



# วิทยานิพนธ์

การศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงและสถาปัตยกรรมของเรือนพุ่ม  
ฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ในระบบการปลูกแบบระยะชิด

**STUDY ON CANOPY PHOTOSYNTHESIS AND  
ARCHITECTURE OF COTTON CULTIVAR SI SAMRONG 60  
IN ULTRA-NARROW ROW PLANTING SYSTEM**

นางสาวดอกแก้ว จุระ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



# ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

พืชไร่นา

พืชไร่นา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงและสถาปัตยกรรมของเรือนพุ่มฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ในระบบการปลูกแบบระยะชิด

Study on Canopy Photosynthesis and Architecture of Cotton Cultivar Si Samrong 60 in Ultra-narrow Row Planting System

นามผู้วิจัย นางสาวดอกแก้ว จูระ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

( รองศาสตราจารย์พนพิภพ เกษมทรัพย์, Ph.D. )

กรรมการ

( อาจารย์ประพนธ์ บุญราพรรณ, D.Dr. )

กรรมการ

( รองศาสตราจารย์กฤษณ์ สังกศิตา, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( รองศาสตราจารย์สนธิชัย จันทน์เปรม, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญจนา ชีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 5 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2551

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงและสถาปัตยกรรมของเรือนพุ่มฝ้ายพันธุ์  
ศรีสำโรง 60 ในระบบการปลูกแบบระยะชิด

Study on Canopy Photosynthesis and Architecture of Cotton Cultivar Si Samrong 60  
in Ultra-narrow Row Planting System

โดย

นางสาวดอกแก้ว จุระ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2551

ดอกแก้ว จุระ 2551: การศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสง และสถาปัตยกรรมของเรือนพุ่ม  
ฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ในระบบการปลูกแบบระยะชิด ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต  
(เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชไร่นา ภาควิชาพืชไร่นา ปรธานกรรมการที่ปรึกษา:  
รองศาสตราจารย์พูนพิภพ เกษมทรัพย์, Ph.D. 95 หน้า

ศึกษาอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ สถาปัตยกรรมของเรือนพุ่มและผลผลิตของฝ้าย  
พันธุ์ศรีสำโรง 60 ในระบบการปลูกระยะชิด การศึกษาประกอบด้วย 3 ระยะปลูก คือ Normal  
(1.25 x 0.50 m<sup>2</sup>) UNR1 (0.50 x 0.20 m<sup>2</sup>) และ UNR2 (0.20 x 0.20 m<sup>2</sup>) และมีการใช้สารควบคุมการ  
เจริญเติบโต Mepiquat chloride (Pix<sup>®</sup>) จำนวน 3 ตำรับการทดลอง วัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง  
สุทธิของเรือนพุ่มด้วย chamber ระบบเปิด และศึกษาสถาปัตยกรรมของเรือนพุ่ม โดยใช้วิธีการดิจิทัล  
ไทซ์แบบสามมิติ ผลการศึกษาพบว่า ระยะปลูกชิดทำให้ความสูงของต้นเพิ่มมากขึ้นแต่ทำให้  
จำนวนข้อบนลำต้นหลักลดน้อยลง ในขณะที่ Pix<sup>®</sup> ทำให้ทั้งความสูงของต้นและจำนวนข้อลด  
น้อยลง

ฝ้ายที่ปลูกในระยะชิดมีสถาปัตยกรรมของเรือนพุ่มแตกต่างจากฝ้ายที่ปลูกในระยะปลูก  
ปกติ โดยการปลูกในระยะชิดทำให้พื้นที่ใบต่อต้นลดน้อยลง และ Pix<sup>®</sup> ทำให้พื้นที่ใบฝ้าย  
เปลี่ยนแปลงโดยได้รับอิทธิพลจากช่วงอายุที่พืชได้รับ Pix<sup>®</sup> นอกจากนี้ การปลูกฝ้ายในระยะชิดยัง  
ทำให้การกระจายมุมระนาบของพื้นที่ใบ การกระจายมุมเอียง และการกระจายพื้นที่ใบทั้งแนวตั้ง  
เปลี่ยนแปลงไป

ฝ้ายที่ปลูกในระยะชิดมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มต่อต้นลดน้อยลง  
และอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มต่อพื้นที่ดินเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเทียบกับฝ้ายที่  
ปลูกในระยะปกติ นอกจากนี้ ฝ้ายที่ปลูกในระยะชิดยังมีการตอบสนองต่อแสงของอัตราการ  
สังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มเปลี่ยนแปลงไปด้วย และการปลูกฝ้ายในระยะชิดไม่ทำให้  
ความเขียวของใบและปริมาณไนโตรเจนในใบแตกต่างจากฝ้ายที่ปลูกในระยะปกติ

ดอกแก้ว จุระ  
ลายมือชื่อนิติติ

พูนพิภพ เกษมทรัพย์  
ลายมือชื่อประธานกรรมการ

29 / ๙.๕. / 2551

Dokkeaw Chura 2008: Study on Canopy Photosynthesis and Architecture of Cotton Cultivar Si Samrong 60 in Ultra-narrow Row Planting System. Master of Science (Agriculture), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy. Thesis Advisor: Associate Professor Poonpipope Kasemsap, Ph.D. 95 pages.

This research aimed to study canopy photosynthesis and architecture of Thai cotton cultivar in ultra-narrow row planting system. The study consisted of 3 plant spacing namely Normal (1.25 x 0.50 m<sup>2</sup>) UNR1 (0.50 x 0.20 m<sup>2</sup>) and UNR2 (0.20 x 0.20 m<sup>2</sup>). Mepiquat chloride (Pix<sup>®</sup>) treatment were applied at either 65 or 95 days after planting. Net canopy photosynthesis rates were measured using open chamber method. Plant architecture were studied using 3D magnetic digitizer.

It was found that ultra-narrow row spacing caused plant height to increase while it caused number of nodes on main stem to decrease. Pix<sup>®</sup> application decreased both plant height and number of nodes on main stem.

Cotton plant grown in ultra-narrow row spacing had different canopy architecture from plants grown in normal spacing. Ultra-narrow row spacing reduced leaf area per plant. Pix<sup>®</sup> also caused changes in leaf area. In addition, ultra-narrow row spacing influenced leaf azimuth angle and leaf inclination angle distribution, and vertical distribution of leaf area.

Cotton plants in ultra-narrow row spacing had smaller net canopy photosynthesis rates expressed on a per plant basis due to smaller size of individual plants. Ultra-narrow row spacing also caused changes in net canopy photosynthesis rates per ground area. Moreover, ultra-narrow row spacing altered canopy photosynthetic light responses. Finally, ultra-narrow row spacing did not caused any change in leaf greenness and leaf nitrogen content.

D. Chura

Student's signature

P. Kasemsap

Thesis Advisor's signature

29 / May / 2008

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ ดร. พูนพิภพ เกษมทรัพย์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ความรู้ ให้แง่คิด แนวทางแก้ไขปัญหา ข้อเสนอแนะและการตรวจแก้ไข ตลอดทั้งช่วยเหลือด้าน เงินทุนสนับสนุนการวิจัยตลอดระยะเวลาของการทำวิทยานิพนธ์ ดร.ประพนธ์ บุญรำพรรณ กรรมการวิชาเอก รองศาสตราจารย์ ดร. กุมุท สังขศิลา กรรมการวิชารอง และ รองศาสตราจารย์ ณรงค์ สิงห์บุระอุดม ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาและตรวจแก้ไขเพื่อให้ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จึงขอขอบพระคุณทุกท่านไว้ ณ โอกาสนี้

ที่สุดขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ถาวรและคุณพ่อพรชัย จุระ และครอบครัวที่ให้สติปัญญา การสนับสนุนทางด้านการศึกษา เป็นแรงผลักดันและให้กำลังใจตลอดมา รวมทั้งรุ่นพี่รุ่นน้องและ เพื่อน ๆ ทั้งภาควิชาพืชไร่ฯ และพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำและคอยเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ดอกแก้ว จุระ

พฤษภาคม 2551

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	17
อุปกรณ์	17
วิธีการ	19
ผลและวิจารณ์	30
สรุปและข้อเสนอแนะ	80
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	81
ภาคผนวก	88
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	95

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความสูงเฉลี่ยต่อต้น จำนวนข้อต่อต้น สัดส่วนของความสูงต่อจำนวนข้อ (HNR) ของฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ระยะปลูกและการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตที่ต่างกัน	39
2	ผลผลิตเส้นใยฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ระยะปลูกและการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตที่อายุ 125 วัน	42
3	พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นของฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ระยะปลูกและอายุต่างกัน จาก การวัดด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ LI-3100	50
4	ดัชนีพื้นที่ใบของฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ระยะปลูกและอายุต่างกัน	51
<b>ตารางผนวกที่</b>		
1	ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่าความเฉียวของใบ (SPAD unit) กับปริมาณ ไนโตรเจนในใบ จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Stepwise regression	93
2	ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบ กับมวลจำเพาะของใบ จาก การวิเคราะห์ด้วยวิธี Stepwise regression	94

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนผังแปลงปลูกฝ้าย	20
2	ไดอะแกรมแสดงการกระจายมุมระนาบของแผ่นใบ	25
3	ความสูงเฉลี่ยของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> และระยะปลูกต่างกัน ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก	35
4	ความสูงเฉลี่ยของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> และต้นที่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> (Pix A ) และระยะปลูกต่างกัน ที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก	35
5	ความสูงเฉลี่ยของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> และต้นที่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) และระยะปลูกต่างกัน ที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก	36
6	จำนวนข้อเฉลี่ยของฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> และระยะปลูกต่างกัน ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก	37
7	จำนวนข้อเฉลี่ยของฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> และต้นที่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> (Pix A ) และระยะปลูกต่างกัน ที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก	37
8	จำนวนข้อเฉลี่ยของฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> และต้นที่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) และระยะปลูกต่างกัน ที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก	38
9	ความยาว 5 ปล้องบนเฉลี่ยของฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> และระยะปลูกต่างๆ ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก	40
10	ความยาว 5 ปล้องบนเฉลี่ยของฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> และต้นที่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> (Pix A ) และระยะปลูกต่างๆ ที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก	40
11	ความยาว 5 ปล้องบนเฉลี่ยของฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> และต้นที่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) และระยะปลูกต่างๆ ที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก	41

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
12	ภาพจำลองที่สร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์ VegeSTAR ซึ่งใช้ข้อมูลจากการ ดิจิทัลของฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่อายุและระยะปลูกต่างๆ โดยกำหนดให้มี ทิศทางของดวงอาทิตย์ solar azimuth = 0° และ solar elevation = 90° (มองจาก ทางทิศเหนือ)	49
13	พื้นที่ใบของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ประเมินได้จากการใช้ภาพถ่าย (Photograph method) เปรียบเทียบกับที่ประเมินได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ ใบ LI-3100 ที่อายุ 50 วันหลังปลูก	52
14	พื้นที่ใบของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ประเมินได้จากการใช้ภาพถ่าย (Photograph method) เปรียบเทียบที่ประเมินได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ LI-3100 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix® และต้นที่ได้รับการพ่น Pix® (Pix A) ที่ อายุต้น 80 วันหลังปลูก	52
15	พื้นที่ใบของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ประเมินได้จากการใช้ภาพถ่าย (Photograph method) เปรียบเทียบที่ประเมินได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ LI-3100 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix® และต้นที่ได้รับการพ่น Pix® (Pix A และ Pix B) ที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก	53
16	ค่าเฉลี่ยการกระจายของพื้นที่ใบในแนวตั้ง (จำแนกตามชั้นความสูงทุกๆ 25 เซ็นติเมตร) ของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ระยะปลูกต่างๆ ที่อายุต้น 50 วันหลัง ปลูก	54
17	ค่าเฉลี่ยการกระจายของพื้นที่ใบในแนวตั้ง (จำแนกตามชั้นความสูงทุกๆ 25 เซ็นติเมตร) ของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ระยะปลูกต่างๆ จากต้นที่ไม่ได้รับการ พ่น Pix® และจากต้นที่ได้รับการพ่น Pix® (Pix A) ที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก	54
18	ค่าเฉลี่ยการกระจายของพื้นที่ใบในแนวตั้ง (จำแนกตามชั้นความสูงทุกๆ 25 ซม.) ของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ระยะปลูกต่างๆ จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix® และจากต้นที่ได้รับการพ่น Pix® (Pix A และ Pix B) ที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก	55

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
19	ค่าเฉลี่ยการกระจายมุมระนาบของพื้นที่ใบของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ระยะปลูกต่างๆ ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก	56
20	ค่าเฉลี่ยการกระจายมุมระนาบของพื้นที่ใบของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ระยะปลูกต่างๆ จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> และจากต้นที่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> (Pix A) ที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก	56
21	ค่าเฉลี่ยการกระจายมุมระนาบของพื้นที่ใบของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ระยะปลูกต่างๆ จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> และจากต้นที่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) ที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก	57
22	ค่าเฉลี่ยการกระจายมุมเอียงของพื้นที่ใบของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ระยะปลูกต่างๆ ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก	58
23	ค่าเฉลี่ยการกระจายมุมเอียงของพื้นที่ใบของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ระยะปลูกต่างๆ จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> และจากต้นที่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> (Pix A) ที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก	58
24	ค่าเฉลี่ยการกระจายมุมเอียงของพื้นที่ใบของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ระยะปลูกต่างๆ จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> และจากต้นที่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) ที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก	59
25	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่ม ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ในฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่อายุต้น 50 วัน	63
26	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่ม ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ในฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> และจากต้นที่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> (Pix A) ที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก	64
27	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่ม ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ในฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> และจากต้นที่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) ที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก	65

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
28	การตอบสนองต่อแสงของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่ม ในฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก	66
29	การตอบสนองต่อแสงของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่ม ในฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> และจากต้นที่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> (Pix A) ที่อายุต้น 80 วันหลัง	67
30	การตอบสนองต่อแสงของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่ม ในฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> และจากต้นที่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) ที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก	68
31	ความเขียวของใบ ที่ระยะปลูกต่างกัน ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก	72
32	ความเขียวของใบ จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> และจากต้นที่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> (Pix A) ที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก	72
33	ความเขียวของใบ จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> และจากต้นที่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) ที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก	73
34	ปริมาณไนโตรเจนของใบ ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก	74
35	ปริมาณไนโตรเจนของใบ จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> และจากต้นที่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> (Pix A) ที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก	74
36	ปริมาณไนโตรเจนของใบ จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> และจากต้นที่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) ที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก	75
37	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบต่อค่าความเขียวของใบในฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ระยะปลูกต่างกันและที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก	76
38	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบต่อค่าความเขียวของใบในฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> และจากต้นที่ได้รับการพ่น Pix <sup>®</sup> (Pix A) ที่ระยะปลูกต่างกันและที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก	76

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
39	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบต่อค่าความเขียวของใบในฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix® และจากต้นที่ได้รับการพ่น Pix® (Pix A และ Pix B) ที่ระยะปลูกต่างกันและที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก	77
40	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบต่อค่ามวลจำเพาะของใบในฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ระยะปลูกต่างกันและที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก	78
41	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบต่อค่ามวลจำเพาะของใบในฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix® และจากต้นที่ได้รับการพ่น Pix® (Pix A) ที่ระยะปลูกต่างกันและที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก	78
42	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบต่อค่ามวลจำเพาะของใบในฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix® และจากต้นที่ได้รับการพ่น Pix® (Pix A และ Pix B) ที่ระยะปลูกต่างกันและที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก	79
<b>ภาพผนวกที่</b>		
1	แปลงปลูกฝ้าย ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา ที่ระยะปลูกแบบระยะชิดและระยะปลูกมาตรฐาน	89
2	แสดงการวัดและการทำงานเครื่องดิจิทัลระบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Digitizer 3 Space® Fastrak, Polhemus Inc., Cochester. VT, U.S.A.)	90
3	แสดงการวัดความกว้างและความยาวของใบฝ้าย	91
4	การวัดอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊ส CO <sub>2</sub> ของเรือนพุ่มฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 (SSR 60) ที่ระยะปลูกมาตรฐานและระยะปลูกระยะชิด	92

### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

PIX	หมายถึง	Mepiquat chloride เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโต
Normal	หมายถึง	ระยะปลูกมาตรฐาน ซึ่งมีระยะปลูก 1.25 x 0.50 เมตร
UNR 1	หมายถึง	Ultra-narrow row 1 (ระยะปลูกแบบระยะชิด) ซึ่งมีระยะปลูก 0.50 x 0.50 เมตร
UNR 2	หมายถึง	Ultra-narrow row 2 (ระยะปลูกแบบระยะชิดมาก) ซึ่งมีระยะปลูก 0.20 x 0.20 เมตร
Control	หมายถึง	ทรีตเมนต์ที่ต้นฝ้ายไม่ได้รับการพ่น Pix
Pix A	หมายถึง	ทรีตเมนต์ที่ต้นฝ้ายได้รับการพ่น Pix ที่อายุต้น 65 วันหลังปลูก
Pix B	หมายถึง	ทรีตเมนต์ที่ต้นฝ้ายได้รับการพ่น Pix ที่อายุต้น 95 วันหลังปลูก

การศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงและสถาปัตยกรรมของเรือนพุ่มฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60  
ในระบบการปลูกแบบระยะชิด

Study on Canopy Photosynthesis and Architecture of Cotton Cultivar Si Samrong  
60 in Ultra-narrow Row Planting System

คำนำ

เส้นใยฝ้ายเป็นวัตถุดิบที่สำคัญของอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมหลักที่นำรายได้เข้าประเทศ แต่เส้นใยฝ้ายที่ใช้ในการสร้างผลิตภัณฑ์นั้น ส่วนใหญ่ต้องนำมาจากต่างประเทศ โดยในปี พ.ศ. 2546 มีการนำเข้าเส้นใยฝ้ายสูงถึง 419,345 ตัน คิดเป็นมูลค่า 22,094.57 ล้านบาท ขณะที่เส้นใยฝ้ายที่ผลิตได้ภายในประเทศมีปริมาณเพียง 13,743 ตัน (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2547) สาเหตุที่ทำให้ผลผลิตเส้นใยไม่เพียงพอกับความต้องการของประชากร ส่วนหนึ่งมาจากพื้นที่ปลูกฝ้ายลดลงมาก เพราะต้นทุนในการผลิตสูงอยู่และทำให้เกษตรกรประสบปัญหาการขาดทุนหรือได้กำไรไม่มาก สาเหตุอีกประการหนึ่งคือ ประสิทธิภาพการผลิตฝ้ายในประเทศไทยนั้นต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศผู้ผลิตฝ้ายรายสำคัญ เช่น จีน ตุรกี และซีเรีย ที่ผลิตฝ้ายได้สูงถึง 555, 560 และ 644 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่ประเทศไทยสามารถผลิตได้เพียง 230 กิโลกรัมต่อไร่ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2547)

การศึกษาพัฒนาระบบการผลิตฝ้ายให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นนั้น เป็นสิ่งสำคัญในการจูงใจให้เกษตรกรยังคงปลูกฝ้ายต่อไป โดยเฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้นำระบบการปลูกฝ้ายแบบระยะชิด (Ultra-narrow row; UNR) มาใช้ โดยใช้ระยะปลูกระหว่างแถวเพียง 7.5 – 10 นิ้ว และมีจำนวนต้นฝ้ายมากถึง 33,000 ต้นต่อไร่ และมีความสม่ำเสมอในแปลงมาก จึงมีความสนใจนำระบบการปลูกฝ้ายแบบระยะชิดมาใช้ในประเทศไทย เนื่องจากระบบการปลูกฝ้ายดังกล่าวสามารถช่วยลดปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ซึ่งทำให้เกษตรกรมีความปลอดภัยจากสารเคมีดังกล่าวมากยิ่งขึ้น และยังเป็นการอนุรักษ์สภาพแวดล้อมควบคู่ไปด้วย นอกจากนี้ระบบการปลูกฝ้ายแบบระยะชิดมากขึ้น จะทำให้อายุการเก็บเกี่ยวของฝ้ายน้อยลงและส่งผลให้คุณภาพของเส้นใยดีขึ้นเพราะเส้นใยฝ้ายจะมีความสม่ำเสมอมากยิ่งขึ้น

แสงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และในขณะที่ลักษณะของเรือนพุ่ม เช่น การเรียงตัวของใบ รูปทรงของเรือนพุ่ม และการบังกันของใบ มีผลกระทบโดยตรงต่อความสามารถในการรับแสงของพืช ดังนั้นจึงควรจะมีการศึกษาสถาปัตยกรรมของฝ้าย เพื่อช่วยทำให้สามารถเข้าใจถึงปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างฝ้ายกับสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของฝ้ายและจะนำไปสู่การคัดเลือกสถาปัตยกรรมของทรงพุ่มฝ้ายในระบบการผลิตแบบระยะชิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้

นอกจากนี้ได้มีการนำสารควบคุมการเจริญเติบโต (Mepiquat chloride, PIX) มาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ด้วย โดย Pix จะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตทางกายภาพของพืช และลดความสูงของต้นพืช จำนวนข้อ ความยาวกิ่ง และพื้นที่ใบของพืช (Kerby *et al.*, 1982) Millings (2006) พบว่า Pix จะลดการเจริญเติบโตของปล้อง โดยการไปยับยั้งการผลิตฮอร์โมน gibberellic acid ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการยืดตัวของปล้อง ทำให้ความสูงของต้นพืชลดลงถึง 15-20% เมื่อพืชได้รับการพ่น Pix (Oosterhuis and Robertson, 2000) Reddy และคณะ (1996) พบว่า กิ่งใบ และ กิ่งดอกของฝ้ายที่พ่น Pix มีความยาวน้อยกว่าฝ้ายที่ไม่ได้รับการพ่น Pix อยู่ 40% และ 50% ตามลำดับ (Zhao and Oosterhuis, 2000) นอกจากนี้ค่า height to node ratio ของฝ้ายที่พ่น Pix ยังน้อยกว่าฝ้ายที่ไม่ได้รับการพ่น Pix ซึ่งบ่งชี้ว่าความสูงของพืชที่ลดลงนั้นเป็นผลมาจากความยาวของปล้องที่ลดลง (Kerby, 1985)

วัตถุประสงค์ของการทดลองคือ ศึกษาลักษณะสรีรวิทยาของฝ้าย สถาปัตยกรรม และอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและการรับแสงของฝ้าย ที่ปลูกในระยะชิดและได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตต่างกัน เพื่อเป็นการศึกษาหาระยะปลูกที่เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตของฝ้าย

## วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ และสถาปัตยกรรมของเรือนพุ่มฝ้ายในระบบ  
การปลูกแบบระยะชิด

## การตรวจเอกสาร

ฝ้ายเป็นพืชที่จัดอยู่ใน Order Malvales, Family Malvaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Gossypium* spp. ซึ่งมีอยู่หลาย species ด้วยกัน เช่น *hirsutum*, *herbaceum*, *arboretum* และ *barbadense* เป็นต้น

### 1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

#### ราก

ฝ้ายมีระบบรากแก้ว สามารถหยั่งลึกลงไปใต้ดิน 1.5-1.2 เมตร ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ความอุดมสมบูรณ์และเนื้อดินที่ปลูก รากแขนงและรากฝอยแตกออกจากรากแก้ว และรากแขนงรอบๆทรงพุ่ม และมีปริมาณมากขึ้นขึ้นอยู่กับอายุการเจริญเติบโตของต้นฝ้ายและความอุดมสมบูรณ์ของดิน

#### ลำต้น

ฝ้ายปลูกส่วนใหญ่เป็นพวกที่มีอายุปีเดียว สูง 0.8-1.5 เมตร เจริญเติบโตเป็นทรงพุ่ม ตามลำต้นและกิ่งแขนงมีขนหรือไม่มีก็ได้แล้วแต่พันธุ์ การแตกกิ่งแขนงมีทั้งแบบที่เจริญไปเป็นใบหรือกิ่งแขนง เรียกว่ากิ่งกระโดง (monopodial) และแบบที่การแตกกิ่งแขนง ซึ่งสามารถเจริญเป็นดอก ผล และใบ หรือกิ่งย่อย เรียกว่ากิ่งผล (sympodial) การเจริญของกิ่งผลจะขนานกับพื้นหรือ โนนุ่มลู่ง ส่วนมุมใบ (leaf axis) ของฝ้ายมีตา 2 ชนิด คือ ตาแท้ (true axillary bud) และตาพิเศษ (extra axillary bud) หรือตาข้าง (lateral bud) ถ้าอยู่บริเวณ โคนกิ่ง หรือลำต้น (main stem) จะเจริญเฉพาะตาแท้ ซึ่งจะกลายเป็นกิ่งกระโดง (monopodial vegetative branch) แต่ถ้าอยู่สูงถัดมาหรือตอนปลายกิ่งแขนง จะสามารถเจริญทั้ง 2 ตา และให้กิ่งผลที่มีดอก (sympodial fruiting branch) โดยตาแท้จะเจริญไปเป็นใบหรือกิ่งแขนง ส่วนตาพิเศษจะเจริญไปเป็นกิ่งที่มีดอก

#### ใบ

เป็นใบเดี่ยว (simple leaf) ก้านใบ (petiole) ยาว และมีหูใบ (stipule) ลักษณะยาวเรียวยู่ตรงโคนก้านใบตัวใบค่อนข้างกลม แต่หยักเป็นแฉก 3-7 แฉก ขอบใบเรียบ เส้นใบ (vein) แยกออก

ตามแฉกของใบมีการเรียงตัวแบบ palmate ใบที่เกิดบนลำต้นมักจะเวียนรอบๆต้น โดยมีการเรียงตัว (phyllotaxy) แบบ 3/8 หรือ 5/13 แต่ใบบนกิ่งซึ่งมีดอกมักเกิดแบบสลับบนก้านใบตรงบริเวณรอยต่อของก้านใบกับตัวใบมีจุดสีแดง นอกจากนี้บนเส้นใบมีจุดต่อมน้ำหวาน (nectary gland) สีดำ เห็นได้ชัดเจนบนตัวใบและก้านใบอาจมีขนหรือไม่มีก็ได้

#### ดอก

เกิดจากกิ่งที่เจริญจากตาพิเศษ ลักษณะเป็นดอกเดี่ยว มีก้านดอก (peduncle) ยาว โคนดอก ถัดจากก้านดอกขึ้นไปเป็นกลีบเลี้ยงหรือริวประดับ (epicalyx or bracts) 3-4 ใบ ลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมรูปสี่เหลี่ยม (square) ขอบเป็นหยัก (lanceolate) ดอกฝ่ายมักผสมตัวเองในทันทีที่ดอกเริ่มบาน แต่ฝ่ายก็มีโอกาสในการผสมข้ามพันธุ์สูง 20-25% การผสมเกสรมักเกิดเวลาเช้าตรู่ ในระยะเวลาหลังการผลิติดอก 30 วัน หลังการผสมเกสรแล้วส่วนของกลีบดอก กลีบรองดอก ก้านชูเกสรตัวผู้ และเกสรตัวเมีย จะหลุดร่วงไปในเวลา 3 วัน เหลือแต่ส่วนของรังไข่ (ovary) และกลีบเลี้ยง เจริญกลายเป็นสมอหรือปืต่อไป

#### ผลและเมล็ด

จะมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันไปตาม species สมอหนึ่งๆ จะมี 3-5 carpels ซึ่งเมล็ดฝ่ายจะเรียงเป็น 2 แถวในแต่ละ carpel เส้นใยฝ้ายมีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ ชนิดปุยยาว (lint) และชนิดปุยสั้น (linter หรือ fuzz) ซึ่งเส้นใยฝ้ายทั้งสองชนิดนี้เจริญมาจากส่วน epidermis cell ของเปลือกเมล็ด (ไสว, 2535)

## 2. พันธุ์ฝ้ายที่นิยมปลูกในประเทศไทย

### 2.1 พันธุ์ศรีสำโรง 2

ลักษณะประจำพันธุ์ มีทรงต้นโปร่งสูงประมาณ 123 ซม. มีกิ่งกระโดง 0-4 กิ่ง กิ่งผลไม่ยาวมากและทำมุมแหลมกับลำต้น มีข้อของกิ่งผลถี่ ใบมีขนาดเล็ก กว้างประมาณ 4.5 นิ้ว ใบเป็นแฉก 3-5 แฉกและที่โคนของจักใบยกสูงขึ้นไปเห็นได้ชัด สมอมีขนาดใหญ่จึงทำให้การติดของสมอ

ห่าง คู่มือคอกมาก ดอกแรกบานอายุ 50 วัน อับเรณูมีสีขาวนวลหรือครีมอายุเมื่อเก็บเกี่ยวได้ 120-160 วัน น้ำหนักปุ๋ยฝ้ายทั้งเมล็ดต่อหนึ่งสมอ ประมาณ 6.3 กรัม เมล็ดมีขนาดปานกลาง น้ำหนัก 100 เมล็ด ประมาณ 11.4 กรัม มีความต้านทานต่อโรคใบหงิกค่อนข้างสูง ผลผลิตปุ๋ยทั้งหมด 280-330 กก. ต่อไร่ มีเปอร์เซ็นต์หรือปุ๋ย 38.2% ความยาวเส้นใยประมาณ 30 มม. (1.19 นิ้ว) ค่าความละเอียดอ่อนของเส้นใย 3.9 ไมโครเนียร์ มีค่าความเหนียวของเส้นใย 20.4 กรัมต่อเท็กซ์ และมีความสม่ำเสมอของเส้นใย 50.9%

## 2.2 พันธุ์ศรีสำโรง 60

ลักษณะประจำพันธุ์ มีทรงต้นโปร่งใบค่อนข้างใหญ่ และตรงแฉกของใบยกขึ้นเล็กน้อย คล้าย ๆ กับพันธุ์ฝ้ายศรีสำโรง 2 มีดอกสีขาวนวล อับละอองเกสรตัวผู้สีขาวครีม สมอค่อนข้างกลมและโต น้ำหนักปุ๋ยฝ้ายทั้งเมล็ดต่อหนึ่งสมอประมาณ 6.3 กรัม ปลายสมอแหลมคล้ายกับพันธุ์ศรีสำโรง 2 อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 110-160 วัน เป็นฝ้ายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงค่อนข้างสม่ำเสมอ น้ำหนัก 100 เมล็ดหนักประมาณ 11 กรัม มีความต้านทานต่อโรคใบหงิกผลผลิตปุ๋ยทั้งเมล็ดเฉลี่ย 329 - 360 กก.ต่อไร่ เปอร์เซ็นต์ปุ๋ย 39.6 % ความยาวเส้นใยประมาณ 28 มม. (1.14 นิ้ว) ค่าความละเอียดอ่อนของเส้นใย 4.2 ไมโครเนียร์ มีค่าความเหนียวของเส้นใย 20 กรัมต่อเท็กซ์ และมีความสม่ำเสมอของเส้นใย 47.5%

## 2.3 พันธุ์ตากฟ้า 2

ลักษณะประจำพันธุ์มีความยาวเส้นใยดีกว่าพันธุ์ศรีสำโรง 2 และศรีสำโรง 60 เส้นใยมีความเหนียว ความสม่ำเสมอ ตลอดจนความละเอียดอ่อนของเส้นใยในระดับเดียวกับพันธุ์ศรีสำโรง 2 และศรีสำโรง 60 พันธุ์ตากฟ้าให้ผลผลิต (ปุ๋ยทั้งหมด) เฉลี่ย 309 กก./ไร่ มีความต้านทานโรคใบหงิกในสภาพการปลูกเชื่อได้ดีในระดับเดียวกับพันธุ์ศรีสำโรง 2 และศรีสำโรง 60 สมอมีลักษณะไข่ออกกลม มีจำนวนเมล็ดเฉลี่ย 29 สมอต่อต้น น้ำหนักปุ๋ยทั้งเมล็ดเฉลี่ย 6.07 กรัมต่อสมอและมีจำนวนเมล็ดเฉลี่ย 33 เมล็ดต่อสมอ และมีน้ำหนักเฉลี่ย 11.09 กรัมต่อ 100 เมล็ด เปอร์เซ็นต์หีบ 37.7% คุณภาพเส้นใยมีความยาวของเส้นใย 3.048 เซนติเมตร (1.20 นิ้ว) ความละเอียดอ่อนของเส้นใย 4.0 ไมโครเนียร์ มีค่าความเหนียวของเส้นใย 20.9 กรัม/เท็กซ์ และมีความสม่ำเสมอของเส้นใย 52%

## 2.4 พันธุ์นครสวรรค์ 1

ลักษณะประจำพันธุ์ มีลักษณะทรงต้นสูงโปร่ง รูปกรวยยาวคล้ายต้นสน กิ่งผลัดใบ ทำให้สะดวกต่อการฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้าย มีความสูงเฉลี่ย 140 ซม. กระโดงน้อย 0-3 กิ่ง ใบค่อนข้างเรียบและมีขนาดปานกลางกว้างประมาณ 4.5 นิ้ว ข้อของกิ่งผลัดใบ ดอกแรกบานเมื่ออายุประมาณ 45 วัน อับเรณู มีสีขาวนวล อายุเก็บเกี่ยว 105-150 วัน สมอโตกว่าฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 3 มีขนาดน้ำหนักฝ้ายปุยทั้งเมล็ดต่อหนึ่งสมอ 5.8 กรัม มีความต้านทานต่อโรคใบหงิกสูง และต้านทานต่อโรคแบคทีเรียลใบปลิวปานกลาง ผลผลิตปุยทั้งเมล็ด 300-360 กก./ไร่ เปอร์เซ็นต์ประมาณ 39.5 % ความยาวเส้นใยประมาณ 28 มม. มีค่าความเหนียวของเส้นใยประมาณ 19 กรัมต่อเท็กซ์ ค่าความละเอียดอ่อนของเส้นใย 4.8 ไมโครเนียร์ และความสม่ำเสมอของเส้นใย 49.9% (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

## 3. การศึกษาสถาปัตยกรรมพืช (Plant architecture)

สถาปัตยกรรมพืช (plant architecture) คือการปรากฏและการจัดเรียงขององค์ประกอบต่างๆของเรือนพุ่มพืชส่วนเหนือดิน ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงไปได้ตามช่วงเวลา (Godin *et al.*, 1999) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ลักษณะการจัดเรียงและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ของพืชนั้น (plant topology) ได้แก่ การแตกกิ่งและการเชื่อมต่อกันของหน่วยเจริญต่างๆ (growth Unit) ของพืช และลักษณะเชิงเรขาคณิตของพืช (plant geometry) ได้แก่ ตำแหน่งการจัดเรียงของใบ ขนาดและรูปร่างขององค์ประกอบต่างๆของพืช ซึ่งอาจพิจารณาได้ทั้งในเชิง 2 มิติ หรือ 3 มิติ (Sinoquet *et al.*, 1997) ข้อดีของการศึกษาลักษณะเรือนพุ่มพืชโดยการดิจิทัลด้วยระบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คือ สามารถดำเนินการวัดได้อย่างรวดเร็ว ใช้เวลาน้อยและได้ข้อมูลรายละเอียดต่างๆของพืชภายใต้สภาพแวดล้อมที่แท้จริง (Sinoquet and Rivet, 1997) และสามารถปรับใช้ได้กับพืชหลายชนิด เช่น องุ่น (Sinoquet *et al.*, 1998) ฝ้าย (Thanisawanyangkura *et al.* 1997 ; Thanisawanyangkura and Kasemsap, 1998) และถั่วเขียว (ศรปราชญ์ และคณะ, 2540; ศรปราชญ์ และคณะ, 2543)

ลักษณะทางสถาปัตยกรรมพืชที่สำคัญสำหรับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของพืชกับการตอบสนองทางสรีรวิทยา มีดังนี้

### 3.1 ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index, LAI)

ดัชนีพื้นที่ใบเป็นลักษณะที่บ่งบอกถึงปริมาณของหน่วยผลิตสารอาหารที่สำคัญให้กับพืชต่อพื้นที่ที่พืชถือครองอยู่ ซึ่งสามารถแสดงถึงความสามารถในการเจริญเติบโตของพืช (Mouliat et al., 1999) ดัชนีพื้นที่ใบสามารถศึกษาได้ 2 ลักษณะ คือ ลักษณะที่เป็นสัดส่วนของพื้นที่ใบต่อพื้นที่ถือครองของพืชนั้น ซึ่งมักใช้ศึกษาในพืชต้นเดี่ยวหรือไม้ขนาดใหญ่ และสัดส่วนของพื้นที่ใบต่อพื้นที่ปลูก ซึ่งมักใช้ศึกษาในพืชไร่และพืชที่ปลูกชิดกันในแปลงปลูก (Loomis and Connor, 1996) ในขณะที่ลักษณะการกระจายของพื้นที่ใบสามารถบ่งบอกได้โดยความหนาแน่นของพื้นที่ใบ leaf area density (LAD) คือ ปริมาณของพื้นที่ใบที่ปรากฏในหน่วยปริมาตร

พื้นที่ใบสามารถวัดแบบทางตรงและทางอ้อม ทั้งแบบตัดใบ (destructive) และไม่ตัดใบ (non-destructive) การวัดพื้นที่ใบทางอ้อม และไม่ตัดใบนิยมใช้ในการศึกษาสรีรวิทยาทางเกษตรที่ต้องการศึกษาการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืชต้นเดิมอย่างต่อเนื่อง ในบางกรณีการประเมินพื้นที่ใบจากสมการการถดถอย regression ระหว่างความยาวใบ หรือผลคูณของความกว้าง และความยาวใบ การวัดดัชนีพื้นที่ใบสามารถทำได้โดยเครื่องวัดดัชนีพื้นที่ใบ (canopy analyzer)

### 3.2 การเรียงหมุนของใบ (Leaf orientation)

การเรียงหมุนของใบเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในเรือนพุ่มพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณแสงที่ใบพืชและเรือนพุ่มพืชได้รับ มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชทั้งในระดับใบและในระดับเรือนพุ่ม การเรียงหมุนของใบมักพิจารณามุมที่ใบเรียงหมุน 3 มุม ดังนี้

3.1.1 มุมเอียง (Inclination) หมายถึง มุมของแกนปกติของแผ่นใบ (Leaf normal) ที่ทำกับแนวตั้ง โดยมีขนาดระหว่าง 0-90 องศา

3.2.2 มุมระนาบ (Azimuth) หมายถึง มุมของแกนปกติของแผ่นใบในแนวระนาบเมื่อเปรียบเทียบกับทิศอ้างอิง โดยมีขนาดระหว่าง 0-360 องศา ในการศึกษาทิศเหนือเป็นแกน

อ้างอิง ซึ่งถือว่าทิศเหนือเท่ากับ  $0^\circ$  และกำหนดให้ทิศที่หมุนตามเข็มนาฬิกา จากตะวันออก เท่ากับ  $0^\circ$  ทิศใต้เท่ากับ  $180^\circ$  และทิศตะวันตก เท่ากับ  $270^\circ$

3.2.3 มุมบิด (Twist หรือ Rolling) หมายถึง มุมของแกนปกติของแผ่นใบที่ทำการอบแนวเส้นกลางใบ โดยมีขนาดระหว่าง 0-360 องศา

### 3.3 การกระจายตัวของใบ (Leaf dispersion)

การกระจายตัวของใบ หมายถึง รูปแบบการจัดเรียงและการกระจายของใบในเรือนพุ่มพืช แบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ คือ การกระจายแบบสม่ำเสมอ ในเรือนพุ่มจะมีการบดบังแสงซึ่งกันและกันน้อย ทำให้เรือนพุ่มสามารถรับแสงได้มากที่สุด ส่วนการกระจายของเรือนพุ่มแบบกลุ่ม ใบจะมีการจัดเรียงใกล้ชิดกันและมีการบดบังแสงซึ่งกันและกันมาก และการกระจายของใบแบบสุ่มไม่มีการจัดเรียงแน่นอน การกระจายตัวของใบในเรือนพุ่มพืช มักอยู่ระหว่างรูปแบบเรือนพุ่มที่มีการกระจายตัวของใบแบบสม่ำเสมอและแบบกลุ่ม (Sinoquet and Andrieu, 1993)

### 3.4 พื้นที่ใบรับแสงทางตรง (Sunlit leaf area)

การจัดเรียงตัวของใบ และทิศทางของแสงเปลี่ยนแปลงในรอบวันและมีผลต่อการรับแสงของใบพืช ใบพืชสามารถรับแสงแบ่งออกได้เป็น 3 ทาง คือ แสงทางตรง (Direct radiation) เป็นแสงที่มีอิทธิพลและบทบาทต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงมาก แสงที่สะท้อน (Reflection) และแสงที่ส่องผ่านในเรือนพุ่ม (Transmission) พื้นที่ใบรับแสงทางตรงจึง หมายถึง พื้นที่ของใบที่ได้รับแสงทางตรงตกกระทบบใบ โดยไม่รวมพื้นที่ใบในระดับล่างถัดลงไปใเรือนพุ่มที่ถูกบดบังแสง การศึกษาเกี่ยวกับพื้นที่ใบรับแสงทางตรง จึงช่วยให้เข้าใจบทบาทของส่วนประกอบหลักของพืชในการรับแสง เพื่อการสังเคราะห์ด้วยแสงได้เป็นอย่างดี (Sassenrath-Cole, 1995)

### 3.5 ประสิทธิภาพการรับแสง (Light interception efficiency, LIE)

ประสิทธิภาพการรับแสงของเรือนพุ่มพืชขึ้นอยู่กับลักษณะของเรือนพุ่ม การจัดเรียงขององค์ประกอบต่างๆของพืช และทิศทางของแสง (Osborne *et.al.*, 1998) พืชสามารถรับแสงได้ในช่วงขณะหนึ่ง ส่งผลต่อขบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและการสร้างผลผลิตของพืช เรือนพุ่มที่มี

ประสิทธิภาพในการรับแสงสูงจะมีสัดส่วนของพื้นที่ในการรับแสงทางตรงทั้งหมดต่อพื้นที่ใบทั้งหมดมาก (Sands, 1996)

#### 4. การรับแสงและการตอบสนองต่อแสง

พืชจะรับแสงที่ส่องลงมาซึ่งต้นพืชได้มากนั้น ใบพืชจะต้องมีพื้นที่มากพอหรือมีใบปกคลุมดินที่พืชนั้นขึ้นอยู่ พลังงานที่ส่องลงมาถึงพื้นดินจะสูญเสียไปกับการเผาผลาญพื้นดิน ระยะแรกของการเจริญเติบโตจะมีการแข่งขันกันน้อย และการบังแสงระหว่างใบภายในต้นก็มีน้อยใบทุกใบอาจได้รับแสงเต็มที่ เมื่อพืชเจริญเติบโตมีพื้นที่ใบมากขึ้น มีการบังแสงระหว่างใบภายในต้นเดียวกันมากขึ้น ใบล่างจะถูกบังแสงมากขึ้น

ใบฝ้ายที่ได้รับแสงจะสามารถสังเคราะห์แสงได้ ดวงรัตน์ (2541) ได้ศึกษาอิทธิพลของแสง อายุใบ และตำแหน่งของใบต่ออัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของใบฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 (SSR 60) พบว่า อัตราการสังเคราะห์แสงตอบสนองต่อแสงในทางบวกและมีลักษณะอิมิตัว โดยอัตราการสังเคราะห์แสงเริ่มอิมิตัวที่แสงประมาณ  $200-1,400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และ light compensation point อยู่ในช่วง  $7-160 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

#### 5. การสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มฝ้าย

การสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นกระบวนการที่พืชใช้เป็นแหล่งพลังงานของการสร้างน้ำหนักแห้งและผลผลิต ประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงของเรือนพุ่มพืชได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลายปัจจัยทั้งปัจจัยภายในต้นพืชเองและปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอกหลายชนิด ปัจจัยภายในต้นพืชที่สำคัญ ได้แก่ อายุใบ มวลจำเพาะของใบ (specific leaf mass) ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบ และความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบ เป็นต้น และปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอก ได้แก่ ความเข้มแสง อุณหภูมิ และความชื้นในอากาศ เป็นต้น

การผลิตฝ้ายส่วนใหญ่ในประเทศไทยมีปริมาณผลผลิตค่อนข้างต่ำ เป็นผลเนื่องจากปัจจัยหลายประการด้วยกัน ปัจจัยหลักซึ่งมีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง ได้แก่ ปัจจัยในด้านแมลงศัตรูฝ้าย และวัชพืช แต่ปัจจัยทางสภาพแวดล้อม เช่น แสงที่ฝ้ายได้รับ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น และปัจจัยภายในต้นฝ้าย เช่น พันธุ์ อายุ ความทนทานต่อความเครียด (stress) ต่างๆ ก็มีความสำคัญ

มากเช่นกัน (Salisbury and Ross, 1985) เนื่องจากสภาพอากาศในเขตร้อนชื้นเช่นในประเทศไทยจะมีการแปรปรวนของสภาพแวดล้อมอยู่ตลอดเวลา การเปลี่ยนแปลงจะมีอิทธิพลต่อกระบวนการต่างๆ ภายในต้นพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงซึ่งเป็นกระบวนการพื้นฐานที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตและการสร้างเส้นใยของฝ้าย การเพิ่มของน้ำหนักแห้งในพืชนั้นขึ้นอยู่กับสมดุลระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิและอัตราการหายใจของพืช ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์แสงของพืชมีดังนี้

### ปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม

#### 1. แสง

แสงเป็นแหล่งพลังงานของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เมื่อความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิและปัจจัยอื่นไม่เป็นตัวจำกัดแล้ว อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิจะขึ้นอยู่กับแสง ในขณะที่ไม่มีแสงหรือในเวลากลางคืนพืชจะไม่มีกระบวนการสังเคราะห์แสง แต่พืชจะมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาจากกระบวนการหายใจ ซึ่งอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลดลงเมื่อพืชได้รับแสงและเริ่มมีการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้น อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น และเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงระดับที่มีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจเท่ากับอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิของพืชเป็นศูนย์ เรียกความเข้มแสงที่ระดับนั้นว่า Light compensation point ถ้าพืชได้รับแสงที่มีความเข้มแสงต่ำกว่าระดับนี้จะทำให้พืชไม่เจริญและตายในที่สุด Light compensation point นี้จะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืชและสภาพแวดล้อมที่พืชนั้นเจริญอยู่ และถ้าความเข้มแสงยังเพิ่มขึ้นไปอีกจนกระทั่งที่พืชอิ่มตัวด้วยแสง (light saturation point) จากจุดนี้ไป การเพิ่มความเข้มแสงจะไม่มีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิเพิ่มขึ้น และหากพืชได้รับแสงที่มีความเข้มแสงสูงมากเกินไปอาจเป็นอันตรายต่อใบพืช

Smith and Longstreth (1994) ได้ศึกษาฝ้ายพันธุ์ Deltapine 61 พบว่า มีอิทธิพลทำให้จำนวนใบและ mesophyll cell บนใบเพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพื้นที่ผิวใบ และศักยภาพในการสร้างอาหารของใบฝ้าย และพบว่า ใบฝ้ายที่ได้รับแสงมากกว่า จะมีอัตราการ

สังเคราะห์แสงสุทธิของต้นไม้ที่ได้รับความเข้มแสงในระดับที่สูงกว่า อีกทั้งมีพื้นที่ผิวของใบและ mesophyll cell จะมากกว่าต้นไม้ที่ได้รับความเข้มแสงในระดับที่ต่ำกว่า

## 2. อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช พืชสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ในช่วงอุณหภูมิกว้างมาก เช่นพืชที่เจริญในถิ่น alpine สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงที่อุณหภูมิลดถึง  $0^{\circ}\text{C}$  และพืชที่เจริญในแถบทะเลทรายสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้สูงสุดที่อุณหภูมิ  $50^{\circ}\text{C}$  นอกจากนี้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิขึ้นอยู่กับเอนไซม์ ซึ่งจะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเป็นอย่างมาก เมื่ออุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไปจะมีอิทธิพลต่อการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนี้อุณหภูมียังมีอิทธิพลต่ออัตราการหายใจ ทำให้มีอิทธิพลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ และอุณหภูมียังมีอิทธิพลต่อการพัฒนาส่วนต่างๆ ของต้นไม้ด้วย ได้แก่ อัตราการสร้างปี ดอก และสมอฝ้าย

## 3. น้ำ

น้ำเป็นแหล่งอิเล็กตรอนที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง และยังมีผลต่อการเปิดปิดของปากใบ ซึ่งกำหนดการแพร่กระจายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เข้าสู่ปากใบพืชด้วย ในสภาพที่พืชขาดน้ำปากใบจะปิด เพื่อลดการสูญเสียน้ำ ทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนที่บริเวณปากใบเป็นไปได้ยาก ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แพร่เข้าสู่ปากใบได้น้อยลง ส่งผลทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงไปด้วย การขาดน้ำอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน นอกจากจะมีผลโดยตรงต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของพืชแล้ว ยังมีผลทางอ้อมต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาต่างๆ เช่น อัตราการพัฒนาพื้นที่ใบ การดูดและลำเลียงแร่ธาตุ เป็นต้น (เฉลิมพล, 2535)

#### 4. ธาตุอาหาร

การขาดธาตุอาหารมีผลกระทบต่ออัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิทั้งทางตรงและทางอ้อมแมกนีเซียมและไนโตรเจน เป็นธาตุที่สำคัญในองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ การขาดสารเหล่านี้มีผลทำให้พืชเกิดอาการใบเหลืองซีดที่เรียกว่า คลอโรซิส เนื่องจากใบขาดคลอโรฟิลล์ การสังเคราะห์แสงสุทธิจะเกิดขึ้นได้สมบูรณ์ต้องมีไอออนของเหล็ก ซึ่งจำเป็นต่อการสร้างคลอโรฟิลล์ และยังเป็นสารประกอบของไซโทโครม ส่วนแมงกานีสและคลอรีนจำเป็นต่อกระบวนการแตกตัวของน้ำในปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงสุทธิ การขาดธาตุอาหารต่างๆ เหล่านี้มีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิลดลง (เฉลิมพล, 2535)

#### 5. ความเข้มข้นแก๊สในบรรยากาศ

แก๊สที่มีอิทธิพลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของพืชมากที่สุด ได้แก่  $\text{CO}_2$  และ  $\text{O}_2$  ในสภาพที่มีแสงและอุณหภูมิพอเหมาะอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ  $\text{CO}_2$  โดยพบว่า เมื่อความเข้มข้นของ  $\text{CO}_2$  เพิ่มขึ้นสองเท่าของ  $\text{CO}_2$  ในบรรยากาศสามารถทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มได้ถึง 40 % (Reddy *et al.*, 1996)

#### 6. อายุใบ

ต้นฝ้ายเป็นพืชที่มีการสร้างใบใหม่บนลำต้นและมีกิ่งที่แตกออกมาตลอดเวลา เนื่องจากฝ้ายเป็นพืชที่มีลักษณะการเจริญเติบโตแบบ indeterminate การเพิ่มขนาดของเรือนพุ่มทำให้การบังแสงของใบเพิ่มขึ้น ทำให้มีสัดส่วนของ effective leaf area ต่อพื้นที่ใบทั้งหมดลดลง และทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มลดลงด้วย ความสัมพันธ์ของ effective leaf area ต่อพื้นที่ใบทั้งหมด และการลดลงของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิต่อหน่วยพื้นที่ใบ เมื่อต้นฝ้ายมีอายุเพิ่มขึ้น จะทำให้อาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมดลดลงในช่วงที่มีการเจริญเติบโตของสมอ ซึ่งเป็นช่วงที่ต้นฝ้ายต้องการอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด

## ปัจจัยเกี่ยวกับพืช

ชนิดของต้นพืช สภาพทางสรีรวิทยาของพืช สภาพทางพันธุกรรมตลอดทั้งช่วงอายุหรือช่วงวงจรชีวิตของพืช เช่น ใบที่อ่อนหรือแก่เกินไปพบว่าความสามารถในการสังเคราะห์แสงต่ำ ใบที่อ่อนเกินไปการพัฒนาของคลอโรพลาสต์ยังไม่เจริญเติบโตเต็มที่ ส่วนใบที่แก่เกินไป จะมีการสลายตัวของกรานาและรงควัตถุในคลอโรพลาสต์ การสูญเสียโครงสร้างที่สำคัญนี้มีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิลดลง

สภาพทางพันธุกรรม ฝ้ายแต่ละพันธุ์มีอัตราการเจริญเติบโตและ fruiting characteristic ที่แตกต่างกัน ความแตกต่างของพันธุ์ยังมีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพในการใช้แสงของฝ้ายแตกต่างกันไปอีกด้วย

Pettigrew and Meredith (1994) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของผลผลิตกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของฝ้าย 18 สายพันธุ์ พบว่า การปรับปรุงพันธุ์ฝ้ายให้มีผลผลิตสูงขึ้นนั้นทำให้ต้นฝ้ายมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิเพิ่มขึ้น

## 6. ปริมาณไนโตรเจนในใบ

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญ และจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช บรรยากาศประกอบด้วยก๊าซไนโตรเจนในปริมาณที่สูงถึง 78 % แต่พบว่าพืชมักขาดไนโตรเจน ทั้งนี้เนื่องจากพืชใช้ไนโตรเจนในรูปสารอินทรีย์ โดยพืชเกือบทุกชนิดใช้ไนโตรเจนจากดินในรูปแอมโมเนียมไอออน ( $\text{NH}_4^+$ ) หรือไนเตรทไอออน ( $\text{NO}_3^-$ ) ที่อยู่ในดินเข้าทางรากพืช มีจุลินทรีย์บางชนิดเท่านั้นที่สามารถเปลี่ยน ไนโตรเจนในรูปของก๊าซในบรรยากาศให้เป็นไนโตรเจนในรูปสารอินทรีย์ และเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ จุลินทรีย์เหล่านี้ ได้แก่ แบคทีเรีย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และแอกทิโนมัยซีตส์ นอกจากนี้ในสภาวะที่ไม่เหมาะสมไนเตรทอาจสูญหายไปจากดินโดยการชะล้าง แต่ในเขตร้อน แบคทีเรียในดินจะออกซิไดซ์ แอมโมเนีย เป็นไนไตรต์ และไนเตรทได้อย่างรวดเร็วภายในเวลา 2-3 วัน เรียกกระบวนการนี้ว่า Nitrification (Salisbury and Ross, 1989)

ปริมาณไนโตรเจนในใบจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นตรงหรือมีลักษณะเป็นเส้นโค้ง นอกจากนี้ยังสามารถเปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจากสภาพแวดล้อมและพันธุกรรม และอาจเป็นผลมาจากการจำกัดการเจริญเติบโตโดยปัจจัยอื่นๆ ที่ไม่ใช่ไนโตรเจนในใบ

## 7. การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต

ฝ้ายเป็นพืชไร่ที่มีการเจริญเติบโตแบบ Indeterminate ทำให้มีการแข่งขันใช้อาหารระหว่าง vegetative และ reproductive parts นักเกษตรจึงนำสารชะลอการเจริญเติบโตหลายชนิดเข้ามาใช้ในการผลิตฝ้าย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของ vegetative parts เพื่อให้ฝ้ายนำอาหารไปใช้สร้าง reproductive parts ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้เก็บเกี่ยวให้ผลผลิต และสารที่นิยมใช้ทั่วโลก คือ Mepiquat Chloride (1,1 dimethylpiperidinium chloride) หรือ PIX สามารถลดการเจริญเติบโตทางด้าน vegetative ของฝ้าย (Kerby, 1985; Stuart *et.al.*, 1984) โดยออกฤทธิ์ชะลอหรือยับยั้งการยึดตัวของลำต้นและใบ (Cathey and Luokett, 1980 : McCarty *et.al.*, 1985) การใช้ PIX ในการเพิ่มผลผลิตฝ้ายขึ้นอยู่กับสภาพความสมบูรณ์ของฝ้ายเมื่อเวลาที่ใช้สาร PIX (Dippenaar *et.al.*, 1990; Constable, 1994)

ในการใช้ PIX มีข้อจำกัดที่ต้องอยู่ในช่วงที่ฝ้ายมีการเจริญเติบโตสูง (มี growth rate สูง) หากใช้ PIX ในฝ้ายที่มีการเจริญเติบโตน้อย จะทำให้ได้ผลผลิตลดลง การตรวจสอบ (monitoring) ลักษณะต้นฝ้ายก่อนตัดสินใจจึงเป็นสิ่งจำเป็น และลักษณะที่ใช้ได้ผลมากในต่างประเทศ ได้แก่ ความยาวของ 5 ปล้องบน เช่น ถ้ามีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 0.70 นิ้วต่อปล้องจะไม่สมควรใช้ PIX แต่ถ้ามีค่าเฉลี่ยมากกว่า 1.90 นิ้วต่อปล้อง ควรให้ PIX 8-16 มิลลิลิตร ต่อ ไร่ เป็นต้น ดังนั้นจึงควรศึกษาข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเฉลี่ย 4-5 ปล้องบนของฝ้ายและการใช้ PIX ที่มีต่อผลผลิตฝ้าย

ปัจจุบันเกษตรกรทั่วโลกนิยมปลูกฝ้ายด้วยระบบการปลูกแบบระยะชิด (Ultra narrow row ,UNR) กันมากขึ้นอย่างรวดเร็ว และนักวิชาการไทยกำลังเริ่มให้ความสนใจในระบบ UNR นี้มากขึ้น เนื่องจาก PIX เป็นสารเคมีที่จำเป็นที่ต้องใช้ในการผลิตในระบบ UNR นี้ และวิธีการตัดสินใจใช้ PIX ในระบบ UNR จะแตกต่างไปจากระบบการผลิตฝ้ายแบบดั้งเดิม จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาเรื่องวิธีการใช้ PIX ในเวลาและอัตราที่เหมาะสมกับระบบการผลิตฝ้ายแบบ UNR

Yves and Poonpipope (1997) ได้ศึกษาอิทธิพลของ Mepiquat Chloride ( PIX ) ในฝ้าย 58 plots ในเขต อำเภอยะบะดาบ จังหวัดลพบุรี และมีการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต PIX ที่ระยะ blooming เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของฝ้าย (node production, inter-node length) ในระหว่างที่ต้นฝ้ายกำลังเจริญเติบโตทางด้าน reproductive สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช ผลการทดลองพบว่า ฝ้ายทั้ง 58 plots มีความแตกต่างกันทางสถิติในด้านการกระจายของ สมอ (boll) และ ขนาดของสมอ (boll) มีการตอบสนองในแต่ละการทดลอง และมีความเป็นอิสระและมีอัตราในการเพิ่มความยาวของ internode เหมือนกัน ที่ตำแหน่ง P1 ของต้น

# อุปกรณ์และวิธีการ

## อุปกรณ์

### 1. เมล็ดฝ้าย

- ฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60

### 2. อุปกรณ์วัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่ม

- เครื่องวัดอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O Analysis) รุ่น Binos<sup>®</sup> 100 4p (Rosemount 100 4p., USA.)
- เครื่องวัดแสง รุ่น LI-189 Light quantum sensor (Li-Cor Inc., U.S.A.)
- Chamber สร้างจากแผ่นพลาสติกใส ชนิด PE ความหนา 1 mm. ขนาด 1x1x1 m<sup>3</sup>.
- Flow meter (air velocity transducer) รุ่น 8455-03 (TSI Inc, U.S.A)
- Humidity and temperature probe รุ่น Humitter 50 Y (Vaisala, Inc., U.S.A.)
- เครื่องคอมพิวเตอร์
- ท่อ PVC ขนาด 4 นิ้ว
- เครื่องบันทึกข้อมูล Data acquisition รุ่น OMB DAQ-55 (Omega, Inc., USA.)

### 3. อุปกรณ์การศึกษาสถาปัตยกรรมลักษณะของพืช

- เครื่องดิจิทัลระบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic digitizer : 3 Space<sup>®</sup>, Fastrak<sup>®</sup>, Polhemus<sup>®</sup>, Inc., Cochester. VT., U.S.A)
- กล้องดิจิทัล Sony DSC-P73
- ฐานจับยึดต้นฝ้าย
- ฝ้าแดง ขนาด 3 x 3 ตารางเมตร เพื่อใช้เป็นฉากหลังในการถ่ายรูป
- สายวัดความสูงต้นฝ้าย
- ซอฟต์แวร์ Pol95 Version 2.0 (INRA, France) เพื่อใช้บันทึกข้อมูล

- ซอฟต์แวร์ VegeSTAR Version 1.0 (INRA, France) เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการสังเคราะห์และวิเคราะห์ภาพ (image synthesis and analysis เพื่อศึกษาลักษณะเชิงเรขาคณิตของพืช ที่ได้จากการดิจิทัล 3 มิติ)
- ซอฟต์แวร์ Tree Analyzer เพื่อใช้ในการประเมินลักษณะทางโครงสร้างของพืชจากภาพถ่าย
- ซอฟต์แวร์ Tree Box (เจษฎา, 2547) เพื่อใช้ในการประเมินพื้นที่ใบ, การกระจายของพื้นที่ใบในแนวตั้ง, การกระจายมุมระนาบของแผ่นใบ และการกระจายมุมเอียงของแผ่นใบ ที่ได้จากการดิจิทัล
- ซอฟต์แวร์ Adobe Photoshop 7.0
- ซอฟต์แวร์ Microsoft office excel 2003

#### 4. อุปกรณ์ประเมินพื้นที่และปริมาณไนโตรเจนในใบ

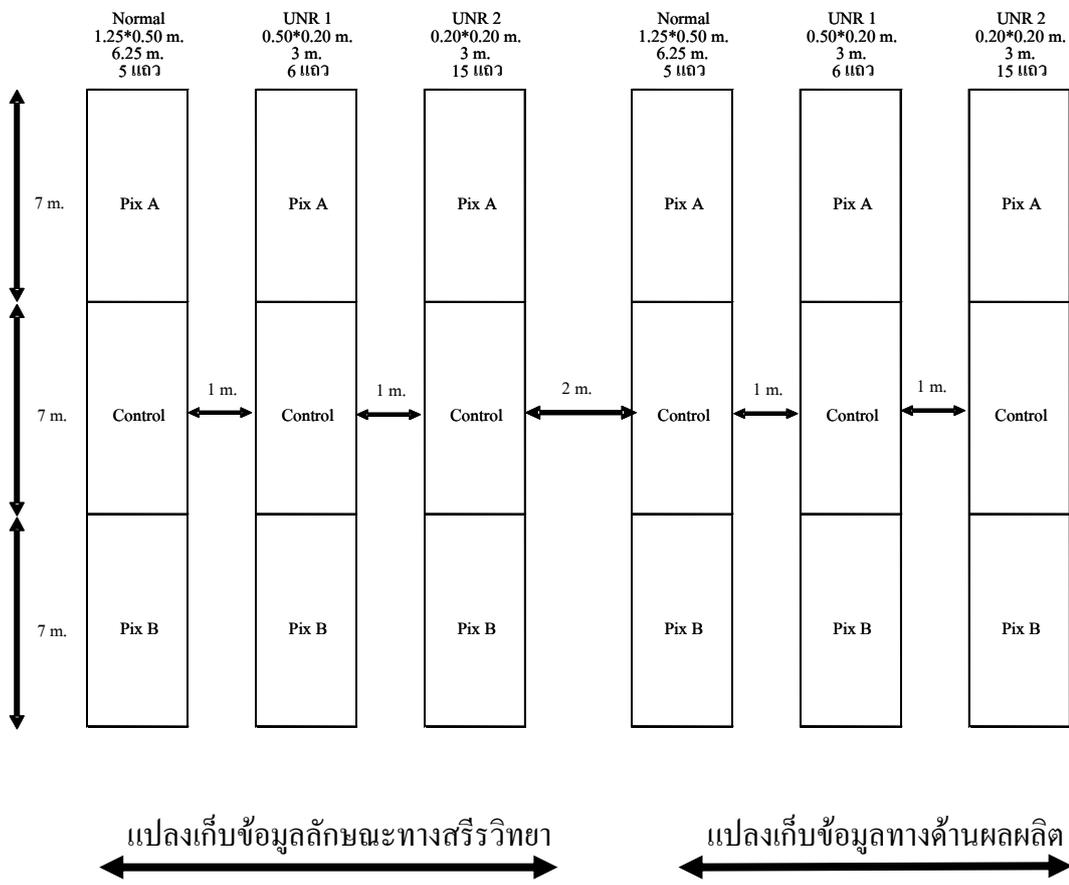
- เครื่องวัดพื้นที่ใบ LI-3100 (Li-Cor Inc., U.S.A.)
- เครื่องมือวัดค่าความเขียวของใบ Chlorophyll meter Minolta model SPAD 502<sup>®</sup> (Minolta Camera Co., Ltd., Japan)
- เครื่องวัดปริมาณไนโตรเจน รุ่น LECO FP-428 (Leco Corporation, St. Joseph, MI., U.S.A.)
- ตู้อบตัวอย่างพืช
- เครื่องชั่งน้ำหนัก

## วิธีการ

### 1. การเตรียมต้นฝ้าย

ปลูกต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ( SSR 60) ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ช่วงเวลาในการศึกษาตั้งแต่เดือน พฤษภาคม – ธันวาคม พ.ศ. 2548 พื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา มีขนาด 21.0 x 30.5 ตารางเมตร แบ่งเป็น 2 แปลง คือ แปลงที่ 1 ใช้สำหรับเก็บข้อมูลลักษณะทางสรีรวิทยา ส่วนแปลงที่ 2 ใช้สำหรับเก็บข้อมูลทางด้านผลผลิตของฝ้าย (ภาพที่ 1) โดยระยะปลูกที่ใช้ในการศึกษา 3 ระยะปลูก คือ Normal (ระยะปลูกแบบมาตรฐานที่ได้รับการแนะนำจากกรมส่งเสริมการเกษตร) โดยมีระยะห่างระหว่างแถว 1.25 เมตร และระยะห่างระหว่างต้น 0.50 เมตร จำนวน 5 แถวๆละ 15 ต้น รวมทั้งหมดจำนวน 75 ต้นต่อแปลง, ระยะปลูก UNR 1 (Ultra-narrow row 1) มีระยะห่างระหว่างแถว 0.50 เมตร และระยะห่างระหว่างต้น 0.20 เมตร จำนวน 6 แถวๆละ 36 ต้น รวมทั้งหมดจำนวน 216 ต้นต่อแปลง และระยะปลูก UNR 2 (Ultra-narrow row 2) มีระยะห่างระหว่างแถว 0.20 เมตร และระยะห่างระหว่างต้น 0.20 เมตร จำนวน 15 แถวๆละ 36 ต้น รวมทั้งหมดจำนวน 540 ต้นต่อแปลง (ภาพผนวกที่ 1) ให้น้ำกับต้นฝ้ายโดยวิธี sprinkler เพื่อไม่ให้ต้นฝ้ายขาดน้ำ ฉีดสารควบคุมวัชพืช (Diuron) ก่อนต้นฝ้ายงอก ในปริมาณ 200 กรัม/ไร่ เมื่อต้นฝ้ายงอกแล้วทำการถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 ในอัตรา 50 kg ha<sup>-1</sup> เมื่อต้นฝ้ายอายุ 30 วัน

แผนผังแปลงฝ้าย



ภาพที่ 1 แผนผังแปลงปลูกฝ้าย

โดยกำหนดให้ Control คือ ไม่นุ่น Pix<sup>®</sup>

Pix A คือ นุ่น Pix<sup>®</sup> ที่อายุต้น 65 วันหลังปลูก

Pix B คือ นุ่น Pix<sup>®</sup> ที่อายุต้น 95 วันหลังปลูก

## 2. การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต

Mepiquat chloride (1,1-dimethylpiperidinium chloride) หรือ PIX เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโต สามารถลดการเจริญเติบโตทางด้าน vegetative ของฝ้าย โดยออกฤทธิ์ชะลอหรือยับยั้งการยืดตัวของลำต้นและใบ ช่วยจำกัดการเจริญเติบโตของต้นฝ้ายที่มีมากเกินไป ทำให้ฝ้ายมีลักษณะต้นเตี้ย และมีความยาวปล้องที่สั้นลง สารนี้มีผลทำให้สมอฝ้ายสุกแก่เร็วขึ้น และสมอแตกพร้อมเพรียงกัน การเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องจักรกระทำได้สะดวก และช่วยเพิ่มผลผลิตในการเก็บเกี่ยวครั้งแรก ฝ้ายที่ได้รับ Mepiquat chloride ใบจะมีสีเขียวเข้มกว่าต้นที่ไม่ได้รับสาร Mepiquat chloride ซึ่งสารควบคุมการเจริญเติบโตนี้ทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์และน้ำภายในใบเพิ่มขึ้นและช่วยชะลอการเสื่อมของใบ (leaf senescence) (สมพงษ์, 2529)

การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในการศึกษาครั้งนี้ โดยศึกษาที่อายุปลูก 50, 80 และ 110 วันหลังปลูก มี 3 คำรับการทดลอง (Treatment)

Control	ไม่พ่น Pix <sup>®</sup>
Pix A	พ่น Pix <sup>®</sup> ที่อายุต้น 65 วันหลังปลูก
Pix B	พ่น Pix <sup>®</sup> ที่อายุต้น 95 วันหลังปลูก

### เวลาสำหรับการพ่น Pix

Treatment	ระยะปลูก	อายุต้นที่พ่น PIX (วันหลังปลูก)	อายุต้นที่เก็บข้อมูล (วันหลังปลูก)	อัตราการฉีด Pix
Control	Normal (1.25 x 0.50 m <sup>2</sup> .)	-	50 80 และ 110	-
	UNR 1 (0.50 x 0.20 m <sup>2</sup> .)			
	UNR 2 (0.20 x 0.20 m <sup>2</sup> .)			
Pix A	Normal (1.25 x 0.50 m <sup>2</sup> .)	65	80 และ 110	10 มล./น้ำ 20 ลิตร
	UNR 1 (0.50 x 0.20 m <sup>2</sup> .)			
	UNR 2 (0.20 x 0.20 m <sup>2</sup> .)			
Pix B	Normal (1.25 x 0.50 m <sup>2</sup> .)	95	110	20 มล./น้ำ 20 ลิตร
	UNR 1 (0.50 x 0.20 m <sup>2</sup> .)			
	UNR 2 (0.20 x 0.20 m <sup>2</sup> .)			

### 3. ศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยาของฝ้าย

ศึกษาการพัฒนาดอกและผลของต้นฝ้าย (reproductive) ประกอบด้วย ความสูงของต้น จำนวนข้อบนลำต้นหลัก สำหรับการนับจำนวนข้อบนลำต้นหลัก จะเริ่มนับจากข้อแรกหลังจาก cotyledonary node และนับไปจนถึงปลายยอด เก็บข้อมูลจำนวนสมอและผลผลิตของแต่ละ fruiting site ศึกษาการพัฒนาของลำต้น การติดผลและเก็บผลผลิตเส้นใยฝ้าย ผลที่ได้เหล่านี้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิธีของ DMRT (Duncan Multiple Range Test) โดยใช้หน่วยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยโปรแกรม Statistical Analysis System, (SAS Institute Inc., 1988)

### 4. ศึกษาสถาปัตยกรรมของเรือนพุ่มฝ้าย

#### 4.1 การวัดลักษณะเรือนพุ่มด้วยวิธีดิจิทัลระบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

วัดองค์ประกอบต่างๆ ของเรือนพุ่มฝ้าย โดยการดิจิทัลด้วยเครื่องดิจิทัลระบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ภาพผนวกที่ 2) โดยอาศัยหลักการและวิธีการวัดของศรปราชญ์ และคณะ (2540) โดยเครื่องดิจิทัลประกอบด้วยหน่วยควบคุมกลาง (System Electronic Unit, SEU) ตัวส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (transmitter) 1 ตัว ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และส่วนรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (receiver) 1 ตัว ซึ่งเป็นตัวรับสัญญาณตำแหน่งและการเคลื่อนตัวรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยประกอบด้วยพิกัด x, y และ z ในระนาบ 3 มิติ และมุมต่างๆ 3 มุม ณ ตำแหน่งของตัวรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้แก่ มุมที่ทำกับพื้นระนาบ (azimuth) มุมเอียง (inclination) และมุมบิด หลังจากนั้นวัดความกว้างและความยาวของใบที่ทำการดิจิทัลทุกใบ (Thanisawanyangkura and Sinoquet, 1997) (ภาพผนวกที่ 3)

#### การเก็บข้อมูล

การดิจิทัลต้นฝ้าย เริ่มทำการดิจิทัลจากใบที่อยู่บน main stem โดยติดตั้งเครื่องกำเนิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าห่างจากต้นฝ้ายประมาณ 50 เซนติเมตร ให้แนวแกน X ของเครื่องกำเนิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าหันไปทางทิศเหนือ และต่อ SEU เข้ากับคอมพิวเตอร์แบบพกพา บันทึกตำแหน่งใบและการเรียงหมุนของใบ โดยวางอุปกรณ์รับสัญญาณให้ปลายของตัวรับสัญญาณวางบนตำแหน่งโคนใบให้ขนานกับแผ่นใบ โดยให้ตัวรับสัญญาณหันไปทางโคนใบ กำหนดลำดับใบ

และวัดความกว้างและความยาวของเส้นกลางแผ่นใบ การดิจิทัลไลซ์ต้นฝ้ายเมื่อต้นฝ้ายอายุปลูก 50, 80 และ 110 วัน โดยมีระยะปลูกที่ใช้ คือ

Normal	ระยะปลูก	1.25 x 0.50 ตารางเมตร	จำนวน	2 ต้น
UNR 1	ระยะปลูก	0.50 x 0.20 ตารางเมตร	จำนวน	8 ต้น
UNR 2	ระยะปลูก	0.20 x 0.20 ตารางเมตร	จำนวน	12 ต้น

การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต 3 ดำรับการทดลอง (Treatment)

Control	ไม่พ่น Pix <sup>®</sup>
Pix A	พ่น Pix <sup>®</sup> ที่อายุต้น 65 วันหลังปลูก
Pix B	พ่น Pix <sup>®</sup> ที่อายุต้น 95 วันหลังปลูก

การสังเคราะห์ภาพ (Image synthesis)

นำข้อมูลที่ได้จากการดิจิทัลไลซ์และข้อมูลที่ได้จากการวัดความกว้างและความยาวใบของฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่อายุ 50, 80 และ 110 วันหลังปลูก มาสังเคราะห์เป็นภาพจำลองเรือนพุ่มฝ้ายแบบสามมิติด้วยซอฟต์แวร์ *VegeSTAR Version 1.0* ซึ่งพัฒนาขึ้นเพื่อใช้สังเคราะห์และวิเคราะห์ภาพจากลักษณะเชิงเรขาคณิตของพืชที่ได้จากการดิจิทัลไลซ์เชิง 3 มิติ (Adam *et.al.*, 2000) ซึ่งซอฟต์แวร์จะสร้างภาพใบฝ้ายทุกใบในเรือนพุ่มโดยให้ตำแหน่งใบเป็นตำแหน่งพิกัด  $x, y$  และ  $z$  ของใบนั้นๆ จัดเรียงใบตามข้อมูลการเรียงหมุนของใบที่ได้จากการดิจิทัลไลซ์และขยายขนาดใบโดยใช้ความกว้างและความยาวของเส้นกลางใบ เพื่อให้ขนาดใบเท่ากับใบจริง

การวิเคราะห์ภาพ (Image analysis)

ภาพเรือนพุ่มของต้นฝ้าย สามารถแสดงให้เห็นบนคอมพิวเตอร์ ซอฟต์แวร์ *VegeSTAR* สามารถปรับตำแหน่งการมองเห็นได้โดยเปลี่ยนค่ามุมเอียงจากพื้นระนาบและมุมระนาบในการรับภาพ สามารถลดและขยายภาพโดยใส่ค่าระยะห่างจากภาพให้เหมาะสมกับขนาดต้นพืชจริงในหน่วยเมตร เดซิเมตร หรือ เซนติเมตร

#### 4.1.1 การประเมินพื้นที่ใบ

การประเมินพื้นที่ใบ (leaf area) ด้วยซอฟต์แวร์ Tree Box พื้นที่ใบของฝ้ายแต่ละต้นสามารถประเมินจากผลรวมของพื้นที่ใบแต่ละใบ ที่เสนอโดย Thanisawanyangkura *et.al.* (1997) ซึ่งประเมินจากความยาวใบตามสมการ

$$S = 0.732L^2$$

เมื่อ S คือ พื้นที่ใบ

L คือ ความยาวของใบ

#### 4.1.2 การกระจายของพื้นที่ใบในแนวตั้ง (Vertical distribution)

การกระจายของพื้นที่ใบในแนวตั้ง (Vertical distribution) คำนวณจากข้อมูลดิจิทัล ความหนาแน่นพื้นที่ใบ (LAD) ในแต่ละระดับความสูงของเรือนพุ่ม โดยแบ่งชั้นความสูงทุกๆ 25 ซม. วัดจากผิวดินถึงยอด พื้นที่ใบที่กระจายในแต่ละระดับชั้นความสูงได้จากผลรวมของพื้นที่ใบแต่ละใบที่มีตำแหน่งอยู่ในชั้นความสูงนั้นๆ

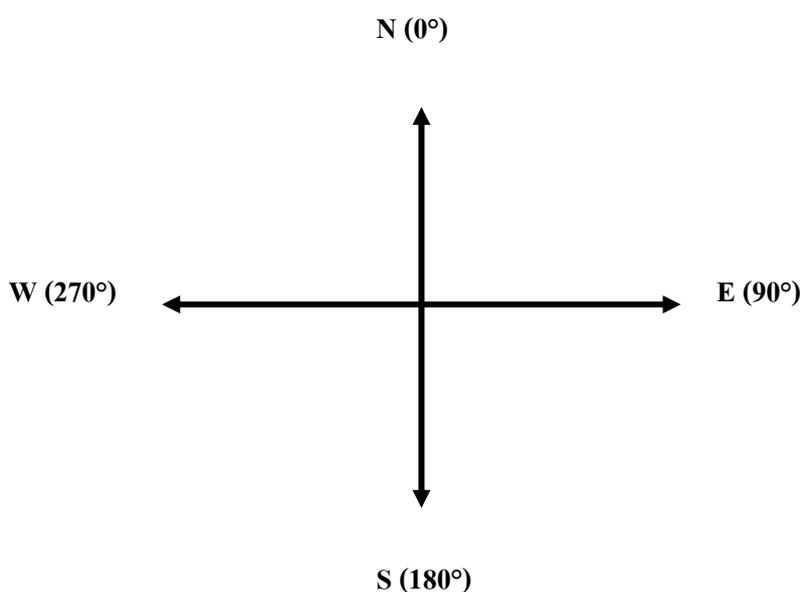
$$LAD = LA/V$$

กำหนดให้ LA = พื้นที่ใบ (ตารางเมตร)

V = ปริมาตรที่พืชเจริญเติบโตอยู่ (ลูกบาศก์เมตร)

#### 4.1.3 การกระจายมุมระนาบของแผ่นใบ (Leaflet azimuthal angle distribution)

การกระจายมุมระนาบของแผ่นใบ (leaflet azimuthal angle distribution) วิเคราะห์การกระจายของมุมระนาบของแผ่นใบฝ้าย โดยแบ่งมุมระนาบของแผ่นใบซึ่งเป็นมุม  $0^\circ - 360^\circ$  ออกเป็นช่วงๆละ  $30^\circ$  เมื่อให้  $0^\circ$  คือ ทิศเหนือ เป็นทิศตามเข็มนาฬิกา ทิศตะวันออกเท่ากับ  $90^\circ$  ทิศใต้ เท่ากับ  $180^\circ$  และทิศตะวันตก เท่ากับ  $270^\circ$  รวมปริมาณพื้นที่ใบที่มีมุมระนาบของแผ่นใบในแต่ละช่วง (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ไคอะแกรมแสดงการกระจายมุมระนาบของแผ่นใบ

#### 4.1.4 การกระจายมุมเอียงของแผ่นใบ (Leaflet inclination angle distribution)

การกระจายมุมเอียงของแผ่นใบ (leaflet inclination angle distribution) คำนวณพื้นที่ใบที่ปรากฏในแต่ละช่วงของมุมเอียงที่กำหนด โดยแบ่งมุมเอียงของแผ่นใบเป็นมุม  $0^{\circ} - 90^{\circ}$  ออกเป็นช่วงๆ ละ  $10^{\circ}$  โดยใบที่มีมุมแคบแสดงว่า แผ่นใบมีลักษณะเป็นใบนอน และถ้ามุมใบกว้าง แผ่นใบมีลักษณะเป็นใบตั้ง โดยกำหนดให้  $0^{\circ} - 30^{\circ}$  เป็นใบที่มีลักษณะเป็นใบนอน (planophile)  $30^{\circ} - 60^{\circ}$  เป็นใบเอียง (plagiophile) และ  $60^{\circ} - 90^{\circ}$  เป็นใบตั้ง (erectophile)

#### 4.2 การวัดลักษณะเรือนพุ่มด้วยวิธีการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล

การถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล จากทิศทางที่ต่างกัน คือ ทิศเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออก ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และ ทิศตะวันตก ตามลำดับ จัดตำแหน่งของกล้องในการถ่ายภาพให้ระยะห่างระหว่างกล้องและต้นฝ้ายมีระยะประมาณ 2 เท่าของความสูงของต้นฝ้าย

#### 4.2.1 การประมวลผลภาพถ่าย

การวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายดิจิทัล โดยการใช้ฉากหลังเป็นสีแดงเพื่อสะดวกในการตัดแยกฉากหลังออกจากภาพ ให้เหลือแต่ต้นฝ้าย และฉากหลังเป็นสีขาวด้วย หลังจากนั้นเปลี่ยนสีของภาพเป็นสีดำ ด้วยโปรแกรมชื่อ Adobe Photoshop 7.0

การประเมินลักษณะทางโครงสร้างจากภาพถ่าย วิเคราะห์ด้วยซอฟต์แวร์ชื่อ Tree Analyzer การวิเคราะห์สามารถทราบถึงการกระจายของใบในแนวตั้งได้จากผลรวมของพื้นที่ใบที่คำนวณได้จากแต่ละชั้นของความสูงเรือนพุ่ม โดยจำแนกชั้นความสูงออกทุกๆ 25 ซม. สำหรับพื้นที่ใบทั้งหมดได้จากพื้นที่ใบทั้งหมดรวมกัน

#### 5. วัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่ม

วัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มฝ้าย ณ 3 ช่วงอายุ 50, 80 และ 110 วัน หลังปลูก ด้วยอุปกรณ์ระบบเปิด โดยเลือกต้นฝ้ายที่มีความอุดมสมบูรณ์และการเจริญเติบโตสม่ำเสมอใกล้เคียงกัน วัดในช่วงเวลา 06.00 – 19.00 น. ใช้ฐานโครงเหล็กขนาด 1.0 x 1.0 ตารางเมตร สร้าง chamber ด้วยแผ่นพลาสติกใส PE (polyethylene sheet) ความหนา 1 มิลลิเมตร ขนาด 1.0 x 1.0 x 1.0-3.0 (ขึ้นอยู่กับความสูงของต้นฝ้าย) ลูกบาศก์เมตร ครอบต้นฝ้าย จำนวนต้นฝ้ายภายใน Chamber จากแปลงที่ใช้ระยะปลูกมาตรฐาน และแปลงที่ใช้ระยะปลูกแบบระยะชิดมาก (UNR 1 และ UNR 2) จะมีจำนวน 2, 8 และ 12 ต้น ตามลำดับ ใช้แผ่นพลาสติกใส PE คลุมปิดผิวดินบริเวณภายในฐานโครงเหล็กใช้ที่หนีบยึดแผ่น PE กับฐานเพื่อป้องกันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการหายใจของจุลินทรีย์ในดิน (soil respiration) แล้ววัดอัตราการไหลของอากาศเข้า chamber โดยใช้เครื่องวัดความเร็วลม (air velocity transducer) เสียบที่ท่อลมเข้า โดยให้ sensor วัดความเร็วลมหันไปทางด้านลมเข้า ปรับความเร็วลมให้ chamber ตั้งพอสมควร คูณตัวอย่างอากาศเข้า (reference air) และออก (sample air) จาก chamber เข้าเครื่องวัดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทุก 10 วินาที ใช้หัววัดแสง วัดความเข้มแสงในรอบวันที่ทำการทดลอง ซึ่งความเข้มแสงที่ได้จากการวัดหัวแสงที่อยู่ในระดับเดียวกับทรงพุ่ม เป็นความเข้มแสงในช่วงคลื่น 400 – 700 นาโนเมตร วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศออกจาก chamber โดยวางเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไว้บริเวณปากท่อลมออกจาก chamber บันทึกสัญญาณข้อมูลจากอุปกรณ์ต่างๆ ควบคุมการทำงานและเก็บข้อมูลที่บันทึกข้อมูลดังกล่าวเก็บไว้ใน

คอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งเชื่อมโยงกันกับเครื่องรับสัญญาณข้อมูล (ภาพผนวกที่ 4) จากนั้นนำไปคำนวณหาอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มฝ้าย

การคำนวณอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่ม

$$P_n = \frac{\Delta CO_2 \times \text{Flow rate}}{\text{Area}}$$

กำหนดให้  $P_n$  = อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่ม ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )

$\Delta CO_2$  = ความแตกต่างของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ระหว่าง  $CO_2$  ใน sample air และ reference air ( $\mu\text{mol CO}_2$  per mole air)

Flow rate = อัตราการเคลื่อนที่ของอากาศผ่านเข้าสู่ chamber ( $\mu\text{mol l s}^{-1}$ )

Area = พื้นที่ใบ ( $\text{m}^2$ )

นำข้อมูลที่ได้ออกไปศึกษาการตอบสนองต่อแสง (light response) ของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มของฝ้าย โดยประเมินค่าพารามิเตอร์จากสมการ non-rectangular hyperbolar model คือ  $\theta$ ,  $\alpha$ ,  $P_{\max}$  และ  $R_d$  ด้วยโปรแกรม Microsoft Office Excel

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำมาศึกษาคือ Non-rectangular hyperbolar model (Johnson *et. al.*, 1989) โดยมีรูปแบบสมการดังนี้

$$P_n = \frac{1}{2\theta} \left[ \alpha I + P_{\max} - \sqrt{(\alpha I + P_{\max})^2 - 4\alpha I \theta P_{\max}} \right] - R_d$$

โดยกำหนดให้  $P_n$  = อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )

$I$  = ความเข้มแสง ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )

$P_{\max}$  = อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิที่ความเข้มแสงสูง ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )

$\alpha$  = ความชันเริ่มต้นของการตอบสนองต่อแสง ( $\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ PPF}$ )

$\theta$  = ค่าควบคุมความโค้งของเส้นกราฟ ( $0 \leq \theta \leq 1$ )

$R_d$  = อัตราการหายใจในความมืด ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )

## 6. วัดปริมาณไนโตรเจนในใบและค่าความเขียวของใบ

วัดปริมาณไนโตรเจนของใบฝ้ายในแต่ละตำรับการทดลองดังกล่าวข้างต้นด้วยเครื่องมือ 2 ชนิดได้แก่ Chlorophyll meter และ เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน โดยศึกษาในใบที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ (mature leaf) จำนวน 6 ใบต่อการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตต่อระยะปลูก แยกเก็บข้อมูลเป็น 3 ช่วงอายุคือ ที่อายุต้น 50, 80 วัน และ 110 วัน ซึ่งเป็นช่วงที่ต้นฝ้ายได้รับอิทธิพลจากการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตที่พ่นเมื่อต้นฝ้ายมีอายุต้น 65 วัน (PIX A) และที่อายุต้น 95 วัน (PIX B) และตัดใบขนาด 6 ตารางเซนติเมตร เพื่อนำไปคำนวณหาค่ามวลจำเพาะของใบ (Specific leaf mass, SLM) จากนั้นนำตัวอย่างใบที่เหลือมาอบแห้งและชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปบดและวัดปริมาณไนโตรเจนในใบ โดยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน

โดยคำนวณค่ามวลจำเพาะของใบ (Specific leaf mass) ของใบฝ้ายได้จากสมการ

$$SLM = DW/LA$$

กำหนดให้ DW = น้ำหนักแห้ง (g)

$$LA = \text{พื้นที่ใบ (m}^2\text{)}$$

วิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้จาก Chlorophyll meter กับปริมาณไนโตรเจนในใบ ที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน และวิเคราะห์ความแปรปรวนของไนโตรเจนในใบฝ้ายจากต้นที่มีสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน

## 7. สถานที่และระยะเวลาทำการทดลอง

### 8.1 สถานที่ทำการทดลอง

แปลงปลูกฝ้ายและเก็บข้อมูล ณ. ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ต. กลางดง  
อ. ปากช่อง จ. นครราชสีมา

## 8.2 ระยะเวลาทำการทดลอง

โดยมีระยะเวลาในการศึกษา ณ แปลงทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2548 จนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2548

## ผลและวิจารณ์

### 1. การเจริญเติบโตของฝ้าย

#### 1.1 ความสูงของต้น

จากการศึกษาความสูงของต้นฝ้ายพันธุ์ SSR 60 ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกระยะปลูก โดยที่ระยะปลูก UNR 2 มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด 81.75 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ ระยะปลูก UNR 1 มีความสูงเฉลี่ย 75.10 เซนติเมตร และ ระยะปลูก Normal มีความสูงเฉลี่ย 47.75 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 3)

ผลการศึกษาที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก พบว่า ต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกระยะปลูก โดยต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> ระยะปลูก UNR 2 มีความสูงเฉลี่ย 105.70 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ ระยะปลูก UNR 1 และระยะปลูก Normal มีความสูงเฉลี่ย 84.35 และ 74.05 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) ที่ระยะปลูก UNR 1 มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด 100.30 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ ระยะปลูก UNR 2 และระยะปลูก Normal มีความสูงเฉลี่ย 92.80 และ 69.35 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 4)

ผลการศึกษาที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก พบว่า ต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกระยะปลูก โดยที่ระยะปลูก UNR 2 มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด 117.65, 116.00 และ 127.15 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ UNR 1 มีความสูงเฉลี่ย 111.15, 103.35 และ 106.15 เซนติเมตร และระยะปลูก Normal มีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุด 71.10, 82.60 และ 81.95 เซนติเมตร ของต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) ตามลำดับ (ภาพที่ 5)

#### 1.2 จำนวนข้อ

จากการศึกษาจำนวนข้อของฝ้าย ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก พบความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ระยะปลูก UNR 2 มีจำนวนข้อเฉลี่ยมากที่สุด คือ 14.60 ข้อ รองลงมาได้แก่ ระยะปลูก

UNR 1 มีจำนวนข้อเฉลี่ย 14.15 ข้อ ระยะเวลาปลูก Normal ที่มีจำนวนข้อเฉลี่ยน้อยที่สุด 14.00 ข้อ (ภาพที่ 6)

ผลการศึกษาที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก พบความแตกต่างกันทางสถิติ โดยในต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> ที่ระยะเวลาปลูก UNR 2 และระยะเวลาปลูก UNR 1 มีจำนวนข้อเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ 17.40 และ 16.95 ข้อ รองลงมาได้แก่ ระยะเวลาปลูก Normal มีจำนวนข้อเฉลี่ย คือ 15.30 ข้อ ส่วนต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) ในระยะเวลาปลูก UNR 1 มีจำนวนข้อเฉลี่ยมากที่สุด คือ 17.20 ข้อ รองลงมาได้แก่ ระยะเวลาปลูก UNR 2 และระยะเวลาปลูก Normal มีจำนวนข้อเฉลี่ย คือ 16.35 และ 15.05 ข้อ ตามลำดับ (ภาพที่ 7)

ผลการศึกษาที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก พบความแตกต่างกันทางสถิติ โดยในต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> ที่ระยะเวลาปลูก UNR 2 มีจำนวนข้อเฉลี่ยมากที่สุด คือ 18.55 ข้อ รองลงมาได้แก่ ระยะเวลาปลูก UNR 1 และระยะเวลาปลูก Normal คือ 18.00 และ 17.50 ข้อ ตามลำดับ ส่วนต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) ที่ระยะเวลาปลูก UNR 2 มีจำนวนข้อเฉลี่ยมากที่สุด คือ 18.80 ข้อ รองลงมาได้แก่ ระยะเวลาปลูก UNR 1 และระยะเวลาปลูก Normal ซึ่งมีจำนวนข้อเฉลี่ยเท่ากัน คือ 18.00 ข้อ ในขณะที่ต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix B) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ทุกระยะเวลาปลูก (ภาพที่ 8)

### 1.3 สัดส่วนระหว่างความสูงของต้นต่อจำนวนข้อ

ต้นฝ้ายที่ได้รับการพ่น Pix A มีสัดส่วนความสูงต่อจำนวนข้อ น้อยกว่า ต้นฝ้ายที่ไม่ได้รับการพ่น Pix B และต้นฝ้ายที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> แต่เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาปลูก พบว่า ที่ระยะเวลาปลูก UNR 2 มีสัดส่วนระหว่างความสูงของต้นต่อจำนวนข้อมากกว่าระยะเวลาปลูก UNR 1 และระยะเวลาปลูก Normal ทั้งต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) (ตารางที่ 1)

ผลการทดลองจะเห็นได้ว่า สารควบคุมการเจริญเติบโตมีผลต่อความสูงของต้น และจำนวนข้อของต้นฝ้ายในแต่ละระยะเวลาปลูก ทำให้ความสูงของต้นและจำนวนข้อเปลี่ยนแปลงไปจากต้นที่ไม่ได้ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตซึ่งมีความสอดคล้องกับการรายงานของ Crozat and Kasemsap (1997) ได้มีการศึกษาถึงการใส่สารควบคุมการเจริญเติบโตของต้นฝ้าย พบว่า ในการ

ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต จะช่วยลดความยาวของ internode ให้สั้นลง และจำนวนข้อของต้น ฝ้ายที่ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตจะสั้นลงด้วย

ในการทดลองนี้ ต้นฝ้ายที่ปลูกที่ระยะปกติ จะมีความสูงลดน้อยลงเมื่อได้รับ PIX โดยจะมีจำนวนข้อลดลงด้วย โดยความสูงจะลดน้อยลงมากกว่าเมื่อได้รับ PIX เมื่ออายุ 65 วัน เมื่อเทียบกับอายุ 95 วัน แต่พบว่าระยะปลูกมีอิทธิพลต่อการตอบสนองต่อ PIX เช่นกัน โดยการปลูกใน แบบ UNR 1 และ UNR 2 ทำให้ต้นฝ้ายสูงมากขึ้น และมีจำนวนข้อลดน้อยลง จึงทำให้สัดส่วนของ ความสูงต่อจำนวนข้อเพิ่มมากขึ้นกว่า Control

สารเร่งการเจริญเติบโต mepiquat chloride หรือ Pix มีผลต่อการเจริญเติบโตทาง ภายนอกของพืช การใช้ Pix กับพืชเริ่มมีขึ้นในช่วงปี 1970 สำหรับเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตโดย ผลของ Pix จะลดความสูงพืช จำนวนข้อ ความยาวกิ่ง และพื้นที่ใบของพืช (Kerby *et.al*, 1982) Millings (2006) พบว่า Pix จะลดการเจริญเติบโตของ internode โดยการไปยับยั้งการผลิตฮอร์โมน gibberelle acid ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการยืดตัวของ internode ความสูงของพืชจะลดลง 15-20% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อพืชได้รับการพ่น Pix (Oosterhuis and Robertson, 2000) Reddy และคณะ (1996) พบว่า Vegetative branches และ fruiting branches ของฝ้ายที่พ่น Pix มีความยาว น้อยกว่าฝ้ายที่ไม่ได้พ่น Pix อยู่ 40% และ 50% ตามลำดับ สอดคล้องกับการทดลองของ Zhao และ Oosterhuis (2000) ที่พบว่าฝ้ายที่ได้รับการพ่น Pix จะเตี้ยกว่าฝ้ายที่ไม่ได้รับการพ่น Pix อย่างเห็น ได้ชัด นอกจากนี้ค่า height/node ratios ของฝ้ายที่ได้รับการพ่น Pix ยังน้อยกว่าฝ้ายที่ไม่ได้รับการ พ่น Pix อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งบ่งชี้ว่าความสูงของพืชที่ลดลงนั้นเป็นผลมาจากความยาวของ internode ที่ลดลง (Kerby, 1985)

ระยะปลูกมีผลต่อการเจริญเติบโตของฝ้ายเช่นกัน Monks และคณะ (1999) รายงานว่า ฝ้ายที่ปลูกที่ระยะระหว่างแถว 76.2 เซนติเมตร (30 นิ้ว) มีความสูงของต้นมากกว่าฝ้ายที่ปลูกที่ ระยะระหว่างแถว 91.44 เซนติเมตร (36 นิ้ว) Beuerlein (2001) พบว่า ข้าวสาลีที่ปลูกที่ระยะระหว่าง แถว 17.78 เซนติเมตร (7 นิ้ว) มีความสูงของต้นมากกว่าข้าวสาลีที่ปลูกที่ระยะระหว่างแถว 38.1 เซนติเมตร (15 นิ้ว) สอดคล้องกับรายงานของ Ganesan and Subbiah (2004) ที่พบว่า มะเขือเทศ ปลูกที่ระยะปลูก 30x15 เซนติเมตร มีความสูงของต้นและความยาวปล้องมากกว่ามะเขือเทศที่ปลูก ในระยะปลูก 45x30 60x45 และ 75x60 เซนติเมตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตามก็ยังมีข้อแตกต่างของผลของ ระยะปลูกต่อความสูงของพืช เนื่องจาก Nichols *et.al*. (2003, 2004) พบว่า ความสูงของฝ้ายลดลง

ตามระยะระหว่างแถวที่แคบลง ผลของความสูงต่อระยะปลูกที่ต่างกันนี้อาจมีปัจจัยมาจากพันธุกรรมของพืช ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล อัตราการพ่น Pix ให้กับพืช และปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ

ระยะปลูกมีอิทธิพลต่อจำนวนข้อของฝ้าย จำนวนข้อของฝ้ายจะลดลงเมื่อปลูกฝ้ายที่ระยะปลูกแคบ Jost (2000) รายงานว่า ฝ้ายที่ปลูกที่ระยะระหว่างแถว 19 เซนติเมตร มีจำนวนข้อน้อยกว่าฝ้ายที่ปลูกที่ระยะระหว่างแถว 37, 76 และ 101 เซนติเมตร เช่นเดียวกับรายงานของ Nichols และคณะ (2003, 2004) ที่พบว่า ฝ้ายมีจำนวนข้อลดลงตามระยะระหว่างแถวที่แคบลง นอกจากนี้ผลการวิจัยอื่นๆ ยังพบว่า พืชที่ปลูกที่ระยะปลูกที่แคบจะมีจำนวนข้อบนลำต้นหลักน้อยกว่าพืชที่ปลูกที่ระยะปลูกกว้าง (Kerby, 1998)

#### 1.4 ความยาว 5 ปล้องบน

จากการศึกษาความยาว 5 ปล้องบนเฉลี่ยของฝ้ายพันธุ์ SSR 60 ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก พบว่า ความยาว 5 ปล้องบนเฉลี่ยของฝ้ายไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกระยะปลูก (ภาพที่ 9) ในขณะที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก พบว่า ต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> มีความยาว 5 ปล้องแตกต่างกันทางสถิติ โดยระยะปลูก UNR 2 มีความยาว 5 ปล้องบนเฉลี่ย 24.10 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ระยะปลูก UNR 1 และระยะปลูก Normal โดยมีความยาว 5 ปล้องบนเฉลี่ย คือ 20.97 และ 13.83 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) พบความแตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน โดยระยะปลูก UNR 1 มีความยาว 5 ปล้องบนเฉลี่ยมากที่สุด คือ 22.10 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ระยะปลูก UNR 2 และระยะปลูก Normal โดยมีความยาว 5 ปล้องบนเฉลี่ย 17.55 และ 14.75 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 10) ส่วนที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก พบความแตกต่างของความยาว 5 ปล้องบนทั้งในต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> ต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) และ ต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix B) โดยระยะปลูก UNR 1 และ UNR 2 มีความยาว 5 ปล้องบนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันมากและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนระยะปลูก Normal มีความยาว 5 ปล้องบนเฉลี่ยน้อยกว่า UNR 1 และ UNR 2 ทั้งในต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) (ภาพที่ 11)

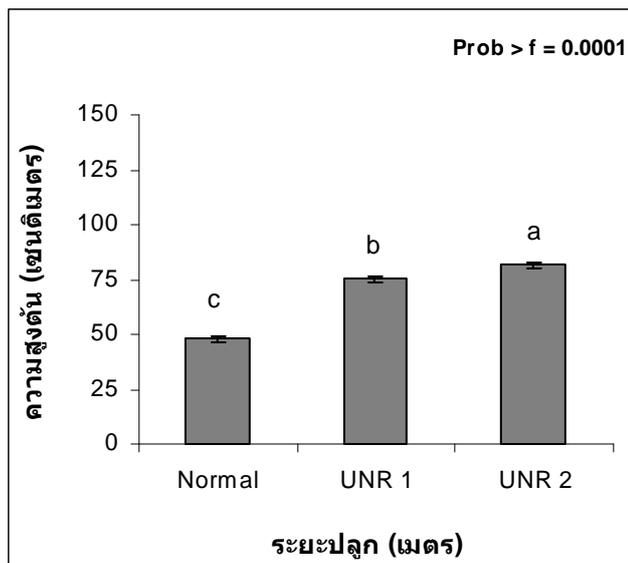
การวัดความยาว 5 ปล้องบนของฝ้ายสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจถึงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการพ่น Pix ให้กับพืชได้ เนื่องจาก 5 ปล้องบนของฝ้ายเป็นบริเวณที่พืชมีกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต ซึ่งสามารถควบคุมจัดการได้โดยการให้ Pix แก่พืช

(Jost *et.al.*, 2006) และยังสามารถใช้ความยาว 5 ปล้องบนของฝ้ายเป็นเครื่องมือในการตัดสินใจการใช้อัตราความเข้มข้นของ Pix ตัวอย่างคือ Pix Stick ที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัท BASF (2004) ซึ่งจะวัดความยาว 5 ปล้องบนของฝ้ายโดยการใช้ Pix Stick เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาแนะนำการใช้อัตราความเข้มข้นที่เหมาะสมของ Pix แก่ฝ้าย

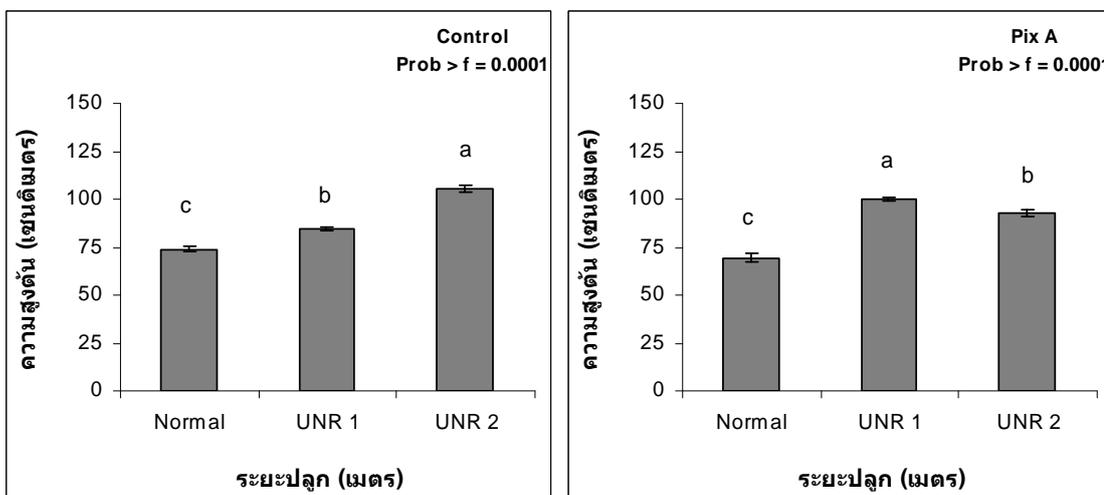
### 1.5 ผลผลิตของเส้นใยฝ้าย

ผลการศึกษาอิทธิพลของการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตและระยะปลูกต่อผลผลิตของฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 พบว่า ผลผลิตของต้นฝ้ายที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) มีแนวโน้มผลผลิตของต้นฝ้ายมากกว่า Control และต้นฝ้ายที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix B)

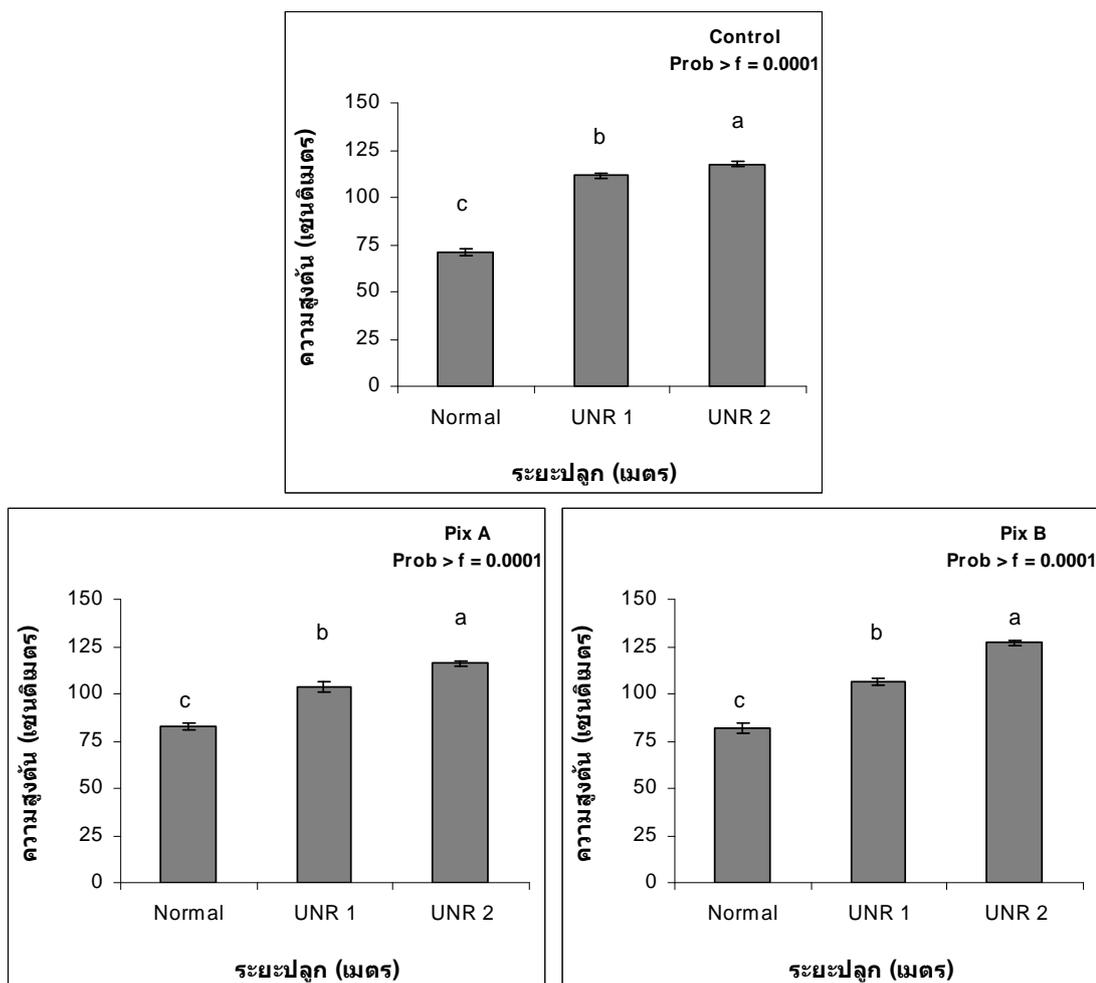
เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระยะปลูก พบว่า ต้นฝ้ายที่ระยะปลูก UNR 1 มีแนวโน้มให้ผลผลิตมากที่สุด (เฉลี่ย 920.5 kg ha<sup>-1</sup>) เมื่อเทียบกับ UNR 2 (เฉลี่ย 684.7 kg ha<sup>-1</sup>) และ Normal (เฉลี่ย 180.8 kg ha<sup>-1</sup>) โดยต้นฝ้ายที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> ที่ระยะปลูก UNR 1 (849.9 kg ha<sup>-1</sup>) มีแนวโน้มผลผลิตมากกว่าระยะปลูก UNR 2 (714.1 kg ha<sup>-1</sup>) และระยะปลูก Normal (238.2 kg ha<sup>-1</sup>) ส่วนต้นที่ได้รับการพ่น Pix A ที่ระยะปลูก UNR 1 (1,188 kg ha<sup>-1</sup>) มีแนวโน้มผลผลิตมากกว่าระยะปลูก UNR 2 (765.0 kg ha<sup>-1</sup>) และระยะปลูก Normal (124.3 kg ha<sup>-1</sup>) ตามลำดับ และต้นที่ได้รับการพ่น Pix B พบว่า ระยะปลูก UNR 1 (723.6 kg ha<sup>-1</sup>) มีแนวโน้มผลผลิตมากกว่า ระยะปลูก UNR 2 (575.1 kg ha<sup>-1</sup>) และระยะปลูก Normal (179.9 kg ha<sup>-1</sup>) ตามลำดับ (ตารางที่ 2)



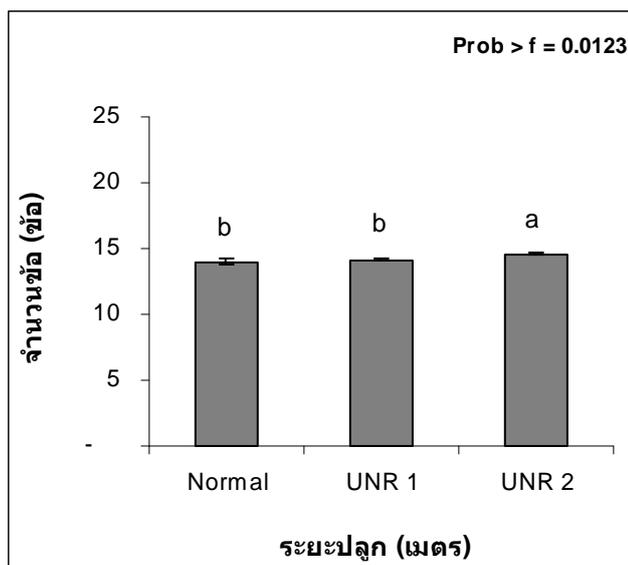
ภาพที่ 3 ความสูงเฉลี่ยของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix® และระยะปลูกต่างกัน ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก (I= SE (standard error of mean))



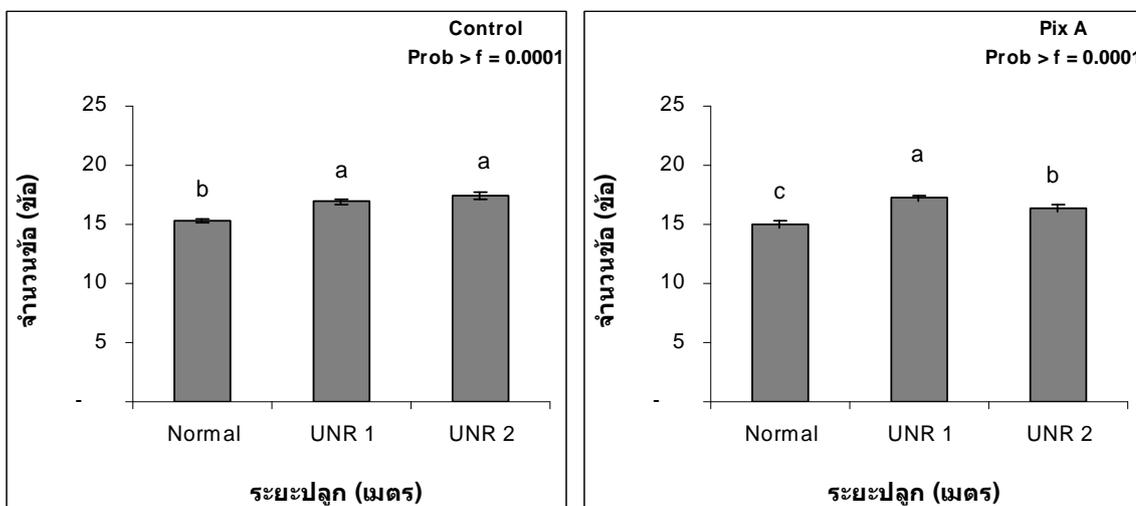
ภาพที่ 4 ความสูงเฉลี่ยของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix® (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix® (Pix A) และระยะปลูกต่างๆ ที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก (I= SE (standard error of mean))



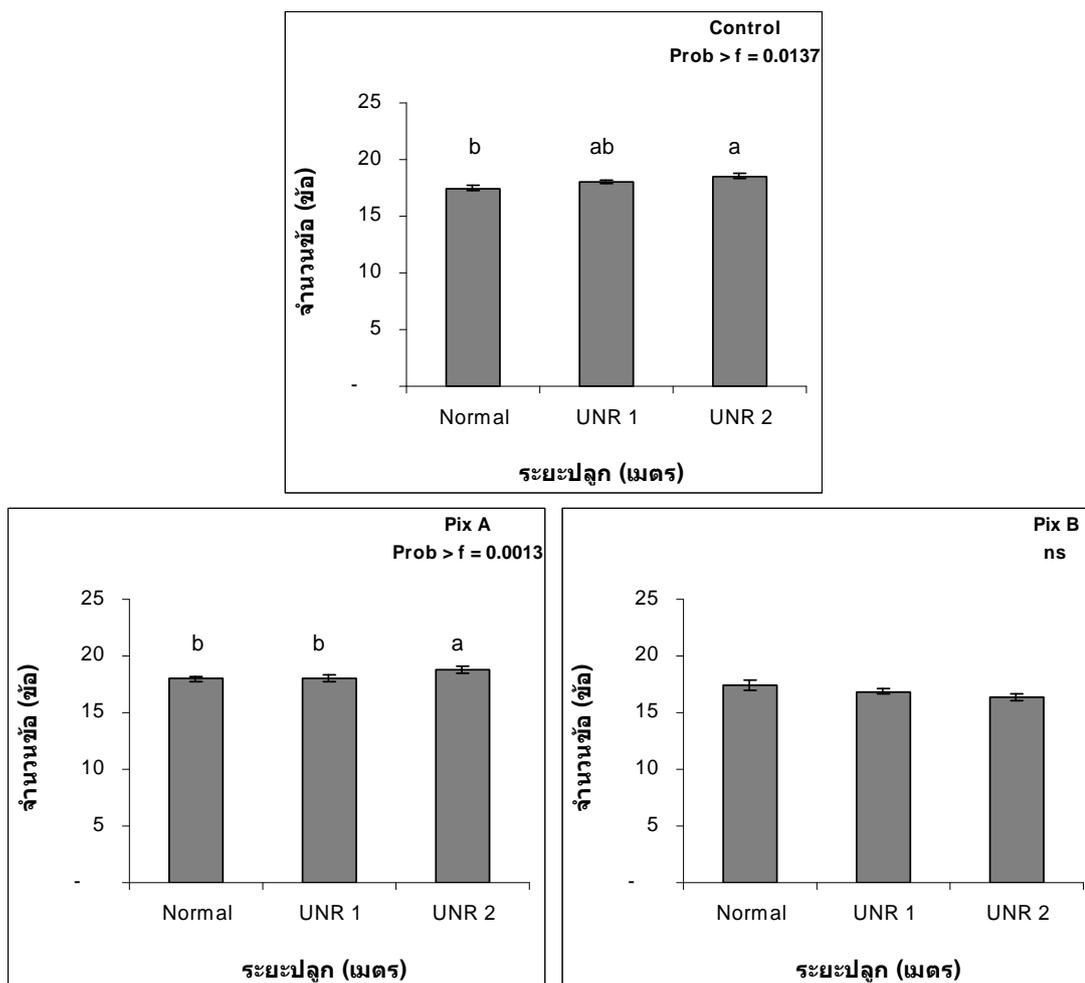
ภาพที่ 5 ความสูงเฉลี่ยของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix® (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix® (Pix A และ Pix B) และระยะปลูกต่างๆ ที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก (I= SE (standard error of mean))



ภาพที่ 6 จำนวนข้อเฉลี่ยของฝ้ายพันธุส์รีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Control) และระยะปลูกต่างๆ ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก (I= SE (standard error of mean))



ภาพที่ 7 จำนวนข้อเฉลี่ยของฝ้ายพันธุส์รีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) และระยะปลูกต่างๆ ที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก (I= SE (standard error of mean))

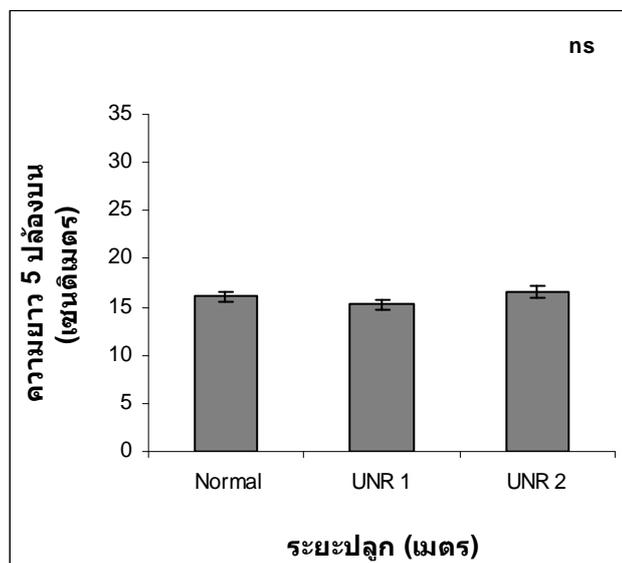


ภาพที่ 8 จำนวนข้อเฉลี่ยของฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix® (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix® (Pix A และ Pix B) และระยะปลูกต่างๆ ที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก (I= SE (standard error of mean))

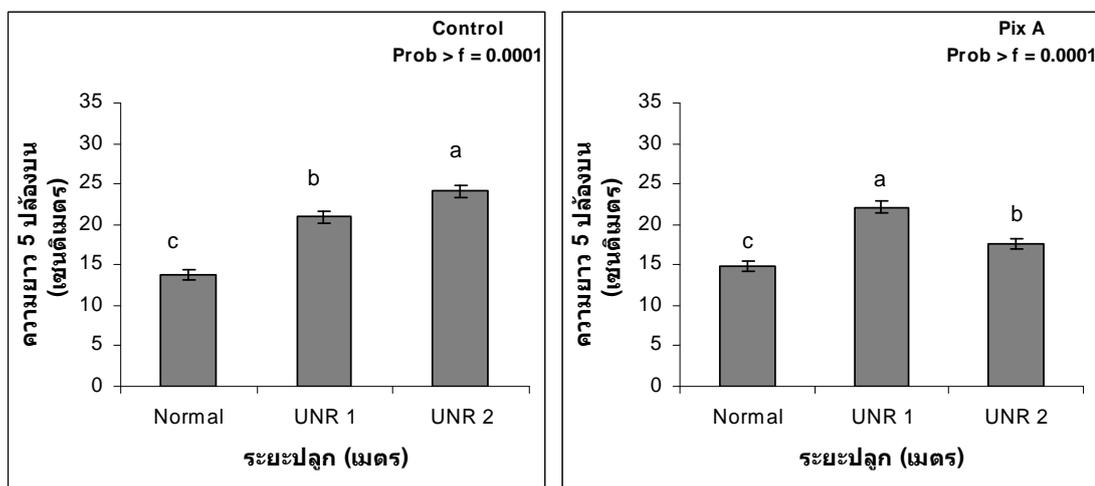
**ตารางที่ 1** ความสูงเฉลี่ยต่อต้น จำนวนข้อต่อต้น สัดส่วนของความสูงต่อจำนวนข้อ (HNR) ของฝ้าย พันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ระยะปลูกและการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตที่ต่างกัน

Treatment	Plant height (cm plant <sup>-1</sup> )			Number of node (node plant <sup>-1</sup> )			HNR (node plant <sup>-1</sup> )		
	Spacing			Spacing			Spacing		
	Normal	UNR 1	UNR 2	Normal	UNR 1	UNR 2	Normal	UNR 1	UNR 2
Control	134.7 b	138.4 ab	143.3 a	26.3 a	24.6 a	21.7 a	5.1 a	5.6 a	6.6 b
Pix A	72.4 c	92.8 b	99.5 a	21.9 c	17.7 c	13.3 c	3.3 c	5.3 b	7.6 a
Pix B	111.1 b	118.7 a	115.0 ab	23.3 b	21.0 b	16.0 b	4.8 b	5.7 a	7.2 a
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*	*

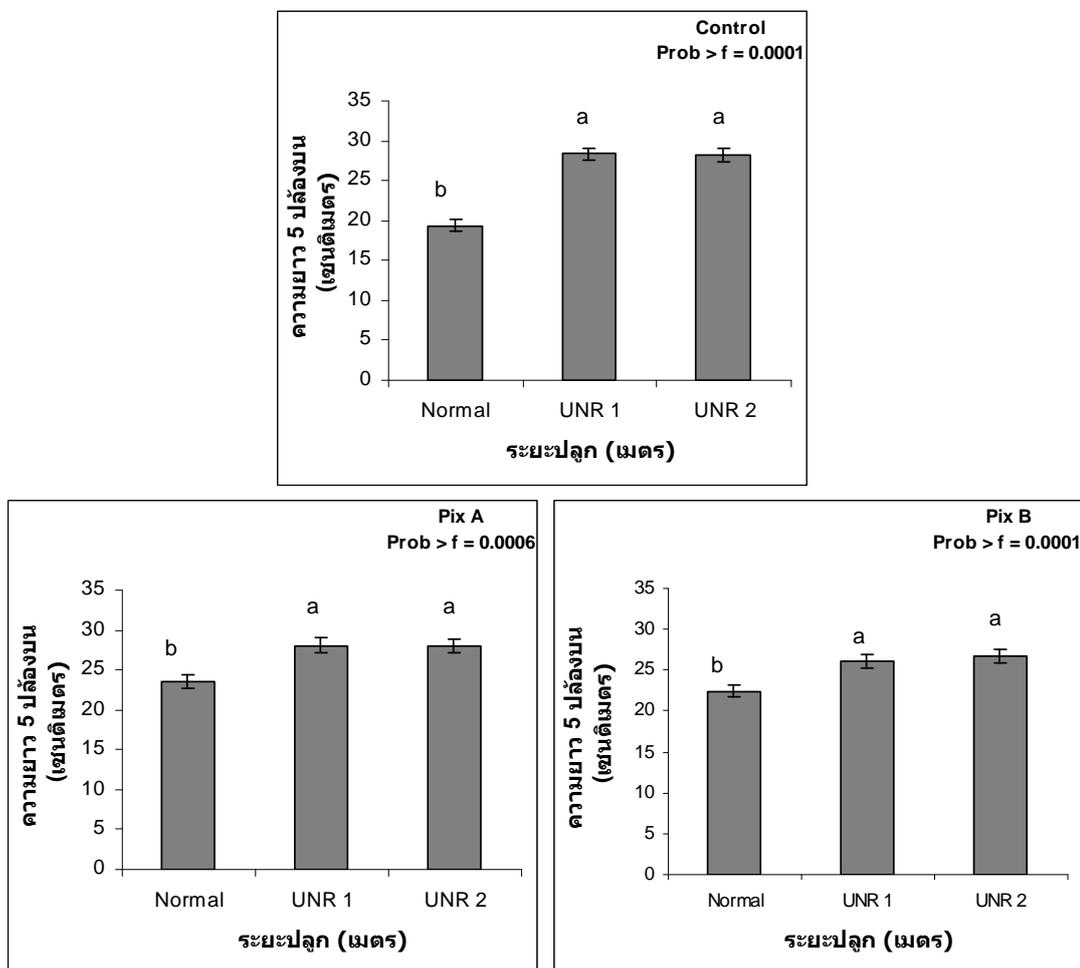
**หมายเหตุ** ค่าเฉลี่ยของความสูงต่อต้น จำนวนข้อต่อต้น สัดส่วนของความสูงต่อจำนวนข้อ เปรียบเทียบกันในแต่ละแถว ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (\*)



ภาพที่ 9 ความยาว 5 ปล้องบนเฉลี่ยของฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Control) และระยะปลูกต่างๆ ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก (I= SE (standard error of mean))



ภาพที่ 10 ความยาว 5 ปล้องบนเฉลี่ยของฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) และระยะปลูกต่างๆ ที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก (I= SE (standard error of mean))



ภาพที่ 11 ความยาว 5 ปล้องบนเฉลี่ยของฟ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix® (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix® (Pix A และ Pix B) และระยะปลูกต่างๆ ที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก (I= SE (standard error of mean))

ตารางที่ 2 ผลผลิตเส้นใยฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ระยะปลูกและการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตที่อายุ 125 วัน

Treatment	Yield (kg ha <sup>-1</sup> )			
	Spacing			เฉลี่ย
	Normal	UNR 1	UNR 2	
Control	238.2	849.9	714.1	600.0
Pix A	124.3	1188.0	765.0	692.4
Pix B	179.9	723.6	575.1	492.9
เฉลี่ย	180.8	920.5	684.7	

## 2. การศึกษาสถาปัตยกรรมของเรื้อนพุ่มฝ้าย

### 2.1 ภาพจำลองของเรื้อนพุ่มต้นฝ้าย

จากข้อมูลดิจิทัลที่ทราบพิกัดและจากข้อมูลความยาวของใบย่อย แล้วนำมาสร้างเป็นเรื้อนพุ่ม จำลองโดยใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์ VegeSTAR สามารถพิจารณาลักษณะของเรื้อนพุ่มต้นฝ้ายที่เป็นผลมาจากอายุต้นและระยะปลูกที่ต่างกัน โดยพิจารณาจากทิศและตำแหน่งที่ต้องการ โดยกำหนดให้ลักษณะเรื้อนพุ่มไม่มีการเปลี่ยนแปลง พบว่า ขนาดของต้นที่แต่ละอายุต้นและระยะปลูกมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด (ภาพที่ 12) โดยต้นที่ปลูกในระยะปลูก UNR 1 และ UNR 2 จะมีเรื้อนพุ่มแคบมากกว่าต้นที่ปลูกในระยะ Normal

### 2.2 พื้นที่ใบที่ประเมินได้จากเครื่องวัดพื้นที่ใบ LI-3100

พื้นที่ใบเฉลี่ยที่ประเมินได้จากเครื่องวัดพื้นที่ใบของฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 พบว่า ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างระยะปลูกทุกระยะ โดยระยะปลูกที่เป็น Normal มีพื้นที่ใบเฉลี่ยสูงสุด 0.155 ตารางเมตรต่อต้น รองลงมาได้แก่ ระยะปลูกแบบระยะชิด (UNR 1) มีพื้นที่ใบเฉลี่ย 0.071 ตารางเมตรต่อต้น และ ระยะปลูก UNR 2 มีพื้นที่ใบเฉลี่ย 0.053 ตารางเมตรต่อต้น

ผลการศึกษาที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก พบว่า ต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) มีพื้นที่ใบเฉลี่ยทั้งหมด (0.749 ตารางเมตรต่อต้น) มากกว่าต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (0.680 ตารางเมตรต่อต้น) และมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างระยะปลูกในทุกระยะปลูก โดยที่ระยะปลูก Normal มีพื้นที่ใบมากที่สุด คือ 1.31 ตารางเมตรต่อต้น รองลงมาได้แก่ ระยะปลูก UNR 1 มีพื้นที่ใบเฉลี่ย 0.707 ตารางเมตรต่อต้น และระยะปลูก UNR 2 มีพื้นที่ใบเฉลี่ยน้อยที่สุด 0.229 ตารางเมตรต่อต้น ส่วนต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> ที่ระยะปลูก Normal มีพื้นที่ใบเฉลี่ยทั้งหมด 1.29 ตารางเมตรต่อต้น รองลงมาได้แก่ ระยะปลูก UNR 1 และระยะปลูก UNR 2 โดยมีพื้นที่ใบเฉลี่ยทั้งหมด 0.472 ตารางเมตรต่อต้น และ 0.278 ตารางเมตรต่อต้น ตามลำดับ

ผลการศึกษาที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก พบว่าพื้นที่ใบเฉลี่ยของต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> น้อยกว่าต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) โดยพบความแตกต่างกันทางสถิติ

ระหว่างระยะปลูกในทุกระยะปลูก โดยต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> ที่ระยะปลูก Normal มีพื้นที่ใบเฉลี่ยทั้งหมดมากที่สุด 0.752 ตารางเมตรต่อต้น รองลงมาได้แก่ ระยะปลูก UNR 1 และระยะปลูก UNR 2 มีพื้นที่ใบเฉลี่ย 0.382 ตารางเมตรต่อต้น และ 0.256 ตารางเมตรต่อต้น ตามลำดับ ส่วนต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) ที่ระยะปลูก Normal มีพื้นที่ใบเฉลี่ยทั้งหมด 1.22 ตารางเมตรต่อต้น รองลงมาได้แก่ ระยะปลูก UNR 1 และระยะปลูก UNR 2 มีพื้นที่ใบเฉลี่ย 0.292 ตารางเมตรต่อต้น และ 0.158 ตารางเมตรต่อต้น ตามลำดับ และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix B) ที่ระยะปลูก Normal มีพื้นที่ใบเฉลี่ยทั้งหมด 1.22 ตารางเมตรต่อต้น รองลงมาได้แก่ ระยะปลูก UNR 1 และระยะปลูก UNR 2 มีพื้นที่ใบเฉลี่ย 0.394 ตารางเมตรต่อต้น และ 0.234 ตารางเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

### 2.3 ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index)

ผลการศึกษาดัชนีพื้นที่ใบของฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 พบว่า ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างระยะปลูกต่างๆ โดยที่ระยะปลูก UNR 2 มีดัชนีพื้นที่ใบมากที่สุด 1.33 รองลงมาได้แก่ ระยะปลูก UNR 1 และ ระยะปลูก Normal มีดัชนีพื้นที่ใบ 0.706 และ 0.248 ตามลำดับ

ผลการศึกษาที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก พบว่า ต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> มีดัชนีพื้นที่ใบแตกต่างกันทางสถิติทุกระยะปลูก โดยที่ระยะปลูก UNR 2 มีดัชนีพื้นที่ใบมากที่สุด 6.94 รองลงมาได้แก่ ระยะปลูก UNR 1 และระยะปลูก Normal มีดัชนีพื้นที่ใบ 4.72 และ 2.38 ตามลำดับ ส่วนต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) มีดัชนีพื้นที่ใบแตกต่างกันทางสถิติทุกระยะปลูกเช่นกัน โดยที่ระยะปลูก UNR 2 มีดัชนีพื้นที่ใบมากที่สุด 7.07 รองลงมาได้แก่ ระยะปลูก UNR 1 และระยะปลูก Normal มีดัชนีพื้นที่ใบ 5.73 และ 2.10 ตามลำดับ

ผลการศึกษาที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก พบว่า ต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> มีดัชนีพื้นที่ใบแตกต่างกันทางสถิติทุกระยะปลูก ที่ระยะปลูก UNR 2 มีดัชนีพื้นที่ใบมากที่สุด 6.39 รองลงมาได้แก่ ระยะปลูก UNR 1 และระยะปลูก Normal มีดัชนีพื้นที่ใบ 3.82 และ 1.20 ตามลำดับ ส่วนต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) พบว่า มีดัชนีพื้นที่ใบแตกต่างกันทางสถิติทุกระยะปลูก ที่ระยะปลูก UNR 2 มีดัชนีพื้นที่ใบมากที่สุด 3.94 รองลงมาได้แก่ ระยะปลูก UNR 1 และระยะปลูก Normal มีดัชนีพื้นที่ใบ 2.93 และ 1.96 ตามลำดับ และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup>

(Pix B) พบว่า มีดัชนีพื้นที่ใบแตกต่างกันทางสถิติทุกระยะปลูก ที่ระยะปลูก UNR 2 มีดัชนีพื้นที่ใบมากที่สุด 5.85 รองลงมาได้แก่ ระยะปลูก UNR 1 และระยะปลูก Normal มีดัชนีพื้นที่ใบ 3.94 และ 1.96 ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

2.4 พื้นที่ใบเฉลี่ยที่วัดโดยตรงจากเครื่องวัดพื้นที่ใบ (LI-3100) เปรียบเทียบกับ พื้นที่ใบที่ประเมินด้วยซอฟต์แวร์ Tree analyser

พื้นที่ใบเฉลี่ยที่วัดโดยตรงจากเครื่องวัดพื้นที่ใบมีความสัมพันธ์ที่ดีต่อพื้นที่ใบที่ประเมินได้จากภาพถ่าย พบว่า ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก ทั้งสามระยะปลูกให้ความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างพื้นที่ใบที่ประเมินได้จากภาพถ่ายและพื้นที่ใบเฉลี่ยที่วัดโดยตรงจากเครื่องวัดพื้นที่ใบ โดยมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.9924, 0.9148 และ 0.9726 สำหรับ ระยะปลูก Normal, UNR 1 และ UNR 2 ตามลำดับ ค่าที่ประเมินได้จากภาพถ่ายมีแนวโน้มมากกว่าค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดพื้นที่ใบ (ภาพที่ 13)

ผลการศึกษาที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก พบว่า พื้นที่ใบที่ประเมินได้จากภาพถ่ายของต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> ทั้งสามระยะปลูกให้ความสัมพันธ์ที่ดีกับพื้นที่ใบเฉลี่ยที่วัดโดยตรงจากเครื่องวัดพื้นที่ใบ โดยมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.9412, 0.8760 และ 0.9745 สำหรับ ระยะปลูก Normal, UNR 1 และ UNR 2 ตามลำดับ ในขณะที่พื้นที่ใบที่ประเมินได้จากภาพถ่ายของต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) พบว่า ทั้งสามระยะปลูกให้ความสัมพันธ์ที่ดีกับพื้นที่ใบเฉลี่ยที่วัดโดยตรงจากเครื่องวัดพื้นที่ใบ โดยมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.9201, 0.7016 และ 0.9294 สำหรับ ระยะปลูก Normal, UNR 1 และ UNR 2 ตามลำดับ (ภาพที่ 14)

ผลการศึกษาที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก พบว่า พื้นที่ใบที่ประเมินได้จากภาพถ่ายของต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> ทั้งสามระยะปลูกให้ความสัมพันธ์ที่ดีกับพื้นที่ใบเฉลี่ยที่วัดโดยตรงจากเครื่องวัดพื้นที่ใบ โดยมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.9213, 0.9903 และ 0.9701 สำหรับระยะปลูก Normal, UNR 1 และ UNR 2 ตามลำดับ ในขณะที่พื้นที่ใบที่ประเมินได้จากภาพถ่ายของต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) พบว่า ทั้งสามระยะปลูกให้ความสัมพันธ์ที่ดีกับพื้นที่ใบเฉลี่ยที่วัดโดยตรงจากเครื่องวัดพื้นที่ใบ โดยมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.9021, 0.9779 และ 0.9408 สำหรับ ระยะปลูก Normal, UNR 1 และ UNR 2 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ใบที่ประเมินได้จากภาพถ่ายของต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix B) พบว่า ทั้งสามระยะปลูกให้ความสัมพันธ์ที่ดีกับพื้นที่ใบเฉลี่ยที่วัดโดยตรง

จากเครื่องวัดพื้นที่ใบ โดยมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.9001, 0.9006 และ 0.9581 สำหรับระยะปลูก Normal, UNR 1 และ UNR 2 ตามลำดับ (ภาพที่ 15)

จากผลการทดลอง พบว่า ต้นฝ้ายที่ระยะปลูกแบบระยะชิด (UNR 1 และ UNR 2) จะมีพื้นที่ใบน้อยกว่าระยะปลูกที่เป็น Normal เนื่องจากการปลูกในระยะชิดมีความหนาแน่นของจำนวนต้นมากทำให้การขยายตัวทางด้านเรือนพุ่มน้อยกว่า จึงมีพื้นที่ใบน้อยกว่า ระยะปลูกที่เป็นแบบ Normal และพื้นที่ใบที่ประเมินได้จากภาพถ่ายมีแนวโน้มมากกว่าค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดพื้นที่ใบโดยตรง ทั้งนี้สาเหตุหนึ่งอาจเนื่องมาจากอิทธิพลของกิ่ง ก้านใบ และสมอของฝ้าย ซึ่งจำเป็นต้องนำส่วนต่างๆเหล่านี้มาพิจารณาด้วย เพื่อให้การประเมินพื้นที่ใบจากภาพถ่ายมีค่าใกล้เคียงกับพื้นที่ใบยิ่งขึ้น

## 2.5 การกระจายในแนวตั้งของพื้นที่ใบ (Vertical distribution of leaf area)

จากการศึกษาการกระจายในแนวตั้งของสัดส่วนของพื้นที่ใบ โดยประเมินพื้นที่ใบในชั้นความสูงทุกๆ 25 เซนติเมตร พบว่า ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก ที่ระยะปลูก Normal มีการกระจายแนวตั้งของพื้นที่ใบ มากกว่าที่ระยะปลูกแบบระยะชิด (UNR 1 และ UNR 2) ระยะปลูกทั้ง 3 ระยะ มีการกระจายแนวตั้งของพื้นที่ใบส่วนใหญ่อยู่ในชั้นความสูง 25-50 เซนติเมตร (ภาพที่ 16)

ผลการศึกษาที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก พบว่า ต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> ที่ระยะปลูก Normal มีการกระจายแนวตั้งของพื้นที่ใบส่วนใหญ่อยู่ในชั้นความสูง 25-50 เซนติเมตร ขณะที่ UNR 1 และ UNR 2 มีใบส่วนใหญ่อยู่ในชั้นความสูง 50-100 เซนติเมตร ส่วนต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) ที่ระยะปลูก Normal มีการกระจายแนวตั้งของพื้นที่ใบส่วนใหญ่อยู่ในชั้นความสูง 25-75 เซนติเมตร ขณะที่ UNR 1 และ UNR 2 มีใบส่วนใหญ่อยู่ในชั้นความสูง 50-100 เซนติเมตร (ภาพที่ 17)

ผลการศึกษาที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก พบว่า ต้นฝ้ายที่ระยะปลูก Normal มีการกระจายในแนวตั้งของพื้นที่ใบส่วนใหญ่อยู่ในชั้นความสูง 25-75 เซนติเมตร และระยะปลูก UNR 1 มีการกระจายแนวตั้งของพื้นที่ใบส่วนใหญ่อยู่ในชั้นความสูง 75-100 เซนติเมตร ส่วน ระยะปลูกที่เป็น UNR 2 มีใบส่วนใหญ่อยู่ในชั้นความสูง 100 เซนติเมตร (ภาพที่ 18)

ในภาพรวมผลการทดลอง พบว่า ระยะปลูกแบบระยะชิด (UNR 1 และ UNR 2) มีการกระจายแนวตั้งพื้นที่ใบในตอนบนของเรือนพุ่มมากกว่าระยะปลูกแบบ Normal ซึ่งจะมีการกระจายแนวตั้งของพื้นที่ใบส่วนมากทางตอนล่างของเรือนพุ่ม เนื่องจากในระยะปลูกที่ปลูกแบบระยะชิดในช่วงแรกของการเจริญเติบโตจะมีการขยายตัวของเรือนพุ่มอย่างต่อเนื่องเมื่อถึงช่วงเวลาหนึ่งที่มีการครอบคลุมพื้นที่เกิดการชนกันของเรือนพุ่ม เกิดการบดบังกันของใบย่อยทำให้เรือนพุ่มแน่นเมื่อเทียบกับการปลูกที่ระยะปลูกแบบ Normal ซึ่งการบดบังกันของเรือนพุ่มเกิดขึ้นช้ากว่ามาก เพราะมีระยะห่างระหว่างต้นมาก ทำให้มีพื้นที่ใบด้านล่างเรือนพุ่มมาก

## 2.6 การกระจายมุมระนาบของพื้นที่ใบ (Leaf azimuth angle) ด้วยวิธีการดิจิทัล

ผลการศึกษาที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก พบว่า ที่ระยะปลูก Normal และ UNR 1 มีพื้นที่ใบย่อยส่วนใหญ่หันไปทางทิศตะวันตกในสัดส่วนมากกว่าทิศอื่นๆ ขณะที่ระยะปลูกระยะชิดมาก (UNR 2) มีพื้นที่ใบย่อยหันไปทางทิศตะวันออกในสัดส่วนมากกว่าทิศอื่นๆ (ภาพที่ 19)

ผลการศึกษาที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก พบว่า ต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> ที่ระยะปลูก Normal และ UNR 2 มีพื้นที่ใบย่อยหันไปทางทิศตะวันออกในสัดส่วนมากกว่าทิศอื่นๆ ส่วนระยะปลูก UNR 1 มีพื้นที่ใบย่อยหันไปทางทิศตะวันตกในสัดส่วนมากกว่าทิศอื่นๆ และ ต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) ที่ระยะปลูก Normal และ UNR 2 มีพื้นที่ใบย่อยหันไปทางทิศตะวันออกในสัดส่วนมากกว่าทิศอื่นๆ ส่วนระยะปลูก UNR 1 มีพื้นที่ใบย่อยในสัดส่วนมากกว่าทิศอื่นๆ หันไปทางทิศเหนือในสัดส่วนมากกว่าทิศอื่นๆ (ภาพที่ 20)

ผลการศึกษาที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก พบว่า ต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> ที่ระยะปลูก Normal และ UNR 2 มีพื้นที่ใบย่อยหันไปทางทิศตะวันตกในสัดส่วนมากกว่าทิศอื่นๆ ส่วนระยะปลูก UNR 1 มีพื้นที่ใบย่อยหันไปทางทิศตะวันออกในสัดส่วนมากกว่าทิศอื่นๆ ส่วนต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) ที่ระยะปลูก Normal และ UNR 1 มีพื้นที่ใบย่อยหันไปทางทิศตะวันตกในสัดส่วนมากกว่าทิศอื่นๆ และระยะปลูก UNR 2 มีพื้นที่ใบย่อยหันไปทางทิศตะวันตกในสัดส่วนมากกว่าทิศอื่นๆ ขณะที่ต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix B) ที่ระยะปลูก Normal และ UNR 1 มีพื้นที่ใบย่อยหันไปทางทิศตะวันตก และระยะปลูกที่เป็น UNR 2 มีพื้นที่ใบย่อยหันไปทางทิศใต้ในสัดส่วนมากกว่าทิศอื่นๆ (ภาพที่ 21)

ผลการทดลอง พบว่า การกระจายของมุมระนาบของพื้นที่ใบย่อยของต้นฝ้าย ในระยะปลูกที่เป็น Normal มีการกระจายของพื้นที่ใบแตกต่างจากต้นฝ้ายที่ปลูกด้วยระยะปลูก UNR 1 และระยะปลูก UNR 2

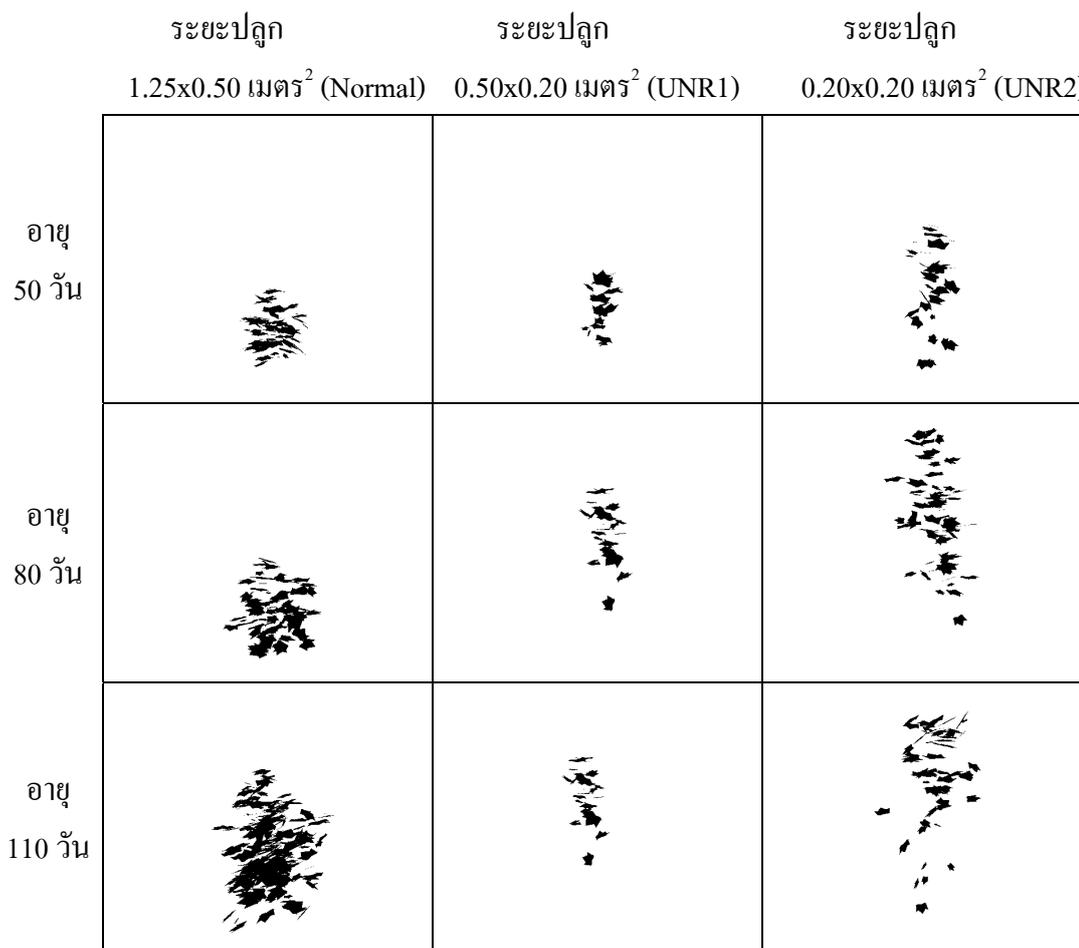
## 2.7 การกระจายของมุมเอียงของใบ (Leaf inclination angle)

ผลการศึกษาที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก พบว่า ทั้ง 3 ระยะปลูก มีใบย่อยมีลักษณะใบนอนมากที่สุด  $10^{\circ}$  -  $30^{\circ}$  มากที่สุด (ภาพที่ 22)

ผลการศึกษาที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก พบว่า ต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) พบว่า ทั้ง 3 ระยะปลูก มีใบย่อยมีลักษณะใบนอนมากที่สุด อยู่ในช่วง  $20^{\circ}$  -  $30^{\circ}$  (ภาพที่ 23)

ผลการศึกษาที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก พบว่า ต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) ทั้ง 3 ระยะปลูกมีใบย่อยมีลักษณะใบนอนมากที่สุด อยู่ในช่วง  $10^{\circ}$  -  $30^{\circ}$  (ภาพที่ 24)

ผลการศึกษา พบว่า การกระจายของมุมเอียงของใบย่อย ที่ระยะปลูกต่างกัน มีการกระจายของมุมเอียงของใบย่อย ซึ่งระยะปลูกทั้ง 3 ระยะปลูก มีลักษณะของใบเป็นใบนอนในสัดส่วนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณส่วนล่างของเรือนพุ่ม ซึ่งช่วยเพิ่มโอกาสในการรับแสงมากขึ้น



**ภาพที่ 12** ภาพจำลองที่สร้างขึ้น โดยใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์ VegeSTAR ซึ่งใช้ข้อมูลจากการดัดแปลงของฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่อายุและระยะปลูกต่างๆ โดยกำหนดให้มีทิศทางของดวงอาทิตย์ solar azimuth = 0° และ solar elevation = 90° (มองจากทางทิศเหนือ)

ตารางที่ 3 พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้น ( $m^2$  per plant) ของฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ระยะปลูกและอายุต่างกัน จากการวัดด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ LI-3100

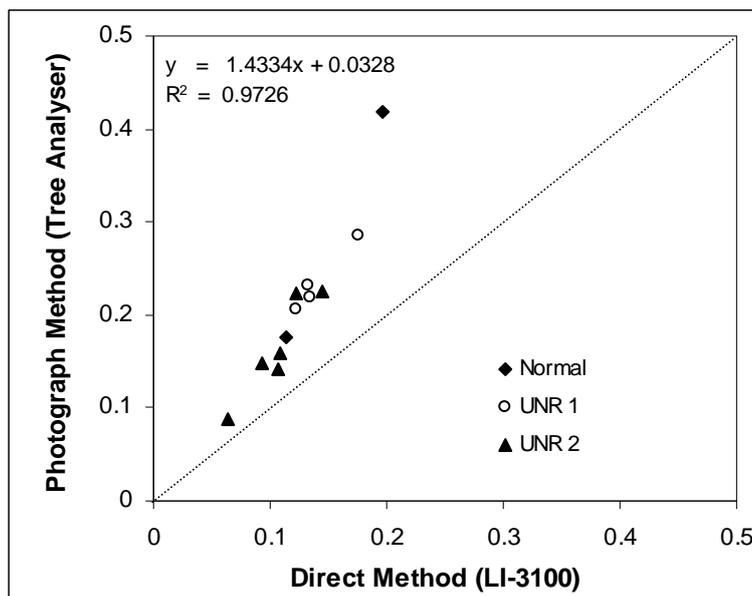
Age	Treatment	Spacing			
		Normal	UNR 1	UNR 2	เฉลี่ย
50	Control	0.155 a	0.071 ab	0.053 b	0.093
80	Control	1.29 a	0.472 b	0.278 c	0.68
	Pix A	1.31 a	0.707 b	0.299 c	0.749
110	Control	0.752 a	0.382 b	0.256 c	0.463
	Pix A	1.22 a	0.929 b	0.158 c	0.557
	Pix B	1.22 a	0.394 b	0.234 c	0.616

**หมายเหตุ** พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้น ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างระยะปลูกต่างๆ ที่อายุและทริตเมนต์หนึ่งๆ จากการวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

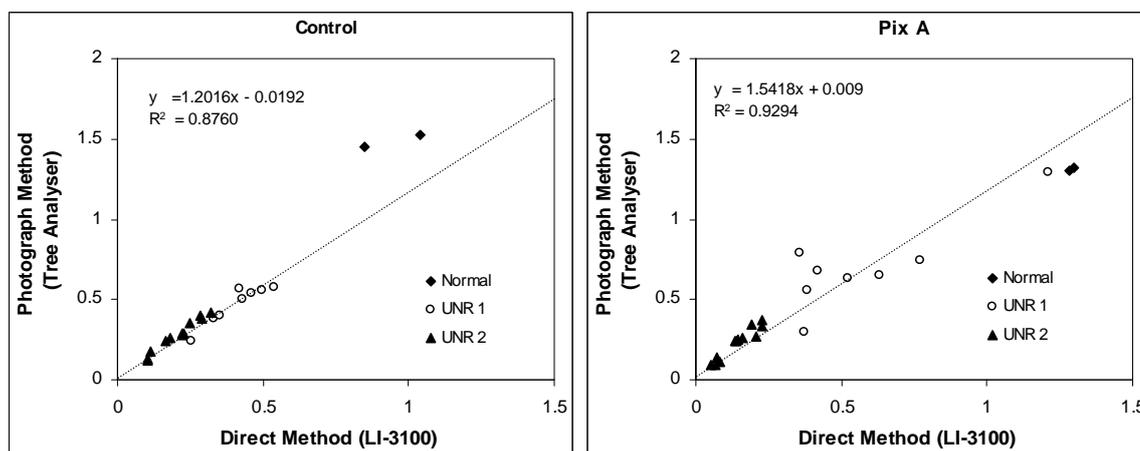
ตารางที่ 4 ดัชนีพื้นที่ใบของฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ระยะปลูกและอายุต่างกัน

Age	Treatment	Spacing		
		Normal	UNR 1	UNR 2
50	Control	0.248 c	0.706 b	1.33 a
80	Control	2.06 b	4.72 ab	6.94 a
	Pix A	2.10 b	5.73 ab	7.07 a
110	Control	1.20 c	3.82 b	6.39 a
	Pix A	1.96 c	2.93 b	3.94 a
	Pix B	1.96 c	3.94 b	5.85 a

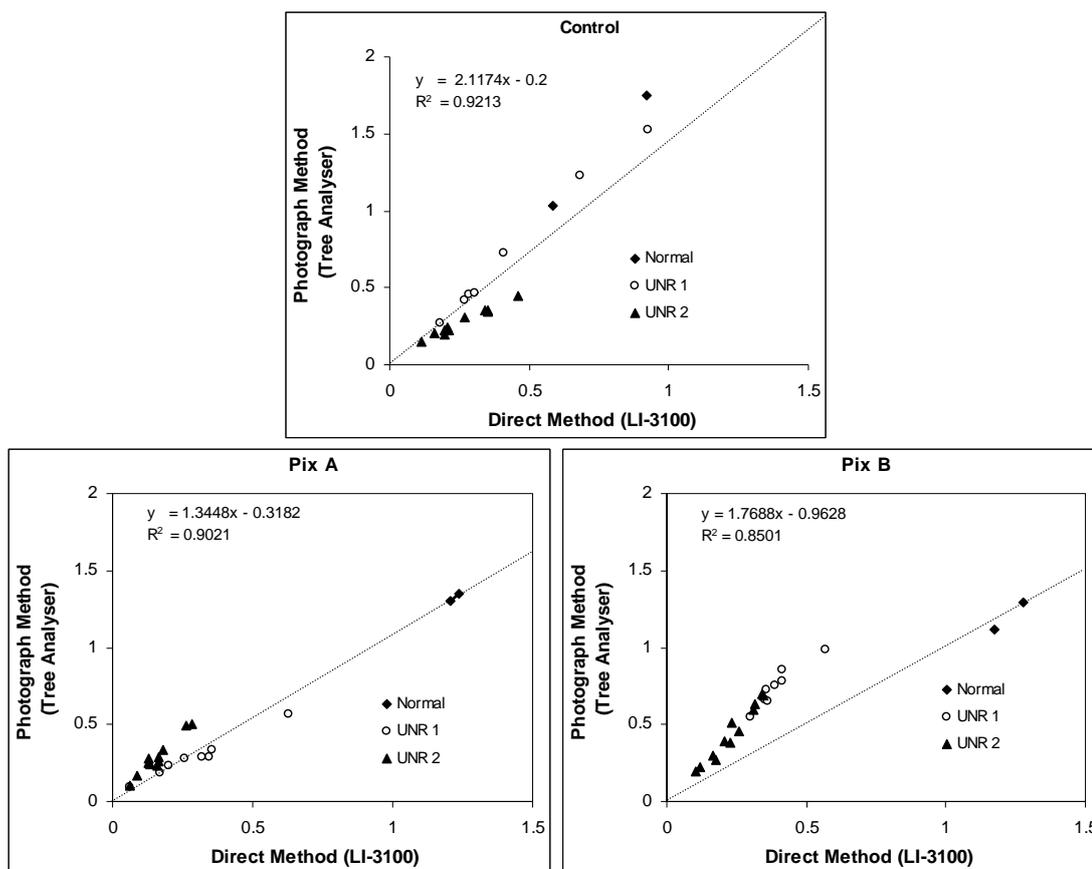
**หมายเหตุ** ดัชนีพื้นที่ใบ ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างระยะปลูกต่างๆ ที่อายุและทริตเมนต์หนึ่งๆ จากการวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



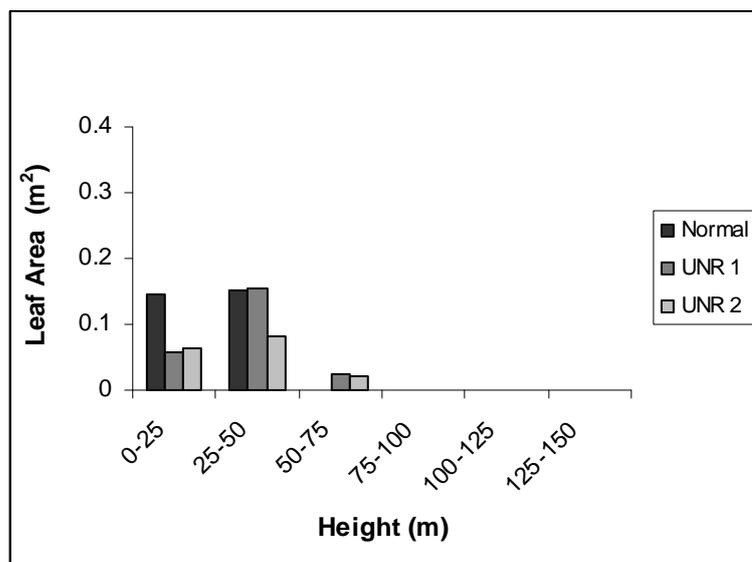
ภาพที่ 13 พื้นที่ใบของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ประเมินได้จากภาพถ่าย (photograph method) เปรียบเทียบกับที่ประเมินได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ LI-3100 ที่อายุ 50 วัน หลังปลูก



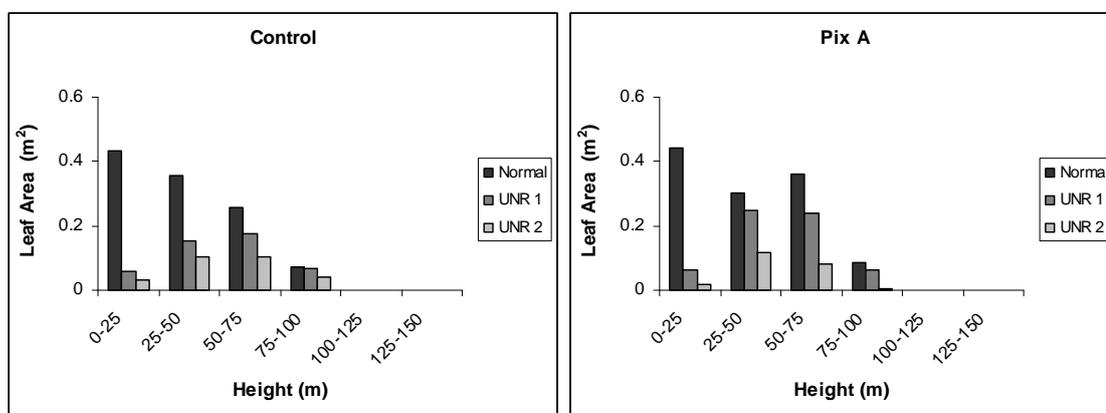
ภาพที่ 14 พื้นที่ใบของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ประเมินได้จากภาพถ่าย (photograph method) เปรียบเทียบกับที่ประเมินได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ LI-3100 จากต้นที่ไม่ได้ รับการพ่น Pix® (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix® (Pix A) ที่อายุต้น 80 วัน หลัง ปลูก



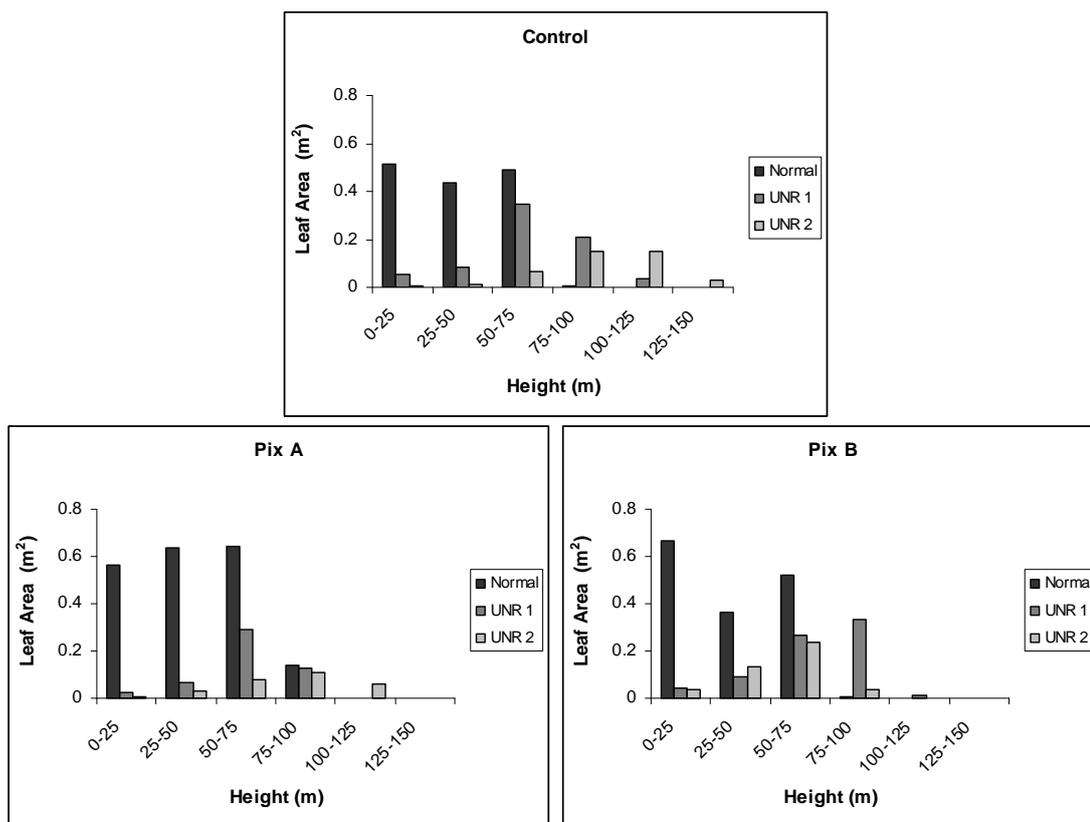
ภาพที่ 15 พื้นที่ใบของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ประเมินได้จากการใช้ภาพถ่าย (photograph method) เปรียบเทียบกับที่ประเมินได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ LI-3100 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix® (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix® (Pix A และ Pix B) ที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก



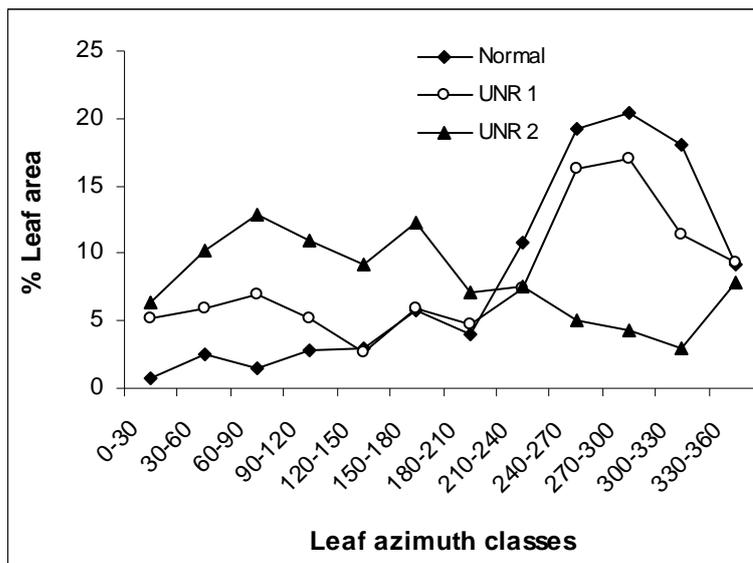
ภาพที่ 16 ค่าเฉลี่ยการกระจายของพื้นที่ใบในแนวดิ่ง (จำแนกตามชั้นความสูงทุกๆ 25 ซม.) ของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ระยะปลูกต่างกันและที่อายุ 50 วันหลังปลูก



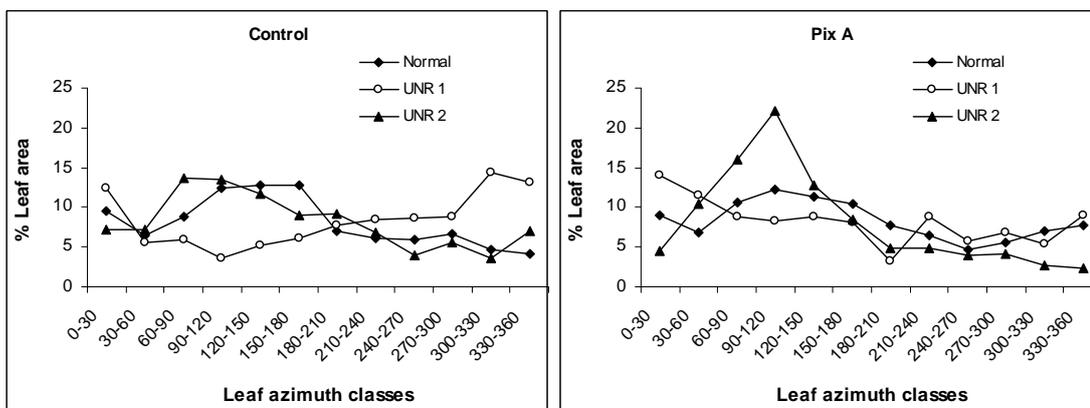
ภาพที่ 17 ค่าเฉลี่ยการกระจายของพื้นที่ใบในแนวดิ่ง (จำแนกตามชั้นความสูงทุกๆ 25 ซม.) ของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ระยะปลูกต่างกันและจากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) ที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก



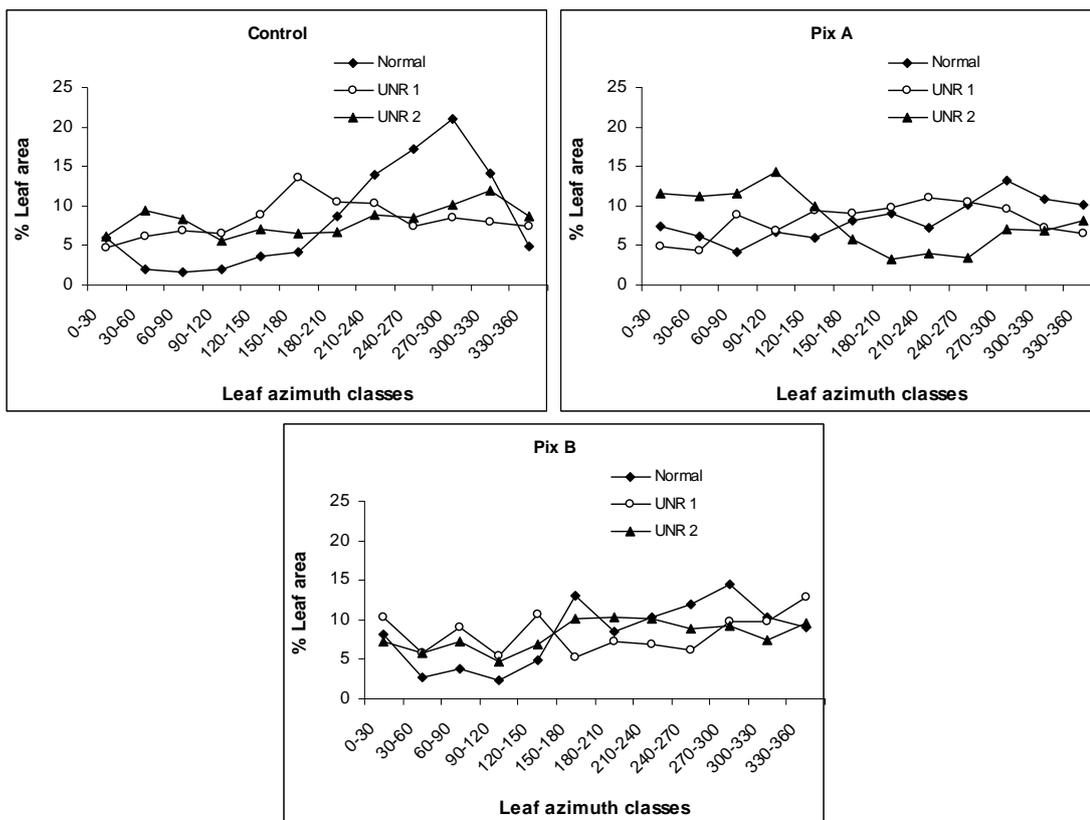
ภาพที่ 18 ค่าเฉลี่ยการกระจายของพื้นที่ใบในแนวตั้ง (จำแนกตามชั้นความสูงทุกๆ 25 ซม.) ของต้นฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 ที่ระยะปลูกต่างกันและจากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) ที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก



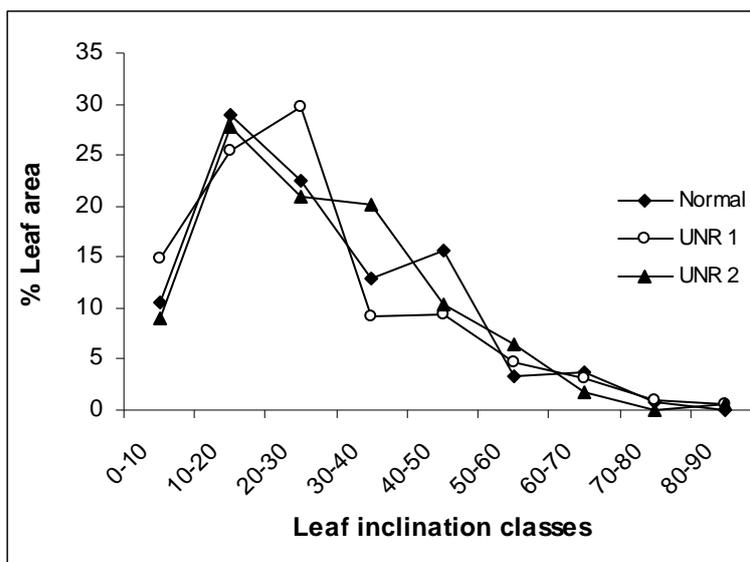
ภาพที่ 19 ค่าเฉลี่ยการกระจายมุมระนาบของพื้นที่ใบของต้นฝ้ายพันธุ์ SSR 60 ที่ระยะปลูกต่างกัน และที่อายุ 50 วันหลังปลูก



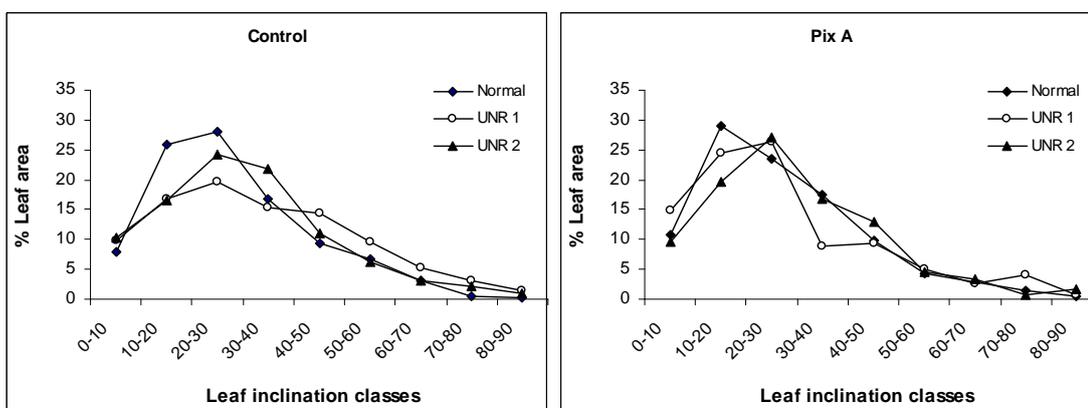
ภาพที่ 20 ค่าเฉลี่ยการกระจายมุมระนาบของพื้นที่ใบของต้นฝ้ายพันธุ์ SSR 60 ที่ระยะปลูก ต่างกัน และจากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix® (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix® (Pix A) ที่อายุ ต้น 80 วันหลังปลูก



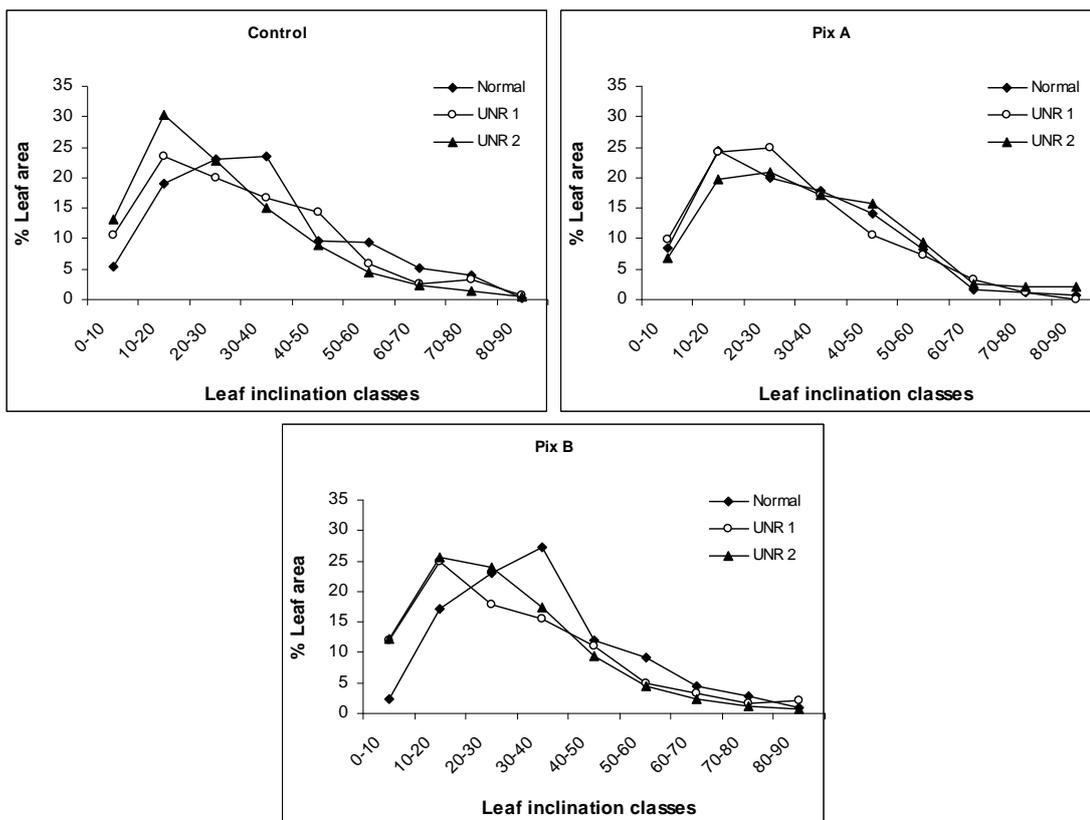
ภาพที่ 21 ค่าเฉลี่ยการกระจายมุมระนาบของพื้นที่ใบของต้นฝ้ายพันธุ์ SSR 60 ที่ระยะปลูกต่างกันและจากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix® (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix® (Pix A และ Pix B) ที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก



ภาพที่ 22 ค่าเฉลี่ยการกระจายมุมเอียงของพื้นที่ใบของต้นฝ้ายพันธุ์ SSR 60 ที่ระยะปลูกต่างกัน และที่อายุ 50 วันหลังปลูก



ภาพที่ 23 ค่าเฉลี่ยการกระจายมุมเอียงของพื้นที่ใบของต้นฝ้ายพันธุ์ SSR 60 ที่ระยะปลูกต่างกัน และจากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix® (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix® (Pix A) ที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก



ภาพที่ 24 ค่าเฉลี่ยการกระจายมุมเอียงของพื้นที่ใบของต้นฝ้ายพันธุ์ SSR 60 ที่ระยะปลูกต่างกัน และจากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix® (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix® (Pix A และ Pix B) ที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก

### 3. อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มฝ้ายและการตอบสนองต่อแสง

#### 3.1 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่ม

ผลการศึกษาอิทธิพลของระยะปลูกและการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มของฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 พบว่า อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวันคล้ายคลึงกันในทุกพริตเมนต์ โดยในเวลาเช้าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มมีค่าต่ำ แต่จะสูงขึ้นในเวลากลางวัน และจะลดลงในเวลาเย็น ซึ่งสามารถแบ่งช่วงเวลา คือ โดยช่วงเวลาเช้า 06.00 – 12.00 น. อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มจะค่อยๆสูงขึ้นเรื่อยๆ และจะเพิ่มสูงสุดในช่วงเวลา 12.00 – 14.00 น. และหลังจากนั้นก็ค่อยๆลดลงจนใกล้ศูนย์ในช่วงค่ำ

ผลการศึกษาที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก พบว่า ที่ระยะปลูกแบบระยะชิด (UNR 1 และ UNR 2) มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มมากที่สุดในรอบวันคือ  $19.48 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และ  $19.58 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน และระยะปลูก Normal มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มมากที่สุดในรอบวัน คือ  $17.90 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ตามลำดับ (ภาพที่ 25)

ผลการศึกษาที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก พบว่า ต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix® และต้นที่ได้รับการพ่น Pix® ที่ระยะปลูกแบบระยะชิด (UNR 1 และ UNR 2) มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มแตกต่างจากระยะปลูก Normal จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix® ที่ระยะปลูก Normal มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มสูงสุดในรอบวัน คือ  $23.74 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ในขณะที่ระยะปลูก UNR 2 และ UNR 1 มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มสูงสุดในรอบวัน คือ  $21.01 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และ  $19.87 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ตามลำดับ ส่วนต้นที่ได้รับการพ่น Pix® (Pix A) ที่ระยะปลูก UNR 1 และ UNR 2 มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิสูงสุดในรอบวัน คือ  $22.18 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และ  $22.00 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน และระยะปลูก Normal มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มมากที่สุดในรอบวัน คือ  $19.77 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ตามลำดับ (ภาพที่ 26)

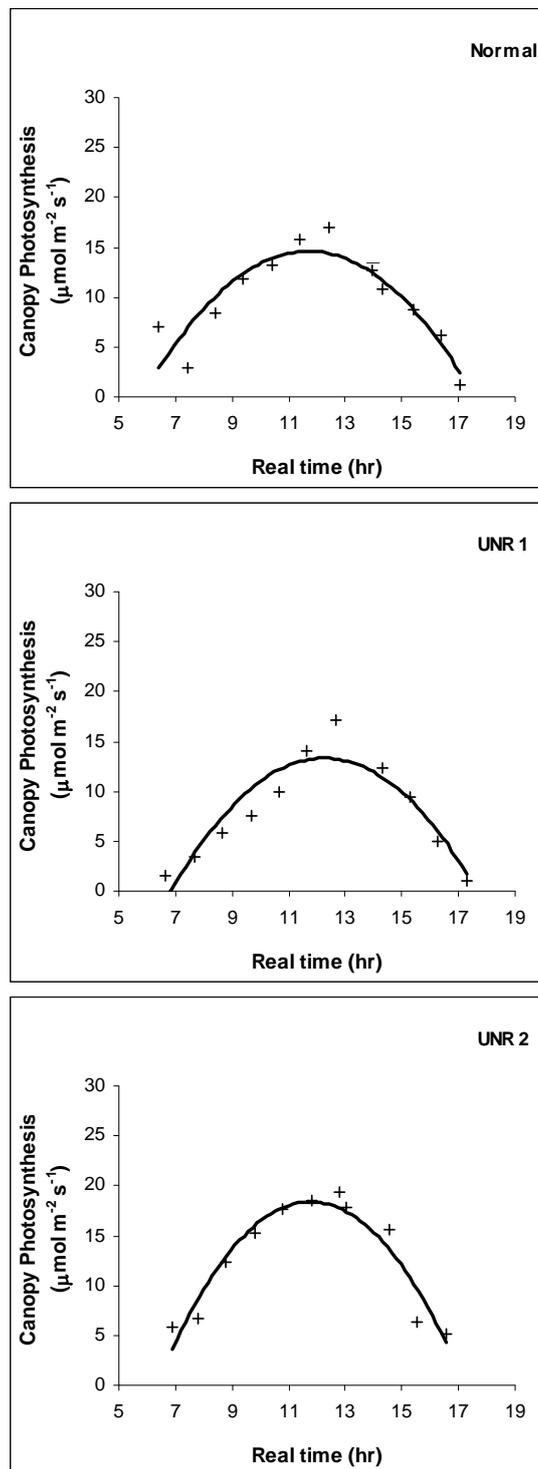
ผลการศึกษาที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก พบว่า ต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> ที่ระยะปลูก UNR 1 มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มสูงที่สุดในรอบวัน คือ  $21.00 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ในขณะที่ระยะปลูก UNR 2 และ Normal มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มมากที่สุดในรอบวัน คือ  $20.00 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และ  $15.61 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ตามลำดับ สำหรับต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) ที่ระยะปลูก Normal และ UNR 1 มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มสูงที่สุดในรอบวันและอยู่ในช่วง  $18.84 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และ  $18.65 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ตามลำดับ และระยะปลูก UNR 2 มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มมากที่สุดในรอบวัน  $16.48 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ส่วนต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix B) ที่ระยะปลูก UNR 2 มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มสูงที่สุดในรอบวัน  $21.93 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และระยะปลูก UNR 1 และ Normal มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มสูงที่สุดในรอบวัน คือ  $20.10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และ  $15.79 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ตามลำดับ (ภาพที่ 27)

### 3.2 การตอบสนองต่อแสงของการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่ม

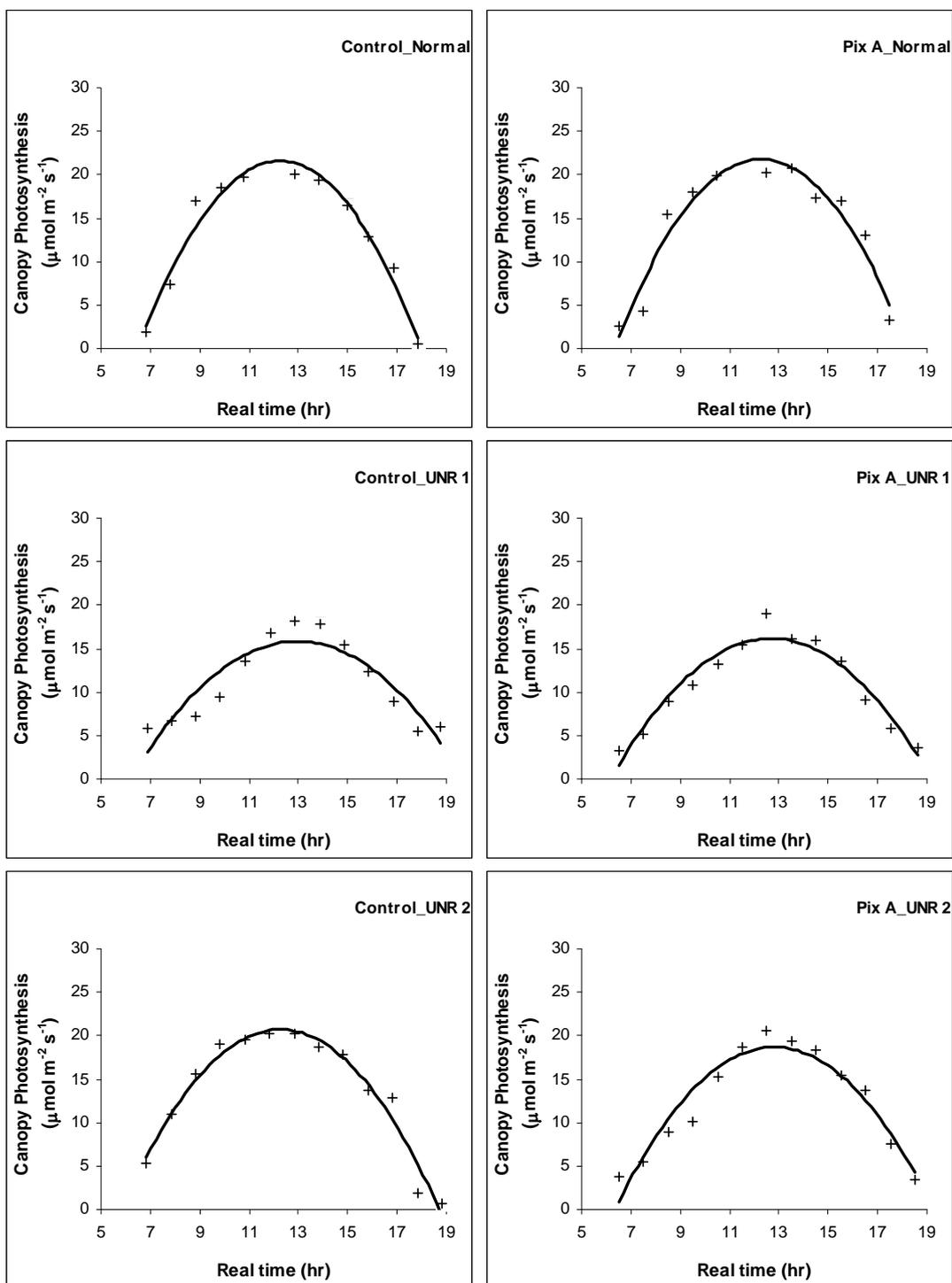
การตอบสนองต่อแสงของการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มฝ้าย พบว่า มีการตอบสนองต่อแสงในรอบวันที่คล้ายคลึงกันโดยอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มตามความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเข้าสู่ระยะอิ่มตัวที่ความเข้มแสงสูง ที่ความเข้มแสงน้อยเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้นอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มก็จะเพิ่มตามได้มาก แต่ที่ความเข้มแสงสูงหากเพิ่มความเข้มแสงขึ้นไปอีก อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มก็จะเพิ่มขึ้นไม่มาก โดยที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก พบว่า ในระยะปลูกแบบระยะชิด (UNR 1 และ UNR 2) มีการตอบสนองต่อแสงสูงกว่าการปลูกแบบ Normal โดยมีแนวโน้มเข้าสู่ระยะอิ่มตัวที่ความเข้มแสงมากกว่า (ภาพที่ 28) เมื่อฝ้ายอายุ 80 วันหลังปลูก พบว่า ต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) ทั้ง 3 ระยะปลูก มีการตอบสนองต่อแสงที่คล้ายคลึงกัน โดยมีแนวโน้มที่จะเข้าสู่ระยะอิ่มตัวที่ความเข้มแสงมากกว่า  $1,000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (ภาพที่ 29) สำหรับฝ้ายที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก ต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) พบว่า ที่ระยะปลูกแบบระยะชิด (UNR 1 และ UNR 2) มีการตอบสนองต่อแสงของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่ม มีค่าใกล้เคียงกันและมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิมากกว่า ระยะปลูก Normal (ภาพที่ 30)

จากการศึกษาข้างต้น พบว่า ต้นที่ได้รับการพ่น Pix® (Pix A และ Pix B) มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มแตกต่างจากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix® และระยะปลูกระยะชิดมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มแตกต่างจากระยะปลูก Normal เช่นกัน ความแตกต่างของระยะปลูกมีอิทธิพล ทำให้ความเข้มแสงที่ใบพืชได้รับระหว่างการเจริญเติบโตแตกต่างกัน จึงทำให้เรือนพุ่มที่มีความหนาแน่นน้อยอาจมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มต่างจากเรือนพุ่มที่มีความหนาแน่นของเรือนพุ่มมาก ในขณะเดียวกันพืชที่มีความหนาแน่นของเรือนพุ่มมากทำให้ใบที่อยู่ด้านล่างจะถูกบังแสงจากใบที่อยู่ด้านบน ซึ่งอาจทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิโดยรวมของเรือนพุ่มน้อยลงได้ (Salisbury and Ross, 1985) นอกจากแสงแล้วอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มยังได้รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่นๆ เช่น ความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> เนื่องจากฝ้ายเป็นพืช C<sub>3</sub> ซึ่งการเพิ่มของ CO<sub>2</sub> ในบรรยากาศ สามารถทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มขึ้นได้ (Reddy *et.al.*, 1996)

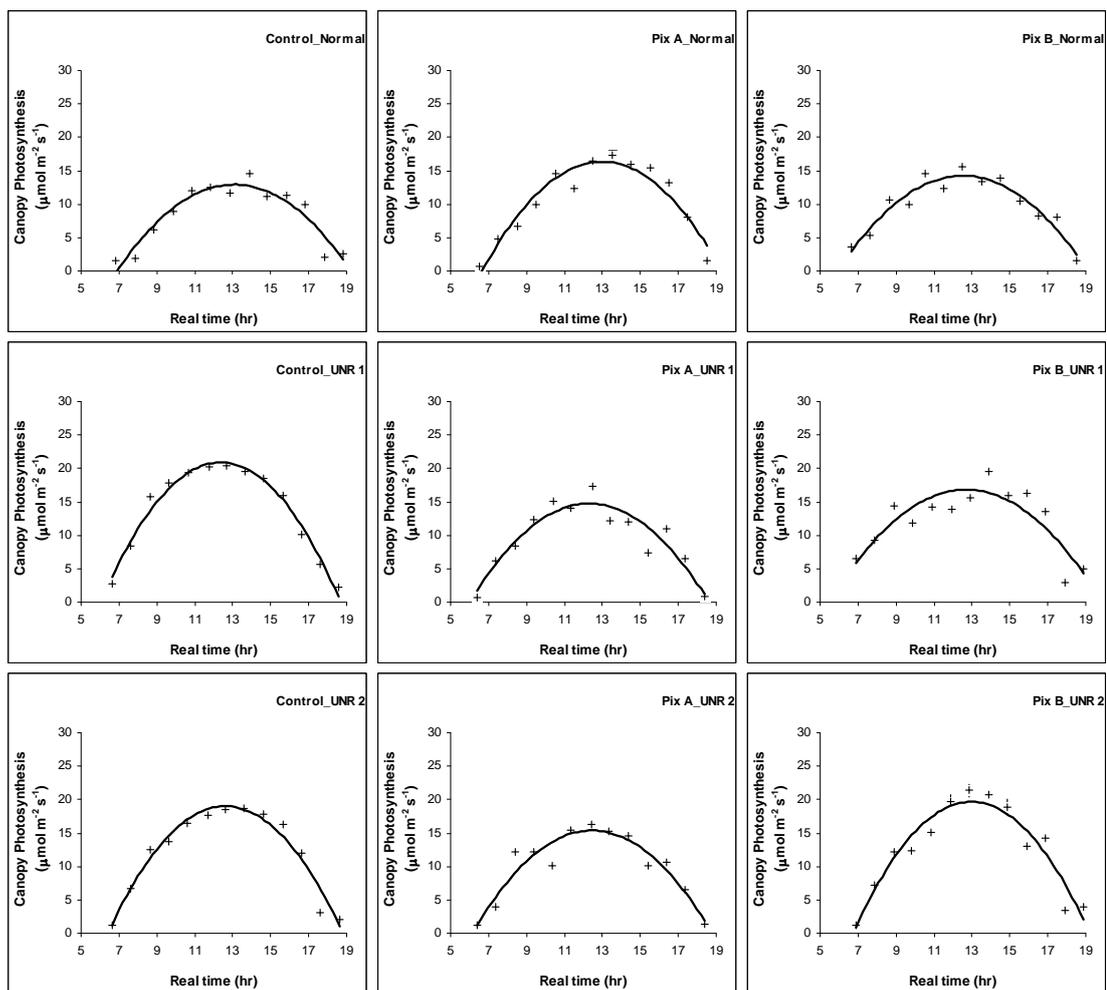
นอกจากนี้ประสิทธิภาพในการรับแสงของเรือนพุ่มยังขึ้นอยู่กับปริมาณพื้นที่ใบของเรือนพุ่ม การจัดเรียงตัวและการกระจายของพื้นที่ใบ คุณภาพของแสงที่ใบพืชได้รับ ความสามารถในการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบ สัดส่วนที่ส่องผ่านในทรงพุ่ม และคุณสมบัติด้านแสงของใบ (Varlet-Grancher *et.al.*, 2000 : Sharma and Singh, 1999) ซึ่งเป็นปัจจัยกำหนดความเข้มแสงที่ใบในเรือนพุ่มได้รับ และมีอิทธิพลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิด้วย



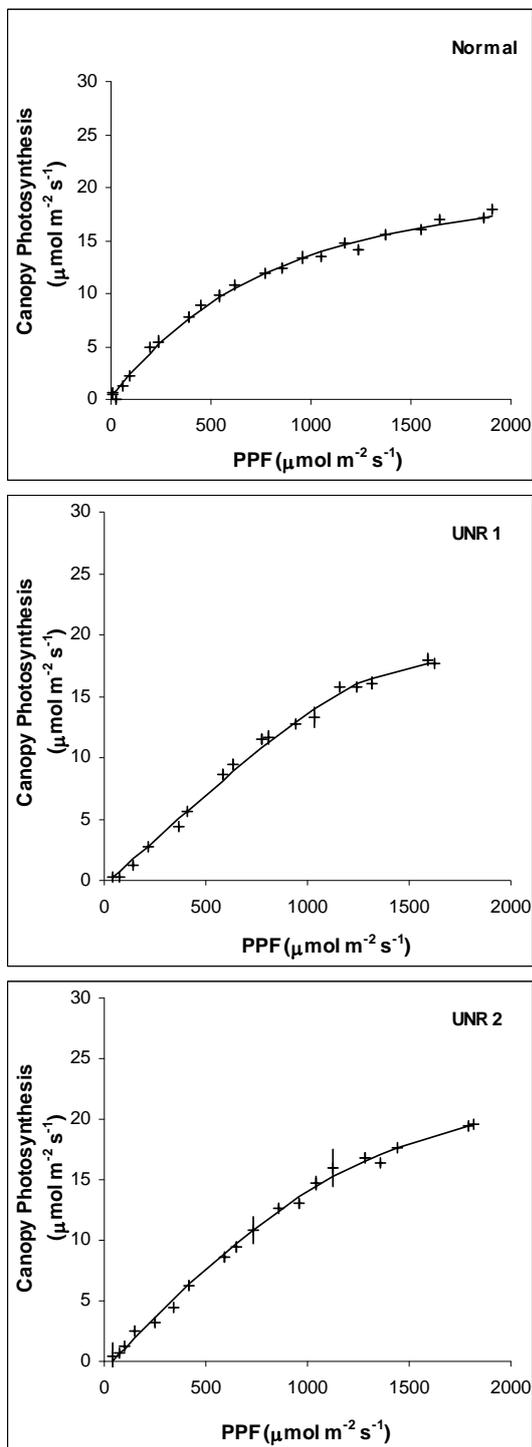
ภาพที่ 25 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่ม ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ในฝ้ายพันธุ์ SSR 60 ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก (+ = SE , standard error of mean ในแนวตั้งและแนวนอน)



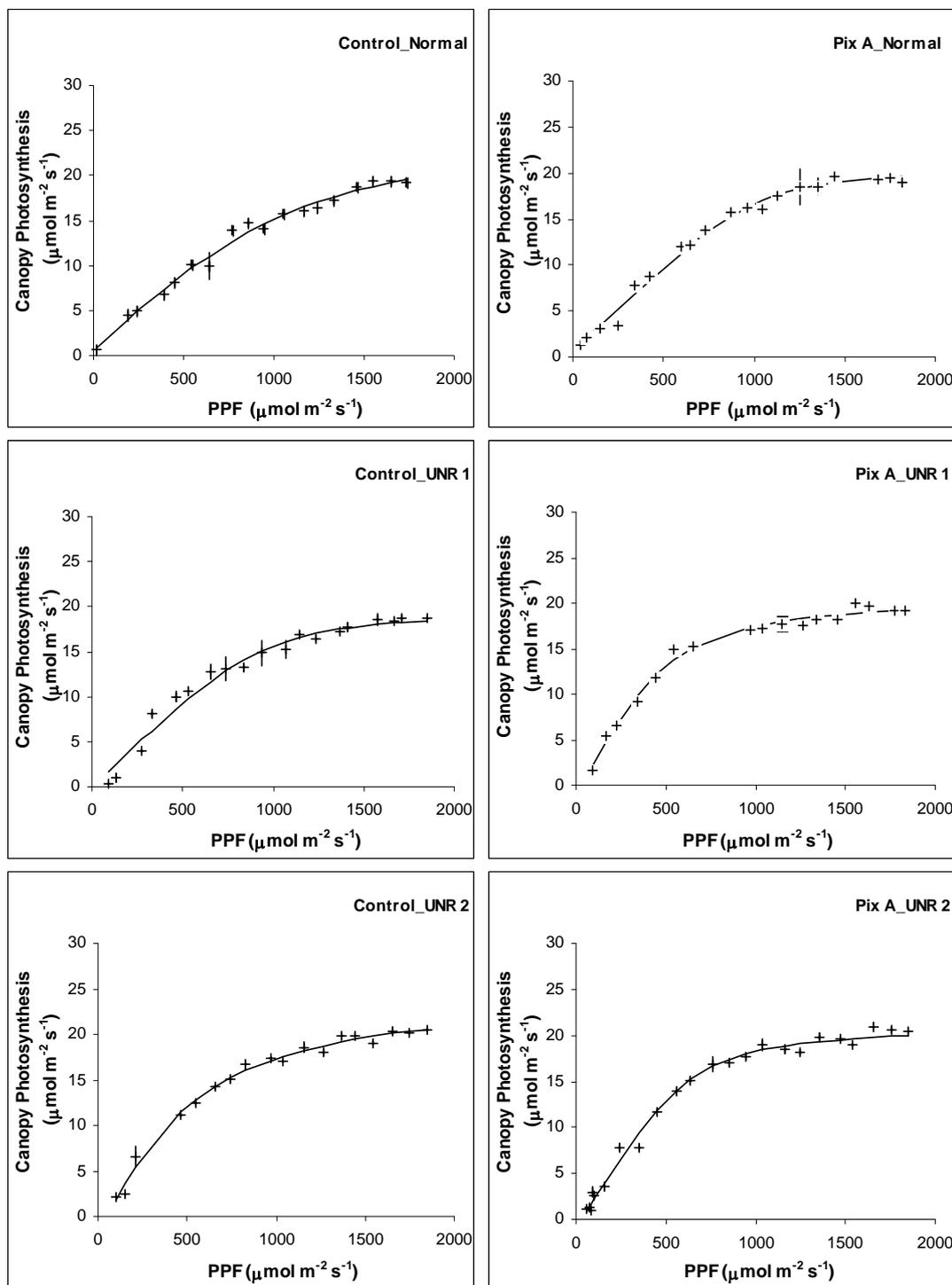
ภาพที่ 26 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่ม ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ในฝ้ายพันธุ์ SSR 60 ของต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix® (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix® (Pix A) ที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก (+ = SE, standard error of mean ในแนวตั้งและแนวนอน)



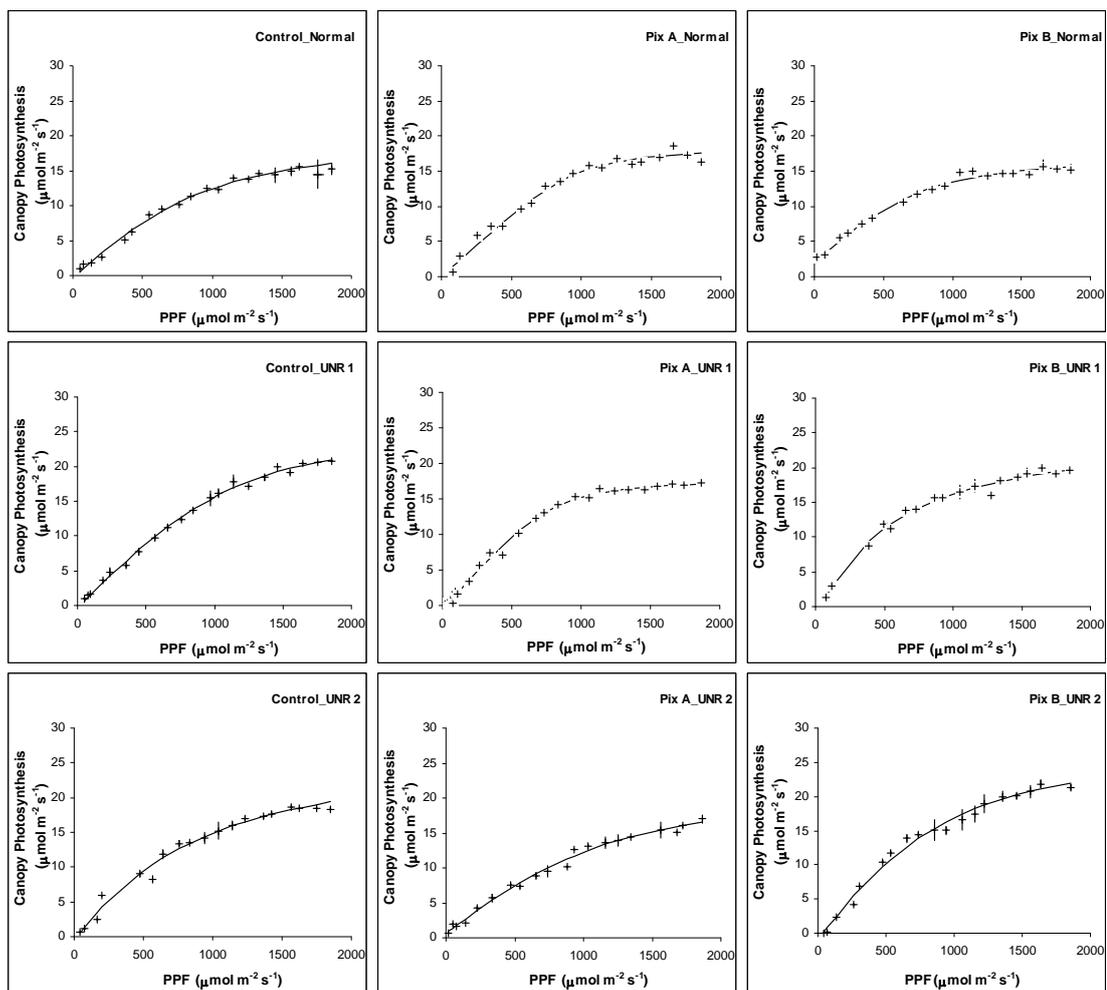
ภาพที่ 27 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่ม ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ในฝ้ายพันธุ์ SSR 60 ของต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) ที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก (+ = SE, standard error of mean ในแนวตั้งและแนวนอน)



ภาพที่ 28 การตอบสนองต่อแสงของการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่ม ในฝ้ายพันธุ์ SSR 60 ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก (+ = SE , standard error of mean ในแนวตั้งและแนวนอน)



ภาพที่ 29 การตอบสนองต่อแสงของการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่ม ในฝ้ายพันธุ์ SSR 60 ของต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) ที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก (+ = SE , standard error of mean ในแนวตั้งและแนวนอน)



ภาพที่ 30 การตอบสนองต่อแสงของการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่ม ในฟ้ายพันธุ์ SSR 60 ของต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) ที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก (+ = SE , standard error of mean ในแนวตั้งและแนวนอน)

#### 4. ค่าความเขียวของใบและปริมาณไนโตรเจนในใบ

##### 4.1 ค่าความเขียวของใบ

ผลการศึกษาค่าความเขียวของใบฝ้าย ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก พบว่า ทั้ง 3 ระยะปลูก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าความเขียวของใบเฉลี่ยของระยะปลูก Normal (41.93), UNR 1 (40.55) และ UNR 2 (41.55) มีค่าใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 31)

ผลการศึกษาที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก พบว่า ต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> มีความเขียวของใบไม่แตกต่างกันทางสถิติในแต่ละระยะปลูก โดยระยะปลูก UNR 1 (41.75) และ Normal (41.167) มีค่าความเขียวของใบใกล้เคียงกันและมีค่ามากที่สุด รองลงมาได้แก่ ระยะปลูก UNR 2 (40.65) ส่วนความเขียวของใบจากต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) ไม่แตกต่างกันทางสถิติในแต่ละระยะปลูก โดยระยะปลูก UNR 1 (47.80) และ UNR 2 (47.40) มีค่าความเขียวของใบใกล้เคียงกัน รองลงมาได้แก่ ระยะปลูก Normal (46.02) มีค่าต่ำสุด (ภาพที่ 32)

ผลการศึกษาที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก พบว่า ต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> มีค่าความเขียวของใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยระยะปลูก UNR 2 (36.617) มีค่ามากที่สุด รองลงมาได้แก่ ระยะปลูก UNR 1 (35.52) และ Normal (33.05) ตามลำดับ ส่วนต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) มีค่าความเขียวของใบแตกต่างกันทางสถิติ โดยระยะปลูก UNR 1 (41.75) และ UNR 2 (41.55) มีค่าใกล้เคียงกันและมีค่ามากที่สุด ส่วนระยะปลูก Normal (38.133) มีค่าต่ำสุด และความเขียวของใบจากต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix B) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยระยะปลูก UNR 2 (38.52) มีค่าความเขียวของใบมากที่สุด ส่วนระยะปลูก UNR 1 (36.79) และ Normal (36.40) มีค่าต่ำสุดตามลำดับ (ภาพที่ 33)

##### 4.2 ปริมาณไนโตรเจนในใบ

ปริมาณไนโตรเจนในใบฝ้ายที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก พบว่า ทั้ง 3 ระยะปลูก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยระยะปลูก UNR 2 ( $3.31 \text{ gN m}^{-2}$ ) มีปริมาณไนโตรเจนในใบมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ระยะปลูก UNR 1 ( $3.17 \text{ gN m}^{-2}$ ) และ Normal ( $2.96 \text{ gN m}^{-2}$ ) ตามลำดับ (ภาพที่ 34)

ผลการศึกษาที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในใบของต้นที่ไม่ได้รับสารฟอสฟอรัส Pix<sup>®</sup> และต้นที่ได้รับสารฟอสฟอรัส Pix<sup>®</sup> ไม่แตกต่างกันทางสถิติในแต่ละระยะปลูก ต้นที่ไม่ได้รับสารฟอสฟอรัส Pix<sup>®</sup> โดยระยะปลูก Normal ( $3.19 \text{ gN m}^{-2}$ ) มีปริมาณไนโตรเจนในใบมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ระยะปลูก UNR 1 ( $3.17 \text{ gN m}^{-2}$ ) และ UNR 2 ( $2.98 \text{ gN m}^{-2}$ ) มีค่าต่ำสุด ส่วนต้นที่ได้รับสารฟอสฟอรัส Pix<sup>®</sup> (Pix A) โดยระยะปลูก UNR 1 ( $4.07 \text{ gN m}^{-2}$ ) มีปริมาณไนโตรเจนในใบมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ระยะปลูก UNR 2 ( $3.59 \text{ gN m}^{-2}$ ) และ Normal ( $3.49 \text{ gN m}^{-2}$ ) ตามลำดับ (ภาพที่ 35)

ผลการศึกษาที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในใบของต้นที่ไม่ได้รับสารฟอสฟอรัส Pix<sup>®</sup> ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละระยะปลูก ส่วนต้นที่ได้รับสารฟอสฟอรัส Pix<sup>®</sup> (Pix A) มีปริมาณไนโตรเจนในใบแตกต่างกันทางสถิติระหว่างระยะปลูก โดยระยะปลูก UNR 2 ( $2.75 \text{ gN m}^{-2}$ ) มีปริมาณไนโตรเจนในใบมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ระยะปลูก UNR 1 ( $2.15 \text{ gN m}^{-2}$ ) และ Normal ( $2.09 \text{ gN m}^{-2}$ ) ตามลำดับ และต้นที่ได้รับสารฟอสฟอรัส Pix<sup>®</sup> (Pix B) มีปริมาณไนโตรเจนในใบไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างระยะปลูก (ภาพที่ 36)

#### 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบและค่าความเขียวของใบ

จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนกับค่าความเขียวของใบในสายพันธุ์ SSR 60 ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก พบว่า ปริมาณไนโตรเจนไม่มีความสัมพันธ์กันกับความเขียวของใบ (ภาพที่ 37)

ผลการศึกษาที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในใบของต้นที่ไม่ได้รับสารฟอสฟอรัส Pix<sup>®</sup> และปริมาณไนโตรเจนในใบของต้นที่ได้รับสารฟอสฟอรัส Pix<sup>®</sup> (Pix A) มีความสัมพันธ์กันในทางบวกกับค่าความเขียวของใบ (ภาพที่ 38)

ผลการศึกษาที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในใบของต้นที่ไม่ได้รับสารฟอสฟอรัส Pix<sup>®</sup> ต้นที่ได้รับสารฟอสฟอรัส Pix<sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) มีความสัมพันธ์กันในทางบวกกับค่าความเขียวของใบ (ภาพที่ 39)

เมื่อแยกวิเคราะห์ในแต่ละระยะปลูก พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบกับความเขียวของใบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระยะปลูก Normal, UNR 1 และ UNR 2 ที่อายุ 80 วัน และระยะปลูก Normal กับระยะปลูก UNR 1 ของต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> ที่อายุ 110 วัน และระยะปลูก UNR 1 ของต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix B) ที่อายุ 110 วันเท่านั้น (ตารางภาคผนวกที่ 1)

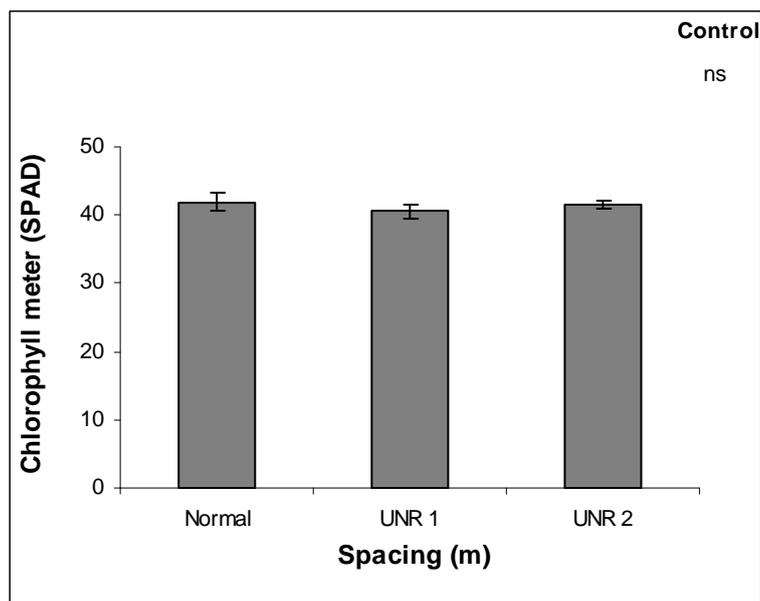
#### 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบและมวลจำเพาะของใบ

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบกับมวลจำเพาะของใบ ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในใบมีความสัมพันธ์กันในทางบวกกับมวลจำเพาะของใบ (ภาพที่ 40)

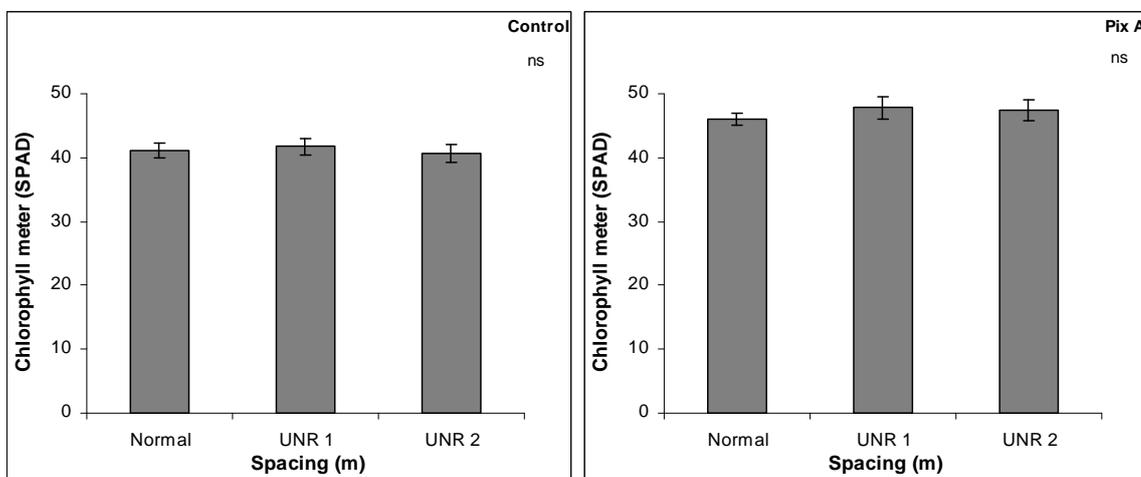
ผลการศึกษาที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในใบของต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) มีความสัมพันธ์กันในทางบวกกับมวลจำเพาะของใบ (ภาพที่ 41)

ศึกษาที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในใบของต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) มีความสัมพันธ์กันในทางบวกกับมวลจำเพาะของใบ (ภาพที่ 42)

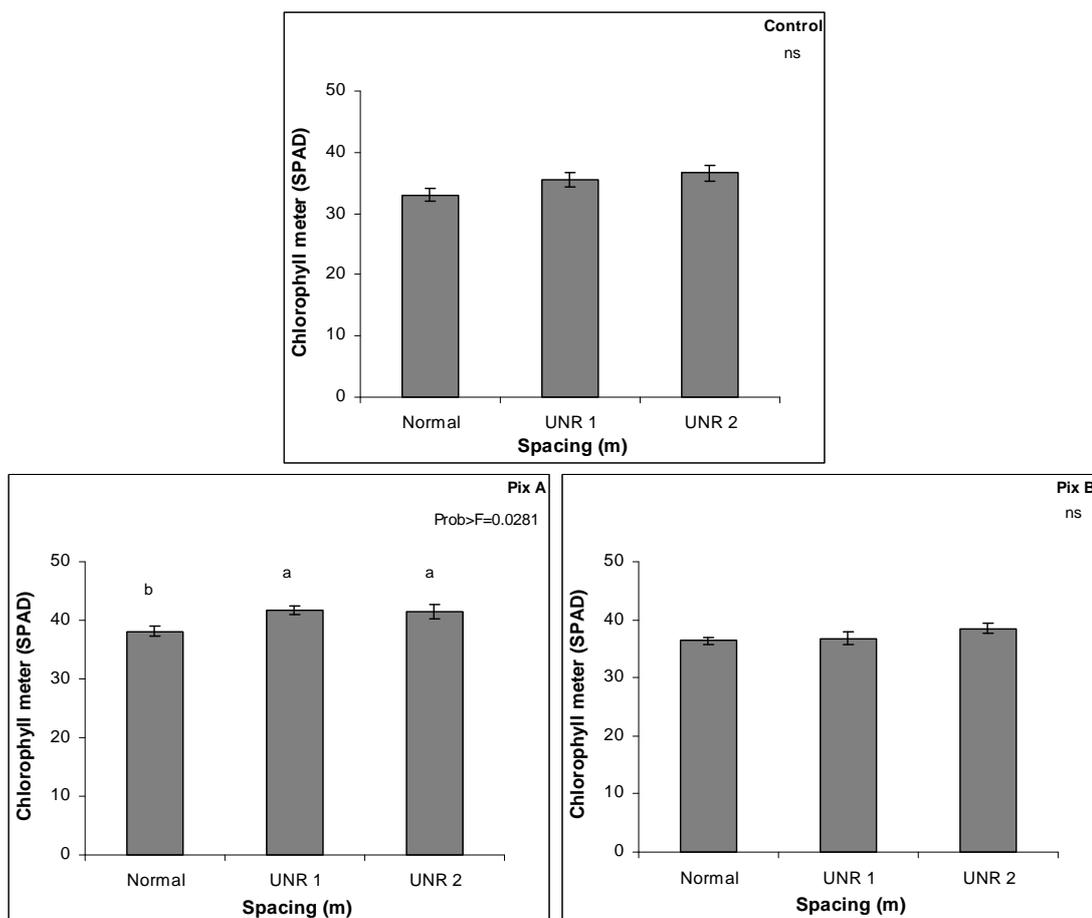
เมื่อแยกวิเคราะห์ในแต่ละระยะปลูก พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบกับมวลจำเพาะของใบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในระยะปลูก Normal, UNR 1 และ UNR 2 ของต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) ที่อายุ 50, 80 และ 110 วัน ยกเว้นที่ระยะปลูก UNR 1 ของต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) ที่อายุ 80 และ 110 วัน ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบกับมวลจำเพาะของใบ (ตารางภาคผนวกที่ 2)



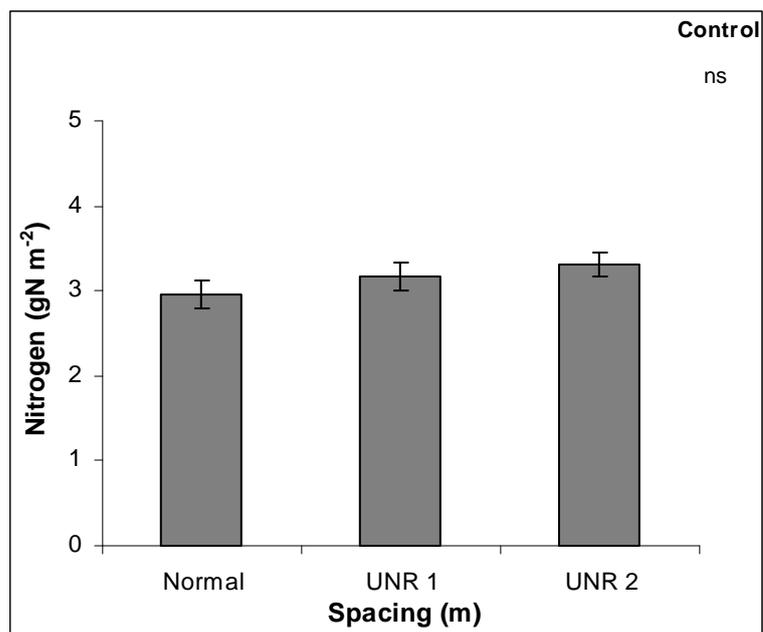
ภาพที่ 31 ความเขียวของใบ ที่ระยะปลูกต่างกันและอายุต้น 50 วันหลังปลูกของฝ้ายพันธุ์ SSR 60



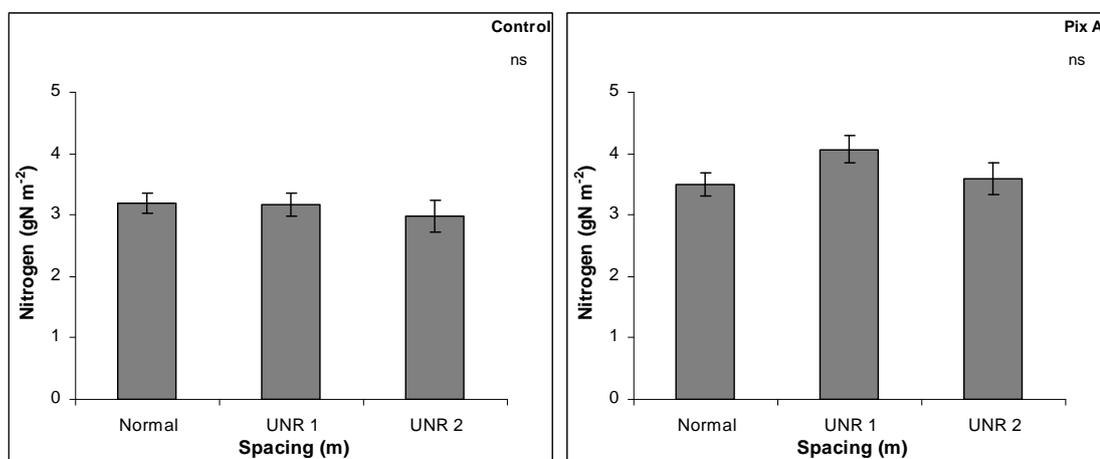
ภาพที่ 32 ความเขียวของใบ ที่ระยะปลูกต่างกัน และจากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix® (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix® (Pix A) ที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก



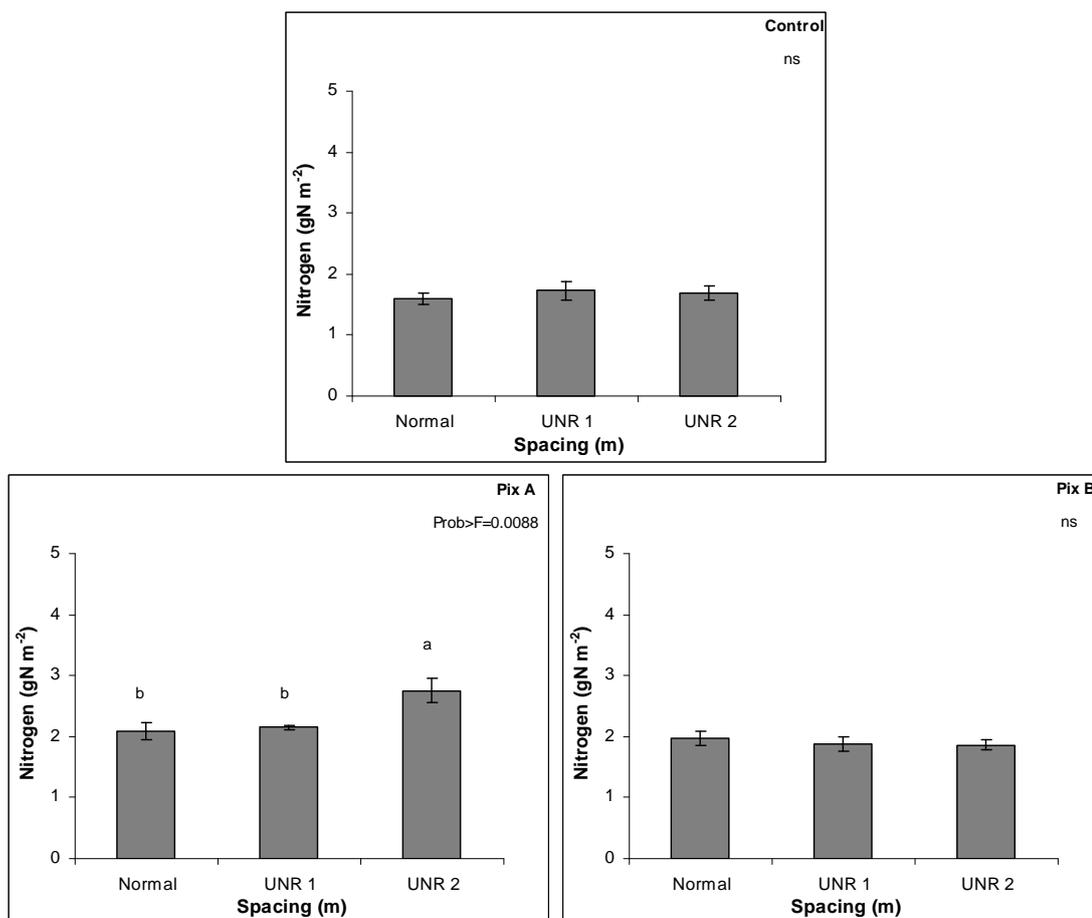
ภาพที่ 33 ความเขียวของใบ ที่ระยะปลูกต่างกัน และจากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix® (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix® (Pix A และ Pix B) ที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก



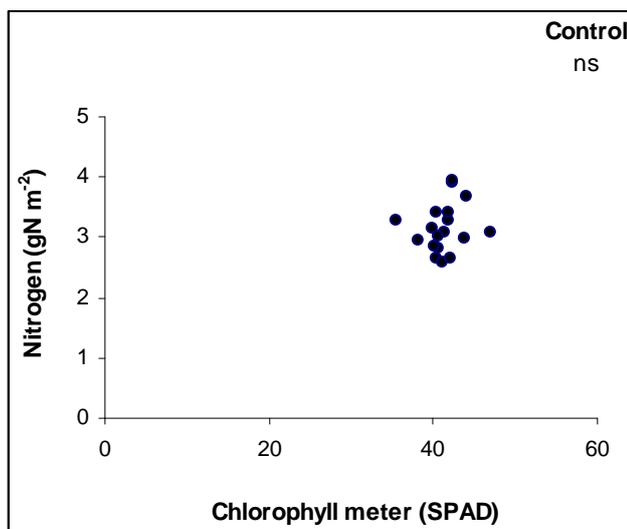
ภาพที่ 34 ปริมาณไนโตรเจนของใบ ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูกของฝ้ายพันธุ์ SSR 60



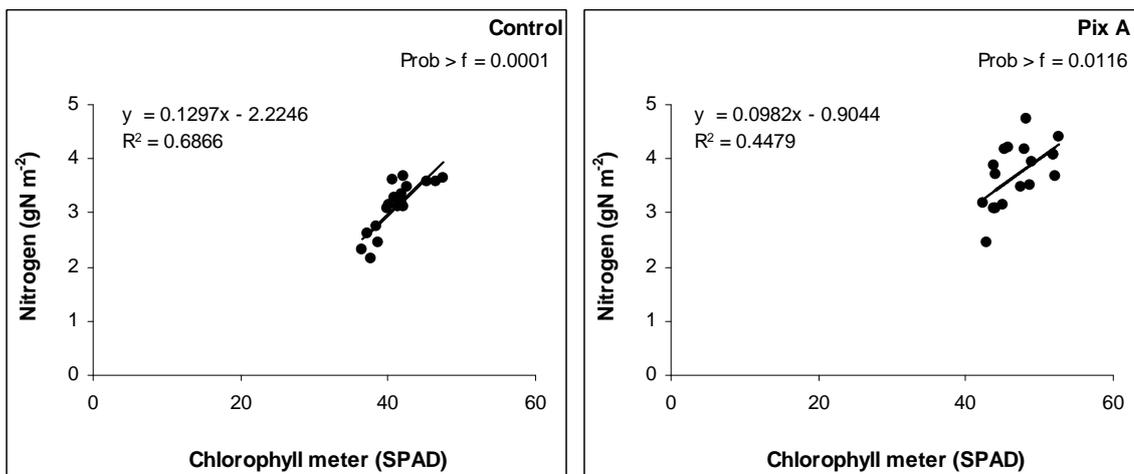
ภาพที่ 35 ปริมาณไนโตรเจนของใบ ที่ระยะปลูกต่างกัน และจากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) ที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก



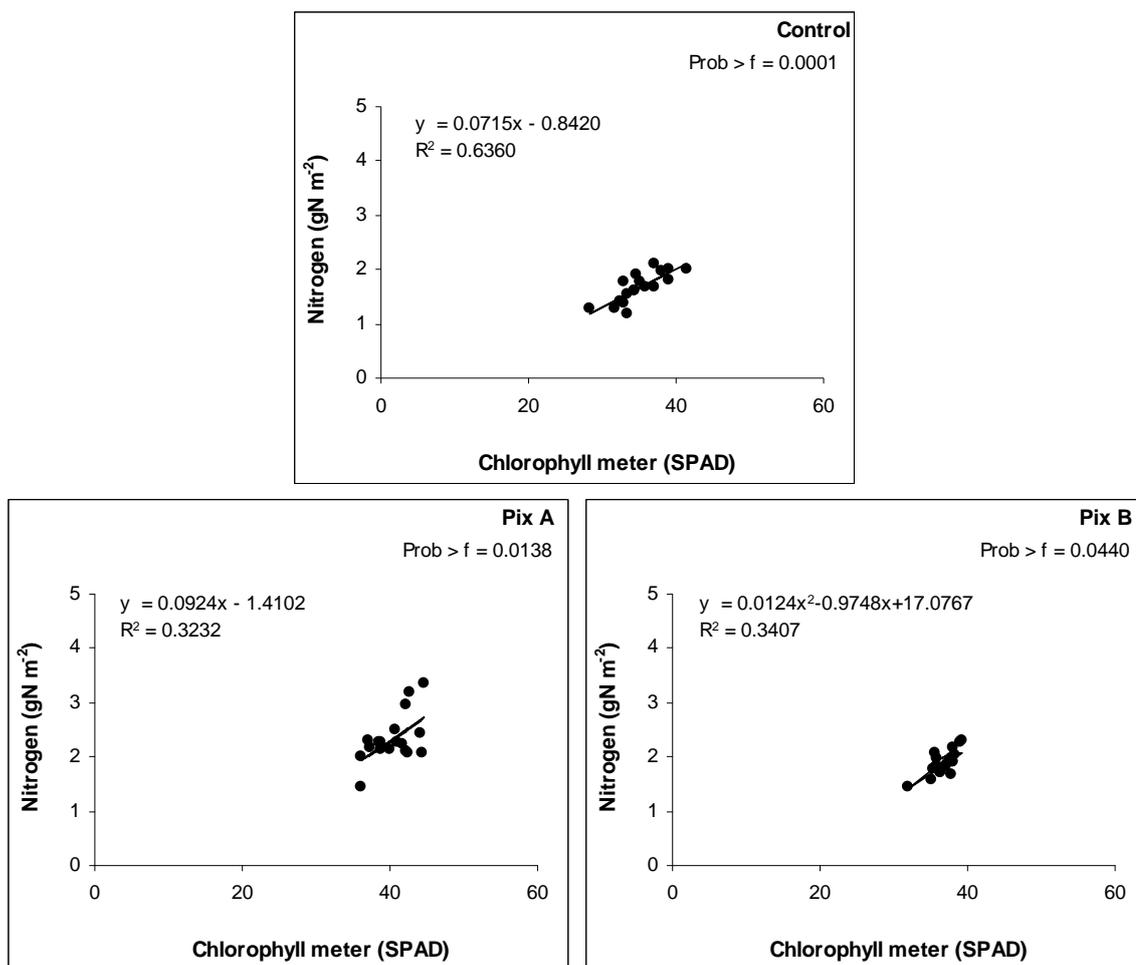
ภาพที่ 36 ปริมาณไนโตรเจนของใบเฉลี่ย ที่ระยะปลูกต่างกัน และจากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) ที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก



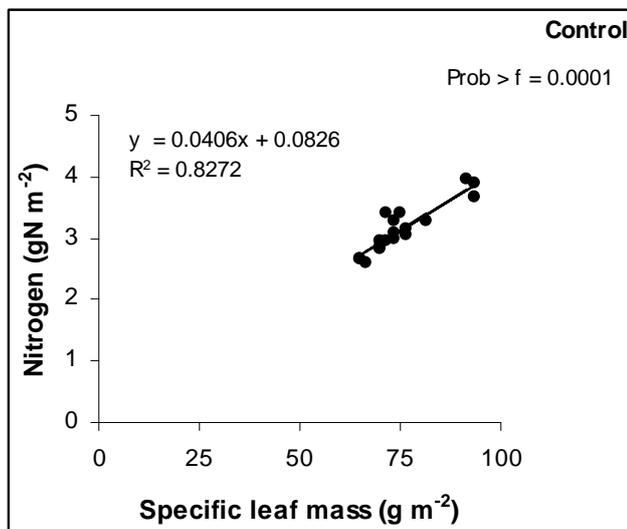
ภาพที่ 37 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบกับค่าความเขียวของใบฝ้ายพันธุ์ SSR 60 ที่ระยะปลูกต่างกัน ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก



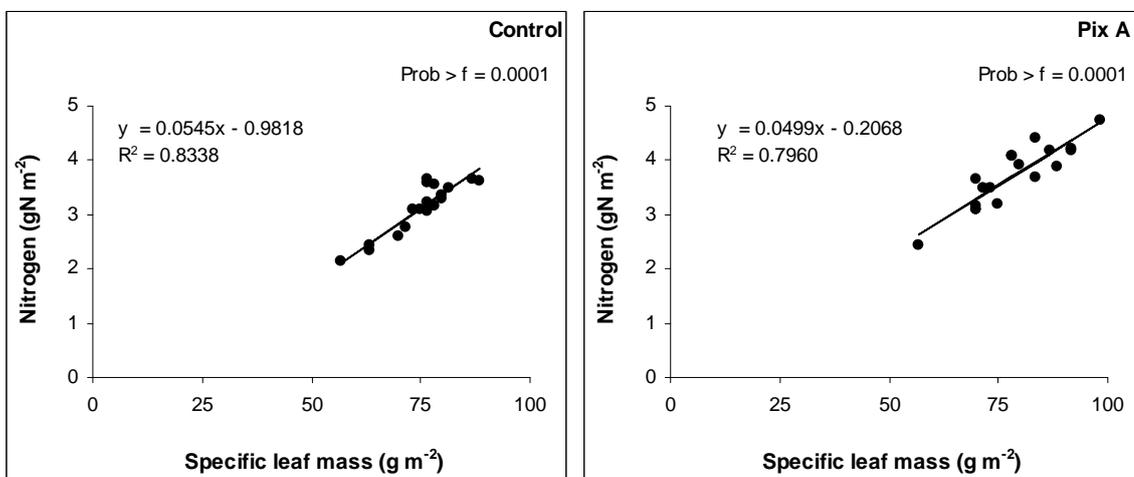
ภาพที่ 38 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบกับค่าความเขียวของใบฝ้ายพันธุ์ SSR 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) ที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก



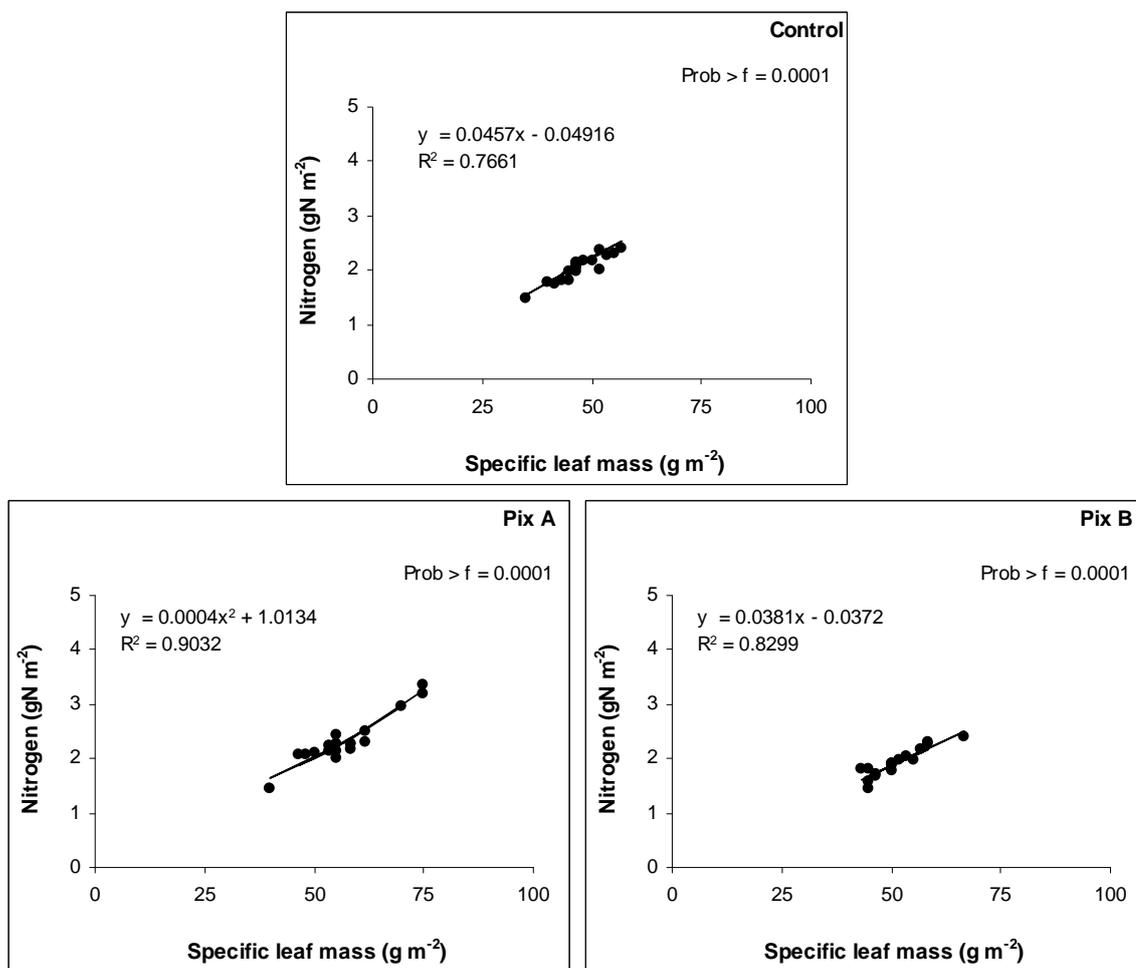
ภาพที่ 39 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบกับค่าความเขียวของใบฝ้ายพันธุ์ SSR 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A และ Pix B) ที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก



ภาพที่ 40 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบกับมวลจำเพาะของใบฝ้ายพันธุ์ SSR 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Control) ที่อายุต้น 50 วันหลังปลูก



ภาพที่ 41 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบกับมวลจำเพาะของใบฝ้ายพันธุ์ SSR 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix<sup>®</sup> (Pix A) ที่อายุต้น 80 วันหลังปลูก



ภาพที่ 42 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบกับมวลจำเพาะของใบฝ้ายพันธุ์ SSR 60 จากต้นที่ไม่ได้รับการพ่น Pix® (Control) และต้นที่ได้รับการพ่น Pix® (Pix A และ Pix B) ที่อายุต้น 110 วันหลังปลูก

## สรุปและข้อเสนอแนะ

ระยะปลูกชิดทำให้ความสูงของต้นเพิ่มมากขึ้นแต่ทำให้จำนวนข้อบนลำต้นหลักลดน้อยลง ในขณะที่การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต Pix<sup>®</sup> ทำให้ทั้งความสูงของต้นและจำนวนข้อลดน้อยลง

ฝ้ายที่ปลูกในระยะชิดมีสถาปัตยกรรมของเรือนพุ่มแตกต่างจากฝ้ายที่ปลูกในระยะปลูกปกติ โดยการปลูกในระยะชิดทำให้พื้นที่ใบต่อต้นลดน้อยลง และการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต Pix<sup>®</sup> ทำให้พื้นที่ใบฝ้ายเปลี่ยนแปลงโดยช่วงอายุที่พืชได้รับ Pix<sup>®</sup> มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงนี้ด้วย นอกจากนี้ การปลูกฝ้ายในระยะชิดยังทำให้การกระจายมุมระนาบของพื้นที่ใบ การกระจายมุมเอียง และการกระจายพื้นที่ใบทั้งแนวตั้ง เปลี่ยนแปลงไป

ฝ้ายที่ปลูกในระยะชิดมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มต่อต้นลดน้อยลง และอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มต่อพื้นที่ดินเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเทียบกับฝ้ายที่ปลูกในระยะปกติ นอกจากนี้ ฝ้ายที่ปลูกในระยะชิดยังมีการตอบสนองต่อแสงของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของเรือนพุ่มเปลี่ยนแปลงไปด้วย และการปลูกฝ้ายในระยะชิดไม่ทำให้ความเขียวของใบและปริมาณไนโตรเจนในใบแตกต่างจากฝ้ายที่ปลูกในระยะปกติ

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2547. ฐานความรู้ด้านพืช กรมวิชาการเกษตร. แหล่งที่มา :

[http://www.doa.go.th/pl\\_data/COTTON/3var/var01.html](http://www.doa.go.th/pl_data/COTTON/3var/var01.html), 20 มกราคม 2548.

เฉลิมพล แซมเพชร. 2535. สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ดวงรัตน์ ศตคุณ. 2541. อิทธิพลของแสง อายุใบ และตำแหน่งใบต่อการสังเคราะห์แสงของใบฝ้าย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2547. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2544-2545.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งที่มา :

<http://www.oae.go.th/statistic/yearbock/2003>, 18 มกราคม 2548.

\_\_\_\_\_ 2547. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2545-2546. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งที่มา :

<http://www.oae.go.th/statistic/yearbock/2003>, 20 มกราคม 2548.

ศรปราชญ์ ชโนสวรราชย์, พูนพิภพ เกษมทรัพย์, สมใจ โควสุรัตน์, พิระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ และ Herve Sinoquet. 2540. การศึกษาลักษณะเรือนพุ่มและการรับแสงของถั่วเขียว, น.100-113. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการถั่วเขียวแห่งชาติครั้งที่ 7.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_, พูนพิภพ เกษมทรัพย์, จิตรฤทัย ชูมาก และพิระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2543. การแบ่งสรร การรับแสงและการสังเคราะห์แสงของเรือนพุ่มถั่วเขียว, น.63-72. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการถั่วเขียวแห่งชาติครั้งที่ 8. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมพงษ์ ศรีนิลทา. 2529. ผลของเคมีควอท คลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการ การเจริญเติบโตและผลผลิตของฝ้ายพันธุ์ SSR3. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไสว พงษ์เก่า. 2535. **พืชเศรษฐกิจ เล่ม 2**. ภาควิชาพืชไร่นา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Adam, B., H. Sinoquet and N. Dones. 2000. VegeSTAR Silhouette to Total Area Ratio: A software to compute light interception from virtual plants. *In Varlet- Grancher., C.,H. Sinoquet, S. Thanisawanyangkura and P. Kasemsap (eds.). Workshop on Radiation – Vegetation Interaction. Development Oriented Research on Agricultural Systems (DORAS) Center. 26-31 October 2000.* Department of Botany , Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok.

Beuerlein J. 2001. **Effect of Row Spacing on Wheat Yield**. Extension Fact Sheet of Horticulture and Crop Science. Ohio State University

Cathey, G. W., and K. Lockett. 1980. Some effects of growth regulator chemicals on cotton earliness, yield and quality. P.45. *In J. M. Brown (ed) Proc. Belt. Cotton Prod. Res. Conf., St. Louis, MO. 9-10 Jan. 1980.* Nat. Cotton Council Am ., Memphis, TN.

Constable, G. A. 1994. **Predicting Pix yield responses**. Paper presented at the world cotton Research Conference I. Brisbane, Australia. Feb. 14-17. 1994.

Cornish, K., Radin, J.W., Turcotte, E.L., Lu, Z., and Zeiger, E. 1991. **Enhance Photosynthesis and Stomatal Conductance of Pima Cotton (*Gossypium barbadense* L) Bred for Increased Yield**. *Plant Physiol.* 97 : 484-489.

- Dippenaar, M. C., C. R. Nolte and C. Barnard. 1990. Controlling excessive growth on cotton by multiple application of low concentration of mepiquat chloride. **S. Afr. Tydskr. Plant Ground.** 7(1) : 364-368.
- Ganesan, M. and V.R. Subbiah. 2004. **A Case Study on Increasing Tomato Productivity In a Low Cost Naturally Ventilated Greenhouse With Different Spacing.** Scientist, JRD Tata Ecotechnology Center. M.S. Swaminathan Research Foundation.
- Godin, C., E. Costes and H. Sinoquet. 1999. **A method for describing plant architecture whice integrates topology and geometry.** Annals of Botany. 84 : 343-357.
- Johnson, I. R., A. J. Parsons and M. M. Ludlow. 1989. **Modeling photosynthesis in monocultures and mixtures.** Aust. J. Plant Physiol. 16 : 501-516.
- Jost, P.H. 2000. **Comparisons of Ultra-narrow Row and Conventionally Spaced Cotton.** Ph. D. Diss. Texas A&M Univ., College Station, TX.
- \_\_\_\_\_,Whitaker, S.M. Brown and C. Bednarz. 2006. **Use of Plant Growth Regulators as a Management Tool in Cotton.** College of Agriculture and Environmental Sciences, Cooperative Extension Service, University of Georgia.
- Kerby, T. A. 1985. **Cotton response to mepiquat chloride.** Agron. J. 77 : 515-518.
- \_\_\_\_\_.George, B.L. Weir, O.D. McCutcheon, R.N. Vargas, B. Weir, K. Brittan and R. Kukas. 1982. Effect of Pix on Yield, Earliness, and Cotton Plant Growth When Used at Various Nitrogen Levels. P. 54-56. *In Proc. Beltwide Cotton Prod. Res. Conf.*, Las Vegas, NV. 3-7 Jan. 1982. Natl. Cotton Counc. Am., Memphis, TN.

- Kerby, T.A. 1998. UNR Cotton Production System Trial in The Mid-South. P. 87. *In Proc. Beltwide Cotton Conf., San Diego, Ca. 5-9 Jan. 1998.* Natl. Cotton Council Am., Memphis, TN.
- Loomis, R. S. and D. J. Connor. 1996. **Crop Ecology : Productivity and management in agricultural system.** Cambridge University Press, Great Britain. 538 p.
- McCarty, J. C., Jenkins, J. N., and W. L. Parrott. 1985. The effect of Pix application on primitive stocks of cotton. P.90. *In J. M. Brown (ed) Proc. Belt. Cotton Prod. Res. Conf., New Orleans, LA. 6-11 Jan. 1985.* Nat. Cotton Council Am., Memphis, TN.
- Millings R. 2006. **A Comparison in Cotton of Mepiquat Chloride Activity With and Without Cyclanilide Addition.** Crop & Soil Sciences Seminar, Wednesday March 1, 2006.
- Monks, C.D., M.G. Patterson, D.P. Delaney and M.D. Pegues. 1999. **The Effect of Row Width and Leaf Shape on Cotton Growth and Yield.** Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University, Auburn Alabama, USA. Bulletin 638.
- Mouliia, B., C. Edelin, C. Loup and M. Jeuffroy. 1999. **Architectural analysis of herbaceous crop species : a comparative study of maize (Zea mays L.) and garden pea (Pisum sativum L.).** Agronomic 19 : 305-312.
- Nichols S.P., C.E. Snipes and M.A. Jones. 2003. **Evaluation of Row Spacing and Mepiquat Chloride in Cotton.** The Journal of Cotton Science. 7: 148-155.
- \_\_\_\_\_, C.E. Snipes and M.A. Jones. 2004. **Cotton Growth, Lint Yield, and Fiber Quality as Affected by Row Spacing and Cultivar.** The Journal of Cotton Science. 8: 1-12.

- Oosterhuis D. and W.C. Robertson. 2000. **The Use of Plant Growth Regulators and Other Additives in Cotton Production.** AAES Special Report.
- Osborne, C., J. LaRoche, R. L. Garcia, B. A. Kimball, G. W. Wall, P. J. Pinter, Jr., R. L. La Morte, G. R. Hendrey and S. P. Long. 1998. **Does leaf position within a canopy affect acclimation of photosynthesis to elevated CO<sub>2</sub>.** Plant Physiol. 117 : 1037-1045.
- Pettigrew, W.T. and W.R. Meredith. 1994. **Leaf gas exchange parameters vary among cotton genotypes.** Crop Sci. 34 : 700-705.
- Reddy A.R., K.R. Reddy and H.F. Hodges. 1996. **Mepiquat Chloride (Pix) – Induced Changes in Photosynthesis and Growth of Cotton.** Plant Growth Regulation. 20(3) 179-183.
- Reddy, K.R., H.F. Hodges, W.H. Mccarty and J.M. Mckinion. 1996. Weather and cotton growth : present and future, pp. 25-40. In **K.H. Remy (eds.). Bulletin. Agricultural Communications, Division of Agriculture, Forestry and Veterinary Medicine,** Mississippi State University.
- Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1985. **Plant Physiology.** Wadsworth Publishing Company, Belmont, California. 540 p.
- Sands, P. J. 1996. **Modelling canopy production III. Canopy light-utilisation efficiency and its sensitivity of physiological and environmental variable.** Aust. J. Plant Physiol. 23 : 103-114.
- SAS Institute Inc. 1988. SAS/STAT™ User's Guide, Release 6.03 Edition. SAS Institute Inc., North Carolina, USA. 1028 p.

- Sassenrath-Cole, G. F. 1995. **Dependence of canopy light distribution on leaf and canopy structure for two cotton (*Gossypium*) species.** *Agric. For. Meteorol.* 77 : 55-72.
- Sharma, A.R. and D.P. Singh. 1999. Rice, pp. 109-168. *In D.L. Smith and Hamel C. (eds.). Crop Yield : Physiology and processes.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg Germany.
- Sinoquet, H. and B. Andrieu. 1993. The geometrical structure of plant canopies : characterization and direct measurement methods. Pp. 131-158. *In C. Varlet-Grancher, R. Bonhomme and H. Sinoquet. Crop Structure and Light Microclimate : Characterization and applications.* INRA, France.
- \_\_\_\_\_ and P. Rivet. 1997. **Measurement and visualization of the architecture of an adult tree based on a three-dimension digitizing device.** *Trees.* 11 : 265-270.
- \_\_\_\_\_, P. Rivet. and C. Godin. 1997. **Assessment of the three-dimensional architecture of walnut tree using digitizing.** *Silva Fennica* 31(3) : 1-9.
- \_\_\_\_\_, Thanisawanyankura, H. Mabrouk, and P. Kasemsap. 1998. **Characterization of light interception in canopy using 3D digitizing and image processing.** *Ann.Bot.* 82 : 203 – 212.
- Smith, J.E. and D. J. Longstreth. 1994. **Leaf expansion and carbon assimilation in cotton leaves grown at two photosynthetic photon flux density.** *J. Bot.* 81 : 711-717.
- Steve, P. N., C. E., Snipes, and M. A., Jones. 2003. **Evaluation of Row Spacing and Mepiquat Chloride in Cotton.** *The Journal of Cotton Science* 7 : 148-155.
- Stuart, B. L., V. R. Isbell, C. W. Wendt and J. R. Abernathy. 1984. **Modification of cotton water relation and growth with mepiquat chloride.** *Agron. J.* 76 : 651-655.

Thanisawanyankura, S., H. Sinoquet. and P. Kasemsap. 1997. **Plant Geometrical Structure and leaf Irradiance in cotton : II Measurement of Cotton Plant under Tropical Conditions.** Kasetsart. J. (Nat. Sci.). 31 : 43-54.

\_\_\_\_\_ and H. Sinoquet. 1997. **Plant geometrical structure and leaf irradiance in cotton : I. Measurement methodology.** Kasetsart. J (Nat.Sci.). 31 : 30-42.

\_\_\_\_\_ and P. Kasemsap. 1998. Modeling light interception and photosynthesis in cotton. Pp. 1369-1374. *In Beltwide Cotton Conferences.* National Cotton Council of America. Memphis, TN.

Varlet-Grancher, C., S. Jacquemoud and H. Sinoquet. 2000. Optical properties of leaves : An Ecophysiological approach. *In Varlet-Grancher., C., H. Sinoquet, S. Thanisawanyankura and P. Kasemsap (eds.). Workshop on Radiation-Vegetation Interaction. Development Oriented Research on Agricultural Systems (DORAS) Center. 26-31 October 2000.* Department of Botany, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok.

Crozat. Y. and P. Kasemsap. 1997. Effects of Mepiquat Chloride on Growth, Fruiting and Yielding Performances of Field-Grown Cotton. **Kasetsart. J. (Nat. Sci.).** 31 : 60-65.

Zhao D. and D.M. Oosterhuis. 2000. Pix Plus and Mepiquat Chloride Effects on Physiology, Growth, and Yield of Field-Growth Cotton. **J. Plant Growth Regul.** 19: 415

ภาคผนวก



ระยะปลูก Normal

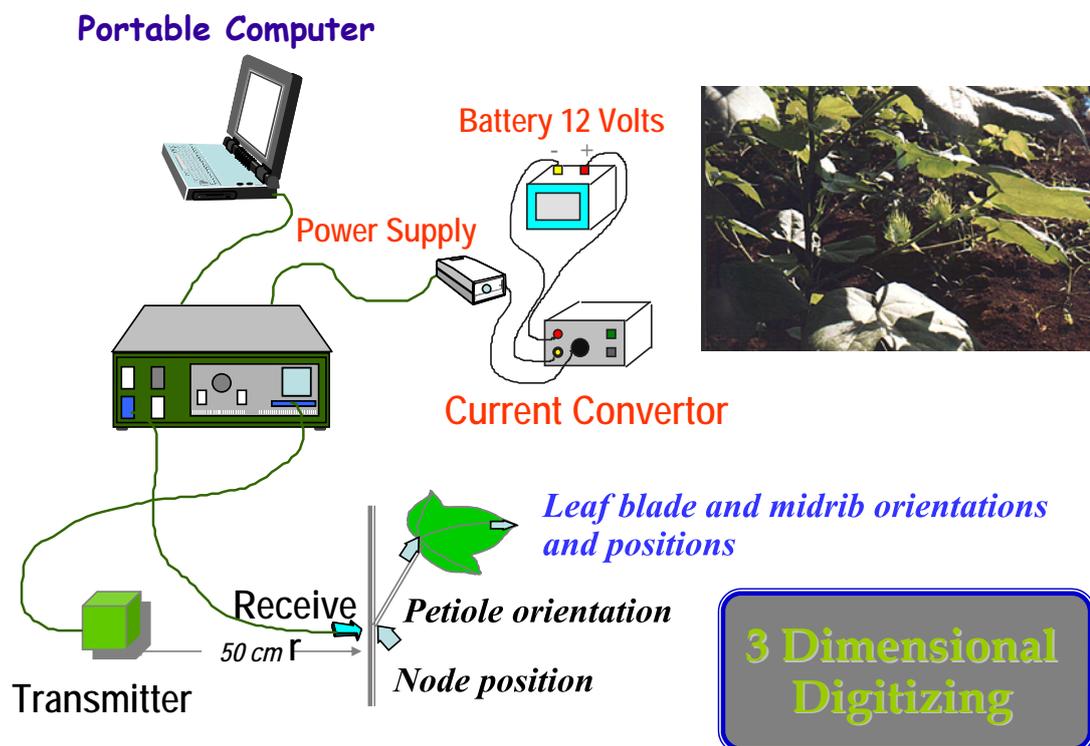


ระยะปลูก UNR 1  
(Ultra-narrow row 1)



ระยะปลูก UNR 2  
(Ultra-narrow row 2)

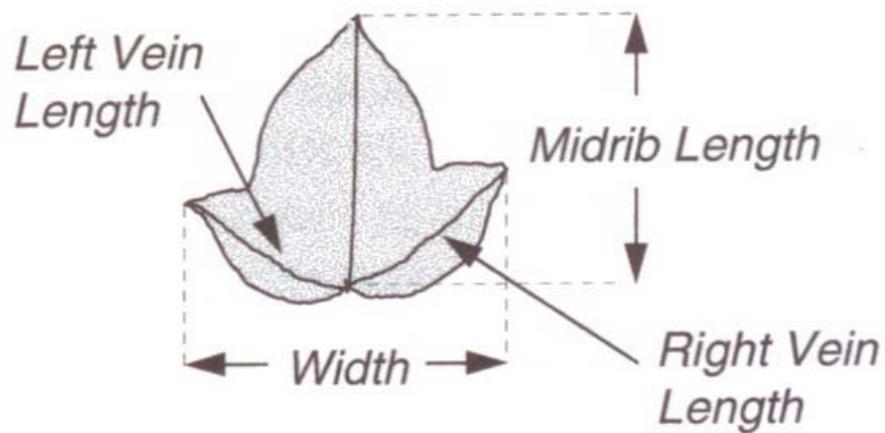
ภาพผนวกที่ 1 แปลงปลูกฝ้าย ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา  
ที่ระยะปลูกมาตรฐานและระยะปลูกแบบระยะชิด



ภาพผนวกที่ 2 แสดงการวัดและการทำงานของเครื่องดิจิทัลไฮซ์ระบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

(Electromagnetic Digitizer 3 Space<sup>®</sup> Fastrak, Polhemus Inc., Cochester. VT, U.S.A.)

ที่มา : Sinoquet and Rivet, 1997 ; Adam et al., 2000



ภาพผนวกที่ 3 แสดงการวัดความกว้างและความยาวของใบฝ้าย  
ที่มา : **Thanisawanyangkura and Sinoquet , 1997**



ภาพผนวกที่ 4 การวัดอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊ส CO<sub>2</sub> ของเรือนพุ่มฝ้ายพันธุ์ SSR 60 ที่ระยะปลูกมาตรฐาน และระยะปลูกกระยะชิด

ตารางผนวกที่ 1 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่าความเขียวของใบ (SPAD unit) กับปริมาณไนโตรเจนในใบ จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Stepwise regression

Equation	Age	Pix	Space	Regression model	R <sup>2</sup>	Prob > F
y = f(x)	50	Control	Normal	ns	-	-
			UNR 1	ns	-	-
			UNR 2	ns	-	-
	80	Control	Normal	y = 0.1165x-1.6037	0.7183	0.0331
			UNR 1	y = 0.1313x-2.3092	0.8487	0.0091
			UNR 2	y = -0.0373x <sup>2</sup> +3.3326x-70.3780	0.9201	0.0224
		Pix A	Normal	ns	-	-
			UNR 1	ns	-	-
			UNR 2	ns	-	-
	110	Control	Normal	y = 0.0013x <sup>2</sup> +0.2076	0.7471	0.0263
			UNR 1	y = 0.1142x-2.3324	0.9076	0.0033
			UNR 2	ns	-	-
		Pix A	Normal	ns	-	-
			UNR 1	ns	-	-
			UNR 2	ns	-	-
		Pix B	Normal	ns	-	-
			UNR 1	y = 0.0015x <sup>2</sup> -0.1089	0.8734	0.0063
			UNR 2	ns	-	-

หมายเหตุ y = ปริมาณไนโตรเจนในใบ

x = ค่าความเขียวของใบ

ตารางผนวกที่ 2 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบกับมวลจำเพาะของใบจาก  
การวิเคราะห์ด้วยวิธี Stepwise regression

Equation	Age	Pix	Space	Regression model	R <sup>2</sup>	Prob > F
y = f(x)	50	Control	Normal	y = 0.0373x + 0.2052	0.9813	0.0001
			UNR 1	y = 0.0410x + 0.0506	0.9258	0.0021
			UNR 2	y = 0.0002x <sup>2</sup> + 1.8740	0.7217	0.0323
	80	Control	Normal	y = 0.0594x - 1.3970	0.7726	0.0211
			UNR 1	y = 0.0648x - 1.7248	0.8686	0.0068
			UNR 2	y = 0.0505x - 0.6918	0.8516	0.0087
		Pix A	Normal	y = 0.0497x - 0.2655	0.8741	0.0062
			UNR 1	ns	-	-
			UNR 2	y = 0.0466x - 0.0748	0.7966	0.0167
	110	Control	Normal	y = 0.0500x - 0.8016	0.8380	0.0104
			UNR 1	y = 0.0543x - 0.8858	0.9648	0.0005
			UNR 2	y = 0.0389x - 0.0970	0.7020	0.0373
		Pix A	Normal	y = 0.0005x <sup>2</sup> + 0.7317	0.9414	0.0013
			UNR 1	ns	-	-
			UNR 2	y = 0.0004x <sup>2</sup> - 0.9891	0.8933	0.0044
		Pix B	Normal	y = 0.0383x - 0.0979	0.9296	0.0019
			UNR 1	y = 0.0601x - 1.1573	0.9483	0.0010
			UNR 2	y = 0.0003x <sup>2</sup> + 1.0944	0.9990	0.0176

หมายเหตุ y = ปริมาณไนโตรเจนในใบ

x = มวลจำเพาะของใบ

## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวดอกแก้ว จุระ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	21 พฤศจิกายน 2523
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลหนองวัวซอ อ.หนองวัวซอ จ.อุดรธานี
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชสวน มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (พ.ศ. 2546)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิจัย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ศูนย์ความร่วมมือทางวิชาการไทย-ฝรั่งเศส (DORAS Center)
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-