้ยง (cotyledon) ยังคงอยู่ในเปลือกหุ้มเมล็ดและตกค้างอยู่ในดิน ส่วนใหญ่เป็นวัชพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ในการงอกนั้นรากจะแทงทะลุเปลือกที่หุ้มเมล็ด ส่วนของไฮโปคอติล (hypocotyl) มีการยืดตัวน้อยมาก จึงทำให้ใบเลี้ยงตกค้างอยู่ในเปลือกหุ้มเมล็ด โดยที่ส่วนของเอพิคอติล (epicotyls) เท่านั้นที่มีการยืดตัว ดึงเอายอดอ่อน (plumule) โผล่ขึ้นมาเหนือดิน และเจริญยืดยาวได้อย่างรวดเร็ว เช่น เมล็ดข้าว ข้าวโพด หล้า เป็นต้น

บทบาทและความสำคัญของวัชพืชด้านการเกษตร

ในด้านการเกษตร วัชพืชมีทั้งโทษและประโยชน์ แต่บทบาทในแง่เป็นประโยชน์มีน้อยกว่าในแง่ที่เป็นโทษ Klingman *et al.*, (1975) ได้สรุปบทบาทด้านที่เป็นโทษของวัชพืชต่อระบบการเกษตรไว้ดังนี้

1. วัชพืชจะทำให้ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตเกษตรลดลง อันเนื่องมาจากการที่วัชพืชไปแย่งแย่งปัจจัยเพื่อการเจริญเติบโตกับพืชปลูก หรือพืชปลูกถูกรบกวน หรือถูกทำลายอันเนื่องมาจากการเข้าไปกำจัดวัชพืช ไม่ว่าจะด้วยวิธีกล หรือวิธีทางเคมี นอกจากนี้การปะปนของชิ้นส่วนวัชพืชไปในผลผลิต จะทำให้คุณภาพของผลผลิตลดลง

2. วัชพืชเป็นที่อยู่อาศัยของแมลง โรค และสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ ซึ่งสามารถแสดงบทบาทเป็นศัตรูกับพืชปลูกได้

3. ลดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตร ทั้งในระหว่างการเตรียมดิน หรือการเก็บเกี่ยวผลผลิต เพราะวัชพืชที่มีลำต้นโตหรือแข็งแรง สามารถขัดขวางระบบการทำงานของเครื่องจักร นอกจากนี้วัชพืชที่มีลำต้นสูงๆ เมื่อแย่งแย่งแข่งขันกับพืชปลูกมักทำให้พืชปลูกต้องสูงตามไปด้วย เมื่อพืชปลูกมีอายุใกล้เก็บเกี่ยวก็จะเอนล้ม ทำให้ยากแก่การเก็บเกี่ยวโดยเครื่องจักรกล

4. ทำให้เกิดอันตรายแก่สัตว์ และในกรณีที่สัตว์กินวัชพืชที่มีสารซึ่งเป็นพิษเข้าไป สารมีพิษเหล่านี้จะทำให้คุณภาพของผลผลิตสัตว์ลดลงด้วย

5. ลดคุณค่าของที่ดินที่ทำการเกษตร และเป็นสาเหตุให้เกษตรกรทิ้งที่ดิน ไปบุกเบิกพื้นที่ใหม่ เกิดความเสียหายต่อเนื่อง เช่น การทำไร่เลื่อนลอย (shifting cultivation หรือ swidden agriculture) เป็นต้น

6. ลดประสิทธิภาพของชลประทาน ทั้งในแง่การประมง การชลประทาน การระบายน้ำ การขนส่ง และการผลิตพลังงานไฟฟ้า ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้มีผลต่อระบบการเกษตรทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม

7. เพิ่มต้นทุนการผลิตอันเนื่องมาจากการที่ต้องป้องกันกำจัด ซึ่งมีผลทำให้ผู้บริโภคต้องซื้อผลิตผลเกษตรในราคาสูงไปด้วย

8. เกิดมลพิษขึ้นกับสภาพแวดล้อมเนื่องมาจากการกำจัดวัชพืชด้วยสารเคมี และการผลิตสารเคมีเพื่อกำจัดวัชพืช

9. ลดประสิทธิภาพการทำงานของมนุษย์ที่จะทำงานในไร่นา

10. ทำให้การใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ ในการผลิต เช่น การใช้ปุ๋ย การชลประทาน และการใช้พันธุ์พืชที่ให้ผลผลิตสูงเป็นไปได้ยาก เพราะเทคโนโลยีเหล่านี้พัฒนาขึ้นมาภายใต้ และเพื่อใช้ในสภาพที่ไม่มีวัชพืช

การจัดการวัชพืช

การจัดการวัชพืช (weed management) โดยทั่วไปจะเน้นที่การแก้ปัญหามากกว่าการป้องกัน จึงมักเรียกว่าเป็น การควบคุมกำจัด ซึ่งการควบคุมกำจัดวัชพืชสามารถทำได้หลายวิธี โดย Anderson (1996) ได้แบ่งออกเป็น 10 วิธี ได้แก่

1. วิธีกล (mechanical methods) เป็นการควบคุมกำจัดโดยใช้เครื่องมืออย่างง่าย ไปจนถึงการใช้เครื่องจักรกลต่าง ๆ เช่น การถอนด้วยมือ (hand pulling), การตัดและตัดฟัน (mowing and cutting), การใช้จอบ (hoeing) และการไถพรวน (tillage)

2. การเผา (burning) เป็นการทำลายวัชพืชที่งอกเป็นต้นแล้ว อาจมีการตัดฟันก่อนเผา เช่น ในการเตรียมพื้นที่ปลูกพืชจากพื้นที่ที่มีสภาพป่าหรือมีวัชพืชยืนต้นขึ้นหนาแน่น หรืออาจเป็นการเผาโดยไม่ตัดฟันเลย ซึ่งใช้ในกรณีเป็นหญ้าหรือวัชพืชใบกว้างข้ามปีที่ต้นไม่ใหญ่นัก เช่น หญ้าคาและสาบเสือ เป็นต้น นอกจากนี้ การเผาในบริเวณที่เพาะปลูกโดยสม่ำเสมอ เช่น ในนาข้าว เป็นการทำลายเมล็ดวัชพืชที่ร่วงหล่นอยู่บนผิวดิน แต่ไม่สามารถทำลายเมล็ดวัชพืชซึ่งตกลงไปในร่องแตกกระแหว่งของดิน หรือเมล็ดที่ถูกดินกลบไปก่อนแล้ว ทั้งนี้ควรต้องคำนึงถึงการสูญเสียอินทรีย์วัตถุจากดิน และการเกิดควันไฟซึ่งมีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม

3. การคลุมดิน (mulching) การคลุมดินสามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะคือ การคลุมโดยวัสดุไม่มีชีวิต (non-living mulch) เช่น ฟางข้าว หญ้าแห้ง แกลบ หรือวัสดุแปรรูป เช่น กระดาษ หรือพลาสติก การคลุมโดยวัสดุมีชีวิต (living mulch) เช่น การปลูกพืชตระกูลถั่วเป็นพืชคลุมในสวนยางพารา สวนปาล์มน้ำมัน หรือสวนผลไม้ การปลูกหญ้าในระหว่างแปลงไม้ดอก

4. การปล่อยน้ำท่วมขัง (flooding) เป็นการทำให้ผิวดินเกิดสภาพขาดออกซิเจน ทำให้เมล็ดวัชพืชไม่งอก หรือวัชพืชที่งอกแล้วก็จะตายได้ เช่น สภาพในนาข้าวโดยเฉพาะนาดำ หากมีการควบคุมระดับน้ำได้ก็จะมีปัญหาเรื่องวัชพืชน้อยมาก แต่ถ้าหากเกิดการขาดน้ำ หน้านาเริ่มได้รับออกซิเจน จะมีวัชพืชหลายชนิดงอกขึ้นมา เช่น หญ้าหนวดปลาชุก หญ้าหนวดแมว และกกต่าง ๆ

5. การใช้ระบบการปลูกพืช (cropping systems) ระบบการปลูกพืชที่ช่วยในการควบคุมกำจัดวัชพืช มี 2 ลักษณะคือ การปลูกพืชหมุนเวียน (crop rotation) และการปลูกพืชแซมสลับ (intercropping)

6. การใช้พืชแข่งขัน (smother crops) วิธีการนี้เป็นการใช้พืชปลูกที่มีนิสัยในการเจริญเติบโตในลักษณะก้าวร้าว (aggressive) กว่าวัชพืช เช่น มีเปอร์เซ็นต์ความออกของเมล็ดสูงสามารถงอกได้ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ดันอ่อนเจริญเติบโตเร็ว มีระบบรากใหญ่และแพร่กระจายออกไปได้เร็ว มีลำต้นหรือทรงพุ่มแผ่คลุมพื้นที่ได้เร็ว หรือมีลักษณะเป็นเถาหรือต้นแผ่เลื้อย (prostrate) การใช้พืชแข่งขันอาจเป็นการคัดเลือกชนิดหรือพันธุ์พืชปลูกให้มีลักษณะก้าวร้าวเช่นที่กล่าวแล้วนี้ หรือคัดเลือกให้ได้ชนิดหรือพันธุ์ที่ทนทานต่อการแก่งแย่งแข่งขันจากวัชพืช

7. วิธีเขตกรรม (cultural methods) เป็นวิธีการที่ช่วยส่งเสริมให้พืชปลูกเจริญเติบโต และคลุมพื้นที่ได้เร็ว จะช่วยลดปัญหาวัชพืชลงได้มาก ตัวอย่างของวิธีเขตกรรมที่ช่วยลดปัญหาวัชพืช เช่น การเพิ่มปุ๋ยให้กับพืชปลูก การเตรียมแปลงปลูกที่ดี การใช้ส่วนขยายพันธุ์ที่สมบูรณ์แข็งแรง การจัดการความหนาแน่นของพืชให้เหมาะสม (plant density) การเลือกเวลาปลูกที่เหมาะสม (planting date) การควบคุมวัชพืชในระยะแรก และการปลูกโดยการย้ายกล้า การปลูกปฏิบัติเช่นที่กล่าวมานี้ จะช่วยให้พืชปลูกมีการเจริญเติบโตล้ำหน้า (growth advantage) มีความได้เปรียบในการแก่งแย่งแข่งขันกับวัชพืช

8. ใช้สิ่งมีชีวิต (biological methods) วิธีการนี้เป็นการใช้สิ่งมีชีวิตมาเป็นตัวกัดกินหรือทำลายวัชพืช สิ่งมีชีวิตในที่นี้อาจเป็นสัตว์ที่มีขนาดใหญ่ เช่น สัตว์เคี้ยวเอื้องต่าง ๆ สัตว์ขนาดกลาง เช่น ปลา หรือสัตว์น้ำอื่น ๆ และสัตว์ขนาดเล็ก เช่น แมลง รวมไปถึงที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น คือ โรคพืช

9. การใช้ประโยชน์จากวัชพืช (utilization of weeds) เช่น การใช้เป็นสมุนไพร การใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องจักสาน และเฟอร์นิเจอร์ ก็จะทำให้มีการเก็บเกี่ยว หรือนำส่วนของวัชพืชเหล่านั้นไปใช้ประโยชน์ได้ จัดว่าเป็นการควบคุมกำจัดวัชพืชอีกรูปแบบหนึ่ง ที่เหมาะกับระบบเกษตรแบบอินทรีย์ หรือระบบที่ต้องการคงความหลากหลายของชีวภาพในพื้นที่มากกว่าการเกษตรเชิงเดี่ยว

10. การควบคุมกำจัดวัชพืชโดยใช้สารเคมี (chemical weed control) สารเคมีที่มีผลในการควบคุมกำจัดวัชพืช เรียกว่า สารกำจัดวัชพืช (herbicide) ผลในการควบคุมกำจัดอาจแสดงในลักษณะฆ่าทำลาย หรือยับยั้งการเจริญเติบโต การฆ่าทำลายอาจเกิดขึ้นในระหว่างที่ส่วนขยายพันธุ์กำลังงอกเป็นต้นกล้า หรือเป็นต้นสมบูรณ์แล้ว ขึ้นกับชนิดของสารกำจัดวัชพืชและเวลาที่ใช้ ปัจจุบันการใช้สารเคมีในการกำจัดวัชพืชนับว่าเป็นวิธีการที่เกษตรกรนิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจาก เป็นวิธีการที่สะดวก รวดเร็ว ประหยัดเวลา และแรงงาน

สารกำจัดวัชพืช

สารกำจัดวัชพืช (herbicides) หมายถึง สารเคมีชนิดใดก็ตามที่นำมาใช้เพื่อฆ่าทำลายหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืช ไม่ว่าจะเป็นในขณะที่วัชพืชงอกขึ้นมาแล้ว หรือยังเป็นเมล็ดอยู่ตลอดจนขึ้นส่วนต่าง ๆ ของวัชพืชที่ขยายพันธุ์ได้ทั้งที่อยู่ในดินหรืออยู่บนดิน

สารกำจัดวัชพืชสามารถแบ่งออกเป็นประเภทหรือกลุ่ม โดยยึดหลักหรือเกณฑ์ต่าง ๆ (พรชัย, 2540) คือ

1. แบ่งตามขอบเขตของชนิดพืชที่ถูกควบคุม ตามเกณฑ์นี้จะสามารถแบ่งสารกำจัดวัชพืชออกได้ 2 ประเภท คือ

1.1 ประเภทเลือกทำลาย (selective herbicides) หมายถึง สารเคมีที่มีผลในการควบคุมพืชบางชนิด แต่ไม่มีผลหรือมีผลน้อยกับพืชอีกบางชนิด สารกำจัดวัชพืชที่จำหน่ายอยู่ในท้องตลาดส่วนใหญ่เป็นสารประเภทเลือกทำลายคือ สามารถควบคุมกำจัดวัชพืช แต่ไม่เป็นอันตรายหรือเป็นอันตรายเพียงเล็กน้อยต่อพืชปลูก โดยมีทั้งแบบเลือกทำลายใบแคบและแบบเลือกทำลายใบกว้าง

1.2 ประเภทไม่เลือกทำลาย (non-selective herbicides) หมายถึง สารเคมีที่มีผลในการควบคุมกำจัดหรือเป็นอันตรายกับพืชทุกชนิดที่รับสารประเภทนี้เข้าไป

2 แบ่งตามลักษณะการใช้กับพืช ตามเกณฑ์นี้จะสามารถแบ่งสารกำจัดวัชพืชออกได้ 2 ประเภทเช่นกัน คือ

2.1 ประเภทใช้ทางใบ (foliar application) หมายถึง สารกำจัดวัชพืชที่เข้าสู่พืชทางใบ หรือยอดอ่อน ซึ่งสามารถแบ่งย่อยได้อีก คือ

2.1.1 ประเภทสัมผัสหรือถูกตาย (contact herbicides) หมายถึง สารประเภทที่สามารถทำลายพืชได้เฉพาะส่วนที่สารไปสัมผัสเท่านั้น ไม่มีการเคลื่อนย้ายของสารไปสู่ส่วนอื่น ๆ ของพืช

2.1.2 ประเภทดูดซึม (systemic หรือ translocated herbicides) หมายถึง สารที่เมื่อเข้าสู่พืชแล้วสามารถเคลื่อนย้ายไปสู่ส่วนอื่นของพืชได้ โดยจะเคลื่อนย้ายไปตามท่ออาหาร (phloem) เป็นส่วนใหญ่ และจะแสดงผลในการทำลายในจุดต่าง ๆ ที่สารประเภทนี้เคลื่อนย้ายไปถึง

2.2 ประเภทใช้ทางดิน (soil application) หมายถึง สารกำจัดวัชพืชที่เข้าสู่พืชทางรากหรือส่วนอื่น ๆ ของพืชที่อยู่ใต้ดิน ซึ่งรวมถึงใบเลี้ยงหรือยอดอ่อนก่อนจะโผล่พ้นพื้นผิวดินด้วย มีผลทำให้ส่วนขยายพันธุ์ของพืช ซึ่งเริ่มจะงอกหรือกำลังงอกได้รับอันตราย สารกำจัดวัชพืชประเภทใช้ทางดินมักจะมีผลตกค้างในดิน (residue) สารบางชนิดอยู่ในดินได้นานเป็นปี ขึ้นกับชนิดและความเข้มข้นของสาร และสภาพแวดล้อม เช่น ความชื้นและชนิดของดิน

3. แบ่งตามกลุ่มทางเคมี (chemical classification)

3.1 ประเภทสารอนินทรีย์ (inorganic herbicides) เช่น ammonium sulfamate (AMS), copper sulfate, calcium cyanamide, copper chelate, sodium chlorate และ hexaflurate เป็นต้น มีผลต่อพืชในลักษณะทำลายเซลล์พืชเป็นส่วนใหญ่

3.2 ประเภทสารอินทรีย์ (organic herbicides) ซึ่งสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็นกลุ่มต่าง ๆ ตามโครงสร้างหลักขององค์ประกอบทางชีวเคมี คือ aliphatic, amides, benzoics, bipyridiliums, carbamates, dinitroanilines, nitriles, diphenyl ethers, phenoxy, thiocarbamate, triazines, ureas, uracils และสารชนิดอื่น ๆ ที่การจัดกลุ่มยังไม่ชัดเจน

4. แบ่งตามช่วงเวลาการใช้ ซึ่งสามารถแบ่งได้ 3 ลักษณะคือ

4.1 สารที่ใช้แบบก่อนปลูก (pre - planting herbicide) หรือสารที่ใช้ทางดิน (soil applied herbicide) หมายถึงสารที่ใช้ฉีดพ่นไปที่ผิวดินก่อนที่เมล็ดพืชปลูกและวัชพืชจะงอก

4.2 สารที่ใช้แบบก่อนงอก (pre - emergence herbicide) จะใช้หลังปลูกพืช แต่ก่อนวัชพืชงอก สารเหล่านี้จะเข้าทำลายวัชพืชทางราก หรือยอดอ่อนใต้ดินที่กำลังงอก แต่สารไม่สามารถเข้าสู่ต้นพืชทางใบ และจำแนกได้เป็นกลุ่มต่าง ๆ ตามกลไกการทำลายของพืช และโครงสร้างทางเคมี แม้ว่าสารบางชนิดจะแนะนำให้ใช้ทางดิน แต่เมื่อนำไปฉีดพ่นทางใบ อาจจะมีผลกระทบต่อวัชพืชหรือพืชปลูกเพียงเล็กน้อย เช่น ใบเหลือง หรือไหม้แต่ไม่ตาย

4.3 สารที่ใช้แบบหลังงอก (post - emergence herbicide) หรือสารที่ใช้ทางใบ (foliar applied herbicides) หมายถึง สารที่ใช้ฉีดพ่นเมื่อวัชพืชงอกขึ้นมาแล้วหรือใช้ฉีดพ่นไปที่ใบวัชพืช สารเหล่านี้จะเข้าสู่ต้นพืชได้ทั้งทางใบ และส่วนอื่น ๆ เช่น ยอดอ่อน หรือกิ่งอ่อน ที่อยู่เหนือดิน แต่ในทางปฏิบัติสารส่วนใหญ่จะไม่เข้าสู่ราก หรือยอดอ่อนของต้นกล้าวัชพืชที่อยู่ใต้ดิน ทั้งนี้เพราะสารจะถูกดูดยึดไว้กับเม็ดดินหรือสารอาจเคลื่อนย้ายลงไปในดินระดับลึกอย่างรวดเร็ว รากหรือต้นกล้าวัชพืชจึงไม่สามารถดูดเอาสารไว้ได้ อย่างไรก็ตามสารบางกลุ่มที่ใช้ทางใบแต่มีผลทางดิน เช่นสารที่อยู่ในกลุ่มเป็นฮอร์โมนพืช ซึ่งจะถูกระงับในดินจนเป็นพิษต่อพืชยืนต้นที่มีรากลึกได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องระมัดระวังเมื่อใช้สารกลุ่มดังกล่าว นอกจากนี้สารที่ใช้ทางใบบางกลุ่มจะมีผลทางดินเมื่อใช้ในอัตราที่สูงก็จะควบคุมการงอกของเมล็ดวัชพืชได้ และเป็นพิษต่อพืชปลูกวงศ์หญ้าด้วย

รูปผลิตภัณฑ์สารกำจัดวัชพืช

รูปผลิตภัณฑ์ของสารกำจัดวัชพืชหมายถึง สารกำจัดวัชพืชที่ได้รับการปรุงแต่งให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการใช้งาน การเคลื่อนย้าย การเก็บรักษา เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืช และยังคงอันตรายของสารกำจัดวัชพืชอีกด้วย ในทางปฏิบัตินั้น ไม่ได้ใช้สารกำจัดวัชพืชในรูปแบบ สารบริสุทธิ์ ดังนั้น สารกำจัดวัชพืชจึงอยู่ในรูปผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อเป้าหมายดังนี้

1. ใช้ง่าย สะดวก
2. สามารถกระจายตัวในน้ำ (หรือสารที่เป็นตัวพาอื่น เช่น น้ำมัน) ได้ดี
3. ยึดติดกับใบพืชได้ดี
4. มีกัมมันตชีวภาพ (biological activity)

เป้าหมายอื่นของการทำรูปผลิตภัณฑ์ของสารกำจัดวัชพืช คือ

1. ทำให้ความเป็นพิษที่มีต่อวัชพืชเพิ่มขึ้น
2. ทำให้สารใช้ได้อย่างสะดวกและประหยัด
3. ทำให้สารมีอายุในการเก็บรักษาไว้ได้นานขึ้น
4. ป้องกันไม่ให้สารก่อผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม เมื่อเกิดอุบัติเหตุขณะขนส่งหรือเก็บรักษา (ทศพล, 2545)

รูปผลิตภัณฑ์ของสารกำจัดวัชพืช สามารถแบ่งดังนี้ (พรชัย, 2540) ได้แก่

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

2. WP (wetable powder) รูปของของแข็งเป็นผงละเอียด โดยนำสารเคมีออกฤทธิ์มาผสมกับ talc หรือ clay ซึ่งจะเป็นดินเหนียวที่ละลายในน้ำได้ดี เช่น bentonite หรือ attapugite และส่วนประกอบของสารเพิ่มฤทธิ์ (surfactant) เมื่อนำผง WP ไปผสมน้ำจะได้สารแขวนลอย (suspension) โดยถ้าปล่อยให้ทิ้งไว้นาน 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

รูปผลิตภัณฑ์ของสารกำจัดวัชพืชประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน ได้แก่

1. สารออกฤทธิ์ (active ingredient) เป็นส่วนเนื้อหาของสารเคมี มาจากสารกำจัดวัชพืชที่เรียกว่าเป็น technical grade โดยทั่วไปมีสารออกฤทธิ์ตั้งแต่ร้อยละ 90 ขึ้นไป

2. สารเฉื่อย เป็นส่วนผสมอื่นที่มีหน้าที่แตกต่างกัน เช่น ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลาย ตัวทำให้เจือจางและเป็นสารเพิ่มประสิทธิภาพ เป็นต้น สารกำจัดวัชพืชในปัจจุบันอาจพบทั้งชนิดที่ฉีดพ่นได้ (sprayable formulations) เช่น ชนิดน้ำ ชนิดผงละลายน้ำ ชนิดผงไม่ละลายน้ำ ชนิด

สารละลายเข้มข้น เป็นต้น และชนิดแห้งเพื่อการใช้โดยตรง (dry formulations for direct application) เช่น ชนิดเม็ด ชนิดผง (ธวัชชัย, 2540)

สารอัลลีโลพาตี

สารที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อพืช สารที่เป็นสารอัลลีโลพาตีส่วนใหญ่เป็นสารทุติยภูมิ (secondary metabolites) โดยเป็นสารที่มีความแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช เช่น อัลคาลอยด์ (alkaloids) ไกลโคไซด์ (glycosides) แทนนิน (tannins) เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่จะมีสารเริ่มต้นเป็น กรดอะมิโน (amino acid) อะซิเตต (acetate) เมวาโลเนต (mevalonate) เป็นต้น (รังสิต, 2527 ; Rizvi, 1992) โดยมีเอนไซม์ที่แตกต่างกันไปตามแต่ละชนิดของพืชที่เข้ามาเกี่ยวข้องทำให้กระบวนการชีวสังเคราะห์ (biosynthesis) ต่างกัน และทำให้สารทุติยภูมิแตกต่างกัน การผลิตสารในสิ่งแวดล้อมมีหลากหลายรูปแบบ ซึ่งบางครั้งเกี่ยวข้องกับความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมทำให้พืชเกิดความเครียด (stress) และผลิตสารอัลลีโลเคมีคัลในปริมาณมากกว่าปกติ ลักษณะเช่นนี้สามารถเกิดขึ้นกับส่วนใดของพืชก็ได้ แต่เมล็ดและใบเป็นส่วนที่มีสารอยู่รวมตัวกันมากที่สุด แหล่งผลิตสารจึงกลายเป็นสิ่งสำคัญที่เกี่ยวข้องกับอัลลีโลเคมีคัลในการควบคุมวัชพืช ตัวอย่างเช่น อัลลีโลเคมีคัลที่สกัดจากดอก หรือผลจะมีปริมาณน้อยกว่าสกัดจากรากหรือลำต้นของต้นเดียวกัน สำหรับการควบคุม การใช้พืชทั้งต้นคลุมกรบกับดินอาจทำให้เกิดการกระจายตัวของสารอัลลีโลเคมีคัลไปทั่วพื้นที่ ทั้งนี้เนื่องจากแต่ละส่วนของต้นพืชสร้างสารอัลลีโลเคมีคัลได้ทั้งสิ้น ดังนั้นปริมาณจึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับจุดประสงค์ในการใช้เพื่อควบคุมและถ้าต้องการผลที่เฉพาะเจาะจง ปริมาณสุทธิและความเข้มข้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องคอยตรวจสอบอยู่เสมอ สารอัลลีโลเคมีคัลเข้าสู่ธรรมชาติได้หลายทางด้วยกันในหลาย ๆ ช่วงเวลา และรูปแบบกับช่วงเวลานี้เอง จะเป็นตัวกำหนดลักษณะของการออกฤทธิ์ ซึ่งโดยทั่วไปสารอัลลีโลพาตีที่มีผลกระทบต่อการงอกของเมล็ด น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและราก รวมทั้งความสูงของต้นและพัฒนาการต่าง ๆ ของพืช โดยสารอัลลีโลพาตีก่อให้เกิดผลต่อพืชในด้านต่าง ๆ เช่น

1. ผลของการปิด - เปิดของปากใบ (stomatal movement), การสังเคราะห์รงควัตถุ (pigment synthesis) และการสังเคราะห์แสง (photosynthesis)
2. ผลต่อการงอกของละอองเรณูหรือสปอร์ (germination of pollens or spore)
3. ผลต่อเมมเบรนและความสามารถยอมให้สารผ่าน (membrane and their balance)
4. ผลต่อการหายใจ (respiration)
5. ผลต่อการสังเคราะห์เล็คฮีโมโกลบินและการตรึงไนโตรเจน (leghaemoglobin synthesis and nitrogen fixation) ในพืช

6. ผลต่อเซลล์วิทยาและโครงสร้างของเซลล์พืช (cytology and ultrastructure) การแบ่งเซลล์และการยึดหดตัวของเซลล์ สารที่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้ามากมีกลไกการทำลายของสารออกฤทธิ์โดยไปยับยั้งการแบ่งเซลล์และยึดตัวของเซลล์

7. ผลต่อการดูดซับธาตุอาหาร (mineral uptake)

8. ผลต่อการสังเคราะห์โปรตีน (protein synthesis)

9. ผลต่อฮอร์โมนพืชและสมดุลของฮอร์โมน (phytohormones and their balance) เป็นต้น อย่างไรก็ตามความเป็นพิษและระยะเวลาการสะสมของสารก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดการตอบสนองต่อสารอัลลีโลพาตีแตกต่างกันไปในธรรมชาติ และยังขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ซึ่งพืชแต่ละชนิดจะปลดปล่อยและผลิตสารแตกต่างกัน บางชนิดอาจไม่มีผลต่อพืชหากอยู่เพียงชนิดเดียว แต่การมีสารอื่นมารวมด้วยจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาของพืช ซึ่งปรากฏการณ์อัลลีโลพาตีที่เกิดขึ้นในธรรมชาติไม่ว่าจะเป็นระบบนิเวศเกษตร ท่งหญ้า ในน้ำทะเลหรือในระบบนิเวศน้ำจืด โดยเฉพาะในระบบนิเวศเกษตรมีการศึกษาถึงผลทางอัลลีโลพาตีของพืชและวัชพืช เพื่อนำมาพัฒนาและปรับปรุงระบบการเกษตรและมีการสนับสนุนให้พัฒนาสารอัลลีโลพาตีมาใช้ในการเกษตรเพื่อการจัดการวัชพืชอย่างยั่งยืน (Duke and Lyon, 1993)

การเคลื่อนย้ายของสารอัลลีโลพาตี

อัลลีโลพาตี เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติลักษณะหนึ่งในด้านความสัมพันธ์ระหว่างพืชแล้วไปมีผลกระทบต่อเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืชรวมทั้งจุลินทรีย์ที่อยู่บริเวณนั้น ซึ่ง Tefera (2002) ได้รายงานว่าสารอัลลีโลพาตีจากส่วนของ ดอก ลำต้น ราก และใบของ *Parthenium hysterophorus* สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของ *Eragrostis tef* ในสภาพห้องปฏิบัติการได้ ต่อมา Chon *et al.*, (2003) รายงานว่า สารอัลลีโลพาตีจากใบของผักกาดหอมสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของรากอัลฟาฟ่าและหญ้าข้าวนกได้อย่างสมบูรณ์ และในปีต่อมาก็มีรายงานอีกว่าสารสกัดจากใบอัลฟาฟ่าสามารถชะลอการงอกของเมล็ดและลดการยึดยาวของลำต้นอัลฟาฟ่า ได้ (Chon, 2004)

ปกติสารอัลลีโลพาตีนั้นอาจจะเข้าสู่ต้นพืชทางใบหรือทางดิน ดังนั้นสารจึงเข้าสู่ต้นพืชโดยผ่านส่วนที่อยู่เหนือดินหรือส่วนที่อยู่ใต้ดิน การใช้สารไปที่ใบพืชหรือที่ดินนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารและวัชพืชหรือพืชปลูก สารบางชนิดจะควบคุมวัชพืชได้เมื่อใช้ทางดินเท่านั้น แต่บางชนิดจะกำจัดวัชพืชได้เมื่อใช้ทางใบเท่านั้น ดังนั้นประสิทธิภาพของสารอัลลีโลพาตีจึงขึ้นอยู่กับตำแหน่งของการเข้าสู่ต้นพืชด้วย

ส่วนของต้นพืชซึ่งสารอัลลีโลพาตีที่เข้าทางดินใช้เป็นทางผ่านเข้าสู่ภายในต้นพืชคือ รากและยอดใต้ดินที่กำลังเจริญเติบโต นอกจากนี้สารยังถูกดูดซึมทางดินโดยเมล็ด เหง้าหรือหัวชนิดต่าง ๆ เช่น bulbs corms หรือ tubers สำหรับสารอัลลีโลพาตีที่เข้าสู่ต้นพืชทางใบจะอาศัยใบพืชเป็น

ทางผ่านในการเข้าสู่ต้นพืช หลังจากที่สามารถผ่านเข้าสู่ต้นพืชแล้ว สารจะต้องเคลื่อนย้ายไปสู่ตำแหน่งที่เกิดปฏิกิริยาเพื่อก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืชหรือส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นพืช สารอัลลีโลพาที่บางชนิดเคลื่อนย้ายภายในต้นพืชได้แต่บางชนิดเคลื่อนย้ายไม่ได้

สภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อ การเคลื่อนย้ายสารอัลลีโลพาที่

1. ความชื้นในอากาศ

สารอัลลีโลพาที่เข้าสู่พืชทางใบในสภาพที่มีความชื้นในอากาศสูงจะเข้าสู่ภายในใบพืชได้มากขึ้นและมีการเคลื่อนย้ายในโพลีเอมได้มากขึ้นด้วย การเพิ่มอัตราการเคลื่อนย้ายที่เป็นผลมาจากความชื้นในอากาศสูงนี้ ทำให้ CO_2 เข้าสู่ภายในใบพืชได้มากยิ่งขึ้น จึงมีการสังเคราะห์ด้วยแสงได้มากขึ้น เกิดสารที่สังเคราะห์ได้จากใบเป็นปริมาณมากจึงทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายสารมากขึ้น ซึ่งเป็นผลกระทบต่อเนื้อทำให้สารเข้าสู่ภายในใบได้มากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น สารกำจัดวัชพืช ฟลูโรออกซีเพอร์เข้าสู่ใบและเคลื่อนย้ายภายในต้นพืชได้มากเมื่อความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 % โดยมากกว่าที่ความชื้นสัมพัทธ์ 30 % ในระยะเวลา 6 ชั่วโมง หรือมากกว่าหลังจากได้รับสาร แต่อุณหภูมิไม่ได้มีผลกระทบต่อ การเข้าสู่ต้นพืชและเคลื่อนย้ายของฟลูโรออกซีเพอร์ สำหรับอิมเมสเซพทาเพอร์จะเข้าสู่ใบผักบุงฝรั่งได้มากเมื่อมีความชื้นสัมพัทธ์ 100 % โดยมากกว่าในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 40 % เกือบ 2 เท่า และในสภาพที่มีความชื้นสูงกว่านั้นทำให้สารเคลื่อนย้ายในต้นผักบุงฝรั่งได้เป็น 2 เท่า ของสภาพที่มีความชื้นต่ำ (รังสิต, 2547) ความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำทำให้สารทะลุผ่านผิวใบได้น้อยลง เพราะหยดละอองสารจะแห้งเร็วขึ้น นอกจากนี้ความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำยังทำให้พืชเกิดความเครียด เนื่องจากการขาดน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงทำให้สารทะลุเข้าสู่ภายในต้นพืชได้มากยิ่งขึ้น โดยลดการระเหยของหยดละอองสารและยังลดความเครียดของต้นพืชเนื่องจากการขาดน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์มีผลกระทบต่อ การแห้งหรือเปียกของคิวทิเคิล และวิถี การดูดซึมสารด้วย

2. อุณหภูมิ

ปกติการเคลื่อนย้ายของสารอัลลีโลพาที่ในโพลีเอมเกิดขึ้นมากในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง และที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้อัตราการเคลื่อนย้ายในโพลีเอมลดลง อุณหภูมิจะเป็นตัวกระตุ้นหรือยับยั้งประสิทธิภาพของสารที่ใช้ เช่น อุณหภูมิต่ำประมาณ 16 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าจะทำให้ประสิทธิภาพของสาร โบรมอกซินิลลดลง แม้ว่าใช้สารกับพืชที่อ่อนแอ อุณหภูมิที่สูงกว่า 28 หรือ 32 องศาเซลเซียส จะทำให้ละอองสารที่อยู่ในรูปเอสเทอร์ระเหยออกจากใบวัชพืชได้เร็วขึ้น ซึ่งก็เกิดผล 2 ประการ คือ ทำให้ควบคุมวัชพืชได้น้อยลงและกลายเป็นพืชต่อพืชปลูกที่อ่อนแอที่อยู่บริเวณใกล้เคียง วัชพืชที่ขึ้นในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงจะทำให้คิวทิเคิลมีความหนามากยิ่งขึ้นเป็นผลให้สารทะลุผ่านได้น้อยลง ดังนั้น อุณหภูมิที่ปานกลางจะทำให้สารเข้าสู่ต้นพืชได้ดีขึ้น อุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจจะเปลี่ยนแปลงธรรมชาติของคิวทิเคิลและอาจจะทำให้สารทะลุผ่านได้ง่ายขึ้น

3. แสง

แสงเป็นตัวกระตุ้นให้สารเข้าสู่ภายในใบพืชมากยิ่งขึ้น โดยทำให้พืชสังเคราะห์แสงได้มากขึ้น ขณะเดียวกันสารเมื่อเข้าสู่ภายในใบแล้วจะถูกทำให้เคลื่อนย้ายไปพร้อม ๆ กับกระแสการเคลื่อนย้ายของสารที่ใบพืชสังเคราะห์ขึ้น (น้ำตาล) ซึ่งทำให้สารที่มีคุณสมบัติเคลื่อนย้ายในท่ออาหาร (phloem) จะเคลื่อนย้ายได้มากยิ่งขึ้น

4. ฝน

ฝนที่ตกทันทีหลังจากฉีดพ่นสารจะชะล้างเอาสารออกจากใบพืช ฝนมีผลกระทบต่อ การเข้าสู่ใบพืชของสารแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของสาร สารบางชนิดซึมผ่านผิวใบพืชอย่างรวดเร็ว แต่บางชนิดจะซึมผ่านช้าโดยทั่วไปปริมาณสารที่เข้าสู่ใบในระดับที่ก่อให้เกิดพิษจะเกิดขึ้นภายในชั่วโมงแรกหลังจากได้รับสาร

5. ลม

ลมทำให้สารเข้าสู่ต้นพืชได้น้อยลง เพราะลมทำให้หยดละอองสารที่ผิวใบแห้งเร็วขึ้น และก่อให้เกิดการสูญหายของสารไป โดยการระเหยของสารที่ตกค้างที่ผิวใบ ดังนั้น เมื่อพืชปลดปล่อยสารอัลลีโลพาที่ออกมาสู่สิ่งแวดล้อม อาจะปลดปล่อยออกมาโดยการระเหย การปลดปล่อยออกทางราก การชะล้างโดยฝนหรือหมอก หรือการสลายตัวของซากพืช ส่งผลให้สารอัลลีโลพาที่ที่พืชปลดปล่อยออกมานั้นเคลื่อนย้ายเข้าสู่ภายในต้นพืช ซึ่งมีอยู่หลายทางด้วยกัน คือ

การเคลื่อนย้ายสารอัลลีโลพาที่ในรากพืช

สารอัลลีโลพาที่ที่ปลดปล่อยออกทางรากโดยตรง หรือการชะล้างโดยฝนหรือหมอกลงสู่พื้นดิน หรือการสลายตัวของซากพืชในดิน ส่งผลให้เกิดการสะสมของสารอัลลีโลพาที่ในดินเป็นจำนวนมากและถูกดูดซึมเข้าสู่ภายในต้นพืชโดยผ่านทางรากซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ใต้ดินของพืช การสัมผัสจะเกิดขึ้นต้องมีกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

แมสส์โฟล (massflow) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นโดยไม่ต้องอาศัยพลังงาน ซึ่งโมเลกุลเกือบทั้งหมดของสารถูกทำให้เคลื่อนย้ายไปพร้อม ๆ กันในสารละลายดินแล้วไปสู่ส่วนของรากพืชที่อยู่ใต้ดิน

การแพร่ (diffusion) เป็นกระบวนการที่ไม่ต้องอาศัยพลังงาน ซึ่งโมเลกุลของสารเคลื่อนย้ายไปตามระดับของความเข้มข้น จากความเข้มข้นสูงไปสู่บริเวณที่มีระดับความเข้มข้นต่ำ

ภายในสารละลายดิน หรือในสภาพไอระเหยที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินไปสู่ผิวด้านนอกของรากพืชที่อยู่ใต้ดิน

อินเตอร์เซพชัน (interception) เป็นการสัมผัสระหว่างสารในดินกับส่วนของรากพืชที่อยู่ใต้ดิน โดยเฉพาะปลายรากที่กำลังเจริญเติบโต สามารถเจริญเติบโตออกไปจนไปสัมผัสกับโมเลกุลของสารที่อยู่ในดิน

กระบวนการทั้ง 3 นี้ ทำให้สารอัลลีโลพาทีในดินสามารถสัมผัสกับรากพืชซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ใต้ดินของต้นพืช แมสส์โฟล (massflow) เป็นกระบวนการที่สำคัญที่สุดสำหรับสารที่ไม่มีกระบวนการแพร่ (diffusion) อาจจะมีผลสำคัญที่สุดสำหรับสารที่สามารถระเหยได้ โดยเฉพาะในสภาพดินแห้งเมื่อมีการสัมผัสเกิดขึ้น โมเลกุลของสารก็จะเข้าสู่ผนังเซลล์และช่องว่างระหว่างเซลล์ โดยกระบวนการเดิม คือ แมสส์โฟลและการแพร่ ซึ่งไม่ต้องการพลังงานจากกระบวนการเมทาบอลิซึม แต่เมื่อทะลุผ่านพลาสมาเลมมาต้องอาศัยพลังงานจากกระบวนการเมทาบอลิซึม

การเข้าสู่ราก

เมื่อศึกษาโครงสร้างภายในของราก เซลล์ชั้นนอกสุดคือ เอพิดอร์มิส (epidermis) หรือ เซลล์ผิว และขนราก (root hair) ซึ่งเป็นชั้นเอพิดอร์มิสที่เปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เพิ่มพื้นที่ในการดูดน้ำ แร่ธาตุ และสารต่าง ๆ ถัดจากเซลล์ชั้นนี้คือชั้นคอร์เทกซ์ (cortex) ซึ่งมีเอนโดเดอร์มิส (endodermis) เป็นเซลล์ชั้นในสุดของคอร์เทกซ์ และชั้นสตีล (stele) เป็นชั้นในสุดของราก ประกอบด้วย เพริไซเคิล (pericycle) และท่อลำเลียง (vascular tissue) ทิศทางการเคลื่อนที่ของสารอัลลีโลพาทีภายในราก เมื่อรากพืชดูดสารอัลลีโลพาทีจากดินทางปลายรากเป็นส่วนใหญ่ โมเลกุลของสารจะเคลื่อนที่จากเซลล์ขนรากหรือเซลล์ผิวผ่านคอร์เทกซ์เข้าไปในสตีล (stele) จนถึงท่อลำเลียงหรือไซเลม (xylem) ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของสารอัลลีโลพาทีผ่านแนวรัศมีของราก ซึ่ง Munch (1932) นักสรีรวิทยาชาวเยอรมัน ได้แบ่งส่วนของรากโดยอาศัยระบบการเคลื่อนที่ของน้ำเป็น 2 ระบบ คือ

อะโพพลาสต์ (apoplast) เป็นระบบการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านผนังเซลล์ ช่องว่างระหว่างเซลล์และเซลล์ที่ไม่มีชีวิต ได้แก่ เวสเซล (vessel) และเทรคีต (tracheid) ของไซเลม ระบบนี้ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ไม่ต่อเนื่องกัน โดยมีชั้นเอนโดเดอร์มิสกั้นอยู่

ซิมพลาสต์ (symplast) เป็นระบบการเคลื่อนที่ของน้ำที่ผ่านทาง โปรโทพลาสซึม (protoplasm) แวกิวโอล (vacuole) โดยโปรโทพลาสซึมของแต่ละเซลล์จะเชื่อมต่อกันด้วยท่อเล็ก ๆ เรียกว่า พลาสโมเดสมตา (plasmodesmata)

สารอัลลีโลพาทีที่ละลายน้ำในสารละลายดินเคลื่อนเข้าสู่รากจะผ่านทางอะโพพลาสต์ (apoplast) เนื่องจากเป็นส่วนที่มีแรงต้านทานน้อย โดยเคลื่อนที่จากขนรากอย่างต่อเนื่องทางผนังเซลล์ไปยังคอร์เทกซ์ หลังจากนั้นสารอัลลีโลพาทีที่ละลายน้ำจะเคลื่อนที่ต่อไปยังทางผนังเซลล์และ

ช่องว่างระหว่างเซลล์ไปถึงชั้นเอนโดเดอริส (endodermis) สารอัลลีโลพาที่ที่ละลายน้ำไม่สามารถเคลื่อนที่ต่อไปในระหว่างผนังเซลล์ได้ เนื่องจากถูกกั้นด้วยแคสพาร์ียนสตริป (casparian strip) ซึ่งมีสารซูเบอร์ลิน (suberlin) เคลือบจนกั้นมิให้น้ำหรือสารละลายน้ำต่าง ๆ ผ่านได้ น้ำและสารละลายน้ำจึงต้องเคลื่อนผ่านเมมเบรนเข้าไปในโพทอพลาสซึมในทางซิมพลาสต์ ซึ่งเกิดขึ้นในอัตราที่ช้ามาก เนื่องจากมีแรงต้านทานสูงต้องอาศัยพลังงานในการเคลื่อนที่ หลังจากนั้นน้ำหรือสารละลายน้ำเคลื่อนที่ผ่านเอนโดเดอริสแล้วจะเคลื่อนที่ไปยังอะโพพลาสต์เข้าสู่เพอริไซเคลไปถึงท่อไซเลมต่อไป การเคลื่อนที่ของน้ำหรือสารละลายน้ำโดยผ่านอะโพพลาสต์เกิดจากความต่างของวอเตอร์โพเทนเชียล และเกิดขึ้นในอัตราที่สูง เพื่อทดแทนน้ำที่สูญเสียไปกับการคายน้ำของพืช ซึ่งระบบที่น้ำผ่านทางอะโพพลาสต์นี้จะมีความสำคัญต่อการลำเลียงสารละลายเกลือแร่ต่าง ๆ ที่ละลายน้ำได้ในพืชด้วย

พืชโดยทั่วไปได้รับน้ำ ธาตุอาหาร และสารต่าง ๆ ที่ละลายน้ำได้จากดิน โดยพืชดูดเข้าทางราก ส่วนของรากที่มีบทบาทสำคัญในการดูดน้ำคือ บริเวณขนราก (root hair) ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ถัดจากปลายรากขึ้นมาเพียงเล็กน้อย ประมาณ 20-200 มิลลิเมตร สารอัลลีโลพาที่ที่อยู่ในสารละลายดินสามารถเคลื่อนย้ายเข้าสู่รากได้โดยเกิดจากความแตกต่างของความเข้มข้นของสารที่มีอยู่ภายในรากกับสารอัลลีโลพาที่อยู่ในสารละลายดิน

สารอัลลีโลพาที่อาจจะเข้าสู่รากพืชโดยทะลุผ่านผนังเซลล์เอพิเดอริส (epidermis) และคอร์เท็กซ์ (cortex) ของรากพืชโดยกระบวนการแมสส์โฟล (massflow) แต่การเข้าสู่รากจะไม่สามารถถ้าสารอัลลีโลพาที่ยังไม่ได้ทะลุผ่านเมมเบรน (membrane) หรือพลาสมาเลมมา (plasmalemma) แล้วเข้าสู่ไซโทพลาสซึม (cytoplasm) ของเซลล์ต่าง ๆ ที่อยู่ภายในราก ซึ่งสารเคมีกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางดินส่วนใหญ่สามารถทะลุผ่านพลาสมาเลมมาของเซลล์ต่าง ๆ ที่ประกอบขึ้นเป็นราก

ในกรณีที่เข้าสู่ช่องว่างอิสระ (apparent free space) ซึ่งได้แก่ ผนังเซลล์ (cell wall) หรือช่องว่างระหว่างเซลล์ (intercellular space) ถือว่ายังไม่สิ้นสุดกระบวนการ เมื่อสารอัลลีโลพาที่ผ่านเมมเบรนของเซลล์ต่าง ๆ ที่ประกอบเป็นรากเท่านั้นจึงถือว่าได้ผ่านการเข้าสู่รากพืชอย่างสมบูรณ์

สารอัลลีโลพาที่ซึ่งอยู่ในช่องว่างอิสระภายในรากแต่ไม่สามารถผ่านพลาสมาเลมมาที่จะคงอยู่ในช่องว่างอิสระ ซึ่งอาจเรียกว่าเป็นส่วนที่ไม่มีชีวิต (apoplast) เนื่องจากไซซึ่งเรียกว่า แคสพาร์ียนสตริป (casparian strip) ที่อยู่ในผนังเซลล์ของเซลล์ชั้นเอนโดเดอริส (endodermis) เป็นตัวกั้นไม่ให้สารอัลลีโลพาที่เคลื่อนย้ายผ่านเข้าไปภายในรากลึกกว่าส่วนนี้ สารอัลลีโลพาที่จึงสะสมอยู่ในช่องว่างอิสระต่อไปหรือเคลื่อนย้ายกลับออกสู่สารละลายดิน กรณีนี้สารอัลลีโลพาที่ก็จะไม่สามารถเข้าสู่บริเวณที่มีชีวิตหรือไซโทพลาสซึมของเซลล์ต่าง ๆ ที่ประกอบกันเป็นราก ดังนั้นตัวกั้นไม่ให้สารอัลลีโลพาที่เคลื่อนย้ายผ่านเข้าไปในเซลล์ของรากก็คือ แคสพาร์ียนสตริปและพลาสมาเลมมาของเซลล์เอพิเดอริสและคอร์เท็กซ์

การเข้าสู่ยอดใต้ดินของวัชพืชวงศ์หญ้า

ก่อนที่ต้นกล้าจะโผล่พ้นดิน สารอัลลีโลพาตีเข้าสู่ภายในต้นกล้าวัชพืชวงศ์หญ้าผ่านทางข้อโคเลออปทายล์ (coleoptilar node) และข้อคราวน์ (crown node) ของต้นกล้าพืชวงศ์หญ้า ซึ่งเป็นตำแหน่งที่สำคัญที่สุดที่สารจะใช้เป็นทางผ่านเข้าสู่ภายในต้นกล้า แต่ส่วนที่เป็นโคเลออปทายล์ (coleoptile) ใบ และตาที่หุ้มด้วยกาบโคเลออปทายล์ (coleoptilar sheath) รวมทั้งเอพิคอติล (epicotyl) ซึ่งมีความสำคัญน้อยที่สารจะใช้เป็นทางผ่านเข้าสู่ภายในต้นกล้า

หญ้าแต่ละชนิดจะยอมให้สารเข้าสู่ภายในต้นแตกต่างกัน บางชนิดยอมให้สารชนิดเดียวกันเข้าสู่ยอดได้มากกว่าเข้าสู่ราก ซึ่งกรณีดังกล่าวสารจะยังคงเคลื่อนย้ายได้ภายในต้นพืชหลังจากการเข้าสู่ยอด แต่เมื่อเข้าสู่รากจะไม่มีการเคลื่อนย้าย ดังนั้นความแตกต่างระหว่างการเข้าสู่ยอดและรากของสารก็คือ การเข้าสู่ยอดสามารถหลีกเลี่ยงจากการถูกดูดยึดไว้ภายในราก สารที่เข้าสู่ต้นกล้าทางยอดจึงเคลื่อนย้ายภายในต้นพืชได้ดีกว่า

การเข้าทางตา

ตาของต้นพืชเป็นตำแหน่งที่มีความสำคัญที่สารทางอัลลีโลพาตีใช้เป็นทางผ่านเข้าสู่ภายในต้นพืช นอกจากนี้ดอกและผลก็อาจจะเป็นทางที่สารผ่านเข้าสู่ภายในต้นพืชได้เช่นกันแต่มีบทบาทน้อยมาก อย่างไรก็ตามการผ่านเข้าของสารจะมีลักษณะเช่นเดียวกับการเข้าทางใบ

การเข้าทางใบ

ใบเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของพืชที่ยอมให้สารผ่านเข้าสู่ภายในต้นพืช ปกติผิวใบด้านบนเป็นส่วนที่ได้รับเอาสาร แต่ผิวใบด้านล่างเป็นส่วนที่ยอมให้สารเข้าสู่ภายในใบได้อย่างรวดเร็ว เพราะว่ามีคิวติเคิล (cuticle) ที่บางกว่าและมีจำนวนปากใบที่มากกว่า แต่โอกาสที่ผิวใบด้านล่างจะได้รับสารนั้นมีน้อยกว่าด้านบน เพื่อที่จะให้สารสามารถทะลุผ่านเข้าไปภายในใบพืชได้อย่างสมบูรณ์ สารที่สะสมอยู่บนผิวใบพืชจะต้องทะลุผ่านชั้นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ทะลุผ่านไข (ที่อยู่นอกสุด) ที่คลุมเซลล์เอพิเดอร์มิส
2. ทะลุผ่านผนังเซลล์ของเซลล์เอพิเดอร์มิส
3. ทะลุผ่านพลาสมาเลมมาของเซลล์เอพิเดอร์มิส
4. ถูกปลดปล่อยไปสู่ไซโทพลาสซึมซึ่งอยู่ภายในเซลล์เอพิเดอร์มิส

การเข้าสู่ผิวใบพืชจะไม่สมบูรณ์เมื่อ ไอออนหรือโมเลกุลของสาร ไม่ได้ถูกปลดปล่อยไปสู่ไซโทพลาสซึมหลังจากทะลุผ่านเยื่อพลาสมาเลมมาแล้ว สารที่ใช้ทางใบทะลุผ่านคิวติเคิลและผนังเซลล์โดยกระบวนการแพร่ แต่ทะลุผ่านเยื่อพลาสมาเลมมาและปลดปล่อยออกจากไซโทพลาสซึมเป็นกระบวนการกัมมันต์ซึ่งต้องอาศัยพลังงาน

ทุกส่วนบนผิวใบไม่ได้ยอมให้สารทะลุผ่านได้เท่าเทียมกัน ตำแหน่งปฐมภูมิที่ยอมให้สารเข้ามากเป็นบริเวณที่มีเอ็กโทเดสมตา (ectodesmata) อยู่อย่างหนาแน่น ซึ่งได้แก่ บริเวณที่อยู่ใต้ปากใบ ได้ขนหรือไทรโครม (trichomes) และส่วนที่เป็นด้านบนที่ติดกับคิวติเคิลของผนังเซลล์เอพิเดอร์มิส ตำแหน่งอื่น ๆ ที่สำคัญที่เป็นทางผ่านอย่างดีของสาร คือ เซลล์เอพิเดอร์มิสที่อยู่ตรงเส้นใบ (vein) หรือรอยขีดข่วนบนผิวคิวติเคิล หรือรอยแยกที่เกิดจากการขยายตัวของเซลล์หรือการเสียดสีของใบพืช

การเข้าสู่ภายในใบพืชของสาร โดยผ่านปากใบขณะที่กำลังเปิดนั้นมีความสำคัญน้อยมาก ทั้งน้ำมันและสารที่ละลายน้ำทะลุผ่านคิวติเคิลเข้ามา ทั้ง 2 อย่างมีวิธีการทะลุผ่านที่แตกต่างกัน โมเลกุลของสารที่ไม่มีขั้วจะทะลุผ่านคิวติเคิลได้ดีกว่าโมเลกุลของสารที่มีขั้ว (น้ำมันถือว่าเป็นสารที่ไม่มีขั้ว น้ำเป็นสารมีขั้ว)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเข้าสู่ภายในใบ

เมื่อใบพืชได้รับสารอัลลีโลพาทีแล้วและสารสามารถทะลุผ่านผิวใบแล้วเข้าสู่ภายในใบถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะทำให้การใช้สารมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืช เมื่อสารอัลลีโลพาทีสัมผัสกับใบพืช ใบจะรับสาร ได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัย คือ

การเปียกของผิวใบ

การเปียกของผิวใบจะมีความแตกต่างกันระหว่างพืชแต่ละชนิด เช่น ละอองสารไม่ทำให้ใบของข้าวเปียกแต่ทำให้ใบผักปอดเปียก การเปียกของผิวใบพืชได้รับผลกระทบจากปัจจัยเหล่านี้คือ การมีใบปกคลุมผิวใบรวมถึงลักษณะ โครงสร้างของคิวติเคิลที่อยู่บนผิวใบ และการมีขนปกคลุมผิวใบ

ผิวใบที่มีคิวติเคิลคลุมอยู่โดยคิวติเคิลนั้นมีลักษณะเป็นไขหนา ซึ่งจะพบทั่วไปในใบแก่ของพืช และผิวใบพืชที่มีขนหนาแน่นจะไม่ยอมให้ละอองสารเปียกผิวใบ แต่ที่ผิวของใบอ่อนและผิวใบที่มีขนปานกลางจะทำให้ผิวใบนั้นถูกทำให้เปียกได้ง่ายกว่า

แรงดึงผิวของสารที่ใช้ฉีดพ่น

แรงดึงผิวน้ำที่ค่อนข้างสูงสามารถทำให้หยดละอองสารอยู่ในรูปทรงกลมบนผิวใบพืชที่มีไขหนา การทำให้ใบเปียกมากยิ่งขึ้นสามารถทำได้โดยลดแรงดึงผิวลง โดยการใส่สารจับผิวที่เหมาะสมลงไปบนสารแขวนลอยนั้น เมื่อแรงดึงผิวดลดลงจะทำให้สารแขวนลอยในน้ำที่อยู่บนผิวใบนั้นมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ทำให้พืชรับเอาสาร ได้มากขึ้นหรือทำให้สารแขวนลอยนั้นเกาะผิวใบได้มากยิ่งขึ้น แรงดึงผิวของสารที่ละลายได้ในน้ำมันจะต่ำ ดังนั้นถ้าใช้น้ำมันฉีดพ่นไปที่ผิวใบก็จะเปียกที่ผิวใบทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารจับผิวซึ่งเป็นสารแอดจูแวนท์ชนิดหนึ่งจะทำให้แรงตึงผิวของของเหลวที่เป็นน้ำลดลง ทำให้สารทะลุผ่านผิวใบได้มากยิ่งขึ้น การเพิ่มอัตราการทะลุผ่านผิวใบเป็นผลของปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

1. ลดฟองอากาศที่มีลักษณะคล้ายแผ่นฟิล์มที่อยู่ระหว่างหยดละอองสารและผิวใบ
2. เพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างสารป้องกันกำจัดวัชพืชและผิวใบพืช
3. สารจับผิวทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายร่วม (cosolvent) หรือเป็นสารที่ทำให้ละอองสารอัลลีโลพาทีคงสภาพเดิม (stabilizing agents) ขณะที่สารป้องกันกำจัดวัชพืชกำลังทะลุผ่านผิวทิวทิว
4. สารจับผิวใบทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ละอองสารอัลลีโลพาทีแห้ง (humectant) ซึ่งจะทำให้ระยะเวลาการระเหยของน้ำจากละอองสารช้าลง โดยยืดระยะเวลาการทะลุผิวใบให้นานยิ่งขึ้น
5. ทำให้การเคลื่อนย้ายของสารผ่านช่องว่างระหว่างเซลล์ได้มากยิ่งขึ้น

กระบวนการเข้าสู่ผิวใบ

ใบพืชยอมให้สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์เคลื่อนย้ายผ่านเข้าไปภายใน ซึ่งสารเหล่านั้นอาจจะเป็นประโยชน์หรือเป็นพิษแก่ต้นพืชเอง นักวิชาการทางพืชใช้ประโยชน์จากจุดนี้ โดยใช้สารเคมีไปที่ใบพืชเพื่อกระตุ้นหรือเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเจริญเติบโต ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับพืชปลูก เช่น การให้ธาตุอาหารแก่พืช การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต รวมทั้งการใช้สารป้องกันกำจัดวัชพืชทางใบ

สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์บางชนิดอาจถูกปลดปล่อยออกจากผิวใบพืช ซึ่งการปลดปล่อย (excretion หรือ exudate) ดังกล่าวเกิดขึ้นตรงกันข้ามกับการดูดซึม ผิวใบพืชอาจจะปลดปล่อยสารในรูปไอรระเหยจากผิวใบ หรือสารอาจจะถูกชะล้างออกจากผิวใบหลังจากฝนตก มีหมอกลงหนัก หรือการให้น้ำแบบสปริงเกิล (sprinkle) สารที่ถูกชะล้างออกมานี้จะลงสู่ดินและรากพืชต้นเดิมหรือพืชที่อยู่ใกล้เคียงสามารถดูดสารเข้าไปในต้นได้อีก ซึ่งสารที่ปลดปล่อยออกจากต้นพืชอาจเกี่ยวข้องกับอันตรกิริยาระหว่างพืชที่เรียกว่าอัลลีโลพาที

ใบประกอบด้วยส่วนที่ใช้ป้องกันไม่ให้เกิดการเคลื่อนย้ายสารจากภายนอกต้นพืชสู่ภายใน และสารทุกชนิดไม่สามารถผ่านตัวป้องกันนี้ได้หมด ตัวป้องกันนั้นได้แก่ ผิวใบ, ผนังเซลล์ และ พลาสมาเลมมา

ผิวใบ

คิวทิเคิลเป็นด่านแรกที่ป้องกันไม่ให้อาหารถูกดูดซึมจากภายนอกผิวใบเข้าสู่ภายใน สารที่ใช้ทางใบจะต้องทะลุคิวทิเคิลเป็นอันดับแรก

คิวทิเคิล คือ ส่วนที่อยู่นอกสุดของผิวใบพืช โดยปกคลุมเซลล์เอพิเดอร์มิสของใบ ประกอบด้วยหน่วยต่าง ๆ ของอะตอมคาร์บอน แต่ละหน่วยจะมีจำนวนคาร์บอนอยู่ 18 อะตอม ซึ่งจะเรียงตัวกันอยู่ในรูปกรดไขมันและแอลกอฮอล์ โดยโมเลกุลจะประกอบด้วยกลุ่มของ COOH และ OH ซึ่งเป็นส่วนที่ละลายน้ำได้หรือมีขั้ว (hydrophilic) และมี CH_2 และ CH_3 เป็นส่วนที่ไม่ละลายน้ำหรือไม่มีขั้ว (lipophilic) แต่ละหน่วยจะเชื่อมกันด้วยพันธะเอสเทอร์และสะพานเปอร์ออกไซด์ (peroxide bridge) ซึ่งการเชื่อมต่อกันนี้จะโยงใยถึงกันหมด นอกจากนี้ยังมีเพคตินอยู่ในชั้นถัดลงไปและเป็นตัวเชื่อมในเนวติก มีแผ่นไขมันที่ไม่ละลายน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์ปะปนอยู่ด้วย มีช่องว่างขนาดเล็กอยู่เต็มคิวทิเคิล ซึ่งเชื่อว่าช่องว่างเหล่านี้มีขนาดใหญ่พอที่จะทำให้โมเลกุลของสารบางชนิดผ่านเข้าไปได้

โครงสร้างคิวทิเคิลเชื่อมต่อกันเกิดเป็นรูพรุนคล้ายฟองน้ำ ซึ่งเปรียบเสมือนว่าส่วนที่เป็นฟองน้ำนั้น คือ โครงสร้างที่ประกอบด้วยคิวทินที่มีรูอยู่ และมีไข (wax) ปิดอยู่ตรงรูนั้น ส่วนที่เป็นคิวทินจะมีความยืดหยุ่นแต่ส่วนที่เป็นไขจะไม่สามารถยืดหยุ่นได้ เมื่อพืชขาดน้ำคิวทินจะเหี่ยวดึงเอาไขเข้ามาชิดติดกัน สภาพเช่นนี้ทำให้สารไม่สามารถทะลุผ่านคิวทิเคิลได้ แต่เมื่อพืชได้รับน้ำเต็มที่คิวทินจะสามารถดูดน้ำไว้ได้จึงพองตัวทำให้แยกตัวออกจากกัน ในสภาพเช่นนี้จึงทำให้สารที่ละลายน้ำสามารถทะลุผ่านคิวทิเคิล ซึ่งเป็นเหตุผลที่ว่าทำไมการฉีดพ่นสารเพื่อทำลายวัชพืชในสภาพที่วัชพืชขาดน้ำหรือเหี่ยววัชพืชจึงไม่ตาย แต่ถ้าฉีดพ่นสารในสภาพที่วัชพืชไม่ขาดน้ำวัชพืชจึงตายดี

ความหนาของคิวทิเคิลก็มีบทบาทต่อการทะลุผ่านของสาร สารทะลุผ่านคิวทิเคิลที่หนาได้น้อยกว่าคิวทิเคิลที่บาง ใบพืชที่แก่จะมีคิวทิเคิลหนากว่าใบอ่อนจึงทำให้สารทะลุผ่านได้น้อยกว่าใบที่อายุน้อยกว่า

สารเคมีทะลุผ่านคิวทิเคิล โดยกระบวนการแพร่ ซึ่งเป็นกระบวนการทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายสารเคมีตามระดับความเข้มข้นของสารเคมี จากที่มีความเข้มข้นสูงไปสู่ที่มีความเข้มข้นต่ำ เชื่อว่าวิถีต่าง ๆ ที่สารจะแพร่ผ่านคิวทิเคิล มีดังนี้

ทะลุผ่านช่องว่างระหว่างโมเลกุล

สำหรับสารที่ละลายน้ำได้จะทะลุผ่านรอยแยกของไข ซึ่งเกิดขึ้นขณะที่คิวทินอิมตัวด้วยน้ำแล้วพองตัว ซึ่งเป็นการเคลื่อนย้ายผ่านช่องว่างที่อยู่ระหว่างส่วนที่เป็นแผ่น ไขมัน

สำหรับไขมันหรือสารที่ไม่ละลายน้ำการทะลุผ่านคิวทิเคิลเกิดขึ้นโดยการเคลื่อนย้ายผ่านส่วนที่เป็นไขมัน

สารเคมีอาจเข้าสู่ผิวใบ โดยผ่านคิวทิเคิลตรงบริเวณที่เป็นรอยขีดข่วนหรือฉีกขาดของคิวทิเคิล หรือบริเวณที่ไม่ได้ถูกปกคลุมคิวทิเคิล แต่กระบวนการผ่านเหล่านี้อาจจะไม่เรียกว่าเป็นการทะลุผ่านคิวทิเคิล

การทะลุผ่านคิวิตเกิดของสารอัลลีโลพาทีจะได้รับอิทธิพลมาจากความมีขี้ของสาร โดยขึ้นอยู่กับชนิดและความแข็งแรงของประจุไฟฟ้า สารเคมีทุกชนิดอาจจะมีขี้หรือไม่มีขี้ ไม่ว่าจะไม่มีขี้หรือไม่มีขี้สารจะมีประจุไฟฟ้า (บวกหรือลบ) โมเลกุลที่มีประจุไม่สมดุลจะมีขี้เกิดขึ้น ส่วนโมเลกุลที่มีประจุสมดุลจะไม่มีขี้เกิดขึ้น ระดับการมีขี้ของสารจะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของประจุที่ไม่สมดุล ไอออน ซึ่งเป็นประจุที่แข็งแรงได้แก่ Na^+ แต่สารอัลลีโลพาทีก ไฮโดรคาร์บอนเป็นพวกไม่มีประจุ ความมีประจุในโมเลกุลจะมีอิทธิพลต่อความสามารถในการละลายน้ำ เช่นเดียวกับตัวทำละลายก็จะมีขี้แตกต่างกัน ดังนั้นสารที่มีขี้ก็จะละลายในตัวทำละลายที่มีขี้ ส่วนสารที่ไม่มีขี้ก็จะละลายในตัวทำละลายที่ไม่มีขี้ และไอออนจะละลายในน้ำได้ดีแต่ไม่ละลายในน้ำมัน

ผนังเซลล์

ผนังเซลล์เป็นอีกด้านหนึ่งที่สกัดกั้นไม่ให้สารอัลลีโลพาทีทะลุผ่านเข้าไปภายในใบ ผนังเซลล์ประกอบด้วยเส้นใยเซลลูโลสขนาดเล็ก ที่สานกันเป็นร่างแหซึ่งแต่ละเส้นของเซลลูโลสมีขนาดแตกต่างกัน จึงทำให้เกิดช่องว่างขนาดต่าง ๆ ขึ้นภายในผนังเซลล์ ในผนังเซลล์ปฐมภูมิที่แก่มีช่องว่าง 10°A และในผนังเซลล์ทุติยภูมิที่เกิดขึ้นใหม่จะมีช่องว่างขนาด 100°A ปกติช่องว่างในผนังเซลล์จะมีน้ำอยู่เต็มและผนังเซลล์มีความต้านทานน้อยมากต่อการทะลุทะลวงผ่านของไอออนหรือโมเลกุล สารเคมีเคลื่อนย้ายผ่านผนังเซลล์โดยการแพร่เช่นเดียวกับการทะลุผ่านคิวิตเกิด โดยทั่วไปผนังเซลล์จะมีประสิทธิภาพสูงในการแลกเปลี่ยนประจุบวกและมีความสามารถที่จะให้น้ำเข้าเกาะได้ ทั้งนี้เพราะมีกลุ่มไฮดรอกซี (OH) ของเซลลูโลสและคาร์บอกซิล (COOH) ของเพคตินและทั้ง 2 กลุ่มนี้อยู่ในเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) กลุ่มของสารเคมีเหล่านี้ช่วยให้สารที่ละลายน้ำได้ผ่านผนังเซลล์ การทะลุผ่านผนังเซลล์ของสารที่ละลายได้ในไขมันอาจจะยากกว่าการผ่านคิวิตเกิด เช่นเดียวกับภายในเซลล์ของราก ผนังเซลล์และช่องว่างระหว่างเซลล์ภายในใบก็ถือว่าเป็นช่องว่างอิสระ (สารละลายจึงเคลื่อนย้ายเข้าหรือออกได้โดยการแพร่อย่างอิสระ) และช่องว่างอิสระของดอนแนน (Donnan) (มีการแลกเปลี่ยนไอออนเกิดขึ้นโดยสวนทางกับความเข้มข้น ทั้งนี้ไม่ได้อาศัยพลังงานจากการเมแทบอลิซึม)

พลาสมาเลมมา

พลาสมาเลมมาหรือพลาสมาเมมเบรนเป็นด้านที่สามและเป็นด้านสุดท้ายที่ป้องกันไม่ให้สารเคลื่อนย้ายผ่านผิวใบเข้าสู่ภายในใบพืช พลาสมาเลมมาเป็นส่วนที่อยู่นอกสุดของเซลล์ที่ทำหน้าที่ห่อหุ้มไซโทพลาสซึมไว้ พลาสมาเลมมามีคุณสมบัติให้สารบางชนิดเคลื่อนย้ายผ่านได้ เป็นส่วนประกอบของสาร 2 ชนิด คือ ไขมันและโปรตีนเกาะกันแน่น (เป็นเยื่อที่มีโมเลกุลสองชั้น)หนา 75°A มีช่องว่างระหว่างโมเลกุล 4°A ซึ่งน้ำมีขนาด 2°A สามารถเคลื่อนย้ายผ่านได้สะดวก ไอออนและโมเลกุลซึ่งแพร่ผ่านคิวิตเกิดและผนังเซลล์จะไม่สามารถเข้าสู่ไซโทพลาสซึมได้ เพราะมีพลาสมาเลมมาเป็นตัวกั้น อย่างไรก็ตาม ไอออนและโมเลกุลอาจจะทะลุผ่านพลาสมาเลมมาโดย

กระบวนการพิเศษซึ่งอาศัยพลังงานที่เรียกว่า เป็นการขนส่งแบบกัมมันต์ (active transport) ซึ่งกลไกการขนส่งในลักษณะนี้จะเหมือนกันทั้งในเซลล์ของรากและใบ

พลังงานที่ใช้ในการขนส่งสารภายในใบพืชมาจากกระบวนการออกซิเดทีฟฟอสฟอริเลชัน (oxidative phosphorylation) และกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในคลอโรพลาสต์ที่กระบวนการเข้าสู่ใบพืชของสารจะสมบูรณ์เมื่อสารเคมีนั้นถูกปลดปล่อยในไซโทพลาสซึม ซึ่งสารจะอยู่ในไซโทพลาสซึมหรือแควิวโอลของเซลล์ที่สารนั้นเข้าไป หรืออาจจะเคลื่อนย้ายจากเซลล์นั้นไปสู่ส่วนอื่นของต้นพืช สารเคมีซึ่งเคลื่อนย้ายจากเซลล์หนึ่ง ไปสู่อีกเซลล์หนึ่งในต้นพืชจะเคลื่อนย้ายโดยกระแสการไหลเวียนของไซโทพลาสซึม ซึ่งเกิดขึ้นในเซลล์ที่มีชีวิตและต้องการพลังงาน

ปากใบ

ปากใบมีบทบาทน้อยมากที่จะให้สารอัลลีโลพาที่ผ่านได้ แต่การ์ดเซลล์ที่อยู่รอบ ๆ ปากใบเป็นตำแหน่งที่สารใช้เป็นทางผ่านเข้าสู่ภายในใบพืชมากกว่ารูของปากใบ ที่เชื่อว่าการ์ดเซลล์มีบทบาทสำคัญเนื่องจากว่า พบเอกโทเดสมาตาเป็นจำนวนมากที่ผนังเซลล์ของการ์ดเซลล์ ซึ่งเอกโทเดสมาตาเชื่อว่าเป็นวิถีที่ทำให้สารเคลื่อนย้ายผ่านผนังเซลล์ได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามจะต้องมีการเคลื่อนย้ายผ่านคิวทิเคิลที่ปกคลุมการ์ดเซลล์นั้นก่อน

การเคลื่อนย้ายสารอัลลีโลพาที่ภายในต้นพืช

หลังจากที่สารเข้าสู่ภายในต้นพืช ไอออนหรือโมเลกุลของสารจะทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในต้นพืช อาจจะเป็นปฏิกิริยาเคมีหรือชีวเคมี ซึ่งจะมีผลต่อการเคลื่อนย้ายของสารภายในต้นพืช และเพื่อที่จะก่อให้เกิดความเป็นพิษ ไอออนหรือโมเลกุลของสารจะต้องไปให้ถึงตำแหน่งที่จะเกิดปฏิกิริยาภายในต้นพืช สารบางชนิดมีตำแหน่งที่จะเกิดปฏิกิริยาอยู่ใกล้กับตำแหน่งที่มันเข้าสู่ต้นพืชจึงเคลื่อนย้ายในระยะสั้น แต่สารบางชนิดต้องเคลื่อนย้ายเป็นระยะทางไกลเมื่อตำแหน่งที่จะเกิดปฏิกิริยาอยู่ไกล

การเคลื่อนย้ายสารอัลลีโลพาที่ภายในต้นพืชเป็นระบบที่มีพลวัต โดยไม่จำกัดเพียงวิถีใดวิถีหนึ่ง สารที่ปลดปล่อยออกทางดินอาจจะเข้าสู่รากแล้วเคลื่อนย้ายในไซเลม (xylem) ตามกระแสการคายน้ำแล้วไปสู่ใบพืช ซึ่งเป็นตำแหน่งที่เกิดปฏิกิริยา สารอัลลีโลพาที่อาจจะเข้าทางใบพืช อาจจะเข้าสู่ต้นพืชทางใบแล้วเคลื่อนย้ายไปในโฟลเอ็ม (phloem) แล้วเคลื่อนย้ายลงจากใบตามกระแสที่สารที่สังเคราะห์ได้ในใบพืชเคลื่อนย้ายไปสู่ราก ในทางตรงข้ามสารอัลลีโลพาที่เข้าทางใบอาจเคลื่อนย้ายในโฟลเอ็มไปสู่รากแล้วข้ามไปสู่ไซเลม แล้วเคลื่อนย้ายในไซเลมไปสู่ใบ ดังนั้นสารบางชนิดจึงอาจเคลื่อนย้ายแบบหมุนเวียนได้ทั่วต้นพืช

การเคลื่อนย้ายไอออนหรือ โมเลกุลของสารอัลลิโลพาทีในต้นพืชอาจจะแยกออกได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

1. การเคลื่อนย้ายภายในเซลล์ (intracellular) แต่ละเซลล์เป็นการเคลื่อนย้ายระยะสั้น
2. การเคลื่อนย้ายภายนอกเซลล์ (extracellular) ได้แก่การเคลื่อนย้ายในคิวทิลิเคิลหรือบริเวณที่ไม่มีชีวิต ได้แก่ ผนังเซลล์และช่องว่างระหว่างเซลล์ ซึ่งเป็นการเคลื่อนย้ายในระยะสั้นเช่นกัน
3. การเคลื่อนย้ายระหว่างเซลล์ (intercellular) ได้แก่ การเคลื่อนย้ายระหว่างเซลล์ซึ่งมีโพรโทพลาสซึมเชื่อมต่อกัน เป็นการเคลื่อนย้ายในระยะทางสั้นรวมทั้งการเคลื่อนย้ายในโฟลเอ็มและไซเลม ซึ่งเป็นการเคลื่อนย้ายในระยะไกล

การเคลื่อนย้ายสารอัลลิโลพาทีและน้ำตาล

การเคลื่อนย้ายของสารอัลลิโลพาทีมีความแตกต่างกันระหว่างพืชต่างชนิดกัน หรือระหว่างอวัยวะต่าง ๆ และมีความแตกต่างตามอายุของพืชด้วย การเคลื่อนย้ายของสารอัลลิโลพาทีบางชนิดอาจจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการเจริญเติบโตของใบและการเคลื่อนย้ายของน้ำตาลจากใบเหล่านี้ ซึ่งการเคลื่อนย้ายของสารอัลลิโลพาทีตามการเคลื่อนย้ายของน้ำตาลที่สังเคราะห์ในต้นพืชอาจจะเกิดขึ้นดังนี้

1. ใบกลุ่มที่ 1 เป็นใบที่อ่อนมาก ๆ จะไม่เคลื่อนย้ายน้ำตาลออกจากใบ สารที่เข้าสู่ใบนี้จะไม่เคลื่อนย้ายออกเช่นกัน
2. มีการเคลื่อนย้ายของน้ำตาลจากใบกลุ่มที่ 2 ซึ่งแก่กว่าใบกลุ่มที่ 1 ไปสู่ยอดอ่อนของกิ่งที่มีใบนี้เกาะอยู่ สารที่เข้าสู่ใบเหล่านี้จะเคลื่อนย้ายไปยังยอดอ่อนเช่นกัน
3. การเคลื่อนย้ายของน้ำตาลจากใบที่แก่ปานกลางเป็นใบกลุ่มที่ 3 ซึ่งแก่กว่าใบกลุ่มที่ 2 ไปยังยอดและรากในปริมาณที่เท่ากัน สารที่เข้าสู่ใบเหล่านี้ก็จะเคลื่อนย้ายไปสู่ยอดและรากในปริมาณที่เท่ากันด้วย
4. มีการเคลื่อนย้ายน้ำตาลจากใบกลุ่มที่ 4 ซึ่งแก่กว่าใบกลุ่มที่ 3 ไปสู่รากหรือส่วนของต้นพืชที่อยู่ใต้ดินเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสารจะเคลื่อนย้ายไปพร้อมกับการเคลื่อนย้ายของน้ำตาลจากใบเหล่านี้ไปสู่รากหรืออวัยวะที่สะสมอาหารด้วยเช่นกัน ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการควบคุมวัชพืชอายุหลายปี
5. น้ำตาลส่วนใหญ่เคลื่อนย้ายไปสะสมที่ผลและเมล็ด สารจะเคลื่อนย้ายไปยังผลและเมล็ดด้วย
6. การเคลื่อนย้ายของน้ำตาลยังขึ้นอยู่กับกระบวนการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งบางกระบวนการเจริญเติบโตน้ำตาลจะเคลื่อนย้ายไปยังบริเวณที่กำลังเจริญเติบโตที่เป็นยอด แต่บางเวลาน้ำตาล

อาจจะเคลื่อนย้ายไปสู่รากหรือลำต้นที่อยู่ใต้ดิน สารป้องกันกำจัดวัชพืชจะเคลื่อนย้ายไปตามลักษณะการเคลื่อนย้ายของน้ำตาลด้วย

7. เมื่อการเคลื่อนย้ายน้ำตาลภายในต้นพืชหยุดชะงักลง การเคลื่อนย้ายของสารป้องกันกำจัดวัชพืชก็หยุดชะงักลงด้วย เช่น ในสภาพที่ขาดน้ำหรือได้รับแสงน้อยหรืออยู่ในที่มีมืด การเคลื่อนย้ายสารจะหยุดชะงักลงด้วย

การปลดปล่อยสารอัลลิโลพาที่จากพืช

การปลดปล่อยสารอัลลิโลพาที่จากพืชออกสู่สิ่งแวดล้อม มีหลายทาง ได้แก่

1. การระเหย (Volatilization) สารอัลลิโลพาที่ที่พืชสร้างขึ้นจะระเหยออกมาจากส่วนต่างๆ ของพืชสู่บรรยากาศ แล้วไปมีผลกระทบต่อพืชอื่น ๆ และแมลงด้วย เช่น สารกลุ่มเทอร์พีน (terpene) จาก *Salvia leucophylla* และสารเทอร์พีนอยด์จาก *Artemisia californica* สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชได้หลายชนิด (Rice, 1984) นอกจากนี้ยังพบสารระเหยจากมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill.) ซึ่งเมื่อนำมาแยกด้วยวิธี gas chromatography พบ สารประกอบที่เป็นพิษต่อพืช 40 ชนิด เช่น trans-2-hexenal, α -terpineol, linalool, phenylacetaldehyde, methylsalicylic acid และ tetradecanoic acid ซึ่งมีผลยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดผักกาดหอม (*Lactuca sativa*) และทำให้การเจริญเติบโตของงุ่นลดลงเมื่อขึ้นใกล้ต้นมะเขือเทศ (Kim, 2001)

2. การปลดปล่อยทางราก (Exudation from roots) พืชสามารถปลดปล่อยสารอัลลิโลพาที่ออกจากรากพืชสู่สิ่งแวดล้อม สารที่ถูกปลดปล่อยออกมาทางรากอาจไปมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชชนิดอื่น เช่น ข้าว (*Oryza sativa*) สามารถปลดปล่อยสาร momilactone B ออกมาทางรากและส่งผลให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตของรากและลำต้นของเมล็ด cress นอกจากนี้สาร momilactone B ยังส่งผลกระทบต่อพืชที่อยู่ใกล้เคียงอีกด้วย (Kato-Noguchi, 2003 และ Kato-Noguchi *et al.*, 2005) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า *Ophiopogon japonicus* สามารถปลดปล่อยสารออกจากรากแล้วไปมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตทางต้นและทางรากของ Mustard Lettuce Alfalfa และ Timothy (Iqbal, 2004)

3. การชะล้าง (Leaching) เกิดจากการชะล้างโดยหมอก น้ำฝนหรือน้ำค้าง ทำให้สารที่ละลายน้ำได้จากส่วนของต้นพืชละลายลงดิน การชะล้างเกิดได้จากหลายส่วน เช่น ใบสด รากหรือแม้กระทั่งส่วนของซากที่อยู่ในดิน เช่น น้ำชะล้างสารจากใบ *Chenopodium murale* ไปสะสมอยู่บริเวณดินมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของลำต้นข้าว (Inderjit, 2005)

4. การสลายตัวของซากพืช (Decay of plant material, Decomposition of plant residue) เป็นการปลดปล่อยสารออกจากส่วนต่างๆ ของพืชที่ร่วงหล่นลงบนพื้นดิน หรือทับถมในดินจนเกิดการเน่าเปื่อยตามธรรมชาติหรือถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดินในสภาพที่มีออกซิเจน

ส่งผลให้มีการปลดปล่อยสารอัลลีโลพาที่ออกมาหลายชนิด และทำให้เกิดผลกระทบต่อพืชชนิดอื่น ทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งมีรายงานว่าการใช้แตงกวา (*cucumis sativas*) แห่งบดละเอียดผสมลงไป ในกระถางทดลองในสภาพเรือนทดลองเก็บไว้เป็นระยะเวลา 9 วัน สามารถยับยั้งการงอกและการ เจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกได้ (Thi *et al.*, 2008) และ Kobayashi (2008) รายงานอีกว่าการใช้ itchgrass (*Rottboellia exaltata* L.f.) แห่งบดละเอียดผสมลงไป ในดินที่เป็นวัสดุปลูกในกระถางซึ่ง อยู่ในสภาพโรงเรือนทดลอง เมื่อปริมาณสารเพิ่มสูงขึ้นมีความสามารถในการยับยั้งความยาวต้น และความยาวรากของต้นกล้า radish ได้เพิ่มขึ้นด้วย

โดยสารอัลลีโลพาที่ที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากพืชส่วนใหญ่เป็นสารทุติยภูมิ (secondary metabolite) เมื่อพืชสร้างสารนี้ขึ้นมาแล้วอาจมีการปลดปล่อยสารออกสู่สิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง จนเกิดการสะสมในปริมาณที่เพียงพอที่จะส่งผลกระทบต่อพืชและจุลินทรีย์ได้ สารอัลลีโลพาที่สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มได้ดังนี้ (Rice, 1984 and Putnam, 1985)

1. กลุ่มอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ (water soluble organic acids) แอลกอฮอล์โซ่ตรง (straight-chain alcohols) อะลิฟาติก (aliphatic) อัลดีไฮด์ (aldehydes) และคีโตน (ketone)
2. กลุ่มอะโรมาติก (aromatic acid)
3. กลุ่มน้ำตาลแลคโตนไม่อิ่มตัว (simple unsaturated lactones)
4. กลุ่มคูมาลิน (coumarins)
5. กลุ่มควิโนน (quinones)
6. กลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids)
7. กลุ่มแทนนิน (tannins)
8. กลุ่มอัลคาลอยด์ (alkaloids) และไซยาโนไฮไดริน (cyanohydrins)
9. กลุ่มเทอร์ปีนอยด์ (terpenoids) และสเตอรอยด์ (steroids)
10. กลุ่มก๊าซพิษ (toxic gas)
11. กลุ่มกรดไขมันโซ่ยาว (long-chain fatty acid) และพอลิอะเซทิลีน (polyacetylene)
12. กลุ่มกรดซินนามิกและอนุพันธ์ (cinnamic acids and derivatives)
13. กลุ่มกรดอะมิโน (amino acid) และพอลิเปปไทด์ (polypeptides)
14. กลุ่มซัลไฟด์ (sulfides) และมัสตาร์ดออยด์ไกลโคไซด์ (mustard oil glycosides)
15. กลุ่มพิวรีน (purines) และนิวคลีโอไซด์ (nucleosides)
16. กลุ่มไซยาโนเจนิกไกลโคไซด์ (cyanogenic glycosides)

กลไกการทำลายพืชของสารอัลลีโลพาที (mode of action)

สารอัลลีโลพาทีจะทำลายพืชโดยการที่โมเลกุลของสารไปรบกวนขบวนการทางสรีรวิทยา (physiological processes) ของพืช ซึ่งแบ่งได้หลายลักษณะ คือ

1.รบกวนการเจริญเติบโต (growth and development interference) การเจริญเติบโตคือการสร้างหรือเพิ่มจำนวนเซลล์หรือการสร้างองค์ประกอบ (organel) ของเซลล์ สารอัลลีโลพาทีที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต คือ

1.1 ยับยั้งการแบ่งเซลล์ (mitotic poison) การแบ่งเซลล์ เป็นกระบวนการที่ทำให้พืชเจริญเติบโต ซึ่งมีการกระตุ้นและถูกควบคุมโดยนิวเคลียสภายในเซลล์ เมื่อเกิดการแบ่งเซลล์ขึ้น เซลล์ลูกที่ได้จะมีลักษณะเหมือนเซลล์แม่การแบ่งตัวของนิวเคลียสเรียกว่า ไมโทซิส (mitosis) สารอัลลีโลพาทีหลายชนิดสามารถยับยั้งการแบ่งเซลล์โดยจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาดังนี้

1.1.1 การชะงักการแบ่งเซลล์ในขั้น โพรเมทาเฟส (prometaphase) คล้ายคลึงกับผลกระทบของโคชิซิน

1.1.2 ยับยั้งการทำงานของเส้นใยไมโครทิวบูลส์ (spindle microtubules)

1.1.3 ยับยั้งการทำงานของแฟรกโมพลาสต์ (phragmoplast) ไมโครทิวบูลส์ ซึ่งสารที่ทำให้การแบ่งเซลล์ในระยะ โพรเมทาเฟสหยุดชะงักลงนั้นแบ่งได้อีกสองกลุ่มคือ 1.กลุ่มที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาการยับยั้ง กระบวนการ โพลีเมอไรเซชันของไมโครทิวบูลส์ อย่างสมบูรณ์ 2. สารกลุ่มที่ทำให้เกิดเอนโทคอร์ ของไมโครทิวบูลส์สั้นลง

ไมโครทิวบูลส์ เป็นองค์ประกอบที่อยู่ในนิวเคลียส มีหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนย้ายโครโมโซมในกระบวนการแบ่งเซลล์ ไมโครทิวบูลส์ จะติดกับบริเวณคิเนโทคอร์ของโครโมโซมและช่วยดึงให้โครโมโซมแยกออกจากกันไปสู่คนละขั้วของเซลล์ ขณะที่มีการแบ่งเซลล์ ไมโครทิวบูลส์ มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกข้างในกลวง เส้นผ่าศูนย์กลางด้านนอก 15-25 nm. มีผนังหนาประมาณ 6 nm. มีความยาวประมาณ 200 ไมครอน ซึ่งประกอบด้วยโปรตีน ที่เป็นไดเมอร์ิก (dimeric) เรียกว่า ทูบูลิน (tubulin) ซึ่งทูบูลินจะประกอบด้วยโปรตีนที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งแต่ละหน่วยย่อยนี้จะมีน้ำหนักโมเลกุล 55 kd ไมโครทิวบูลส์ ของพืชแต่ละชนิดจะมีเส้น (protofilament) อยู่ 13 อัน ไมโครทิวบูลส์ จะทำปฏิกิริยาเป็นกลุ่มมากกว่าเดี่ยวๆ ในพืชชั้นสูงมีไมโครทิวบูลส์ อยู่สี่กลุ่มคือ ก. คอรัทคัลไมโครทิวบูลส์ ในระยะอินเตอร์เฟส ข. โพรเฟสไมโครทิวบูลส์ ค. เส้นใยไมโครทิวบูลส์ ง. แฟรกโมพลาสต์ไมโครทิวบูลส์

คอรัทคัลไมโครทิวบูลส์ จะทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับรูปร่างเซลล์ ส่วนเส้นใยไมโครทิวบูลส์ จะทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนย้ายของโครโมโซมออกจากกันไปสู่คนละขั้วของเซลล์ขณะที่เซลล์แบ่งตัว ไมโครทิวบูลส์ จะกำเนิดจากเอ็นโดพลาสมิกเรติคูลัม และเมมเบรนของนิวเคลียสปกติภายในเซลล์จะพบไมโครทิวบูลส์ และไมโครฟิลาเมนที่อยู่ด้วยกันเสมอ และมันอาจจะทำงานร่วมกันในกระบวนการบางกระบวนการ เช่นในขณะที่โครโมโซมเคลื่อนย้ายออกจากกันขณะที่มี

การแบ่งเซลล์ ส่วนประกอบทั้งสองนี้จะเกี่ยวข้องกับการไหลเวียนของไซโทพลาสซึมภายในเซลล์ และอาจรวมไปถึงการกำหนดตำแหน่งขององค์ประกอบต่าง ๆ ภายในเซลล์ด้วย

4. ยับยั้งการทำงานของ spindle fiber ทำให้ nucleus ไม่สามารถแยกตัวได้ การแบ่งเซลล์เป็นกระบวนการที่สำคัญต่อการเจริญเติบโต การแบ่งเซลล์แบบ mitosis เป็นการแบ่งเซลล์จากเซลล์หนึ่งเป็น 2 เซลล์ที่มีลักษณะองค์ประกอบเหมือนกันทั้ง 2 เซลล์ ขั้นตอนการแบ่งเซลล์มีระยะต่าง ๆ กันตามลำดับดังนี้ interphase, prophase, metaphase, anaphase และ telophase สารอัลลีโลพาทีหลายชนิดสามารถยับยั้งและขัดขวางการแบ่งเซลล์แบบ mitosis นี้ได้ ซึ่งเรียกสารพวกนี้ว่า mitotic poison เช่น การยับยั้งขั้นตอนการแบ่งเซลล์ในระยะ metaphase และ anaphase ซึ่งเป็นขั้นตอนการแบ่งโครโมโซมในเซลล์ หรือสารไปทำให้ไม่มีการสร้างผนังเซลล์ ในระยะ telophase ทำให้เซลล์พืชมีนิวเคลียส 2 อัน ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ทำให้เซลล์ของพืชเจริญผิดปกติ และทำให้ตายได้

1.2 กระตุ้นการเจริญเติบโต (growth regulation) สารอัลลีโลพาทีหลายชนิด มีคุณสมบัติเป็นฮอร์โมนพืช พืชที่ได้รับสารในอัตราสูงจะมีการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อผิดปกติ เกิดอาการหงิกงอ ทำให้การเคลื่อนย้ายของน้ำและอาหารภายในพืชเป็นไปโดยลำบาก การเจริญเติบโตก็จะลดลง Ali *et al.*, (2006) ได้ทำการศึกษาผลต่อการทดสอบ α -Amylase ของพืช *Phyllanthus amarus*. พบว่า *Phyllanthus amarus*. มีผลต่อการสร้างอะไมเลสของพืชซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

1.3 ยับยั้งการสร้างคลอโรฟิลล์ (chlorophyll inhibitor) คลอโรฟิลล์เป็นแหล่งสร้างพลังงานให้กับพืช เมื่อการสร้างคลอโรฟิลล์ถูกยับยั้ง การเจริญเติบโตของพืชก็จะถูกยับยั้งด้วย

1.4 ยับยั้งไขของเซลล์พืช (cuticular wax) เป็นชั้นที่อยู่บนผิวใบของพืช ทำหน้าที่ในการป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากใบพืช และป้องกันไม่ให้สารพิษเข้าสู่ใบพืชง่าย การที่ไขของเซลล์พืชถูกทำลายหรือมีปริมาณที่น้อยลงสามารถส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และสามารถทำให้พืชตายได้

1.5 การทำลายผนังเซลล์และการเปลี่ยนแปลงการซึมผ่านของเยื่อเมมเบรน (permeable membrane) ผลของสารอัลลีโลพาทีที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ สารอัลลีโลพาทีนั้นมีผลกระทบต่อการทำงานหรือการทำหน้าที่ของเยื่อเมมเบรน หน้าที่หลักของเยื่อเมมเบรนคือการป้องกันสารที่ได้จากการเมแทบอลิซึม หรือเอนไซม์ ไม่ให้ซึมออกจากไซโทพลาสซึม และ ป้องกันไม่ให้สารพิษหรือสารที่เซลล์พืชไม่ต้องการซึมเข้าสู่เซลล์ สารกำจัดวัชพืชที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเยื่อเมมเบรนโดยยอมให้สารบางชนิดซึมผ่านหรือเกิดการรั่วของเมมเบรน (leak) นั้น อาจมีผลกระทบต่อความเป็นพิษของเซลล์พืชอย่างรุนแรงและอาจทำให้เซลล์พืชตายได้ โดยทั่วไปการศึกษาการรั่วของเยื่อเมมเบรนสามารถทำได้โดยการวัดปริมาณสารละลายที่ได้จากการเมแทบอลิซึม เช่น ไอออน สารสี สารอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ การวัดปริมาณสารละลายโดยรวมที่

รั่วไหลเนื่องจากเซลล์เมมเบรนถูกทำลายนั้นสามารถวัดได้โดยการวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารที่รั่ว (electrolyte leakage) (Kopi et.al., 2007)

1.6 การดูดซึมธาตุอาหารของพืช (mineral uptake) น้ำที่พืชดูดขึ้นมาใช้จะมีแร่ธาตุต่าง ๆ ปะปนอยู่ด้วย แต่เนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์มักจะไม่นิยมให้อิออนต่าง ๆ เคลื่อนที่ผ่านไปได้อย่างอิสระ ดังนั้นการลำเลียงแร่ธาตุต่าง ๆ จึงมีความซับซ้อนมากกว่าการลำเลียงน้ำ การลำเลียงแร่ธาตุต่าง ๆ ของพืชอาจเกิดขึ้นโดยวิธีการแพร่ เรียกว่า Passive Transport โดยอิออนหรือสารละลายจะเคลื่อนที่จากที่มีความต่างศักย์ทางเคมีสูงไปหาต่ำ แต่ในบางกรณีรากและลำต้นจะไม่มีโอกาสสะสมแร่ธาตุบางอย่างได้พืชจึงลำเลียงโดยใช้ กระบวนการ Active Transport เป็นวิธีแพร่ที่อาศัยพลังงาน ATP มาช่วย ทั้งๆที่แร่ธาตุชนิดนั้นภายในเซลล์มีปริมาณสูงกว่าภายนอก นอกจากนี้พืชที่ปลูกในดินที่มีสภาพโปร่งรากจะได้รับแก๊สออกซิเจนมากคูดน้ำและแร่ธาตุได้เพิ่มขึ้นพืชจึงเจริญเติบโตได้ดี Han et al., (2008) ได้ทำการทดสอบ ผลทางอัลลีโลพาตีของขิง โดยจากการทดลองพบว่า สารสกัดด้วยน้ำจากขิงมีผลต่อการงอก การเจริญเติบโตและการคูดน้ำของเมล็ด ถั่วเหลืองและกระเทียม และพบว่า เศษตักข้างที่เหลืออยู่บนแปลง (ซึ่งส่วนมากจะเป็นส่วนของใบ และต้น) ส่งผลร้ายต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชปลูกทั้งสองชนิดในการปลูกพืชหมุนเวียนในครั้งต่อไป จึงควรมีการนำเอาเศษวัสดุของขิงออกจากแปลงก่อนทำการปลูกพืชหมุนเวียนชนิดใหม่

การลำเลียงอาหารเป็นกระบวนการที่สำคัญในพืช เพราะอาหารที่พืชสร้างขึ้นมาจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่ใบ ได้สารอาหาร คือ น้ำตาล ซึ่งจะถูกลำเลียงไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืชเพื่อใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม และพืชก็จะเปลี่ยนน้ำตาลที่เหลือใช้ไว้ในรูปของแป้ง แต่พบว่าบริเวณต่าง ๆ ของพืชนอกจากใบแล้วยังมีสารอาหารที่พืชสร้างมาในรูปของน้ำตาล แป้ง และสารประกอบอื่น ๆ สะสมอยู่ เช่น รากของมันเทศ มันสำปะหลัง เป็นต้น ทั้งๆที่รากไม่มีการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้น แสดงว่าต้องมีการลำเลียงน้ำตาลไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืชเมื่อพืชได้รับสารอัลลีโลพาตี สารนั้นอาจไปรบกวนในขั้นตอนต่าง ๆ ของการลำเลียงธาตุอาหาร ทำให้พืชไม่ได้รับธาตุอาหารมากเท่าที่ต้องการ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้

1.7 การปิดเปิดของปากใบ การเปิดของปากใบขึ้นอยู่กับความเต่งของเซลล์คุม ในช่วงเวลากลางวัน เซลล์คุม ซึ่งมีคลอโรพลาสต์อยู่ภายใน จะมีกระบวนการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้น ทำให้ภายในเซลล์คุมมีระดับน้ำตาลสูงขึ้น น้ำจากเซลล์ใกล้เคียงจะเกิดการออสโมซิสผ่านเข้า เซลล์คุม ทำให้เซลล์คุมอยู่ในสภาพเต่ง ปากใบจึงเปิด ทำให้เกิดช่องว่างตรงกลางซึ่งพืชสามารถคายน้ำออกมาทางปากใบ และเมื่อระดับน้ำตาลลดลงเนื่องจากไม่มีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง น้ำก็จะออสโมซิสออกจากเซลล์คุม หรือระดับที่พืช สูญเสียน้ำมาก จะทำให้เซลล์คุมมีลักษณะลีบลง ปากใบจึงปิด การปิดเปิดของปากใบพืชมีผลต่อการคายน้ำของพืช ปากใบจึง เปรียบเสมือนประตูควบคุมปริมาณน้ำภายในต้นพืช ซึ่งสารอัลลีโลพาตีอาจไปมีผลต่อการปิดเปิดของปากใบ

2. รบกวนขบวนการเมทาโบลิซึม (metabolic process interference) ซึ่งแบ่งได้

เป็นลักษณะใหญ่ๆ คือ

2.1 ยับยั้งการสังเคราะห์แสงและการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน (photosynthetic inhibition and electron transport)

กระบวนการสังเคราะห์แสงเป็นกระบวนการในต้นพืชซึ่งพลังงานแสงถูกนำมาใช้ประโยชน์ โดยพลังงานแสงนั้นเป็นตัวกระตุ้นอิเล็กตรอนให้เคลื่อนย้ายจากโมเลกุลของสารชนิดหนึ่ง ไปสู่มอเลกุลของสารชนิดอื่นภายในต้นพืช

คลอโรพลาสต์ ประกอบด้วยเยื่อหุ้ม 2 ชั้น ภายในมีของเหลวเรียกว่า สโตรมา มีเอนไซม์ที่จำเป็นสำหรับกระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์ด้วยแสงนอกจากนี้ ด้านในของ คลอโรพลาสต์ ยังมีเยื่อไทลาคอยด์ ส่วนที่พับทบซ้อนไปมาเรียกว่า กรานุม และส่วนที่ไม่พับทบซ้อนกันอยู่เรียกว่า สโตรมาลาเมลลา สารสีทั้งหมดและคลอโรฟิลล์จะอยู่บนเยื่อไทลาคอยด์มีช่องเรียก ลูเมน ซึ่งมีของเหลวอยู่ภายใน นอกจากนี้ภายในคลอโรพลาสต์ยังมี DNA RNA และไรโบโซมอยู่ด้วย ทำให้คลอโรพลาสต์สามารถจำลองตัวเองขึ้นมาใหม่และผลิตเอนไซม์ไว้ใช้ในคลอโรพลาสต์ในคลอโรพลาสต์เอง ได้คล้ายกับไมโทคอนเดรีย สำหรับหน้าที่หลักของคลอโรพลาสต์คือ การสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) ซึ่งหมายถึงการสังเคราะห์อาหารในรูปน้ำตาลจากการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (fix carbondioxide) โดยแบ่งปฏิกิริยาออกเป็น 2 ปฏิกิริยาย่อย คือ light reaction และ carbondioxide fixation

Chlorophyll เป็นรงควัตถุที่อยู่ในคลอโรพลาสต์ที่มีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับแสงในคลื่นความยาวที่สามารถมองเห็นได้ เพื่อเริ่มต้นในกระบวนการการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานเคมีในพืช คลอโรฟิลล์เป็นสารที่ละลายได้ดีในอะซิโตนและแอลกอฮอล์ โครงสร้างอาจแบ่งได้เป็นสองส่วน คือ ส่วนหัว และส่วนหาง โดยที่ส่วนหัวของคลอโรฟิลล์มีลักษณะเป็นวงแหวนไพโรล (pyrole ring) ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ 4 วง และมีธาตุแมกนีเซียมอยู่ตรงกลางโดยทำพันธะกับไนโตรเจน ส่วนหัวนี้มีขนาดประมาณ 1.5x1.5 อังสตรอม ส่วนหางของคลอโรฟิลล์มีลักษณะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ 20 อะตอม มีความยาวประมาณ 2 อังสตรอม คลอโรฟิลล์ดูดกลืนแสงได้ดีในช่วงคลื่นของแสงสีฟ้าและสีแดง แต่ดูดกลืนช่วงแสงสีเหลืองและเขียวได้น้อย ดังนั้นเมื่อได้รับแสงจะดูดกลืนแสงสีฟ้าและสีแดงไว้ ส่วนแสงสีเขียวที่ไม่ได้ดูดกลืนจึงสะท้อนออกมา ทำให้เห็นคลอโรฟิลล์มีสีเขียว

ในธรรมชาติมีคลอโรฟิลล์อยู่หลายชนิดด้วยกันซึ่งแต่ละชนิดมีโครงสร้างหลักที่เหมือนกันคือ วงแหวนไพโรล 4 วง แต่โซ่ข้าง (side chain) ของคลอโรฟิลล์แต่ละชนิดจะมีลักษณะที่ต่างกันออกไป เช่น คลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll a) และคลอโรฟิลล์ บี (chlorophyll b) มีโครงสร้างโมเลกุลที่ต่างกันเพียงตำแหน่งเดียวเท่านั้น นั่นคือ ที่วงแหวนไพโรลวงที่สองของ

คลอโรฟิลล์ เอ มีโซ่ข้างเป็นหมู่เมทิล ($-CH_3$) ส่วนของคลอโรฟิลล์ บี เป็นหมู่อัลดีไฮด์ ($-CHO$) ซึ่งการที่โครงสร้างที่ต่างกันนี้ก็ทำให้มีคุณสมบัติแตกต่างกันด้วย โดยเฉพาะด้านการละลายโดยที่หมู่เมทิลของคลอโรฟิลล์ทำให้โมเลกุลมีขั้ว ดังนั้นจึงละลายได้ดีในสารละลายที่มีขั้ว เช่น เมทิลแอลกอฮอล์ ส่วนหมู่อัลดีไฮด์ซึ่งไม่มีขั้ว จึงทำให้คลอโรฟิลล์ บี ละลายได้ดีในตัวทำละลายไม่มีขั้ว เช่น ปีโตรเลียมอีเธอร์ (petroleum ether) รวมทั้งคุณสมบัติการดูดกลืนแสงก็ต่างกันด้วย และทำให้คลอโรฟิลล์ทั้งสองชนิดนี้มีสีต่างกันเล็กน้อย โดยที่คลอโรฟิลล์ เอ มีสีเขียวเข้ม ส่วนคลอโรฟิลล์ บี มีสีเขียวอ่อน

ปฏิกิริยาแสง พืชดูดกลืนแสงไว้ในคลอโรพลาสต์ ในขั้นตอนที่เรียกว่า ปฏิกิริยาแสงให้เป็นพลังงานเคมี ที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ในรูปแบบ ATP และ NADPH บนเยื่อไทลาคอยด์จะมีระบบแสง I ระบบแสง II และโปรตีนทำหน้าที่รับและถ่ายทอดอิเล็กตรอนอยู่ ซึ่งจำลองการจัดเรียงตัว พลังงานแสงที่สารต่าง ๆ ดูดกลืนไว้จะทำให้อิเล็กตรอนของสารสีมีระดับพลังงานสูงขึ้น และสามารถถ่ายทอดไปได้หลายรูปแบบ สารสีในแอนเทนนาจะมีการถ่ายทอดพลังงานที่ดูดกลืนไว้จากสารสีโมเลกุลหนึ่ง ไปยังสารสีอีกโมเลกุลหนึ่ง จนกระทั่งโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ เอ ที่เป็นศูนย์กลางของระบบปฏิกิริยาแสง พลังงานดังกล่าวจะกระตุ้นให้อิเล็กตรอนของคลอโรฟิลล์ เอ มีพลังงานสูงขึ้น และถ่ายทอดอิเล็กตรอนไปยังตัวรับอิเล็กตรอนเป็นการเปลี่ยนพลังงานสงให้มาอยู่ในรูปของพลังงานเคมี นอกจากนี้พลังที่ถูกดูดกลืนไว้ อาจเปลี่ยนมาอยู่ในรูปของพลังงานความร้อน การถ่ายทอดอิเล็กตรอนเกิดได้ 2 ลักษณะ คือการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็น วัฏจักรและการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักร

ถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร พลังงานสงที่สสารสีรับไว้ถูกส่งผ่านไปยังปฏิกิริยาของระบบแสง และทำให้โมเลกุลของคลอโรฟิลล์ เอ ที่ระบบแสง I และระบบแสง II ถูกกระตุ้นจึงปล่อยอิเล็กตรอนให้กับ โมเลกุลของสารที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนต่อไปอิเล็กตรอนที่หลุดออกไปจากคลอโรฟิลล์ เอ ในระบบแสง I จะไม่ย้อนกลับสู่ระบบแสง I อีกครั้ง เพราะมี NADP มารับอิเล็กตรอนกลายเป็น NADPH สำหรับคลอโรฟิลล์ เอ ในระบบแสง II สูญเสียอิเล็กตรอนไปมีผลให้สามารถดึงอิเล็กตรอนของน้ำออกมาแทนที่ ซึ่งทำให้โมเลกุลของน้ำแยกสลายเป็นออกซิเจนและโปรตอน อิเล็กตรอนที่ถูกถ่ายทอดในลำดับต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นทำให้เกิดการสะสมโปรตอนในลูเมนจนเกิดความแตกต่างของระดับโปรตอนระหว่างสโตรมากับลูเมน โปรตอนในลูเมนจะถูกส่งผ่านไปยังสโตรมาโดยการทำงานของ ATP ขึ้นในสโตรมา และมีการปล่อยโปรตอนจากลูเมนสู่สโตรมา

การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักร เป็นการถ่ายทอดอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้น เมื่อระบบแสง I ได้รับความแสง สารสีในระบบแสง I จะรับพลังงานแสงถ่ายทอดพลังงานไปยังคลอโรฟิลล์ เอ ที่เป็นศูนย์กลางของปฏิกิริยา ทำให้อิเล็กตรอนของคลอโรฟิลล์ เอ มีพลังงานสูงขึ้นจึงหลุดออกมาซึ่งจะมีตัวรับอิเล็กตรอนแล้วถ่ายทอดออกมายังระบบไซโทโครมคอมเพล็กซ์ จากนั้น

คลอโรฟิลล์ เอ มีโซ่ข้างเป็นหมู่เมทิล ($-CH_3$) ส่วนของคลอโรฟิลล์ บี เป็นหมู่อัลดีไฮด์ ($-CHO$) ซึ่งการที่โครงสร้างที่ต่างกันนี้ก็ทำให้มีคุณสมบัติแตกต่างกันด้วย โดยเฉพาะด้านการละลายโดยที่หมู่เมทิลของคลอโรฟิลล์ทำให้โมเลกุลมีขั้ว ดังนั้นจึงละลายได้ดีในสารละลายที่มีขั้ว เช่น เมทิลแอลกอฮอล์ ส่วนหมู่อัลดีไฮด์ซึ่งไม่มีขั้ว จึงทำให้คลอโรฟิลล์ บี ละลายได้ดีในตัวทำละลายไม่มีขั้ว เช่น ปีโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) รวมทั้งคุณสมบัติการดูดกลืนแสงก็ต่างกันด้วย และทำให้คลอโรฟิลล์ทั้งสองชนิดนี้มีสีต่างกันเล็กน้อย โดยที่คลอโรฟิลล์ เอ มีสีเขียวเข้ม ส่วนคลอโรฟิลล์ บี มีสีเขียวอ่อน

ปฏิกิริยาแสง พืชดูดกลืนแสงไว้ในคลอโรพลาสต์ ในขั้นตอนที่เรียกว่า ปฏิกิริยาแสงให้เป็นพลังงานเคมี ที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ในรูปแบบ ATP และ NADPH บนเยื่อไทลาคอยด์จะมีระบบแสง I ระบบแสง II และโปรตีนทำหน้าที่รับและถ่ายทอดอิเล็กตรอนอยู่ ซึ่งจำลองการจัดเรียงตัว พลังงานแสงที่สารต่าง ๆ ดูดกลืนไว้จะทำให้อิเล็กตรอนของสารมีระดับพลังงานสูงขึ้น และสามารถถ่ายทอดไปได้หลายรูปแบบ สารสีในแอนเทนนาจะมีการถ่ายทอดพลังงานที่ดูดกลืนไว้จากสารสีโมเลกุลหนึ่งไปยังสารสีอีกโมเลกุลหนึ่ง จนกระทั่งโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ เอ ที่เป็นศูนย์กลางของระบบปฏิกิริยาแสง พลังงานดังกล่าวจะกระตุ้นให้อิเล็กตรอนของคลอโรฟิลล์ เอ มีพลังงานสูงขึ้น และถ่ายทอดอิเล็กตรอนไปยังตัวรับอิเล็กตรอนเป็นการเปลี่ยนพลังงานสงให้มาอยู่ในรูปของพลังงานเคมี นอกจากนี้พลังที่ถูกดูดกลืนไว้ อาจเปลี่ยนมาอยู่ในรูปของพลังงานความร้อน การถ่ายทอดอิเล็กตรอนเกิดได้ 2 ลักษณะ คือการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็น วัฏจักรและการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักร

ถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร พลังงานสงที่สสารสีรับไว้ถูกส่งผ่านไปยังปฏิกิริยาของระบบแสง และทำให้โมเลกุลของคลอโรฟิลล์ เอ ที่ระบบแสง I และระบบแสง II ถูกกระตุ้นจึงปล่อยอิเล็กตรอนให้กับโมเลกุลของสารที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนต่อไปอิเล็กตรอนที่หลุดออกไปจากคลอโรฟิลล์ เอ ในระบบแสง I จะไม่ย้อนกลับสู่ระบบแสง I อีกครั้ง เพราะมี NADP มารับอิเล็กตรอนกลายเป็น NADPH สำหรับคลอโรฟิลล์ เอ ในระบบแสง II สูญเสียอิเล็กตรอนไปมีผลให้สามารถดึงอิเล็กตรอนของน้ำออกมาแทนที่ ซึ่งทำให้โมเลกุลของน้ำแยกสลายเป็นออกซิเจนและโปรตอน อิเล็กตรอนที่ถูกถ่ายทอดในลำดับต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นทำให้เกิดการสะสมโปรตอนในลูเมนจนเกิดความแตกต่างของระดับโปรตอนระหว่างสโตรมากับลูเมน โปรตอนในลูเมนจะถูกส่งผ่านไปยังสโตรมาโดยการทำงานของ ATP ขึ้นในสโตรมา และมีการปล่อยโปรตอนจากลูเมนสู่สโตรมา

การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักร เป็นการถ่ายทอดอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้น เมื่อระบบแสงได้รับพลังงานแสง สารสีในระบบแสง I จะรับพลังงานแสงถ่ายทอดพลังงานไปยังคลอโรฟิลล์ เอ ที่เป็นศูนย์กลางของปฏิกิริยา ทำให้อิเล็กตรอนของคลอโรฟิลล์ เอ มีพลังงานสูงขึ้นจึงหลุดออกมาซึ่งจะมีตัวรับอิเล็กตรอนแล้วถ่ายทอดออกมายังระบบไซโทโครมคอมเพล็กซ์ จากนั้น

จะส่งผ่านตัวนำอิเล็กตรอนต่าง ๆ อิเล็กตรอนก็จะกลับมายังคลอโรฟิลล์ ที่เป็นศูนย์กลางของปฏิกิริยา ของระบบแสง I อีกครั้งหนึ่ง ในการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนครั้งนี้จะทำให้โปรตอนเคลื่อนย้ายจากสโตรมาเข้าสู่ลูเมนเป็นผลทำให้เกิดความแตกต่างความเข้มข้นของโปรตอนระหว่างลูเมนกับสโตรมาและเมื่อสะสมมากขึ้น เป็นแรงผลักดันให้เกิดการสังเคราะห์ ATP โดยไม่มี NADPH และออกซิเจนเกิดขึ้น

การสังเคราะห์แสงของพืช การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์นี้เป็นกระบวนการที่พืชนำพลังงานเคมีที่ได้จากปฏิกิริยาแสงในรูป ATP และ ADPH มาใช้ในการสร้างสารอินทรีย์ คาร์บอนไดออกไซด์จะถูกรีดิวส์เป็นน้ำตาลไตรโอสฟอสเฟตในวัฏจักรคัลวิน วัฏจักรคัลวินเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในสโตรมาของคลอโรพลาสต์ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนใหญ่ คือ คาร์บอกซิเลชัน รีดักชันและ รีเจนเนอเรชัน ปฏิกิริยาขั้นที่ 1 คาร์บอกซิเลชัน เป็นปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์จะเข้าสู่วัฏจักรคัลวินโดยการทำปฏิกิริยากับ RuBP มีเอนไซม์ไรบูลโลส บิสฟอสเฟต คาร์บอกซิเลส ออกซิเจเนส เรียกย่อๆว่า รูบิสโก เป็นเอนไซม์ เมื่อ RuBP ซึ่งเป็นสารที่มีคาร์บอน 5 อะตอม เข้ารวมกับคาร์บอนไดออกไซด์ได้สารประกอบใหม่ที่มีคาร์บอน 6 อะตอม เป็นสารที่ไม่คงตัวและจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบ ฟอสโฟกลีเซอเรต มีคาร์บอน 3 อะตอม จำนวน 2 โมเลกุล ซึ่งถือได้ว่าเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอนตัวแรกที่คงตัวในวัฏจักรคัลวิน ปฏิกิริยาขั้นที่ 2 รีดักชัน ในขั้นตอนนี้แต่ละโมเลกุลของ PGA จะรับหมู่ฟอสเฟตจาก ATP กลายเป็น 1,3 บิสฟอสโฟกลีเซอเรต ซึ่งรับอิเล็กตรอนจาก NADPH และถูกเปลี่ยนเป็น กลีเซอรัลดีไฮด์ 3-ฟอสเฟต เรียกย่อๆว่า G3P หรือ PGAL เป็นน้ำตาลคาร์บอน 3 อะตอม ปฏิกิริยาขั้นที่ 3 รีเจนเนอเรชัน เป็นขั้นตอนที่จะสร้าง RuBP ขึ้นมาใหม่ เพื่อกลับไปรับคาร์บอนไดออกไซด์อีกครั้งหนึ่ง ในการสร้าง RuBP ขึ้นมาใหม่ เพื่อกลับไปรับคาร์บอนไดออกไซด์อีกครั้งหนึ่ง ในการสร้าง RuBP ซึ่งมีคาร์บอน 5 อะตอมซึ่งต้องอาศัย G3P ซึ่งเป็นสารที่มีคาร์บอน 3 อะตอม จึงเปลี่ยนไปเป็น RuBP และขั้นตอนนี้ ต้องอาศัยพลังงานจาก ATP จากปฏิกิริยาแสง ส่วน G3P บางโมเลกุลถูกนำไปสร้างกลูโคส และสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ พืชที่สังเคราะห์ด้วยแสงมีสารประกอบคงตัวชนิดแรกที่ได้จากปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารที่มีคาร์บอน 3 อะตอม เรียกว่าพืช C₃ น้ำตาลที่ได้จากวัฏจักรคัลวินถูกนำไปสร้างเป็นน้ำตาลไคแซ็กคาไรด์ เช่น ซูโครส เพื่อลำเลียงไปสู่ส่วนต่าง ๆ ที่พืชต้องการจะใช้ต่อไป หรืออาจจะถูกเก็บสะสมไว้ในรูปของเม็ดแป้งในคลอโรพลาสต์หรือนำไปใช้ในกระบวนการอื่น ๆ ภายในเซลล์ เช่น กระบวนการสลายอาหาร การสร้างสารอินทรีย์อื่น ๆ เช่น กรดไขมัน กรดอะมิโน

การยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

สารอัลลีโลพาที่มีกลไกการทำลายพืชโดยการยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์ แสงสองตำแหน่ง คือ 1. ยับยั้งการขนส่งอิเล็กตรอนในระบบแสงสอง และ 2. เข้ารับอิเล็กตรอนในระบบแสงหนึ่ง เนื่องจากการขนส่งอิเล็กตรอนในระบบแสง 2 และ 1 นั้น เกิดขึ้นในไทลาคอยด์เมม

เบรอนซึ่งอยู่ในคลอโรพลาสต์ ดังนั้นตำแหน่งที่สารเข้าทำลายจึงอยู่ในไทลาคอยด์เมมเบรอนซึ่งอยู่ในคลอโรพลาสต์ โดยสารที่ยับยั้งการขนส่งอิเล็กตรอน ในระบบแสงสองนั้น จะเข้าไปยึดกับโปรตีนดี 1 (D1) แล้วอิเล็กตรอนไม่สามารถเคลื่อนย้ายไปสู่ พลาสโทควิโนน การยับยั้งการขนส่งอิเล็กตรอนในระบบแสงสอง เป็นการป้องกันไม่ให้พลังงานแสงถูกเปลี่ยนเป็นพลังงาน เคมี-ไฟฟ้า โดยตรง แต่ผลทางอ้อมคือยังมีพลังงานที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของ คลอโรฟิลล์ที่ต้องถ่ายเทต่อศูนย์กลางของปฏิกิริยาในระบบแสงสองนั้น การยับยั้งของตำแหน่งทั้งสองนั้น ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อพืชและทำลาย chlorophyll ลักษณะอาการที่ปรากฏให้เห็นคือ วัชพืชจะเหลืองซีด (chlorosis) และตายในที่สุด ตรวจสอบการยับยั้งการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชทดสอบสามารถดำเนินการได้โดยการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ ในใบพืช เป็นลักษณะที่โมเลกุลของสารอัลลิโลพาทีไปขัดขวางหรือยับยั้งการถ่ายเทประจุลบอิสระ (electron transfer) ใน Photosystem I และ Photosystem II ของขบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งอาจไปยับยั้ง Hill reaction หรือปฏิกิริยาอื่น ๆ ในขบวนการก็ได้

2.2 การยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ และเอนไซม์เอชพีพีดี

แคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์เป็นสารสีภายในต้นพืช ทั้งสองชนิดอยู่ภายในคลอโรพลาสต์ สารสีจะทำหน้าที่ดูดกลืนแสงในช่วงความถี่ที่มองเห็นด้วยตาเปล่า สารสีส่วนใหญ่จะดูดกลืนแสงในช่วงใดช่วงหนึ่งในความยาวที่สามารถเห็นได้ด้วยสายตา ซึ่งสารสีจะรับแสงและเกิดเป็นสีที่มองเห็น แคโรทีนอยด์เป็นสารที่มีสีเหลืองอยู่ในเซลล์พืช ละลายได้ในอีเทอร์ จะพบว่าอยู่ร่วมกับคลอโรฟิลล์เสมอ แคโรทีนอยด์จะดูดช่วงแสงในส่วนที่เป็นสีน้ำเงินและมันจะแยกออกเป็นสีเหลือง คือ แคโรทีน สีส้มคือ แซนโทฟิลล์ (Xanthophyll) ประกอบด้วยอะตอมของ C H และ O และสีแดงคือ ไคโคพิน ซึ่งสีเหล่านี้จะปรากฏต่อสายตา แสงไม่มีความจำเป็นต่อการสร้างแคโรทีนอยด์ ซึ่งต่างจากคลอโรฟิลล์ที่ต้องการแสงเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการสร้าง แต่ในสภาพที่มีแสงปริมาณแคโรทีนอยด์มีมากกว่าในสภาพที่ไม่มีแสง การยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ กลไกสารปฐมภูมิที่ทำให้พืชเปลี่ยนเป็นสีขาว คือการยับยั้งการสร้าง แคโรทีนอยด์ และการทำลายสารสี

การยับยั้ง เอนไซม์เอชพีพีดี เอนไซม์เอชพีพีดี เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพาราไฮดรอกซีเมทิลไพรูเวต (p-hydroxymethyl pyruvate) ไปเป็นโฮโมเจนทิเสต (Homogentisate) ซึ่งเป็นกุญแจสำคัญ ที่นำไปสู่การสังเคราะห์พลาสโทควิโนน ภายในต้นพืช การยับยั้งเอนไซม์เอชพีพีดี ในเนื้อเยื่อเจริญ เป็นผลให้ยอดอ่อนที่แตกมาใหม่มีสีขาวซีด ซึ่งเป็นผลมาจากการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ถูกยับยั้ง ดังนั้นการสังเคราะห์ เอนไซม์เอชพีพีดี

2.3 ยับยั้งขบวนการสังเคราะห์โปรตีน (protein synthesis inhibition) เป็นลักษณะที่โมเลกุลของสารกำจัดวัชพืชไปยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ DNase และ RNase ใน DNA ตามลำดับ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีนในพืช

2.4 รวบรวนกิจกรรมของน้ำย่อย (enzyme activity) เป็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมปกติของน้ำย่อยต่าง ๆ ภายในพืช ทำให้ขบวนการทางสรีรวิทยาต่าง ๆ ภายในพืชเปลี่ยนแปลงไป Guzman-Partida et al., (2007) ได้ทำการศึกษาผลของ สารสกัดจาก *Zabrotes subfasciatus* (ZSA) ที่มีต่อกิจกรรมของ α - Analysis พบว่า *Zabrotes subfasciatus* ไปมีผลในการยับยั้งกิจกรรมของ α - Analysis

2.5 การยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์เซลล์ลอส

2.6 การยับยั้งกระบวนการขนส่งและเมตาบอลิซึมของกรดนิวคลีอิก การยับยั้งกระบวนการขนส่งสารอัลลีโลพาที่ที่ชักนำให้เนื้อเยื่อพืชมีการพัฒนาที่ผิดปกติเช่นมีการโค้งงอของใบพืชและมีอาการผิดปกติซึ่งเป็นผลมาจากการการแบ่งตัวของเซลล์อย่างมากมาย และมีการขยายตัวของเซลล์ มีผลต่อการขนส่งธาตุอาหารและสารที่สังเคราะห์ได้ในต้นพืช รวมไปถึงเนื้อเยื่อท่อลำเลียง โดยเฉพาะ โพลีเอมจะเจริญเติบโตผิดปกติแล้วเกิดการอุดตัน การขนส่งสารที่สังเคราะห์จากใบไม่สะดวก ทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโตและตายในที่สุด

2.7 ยับยั้งขบวนการหายใจ (respiration inhibition) เป็นลักษณะที่โมเลกุลของสแกจด์วัชพืชไปขัดขวางขบวนการต่าง ๆ เช่น glycolysis ใน cytoplasm หรือ Kreb's cycle ใน mitochondria ทำให้เกิดการยับยั้งการ phosphorylation ขัดขวางการใช้พลังงานที่ปลดปล่อยจากขบวนการหายใจ (uncoupler)

เซลล์การหายใจคือ กระบวนการให้พลังงานจากกลูโคส โดยกลูโคสจะรวมกันทางเคมีกับออกซิเจนได้ คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ และการปล่อยพลังงานออกมา เมื่อเปรียบเทียบกับสมการของการสังเคราะห์แสงกับสมการของการหายใจแล้ว พบว่า พลังงานถูกเก็บไว้ในรูปของอาหาร จะถูกนำไปใช้โดย กระบวนการหายใจ การสังเคราะห์แสงเกิดขึ้นเฉพาะในเซลล์ที่มีคลอโรพิลล์เท่านั้น แต่การหายใจเกิดขึ้นกับทุกเซลล์ การหายใจของพืชคือการ ย่อยสลายของโมเลกุลกลูโคสซึ่งได้จากการสังเคราะห์แสงของตนเอง แต่การหายใจของสัตว์คือการย่อยสลายกลูโคสที่ได้จากการกินพืชและสัตว์ อื่นเข้าไป

2.8 การยับยั้งเอนไซม์โพโรโทพอร์ไฟริเจนออกซิเดส

เอนไซม์โพโรโทพอร์ไฟริเจน 9 ออกซิเดส หรือโพโรโทกซ์ เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนโพโรโทพอร์ไฟริเจน 9 ไปเป็น โพโรโทพอร์ไฟริน 9 หรือ โพโท เมื่อเอนไซม์โพโรโทกซ์ถูกยับยั้งโดยสารทำให้เกิดออกโทออกซิเดชัน ของสับสเตรทอย่างไม่สามารถควบคุมได้ ทำให้มีการสะสมโพโรโท โพโรโทเมื่อได้รับแสงในสภาพที่มี ออกซิเจนจะเปลี่ยน ออกซิเจน เป็นซิงเกิลออกซิเจน แล้วทำให้เกิดการออกซิเดชัน ขึ้นกับไขมันในเมมเบรนต่าง ๆ ภายในเซลล์

ในระดับพลาสมาเลมมาและโท โนพลาสท์จะเป็นเมมเบรนแรกๆ ที่ถูกทำลายซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาเพอร์ออกซิเดชัน โดยมีแสงเป็นตัวชักนำ ความเสียหายที่เกิดขึ้นคือมีการแตกของเซลล์(เมมเบรน) มีการปลดปล่อยเอทิลีน อีเทน และผลสุดท้ายคลอโรพลาสท์ก็จะ

เปลี่ยนเป็นสีขาว เนื่องจากโพทอกซ์ เปียเอเนไซม์ที่ยึดติดกับเมมเบรนซึ่งก็คือช่องของเมดลีส ดังนั้นตำแหน่งของสารที่เข้าทำปฏิกิริยาจึงอยู่ที่ช่องของเมดลีส

2.9 การยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์ไขมันเอสซีโทแลกเททซินเนส

2.10 การยับยั้งวิถีกรดซิติคัมและกระบวนการสังเคราะห์กรดเตทาอะมิโนเลวูลินิก

การยับยั้งวิถีกรดซิติคัม กรดซิติคัมพบในพืช สารสุดท้ายที่ได้จากวิถีนี้ได้แก่กรดเฟนิลalani ไทโรซีน และทริฟโทเฟน ซึ่งทั้งพืชและสัตว์ต้องการกรดอะมิโนเหล่านี้เพื่อการเจริญเติบโตและพัฒนา โดยการยับยั้งส่วนใหญ่จะไปยับยั้งเอนไซม์ที่อยู่ในระหว่างวิถีของกรดซิติคัม เช่นการยับยั้ง เอนไซม์ EPSPS ซึ่งจะทำให้กรดอะมิโน เช่นเฟนิลalani ไทโรซีน และไทโรซีนก็ไม่ถูกสร้างขึ้น

2.11 การยับยั้งเอนไซม์กลูตามีนซินเนส

เมื่อพืชซึ่งได้รับสารกำจัดวัชพืชกลุ่มโมเลกุลของสารเหล่านี้ทำลาย ก็จะแสดงผลอันเนื่องจากถูกทำลายในลักษณะต่าง ๆ กัน เช่น เกิดอาการใบเหลืองซีด (chlorosis) ใบร่วง (defoliant) ลำต้น ราก หรือใบหงิกงอโค้งลง (epinasty) หรือโค้งขึ้น (hyponasty) ใบหรือต้นตาย (necrosis) ใบหรือต้นแห้งตาย (desiccation) การเติบโตผิดปกติ (fasciation) หรือ การเกิดอาการผิดปกติอื่น ๆ

ชะอม

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Acacia pennata* (L.) Willd. subsp. *insuavis* Nielsen

วงศ์ : Leguminosae

ชื่ออื่น : ผักหละ (เหนือ) ผ่าแข้งคู่ พูซู่เคาะ (กระเหรี่ยง แม่ฮ่องสอน) โพซุโยคะ (กระเหรี่ยง, กำแพงเพชร) อม (ใต้) ผักขา (อุดรธานี อีสาน) และ ผักหละ (ไทยของ)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ชะอมเป็นไม้พุ่มขนาดย่อม ลำต้นและกิ่งก้านมีหนามแหลม ใบเป็นใบประกอบขนาดเล็ก มีก้านใบแยกเป็นใบประกอบอยู่ 2 ทาง ลักษณะคล้ายใบกระถินหรือใบส้มป่อย ใบอ่อนมีกลิ่นฉุน ใบเรียงแบบสลับ ใบย่อยออกตรงกันข้าม ใบย่อยรูปรีมีประมาณ 13-28 คู่ ขอบใบเรียบ ปลายใบแหลม ดอกออกที่ซอกใบสีขาวหรือขาวนวล มีขนาดเล็กและเห็นชัดเฉพาะเกสรตัวผู้ที่เป็นเส้น (เต็ม, 2533)

ประโยชน์ : ทางอาหาร ใบอ่อน ยอดอ่อน ลวกหรือหนึ่งเป็นผักจิ้ม หรือชุบไข่ทอดรับประทานกับน้ำพริกกะปิและนำไปแกงเช่น แกงลาว แกงแค ทางยา เปลือกชะอม สะเดา ฟ้าทะลายโจร บดให้เข้ากันเป็นยาขับพยาธิ ดมน้ำกินเป็นยาขับลม ราก ใช้แก้ท้องเฟ้อ ขับลมในลำไส้ แก้ปวดเสียวในท้อง ชะอม *Acacia pennata* (L.) Willd. subsp. *insuavis* Nielsen) เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Leguminosae โดยพืชในวงศ์นี้ที่มีการศึกษาถึงผลทางอัลติโลพาที่มีมากมายหลายชนิดตัวอย่างเช่น ถั่วลิสง (*Pisum sativum* L.) ซึ่งได้ทำการทดลองโดยนำสาร Pisatin ที่ได้จากการแยกสารจากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สกัดต้นถั่วลิ้นเต่าด้วยเมทานอล โดยสาร Pisatin ที่แยกได้แสดงผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชทดสอบคือ เทียนแดง (*Lepidium sativum* L.) และ ผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) ที่ระดับความเข้มข้นของสาร 10 และ 30 μ M ตามลำดับ (Kato-Nogochi, 2003) หรือจากการทดลองถึงผลทางอัลลีโลพาทีของ สารสกัดด้วยน้ำจากส่วนต่างๆของกระถินหางกระรอก (*Prosopis juliflora* Swartz) ที่มีผลในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของข้าวโพด (*Zea mays*) ข้าวสาลี (*Triticum aestivum*) และ มะรุมป่า (*Albizia lebbek*) (Noor et al., 1995) ในขณะที่ White et al., (1989) ทำการศึกษาผลทางอัลลีโลพาทีของซากพืชตระกูลถั่ว โดยการใช้สารสกัดน้ำจากต้น hairy vetch (*Vicia villosa*) และ crimson clover (*Trifolium incarnatum*) ที่ความเข้มข้น 8.30, 16.70 และ 33.30 กรัมต่อลิตร ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดพืชทดสอบคือ ข้าวโพด ผ้าย สะอึก (*Ipomoea gracilllis*) wild mustard (*Sinapis arvensis*) และ italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) พบว่า การใช้สารสกัดจาก hairy vetch ที่ระดับความเข้มข้น 8.30 กรัมต่อลิตร มีผลทำให้การงอกของเมล็ดผ้ายลดลง การเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารสกัดที่ 16.70 กรัมต่อลิตร สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดข้าวโพด wild mustard และ italian ryegrass ได้ สำหรับการใส่สารสกัดจาก crimson clover ที่ระดับ 13 ความเข้มข้น 16.70 กรัมต่อลิตร มีผลให้การงอกของเมล็ด wild mustard และ italian ryegrass ลดลง แต่ไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ดข้าวโพด อย่างไรก็ตามการเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารสกัดจาก พืชทั้งสองชนิด มีผลทำให้การงอกของเมล็ดถูกยับยั้งสูงขึ้น ซึ่งการใช้สารสกัดจาก hairy vetch และ crimson clover ที่ระดับความเข้มข้น 33.30 กรัมต่อลิตร มีผลยับยั้งการงอกของสะอึกได้ และ เปอร์เซนต์ ตามลำดับ สำหรับ Maighany et al., (2007) รายงานถึงผลการศึกษา สารสกัดด้วยน้ำและ เมทานอลจาก persian clover (*Trifolium resupinatum*) และ berseem clover (*Trifolium alexandrium*) ที่ระดับความเข้มข้น 8.30, 16.70 และ 33.30 กรัมต่อลิตร ต่อการเจริญเติบโตของ ผักโขม (*Amaranthus retroflexus*) field bindweed (*Convolvulus arvensis*) ข้าวไรย์ Secale cereal และ wild mustard (*Sinapis arvensis*) โดยพบว่าความเข้มข้นของสารสกัดที่เพิ่มขึ้นทำให้ ความสามารถในการยับยั้งเพิ่มมากขึ้น wild mustard มีการตอบสนองต่อสารสกัดมากที่สุด ในขณะที่ field bindweed มีความทนทานต่อสารสกัดมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผลของสารสกัดด้วย เมทานอลกับสารสกัดด้วยน้ำพบว่าสารสกัดด้วยเมทานอลมีผลต่อเมล็ดพืชทดสอบมากกว่า และ สารสกัดจาก berseem clover ให้ผลในการยับยั้งพืชทดสอบสูงกว่าสารสกัดจาก persian clover จากงานวิจัยในขั้นต้นทำให้ทราบว่าพืชชนิดต่างๆในวงศ์ Leguminosaeae ถั่วมีศักยภาพ ทางอัลลีโลพาที

วิธีการดำเนินงานวิจัย

อุปกรณ์การทดลอง

พืชทดสอบ ได้แก่ ถั่วผี (*Phaseolus lathyroides* Linn.), หญ้าข้าวนก (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.) และ หอมหัวใหญ่ (*Allium cepa* L.)

สารเคมีที่ใช้ ได้แก่ ethanol 95 %, ethanol 70 %, acetone 80 %, Np9, tergitol (15-S-5), tergitol (15-S-7), triton x-100, tween 80, sodium hypochloride, giemsa, cellulose, pectinase, calcium chloride, potassium sodium tartarate salt, starch, maltose, dinitrosalicylic reagent, acitric acid และ citrate buffer

อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ น้ำกลั่น, บีกเกอร์, มีด, แท่งแก้ว, แผ่นสไลด์, พาราฟิล์ม, แก้วพลาสติก, กระจกตวง, ปากคีบปลายแหลม, หลอดหยด, หลอดวัด spectrophotometer, ขวดแก้วขนาดเล็ก, หลอดทดลองขนาด 1.5 มิลลิลิตร, หลอดทดลองขนาด 5 มิลลิลิตร, หลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร, กล้องย้อมสี, กระดาษกรอง Whatman No.1, โกร่งบด, กรรไกร และแก้วพลาสติก

เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ไมโครปีเปต, water bath, เครื่อง spectrophotometer, กล้องจุลทรรศน์ (microscope) ยี่ห้อ Olympus รุ่น BX41 และ รุ่น CX31, เครื่อง sentrifuge, ตู้ growth chamber, เครื่องระเหยสูญญากาศ, ตู้อบความร้อน, เครื่อง EC meter และ เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

วิธีการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาการทำรูปผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดวัชพืชจากชะอม

การทดลองที่ 1.1 การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดวัชพืชรูปแบบผง จากชะอมที่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

1.1.1 การวางแผนการทดลอง

ทำการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD)

วิธีการทดลองละ 4 ซ้ำ ดังนี้

1.1.1.1 น้ำกลั่น (วิธีการเปรียบเทียบ)

1.1.1.2 ผลិតภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากยอดชะอมแห่งที่ระดับความเข้มข้น 6.25 mg/ml

1.1.1.3 ผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากยอดชะอมแห่งที่ระดับความเข้มข้น 12.5 mg/ml

1.1.1.4 ผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากยอดชะอมแห่งที่ระดับความเข้มข้น 25 mg/ml

1.1.1.5 ผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากยอดชะอมแห่งที่ระดับความเข้มข้น 50 mg/ml

1.1.2 การเตรียมสารผลิตภัณฑ์

โดยมีอัตราส่วนดังนี้ ปุ๋นขาว 1 ส่วน แป้งมัน 1 ส่วน ยอดชะอมแห้งบดละเอียด 2 ส่วน โดยนำแป้งมันมาละลายน้ำตั้งไฟเคี่ยวจนเป็นแป้งเปียก ตามด้วยปุ๋นขาวทิ้งไว้ให้เย็นสักครู่จึงใส่ยอดชะอมแห้งบดละเอียด คนส่วนผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วนำไปบดซ้ำอีกครั้งเพื่อให้เป็นผงละเอียด

1.1.3 การทดสอบในงานทดลอง

ใส่สารผลิตภัณฑ์จากยอดชะอมแห่งในงานทดลอง ที่ระดับความเข้มข้น 6.25, 12.5, 25 และ 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นใส่น้ำกลั่นลงในงานทดลองที่รองด้วยกระดาษเพาะเมล็ด 2 ชั้น งานละ 5 มิลลิลิตร โดยใช้ น้ำกลั่นเป็นวิธีการเปรียบเทียบ เกลี่ยสารผลิตภัณฑ์ให้ทั่วงานทดลอง จากนั้นวางเมล็ดวัชพืชทดสอบ คือ ถั่วฝัก ในงานทดลองงานละ 20 เมล็ด ปิดฝาและนำไปวางไว้ในตู้ growth chamber ที่ตั้งค่าแสงสว่าง 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส และไม่มีแสงสว่าง 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์

1.1.4 การวางแผนการทดลอง

การบันทึกผล และการวิเคราะห์ผลการทดลอง ในการทดลองนี้แต่ละพืชทดสอบใช้แผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) การทดลองละ 4 ซ้ำ นับจำนวนการงอกของเมล็ดวันที่ 7 หลังจากเริ่มเพาะเมล็ด โดยกำหนดให้เมล็ดที่มีความยาวตั้งแต่ 2 มิลลิเมตรขึ้นไปเป็นเมล็ดที่งอก นับเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต โดยมีเกณฑ์วัดการตายของต้นกล้า คือ 1) รากเน่า มีสีน้ำตาล 2) ต้นกล้าไม่ยืดยาว หักงอ ไม่มีใบเลี้ยง วัดความยาวรากและความยาวต้น วันที่ 7 หลังจากเริ่มทำการเพาะเมล็ด นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Studentized Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 1.2 การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพของประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากสารสกัดหยาดของยอด ชะอมแห้งที่ผสม surfactant ต่างกัน 4 ชนิด ที่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

1.2.1 การวางแผนการทดลอง

ทำการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิธีการทดลองละ 4 ซ้ำ ดังนี้

1.2.1.1 น้ำกลั่น (วิธีการเปรียบเทียบ)

1.2.1.2 สารสกัดหยาดด้วยเอทานอลจากยอดชะอมแห้ง 80 % + surfactant (Np9, tergitol (15-S-5), tergitol (15-S-7) และ triton (x-100)) 5% + น้ำกลั่น 15%

1.2.1.3 สารสกัดหยาดด้วยเอทานอลจากยอดชะอมแห้ง 80 % + surfactant (Np9, tergitol (15-S-5), tergitol (15-S-7) และ triton (x-100)) 10% + น้ำกลั่น 15%

1.2.2 การเตรียมสารผลิตภัณฑ์

สกัดยอดชะอมแห้งด้วยเอทานอล และทำการระเหยออกจนแห้ง ได้สารสกัดหยาดจากเอทานอล ทำการผสมสารสกัดหยาดจากเอทานอลกับ surfactant 4 ชนิด (Np9, tergitol (15-S-5), tergitol (15-S-7) และ triton (x-100)) ในอัตราส่วนสารสกัดหยาด 80 %, Surfactant 5, และ น้ำ 15 %

ทำการผสมให้เข้ากัน และทำ

1.2.3 การทดสอบในงานทดลอง

ใส่สารผลิตภัณฑ์จากยอดชะอมแห้งในงานทดลอง ที่ระดับความเข้มข้น 6.25, 12.5, 25 และ 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นใส่น้ำกลั่นลงในงานทดลองที่รองด้วยกระดาษเพาะเมล็ด 2 ชั้น งานละ 5 มิลลิลิตร โดยใช้ น้ำกลั่นเป็นวิธีการเปรียบเทียบ เกลี่ยสารผลิตภัณฑ์ให้ทั่วงานทดลอง จากนั้นวางเมล็ดพืชทดสอบ คือ ถั่วฝัก ในงานทดลองงานละ 20 เมล็ด ปิดฝาและนำไปวางไว้ในตู้ growth chamber ที่ตั้งค่าแสงสว่าง 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส และไม่มีแสงสว่าง 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์

1.2.4 การวางแผนการทดลอง

การบันทึกผล และการวิเคราะห์ผลการทดลอง ในการทดลองนี้แต่ละพืชทดสอบใช้แผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) การทดลองละ 4 ซ้ำ นับจำนวนการงอกของเมล็ดวันที่ 7 หลังจากเริ่มเพาะเมล็ด โดยกำหนดให้เมล็ดที่มีความยาวตั้งแต่ 2 มิลลิเมตร ขึ้น

ไปเป็นเมล็ดที่ออก นับเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต โดยมีเกณฑ์วัดการตายของต้นกล้า คือ 1) รากเน่า มีสีน้ำตาล 2) ต้นกล้าไม่ยืดยาว หักงอ ไม่มีใบเลี้ยง วัดความยาวรากและความยาวต้น วันที่ 7 หลังจากเริ่มทำการเพาะเมล็ด นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Tukey's Studentized Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 2 การศึกษากลไกของสารสกัดจากชะอมในการทำลายวัชพืชทดสอบ

การทดลองที่ 2.1 การตรวจสอบฤทธิ์ของสารในการทำลายผนังเซลล์และการเปลี่ยนแปลงการซึมผ่านของเยื่อเมมเบรน (permeable membrane)

2.1.1 การวางแผนการทดลอง

ทำการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิธีการทดลองละ 4 ซ้ำ ดังนี้

2.1.1.1 น้ำกลั่น(วิธีการเปรียบเทียบ)

2.1.1.2 ผลึกภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากยอดชะอมแห้งที่ระดับความเข้มข้น 2.5 mg/ml

2.1.1.3 ผลึกภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากยอดชะอมแห้งที่ระดับความเข้มข้น 5 mg/ml

2.1.1.4 ผลึกภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากยอดชะอมแห้งที่ระดับความเข้มข้น 10 mg/ml

2.1.1.5 ผลึกภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากยอดชะอมแห้งที่ระดับความเข้มข้น 20 mg/ml

2.1.2 ผลึกภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากยอดชะอมแห้ง

สกัดยอดชะอมแห้งด้วยเอทานอล และทำการระเหยออกจนแห้ง ได้สารสกัดหยาบจากเอทานอลทำการผสมสารสกัดหยาบจากเอทานอลกับ surfactant คือ tergitol (15-S-5)

2.1.3 การเตรียมวัชพืชทดสอบ

เมล็ดวัชพืชทดสอบที่ใช้ คือ ถั่วผี ทำการแช่เมล็ดถั่วผีนาน 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบ นำเมล็ดถั่วผี ที่เตรียมไว้ปลูกในกระถางขนาด 6 นิ้ว ที่มีทรายเป็นวัสดุปลูก กระถางละ 20 เมล็ด เมื่อต้นวัชพืชทดสอบมีความสูงประมาณ 20 เซนติเมตร จากนั้นทำการฉีดพ่นสารที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน และจากนั้นทำการวัดความสามารถของสารในการทำลายผนังเซลล์และการเปลี่ยนแปลงการซึมผ่านของเนื้อเยื่อเมมเบรนที่ 7 วัน หลังจากทดสอบสาร

2.1.4 การเตรียมใบเพื่อวัดค่าการทำลายผนังเซลล์และเปลี่ยนแปลงการซึมผ่านของเยื่อเมมเบรน

การเตรียมใบถั่วฝัก

ตัดใบของถั่วฝัก ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันทุกใบ (0.6 มิลลิเมตร) โดยใช้ใบสดหนัก 100 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 12 มิลลิลิตร และใส่น้ำกลั่นลงไป 10 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 15 นาที จากนั้น นำไปกรองเอากากออก แล้วนำไปวัดค่าการรั่วไหลของประจุไฟฟ้าออกจากเซลล์พืชด้วยเครื่อง pH meter

จากนั้นนำไปคำนวณหาการรั่วไหลของประจุไฟฟ้าออกจากเซลล์พืชโดยใช้สูตร (Ngayila et al. 2009)

$$\text{membrane stability index} = [1 - (C1 \div C2)] \times 100$$

โดยกำหนดให้

C1 คือ ใบที่ต้มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

C2 คือ ใบที่ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

2.1.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

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

การทดลองที่ 2.2 การตรวจสอบฤทธิ์ของสารในการยับยั้ง การสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์

2.2.1 การวางแผนการทดลอง

ทำการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิธีการทดลองละ 4 ซ้ำ ดังนี้

2.2.1.1 น้ำกลั่น (วิธีการเปรียบเทียบ)

2.2.1.2 ผลិតภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากยอชชะอมแห้งที่ระดับความเข้มข้น 2.5 mg/ml

2.2.1.3 ผลិតภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากยอชชะอมแห้งที่ระดับความเข้มข้น 5 mg/ml

2.2.1.4 ผลិតภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากยอชชะอมแห้งที่ระดับความเข้มข้น 10 mg/ml

2.2.1.5 ผลិតภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากยอชชะอมแห้งที่ระดับความเข้มข้น 20 mg/ml

2.2.2 การเตรียมผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากยอดชะอมแห้ง

เตรียมเช่นเดียวกับการทดลองที่ การทดลองที่ 2.1

2.2.3 การเตรียมวัชพืชทดสอบ

เมล็ดวัชพืชทดสอบที่ใช้ คือ ถั่วฝัก ทำการแช่เมล็ดถั่วฝักนาน 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบ นำเมล็ดถั่วฝัก ที่เตรียมไว้ปลูกในกระถางขนาด 6 นิ้ว ที่มีทรายเป็นวัสดุปลูก กระถางละ 20 เมล็ด เมื่อต้นวัชพืชทดสอบมีความสูงประมาณ 20 เซนติเมตร จากนั้นทำการฉีดพ่นสารที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน และจากนั้นทำการวัดความสามารถของสารในการทำลายผนังเซลล์และการเปลี่ยนแปลงการซึมผ่านของเนื้อเยื่อเมมเบรน ที่ 7 วัน หลังจากทดสอบสาร

2.2.4 การเตรียมใบเพื่อวัดคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์

การเตรียมใบถั่วฝัก

ตัดใบของถั่วฝัก ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันทุกใบ (0.6 มิลลิเมตร) ทำการสกัดคลอโรฟิลล์โดยใช้ใบสดหนัก 100 มิลลิกรัม ใส่ในโกร่งและใส่อะซิโตน 80 เปอร์เซ็นต์ (Ngayila et al. 2009) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ตามลงไปโกร่ง ทำการบดจนละเอียดแล้วเปลี่ยนใส่หลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง (Whatman No. 1) และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470, 647 และ 663 นาโนเมตร

จากนั้นนำไปคำนวณหาค่า คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ โดยใช้สูตร Lichtenthaler (1987)

$$\text{Chl a (mg/l)} = 12.25 \times A_{663} - 2.79 \times A_{647}$$

$$\text{Chl b (mg/l)} = 21.50 \times A_{647} - 5.10 \times A_{663}$$

$$\text{Carotenoid (mg/l)} = (1000 \times A_{470} - 1.82 \times \text{Chl a} - 85.02 \times \text{Chl b})/198$$

2.2.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

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

การทดลองที่ 2.3 การตรวจสอบฤทธิ์ของสารที่มีผลต่อการสร้างไขของเซลล์พืชทดสอบ

2.3.1 การวางแผนการทดลอง

ทำการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิธีการทดลองละ 4 ซ้ำ ดังนี้

2.3.1.1 น้ำกลั่น (วิธีการเปรียบเทียบ)

2.3.1.2 ผลិតภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากยอชชะอมแห้งที่ระดับความเข้มข้น 2.5 mg/ml

2.3.1.3 ผลិតภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากยอชชะอมแห้งที่ระดับความเข้มข้น 5 mg/ml

2.3.1.4 ผลិតภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากยอชชะอมแห้งที่ระดับความเข้มข้น 10 mg/ml

2.3.1.5 ผลិតภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากยอชชะอมแห้งที่ระดับความเข้มข้น 20 mg/ml

2.3.2 การเตรียมผลិតภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากยอชชะอมแห้ง

เตรียมเช่นเดียวกับการทดลองที่ การทดลองที่ 2.1

2.3.3 การเตรียมวัชพืชทดสอบ

เมล็ดวัชพืชทดสอบที่ใช้ คือ ถั่วฝัก ทำการแช่เมล็ดถั่วฝักนาน 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบ นำเมล็ดถั่วฝัก ที่เตรียมไว้ปลูกในกระถางขนาด 6 นิ้ว ที่มีทรายเป็นวัสดุปลูก กระถางละ 20 เมล็ด เมื่อต้นวัชพืชทดสอบมีความสูงประมาณ 20 เซนติเมตร จากนั้นทำการฉีดพ่นสารที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน จากนั้นทำการนำมาสกัดปริมาณ cuticular wax ที่ 7 วัน หลังจากทดสอบสาร

2.3.4 การเตรียมใบ

การเตรียมใบถั่วฝัก

ตัดใบของถั่วฝัก ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันทุกใบ (0.6 มิลลิเมตร) ทำการสกัดแช่ตัวอย่างใบพืชในสารอินทรีย์ chloroform เป็นเวลา 15 วินาที นำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายอินทรีย์ซึ่งหาปริมาณ cuticular wax นำใบพญาถั่วฝักที่สกัด cuticular wax แล้ว ไปคำนวณหาปริมาณ cuticular wax

2.3.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

นำข้อมูลปริมาณ cuticular wax มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ(ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Studentized Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การทดลองที่ 2.4 การตรวจสอบฤทธิ์ของสารที่มีผลต่อการแบ่งเซลล์พืชและนิวคลีโอไลต์

2.4.1 การวางแผนการทดลอง

ทำการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิธีการทดลองละ 4 ซ้ำ ดังนี้

2.4.1.1 น้ำกลั่น (วิธีการเปรียบเทียบ)

2.4.1.2 สารสกัดน้ำจากยอดชะอมแห่งที่ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ 0.01 mg/ml

2.3.1.3 สารสกัดน้ำจากยอดชะอมแห่งที่ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ 0.03 mg/ml

2.3.1.4 สารสกัดน้ำจากยอดชะอมแห่งที่ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ 0.05 mg/ml

2.3.1.6 สารสกัดน้ำจากยอดชะอมแห่งที่ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ 0.10 mg/ml

2.3.1.7 สารสกัดน้ำจากยอดชะอมแห่งที่ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ 0.20 mg/ml

2.3.1.7 สารสกัดน้ำจากยอดชะอมแห่งที่ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ 0.40 mg/ml

2.4.2 การเตรียมสารสกัด

การเตรียมสารสกัด นำยอดชะอมแห้งใส่ในภาชนะและเติมน้ำกลั่นในอัตราส่วนของชะอมแห้ง 10 กรัม ต่อ น้ำกลั่น 90 มิลลิลิตร ปิดภาชนะเพื่อป้องกันการระเหยจากนั้นนำไปเก็บที่อุณหภูมิต่ำ (ประมาณ 8 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เพื่อป้องกันการย่อยสลายของสาร (degradation) จากนั้นนำมากรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่ออก นำสารสกัดที่ได้มากรองผ่านสำลีและตามด้วยกระดาษกรอง (Whatman No.1) อีกครั้งหนึ่ง จะได้สารสกัดด้วยน้ำตั้งต้น (stock solution) ที่มีความเข้มข้น 100 mg/ml

2.4.3 การเตรียมปลายรากหอมหัวใหญ่

นำหอมหัวใหญ่มาลอกเปลือกชั้นนอกออก และทำการฆ่าเชื้อโดยแช่ในสารละลายโซเดียม ไฮโปคลอไรต์ 1 % นำไปเพาะในน้ำ เพื่อชักนำให้หอมหัวใหญ่เกิดรากโดยให้มีความยาวประมาณ 1.5-2 เซนติเมตร (ประมาณ 2-3 วัน) และย้ายไปเพาะต่อในสัปดาห์จากชะอม ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 18 ชั่วโมง โดยมีน้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีควบคุม จากนั้นทำการตัดรากที่เวลา 08.00 น. โดยใช้ใบมีด โคนที่คม และสะอาด คัดเลือกลักษณะรากที่สมบูรณ์ ตัดรากให้มีความยาวประมาณ 1.5 เซนติเมตร นำปลายรากที่ได้แช่ในสารเคมีคงสภาพเซลล์ (fixation) ที่ประกอบด้วยเอทานอล 95 % และกรดอะซิติก ในอัตราส่วน 3:1 เพื่อคงสภาพเซลล์ ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8-12 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลานำมาล้างด้วยเอทานอล 70 % 2 ครั้ง เก็บปลายรากไว้ในเอทานอล 70 % และรักษาไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 8 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 การเตรียมสไลด์โครโมโซม

การนำปลายรากหอมหัวใหญ่ที่เก็บไว้ในตู้เย็นมาล้างด้วยน้ำกลั่น ชับน้ำให้แห้ง ทำการตัดปลายรากหอมหัวใหญ่ให้มีความยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร นำมาย่อยผนังเซลล์ ด้วยเอนไซม์ซึ่งประกอบด้วย เอนไซม์ cellulose 8 %, pectinase 6 % ละลายในบัฟเฟอร์ที่ประกอบด้วย citric acid 0.01 โมล และ sodium citrate 0.01 มิลลิโมล จากนั้นนำหลอดที่มีปลายรากหอมหัวใหญ่ไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที เมื่อครบกำหนดเวลา ดูดเอนไซม์ออกจากหลอดทดลอง และแช่ปลายรากในน้ำกลั่น ใช้ปากคีบปลายแหลมคีบปลายรากหอมออกจากหลอดทดลอง ชับน้ำออกวางบนสไลด์ ตัดเอาเฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อเจริญปลายราก หยดน้ำยา fixation ที่แช่เย็นลงบนสไลด์ จากนั้นขยี้เซลล์ปลายรากหอมให้ทั่วแผ่นสไลด์ด้วยปากคีบปลายแหลม ทิ้งไว้ให้แห้ง เมื่อสไลด์แห้งนำมาย้อมด้วยสี giemsa 2 % นาน 10 นาที นำสไลด์ไปล้างผ่านน้ำสะอาด โดยเปิดน้ำไหลผ่านเบาๆ จากนั้นฝังสไลด์ทิ้งไว้ให้แห้ง เป็นวิธีคัดแปลงมาจาก สมศักดิ์ และสุมน (2543) นำสไลด์มาศึกษาพฤติกรรมกรรมการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และบันทึกภาพ ทำการนับเซลล์ในระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ไม่น้อยกว่า 4,000 เซลล์ต่อทริทเมนต์ นำมาคิดคำนวณค่าดัชนีการแบ่งเซลล์ (mitotic index) ดัชนีการแบ่งเซลล์ในระยะต่าง ๆ ของไมโทติก (phase Index) ประกอบด้วย ระยะโพรเฟส ระยะเมทาเฟส ระยะแอนนาเฟส และระยะเทโลเฟส รวมถึงความผิดปกติของเซลล์ (abnormal cell) โดยสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{ดัชนีการแบ่งเซลล์ (\%)} = \frac{\text{จำนวนเซลล์ทั้งหมดในระยะไมโทติก}}{\text{จำนวนเซลล์ทั้งหมดที่นับได้}} \times 100$$

ดัชนีการแบ่งเซลล์ในระยะต่าง ๆ ของไมโทติก (%) เช่น ดัชนีการแบ่งเซลล์ระยะโพรเฟส

$$\text{ดัชนีการแบ่งเซลล์ระยะโพรเฟส} = \frac{\text{จำนวนเซลล์ในระยะโพรเฟส}}{\text{จำนวนเซลล์ที่แบ่งตัวปกติในระยะไมโทติก}}$$

ความผิดปกติของเซลล์ เช่น ลักษณะความผิดปกติ spindle disturbance ที่พบในระยะโพรเฟส

$$\text{ความผิดปกติของเซลล์ชนิด spindle disturbance (\%)} = \frac{\text{จำนวนเซลล์ผิดปกติชนิด spindle disturbance}}{\text{จำนวนเซลล์ทั้งหมดที่นับได้}} \times 100$$

2.4.5 การเตรียมสไลด์นิวคลีโอลัส

ทำการเตรียมเซลล์ด้วยวิธีการเดียวกับการทดลองก่อนหน้า และนำมาย้อมด้วยสี ซิลเวอร์ไนเตรต ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ แล้วบ่มในตู้บ่มเป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลา นำสไลด์

ไปล้างผ่านน้ำสะอาด โดยเปิดน้ำไหลผ่านเบาๆ จากนั้นฝั่งสไลด์ทิ้งไว้ให้แห้งนับจำนวนนิวคลีโอลัส วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง จำนวน 150 เซลล์ต่อทริทเมนต์ และบันทึกภาพ

2.4.6 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

นำข้อมูล mitotic index มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Studentized Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาการทำรูปผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดวัชพืชจากชะอม

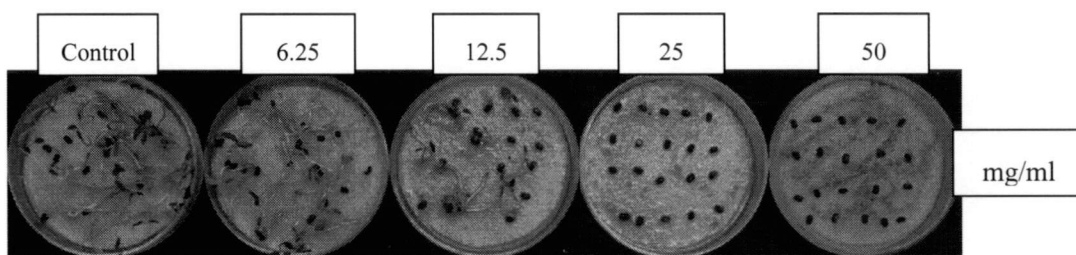
การทดลองที่ 1.1 การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากยอดชะอมแห้ง รูปแบบผง ที่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

จากการทดสอบเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์จากยอดชะอมแห้งรูปแบบผง ต่อการงอก และการเจริญเติบโตของถั่วฝัก ที่ระดับความเข้มข้น 6.25, 12.5, 25 และ 50 (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) โดยมีน้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม พบว่า ผลิตภัณฑ์จากยอดชะอมแห้งรูปแบบผง สามารถยับยั้งการงอก และการเจริญเติบโตของถั่วฝักได้อย่างสมบูรณ์ที่ระดับความเข้มข้น 25 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และที่ระดับความเข้มข้น 12.5 และ 6.25 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 65 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสำหรับผลต่อความยาวต้นและความยาวรากของถั่วฝัก พบว่า เมื่อความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์จากยอดชะอมแห้งรูปแบบผง สูงขึ้น ถั่วฝักจะมีความยาวต้น และความยาวรากลดลง โดยที่ระดับความเข้มข้น 12.5 และ 6.25 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร จะมีความยาวต้นเท่ากับ 6.09 และ 3.78 เซนติเมตร และมีความยาวรากเท่ากับ 0.46 และ 2.55 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้น 25 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สารผลิตภัณฑ์จากยอดชะอมแห้งรูปแบบผง สามารถยับยั้งความยาวต้นและความยาวรากได้อย่างสมบูรณ์ (ตารางที่ 1) และ (ภาพที่ 1)

ตารางที่ 1 การทดสอบเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์จากยอดชะอมแห้ง ต่อการงอก และการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

ชนิดของผลิตภัณฑ์	ความเข้มข้น (mg/ml)	การงอก (%)	การรอด (%)	ความยาวต้น (ซม.)	ความยาวราก (ซม.)
ผลิตภัณฑ์จากยอดชะอมแห้ง	Control	100.00a	100.00a	8.06a	3.10ab
	6.25	100.00a	100.00a	6.09b	2.55b
	12.5	65.00b	63.75b	3.78c	0.465c
	25	0.00c	0.00c	0.00d	0.00d
	50	0.00c	0.00c	0.00d	0.00d

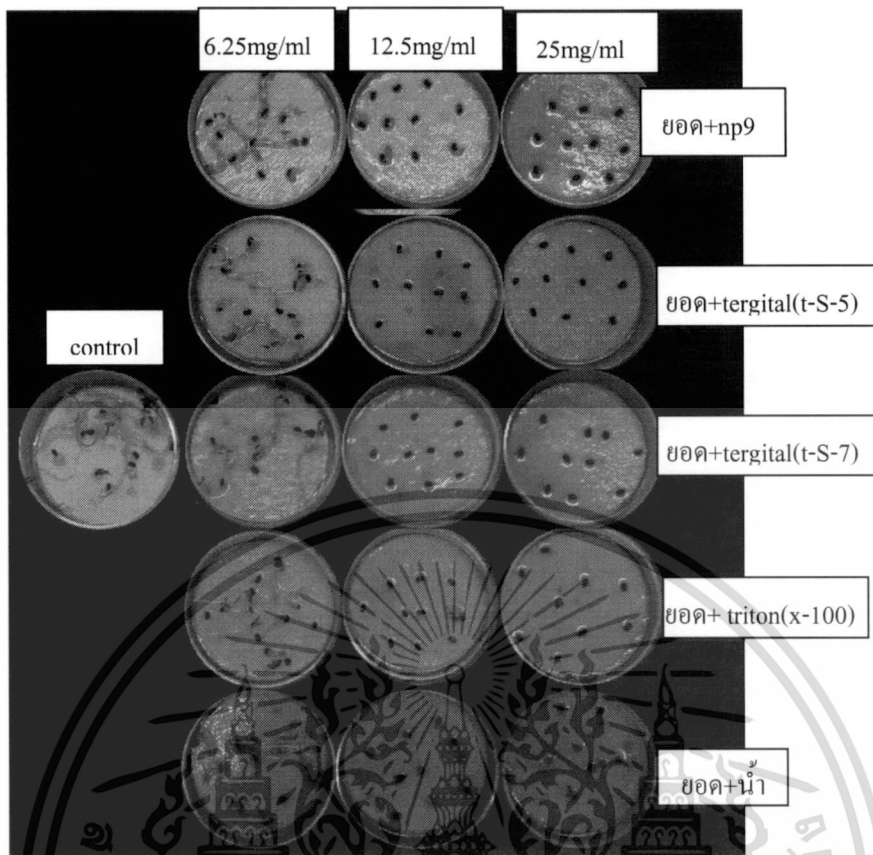
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turdey's Studentized Range Test (p=0.05)



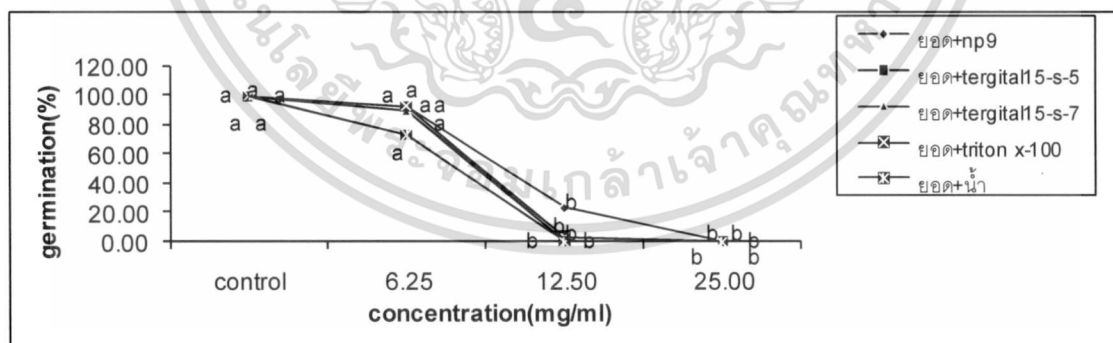
ภาพที่ 1 การทดสอบเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์จากยอดชะอมแห้ง ต่อการงอกและการเจริญเติบโต ของพืชทดสอบ

การทดลองที่ 1.2 การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพของประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากสารสกัดหยาบของยอด ชะอมแห้งที่ผสม surfactant ต่างกัน 4 ชนิด ที่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

จากการเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์ที่ผสม Surfactant ชนิดต่าง ๆ ในอัตราส่วนในอัตราส่วน 80:5:15 (สารสกัดหยาบ :Surfactant : น้ำ) โดยเปรียบเทียบกับสารสกัดหยาบจากยอดที่ผสมน้ำเพียงอย่างเดียว ที่มีน้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม(ภาพที่2) พบว่าเมื่อเปรียบเทียบที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน สารสกัดหยาบจากยอดที่ผสมน้ำเพียงอย่างเดียว มีผลในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบได้ดีที่สุด รองลงมาคือ สารสกัดหยาบจากยอดที่ผสม tergitol 15-S-5 และตามด้วยสารสกัดหยาบจากยอดที่ผสม tergitol 15-S-7, สารสกัดหยาบจากยอดที่ผสม triton x-100 และสารสกัดหยาบจากยอด ที่ผสม np9 ตามลำดับ โดยพบว่าที่ความเข้มข้น 0.625 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ของสารสกัดหยาบจากยอดที่ผสม น้ำเพียงอย่างเดียว มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 73.33 เปอร์เซ็นต์ และที่ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัม/ มิลลิลิตร ในทุกการทดลองจะไม่พบการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ(ภาพที่3 และ ภาพที่ 4) สำหรับผลต่อด้านความยาวต้นและความยาวราก พบว่า เมื่อระดับความเข้มข้นของสารเพิ่มสูงขึ้น ความยาวต้นและความยาวรากของพืชทดสอบจะลดลง ซึ่งความยาวต้นและความยาวรากของ สารสกัดหยาบจากยอด ที่ผสมน้ำเพียงอย่างเดียว มีค่าเท่ากับ 3.82 และ 1.03 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 5 และ ภาพที่ 6)

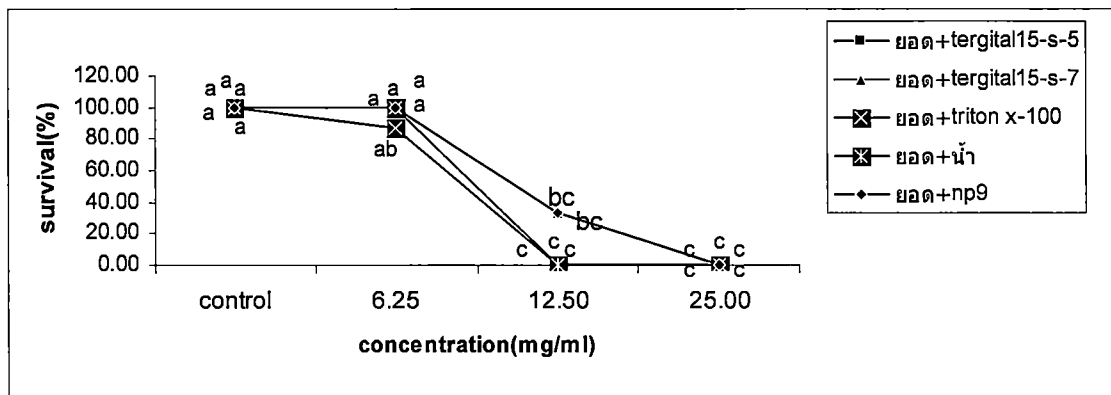


ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบผลของสารสกัดหยาบที่ผสม Surfactant ชนิดต่างๆในอัตราส่วน สารสกัดหยาบ : Surfactant : น้ำ (80:5:15) ที่มีต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

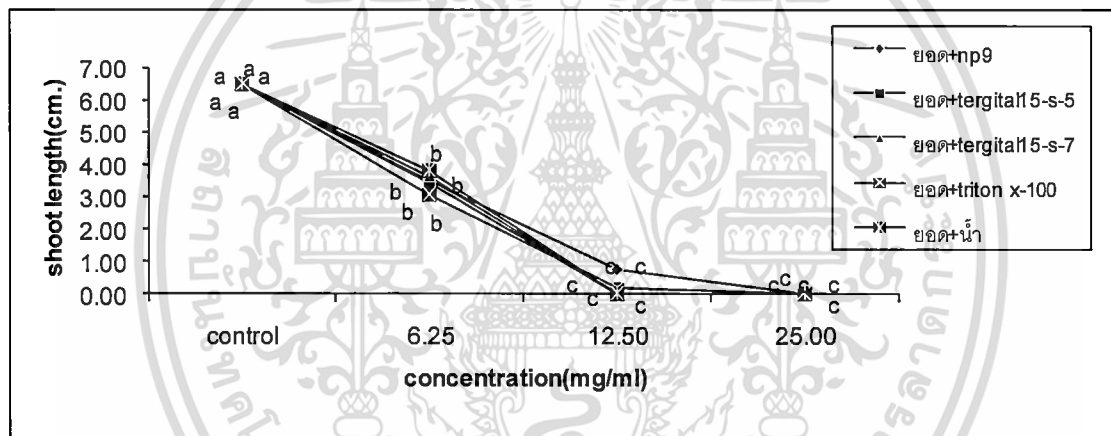


ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบผลของสารสกัดหยาบที่ผสม Surfactant ชนิดต่างๆในอัตราส่วน สารสกัดหยาบ : Surfactant : น้ำ (80:5:15) ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของพืชทดสอบ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turdey's Studentized Range Test (p=0.05)

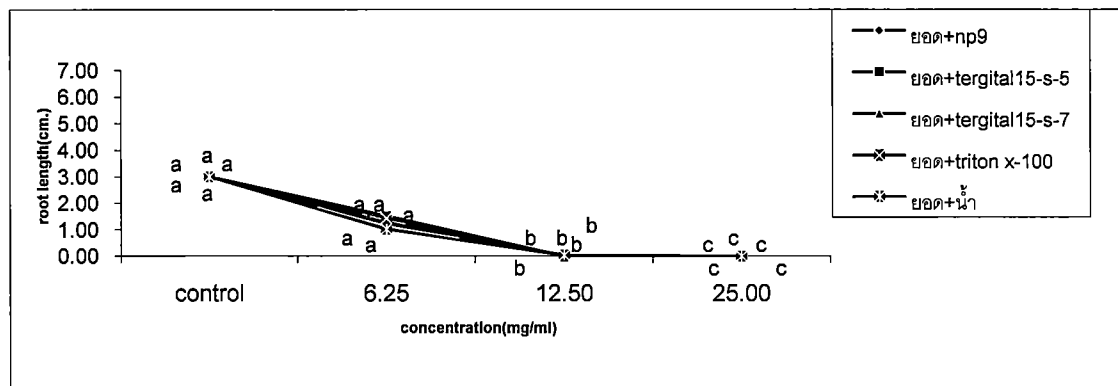
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบผลของสารสกัดหยาบที่ผสม Surfactant ชนิดต่างๆในอัตราส่วน สารสกัดหยาบ : Surfactant : น้ำ (80:5:15) ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การรอดของพืชทดสอบ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turdey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

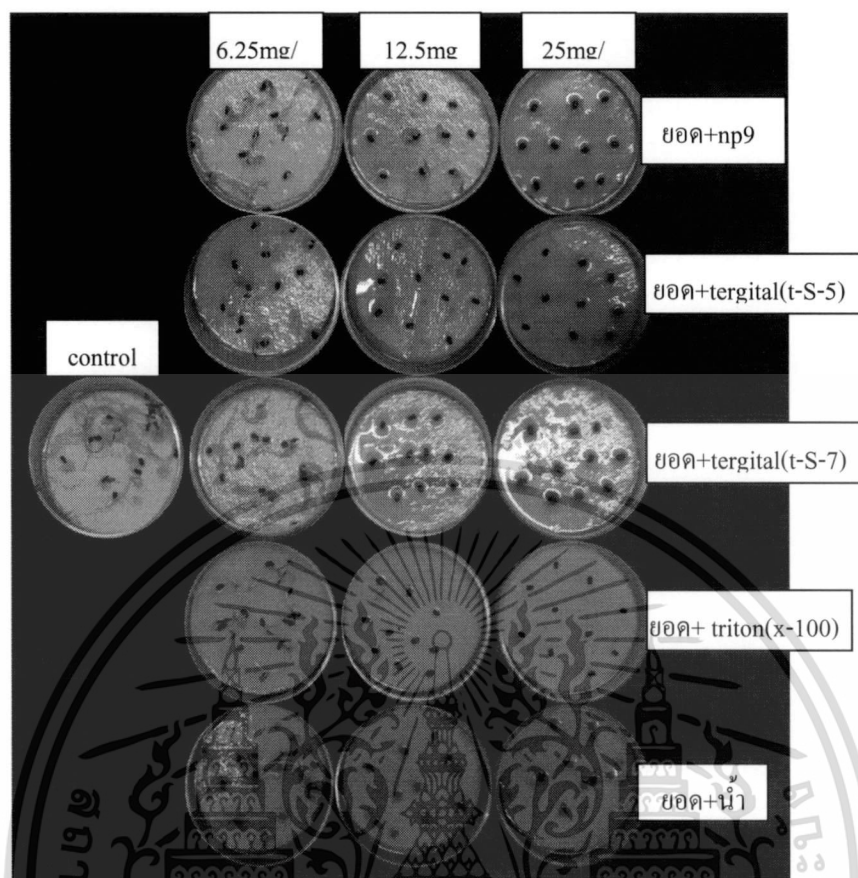


ภาพที่ 5 การเปรียบเทียบผลของสารสกัดหยาบที่ผสม Surfactant ชนิดต่างๆในอัตราส่วน สารสกัดหยาบ : Surfactant : น้ำ (80:5:15) ที่มีต่อความยาวต้นของพืชทดสอบ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turdey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

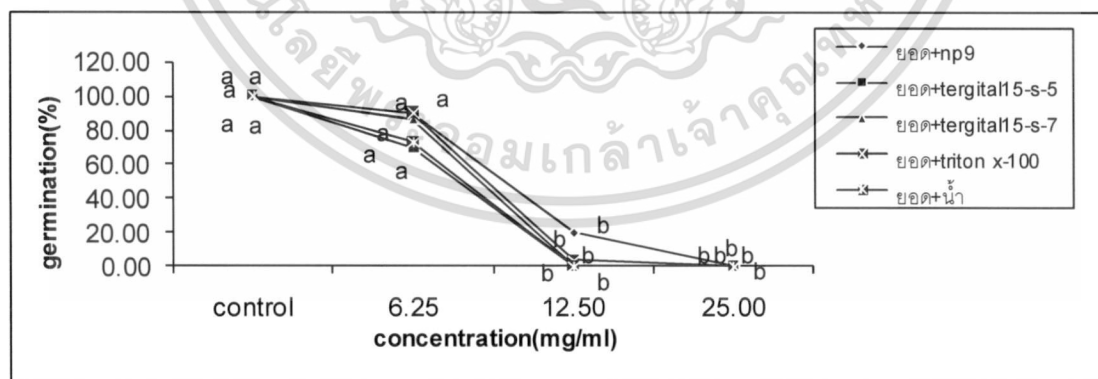


ภาพที่ 6 การเปรียบเทียบผลของสารสกัดหยาบที่ผสม Surfactant ชนิดต่างๆ ในอัตราส่วน สารสกัดหยาบ : Surfactant : น้ำ (80:5:15) ที่มีต่อความยาวรากของพืชทดสอบ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turdey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

และการเปรียบเทียบผลของสารสกัดหยาบจากยอดชะอมที่ผสม Surfactant ชนิดต่าง ๆ ที่อัตราส่วน สารสกัดหยาบ : Surfactant : น้ำ (80:10:15) พบว่า เมื่อเปรียบเทียบผลของสารสกัดหยาบจากจากชะอมที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน (ภาพที่ 7) สารสกัดหยาบจากยอด ที่ผสม tergital 15-S-5 มีผลในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ สารสกัดหยาบจากยอดที่ผสมน้ำเพียงอย่างเดียว และตามด้วยสารสกัดหยาบจากยอดที่ผสม tergital 15-S-7, สารสกัดหยาบจากยอด ที่ผสม triton x-100 และสารสกัดหยาบจากยอด ที่ผสม np9 โดยพบว่าที่ความเข้มข้น 0.625 มิลลิกรัม/ มิลลิลิตร ของสารสกัดหยาบจากยอดที่ผสม tergital 15-S-5 มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์และที่ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัม/ มิลลิลิตร ในทุกการทดลองสามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบได้อย่างสมบูรณ์ (ภาพที่ 8 และ ภาพที่ 9) ในด้านของความยาวต้นและความยาวราก พบว่า เมื่อระดับความเข้มข้นของสารเพิ่มสูงขึ้น ความยาวต้นและความยาวรากของพืชทดสอบจะลดลง โดยที่ความยาวต้นและความยาวรากของ สารสกัดหยาบจากยอด ที่ผสม tergital 15-S-5 มีค่าเท่ากับ 2.94 และ 1.32 ตามลำดับ (ภาพที่ 10 และ ภาพที่ 11)

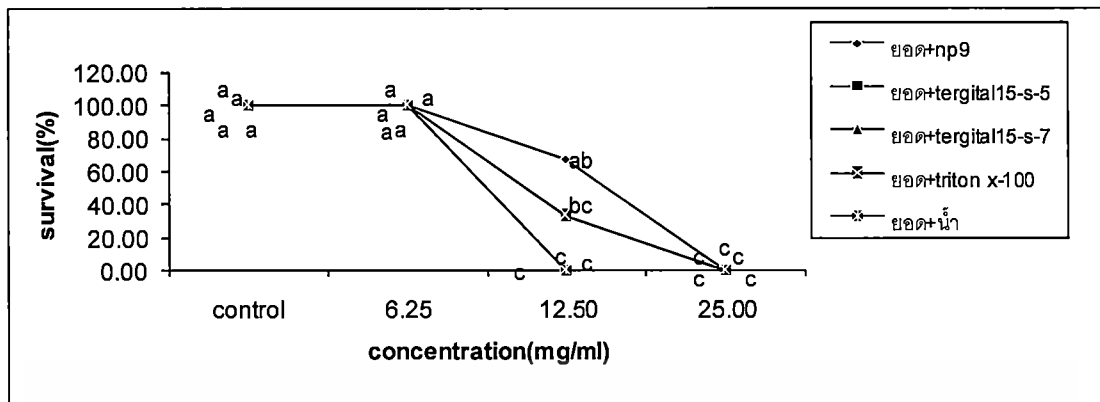


ภาพที่ 7 การเปรียบเทียบผลของสารสกัดหยาดที่ผสม Surfactant ชนิดต่างๆ ในอัตราส่วน สารสกัดหยาด : Surfactant : น้ำ (80:10:15) ที่มีต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

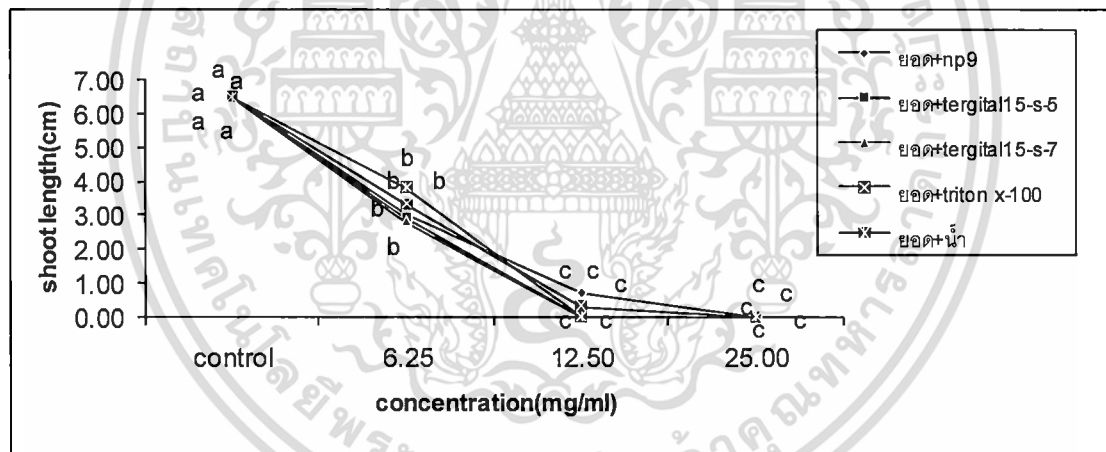


ภาพที่ 8 การเปรียบเทียบผลของสารสกัดหยาดที่ผสม Surfactant ชนิดต่างๆ ในอัตราส่วน สารสกัดหยาด : Surfactant : น้ำ (80:10:15) ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของพืชทดสอบ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turdey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

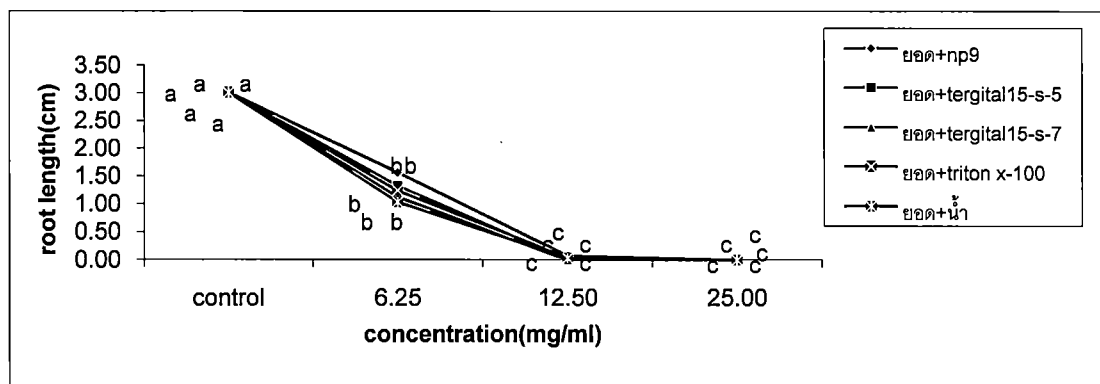
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 9 การเปรียบเทียบผลของสารสกัดหยาบที่ผสม Surfactant ชนิดต่างๆในอัตราส่วน สารสกัดหยาบ : Surfactant : น้ำ (80:10:15) ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การรอดของพืชทดสอบ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turdey's Studentized Range Test (p=0.05)



ภาพที่ 10 การเปรียบเทียบผลของสารสกัดหยาบที่ผสม Surfactant ชนิดต่างๆในอัตราส่วน สารสกัดหยาบ : Surfactant : น้ำ (80:10:15) ที่มีต่อความยาวต้นของพืชทดสอบ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turdey's Studentized Range Test (p=0.05)

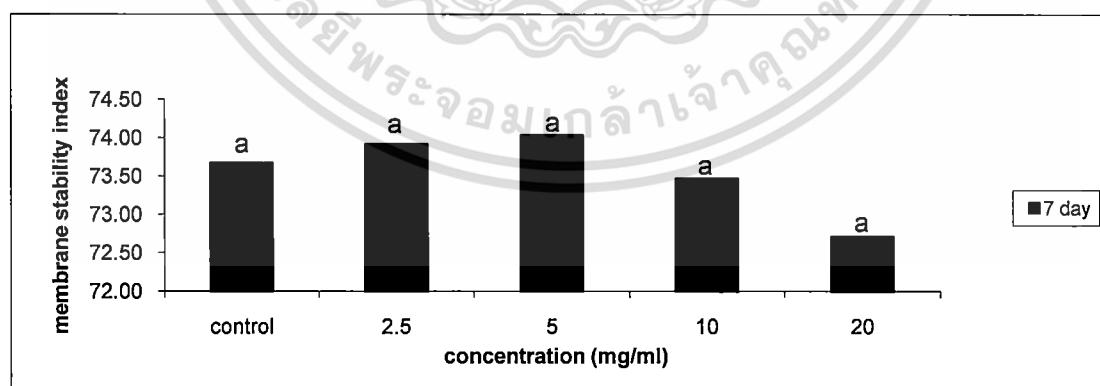


ภาพที่ 11 การเปรียบเทียบผลของสารสกัดหยาบที่ผสม Surfactant ชนิดต่างๆในอัตราส่วน สารสกัดหยาบ : Surfactant : น้ำ (80:10:15) ที่มีต่อความยาวรากของพืชทดสอบ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turdey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

การทดลองที่ 2 การศึกษากลไกของสารสกัดจากชะอมในการทำลายผนังเซลล์พืชทดสอบ

การทดลองที่ 2.1 การตรวจสอบฤทธิ์ของสารในการทำลายผนังเซลล์และการเปลี่ยนแปลงการซึมผ่านของเยื่อเมมเบรน (permeable membrane)

จากการศึกษาฤทธิ์ของผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากชะอมต่อการทำลายผนังเซลล์และการเปลี่ยนแปลงการซึมผ่านของเยื่อเมมเบรน 2.5, 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นระยะเวลา 7 วัน โดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม พบว่า การรั่วไหลของประจุไฟฟ้าจากเซลล์พืชในวันที่ 7 วัน หลังจากแช่ในผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากชะอมในทุกอัตราความเข้มข้นมีอัตราการรั่วไหลของประจุไฟฟ้าออกจากเซลล์ไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 การเปรียบเทียบผลของสารในการทำลายผนังเซลล์และการเปลี่ยนแปลงการซึมผ่านของเยื่อเมมเบรน หลังจากทดสอบสารที่ระยะเวลา 7 วัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turdey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

การทดลองที่ 2.2 การตรวจสอบฤทธิ์ของสารในการยับยั้ง การสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ และ แคโรทีนอยด์

ถั่วฝัก

คลอโรฟิลล์เอ (chlorophyll a)

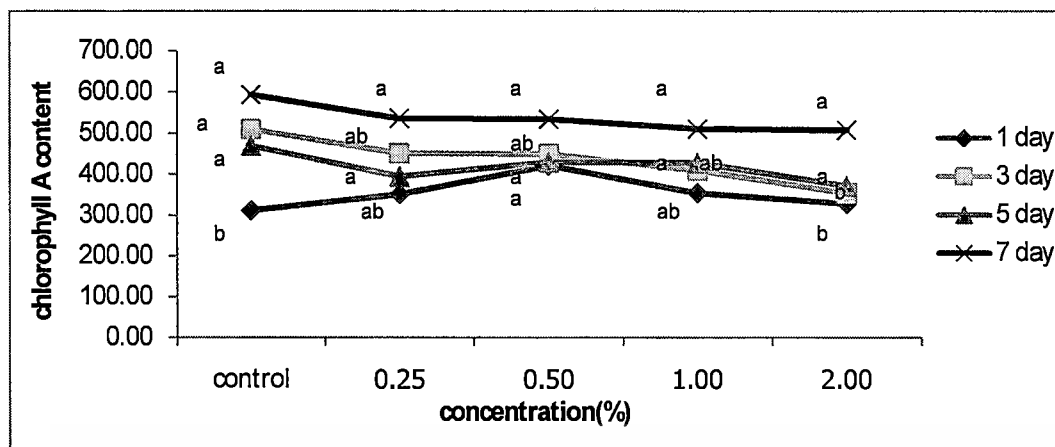
จากการศึกษาฤทธิ์ของผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากชะอมต่อการยับยั้งการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์เอ จากใบถั่วฝัก ที่ความเข้มข้น 2.5, 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นระยะเวลา 1, 3, 5 และ 7 วัน โดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม พบว่า ปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ จากใบถั่วฝักที่ได้รับผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากชะอมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม (ภาพที่ 13)

คลอโรฟิลล์บี (chlorophyll b)

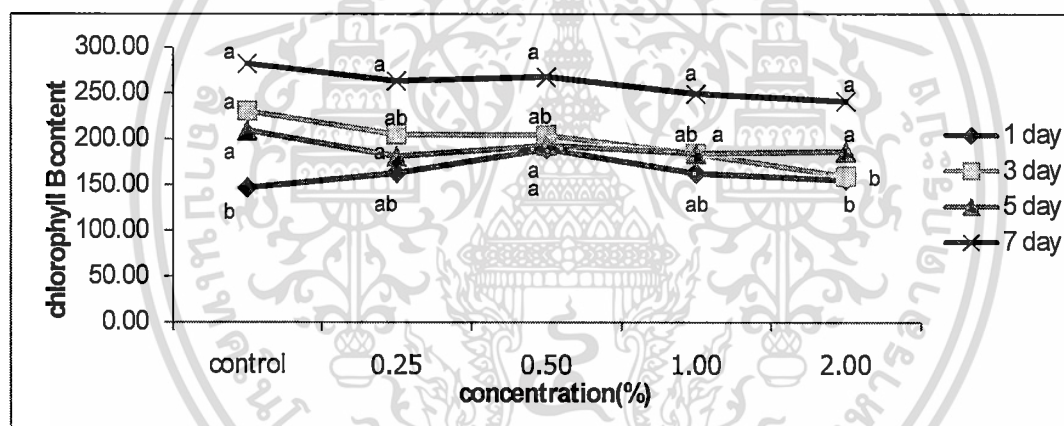
การศึกษาฤทธิ์ของผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากชะอมต่อการยับยั้งการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ บีจากใบถั่วฝัก ที่ความเข้มข้น 2.5, 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นระยะเวลา 3, 5 และ 7 วัน โดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม พบว่า ที่ความเข้มข้น 2% ของถั่วฝักที่ได้รับสารที่ระยะเวลา 1 และ 3 ปริมาณของคลอโรฟิลล์ บีลดลง และแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม แต่ที่ระยะเวลาและความเข้มข้นอื่น ใบถั่วฝักมีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม (ภาพที่ 14)

แคโรทีนอยด์ (carotenoid)

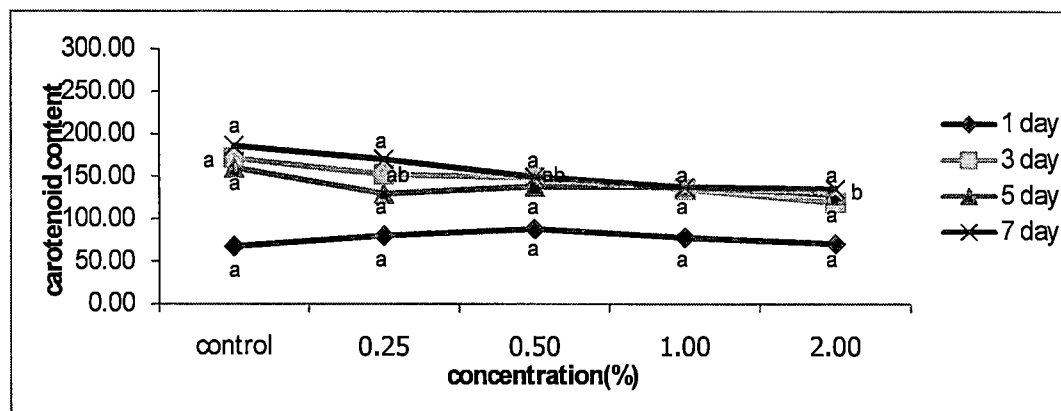
การศึกษาฤทธิ์ของผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากชะอมต่อการยับยั้งการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ กับถั่วฝัก ที่ความเข้มข้น 2.5, 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นระยะเวลา 3, 5 และ 7 วัน โดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม พบว่า ถั่วฝักที่ได้รับผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากชะอมทุกอัตราความเข้มข้น และทุกระยะเวลาที่ ได้รับสารมีปริมาณของแคโรทีนอยด์ไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม (ภาพที่ 15)



ภาพที่ 13 ปริมาณของคลอโรฟิลล์เอในใบถั่วฝักยาวที่ได้หลังจากทดสอบสารเป็นเวลา 3, 5 และ 7 วัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turdey's Studentized Range Test ($p=0.05$)



ภาพที่ 14 ปริมาณของคลอโรฟิลล์บีในใบถั่วฝักยาวที่ได้หลังจากทดสอบสารเป็นเวลา 3, 5 และ 7 วัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turdey's Studentized Range Test ($p=0.05$)



ภาพที่ 15 ปริมาณของแคโรทีนอยด์ในใบ ที่วัดได้หลังจากแช่สารเป็นเวลา 3, 5 และ 7 วัน
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turdey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

การทดลองที่ 2.3 การตรวจสอบฤทธิ์ของสารที่มีผลต่อการสร้างไข(cuticular wax)ของ เซลล์พืชทดสอบ

การศึกษาฤทธิ์ของผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากชะอมต่อการยับยั้งการสร้างไขของเซลล์พืชทดสอบ คือ ถั่วฝัก ที่ความเข้มข้น 0.25, 0.5, 1 และ 2 % เป็นระยะเวลา 7 วัน โดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม พบว่า ปริมาณไขของเซลล์จากใบถั่วฝักไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม(ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การทดสอบเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์จากยอดชะอมแห้ง ต่อการออก และ การเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

ความเข้มข้น(%)	ถั่วฝัก
	ปริมาณไข(g/g)
control	0.025a
0.250	0.015a
0.500	0.007a
1.000	0.002a
2.000	0.001a

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turdey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

การทดลองที่ 2.4 การตรวจสอบฤทธิ์ของสารที่มีผลต่อการแบ่งเซลล์พืช และนิวคลีโอไลต์

เมื่อทำการทดสอบผลสารสกัดน้ำจากยอดชะอม กับการแบ่งเซลล์ปลายรากหอมหัวใหญ่ ที่ความเข้มข้น 0.0125, 0.025, 0.05, 0.10, 0.20, 0.40 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร พบว่าสารสกัดด้วยน้ำจากยอดชะอมมีผลต่อการแบ่งเซลล์ คือ เมื่อระดับความเข้มข้นของสารสกัดที่เพิ่มมากขึ้น จะมีค่าดัชนีการแบ่งเซลล์ลดลง และเปอร์เซ็นต์การแบ่งเซลล์ในระยะโพรเฟสเพิ่มขึ้น ในขณะที่เซลล์ที่เข้าสู่ระยะเมทาเฟส แอนาเฟส และเทโลเฟสลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์ปลายรากหอมหัวใหญ่ที่แช่ในน้ำกลั่น(ภาพที่ 16) นอกจากนี้ที่ระดับความเข้มข้นสูงสุด คือ 0.4 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ไม่พบการแบ่งเซลล์ในระยะไมโทติก (ตารางที่ 3) เมื่อจำแนกชนิดความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์ (ภาพที่ 17) เกิดลักษณะ การขาดตัวของโครมาตินในระยะโพรเฟสผิดปกติ เนื่องจากความผิดปกติของสาย Spindle (Spindle disturbance at late prophase) การขาดตัวกันแน่นของโครโมโซมในระยะเมทาเฟสและแอนาเฟส (Chromosome stickiness) โครโมโซมไม่จัดเรียงตัวบริเวณกลางเซลล์ในระยะเมทาเฟส (c-Metaphase) การเข้าสู่ขั้วเซลล์ของกลุ่มโครโมโซมในระยะแอนาเฟสช้ากว่าปกติ (Delayed anaphase) พบความลักษณะผิดปกติในระยะเมทาเฟส และกลุ่มของโครโมโซม 2 กลุ่มในระยะแอนาเฟสไม่ได้จัดเรียงตัวอยู่ในแนวเดียวกัน (Diagonal anaphase) ความผิดปกติทั้งหมดในทุกระยะของการแบ่งเซลล์มีค่าระหว่าง 0.93-4.99% (ตารางที่ 4) และ และ พบลักษณะของนิวคลีโอไลต์ดังภาพที่ 17.

ตารางที่ 3 ค่าดัชนีการแบ่งเซลล์ของรากปลายรากหอมหัวใหญ่ที่เพาะในสารสกัดจากยอดชะอม ที่ระยะเวลา 18 ชั่วโมง

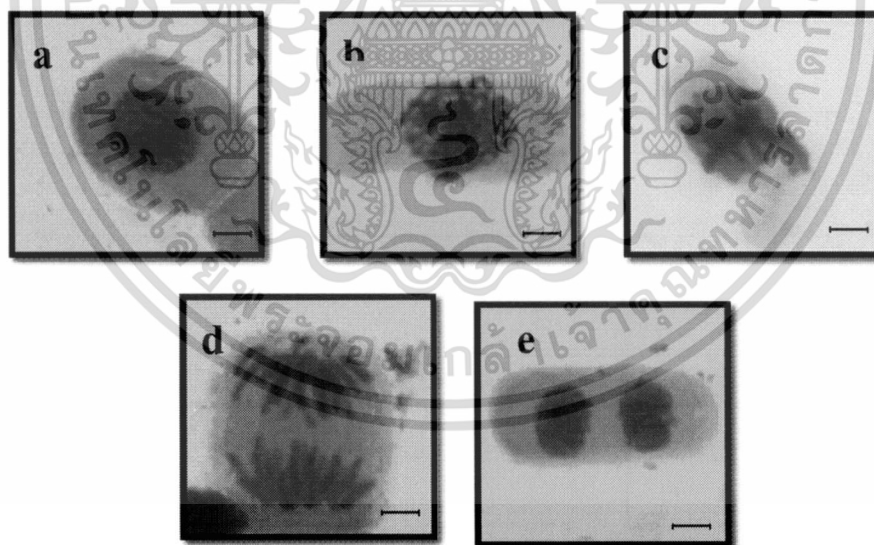
Concentration (mg/ml.)	Total cell	Total mitotic cells	Mitotic index (mean±S.E.)	Mitotic phase index			
				Prophase (%)	Meta-phase (%)	Ana-phase (%)	Telo-Phase (%)
control	4,454	80.75	7.26±0.48 a	76.81 b	11.88 a	6.47 a	4.83 a
0.0125	4,574	73.50	5.61±0.75 b	96.86 a	1.75 b	0.72 b	0.79 ab
0.025	5,245	75.75	5.24±0.79 b	96.01 a	1.29 b	1.33 b	1.51 ab
0.05	4,642	73.50	6.36±0.26 ab	97.30 a	0.69 b	0.67 b	1.33 ab
0.10	4,764	33.50	2.85±0.72 c	95.07 a	2.88 b	1.65 b	3.09 ab
0.20	4,322	2.25	2.25±0.21 d	97.24 a	1.67 b	0.00 b	1.09 ab
0.40	toxic	toxic	toxic	toxic	Toxic	toxic	toxic

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turdey's Studentized Range Test (p=0.05)

ตารางที่ 4 ลักษณะความผิดปกติของโครโมโซมของปลาสร้อยหอมหัวใหญ่ที่เพาะในสารสกัดจากชะอมในเวลา 18 ชั่วโมง

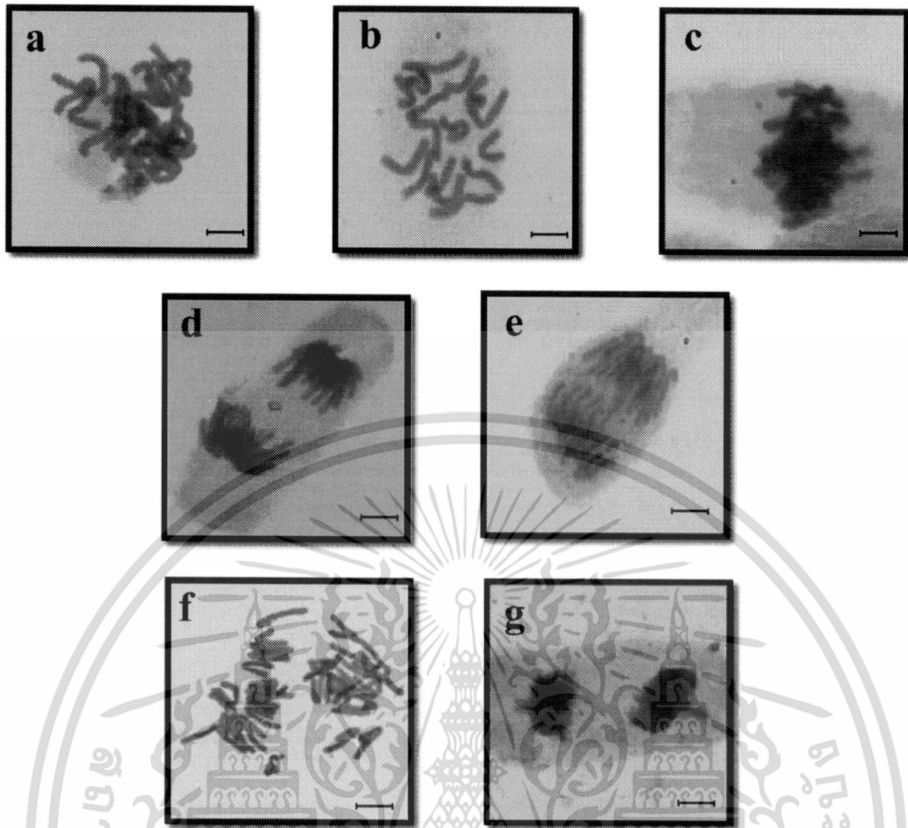
Concentration (mg/ml.)	Total cells	Spindle disturbance at late prophase (%)	Sticky meta-phase (%)	c-Meta-phase (%)	Sticky ana-phase (%)	Diagonal at ana-phase (%)	Delayed ana-phase (%)	Total abnormalities (%)
control	4,454	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 c
0.0125	4,574	1.05	1.35	0.17	0.06	0.04	0.04	3.41±1.94ab
0.025	5,245	1.18	1.40	0.00	0.11	0.02	0.00	3.39±0.94 ab
0.05	4,642	1.25	1.91	0.25	0.40	0.02	0.13	4.99±3.24 a
0.10	4,764	1.94	0.27	0.31	0.22	0.00	0.14	3.61±1.31ab
0.20	4,322	0.30	0.19	0.14	0.05	0.00	0.02	0.93±0.55bc
0.40	toxic	toxic	toxic	toxic	toxic	toxic	toxic	toxic

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turdey's Studentized Range Test ($p=0.05$)



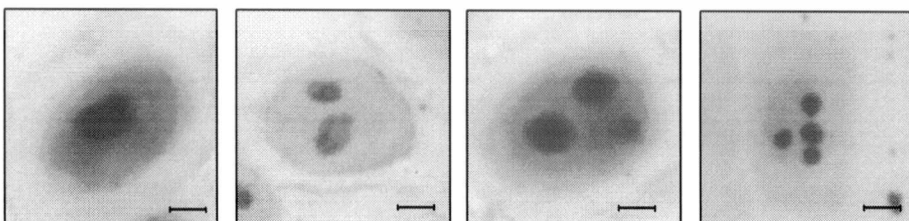
ภาพที่ 16 ลักษณะการแบ่งเซลล์ปกติของปลาสร้อยหอมหัวใหญ่ (Bar = 10 μ m.)

- a. Interphase b. Prophase c. Metaphase
d. Anaphase f. Telophase



ภาพที่ 17 ลักษณะการแบ่งเซลล์ที่ผิดปกติของเซลล์ปลายรากหอมหัวใหญ่ที่ทดสอบด้วยสารสกัดด้วยน้ำ จากยอดชะอมแห้งที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (Bar = 10 μm .)

- a. Spindle distribution at prophase b. c-Metaphase
 c. Sticky metaphase d. Sticky anaphase
 e. Delayed anaphase f. Unequal distribution at anaphase
 g. Diagonal at anaphase



ภาพที่ 18 ลักษณะนิวเคลียสของเซลล์ปลายรากหอมหัวใหญ่ที่ทดสอบด้วยสารสกัดด้วยน้ำ จากยอดชะอมแห้งที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (Bar = 10 μm .)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาการทำรูปผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดวัชพืชจากชะอม

การทดลองที่ 1.1 การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดวัชพืชรูปแบบผง จากชะอมที่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

จากการทดสอบเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์จากยอดชะอมแห้งรูปแบบผง (pellet) ที่ระดับความเข้มข้น 6.25, 12.5, 25 และ 50 (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของถั่วฝัก โดยมื่อน้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม พบว่า ผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดวัชพืชรูปแบบผง (pellet) จากชะอม สามารถยับยั้งการงอกของถั่วฝักได้อย่างสมบูรณ์ที่ระดับความเข้มข้น 25 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และสามารถยับยั้งความยาวต้นและความยาวรากได้อย่างสมบูรณ์ที่ระดับความเข้มข้น 25 มิลลิกรัม/มิลลิลิตรเช่นเดียวกัน

การทดลองที่ 1.2 การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพของประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากสารสกัดหยาบของยอด ชะอมแห้งที่ผสม surfactant แตกต่างกัน 4 ชนิด ที่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

จากการเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์ที่ผสม Surfactant ชนิดต่าง ๆ ในอัตราส่วนผลิตภัณฑ์ : Surfactant : น้ำ (80:5:15) พบว่าที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน ผลิตภัณฑ์จากยอดที่ผสมน้ำเพียงอย่างเดียว มีผลในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบได้ดีที่สุด โดยพบว่าที่ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัม/ มิลลิลิตร ของทุกการทดลอง ผลิตภัณฑ์ที่ผสม Surfactant ชนิดต่าง ๆ สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบได้อย่างสมบูรณ์ และด้านของความยาวต้นและความยาวราก พบว่า เมื่อระดับความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้น ความยาวต้นและความยาวรากของพืชทดสอบจะลดลง

การทดลองที่ 2 การศึกษากลไกของสารสกัดจากชะอมในการทำลายวัชพืชทดสอบ

การทดลองที่ 2.1 การตรวจสอบฤทธิ์ของสารในการทำลายผนังเซลล์และการเปลี่ยนแปลงการซึมผ่านของเยื่อเมมเบรน (permeable membrane)

จากการศึกษาฤทธิ์ของผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากชะอมต่อการทำลายผนังเซลล์และการเปลี่ยนแปลงการซึมผ่านของเยื่อเมมเบรน 2.5, 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นระยะเวลา 7 วัน โดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม พบว่า การรั่วไหลของประจุไฟฟ้าจากเซลล์พืชในวันที่ 7 วัน

หลังจากแช่ในผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากชะอมในทุกอัตราความเข้มข้นมีอัตราการรั่วไหลของประจุไฟฟ้าออกจากเซลล์ไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม มีรายงานการวิจัยของ Lutts et al. (1996) และ Kaya et al. (2002) ซึ่งรายงานว่าเมื่อปริมาณความเข้มข้นของเกลือเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณการสูญเสียประจุไฟฟ้าจากเซลล์ของข้าว สตรอเบอร์รี่ และแตงกวาจะเพิ่มสูงขึ้นด้วย

การทดลองที่ 2.2 การตรวจสอบฤทธิ์ของสารในการยับยั้ง การสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ และ แคลโรทีนอยด์

จากการศึกษาฤทธิ์ของผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากชะอมต่อการยับยั้งการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์เอ จากใบถั่วฝัก ที่ความเข้มข้น 0.25, 0.5, 1 และ 2 % เป็นระยะเวลา 1, 3, 5 และ 7 วัน โดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม พบว่า ปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ จากใบถั่วฝักที่ได้รับผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากชะอม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม สำหรับการศึกษากิจกรรมของผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากชะอมต่อการยับยั้งการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ บีจากใบถั่วฝัก ที่ความเข้มข้น 0.25, 0.5, 1 และ 2 % เป็นระยะเวลา 3, 5 และ 7 วัน โดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม พบว่า ที่ความเข้มข้น 2% ของถั่วฝักที่ได้รับสารที่ระยะเวลา 1 และ 3 ปริมาณของคลอโรฟิลล์ บีลดลง และแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม แต่ที่ระยะเวลาและความเข้มข้นอื่น ใบถั่วฝักมีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Kaushik and Inderjit (2006) ซึ่งได้รายงานว่า สารเคมีกำจัดวัชพืช atrazine ไม่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในใบถั่ว (mung bean) และการศึกษากิจกรรมของผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากชะอมต่อการยับยั้งการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ กับถั่วฝัก ที่ความเข้มข้น 0.25, 0.5, 1 และ 2 % เป็นระยะเวลา 3, 5 และ 7 วัน โดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม พบว่า ถั่วฝักที่ได้รับผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากชะอมทุกอัตราความเข้มข้น และทุกระยะเวลาที่ได้รับสารมีปริมาณของแคโรทีนอยด์ไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม

การทดลองที่ 2.3 การตรวจสอบฤทธิ์ของสารที่มีผลต่อการสร้างไขของเซลล์พืชทดสอบ

การศึกษากิจกรรมของผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากชะอมต่อการยับยั้งการสร้างไขของเซลล์พืชทดสอบ คือ ถั่วฝัก ที่ความเข้มข้น 0.25, 0.5, 1 และ 2 % เป็นระยะเวลา 7 วัน โดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม พบว่า ปริมาณไขของเซลล์จากใบถั่วฝักไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม

การทดลองที่ 2.4 การตรวจสอบฤทธิ์ของสารที่มีผลต่อการแบ่งเซลล์พืชและนิวคลีโอไลส

จากผลการทดสอบสารสกัดด้วยน้ำจากยอดชะอมแห้ง ที่มีผลต่อการแบ่งเซลล์ปลายรากหอมหัวใหญ่ที่ระดับความเข้มข้น 0.0125, 0.025, 0.05, 0.10, 0.20 และ 0.40 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

พบว่าสารสกัดด้วยน้ำจากยอดชะอมแห้ง มีผลต่อการแบ่งเซลล์ปลายรากหอมหัวใหญ่ คือ มีค่าดัชนีการแบ่งเซลล์ลดลง และเปอร์เซ็นต์การแบ่งเซลล์ในระยะโพรเฟสเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีผลให้เกิดความผิดปกติต่อโครโมโซมในระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์ รวมถึงที่ระดับความเข้มข้น 0.4 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ไม่พบการแบ่งเซลล์ในระยะไมโทติก ซึ่งแสดงถึงความเป็นพิษของสารสกัดน้ำจากยอดชะอม เช่นเดียวกับ ผลของสารสกัดจากพุทธรักษาถิ่นแดง ที่มีผลต่อการแบ่งเซลล์ของหอมหัวใหญ่ โดยทำการทดสอบที่ความเข้มข้น 12.5, 25, 50, 100, 200 และ 400 ppm พบว่าสารสกัดจากพุทธรักษาถิ่นแดงมีผลต่อการแบ่งเซลล์ และ ความผิดปกติของโครโมโซม (กนกพรและคณะ, 2552) ในด้านของสารกำจัดวัชพืช ได้มีรายงานเกี่ยวกับผลกระทบที่มีต่อการแบ่งเซลล์ Rank et al., (2002) ได้ทำการศึกษาผลของสารกำจัดวัชพืช Maleichydrazide, Acridine และ Di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) ต่อการแบ่งเซลล์ของรากหอมหัวใหญ่ พบว่า Hydrazide, Acridine และ DEHP มีผลทำให้ค่าดัชนีการแบ่งเซลล์ลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชทั้งสามชนิด นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Fernandes et al., (2007) ศึกษาความเสียหายในการแบ่งเซลล์ของหอมหัวใหญ่ เมื่อได้รับสารกำจัดวัชพืช Trifluralin พบว่า สารกำจัดวัชพืช Trifluralin มีผลต่อดัชนีการแบ่งเซลล์ที่บริเวณปลายรากหอมหัวใหญ่ และชักนำให้เกิดการสูญเสียของ Microtubules ทำให้การแบ่งเซลล์ของหอมหัวใหญ่ผิดปกติ เกิดลักษณะของเซลล์มีหลายนิวเคลียส (Multi-nucleated cells)

เอกสารอ้างอิง

- เต็ม สมิตินันท์. 2533. “ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย (ชื่อพฤกษศาสตร์-ชื่อพื้นเมือง).” กรมป่าไม้.
กรุงเทพฯ
- ทศพล พรพรหม. 2545. “สารกำจัดวัชพืช : หลักการและกลไกการทำลาย.” : สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ
- ชัชชัย รัตน์ชเลศ. 2540. “เทคโนโลยีสารกำจัดวัชพืช.” พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์รวีเวียง.
กรุงเทพฯ
- พรชัย เหลืองอาภาพงษ์. 2540. “วัชพืชศาสตร์.” โรงพิมพ์ลินคอร์น. กรุงเทพฯ
- รังสิต เขตสุวรรณ. 2527. “ความสำคัญของอัลลีโลพาตีต่อการเกษตร.” วัชพืช. 2(2) : 40-58.
- รังสิต สุวรรณเขตนิคม. 2547. “สารป้องกันกำจัดวัชพืช : กลไกการเข้าทำลาย.” สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ
- รังสิต สุวรรณเขตนิคม. 2547. “สารป้องกันกำจัดวัชพืช : พื้นฐานและวิธีการใช้.” สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ
- Anderson, W.P. 1996. Weed science : principles and application. third edition. St. Paul : West
Publishing Company.
- Baker, H.J. 1974. “The Evolution of Weeds.” Ann. Rev. Ecol. Syst. 5:1-24.
- Chon, S.U., Choi, S.K., Jung, S., Jang, H.G., Pyo, B.S. and Kim, S.M. 2002. “Effect of Alfalfa
Leaf Extracts and Phenolic Allelochemicals on Early Seedling Growth and Root
Morphology of Alfalfa and Barnyardgrass.” Crop Protection 21 : 1077-1082.
- Chon, S.U, Jang, H.G., Kim, D.K., Kim, Y.M., Boo, H.O. and Kim, Y.K. 2004. “Allelopathic
Potential in Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Plant.” Scientia Horticulture. 106: 309-317.
- Crafts, A.S. 1975. Modern Weed Control. Berkley : University of California.
- Fitter A.. 2003. “Making allelopathy respectable.” Science. 301: 1337-1338.
- Harlan, J.R. 1975. Crops and Management. Madison : American Society Agronomy.
- Inderjit S. and Duke S.O.. 2003. “Ecophysiological aspects of allelopathy.” Planta. 217: 529-639.
- Inderjit S.. 2005. “Experimental Complexities in Evaluating the Allelopathic Activities in
Laboratory bioassay : A case study.” Soil Biology&Biochemistry. 32 : 256-262.
- Iqbal, Z., H. Nasir, S. Hiradate and Y. Fujii. 2006. “Plant Growth Inhibitory Activity of Lycoris
radiata Herb. and The Possible Involvement of Lycorine as An Allelochemical.” Weed
Biology and Management. 6: 221-227.

- Kaya, C., Ak, B.E., Higgs, D., Murillo-Amador, B. 2002. "Influence of Foliar Applied Calcium Nitrate on Strawberry Plants Grown under Salt Stress Conditions." *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 42 : 631- 636.
- Kato-Noguchi H. and Kanesawa T.. 2003. "Growth Promoting Substance in Rice Root Exudate." *Environment control in biological*. 41(4) : 377-380.
- Kim, S.Y., Madrid, A.V., Park, S.T., Yang, S.J. and Olofsdotter, M. 2004. " Evaluation of Rice Allelopathy in Hydroponics." *Weed Research*. 45: 74-79.
- Klingman, G.C., F.M. Ashton and L.J. Nordhoff. 1975. *Weed Science: Principles and Practices*. John Wiley & Sons. New York
- Kobayashi, K., D. Itaya, P. Mahatamnuchoke and T. Pornprom, 2008. "Allelopathic Potential of Itchgrass (*Rottboellia exaltata* L. f.) Powder Incorporated into Soil." *Weed Biology and Management* 8 : 64–68.
- Lutts, S., Kinet, J.M., Bouharmont, J. 1996. "NaCl-induced Senescence in Leaves of Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars Differing in Salinity Resistance." *Annales Botanici* 78 : 389-398.
- Molisch, H. 1937. *Der Einfluss einer Pflanze auf die andere - Allelopathie*. Fisher, Jena, Germany
- Ngayila, N. Botinean, M., Bandu, M. and Basly, J. 2009. "Myriophyllum alterniflorum DC. Effect of Low Concentrations of Copper and Cadmium on Somatic and Photosynthetic Endpoints : a Chemometric Approach." *Ecological Indicators* 9 : 307-312.
- Putnam A.R.. 1985. "Weed Allelopathy in S.O. Duke (ed.)." *Weed Physiology. Reproduction and Ecophysiology*. 131-155.
- Rice, E.L. 1984. *Allelopathy* 2nd edition. Academic Press, Inc. Orlando.
- Rizvi, S.J.H. and V. Rizvi. 1992. *Allelopathy : Basic and Applied Aspects*. London : Chapman and Hall.
- Tefera, T. 2002. "Allelopathic Effects of *Parthenium hysterophorus* Extracts on Seed Germination and Seedling Growth of *Eragrostis tef*." *J. Agronomy and Crop Science* 188: 306 – 310.
- Thi H.L., Lan P. T.H., Chin D. V. and Kato-Noguchi H. 2008. "Allelopathic Potential of Cucumber (*cucumis sativas*) on Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Weed Biology and Management*. 8 :129-132.