

การควบคุมหญ้าข้าวแ้วนได้ด้วยสารกำจัดวัชพืช glyphosate

**BARNYARDGRASS (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.)
CONTROL WITH GLYPHOSATE**



วิทยานิพนธ์ชั้นบัณฑิตยสถานหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพืชไร่

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2543

ISBN 974-622-956-7

การควบคุมหญ้าข้าวนกด้วยสารกำจัดวัชพืช glyphosate

BARNYARDGRASS (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.)

CONTROL WITH GLYPHOSATE



เจษฎา ทองธวัช

JEDSADA THONGTAWAT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพืชไร่

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2543

ISBN 974-622-956-7

เลขหมู่...
เลขทะเบียน... 38973
วัน, เดือน, ปี 20 ก.พ. 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่หอสมุดกลางได้รับบริจาคใช้รวมเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าในรูปแบบใดทั้งสิ้น ลักขโมยทำซ้ำ, ผลิต, แลกเปลี่ยน, และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BARNYARDGRASS (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.)

CONTROL WITH GLYPHOSATE



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIERMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN AGRONOMY

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2000

ISBN 974-622-956-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2000

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การควบคุมหญ้าข้าวเนก ด้วยสารกำจัดวัชพืช glyphosate
BARNYARDGRASS (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.)
CONTROL WITH GLYPHOSATE

ชื่อนักศึกษา นายเจษฎา ทองธวัช

รหัสประจำตัว 41066100

ปริญญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชา พืชไร่

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ทรงยศ ตันพิพัฒน์

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.ดร.ปัญญา โพธิ์รัฐรัตน์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ทรงยศ ตันพิพัฒน์	
รศ.ดร.ปัญญา โพธิ์รัฐรัตน์	
ผศ.ดร.สมยศ เดชภีรัตนมงคล	
ผศ.ดร.อารมย์ ศรีพิจิตร	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 10 ตุลาคม 2543 เวลา 10.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้องประชุม คณะเทคโนโลยีการเกษตร ห้อง 2

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัทธู)

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่... 2A...เดือน... ตุลาคม... พ.ศ. 2543...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การควบคุมหญ้าข้าวนกด้วยสารกำจัดวัชพืช glyphosate
นักศึกษา	นายเจษฎา ทองธวัช
รหัสประจำตัว	41066100
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	พืชไร่
พ.ศ.	2543
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. ทรงยศ ต้นพิพัฒน์

บทคัดย่อ

ศึกษาประสิทธิภาพของสาร glyphosate ในการควบคุมหญ้าข้าวนก โดยศึกษาภายใต้สภาพเรือนทดลอง ถึงผลของอัตราสาร glyphosate ระยะการเจริญเติบโตหญ้าข้าวนก ความชื้นดิน และความเข้มแสง ที่มีต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate ในการควบคุมหญ้าข้าวนก รวมทั้งศึกษาเฉพาะผลของอัตราสาร glyphosate ภายใต้สภาพไร่ การทดลองดำเนินการระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2543 ที่ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทำการวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block design (RCB) และ Split Plot in RCB มี 4 ซ้ำ

ผลการทดลอง พบว่า สาร glyphosate อัตรา 240, 480 และ 720 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อไร่ สามารถควบคุมหญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโต 5-6 ใบ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งภายใต้สภาพเรือนทดลอง และสภาพไร่ นอกจากนี้ภายใต้สภาพเรือนทดลอง สาร glyphosate ทั้ง 3 อัตรา สามารถควบคุมหญ้าข้าวนก ที่ระยะการเจริญเติบโต 3-4, 5-6 และ 7-8 ใบ อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าที่ระยะเริ่มแตกหน่อ สำหรับภายใต้สภาพความชื้นดินต่ำ (16.7% w/w) สาร glyphosate มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าข้าวนกน้อยกว่าภายใต้สภาพความชื้นดินสูง (33.3% w/w) อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มอัตราการใช้สาร glyphosate มีแนวโน้มทำให้ประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่ำเพิ่มขึ้น ในขณะที่ภายใต้สภาพความเข้มแสงต่ำ (3.39 MJm⁻²d⁻¹) สาร glyphosate มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าข้าวนกได้น้อยกว่าภายใต้สภาพความเข้มแสงสูง (16.93 MJm⁻²d⁻¹) และสาร glyphosate ในอัตรา 240, 480 และ 720 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อไร่ ทำความเสียหายแก่หญ้าข้าวนกไม่แตกต่างกันภายใต้สภาพความเข้มแสงแต่ละระดับ

Thesis Title	Barnyardgrass (<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.) control with glyphosate
Student	Mr. Jedsada Thongtawat
Student ID	41066100
Degree	Master of Science
Programme	Agronomy
Year	2000
Thesis Advisor	Assist. Prof. Dr. Songyod Tanpipat

ABSTRACT

Study on the glyphosate efficacy for barnyardgrass control was conducted at the Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, during February to August 2000. The effect of glyphosate rate, growth stage of barnyardgrass, soil moisture content and light intensity was investigated firstly under glasshouse condition and then only glyphosate rate was under field condition. The experimental designs were Randomized complete block design (RCB) and Split plot in RCB with 4 replications.

The results indicated that all rates of glyphosate (240, 480 and 720 g (a.i.) rai^{-1}) effectively controlled barnyardgrass at 5-6 leaf stages under both glasshouse and field conditions. In addition, under glasshouse condition, at any rates of glyphosate showed a better control on barnyardgrass at 3-4, 5-6 and 7-8 leaf stages when compared with early tillering stage. With respect to soil moisture treatment, low soil moisture content (16.7% w/w) gave less control on barnyardgrass as compared to that obtained for glyphosate under the high soil moisture content (33.3% w/w). However, increasing glyphosate rate tended to increase the glyphosate efficacy under low soil moisture content. In term of light intensity, low light intensity ($3.39 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$) resulted in lower barnyardgrass control than those of high light intensity ($16.93 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$). In addition, there was no significant effect of glyphosate rate on the injury score developed under any levels of light intensity.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอกราบขอพระคุณท่าน ผศ.ดร. ทรงยศ ดันพิพัฒน์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร. ปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนจัดหาอุปกรณ์ที่จำเป็นบางอย่าง จนทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง ที่ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ในด้านต่าง ๆ และกรุณาให้แนวความคิดให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณสนั่น ชากะจะ คุณอดิศักดิ์ ทัพพะเสรมี คุณเฉลิม อยู่่นาค และคุณโสภ ชากะจะ ที่ช่วยประกอบเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ตลอดจนงานทดลองในแปลง

ขอบคุณเพื่อน ๆ พี่น้องทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจโดยตลอด

สุดท้ายขอกราบขอพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้ทุก ๆ อย่างอันเป็นที่มาแห่งความสำเร็จของข้าพเจ้าในวันนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	XI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร.....	4
2.1 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของวัชพืช.....	4
2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของหญ้าข้าวนก.....	5
2.3 การควบคุมวัชพืชด้วยสารเคมี.....	7
2.3.1 การดูดซึมสารกำจัดวัชพืชทางใบ.....	7
2.3.2 การเคลื่อนย้ายของสารกำจัดวัชพืชในพืช.....	10
2.4 ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นของสารกำจัดวัชพืชในพืช.....	11
2.4.1 ความชื้นดิน.....	11
2.4.2 แสง.....	13
2.4.3 อุณหภูมิ.....	15
2.4.4 ความชื้นสัมพัทธ์.....	17
2.4.5 ฝนและน้ำค้าง.....	18
2.4.6 ลม.....	19
2.5 ระยะเวลาเจริญเติบโตของพืชและความอ่อนแอต่อการถูกทำลายด้วยสารกำจัดวัชพืช.....	20
2.6 ลักษณะทั่วไปของสาร glyphosate.....	21
2.6.1 อิทธิพลของสาร glyphosate ต่อการเจริญเติบโตของพืช.....	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6.2 อิทธิพลของสาร glyphosate ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืช.....	23
2.6.3 การดูดซึมและการเคลื่อนย้ายสาร glyphosate.....	23
2.6.4 กระบวนการเกิดปฏิกิริยาของสาร glyphosate.....	24
2.7 ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate.....	26
2.7.1 อิทธิพลของความชื้นดิน.....	26
2.7.2 อิทธิพลของความเข้มแสง.....	27
2.7.3 อิทธิพลของอุณหภูมิ.....	29
2.7.4 อิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์.....	29
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....	31
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	31
3.2 การเตรียมวัสดุทดลอง.....	32
3.3 วิธีการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช.....	32
3.4 สถานที่และแผนการดำเนินงาน.....	33
3.5 วิธีการทดลอง.....	33
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	38
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	39
บทที่ 5 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	58
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	63
บรรณานุกรม.....	64
ภาคผนวก ก.....	83
ภาคผนวก ข.....	85

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	อิทธิพลของความชื้นดินต่อประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางใบ (ใน ทุกกรณีประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชลดลงเมื่อความชื้นดินลดลง).....	12
2.2	อิทธิพลของความเข้มแสงต่อประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางใบ.....	14
2.3	อิทธิพลของช่วงระยะเวลาของวันต่อประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทาง ใบ.....	14
2.4	อิทธิพลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางใบ (ในทุก กรณีการดูดซึมและการเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชลดลงเมื่ออุณหภูมิลดลง).....	16
2.5	อิทธิพลของความชื้นดินต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate.....	27
3.1	ระดับคะแนนและลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่เกิดขึ้นกับวัชพืช อันเนื่องมาจาก การได้รับสารกำจัดวัชพืช.....	35
4.1	ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบ (ซม. ² ต่อต้น) และน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กรัมต่อต้น) ของ หญ้าข้าวนกก่อนฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช.....	39
4.2	ค่าเฉลี่ยของ leaf water potential, stomatal conductance น้ำหนักแห้งส่วนเหนือ ดินและพื้นที่ใบของหญ้าข้าวนกก่อนฉีดพ่นสาร glyphosate เมื่ออายุ 28-29 วัน ภายใต้สภาพความชื้นดิน 2 ระดับ คือ field capacity และ water stress.....	43
4.3	ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบ (ซม. ² ต่อต้น) และน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กรัมต่อต้น) ของ หญ้าข้าวนกก่อนฉีดพ่นสาร glyphosate.....	47
4.4	ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบ (ซม. ² ต่อต้น) และน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กรัมต่อต้น) ของ หญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ก่อนฉีดพ่นสาร glyphosate.....	52
4.5	ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบ (ซม. ² ต่อแปลง) และน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กรัมต่อแปลง) ของหญ้าข้าวนกก่อนฉีดพ่นสาร glyphosate.....	56
1	ความเสียหาย (%) ของหญ้าข้าวนกภายหลังฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชชนิดต่าง ๆ...	87
2	ความเสียหาย (%) ของหญ้าข้าวนกภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate ที่เจริญเติบโต ภายใต้ความชื้นดินต่างกัน.....	88
3	ความเสียหาย (%) ของหญ้าข้าวนกภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate ที่เจริญเติบโต ภายใต้สภาพความเข้มแสงต่างกัน.....	89
4	ความเสียหาย (%) ของหญ้าข้าวนกภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate ที่ระยะการ เจริญเติบโตต่างกัน.....	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
5	ความเสียหาย (%) ของหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตในสภาพไร่ ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate.....	91
6	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (% เปรียบเทียบกับ control) ของหญ้าข้าวนกภายหลังจากฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชชนิดต่าง ๆ เป็นเวลา 15 วัน.....	91
7	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (% เปรียบเทียบกับ control) ของหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 25 วัน.....	91
8	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (% เปรียบเทียบกับ control) ของหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสงต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 15 วัน.....	92
9	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (% เปรียบเทียบกับ control) ของหญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 17 วัน.....	92
10	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (% เปรียบเทียบกับ control) ของหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตในสภาพไร่ ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 9 วัน.....	92
11	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate, MSMA, quizalofop-p-tefuryl และ atrazine เป็นเวลา 1 วัน.....	93
12	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate, MSMA, quizalofop-p-tefuryl และ atrazine เป็นเวลา 3 วัน.....	93
13	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate, MSMA, quizalofop-p-tefuryl และ atrazine เป็นเวลา 5 วัน.....	93
14	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate, MSMA, quizalofop-p-tefuryl และ atrazine เป็นเวลา 7 วัน.....	94
15	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate, MSMA, quizalofop-p-tefuryl และ atrazine เป็นเวลา 9 วัน.....	94
16	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate, MSMA, quizalofop-p-tefuryl และ atrazine เป็นเวลา 11 วัน.....	94
17	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate, MSMA, quizalofop-p-tefuryl และ atrazine เป็นเวลา 13 วัน.....	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate, MSMA, quizalofop-p-tefuryl และ atrazine เป็นเวลา 15 วัน.....	95
19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินหญ้าข้าวนก ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate, MSMA, quizalofop-p-tefuryl และ atrazine เป็นเวลา 15 วัน.....	95
20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 3 วัน.....	96
21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 5 วัน.....	96
22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 7 วัน.....	97
23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 9 วัน.....	97
24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 11 วัน.....	98
25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 13 วัน.....	98
26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 15 วัน.....	99
27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 17 วัน.....	99
28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 19 วัน.....	100
29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 21 วัน.....	100
30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 23 วัน.....	101
31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 25 วัน.....	101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
32	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสงต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 3 วัน.....	102
33	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสงต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 5 วัน.....	102
34	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสงต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 7 วัน.....	103
35	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสงต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 9 วัน.....	103
36	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสงต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 11 วัน.....	104
37	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสงต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 13 วัน.....	104
38	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสงต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 15 วัน.....	105
39	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 3 วัน.....	105
40	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 5 วัน.....	106
41	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 7 วัน.....	106
42	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 9 วัน.....	106
43	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 11 วัน.....	107
44	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 13 วัน.....	107
45	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 15 วัน.....	107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
46	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินหญ้าข้าววนกที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 17 วัน.....	108
47	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าววนกที่เจริญเติบโตในสภาพไร่ ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 3 วัน.....	108
48	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าววนกที่เจริญเติบโตในสภาพไร่ ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 5 วัน.....	108
49	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าววนกที่เจริญเติบโตในสภาพไร่ ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 7 วัน.....	109
50	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินหญ้าข้าววนกที่เจริญเติบโตในสภาพไร่ ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 9 วัน.....	109



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของหญ้าข้าวนก (1) habit ; (2) ligule ; (3) splikelet, back view ; (4) splikelet, side view ; (5) splikelet, back view ; (6) flower, glumes excised ; (7) flower ; (8) grain ; (9) grain , cross section ; (10) seedling.....	6
2.2 สาร glyphosate ขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ EPSPS ในกระบวนการ Shikimic acid pathway ทำให้การสังเคราะห์กรดอะมิโนลดลง	25
4.1 ความเสียหายของหญ้าข้าวนกที่ประเมินด้วยสายตาภายหลังฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช glyphosate (+), MSMA (○), quizalofop-p-tefuryl (□) และ atrazine (△) อัตรา 0.5 (A), 1.0 (B) และ 1.5 (C) เท่าของอัตราแนะนำ ซึ่งแต่ละตำแหน่งที่มีตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.....	40
4.2 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนกเก็บเกี่ยวเมื่อ 15 วัน ภายหลังฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช glyphosate (■), MSMA (▨), quizalofop-p-tefuryl (▩) และ atrazine (▧) อัตรา 0.5 (A), 1.0 (B) และ 1.5 (C) เท่าของอัตราแนะนำ ซึ่งกราฟแต่ละแห่งที่มีตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.....	42
4.3 ความเสียหายของหญ้าข้าวนกที่ประเมินด้วยสายตาภายหลังฉีดพ่นด้วยสาร glyphosate ภายใต้สภาพ FC (○) และ WS (△) ซึ่งแต่ละตำแหน่งที่มีตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.....	44
4.4 ความเสียหายของหญ้าข้าวนกที่ประเมินด้วยสายตาภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate อัตรา 0.5 (○), 1.0 (□) และ 1.5 (△) เท่าของอัตราแนะนำ ภายใต้สภาพ FC และ WS (B) ซึ่งแต่ละตำแหน่งที่มีตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	45
4.5 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนกเก็บเกี่ยวเมื่อ 25 วัน ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate ภายใต้สภาพ FC และ WS ซึ่งกราฟแต่ละแห่งที่มีตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.....	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.6	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนกเก็บเกี่ยวเมื่อ 25 วัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate อัตรา 0.5 (☒), 1.0 (☑) และ 1.5 (■) เท่าของอัตราแนะนำ ภายใต้อุณหภูมิ FC และ WS ซึ่งกราฟแต่ละแห่งที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.....	47
4.7	ความเสียหายของหญ้าข้าวนกที่ประเมินด้วยสายตาภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate ภายใต้อุณหภูมิความเข้มแสง 100% (Δ), 42% (○) และ 20% (□) ของความเข้มแสงทั้งหมด ซึ่งแต่ละตำแหน่งที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.....	48
4.8	ความเสียหายของหญ้าข้าวนกที่ประเมินด้วยสายตาภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate อัตรา 0.5 (○), 1.0 (□) และ 1.5 (Δ) เท่าของอัตราแนะนำ ภายใต้อุณหภูมิความเข้มแสง 100% (A), 42% (B) และ 20% (C) ของความเข้มแสงทั้งหมด ซึ่งแต่ละตำแหน่งที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.....	50
4.9	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนกเก็บเกี่ยวเมื่อ 15 วัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate ภายใต้อุณหภูมิความเข้มแสง 100% (■), 42% (☑) และ 20% (☒) ของความเข้มแสงทั้งหมด ซึ่งกราฟแต่ละแห่งที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.....	51
4.10	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนกเก็บเกี่ยวเมื่อ 15 วัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate อัตรา 0.5 (☒), 1.0 (☑) และ 1.5 (■) เท่าของอัตราแนะนำ ภายใต้อุณหภูมิความเข้มแสง 100, 42 และ 20% ของความเข้มแสงทั้งหมด ซึ่งกราฟแต่ละแห่งที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.....	51
4.11	ความเสียหายของหญ้าข้าวนกที่ประเมินด้วยสายตาภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate อัตรา 0.5 (A), 1.0 (B) และ 1.5 (C) เท่าของอัตราแนะนำ เมื่อหญ้าข้าวนกเจริญเติบโตระยะ 3-4 ใบ (+), 5-6 ใบ (○), 7-8 ใบ (□) และ ระยะเริ่มแตกหน่อ (Δ) ซึ่งแต่ละตำแหน่งที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.....	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.12 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนกเก็บเกี่ยวเมื่อ 17 วัน ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate อัตรา 0.5 (A), 1.0 (B) และ 1.5 (C) เท่าของอัตราแนะนำ เมื่อหญ้าข้าวนกเจริญเติบโตระยะ 3-4 ใบ (■), 5-6 ใบ (▨), 7-8 ใบ (▩) และระยะเริ่มแตกหน่อ (▪) ซึ่งกราฟแต่ละแท่งที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.....	55
4.13 ความเสียหายของหญ้าข้าวนกที่ประเมินด้วยสายตาภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate อัตรา 0.5 (O), 1.0 (□) และ 1.5 (Δ) เท่าของอัตราแนะนำ ซึ่งแต่ละตำแหน่งที่มีตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.....	57
4.14 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวเก็บเกี่ยวเมื่อ 9 วัน นภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate อัตรา 0.5 (▩), 1.0 (▨) และ 1.5 (■) เท่าของอัตราแนะนำ ซึ่งกราฟแต่ละแท่งที่มีตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.....	57
1 แสดงอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด (°ซ ; A) ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (% ; B) และความเข้มแสง (MJm ⁻¹ ; C) ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนสิงหาคม 2540 ที่กรมอุตุนิยมวิทยา เขตบางนา กรุงเทพฯ.....	86

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

หญ้าข้าวนก (barnyardgrass: *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.) เป็นวัชพืชฤดูเดียว (annual weed) ที่ร้ายแรงชนิดหนึ่งของโลก เป็นพืชพื้นเมืองของทวีปยุโรปและประเทศอินเดีย แพร่กระจายอยู่ทั่วไปตั้งแต่เส้นรุ้ง (latitude) 50 องศาเหนือ ถึง 40 องศาใต้ พบว่า ขึ้นแข่งขันกับพืชปลูก 36 ชนิด ใน 61 ประเทศของโลกทั้งในเขตอบอุ่นและเขตร้อน เป็นวัชพืชที่สำคัญขึ้นแข่งขันในการปลูกข้าว (rice: *Oryza sativa*) ในประเทศต่าง ๆ เช่น ออสเตรเลีย บราซิล ชิลี กรีซ อินโดนีเซีย อิหร่าน อิตาลี ญี่ปุ่น เกาหลี ฟิลิปปินส์ โปรตุเกส สเปน ใต้หวัน อาร์เจนตินา โคลัมเบีย อียิปต์ ฟิจิ ฮังการี อินเดีย เนปาล โรมานีเย โซเวียต และสหรัฐอเมริกา เป็นต้น นอกจากนี้หญ้าข้าวนกยังเป็นวัชพืชในแปลงปลูกพืชไร่อื่น ๆ เช่น ฝ้าย (cotton: *Gossypium hirsutum* L.) ข้าวโพด (corn หรือ maize: *Zea mays*) sugarbeet (*Beta vulgaris* L.) มันฝรั่ง (potato: *Solanum tuberosum*) ข้าวฟ่าง (sorghum: *Sorghum bicolor* L.) ฝ้าย (jute: *Corchorus* spp.) ถั่วลิสง (groundnut: *Arachis hypogaea* L.) อ้อย (sugarcane: *Saccharum officinarum* L.) ถั่วเหลือง (soybean: *Glycine max* L.) ทานตะวัน (sunflower: *Helianthus annuus* L.) ยาสูบ (tobacco: *Nicotiana tabacum*) มันสำปะหลัง (cassava: *Manihot esculenta* Crantz.) และพืชอาหารสัตว์ (pasture) (Holm *et al.* 1988) เนื่องจากหญ้าข้าวนกสามารถเจริญเติบโตได้ตลอดปี (Radanachalee and Maxwell. 1994) และสามารถผลิตเมล็ดต่อต้นได้ในปริมาณมาก Ross and Lembi (1985) รายงานว่า หญ้าข้าวนกหนึ่งต้นเจริญเติบโตจนครบชีพจักรสามารถผลิตเมล็ดได้ถึง 7,000 เมล็ดต่อต้น ยุคิ ยิ่งวิวัฒนพงษ์ และ เบญจพล สุวรรณสิงห์ (2533) รายงานเพิ่มเติมว่า ในประเทศไทยหญ้าข้าวนกมีการผลิตเมล็ดมากกว่า 2,000 เมล็ดต่อต้น

ในประเทศไทยพบหญ้าข้าวนกขึ้นเจริญเติบโตแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในพื้นที่ว่างเปล่า และพื้นที่เพาะปลูกพืช ทั้งในพื้นที่ดอนซึ่งมีการปลูกพืชไร่ จังหวัดลพบุรี สระบุรี นครราชสีมาหรือพื้นที่ลุ่มน้ำขังในเขตทำนาภาคกลาง จังหวัดปทุมธานี สุพรรณบุรี อัญญา อ่างทอง ชัยนาท ฉะเชิงเทรา และสมุทรสาคร เป็นต้น (กรมวิชาการเกษตร. 2522 ; ประสาน วงศาโรจน์. 2525 ; ยุคิ ยิ่งวิวัฒนพงษ์ และ เบญจพล สุวรรณสิงห์. 2533) เกลียวพันธ์ สุวรรณรักษ์ และ เสรี ทรงศักดิ์ (2525) และ กรมวิชาการเกษตร (2531) รายงานว่า มีหญ้าข้าวนกเจริญเติบโตแข่งขันกับพืชปลูกในสวนไม้ผล และพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่หลายชนิด เช่น ข้าว ข้าวโพด ถั่วเหลือง อ้อย สับปะรด (pineapple: *Ananus comosus* Merr.) เนื่องจากหญ้าข้าวนกมีการปรับตัวได้ดี (Simon *et al.* 1984) สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ กัน ยุคิ ยิ่งวิวัฒนพงษ์ และ เบญจพล สุวรรณสิงห์ (2533) รายงานว่า

งานว่าพบหญ้าข้าวนก 2 ชนิด คือ ชนิดเมล็ดเล็ก สีน้ำตาลอ่อนมีหาง (awn) หรือไม่มีหาง (awnless) ในเขตนาหว่านน้ำตม จังหวัดปทุมธานี และชนิดเมล็ดใหญ่สีน้ำตาลมีหางยาว ในเขตจังหวัด สุพรรณบุรี Siriwardana and Zimdahl (1984) กล่าวว่า หญ้าข้าวนกสามารถออกจากระดับความลึกของดิน 8 ซม. ในขณะที่ Dawson and Burns (1975) พบว่า เมล็ดหญ้าข้าวนกซึ่งถูกฝังไว้ที่ระดับความลึก 20 ซม. เป็นเวลานาน 13 ปี ปรากฏว่า 3% ของเมล็ดที่ถูกฝังยังคงมีชีวิตอยู่

ในการปลูกพืชสำคัญทางเศรษฐกิจหลายชนิด จะพบเห็นหญ้าข้าวนกเจริญเติบโตแข่งขันกับพืชปลูกเหล่านั้น โดยแย่งใช้ปัจจัยการเจริญเติบโต ทำให้ผลผลิตพืชปลูกลดลง Smith (1968) พบว่า ข้าวให้ผลผลิตลดลง 79% เมื่อมีหญ้าข้าวนกขึ้นแข่งขันตลอดฤดูปลูก และความหนาแน่นของหญ้าข้าวนกหนึ่งต้นบนพื้นที่ 930 ซม.² ทำให้ผลผลิตข้าวลดลง 25% พรชัย เหลืองอากาศพงศ์ (2538) และ พรชัย เหลืองอากาศพงศ์ (2539) พบว่า ถั่วเหลืองซึ่งปลูกหลังนาในแปลงที่ไม่มีการกำจัดวัชพืช [หญ้าตีนกา (goosegrass: *Eleusine indica* L. Gaerth.) หญ้าปล้องข้าว (tropical crabgrass: *Digitaria adscendens* Henr.) และหญ้าข้าวนก] ผลผลิตลดลง 14% เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่มีการกำจัดวัชพืชด้วยจอบ

การควบคุมหญ้าข้าวนกมีหลายวิธีนอกเหนือจากวิธีการเผาและการไถพรวนแล้ว การใช้สารกำจัดวัชพืชเป็นวิธีที่นิยมและใช้กันอย่างแพร่หลาย (พรชัย เหลืองอากาศพงศ์. 2540) เนื่องจากสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ในการกำจัดหญ้าข้าวนกมีทั้งแบบใช้ก่อนวัชพืชงอก (pre-emergence herbicide) และหลังวัชพืชงอก (post-emergence herbicide) ซึ่งการเลือกใช้สารกำจัดวัชพืชแบบใช้หลังวัชพืชงอกหรือทางใบจะเป็นการใช้ในช่วงที่วัชพืชขึ้นแข่งขันกับพืชปลูก ดังนั้นการกำจัดวัชพืชชนิดนี้ออกจากพื้นที่การเกษตรได้รวดเร็ว จะช่วยลดความเสียหายของผลผลิตพืชปลูกได้ ซึ่งการใช้สารกำจัดวัชพืชมีข้อดีหลายประการ พรชัย เหลืองอากาศพงศ์ (2539) กล่าวว่า การใช้สารกำจัดวัชพืชไม่มีข้อจำกัดด้านแรงงาน (ต้นทุน) ระยะเวลาการควบคุม ตลอดจนมีความสะดวกและสามารถกำจัดวัชพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ Sung and Krieg (1979) รายงานว่า การใช้สารกำจัดวัชพืชชนิดดูดซึมเข้าสู่ทางใบและเคลื่อนย้ายไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของพืชทำให้มีประสิทธิภาพสูงในการทำลายวัชพืช

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 ศึกษาเปรียบเทียบสาร glyphosate กับสารกำจัดวัชพืชชนิดดูดซึมที่ใช้ทางใบและมีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดซึ่งใช้ควบคุมหญ้าข้าวนก
- 1.2.2 ศึกษาผลกระทบของความชื้นดินต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate ในการควบคุมหญ้าข้าวนก
- 1.2.3 ศึกษาผลกระทบของแสงต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate ในการควบคุมหญ้าข้าวนก
- 1.2.4 ศึกษาผลกระทบของระยะเวลาเจริญเติบโตหญ้าข้าวนกต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate ในการควบคุมหญ้าข้าวนก
- 1.2.5 ศึกษาประสิทธิภาพของสาร glyphosate ควบคุมหญ้าข้าวนกในสภาพไร่

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืช glyphosate ในการควบคุมหญ้าข้าวนกที่ระยะเวลาเจริญเติบโตต่างกัน และทราบถึงผลของสภาพแวดล้อม ได้แก่ ความชื้นดินและแสงที่มีต่อประสิทธิภาพของ glyphosate ในการควบคุมวัชพืชรากแล้ว นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยสามารถเป็นแนวทางการใช้สารกำจัดวัชพืช เพื่อควบคุมวัชพืชนชนิดอื่น ๆ ที่มีลักษณะการเจริญเติบโตคล้ายกับหญ้าข้าวนก

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของวัชพืช

มีวัชพืชประมาณ 300 ชนิดที่พบอยู่ทั่วโลกซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายทางด้านเศรษฐกิจในระบบการปลูกพืช โดยเฉพาะทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง (Chandler. 1984) วัชพืชทำให้ผลผลิตของพืชในประเทศพัฒนาแล้ว ประเทศกำลังพัฒนาและประเทศด้อยพัฒนาลดลง 5, 10 และ 15% ตามลำดับ โดยเฉลี่ยแล้วพืชปลูกทั่วโลก ผลผลิตได้รับความเสียหายจากวัชพืชประมาณ 11.5% (Parker and Fryer. 1975) วัชพืชทำความเสียหายแก่พืชปลูกและพืชอาหารสัตว์ในประเทศสหรัฐอเมริกา (ปี1975-1979) มูลค่าประมาณ 9,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐ และเสียค่าใช้จ่ายในการควบคุมวัชพืชประมาณ 21,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (Chandler. 1991) สำหรับประเทศออสเตรเลีย เสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัชพืชเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร (ปี1980) ประมาณ 900 ล้านดอลลาร์ออสเตรเลีย (Pearce. 1981) Medd and Pandey (1990) รายงานว่า ข้าว ไร้ดป่า (wild oat: *Avena fatua* L.) สามารถทำความเสียหายต่ออุตสาหกรรมข้าวสาลี (wheat: *Triticum aestivum* L.) ประมาณปีละ 400 ล้านดอลลาร์ออสเตรเลีย

วัชพืชกับพืชปลูกมีการแข่งขันกันใช้ปัจจัยในการดำรงชีพ เช่น น้ำ ธาตุอาหาร แสง และอื่น ๆ จึงทำให้ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตพืชปลูกภายหลังเก็บเกี่ยวลดลง โดยวัชพืชที่เจริญเติบโตอยู่ในช่วงระหว่างการเก็บเกี่ยวมีส่วนทำให้เพิ่มต้นทุนการผลิต เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน เครื่องจักรกล และค่าเชื้อเพลิงในการกำจัดวัชพืชออกจากผลผลิต รวมทั้งเพื่อควบคุมวัชพืชในแปลงปลูก นอกจากนี้วัชพืชยังเป็นที่พักอาศัยของโรคและแมลงศัตรูพืช (Akobundu. 1987) โดยเฉพาะหญ้าข้าวนกเป็นพืชอาศัยของเชื้อรา *Piricularia oryzae* ทำให้เกิดโรคไหม้ (blast) ในข้าวหรือเชื้อไวรัสทำให้เกิดโรคแคระแกรนในข้าวและข้าวโพด (Holm *et al.* 1991) การควบคุมวัชพืชด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น การใช้สารเคมี วิธีทางกายภาพ และการจัดระบบนิเวศน์ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ทั้งในพื้นที่ทำการเกษตรและเขตพื้นที่ว่างเปล่า จากวิธีการต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วพบว่าการควบคุมวัชพืชด้วยสารเคมีเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด (Kasasian. 1971 ; Roberts. 1982)

ชนิดของวัชพืชนั้นมีความแตกต่างกันไปตามสถานที่และฤดูปลูกพืช ซึ่งอยู่ภายใต้อิทธิพลของสภาพภูมิอากาศที่พืชเหล่านั้นเจริญเติบโต เช่น ข้าว ไร้ดป่าเป็นวัชพืชในเขตอบอุ่น (Combellack. 1992) หญ้านกสีชมพู (awnless barnyardgrass: *Echinochloa colonum* L. Link.) และ liverseedgrass (*Urochloa panicoides* Beauv.) เป็นวัชพืชในเขตร้อน แต่ yellow nutsedge (*Cyperus*

esculenta L.) และหญ้าแห้วหมู (purple nutsedge: *Cyperus rotundus* L.) สามารถเจริญเติบโตได้ทั้งเขตร้อนและ เขตอบอุ่น (Akobundu, 1987)

2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของหญ้าข้าวนก

หญ้าข้าวนก (รูปที่ 2.1) มีลักษณะลำต้นตั้งตรงอาจสูงถึง 1.5 ม.แตกรากและแขนงบริเวณโคนต้น ลำต้นกลมและเรียบอาจพบขนบ้างเล็กน้อย บริเวณรอยต่อระหว่างกาบใบและแผ่นใบไม่มีขน ใบเป็นใบเดี่ยวออกสลับข้างกัน โดยใบออกเป็นกาบหุ้มลำต้นไว้ แผ่นใบเรียวยาวฐานกว้างปลายแหลม แผ่นใบและท้องใบหยาบ หลังใบเรียบมีสีเขียวยาวประมาณ 5-50 ซม. กว้างประมาณ 5-20 มม. ขอบใบเป็นหนามเล็ก ๆ ออกดอกเป็นช่อ (panicle) ลักษณะตั้งตรงขึ้นไปหรือโน้มยอดลงมาจำนวนช่อดอกต่อต้นประมาณ 12-30 ช่อ แต่ละช่อยาว 2-4 ซม. แกนกลางของช่อดอกเป็นเหลี่ยมที่สันจะมีโคนสั้น ๆ แต่ละช่อประกอบด้วยช่อดอกย่อย (spikelet) ยาว 3-4 มม. จำนวนมากจับกันอยู่ ช่อดอกย่อยมีกลุม (glume) 2 อัน กาบล่างยาวไม่ถึงครึ่งของความยาวช่อดอกย่อย กาบบนยาวกว่า มีขนปกคลุมอยู่ตามขอบและมีลายเส้นบนกาบ ช่อดอกย่อยมีดอกอยู่ 2 ดอก ดอกแรกเป็นหมัน มีเลมมา (lemma) ยาว 3.0-3.5 มม. ที่ปกคลุมด้วยขน มีปลายยื่นยาวออกไปเป็นหนวดยาว 5-10 มม. พาลี (palea) ยาว 2.5-3.0 มม. บางใบไม่มีขน ดอกที่สองเป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีเลมมายาว 0.3 มม. ค่อนข้างแข็ง ผิวเรียบเป็นมัน พาลียาว 2.5 มม. แต่บางกว่าเลมมา ส่วนของกลีบดอกที่ลดรูปลงไป (lodicule) มีสองอัน เกสรตัวผู้สามอัน อับละอองเรณูสี่อัน เกสรตัวเมียมีรังไข่ขนาดเล็ก ท่อรังไข่สองอันมีสีม่วงที่ปลายมีขนปกคลุม ผล (caryopsis) รูปไข่สีน้ำตาลยาว 2.5-3.0 มม. ค้านหลังเรียบ ด้านหน้ามีรอยเว้าเข้าไป ขอบของรอยเว้าขนเป็นสันขึ้นมาลักษณะของเมล็ดนี้แตกต่างกันไม่มาก ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด เมล็ดหญ้าข้าวนกมีระยะเวลาพักตัวเล็กน้อยประมาณหนึ่งเดือน เดือนแรกมีความงอกประมาณ 13% เมื่อการพักตัวผ่านไปจะมีความงอกสูงขึ้นและพบว่าเดือนที่ห้ามีความงอกประมาณ 80% และเมล็ดสามารถอยู่ในดิน ได้นาน 2-5 ปี เมล็ดอาจแพร่กระจายโดยลม น้ำ เครื่องมือการเกษตรและอาจปะปนกับเมล็ดข้าวที่ใช้ปลูก (อำไพ ยังบุญเกิด, 2518 ; กรมวิชาการเกษตร, 2522 ; ประสาน วงศาโรจน์, 2525 ; และรัชชัช วัฒนาเลิศและศักดิ์ดา วงแก้ววัฒนา, 2525)



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของหญ้าข้าว (1) habit ; (2) ligule ; (3) spikelet, back view ; (4) spikelet, side view ; (5) spikelet, back view ; (6) flower, glumes excised ; (7) flower ; (8) grain ; (9) grain , cross section ; (10) seedling (Holm *et al.* 1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การควบคุมวัชพืชด้วยสารเคมี

โดยทั่วไปยอมรับกันว่าเมื่อฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชลงบนวัชพืช ไม่เพียงแต่ลักษณะทางสัณฐานวิทยา (ความหนาของคิวทิเคิลและความหนาแน่นของขนบนใบ) เท่านั้น แต่ลักษณะทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของพืช (อัตราการคายน้ำและการสังเคราะห์แสง) จะมีผลกระทบต่อปฏิกิริยาของสารกำจัดวัชพืช โดยที่กระบวนการทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของพืชที่เกิดขึ้นภายในต้นพืช มีผลกระทบโดยตรงต่อการดูดซึมและการเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืช ดังนั้นกระบวนการเหล่านี้จึงมีผลกระทบต่อระดับการควบคุมวัชพืชด้วยสารกำจัดวัชพืช เนื่องจากกระบวนการต่าง ๆ ทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของพืชอยู่ภายใต้อิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่พืชต้นนั้นเจริญเติบโตอยู่ ดังนั้นสภาพแวดล้อมจึงมีอิทธิพลต่อการใช้สารกำจัดวัชพืช (Muzik. 1976 ; Klingman and Ashton. 1982 ; Roberts. 1982) การใช้สารกำจัดวัชพืชแบบหลังออก สารกำจัดวัชพืชนั้นต้องสัมผัสกับเนื้อเยื่อพืชแล้วจึงทำลายเนื้อเยื่อนั้นในกรณีของสารกำจัดวัชพืชชนิดสัมผัสตาย หรือเคลื่อนย้ายไปยังส่วนต่าง ๆ ในกรณีของสารกำจัดวัชพืชชนิดเคลื่อนย้าย ซึ่งทำให้เกิดความเป็นพิษกับพืชได้ (Muzik. 1976 ; Akobundu. 1987) ระหว่างสารกำจัดวัชพืชทั้งสองชนิดนี้สารกำจัดวัชพืชชนิดที่มีการเคลื่อนย้ายจะได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมที่พืชต้นเจริญเติบโตอยู่รุนแรงมากกว่าสารกำจัดวัชพืชชนิดสัมผัสตาย

2.3.1 การดูดซึมสารกำจัดวัชพืชทางใบ

การดูดซึมสารกำจัดวัชพืชเข้าสู่ใบจะผ่านทางคิวทิเคิล (cuticle) ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นบาง มีสมบัติไม่ละลายน้ำ คิวทิเคิลปกคลุมส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ช่องว่างของปากใบ (stomatal cavity) และเซลล์เอพิเดอร์มิส (epidermis cell) พืชแต่ละชนิดมีโครงสร้างและลักษณะของคิวทิเคิลแตกต่างกัน (Holloway. 1982) โครงสร้างที่สำคัญประกอบด้วยสายใยโพลีเมอร์ (polymers) จำนวนมาก ซึ่งเกิดจากการเชื่อมต่อกันเองของ ไฮดรอกซีเลท แฟตตี แอซิด (hydroxylate fatty acids ; Kolattukudy. 1981) โดยสารกำจัดวัชพืชเมื่อเคลื่อนย้ายผ่านคิวทิเคิลจะเคลื่อนย้ายผ่านชั้นผนังเซลล์ไปสู่ไซโทพลาสซึม (cytoplasm ; Klingman and Ashton. 1982) การดูดซึมสารกำจัดวัชพืชเข้าสู่ใบเกิดขึ้นได้ 2 ทาง คือ ทางที่เป็นไขมัน (lipoidal route) สารที่ผ่านทางนี้ต้องเป็นสารที่ไม่มีขั้ว (nonpolar) หรือละลายในไขมัน ส่วนสารที่ผ่านทางที่เป็นน้ำ (aqueous route) จะผ่านช่องว่างในคิวทิเคิลซึ่งมีน้ำอยู่ภายใน ช่องว่างนี้เกิดจากรอยแยกของคิวทิเคิล เพราะคิวทิเคิลเมื่อได้รับน้ำจะพองตัวและเกิดรอยแยก ดังนั้นสารที่ผ่านทางนี้ต้องเป็นสารจำพวกที่มีขั้ว (polar ; Craft. 1961) สารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางใบต้องเคลื่อนย้ายผ่านสิ่งกีดขวางเพื่อผ่านไปยังไซโทพลาสซึมของเซลล์ที่อยู่บนผิวนอกสุด สิ่งกีดขวางเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล่านี้ประกอบด้วยชั้น ไชคิวทิกิวลาร์ (cuticular wax) ซึ่งมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน รวมทั้งผนังเซลล์ของเซลล์เอพิเดอร์มิส (epidermis cell wall) ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้ คิวทิกิวลาร์เป็นสิ่งกีดขวางที่สำคัญที่สุดในการดูดซึมสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางใบ อย่างไรก็ตาม ผนังเซลล์ (cell wall) และพลาสมาเลมา (plasmalema) ก็อาจเป็นโครงสร้างที่สำคัญที่กีดขวางการดูดซึมสารกำจัดวัชพืชบางชนิดด้วยเช่นกัน (Ashton and Crafts. 1981 ; Kirkwood and Fletcher. 1983)

คิวทิกิวลาร์ของใบถูกปกคลุมด้วยไขชั้นนอกสุด (epicuticular wax) คิวทิน (cutin) และไขชั้นใน (associated cuticular wax) ซึ่งส่วนล่างสุดของชั้นคิวทิกิวลาร์จะอยู่บนชั้นนอกสุดของเซลล์เอพิเดอร์มิส (Kirkwood. 1991) โดยธรรมชาติแล้วคิวทิกิวลาร์มีสารประกอบบางส่วนที่มีขี้ผึ้งและน้ำสามารถผ่านได้บ้าง ดังนั้นสารกำจัดวัชพืชบางชนิดที่สามารถละลายได้ในน้ำ เช่น glyphosate สามารถผ่านเข้าสู่พืชได้ทางส่วนประกอบคิวทิกิวลาร์ที่มีสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic pathway ; Cudney. 1987) สมบัติของคิวทิกิวลาร์นั้นมีอิทธิพลต่อการดูดซึมสารกำจัดวัชพืช Price (1982) และ Kirkwood (1987) รายงานว่า ความสามารถในการซึมผ่านชั้นคิวทิกิวลาร์ถูกกำหนดโดยองค์ประกอบความหนาและความหนืดของไขในชั้นคิวทิกิวลาร์ Scheiferstein and Loomis (1956) รายงานว่า อัตราการดูดซึมสารกำจัดวัชพืชมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับความหนาของชั้นคิวทิกิวลาร์ คิวทิกิวลาร์อาจทำให้สารกำจัดวัชพืชผ่านได้น้อยกว่าคิวทิกิวลาร์บาง Hess and Flak (1990) กล่าวว่า ผิวใบของ sugarbeet ที่มีคิวทิกิวลาร์ปกคลุมอยู่น้อย สารกำจัดวัชพืชสามารถแพร่กระจายบนผิวใบได้มาก ทำให้เปอร์เซ็นต์การดูดซึมเข้าสู่เซลล์ใบเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามปริมาณคิวทิกิวลาร์ไม่มีผลต่อความต้านทานสารกำจัดวัชพืช Ricotta and Masiunas (1992) พบว่า มะเขือเทศ (tomato: *Lycopersicon esculentum*) พันธุ์ต้านทานต่อสาร acifluorfen มีคิวทิกิวลาร์ 390-460 มล.ต่อซม.²แยกเป็นส่วนของใบ 20-35 มล.ต่อซม.² ในขณะที่พันธุ์อ่อนแอ มีคิวทิกิวลาร์ 480-720 มล.ต่อซม.²แยกเป็นส่วนของใบ 26-47 มล.ต่อซม.² แต่ Pereira *et al.* (1971) กล่าวว่า กะหล่ำปลี (cabbage: *Brassica oleracea* L.) พันธุ์ที่มีคิวทิกิวลาร์หนาจะต้านทานสารกำจัดวัชพืชได้มากกว่าพันธุ์ที่มีคิวทิกิวลาร์บาง Norris (1974) และ Bukovac *et al.* (1979) แนะนำว่า องค์ประกอบและการเรียงตัวขององค์ประกอบคิวทิกิวลาร์มีความสำคัญมากกว่าความหนาของคิวทิกิวลาร์

ภายใต้ชั้นคิวทิกิวลาร์เป็นชั้นของเพคติน (pectin) ที่ปะปนกับโมเลกุลของเซลลูโลสของผนังเซลล์เอพิเดอร์มิส เพคตินมีอยู่อย่างหนาแน่นบริเวณใกล้กับผิวใบ ส่วนเซลลูโลสมีอยู่อย่างหนาแน่นใต้เพคตินติดกับชั้นพลาสมาเลมาของเซลล์เอพิเดอร์มิส ทั้งเพคตินและเซลลูโลสมีสมบัติเป็นแบบมีขี้ผึ้ง (Ashton and Crafts. 1981) จึงยอมให้สารกำจัดวัชพืชที่สามารถละลายได้ในน้ำผ่าน

สิ่งกีดขวางอันดับสุดท้ายคือพลาสมาเลมา ซึ่งมีส่วนประกอบที่เป็นไขมันและไลโปโปรตีน (lipoprotein) พลาสมาเลมามีหน้าที่ควบคุมปริมาณและองค์ประกอบของสารละลายภายในเซลล์ ซึ่งสารละลายต่าง ๆ จะผ่านเข้าสู่ภายในเซลล์ด้วยกระบวนการที่ไม่ใช้พลังงาน (passive transport) และใช้พลังงาน (active transport) โดยเป็นที่ทราบกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้นถึงกลไกที่เกี่ยวข้อง

ข้องกับการเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชผ่านเยื่อหุ้ม (membrane ; Kirkwood and Fletcher. 1983) แต่อย่างไรก็ตาม พลาสมาเลมมานี้ไม่ใช่สิ่งกีดขวางที่มีความสำคัญต่อการดูดซึมสารกำจัดวัชพืชที่ละลายน้ำได้

นอกจากสิ่งกีดขวางการดูดซึมสารกำจัดวัชพืชทั้งหมดที่กล่าวไว้ข้างต้น บางกรณีสารกำจัดวัชพืชสามารถซึมผ่านบริเวณเซลล์ปากใบ (stomatal guard cell) ขนและชั้นบาง ๆ ของคิวทิลิเคลที่ปกคลุมบริเวณเนื้อเยื่อที่หน้าต่ออาหาร ผิวใบบริเวณที่มีเอกโทเดสมาทา (ectodesmata) อยู่อย่างหนาแน่น นับว่าเป็นอีกช่องทางที่เหมาะสมต่อการผ่านเข้าไปของโมเลกุลสารที่มีขั้ว เช่นสารกำจัดวัชพืชที่ละลายน้ำ (Franke. 1970 ; Schonherr and Bukovac. 1970) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วหน้าที่ของเอกโทเดสมาทายังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด (Akobundu. 1987)

การดูดซึมสารกำจัดวัชพืชผ่านทางปากใบ (stomata) มีความเป็นไปได้ 2 กรณี (Bukovac. 1976 ; Currier *et al.* 1964) กรณีแรก ในสภาพที่ทำการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชที่ละลายในน้ำ สารอาจเคลื่อนย้ายผ่านช่องว่างปากใบและแพร่กระจายไปสู่ช่องว่างระหว่างเซลล์ภายในใบ (air pore) เนื่องจากช่องว่างปากใบมีชั้นคิวทิลิเคลบางและชั้น ทำให้เหมาะสมต่อการดูดซึมสารกำจัดวัชพืช กรณีที่สอง คิวทิลิเคลที่ปกคลุมอยู่บนเซลล์มีลักษณะบาง ดังนั้นน้ำสามารถซึมผ่านได้ง่าย อย่างไรก็ตามการเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชเข้าสู่ใบผ่านทางปากใบนั้นยังเป็นข้อถกเถียงกันอยู่ แม้ว่าช่องว่างปากใบเป็นทางที่มีการดูดซึมสารกำจัดวัชพืชที่ละลายน้ำได้ (Dybing and Currier. 1961 ; Schonherr and Bukovac. 1972 ; Greene and Bukovac. 1974) นอกจากนั้นยังมีผู้รายงานว่า สารกำจัดวัชพืชที่ละลายน้ำสามารถถูกดูดซึมผ่านทางส่วนอื่น ๆ ของผิวใบ (Weaver and DeRose. 1946 ; Sargent and Blackman. 1962) Ricotta and Masiunas (1992) รายงานว่า ความหนาแน่นของปากใบที่อยู่บนผิวใบด้านบน (adaxial stomata) ไม่มีความสัมพันธ์กับความต้านทานต่อสาร acifluorfen จึงดูเหมือนว่าหน้าที่ของปากใบในการดูดซึมสารกำจัดวัชพืชที่ละลายในน้ำมีความสำคัญในลำดับรองลงมา

ขนบนใบ (leaf hair or trichomes) มีส่วนเกี่ยวข้องกับการดูดซึมสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางใบ โดยอาจมีความสัมพันธ์กับสภาพภูมิอากาศรอบบริเวณหยดสารกำจัดวัชพืชที่อยู่บนใบและส่งผลให้ยืกระยะเวลาการแห้งของหยดสารกำจัดวัชพืชและช่วยการดูดซึมสารเคมีได้ดีขึ้น (Bukovac. 1976) Muzik (1976) อธิบายว่า ในสภาพที่ใบมีขนอยู่อย่างหนาแน่นทำให้ผิวใบเปียกยากขึ้น โดยขนบนใบป้องกันไม่ให้หยดสารสัมผัสกับผิวใบ Hess and Falk (1990) รายงานว่า สาร acifluorfen ถูกดูดซึมไว้ด้วยขนบนใบถั่วเหลืองและถ้าผิวใบถั่วเหลืองมีขนบนใบหนาแน่น รวมทั้งขนบนใบสามารถแตกแขนงออกจะทำให้หยดสารสัมผัสกับผิวใบได้ยากขึ้น

เมื่อสารกำจัดวัชพืชสัมผัสกับผิวใบพืชจะเกิดกระบวนการต่าง ๆ 5 ประการ (Ashton and Crafts. 1981) ประการแรก สารกำจัดวัชพืชอาจเคลื่อนย้ายออกจากผิวใบ โดยไหลออกจากผิวใบ (run off) ถูกชะล้างออกด้วยฝน หรือเกิดการระเหย ประการที่สอง สารกำจัดวัชพืชแห้งและตกผลึกติดอยู่บนผิวใบจากการที่ตัวทำละลายระเหยไป ประการที่สาม สารกำจัดวัชพืชเข้าสู่คิวทิลิเคลแล้วคง

สภาพในรูปสารละลายอยู่ในชั้นไขมันของคิวทิเคิล ประการที่สี่ สารกำจัดวัชพืชเข้าสู่ใบพืชทางคิวทิเคิลแล้วเข้าสู่ระบบที่ไม่มีชีวิต (apoplast) เช่น ผนังเซลล์และท่อน้ำไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช ประการที่ห้า สารกำจัดวัชพืชเข้าสู่ใบพืชทางคิวทิเคิล แล้วเข้าสู่ผนังเซลล์ โดยถูกดูดซึมเข้าสู่ส่วนที่มีชีวิต (symplast) ของเซลล์เอพิเดอร์มิสและเคลื่อนย้ายผ่านเซลล์พาราเควอซิมา (parenchyma cell) เข้าสู่เซลล์ท่ออาหารและแพร่กระจายไปทั่วต้นพืช ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ไม่ได้เกิดขึ้นเพียงกระบวนการเดียวเท่านั้นแต่จะเกิดขึ้นร่วมกันได้ นอกจากนี้สารกำจัดวัชพืชบางชนิดที่สัมผัสกับผิวใบแล้วไม่มีการเคลื่อนย้าย (สารกำจัดวัชพืชแบบสัมผัสตาย) จะถูกดูดซึมและเกิดอาการเป็นพิษเฉพาะบริเวณเนื้อเยื่อที่ได้รับสารกำจัดวัชพืช โดยสารกำจัดวัชพืชทำลายเนื้อเยื่อส่วนที่สัมผัสกับสารกำจัดวัชพืชโดยตรงเท่านั้น

2.3.2 การเคลื่อนย้ายของสารกำจัดวัชพืชในพืช

หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการดูดซึมแล้ว สารกำจัดวัชพืชก็จะเคลื่อนย้ายไปสู่ตำแหน่งซึ่งเกิดปฏิกิริยา (site of action) ภายในต้นพืชซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ทางใดทางหนึ่งจาก 2 ทางนี้คือ ทางแรก ผ่านทางส่วนที่ไม่มีชีวิต หรือการเคลื่อนย้ายระยะสั้นในบริเวณของช่องว่างระหว่างเซลล์ (intercellular space) ส่วนการเคลื่อนย้ายในระยะไกลจะเคลื่อนย้ายไปพร้อมกับการคายน้ำผ่านทางท่อน้ำ โดยทั่วไปเป็นการเคลื่อนย้ายในทิศทางขึ้นตามกระแสการคายน้ำ ทางที่สอง ผ่านทางส่วนที่มีชีวิต ประกอบไปด้วยการเคลื่อนย้ายในระยะสั้นจากเซลล์หนึ่งไปสู่อีกเซลล์หนึ่งที่อยู่ใกล้ชิดกัน โดยผ่านทางพลาสโมเดสมาทา ส่วนการเคลื่อนย้ายระยะไกลผ่านทางท่ออาหาร สามารถเคลื่อนย้ายได้ทั้งทิศทางขึ้นและทิศทางลง ขึ้นอยู่กับการถ่ายเทสารที่ได้จากการสังเคราะห์แสง (photosynthates) ซึ่งอยู่ภายใต้อิทธิพลของความสัมพันธ์ระหว่าง source และ sink ด้วย (Klingman and Ashton, 1982 ; Hess, 1985)

สารกำจัดวัชพืชจะไม่ถูกจำกัดให้มีการเคลื่อนย้ายได้ทิศทางใดทิศทางหนึ่งเท่านั้น แต่อาจเคลื่อนย้ายได้ทั้ง 2 ทิศทาง ถึงแม้ว่าสารกำจัดวัชพืชหลายชนิดถูกจำกัดให้เคลื่อนย้ายได้เพียงระบบเดียวหรือระบบใดระบบหนึ่งเท่านั้น (Kirkwood and Fletcher, 1983) ซึ่งในระหว่างการเคลื่อนย้าย สารกำจัดวัชพืชอาจเคลื่อนย้ายออกจากระบบท่ออาหารไปสู่เนื้อเยื่อต่าง ๆ และถูกเมตาบอลิซึม (metabolise) หรือเกิดการรวมตัวกับสารอื่น ๆ ทำให้ไม่เกิดความเป็นพิษ (Caseley and Walker, 1990) นอกจากนี้ในระหว่างการเคลื่อนย้ายผ่านทางท่ออาหาร สารกำจัดวัชพืชอาจถูกเก็บกักไว้ในแวคิวโอล (vacuoles) ของเซลล์พาราเควอซิมาและอาจถูกเมตาบอลิซึมโดยปฏิกิริยาทางเคมีในไซโทพลาสซึมได้ (Klingman and Ashton, 1982)

2.4 ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นของสารกำจัดวัชพืชในพืช

สิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการดูดซึมและการเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางใบ ทั้งความชื้นดิน ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ฝน และลม เป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปฏิกิริยาของสารกำจัดวัชพืช (Bukovac. 1976 ; Muzik. 1976 ; Richardson. 1977 ; Kudsk and Kristensen. 1992)

2.4.1 ความชื้นดิน

ความชื้นดินมีผลกระทบต่อปฏิกิริยาของสารกำจัดวัชพืชหลายชนิด พืชที่เกิดความเครียดน้ำเป็นเวลานานเนื่องจากในดินมีความชื้นต่ำ พืชจะมีการพัฒนาเพื่อเพิ่มความหนาของชั้นคิวทิเคิลหรือจำนวนขนขึ้น ทำให้การดูดซึมสารกำจัดวัชพืชถูกกีดขวาง ส่งผลให้การเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชลดลง และในที่สุดปฏิกิริยาของสารกำจัดวัชพืชในต้นพืชก็เกิดน้อยลงด้วย นอกจากนั้นการที่พืชขาดน้ำอย่างรุนแรงเป็นสาเหตุทำให้พืชเกิดอาการเหี่ยวและใบห้อยลง ดังนั้นเมื่อฉีดพ่นจึงทำให้มีสารกำจัดวัชพืชตกลงบนใบได้น้อยลง ยิ่งไปกว่านั้นการที่พืชเกิดความเครียดน้ำเนื่องจากดินมีความชื้นไม่เพียงพอยังมีผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชด้วย เช่น ลดการสังเคราะห์แสงและลดการเคลื่อนที่ของน้ำภายในต้นพืช ขณะเดียวกันเนื้อเยื่อบางส่วนก็มีการเมตาบอลิซึมลดลง ซึ่งสิ่งที่เกิดขึ้นทั้งหมดเหล่านี้มีผลกระทบต่อ การดูดซึมและการเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางใบ (Muzik. 1976 ; Cudney. 1987)

การตอบสนองของพืชต่อการลดลงของความชื้นดินจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืช (Meeusen *et al.* 1983 ; Rosser *et al.* 1983) เช่น สภาพความชื้นดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชจะส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางใบได้มากที่สุด (ตารางที่ 2.1) Merritt (1986) แนะนำว่า ในสภาพที่ chickweed (*Stellaria media* L.) เกิดความเครียดน้ำทำให้การดูดซึมสาร ioxynyl ของพืชลดลง 50% Kidder and Behrens (1988) พบว่า ปฏิกิริยาของสาร haloxyfop ลดลงเมื่อถูกฉีดไปบนต้น green foxtail (*Setaria viridis* L. Beauv.) ที่อยู่ในสภาพเกิดความเครียดน้ำเพราะส่งผลให้การเคลื่อนย้ายของสารกำจัดวัชพืชชนิดนี้ในต้นพืชลดลงและเกิดผลในทำนองเดียวกับ proso millet (*Panicum miliaceum* L.) ด้วย สำหรับรายงานของ Dortenzio and Norris (1980) กล่าวว่า ภายใต้สภาพความชื้นดินต่ำปฏิกิริยาของสาร diclofop-methyl ในข้าวโอ๊ตป่าลดลง 15-50% แต่ไม่สามารถจำแนกได้ว่าปฏิกิริยาที่ลดลงนั้นเกิดจากการดูดซึมหรือการเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชที่ลดลง

ตารางที่ 2.1 อิทธิพลของความชื้นดินต่อประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางใบ (ในทุกกรณี ประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชลดลงเมื่อความชื้นดินลดลง)

สารกำจัดวัชพืช	ชนิดพืช	ความชื้นดิน	อ้างอิง
fluazifop-butyl	quackgrass	FC (20% w/w) และ WS (6-10% w/w)	Kells <i>et al.</i> (1984)
fluazifop-butyl	quackgrass	สูง (FC แล้ว หยุดให้น้ำเป็นเวลา 4 วัน) ต่ำ (FC แล้ว หยุดให้น้ำเป็นเวลา 8 วัน)	Chandrasena and Sagar (1986)
diclofop-methyl difenzoquat flamprop-methyl	ข้าวโอ๊ตป่า	สูง (-0.06MPa) และ ต่ำ (-2.18MPa)	Wilcox <i>et al.</i> (1987)
asulam	flax (<i>Linum usitatissimum</i> L.) และ ข้าวโอ๊ตป่า	FC และ 50% ของ FC	Nalewaja and Woznica (1988)
fluazifop glyphosate	ข้าวโอ๊ต (oat: <i>Avena sativa</i> L.)	FC (-0.01MPa) และ WP (-1.5MPa)	Dickson <i>et al.</i> (1990)
metsulfuron chlorsulfuron triasulfuron	white mustard (<i>Sinapis alba</i> L.)	100% ของ FC และ 55% ของ FC	Rahman and James (1989)

มีนักวิจัยหลายท่านแสดงให้เห็นว่า การดูดซึมและการเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชในพืชลดลงเมื่อความเครียดน้ำในดินเพิ่มขึ้น (Wills and McWhorter. 1972 ; Mann and Reick. 1979 ; Kells *et al.* 1984) Peregoy *et al.* (1990) พบว่า crabgrass และหญ้าพง (johnsongrass: *Sorghum halepense*) ที่เจริญเติบโตอยู่ภายใต้สภาพความชื้นดินต่ำ (30% w/w) สาร haloxyfop ถูกดูดซึมและเคลื่อนย้ายโดยพืชทั้งสองชนิดน้อยกว่าเมื่อพืชดังกล่าวเจริญเติบโตอยู่ในสภาพความชื้นดินสูง (80% w/w) Coupland (1989) รายงานว่า ความเครียดน้ำในดินทำให้การดูดซึมสาร fluazifop-butyl ของ quackgrass (*Agropyron repen* L. Beauv. หรือ *Elymus repens* L. Gould.) ลดลง Wills and McWhorter (1972) รายงานว่า การเคลื่อนย้ายของสาร bentazon มากที่สุดเมื่อ common cocklebur (*Xanthium strumarium*) เจริญเติบโตอยู่ในสภาพดินเปียกชื้น อุณหภูมิ 35 °ซ และความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 96% Friesen and Dew (1966) อธิบายว่า 2,4-D, dicamba, picloram และ bromoxynil ทำให้เกิดความเป็นพิษน้อยมากแก่ต้น tartary buckwheat (*Fagopyrum tartaricum* (L.) Gaertn.) ที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพที่มีความชื้นดินจำกัด Wiese and Rea (1962) พบว่า ปฏิกิริยาของ 2,4-D ในต้น field bindweed (*Convolvulus arvensis*) ลดลง เมื่อเจริญเติบโตในสภาพที่มีความชื้นดินต่ำ ซึ่งในสภาพความชื้นดินต่ำปฏิกิริยาของสาร diclofop ที่ใช้ทางใบจะลดลง แต่อย่างไรก็ตาม Lauridson *et*

al. (1983) รายงานว่า ความเครียดน้ำในดินไม่มีผลต่อการดูดซึมและการเคลื่อนย้ายสาร ^{14}C -dicamba และ ^{14}C -picloram ในต้น Canada thistle (*Cirsium arvense*) นอกจากนี้ Akey and Morrison (1983) พบว่า ภายหลังจากฉีดพ่นสาร diclofop-methyl เป็นเวลา 12, 24 และ 48 ชม. แก่ข้าวไร้ตป่าที่เจริญเติบโตอยู่ในสภาพที่ได้รับและไม่ได้รับความเครียดน้ำ ปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างในการดูดซึมสารดังกล่าว เนื่องจากว่าการดูดซึมสารกำจัดวัชพืชเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วภายใน 10 นาทีแรกที่รับสาร แต่หลังจากนั้นการดูดซึมจะเกิดขึ้นในอัตราที่ช้าลง

ผลการศึกษาทั้งหมดเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าความชื้นดินเป็นปัจจัยหลักด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาของพืช โดยชักนำให้พืชเกิดความแตกต่างในการดูดซึม การเคลื่อนย้ายและประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืช ซึ่งเกือบทุกกรณีสภาพความเครียดน้ำในดินลดประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางใบ

2.4.2 แสง

แสงมีบทบาทสำคัญต่อปฏิกิริยาของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางใบหลายชนิด (ตารางที่ 2.2) โดยทั่วไปแล้วพบว่า ความเข้มแสงช่วยส่งเสริมการดูดซึมและการเคลื่อนย้าย รวมทั้งเพิ่มความรวดเร็วในการพัฒนาความเสียหายของพืชที่ได้รับสารกำจัดวัชพืช นอกจากนี้ความเข้มแสงในธรรมชาติมีความแปรปรวนแตกต่างกันไปตามช่วงระยะเวลาของวัน ดังนั้นระยะเวลาของแต่ละช่วงวันที่ใช้สารกำจัดวัชพืชนั้นมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืช (ตารางที่ 2.3)

Brady (1969) รายงานว่า มีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงในทางบวกระหว่างการดูดซึมสาร 2,4,5-T ของ long leaf pine (*Pinus palustris* Mill.) กับความเข้มแสงที่อยู่ในช่วง 40-400 แสงเทียน (1-14 วัตต์ต่อม.²) Sargent and Blackman (1972) พบว่า ฝ้าย ทานตะวัน และใบอ่อนของ common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) สามารถดูดซึมสาร 2,4-D เพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความเข้มแสงเพิ่มขึ้นจนถึง 20,000 ลักซ์ (65 วัตต์ต่อม.²) และสำหรับข้าวโพด sugarbeet, garden pea (*Pisum sativa* L. cv. Alaska) รวมทั้งใบแก่ของ common bean มีความสัมพันธ์กับความเข้มแสงในลักษณะแปรปรวน Kells et al. (1984) พบว่า การเคลื่อนย้ายสาร ^{14}C -fluazifop-butyl ของถั่วเหลือง และ quackgrass ในสภาพที่ได้รับแสงเต็มที่ (full sunlight) มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับ การเคลื่อนย้ายสารดังกล่าวของพืชทั้งสองชนิดที่เจริญเติบโตในสภาพร่มเงา แต่ภายใต้สภาพแสงทั้งสองระดับไม่มีผลกระทบต่อ การดูดซึม Nimbal et al. (1996) พบว่า ความเข้มแสง 75, 500 และ 750 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ ทำให้ common cocklebur พันธุ์ต้านทานต่อสาร MSMA มีน้ำหนักสด 53, 45 และ 30% ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม การดูดซึมสาร ^{14}C -fluazifop-butyl ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาพความเข้มแสงทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 อิทธิพลของความเข้มแสงต่อประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางใบ

สารกำจัดวัชพืช	ชนิดพืช	ความเข้มแสง	การตอบสนอง	อ้างอิง
dicamba picloram bromoxynil 2,4-D	tartary buckwheat	สูง (123 วัตต์ ต่อม. ²) และ ต่ำ (53 วัตต์ต่อม. ²)	ความเข้มแสงสูงทำให้ลดประ สิทธิภาพสารกำจัดวัช	Friesen and Dew (1966)
terbutryn	แตงกวา (cucumber: <i>Cucumis sativus</i> L.) และข้าวโอ๊ต	36-71 วัตต์ ต่อม. ²	ความเป็นพิษเพิ่มขึ้น 2.2 เท่า เมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น	Houseworth and Tweedy (1971)
bentazon	yellow nutsedge	สูง (157 วัตต์ ต่อม. ²) ต่ำ (52 วัตต์ต่อม. ²)	ความเข้มแสงต่ำมีอิทธิพลมาก กว่าความเข้มแสงสูง	Suwanketnikom and Penner (1976)
fluazifop	quackgrass	แสง 100, 50 และ 25%	มีแนวโน้มว่าปฏิกิริยาของสาร กำจัดวัชพืชลดลงเมื่อความเข้ม แสงลดลง	Chandrasena and Sagar (1986)
2,4-D	galinsoga (<i>Galinsoga</i> <i>parviflora</i>)	แสง 100 และ 25%	ความเข้มแสงสูงเป็นสาเหตุ สำคัญต่อความเสียหายและ การเจริญเติบโตของพืช	Rai and Tripathi (1986)

ตารางที่ 2.3 อิทธิพลของช่วงระยะเวลาของวันต่อประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางใบ

สารกำจัดวัชพืช	ชนิดพืช	การตอบสนอง	อ้างอิง
2,4,5-T	prickly pear (<i>Opuntia</i> <i>polyacantha</i>)	การใช้สารกำจัดวัชพืชในเวลากลางวันมี ประสิทธิภาพน้อยกว่าใช้เวลากลางคืน	Schuster (1971)
bentazon	velvetleaf (<i>Abutilon</i> <i>theophrsti</i>) and cocklebur	ควบคุม ได้ อย่าง มี ประสิทธิภาพ ดี เมื่อ ฉีด พ่นภายหลังเที่ยงวัน	Doran and Anderson (1976)
phenmedipham desmedipham	sugarbeet	การใช้สารกำจัดวัชพืชช่วงเช้ามืดทำความ เสียหายแก่พืชมากกว่าใช้สารหลังเที่ยงวัน	Bethlenfalval and Norris (1977)
bromoxynil	กระถิน (lucerne: <i>Medicago</i> <i>sativa</i> L.)	การใช้สารกำจัดวัชพืชช่วงเช้าทำให้เกิด ความเป็นพิษกับพืชมากกว่าใช้สารหลัง เที่ยงวันหรือพลบค่ำ	Peregrine and Norris (1986)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางใบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความเข้มแสงเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะว่าพืชที่เจริญเติบโตอยู่ภายใต้สภาพดินที่มีความชื้นเหมาะสมและความเข้มแสงสูง ปัจจัยทั้งสองจะช่วยส่งเสริมการเปิดปากใบและการผลิตสารที่ได้จากการสังเคราะห์แสง (photosynthate) ซึ่งจากกระบวนการสังเคราะห์แสงส่งผลให้การดูดซึมน้ำและการเคลื่อนย้ายของสารกำจัดวัชพืชได้ดีขึ้น Zollinger and Kells (1991) พบว่า sowthistle (*Sonchus arvensis* L.) ที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสง 1,015, 580 และ 285 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ มีค่าการเหนี่ยวนำไฟฟ้าของปากใบ (stomatal conductance) เท่ากับ 192, 137 และ 67 $\text{mmoles H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ตามลำดับ ในขณะที่อัตราการถ่ายเทสารอาหาร (assimilation) เท่ากับ 22.9, 10.3 และ 6.2 $\text{moles CO}_2 \mu\text{moles m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม การที่พืชได้รับความเข้มแสงสูงเป็นเวลานานพืชจะมีการสร้างไขคิวทิเคิลเพิ่มขึ้น ทำให้ความสามารถในการที่ทำให้ใบพืชเปียกชื้นลดลงซึ่งมีผลกระทบต่อ การดูดซึมน้ำและการเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืช (Bukovac. 1976 ; Muzik. 1976)

2.4.3 อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีอิทธิพลอย่างมากต่อประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางใบหลายชนิด ซึ่งอิทธิพลของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาของสารกำจัดวัชพืชนั้นค่อนข้างสลับซับซ้อน ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญและการพัฒนาของพืชรวมทั้งการเมตาบอลิซึมที่เกิดภายในต้นพืชมีความแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด

ภายใต้สภาพอุณหภูมิสูงอาจช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางใบ เพราะอุณหภูมิสูงทำให้ผลผลิตที่ได้จากการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น และส่งผลให้การดูดซึมน้ำและการเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชเพิ่มขึ้น (Wills and McWhorter. 1983) ดังนั้น การดูดซึมสารกำจัดวัชพืชจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สารกำจัดวัชพืชดังกล่าว เช่น metriflufen (McWhorter. 1979) diclofop-methyl (Gillespie and Miller. 1983) fluazifop (Wills and McWhorter. 1983 ; Chandrasena and Sagar. 1986) และ difenzoquat (Miller *et al.* 1984) นอกจากนี้ Nalewaja and Skrzypczak (1985) ซึ่งให้เห็นว่าที่อุณหภูมิ 30 °ซ ตั้งแต่เริ่มฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชเป็นต้นไปช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของสาร bromoxynil ในการกำจัด wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) และ redroot amaranth (*Amaranthus retroflexus* L.) ได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 10 °ซ จากรายงานของ Harker and Dekker (1988) พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิจาก 10/5 (กลางวัน/กลางคืน) เป็น 20/15 °ซ หรือ 20/15 เป็น 30/25 °ซ มีผลอย่างมากในการเพิ่มการเคลื่อนย้ายสาร sethoxydim และ cloproxydim ไปสู่ส่วนยอด Kells *et al.* (1984) รายงานว่า สาร ^{14}C -fluazifop สามารถแพร่กระจายได้มากในต้น quackgrass ภายใต้อุณหภูมิ 20-30 °ซ แต่อย่างไรก็ตาม Edmund and York (1987) รายงานว่า การควบคุม sicklepod (*Senna obtusifolia*) ด้วยสาร imazaquin ในอัตราที่ต่ำกว่าอัตราที่สามารถควบคุมวัชพืช (sublethal

dose) ปรากฏว่าภายใต้อุณหภูมิ 24/18 °ซ สามารถควบคุม sicklepod ได้ดีกว่าอุณหภูมิ 32/24 °ซ ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่า อุณหภูมิ 32/24 °ซ เป็นอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ sicklepod นอกจากนี้ Nalewaja and Woznica (1985) พบว่า สภาพอุณหภูมิต่ำ สาร chlorsulfuron สามารถควบคุม green foxtail และ kochia (*Kochia scoparia* L. Schrad.) ได้ดีกว่า สภาพอุณหภูมิสูง พืชต่างชนิดกันมีช่วงอุณหภูมิที่อ่อนแอต่อสารกำจัดวัชพืชแตกต่างกัน แม้จะได้รับสารกำจัดวัชพืชชนิดเดียวกัน Donn and Bieringer (1980) กล่าวว่า ที่อุณหภูมิ 18/10 °ซ สาร diclofop-methyl สามารถควบคุมข้าวโอ๊ตป่าได้ดีที่สุดในขณะที่หญ้าข้าวนกและหญ้าตีนกาถูกควบคุมด้วยสารกำจัดวัชพืชรังกล่าวภายใต้อุณหภูมิ 27/17 °ซ

โดยทั่วไปการดูดซึมและการเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางใบเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (ตารางที่ 2.4) แต่อย่างไรก็ตาม Morton (1966) รายงานว่า การเคลื่อนย้ายสาร 2,4,5-T ลงสู่ส่วนล่างของต้นกล้า mesquite (*Prosopis juliflora*) เกิดขึ้นภายใต้อุณหภูมิ 21 °ซ ได้ดีกว่าอุณหภูมิ 29 °ซ แต่จะถูกยับยั้งที่อุณหภูมิ 38 °ซ เนื่องจากภายใต้อุณหภูมิ 38 °ซ การเคลื่อนย้ายสารที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงของ mesquite ลดลง Moxness and Lym (1989) พบว่า leafy spurge ที่ได้รับอุณหภูมิสูงหรือต่ำ (30/18 หรือ 18/10 °ซ) เป็นเวลานาน 48 ชม. ก่อนได้รับสารกำจัดวัชพืช ปรากฏว่าการดูดซึมและการเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชที่อุณหภูมิแต่ละระดับไม่มีความแตกต่างกัน การดูดซึมสารกำจัดวัชพืชถูกเชื่อว่ายู่ภายใต้อิทธิพลของอุณหภูมิ เพราะอุณหภูมิมิอิทธิพลต่อการดูดซึม

ตารางที่ 2.4 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางใบ (ในทุกกรณี การดูดซึมและการเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชลดลงเมื่ออุณหภูมิลดลง)

สารกำจัดวัชพืช	ชนิดพืช	อุณหภูมิ	อ้างอิง
2,4-D	aspen poplar (<i>Populus tremuloides</i>) และ balsam poplar (<i>P. balsamifera</i> L.)	10, 25 และ 40 °ซ	Sharma and Vanden Born (1970)
2,4,5-T (butoxyethanal ester)	winged elm (<i>Ulmus alata</i>)	11-40 °ซ	Wills and Basler (1971)
2,4,5-T (butyl ester)	blackberry (<i>Rubus procerus</i>)	18 และ 30 °ซ	Richardson (1975)
fluazifop-butyl	หญ้าแพรก (bermudagrass: <i>Cynodon dactylon</i>)	18 และ 35 °ซ	Wills and McWhorter (1983)
fluazifop-butyl	quackgrass	20 และ 30 °ซ	Kells <i>et al.</i> (1984)
sethoxydium	หญ้าแพรก	18 และ 35 °ซ	Wills (1984)
picloram	leafy spurge (<i>Euphorbia esula</i> L.)	12, 18, 24 และ 30 °ซ	Lym and Messersmith (1990)

โมเลกุลสารประกอบชนิดที่ไม่มีขั้วผ่านคิวทิเคิล โดยอุณหภูมิไปเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของคิวทิเคิล เช่น ความหนืดของโมเลกุลกรดไขมัน (Robertson and Kirkwood. 1969) นอกจากนี้การสร้างคิวทิเคิลจะเกิดมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิอยู่ที่ระดับปานกลางมากกว่าอุณหภูมิค่อนข้างสูงหรือต่ำเกินไป (Hull *et al.* 1975) Skoss (1955) รายงานว่า ภายใต้อุณหภูมิ 17 °ซ ไบยาสูบจะมีการสร้างคิวทิเคิลมากกว่าไบยาสูบเมื่ออยู่ภายใต้สภาพอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่านี้ ในขณะที่ต้นกล้า mesquite มีการสร้างคิวทิเคิลที่ไบสูงสุดเมื่อเจริญเติบโตอยู่ภายใต้อุณหภูมิ 30/26 °ซ (Hull. 1958)

โดยทั่วไปอุณหภูมิสูงแต่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งก่อน ระหว่าง และหลังได้รับสารกำจัดวัชพืช มีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืช แต่อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิต่ำกว่าเมื่อสูงมาก (ยังอยู่ในช่วงอุณหภูมิเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช) อาจมีผลทำให้การดูดซึมสารกำจัดวัชพืชลดลง เนื่องจากพืชเกิดการเหี่ยวทำให้ปากใบปิดและหยุดการดูดซึมวัชพืชแห้งอย่างรวดเร็ว ทำให้ผลที่เกิดต่อเนื่องมาคือการเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางใบลดลง (Muzik. 1976 ; Cole. 1983 ; Legg. 1983)

2.4.4 ความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงระหว่างฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชมีส่วนเกี่ยวข้องกับการคายน้ำและอัตราการแห้งของสารกำจัดวัชพืชบนใบพืช การตอบสนองเหล่านี้ต่อความชื้นสัมพัทธ์ทำให้อัตราการดูดซึมและการเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชแตกต่างกัน ดังนั้น ความชื้นสัมพัทธ์สูงสารกำจัดวัชพืชจะมีประสิทธิภาพมากกว่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ Nimbai *et al.* (1996) แนะนำว่า สาร MSMA ไม่ทำให้เกิดความเป็นพิษกับ common cocklebur พันธุ์ต้านทานที่เจริญเติบโตภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ 40% แต่ทำให้น้ำหนักสดของพันธุ์ไม่ต้านทานลดลง 15% เมื่อได้รับสาร MSMA ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60-90% Sharma and Vanden Born (1970) พบว่า สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงสามารถช่วยเพิ่มการดูดซึมสาร 2,4-D เป็น 2 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ และภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำหยุดสาร 2,4-D จะแห้งเป็นผลึกอยู่บนผิวใบภายหลังจากฉีดพ่นสาร 2 ชม.ส่วนการทำให้สารดังกล่าวภายใต้สภาพความชื้นต่ำกลับมาขึ้นอีกครั้งสามารถช่วยเพิ่มการดูดซึมได้อีก แต่ก็น้อยกว่าการดูดซึมในสภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง Sharma *et al.* (1976) พบว่า ภายหลังจากฉีดพ่นสาร difenzoquat เป็นเวลา 8 ชม.ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์สูง (90%) จะถูกดูดซึมโดยข้าวโอ๊ตป่ามากเป็น 2 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (30%) ซึ่งภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ หยุดสารกำจัดวัชพืชแห้งในเวลา 1 ชม.ภายหลังจากฉีดพ่น แต่ภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง ช่วงระยะเวลา 6-8 ชม.ภายหลังจากฉีดพ่นปรากฏว่าสารกำจัดวัชพืชดังกล่าวยังคงขึ้นอยู่ การที่หยุดสารกำจัดวัชพืชแห้งช้าลงภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์สูง มีส่วนทำให้เพิ่มประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืช Baur *et al.* (1974) อธิบายว่า ช่วงระยะเวลา 60 นาที ถึง 32 ชม.ภายหลังจากฉีดพ่นสาร 2,4,5-T ภายใต้อุณหภูมิ

ความชื้นสัมพัทธ์ 100% สาร 2,4,5-T สามารถแพร่กระจายในใบของ mesquite ได้มากกว่าสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 60% และสภาพที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงช่วยเพิ่มการเคลื่อนย้ายสาร 2,4,5-T ประมาณ 4 เท่า (Wills and McWhorter. 1981) Sharma *et al.* (1971) รายงานว่า สาร ¹⁴C-picloram ที่ฉีดพ่นภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์สูง สามารถแพร่กระจายสารลงสู่ส่วนล่างของลำต้นได้มากกว่าฉีดพ่นภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ Harrison and Wax (1986) พบว่า การดูดซึมและการเคลื่อนย้ายสาร haloxyfop-methyl ของข้าวโพด ภายหลังจากฉีดพ่นสาร 3 วัน และได้รับความชื้นสัมพัทธ์สูง (70%) มีค่ามากกว่าเมื่อเปรียบเทียบการดูดซึมและเคลื่อนย้ายภายใต้สภาพที่พืชได้รับความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (30%) แต่ในหญ้าพงและถั่วเหลือง McWhorter (1981) พบว่า ภายหลังจากฉีดพ่นสาร metriflufen เป็นเวลา 2 วัน ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ 40 และ 100% ปรากฏว่า ไม่มีความแตกต่างในการดูดซึมสารดังกล่าว

2.4.5 ฝนและน้ำค้าง

การมีฝนตกลงมาภายหลังจากฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชจะมีผลกระทบอย่างมากต่อประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืช (Cudney. 1987) ฝนตกปริมาณเล็กน้อยภายหลังจากฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชอาจช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืช โดยทำให้สถานะภาพของน้ำในดินพืชมีค่าเพิ่มขึ้น แม้ว่าสารกำจัดวัชพืชบางส่วนจะถูกชะล้างออกไปบ้างก็ตาม (Caseley and Coupland. 1980 ; Skuterud and Caseley. 1980 ; Olesen and Kudsk. 1987) แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าฝนตกในปริมาณมากก็สามารถทำให้ลดประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืช (Chandrasena and Sagar. 1986 ; Muro. 1991) เนื่องจากน้ำฝนปริมาณมากสามารถชะล้างสารกำจัดวัชพืชออกจากผิวใบพืชได้ นอกจากนี้ช่วงระยะเวลาที่หยุดสารกำจัดวัชพืชอยู่บนใบพืชมีผลเกี่ยวข้องกับการดูดซึมสารกำจัดวัชพืช ถ้าสารกำจัดวัชพืชอยู่บนผิวใบพืชเป็นเวลานาน ความสามารถในการดูดซึมสารกำจัดวัชพืชเข้าสู่ภายในต้นพืชเพิ่มขึ้น แต่ถ้าสารกำจัดวัชพืชถูกชะล้างออกจากผิวใบอย่างรวดเร็วภายหลังจากฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช ทำให้ความสามารถในการดูดซึมสารกำจัดวัชพืชลดลง จึงส่งผลทำให้ประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชลดลงด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ฝนปริมาณมากสามารถทำให้สารกำจัดวัชพืชถูกชะล้างออกจากผิวใบได้ทั้งหมด (Cudney. 1987)

ช่วงเวลาปราศจากฝน (rainfree period) ภายหลังจากฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชต้องเหมาะสมกับสมบัติสารกำจัดวัชพืชและชนิดพืช (Behrens and Elakkad. 1981 ; Nalewaja and Woznica. 1988 ; Kudsk and Kristensen. 1992) Anderson and Arnold (1985) รายงานว่า ฝนปริมาณ 1.0 มม. ที่ตกลงมาทันทีภายหลังจากฉีดพ่นสาร desmedipham และ phenmedipham ทำให้การควบคุม redroot amaranth และ wild mustard ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคาดการณ์ว่าสารดังกล่าวต้องการช่วงปราศจากฝนภายหลังจากฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชอย่างน้อย 6 ชม. จึงสามารถควบคุม wild mustard ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิทธิภาพ Kudsk *et al.* (1990) พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณฝนจาก 0.1 เป็น 3.0 มม.ทำให้ประสิทธิภาพของสาร thaimeturon-methyl ในการควบคุม wild mustard ลดลง ในทำนองเดียวกันพบว่าผลที่เกิดขึ้นในลักษณะเดียวกันเมื่อทำการทดสอบกับสารกำจัดวัชพืชอีกหลายชนิด เช่น sethoxydim (22-60 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อเฮกตาร์) quizalofop (4-10 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อเฮกตาร์) และ clethodim (4-10 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อเฮกตาร์) Rahman and James (1989) พบว่า ฝนปริมาณ 10.0 มม.ตกลงมาเป็นเวลา 20 นาที ภายหลังจากฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช ทำให้ประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้กับข้าวโพดพันธุ์ Pioneer 3709 มีค่าลดลงมากกว่าประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชที่ได้รับฝนปริมาณ 0.5 มม. ภายหลังจากฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช 1 ชม. นอกจากนี้ช่วงระยะเวลาปราศจากฝนภายหลังจากฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช อาจมีความเกี่ยวข้องอย่างมากกับการละลายของผลึกสารกำจัดวัชพืชที่แห้งแล้วและต่ออัตราการดูดซึมสารกำจัดวัชพืชเข้าสู่ใบพืช (McCann and Whitehouse. 1983 ; Kudsk and Kristensen. 1992)

น้ำค้างเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืช ซึ่งบ่อยครั้งพบว่า มีการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชในช่วงเช้ามืดและช่วงพลบค่ำ (Kudsk and Kristensen. 1992) โดยน้ำค้างทำให้ผิวใบของพืชเปียกและช่วยส่งเสริมให้น้ำแทรกอยู่ในชั้นของคิวทิเคิลซึ่งเหมาะต่อสารกำจัดวัชพืชที่สามารถละลายได้ดีในน้ำ เช่น สาร glyphosate ในการดูดซึมเข้าสู่ต้นพืช (Sagent. 1965) แต่อย่างไรก็ตาม Behrens (1977) รายงานว่า สภาพที่มีน้ำค้างมากเกินไปในช่วงฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช glyphosate จะทำให้สารกำจัดวัชพืชไหลออกจากผิวใบพืชและลดปริมาณสาร glyphosate บนผิวใบพืช

2.4.6 ลม

ลมเป็นปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อรูปแบบของสารกำจัดวัชพืช ซึ่งลมเป็นสิ่งแวดล้อมที่ได้รับการศึกษาน้อยที่สุด (Caseley and Coupland. 1985) เป็นที่ทราบกันว่าลมเป็นสาเหตุทำให้สารกำจัดวัชพืชปลิวออกจากวัชพืชที่ต้องการควบคุม และเป็นสาเหตุที่ทำให้หยดสารกำจัดวัชพืชแห้งอยู่บนผิวใบ ซึ่งสาเหตุทั้งสองมีส่วนช่วยให้ประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชลดลง (Combella. 1982 ; Kudsk and Kristensen. 1992) นอกจากนี้ ความเสียหายของผิวใบพืชเนื่องจากใบเสียดสีกันก็เกิดขึ้นโดยลม (Thomson. 1974) มีผลทำให้คิวทิเคิลและเซลเอพิเดอร์มิสได้รับความเสียหาย สารกำจัดวัชพืชจึงสามารถผ่านเข้าสู่ใบพืชได้ง่าย ลมยังเป็นปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืช เช่น แสงและความชื้นของอากาศ ที่มีผลต่ออุณหภูมิใบ การหายใจ และอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ของพืช

2.5 ระยะเวลาเจริญเติบโตของพืชและความอ่อนแอต่อการถูกทำลายด้วยสารกำจัดวัชพืช

ช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตของพืชในขณะที่ได้รับสารกำจัดวัชพืชมีอิทธิพลต่อความอ่อนแอในการถูกทำลายด้วยสารกำจัดวัชพืชบางชนิด (Schreiber *et al.* 1979) ช่วงระยะดังกล่าวที่แตกต่างกันจะมีผลทำให้การดูดซึมและการเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชที่แตกต่างกันด้วย Sargent and Blackman (1972) รายงานว่า ใบ common bean ที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้วสามารถดูดซึมสาร 2,4-D ได้ช้ากว่าใบที่กำลังกำลังเจริญเติบโต Kells *et al.* (1984) กล่าวว่า quackgrass ที่ระยะเวลาเจริญเติบโต 2-3 ใบ ดูดซึมสาร fluazifop-butyl ได้มากกว่าที่ระยะเวลาเจริญเติบโต 5-6 ใบ และสารดังกล่าวนี้สามารถเคลื่อนย้ายในใบ common bean ที่ระยะเวลาเจริญเติบโต 2-3 ใบ ได้เท่ากับ 12% แต่เคลื่อนย้ายได้เพียง 10% ในใบ common bean ที่ระยะเวลาเจริญเติบโต 5-6 ใบ

การศึกษาถึงอิทธิพลของช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตของพืชและความอ่อนแอต่อการถูกทำลายด้วยสารกำจัดวัชพืช โดย Snipes and Street (1987) พบว่า สาร fenoxypop (100 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อเฮกตาร์) สามารถควบคุมหญ้าข้าวนกที่ระยะเวลาเจริญเติบโต 2 ใบได้ดี และต้องใช้สารนี้ในอัตราที่สูงขึ้นเมื่อต้องการควบคุมหญ้าข้าวนกที่ระยะเวลาเจริญเติบโต 5-6 ใบ เช่นเดียวกับงานทดลองของ West *et al.* (1980) ซึ่งรายงานว่ หญ้าข้าวนกที่ระยะเวลาเจริญเติบโต 2 และ 4 ใบ อ่อนแอต่อสาร diclofop-methyl เท่า ๆ กัน แต่เมื่อหญ้าข้าวนกมีใบมากกว่า 4 ใบ จะสามารถต้านทานต่อสารดังกล่าวได้เพิ่มขึ้น Smith *et al.* (1977) พบว่า ข้าวได้รับความเสียหายจาก 2,4-D หรือ MCPA ถ้าได้รับสารกำจัดวัชพืชในช่วงปล้อง (jointing) หรือมีความยาวของปล้องอยู่ระหว่าง 0.5-1.3 ซม. Street and Richard (1983) และ Smith (1988) พบว่า ข้าวในระยะตั้งท้อง (booting) และระยะเริ่มออกรวง (panicle filling) เมื่อได้รับสาร acifluorfen ทำให้ผลผลิตข้าวในระยะเก็บเกี่ยวลดลงประมาณ 7% แต่ถ้าได้รับสารนี้ในระยะแตกกอ (tillering) จะไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตข้าว Smith and Khodayari (1985) รายงานว่า ถ้าข้าวได้รับสาร triclopyr อัตรา 300 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อเฮกตาร์ ในระยะเริ่มแตกกอ ไม่มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของเมล็ดลดลง Glenn *et al.* (1985) รายงานว่า สาร acifluorfen สามารถควบคุม velvetleaf ที่ระยะเวลาเจริญเติบโต 2 และ 3 ใบ แต่ไม่สามารถควบคุม velvetleaf ที่ระยะเวลาเจริญเติบโต 5-8 ใบ ในขณะที่ velvetleaf ที่ระยะเวลาเจริญเติบโตตั้งแต่ 1-7 ใบ เมื่อควบคุมด้วยสาร pendimethalin จะมีประสิทธิภาพในการควบคุมตั้งแต่ 94-13% (Malefy and Duke, 1984) Rai and Tripathi (1986) รายงานว่า galinsoga ที่ระยะกล้า อ่อนแอต่อการถูกทำลายด้วยสาร 2,4-D มากกว่าที่ระยะออกดอก Pereira and Crabtree (1985) กล่าวว่า ความเป็นพิษของ glyphosate ต่อ yellow nutsedge มากที่สุดในช่วงต้นของการสร้างหัวแรกและที่ช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตดังกล่าวความต้านทานต่อสาร glyphosate มีน้อย แต่ภายหลังจากการสร้างหัวแล้วความต้านทานจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากในระยะแรกของการเจริญเติบโต วัชพืชมีการดูดซึมและ

การเคลื่อนย้ายสาร glyphosate มากที่สุด Pereira and Crabtree (1986) พบว่า yellow nutsedge ที่มีรากแก้วไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อายุ 30 วัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 1-8 วัน การดูดซึมเพิ่มขึ้นจาก 16 เป็น 23% ส่วนการเคลื่อนย้ายเพิ่มขึ้นจาก 6 เป็น 23% ในขณะที่ yellow nutsedge อายุ 60 วัน การเคลื่อนย้ายเพิ่มขึ้นจาก 16 เป็น 29% และพบสาร glyphosate 111 และ 42 dpm per mg ในต้น yellow nutsedge อายุ 30 และ 60 วัน ตามลำดับ ซึ่ง yellow nutsedge อายุ 60 วัน มีความเข้มข้นของสาร บริเวณใบ ราก และ ลำต้นใต้ดิน เพียงครึ่งหนึ่งของ yellow nutsedge อายุ 30 วัน Zandstra and Nishimoto (1977) พบว่า ช่วงระยะ 1-4 วัน หลังจากหญ้าแห้วหมูถูกฉีดพ่นด้วยสาร glyphosate สารถูกเคลื่อนย้ายประมาณ 5-19% Kells *et al.* (1984) กล่าวว่า fluazifop-butyl มีปฏิกิริยากับ quackgrass ที่ระยะการเจริญเติบโต 2-3 ใบ มากกว่าที่ระยะการเจริญเติบโต 5-6 ใบ และพบปริมาณสาร ¹⁴C-fluazifop-butyl เท่ากับ 12 และ 10% ที่ระยะดังกล่าวตามลำดับ Alcantara *et al.* (1989) กล่าวว่า quackgrass เมื่อฉีดพ่นด้วยสาร haloxyfop และ sethoxydim ที่ระยะการเจริญเติบโต 3-4 ใบ มีจำนวนยอด ภายหลังจากฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช 30 วัน น้อยกว่าเมื่อได้รับสารกำจัดวัชพืชทั้งสองชนิดที่ระยะการเจริญเติบโต 7-8 ใบ Stoltenberg and Wyse (1986) อธิบายว่า quackgrass ที่ระยะการเจริญเติบโต 8 ใบอ่อนแอต่อการถูกทำลายด้วยสาร haloxyfop และ sethoxydim น้อยกว่า quackgrass ที่ระยะการเจริญเติบโต 4 ใบ เพราะว่าพืชที่มีอายุน้อยสามารถดูดซึมสารกำจัดวัชพืชได้ดีกว่าพืชที่มีอายุมาก เนื่องจากมีกระบวนการเมตาบอลิซึมสูงกว่าและอาจมีคิวทิเคิลน้อยกว่าด้วย (Haderlie *et al.* 1978)

2.6 ลักษณะทั่วไปของสาร glyphosate

glyphosate [*N*-(phosphonomethyl) glycine] โดยปกติอยู่ในรูปของ mono (isopropylamine) salt เป็นสารประกอบประเภท organophosphate และจัดเป็นสารกำจัดวัชพืชชนิดดูดซึมไม่เลือกทำลายแบบใช้หลังวัชพืชงอก สามารถควบคุมวัชพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่ ทั้งวัชพืชฤดูเดียวและวัชพืชข้ามปีที่อยู่ในแปลงปลูกพืชหรือพื้นที่ว่างเปล่า สาร glyphosate มีความสามารถในการละลายน้ำสูง น้ำหนักโมเลกุลต่ำและมีโครงสร้างโมเลกุลแบบเชิงเดี่ยว เคลื่อนย้ายทางท่ออาหารไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช มีกลไกการทำลายโดยขัดขวางการสังเคราะห์กรดอะมิโน (amino acid) สำหรับสาร glyphosate ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดอยู่ในรูปสารละลาย isopropylamine salt จะมีชื่อการค้าหลายชื่อ เช่น Roundup, Spark และ Rescue เป็นต้น (กองควบคุมวัชพืชและวัสดุการเกษตร. 2537 ; ปรีชา พุทธิปรีชาพงศ์. 2542)

2.6.1 อิทธิพลของสาร glyphosate ต่อการเจริญเติบโตของพืช

ลักษณะอาการโดยทั่วไปของวัชพืชหรือพืชที่ถูกฉีดพ่นด้วยสาร glyphosate คือ เกิดอาการ chlorosis แล้วพัฒนาเป็นอาการ necrosis โดยทั่วไปใช้ระยะเวลาประมาณ 2-10 วัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร (Hoagland and Duke. 1982) ลักษณะอาการดังกล่าวข้างต้นถูกรายงานว่าสามารถเกิดขึ้นกับวัชพืชหลายชนิด ได้แก่ หญ้าแห้วหมู (Suwunnamek and Parker. 1975) หญ้าแพรก (Fernandez and Bayer. 1977) Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*; Segura *et al.* 1978) และ quackgrass; Ismael *et al.* 1983) นอกจากนี้ Fernandez and Bayer (1977) รายงานว่า สีของใบหญ้าแพรกที่ถูกฉีดพ่นด้วยสาร glyphosate เปลี่ยนเป็นสีส้มเหลืองก่อนแสดงอาการ necrosis และวัชพืชข้ามปีหลายชนิดที่ถูกฉีดพ่นด้วยสาร glyphosate แล้วไม่ตาย เมื่อออกใหม่ (regrowth) ใบจะมีลักษณะผิดปกติและมีจุดสีขาวเกิดขึ้นบนใบ (Putnam. 1976; Fernandez and Bayer. 1977; Marriage and Kahn. 1978) ยิ่งไปกว่านั้นหญ้าแพรกที่ถูกฉีดพ่นด้วยสาร glyphosate แล้วไม่ตายจะมีการสร้างยอดใหม่ออกมาจำนวนมากจากข้อเพียงข้อเดียวทำให้มีลักษณะเป็นกระจุกคล้ายไม้กวาด (witch's broom) (Fernandez. 1976) Baur (1979) รายงานว่า สาร glyphosate ที่ใช้ในอัตราที่ต่ำกว่าอัตราที่สามารถควบคุมวัชพืชได้ ฉีดพ่นลงบนใบที่ 3 จากยอด (ใบอ่อนที่ยังคลี่ออกไม่หมด) ของต้นกล้าข้าวฟ่างทำให้เกิดอาการป่องบวมที่โคนต้นและมีการแตกกอมากกว่าปกติ

สาร glyphosate มีส่วนในการยับยั้งการเจริญเติบโตของอวัยวะต่าง ๆ ของพืช เช่น เหง้า (rhizome) หรือ ไหล (stolon) ของ quackgrass (Claus and Behrens. 1976), หญ้าแพรก (Fernandez and Bayer. 1977) และหญ้าน้ำค้าง (cogongrass: *Imperata cylindrica* L.; Moosavi-Nia and Dore. 1979b) นอกจากนี้ยังมีรายงานเกี่ยวกับสาร glyphosate ทำให้การเจริญเติบโตของส่วนยอดและความสูงของวัชพืชอีกหลายชนิดลดลง (Suwunnamek and Parker. 1975; Moshier *et al.* 1976; Wyrill and Burnside. 1977; Moshier and Penner. 1978) ยิ่งไปกว่านั้น Haderlie *et al.* (1978) รายงานว่า สาร glyphosate ยับยั้งการยึดตัวของต้นกล้าข้าวโพดและถั่วเหลืองแต่ไม่ยับยั้งการงอกของเมล็ดพืชทั้งสองชนิด ในทำนองเดียวกัน Moshier *et al.* (1976) และ Moshier and Penner (1978) พบว่า สาร glyphosate ไม่มีผลกระทบต่อการงอกของเมล็ดหญ้าสนาม 8 ชนิด และเมล็ดกระถิน 2 ชนิด แต่ทำให้ความยาวส่วนยอดของพืชทั้งสองกลุ่มนี้ลดลง Egley and Williams (1978) รายงานว่า สาร glyphosate ไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ด prickly sida (*Sida spinosa*), velvetleaf, หญ้าพงและหญ้าข้าวนก นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเซลล์บนใบที่ได้รับสาร glyphosate ของ quackgrass (Campbell *et al.* 1976), mesquite (Hull *et al.* 1977) และหญ้าแห้วหมู (Abu-Irmaileh. 1977) พบว่า คลอโรพลาสต์ (chloroplast) มีการบวมโป่งออกต่อมาก็แตกและยังพบส่วนของร่างแหเอนโดพลาซซึม (endoplasmic reticulum) มีการบวมหลังจากนั้นจะกลายเป็นถุงเล็ก ๆ (vesicle)

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 อิทธิพลของสาร glyphosate ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืช

สาร glyphosate ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ในใบของพืชหลายชนิดลดลง เช่น quackgrass (Campbell *et al.* 1976) หญ้าเหี่ยวห่ม (Abu-Irmarileh and Jordan. 1978) และ ถั่วเหลือง (Hoagland. 1980) Pereira and Crabtree (1986) รายงานว่า สาร glyphosate (1,500 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อเฮกตาร์) เป็นสาเหตุการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ yellow nutsedge ส่วน Kitchen *et al.* (1981) กล่าวว่า สาร glyphosate ทำให้คลอโรฟิลล์ของใบถั่วเหลืองลดลงและการลดลงนี้เกิดจากการสร้างคลอโรฟิลล์ถูกยับยั้ง (Lee. 1981) แต่อย่างไรก็ตาม Croft *et al.* (1974) กล่าวว่า ไม่พบมีการลดลงของกระบวนการถ่ายทออิเล็กตรอน (electron transport) ในปฏิกิริยา phosphorylation ที่เกิดขึ้นในคลอโรพลาสต์ของใบข้าวโพดเมื่อได้รับสาร glyphosate ซึ่ง Campbell *et al.* (1976) พบว่า คลอโรพลาสต์ในชั้นมีโซฟิลล์ (mesophyll) ของ quackgrass ถูกสาร glyphosate ทำลาย Ali and Fletcher (1978) รายงานว่า สาร glyphosate ทำให้คลอโรฟิลล์ในใบต้นกล้าข้าวโพดลดลง แต่ยังไม่ได้รับการยืนยันว่าสาร glyphosate เป็นตัวส่งเสริมการสลายตัวของคลอโรฟิลล์หรือยับยั้งการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ Duke (1988) แนะนำว่า สาร glyphosate ทำให้การพัฒนาของคลอโรพลาสต์ช้าลงอย่างมาก แต่มีผลกระทบต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ในเนื้อเยื่อพืชน้อยมาก จากรายงานวิจัยต่าง ๆ ชี้ให้เห็นว่าสาร glyphosate มีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบลดลง ดังนั้นนักวิจัยหลายท่านจึงใช้วิธีการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบสำหรับการประเมินความเสียหายของวัชพืชภายหลังจากพืชได้รับสาร glyphosate (Hoagland and Duke. 1982 ; Pereira and Crabtree. 1986)

2.6.3 การดูดซึมและการเคลื่อนย้ายสาร glyphosate

โดยปกติสาร glyphosate ถูกใช้ฉีดพ่นทางใบ เมื่อตกลงบนใบแล้วจะถูกดูดซึมและเคลื่อนย้ายในระบบที่มีชีวิตของพืช มีบางส่วนเท่านั้นที่เคลื่อนย้ายในระบบที่ไม่มีชีวิต (Sprankle *et al.* 1975 ; Clus and Behrens. 1976 ; Gottrup *et al.* 1976 ; Fernandez and Bayer. 1977 ; Segura *et al.* 1978) การเคลื่อนย้ายเกิดได้ทั้งทิศทางขึ้น (acropetal) และทิศทางลง (basipetal ; Sprankle *et al.* 1975 ; Haderlie *et al.* 1978 ; Schultz and Burnside. 1980) โดยผ่านทางท่ออาหารและไปสะสมที่ส่วนปลายยอดและปลายรากของพืช (Segura *et al.* 1978) Sprankle *et al.* (1975) รายงานว่า quackgrass, yellow nutsedge, field bindweed, Canada thistle, redroot amaranth, ข้าวโพด และถั่วเหลือง มีการดูดซึมและการเคลื่อนย้ายสาร glyphosate ออกจากตำแหน่งที่ได้รับสารผ่านทางท่ออาหารเป็นส่วนใหญ่ตามความสัมพันธ์ระหว่าง source และ sink ในบางครั้งอาจมีการเคลื่อนย้ายผ่านในระบบที่ไม่มีชีวิตบ้าง (Fernandez and Bayer. 1977) ซึ่งกลไกการดูดซึมและการเคลื่อนย้าย

เอกสารในทำนองเดียวกันนี้ถูกพบในหญ้าแพรกด้วย Schultz and Burnside (1980) พบว่า สาร glyphosate คร่าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนใหญ่เคลื่อนย้ายจากใบอ่อนไปสู่ใบแก่ โดยมีการเคลื่อนย้ายในระบบที่มีชีวิต รวมทั้งสามารถสะสมสารนี้ไว้ที่บริเวณปลายรากและใบอ่อนที่เกิดขึ้นใหม่ ในหญ้าแห้วหมู Zandstra and Nishimoto (1977) และ Chase and Appleby (1979) รายงานว่า สาร glyphosate ถูกเคลื่อนย้ายจากตำแหน่งที่ได้รับสารไปสู่หัวและราก Segura *et al.* (1978) อธิบายว่า สาร glyphosate สามารถถูกดูดซึมเข้าทางใบของ Italian ryegrass และ red clover (*Trifolium pratense*) ผ่านทางระบบที่มีและไม่มีชีวิต โดยการเคลื่อนย้ายสาร glyphosate ผ่านทางระบบที่มีชีวิตถือเป็นเส้นทางหลักสำหรับการแพร่กระจายสารออกไปสู่รากและใบอ่อน อย่างไรก็ตาม การเคลื่อนย้ายสารในทิศทางขึ้นของระบบที่ไม่มีชีวิตของ Italian ryegrass ถูกพบว่าเกิดขึ้นก่อนสารถูกเคลื่อนย้ายเข้าสู่ระบบที่มีชีวิต

รากพืชสามารถดูดซึมสาร glyphosate ได้ (Haderlie *et al.* 1978 ; Nilsson. 1984) แต่รากพืชไม่ใช่ตำแหน่งที่สำคัญในการดูดซึมสาร glyphosate เข้าสู่ต้นพืช ถึงแม้จะเป็นพืชน้ำก็ตาม (Duke. 1988) ในบางครั้งพบว่าวัชพืชอาจถูกทำลายบ้างเล็กน้อยเมื่อได้รับสาร glyphosate ที่ใช้ทางดิน (Salazar and Appleby. 1982) เนื่องจากดินมีความสามารถสูงในการดูดซับสาร glyphosate ไว้ และ Hance (1976) แนะนำว่า มีความเป็นไปได้ที่รากข้าวสาลีสามารถดูดซึมสาร glyphosate ได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้นจึงไม่เกิดอาการเป็นพิษ

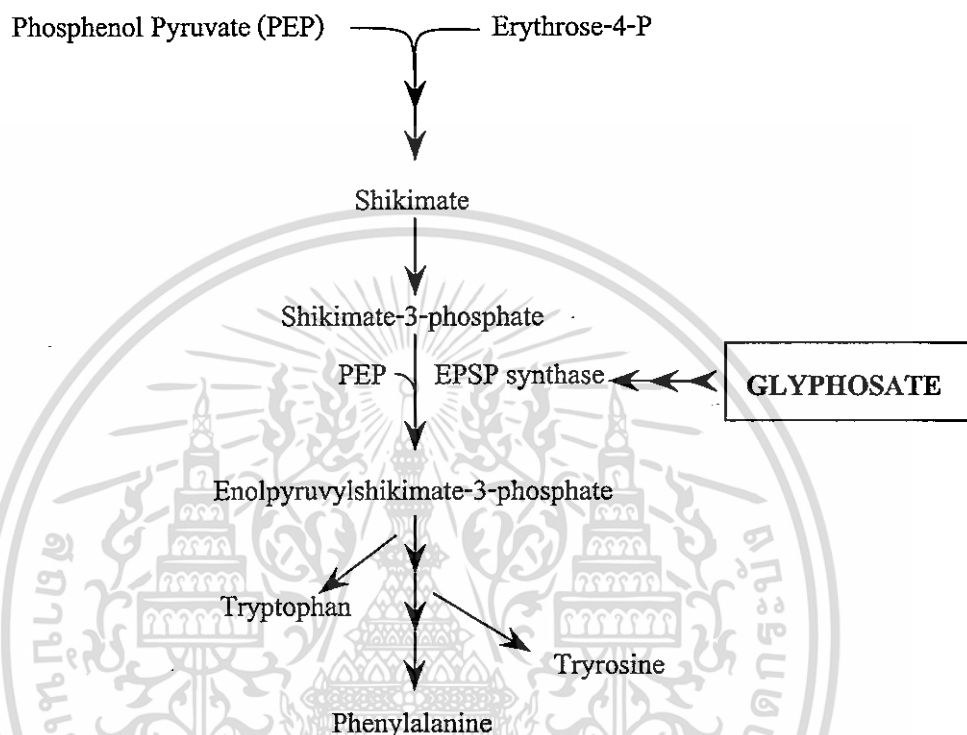
Duke (1988) ชี้ให้เห็นว่า มีการศึกษาหลายอันที่แสดงว่าพืชหลายชนิด ได้แก่ หญ้าแห้วหมู (Zandstra and Nishimoto. 1977) Canada thistle และ leaf spurge (Gottrup *et al.* 1976) ข้าวสาลี (Rodrigues *et al.* 1982) creeping red fescue (*Festuca rubra* L. ; Marquis *et al.* 1979) และข้าวบาร์เลย์ (barley: *Hordeum vulgare* L. ; O'Donovan and O'Sullivan. 1982) ไม่มีกระบวนการย่อยสลายสาร glyphosate ได้ แต่ในทางตรงข้ามมีพืชบางชนิด เช่น field bindweed (Sprankle *et al.* 1978) tall morning glory (*Ipomoea purpurea* ; Sandberg *et al.* 1980) และ quackgrass (Coupland. 1984) สามารถย่อยสลายสาร glyphosate ได้

2.6.4 กระบวนการเกิดปฏิกิริยาของสาร glyphosate

สาร glyphosate มีผลกระทบต่อกระบวนการทางชีวเคมีภายในต้นพืช (Duke. 1988 ; Lydon and Duke. 1989) โดยเกี่ยวข้องกับการสร้างกรดอะมิโนจำพวก aromatic amino acid (tryptophan, phenylalanine และ tyrosine) สาร glyphosate ไปมีผลยับยั้ง shikimic acid pathway ซึ่งเป็นกระบวนการสร้างกรดอะมิโนในพืช ดังนั้นปฏิกิริยาของสาร glyphosate จะไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษในสัตว์เนื่องจากว่า shikimic acid pathway พบเฉพาะในพืชเท่านั้น (Cole. 1985) สาร glyphosate กีดขวาง shikimic acid pathway (รูปที่ 2.2) โดยไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ 5-enolpyruvyl shikimate-3-phosphate synthase (EPSPS) การยับยั้ง EPSPS ทำให้การสร้าง aromatic amino acid ลดลงและไปมีผลต่อการทำงานของ phenylalanine ammonialyase (PAL) ในการสร้าง

เอกล... การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารต่าง ๆ ในพืช เช่น cinnamic acid, flavonoids, alkaloid และสารประกอบพอลิฟีนอล (polyphenolic compound) ได้แก่ ลิกนิน (lignin) เมื่อการสร้าง aromatic amino acid ลดลงทำให้เกิดการยับยั้งหรือหยุดการสังเคราะห์โปรตีน พืชจะหยุดการเจริญเติบโต จะลดการขยายตัวและตายในที่สุด (Duke. 1988 ; Lydon and Duke. 1989)



รูปที่ 2.2 สาร glyphosate ขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ EPSPS ในกระบวนการ Shikimic acid pathway ทำให้การสังเคราะห์กรดอะมิโนลดลง (Ross and Lembi. 1999)

นอกจากนี้ผลกระทบทางด้านสรีรวิทยาอื่น ๆ ที่ถูกรายงานไว้ เช่น glyphosate เป็นสาเหตุทำให้ระดับของ indole-3-acetic acid (IAA) ในเนื้อเยื่อพืชลดลงอย่างรวดเร็ว (Duke. 1988) และทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง โดยไปยับยั้งการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ (Kitchen *et al.* 1981) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดอาการ chlorosis ภายหลังจากได้รับสาร glyphosate (Abu-Irmaileh and Jordan. 1978 ; Pereira and Crabtree. 1986) การยับยั้งการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์เนื่องจาก 5-aminolevulinic acid ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคลอโรฟิลล์ถูกยับยั้ง (Kitchen *et al.* 1981) นอกจากนั้นสาร glyphosate ยังชักนำให้โครโมโซม (chromosome) เกิดการผิดปกติซึ่งส่งผลต่อกระบวนการหายใจและการถ่ายเทสารไนเตรต (nitrate) ลดลง (Cole. 1985)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากสาร glyphosate มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำและมีความสามารถในการละลายน้ำสูง สมบัติทั้งสองประการนี้ทำให้สาร glyphosate ถูกดูดซึมได้อย่างรวดเร็วโดยเนื้อเยื่อพืชและเคลื่อนย้ายอย่างรวดเร็วไปยังส่วนต่าง ๆ ทำให้พืชเกิดความเป็นพิษได้ แต่ยังไม่ทราบแน่ชัดว่าเนื้อเยื่อหรืออวัยวะส่วนใดของพืชเป็นตำแหน่งแรกในการเกิดปฏิกิริยาของสาร glyphosate เป็นที่น่าสังเกตว่าเนื้อเยื่อเจริญ (meristems) อาจเป็นเนื้อเยื่อส่วนที่ได้รับผลกระทบโดยตรงเพราะเนื้อเยื่อส่วนนี้เป็นบริเวณที่มีการเมตาบอลิซึมสูง รวมทั้งเป็นแหล่งสะสมสาร glyphosate ด้วยเช่นกัน (Haderlie *et al.* 1978)

2.7 ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate

2.7.1 อิทธิพลของความชื้นดิน

ความชื้นดินเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate ซึ่งความชื้นดินมีผลโดยตรงต่อค่า water potential ของพืช (Caseley and Coupland. 1985) และส่งผลโดยตรงต่อการดูดซึมและการเคลื่อนย้ายสาร glyphosate ในพืช มีรายงานการวิจัยหลายฉบับที่แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มความชื้นน้ำในดินทำให้ประสิทธิภาพของสาร glyphosate ที่ฉีดพ่นบนพืชบางชนิดลดลงดังแสดงในตารางที่ 2.5

พืชหลายชนิด เช่น หญ้าแห้วหมู (Chase and Appleby. 1979) Canada thistle (Lauridson *et al.* 1980) หญ้าพงและถั่วเหลือง (McWhorter *et al.* 1980) และ quackgrass (Klevorn and Wyse. 1984) การดูดซึมและการเคลื่อนย้ายสาร glyphosate ลดลง เมื่อความชื้นดินลดลง นอกจากนี้ Waldecker and Wyse (1985) รายงานว่า common milkweed (*Asclepias syriaca* L.) ที่ได้รับสาร ^{14}C -glyphosate ภายใต้สภาพความชื้นดิน 25% ทำให้การดูดซึมและการเคลื่อนย้ายสาร ^{14}C -glyphosate เท่ากับ 44 และ 20% ตามลำดับ แต่เมื่อความชื้นดินลดลงเหลือ 13% การดูดซึมและการเคลื่อนย้ายสารดังกล่าวนี้เท่ากับ 29 และ 7% ตามลำดับ และยังรายงานเพิ่มเติมอีกว่าเมื่อพืชเกิดความเครียดน้ำทำให้ปฏิกิริยา (ประสิทธิภาพ) ของสาร glyphosate ลดลง เนื่องมาจากการดูดซึมสารเข้าสู่ใบและการเคลื่อนย้ายไปยังส่วนต่าง ๆ ภายในต้นพืชลดลง

ตารางที่ 2.5 อิทธิพลของความชื้นดินต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate

อัตราสาร glyphosate (กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อเฮกตาร์)	ชนิดพืช	ความชื้นดิน	การตอบสนอง	อ้างอิง
200-400	หญ้าหาง	20% (w/w) และ 12% (w/w)	ความชื้นสูงควบคุมได้ดีกว่าความชื้นต่ำ	McWhorter and Azlin (1978)
2,000	หญ้าแห้วหมู	-0.2MPa และ -1.1MPa	ระดับความชื้นดินสูงการเจริญเติบโตลดลง	Chase and Appleby (1979)
300, 600 และ 1,200	หญ้าแห้วหมู	แรงดึงน้ำ (ชม.ปรอท) สูง (3.3-4.9) ปานกลาง (30.0-36.0) และต่ำ (67.0-73.0)	ระดับความชื้นดินต่ำ ปฏิกริยาสาร glyphosate ลดลง	Moosavi-Nia and Dore (1979a)
200, 400 และ 800	หญ้าคา	แรงดึงน้ำ (ชม.ปรอท) สูง (3.3-4.9) ปานกลาง (30.0-36.0) และต่ำ (67.0-73.0)	ระดับความชื้นดินต่ำ ปฏิกริยาสาร glyphosate ลดลง	Moosavi-Nia and Dore (1979a)
250 ถึง 1,000	quackgrass	21.5% (w/w), 10.7% (w/w) และ 5.4% (w/w)	ความมีชีวิตของตาดลดลง เมื่อความชื้นดินเพิ่มขึ้น	Ismael <i>et al.</i> (1983)
1,100	common milkweed	25% (w/w) และ 13% (w/w)	การแตกยอดใหม่ลดลง เมื่อความชื้นดินเพิ่มขึ้น	Waldecker and Wyse (1985)
180	ข้าวโอ๊ต	-0.8MPa และ -2.0MPa	มีความทนทานอย่างมาก เมื่อความชื้นดินต่ำ	Dickson <i>et al.</i> (1990)

2.7.2 อิทธิพลของความเข้มแสง

แสงมีส่วนเกี่ยวข้องในการเกิดลักษณะอาการเป็นพิษของพืชหลังได้รับสาร glyphosate ดังเห็นได้จากอาการ chlorosis ที่เกิดขึ้น Moosavi-Nia and Dore (1979b) รายงานว่า หญ้าคา และ หญ้าแห้วหมูที่เจริญภายใต้ความเข้มแสงต่างกันเป็นเวลานานทั้งก่อนและหลังได้รับสาร glyphosate ปรากฏว่า ลักษณะอาการเป็นพิษจะเกิดขึ้นกับวัชพืชทั้งสองชนิดที่อยู่ภายใต้ความเข้มแสงเต็มที่ (full sunlight) ก่อนเป็นอันดับแรกแต่ในท้ายที่สุดพบว่าวัชพืชที่อยู่ภายใต้สภาพแสงน้อยกว่าจะถูกควบคุมได้ดีกว่าวัชพืชที่อยู่ภายใต้ความเข้มแสงเต็มที่ ซึ่งสาเหตุที่ความเข้มแสงต่ำส่งเสริมประสิทธิภาพของสาร glyphosate เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพืช เมื่อพืชเจริญเติบโตในสภาพความเข้มแสงต่ำ Arif (1979) พบว่า การใช้สาร glyphosate ในอัตราต่ำกว่าปกติสามารถควบคุมหญ้าคาที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสงต่ำได้ดีกว่าสภาพความเข้มแสงสูง แต่ Abu-Irmaileh and Jordan (1978) รายงานว่า แสงส่งเสริมให้หญ้าแห้วหมูที่ได้รับสาร glyphosate เกิดอาการ necrosis แต่ความมืดจะเป็นตัวชะลอการเกิดอาการดังกล่าวและจะได้ผลใน

glyphosate เกิดอาการ necrosis แต่ความมืดจะเป็นตัวชะลอการเกิดอาการดังกล่าวและจะได้ผลในทำนองเดียวกันเมื่อทำการทดสอบกับหญ้าพง (Upchurch and Baird. 1972) yellow nutsedge (Suwanketnikom and Penner. 1976) ถั่วเหลืองและยาสูบ (Lee. 1981)

มีนักวิจัยหลายท่านรายงานว่าหลังจากพืชถูกฉีดพ่นด้วยสาร glyphosate พืชที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพที่มีความเข้มแสงสูงจะเกิดลักษณะอาการเป็นพิษเร็วกว่าพืชที่เจริญภายใต้สภาพความเข้มแสงต่ำ แต่ท้ายที่สุดแล้วภายใต้ความเข้มแสงทั้งสองระดับการตอบสนองต่อสาร glyphosate จะเหมือนกัน (Evans. 1972 ; Hanson *et al.* 1975 ; Coupland and Caseley. 1981) Caseley (1972) รายงานว่า ความเข้มแสงต่ำจะเป็นตัวชะลอการเกิดลักษณะอาการเป็นพิษที่เหง้าของ quackgrass ให้เห็น แต่การชะลอการเกิดลักษณะอาการเป็นพิษนี้ไม่มีผลต่อการควบคุมวัชพืชชนิดนี้หลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate ไปแล้ว 6 สัปดาห์

การดูดซึมและการเคลื่อนย้ายสาร glyphosate ในพืชหลายชนิดอยู่ภายใต้อิทธิพลของความเข้มแสง Sherrick *et al.* (1986) รายงานว่า field bindweed ที่เจริญเติบโตภายใต้ความเข้มแสงต่ำสามารถดูดซึมสาร glyphosate ได้มากกว่าเมื่อเจริญเติบโตภายใต้ความเข้มแสงสูง และเมื่อใช้สาร glyphosate กับมันฝรั่ง Masiunas and Weller (1988) รายงานว่า สาร glyphosate อัตรา 280 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อเฮกตาร์ ภายใต้ความเข้มแสง 650 ± 53 และ $320 \pm 45 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ ปรากฏว่าความเข้มแสงทั้งสองระดับชักนำไปเกิดลักษณะอาการเป็นพิษไม่แตกต่างกัน ในทางตรงข้าม Whitwell *et al.* (1980) พบว่า ชิ้นส่วนของปลายใบและลำต้น horsenettle (*Solanum carolinense* L.) สามารถดูดซึมสาร ^{14}C -glyphosate ในสภาพที่มีแสงได้มากกว่าในสภาพที่ไม่มีแสง เนื่องจากแสงมีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการดูดซึมสาร ^{14}C -glyphosate โดยผ่านกระบวนการสร้าง ATP หรือแหล่งพลังงานอื่น ๆ

Kells and Rieck (1979) ชี้ให้เห็นว่า หญ้าพงที่ได้รับแสง 13,000 ลักซ์ หรือ 42 วัตต์ต่อม.² สามารถเคลื่อนย้ายสาร ^{14}C -glyphosate ออกจากใบที่ได้รับสารไปสู่รากและเหง้า (อวัยวะที่มีการเมตาบอลิซึมสูง) ได้มากกว่าหญ้าพงที่ไม่ได้รับแสงหรือได้รับแสง 150 ลักซ์ หรือ 0.5 วัตต์ต่อม.² สาเหตุที่การเคลื่อนย้ายเพิ่มขึ้นเนื่องจากพืชมีอัตราการสังเคราะห์แสงและการเคลื่อนย้ายของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นภายใต้สภาพที่มีความเข้มแสงสูง นอกจากนี้พบการตอบสนองต่อความเข้มแสงในทำนองเดียวกันของ hemp dogbane (*Apocynum cannabinum*) และ quackgrass (Schultz and Burnside. 1980 ; Coupland. 1983) ที่ถูกฉีดพ่นด้วยสาร glyphosate

2.7.3 อิทธิพลของอุณหภูมิ

อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate ในการควบคุมวัชพืชหลายชนิด Lund-Høie (1983) รายงานว่า ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate ลงบน Norway spruce (*Picea abies* L.) ที่เจริญเติบโตอยู่ภายใต้อุณหภูมิสูง (24 °ซ) ไปแล้ว 48 ช.ม.ประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชนี้จะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อลดอุณหภูมิที่วัชพืชเจริญเติบโตอยู่จาก 24 เหลือ 12 °ซ ทำให้ประสิทธิภาพในการควบคุมลดลงด้วย Devine and Bandeen (1983) กล่าวว่า การเคลื่อนย้ายสาร glyphosate ไปสู่เหง้าลดลงเมื่ออุณหภูมิลดลง และในรายงานของ Devine *et al.* (1983) พบว่า ภายใต้อุณหภูมิสูง (21/18 °ซ) การดูดซึมและการเคลื่อนย้ายสาร glyphosate เข้าสู่ภายในต้น quackgrass เพิ่มขึ้น แต่ในสภาพอุณหภูมิต่ำ (10/8 °ซ) กลับไม่มีการดูดซึมสาร glyphosate เข้าสู่ภายในต้นพืช Masiunas and Weller (1988) พบว่า มันฝรั่งที่ได้รับสาร glyphosate (2,240 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อเฮกตาร์) ภายใต้อุณหภูมิ 24/13 °ซ ได้รับความเสียหายมากกว่าภายใต้อุณหภูมิ 13/4 °ซ ส่วน McWhorter *et al.* (1980) พบว่า หญ้าพงสามารถดูดซึมและเคลื่อนย้ายสาร glyphosate เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 24 เป็น 35 °ซ และให้ผลในทำนองเดียวกันเมื่อทดลองกับต้นกล้าหญ้าแพรก (Jordan, 1977) และ hemp dogbane (Schultz and Burnside, 1980) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 22 เป็น 30 °ซ และ 25 เป็น 30 °ซ ตามลำดับ

อุณหภูมิสูงไม่ได้มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับสาร glyphosate เสมอไป แต่อุณหภูมิสูงอาจมีความสัมพันธ์กับสาร glyphosate ในทางลบได้เช่นกัน เพราะอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน Baird and Begeman (1972) และ Caseley (1972) รายงานว่า อุณหภูมิต่ำทำให้ประสิทธิภาพของสาร glyphosate ในการควบคุม quackgrass เพิ่มขึ้น ในขณะที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ประสิทธิภาพในการควบคุมลดลงและยังมีรายงานในลักษณะทำนองเดียวกันนี้กับถั่วเหลือง (McWhorter and Azlin, 1987 ; McWhorter *et al.* 1980) yellow nutsedge (Tharawanich and Linscott, 1975) และฝ้าย (Wills, 1978)

2.7.4 อิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์

เมื่อฉีดพ่นสาร glyphosate อัตรา 800 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อเฮกตาร์ ภายใต้อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์สูง สาร glyphosate สามารถเข้าสู่ใบพืชภายในระยะเวลา 24 ช.ม.แรก ดังนั้น ความชื้นสัมพัทธ์จะมีอิทธิพลต่อการเข้าไปภายในใบพืชในช่วงหลังจาก 24 ช.ม. ผ่านไปแล้วน้อยมาก แต่อย่างไรก็ตามในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำการดูดซึมสารกำจัดวัชพืชจะมีประสิทธิภาพต่ำและจะมีประสิทธิภาพสูงเมื่อได้รับสภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงอย่างต่อเนื่อง (Caseley, 1972) Gottrup *et al.* (1976) รายงานว่า ช่วง 24 ช.ม.แรกภายหลังจาก leafy spurge และ Canada thistle

ได้รับสาร ^{14}C -glyphosate ภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสามารถดูดซึมสารชนิดนี้เพียง 8 และ 13% ตามลำดับ แต่เมื่อความชื้นสัมพัทธ์สูงพืชทั้งสองชนิดนี้สามารถดูดซึมสาร ^{14}C -glyphosate เท่ากับ 87 และ 67% ตามลำดับ Coupland and Caseley (1981) พบว่า 24 ชม.ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์สูงการงอกของหน่อจากบริเวณข้อของ quackgrass จะถูกยับยั้ง Whitwell *et al.* (1980) รายงานว่า ภายหลังจากฉีดพ่นสาร ^{14}C -glyphosate เป็นเวลา 48 ชม. การดูดซึมและการเคลื่อนย้ายสาร ^{14}C -glyphosate ในหญ้าแพรกเกิดขึ้นภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงมากกว่าภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ยิ่งไปกว่านั้น McWhorter *et al.* (1980) รายงานว่า ภายหลังจากฉีดพ่นสาร ^{14}C -glyphosate เป็นเวลา 72 ชม. สารดังกล่าวสามารถเคลื่อนย้ายออกจากใบ (หญ้าพงและถั่วเหลือง) บริเวณที่ได้รับสาร ในสภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง (100%) มากกว่าในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (45%)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการดำเนินการทดลองทั้งหมดประกอบด้วย:

1. โครงเหล็กประกอบเป็นเต็นท์ขนาด 3 x 4 x 1 ม. (กว้าง x ยาว x สูง) มุงด้วยพลาสติกใสหรือตาข่ายพรางแสงที่ยอมให้แสงผ่านระดับต่าง ๆ กันเพื่อใช้ในแต่ละการทดลอง
2. เมล็ดหญ้าข้าวนก ดินร่วนเหนียวแห้งและกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม.
3. เครื่องฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชระบบน้ำน้อย (CDA : Control Droplet Application) ยี่ห้อ micron herbi-4 ติดตั้งบนรถขนาดเล็ก (ประกอบขึ้นเอง) ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ อัตรา 0.84 ก.ม.ต่อช.ม.
4. เครื่องวัดพื้นที่ใบ ยี่ห้อ Li-COR รุ่น Li-3100 ตู้อบแห้ง WTBC binder รุ่น VAP2 เครื่อง Porometer ยี่ห้อ Li-COR รุ่น Li-1600 วัดการเหนียวน้ำไฟฟ้าของปากใบ (stomatal conductance) และ Pressure bomb สำหรับวัดค่าศักย์กาน้ำในใบพืช (leaf water potential)
5. เครื่องชั่งน้ำหนัก Meter รุ่น AJ100 และเครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
6. สารกำจัดวัชพืช 4 ชนิด คือ (1) glyphosate: ((N-phosphonomethyl) glycine, isopropylamine salt 48% (a.i.) w/v) เป็นสารกำจัดวัชพืชแบบใช้หลังวัชพืชงอก ไม่เลือกทำลาย มีฤทธิ์ดูดซึม กำจัดวัชพืชทั้งฤดูเดียวและวัชพืชข้ามปี ชื่อการค้า ราวด์อัฟ จำหน่ายโดย บริษัท มอนซานโตไทยแลนด์ จำกัด อัตราแนะนำ 480 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อไร่ (2) MSMA: (monosodium methanearsonate 72% (a.i.) w/v SL.) เป็นสารกำจัดวัชพืชแบบใช้หลังวัชพืชงอก เลือกทำลาย มีฤทธิ์ดูดซึม กำจัดวัชพืชใบแคบตระกูลหญ้าและใบกว้างบางชนิด ชื่อการค้า MSMA 720 จำหน่ายโดย บริษัท ฟาร์ม โพรเทคชั่น จำกัด อัตราแนะนำ 540 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อไร่ (3) quizalofop-p-tefuryl: (2-tetrahydrofuranlyl methyl (+)-2-[4-(6-chloro-2-quinoxalinyloxy)-phenoxy] propanoate 6% (a.i.) w/v) เป็นสารกำจัดวัชพืชแบบใช้หลังวัชพืชงอก เลือกทำลาย มีฤทธิ์ดูดซึม กำจัดวัชพืชใบแคบตระกูลหญ้าฤดูเดียว ชื่อการค้า แพนเอ็ม จำหน่ายโดย บริษัท เสรีเคมีเกษตรและอุตสาหกรรม จำกัด อัตราแนะนำ 14.4 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อไร่ (4) atrazine: (6-chloro-N-ethyl-N'-isopropyl-1,3,5-triazine-2,4-diamine 75% related compound 5% (a.i.) WP.) เป็นสารกำจัดวัชพืชแบบใช้ก่อนและหลังวัชพืชงอก เลือกทำลาย มีฤทธิ์ดูดซึม กำจัดวัชพืชใบกว้างและใบแคบ ชื่อการค้า เอเทร็ก 80 จำหน่ายโดย บริษัท โนวาร์ตีส (ประเทศไทย) จำกัด อัตราแนะนำ 560 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อไร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ถุงกระดาษสีน้ำตาล ถุงพลาสติกใส กระดาษ foil กระดาษเพาะแบบ between paper งานเพาะ (petri dish) กระบอกตวง บีกเกอร์ ตลับเมตร จอบ ช่อมพรวน และช้อนปลูก

3.2 การเตรียมวัสดุทดลอง

นำดินร่วนเหนียวมาตากให้แห้งแล้วทำการย่อยจนสามารถร่อนผ่านตะแกรงขนาด 3 x 3 ซม.² บรรจุดินลงในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม.ซึ่งภายในกระถางบุด้วยพลาสติกใสขนาดพอดีกับขนาดของกระถาง ให้ดินอยู่ต่ำกว่าปากกระถาง 1 ซม. (ใช้ดินแห้งประมาณ 1,200 กรัมต่อกระถาง) หลังจากนั้นนำเมล็ดหญ้าข้าวนกมาเพาะในจานเพาะที่รองด้วยกระดาษเพาะ 2 ชั้น (ซึ่งเปียกชุ่มด้วยน้ำ) แล้วนำจานเพาะเมล็ดไปเก็บไว้ในตู้เพาะอุณหภูมิ 35 °ซ ใช้เวลาเพาะประมาณ 2 วัน เมล็ดเริ่มงอก นำเมล็ดที่งอกแล้วปลูกลงในกระถาง ๆ ละ 1 เมล็ด รดน้ำให้ชุ่ม หลังจากนั้นให้น้ำที่ระดับ field capacity (FC) วันเว้นวัน (ความชื้นดินที่ระดับ FC ของดินที่ใช้ในการทดลองนี้เท่ากับ 33.3% w/w ซึ่งวิธีการหาความชื้นดินที่ระดับ FC ใช้ pressure plate technique ; Reeve and Carter. 1991) ดูแลหญ้าข้าวนกมีใบ 3-4 ใบ หรือมีระยะการเจริญเติบโตเหมาะสมที่จะใช้ในแต่ผลการทดลอง เพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุทดลองต่อไป

3.3 วิธีการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช

ใช้เครื่องฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช CDA ที่ติดตั้งบนรถขนาดเล็กสำหรับฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช โดยให้หัวฉีด (ใช้หัวฉีดสี่เหลี่ยม) อยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 35 ซม.และค่าปริมาตรน้ำยาต่อไร่ (spray volume) ของ CDA เมื่อติดตั้งบนรถมีค่าเท่ากับ 13.33 ลิตรต่อไร่ (ภาคผนวกที่ 1) สำหรับการเตรียมสารกำจัดวัชพืชแต่ละชนิดในอัตรา 0.5, 1.0 และ 1.5 เท่าของอัตราแนะนำ (อัตราแนะนำของสาร glyphosate, MSMA, quizalofop-p-tefuryl และ atrazine เท่ากับ 480, 540, 14.4 และ 560 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อไร่ ตามลำดับ) ตามวิธีของ พรชัย เหลืองอาภาพงศ์ (2539ค) และการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชทำในช่วงเช้าเวลาประมาณ 7.00 ถึง 9.00 น. ขณะลมสงบ

3.4 สถานที่และแผนการดำเนินงาน

ดำเนินการทดลองที่แปลงทดลองคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เริ่มการทดลองตั้งแต่ต้นเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนกันยายน 2543 ซึ่งมีสภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปดังภาคผนวกที่ 2

ขั้นตอนการดำเนินงาน	เดือน					
	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	ก.ค.	ส.ค.
การทดลองที่ 1	←-----→					
การทดลองที่ 2		←-----→				
การทดลองที่ 3			←-----→			
การทดลองที่ 4				←-----→		
การทดลองที่ 5				←-----→		
วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง			←-----→			

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 การทดลองที่ 1 เปรียบเทียบสาร glyphosate กับสารกำจัดวัชพืชชนิดดูดซึมที่ใช้ทางใบซึ่งใช้ควบคุมหญ้าข้าวนก

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCB) ทำ 4 ซ้ำ ใช้สารกำจัดวัชพืช 4 ชนิด คือ glyphosate, MSMA, quizalofop-p-tefuryl และ atrazine สารกำจัดวัชพืชรดดังกล่าวถูกใช้ใน 3 อัตรา คือ 0.5, 1.0 และ 1.5 เท่า ของอัตราปกติที่บริษัทผู้จำหน่ายแนะนำ ซึ่งอัตราที่แนะนำของ glyphosate, MSMA, quizalofop-p-tefuryl และ atrazine เท่ากับ 480, 540, 14.4 และ 560 กรัม สารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อไร่ ตามลำดับ

ทำการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชตามวิธีในข้อ 3.3 ใช้ต้นกล้าหญ้าข้าวนก (จากข้อ 3.2) ที่ระยะเจริญเติบโต 5-6 ใบ (อายุประมาณ 22-23 วัน ; Snipes and Street. 1987) เป็นวัสดุทดลอง ก่อนฉีดพ่นให้คลุมดินที่บริเวณปากกระถางด้วยกระดาษ foil ป้องกันสารกำจัดวัชพืชตกลงบนดินในกระถาง

การบันทึกผลการทดลอง

1. วัดพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของต้นหญ้าข้าวนกก่อนทำการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช 1 วัน (การวัดค่าแต่ละค่าใช้วัชพืช 8 ตัวอย่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดพื้นที่ใบ: ตัดแผ่นใบ (leaf blade) มาวัดด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ ในระหว่างการวัด ต้องคลี่ใบออกโดยไม่ให้มีส่วนที่พับหรือทับซ้อนกัน (Dall'Armellina and Zimdahl. 1989)

การวัดน้ำหนักแห้ง: ตัดต้นหญ้าข้าวนกที่ระดับเสมอผิวดิน นำส่วนเหนือดินทั้งหมดมาอบที่อุณหภูมิ 72 °ซ นาน 3 วัน หรือจนกระทั่งน้ำหนักแห้งคงที่ แล้วจึงทำการชั่งน้ำหนักแห้งของต้นหญ้าข้าวนก

2. การประเมินความเสียหายหลังจากฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชแล้ว 1 วัน ทำการประเมินความเสียหายที่เกิดขึ้นเนื่องจากสารกำจัดวัชพืชด้วยสายตาโดยการให้คะแนนตามตารางที่ 3.1 (Australian Weed Committee. 1979) และการประเมินผลครั้งต่อ ๆ ไปทำวันเว้นวันจนวัชพืชที่ถูกฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชตาย หรือถึงระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม (Parsons and Richardson. 1992)

3. วัดน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของวัชพืชที่ถูกฉีดพ่นเปรียบเทียบกับที่ไม่ถูกฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช โดยเก็บเกี่ยวและหาน้ำหนักแห้งของ (1) วัชพืชที่ถูกฉีดพ่นเมื่อวันเก็บเกี่ยว (treatment) (2) วัชพืชที่ไม่ถูกฉีดพ่นเมื่อวันเก็บเกี่ยว (control) และ (3) วัชพืชที่ไม่ถูกฉีดพ่น ณ วันที่ฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช แล้วนำมาคำนวณจากสูตรดังนี้ (Dortenzio and Norris. 1980)

$$DWP = \frac{(DWT - W_0) \times 100}{DWC - W_0}$$

DWP = เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของวัชพืชที่ถูกฉีดพ่นเปรียบเทียบกับ ไม่ฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช

DWT = น้ำหนักแห้งของวัชพืชที่ถูกฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชเมื่อวันเก็บเกี่ยว (treatment)

DWC = น้ำหนักแห้งของวัชพืชที่ไม่ถูกฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชเมื่อวันเก็บเกี่ยว (control)

W₀ = น้ำหนักแห้งของวัชพืชที่ไม่ถูกฉีดพ่น ณ วันที่ฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช

ตารางที่ 3.1 ระดับคะแนนและลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่เกิดขึ้นกับวัชพืช อันเนื่องมาจากการได้รับสารกำจัดวัชพืช (Australian Weed Committee. 1979)

Damage rating (%)	Morphological responses
0	Not evident.
10	Negligible discoloration, distortion and/or stunting barely seen.
20	Slight damage: discoloration, distortion and/or stunting clearly seen.
30	Moderate damage: moderate discoloration, marked distortion and/or stunting. Recovery expected.
40	Substantial damage: much discoloration, distortion and/or stunting: some damage probably irreversible.
50	Majority of plants damaged, many irreversibly; some necrosis; discoloration and distortion severe.
60	Nearly all plants damaged, most irreversibly; some plants killed (<40%); substantial necrosis and distortion.
70	Severe damage: majority of plants kills (40-60%); much necrosis and distortion.
80	Very severe damage: majority of plants killed (60-80%); remainder show much necrosis & wilting.
90	Remaining live plants (<20%) mostly discolored & distorted permanently or desiccated.
100	Complete loss of plant.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลกระทบความชื้นดินต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate ในการควบคุมหญ้าข้าวนก

การทดลองครั้งนี้ทำภายใต้เต็นท์พลาสติกใส่กันฝน วางแผนการทดลองแบบ Split plot in RCB ทำ 4 ซ้ำ ให้ระดับความชื้นดินเป็น Main plot มี 2 ระดับคือ ระดับความชื้นดินที่ FC (ได้รับน้ำที่ระดับ FC วันเว้นวัน) และระดับความชื้นดินที่หญ้าข้าวนกแสดงอาการเครียดน้ำ (water stress plant: หญ้าข้าวนกแสดงอาการเหี่ยวหรือห่อใบในช่วงเวลาสาย ๆ ซึ่งสามารถสังเกตได้ด้วยสายตา) และอัตราการฉีดพ่นสาร glyphosate เป็น Sub plot โดยใช้อัตราความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 1.5 เท่าของอัตราปกติที่บริษัทผู้จำหน่ายแนะนำ

การเตรียมหญ้าข้าวนกให้อยู่ในสภาพเครียดน้ำ (water stress plant): นำต้นหญ้าข้าวนกที่มีระยะการเจริญเติบโต 3-4 ใบ (จากข้อ 3.2) ซึ่งให้น้ำระดับ FC แล้วจำนวน 10 กระถาง มาเลี้ยงให้อยู่ภายใต้เต็นท์พลาสติกกันฝน หลังจากนั้นหยุดให้น้ำจนกระทั่งหญ้าข้าวนกแสดงอาการห่อใบหรือใบเริ่มเหี่ยว (ชั่วคราว) ในช่วงสาย (เวลาประมาณ 10.00 น.) หลังจากพืชแสดงอาการดังกล่าวแล้วประมาณ 3 วัน ในวันที่ 4 ให้ชั่งน้ำหนักกระถาง (กระถาง + ดิน + น้ำ + หญ้าข้าวนก) เพื่อหาระดับความชื้นดินที่ชักนำให้เกิดความเครียดน้ำ (ถ้าระดับความชื้นดินที่ชักนำให้หญ้าข้าวนกเกิดความเครียดน้ำเท่ากับ 16.7% w/w) ซึ่งค่าระดับความชื้นที่ได้ดังกล่าวจะใช้เป็นบรรทัดฐานในการควบคุมให้หญ้าข้าวนกเกิดความเครียดน้ำตลอดเวลาที่ทำการทดลอง

การเตรียมหญ้าข้าวนกเพื่อการฉีดพ่นสาร glyphosate: นำต้นหญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโต 3-4 ใบ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกนำมาดูแลโดยให้น้ำที่ระดับ FC วันเว้นวัน กลุ่มที่สองเตรียมหญ้าข้าวนกให้อยู่ในสภาพความเครียดน้ำ โดยหยุดให้น้ำจนเมื่อหญ้าข้าวนกกลุ่มที่สองแสดงอาการใบห่อหรือเหี่ยวชั่วคราว หลังจากนั้นประมาณวันที่ 4 ก็ทำการวัดค่า leaf water potential และ stomatal conductance (ในช่วงเวลาเช้า) รวมทั้งวัดพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งก่อนฉีดพ่นสาร glyphosate แก่หญ้าข้าวนกทั้ง 2 กลุ่ม (หญ้าทั้ง 2 กลุ่มมีอายุเท่ากันประมาณ 28-29 วัน) และทำการฉีดพ่นสาร glyphosate ตามอัตราต่าง ๆ โดยปฏิบัติในทำนองเดียวกับการทดลองที่ 1 หลังจากนั้นนำกระถางหญ้าข้าวนกมาจัดวางตามแผนการทดลองข้างต้นภายใต้เต็นท์พลาสติก อนึ่งการดูแลหญ้าข้าวนกที่ได้รับน้ำระดับ FC และที่เกิดความเครียดน้ำตลอดการทดลองนี้ โดยทำการชั่งกระถางแล้วเติมน้ำให้ได้น้ำหนักทั้งหมดของกระถางตามที่กำหนดไว้ทุกวัน

การบันทึกผลการทดลอง: ทำเหมือนการทดลองที่ 1 รวมทั้งมีการวัดค่า leaf water potential และ stomatal conductance ดังนี้

การวัดค่า leaf water potential: ตัดใบแรกนับจากยอดซึ่งคลี่ออกเต็มที่แล้ว (first fully expanded leaf) บริเวณกึ่งกลางใบ หลังจากนั้นสอดใบที่ตัดเข้าไปยังช่องฝาปิด chamber ให้บริเวณรอยตัดโผล่พ้นช่องฝาปิด chamber ด้านบนออกมาเล็กน้อย ปิดฝาปิด chamber ให้สนิท หลังจากนั้น

เอกลดข้อ ๒. เปิดวาล์ว ปล่อยก๊าซไนโตรเจน เพื่อเพิ่มความดันใน chamber ให้สูงขึ้น จนกระทั่งปรากฏไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟองอากาศฟองแรกที่บริเวณรอยตัดของใบ ความดัน ณ จุดนี้คือค่า leaf water potential (เฉลิมพล แชมเพชร. 2535 ; Lauridson *et al.* 1983)

การวัดค่า stomatal conductance: ใช้เครื่อง porometer โดยมีวิธีการอย่างย่อ ๆ คือ หลังจากปรับเครื่องให้อยู่ในสภาพ steady state condition แล้ว ให้สอดใบแรกนับจากยอดซึ่งคลี่ออกเต็มที่แล้ว (ใบยังคงติดอยู่กับต้นพืช) เข้าไประหว่าง clamp และ aperture cap ของเครื่อง porometer ทำการอ่านค่า stomatal conductance ขณะนั้น

3.5.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาผลกระทบแสงต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate ในการควบคุมหญ้าข้าวนก

วางแผนการทดลองแบบ Split plot in RCB ทำ 4 ซ้ำ ให้ระดับความเข้มแสงเป็น Main plot มี 3 ระดับ คือ แสง 100, 42 และ 20% ของความเข้มแสงทั้งหมด (การลดปริมาณความเข้มแสงทำโดยใช้ตาข่ายพรางแสง 50% ชนิดสีดำคลุมไปบน โครงเหล็กที่ประกอบเป็นเต็นท์ จำนวน 1 และ 2 ชั้น จะได้ความเข้มแสงเป็น 42 และ 20% ของความเข้มแสงทั้งหมด ตามลำดับ) และอัตราการฉีดพ่นสาร glyphosate เป็น Sub plot โดยใช้อัตราความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 1.5 เท่าของอัตราปกติที่บริษัทผู้จำหน่ายแนะนำ การฉีดพ่นสาร glyphosate ปฏิบัติในทำนองเดียวกับการทดลองที่ 1 ใช้ต้นกล้าหญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโต 5-6 ใบ (จากข้อ 3.2 ซึ่งมีอายุประมาณ 22-23 วัน) เป็นวัสดุทดลอง เมื่อฉีดพ่นสาร glyphosate แล้วนำต้นกล้าไปวางไว้ภายใต้เต็นท์ที่มีระดับความเข้มแสงต่างๆ กันตามที่กำหนดทันที อนึ่งการวัดความเข้มแสงใช้เครื่อง porometer วัดความเข้มแสงเมื่อเวลาเที่ยงวันที่ท้องฟ้าโปร่งใส ทั้งภายในและภายนอกเต็นท์ที่คลุมด้วยตาข่ายพรางแสง (ค่าความเข้มแสงที่วัดได้ 100, 42 และ 20% ของความเข้มแสงทั้งหมด เท่ากับ 16.93, 7.11 และ 3.39 MJm⁻²d⁻¹ ตามลำดับ) การบันทึกผลการทดลอง ทำเหมือนการทดลองที่ 1

3.5.4 การทดลองที่ 4 ศึกษาผลกระทบของระยะการเจริญเติบโตหญ้าข้าวนกต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate ในการควบคุมหญ้าข้าวนก

วางแผนการทดลองแบบ RCB ทำ 4 ซ้ำ ใช้หญ้าข้าวนกที่มีระยะการเจริญเติบโต 4 ระยะ (การเตรียมกล้าหญ้าข้าวนกตามวิธีการในข้อ 3.2) คือ ระยะการเจริญเติบโตที่มีใบ 3-4, 5-6, 7-8 ใบ และระยะเริ่มแตกหน่อ (early tillering) กับการใช้สาร glyphosate ความเข้มข้น 3 อัตรา คือ 0.5, 1.0 และ 1.5 เท่า ของอัตราปกติที่บริษัทผู้จำหน่ายแนะนำ ทำการฉีดพ่นสาร glyphosate และบันทึกผลการทดลองทำเหมือนการทดลองที่ 1

3.5.5 การทดลองที่ 5 ประสิทธิภาพของสาร glyphosate ในการควบคุมหญ้าข้าวนกในสภาพไร่

วางแผนการทดลองแบบ RCB ทำ 4 ซ้ำ ใช้สาร glyphosate อัตรา 0.5, 1.0 และ 1.5 เท่าของอัตราปกติที่บริษัทผู้จำหน่ายแนะนำ สำหรับการเตรียมแปลงทดลอง เริ่มด้วยไถดินตากแดดไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นทำการย่อยดินและแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 60 x 120 ซม. จำนวน 18 แปลง (สองแปลงย่อยใช้สำหรับวัดพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งก่อนฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชที่เหลืออีก 16 แปลงย่อยใช้ในการทดลอง) ขั้นตอนต่อไปเป็นการเตรียมต้นกล้าหญ้าข้าวนกเพื่อย้ายลงปลูกในแปลงโดยทำการเพาะเมล็ดหญ้าข้าวนกจนงอกตามวิธีในข้อ 3.2 นำเมล็ดที่งอกแล้วปลูกลงดินที่บรรจุในถุงพลาสติกสีดำขนาด 3 x 4 นิ้ว ดูแลรดน้ำจนกระทั่งหญ้าข้าวนกเจริญเติบโตมีใบ 2-3 ใบ ทำการย้ายปลูกลงในแต่ละแปลงย่อยระยะห่างระหว่างแถวต่อต้น 15 x 15 ซม. ดูแลถอนหญ้าข้าวนกเจริญเติบโตมีใบ 5-6 ใบ (อายุประมาณ 23-25 วัน) จึงทำการฉีดพ่นสาร glyphosate และการบันทึกผลการทดลองทำเหมือนการทดลองที่ 1 โดยทำการวัดผลการทดลองจากหญ้าข้าวนก 2 แถวกลางของแต่ละแปลงย่อยโดยไม่รวมต้นพืชที่อยู่หัวและท้ายแถว (ในหนึ่งแปลงมีหญ้าข้าวนก 4 แถว ๆ ละ 8 ต้น)

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละหน่วยทดลองตามวิธีของ Gomez and Gomez (1984) และโปรแกรมช่วยวิเคราะห์ทางสถิติ IRRI-STAT เวอร์ชัน 3/93 ซึ่งพัฒนาโดยสถาบัน International Rice Research Institute ประเทศฟิลิปปินส์

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1 เปรียบเทียบสาร glyphosate กับสารกำจัดวัชพืชชนิดดูดซึมที่ใช้ทางใบซึ่งใช้ควบคุมหญ้าข้าวนก

4.1.1 การเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกก่อนฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช

เมล็ดหญ้าข้าวนกออกและเจริญเติบโตจนกระทั่งมีใบ 5-6 ใบ ใช้เวลาประมาณ 22-23 วัน ที่ระยะการเจริญเติบโตนี้พบว่าหญ้าข้าวนกมีพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเฉลี่ยเท่ากับ 53.41 ซม.²ต่อต้น และ 0.37 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1)

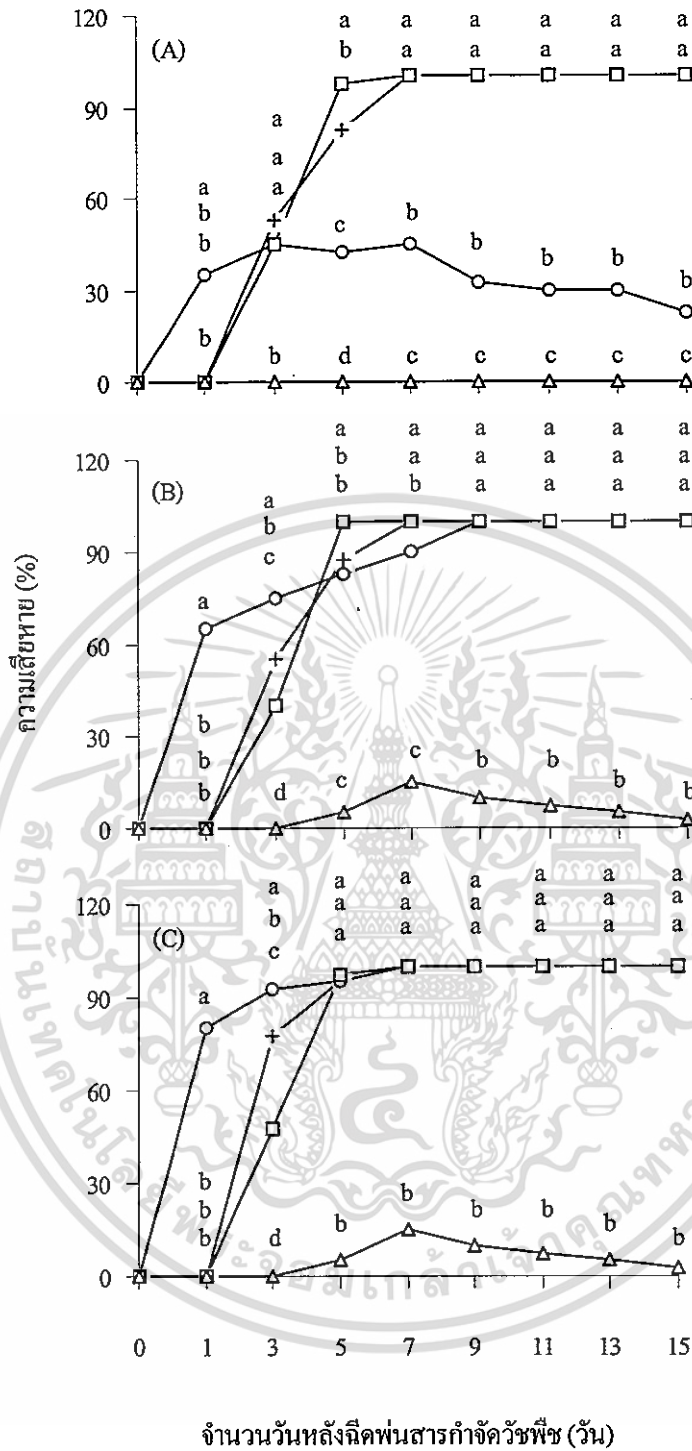
ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบ (ซม.²ต่อต้น) และน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กรัมต่อต้น) ของหญ้าข้าวนกก่อนฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช

ลักษณะพืช	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ใบ	53.41
น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน	0.37

4.1.2 ความเสียหายของหญ้าข้าวนกภายหลังฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช

ลักษณะความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เกิดจากการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช glyphosate, MSMA และ quizalofop-p-tefuryl โดยรวมนั้น วัชพืชแสดงอาการใบเหี่ยว เปลี่ยนเป็นสีเหลืองจนในที่สุดกลายเป็นสีน้ำตาลและแห้งตาย ซึ่งความเร็วของการเกิดความเสียหายจะแตกต่างกันไปตามชนิดของสารกำจัดวัชพืช การประเมินความเสียหายหญ้าข้าวนกภายหลังฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชในอัตรา 0.5 เท่าของอัตราแนะนำ (รูปที่ 4.1A) เป็นเวลา 1 วัน พบว่าหญ้าข้าวนกที่ได้รับสาร glyphosate, quizalofop-p-tefuryl และ atrazine ยังไม่ปรากฏอาการผิดปกติใด ๆ ให้เห็น ส่วนหญ้าข้าวนกที่ได้รับสาร MSMA เกิดความเสียหาย 35.00% ต่อมาภายหลังฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช 3 วัน หญ้าข้าวนกที่ได้รับสาร glyphosate และ quizalofop-p-tefuryl มีความเสียหายเพิ่มขึ้นเป็นลำดับจนถึง 100% (หญ้าข้าวนกตาย) เมื่อได้รับสารกำจัดวัชพืช 7 วัน ในขณะที่หญ้าข้าวนกที่ได้รับสาร MSMA เกิดความเสียหายเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนสูงสุดเมื่อ 7 วันภายหลังฉีดพ่น โดยมีค่าเท่ากับ 45.00% หลังจากนั้นลดลงเหลือเท่ากับ 22.50% เมื่อได้รับสารกำจัดวัชพืช 15 วัน ซึ่งแสดงว่าหญ้าข้าวนกสามารถฟื้นตัวได้ สำหรับหญ้าข้าวนกที่ได้รับสาร atrazine ไม่ปรากฏความเสียหายให้เห็นตลอดระยะเวลาการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ความเสียหายของหญ้าข้าวรกที่ประเมินด้วยสายตาภายหลังฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช glyphosate (+), MSMA (O), quizalofop-p-tefuryl (□) และ atrazine (Δ) อัตรา 0.5 (A), 1.0 (B) และ 1.5 (C) เท่าของอัตราแนะนำ ซึ่งแต่ละตำแหน่งที่มีตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

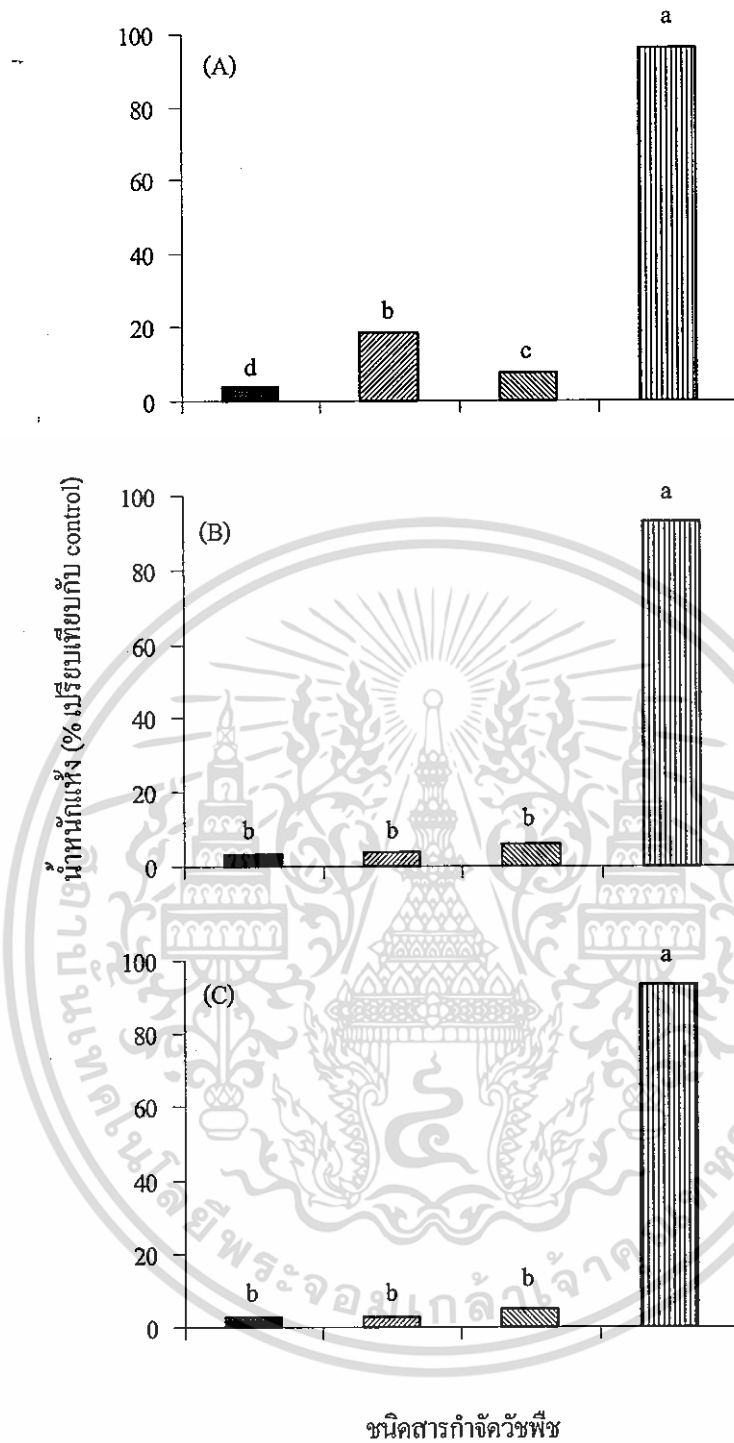
จากรูปที่ 4.1B หลังจากการฉีดพ่นสาร glyphosate และ quizalofop-p-tefuryl เป็นเวลา 1 วัน ในอัตรา 1.0 เท่าของอัตราแนะนำ ยังไม่ปรากฏอาการผิดปกติใด ๆ หลังจากนั้นความเสียหายจะเกิดเพิ่มขึ้นเป็นลำดับและเกิดความเสียหาย 100% ภายหลังจากฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชทั้งสองชนิด 5 และ 7 วัน ตามลำดับ สำหรับสาร MSMA ภายหลังจากฉีดพ่นเป็นเวลา 1 วัน หญ้าข้าวนกเกิดความเสียหายเท่ากับ 65.00% และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งวันที่ 9 ภายหลังจากฉีดพ่น หญ้าข้าวนกเกิดความเสียหาย 100% ส่วนสาร atrazine เริ่มทำให้หญ้าข้าวนกเกิดความเสียหายเล็กน้อย (5.00%) ภายหลังจากฉีดพ่น 5 วัน และเกิดความเสียหายมากที่สุดเท่ากับ 15.00% ในวันที่ 7 ภายหลังจากฉีดพ่น หลังจากนั้นความเสียหายที่เกิดขึ้นค่อย ๆ ลดลงจนในวันเก็บเกี่ยวหญ้าข้าวนกเกิดความเสียหายเพียง 2.50%

สำหรับหญ้าข้าวนกที่ฉีดพ่นสาร glyphosate และ quizalofop-p-tefuryl อัตรา 1.5 เท่าของอัตราแนะนำ (รูปที่ 4.1C) มีการตอบสนองต่อสารกำจัดวัชพืชทั้งสองชนิดในลักษณะเหมือนกับการฉีดพ่นสารดังกล่าวนี้ในอัตรา 0.5 และ 1.0 เท่าของอัตราแนะนำ สำหรับความเสียหายของหญ้าข้าวนกภายหลังจากฉีดพ่นสาร MSMA เป็นเวลา 1 วัน เท่ากับ 80.00% และมีแนวโน้มนำเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนในที่สุดหญ้าข้าวนกเกิดความเสียหาย 100% ภายหลังจากฉีดพ่น 7 วัน ส่วนสาร atrazine ก็ให้ผลการทดลองในการทำงานเกี่ยวกับการฉีดพ่นสาร atrazine ในอัตรา 1.0 เท่าของอัตราแนะนำ

4.1.3 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนกภายหลังจากฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช

เมื่อเก็บเกี่ยวหญ้าข้าวนก (15 วัน หลังฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช) ที่ฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชแต่ละชนิดในอัตรา 0.5 เท่าของอัตราแนะนำ (รูปที่ 4.2A) ปรากฏว่าน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนกแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ สาร glyphosate ทำให้หญ้าข้าวนกมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินน้อยที่สุดเท่ากับ 3.94% ส่วนการฉีดพ่นสาร quizalofop-p-tefuryl และ MSMA ทำให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินมีค่าเท่ากับ 7.84% และ 18.65% ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนกที่ฉีดพ่นสาร atrazine มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 96.43% เมื่อฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชแต่ละชนิดในอัตรา 1.0 เท่าของอัตราแนะนำ (รูปที่ 4.2B) น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนกที่ฉีดพ่นสาร glyphosate, MSMA และ quizalofop-p-tefuryl ในอัตรา 1.0 เท่าของอัตราแนะนำ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติโดยมีแนวโน้มว่าการฉีดพ่นสาร glyphosate ทำให้หญ้าข้าวนกมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินน้อยที่สุด (3.34%) ส่วนการฉีดพ่นสาร atrazine ทำให้หญ้าข้าวนกมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินมากที่สุดเท่ากับ 92.97% ขณะเดียวกันการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชแต่ละชนิดในอัตรา 1.5 เท่าของอัตราแนะนำ (รูปที่ 4.2C) หญ้าข้าวนกตอบสนองต่อสารกำจัดวัชพืชแต่ละชนิดในการทำงานเดียวกับเมื่อฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชแต่ละชนิดในอัตรา 1.0 เท่าของอัตราแนะนำ โดยทำให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนกที่ฉีดพ่นสาร glyphosate, MSMA และ quizalofop-p-tefuryl เท่ากับ 2.86, 2.60 และ 5.15% ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ สำหรับการฉีดพ่นสาร

เอก atrazine ทำให้หญ้าข้าวนกมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสูงที่สุดเท่ากับ 93.41% นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข่าวนกเก็บเกี่ยวเมื่อ 15 วัน หลังฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช glyphosate (■), MSMA (▨), quizalofop-p-tefuryl (▧) และ atrazine (▩) อัตรา 0.5 (A), 1.0 (B) และ 1.5 (C) เท่าของอัตราแนะนำ ซึ่งกราฟแต่ละแห่งที่มีตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลกระทบความชื้นดินต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate ในการควบคุมหญ้าข้าวนก

4.2.1 การเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกก่อนฉีดพ่นสาร glyphosate

หญ้าข้าวนกที่มีอายุ 28-29 วัน เจริญเติบโตภายใต้สภาวะ field capacity (FC) และมีค่า leaf water potential, stomatal conductance น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินและพื้นที่ใบเฉลี่ยมากกว่าหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาวะความเครียดน้ำ (water stress: WS ; ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของ leaf water potential, stomatal conductance น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และพื้นที่ใบของหญ้าข้าวนกก่อนฉีดพ่นสาร glyphosate เมื่ออายุ 28-29 วัน ภายใต้สภาวะความชื้นดิน 2 ระดับ คือ field capacity และ water stress

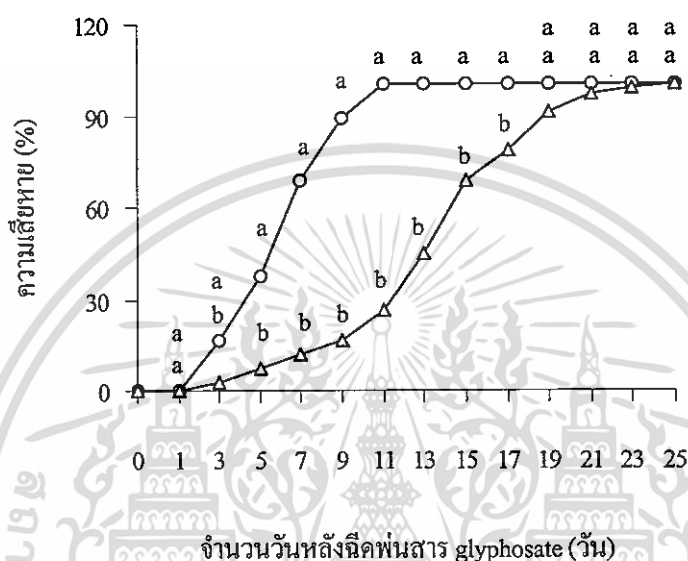
ลักษณะพืช	ระดับความชื้นดิน	
	Field capacity	Water stress
Leaf water potential (MPa)	-0.10	-1.02
Stomatal conductance ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	47.60	3.28
น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กรัมต่อต้น)	0.74	0.13
พื้นที่ใบ (cm^2 ต่อต้น)	105.47	27.38

4.2.2 ความเสียหายของหญ้าข้าวนกภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate

จากการประเมินความเสียหายของหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาวะ FC และ WS (รูปที่ 4.3) พบว่า ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 1 วัน ยังไม่ปรากฏความเสียหายแต่อย่างใด หญ้าข้าวนกเริ่มเกิดความเสียหาย 3 วัน หลังฉีดพ่นเท่ากับ 16.67 และ 2.50% ตามลำดับ หลังจากนั้นการพัฒนาความเสียหายเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วกับหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาวะ FC โดยใบเริ่มเกิดอาการเหี่ยวอย่างเห็นได้ชัด เปลี่ยนเป็นสีเหลืองและในที่สุดแห้งตาย (เกิดความเสียหาย 100%) ภายหลังฉีดพ่น 11 วัน ในขณะที่การฉีดพ่นสาร glyphosate แก่หญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาวะ WS หญ้าข้าวนกมีการพัฒนาความเสียหายอย่างช้า ๆ ซึ่งภายหลังฉีดพ่น 11 วัน หญ้าข้าวนกเกิดความเสียหายเพียง 26.67% หลังจากนั้นการพัฒนาความเสียหายจึงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 19 วัน หญ้าข้าวนกเกิดความเสียหายเท่ากับ 90.83% และหญ้าข้าวนกตายภายหลังฉีดพ่น 25 วัน (ความเสียหายของหญ้าข้าวนกเจริญเติบโตภายใต้

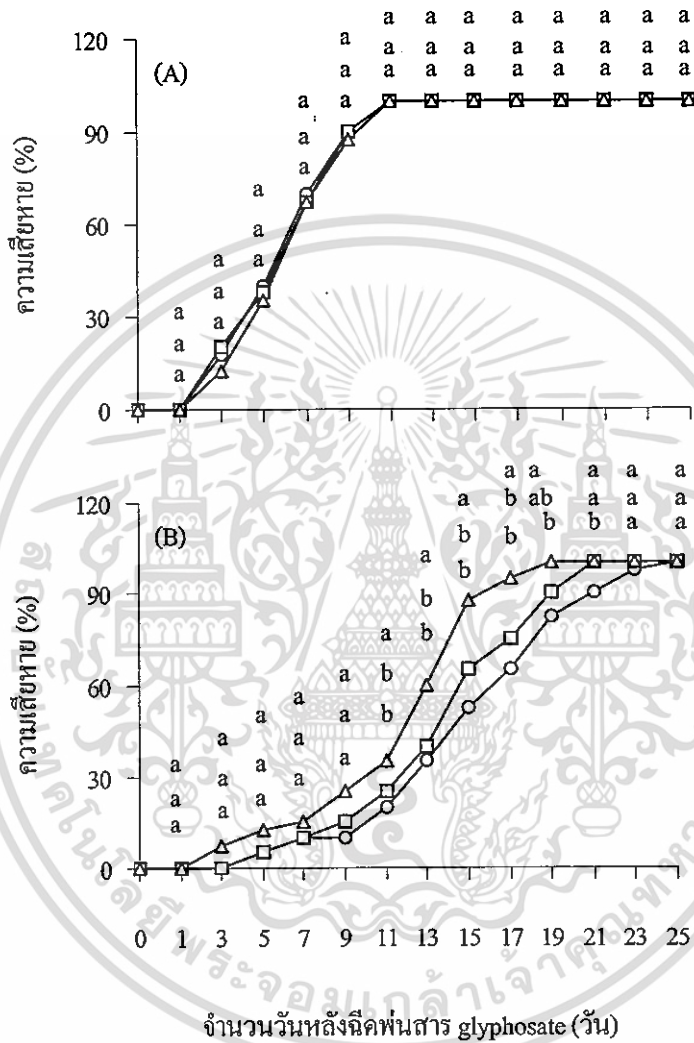
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้สภาพ WS เกิดช้ากว่าหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพ FC) สำหรับการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate ในแต่ละช่วงเวลาระหว่าง 3 ถึง 17 วัน ความเสียหายที่เกิดกับหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพ FC และภายใต้ WS มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4.3 ความเสียหายของหญ้าข้าวนกที่ประเมินด้วยสายตาภายหลังจากฉีดพ่นด้วยสาร glyphosate ภายใต้สภาพ FC (O) และ WS (Δ) ซึ่งแต่ละตำแหน่งที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

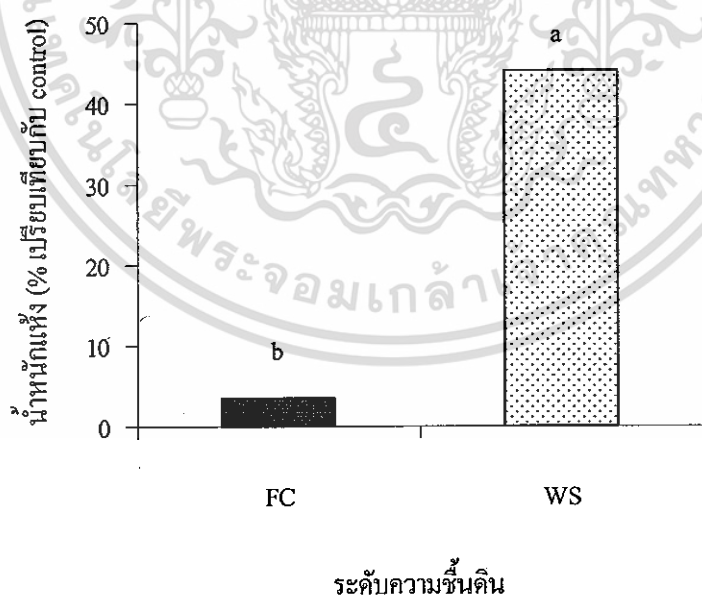
เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละอัตราของสารที่ฉีดพ่นพบว่า (รูปที่ 4.4A) การฉีดพ่นสาร glyphosate ทุกอัตราภายใต้สภาพ FC ทำให้หญ้าข้าวนกเกิดความเสียหายไม่แตกต่างกันทางสถิติและความเสียหายที่เกิดขึ้นมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate ในช่วง 1 ถึง 11 วัน ซึ่งตรงข้ามกับผลการตอบสนองที่พบภายใต้สภาพ WS (รูปที่ 4.4B) ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับหญ้าข้าวนกมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ในช่วง 1 ถึง 11 วัน หลังจากนั้นจึงเกิดความเสียหายอย่างรวดเร็วซึ่งทำให้หญ้าข้าวนกตายภายหลังจากฉีดพ่นอัตรา 1.5 เท่าของอัตราแนะนำ เป็นเวลา 19 วัน แต่อย่างไรก็ตามการฉีดพ่นสาร glyphosate อัตรา 1.0 และ 0.5 เท่าของอัตราแนะนำ สามารถทำให้หญ้าข้าวนกเกิดความเสียหาย 100% ภายหลังจากฉีดพ่นสาร 21 และ 25 วัน ตามลำดับ



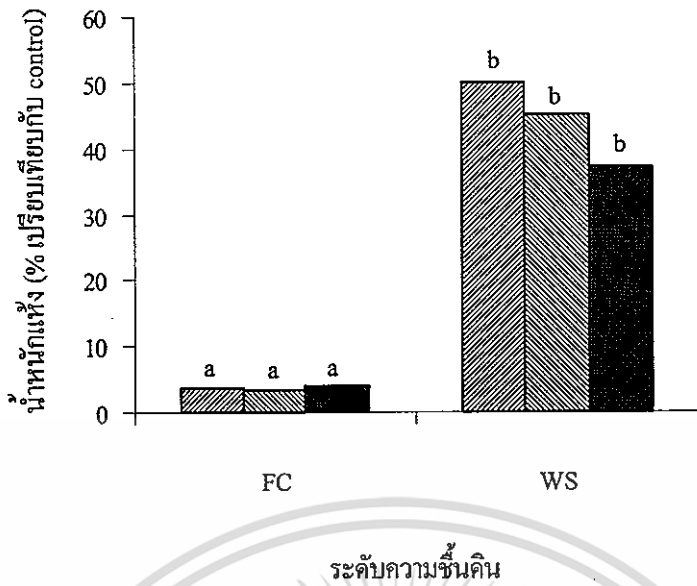
รูปที่ 4.4 ความเสียหายของหญ้าข้าวนกที่ประเมินด้วยสายตาภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate อัตรา 0.5 (O), 1.0 (□) และ 1.5 (△) เท่าของอัตราแนะนำ ภายใต้สภาพ FC (A) และ WS (B) ซึ่งแต่ละตำแหน่งที่มีตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.2.3 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพ FC และ WS ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพ FC และ WS ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate (รูปที่ 4.5) พบว่าน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนกที่ฉีดพ่นสาร glyphosate ภายใต้อสภาพ FC มีค่าน้อยกว่าการฉีดพ่นสาร glyphosate ภายใต้อสภาพ WS คือมีค่าเท่ากับ 3.58 และ 39.04% ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงว่าสาร glyphosate มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพ FC มากกว่าภายใต้สภาพ WS สำหรับการเปรียบเทียบในแต่ละอัตราของสารที่ฉีดพ่นพบว่า (รูปที่ 4.6) ภายใต้อสภาพ FC การฉีดพ่นสาร glyphosate แต่ละอัตราทำให้อหญ้าข้าวนกมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ในขณะที่ภายใต้สภาพ WS การฉีดพ่นสาร glyphosate ในอัตรา 1.5 เท่าของอัตราแนะนำ หญ้าข้าวนกมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเท่ากับ 37.27% ซึ่งน้อยกว่าการฉีดพ่นสาร glyphosate อัตรา 1.0 และ 0.5 เท่าของอัตราแนะนำ ที่มีค่าเท่ากับ 44.92 และ 50.08% ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบผลทางสถิติพบว่า การฉีดพ่นสาร glyphosate อัตรา 1.5 เท่าของอัตราแนะนำ ทำให้อน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนกไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการฉีดพ่นสาร glyphosate อัตรา 1.0 และ 0.5 เท่าของอัตราแนะนำ



รูปที่ 4.5 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนกเก็บเกี่ยวเมื่อ 25 วัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate ภายใต้อสภาพ FC และ WS ซึ่งกราฟแต่ละแท่งที่มีตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 4.6 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนกเก็บเกี่ยวเมื่อ 25 วัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate อัตรา 0.5 (▨), 1.0 (▩) และ 1.5 (■) เท่าของอัตราแนะนำ ภายใต้สภาพ FC และ WS ซึ่งกราฟแต่ละแห่งที่มีตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาผลกระทบความเข้มแสงต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate ในการควบคุมหญ้าข้าวนก

4.3.1 การเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกก่อนฉีดพ่นสาร glyphosate

เมล็ดหญ้าข้าวนกออกและเจริญเติบโตจนกระทั่งมีใบ 5-6 ใบ ใช้เวลาประมาณ 22-23 วัน และพบว่าหญ้าข้าวนกมีพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเฉลี่ยเท่ากับ 57.78 ซม.²ต่อต้น และ 0.48 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3)

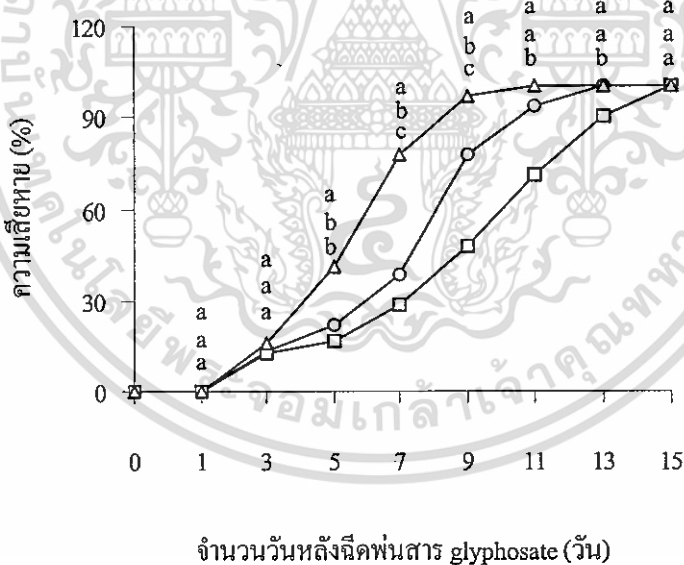
ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบ (ซม.²ต่อต้น) และน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กรัมต่อต้น) ของหญ้าข้าวนกก่อนฉีดพ่นสาร glyphosate

ลักษณะพืช	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ใบ	57.78
น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน	0.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ความเสียหายของหญ้าข้าวนกภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate

เมื่อเปรียบเทียบความเสียหายของหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสงแต่ละระดับ คือ 100 ($16.93 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$), 42 ($7.11 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$) และ 20% ($3.39 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$) ของความเข้มแสงทั้งหมด (รูปที่ 4.7) พบว่า ภายหลังจากการฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 1 วัน หญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสงแต่ละระดับไม่ปรากฏความเสียหายให้เห็น แต่ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 3 วัน ความเสียหายจะเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ โดยภายใต้สภาพความเข้มแสง 100% ของความเข้มแสงทั้งหมด การฉีดพ่นสาร glyphosate ทำให้หญ้าข้าวนกเกิดความเสียหายอย่างรวดเร็วและตายภายหลังฉีดพ่นเป็นเวลา 11 วัน ส่วนหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสง 42 และ 20% ของความเข้มแสงทั้งหมด ภายหลังจากการฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 11 วัน ทำให้หญ้าข้าวนกเกิดความเสียหายเท่ากับ 93.33 และ 70.83% ตามลำดับ และสามารถชักนำให้หญ้าข้าวนกเกิดความเสียหาย 100% ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 13 และ 15 วัน ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าสาร glyphosate มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสงสูงมากกว่าแสงต่ำ

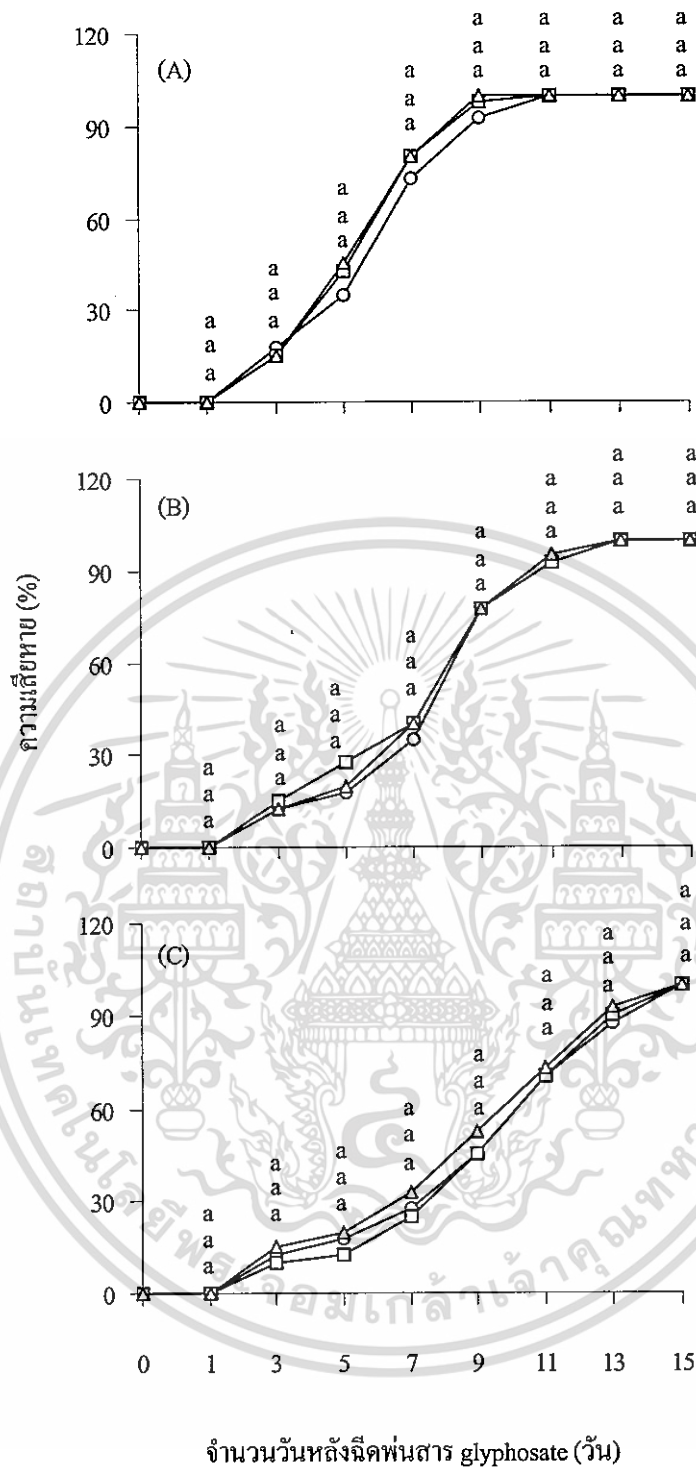


รูปที่ 4.7 ความเสียหายของหญ้าข้าวนกที่ประเมินด้วยสายตาภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate ภายใต้อสภาพความเข้มแสง 100% (Δ), 42% (\circ) และ 20% (\square) ของความเข้มแสงทั้งหมด ซึ่งแต่ละตำแหน่งที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สำหรับการเปรียบเทียบความเสียหายหญ้าข้าวคนที่เกิดจากการฉีดพ่นสาร glyphosate แต่ ละอัตราภายใต้ความเข้มแสงแต่ละระดับให้ผลตอบสนองไปในลักษณะเดียวกัน (รูปที่ 4.8A, B และ C) หญ้าข้าวคนเจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสง 100% ของความเข้มแสงทั้งหมด (รูปที่ 4.8A) ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เกิดความเสียหายไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างการฉีดพ่นสาร glyphosate ในอัตรา 0.5, 1.0 และ 1.5 เท่าของอัตราแนะนำ โดยหญ้าข้าวคน เริ่มเกิดความเสียหายภายหลังจากฉีดพ่น 3 วัน ซึ่งความเสียหายที่เกิดขึ้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายใน 3 ถึง 9 วันแรก และตายภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate ในอัตรา 0.5, 1.0 และ 1.5 เท่าของอัตราแนะนำ เมื่อ 11, 11 และ 9 วัน ตามลำดับ ส่วนหญ้าข้าวคนที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสง 42% ของความเข้มแสงทั้งหมด (รูปที่ 4.8B) สาร glyphosate ทำให้หญ้าข้าวคนเกิดความเสียหายอย่างช้า ๆ ในช่วง 3 ถึง 7 วันแรกภายหลังจากฉีดพ่น และหลังจากนั้นสาร glyphosate ทุกอัตราที่มีผลให้การ พัฒนาความเสียหายเกิดขึ้นเร็ว ทำให้หญ้าข้าวคนตายเมื่อเวลา 13 วัน หลังการฉีดพ่น สำหรับหญ้า ข้าวคนที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสง 20% ของความเข้มแสงทั้งหมด (รูปที่ 4.8C) ที่ถูก ฉีดพ่นสาร glyphosate แต่ละอัตราเกิดความเสียหายอย่างช้า ๆ ในช่วง 1 ถึง 9 วันแรกภายหลังจาก ฉีดพ่นและความเสียหายจะพัฒนาเพิ่มขึ้นเป็นลำดับจนในที่สุดหญ้าข้าวคนตายภายหลังจากฉีดพ่น 15 วัน

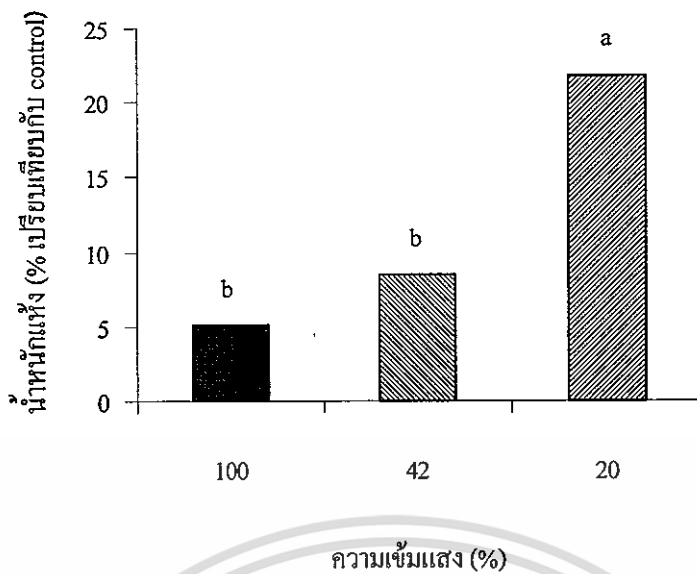
4.3.3 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวคนภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate

ในการเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวคนที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพ ความเข้มแสงระดับต่าง ๆ กัน พบว่า (รูปที่ 4.9) ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate หญ้าข้าวคนที่เจริญ เติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสง 100% ของความเข้มแสงทั้งหมด มีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินน้อย ที่สุดเท่ากับ 5.10% แต่เมื่อความเข้มแสงลดลงเหลือ 42 และ 20% ของความเข้มแสงทั้งหมด ทำให้ น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวคนเพิ่มขึ้นและมีค่าเท่ากับ 8.53 และ 21.76% ตามลำดับ เมื่อ วิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าความเข้มแสง 100 และ 42% ของความเข้มแสงทั้งหมด ทำให้หญ้า ข้าวคนมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัย สำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวคนที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพ ความเข้มแสง 20% ของความเข้มแสงทั้งหมด สำหรับการเปรียบเทียบแต่ละอัตราของสารที่ฉีดพ่น ภายใต้อัตราความเข้มแสงแต่ละระดับ พบว่า (รูปที่ 4.10) ภายใต้อัตราความเข้มแสง 100% ของความเข้ม แสงทั้งหมด การฉีดพ่นสาร glyphosate ในอัตรา 0.5, 1.0 และ 1.5 เท่าของอัตราแนะนำ ทำให้หญ้า ข้าวคนมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเท่ากับ 6.11, 5.07 และ 4.11% ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่าง ทางสถิติ ในทำนองเดียวกันการฉีดพ่นสาร glyphosate ทุกอัตราภายใต้สภาพความเข้มแสง 42 และ 20% ของความเข้มแสงทั้งหมด

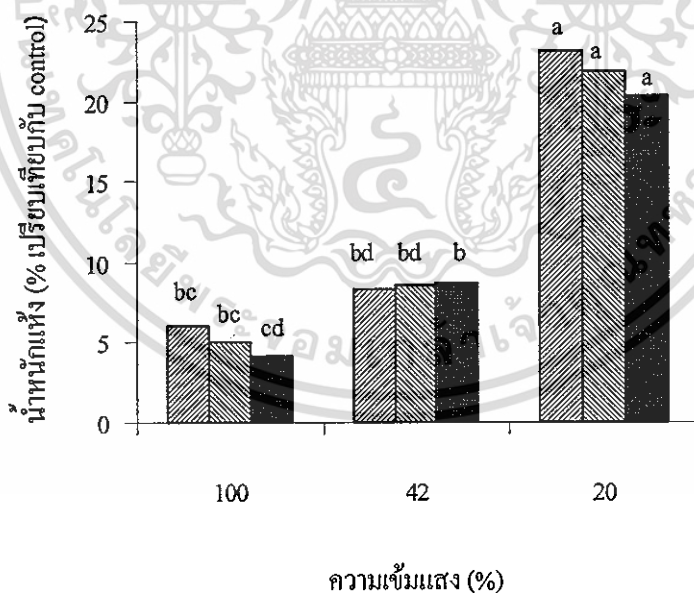


รูปที่ 4.8 ความเสียหายของหญ้าข้าวนกที่ประเมินด้วยสายตาภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate อัตรา 0.5 (O), 1.0 (□) และ 1.5 (Δ) เท่าของอัตราแนะนำ ภายใต้สภาพความชื้นแสง 100% (A), 42% (B) และ 20% (C) ของความชื้นแสงทั้งหมด ซึ่งแต่ละตำแหน่งที่มีตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนกเก็บเกี่ยวเมื่อ 15 วัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate ภายใต้อุณหภูมิความเข้มแสง 100% (■), 42% (▨) และ 20% (▩) ของความเข้มแสงทั้งหมด ซึ่งกราฟแต่ละแท่งที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 4.10 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนกเก็บเกี่ยวเมื่อ 15 วัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate อัตรา 0.5 (▩), 1.0 (▨) และ 1.5 (■) เท่าของอัตราแนะนำ ภายใต้อุณหภูมิความเข้มแสง 100, 42 และ 20% ของความเข้มแสงทั้งหมด ซึ่งกราฟแต่ละแท่งที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.4 การทดลองที่ 4 ศึกษาผลกระทบของระยะการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวเนกต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate ในการควบคุมหญ้าข้าวเนก

4.4.1 การเจริญเติบโตของหญ้าข้าวเนกก่อนฉีดพ่นสาร glyphosate

เมล็ดหญ้าข้าวเนกงอกและเจริญเติบโตจนกระทั่งมีใบ 3-4, 5-6, 7-8 ใบ และเริ่มแตกหน่อพบว่า หญ้าข้าวเนกมีพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งหญ้าข้าวเนกที่ระยะเจริญเติบโตดังกล่าวมีพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโต

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบ (ซม.²ต่อต้น) และน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กรัมต่อต้น) ของหญ้าข้าวเนกที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ก่อนฉีดพ่นสาร glyphosate

ระยะการเจริญเติบโตของพืช	ลักษณะพืช	
	พื้นที่ใบ (ซม. ² ต่อต้น)	น้ำหนักแห้ง (กรัมต่อต้น)
3-4 ใบ	22.93	0.08
5-6 ใบ	57.29	0.33
7-8 ใบ	74.89	0.53
เริ่มแตกหน่อ	198.64	1.86

4.4.2 ความเสียหายของหญ้าข้าวเนกภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate

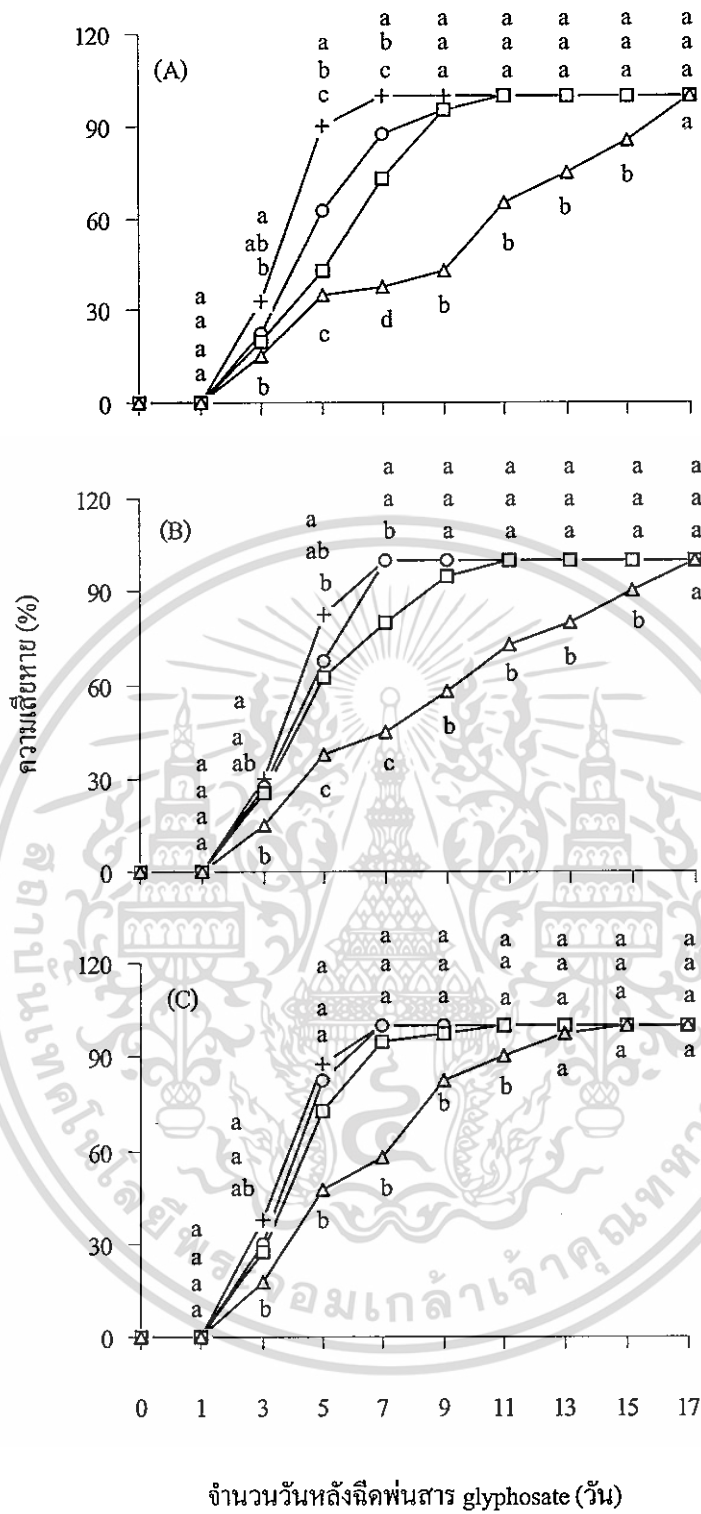
จากการประเมินความเสียหายหญ้าข้าวเนกภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate ในอัตรา 0.5 เท่าของอัตราแนะนำ (รูปที่ 4.11A) พบว่า หญ้าข้าวเนกทุกระยะการเจริญเติบโตเริ่มเกิดความเสียหายภายหลังฉีดพ่น 3 วัน ซึ่งความเสียหายที่เกิดขึ้นแตกต่างกันเป็นลำดับดังนี้คือ ระยะการเจริญเติบโต 3-4 ใบ > 5-6 ใบ > 7-8 ใบ > ระยะเริ่มแตกหน่อ สำหรับความเสียหายหญ้าข้าวเนกที่ระยะการเจริญเติบโต 3-4, 5-6 และ 7-8 ใบ จะพัฒนาไปอย่างรวดเร็วภายหลังฉีดพ่น 3 วัน และเกิดความเสียหาย 100% เมื่อ 7, 11 และ 11 วัน ตามลำดับ ในขณะที่หญ้าข้าวเนกที่ระยะเริ่มแตกหน่อ ความเสียหายมีการพัฒนาช้าที่สุด ดังจะเห็นได้ว่าภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 3 ถึง 9 วัน ความเสียหายเพิ่มขึ้นจาก 15.00 เป็น 42.50% อย่างไรก็ตามหลังจากนั้นการพัฒนาความเสียหายของหญ้าข้าวเนกก็เพิ่มขึ้นเป็นลำดับและตายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 17 วัน

สำหรับการฉีดพ่นสาร glyphosate ในอัตรา 1.0 เท่าของอัตราแนะนำ (รูปที่ 4.11B) พบว่าการตอบสนองมีลักษณะในทำนองเดียวกับผลที่ได้จากการฉีดพ่นด้วยสาร glyphosate ในอัตรา 0.5 เท่าของอัตราแนะนำ โดยหญ้าข้าวนกกระชงการเจริญเติบโต 3-4, 5-6 และ 7-8 ใบ เริ่มเกิดความเสียหายภายหลังจากฉีดพ่น 3 วัน และการพัฒนาความเสียหายเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งเกิดความเสียหาย 100% ใช้เวลาเท่ากับ 7, 7 และ 11 วัน ส่วนหญ้าข้าวนกที่ระยะเริ่มแตกหน่อจะมีการพัฒนาความเสียหายช้ากว่า 3 ระยะการเจริญเติบโตดังกล่าวและตายเมื่อ 17 วัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate

ในทำนองเดียวกันหญ้าข้าวนกทุกระยะการเจริญเติบโตที่ฉีดพ่นด้วยสาร glyphosate ในอัตรา 1.5 เท่าของอัตราแนะนำ จะมีการตอบสนองเหมือนกับหญ้าข้าวนกที่ฉีดพ่นด้วยสาร glyphosate ในอัตรา 1.0 เท่าของอัตราแนะนำ (รูปที่ 4.11C) ยกเว้นหญ้าข้าวนกที่ระยะเริ่มแตกหน่อตายเร็วขึ้น คือ 15 วันหลังฉีดพ่นสาร glyphosate

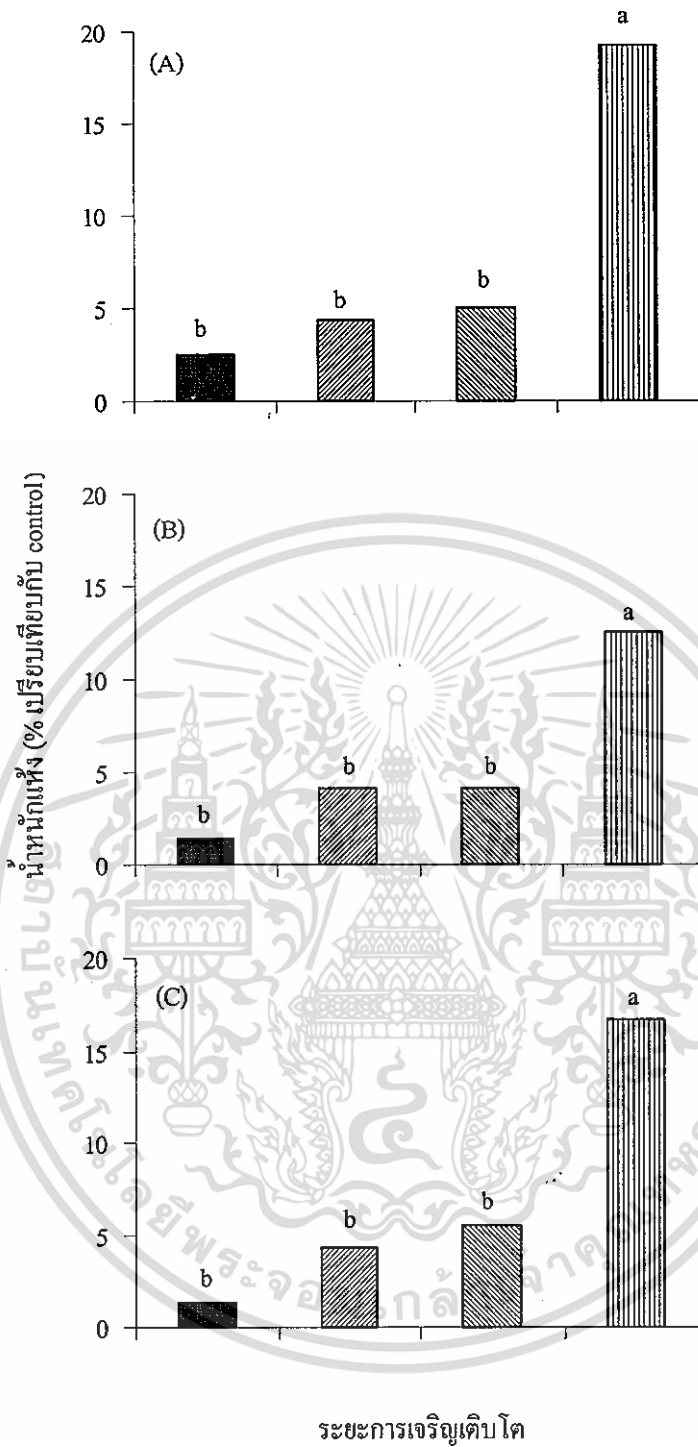
4.4.3 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนกภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate

ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate ในอัตรา 0.5 เท่าของอัตราแนะนำ เป็นเวลา 17 วัน (รูปที่ 4.12A) พบว่า หญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโต 3-4 ใบ มีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินน้อยกว่า (2.46%) หญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโต 5-6 (4.33%) และ 7-8 (5.05%) ใบ แต่น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินหญ้าข้าวนกทั้งสามระยะการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างทางสถิติ สำหรับหญ้าข้าวนกที่ระยะเริ่มแตกหน่อมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินมากที่สุด (19.29%) และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าข้าวนกแต่ละระยะการเจริญเติบโต ส่วนการฉีดพ่นสาร glyphosate ในอัตรา 1.0 (รูปที่ 4.12B) และ 1.5 (รูปที่ 4.12C) เท่าของอัตราแนะนำ ให้ผลการตอบสนองเป็นไปในทำนองเดียวกับหญ้าข้าวนกที่ฉีดพ่นสาร glyphosate ในอัตรา 0.5 เท่าของอัตราแนะนำ



รูปที่ 4.11 ความเสียหายของหญ้าข้าวนกที่ประเมินด้วยสายตาภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate อัตรา 0.5 (A), 1.0 (B) และ 1.5 (C) เท่าของอัตราแนะนำ เมื่อหญ้าข้าวนกเจริญเติบโต ระยะ 3-4 ใบ (+), 5-6 ใบ (O), 7-8 ใบ (□) และ ระยะเริ่มแตกหน่อ (Δ) ซึ่งแต่ละตำแหน่งที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนกเก็บเกี่ยวเมื่อ 17 วัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate อัตรา 0.5 (A), 1.0 (B) และ 1.5 (C) เท่าของอัตราแนะนำ เมื่อหญ้าข้าวนก เจริญเติบโตระยะ 3-4 ใบ (■), 5-6 ใบ (▨), 7-8 ใบ (▩) และระยะเริ่มแตกหน่อ (▧) ซึ่งกราฟแต่ละแท่งที่มีตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดลองที่ 5 ประสิทธิภาพของสาร glyphosate ในการควบคุมหญ้าข้าวนกในสภาพไร่

4.5.1 การเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกก่อนฉีดพ่นสาร glyphosate

เมล็ดหญ้าข้าวนกงอกและเจริญเติบโตจนกระทั่งมีใบ 5-6 ใบ ใช้เวลาประมาณ 23-25 วัน ที่ระยะการเจริญเติบโตนี้ พบว่า หญ้าข้าวนกมีพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเฉลี่ยเท่ากับ 724.68 ซม.²ต่อแปลง (หญ้าข้าวนกจำนวน 12 ต้นต่อแปลง) และ 20.52 กรัมต่อแปลง ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบ (ซม.²ต่อแปลง) และน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กรัมต่อแปลง) ของหญ้าข้าวนกก่อนฉีดพ่นสาร glyphosate

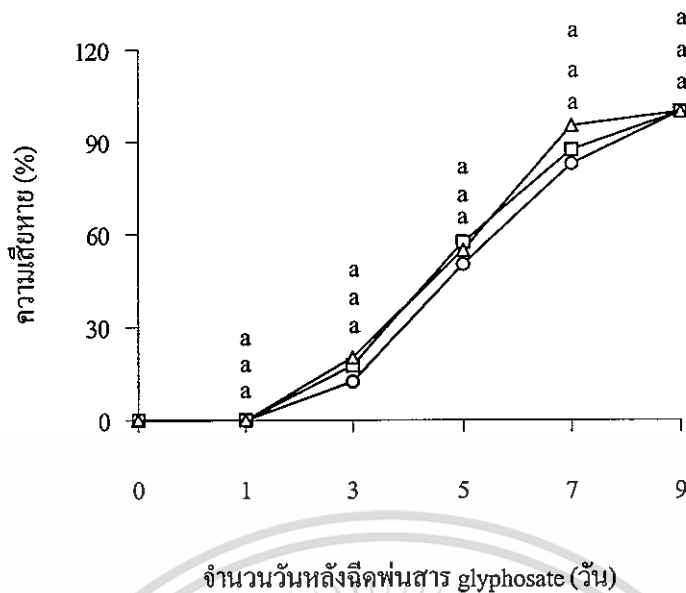
ลักษณะพืช	ค่าเฉลี่ย
พื้นที่ใบ	724.68
น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน	20.52

4.5.2 ความเสียหายของหญ้าข้าวนกภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate

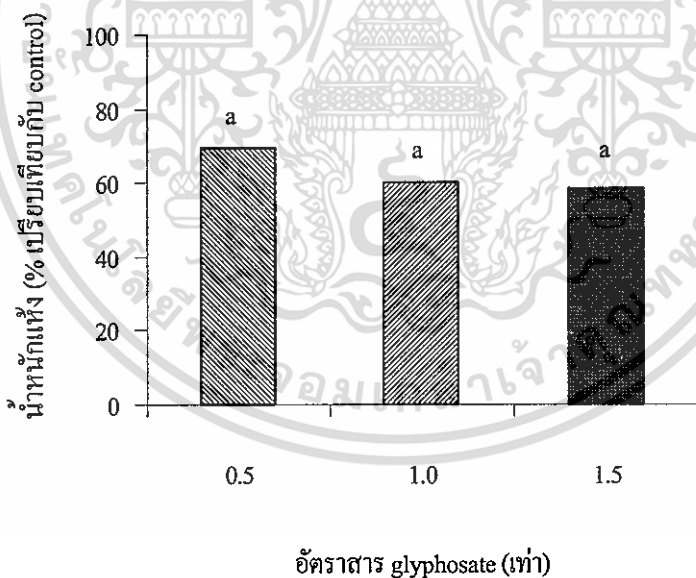
ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate ในอัตรา 0.5, 1.0 และ 1.5 เท่าของอัตราแนะนำ เป็นเวลา 1 วัน หญ้าข้าวนกยังไม่ปรากฏอาการผิดปกติใด ๆ (รูปที่ 4.13) แต่อาการของความเสียหายจะเริ่มปรากฏให้เห็นภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 3 วัน หญ้าข้าวนกเกิดความเสียหายเท่ากับ 12.50, 17.50 และ 20.00% ตามลำดับ หลังจากนั้นการพัฒนาความเสียหายของหญ้าข้าวนกจะเพิ่มขึ้นเป็นลำดับและตาย (เกิดความเสียหาย 100%) พร้อมกันคือ ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 9 วัน ซึ่งความเสียหายที่เกิดขึ้นทุกอัตราการฉีดพ่นสาร glyphosate ในแต่ละช่วงเวลาของการประเมินไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

4.5.3 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนกภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate

จากการทดลองพบว่า (รูปที่ 4.14) น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนกที่ฉีดพ่นสาร glyphosate ในอัตรา 0.5, 1.0 และ 1.5 เท่าของอัตราแนะนำ (เก็บเกี่ยวเมื่อ 9 วัน) มีค่าเท่ากับ 69.52, 59.88 และ 58.46% ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



รูปที่ 4.13 ความเสียหายของหญ้าข้าวนกที่ประเมินด้วยสายตาภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate อัตรา 0.5 (O), 1.0 (□) และ 1.5 (Δ) เท่าของอัตราแนะนำ ซึ่งแต่ละตำแหน่งที่มีตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 4.14 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวเก็บเกี่ยวเมื่อ 9 วัน นกภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate อัตรา 0.5 (▨), 1.0 (▩) และ 1.5 (■) เท่าของอัตราแนะนำ ซึ่งกราฟแต่ละแท่งที่มีตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบสาร glyphosate กับสารกำจัดวัชพืชอื่น ๆ ที่ใช้ทางใบ (MSMA, quizalofop-p-tefuryl และ atrazine) และศึกษาผลกระทบของความชื้นดิน ความเข้มแสงและระยะเวลาการเจริญเติบโตที่มีผลต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate

5.1 ประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางใบในการควบคุมหญ้าข้าวนก

สาร glyphosate, MSMA และ quizalofop-p-tefuryl ทุกอัตราสามารถควบคุมหญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโต 5-6 ใบได้ ยกเว้นการฉีดพ่นสาร MSMA ในอัตรา 0.5 เท่าของอัตราแนะนำ หญ้าข้าวนกสามารถฟื้นตัวแล้วเจริญเติบโตใหม่ได้อีก ส่วนการฉีดพ่นสาร atrazine ไม่ทำให้หญ้าข้าวนกเกิดความเสียหาย (รูปที่ 4.1) ซึ่งการพัฒนาความเสียหายของหญ้าข้าวนกที่ฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชแต่ละชนิดมีลักษณะคล้ายกัน (ยกเว้นความเสียหายเนื่องจากสาร atrazine) พืชที่ฉีดพ่นด้วยสาร glyphosate (Westwood and Weller, 1997) MSMA (Nimbal *et al.* 1995) quizalofop-p (Trimmer and Linscott, 1990) ใบแสดงอาการเหี่ยวและพืชเกิดอาการ chlorosis จากปลายใบแล้วแพร่กระจายลงสู่กาบใบและโคนต้นจนในที่สุดพืชตาย Tardif and Leroux (1991) พบว่า ประสิทธิภาพของสาร glyphosate และ quizalofop ในการควบคุม quackgrass ไม่แตกต่างกัน แต่ใบ quackgrass สามารถดูดซึมสาร glyphosate มากกว่า quizalofop อาจเนื่องมาจากสาร quizalofop เป็นสารที่ละลายได้ดีในไขมันจึงจับตัวอย่างแน่นหนาอยู่ในชั้นคิวทิลของใบมากกว่าสาร glyphosate สำหรับการฉีดพ่นสาร MSMA อัตรา 600, 1,100 และ 2,200 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อเฮกตาร์ large crabgrass เกิดความเสียหาย 19, 26 และ 36% ตามลำดับ แล้วสามารถงอกใหม่ภายหลังการฉีดพ่นและในการทดลองเดียวกันนี้เมื่อทดสอบกับหญ้าแพรกและหญ้าตีนกาจะมีการตอบสนองในการทำนองเดียวกัน (Johnson, 1996) ส่วนสาร atrazine ไม่สามารถควบคุมหญ้าข้าวนกได้ เนื่องจากเป็นสารที่ใช้ควบคุมวัชพืชก่อนงอกหรือวัชพืชที่ระยะต้นกล้ามีใบ 1-2 ใบ (รังสิต สุวรรณเขตนิคม, 2531) นอกจากนี้ Nishimoto and Murdoch (1994) รายงานว่า ภายหลังฉีดพ่นสาร atrazine ในอัตรา 2,200 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อเฮกตาร์ เป็นเวลา 2, 4 และ 6 สัปดาห์ หญ้าแพรกเกิดความเสียหายเท่ากับ 13, 7 และ 0% ตามลำดับ และเมื่อวัชพืชมีระยะการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพของสาร atrazine ที่ใช้ในลักษณะฉีดพ่นหลังวัชพืชงอกจะลดลง

อนึ่งในการทดลองนี้สารกำจัดวัชพืช 3 ชนิด คือ glyphosate, MSMA และ quizalofop-p-tefuryl อัตราแนะนำ มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าข้าวนกใกล้เคียงกันและดีกว่า atrazine ดังเอกสารแนบท้ายเล่มนี้ อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดบางประการ เช่น การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาในระยะแรกๆ ซึ่งอาจมีข้อผิดพลาดได้บ้าง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นจึงควรศึกษาถึงอิทธิพลของสภาพแวดล้อมบางอย่าง (ความชื้นดินและแสง) และอิทธิพลของระยะการเจริญเติบโตต่อประสิทธิภาพของสารทั้ง 3 ชนิดดังกล่าว แต่ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกสาร glyphosate ในการดำเนินการทดลองต่อไป เนื่องจากเป็นสารที่สามารถควบคุมวัชพืชได้อย่างกว้างขวางกว่า (ข้อ 3.1) และสามารถหาซื้อได้ง่าย

5.2 อิทธิพลความชื้นดินต่อการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก

หญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพ WS แตกต่างกับหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพ FC คือใบมีขนาดเล็กและสั้นกว่า ทำให้พื้นที่ใบของหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพ WS น้อยกว่าสภาพ FC (ตารางที่ 4.2) ซึ่ง Zollinger and Kells (1991) รายงานว่า sowthistle จะมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบลดลงเมื่ออยู่ในสภาพความชื้นดินจำกัด ส่วนการตอบสนองทางสรีรวิทยา ได้แก่ leaf water potential และ stomatal conductance ของหญ้าข้าวนกที่เกิดขึ้นเมื่อความชื้นดินลดลงนั้นจะเป็นตัวบ่งชี้ว่ามีการเกิดสภาวะเครียดน้ำในดินพืช จากการเปรียบเทียบ leaf water potential และ stomatal conductance ของพืชที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพ FC มากกว่าภายใต้สภาพ WS ซึ่งจะพบการตอบสนองทางสรีรวิทยาในทำนองเดียวกันนี้กับพืชชนิดอื่น ๆ เช่น ข้าว (O'Toole and Chang, 1979 ; O'Toole and Cruz, 1980) และข้าวโพด (Dwyer and Stewart, 1984)

5.3 ลักษณะความเป็นพิษที่เกิดขึ้นกับหญ้าข้าวนกภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate

ความเป็นพิษที่เกิดกับหญ้าข้าวนกปรากฏให้เห็นภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 2-4 วัน ใบหญ้าข้าวนกเกิดอาการ chlorosis (รังสีด สุวรรณเขตนิคม, 2531) เนื่องจากปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบลดลง นอกจากนั้นอาจแสดงอาการใบเหี่ยวหรือชะงักการเจริญเติบโตหรือใบเจริญผิดปกติ (Lee, 1981 ; Coupland, 1986 ; Pereira and Crabtree, 1986 ; Tanpipat, 1995) ซึ่งการชักนำให้หญ้าข้าวนกเกิดความเสียหายเนื่องจากสาร glyphosate สามารถประเมินได้ด้วยสายตาและน้ำหนักแห้ง (Wilcox *et al.* 1987)

5.4 อิทธิพลความชื้นดินต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate

การลดระดับความชื้นดินทำให้ความเร็วในการพัฒนาความเสียหายของหญ้าข้าวนกลดลง (รูปที่ 4.3 และ 4.4) และมีผลให้ประสิทธิภาพของสาร glyphosate ลดลง (รูปที่ 4.5) ภายใต้สภาพ WS ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับหญ้าข้าวนกพัฒนาช้ากว่า (ตายภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกร์ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา 25 วัน) หญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพ FC (ตายภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 11 วัน) ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Ahmadi *et al.* (1980) ที่แสดงให้เห็นว่า ภายใต้สภาพความชื้นดินสี่ระดับ (ความเครียดน้ำ -0.1, -0.2, -0.5 และ -3.7 MPa) สาร glyphosate มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่ำได้น้อยกว่าในหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินสูง นอกจากนี้มีรายงานอีกหลายฉบับแสดงให้เห็นว่า ความชื้นดินต่ำทำให้ประสิทธิภาพของสาร glyphosate ลดลงในการควบคุมหญ้าพงและถั่วเหลือง (McWhorter and Azlin. 1978) yellow nutsedge (Chase and Appleby. 1979) หญ้าคาและหญ้าแห้วหมู (Moosavi-Nia and Dore. 1979b) common milkweed (Waldecker and Wyse. 1985) field bindweed (Dall'Armellina and Zimdahl. 1989) และ liverseedgrass (Felton *et al.* 1990)

การที่ประสิทธิภาพของสาร glyphosate ลดลงเมื่อความชื้นดินลดลง เนื่องจากการดูดซึมสารกำจัดวัชพืชเข้าไปสู่ภายในต้นพืชลดลงและ/หรือการเคลื่อนย้ายของสารกำจัดวัชพืชไปยังบริเวณต่าง ๆ ภายในต้นพืชลดลง (Ahmadi *et al.* 1980 ; อรสา วงษ์เกษม. 2534) จากรายงานของ Waldecker and Wyse (1985) พบว่า common milkweed ที่ฉีดพ่นด้วยสาร ^{14}C -glyphosate และเจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินที่พอเหมาะ (ความชื้น 25% w/w) สามารถดูดซึมและเคลื่อนย้ายสาร ^{14}C -glyphosate จากตำแหน่งที่ได้รับสารบนผิวใบ (treated leaf surface) เท่ากับ 44 และ 20% ตามลำดับ ในขณะที่ภายใต้สภาพความชื้นดินต่ำ (ความชื้น 13% w/w) สามารถดูดซึมและเคลื่อนย้ายสาร ^{14}C -glyphosate ได้ 29 และ 7% ตามลำดับ นอกจากนี้เหตุผลที่กล่าวมาแล้ว Hsiao (1973) รายงานว่า พืชที่ได้รับความเครียดน้ำเป็นระยะเวลายาวนานมีผลให้พื้นที่ใบลดลงและในการศึกษาครั้งนี้ (การทดลองที่ 2) พื้นที่ใบของหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพ WS มีค่าน้อยกว่าหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพ FC (ตารางที่ 4.2) ซึ่งอาจเป็นข้อบ่งชี้ว่า การตอบสนองต่อสาร glyphosate ของพืชที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพ WS ที่เกิดขึ้นนั้น เนื่องมาจากพื้นที่ใบของหญ้าข้าวนกมีโอกาสได้รับสาร glyphosate น้อยลง (Akey and Morrison. 1983 ; Kidder and Behrens. 1988) ส่งผลให้มีปริมาณสาร glyphosate ถูกดูดซึมและเคลื่อนย้ายเข้าไปภายในต้นพืชน้อยลง จึงทำให้ประสิทธิภาพของสาร glyphosate ลดลงด้วย ยิ่งไปกว่านั้นการที่พืชเกิดความเครียดน้ำจะมีการสร้างคิวทิเคิลบนใบพืชหนาขึ้นทำให้ความสามารถที่จะทำให้ใบเปียก (wettability) ของใบลดลง (Skoss. 1955 ; Hammerton. 1968) และรวมไปถึงลดการดูดซึมสาร glyphosate ผ่านทางชั้นคิวทิเคิลด้วย (Pereira *et al.* 1971 ; Hess. 1985) ซึ่ง Baker (1980) รายงานว่า ใบ pea และ sugarbeet ที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพที่มีความชื้นดิน 40% ของความชื้นที่ FC มีไขอยู่บนใบมากกว่าเมื่อเจริญเติบโตภายใต้สภาพ FC ถึง 3 เท่า Scheiferstein and Loomis (1956) และ Hull (1964) รายงานว่า อัตราการดูดซึมสารกำจัดวัชพืชมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับความหนาของชั้นคิวทิเคิลบนใบ อนึ่งการเคลื่อนย้ายของสาร glyphosate ในพืชนั้นถูกเชื่อว่ามีเคลื่อนย้ายไปกับสารอาหารที่ถูกผลิตขึ้นมา

จากกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthate) ผ่านท่ออาหารในลักษณะของ source-sink pattern แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีการเคลื่อนย้ายจากใบที่เป็นแหล่งผลิตอาหาร (source) ไปยังส่วนต่าง ๆ ที่ใช้อาหาร (active sink) เช่น ส่วนเจริญพันธุ์ต่าง ๆ (ดอก ผล เมล็ด) อวัยวะสะสมอาหาร (รากและลำต้น) และเนื้อเยื่อเจริญที่เกิดขึ้นใหม่ (Sprankle *et al.* 1975) ดังนั้น การลดสถานะภาพน้ำในต้นพืช (เกิดความเครียดน้ำในพืช) ทำให้ลดการเคลื่อนย้ายอาหารที่สร้างขึ้นจากระบวนการสังเคราะห์แสง ส่งผลให้การเคลื่อนย้ายสาร glyphosate ไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช

5.5 อิทธิพลความเข้มแสงต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate

ความเข้มแสงมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate โดยแสงที่มีความเข้มแสงสูงส่งเสริมให้เกิดความเสียหายในหญ้าข้าวนกที่ภายหลังฉีดพ่นด้วยสาร glyphosate เร็วกว่าแสงที่มีความเข้มแสงต่ำ (รูปที่ 4.7 และ 4.8) ซึ่งเห็นได้จากน้ำหนักแห้งหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสงแต่ละระดับภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate มีความแตกต่างกัน (รูปที่ 4.9) ผลศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับงานทดลองของนักวิจัยท่านอื่น ๆ ที่พบว่า ความเสียหายภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate ของพืชเหล่านั้นเมื่อเจริญเติบโตภายใต้ความเข้มแสงสูงจะเกิดขึ้นเร็วกว่าภายใต้ความเข้มแสงต่ำ (Upchurch and Baird. 1972 ; Suwanketnikom and Penner. 1976 ; Abu-Irmaileh and Jordan. 1978 ; Lee. 1981) นอกจากนี้ในการศึกษาเกี่ยวกับ quackgrass ซึ่งฉีดพ่นสาร glyphosate แล้วนำไปไว้ภายใต้ความเข้มแสง 505 และ 50.5 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Coupland and Caseley. 1981) และในอีกการทดลองหนึ่งกับพืชชนิดเดียวกันนี้ นำไปไว้ภายใต้ความเข้มแสง 537 และ 119 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Coupland. 1983) พบว่า ความเสียหายภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วภายใต้สภาพความเข้มแสงสูง ซึ่งการตอบสนองดังกล่าวที่เกิดขึ้นนี้สามารถอธิบายได้ว่า ภายใต้สภาพความเข้มแสงสูงพืชมีการเจริญเติบโตเร็ว (Anderson and Lundegardh. 1999) และการถ่ายเทสารอาหารไปสู่เนื้อเยื่อเจริญเกิดขึ้นมากและรวดเร็วกว่าเมื่อพืชเจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสงต่ำ (Ryle and Powell. 1976 ; Troughton and Curie. 1977 ; Kell and Rieck. 1979) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพืชนั้นสามารถปรับตัวได้กับสภาพความเข้มแสงต่ำ อัตราการเคลื่อนย้ายสารไปสู่เนื้อเยื่อเจริญต่าง ๆ จะเพิ่มขึ้น (Coupland. 1983) ในที่สุดก็จะทำให้พืชนั้นตาย

5.6 อิทธิพลระยะการเจริญเติบโตต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate

ระยะการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกที่แตกต่างกันในขณะฉีดพ่นสาร glyphosate จะมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate โดยหญ้าข้าวนกที่มีอายุน้อย (ระยะการเจริญเติบโต 3-4, 5-6 และ 7-8 ใบ) เมื่อถูกฉีดพ่นด้วยสาร glyphosate จะมีความเสียหายเกิดขึ้นเร็วกว่าหญ้าข้าวนก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีอายุน้อย (ระยะเริ่มแตกหน่อ ; รูปที่ 4.11) ซึ่งจะเห็นได้จากน้ำหนักแห้งหญ้าข้าวนกที่มีอายุน้อย มีค่าน้อยกว่าระยะเริ่มแตกหน่อ (เก็บเกี่ยวภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 17 วัน ; รูปที่ 4.12) ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Lanie *et al.* (1994) พบว่า สาร glyphosate อัตรา 1,120 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อเฮกตาร์ ควบคุมหญ้าข้าวนกที่มีความสูง 7-20 และ 20-25 ซม. ได้เท่ากับ 87 และ 83% ตามลำดับ และในการทดลองเดียวกันนี้ prickly sida และ hemp sesbania (*Sesbania exaltata*) มีการตอบสนองต่อสาร glyphosate ในทำนองเดียวกัน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในพืชอีกหลายชนิดที่แสดงให้เห็นว่าพืชที่มีอายุน้อยถูกควบคุมด้วยสาร glyphosate ได้มากกว่าพืชที่มีอายุมาก (Pereira and Crabtree. 1985 ; Hunter. 1996 ; Miller *et al.* 1998) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มอัตราการใช้สาร glyphosate จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมได้มากขึ้น (Jordan *et al.* 1997) Ahmadi *et al.* (1980) กล่าวว่า หญ้าข้าวนกที่อายุน้อย (สูง 5 ซม.) สามารถดูดซึมและเคลื่อนย้ายสาร ¹⁴C-glyphosate ไปสู่ส่วนต่าง ๆ ได้มากกว่าหญ้าข้าวนกที่มีอายุมาก (สูง 20 ซม.) จึงเกิดความเสียหายมากกว่า และ Pereira and Crabtree (1985) ศึกษาใน yellow nutsedge พบว่า ความเป็นพิษของสาร glyphosate เกิดมากที่สุดในช่วงการสร้างหัวแรก (อายุน้อย) และในช่วงดังกล่าวนี้มีความต้านทานสาร glyphosate น้อย แต่ภายหลังเมื่อวัชพืชมียุ่มีอายุมากขึ้นจะมีความต้านทานมากขึ้น เพราะในระยะแรกของการเจริญเติบโตวัชพืชมียุ่มีอายุน้อยมีการดูดซึมและเคลื่อนย้ายสาร glyphosate มากกว่าและมีกระบวนการเมตาบอลิซึมสูงกว่า รวมทั้งอาจมีคิวทิเคิลบางกว่าด้วย (Haderlie *et al.* 1978)

5.7 อิทธิพลอัตราการใช้สาร glyphosate

จากผลการศึกษาในสภาพไร่ การเพิ่มอัตราสาร glyphosate ไม่มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าข้าวนก (รูปที่ 4.13 และ 4.14) การศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับงานทดลองที่ 1 ซึ่งทำภายใต้สภาพเรือนทดลอง (รูปที่ 4.1) โดยพบว่า สาร glyphosate อัตรา 0.5, 1.0 และ 1.5 เท่าของอัตราแนะนำ ทำให้หญ้าข้าวนกตาย (เกิดความเสียหาย 100%) พร้อมกันภายหลังฉีดพ่นและจากรายงานของ Tanpipat (1995) แสดงให้เห็นว่า ในสภาพเรือนทดลอง หญ้ากสิขมพู และ liverseedgrass ที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพ FC ฉีดพ่นด้วยสาร glyphosate อัตรา 180 และ 360 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.e.) ต่อเฮกตาร์ ให้ผลในการควบคุมไม่แตกต่างกัน (ตายเวลาเดียวกัน) ซึ่งการที่สาร glyphosate อัตราสูงและต่ำสามารถควบคุมได้ในระดับเดียวกันอาจเนื่องจากการเจริญเติบโตของพืชภายใต้สภาพความชื้นที่เหมาะสมช่วยให้การดูดซึมและการเคลื่อนย้ายของสารกำจัดวัชพืชไปยังตำแหน่งที่สารออกฤทธิ์ได้ตามปกติและเพียงพอที่จะทำให้พืชนั้นตาย

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

สาร glyphosate อัตรา 240, 480 และ 720 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อไร่ ควบคุมหญ้าข้าวเนกที่ระยะการเจริญเติบโต 5-6 ใบ ได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกันทั้งในสภาพเรือนทดลองและสภาพไร่ ส่วนสาร MSMA อัตรา 540 และ 810 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อไร่ และ quizalofop-p-tefuryl อัตรา 7.2, 14.4 และ 21.6 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อไร่ ก็สามารถควบคุมหญ้าข้าวเนกได้ในทำนองเดียวกับสาร glyphosate เมื่อทำการทดลองในสภาพเรือนทดลอง ยกเว้นสาร atrazine ทุกอัตราและ MSMA อัตรา 270 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อไร่ ไม่สามารถควบคุมหญ้าข้าวเนกที่ระยะการเจริญเติบโต 5-6 ใบได้

สำหรับระยะการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวเนกมีผลต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate ในการควบคุมหญ้าข้าวเนก โดยสาร glyphosate สามารถควบคุมหญ้าข้าวเนกที่ระยะการเจริญเติบโต 3-4, 5-6 และ 7-8 ใบ ได้ดีกว่าหญ้าข้าวเนกที่ระยะเริ่มแตกหน่อ และประสิทธิภาพของสาร glyphosate ลดลงเมื่อหญ้าข้าวเนกมีอายุเพิ่มขึ้น

ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมทั้งระดับความชื้นดินและความเข้มแสงภายหลังฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชมีผลต่อประสิทธิภาพของสาร glyphosate ในการควบคุมหญ้าข้าวเนก โดยเฉพาะความชื้นดินภายใต้สภาพความชื้นดินต่ำ (WS: 16.7% w/w) สาร glyphosate มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าข้าวเนกน้อยกว่าภายใต้สภาพความชื้นดินสูง (FC: 33.3% w/w) อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มอัตราการใช้สาร glyphosate มีแนวโน้มทำให้ประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าข้าวเนกเพิ่มขึ้น ในขณะที่ภายใต้สภาพความชื้นดินสูงสาร glyphosate แต่ละอัตราสามารถควบคุมหญ้าข้าวเนกได้เหมือนกัน สำหรับความเข้มแสง ภายใต้สภาพความเข้มแสงสูง ($16.93 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$) สาร glyphosate มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าข้าวเนกมากกว่าภายใต้สภาพความเข้มแสงต่ำ ($3.39 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$) และภายใต้สภาพความเข้มแสงแต่ละระดับสาร glyphosate อัตรา 240, 480 และ 720 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อไร่ ทำให้หญ้าข้าวเนกเกิดความเสียหายไม่แตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองนี้ทำให้ทราบว่า การใช้สาร glyphosate อัตราที่บริษัทผู้จำหน่ายแนะนำ (480 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อไร่) อัตราที่ต่ำกว่าอัตราแนะนำ 0.5 เท่า (240 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อไร่) และอัตราที่สูงกว่าอัตราแนะนำ 0.5 เท่า (720 กรัมสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อไร่) สามารถควบคุมหญ้าข้าวนกในระยะกล้ามีใบ 5-6 ใบ ได้ทั้งในสภาพเรือนทดลองและสภาพไร่ แต่ในสภาพพื้นที่ซึ่งมีการเพาะปลูกพืชหรือไม่มีการเพาะปลูกก็ตาม อาจจะมีหญ้าข้าวนก (และรวมถึงวัชพืชชนิดอื่น ๆ) ที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ กัน จึงควรใช้สาร glyphosate ในอัตราที่บริษัทผู้จำหน่ายแนะนำ จะสามารถควบคุมหญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ กันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถ้าใช้ในอัตราต่ำกว่าอัตราแนะนำ ทำให้ไม่สามารถควบคุมหญ้าข้าวนกที่มีอายุมากได้หรือในกรณีการใช้อัตราที่สูงกว่าอัตราแนะนำสามารถควบคุมหญ้าข้าวนกได้ แต่ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากเกินไป นอกจากนี้การฉีดพ่นสาร glyphosate ควรกระทำในสภาพที่ท้องฟ้าโปร่งและดินมีความชื้นเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก จะทำให้การควบคุมหญ้าข้าวนกได้ผลดียิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

- เกลียวพันธ์ สุวรรณรักษ์ และ เสรี ทรงศักดิ์. 2525. “การควบคุมวัชพืชในสวนผลไม้.” หน้า 225-230. ใน วิทยาการวัชพืช. กรุงเทพฯ : สมาคมวิทยาการวัชพืชแห่งประเทศไทย.
- กรมวิชาการเกษตร. 2522. วัชพืชในนาข้าว. กรุงเทพฯ : กองวิชาการ กรมวิชาการเกษตร.
- กรมวิชาการเกษตร. 2531. คำแนะนำการควบคุมวัชพืช. กรุงเทพฯ : งานวิทยาการวัชพืช กองพฤกษศาสตร์และวัชพืช กรมวิชาการเกษตร.
- กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2537. การขึ้นทะเบียนวัชฎมีพิษทางการเกษตรในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : ชาติธุรกิจและโฆษณา.
- เฉลิมพล แชมเพชร. 2535. สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- ประสาน วงศาโรจน์. 2525. “วัชพืชในนาข้าวและการควบคุม.” หน้า 189-206. ใน วิทยาการวัชพืช. กรุงเทพฯ : สมาคมวิทยาการวัชพืชแห่งประเทศไทย.
- ปรีชา พุทธิปรีชาพงศ์. 2542. สารกำจัดศัตรูพืชในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร
- พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. 2538. “ประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืช haloxyfop-R-methyl ester ในถั่วเหลืองปลูกหลังนา.” วารสารเกษตร. 11(3) : 197-207.
- พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. 2539ก. “ประสิทธิภาพการใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทหลังออกในถั่วเหลืองแบบก่อนให้น้ำ 1 วัน.” วารสารเกษตร. 12(3) : 219-231.
- พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. 2539ข. “ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชใบแคบวงศ์หญ้าของสาร haloxyfop - R-methyl ester ในมันฝรั่ง.” วารสารเกษตร. 12(3) : 232-239.
- พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. 2539ค. เทคโนโลยีการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชด้วยระบบน้ำน้อยซีดีเอ. เชียงใหม่ : ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. 2540. วัชพืชศาสตร์. กรุงเทพฯ : รั้วเขียว.
- รังสิต สุวรรณเขตนิคม. 2526. ยากำจัดวัชพืชกับผลทางสรีรวิทยาของพืช. กรุงเทพฯ : แอ็สเสทการพิมพ์.
- รังสิต สุวรรณเขตนิคม. 2531. ยากำจัดวัชพืชกับผลทางสรีรวิทยาของพืช เล่มที่ 1. กรุงเทพฯ : หจก. จงเจริญการพิมพ์.
- ยุวดี ยิ่งวิวัฒน์พงษ์ และ เบญจพล สุวรรณสิงห์. 2533. “ระยะเวลาพักตัวของหญ้าข้าวนก *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.” ข่าวพฤกษศาสตร์และวัชพืช. 3(4) : 14.
- ธวัชชัย วัฒนาเลิศ และศักดิ์ตา วงแก้ววัฒนา. 2525. วัชพืชในที่ราบลุ่มเชียงใหม่. เชียงใหม่ : โครงการศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อรสา วงษ์เกษม. 2534. “ผลกระทบของสภาวะขาดน้ำที่มีต่อประสิทธิภาพของฟลูอาซิฟอป และ glyphosate.” ข่าวพฤกษศาสตร์และวัชพืช. 4(3) : 79.
- อำไพ ยังบุญเกิด. 2518. วัชพืชบางชนิดในนาข้าว. กรุงเทพฯ : ชุมชนวิชาการขายและการซื้อแห่งประเทศไทย.
- Abu-Irmaileh, B.E. 1977. “Some effect of glyphosate on purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.)” *Proc. Calif. Weed Conf.* 29 : 34-41.
- Abu-Irmaileh, B.E. and Jordan, L.S. 1978. “Some aspects of glyphosate action in purple nutsedge (*Cyperus rotundus*). *Weed Sci.* 26 : 700-703.
- Ahmadi, M.S. *et al.* 1980. “Effect of growth stage and water stress on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control and on glyphosate absorption and translocation.” *Weed Sci.* 28 : 277-282.
- Akey, W.C. and Morrison, I.N. 1983. “Effect of moisture stress on wild oat (*Aven fatua*) response to diclofop.” *Weed Sci.* 31 : 247-253.
- Akobundu, I.O. 1987. **Weed Science in The Tropics : Principles and Practices.** Singapore : John Wiley & Sons.
- Alcantara, E.N. *et al.* 1989. “Quack grass (*Agropyron repens*) biotypes response to sethoxydim and haloxyfop.” *Weed Sci.* 37 : 107-111.
- Ali, A. and Flectcher, R.A. 1978. “Phytotoxic action of glyphosate and amitrole on corn seedlings.” *Can. J. Bot.* 56 : 2196-2202.
- Anderson, M.D. and Arnold, W.E. 1985. “Rainfall effects on desmedipham and phenmedipham performance.” *Weed Sci.* 33 : 391-394.
- Anderson, T.N. and Lundegardh, B. 1999. “Field horsetail (*Equistum arvense*) effects of potassium under different light and nitrogen conditions.” *Weed Sci.* 47 : 47-54.
- Arif, A. 1979. The use of Roundup herbicide and the prospect of its development in Indonesia. **Simposium Herbicida Roundup 3.** Indonesia.
- Ashton, F.M. and Crafts, A.S. 1981. **Mode of Action of Herbicides.** 2nd ed. New York : Johnwiley and Sons.
- Australian Weed Committee. 1979. **Guidelines for Field Evaluation for Herbicides.** Canberra : Aust. Govt. Publ. Sevice.
- Baker, E.A. 1980. “Effect of cuticular components on foliar penetration.” *Pestic. Sci.* 11 : 367-370.

- Baird, D.D. and Begeman, G.F. 1972. "Post-emergence characterisation of new quack grass herbicides." *Proc. Northeast Weed Sci. Soc.* 26 : 100-106.
- Baur, J.R. *et al.* 1974. "Effect of pH on foliar uptake of 2,4,5-T-¹⁴C." *Weed Sci.* 22 : 481-486.
- Baur, J.R. 1979. "Reduction of glyphosate-induced tillering in sorghum (*Sorghum bicolor*) by several chemicals." *Weed Sci.* 27 : 69-73.
- Behrens, R. 1977. "Influence of dew on the phytotoxicity of foliarly applied herbicides." *Proc. North Centr. Weed Contr. Conf.* 32 : 116.
- Behrens, R. and Elakkad, M.A. 1981. "Influence of rainfall on the phytotoxicity of foliarly applied 2,4-D." *Weed Sci.* 29 : 349-355.
- Bethlenfalvai, G. and Norris, R.F. 1977. "Desmedipham phytotoxicity to sugarbeets (*Beta vulgaris*) under constant versus variable light, temperature and moisture conditions." *Weed Sci.* 25 : 407-411.
- Brady, H.A. 1969. "Light intensity and the absorption and translocation of 2,4,5-T by woody plants." *Weed Sci.* 17 : 320-322.
- Bukovac, M.J. 1976. "Herbicide entry into plants." 335-364. in Audus J.L. (ed.). *Herbicides: Physiology, Biochemistry and Ecology*. Vol. 1. London : Academic Press.
- Bukovac, M.J. *et al.* 1979. "Peach leaf surface: changes in wettability, retention, cuticular permeability and epicuticular wax chemistry during expansion with special reference to spray application." *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 104 : 611-617.
- Campbell, W.F. *et al.* 1976. "Effects of glyphosate on chloroplast ultrastructure of quack grass mesophyll cells." *Weed Sci.* 24 : 22-25.
- Caseley, J.C. 1972. "The effect of environmental factors on the performance of glyphosate against *Agropyron repens*." *Proc. 11th British Weed Contr. Conf.* 2 : 641-647.
- Caseley, J.C. and Coupland, D. 1980. "Effect of simulated rain on retention, distribution, uptake, movement and activity of difenzoquat applied to *Avena fatua*." *Ann. Appl. Biol.* 96 : 111-118.
- Caseley, J.C. and Coupland, D. 1985. "Environmental and plant factors affecting glyphosate uptake, movement and activity." 92-123. in Grossbard, E. and Atkinson, D. (eds.). *The Herbicide Glyphosate*. London : Butterworths. Co. Ltd.

- Caseley, J.C. and Walker, A. 1990. "Entry and transport of herbicides in plants." 183-200. in Hence, R.J. and Holly, K. (eds.). **Weed Control Handbook: Principle**. 8thed. Oxford and London : Blackwell Scientific Publication.
- Chandler, J.M. 1984. "Herbicides are big business." **Farm Chem**. 147(20) : 78.
- Chandler, J.M. 1991. "Estimated loss of crops to weeds."- 53-65. in Pimental, D. and Nanson, A.A. (eds.). **CRC Handbook of Pest Management in Agriculture**. vol. 1. Boston : CRC Press, Inc. Boca Raton.
- Chandrasena, J.P.N.R. and Sagar, G.R. 1986. "Some factors affecting the performance of fluazifop-butyl against *Eymus repens* (L.) Coult (= *Agropyron repens* (L.) Beauv.)." **Weed Res**. 26 : 139-148.
- Chase, R.L. and Appleby, A.P. 1979. "Effects of humidity and moisture stress on glyphosate control of *Cyperus rotundus* L." **Weed Res**. 19 : 241-246.
- Claus, J.S. and Behrens, R. 1976. "Glyphosate translocation and quack grass rhizome bud kill." **Weed Sci**. 24 : 149-152.
- Cole, D.J. 1983. "The effects of environmental factors on the metabolism of herbicides in plants." **Aspects Appl. Biol**. 4 : 245-252.
- Cole, D.J. 1985. "Mode of action of glyphosate-a literature analysis." 48-74. in Grossbard, E. and Atkinson, D. (eds.). **The Herbicide Glyphosate**. London : Butterworths and Co. Ltd.
- Combella, H. 1982. "Loss of herbicides from ground-sprayers." **Weed Res**. 22 : 193-204.
- Combella, J.H. 1992. "The importance of wild oats in world agriculture." **Proc. 4th Int. Oat Conf.** Adelaide, South Australia. 2 : 1-8.
- Coupland, D. 1983. "The influence of light, temperature and humidity on the translocation and activity of glyphosate in *Elymus repens* (= *Agropyron repens*)." **Weed Res**. 23 : 347-355.
- Coupland, D. 1984. "The effect of temperature on activity and metabolism of glyphosate applied to rhizome fragments of *Elymus repens* (= *Agropyron repens*)." **Pestic. Sci**. 15 : 226-234.
- Coupland, D. 1986. "The effects of environmental factors on the performance of fluzifop-butyl against *Elymus repens* (L.)." **Ann. Appl. Biol**. 108 : 353-363.

- Coupland, D. 1989. "Factor affecting the phloem translocation of foliage-applied herbicides." 85-112. in Atkin, R.K. and Clifford, D.R. (eds.). **Mechanism and Regulation of Transport Process. Monograph 18.** Bristol : British Plant Regulator Group.
- Coupland, D. and Caseley, J.C. 1981. Environmental influences on the effects of glyphosate on *Agropyron repens*. **Proc. The AAB Conf. Grass Weeds in Cereals in the UK.** pp. 109-114.
- Crafts, A.S. 1961. **The Chemistry and Mode of Action of Herbicides.** New York : Interscience Publishers.
- Croft, S.M. *et al.* 1974. "Inhibition of chloroplast ribosome formation by *N-N*-bis-(phosphonomethyl) glycine." **Biochim. Biophys. Acta.** 335 : 211-217.
- Cudney, D.W. 1987. "Herbicide interactions with soil moisture, rain and humidity." **Proc. 39th Annu. Calif. Weed Conf.**
- Currier, H.B. *et al.* 1964. "The relation of stomatal penetration to herbicidal effects using fluorescent dyes as tracers." **Weeds.** 12 : 301-303.
- Dall'Armellina, A.A. and Zimdahl, R. 1989. "Effect of water frequency, drought and glyphosate on growth of field bindweed (*Convolvulus arvensis*)." **Weed Sci.** 37 : 314-318.
- Dawson, J.H. and Burns, V.F. 1975. "Longivity of barnyardgrass, green foxtail and yellow foxtail seeds in soil." **Weed Sci.** 23 : 437-440.
- Devine, M.D. *et al.* 1983. "Temperature effect on glyphosate absorption, translocation and distribution in quackgrass (*Agropyron repens*)." **Weed Sci.** 31 : 461-464.
- Devine, M.D. and Bandeen, J.D. 1983. "Fate of glyphosate in *Agropyron repens* (L.) Beauv. growing under low temperature conditions." **Weed Res.** 23 : 69-75.
- Dickson, R.L., Andrews, M., Field, R.J. and Dickson, E.L. 1990. "Effect of water stress, nitrogen and gibberellic acid on fluazifop and glyphosate activity on oats (*Avena sativa*)." **Weed Sci.** 38 : 54-61.
- Donn, G. and Bieringer, H. 1980. "The influence of temperature on the herbicidal activity of diclofopmethyl against different weed grass species." **Proc. British Crop Protect. Conf. Weeds 15.** 1 : 283-288.
- Doran, D.L. and Andersen, R.N. 1976. "Effectiveness of bentazon applied at various times of the day." **Weed Sci.** 24 : 567-570.

- Dortenzio, W.A. and Norris, R.F. 1980. "The influence of soil moisture on the foliar activity of diclofop." *Weed Sci.* 28 : 534-539.
- Duke, S.O. 1988. "Glyphosate." 1-70 in Kearney, P.C. and Kaufman, D.D. (eds.). *Herbicides : Chemistry, Degradation and Mode of Action*. vol. 3. New York and Basel : Marcel Dekker, Inc.
- Dwyer, L.M. and Stewart, D.W. 1984. "Indicators of water stress in corn (*Zea mays* L.)." *Can. J. Plant Sci.* 64 : 537-546.
- Dybing, C.D. and Currier, H.B. 1961. "Foliar penetration of chemical." *Plant Physiol.* 36 : 169-174.
- Edmund, R.M.Jr. and York, A.C. 1987. "Effects of rainfall and temperature on postemergence control of sicklepod (*Cassia obtusifolia*) with imazaquin and DPX-F6025." *Weed Sci.* 35 : 231-236.
- Egley, G.H. and Williams, R.D. 1978. "Glyphosate and paraquat effects on weed seed germination and seedling emergence." *Weed Sci.* 26 : 249-251.
- Evans, D.M. 1972. "Field performance of glyphosate derivatives in the control of *Agropyron repens* and other perennial weeds." *Proc. 11th British Weed Contr. Conf.* 1 : 64-70.
- Felton, W.L. *et al.* 1990. "Problems associated with the use of glyphosate after wheat harvest." *Proc. 9th Aust. Weeds Conf.* Adelaide, South Australia.
- Fernandez, C.H. 1976. *Studies on Penetration and Translocation of Glyphosate (N-phosphonomethyl glycine) on Cynodon dactylon (L.) Pers.* M.Sc. Thesis of University of California, Davis.
- Fernandez, C.H. and Bayer, D.E. 1977. "Penetration, translocation and toxicity of glyphosate in bermuda grass (*Cynodon dactylon*)." *Weed Sci.* 25 : 396-400.
- Franke, W. 1970. "Ectodesmata and cuticular penetration of leaves." *Pestic. Sci.* 1 : 134-167.
- Friesen, H.A. and Dew, D.A. 1966. "The influence of temperature and soil moisture on the phytotoxicity of dicamba, picloram, bromoxynil and 2,4-D ester." *Can. J. Plant Sci.* 46 : 653-660.
- Gillespie, G.R. and Miller, S.D. 1983. "Sunflower (*Helianthus annuus*) response to diclofop." *Weed Sci.* 31 : 500-503.

- Glenn, S. *et al.* 1985. "Control of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) and common cocklebur (*Xanthium pensylvanicum*) in soybeans (*Glycine max*) with sequential applications of mefluidide and acifluorfen." **Weed Sci.** 33 : 244-249.
- Gomez, A.K. and Gomez, A.A. 1984. **Statistical Procedures for Agricultural Research.** 2nd edn. New York and Brisbane : John Wiley & Sons.
- Gottrup, O. *et al.* 1976. "Uptake, translocation metabolism and selectivity of glyphosate in Canada thistle and leaf spurge." **Weed Res.** 16 : 197-201.
- Greene, D.W. and Bukovac, M.J. 1974. "Penetration of naphthaleneacetic acid into pear (*Pyrus comminis* L.) leaves." **Plant Cell Physiol.** 13 : 321-330.
- Haderlie, L.C. *et al.* 1978. "¹⁴C-glyphosate absorption and translocation in germinating maize (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*) seeds and in soybean plants." **Weed Res.** 18 : 269-273.
- Hammerton, J.L. 1968. "The environment and herbicide performance." **Proc. 9th British Weed Contr. Conf.** 9 : 1088-1110.
- Hance, R.J. 1976. "Absorption of glyphosate by soils." **Pestic. Sci.** 7 : 363-366.
- Hanson, C.L. *et al.* 1975. Effects of light reduction on the herbicidal effectiveness of glyphosate. **Weed Sci. Soc. Am.** pp. 4-5.
- Harker, K.N. and Dekker, J. 1988. "Temperature effects on translocation patterns of several herbicide within quack grass (*Agropyron repens*)." **Weed Sci.** 36 : 545-552.
- Harrison, S.K. and Wax, L.M. 1986. "Adjuvant effects on absorption, translocation and metabolism of haloxyfop-methyl in corn (*Zea mays*)." **Weed Sci.** 34 : 185-195.
- Hess, F.D. 1985. "Herbicides absorption and translocation and their relationship to plant tolerances and susceptibility." 191-214. in Duke, S.O. (ed.). **Weed Physiology : Herbicide, Physiology, Reproduction and Ecophysiology.** vol. 2. Florida : CRC Press Inc.
- Hess, F.D. and Falk, R.K. 1990. "Herbicide deposition on leaf surface." **Weed Sci.** 38 : 280-288.
- Hoagland, R. 1980. "Effect of glyphosate on metabolism of phenolic compound: IV. Effects of glyphosine and glyphosate metabolites on phenylalanine ammonialyase activity, growth and protein, chlorophyll and anthocyanin levels in soybean (*Glycine max*) seedlings." **Weed Sci.** 28 : 393-400.

- Hoagland, R.E. and Duke, S.O. 1982. "Biochemical effects of glyphosate [N-(Phosphonomethyl)glycine]." 175-205. in Moreland, D.E., John, J.B.S.T. and Hess, F.D. (eds.). **Biochemical Responses Induced by Herbicide**. ACS Symposium Series Washington : Am. Chem. Soc.
- Holloway, P.J. 1982. "The chemical destitution of plant cutins." 45-85. in Cutler, D.F., Alvin, K.L. and Price, C.E. (eds.). **The Plant Cuticle**. London : Academic Press.
- Holm, L.G. *et al.* 1988. **The World's Worst Weeds Distribution and Biology**. Honolulu : University Press of Hawaii. pp. 62-71.
- Holm, L.G. *et al.* 1991. **The World's Worst Weeds Distribution and Biology**. Honolulu : University Press of Hawaii. pp. 32-40.
- Houseworth, L.D. and Tweedy, B.G. 1971. "Interaction of light, temperature and moisture on terbutryn toxicity." **Weed Sci.** 19 : 732-735.
- Hsiao, T.C. 1973. "Plant responses to water." **Ann. Rev. Plant Physiol.** 24 : 519-570.
- Hull, H.M. 1958. "The effect of day and night temperature on growth, foliar wax content and cuticle development of velvet mesquite." **Weeds.** 6 : 133-142.
- Hull, H.M. 1964. "Leaf structure as related to penetration of organic substance." 45-93. in Hacskeylo, J. (ed.). **Absorption and Translocation of Organic Substances in Plants**. 7th Annu. Symp. Am. Soc. Plant Physiol.
- Hull, H.M. *et al.* 1975. "Environmental influences on cuticle development and resultant foliar penetration." **Bot. Rev.** 41 : 421-452.
- Hull, H.M., Blackman, C.A. and Morton, H.L. 1977. "Some effects of glyphosate on the foliar ultrastructure of velvet mesquite seedling." **Proc. West. Weed Sci. Soc.** 30 : 18-19.
- Hunter, J.H. 1996. "Control of Canada thistle (*Cirsium arvense*) with glyphosate applied at bud vs rosette stage." **Weed Sci.** 44 : 934-938.
- Ismael, F.K. *et al.* 1983. "Effects of soil moisture content on the activity of glyphosate applied to *Elymus repens* (L.) Gould." **Aspects Appl. Biol.** 4 : 147-156.
- Johnson, B.J. 1996. "Reduced rates of preemergence herbicides for largecrab grass (*Digitaria sanguinalis*) and goose grass (*Eleusine indica*) control in bermuda grass (*Cynodon dactylon*)." **Weed Sci.** 44 : 585-590.
- Jordan, T.N. 1977. "Effects of temperature and relative humidity on the toxicity of glyphosate to bermuda grass (*Cynodon dactylon*)." **Weed Sci.** 25 : 448-451.

- Jordan, D.L. *et al.* 1997. "Influence of application variables on efficacy of glyphosate." **Weed Technol.** 11 : 354-362.
- Kasasian, L. 1971. **Weed Control in The Tropics.** London : Billing and Sons Ltd.
- Kells, J.J. *et al.* 1984. "Absorption, translocation and activity of fluaziflop butyl as influenced by plant growth stage and environment." **Weed Sci.** 32 : 143-149.
- Kells, J.J. and Rieck, C.E. 1979. "Effects of illuminance and time on accumulation of glyphosate in johnson grass (*Sorghum halepense*)." **Weed Sci.** 27 : 235-237.
- Kidder, D.W. and Behrens, R. 1988. "Plant responses to haloxyfop as influenced by water stress." **Weed Sci.** 36 : 305-312.
- Kirkwood, R.C. 1987. "Uptake and movement of herbicide from surfaces and the effects of formulation and environment upon them." 1-25. in Cottrell, H.J. (ed.). **Pesticides on Plant Surfaces.** Singapore : John Wiley and Sons.
- Kirkwood, R.C. 1991. "Pathways and mechanisms of uptake of foliage-applied herbicides with particular reference to the role of surfactants." 219-243. in Kirkwood, R.C. (ed.). **Target Sites for Herbicide Action.** New York and London : Plenum Press.
- Kirkwood, R.C. and Fletcher, W.W. 1983. "The mode of action of herbicide". 227-257. in Fletcher, W.W. (ed.). **Recent Advances in Weed Research.** Surrey : The Graham Press.
- Kitchen, L.M. *et al.* 1981. "Inhibition of chlorophyll accumulation by glyphosate." **Weed Sci.** 29 : 513-516.
- Klevorn, T.B. and Wyse, D.L. 1984. "Effect of soil temperature and moisture on glyphosate and photoassimilate distribution in quack grass (*Agropyron repens*)." **Weed Sci.** 32 : 402-407.
- Klingman, G.C. and Ashton, F.M. 1982. **Weed Science : Principles and Practices.** 2nd ed. New York : Wiley-Interscience.
- Kolattukudy, P.E. 1981. "Structure, biosynthesis and biodegradation of cutin and suberin." **Annu. Rev. Plant Physiol.** 32 : 539-567.
- Kudsk, P. *et al.* 1990. "The influence of temperature, humidity and simulated rain on the performance of thianeturon-methyl." **Weed Res.** 30 : 261-269.
- Kudsk, P. and Kristensen, J.L. 1992. "Effect of environmental factors on herbicide performance." **Proc. 1st Int. Weed Contr. Congr.** Melbourne, Victoria. 1 : 173-186.

- Lanie, A.J. *et al.* 1994. "Herbicide combinations for soybean (*Glycine max*) planted in stale seedbed." **Weed Technol.** 8 : 17-22.
- Lauridson, T.C. *et al.* 1980. "Effect of drought stress on Canada thistle control." **Proc. North Centr. Weed Contr. Conf.** 35 : 17.
- Lauridson, T.C. *et al.* 1983. "Effect of moisture stress on Canada thistle (*Cirsium arvense*) control." **Weed Sci.** 31 : 674-680.
- Lee, T.T. 1981. "Effects of glyphosate on synthesis and degradation of chlorophyll in soybean and tobacco cells." **Weed Res.** 21 : 161-164.
- Legg, B.J. 1983. "Micrometeorology and the influence of local variations of chlorophyll in soybean and tobacco cells." **Weed Res.** 21 : 161-164.
- Lund-Høie, K. 1983. "The influence of light on the physiological behaviour of glyphosate in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and temperature on the toxic effect of the herbicide on Norway spruce (*Picea abies* L.)." **Crop Protect.** 2 : 409-416.
- Lydon, J. and Duke, S.O. 1989. "Pesticide effects on secondary metabolism of higher plant." **Pestic. Sci.** 25 : 361-373.
- Lym, R.G. and Messersmith, C.G. 1990. "Effect of temperature on picloram absorption and translocation in leaf spurge (*Euphorbia esula*)." **Weed Sci.** 38 : 471-474.
- Malefyt, T. and Duke, W.B. 1984. "Pendimethalin phytotoxicity to velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) and powell amaranth (*Amaranthus powellii*)." **Weed Sci.** 32 : 520-524.
- Mann, R.K. and Rieck, C.E. 1979. "Effect of soil moisture on herbicide action of foliar applied herbicides." **Proc. 32nd Annu. Meet. South. Weed Sci. Soc.** pp. 316.
- Marquis, L.Y. *et al.* 1979. "Selectivity of glyphosate in creeping red fescue and red canary grass." **Weed Res.** 19 : 335-342.
- Marriage, P.B. and Khan, S.U. 1978. "Differential varietal tolerance of peach (*Prunus persica*) seedlings to glyphosate." **Weed Sci.** 26 : 374-378.
- Masiunas, J.B. and Weller, S.C. 1988. "Glyphosate activity in potato (*Solanum tuberosum*) under different temperature regimes and light level." **Weed Sci.** 36 : 137-140.
- McCann, A.W. and Whitehouse, P. 1983. "A review of environmental-informulation interactions in relation to the foliar persistence, uptake and translocation of herbicides." **Aspects Appl. Biol.** 4 : 329-344.

- McWhorter, C.G. 1979. "The effect of surfactant and environment on the toxicity of metriflufen to soybean (*Glycine max*) and johnson grass (*Sorghum halepense*)." *Weed Sci.* 27 : 675-679.
- McWhorter, C.G. *et al.* 1980. "Translocation of ¹⁴C-glyphosate in soybeans (*Glycine max*) and johnson grass (*Sorghum halepense*)." *Weed Sci.* 28 : 113-118.
- McWhorter, C.G. 1981. "Effect of temperature and relative humidity on translocation of ¹⁴C-metriflufen in johnson grass (*Sorghum halepense*) and soybean (*Glycine max*)." *Weed Sci.* 29 : 87-93.
- McWhorter, C.G. and Azlin, W.R. 1978. "Effects of environment on the toxicity of glyphosate to johnson grass (*Sorghum halepense*) and soybeans (*Glycine max*)." *Weed Sci.* 26 : 605-608.
- Medd, R.W. and Pandey, S. 1990. "Estimating the cost of wild oats (*Avena* spp.) to the Australian Wheat Industry." *Proc. 9th. Aust. Weeds Conf.* Adelaide, South Australia.
- Meeusen, R.M. *et al.* 1983. "Effects of environmental factors on the herbicidal activity of acifluorfen." *Aspects Appl. Biol.* 4 : 253-263.
- Merritt, C.R. 1986. "The relationship between the rate of entry of ioxynil and effects on photosynthesis in normal and drought-stressed *Stellaria media*." *Ann. Appl. Biol.* 108 : 105-114.
- Miller, D.K. *et al.* 1984. "Temperature effect on difenzoquat phototoxicity." *Weed Sci.* 32 : 150-153.
- Miller, D.K. *et al.* 1998. "Johnson grass (*Sorghum halepense*) control and rainfastness with glyphosate and adjuvants." *Weed Technol.* 12 : 617-622.
- Moosavi-Nia, H and Dore, J. 1979a. "Factors effecting glyphosate activity in *Imperata cylindrica* (L.) Beauv. and *Cyperus rotundus* L. I. Effect of soil moisture." *Weed Res.* 19 : 137-143.
- Moosavi-Nia, H and Dore, J. 1979b. "Factors effecting glyphosate activity in *Imperata cylindrica* (L.) Beauv. and *Cyperus rotundus* L. II. Effect of shade." *Weed Res.* 19 : 321-327.
- Morton, H.L. 1966. "Influence of temperature and humidity on foliar absorption, translocation and metabolism of 2,4,5-T by mesquite seedling." *Weeds.* 14 : 136-141.

- Moshier, L. *et al.* 1976. "Effects of glyphosate and diuron on turf grass establishment." **Weed Sci.** 24 : 445-448.
- Moshier, L. and Penner, D. 1978. "Use of glyphosate in sod seeding alfalfa (*Medicago sativa*) establishment." **Weed Sci.** 26 : 163-166.
- Moxness, K.D. Lym, R.G. 1989. "Environment and spray additive effects on picloram absorption and translocation in leafy spurge (*Euphorbia esula*)." **Weed Sci.** 37 : 181-186.
- Muro, J. 1991. "Simulation of herbicide wash-off by rain: influence of the moment of wash-off on the efficacy of glyphosate+MCPA, glufosinate-ammonium and paraquat." **Proc. Meet. Spanish Weed Sci. Soc.** p. 275-278.
- Muzik, T.J. 1976. "Influence of environmental factors on toxicity to plant." 203-247. in Audus, L.J. (ed.). **Herbicides: Physiology, Biochemistry, Ecology.** vol. 2. 2nd ed. London : Academic Press.
- Nalewaja, J.D. and Skrzypczak, G. 1985. "Environment and bromoxynil phytotoxicity." **Weed Sci.** 34 : 101-105.
- Nalewaja, J.D. and Woznica, Z. 1985. "Environmental and chlorsulfuron phytotoxicity." **Weed Sci.** 33 : 395-399.
- Nalewaja, J.D. and Woznica, Z. 1988. "Effect of environment and adjuvants of asulam phytotoxicity." **Weed Sci.** 36 : 367-372.
- Nilsson, G. 1984. "Effects of divalent cations on glyphosate performance in wheat and pea." **Swedish J. Agric. Res.** 14 : 3-11.
- Nimbal, C.I. *et al.* 1995. "Response of MSMA-resistant and susceptible common cocklebur (*Xanthium strumarium*) biotypes to cotton (*Gossypium hirsutum*) herbicides and cross-resistant to arsenicals and membrane disruptors." **Weed Technol.** 9 : 440-445.
- Nimbal, C.I. *et al.* 1996. "Environment effects on MSMA phytotoxicity to wild-type and arsenical herbicide-resistant common cocklebur (*Xanthium strumarium*)." **Weed Technol.** 10 : 809-814.
- Nishimoto, R.K. and Murdoch, C.L. 1994. "Smut grass (*Sporobolus indicus*) control in bermuda grass (*Cynodon dactylon*) turf with triazine-MSMA applications. **Weed Technol.** 8 : 836-839.

- Norris, R.F. 1974. "Penetration of 2,4-D in relation to cuticle thickness." *Am. J. Bot.* 61 : 74-79.
- O'Donovan, J.T. and O'Sullivan, P.A. 1982. "The antagonistic action of 2,4-D and bromoxynil on glyphosate phytotoxicity to barley (*Hordeum vulgare*). *Weed Sci.* 30 : 30-34.
- Olesen, T. and Kudsk, P. 1987. "The influence of rain on the effect of chlorsulfuron, fluazifop-butyl and glyphosate." *Proc. 4th Danish Plant Protect. Conf. Weeds.*
- O'Toole, J.C. and Chang, T.T. 1979. "Drought resistance in cereals-rice." 373-405 in Mussell, H. and Staples, R.C. (eds.) *Stress Physiology in Crop Plants*. New York : John Wiley & Sons.
- O'Toole, J.C. and Cruz, R.T. 1980. "Response of leaf water potential, stomatal resistance and leaf water rolling to water stress." *Plant Physiol.* 65 : 428-432.
- Parker, C. and Fryer, J.D. 1975. "Weed control problems causing major reductions in world food supplies". *FAO Plant Protect. Bull.* 23 : 83-95.
- Parsons, J.M. and Richardson, R.G. 1992. *Australian Weed Control Handbook*. 9th ed. Melbourne : Inkata.
- Pearce, G.A. 1981. "Application weed control handbook." *Proc. 6th Aust. Weed Conf. Gold Coast, Australia.* 1 : 15-19.
- Peregoy, R.S. *et al.* 1990. "Moisture stress effects on the absorption, translocation and metabolism of haloxyfop in johnson grass (*Sorghum halepense*) and large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*)." *Weed Sci.* 38 : 331-337.
- Peregrine, E.K. and Norris, R.F. 1986. "The influence of application time and temperature on seedling alfalfa tolerance to bromoxynil phytotoxicity." *Weed Sci. Soc. Am.* 26 : 18.
- Pereira, J.F. *et al.* 1971. "Mechanism of transpacific selectivity of cabbage to nitrofen." *Weed Sci.* 19 : 647-651.
- Pereira, W. and Crabtree, G. 1985. "Timing glyphosate application relative to growth stage of yellow nutsedge." *Proc. Northeast. Weed Sci.* 39 : 99. (Abstr.)
- Pereira, W. and Crabtree, G. 1986. "Absorption, translocation and toxicity of glyphosate and oxyfluorfen in yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*)." *Weed Sci.* 34 : 923-929.
- Price, C.E. 1982. "A review of factors influencing the penetration of pesticides through plant leaves." 237-252. in Cutler, D.F., Alvin, K.L. and Price, C.E. (eds.). *The Plant Cuticle*. London : Academic Press.

- Putnam, A.R. 1976. "Fate of glyphosate in deciduous fruit trees." *Weed Sci.* 24 : 425-430.
- Radanachales, T. and Maxwell, J.F. 1994. *Weed of Soybean Fields in Thailand*. Chiang Mai : Faculty of Agriculture Chiang Mai University.
- Rahman, A. and James, T.K. 1989. "Effect of simulated rainfall and adjuvants on the activity of some grass herbicides." *Proc. 42nd New Zealand Weed and Pest Contr. Conf.* 110-113.
- Rai, J.P.N. and Tripathi, R.S. 1986. "Population regulation of *Galinsoga ciliata* (Raf.) Blake and *G. paviiflora* Cav. : on 2,4-D application at different growth stage and light regime." *Weed Res.* 26 : 59-67.
- Reeve, M.J. and Carter, A.D. 1991. "Water release characteristic." 111-160 in Smith, K.A. and Mullins, C.E. (eds.). *Soil Analysis Physical Methods*. New York : Marcel Dekker.
- Richardson, R.G. 1975. "Foliar penetration and translocation of 2,4,5-T in blackberry (*Rubus procerus* P.J. Muell.)." *Weed Res.* 15 : 33-38.
- Richardson, R.G. 1977. "A review of foliar absorption and translocation of 2,4-D and 2,4,5-T." *Weed Res.* 17 : 259-272.
- Ricotta, J.A. and Masiunas, J.B. 1992. "Relationship of leaf surface characteristics to acifluofen tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum*) and related species." *Weed Sci.* 40 : 402-407.
- Roberts, H.A. (ed.) 1982. *Weed Control Handbook : Principles*. 7th ed. Melbourne : Blackwell Scientific Publications
- Robertson, M.M. and Kirkwood, R.C. 1969. "The mode of action of foliage-applied translocated herbicides with particular reference to the phenoxy-acid compound I. The mechanism and factors influencing herbicide absorption." *Weed Res.* 9 : 224-240.
- Rodrigues, J.J.V. *et al.* 1982. "Exudation of glyphosate from wheat (*Triticum aestivum*) plants and its effects on interplanted corn (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*)." *Weed Sci.* 30 : 316-320.
- Ross, M.A. and Lembi, C.A. 1985. *Applied Weed Science*. New York : Macmillian Publications.
- Ross, M.A. and Lembi, C.A. 1999. *Applied Weed Science*. 2nd ed. New Jersey : Prentice Hall.
- Rosser, S.W. *et al.* 1983. "The effect of moisture stress on johnson grass control with fluazifop." *Proc. South Weed Sci. Soc.* 36 : 356.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Ryle, G.J.A. and Powell, C.E. 1976. "Effect of rate of photosynthesis on pattern of assimilate distribution in the graminaceous plant." *J. Exp. Bot.* 27 : 189-199.
- Salazar, L.C. Appleby, A.P. 1982. "Herbicidal activity of glyphosate in soil." *Weed Sci.* 30 : 463-466.
- Sandberg, C.L. *et al.* 1980. "Absorption, translocation and metabolism of ¹⁴C-glyphosate in several weed species." *Weed Res.* 20 : 195-200.
- Sargent, J.A. 1965. "The penetration of growth regulations into leaves." *Ann. Rev. Plant Physiol.* 16 : 1-12.
- Sargent, J.A. and Blackman, G.E. 1962. "Studies on foliar penetration. I. Factor controlling the entry of 2,4-dichlorophenoxy acetic acid." *J. Exp. Bot.* 13 : 358-368.
- Sargent, J.A. and Blackman, G.E. 1972. "Studies on foliar penetration. IX. Pattern of penetration of 2,4-dichlorophenoxy acetic acid into the leaves of different species." *J. Exp. Bot.* 23 : 830-841.
- Scheiferstein, R.H. and Loomis, W.E. 1956. "Wax deposits on leaf surfaces." *Plant Physiol. Lancaster.* 31 : 240-247.
- Schönherr, J. and Bukovac, M.F. 1970. "Preferential polar pathways in the cuticle and their relationship to ectodesmata." *Planta (Berl).* 92 : 189-201.
- Schönherr, J. and Bukovac, M.J. 1972. "Penetration of stomata by liquids dependence on surface tension, wettability and stomatal morphology." *Plant Physiol. Lancaster.* 49 : 813-819.
- Schreiber, M.M. *et al.* 1979. "Effect of wetting agent, stage of growth and species on the selectivity of diclofop." *Weed Sci.* 27 : 679-683.
- Schultz, M.E. and Burnside, O.C. 1980. "Absorption, translocation and metabolism of 2,4-D and glyphosate in hemp dogbane (*Apocynum cannabinum*)." *Weed Sci.* 28 : 13-20.
- Schuster, J.L. 1971. "Night applications of phenoxy herbicides on plains prickly pear." *Weed Sci.* 19 : 585-587.
- Segura, J. *et al.* 1978. "Phytotoxicity of glyphosate to Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) and red clover (*Trifolium pratense*)." *Weed Sci.* 26 : 32-36.
- Sharma, M.P. and Vanden born. W.H. 1970. "Foliar penetration of picloram and 2,4-D in aspen and balsam poplar." *Weed Sci.* 18 : 57-63.

- Sharma, M.P. *et al.* 1971. "Penetration and translocation of picloram in Canada thistle." **Weed Sci.** 19 : 349-355.
- Sharma, M.P. *et al.* 1976. "Penetration, translocation and metabolism of ¹⁴C-difenzoquat in wild oat and barley." **Weed Sci.** 24 : 379-384.
- Sherrick, S.L. *et al.* 1986. "Effect of adjuvant and environment during plant development on glyphosate absorption and translocation in field bindweed (*Convolvulus arvensis*)." **Weed Sci.** 34 : 811-816.
- Simon, J.P. *et al.* 1984. "Adaptation and acclimation of higher plants at enzyme level: kineticities of phosphoenol pyruvate carboxylate of population of a weed C₄ grass species, *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv." **Photosynth.** 18 : 391-401.
- Siriwardana, G.D. and Zimdahl, R.L. 1984. "Competition between barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*) and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*)." **Weed Sci.** 32 : 218-222.
- Skoss, J.D. 1955. "Structure and composition of plant cuticles in relation to environmental factors and permeability." **Bot. Gaz.** 117 : 55-72.
- Skuterud, R. and Caseley, J.C. 1980. "Effects of simulated rain on bentazone activity against meadow fescue, timothy and white mustard." **Proc. 1980 British Crop Protect. Conf. Weeds.** pp. 573-580.
- Smith, R.J, Jr. 1968. "Weed competition in rice." **Weed Sci.** 16 : 252-255.
- Smith, R.J, Jr. *et al.* 1977. **Weed Control in U.S. Rice Production.** Washington, DC. : U.S. Dep. Agric. Agric. Handb. U.S. Gov. Printing Office.
- Smith, R.J, Jr. 1988. "Tolerance of rice (*Oryza sativa*) to acifluorfen and triclopyr applied alone or in mixtures with propanil." **Weed Sci.** 36 : 379-383.
- Smith, J.E. and Khodayari, K. 1985. "Herbicide treatments for control of weeds in dry-seed rice (*Oryza sativa*)." **Weed Sci.** 33 : 686-692.
- Snipes, C.E. and Street, J.E. 1987. "Fenoxaprop for postemergence barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*) control in rice (*Oriza sativa*)." **Weed Sci.** 35 : 224-227.
- Sprankle, P. *et al.* 1975. "Absorption, action and translocation of glyphosate." **Weed Sci.** 23 : 235-240.
- Sprankle, P. *et al.* 1978. "Separation of glyphosate and possible metabolites by thin-layer chromatography." **Weed Sci.** 26 : 673-674.

- Stoltenberg, D. and Wyse, K.L. 1986. "Regrowth of quack grass (*Agropyron repens*) following postemergence applications of haloxyfop and sethoxydim." *Weed Sci.* 34 : 664-668.
- Street, J.E. and Richard Jr, E.P. 1983. "Effect of growth stage on rice (*Oryza sativa*) tolerance to acifluorfen." *Weed Sci.* 31 : 672-673.
- Sung, F.J.M. and Krieg, D.R. 1979. "Relative sensitivity of photosynthetic assimilation and translocation of ^{14}C to water stress." *Plant Physiol.* 64 : 852-858.
- Suwanketnikom, R. and Penner, D. 1976. "Environmental influence on yellow nutsedge control with bentazon and glyphosate." *Proc. North Centr. Weed Contr. Conf.* 31 : 141.
- Suwunnamek, U. and Parker, C. 1975. "Control of *Cyperus rotundus* with glyphosate : the influence of ammonium salts on the activity of leaf-applied herbicides." *Pestic. Sci.* 6 : 1-10.
- Tanpipat, S. 1995. **Environmental Control of Glyphosate Efficacy: Fallow Weeds of The Australian north-East Grain Belt.** PhD Thesis University of Queensland.
- Tardif, F.J. and Leroux, G.D. 1991. "Translocation of glyphosate and quizalofop and metabolism of quizalofop in quackgrass biotypes (*Elytrigia arepens*)." *Weed Technol.* 5 : 525-531.
- Tharawanich, T. and Linscott, D.L. 1975. "Factors influencing the effect of glyphosate on yellow nutsedge." *Proc. Northeast Weed Sci. Soc.* pp. 132.
- Thomson, J.R. 1974. "The effect of wind on grasses II. Mechanical damage in *Festuca arundinacea* Schreb." *J. Exp. Bot.* 25 : 965-972.
- Trimmer, M.C. and Linscott, D.L. 1990. "Diffusive resistance and translocation of quack grass (*Elytrigia repens*) following postemergence herbicides." *Weed Technol.* 4 : 824-827.
- Troughton, J.H. and Curie, B.G. 1977. "Relations between light level, sucrose concentration and translocation of carbon 11 in *Zea mays* leaves." *Plants Physiol.* 59 : 808-820.
- Upchurch, R.P. and Baird, D.D. 1972. "Herbicidal action of MON-0573 as influenced by light and soil." *Proc. West Weed Sci. Soc.* 25 : 41-44.
- Waldecker, M.A. and Wyse, D.L. 1985. "Soil moisture effects on glyphosate absorption and translocation in common milkweed (*Asclepias syriaca*)." *Weed Sci.* 33 : 299-305.
- Weaver, R.L. and DeRose, H.R. 1946. "Absorption and translocation of 2,4-dichlorophenoxy acetic acid." *Bot. Gaz.* 107 : 509-521.

- West, L.C. *et al.* 1980. "Factors influencing barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*) control with diclofop." *Weed Sci.* 28 : 366-371.
- Westwood, J.H. and Weller, S.C. 1997. "Cellular mechanisms influence differential glyphosate sensitivity in field bindweed (*Convolvulus arvensis*) biotypes." *Weed Sci.* 45 : 2-11.
- Whitwell, T. *et al.* 1980. "Glyphosate absorption and translocation in bermuda grass (*Cynodon dactylon*) and activity in horsenettle (*Solanum carolinense*)." *Weed Sci.* 28 : 93-96.
- Wiese, A.F. and Rea, E.H. 1962. "Factors affecting the toxicity of phenoxy herbicides to field bindweed." *Weeds.* 10 : 58-61.
- Wilcox, D.K. *et al.* 1987. "Effect of soil moisture on the efficacy of foliar-applied wild oat herbicides." *Can. J. Plant Sci.* 67 : 1117-1120.
- Wills, G.D. 1978. "Factors affecting toxicity and translocation of glyphosate in cotton (*Gossypium hirsutum*)." *Weed Sci.* 26 : 509-513.
- Wills, G.D. 1984. "Toxicity and translocation of sethoxydium in bermuda grass (*Cynodon dactylon*) as affected by environment." *Weed Sci.* 32 : 20-24.
- Wills, G.D. and Basler, E. 1971. "Environmental effects on absorption and translocation of 2,4,5-T in winged elm." *Weed Sci.* 19 : 431-434.
- Wills, G.D. and McWhorter, C.G. 1972. "Effect of temperature, relative humidity and soil moisture on translocation of bentazon in cocklebur, nutsedge and soybean plants." *Proc. 25th Annu. Meet. South. Weed Sci.* pp. 415-419.
- Wills, G.D. and McWhorter, C.G. 1981. "Effect of environment on the translocation and toxicity of acifluorfen to showy crotalaria (*Crotalaria spectabilis*)." *Weed Sci.* 29 : 397-401.
- Wills, G.D. and McWhorter, C.G. 1983. "Effect of environment and adjuvants on translocation and toxicity of fluazifop in *Cynodon dactylon* and *Sorghum halepense*." *Aspects. Appl. Biol.* 4 : 283-290.
- Wyrill, J.B. and Burnside, O.C. 1977. "Glyphosate toxicity to common milkweed and hemp dogbane as influenced by surfactants." *Weed Sci.* 25 : 275-287.
- Zandstra, B.H. and Nishimoto, R.K. 1977. "Movement and activity of glyphosate in purple nutsedge." *Weed Sci.* 25 : 268-271.
- Zollinger, R.K. and Kells, J.J. 1991. "Effect of soil pH, soil water, light intensity and temperature on perennail sowthistle (*Sonchus arvensis* L.)." *Weed Sci.* 39 : 376-384.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ spray volume เพื่อใช้กับเครื่องฉีดพ่นระบบน้ำน้อย (CDA)

การคำนวณปริมาณฉีดพ่นต่อหน่วยพื้นที่ (spray volume) เพื่อใช้กับเครื่องฉีดพ่นระบบน้ำน้อย ดังนี้ (พรชัย เหลืองอากาศ. 2539)

1. หาความเร็วรถฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช: เครื่องฉีดพ่นระบบน้ำน้อย “micron herbi-4” และถังพลาสติกบรรจุน้ำ 2.5 ลิตร ติดตั้งบนรถขนาดเล็กซึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ ให้รถเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงบนระยะทางที่กำหนดไว้ บันทึกเวลาที่ใช้แต่ละเที่ยวแล้วทำซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย

2. วัดความกว้างของละอองสารในการฉีดพ่น: หัวฉีดสี่เหลี่ยมติดอยู่กับจานหมุนด้วยความเร็วคงที่ของเครื่องฉีดพ่นระบบน้ำน้อยและอยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 35 ซม. ดังนั้นสารกำจัดวัชพืชจะตกลงบนพื้นที่เมื่อทำการฉีดพ่นเป็นบริเวณกว้าง 1.20 ม.

3. คำนวณอัตราไหลของสารละลาย: โดยนำแก้วตวงมารองที่ได้หัวฉีดแล้วปล่อยให้สารละลายไหลออกมา จับเวลาหนึ่งนาทีเพื่อหาปริมาณสารละลายที่ไหลออกมา ทำซ้ำหลาย ๆ ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย

4. การคำนวณ spray volume: นำค่าความเร็วรถฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช ความกว้างของละอองสารในการฉีดพ่นและอัตราไหลมาคำนวณดังสมการต่อไปนี้

$$\text{spray volume (ลิตรต่อเฮกตาร์)} = \frac{\text{อัตราไหล (ลิตรต่อนาที)} \times 600}{\text{ความกว้าง (ม.)} \times \text{ความเร็วรถ (ก.ม.ต่อช.ม.)}}$$

$$\text{อัตราไหล} = 0.14 \text{ ลิตรต่อนาที}$$

$$\text{ความกว้าง} = 1.20 \text{ ม.}$$

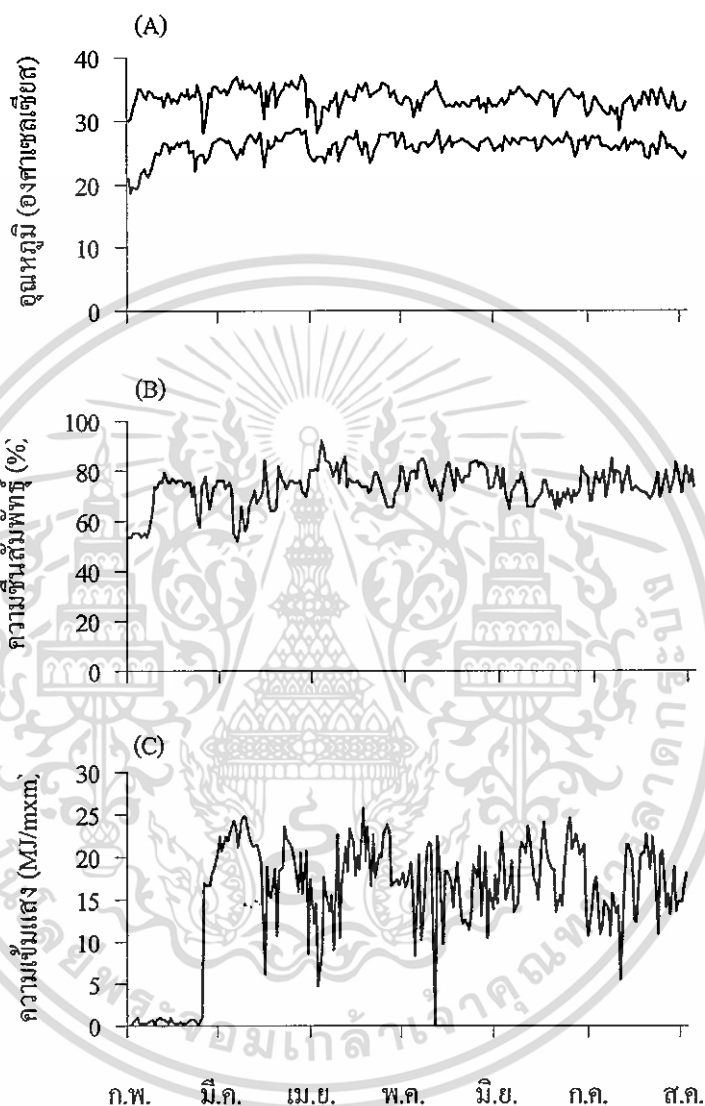
$$\text{ความเร็วรถ} = 0.84 \text{ ก.ม.ต่อช.ม.}$$

$$\begin{aligned} \text{spray volume (ลิตรต่อเฮกตาร์)} &= \frac{0.14 \text{ (ลิตรต่อนาที)} \times 600}{1.2 \text{ (ม.)} \times 0.84 \text{ (ก.ม.ต่อช.ม.)}} \\ &= 83.33 \end{aligned}$$

เนื่องจากพื้นที่ 6.25 ไร่ เท่ากับ 1 เฮกตาร์ ซึ่งคำนวณ spray volume ได้เท่ากับ 83.33 ลิตร ดังนั้นพื้นที่ 1 ไร่ จึงคำนวณ spray volume ได้เท่ากับ $(83.33 \times 1) / 6.25 = 13.33$ ลิตรต่อไร่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1

แสดงอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด (°ซ ; A) ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (%) ; B) และความเข้มแสง (MJm⁻¹ ; C) ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนสิงหาคม 2540 ที่กรมอุตุนิยมวิทยา เขตบางนา กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ความเสียหาย (%) ของหญ้าข้าวนภายหลังฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชนิตต่าง ๆ

สารกำจัดวัชพืช	อัตรา (เท่าของอัตราแนะนำ)	จำนวนวันภายหลังฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช							
		1	3	5	7	9	11	13	15
glyphosate	0.5	0.0	52.5	82.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
glyphosate	1.0	0.0	55.0	87.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
glyphosate	1.5	0.0	77.5	95.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
MSMA	0.5	35.0	45.0	42.5	45.0	32.5	30.0	30.0	20.0
MSMA	1.0	65.0	75.0	82.5	90.0	100.0	100.0	100.0	100.0
MSMA	1.5	80.0	92.5	95.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
quizalofop-p-tefuryl	0.5	0.0	45.0	97.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
quizalofop-p-tefuryl	1.0	0.0	40.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
quizalofop-p-tefuryl	1.5	0.0	47.5	97.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
atrazine	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
atrazine	1.0	0.0	0.0	5.0	15.0	10.0	7.5	5.0	2.5
atrazine	1.5	0.0	0.0	5.0	15.0	10.0	7.5	5.0	2.5

ตารางที่ 2 ความเสียหาย (%) ของหญ้าข้าววนภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate ที่เจริญเติบโตภายใต้ความชื้นดินต่างกัน

ความชื้นดิน	อัตรา (เท่าของอัตราแนะนำ)	จำนวนวันภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate												
		1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25
FC	0.5	0.0	17.5	40.0	70.0	90.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	1.0	0.0	20.0	37.5	67.5	90.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	1.5	0.0	12.5	35.0	67.5	87.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
WS	0.5	0.0	0.0	5.0	10.0	10.0	20.0	35.0	52.5	65.0	82.5	90.0	97.5	100.0
	1.0	0.0	0.0	5.0	10.0	15.0	25.0	40.0	65.0	75.0	90.0	100.0	100.0	100.0
	1.5	0.0	7.5	12.5	15.0	25.0	35.0	60.0	87.5	95.0	100.0	100.0	100.0	100.0

ตารางที่ 3 ความเสียหาย (%) ของหญ้าข้าววนภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate ที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสงต่างกัน

ความเข้มแสง (%)	อัตรา (เท่าของอัตราแนะนำ)	จำนวนวันภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate							
		1	3	5	7	9	11	13	15
100	0.5	0.0	17.5	35.0	72.5	92.5	100.0	100.0	100.0
	1.0	0.0	15.0	42.5	80.0	97.5	100.0	100.0	100.0
	1.5	0.0	15.0	45.0	80.0	100.0	100.0	100.0	100.0
42	0.5	0.0	12.5	17.5	35.0	77.5	92.5	100.0	100.0
	1.0	0.0	15.0	27.5	40.0	77.5	92.5	100.0	100.0
	1.5	0.0	12.5	20.0	40.0	77.5	95.0	100.0	100.0
20	0.5	0.0	12.5	17.5	27.5	45.0	70.0	87.5	100.0
	1.0	0.0	10.0	12.5	25.0	45.0	70.0	90.0	100.0
	1.5	0.0	15.0	20.0	32.5	52.5	72.5	92.5	100.0

ตารางที่ 4 ความเสียหาย (%) ของหญ้าข้าวนภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกัน

ระยะการเจริญเติบโต	อัตรา (เท่าของอัตราแนะนำ)	จำนวนวันภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate								
		1	3	5	7	9	11	13	15	17
3-4 ใบ	0.5	0.0	32.5	90.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	1.0	0.0	30.0	82.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	1.5	0.0	37.5	87.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
5-6 ใบ	0.5	0.0	22.5	62.5	87.5	95.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	1.0	0.0	27.5	67.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	1.5	0.0	30.0	82.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
7-8 ใบ	0.5	0.0	20.0	42.5	72.5	95.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	1.0	0.0	25.0	62.5	80.0	95.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	1.5	0.0	27.5	72.5	95.0	97.5	100.0	100.0	100.0	100.0
เริ่มแตกหน่อ	0.5	0.0	15.0	35.0	37.5	42.5	65.0	75.0	85.0	100.0
	1.0	0.0	15.0	37.5	45.0	57.5	72.5	80.0	90.0	100.0
	1.5	0.0	17.5	47.5	57.0	82.5	90.0	97.5	100.0	100.0

ตารางที่ 5 ความเสียหาย (%) ของหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตในสภาพไร่ ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate

อัตรา (เท่าของอัตราแนะนำ)	จำนวนวันภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate				
	0	3	5	7	9
0.5	0	12.5	50.0	82.5	100.0
1.0	0	17.5	57.5	87.5	100.0
1.5	0	20.0	55.0	95.0	100.0

ตารางที่ 6 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (% เปรียบเทียบกับ control) ของหญ้าข้าวนกภายหลังจากฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชชนิดต่าง ๆ เป็นเวลา 15 วัน

สารกำจัดวัชพืช	อัตรา (เท่าของอัตราแนะนำ)		
	0.5	1.0	1.5
glyphosate	3.94	3.34	2.86
MSMA	18.65	3.75	2.60
quizalofop-p-tefuryl	7.84	5.72	5.15
Atrazine	96.43	93.41	92.97

ตารางที่ 7 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (% เปรียบเทียบกับ control) ของหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 25 วัน

ความชื้นดิน	อัตรา (เท่าของอัตราแนะนำ)		
	0.5	1.0	1.5
FC	3.51	3.26	3.95
WS	50.08	44.92	37.27

ตารางที่ 8 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (% เปรียบเทียบกับ control) ของหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสงต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 15 วัน

ความเข้มแสง (%)	อัตรา (เท่าของอัตราแนะนำ)		
	0.5	1.0	1.5
100	6.11	5.07	4.11
42	8.35	8.55	8.68
20	23.12	21.80	16.07

ตารางที่ 9 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (% เปรียบเทียบกับ control) ของหญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 17 วัน

ระยะการเจริญเติบโต	อัตรา (เท่าของอัตราแนะนำ)		
	0.5	1.0	1.5
3-4 ใบ	2.46	1.42	1.30
5-6 ใบ	4.33	4.13	4.26
7-8 ใบ	5.05	4.09	5.46
เริ่มแตกหน่อ	19.29	12.49	16.84

ตารางที่ 10 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (% เปรียบเทียบกับ control) ของหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตในสภาพไร่ ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 9 วัน

อัตรา (เท่าของอัตราแนะนำ)	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (% เปรียบเทียบกับ control)
0.5	69.52
1.0	59.88
1.5	58.46

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate, MSMA, quizalofop-p-tefuryl และ atrazine เป็นเวลา 1 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	16.67	5.56	1.00	ns
Treatment	11	33599.86	3327.26	598.90	**
Error	33	183.34	5.56		
Total	47				

CV = 15.7%

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate, MSMA, quizalofop-p-tefuryl และ atrazine เป็นเวลา 3 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	16.67	5.56	0.21	ns
Treatment	11	41866.39	3806.04	142.19	**
Error	33	883.33	26.77		
Total	47	42766.39			

CV = 11.7%

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate, MSMA, quizalofop-p-tefuryl และ atrazine เป็นเวลา 5 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	116.66	38.89	1.13	ns
Treatment	11	72716.60	6610.60	192.48	**
Error	33	1133.34	34.34		
Total	47	73966.60			

CV = 8.9%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวณกภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate, MSMA, quizalofop-p-tefuryl และ atrazine เป็นเวลา 7 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	108.34	36.11	2.01	ns
Treatment	11	72891.91	6626.54	369.60	**
Error	33	591.66	17.93		
Total	47	73591.91			

CV = 5.9%

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวณกภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate, MSMA, quizalofop-p-tefuryl และ atrazine เป็นเวลา 9 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	6.25	2.08	1.00	ns
Treatment	11	82772.99	7524.82	3611.93	**
Error	33	68.75	2.08		
Total	47	82847.99			

CV = 2.0%

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวณกภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate, MSMA, quizalofop-p-tefuryl และ atrazine เป็นเวลา 11 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	8.33	2.78	0.65	ns
Treatment	11	86041.56	7821.56	1821.85	**
Error	33	141.86	4.29		
Total	47	86191.57			

CV = 2.9%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate, MSMA, quizalofop-p-tefuryl และ atrazine เป็นเวลา 13 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	16.67	5.56	1.00	ns
Treatment	11	88600.26	8054.57	1449.81	**
Error	33	183.34	5.56		
Total	47	88800.26			

CV = 3.4%

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate, MSMA, quizalofop-p-tefuryl และ atrazine เป็นเวลา 15 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	56.45	18.75	3.67	*
Treatment	11	93823.28	8529.39	1667.96	**
Error	33	168.75	5.11		
Total	47	94048.28			

CV = 3.3%

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินหญ้าข้าวนก ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate, MSMA, quizalofop-p-tefuryl และ atrazine เป็นเวลา 15 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	78.16	26.05	9.61	**
Treatment	11	70984.82	6453.17	2379.60	**
Error	33	89.49	2.71		
Total	47	71152.47			

CV = 5.9%

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 3 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	11.50	4.17	0.16	ns
Main plot (a)	1	1204.14	1204.14	45.63	**
Error (a)	3	79.16	26.39		
Sub plot (b)	2	8.33	4.17	0.15	ns
AxB	2	258.32	129.16	4.65	*
Error (b)	12	333.34	27.78		
Total	23	1895.80			

CV (a) = 53.6% CV (b) = 55.0%

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 5 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	16.67	5.56	0.06	ns
Main plot (a)	1	5400.00	5400.00	54.00	**
Error (a)	3	300.00	100.00		
Sub plot (b)	2	25.00	12.50	0.28	ns
AxB	2	175.00	87.50	1.97	ns
Error (b)	12	533.33	44.44		
Total	23	6450.00			

CV (a) = 44.4% CV (b) = 29.6%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 7 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	33.33	11.11	1.00	ns
Main plot (a)	1	19266.55	19266.55	1734.16	**
Error (a)	3	33.33	11.11		
Sub plot (b)	2	25.00	12.50	0.19	ns
AxB	2	58.33	29.16	0.45	ns
Error (b)	12	783.33	65.28		
Total	23	20199.88			

CV (a) = 11.8% CV (b) = 20.2%

ตารางที่ 23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 9 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	112.50	37.50	1.00	ns
Main plot (a)	1	31537.43	31537.43	841.03	**
Error (a)	3	112.50	37.50		
Sub plot (b)	2	158.33	79.16	0.51	ns
AxB	2	324.99	162.50	1.05	ns
Error (b)	12	1850.00	154.17		
Total	23	34095.75			

CV (a) = 11.6% CV (b) = 23.5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 11 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	66.67	22.22	1.00	ns
Main plot (a)	1	32266.81	32266.81	1451.86	**
Error (a)	3	66.67	22.22		
Sub plot (b)	2	233.33	116.66	3.00	ns
AxB	2	233.33	116.66	3.00	ns
Error (b)	12	466.66	38.89		
Total	23	33333.47			

CV (a) = 7.4%

CV (b) = 9.8%

ตารางที่ 25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 13 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	83.33	27.78	1.00	ns
Main plot (a)	1	18150.17	18150.17	653.37	**
Error (a)	3	83.34	27.78		
Sub plot (b)	2	700.00	350.00	5.73	*
AxB	2	700.00	350.00	5.73	*
Error (b)	12	733.33	61.11		
Total	23	20450.17			

CV (a) = 7.3%

CV (b) = 10.8%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 15 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	950.01	316.67	1.00	ns
Main plot (a)	1	6016.76	6016.76	19.00	**
Error (a)	3	950.00	316.67		
Sub plot (b)	2	1258.33	629.17	5.59	*
AxB	2	1258.33	629.17	5.59	*
Error (b)	12	1350.00	112.50		
Total	23	11783.43			
CV (a) = 21.1%		CV (b) = 12.6%			

ตารางที่ 27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 17 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	616.68	205.56	1.00	ns
Main plot (a)	1	2816.73	2816.73	13.70	*
Error (a)	3	616.66	205.55		
Sub plot (b)	2	933.33	466.67	8.40	**
AxB	2	933.33	466.67	8.40	**
Error (b)	12	666.67	55.56		
Total	23	6583.40			
CV (a) = 16.1%		CV (b) = 8.4%			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 19 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	512.48	170.83	1.00	ns
Main plot (a)	1	504.19	504.19	2.95	ns
Error (a)	3	512.50	170.83		
Sub plot (b)	2	308.34	154.17	2.85	ns
AxB	2	308.34	154.17	2.85	ns
Error (b)	12	650.02	54.17		
Total	23	2795.87			
CV (a) = 13.7%		CV (b) = 7.7%			

ตารางที่ 29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 21 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	66.67	22.22	1.00	ns
Main plot (a)	1	66.67	66.67	3.00	ns
Error (a)	3	66.66	22.22		
Sub plot (b)	2	133.34	66.67	3.00	ns
AxB	2	133.34	66.67	3.00	ns
Error (b)	12	266.67	22.22		
Total	23	733.35			
CV (a) = 4.9%		CV (b) = 4.8%			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 23 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	12.50	4.17	1.00	ns
Main plot (a)	1	4.17	4.17	1.00	ns
Error (a)	3	12.50	4.17		
Sub plot (b)	2	8.33	4.17	1.00	ns
AxB	2	8.33	4.17	1.00	ns
Error (b)	12	50.00	4.17		
Total	23	95.84	4.17		

CV (a) = 2.1%

CV (b) = 2.0%

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความชื้นดินต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 25 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	230.35	76.78	1.04	ns
Main plot (a)	1	9848.59	9848.59	133.36	**
Error (a)	3	221.55	73.85		
Sub plot (b)	2	153.60	76.80	0.47	ns
AxB	2	179.41	89.70	0.54	ns
Error (b)	12	1977.75	164.81		
Total	23	12611.25			

CV (a) = 21.5%

CV (b) = 32.1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสงต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 3 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	55.55	18.52	0.34	ns
Main plot (a)	2	72.22	36.11	0.66	ns
Error (a)	6	327.78	54.63		
Sub plot (b)	2	5.55	2.78	0.16	ns
AxB	4	77.77	19.44	1.11	ns
Error (b)	18	316.67	17.59		
Total	35	855.55			

Cv (a) = 53.2% CV (b) = 30.2%

ตารางที่ 33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสงต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 5 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	275.00	91.67	1.74	ns
Main plot (a)	2	3905.56	1952.78	37.00	**
Error (a)	6	316.67	52.78		
Sub plot (b)	2	172.22	86.11	1.98	ns
AxB	4	377.78	94.44	2.17	ns
Error (b)	18	783.33	43.52		
Total	35	5830.56			

CV (a) = 27.5% CV (b) = 25.0%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 34 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสงต่างกัน ภายหลังจากพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 7 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	208.33	69.44	0.76	ns
Main plot (a)	2	16205.56	8102.77	88.39	**
Error (a)	6	550.00	91.67		
Sub plot (b)	2	205.56	102.78	2.13	ns
AxB	4	127.78	31.94	0.66	ns
Error (b)	18	866.67	48.15		
Total	35	18163.89			

CV (a) = 19.9%

CV (b) = 14.4%

ตารางที่ 35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสงต่างกัน ภายหลังจากพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 9 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	55.55	18.52	0.10	ns
Main plot (a)	2	14738.93	7369.47	39.21	**
Error (a)	6	1127.79	187.96		
Sub plot (b)	2	155.56	77.78	1.62	ns
AxB	4	111.11	27.78	0.58	ns
Error (b)	18	866.66	48.15		
Total	35	17055.61			

CV (a) = 18.6%

CV (b) = 9.4%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 36 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสงต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 11 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	97.23	32.41	0.42	ns
Main plot (a)	2	2272.27	1136.14	14.78	**
Error (a)	6	461.11	76.85		
Sub plot (b)	2	22.22	11.11	0.35	ns
AxB	4	11.11	2.78	0.09	ns
Error (b)	18	56.67	31.48		
Total	35	3430.61			
CV (a) = 10.0%		CV (b) = 6.4%			

ตารางที่ 37 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสงต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 13 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	22.22	7.41	1.00	ns
Main plot (a)	2	800.04	400.02	54.01	**
Error (a)	6	44.44	7.41		
Sub plot (b)	2	16.67	8.33	0.53	ns
AxB	4	33.33	8.33	0.53	ns
Error (b)	18	283.33	15.74		
Total	35	1200.04			
CV (a) = 2.8%		CV (b) = 4.1%			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 38 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพความเข้มแสงต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 15 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	23.36	7.79	0.25	ns
Main plot (a)	2	1854.98	927.49	29.60	**
Error (a)	6	188.01	31.33		
Sub plot (b)	2	13.34	6.67	1.30	ns
AxB	4	10.63	2.66	0.52	ns
Error (b)	18	92.69	5.15		
Total	35	2183.01			
CV (a) = 47.5%		CV (b) = 19.2			

ตารางที่ 39 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 3 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	150.00	50.00	0.75	ns
Treatment	11	2250.01	204.55	3.07	**
Error	33	2200.00	66.67		
Total	47	4600.01			
CV = 32.7%					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 40 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 5 วัน

Sov.	Df	SS	MS	F	
Replication	3	416.67	138.89	1.14	ns
Treatment	11	17116.72	1556.07	12.73	**
Error	33	4033.33	122.22		
Total	47	21566.72			

CV = 17.2%

ตารางที่ 41 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 7 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	408.34	136.11	2.66	ns
Treatment	11	23425.19	2129.56	41.54	**
Error	33	1691.66	51.26		
Total	47	25525.19			

CV = 8.8%

ตารางที่ 42 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 9 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	141.67	47.22	0.94	ns
Treatment	11	15925.11	1447.74	28.81	**
Error	33	1658.33	50.25		
Total	47	17725.11			

CV = 8.0%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 43 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 11 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	39.58	13.19	0.38	ns
Treatment	11	6573.03	597.55	17.37	**
Error	33	1135.42	34.41		
Total	47	7748.03			

CV = 6.2%

ตารางที่ 44 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 13 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	6.25	2.08	0.19	ns
Treatment	11	3372.99	306.64	27.44	**
Error	33	368.75	11.17		
Total	47	3747.99			

CV = 3.5%

ตารางที่ 45 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกัน ภายหลังจากฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 15 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	75.00	25.00	1.00	ns
Treatment	11	1091.71	99.25	3.97	**
Error	33	825.00	25.00		
Total	47	1991.71			

CV = 5.1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 46 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินหญ้าข้าวนกที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกัน ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 17 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	23.21	7.74	1.04	ns
Treatment	11	1596.19	145.11	19.43	**
Error	33	246.42	7.47		
Total	47	1865.82			

CV = 40.4%

ตารางที่ 47 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตในสภาพไร่ ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 3 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	400.00	133.33	5.33	*
Treatment	2	116.67	58.33	2.33	ns
Error	6	150.00	25.00		
Total	11	666.67			

CV = 30.0%

ตารางที่ 48 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตในสภาพไร่ ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 5 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	491.67	163.89	3.47	ns
Treatment	2	116.67	58.33	1.24	ns
Error	6	283.33	47.22		
Total	11	891.66			

CV = 12.7%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 49 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเสียหายหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตในสภาพไร่ ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 7 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	433.33	144.44	4.00	ns
Treatment	2	316.67	158.33	4.38	ns
Error	6	216.67	36.11		
Total	11	966.67			

CV = 6.8%

ตารางที่ 50 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินหญ้าข้าวนกที่เจริญเติบโตในสภาพไร่ ภายหลังฉีดพ่นสาร glyphosate เป็นเวลา 9 วัน

Sov.	df	SS	MS	F	
Replication	3	1015.20	338.40	8.79	*
Treatment	2	635.30	317.60	8.25	*
Error	6	230.90	38.50		
Total	11	1881.40			

CV = 10.3%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล: นายเจษฎา ทองธวัช

เกิดเมื่อ: วันที่ 5 กันยายน พ.ศ. 2518

สถานที่เกิด: บ้านเลขที่ 225 ม. 2 อ. คลองท่อมใต้ จ. กระบี่

ที่อยู่ปัจจุบัน: 225 ม. 2 อ. คลองท่อมใต้ จ. กระบี่ 81120

การศึกษา:

- พ.ศ. 2525-30 ระดับประถมศึกษา โรงเรียนคลองท่อมใต้ อ. คลองท่อม จ. กระบี่
- พ.ศ. 2531-33 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนราษฎร์รังสฤษฎ์ อ. คลองท่อม จ. กระบี่
- พ.ศ. 2534-36 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย เขตสัมพันธวงศ์ กรุงเทพฯ
- พ.ศ. 2537-40 ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์) คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- พ.ศ. 2541- กำลังศึกษาระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่) คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้