การตอบสนองของการเจริญเติบโต สารออกฤทธิ์ที่สำคัญ และผลผลิตของฟ้าทะลายโจร (*Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees, Acanthaceae) ภายใต้ตาข่ายพรางแสง

Response of Growth, Active Ingredient and Yield of *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees (Acanthaceae) Under Shading Net Condition

โสมนันทน์ ลิพันธ์

SOMANAN LIPHAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-AG-D-064-026

การตอบสนองของการเจริญเติบโต สารออกฤทธิ์ที่สำคัญ และผลผลิตของฟ้าทะลายโจร (*Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees, Acanthaceae) ภายใต้ตาข่ายพรางแสง

Response of Growth, Active Ingredient and Yield of *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees (Acanthaceae) Under Shading Net Condition

โสมนันทน์ ลิพันธ์

SOMANAN LIPHAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL- 2019-AG-D-064-026

Response of Growth, Active Ingredient and Yield of *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees (Acanthaceae) Under Shading Net Condition

SOMANAN LIPHAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

DOCTOR OF PHILOSOPHY PROGRAM IN AGRICULTURE

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2019

KMITL-2019-AG-D-064-026

COPYRIGHT 2019

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การตอบสนองของการเจริญเติบโต สารออกฤทธิ์ที่สำคัญ และผลผลิตของฟ้าทะลายโจร (*Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees, Acanthaceae) ภายใต้ตาข่ายพรางแสง
ชื่อนักศึกษา	นางสาวโสมนันทน์ ลิพันธ์
รหัสประจำตัว	58604046
ปริญญา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชา	เกษตรศาสตร์
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร. สมยศ เดชภิรัตนมงคล

บทคัดย่อ

ปัจจุบัน ฟ้าทะลายโจร (*Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees) เป็นพืชสมุนไพรที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ใช้ในการรักษาโรคต่างๆ เช่น เจ็บคอ ไข้หวัดใหญ่ เป็นไข้ โรคท้องร่วง และอาการไอ การผลิตฟ้าทะลายโจรในบางภูมิภาคมักจะได้รับผลกระทบจากแสงแดดสูง อย่างไรก็ตามข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบของการพรางแสงที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของฟ้าทะลายโจรยังขาดแคลนอยู่ ดังนั้นจุดประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อศึกษาผลของการพรางแสงที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของฟ้าทะลายโจร โดยทำการทดลองทั้งสี่การทดลอง ซึ่งได้ดำเนินการที่คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ในระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2557 ถึง เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2562

การทดลองที่ 1 ดำเนินการทดลองโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการศึกษาการตอบสนองของการเจริญเติบโตของฟ้าทะลายโจร ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน ดำเนินการศึกษาระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2557 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ.2558 มีการวางแผนการทดลองแบบ split plot in randomized complete block design จำนวน 3 ซ้ำ main plots คือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ท้องถิ่นจำนวน 4 พันธุ์ (พันธุ์พิษณุโลก 5-4 พันธุ์ปราจีนบุรี พันธุ์ราชบุรี และพันธุ์พิจิตร 4-4) ส่วน sub plots คือ การพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจร จำนวน 5 ระดับ (พรางแสง 0, 20, 40, 50 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สำหรับการเก็บข้อมูล ได้เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของฟ้าทะลายโจร ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรและระดับของการพรางแสง ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีจำนวนกิ่งต่อต้น ดัชนีพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งรวม และผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง มีค่ามากที่สุด รองลงมา ได้แก่

ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ราชบุรี พันธุ์พิจิตร 4-4 และพันธุ์พิษณุโลก 5-4 ตามลำดับ การพรางแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของฟ้าทะลายโจร นอกจากนี้ยังพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของลักษณะการเจริญเติบโตทั้งหมด ระหว่างฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง (control) กับที่ได้รับการพรางแสง สำหรับระดับการพรางแสงที่แตกต่างกันพบว่า ดัชนีพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งรวม และผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง มีค่าสูงที่สุดภายใต้สภาพการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ การทดลองนี้สรุปได้ว่าฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีการเจริญเติบและผลผลิตสูงที่สุด ภายใต้การพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ (andrographolide) ของฟ้าทะลายโจรพันธุ์ท้องถิ่นจำนวน 3 พันธุ์ ที่มีการตอบสนองต่อการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน ทำการทดลองตั้งแต่เดือนมีนาคม ถึง เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2560 วางแผนการทดลองแบบ split-plot in randomized complete block design จำนวน 3 ซ้ำ main plots คือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พื้นเมือง จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี พันธุ์นครปฐม และพันธุ์สระบุรี) sub plots คือ ระดับของการพรางแสง 4 ระดับ (พรางแสง 0, 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ มีการเก็บข้อมูลความสูงของลำต้น, น้ำหนักลำต้น, ใบ และรากแห้ง, ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดและใบแห้ง และปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีการเจริญเติบโตดีที่สุดในทุกระดับของการพรางแสง ตามมาด้วยพันธุ์นครปฐมและพันธุ์สระบุรี ระดับของการพรางแสงที่แตกต่างกันมีอิทธิพลอย่างมากต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของฟ้าทะลายโจร การเจริญเติบโตของลำต้น ใบ ราก น้ำหนักแห้งรวม ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดและใบแห้ง และปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ มีค่าสูงสุดที่ระดับการพรางแสง 25 เปอร์เซ็นต์ ตามมาด้วย ระดับการพรางแสง 0, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าควรแนะนำการปลูกฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีและมีการพรางแสงที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 3 ได้ดำเนินการตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2561 เพื่อศึกษาผลกระทบของการพรางแสงในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของฟ้าทะลายโจร ทำการทดลองในกระถางโดยมีการวางแผนการทดลองแบบ split-plot in randomized complete block design จำนวน 3 ซ้ำ main plots คือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พื้นเมือง จำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ปราจีนบุรี พันธุ์พิจิตร 4-4 และพันธุ์พิษณุโลก 5-4 ส่วน sub plots มีการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ช่วงเวลาที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต คือ 1) พรางแสงฟ้าทะลายโจรที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว 2) พรางแสงฟ้าทะลายโจรที่อายุ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว 3) พรางแสงฟ้าทะลายโจรที่อายุ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว และ 4) ไม่มีการพรางแสง (control) ทำการบันทึกข้อมูลลักษณะของฟ้าทะลายโจร คือ ความสูงของลำต้น น้ำหนักลำต้น ใบ และรากแห้ง น้ำหนักแห้งรวม และผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง ผลจากการทดลองพบว่า ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีการเจริญเติบโตและความสูงของลำต้น รวมไปถึงน้ำหนักใบ

แห้งและรากแห้ง น้ำหนักแห้งรวม และผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง สูงที่สุด ตามมาด้วยฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4 การพรางแสงที่ช่วงเวลาแตกต่างกันของการเจริญเติบโต มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตฟ้าทะลายโจรอย่างชัดเจน ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสงมีการเจริญเติบโตและผลผลิตน้อยที่สุด ในขณะที่การพรางแสงที่อายุ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตบางอย่างสูงกว่าไม่มีการพรางแสง แต่ก็มีค่าต่ำกว่าการพรางแสงที่อายุ 30 และ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว การเจริญเติบโตและผลผลิตที่มีค่าสูงที่สุดภายใต้การพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ คือการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว

การทดลองที่ 4 ได้ดำเนินการในระหว่างเดือนมีนาคม ถึง เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2562 เพื่อตรวจสอบผลกระทบของฟ้าทะลายโจรพันธุ์พื้นเมืองจำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) และการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต 4 ระยะ ดังนี้ 1) พรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว 2) พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะแรกของการเจริญเติบโต (ที่อายุ 30 วันหลังปลูก) 3) พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะออกดอก (ที่อายุ 60 วันหลังปลูก) 4) พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก (ที่อายุ 90 วันหลังปลูก) และ 5) ไม่มีการพรางแสง (control) วางแผนการทดลองแบบ split plot in randomized complete block design มีจำนวน 3 ซ้ำ ผลจากการทดลองพบว่าฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักลำต้นและรากแห้ง น้ำหนักแห้งรวม และผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง มีค่าสูงสุด ตามมาด้วยฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4 โดยที่การเจริญเติบโตและผลผลิตของฟ้าทะลายโจรนั้น ได้รับผลกระทบจากการพรางแสงในระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน การเจริญเติบโตทางลำต้นและน้ำหนักลำต้นแห้งมีค่าต่ำที่สุด เมื่อไม่ได้รับการพรางแสง เปรียบเทียบกับการพรางแสงเป็นเวลา 1 เดือนที่ระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ส่วนน้ำหนักลำต้นและใบแห้งมีค่าสูงที่สุด เมื่อมีพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ตามมาด้วยฟ้าทะลายโจรที่ปลูกภายใต้การพรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก ระยะออกดอก และระยะแรกของการเจริญเติบโต ตามลำดับ ซึ่งการพรางแสงที่เป็นช่วงเวลาที่ยาวนานเพิ่มขึ้น พบว่าการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีลักษณะของการเจริญเติบโตสูงที่สุด ในขณะที่การพรางแสงในช่วงเวลาสั้นๆ คือพรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะแรกของการเจริญเติบโต มีค่าต่ำที่สุด ดังนั้นฟ้าทะลายโจรที่ปลูกภายใต้การพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว แสดงให้เห็นว่ามีผลผลิตทางชีวมวล และปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ภายในใบสูงที่สุด

ดังนั้นผลจาก 4 การทดลองนี้ สามารถแนะนำได้ว่า ข้อปฏิบัติอย่างเหมาะสมสำหรับในการจัดการ และเป็นที่ยอมรับก็คือ สมควรปลูกฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรี โดยให้ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 20-25 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลานานตั้งแต่ที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว

Thesis Title	Response of Growth, Active Ingredient and Yield of *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees (Acanthaceae) Under Shading Net Condition
Student	Miss. Somanan Liphan
Student ID.	58604046
Degree	Doctor of Philosophy Program in Agriculture
Program	Agriculture
Year	2019
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Somyot Detpiratmongkol

ABSTRACT

Presently, Kalmegh (*Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees) is widely used as a medicinal plant in Thailand to treat diseases such as sore throat, flu, fever, diarrhea, and cough. Kalmegh production in some region is negatively affected by high radiation. However, the information on the effect of shade on growth and yield of kalmegh is lacking. Therefore, the aims of this study were to investigate the effect of shading on growth and yield of kalmegh. The four experiments were conducted at the Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand from December 2014 to June 2019.

The first experiment was carried out with the objectives to study the response of kalmegh growth and yield to different shading levels. The study was conducted from December 2014 to April 2015. A split plot in randomized complete block design with 3 replications was arranged. Four local kalmegh varieties (Phisanulok 5-4, Prachinburi, Ratchaburi and Phichit 4-4) and 5 shading levels (0% , 20% , 40% , 50% and 80% of shading) were as main plots and sub plots, respectively. Data were collected on growth and yield of the crop. The results showed that we were not found interaction between kalmegh varieties and shading levels. Prachinburi variety gave the highest number of branches plant^{-1}, leaf area index and leaf dry weight yield and followed by Ratchaburi, Phichit 4-4 and Phisanulok 5-4 varieties, respectively. Shading affected on growth and yield of kalmegh. In addition, significant differences were observed for all growth characters between open light condition (0% shade) and shaded plants. For different shading levels, leaf area index and leaf dry weight yield was the highest under 20% shading condition. It

was concluded that kalmegh variety Prachinburi performed better in terms of highest growth and yield grew under 20% shading condition.

In the second experiment, we studied the growth, yield and andrographolide content of three local kalmegh (*Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees) responses to varying shade levels under greenhouse conditions, from March to July 2018. Our experiment was laid out in a split plot in randomized complete block design with three replications. Three local kalmegh varieties (Prachinburi, Nakhon Prathom, and Saraburi) and four shading levels (0%, 25%, 50%, and 75% shading) were applied to the test plots. Stem height, stem, leaf, and root dry weight, seed and leaf dry weight yield and andrographolide content were recorded. The Prachinburi variety, followed by Nakhon Prathom and Saraburi, showed the strongest growth under all shade conditions. Different shading levels strongly influenced growth and kalmegh yield. The highest growth, stem, leaf, root, total dry weight, seed, and leaf dry weight yield and andrographolide content were registered at 25% shading levels followed by 0%, 50%, and 75% shading levels. We concluded that 25% shading and the local Prachinburi variety kalmegh should be recommended.

The third experiment was undertaken, from January to May 2018, to investigate the effects of shading at different growth stages on the growth, yield, and quality of kalmegh. The design of this pot experiment was split plot in randomized complete block design with three replications; three local kalmegh varieties (Prachinburi, Phisanulok 5-4, and Phichit 4-4) were the main plots. The four sub plots were 20% shading at 3 stages of growth viz: 30, 60 and 90 days after planting (DAP) till harvest and no shading which was the control. Several agronomic characteristics of kalmegh such as plant height, dry weight of stem, leaf, and root, total dry weight and leaf dry weight yield were recorded. The results indicated that Prachinbuti cultivar gave the tallest plant and stem heights as well as the highest dry weight of leaf and root, total dry weight and leaf dry weight yield, followed by Phisanulok 5-4 and Phichit 4-4. Shading at different stages of growth clearly affected the growth and yield of kalmegh. No shading resulted in the least growth and yield while shading at 90 DAP till harvest promoted some growth and yield that was higher than no shading but lower than shading at 30 and 60 DAP till harvest. The maximum values of growth and yield were observed under 20% shading at 30 DAP till harvest.

The fourth experiment was carried out during March to July 2019 to investigate the effect of three local kalmegh varieties (Prachinburi, Phisanulok 5-4 and Phichit 4-4) and four 20% shading at different growth periods such as 1) constant shading (shading at 30 days after planting till harvest) 2) shading for 1 month at early growth period (at 30 DAP) 3) shading for 1 month at

flowering period (at 60 DAP) and 4) shading for 1 month at pod formation period (at 90 DAP) and 5) open field (control). The experiment was arranged in split plot in randomized complete block design with three replications. Shoot, root, total dry weight and leaf dry weight yield of Prachinburi variety were the highest followed by Phisanulok 5-4 and Phichit 4-4. Growth and yield of kalmegh affected by shading at different growth stages. The lowest shoot dry weight was recorded for plant grown under full sunlight compared with shading for 1 month at different growth stages. The highest shoot and leaf dry weight were obtained for plant grown under content shading followed by plant grown under shading for 1 month at pod formation, flowering and early growth period, respectively. It was observed that increase in long duration of shading such as constant shading growth characteristics was the highest whereas the lowest was decrease in short duration of shading such as shading for 1 month at the early growth stage. Kalmegh grown under 20% shading at constant shading showed highest biomass production and andrographolide content in leaf.

So, these results of 4 experiments suggested that an optimized crop management practice should be adopted to ensure that kalmegh plant with Prachinburi cultivar be grown under 20-25 percent shading level and shading at 30 days after planting till harvest.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความเมตตาและกรุณาเป็นอย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ ดร. สมยศ เดชภิรัตนมงคล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อเสนอแนะต่างๆ ในการทำงานวิจัย รวมทั้งช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนมีความสมบูรณ์ และดูแลข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาที่ศึกษาปริญญาเอกเป็นอย่างดี ต้องขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. นพ. เผด็จ สิริยะเสถียร รองศาสตราจารย์ ดร. มยุรา สุนย์วีระ รองศาสตราจารย์ ดร. พรหมมาศ คูหากาญจน์ และ ดร. มัลลิกา กิลาโส ซึ่งเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ รวมทั้งช่วยตรวจทานแก้ไขจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมทั้ง รองศาสตราจารย์ ดร. สุวรินทร์ บำรุงสุข และคณาจารย์ทุกท่านที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ ชี้แนะ และให้คำปรึกษาในด้านต่างๆ

ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ได้สนับสนุนทุนในการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งทุนสนับสนุนการเสนอผลงานทางวิชาการ และการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ ขอขอบพระคุณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยประเภทบัณฑิตศึกษา จากงบประมาณเงินรายได้ ปีการศึกษา 2561 (Grant No. 2561-01-04-011) และ “ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2562” แผนงานเสริมสร้างศักยภาพและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ ตามทิศทางยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม: ประเภทบัณฑิตศึกษา (KMITLGRAD03/2562) ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร. จรัญ ดิษฐไชยวงศ์ และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ฟ้าทะลายโจรที่นำมาใช้ในการทดลอง รวมทั้งให้ข้อมูลและคำแนะนำต่างๆ ที่นำมาใช้ในงานวิจัย ขอขอบพระคุณ อาจารย์ปรารถนา กังสดาลย์ และ รองศาสตราจารย์ ดร. จอห์น มอร์ริส ที่ให้คำปรึกษาในการเขียนบทความทางวิชาการเพื่อตีพิมพ์ลงในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ

ขอขอบพระคุณ ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาการผลิตพืช และห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของวิชาเอกพืชไร่ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นต่องานวิจัย

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ห้องวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ประจำแปลงเกษตร ทุกท่าน ที่ให้ความสะดวกในการทำงานและการทำการทดลอง รวมทั้ง เพื่อนๆ ทุกคน พี่และน้องนักศึกษาระดับปริญญาเอก ปริญญาโท และปริญญาตรี ที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจกันตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสมบัติ ลิพันธ์ คุณแม่เขียน ลิพันธ์ และพี่เบญจารัตน์ ลิพันธ์ (พี่สาว) ที่ได้ดูแล อบรมสั่งสอน ให้กำลังใจ ให้การสนับสนุนข้าพเจ้ามาทั้งชีวิต และประโยชน์อันเนื่องมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ครอบครัวและผู้มีพระคุณของข้าพเจ้าทุกคน

โสมนันทน์ ลิพันธ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... IV

กิตติกรรมประกาศ..... VII

สารบัญ..... VIII

สารบัญตาราง..... X

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 4

1.3 ความมุ่งหมายของการศึกษา..... 4

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ฟ้าทะลายโจร..... 5

2.2 การเขตกรรมของฟ้าทะลายโจร..... 6

2.3 ประโยชน์ของฟ้าทะลายโจร..... 8

2.4 ลักษณะพันธุ์ของฟ้าทะลายโจร..... 9

2.5 แสง และการพรางแสงกับการเจริญเติบโตของพืช..... 12

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ..... 19

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง..... 19

3.2 สถานที่ทำการทดลอง และแผนการดำเนินการ..... 21

3.3 วิธีการดำเนินการ..... 22

บทที่ 4 ผลการทดลอง..... 32

4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาถึงผลของการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน ที่มีต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิต และสารสำคัญ ในฟ้าทะลายโจร จำนวน 4 พันธุ์..... 32

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาถึงผลของการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน ที่มีต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิต และสารสำคัญ ในฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์..... 48

4.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาถึงการพรางแสงในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิต และปริมาณสารสำคัญในฟ้าทะลายโจร..... 62

4.4 การทดลองที่ 4 การศึกษาถึงการพรางแสงที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโตที่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิต และปริมาณสารสำคัญในฟ้าทะลายโจร..... 78

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง..... 95

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง..... 112

บรรณานุกรม..... 114

ประวัติผู้เขียน..... 134

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์..... 137

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบ (SPAD value) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 4 พันธุ์ (พันธุ์พิษณุโลก 5-4, พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์ราชบุรี และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน……	34
4.2	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 4 พันธุ์ (พันธุ์พิษณุโลก 5-4, พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์ราชบุรี และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน……..……...	35
4.3	ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร) และจำนวนกิ่งต่อต้น (กิ่ง) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 4 พันธุ์ (พันธุ์พิษณุโลก 5-4, พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์ราชบุรี และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน……..……..	37
4.4	น้ำหนักลำต้นแห้ง และน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 4 พันธุ์ (พันธุ์พิษณุโลก 5-4, พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์ราชบุรี และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน…….	39
4.5	ดัชนีพื้นที่ใบ ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 4 พันธุ์ (พันธุ์พิษณุโลก 5-4, พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์ราชบุรี และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน……..……	40
4.6	น้ำหนักรากแห้ง และน้ำหนักดอกแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 4 พันธุ์ (พันธุ์พิษณุโลก 5-4, พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์ราชบุรี และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน…….	42
4.7	น้ำหนักฝักแห้ง และน้ำหนักแห้งรวม (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 4 พันธุ์ (พันธุ์พิษณุโลก 5-4, พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์ราชบุรี และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน…….	44
4.8	ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้ง และผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 4 พันธุ์ (พันธุ์พิษณุโลก 5-4, พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์ราชบุรี และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน……..……...	46

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.9	แอนโดรกราโฟไลด์ในใบ (เปอร์เซ็นต์) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 4 พันธุ์ (พันธุ์พิษณุโลก 5-4, พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์ราชบุรี และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน……	47
4.10	ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบ (SPAD value) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์นครปฐม และพันธุ์สระบุรี) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน……..……..	49
4.11	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์นครปฐม และพันธุ์สระบุรี) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน……..……..	50
4.12	ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร) และจำนวนกิ่งต่อต้น (กิ่ง) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์นครปฐม และพันธุ์สระบุรี) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน……..……	52
4.13	น้ำหนักลำต้นแห้ง และน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์นครปฐม และพันธุ์สระบุรี) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน……...……	53
4.14	ดัชนีพื้นที่ใบ ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์นครปฐม และพันธุ์สระบุรี) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน…….....	55
4.15	น้ำหนักรากแห้ง และน้ำหนักดอกแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์นครปฐม และพันธุ์สระบุรี) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน……..……..	56
4.16	น้ำหนักฝักแห้ง และน้ำหนักแห้งรวม (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์นครปฐม และพันธุ์สระบุรี) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน……..……..	58
4.17	ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้ง และผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์นครปฐม และพันธุ์สระบุรี) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน…….	60

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.18	แอนโดรกราโฟไลด์ในใบ (เปอร์เซ็นต์) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์นครปฐม และพันธุ์สระบุรี) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน……	61
4.19	ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบ (SPAD value) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต.....	63
4.20	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต…….....	64
4.21	ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร) และจำนวนกิ่งต่อต้น (กิ่ง) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต……...……...……...…….....	66
4.22	ดัชนีพื้นที่ใบ ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต……...……...…….....	68
4.23	น้ำหนักลำต้นแห้ง และน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต……	69
4.24	น้ำหนักรากแห้ง และน้ำหนักดอกแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต……	71
4.25	น้ำหนักฝักแห้ง และน้ำหนักแห้งรวม (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูกเมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต..	73

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.26	ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้ง และผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต……	75
4.27	แอนโดรกราโฟไลด์ในใบ (เปอร์เซ็นต์) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต……..	77
4.28	ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบ (SPAD value) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต…..	79
4.29	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต…….……	81
4.30	ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร) และจำนวนกิ่งต่อต้น (กิ่ง) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต……	83
4.31	ดัชนีพื้นที่ใบ ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต…….……	85
4.32	น้ำหนักลำต้นแห้ง และน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต……...	86

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.33	น้ำหนักรากแห้ง และน้ำหนักดอกแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต……..	88
4.34	น้ำหนักฝักแห้ง และน้ำหนักแห้งรวม (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต……..	90
4.35	ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้ง และผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต……	92
4..36	แอนโดรกราโฟไลด์ในใบ (เปอร์เซ็นต์) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต…….	94

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ฟ้าทะลายโจร (Kalmegh) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees อยู่ในวงศ์ Acanthaceae เนื่องจากเป็นพืชที่มีรสขมมากจึงถูกขนานนามว่า King of bitters (Abhishek *et al.* 2010) เป็นพืชสมุนไพรที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศอินเดีย และประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Saravanan *et al.* 2008) ในปี พ.ศ. 2542 กระทรวงสาธารณะสุขของไทย ได้จัดให้พืชสมุนไพรฟ้าทะลายโจรอยู่ในบัญชียาหลักแห่งชาติ (มัลลิกา แสงเพชร และจรัญ ดิษฐไชยวงศ์. 2548) ฟ้าทะลายโจรเป็นพืชป่าที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในที่ร่มเป็นพุ่มไม้หรือในทุ่งโล่ง (Saravanan *et al.* 2008) เป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ในบางครั้งมีการปลูกสำหรับนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ยาเพื่อรักษาโรค ที่ได้รับการใช้อย่างกว้างขวาง เช่น ความดันโลหิตสูง ความดันโลหิตต่ำ โรคเบาหวาน ไข้หวัดใหญ่ แก้ไข้ แก้เจ็บคอ ป้องกันอาการท้องร่วง โรคบิด อาการไอ ต้านการอักเสบ ตับอักเสบ ป้องกันการบวม ป้องกันเนื้องอก และปกป้องตับจากสารพิษ (Akbar. 2011; Biffa. 2003; Heyne. 1987; Jaganath and Teik. 2003; Kumaran *et al.* 2003; Niranjan *et al.* 2010; Shah *et al.* 2007; Winarto. 2003) และในปี พ.ศ. 2549 ได้มีประกาศเพิ่มเติมจากกระทรวงสาธารณะสุขของไทย ให้ฟ้าทะลายโจรสามารถรักษาอาการท้องเสียแบบไม่ติดเชื้อ อ่อนเพลีย ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ และน้ำมูกไหล ซึ่งเป็นอาการของไข้หวัดได้ด้วย (มัลลิกา แสงเพชร และจรัญ ดิษฐไชยวงศ์. 2548) การที่ฟ้าทะลายโจรมีฤทธิ์เป็นยาได้ก็เนื่องมาจากสารสำคัญหรือองค์ประกอบเคมีที่อยู่ในพืชสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่มีประโยชน์ทางเภสัชวิทยา คือ Diterpene lactone โดยมี Andrographolide เป็นส่วนประกอบหลัก (Aromdee *et al.* 2005; Purwanto *et al.* 2011) ในปัจจุบันกระแสความต้องการบริโภคสินค้าเพื่อสุขภาพมีการขยายตัวเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งฟ้าทะลายโจรสามารถใช้เป็นทางเลือกในการป้องกันและดูแลสุขภาพได้อีกทางเลือกหนึ่ง (ปรารถนา ไปเหนือ. 2557) จึงทำให้เกษตรกรมีความสนใจ และขยายพื้นที่เพื่อเพาะปลูกฟ้าทะลายโจรเป็นการค้ากันเพิ่มมากขึ้น แต่ปริมาณผลผลิตฟ้าทะลายโจรที่เกษตรกรเก็บเกี่ยวได้ยังคงมีความไม่แน่นอน และมีคุณภาพไม่ดี (Purwanto *et al.* 2011) สำหรับแหล่งปลูกฟ้าทะลายโจรที่สำคัญของประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดนครปฐม ราชบุรี อุตรดิตถ์ พิษณุโลก สุพรรณบุรี สระแก้ว และปราจีนบุรี เป็นต้น (พรพิมล สุริยภัทร และคณะ. 2547) ผลผลิตเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของฟ้าทะลายโจรทั้งประเทศอยู่ที่ 400 กิโลกรัม

ต่อไร่ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างต่ำ (กุหลาบ หมายสุขกลาง. 2559) ดังนั้นถ้าได้มีการวิจัยและพัฒนาการผลิตอย่างเหมาะสม ก็จะสามารถเพิ่มผลผลิตต่อไร่ของฟ้าทะลายโจรให้มากขึ้นได้

แสงมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาการของพืช และเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อวงจรชีวิตของพืช เพราะเป็นแหล่งพลังงานที่ก่อให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์แสง ความเข้มของแสงที่แตกต่างกันอาจมีผลแตกต่างกันไปในการพัฒนาการของพื้นที่ใบ การเจริญเติบโต และผลผลิตของพืช (Martin *et al.* 2011) สำหรับการพรางแสงจึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อลดความเข้มของแสง อุณหภูมิ และเพิ่มความชื้นในแปลงปลูก (Nur Faezah *et al.* 2015) พืชที่ได้รับระดับความเข้มของแสงที่เหมาะสมจะนำไปสู่ความสมดุลระหว่างการคายน้ำในใบของพืช ที่มีการดูดซึมน้ำและแร่ธาตุจากรากพืชเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และการพัฒนาการของพืชจึงจะสมบูรณ์ (Sulandjari *et al.* 2005) พืชเมื่อได้รับความเข้มของแสงที่มากจนเกินไปจะมีผลไปทำลายกระบวนการสังเคราะห์ด้วยความเข้มของแสงที่มากที่นำไปสู่การยับยั้งการสังเคราะห์แสง เนื่องจากมีผลโดยตรงต่อการทำลายรงควัตถุที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Kumar *et al.* 2012; Ferus and Arokosiova. 2001) ในขณะเดียวกันการพรางแสงอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิต โดยทำให้เกิดการยับยั้งด้วยแสง (Photo-inhibit) ซึ่งเป็นผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อกระบวนการเผาผลาญอาหารของพืช (Vyas. 2004) Medany *et al.* (2009) ได้ศึกษาถึงการเจริญเติบโตของพริกหวานที่ให้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้นภายใต้โรงเรือนที่คลุมด้วยตาข่ายพรางแสง เนื่องจากการพรางแสงมีผลทำให้อุณหภูมิ ความเร็วลม และความเข้มของแสง มีค่าลดลง แต่ความชื้นในแปลงปลูกเพิ่มขึ้น Saravanan *et al.* (2008) ได้ทดลองพรางแสงให้กับฟ้าทะลายโจรในระดับความเข้มของแสงที่แตกต่างกัน พบว่าปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์มีค่าไม่แตกต่างกัน และการปลูกโดยไม่ได้รับการพรางแสง ฟ้าทะลายโจรให้ผลผลิตสูงที่สุด Purwanto *et al.* (2011) พบว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างปุ๋ยหมักฟางข้าวและระดับของการพรางแสง 25 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตดีที่สุด และให้ปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์สูงมากที่สุด จรัญ ดิษฐไชยวงศ์ และคณะ (2552) รายงานว่าการพรางแสงและไม่พรางแสง มีผลทำให้ความสูงของลำต้นและความกว้างของทรงพุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่การพรางแสงมีผลทำให้ผลผลิตลดลงแตกต่างกันทางสถิติกับการไม่พรางแสง และมีปริมาณแลคโตนรวมสูงสุดเมื่อมีการพรางแสง 70 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สุจรรยา พงษ์สวรรค์ และวิชัย หวังวโรดม (2549) กล่าวว่าการพรางแสงระดับต่างๆ นั้น ไม่มีผลแตกต่างกันในทางสถิติกับผลผลิตฟ้าทะลายโจร และปริมาณแลคโตนรวมมีค่าต่ำสุดเมื่อได้รับการพรางแสง 70 เปอร์เซ็นต์ Medany *et al.* (2009); Helal and Ghany (2010) พบว่า ที่ระดับความเข้มแสง 35 เปอร์เซ็นต์ พืชมีการสะสมน้ำหนักแห้งเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากใบมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงเพิ่มมากขึ้นกว่าการได้รับแสงแดดโดยตรง ซึ่งก่อให้เกิดประสิทธิภาพการใช้แสงเพิ่มมากขึ้น (Light use efficiency : LUE) ส่วน Jeong *et al.* (2007) รายงานว่าพื้นที่ใบของต้นปาล์มจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อระดับการพรางแสงที่เพิ่มมากขึ้น Bushra *et al.* (2012) ได้ทดลองพรางแสงในระยะเวลาที่ยาวนานแตกต่างกันในมะเขือเทศพันธุ์ Roma และ Rio

Grande พบว่าการพรางแสงในระยะเวลาที่ยาวนานมีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของมะเขือเทศในช่วงฤดูร้อนมีค่าเพิ่มมากขึ้น D´ıaz-Perez (2014) พบว่าผลผลิตของพริกหยวกมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามสภาพของความยาวนานของการพรางแสง Milenkovic *et al.* (2012); Rodr´ıguezdel-Bosque *et al.* (2005) กล่าวว่า พริก Piquin และ '*Chameleon*' peppers (also C. *annuum* L.) ที่ได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่ตลอดอายุการเจริญเติบโต มีผลทำให้ผลผลิตลดลง ส่วนการพรางแสงบางส่วนมีผลทำให้ผลผลิตของพริกมีค่าสูงที่สุด

อย่างไรก็ตามจากที่กล่าวมาทั้งหมดนี้พบว่า การพรางแสงมีบทบาทที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น และผลผลิตของพืชเป็นอย่างมาก สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจร พื้นที่การปลูกฟ้าทะลายโจรนั้นก็มีความแตกต่างกัน บางพื้นที่มีการปลูกในที่โล่ง และบางพื้นที่ก็ปลูกในสภาพที่มีการพรางแสง ซึ่งจากการตรวจเอกสารงานวิจัยทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศที่ศึกษาเกี่ยวกับการพรางแสงฟ้าทะลายโจร ก็พบว่ามีการศึกษากันอยู่ไม่มากนัก อีกทั้งผลการทดลองที่ได้ก็ยังคงมีความแตกต่างกัน จึงได้ทำการทดลองพรางแสงในระดับที่แตกต่างกันให้แก่ฟ้าทะลายโจร นอกจากนี้จากการศึกษางานในต่างประเทศบางงานทดลองก็พบว่า การพรางแสงโดยตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต มีผลทำให้ผลผลิตและสารออกฤทธิ์ที่สำคัญมีค่าลดลงได้ ผู้ทำการวิจัยจึงมีแนวความคิดว่าถ้ามีการพรางแสงในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตฟ้าทะลายโจรมีการตอบสนองเป็นอย่างไร เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่พรางแสง หรือมีการพรางแสงตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต อีกทั้งบางช่วงฟ้าทะลายโจรอาจต้องการพรางแสงเพียงบางช่วงของการเจริญเติบโตเท่านั้น ซึ่งการตอบสนองของฟ้าทะลายโจรกับการพรางแสงเป็นอย่างใด ยังไม่เคยมีการศึกษากันมาก่อน จึงได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ขึ้น นอกจากนี้ยังได้ศึกษาเพิ่มเติมถึงพันธุ์ฟ้าทะลายโจรที่เกษตรกรใช้ปลูก พบว่ามีการใช้พันธุ์ปลูกที่แตกต่างกันมาก อย่างไรก็ตามการศึกษาในครั้งนี้ผู้ทำการวิจัยได้ทำการคัดเลือกพันธุ์ฟ้าทะลายโจรที่เกษตรกรมีการปลูกกันโดยทั่วไป ซึ่งมีการเจริญเติบโตที่ดีและให้ผลผลิตสูงจำนวน 6 พันธุ์ นำมาปลูกเปรียบเทียบกันว่าพันธุ์ใดจะให้ผลผลิตสูงสุด และเมื่อได้รับการพรางแสงในระดับใด และพรางแสงในช่วงเวลาใดของการเจริญเติบโต รวมทั้งความยาวนานของการพรางแสงแตกต่างกันนั้น ฟ้าทะลายโจรทั้ง 6 พันธุ์ จะมีการตอบสนองเป็นอย่างไร การทดลองนี้มีประโยชน์กับเกษตรผู้ปลูกฟ้าทะลายโจรเป็นอย่างมาก เพื่อที่เกษตรกรจะได้ทราบว่าสมควรเลือกปลูกฟ้าทะลายโจรพันธุ์ใด ควรพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับเท่าใด และนอกจากนี้ควรพรางแสงในช่วงเวลาใดของการเจริญเติบโตและพรางแสงด้วยความยาวนานเท่าใด จึงจะทำให้ฟ้าทะลายโจรมีผลผลิตมากที่สุด ซึ่งการทดลองนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการเพิ่มผลผลิตฟ้าทะลายโจรให้มีค่าเพิ่มมากขึ้น และเมื่อนำมาขายก็จะทำให้ให้เกษตรกรมีรายได้ที่เพิ่มมากขึ้นได้ในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อต้องการทราบถึงการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิต และสารออกฤทธิ์ที่สำคัญ คือ แอนโดรกราโฟไลด์ (Andrographolide) ของฟ้าทะลายโจรจำนวน 6 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์พิษณุโลก 5-4, ปราจีนบุรี, ราชบุรี, พิจิตร 4-4, นครปฐม และสระบุรี

1.2.2 เพื่อต้องการทราบถึงการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิต และสารออกฤทธิ์ที่สำคัญ คือ แอนโดรกราโฟไลด์ ของฟ้าทะลายโจรทั้ง 6 พันธุ์ เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน ช่วงเวลาของการพรางแสงที่แตกต่างกัน และความยาวนานของการพรางแสงที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบกันกับที่ไม่พรางแสง

1.3 ความมุ่งหมายของการศึกษา

1.3.1 ทำให้ทราบว่าฟ้าทะลายโจรที่ได้นำมาศึกษา 6 พันธุ์ ได้แก่ พิษณุโลก 5-4, ปราจีนบุรี, พิจิตร 4-4, ราชบุรี, สระบุรี และนครปฐม มีการเจริญเติบโตทางลำต้นและให้ผลผลิตแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด นอกจากนี้พันธุ์ใดมีสารออกฤทธิ์ที่สำคัญ คือ แอนโดรกราโฟไลด์ มีค่ามากที่สุด

1.3.2 ทำให้ทราบว่าการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรที่เหมาะสม ควรเป็นระดับการพรางแสงเท่าใดจึงจะทำให้ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตที่ดี และให้ผลผลิตสูงสุด

1.3.3 ทำให้ทราบว่าการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจร ควรพรางแสงช่วงเวลาใดของการเจริญเติบโต ฟ้าทะลายโจรจึงจะมีการเจริญเติบโตที่ดี และให้ผลผลิตสูงสุด

1.3.4 ทำให้ทราบถึงการเจริญเติบโต และผลผลิต ของฟ้าทะลายโจร เมื่อได้รับการพรางแสง โดยมีความยาวนานของการพรางแสงที่แตกต่างกัน ความยาวนานในการพรางแสงเท่าใด ฟ้าทะลายโจรจึงมีการเจริญเติบโตที่ดี และให้ผลผลิตสูงสุด

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฟ้าทะลายโจร (Kalmegh) เป็นพืชสมุนไพรล้มลุกและเป็นไม้พุ่ม มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees อยู่ในวงศ์ Acanthaceae เป็นที่รู้จักกันในนาม “King of bitters” เนื่องจากมีรสชาดที่ขมมาก (Kumar *et al.* 2012) ฟ้าทะลายโจรมีการปลูกกระจายอยู่ทั่วไปในประเทศแถบเอเชียเขตร้อนโดยเฉพาะในอินเดีย ศรีลังกา ปากีสถาน อินโดนีเซีย มาเลเซีย จีน ไทย อินเดียตะวันออกและตะวันตก และมอริเชียส เป็นต้น สามารถพบได้หลากหลายถิ่นในพื้นที่ราบลุ่ม เนินเขา แนวชายฝั่งทะเล และพื้นที่อื่นๆ เช่น ฟาร์ม และพื้นที่รกร้าง (Nur Faezah *et al.* 2015; Palaniswamy. 2005) สำหรับในประเทศไทยฟ้าทะลายโจรมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามท้องถิ่น เช่น ฟ้าทะลายโจร, น้ำลายพังพอน (กรุงเทพฯ), หญ้ากันงู (สงขลา), ฟ้าสาง (พนัสนิคม), เขยตาย ยายคลุม (โพธาราม), สามสิบดี (ร้อยเอ็ด), เมฆทะลาย (ยะลา) และฟ้าสะท้าน (พัทลุง) เป็นต้น (ทวีผล เดชาติวงศ์ ณ อยุธยา และคณะ. 2542) ฟ้าทะลายโจรเป็นหนึ่งในพืชสมุนไพรที่สำคัญที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีฤทธิ์ทางด้านเภสัชวิทยาต่างๆ รวมถึงการต้านทานต่อมะเร็ง และการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน (Kumar *et al.* 2012) และต้านการอักเสบเช่นเดียวกับยาต้านมาลาเรีย (Mishra *et al.* 2007) สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปลูกฟ้าทะลายโจรอยู่ในสภาพภูมิอากาศแบบเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน ที่มีปริมาณน้ำฝน 1,500-2,000 มิลลิเมตรต่อปี (Zaharah *et al.* 2001) ฟ้าทะลายโจรสามารถเจริญเติบโตได้ดีในที่มีร่มเงา เช่น ในพงป่า (Valdiani *et al.* 2012)

2.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์ฟ้าทะลายโจร

2.1.1 ลำต้น (Stem)

ฟ้าทะลายโจรมีลำต้นตั้งตรงเป็นสี่เหลี่ยมยาวและเรียวเห็นได้ชัดเจน ลำต้นสีเขียวเข้ม มีความสูงประมาณ 30-100 เซนติเมตร ลักษณะทรงต้นมีตั้งแต่แตกกิ่งมากเป็นพุ่มเล็ก และทรงพุ่มทึบทั้งต้นมีรสขม (ทวีผล เดชาติวงศ์ ณ อยุธยา และคณะ. 2542; สถาบันวิจัยสมุนไพร. 2542)

2.1.2 ใบ (Leaf)

ใบมีลักษณะเป็นใบเดี่ยวติดกับลำต้นเป็นคู่แบบตรงกันข้ามในแต่ละข้อ มีก้านใบยาว 2-8 มิลลิเมตร หรือไม่มีก้านใบ รูปร่างของใบเป็นรูปใบหอก รูปไข่หรือยาวรี มีความกว้าง 1-4 เซนติเมตร และยาว 2-12 เซนติเมตร ใบออกเป็นคู่ตรงกันข้ามบริเวณข้อ และสลับตั้งฉากกับคู่ถัดไป ลักษณะโคนใบและปลายใบแหลม ขอบใบหยักตื้นหรือเรียบ ขึ้นอยู่กับชนิดหรือพันธุ์ฟ้าทะลายโจร

ใบใกล้ปลายยอดจะมีขนาดเล็กลง แผ่นใบสีเขียวเข้มเป็นมัน ผิวใบด้านบนมีสีเข้มกว่าด้านใต้ใบ เส้นใบมีข้างละ 5-7 เส้น (ชาตรี ชาญประเสริฐ และดรุณ เพ็ชรพลาย. 2531; ทวีผล เดชาติวงศ์ ณ อยุธยา และคณะ. 2542; สถาบันวิจัยสมุนไพร. 2542)

2.1.3 ดอก (Flower)

ฟ้าทะลายโจรมีการออกดอกออกเป็นดอกช่อ (Panicle) และออกที่บริเวณปลายยอดหรือซอกโคนก้านใบใกล้ยอด ช่อดอกโปร่งมีความยาว 5-30 เซนติเมตร ลักษณะของดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ บริเวณด้านนอกของกลีบดอกมีขน กลีบเลี้ยงมีจำนวน 5 กลีบ ยาวประมาณ 3-4 มิลลิเมตร เชื่อมติดกัน กลีบดอกมีจำนวน 5 กลีบ กลีบดอกเชื่อมติดกันปลายแยกเป็น 5 แฉก แบ่งเป็น 2 ปาก (Lip) ปากบนมี 3 แฉก ยาวประมาณ 5-7 มิลลิเมตร สีของดอกมีสีขาวแต้มด้วยสีม่วงเข้ม ปากล่างมี 2 แฉก ยาวไล่เลี่ยกัน ปากบนสีขาว เกสรตัวผู้มี 2 อัน ติดที่บริเวณปากหลอดของกลีบดอก ก้านชูอับเรณูยาวประมาณ 6-8 มิลลิเมตร มีขน อับเรณูมีสีม่วงเข้มมี 2 ห้อง หรือ 2 Carpel ตำแหน่งของรังไข่อยู่เหนือวงกลีบดอก (Superior ovary) โดยก้านชูยอดเกสรตัวเมีย (Style) มี 1 อัน ยาวโค้งแนบชิดกับก้านชูอับเรณู ส่วนยอดเกสรตัวเมียมีลักษณะเรียวแหลม (ชาตรี ชาญประเสริฐ และดรุณ เพ็ชรพลาย. 2531; สถาบันวิจัยสมุนไพร. 2542)

2.1.4 ฝักและเมล็ด (Pod and Seed)

ผลหรือฝักของฟ้าทะลายโจรมีรูปร่างขอบขนาน ลักษณะค่อนข้างแบน มีความกว้าง 2-4 มิลลิเมตร และยาว 1-2 เซนติเมตร บริเวณปลายและโคนแหลม ฝักอ่อนมีสีเขียวและฝักแก่มีสีน้ำตาล เมื่อแก่ฝักจะแตกออกเป็นสองซีก มีเมล็ดภายในจำนวน 8-14 เมล็ดต่อฝัก เมล็ดมีลักษณะค่อนข้างเล็กรูปร่างคล้ายสี่เหลี่ยม และมีลักษณะแบนมีสีน้ำตาลแดง (ชาตรี ชาญประเสริฐ และดรุณ เพ็ชรพลาย. 2531; ทวีผล เดชาติวงศ์ ณ อยุธยา และคณะ. 2542; สถาบันวิจัยสมุนไพร. 2542)

2.2 การเขตกรรมของฟ้าทะลายโจร

ฟ้าทะลายโจรเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ในทุกฤดูกาล และเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตได้ทั้งในที่ร่ม และกลางแจ้ง โดยจะเจริญเติบโตได้ดีในภูมิอากาศร้อนหรือร้อนชื้น ฤดูปลูกที่เหมาะสมคือช่วงต้นฤดูฝนราวเดือนเมษายน ถึง ต้นเดือนพฤษภาคม (มัลลิกา แสงเพชร และจรัญ ดิษฐ์ไชยวงศ์. 2548; สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2549)

2.2.1 การเตรียมดิน

การเตรียมดินสำหรับปลูกฟ้าทะลายโจรควรเป็นดินร่วนซุยที่มีการระบายน้ำดี การเตรียมดินที่ดี นอกจากจะเป็นการปรับให้ดินร่วนซุยแล้ว ยังเป็นการกำจัดวัชพืชอีกด้วย ในพื้นที่ปลูกฟ้าทะลายโจรนั้นตามปกติมีวัชพืชไม่มากนัก จึงทำให้การไถพรวนเพียงครั้งเดียวก็เพียงพอ แต่ถ้าทำการปลูกในพื้นที่มีวัชพืชมากและหน้าดินแข็ง ควรทำการไถพรวน 2 ครั้ง คือ ไถดะแล้วตากดินทิ้งเอาไว้ 1-2 สัปดาห์ แล้วจึงทำการไถแปรอีกครั้ง สำหรับพื้นที่ปลูกที่เป็นที่ลุ่มและปลูกในช่วงฤดูฝน ควรทำการขุดยกร่องแปลงเพื่อป้องกันน้ำท่วมขัง โดยขุดยกแปลงให้สูง 15-20 เซนติเมตร ขนาดของแปลงมีความกว้าง 1-2 เมตร ส่วนความยาวของแปลงตามความเหมาะสมของขนาดพื้นที่ ควรเว้นทางเดินระหว่างแปลงปลูกประมาณ 1 เมตร เพื่อทำให้การเข้าไปปฏิบัติงานในแปลงได้สะดวก และควรมีการให้น้ำอย่างเพียงพอในช่วงก่อนปลูก (ชาตรี ชาญประเสริฐ และดรุณ เพ็ชรพลาย. 2531; โครงการสมุนไพรเพื่อการพึ่งตนเอง. 2534)

2.2.2 วิธีการปลูก

สำหรับวิธีการปลูกฟ้าทะลายโจร สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธีคือ

1. การปลูกแบบเพาะกล้าโดยทำการเพาะกล้าในแปลงเพาะกล้า และจะมีการย้ายกล้าปลูกเมื่อมีอายุประมาณ 30 วันหลังงอก หรือเมื่อมีใบประมาณ 10-14 ใบ จากนั้นนำต้นกล้าลงปลูกในแปลงที่เตรียมไว้ โดยปลูกจำนวน 1 ต้นต่อหลุม ซึ่งการปลูกวิธีนี้เหมาะสำหรับแปลงปลูกที่มีปัญหาวัชพืชระบาดอย่างรุนแรงหรือในกรณีที่เมล็ดพันธุ์มีราคาแพง หรือมีจำนวนเมล็ดพันธุ์ในปริมาณที่จำกัด ก่อนปลูกเมล็ดฟ้าทะลายโจรควรกระตุ้นการงอกโดยนำเมล็ดพันธุ์ไปแช่ลงน้ำธรรมดาประมาณ 2 คืน หรือแช่ลงน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส นานประมาณ 5-10 นาที (ณัฐสุดา สุคันธปรีย์. 2536)

2. การปลูกแบบหว่าน โดยมากใช้เมล็ดพันธุ์นำมาผสมกับทรายหยาบในอัตรา 1 : 1 หรือ 2 : 1 (ชาตรี ชาญประเสริฐ และดรุณ เพ็ชรพลาย. 2531)

3. การปลูกแบบโรยเมล็ดเป็นแถว โดยขุดดินให้เป็นร่องตื้นๆ และเป็นแถวยาว มีระยะห่างระหว่างแถวประมาณ 40 เซนติเมตร จากนั้นโรยเมล็ดพันธุ์ลงไป และมีการกลบดินบางๆ ลงทับเมล็ดพันธุ์ (สถาบันการแพทย์แผนไทย. 2553)

2.2.3 การดูแลรักษา

การกำจัดวัชพืชสำหรับการปลูกแบบหว่านและแปลงเพาะเมล็ด มีการกำจัดวัชพืชโดยการถอน ส่วนการปลูกแบบโรยเป็นแถว แบบหยอดหลุม และปลูกด้วยต้นกล้า สามารถกำจัดวัชพืชโดยการถอนหรือใช้เครื่องมือช่วยก็ได้ (โครงการสมุนไพรเพื่อการพึ่งตนเอง. 2534)

สำหรับการป้องกันกำจัดโรคพืชและแมลง ในปัจจุบันโรคพืชและแมลงที่ทำความเสียหายอย่างรุนแรงไม่พบในการปลูกฟ้าทะลายโจร มีแต่เพียงเล็กน้อยที่ทำความเสียหายบ้างเท่านั้น ได้แก่ โรคโคนต้นเน่า และรากเน่า จะพบบริเวณโคนต้นและรากที่สามารถขาดออกจากกันได้ง่าย สาเหตุของโรคโคนต้นเน่า และรากเน่านั้น สาเหตุเนื่องมาจากเชื้อรา *Fusarium* sp. อาการของโรคโคนต้นเน่า และรากเน่า ต้นฟ้าทะลายโจรจะแสดงอาการเหี่ยวเพิ่มขึ้นเป็นลำดับจนแห้งตายในที่สุด และบางส่วนเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม การป้องกันและกำจัดในเบื้องต้นควรถอนและทำลายต้นฟ้าทะลายโจรที่เกิดโรค สำหรับอีกโรคหนึ่งที่พบคือโรคแอนแทรคโนสจะพบอาการที่ตรงกลางใบหรือปลายใบ อาการที่พบบนใบคือ เนื้อใบแห้งตายมีลักษณะเป็นสีฟางข้าว ขอบแผลสีเข้ม สาเหตุของโรคมาจากเชื้อรา *Colletotrichum* sp. การป้องกันและกำจัดในเบื้องต้นควรถอนและทำลายต้นฟ้าทะลายโจรที่เกิดโรค (สถาบันวิจัยสมุนไพร. 2542)

2.3 ประโยชน์ของฟ้าทะลายโจร

2.3.1 ส่วนที่นำไปใช้ประโยชน์

ลำต้น ใบสด และใบแห้ง โดยมากมักจะเก็บใบมาใช้เมื่อต้นฟ้าทะลายโจรมีอายุได้ 3-5 เดือน (มัลลิกา แสงเพชร และจรัญ ดิษฐไชยวงศ์. 2548)

2.3.2 สรรพคุณของฟ้าทะลายโจร

สรรพคุณของฟ้าทะลายโจรมี 4 ประการ คือ

1. แก้ไข้ทั่วๆ ไป เช่น ไข้หวัด และไข้หวัดใหญ่

2. ระงับอาการอักเสบ พวกไอ เจ็บคอ คออักเสบ ต่อมทอนซิลอักเสบ หลอดลมอักเสบ และขับเสมหะ

3. สามารถใช้รักษาโรคผิวหนัง ฝี แก้ติดเชื้อที่ทำให้ปวดท้อง ท้องเสีย บิด แก้กระเพาะและลำไส้อักเสบได้

4. เป็นยาขมเจริญอาหาร (มัลลิกา แสงเพชร และจรัญ ดิษฐ์ไชยวงศ์. 2548; สถาบันวิจัยสมุนไพร. 2542)

2.3.3 สารออกฤทธิ์ที่สำคัญ

ฟ้าทะลายโจรมีสารออกฤทธิ์ที่สำคัญประเภท ไดเทอร์ฟีน แลคโตน (Diterpene lactones) ได้แก่ แอนโดรกราโฟไลด์ (Andrographolide) มีฤทธิ์ลดไข้และต้านการอักเสบ และดีออกซีแอนโดรกราโฟไลด์ (Deoxyandrographolide) ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของท้องร่วง

มาตรฐานของฟ้าทะลายโจรที่ใช้ในการผลิตยาจะต้องมี Andrographolide ไม่น้อยกว่า 6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (สถาบันวิจัยสมุนไพร. 2542)

2.4 ลักษณะพันธุ์ของฟ้าทะลายโจร

ลักษณะพันธุ์ของฟ้าทะลายโจร พบว่า ฟ้าทะลายโจรส่วนใหญ่ที่ปลูกเป็นพันธุ์พื้นเมืองมีการปลูกกันในประเทศไทยกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งแหล่งปลูกฟ้าทะลายโจรที่สำคัญอยู่บริเวณจังหวัดนครปฐม ราชบุรี สระบุรี พิษณุโลก พิจิตร และปราจีนบุรี ลักษณะการปลูกมีการปลูกแบบหลากหลาย คือ ปลูกแบบใช้สารเคมี ปลูกแบบเกษตรอินทรีย์ และปลูกแบบธรรมชาติ (พรพิมล สุริยภัทร และคณะ. 2547) ในปัจจุบันการผลิตวัตถุดิบสมุนไพรฟ้าทะลายโจรยังคงประสบปัญหาในด้านความไม่สม่ำเสมอของผลผลิตและปริมาณสารสำคัญ ซึ่งมีปัจจัยที่ต้องคำนึง ได้แก่ อายุการเก็บเกี่ยว ส่วนที่เก็บเกี่ยว วิธีการเก็บเกี่ยวที่ถูกต้อง สภาพแวดล้องต่างๆ โดยเฉพาะสภาพภูมิอากาศรอบๆ ต้นพืช ความชื้นในดิน ชนิดของดินที่ใช้ปลูก ปริมาณน้ำภายในดิน อินทรียวัตถุ และคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดิน (Ved *et al.* 2002; วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2526) สำหรับพันธุ์ฟ้าทะลายโจรที่ใช้ปลูก จัดว่าเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างมากในการเพิ่มขึ้นของการเจริญเติบโต และผลผลิตฟ้าทะลายโจร สำหรับในการทดลองนี้ได้เลือกพันธุ์ฟ้าทะลายโจรที่ได้นำมาศึกษาจำนวน 6 พันธุ์ อย่างไรก็ตามผู้ทำการวิจัยได้พยายามค้นหาข้อมูล และได้ติดต่อลักษณะประจำพันธุ์กับผู้ที่ได้ทำการวิจัยเป็นการส่วนตัวคือ ดร.จรัญ ดิษฐไชยวงศ์ ซึ่งได้ทำการวิจัยและรวบรวมพันธุ์ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ต่างๆ เอาไว้ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร และเขียนบทความวิจัยเกี่ยวกับฟ้าทะลายโจรเป็นจำนวนมากก็บอกว่าไม่มีข้อมูล และไม่สามารถหาข้อมูลรายละเอียดดังกล่าวได้มากนัก ดังนั้นผู้ทำการวิจัย จึงได้ทำการตรวจเอกสารรวบรวมข้อมูลลักษณะประจำพันธุ์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพันธุ์ฟ้าทะลายโจรต่างๆ เท่าที่จำเป็นได้มีดังต่อไปนี้คือ

จรัญ ดิษฐไชยวงศ์ และคณะ (2553ข) ได้ทำการรวบรวมความแตกต่างลักษณะทางพันธุกรรมของฟ้าทะลายโจรในแหล่งปลูกต่างๆ ในประเทศไทย จากการตรวจสอบโดยใช้แถบดีเอ็นเอ ก็สามารถสรุปได้ว่า ฟ้าทะลายโจรสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ

กลุ่มที่ 1 เป็นลักษณะพันธุ์พื้นเมืองที่ตรวจสอบพบแถบดีเอ็นเอ 850 bp ได้แก่ พันธุ์พื้นเมืองที่รวบรวมได้จาก จังหวัดเชียงใหม่ นครปฐม ประจวบคีรีขันธ์ และราชบุรี

กลุ่มที่ 2 เป็นลักษณะพันธุ์พื้นเมืองที่ตรวจแล้วไม่พบแถบดีเอ็นเอขนาด 850 bp ประกอบด้วยพันธุ์พื้นเมืองที่รวบรวมได้จาก จังหวัดชัยนาท พิจิตร พิษณุโลก สระแก้ว สระบุรี และปราจีนบุรี

อย่างไรก็ตามได้มีการตรวจสอบข้อมูลเพิ่มเติมก็พบอีกว่า ความแปรปรวนของปริมาณสารออกฤทธิ์ที่สำคัญคือ แอนโดรกราโฟไลด์ที่พบในแต่ละกลุ่มพันธุ์ ไม่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลการตรวจสอบดีเอ็นเอ (Sakuanrungsirikul *et al.* 2008)

จรัญ ดิษฐไชยวงศ์ และคณะ (2549) ได้คัดเลือกฟ้าทะลายโจรมาปลูกทดสอบในปี พ.ศ. 2547-2548 ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร จังหวัดพิจิตร ผลจากการศึกษาก็พบว่า ผลผลิตและปริมาณสารออกฤทธิ์แอนโดรกราโฟไลด์จากฟ้าทะลายโจร 9 แหล่งผลิตที่สำคัญของประเทศได้ทำการรวบรวมพันธุ์ฟ้าทะลายโจรมาได้ทั้งหมด 44 สายพันธุ์ ผลจากการศึกษาพบว่า ฟ้าทะลายโจรให้ปริมาณสารออกฤทธิ์แอนโดรกราโฟไลด์มีค่าแตกต่างทั้ง 44 สายพันธุ์

จรัญ ดิษฐไชยวงศ์ และคณะ (2549); จรัญ ดิษฐไชยวงศ์ และคณะ (2553ข) ได้ทำการปลูกฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ และพันธุ์ที่ปลูกเป็นการค้า 1 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เชียงใหม่ 4-4, พันธุ์พิจิตร 4-4 และพันธุ์พิษณุโลก 5-4 เปรียบเทียบกันกับพันธุ์ราชบุรี ผลจากการทดลองพบว่า ปริมาณผลผลิตฟ้าทะลายโจรทั้ง 4 พันธุ์ มีผลผลิตน้ำหนักสดที่ปลูกในฤดูหนาวไม่แตกต่างกันในทางสถิติ คือมีค่าอยู่ระหว่าง 1,462-1,774 กิโลกรัมต่อไร่ แต่การปลูกในช่วงฤดูฝนพบว่าฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 ให้ผลผลิตน้ำหนักสดมีค่าสูงสุดเท่ากับ 4,187 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ พันธุ์พิจิตร 4-4, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์ราชบุรี โดยมีผลผลิตน้ำหนักสดเท่ากับ 3,880, 3,778 และ 3,333 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเป็นน้ำหนักแห้งเท่ากับ 315-391 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ปลูกในช่วงฤดูหนาว และ 755-960 กิโลกรัมต่อไร่ที่ปลูกในฤดูฝน ตามลำดับ สำหรับสารออกฤทธิ์ซึ่งตรวจวัดเป็นปริมาณแลคโตนรวมจากการปลูกในช่วงฤดูหนาว ก็พบว่าจากการปลูกในช่วงฤดูหนาว พันธุ์พิษณุโลก 5-4 มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 11.79 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม รองลงมาคือ พันธุ์ราชบุรี, พันธุ์พิจิตร 4-4 และเชียงใหม่ 4-4 เท่ากับ 11.04, 10.59, และ 9.90 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม ตามลำดับ ส่วนการปลูกในช่วงฤดูฝน พบว่าปริมาณแลคโตนรวมสูงสุดคือ พันธุ์ราชบุรี เท่ากับ 14.12 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม แตกต่างไปจาก 3 พันธุ์ที่เหลือ รองลงมาคือ พันธุ์เชียงใหม่ 4-4, พันธุ์พิจิตร 4-4 และพันธุ์พิษณุโลก 5-4 มีค่าเท่ากับ 12.22, 12.05 และ 10.74 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม ตามลำดับ

2.4.1 ประวัติพันธุ์ของฟ้าทะลายโจร (จรัญ ดิษฐไชยวงศ์ และคณะ. 2553ข)

1. ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4

ทางศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร ได้ทำการเก็บรวบรวมตัวอย่างพันธุ์มาจากแปลงเกษตรกรในตำบลบ้านไร่ อำเภอบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งเป็นแหล่งปลูกพืชสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่สำคัญ และปลูกในสภาพเกษตรอินทรีย์ ผลผลิตที่ได้มีการประกันการรับซื้อ และส่งไปขายให้กับทางโรงพยาบาลบางกระทุ่ม อำเภอบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก เพื่อใช้ทำยารักษาโรค ลักษณะประจำพันธุ์คือ มีความสูงของลำต้นขนาดปานกลาง มีความสูงประมาณ 49.80-51.10

เซนติเมตร และมีใบขนาดใหญ่ ความกว้างของทรงพุ่มเท่ากับ 36.40-49.00 เซนติเมตร การออกดอกแตกต่างกันไป การปลูกในช่วงฤดูหนาวจะออกดอกเร็ว ออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 76 วัน แต่ถ้าปลูกในฤดูฝน ออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 82 วัน เป็นพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นปานกลาง ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 711 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณสารออกฤทธิ์แลคโตนรวมสูง มีค่าเท่ากับ 11.47 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม

2. ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรี

ได้รับพันธุ์มากจากเกษตรกรผู้ปลูกฟ้าทะลายโจร ที่หมู่บ้านดงบัง ตำบลดงขี้เหล็ก อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งเป็นกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกฟ้าทะลายโจร และขายผลผลิตให้กับทางโรงพยาบาลอภัยภูเบศร อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีนี้ มีการปลูกมากรอบๆ กรุงเทพมหานคร และปทุมธานี มีลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นมาก ลำต้นใหญ่ สูง แตกกิ่งก้านมาก ถ้ามีการปลูกแบบให้ปุ๋ย และปลูกในสภาพแวดล้อมที่ดี สำหรับออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ค่อนข้างช้า ในช่วงฤดูหนาวออกดอกที่อายุ 80 วัน แต่ในช่วงฤดูฝนออกดอกจะล่าช้าออกไปเล็กน้อยคือ ออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 83 วัน การปลูกและให้ผลผลิตเฉลี่ยในแปลงเกษตรกรค่อนข้างสูง ให้ผลผลิตประมาณ 780 กิโลกรัมต่อไร่

3. ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ราชบุรี

ฟ้าทะลายโจรพันธุ์นี้ได้รับพันธุ์มากจากเกษตรกรแถบ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี ซึ่งปลูกในสภาพเกษตรอินทรีย์ และนำมาขายเพื่อใช้เป็นยาสมุนไพรทั่วไป ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ราชบุรีมีลำต้นสูง และมีความสูงของลำต้นอยู่ระหว่าง 50.30-53.51 เซนติเมตร แตกกิ่งก้านมาก มีความกว้างของทรงพุ่ม เท่ากับ 51.30 เซนติเมตร มีการสะสมน้ำหนักแห้งรวมมาก ออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงฤดูหนาวที่อายุ 76 วัน และออกดอกในช่วงฤดูฝนจะล่าช้าออกไปมากคือ 85 วัน ให้ผลผลิตโดยรวม 750 กิโลกรัมต่อไร่

4. ฟ้าทะลายโจรพันธุ์นครปฐม

ฟ้าทะลายโจรพันธุ์นี้เป็นพันธุ์ที่ได้รับจากเกษตรกรในเขตจังหวัดนครปฐม ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกแบบเกษตรอินทรีย์ มีการออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 80 วัน มีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ดี มีการแตกกิ่งปานกลางจนถึงมาก มีลำต้นสูงปานกลาง ผลผลิตน้ำหนักแห้งที่ได้รับ 480 กิโลกรัมต่อไร่ มีแลคโตนรวมในใบมากที่สุดที่ระยะออกดอกเท่ากับ 9.81 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณของแอนโดรกราโฟไลด์ 28 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งใบ

5. ฟ้าทะลายโจรพันธุ์สระบุรี

เป็นพันธุ์ฟ้าทะลายโจรที่ปลูกกันโดยทั่วไป ได้รับพันธุ์มาจากเกษตรกรในเขตจังหวัดสระบุรี พันธุ์นี้เจริญเติบโตได้ดีในดินที่อุดมสมบูรณ์ มีการแตกกิ่งมาก ลำต้นสูง โดยเฉลี่ยประมาณ 52.20 เซนติเมตร ออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 80 วันหลังปลูก และให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 459

กิโลกรัมต่อไร่ มีสารออกฤทธิ์แลคโตนรวมเท่ากับ 11.04-14.12 กิโลกรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม มีปริมาณของแอนโดรกราโฟไลด์ 30 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งใบ

6. ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิจิตร 4-4 เป็นพันธุ์ที่ได้รับจากเกษตรกรในอำเภอทับคล้อ จ.พิจิตร เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกเพื่อนำไปขายเป็นพืชสมุนไพร การปลูกของเกษตรกรส่วนใหญ่ มีการปลูกในบริเวณที่มีร่มเงาและกลางแจ้ง และปลูกในสภาพของเกษตรอินทรีย์ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์นี้ มีการออกดอกในช่วงฤดูหนาว 50 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 76 วัน และจะออกดอกล่าออกไปในช่วงฤดูฝน คือ จะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 82 วัน ลักษณะการเจริญเติบโต มีการแตกกิ่งน้อย ลำต้นสูงปานกลางจนถึงมาก โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 49.40-53.51 เซนติเมตร และมีความกว้างของทรงพุ่ม เท่ากับ 48 เซนติเมตร ผลผลิตน้ำหนักแห้งที่ได้รับ ประมาณ 450 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณสารออกฤทธิ์แลคโตนรวมค่อนข้างสูงเท่ากับ 12.30 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม

2.5 แสง และการพรางแสงกับการเจริญเติบโตของพืช

แสงแดดที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชมากที่สุด ก็คือความเข้มของแสง (Light intensity) ซึ่งพืชทุกชนิดต้องการแสงแดดเพื่อใช้สำหรับการสร้างอาหาร และถ้าแสงแดดที่มีอยู่ลดลง พืชต้องเปลี่ยนแปลงในรูปแบบต่างๆ เพื่อปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ๆ (Nur Faezah *et al.* 2015) พืชบางชนิดไม่ต้องการแสงแดดในปริมาณที่มาก แต่เมื่อได้รับแสงแดดโดยตรงจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวันจะทำให้มีการเจริญเติบโตทางลำต้นไม่ดี ดังนั้นในการปลูกพืชบางชนิดจึงต้องมีการพรางแสง ซึ่งการพรางแสงจะช่วยลดผลกระทบที่จะมีต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยทำให้อุณหภูมิลดลงโดยไม่มีผลต่อสถานที่ที่ใช้พรางแสง (Paez and Lopez. 2000) วันดี กฤษณพันธ์ (2539) แนะนำว่า การปลูกพืชสมุนไพรบางชนิดที่ต้องการแสงแดดน้อย มีความจำเป็นอย่างมากที่ต้องใช้ตาข่ายพรางแสงช่วย เพื่อให้พืชเหล่านั้นได้รับแสงแดดน้อยลงจนไม่เป็นอันตรายต่อพืช สำหรับการปลูกพืชสมุนไพร เสน่ห์ แสงคำ (2536) กล่าวว่า การปลูกพืชสมุนไพรสามารถปลูกได้ทั้งในที่ร่มและกลางแจ้ง แต่ถ้าพืชสมุนไพรบางชนิดปลูกในที่ร่มจะโตไว และมีการแตกหน่อได้น้ำหนักต้นที่มากกว่า คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (2535) รายงานว่า พืชสมุนไพรหญ้าปักกิ่งสามารถเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีแสงแดดรำไร และไม่ควรได้รับแสงแดดตลอดทั้งวัน หรือถ้าได้รับร่มเงามากเกินไปก็ไม่เป็นผลดีต่อหญ้าปักกิ่ง เพราะจะทำให้ใบเหลืองได้ (พริกขี้หนู. 2543) สมยศ เดชภิรัตนมงคล และคณะ (2556) ได้ศึกษาถึงการพรางแสงในระดับ 0, 50, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ให้แก่หญ้าปักกิ่ง พบว่า หญ้าปักกิ่งที่ปลูกโดยไม่มีการพรางแสง มีความยาวของลำต้นและน้ำหนักแห้งรวมมีค่ามากที่สุด แต่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบน้อยที่สุด สุภาพรณ์ ปิติพร และสุดใจ พรหมเกิด (2545) ระบุว่า พืชสมุนไพรที่ได้รับร่มเงามากจนเกินไปจะมีผลกระทบต่อการออกดอก คือจะมีการออกดอกน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับพืชสมุนไพรที่ได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่

เสน่ห์ แสงคำ (2536) แนะนำว่า การปลูกพืชสมุนไพรที่ดีไม่ควรให้ได้รับแสงแดดมากเกินไป พืชสมุนไพรบางชนิดชอบแสงแดดรำไร ซึ่งต้องปลูกพืชสมุนไพรเอาไว้ใต้ต้นไม้ใหญ่ ผ่องพรรณ ศิริพงษ์ (2553) พบว่า พืชสมุนไพรเป็นพืชที่ชอบร่มเงา ไม่ควรโดนแสงแดดจัดตลอดทั้งวัน หรืออยู่ในที่ร่มมากจนเกินไป รุจินาถ อรรถสิษฐ (2531) รายงานว่า พืชสมุนไพรเมื่อได้รับแสงแดดจัด และมีการขาดน้ำจะทำให้พืชสมุนไพรมีการปรับตัว แต่ถ้าปรับตัวไม่ได้ก็จะเกิดอันตรายต่อพืชสมุนไพร ทำให้มีลำต้นเหลืองและใบเหลือง และตายได้ในที่สุด Palaniswamy (2005) กล่าวว่า ใบของพืชที่สัมผัสกับแสงแดดโดยตรงจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง 35 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มข้นของกรดออกซาลิกสูงถึง 30 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของรงควัตถุ และความเข้มข้นของกรดออกซาลิกอาจเป็นกลไกการป้องกันกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจากแสงสว่าง

ส่วนการศึกษาถึงผลของพรางแสงในพืชชนิดอื่นๆ ก็มีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง Medany *et al.* (2009) พบว่า การเจริญเติบโตของพริกหวานเพิ่มมากขึ้นภายใต้โรงเรือนที่ใช้ตาข่ายพรางแสงสีดำ ทั้งนี้ก็เป็นผลมาจากการที่ภูมิอากาศบริเวณที่ได้รับการพรางแสงนั้น (Microclimate) ดีขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิ ความเร็วลม และความเข้มของแสงมีค่าลดลง ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีค่าเพิ่มมากขึ้น สำหรับการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช Thangam and Thamburaj (2008) ระบุว่าพืชที่ปลูกภายใต้การพรางแสงจะมีความสูงของลำต้นพืชที่มากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับพืชที่อยู่ในทุ่งโล่ง สอดคล้องกันกับ Paez and Lopez (2000) ที่สังเกตว่าความสูงของพืช และพื้นที่ใบของพืชจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อได้รับการพรางแสง ส่วน Jeong *et al.* (2007) รายงานว่าเมื่อมีระดับการพรางแสงเพิ่มขึ้น พื้นที่ใบของต้นปาล์มจะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งระดับความเข้มของแสงที่สูงมาก จนมากกว่าความสามารถในการสังเคราะห์แสงของพืชจะทำให้เกิดการยับยั้งด้วยแสง (Photo-inhibition) ในใบอ่อนและดอกของพืช และยังเป็นไปได้ว่าพืชจะถูกเผาไหม้ที่ระดับความเข้มของแสงที่สูง (Stancato *et al.* 2010) ส่วน Biondo and Noland (2000); Dole and Wilkins (2005) ระบุว่า ความเข้มของแสงจะกำหนดอัตราของการเหนี่ยวนำให้เกิดดอกในคาร์เนชั่น แตกต่างไปจากพื้นที่ใบของพริกหวาน (Medany *et al.* 2009), มะเดื่อ (Weeping fig) (*Ficus benjamina* L.) และ Croton (*Codiaeum variegatum* L.) ที่พบว่ามีค่าลดลงเมื่อระดับการพรางแสงมีค่าเพิ่มมากขึ้น (Scuderi *et al.* 2008) สอดคล้องกับ Chen *et al.* (2001) ที่กล่าวว่า ภายใต้สภาวะที่มีแสงน้อย การหลุดร่วงของใบและการยืดตัวของข้อและปล้องจะเพิ่มขึ้น ซึ่งคล้ายกับการตอบสนองของ *Ficus benjamina* L. ในสภาพที่มีระดับความเข้มของแสงที่น้อย

สำหรับผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของพืช Zoran *et al.* (2012) พบว่า องค์ประกอบของผลไม้จะได้รับผลกระทบอย่างชัดเจนเกี่ยวกับระดับความเข้มของแสง โดยจะมีผลกระทบต่อลักษณะการสุกของผลไม้ รวมทั้งเวลาเก็บเกี่ยว และอายุการเก็บรักษา Jaimez and Rada (2011) รายงานว่า ผลผลิตของพริกหวานพันธุ์ Pepon (C. *chinense* Jacq.) มีค่าสูงที่สุดในระดับการพราง

แสง 40 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าการได้รับแสงแดดโดยตรง และการพรางแสงที่ระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วน Sanwal *et al.* (2012); Chongtham *et al.* (2013); Raviraja-Shetty *et al.* (2015) กล่าวว่า ภายใต้สภาพการพรางแสง ผลผลิตของพืชแต่ละพันธุ์จะขึ้นอยู่กับลักษณะความแข็งแรงของพืช และลำต้นใต้ดิน ซึ่งผลผลิตของพืชที่สูงขึ้นภายใต้การพรางแสงปานกลางอาจเกี่ยวข้องกับการผสมผสานกันของปัจจัยหลายอย่าง เช่น การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ใบทั้งหมด อุณหภูมิที่ลดลง และไม่เกิดการหลุดร่วงของดอกและผล (Bazan-Tene *et al.* 2005; D´ıaz-Perez. 2013) การพรางแสงที่ยาวนานแตกต่างกันในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของพืชนั้น พบว่าไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชในสามสัปดาห์แรกของการพรางแสง แต่หลังจากมีการพรางแสงเป็นเวลาหกสัปดาห์ ผลผลิตของพืชจะลดลงมากถึง 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกันกับสภาพที่ไม่มีการพรางแสง (Gent. 2008) Bushra *et al.* (2012) ได้ทำการศึกษาผลของการพรางแสงบางส่วนต่อเนื่องเป็นเวลาสามเดือนกับมะเขือเทศ คือพรางแสงตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน, 1 พฤษภาคม และ 1 มิถุนายน จนกระทั่งสิ้นสุดการเพาะปลูก โดยมีการพรางแสงในระดับที่ 55 เปอร์เซ็นต์ กับมะเขือเทศ 2 พันธุ์ พบว่าความสูงของพืชสูงที่สุด 101 เซนติเมตร ภายใต้สภาพของการพรางแสงบางส่วน โดยเริ่มการพรางแสงตั้งแต่เดือนเมษายน การพรางแสงบางส่วนตั้งแต่เดือนเมษายนและพฤษภาคม ทำให้ผลผลิตลดลงอย่างมากและอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกันกับการพรางแสงในเดือนมิถุนายน และการได้รับแสงอาทิตย์อย่างเต็มที่ D´ıaz-Perez (2014) ระบุว่าการพรางแสงบางส่วนให้กับพริกหยวก มีผลทำให้ผลผลิตโดยรวมของพริกหยวกเพิ่มมากขึ้น เมื่อได้รับการพรางแสง ส่วน Milenkovic *et al.* (2012); Rodr´ıguezdel-Bosque *et al.* (2005) รายงานว่า พริก Piquin และ '*Chameleon*' peppers (also C. *annuum* L.) ให้ผลผลิตสูงสุดภายใต้การพรางแสงบางส่วน ในขณะที่การได้รับแสงแดดอย่างเต็มรูปแบบจะมีผลทำให้ผลผลิตลดลง

สำหรับการศึกษาถึงการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจร พบว่ามีการศึกษากันอยู่บ้างเหมือนกัน แต่งานทดลองส่วนใหญ่ที่เกี่ยวกับฟ้าทะลายโจรมักจะเป็นการศึกษาการเจริญเติบโตผลผลิต และสารออกฤทธิ์ที่สำคัญกับการใส่ปุ๋ย และชนิดของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี (Chandana *et al.* 2018; Dakhane and Nandkar. 2012; Detpiratmongkol. 2014; Dhanush *et al.* 2018; Goel and Duhan. 2013; Goel *et al.* 2013; Hemalatha and Suresh. 2012; Kumar and Topal. 2015; Makwana *et al.* 2009; Makwana *et al.* 2010; Mishra and Jain. 2013; Patra *et al.* 2004; Praveenakumar *et al.* 2018; Sanjutha *et al.* 2008; Sharafzadeh and Ordookhani. 2011; Srivastava. 2017; Verma *et al.* 2014), ระยะปลูก (Detpiratmongkol *et al.* 2016; Kumar and Kumar. 2013; Ram *et al.* 2008; Shahjahan *et al.* 2013; Upadhyaya and Saikia. 2015), วันปลูก (Detpiratmongkol *et al.* 2017; Kumar *et al.* 2010; Kumar and Sood. 2011; Pal *et al.* 2019; Sharma. 2012; Shamaraj *et al.* 2010; Upadhyaya and Saikai. 2015) และวันเก็บเกี่ยว (Ashok *et al.* 2002; Detpiratmongkol and Liphan. 2018; Himabindu. 2013; Nenade *et al.* 2001) ส่วนการศึกษาถึงการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจร

จากการศึกษาในประเทศไทยก็พบว่า ได้มีการศึกษากันไม่มากนักคือ สุจรรยา พงษ์สวรรค์ และวิชัย หวังวโรดม (2549) รายงานว่าการพรางแสงที่ระดับ 0, 30, 50 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลทำให้ความสูงของลำต้นและความกว้างของทรงพุ่มฟ้าทะลายโจรมีค่าแตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มว่าฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในสภาพที่ไม่มีการพรางแสง และพรางแสง 30 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตทางทรงพุ่มมากกว่าการพรางแสงในระดับอื่น ฟ้าทะลายโจรที่ปลูกภายใต้การพรางแสง 70 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแลคโตนรวมต่ำที่สุด จรัญ ดิษฐไชยวงศ์ และคณะ (2552) กล่าวว่าการพรางแสงมีผลทำให้ผลผลิตลดลงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างกันในทางสถิติกับฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง และการพรางแสงที่ระดับ 70 และ 60 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแลคโตนรวมสูงที่สุด ส่วนการทดลองของ ถานันดร์ สิตาลรัศมี (2536) ได้ทำการศึกษาถึงการพรางแสงให้กับฟ้าทะลายโจรในระดับความเข้มแสง 3 ระดับคือ ไม่พรางแสง (62,000-78,333 ลักซ์), พรางแสงที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ (26,500-33,333 ลักซ์) และพรางแสงที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ (11,660-14,500 ลักซ์) ผลจากการทดลอง พบว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งต่อต้นมีค่าสูงที่สุด เมื่อมีการพรางแสงในระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ และการพรางแสงในระดับที่เพิ่มมากขึ้นคือ 75 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ฟ้าทะลายโจรมีการสะสมน้ำหนักแห้งลดลงมาก

สำหรับการศึกษาการพรางแสงให้กับฟ้าทะลายโจร ซึ่งเป็นการทดลองในต่างประเทศนั้นได้มีการศึกษากันอย่างมาก กล่าวคือ Hendrynus *et al.* (2015) พบว่าการปลูกฟ้าทะลายโจรโดยให้ได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่ให้ผลผลิตที่ไม่แตกต่างกันกับการปลูกภายใต้ตาข่ายพรางแสงที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ Nur Faezah *et al.* (2015) ได้ทดลองปลูกฟ้าทะลายโจรภายใต้การพรางแสงที่ระดับ 0, 20, 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีปฏิสัมพันธ์กันกับการตัดแต่งกิ่ง น้ำหนักใบแห้งมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อได้รับระดับการพรางแสงที่เพิ่มมากขึ้น การปลูกฟ้าทะลายโจรโดยมีการพรางแสงและมีการตัดแต่งกิ่งหนึ่งครั้งจะทำให้ผลผลิตทางชีวภาพมีค่าสูงขึ้น ส่วน Rosli *et al.* (2018) ได้ทำการศึกษาถึงการพรางแสงในระดับต่างๆ 2 ระดับ คือที่ระดับ 0 และ 40 เปอร์เซ็นต์ และมีการให้ปุ๋ยไนโตรเจนรวมด้วยใน 4 อัตราคือ 90, 135, 180, 225 และ 270 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ผลจากการทดลองพบว่า การพรางแสงที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ฟ้าทะลายโจรมีระดับความสูงของลำต้นเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังทำให้พื้นที่ใบทั้งหมด พื้นที่ใบเฉพาะ (Specific leaf area), อัตราส่วนของพื้นที่ใบ (Leaf area ratio) และอัตราการสะสมสารอาหารสุทธิ (Net assimilation rate) มีค่ามากกว่าฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในสภาพที่ไม่มีการพรางแสง ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนก็พบว่า ถ้ามีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตทางลำต้น การสะสมน้ำหนักแห้งของลำต้น ใบ และราก มีค่าเพิ่มมากขึ้น แตกต่างกันในทางสถิติ ผลจากการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่า การปลูกฟ้าทะลายโจรที่ดี ควรมีการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ และควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 225 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ฟ้าทะลายโจรจะมีการเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตดีที่สุด ซึ่งผลการทดลองในการพรางแสง สอดคล้องกับการ

ทดลองของ Pitono *et al.* (1996) ที่พบว่าฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในสภาพที่มีการพรางแสง ฟ้าทะลายโจรจะมีค่าของความสูงเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังมีการสะสมน้ำหนักแห้งของลำต้น ใบ และราก มีค่าเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ Palaniswamy (2005) ยังพบเพิ่มเติมอีกว่าฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในสภาพที่มีการพรางแสง จะมีการพัฒนาของพื้นที่ใบมีค่าเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้มีค่าพื้นที่ใบ มีค่ามากกว่าฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้มีการพรางแสง Saravanan *et al.* (2008) พบว่าฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในสภาพที่มีการพรางแสงที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ มีลำต้นและการเจริญเติบโตทางลำต้นที่มากกว่าฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในสภาพที่ไม่มีการพรางแสง ซึ่งผลการทดลองที่ได้รับสอดคล้องกับการทดลองของ Prathanturarug *et al.* (2007) ที่พบว่าพืชที่ปลูกในสภาพที่พรางแสง มีความสูงของลำต้นมีค่ามากกว่าที่ปลูกในสภาพที่ไม่พรางแสง 7 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม Zaharah *et al.* (2001) รายงานว่าในการปลูกฟ้าทะลายโจรในสภาพที่มีการพรางแสง และไม่พรางแสงหรือปลูกกลางแจ้ง ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตทางลำต้น ดัชนีพื้นที่ใบ และให้ผลผลิต มีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ Gundadon *et al.* (2015) ได้ทำการศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตทั่วไป และผลผลิตฟ้าทะลายโจรภายใต้สภาพการพรางแสงที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ และที่ไม่มีการพรางแสง ผลจากการทดลองพบว่าระดับความสูงของลำต้นของฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในสภาพที่มีการพรางแสงและไม่พรางแสง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ นอกจากนี้ การแตกกิ่ง น้ำหนักใบแห้ง ในส่วนของลำต้นหลัก มีมากกว่าที่ไม่พรางแสง สอดคล้องกับการทดลองของ Saravanan *et al.* (2008) ได้ทำการศึกษาการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน โดยฟ้าทะลายโจรเมื่อได้รับการพรางแสงแล้วจะได้รับแสงเท่ากับ 25, 50, 70 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากนั้นจึงได้ทำการเก็บข้อมูล ความสูงของลำต้น น้ำหนักลำต้นสดและแห้ง ของใบและลำต้น และน้ำหนักแห้งรวม ผลจากการทดลองพบว่า การพรางแสงมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น และผลผลิตฟ้าทะลายโจร ใบของฟ้าทะลายโจรมีการสังเคราะห์แสงเพิ่มมากขึ้นจาก 11.56 ถึง 379.70 m mol m^{-2} s^{-1} เมื่อฟ้าทะลายโจรได้รับแสงที่เพิ่มมากขึ้นจาก 25 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ และผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 226.70 ถึง 379.60 กรัมต่อต้น ส่วนสารออกฤทธิ์ที่สำคัญคือ แอนโดรกราโฟไลด์มีค่าไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของการที่ได้รับแสง อย่างไรก็ตามผลผลิตน้ำหนักแห้ง และสารแอนโดรกราโฟไลด์ มีค่ามากที่สุดเมื่อปลูกฟ้าทะลายโจรในสภาพที่ไม่มีการพรางแสง ดังนั้นจึงมีคำแนะนำที่ว่า การปลูกฟ้าทะลายโจรที่เหมาะสมที่สุด ควรปลูกในสภาพที่ไม่ควรมีการบังแสง

Omar *et al.* (2016) ได้ศึกษาถึงการเจริญเติบโต และปริมาณของสารเคมีในฟ้าทะลายโจร โดยให้ได้รับการพรางแสงที่แตกต่างกัน คือที่ระดับ 0, 20, 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลจากการทดลองพบว่า น้ำหนักสดและแห้งของลำต้น มีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อฟ้าทะลายโจรได้รับการพรางแสงในระดับที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักลำต้นแห้งของฟ้าทะลายโจรมีค่าต่ำที่สุด เมื่อฟ้าทะลายโจรปลูกโดยไม่มีการพรางแสง แต่อย่างไรก็ตาม การพรางแสงในระดับที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าของกรดฟีโนลิกทั้งหมด (Total phenolic acid) และสารฟลาโวนอยด์ (Flavonoid content) มีค่าลดลง ดังนั้นจึงมี

คำแนะนำว่า การปลูกฟ้าทะลายโจรที่เหมาะสม ควรมีการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจร การพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ฟ้าทะลายโจรมีการสะสมน้ำหนักแห้งมาก และให้ผลผลิตสูงสุด แต่การปลูกฟ้าทะลายโจรภายใต้สภาพที่ไม่พรางแสง หรือพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าให้ค่าปริมาณของฟีโนลิกทั้งหมดสูงสุด นอกจากนี้ Ghasemzadeh *et al.* (2010) รายงานว่าพืชต่างชนิดกัน โดยมากมักจะมีการตอบสนองต่อระดับความเข้มของแสงที่แตกต่างกัน ซึ่งจะมีผลต่อสารฟีโนลิกและฟลาโวนอยด์ในพืช มีค่าแตกต่างกัน

Kumar *et al.* (2012) ได้ทดสอบการปลูกฟ้าทะลายโจรให้มีการพรางแสง เพื่อหาปริมาณของแอนโดรกราโฟไลด์ในใบ ผลจากการทดลองพบว่า แอนโดรกราโฟไลด์ภายในใบมีมากที่สุด เมื่อปลูกฟ้าทะลายโจรในสภาพที่ไม่มีการพรางแสง สอดคล้องกับการทดลองของ Awad *et al.* (2001)

จากการศึกษาก่อนหน้านี้โดย Devkota and Jha (2010) ก็แสดงให้เห็นด้วยเหมือนกันว่า การพรางแสงในระดับที่เพิ่มมากขึ้น สามารถทำให้การพัฒนาการ และการเจริญเติบโตของใบและลำต้นพืช มีค่าลดลงได้ เปรียบเทียบกันกับในสภาพที่ไม่พรางแสง Purwanto *et al.* (2011) ได้ทำการศึกษาถึงการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจร 4 ระดับคือ พรางแสงที่ระดับ 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับฟ้าทะลายโจรที่ปลูกโดยไม่มีการพรางแสง ผลจากการทดลองพบว่า การพรางแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของฟ้าทะลายโจร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ได้แก่ จำนวนใบ จำนวนกิ่ง ความสูงของลำต้น น้ำหนักลำต้นแห้ง ผลผลิตใบแห้ง และสารออกฤทธิ์ที่สำคัญ คือ แอนโดรกราโฟไลด์ การพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตทางลำต้นดี และให้ผลผลิตมากที่สุด ในขณะที่การพรางแสงที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ สารออกฤทธิ์ที่สำคัญ คือแอนโดรกราโฟไลด์ภายในใบฟ้าทะลายโจร มีค่าสูงสุด สอดคล้องกับการทดลองของ Patel *et al.* (1999) ได้พบว่าระดับความเข้มของแสงที่ฟ้าทะลายโจรได้รับแตกต่างกัน มีผลต่อปริมาณของแอนโดรกราโฟไลด์ภายในใบ มีค่าแตกต่างกัน

Zeng *et al.* (2013) ได้ทำการศึกษาถึงการพรางแสงที่แตกต่างกัน ที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และสารออกฤทธิ์ที่สำคัญในฟ้าทะลายโจร การพรางแสงโดยใช้ตาข่ายพรางแสงชั้นเดียว ใช้ตาข่ายพรางแสงซ้อนกัน 2 ชั้น ผลจากการศึกษาพบว่า การพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงชั้นเดียว เปรียบเทียบกันกับที่ไม่มีการพรางแสง ฟ้าทะลายโจรมีจำนวนใบเพิ่มขึ้น 17.50 เปอร์เซ็นต์ จำนวนกิ่งเพิ่มขึ้น 13.70 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักสดและแห้งของต้นเพิ่มขึ้น 8.33 และ 9.40 เปอร์เซ็นต์ ความสูงของลำต้นเพิ่มขึ้น 4.80 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณของสารแลคโตนภายในใบฟ้าทะลายโจรลดลง 3.28 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสง 2 ชั้น เมื่อเปรียบเทียบกันกับที่ไม่มีการพรางแสง พบว่ามีผลทำให้จำนวนใบลดลง 24.10 เปอร์เซ็นต์ จำนวนกิ่งลดลง 27.70 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักสดและแห้งของต้นลดลง 32.41 และ 27.52 เปอร์เซ็นต์ แต่ระดับความสูงของลำต้นเพิ่มขึ้น 22.80 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ปริมาณของสารแลคโตนภายในใบมีค่าลดลง 34.77 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถ

สรุปผลจากการทดลองได้ว่า การพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงที่เหมาะสม โดยเฉพาะการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงชั้นเดียว ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตที่ดี และให้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้นได้ แต่ถ้าพิจารณาถึงคุณภาพของฟ้าทะลายโจร พบว่าการพรางแสงไม่มีประโยชน์ต่อฟ้าทะลายโจร

Nur Faezah *et al.* (2015); Nur Faezah *et al.* (2016) ได้ทำการศึกษาถึงการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน ให้แก่ฟ้าทะลายโจร คือพรางแสงที่ระดับ 0, 20, 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการตอบสนองของฟ้าทะลายโจรต่อสภาพของการพรางแสงแตกต่างกัน กล่าวคือ น้ำหนักลำต้นสดและแห้ง มีค่าเพิ่มมากขึ้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อฟ้าทะลายโจรได้รับการพรางแสงในระดับที่เพิ่มมากขึ้น น้ำหนักลำต้นของพืชมีค่าต่ำสุด เมื่อปลูกฟ้าทะลายโจรกลางแจ้งและไม่มีการพรางแสง ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ จะมีลำต้นที่สูง และน้ำหนักต้นแห้งมากกว่าที่ไม่พรางแสง ดังนั้นการพรางแสงกับฟ้าทะลายโจรจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น และมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นและผลผลิตของฟ้าทะลายโจร

ฟ้าทะลายโจรจัดว่าเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่มีการปลูกในสภาพธรรมชาติ พบได้ทั้งในบริเวณที่มีร่มเงาและพื้นที่โล่งกว้างที่มีแสงแดดจัดตลอดทั้งวัน (Nur Faezah *et al.* 2015) จากการตรวจเอกสารก็พบว่า ได้มีการทดลองถึงการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจร ซึ่งได้มีการทดลองทั้งในประเทศและต่างประเทศ อย่างไรก็ตามผลจากการทดลองที่ได้รับก็ยังคงมีความไม่แน่นอน และมีความแปรปรวนกันอย่างมาก อีกทั้งฟ้าทะลายโจรที่ปลูกกันอยู่โดยทั่วไปในประเทศไทยมีอยู่ด้วยกันหลายพันธุ์ ดังนั้นเมื่อมีการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจร โดยทดลองมีการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน ช่วงเวลาที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต และความยาวนานของการพรางแสงที่แตกต่างกัน ฟ้าทะลายโจรที่ปลูกแต่ละพันธุ์จะมีการตอบสนองต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตเป็นอย่างไร นอกจากนี้ยังมีผลต่อสารออกฤทธิ์ที่สำคัญ ซึ่งได้แก่ แอนโดรกราโฟไลด์เป็นอย่างไร ปัจจุบันก็ยังมีการศึกษากันไม่มากนัก ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ขึ้น

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 พืชทดลอง

1) ฟ้าทะลายโจร พันธุ์พิษณุโลก 5-4
2) ฟ้าทะลายโจร พันธุ์ปราจีนบุรี
3) ฟ้าทะลายโจร พันธุ์ราชบุรี
4) ฟ้าทะลายโจร พันธุ์พิจิตร 4-4
5) ฟ้าทะลายโจร พันธุ์นครปฐม
6) ฟ้าทะลายโจร พันธุ์สระบุรี

3.1.2 อุปกรณ์

1) เครื่องมือเครื่องใช้ทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการทดลอง
2) กระบอกตวง (Graduated cylinder)
3) ตะแกรงร่อน (Sieve) เบอร์ 80
4) กระดาษกรอง (Filter paper ยี่ห้อ Whatman)
5) พาราฟิล์ม (Parafilm)
6) ขวดฉีดน้ำกลั่น (Wash bottle)
7) ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)
8) ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask)
9) เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
10) เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
11) อ่างน้ำร้อน (Water bath)
12) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง Spectrophotometer (ยี่ห้อ Thermo รุ่น Genesy 10 S UV-VIS)
13) เครื่อง High performance liquid chromatography (HPLC)
14) คอลัมน์ C-18 Thermo-Hypersil

15) เครื่องมือ Li-1600 Steady state porometer (ยี่ห้อ LI-COR, USA)

16) เครื่องวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ (ยี่ห้อ Minolta รุ่น SPAD-502)

17) ช้อนตักสาร (Spatula)

18) ตู้อบลมร้อน (Hot air oven ยี่ห้อ Memmart รุ่น UFE 600)

19) ตู้ดูดควัน (Hood)

20) แท่งแก้วคนสารละลาย (Stirring rod)

21) บีกเกอร์ (Beaker)

22) ปิเปต (Pipette)

23) ที่วางหลอดทดลอง (Test tube rack)

24) ไมโครปิเปต (Micro pipette)

25) หลอดทดลอง (Test tube)

26) ลูกยางดูดปิเปต (Rubber buld)

3.1.3 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1) น้ำกลั่น

2) อะซีโตน

3) เมทานอล

4) อะซีโตไนไตรล์

3.1.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในแปลงทดลอง

1) ตาข่ายพรางแสงสีดำ

2) ไม้รวก

3) ไม้ไผ่

4) ลวด

5) คีม

6) ถุงพลาสติกซิปล็อค

7) ถุงพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่างพืช

8) ถุงกระดาษสำหรับอบตัวอย่างพืช

9) ไม้บรรทัด

10) กรรไกร

11) มีดพร้า
12) เลื่อย
13) ปากกาเมจิก
14) จอบ
15) เสียม
16) ตลับเมตร
17) ไม้หลัก
18) บัวรดน้ำ
19) สายยางรดน้ำ
20) กระถางปลูกพืช

3.2 สถานที่ทำการทดลอง และแผนการดำเนินการ

3.2.1 สถานที่ทำการทดลอง แปลงทดลอง และโรงเรือนทดลองของภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ตั้งอยู่เส้นรุ้งที่ 13 องศา 44 ลิปดาเหนือ และเส้นแวงที่ 100 องศา 34 ลิปดาตะวันออก พื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเล 2 เมตร ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินชุดบางกอก (Bangkok series)

3.2.2 ห้องปฏิบัติการทางสรีรวิทยาของพืช ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาการผลิตพืช ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

3.2.3 ระยะเวลาที่ทำงานทดลอง ตั้งแต่เดือน ธันวาคม พ.ศ.2557 ถึง กรกฎาคม พ.ศ.2562 รวมทั้งหมด 21 เดือน

3.2.4 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	เดือน											
	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
การทดลองที่ 1	พ.ศ.2557			พ.ศ.2558								
การทดลองที่ 2						พ.ศ.2560						
การทดลองที่ 3				พ.ศ.2561								
การทดลองที่ 4						พ.ศ.2562						
เตรียมต้นฉบับและส่งบทความวิจัยเพื่อตีพิมพ์					พ.ศ.							
การวิเคราะห์, สรุปผลการทดลอง และทำเล่มวิทยานิพนธ์					พ.ศ.							

3.3 วิธีการดำเนินการ

ศึกษาถึงผลของการพรางแสงฟ้าทะลายโจรจำนวน 6 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์พิษณุโลก 5-4, ปราจีนบุรี, ราชบุรี, พิจิตร 4-4, นครปฐม และสระบุรี ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิต และสารออกฤทธิ์ที่สำคัญ คือ แอนโดรกราโฟไลด์ ของฟ้าทะลายโจรทั้ง 6 พันธุ์ ซึ่งได้แบ่งการทดลองออกเป็น 4 การทดลอง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาถึงผลของการพรางแสงที่มีต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิต และสารสำคัญ ในฟ้าทะลายโจร จำนวน 4 พันธุ์

วางแผนการทดลองแบบ Split plot in randomized complete block design มีจำนวน 3 ซ้ำ

Main plot คือ พันธุ์ฟ้าทะลายโจร จำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่

1. ฟ้าทะลายโจร พันธุ์พิษณุโลก5-4

2. ฟ้าทะลายโจร พันธุ์ปราจีนบุรี

3. ฟ้าทะลายโจร พันธุ์ราชบุรี

4. ฟ้าทะลายโจร พันธุ์พิจิตร 4-4

Sub plot ได้แก่ การพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรที่แตกต่างกัน ดังนี้คือ

1. ฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง หรือได้รับแสงแดด 100 เปอร์เซ็นต์ (Control)

2. ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ (ได้รับแสง 80 เปอร์เซ็นต์)

3. ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ (ได้รับแสง 60 เปอร์เซ็นต์)

4. ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ (ได้รับแสง 50 เปอร์เซ็นต์)

5. ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ (ได้รับแสง 20 เปอร์เซ็นต์)

3.3.1.1 การเตรียมดิน วิธีปลูก และการดูแลรักษา

ปลูกฟ้าทะลายโจรลงในกระถางจำนวนทั้งหมด 100 กระถาง โดยมีการปลูกจำนวน 2 ต้นต่อกระถาง เมื่อฟ้าทะลายโจรมีอายุได้ 15 วันหลังปลูก ทำการถอนแยกให้เหลือ จำนวน 1 ต้นต่อกระถาง ก่อนปลูกมีการให้น้ำแก่ดินที่ระดับความจุสนาม (Field capacity) หลังจากนั้นมีการให้น้ำแก่ฟ้าทะลายโจรทุกวันในปริมาณเทียบเท่ากับปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 5 มิลลิเมตร สำหรับช่วงเวลาของการให้น้ำจะให้ในช่วงเวลาเช้าและมีการให้อย่างสม่ำเสมอโดยใช้บัวรดน้ำ การให้น้ำให้พร้อมกันทั้งหมดทุกกระถาง ตลอดอายุการเจริญเติบโต สำหรับการดูแลรักษามีการกำจัดวัชพืช จำนวน 3 ครั้ง เมื่อฟ้าทะลายโจรมีอายุ 30, 60 และ 90 วันหลังปลูก ส่วนการป้องกันกำจัดโรคและแมลงพบว่าในฟ้าทะลายโจรมีแมลงศัตรูพืชมารบกวนน้อยมาก จึงไม่มีการป้องกันกำจัด หลังจากฟ้าทะลายโจรมีอายุ 60 วันหลังปลูก ก็จะมีการแตกกิ่งก้านสาขาและแตกยอดอ่อนเป็นกอและเป็นพุ่มสีสวยสด สามารถเก็บต้นสดได้เมื่อฟ้าทะลายโจรมีอายุ 120 วันหลังปลูก

สำหรับวิธีการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรจะใช้ตาข่ายพรางแสงสีดำ และการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกันจะใช้เครื่องมือ Li-1600 Steady state porometer (ยี่ห้อ LI-COR, USA) โดยวัดค่าแสงให้ได้ตามค่าที่กำหนดเอาไว้ในสิ่งทดลอง สำหรับการทำโรงเรือนที่จะใช้พรางแสงฟ้าทะลายโจร จะใช้ไม้รวกและไม้ไผ่ทำเป็นค้างสี่เหลี่ยมโดยมีขนาด ความกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 4 x 4 x 2 เมตร จากนั้นคลุมด้วยตาข่ายพรางแสงตามที่กำหนดเอาไว้ในสิ่งทดลอง โดยจะเริ่มทำการพรางแสงเมื่อฟ้าทะลายโจรมีอายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวที่อายุ 120 วันหลังปลูก ส่วน

การไม่พรางแสงก็จะทำการปลูกฟ้าทะลายโจรให้ได้รับแสงอย่างเต็มที่ตลอดอายุการเจริญเติบโต และไม่มีการบังแสง

3.3.1.2 การเก็บข้อมูล

1. วัดความสูงของลำต้นฟ้าทะลายโจร และนับจำนวนกิ่งบนลำต้นฟ้าทะลายโจร โดยทำการตรวจวัดในแต่ละสิ่งทดลองที่อายุ 120 วันหลังปลูก

2. ชั่งหาน้ำหนักแห้งของลำต้น ใบ ดอก ฝัก และรากของฟ้าทะลายโจร โดยหลังจากแยกส่วนต่างๆ ของฟ้าทะลายโจรในแต่ละสิ่งทดลองแล้ว อบแห้งในตู้อบโดยใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 48 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักแห้งคงที่ แล้วจึงนำมาชั่งหาน้ำหนักแห้งของลำต้น ใบ ดอก ฝัก และราก และนำมาคำนวณหาค่าน้ำหนักแห้งรวม ซึ่งในการตรวจวัดหาน้ำหนักแห้งนี้ตรวจวัดเมื่อฟ้าทะลายโจร มีอายุ 120 วันหลังปลูก ตามลำดับ

3. หาค่าดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index : LAI) ของฟ้าทะลายโจร ทำการตรวจวัดที่อายุ 120 วันหลังปลูก โดยนำข้อมูลพื้นที่ใบของฟ้าทะลายโจรมาแทนค่า ลงในสูตรของ Hunt (1978) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI)} = \frac{\text{พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)}}{\text{พื้นที่ปลูก (ตารางเซนติเมตร)}}$$

4. ตรวจวัดหาค่าคลอโรฟิลล์ภายในใบของฟ้าทะลายโจรที่อายุ 120 วันหลังปลูก โดยทำการตรวจวัดใบที่ 5 นับจากยอดลงมา ใช้ใบตรวจวัดจำนวน 3 ใบ โดยใช้ใบที่มีการขยายตัวเต็มที่ และวัดบริเวณส่วนกลางของใบ ด้วยเครื่อง SPAD chlorophyll meter reading (ยี่ห้อ Minolta รุ่น SPAD-502) จากนั้นนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

5. ทำการเก็บตัวอย่างใบสดมาหาปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ และ บี ในใบของฟ้าทะลายโจร โดยทำการตรวจวัดเมื่อฟ้าทะลายโจร มีอายุ 120 วันหลังปลูก โดยทำการเจาะรูใบฟ้าทะลายโจร แล้วนำไปใส่ในสารละลายอะซีโตน 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลานาน 7 วัน จากนั้นนำสารละลายที่ได้มาอ่านค่าการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 663 และ 645 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer (ยี่ห้อ Thermo รุ่น Genesy 10 S UV-VIS) (Whithan *et al.* 1971)

6. การวิเคราะห์หาปริมาณของสารแอนโดรกราโฟไลด์ในใบของฟ้าทะลายโจรที่อายุ 120 วันหลังปลูก ด้วยเทคนิคเครื่องแยกสารระบบโครมาโตกราฟีชนิดแรงดันสูง (High performance liquid chromatography: HPLC) โดยการนำตัวอย่างใบฟ้าทะลายโจรที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง มาบดและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 80 แล้วนำมาเก็บรักษาในถุงพลาสติก

ซิปล็อค ทำการสกัดสารแอนโดรกราโฟไลด์โดยการนำตัวอย่างใบฟ้าทะลายโจรที่บดแล้ว มาเติมเมทานอลปริมาณ 10 มิลลิลิตร และรีฟลักซ์ด้วย water bath เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตั้งทิ้งเอาไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำสารละลายที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman หมายเลข 4 ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร และล้างตะกอน 3 ครั้งด้วยเมทานอลปริมาณ 10 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรให้ได้ปริมาณ 25 มิลลิลิตร

นำสารละลายที่ได้มาเจือจางด้วยอะซีโตไนไตรล์ และแยกสารแอนโดรกราโฟไลด์ ด้วยเทคนิคเครื่องแยกสารระบบโครมาโตกราฟีชนิดแรงดันสูง (High performance liquid chromatography: HPLC) ด้วยคอลัมน์ C-18 Thermo-Hypersil ที่มีขนาด 250 x 4.60 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิห้อง โดยทำการฉีดตัวอย่างเข้าคอลัมน์ครั้งละ 20 ไมโครลิตร ตรวจวัดปริมาณสารตัวอย่างด้วยค่าการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร (Cava *et al.* 1962; Matsuda *et al.* 1994; Lomlim *et al.* 2003)

7. เก็บผลผลิตฟ้าทะลายโจรในแต่ละสิ่งทดลอง นำมาแยกส่วนใบ, ฝัก, เมล็ด และลำต้นออกจากกัน จากนั้นนำเมล็ดและใบเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 48 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักแห้งคงที่จึงชั่งหาน้ำหนักแห้ง แล้วนำข้อมูลน้ำหนักเมล็ดและใบแห้ง มาหาค่าผลผลิตคิดเป็นกรัมต่อตารางเมตร

3.3.1.3 ขั้นตอน และวิธีในการวิเคราะห์

วิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้ทางสถิติตามแผนการทดลอง Split plot in randomized complete block design และหาค่า LSD เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละสิ่งทดลอง หลังจากนั้นทำตาราง และรายงานผลการทดลองที่ 1

3.3.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาถึงผลของการพรางแสงที่มีต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิต และสารสำคัญ ในฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์

วางแผนการทดลองแบบ Split plot in randomized complete block design มีจำนวน 3 ซ้ำ

Main plot คือ พันธุ์ของฟ้าทะลายโจรจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่

1. ฟ้าทะลายโจร พันธุ์ปราจีนบุรี
2. ฟ้าทะลายโจร พันธุ์นครปฐม
3. ฟ้าทะลายโจร พันธุ์สระบุรี

Sub plot คือ การพรางแสงให้กับฟ้าทะลายโจรที่ช่วงอายุแตกต่างกัน ได้แก่

1. ไม่มีการพรางแสง (Control) (ได้รับแสงแดด 100 เปอร์เซ็นต์)
2. ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ (ได้รับแสง 75 เปอร์เซ็นต์)

3. ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ (ได้รับแสง 50 เปอร์เซ็นต์)

4. ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ (ได้รับแสง 25 เปอร์เซ็นต์)

3.3.2.1 การเตรียมดิน วิธีปลูก และการดูแลรักษา

ปลูกฟ้าทะลายโจรลงในกระถางทั้งหมด 60 กระถาง โดยมีการปลูกจำนวน 2 ต้นต่อกระถาง เมื่อฟ้าทะลายโจรมีอายุ 15 วันหลังปลูก ก็จะถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อกระถาง ก่อนปลูกมีการให้น้ำแก่ดินที่ระดับความจุสนาม (Field capacity) หลังจากนั้นมีการให้น้ำแก่ฟ้าทะลายโจรทุกวันในปริมาณเทียบเท่ากับปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 5 มิลลิเมตร ช่วงเวลาของการให้น้ำจะให้ช่วงเวลาเช้าและมีการให้อย่างสม่ำเสมอโดยใช้บัวรดน้ำ การให้น้ำให้พร้อมกันทั้งหมดทุกกระถาง ตลอดอายุการเจริญเติบโต สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรจะใช้ระดับของการพรางแสง ตามที่กำหนดในสิ่งทดลอง สำหรับการดูแลรักษา มีการกำจัดวัชพืช จำนวน 3 ครั้ง เมื่อฟ้าทะลายโจรมีอายุ 30, 60 และ 90 วันหลังปลูก ส่วนการป้องกันกำจัดโรคและแมลงพบว่าในฟ้าทะลายโจรมีแมลงศัตรูพืชมารบกวนน้อยมาก จึงไม่มีการป้องกันกำจัด หลังจากฟ้าทะลายโจรมีอายุ 60 วันหลังปลูก ก็จะมีการแตกกิ่งก้านสาขาและแตกยอดอ่อนเป็นกอและเป็นพุ่มสีสวยสด และสามารถเก็บผลผลิตต้นสดได้เมื่อฟ้าทะลายโจรมีอายุ 120 วันหลังปลูก

สำหรับวิธีการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรจะใช้ตาข่ายพรางแสงสีดำ และทำการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกันโดยจะใช้เครื่องมือ Li-1600 Steady state porometer (ยี่ห้อLI-COR, USA) วัดค่าระดับความเข้มของแสงให้ได้ตามค่าที่กำหนดเอาไว้ในสิ่งทดลอง สำหรับการทำโรงเรือนที่จะใช้พรางแสงฟ้าทะลายโจร จะใช้ไม้รวกและไม้ไผ่ทำเป็นค้างสี่เหลี่ยมโดยมีขนาดความกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 4 x 4 x 2 เมตร จากนั้นคลุมด้วยตาข่ายพรางแสงตามที่กำหนดเอาไว้ในสิ่งทดลอง โดยจะเริ่มทำการพรางแสงเมื่อฟ้าทะลายโจรมีอายุตั้งแต่ 30 วันหลังปลูก ส่วนในสิ่งทดลองการไม่พรางแสง ก็จะปลูกฟ้าทะลายโจรให้ได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่ตลอดอายุการเจริญเติบโตจนกระทั่งเก็บเกี่ยว และไม่มีการพรางแสง

3.3.2.2 การเก็บข้อมูล

1. วัดความสูงของลำต้น และนับจำนวนกิ่งบนลำต้นฟ้าทะลายโจร เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

2. ชั่งหาน้ำหนักแห้งของลำต้น ใบ ดอก ฝัก และรากของฟ้าทะลายโจร แล้วนำมาคำนวณหาค่าน้ำหนักแห้งรวม เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

3. หาค่าดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index : LAI) ของฟ้าทะลายโจรเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

4. ตรวจวัดหาค่าคลอโรฟิลล์ภายในใบของฟ้าทะลายโจร เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

5. ทำการเก็บตัวอย่างใบสดของฟ้าทะลายโจร มาหาปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ และ บี ภายในใบฟ้าทะลายโจร เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

6. การวิเคราะห์หาปริมาณของสารแอนโดรกราโฟไลด์ในใบของฟ้าทะลายโจร เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

7. เก็บผลผลิตฟ้าทะลายโจรในแต่ละสิ่งทดลอง แล้วนำข้อมูลน้ำหนักเมล็ดและใบแห้งมาหาค่าผลผลิต คิดเป็นกรัมต่อตารางเมตร เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

3.3.2.3 ขั้นตอนและวิธีในการวิเคราะห์

วิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้ทางสถิติตามแผนการทดลอง Split plot in randomized complete block design และหาค่า LSD เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละสิ่งทดลอง หลังจากนั้นทำตาราง และรายงานผลการทดลองที่ 2

3.3.2.4 ข้อจำกัดในการศึกษาทดลอง

สำหรับข้อจำกัดในการศึกษาในครั้งนี้ก็คือ ต้องแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 การทดลองคือ การทดลองที่ 1 และ 2 ซึ่งไม่สามารถที่จะทดลองได้พร้อมกันในคราวเดียว ทั้งนี้ก็เพราะ

1. เกิดปัญหาขึ้นเนื่องจากเมล็ดพันธุ์ฟ้าทะลายโจรที่นำมาใช้ปลูกไม่งอก กล่าวคือ เมล็ดพันธุ์ฟ้าทะลายโจร ผู้ทำการศึกษาได้รับความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์มาจากศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร จังหวัดพิจิตร จำนวน 6 พันธุ์ แต่เนื่องจากว่ามีอยู่จำนวน 2 พันธุ์ คือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์นครปฐม และสระบุรี ไม่งอก ผู้ทำการศึกษาได้พยายามแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยการเพาะเมล็ดพันธุ์ใหม่ แต่เนื่องจากว่าได้ทราบจากทางศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตรว่า เมล็ดพันธุ์ทั้ง 2 พันธุ์นี้ เก็บไว้นานแล้ว จึงทำให้ไม่งอก และทางศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร จังหวัดพิจิตร ยังบอกอีกว่าในปีนี้เราไม่มีเมล็ดพันธุ์ทั้ง 2 พันธุ์นี้ จะมีอีกทีต้องรอเป็นปีหน้า เพราะกำลังอยู่ในขั้นตอนการเก็บรวบรวมพันธุ์ฟ้าทะลายโจรในแปลงปลูกอยู่ ปีหน้าจึงจะแจกจ่ายเมล็ดพันธุ์ทั้ง 2 พันธุ์นี้ออกมาได้ ดังนั้นเมื่อไม่มีต้นฟ้าทะลายโจร 2 พันธุ์นี้ ผู้ทำการวิจัยจึงได้ทดลองในการทดลองที่ 1 เพียง 4 พันธุ์ไปก่อน และได้ทำการทดลองที่ 2 เพิ่มเติมอีก 3 พันธุ์ ในปีถัดมา

2. ประสบปัญหากับพื้นที่ที่ใช้ทำการทดลองที่มีอยู่อย่างจำกัด ถ้ามีการศึกษาและทดลองเปรียบเทียบพันธุ์ฟ้าทะลายโจร จำนวน 6 พันธุ์ พร้อมกัน จะต้องใช้พื้นที่จำนวนมาก คือ ต้องใช้แปลงย่อยมากถึง 90 แปลงย่อย ซึ่งแปลงย่อยแต่ละแปลงมีขนาด 4 x 4 x 2 (กว้าง x ยาว x สูง) และ

ต้องเว้นระยะห่างระหว่างแปลงย่อยอีก 2 เมตร พื้นที่กว้างมากนี้ ดังนั้นจึงเป็นข้อจำกัดที่ไม่สามารถทดลองในคราวเดียวกันได้ ดังนั้นจึงได้ทำการแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 การทดลองดังกล่าว

3.3.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาถึงการพรางแสงในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโตที่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิต และปริมาณสารสำคัญในฟ้าทะลายโจร

วางแผนการทดลองแบบ Split plot in randomized complete block design มีจำนวน 3 ซ้ำ

Main plot คือ พันธุ์ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ต่างๆ จำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่

1. ฟ้าทะลายโจร พันธุ์ปราจีนบุรี
2. ฟ้าทะลายโจร พันธุ์พิษณุโลก5-4
3. ฟ้าทะลายโจร พันธุ์พิจิตร 4-4

Sub plot ได้แก่ การพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ช่วงเวลาที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต ดังนี้คือ

1. พรางแสงฟ้าทะลายโจรที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว
2. พรางแสงฟ้าทะลายโจรที่อายุ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว
3. พรางแสงฟ้าทะลายโจรที่อายุ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว
4. ไม่มีการพรางแสง (Control)

3.3.3.1 การเตรียมดิน วิธีปลูก และการดูแลรักษา

ปลูกฟ้าทะลายโจรลงในกระถางจำนวนทั้งหมด 60 กระถาง โดยมีการปลูกจำนวน 2 ต้นต่อกระถาง จนกระทั่งฟ้าทะลายโจรมีอายุได้ 15 วันหลังปลูก ทำการถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อกระถาง ก่อนปลูกมีการให้น้ำแก่ดินที่ระดับความจุสนาม (Field capacity) หลังจากนั้นมีการให้น้ำแก่ฟ้าทะลายโจรทุกวันในปริมาณเทียบเท่ากับปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 5 มิลลิเมตร สำหรับช่วงเวลาของการให้น้ำจะให้ในช่วงเวลาเช้าและมีการให้อย่างสม่ำเสมอโดยใช้บัวรดน้ำ การให้น้ำให้พร้อมกันทั้งหมดทุกกระถาง ตลอดอายุการเจริญเติบโต สำหรับการดูแลรักษามีการกำจัดวัชพืช จำนวน 3 ครั้ง เมื่อฟ้าทะลายโจรมีอายุ 30, 60 และ 90 วันหลังปลูก ส่วนการป้องกันกำจัดโรคและแมลงพบว่าในฟ้าทะลายโจรมีแมลงศัตรูพืชมารบกวนน้อยมาก จึงไม่มีการป้องกันกำจัด หลังจากฟ้าทะลายโจรมีอายุ 60 วันหลังปลูก ก็จะมีการแตกกิ่งก้านสาขาและแตกยอดอ่อนเป็นกอและเป็นพุ่มสีสวยสด สามารถเก็บต้นสดได้เมื่อฟ้าทะลายโจรมีอายุ 120 วันหลังปลูก สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรโดยให้ฟ้าทะลายโจรได้รับการพรางแสงที่แตกต่างกัน ซึ่งกำหนดไว้ในสิ่งทดลองนั้น จะเริ่มมีการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจร เมื่อมีอายุได้ 30 วันหลังปลูก

สำหรับวิธีการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรจะใช้ตาข่ายพรางแสงสีดำ และการพรางแสงในระดับที่ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยจะใช้เครื่องมือ Li-1600 Steady state porometer (ยี่ห้อLI-COR, USA)

วัดค่าแสงให้ได้ตามค่าที่กำหนดเอาไว้ในสิ่งทดลอง สำหรับการทำโรงเรือนที่จะใช้พรางแสงฟ้าทะลายโจร จะใช้ไม้รวกและไม้ไผ่ทำเป็นค้างสี่เหลี่ยมโดยมีขนาด ความกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 4 x 4 x 2 เมตร จากนั้นคลุมด้วยตาข่ายพรางแสงตามที่กำหนดเอาไว้ในสิ่งทดลอง คือพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยจะเริ่มทำการพรางแสงเมื่อฟ้าทะลายโจรมีอายุ 30, 60 และ 90 วันหลังปลูกตามสิ่งทดลองที่กำหนดไว้ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง ก็จะปลูกฟ้าทะลายโจรในที่โล่งแจ้งให้ได้รับแสงเต็มที่ตลอดทั้งวันทุกวัน ตั้งแต่หลังจากปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว และไม่มีการบังแสง

3.3.3.2 การเก็บข้อมูล

1. วัดความสูงของลำต้น และนับจำนวนกิ่งบนลำต้นฟ้าทะลายโจร เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

2. ชั่งหาน้ำหนักแห้งของลำต้น ใบ ดอก ฝัก และรากของฟ้าทะลายโจร แล้วนำมาคำนวณหาค่าน้ำหนักแห้งรวม เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

3. หาค่าดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index : LAI) ของฟ้าทะลายโจรเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

4. ตรวจวัดหาค่าคลอโรฟิลล์ภายในใบของฟ้าทะลายโจร เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

5. ทำการเก็บตัวอย่างใบสดของฟ้าทะลายโจร มาหาปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ และ บี ภายในใบฟ้าทะลายโจร เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

6. การวิเคราะห์หาปริมาณของสารแอนโดรกราโฟไลด์ในใบของฟ้าทะลายโจร เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

7. เก็บผลผลิตฟ้าทะลายโจรในแต่ละสิ่งทดลอง แล้วนำข้อมูลน้ำหนักเมล็ดและใบแห้งมาหาค่าผลผลิต คิดเป็นกรัมต่อตารางเมตร เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

3.3.3.3 ขั้นตอน และวิธีในการวิเคราะห์

วิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้ทางสถิติตามแผนการทดลอง Split plot in randomized complete block design และหาค่า LSD เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละสิ่งทดลอง หลังจากนั้นทำตาราง และรายงานผลการทดลองที่ 3

3.3.4 การทดลองที่ 4 การศึกษาถึงการพรางแสงที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิต และปริมาณสารสำคัญในฟ้าทะลายโจร

วางแผนการทดลองแบบ Split plot in randomized complete block design มีจำนวน 3 ซ้ำ

Main plot คือ พันธุ์ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ต่างๆ จำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่

1. ฟ้าทะลายโจร พันธุ์ปราจีนบุรี
2. ฟ้าทะลายโจร พันธุ์พิษณุโลก 5-4
3. ฟ้าทะลายโจร พันธุ์พิจิตร 4-4

Sub plot ได้แก่ การพรางแสงระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาแตกต่างกันของการเจริญเติบโต 4 ระยะ ดังนี้คือ

1. พรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว
2. พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะแรกของการเจริญเติบโต (ที่อายุ 30 วันหลังปลูก)
3. พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะออกดอก (ที่อายุ 60 วันหลังปลูก)
4. พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก (ที่อายุ 90 วันหลังปลูก)
5. ไม่มีการพรางแสง (Control)

3.3.4.1 การเตรียมดิน วิธีปลูก และการดูแลรักษา

ปลูกฟ้าทะลายโจรลงในกระถางจำนวนทั้งหมด 60 กระถาง โดยมีการปลูกจำนวน 2 ต้นต่อกระถาง จนกระทั่งฟ้าทะลายโจรมีอายุได้ 15 วันหลังปลูก ทำการถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อกระถาง ก่อนปลูกมีการให้น้ำแก่ดินที่ระดับความจุสนาม (Field capacity) หลังจากนั้นมีการให้น้ำแก่ฟ้าทะลายโจรทุกวันในปริมาณเทียบเท่ากับปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 5 มิลลิเมตร สำหรับช่วงเวลาของการให้น้ำจะให้ในช่วงเวลาเช้าและมีการให้อย่างสม่ำเสมอโดยใช้บัวรดน้ำ การให้น้ำให้พร้อมกันทั้งหมดทุกกระถาง ตลอดอายุการเจริญเติบโต สำหรับการดูแลรักษามีการกำจัดวัชพืช จำนวน 3 ครั้ง เมื่อฟ้าทะลายโจรมีอายุ 30, 60 และ 90 วันหลังปลูก ส่วนการป้องกันกำจัดโรคและแมลงพบว่าในฟ้าทะลายโจรมีแมลงศัตรูพืชมารบกวนน้อยมาก จึงไม่มีการป้องกันกำจัด หลังจากฟ้าทะลายโจรมีอายุ 60 วันหลังปลูก ก็จะมีการแตกกิ่งก้านสาขาและแตกยอดอ่อนเป็นกอและเป็นพุ่มสีสวยสด สามารถเก็บต้นสดได้เมื่อฟ้าทะลายโจรมีอายุ 120 วันหลังปลูก สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรโดยให้ฟ้าทะลายโจรได้รับการพรางแสงที่ช่วงเวลาแตกต่างกัน ซึ่งกำหนดไว้ในสิ่งทดลองนั้น ส่วนระดับของการพรางแสงจะใช้ระดับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด จากการทดลองที่ 1 จะเริ่มมีการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรเมื่อมีอายุได้ 30 วันหลังปลูก จนกระทั่งเก็บเกี่ยวที่อายุ 120 วันหลังปลูก

สำหรับวิธีการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรจะใช้ตาข่ายพรางแสงสีดำ และการพรางแสงในระดับที่ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยจะใช้เครื่องมือ Li-1600 Steady state porometer (ยี่ห้อLI-COR, USA) วัดค่าแสงให้ได้ตามค่าที่กำหนดเอาไว้ในสิ่งทดลอง สำหรับการทำโรงเรือนที่จะใช้พรางแสงฟ้าทะลายโจร จะใช้ไม้รวกและไม้ไผ่ทำเป็นค้างสี่เหลี่ยมโดยมีขนาด ความกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 4 x 4 x 2 เมตร จากนั้นคลุมด้วยตาข่ายพรางแสงตามที่กำหนดเอาไว้ในสิ่งทดลอง โดยมีระดับของการ

พรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นเริ่มทำการพรางแสงเป็นช่วงๆ เป็นเวลา 1 เดือน เมื่อฟ้าทะลายโจรมีอายุได้ 30, 60, 90 วันหลังปลูก ส่วนฟ้าทะลายโจรที่พรางแสงเป็นเวลานาน โดยมีการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ฟ้าทะลายโจรก็จะได้รับการพรางแสงตามที่กำหนดเอาไว้ตามสิ่งทดลอง สำหรับการปลูกฟ้าทะลายโจรที่ได้รับแสงตลอดอายุการเจริญเติบโต ก็จะให้ได้รับแสงโดยไม่ได้รับการบังแสงตลอดอายุการเจริญเติบโต

3.3.4.2 การเก็บข้อมูล

1. วัดความสูงของลำต้น และนับจำนวนกิ่งบนลำต้นฟ้าทะลายโจร เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

2. ชั่งหาน้ำหนักแห้งของลำต้น ใบ ดอก ฝัก และรากของฟ้าทะลายโจร แล้วนำมาคำนวณหาค่าน้ำหนักแห้งรวม เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

3. หาค่าดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index : LAI) ของฟ้าทะลายโจรเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

4. ตรวจวัดหาค่าคลอโรฟิลล์ภายในใบของฟ้าทะลายโจร เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

5. ทำการเก็บตัวอย่างใบสดของฟ้าทะลายโจร มาหาปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ และ บี ภายในใบของฟ้าทะลายโจร เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

6. การวิเคราะห์หาปริมาณของสารแอนโดรกราโฟไลด์ในใบของฟ้าทะลายโจร เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

7. เก็บผลผลิตฟ้าทะลายโจรในแต่ละสิ่งทดลอง แล้วนำข้อมูลน้ำหนักเมล็ดและใบแห้งมาหาค่าผลผลิต คิดเป็นกรัมต่อตารางเมตร เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

3.3.4.3 ขั้นตอน และวิธีในการวิเคราะห์

วิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้ทางสถิติตามแผนการทดลอง Split plot in randomized complete block design และหาค่า LSD เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละสิ่งทดลอง หลังจากนั้นตาราง และรายงานผลการทดลองที่ 4

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาถึงผลของการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน ที่มีต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิต และสารสำคัญ ในฟ้าทะลายโจร จำนวน 4 พันธุ์

4.1.1 ลักษณะทางสรีรวิทยาของฟ้าทะลายโจร

4.1.1.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบ (SPAD value) ของฟ้าทะลายโจรทั้ง 4 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.1) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 58.06 SPAD unit รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรพันธุ์ราชบุรี และพิจิตร 4-4 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบเท่ากับ 54.42 และ 54.40 SPAD unit ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 50.84 SPAD unit สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงมากที่สุดคือที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบมากที่สุดเท่ากับ 67.24 SPAD unit รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 50, 40 และ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบเท่ากับ 59.33, 55.66 และ 50.13 SPAD unit ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง (0 เปอร์เซ็นต์) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 39.97 SPAD unit นอกจากนี้ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบของฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

4.1.1.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด) ของฟ้าทะลายโจรทั้ง 4 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.2) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.14 มิลลิกรัมต่อ

100 กรัมน้ำหนักใบสด รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรพันธุ์ราชบุรี และพิจิตร 4-4 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบเท่ากับ 0.13 และ 0.12 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.05 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงมากที่สุดคือที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบมากที่สุดเท่ากับ 0.23 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 50, 40 และ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบเท่ากับ 0.15, 0.09 และ 0.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง (0 เปอร์เซ็นต์) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.02 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด นอกจากนี้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบของฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

4.1.1.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด) ของฟ้าทะลายโจรทั้ง 4 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.2) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.38 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรพันธุ์ราชบุรี และพิจิตร 4-4 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบเท่ากับ 0.37 และ 0.33 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.16 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงมากที่สุดคือที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบมากที่สุดเท่ากับ 0.63 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 50, 40 และ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบเท่ากับ 0.41, 0.27 และ 0.15 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง (0 เปอร์เซ็นต์) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.07 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด นอกจากนี้ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบของฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

ตารางที่ 4.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบ (SPAD value) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 4 พันธุ์ (พันธุ์พิษณุโลก 5-4, พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์ราชบุรี และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	ปริมาณค่าของคลอโรฟิลล์ภายในใบ (SPAD unit)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)	
พิษณุโลก 5-4	50.84
ปราจีนบุรี	58.06
ราชบุรี	54.42
พิจิตร 4-4	54.40
ระดับการพรางแสง (เปอร์เซ็นต์) (B)	
0 (Control)	39.97
20	50.13
40	55.66
50	59.33
80	67.24
ค่าเฉลี่ย	54.46
LSD (0.05) (A)	4.62
LSD (0.05) (B)	3.74
LSD (0.05) (A x B)	ns
C.V. (%) (A)	9.51
C.V. (%) (B)	8.26

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 4 พันธุ์ (พันธุ์พิษณุโลก 5-4, พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์ราชบุรี และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
พิษณุโลก 5-4	0.05	0.16
ปราจีนบุรี	0.14	0.38
ราชบุรี	0.13	0.37
พิจิตร 4-4	0.12	0.33
ระดับการพรางแสง (เปอร์เซ็นต์) (B)		
0 (Control)	0.02	0.07
20	0.04	0.15
40	0.09	0.27
50	0.15	0.41
80	0.23	0.63
ค่าเฉลี่ย	0.11	0.31
LSD (0.05) (A)	0.02	0.05
LSD (0.05) (B)	0.01	0.03
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	20.37	19.64
C.V. (%) (B)	12.30	13.60

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.1.2 ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น และผลผลิตฟ้าทะลายโจร

4.1.2.1 ความสูงของลำต้น

ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร) ของฟ้าทะลายโจร 4 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.3) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีความสูงของลำต้นมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 57.08 เซนติเมตร รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ราชบุรี และพิจิตร 4-4 มีความสูงของลำต้นเท่ากับ 46.87 และ 44.34 เซนติเมตร ส่วนฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 มีความสูงของลำต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 33.82 เซนติเมตร สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงมากที่สุดคือที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ มีความสูงของลำต้นมากที่สุดเท่ากับ 59.88 เซนติเมตร รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 50, 40 และ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความสูงของลำต้นเท่ากับ 55.31, 46.07 และ 37.40 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง (0 เปอร์เซ็นต์) มีความสูงของลำต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 28.97 เซนติเมตร นอกจากนี้ความสูงของลำต้นฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

4.1.2.2 จำนวนกิ่งต่อต้น

จำนวนกิ่งต่อต้น (กิ่ง) ของฟ้าทะลายโจร 4 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.3) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีจำนวนกิ่งต่อต้นมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 25.33 กิ่ง รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิจิตร 4-4 และราชบุรี มีจำนวนกิ่งต่อต้นเท่ากับ 21.33 และ 21.20 กิ่ง ส่วนฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 มีจำนวนกิ่งต่อต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 19.73 กิ่ง สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนกิ่งต่อต้นมากที่สุดเท่ากับ 27.00 กิ่ง รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 0, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยมีจำนวนกิ่งต่อต้นเท่ากับ 23.83, 22.00 และ 19.66 กิ่ง ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนกิ่งต่อต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 17.00 กิ่ง นอกจากนี้จำนวนกิ่งต่อต้นฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

ตารางที่ 4.3 ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร) และจำนวนกิ่งต่อต้น (กิ่ง) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 4 พันธุ์ (พันธุ์พิษณุโลก 5-4, พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์ราชบุรี และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร)	จำนวนกิ่งต่อต้น (กิ่ง)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
พิษณุโลก 5-4	33.82	19.73
ปราจีนบุรี	57.08	25.33
ราชบุรี	46.87	21.20
พิจิตร 4-4	44.34	21.33
ระดับการพรางแสง (เปอร์เซ็นต์) (B)		
0 (Control)	28.97	23.83
20	37.40	27.00
40	46.07	22.00
50	55.31	19.66
80	59.88	17.00
ค่าเฉลี่ย	45.53	21.90
LSD (0.05) (A)	8.51	2.49
LSD (0.05) (B)	4.83	1.11
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	20.94	12.77
C.V. (%) (B)	12.77	6.12

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.1.2.3 น้ำหนักลำต้นแห้ง

น้ำหนักลำต้นแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 4 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.4) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักลำต้นแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 6.62 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ราชบุรี และพิจิตร 4-4 มีน้ำหนักลำต้นแห้งเท่ากับ 4.29 และ 3.75 กรัมต่อต้น ส่วนฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 มีน้ำหนักลำต้นแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 2.85 กรัมต่อต้น สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักลำต้นแห้งมากที่สุดเท่ากับ 8.39 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 0, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยมีน้ำหนักลำต้นแห้งเท่ากับ 5.62, 4.53 และ 2.81 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักลำต้นแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 0.53 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนักลำต้นแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

4.1.2.4 น้ำหนักใบแห้ง

น้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 4 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.4) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักใบแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 3.37 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ราชบุรี และพิจิตร 4-4 มีน้ำหนักใบแห้งเท่ากับ 2.28 และ 1.88 กรัมต่อต้น ส่วนฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 มีน้ำหนักใบแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 1.61 กรัมต่อต้น สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักใบแห้งมากที่สุดเท่ากับ 3.75 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 0, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยมีน้ำหนักใบแห้งเท่ากับ 3.13, 2.83 และ 1.37 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักใบแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 0.33 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนักใบแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

ตารางที่ 4.4 น้ำหนักลำต้นแห้ง และน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 4 พันธุ์ (พันธุ์พิษณุโลก 5-4, พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์ราชบุรี และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	น้ำหนักลำต้นแห้ง (กรัมต่อต้น)	น้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อต้น)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
พิษณุโลก 5-4	2.85	1.61
ปราจีนบุรี	6.62	3.37
ราชบุรี	4.29	2.28
พิจิตร 4-4	3.75	1.88
ระดับการพรางแสง (เปอร์เซ็นต์) (B)		
0 (Control)	5.62	3.13
20	8.39	3.75
40	4.53	2.83
50	2.81	1.37
80	0.53	0.33
ค่าเฉลี่ย	4.38	2.28
LSD (0.05) (A)	0.89	0.43
LSD (0.05) (B)	0.51	0.31
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	22.92	21.29
C.V. (%) (B)	14.12	16.49

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.1.2.5 ดัชนีพื้นที่ใบ

ดัชนีพื้นที่ใบ ของฟ้าทะลายโจร 4 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.5) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีดัชนีพื้นที่ใบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.51 รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ราชบุรี และพิจิตร 4-4 มีดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 0.38 และ 0.31 ส่วนฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 มีดัชนีพื้นที่ใบน้อยที่สุดเท่ากับ 0.28 สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีดัชนีพื้นที่ใบมากที่สุดเท่ากับ 0.67

รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 0, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยมีดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 0.45, 0.33 และ 0.28 ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ มีดัชนีพื้นที่ใบน้อยที่สุดเท่ากับ 0.13 นอกจากนี้ดัชนีพื้นที่ใบฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

ตารางที่ 4.5 ดัชนีพื้นที่ใบ ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 4 พันธุ์ (พันธุ์พิษณุโลก 5-4, พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์ราชบุรี และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	ดัชนีพื้นที่ใบ
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)	
พิษณุโลก 5-4	0.28
ปราจีนบุรี	0.51
ราชบุรี	0.38
พิจิตร 4-4	0.31
ระดับการพรางแสง (เปอร์เซ็นต์) (B)	
0 (Control)	0.45
20	0.67
40	0.33
50	0.28
80	0.13
ค่าเฉลี่ย	0.37
LSD (0.05) (A)	0.05
LSD (0.05) (B)	0.03
LSD (0.05) (A x B)	ns
C.V. (%) (A)	16.86
C.V. (%) (B)	10.17

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.1.2.6 น้ำหนักรากแห้ง

น้ำหนักรากแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 4 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.6) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักรากแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.84 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ราชบุรี และพิจิตร 4-4 มีน้ำหนักรากแห้งเท่ากับ 0.55 และ 0.52 กรัมต่อต้น ส่วนฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 มีน้ำหนักรากแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 0.44 กรัมต่อต้น สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักรากแห้งมากที่สุดเท่ากับ 0.93 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 0, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยมีน้ำหนักรากแห้งเท่ากับ 0.86, 0.75 และ 0.30 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักรากแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 0.10 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนักรากแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

4.1.2.7 น้ำหนักดอกแห้ง

น้ำหนักดอกแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 4 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.6) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักดอกแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.96 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ราชบุรี และพิจิตร 4-4 มีน้ำหนักดอกแห้งเท่ากับ 0.66 และ 0.52 กรัมต่อต้น ส่วนฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 มีน้ำหนักดอกแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 0.47 กรัมต่อต้น สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักดอกแห้งมากที่สุดเท่ากับ 1.62 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 0, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยมีน้ำหนักดอกแห้งเท่ากับ 0.78, 0.53 และ 0.31 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักดอกแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 0.01 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนักดอกแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

ตารางที่ 4.6 น้ำหนักรากแห้ง และน้ำหนักดอกแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 4 พันธุ์ (พันธุ์พิษณุโลก 5-4, พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์ราชบุรี และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วัน หลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	น้ำหนักรากแห้ง (กรัมต่อต้น)	น้ำหนักดอกแห้ง (กรัมต่อต้น)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
พิษณุโลก 5-4	0.44	0.47
ปราจีนบุรี	0.84	0.96
ราชบุรี	0.55	0.66
พิจิตร 4-4	0.52	0.52
ระดับการพรางแสง (เปอร์เซ็นต์) (B)		
0 (Control)	0.86	0.78
20	0.93	1.62
40	0.75	0.53
50	0.30	0.31
80	0.10	0.01
ค่าเฉลี่ย	0.59	0.65
LSD (0.05) (A)	0.10	0.11
LSD (0.05) (B)	0.06	0.11
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	19.33	19.01
C.V. (%) (B)	12.16	20.61

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.1.2.8 น้ำหนักฝักแห้ง

น้ำหนักฝักแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 4 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.7) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักฝักแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1.05 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ราชบุรี และพิจิตร 4-4 มีน้ำหนักฝักแห้งเท่ากับ 0.85 และ 0.45 กรัมต่อต้น ส่วนฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 มีน้ำหนักฝักแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 0.19 กรัมต่อต้น สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักฝักแห้งมากที่สุดเท่ากับ 1.54 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 0, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยมีน้ำหนักฝักแห้งเท่ากับ 0.93, 0.49 และ 0.20 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักฝักแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 0.02 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนักฝักแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

4.1.2.9 น้ำหนักแห้งรวม

น้ำหนักแห้งรวม (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 4 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.7) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักแห้งรวมมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 12.84 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ราชบุรี และพิจิตร 4-4 มีน้ำหนักแห้งรวมเท่ากับ 8.63 และ 7.12 กรัมต่อต้น ส่วนฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 มีน้ำหนักแห้งรวมน้อยที่สุดเท่ากับ 5.56 กรัมต่อต้น สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักแห้งรวมมากที่สุดเท่ากับ 16.23 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 0, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยมีน้ำหนักแห้งรวมเท่ากับ 11.32, 9.13 และ 4.99 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักแห้งรวมน้อยที่สุดเท่ากับ 0.99 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนักแห้งรวมฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

ตารางที่ 4.7 น้ำหนักฝักแห้ง และน้ำหนักแห้งรวม (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 4 พันธุ์ (พันธุ์พิษณุโลก 5-4, พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์ราชบุรี และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วัน หลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	น้ำหนักฝักแห้ง (กรัมต่อต้น)	น้ำหนักแห้งรวม (กรัมต่อต้น)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
พิษณุโลก 5-4	0.19	5.56
ปราจีนบุรี	1.05	12.84
ราชบุรี	0.85	8.63
พิจิตร 4-4	0.45	7.12
ระดับการพรางแสง (เปอร์เซ็นต์) (B)		
0 (Control)	0.93	11.32
20	1.54	16.23
40	0.49	9.13
50	0.20	4.99
80	0.02	0.99
ค่าเฉลี่ย	0.64	8.53
LSD (0.05) (A)	0.11	1.44
LSD (0.05) (B)	0.11	0.72
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	20.60	18.92
C.V. (%) (B)	22.34	10.19

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.1.2.10 ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้ง

ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร) ของฟ้าทะลายโจร 4 พันธุ์ ที่อายุ 120 วัน หลังปลูก (ตารางที่ 4.8) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 14.76 กรัมต่อตารางเมตร รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ราชบุรี และพิจิตร 4-4 มีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งเท่ากับ 11.68 และ 6.15 กรัมต่อตารางเมตร ส่วนฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 มีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 2.60 กรัมต่อตารางเมตร สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่าง

กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งมากที่สุดเท่ากับ 21.36 กรัมต่อตารางเมตร รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 0, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยมีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งเท่ากับ 12.93, 6.82 และ 2.65 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ มีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 0.24 กรัมต่อตารางเมตร นอกจากนี้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

4.1.2.11 ผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง

ผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร) ของฟ้าทะลายโจร 4 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.8) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 47.70 กรัมต่อตารางเมตร รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ราชบุรี และพิจิตร 4-4 มีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งเท่ากับ 32.24 และ 26.61 กรัมต่อตารางเมตร ส่วนฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 มีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 22.80 กรัมต่อตารางเมตร สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งมากที่สุดเท่ากับ 53.08 กรัมต่อตารางเมตร รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 0, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยมีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งเท่ากับ 44.35, 40.05 และ 19.49 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ มีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 4.72 กรัมต่อตารางเมตร นอกจากนี้ผลผลิตน้ำหนักใบแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

4.1.2.12 แอนโดรกราโฟไลด์ในใบ

แอนโดรกราโฟไลด์ในใบ (เปอร์เซ็นต์) ของฟ้าทะลายโจร 4 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.9) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 6.37 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ราชบุรี และพิจิตร 4-4 มีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบเท่ากับ 4.34 และ 4.01 เปอร์เซ็นต์ ส่วนฟ้าทะลายโจรพันธุ์

ตารางที่ 4.8 ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้ง และผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 4 พันธุ์ (พันธุ์พิษณุโลก 5-4, พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์ราชบุรี และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร)	ผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
พิษณุโลก 5-4	2.60	22.80
ปราจีนบุรี	14.76	47.70
ราชบุรี	11.68	32.24
พิจิตร 4-4	6.15	26.61
ระดับการพรางแสง (เปอร์เซ็นต์) (B)		
0 (Control)	12.93	44.35
20	21.36	53.08
40	6.82	40.05
50	2.65	19.49
80	0.24	4.72
ค่าเฉลี่ย	8.80	32.34
LSD (0.05) (A)	1.48	6.15
LSD (0.05) (B)	1.59	4.43
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	18.91	21.29
C.V. (%) (B)	21.77	16.49

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

พิษณุโลก 5-4 มีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบน้อยที่สุดเท่ากับ 2.61 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบมากที่สุดเท่ากับ 5.92 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 0, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยมีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบเท่ากับ 5.13, 4.83 และ 3.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ มีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบน้อยที่สุดเท่ากับ 2.41 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้แอนโดรกราโฟไลด์ในใบฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

ตารางที่ 4.9 แอนโดรกราโฟไลด์ในใบ (เปอร์เซ็นต์) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 4 พันธุ์ (พันธุ์พิษณุโลก 5-4, พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์ราชบุรี และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	แอนโดรกราโฟไลด์ในใบ (เปอร์เซ็นต์)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)	
พิษณุโลก 5-4	2.61
ปราจีนบุรี	6.37
ราชบุรี	4.34
พิจิตร 4-4	4.01
ระดับการพรางแสง (เปอร์เซ็นต์) (B)	
0 (Control)	5.13
20	5.92
40	4.83
50	3.37
80	2.41
ค่าเฉลี่ย	4.33
LSD (0.05) (A)	0.52
LSD (0.05) (B)	0.36
LSD (0.05) (A x B)	ns
C.V. (%) (A)	13.66
C.V. (%) (B)	10.24

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาถึงผลของการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน ที่มีต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิต และสารสำคัญ ในฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์

4.2.1 ลักษณะทางสรีรวิทยาของฟ้าทะลายโจร

4.2.1.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบ (SPAD value) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.10) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 68.34 SPAD unit รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์นครปฐม และสระบุรี มีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบเท่ากับ 59.60 และ 51.96 SPAD unit ตามลำดับ สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงมากที่สุดคือที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบเท่ากับ 72.87 SPAD unit รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบเท่ากับ 65.17 และ 56.02 SPAD unit ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง (การพรางแสงที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบน้อยที่สุดเท่ากับ 45.81 SPAD unit นอกจากนี้ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

4.2.1.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.11) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.15 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์นครปฐม และสระบุรี มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบเท่ากับ 0.13 และ 0.06 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงมากที่สุดคือที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบเท่ากับ 0.21 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่

ระดับ 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบเท่ากับ 0.14 และ 0.06 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง (การพรางแสงที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบน้อยที่สุดเท่ากับ 0.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด นอกจากนี้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

ตารางที่ 4.10 ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบ (SPAD value) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์นครปฐม และพันธุ์สระบุรี) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	ปริมาณค่าของคลอโรฟิลล์ภายในใบ (SPAD unit)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)	
ปราจีนบุรี	68.34
นครปฐม	59.60
สระบุรี	51.96
ระดับการพรางแสง (เปอร์เซ็นต์) (B)	
0 (Control)	45.81
25	56.02
50	65.17
75	72.87
ค่าเฉลี่ย	59.97
LSD (0.05) (A)	5.41
LSD (0.05) (B)	4.60
LSD (0.05) (A x B)	ns
C.V. (%) (A)	7.96
C.V. (%) (B)	7.76

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.11 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์นครปฐม และพันธุ์สระบุรี) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
ปราจีนบุรี	0.15	0.07
นครปฐม	0.13	0.06
สระบุรี	0.06	0.04
ระดับการพรางแสง (เปอร์เซ็นต์) (B)		
0 (Control)	0.04	0.02
25	0.06	0.04
50	0.14	0.07
75	0.21	0.10
ค่าเฉลี่ย	0.11	0.06
LSD (0.05) (A)	0.09	0.01
LSD (0.05) (B)	0.06	0.02
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	7.58	6.53
C.V. (%) (B)	5.67	5.96

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.2.1.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.11) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.07 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์นครปฐม และสระบุรี มีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบเท่ากับ 0.06 และ 0.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลาย

โจรที่ได้รับการพรางแสงมากที่สุดคือที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบเท่ากับ 0.10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบเท่ากับ 0.07 และ 0.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง (การพรางแสงที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบน้อยที่สุดเท่ากับ 0.02 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด นอกจากนี้ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

4.2.2 ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น และผลผลิตของฟ้าทะลายโจร

4.2.2.1 ความสูงของลำต้น

ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.12) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีความสูงของลำต้นมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 30.44 เซนติเมตร รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์นครปฐม และสระบุรี มีความสูงของลำต้นเท่ากับ 25.18 และ 19.28 เซนติเมตร สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงมากที่สุดคือที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ มีความสูงของลำต้นเท่ากับ 30.56 เซนติเมตร รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความสูงของลำต้นเท่ากับ 27.08 และ 22.76 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง (การพรางแสงที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์) มีความสูงของลำต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 19.47 เซนติเมตร นอกจากนี้ความสูงของลำต้นฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

4.2.2.2 จำนวนกิ่งต่อต้น

จำนวนกิ่งต่อต้น (กิ่ง) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.12) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีจำนวนกิ่งต่อต้นมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 34.56 กิ่ง รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์นครปฐม และสระบุรี โดยมีจำนวนกิ่งต่อต้นเท่ากับ 28.05 และ 23.42 กิ่ง ตามลำดับ สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนกิ่งต่อต้นมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 36.82 กิ่ง รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่

ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 0 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนกิ่งต่อต้นเท่ากับ 31.32 และ 25.48 กิ่ง ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงมากที่สุด คือที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนกิ่งต่อต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 21.08 กิ่ง นอกจากนี้จำนวนกิ่งต่อต้นฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

ตารางที่ 4.12 ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร) และจำนวนกิ่งต่อต้น (กิ่ง) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์นครปฐม และพันธุ์สระบุรี) ที่อายุ 120 วัน หลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร)	จำนวนกิ่งต่อต้น (กิ่ง)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
ปราจีนบุรี	30.44	34.56
นครปฐม	25.18	28.05
สระบุรี	19.28	23.42
ระดับการพรางแสง (เปอร์เซ็นต์) (B)		
0 (Control)	19.47	31.32
25	22.76	36.82
50	27.08	25.48
75	30.56	21.08
ค่าเฉลี่ย	24.97	28.68
LSD (0.05) (A)	3.63	3.32
LSD (0.05) (B)	2.84	4.20
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	12.84	10.22
C.V. (%) (B)	11.52	14.78

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.2.2.3 น้ำหนักลำต้นแห้ง

น้ำหนักลำต้นแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.13) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักลำต้นแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 53.87 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์นครปฐม และสระบุรี โดยมีน้ำหนักลำต้นแห้งเท่ากับ 46.96 และ 39.27 กรัมต่อต้น ตามลำดับ สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักลำต้นแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 65.00 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 0 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนัก

ตารางที่ 4.13 น้ำหนักลำต้นแห้ง และน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์นครปฐม และพันธุ์สระบุรี) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	น้ำหนักลำต้นแห้ง (กรัมต่อต้น)	น้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อต้น)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
ปราจีนบุรี	53.87	25.86
นครปฐม	46.96	22.36
สระบุรี	39.27	19.14
ระดับการพรางแสง (เปอร์เซ็นต์) (B)		
0 (Control)	55.21	24.27
25	65.00	27.48
50	39.75	20.73
75	27.85	17.31
ค่าเฉลี่ย	46.95	22.45
LSD (0.05) (A)	6.66	2.99
LSD (0.05) (B)	6.02	2.40
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	12.59	11.78
C.V. (%) (B)	13.20	10.79

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลำต้นแห้งเท่ากับ 55.21 และ 39.75 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงมากที่สุด คือที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักลำต้นแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 27.85 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนักลำต้นแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

4.2.2.4 น้ำหนักใบแห้ง

น้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.13) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักใบแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 25.86 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์นครปฐม และสระบุรี โดยมีน้ำหนักใบแห้งเท่ากับ 22.36 และ 19.14 กรัมต่อต้น ตามลำดับ สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักใบแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 27.48 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 0 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักใบแห้งเท่ากับ 24.27 และ 20.73 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงมากที่สุด คือที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักใบแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 17.31 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนักใบแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

4.2.2.5 ดัชนีพื้นที่ใบ

ดัชนีพื้นที่ใบของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.14) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีดัชนีพื้นที่ใบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.39 รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์นครปฐม และสระบุรี โดยมีดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 0.25 และ 0.19 ตามลำดับ สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีดัชนีพื้นที่ใบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.48 รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 0 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 0.28 และ 0.24 ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงมากที่สุด คือที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ มีดัชนีพื้นที่ใบน้อยที่สุดเท่ากับ 0.11 นอกจากนี้ดัชนีพื้นที่ใบฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

ตารางที่ 4.14 ดัชนีพื้นที่ใบ ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์นครปฐม และพันธุ์สระบุรี) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	ดัชนีพื้นที่ใบ
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)	
ปราจีนบุรี	0.39
นครปฐม	0.25
สระบุรี	0.19
ระดับการพรางแสง (เปอร์เซ็นต์) (B)	
0 (Control)	0.28
25	0.48
50	0.24
75	0.11
ค่าเฉลี่ย	0.28
LSD (0.05) (A)	0.05
LSD (0.05) (B)	0.03
LSD (0.05) (A x B)	ns
C.V. (%) (A)	18.08
C.V. (%) (B)	13.20

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.2.2.6 น้ำหนักรากแห้ง

น้ำหนักรากแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.15) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักรากแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 14.21 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์นครปฐม และสระบุรี โดยมีน้ำหนักรากแห้งเท่ากับ 11.59 และ 9.17 กรัมต่อต้น ตามลำดับ สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักรากแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 14.51 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 0 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักรากแห้งเท่ากับ 11.58 และ 10.70 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงมากที่สุดคือที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักรากแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 9.68 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนัก

รากแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

ตารางที่ 4.15 น้ำหนักรากแห้ง และน้ำหนักดอกแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์นครปฐม และพันธุ์สระบุรี) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	น้ำหนักรากแห้ง (กรัมต่อต้น)	น้ำหนักดอกแห้ง (กรัมต่อต้น)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
ปราจีนบุรี	14.21	1.68
นครปฐม	11.59	1.32
สระบุรี	9.17	0.64
ระดับการพรางแสง (เปอร์เซ็นต์) (B)		
0 (Control)	11.58	1.37
25	14.51	2.10
50	10.70	0.87
75	9.68	0.52
ค่าเฉลี่ย	11.61	1.21
LSD (0.05) (A)	1.42	0.15
LSD (0.05) (B)	1.16	0.17
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	10.77	11.31
C.V. (%) (B)	10.07	14.31

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.2.2.7 น้ำหนักดอกแห้ง

น้ำหนักดอกแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.15) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักดอกแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1.68 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์นครปฐม และสระบุรี โดยมีน้ำหนักดอกแห้งเท่ากับ 1.32 และ 0.64 กรัมต่อต้น ตามลำดับ สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่

ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักดอกแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.10 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 0 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักดอกแห้งเท่ากับ 1.37 และ 0.87 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงมากที่สุด คือที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักดอกแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 0.52 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนักดอกแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

4.2.2.8 น้ำหนักฝักแห้ง

น้ำหนักฝักแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.16) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักฝักแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 5.06 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์นครปฐม และสระบุรี โดยมีน้ำหนักฝักแห้งเท่ากับ 4.43 และ 2.97 กรัมต่อต้น ตามลำดับ สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักฝักแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 5.09 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 0 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักฝักแห้งเท่ากับ 4.08 และ 3.95 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงมากที่สุด คือที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักฝักแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 3.50 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนักฝักแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

4.2.2.9 น้ำหนักแห้งรวม

น้ำหนักแห้งรวม (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.16) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักแห้งรวมมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 100.68 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์นครปฐม และสระบุรี โดยมีน้ำหนักแห้งรวมเท่ากับ 86.66 และ 71.19 กรัมต่อต้น ตามลำดับ สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักแห้งรวมมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 114.18 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 0 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักแห้งรวมเท่ากับ 96.51 และ 76.00 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงมากที่สุด คือที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักแห้งรวมน้อยที่สุดเท่ากับ 58.86 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนักแห้งรวมฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

ตารางที่ 4.16 น้ำหนักฝักแห้ง และน้ำหนักแห้งรวม (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์นครปฐม และพันธุ์สระบุรี) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	น้ำหนักฝักแห้ง (กรัมต่อต้น)	น้ำหนักแห้งรวม (กรัมต่อต้น)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
ปราจีนบุรี	5.06	100.68
นครปฐม	4.43	86.66
สระบุรี	2.97	71.19
ระดับการพรางแสง (เปอร์เซ็นต์) (B)		
0 (Control)	4.08	96.51
25	5.09	114.18
50	3.95	76.00
75	3.50	58.86
ค่าเฉลี่ย	4.15	86.38
LSD (0.05) (A)	0.60	14.68
LSD (0.05) (B)	0.57	25.11
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	12.80	13.15
C.V. (%) (B)	13.76	14.48

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.2.2.10 ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้ง

ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.17) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 20.73 กรัมต่อตารางเมตร รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์นครปฐม และสระบุรี โดยมีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งเท่ากับ 15.90 และ 7.77 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 27.28 กรัมต่อตารางเมตร รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 0 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งเท่ากับ 17.04 และ 9.95 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงมากที่สุด คือที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ มีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 4.93 กรัมต่อตารางเมตร นอกจากนี้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

4.2.2.11 ผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง

ผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.17) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 365.27 กรัมต่อตารางเมตร รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์นครปฐม และสระบุรี โดยมีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งเท่ากับ 310.76 และ 255.22 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 449.47 กรัมต่อตารางเมตร รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 0 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งเท่ากับ 374.43 และ 297.40 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงมากที่สุด คือที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ มีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 120.37 กรัมต่อตารางเมตร นอกจากนี้ผลผลิตน้ำหนักใบแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

ตารางที่ 4.17 ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้ง และผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์นครปฐม และพันธุ์สระบุรี) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร)	ผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
ปราจีนบุรี	20.73	365.27
นครปฐม	15.90	310.76
สระบุรี	7.77	255.22
ระดับการพรางแสง (เปอร์เซ็นต์) (B)		
0 (Control)	17.04	374.43
25	27.28	449.47
50	9.95	297.40
75	4.93	120.37
ค่าเฉลี่ย	14.80	310.41
LSD (0.05) (A)	2.24	53.88
LSD (0.05) (B)	2.44	81.81
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	13.40	15.31
C.V. (%) (B)	16.70	26.61

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.2.2.12 แอนโดรกราโฟไลด์ในใบ

แอนโดรกราโฟไลด์ในใบ (เปอร์เซ็นต์) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.18) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.78 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์นครปฐม และสระบุรี โดยมีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบเท่ากับ 2.41 และ 1.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.93 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 0 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบเท่ากับ 2.62 และ 2.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนฟ้า

ทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงมากที่สุด คือที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ มีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบน้อยที่สุดเท่ากับ 1.18 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้แอนโดรกราโฟไลด์ในใบฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ของฟ้าทะลายโจรกับระดับของการพรางแสง

ตารางที่ 4.18 แอนโดรกราโฟไลด์ในใบ (เปอร์เซ็นต์) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์นครปฐม และพันธุ์สระบุรี) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	แอนโดรกราโฟไลด์ในใบ (เปอร์เซ็นต์)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)	
ปราจีนบุรี	2.78
นครปฐม	2.41
สระบุรี	1.81
ระดับการพรางแสง (เปอร์เซ็นต์) (B)	
0 (Control)	2.62
25	2.93
50	2.60
75	1.18
ค่าเฉลี่ย	2.33
LSD (0.05) (A)	0.03
LSD (0.05) (B)	0.32
LSD (0.05) (A x B)	ns
C.V. (%) (A)	12.22
C.V. (%) (B)	13.76

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาถึงการพรางแสงในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโตที่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิต และปริมาณสารสำคัญในฟ้าทะลายโจร

4.3.1 ลักษณะทางสรีรวิทยาของฟ้าทะลายโจร

4.3.1.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบ (SPAD value) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.19) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 67.34 SPAD unit รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบเท่ากับ 57.60 และ 48.88 SPAD unit ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบเท่ากับ 70.87 SPAD unit รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบลดลงเท่ากับ 63.17 และ 53.91 SPAD unit ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง มีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบต่ำสุดเท่ากับ 43.81 SPAD unit นอกจากนี้ ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงในช่วงเวลาแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

4.3.1.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.20) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.06 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบเท่ากับ 0.04 และ 0.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูก

จนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบเท่ากับ 0.07 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบลดลงเท่ากับ 0.06 และ 0.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบต่ำสุดเท่ากับ 0.03 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด นอกจากนี้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงในช่วงเวลาแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

ตารางที่ 4.19 ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบ (SPAD value) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	ปริมาณค่าของคลอโรฟิลล์ภายในใบ (SPAD unit)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)	
ปราจีนบุรี	67.34
พิษณุโลก 5-4	57.60
พิจิตร 4-4	48.88
ช่วงเวลาของการเจริญเติบโต (B)	
พรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	70.87
พรางแสงที่อายุ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	63.17
พรางแสงที่อายุ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	53.91
ไม่มีการพรางแสง (control)	43.81
ค่าเฉลี่ย	57.94
LSD (0.05) (A)	5.40
LSD (0.05) (B)	5.40
LSD (0.05) (A x B)	ns
C.V. (%) (A)	8.23
C.V. (%) (B)	8.14

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.20 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
ปราจีนบุรี	0.06	0.06
พิษณุโลก 5-4	0.04	0.04
พิจิตร 4-4	0.04	0.03
ช่วงเวลาของการเจริญเติบโต (B)		
พรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	0.07	0.07
พรางแสงที่อายุ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	0.06	0.05
พรางแสงที่อายุ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	0.04	0.03
ไม่มีการพรางแสง (control)	0.03	0.02
ค่าเฉลี่ย	0.05	0.04
LSD (0.05) (A)	0.017	0.011
LSD (0.05) (B)	0.014	0.013
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	6.42	6.30
C.V. (%) (B)	9.63	8.66

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.3.1.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.20) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.06 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบเท่ากับ 0.04 และ 0.03 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบเท่ากับ 0.07 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบลดลงเท่ากับ 0.05 และ 0.03 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง มีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบต่ำสุดเท่ากับ 0.02 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด นอกจากนี้ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงในช่วงเวลาแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

4.3.2 ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น และผลผลิตฟ้าทะลายโจร

4.3.2.1 ความสูงของลำต้น

ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.21) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีความสูงของลำต้นมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 56.41 เซนติเมตร รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีความสูงของลำต้นเท่ากับ 32.04 และ 21.84 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้ความสูงของลำต้นฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีความสูงของลำต้นมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีความสูงของลำต้นเท่ากับ 58.10 เซนติเมตร รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีความสูงลดลงเท่ากับ 42.25 และ 33.05 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง มีความสูงของลำต้นต่ำสุดเท่ากับ 20.31 เซนติเมตร นอกจากนี้ความสูงของ

ลำต้นฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงในช่วงเวลาแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

ตารางที่ 4.21 ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร) และจำนวนกิ่งต่อต้น (กิ่ง) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร)	จำนวนกิ่งต่อต้น (กิ่ง)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
ปราจีนบุรี	56.41	29.45
พิษณุโลก 5-4	32.04	18.20
พิจิตร 4-4	21.84	15.22
ช่วงเวลาของการเจริญเติบโต (B)		
พรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	58.10	25.20
พรางแสงที่อายุ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	42.25	22.48
พรางแสงที่อายุ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	33.05	20.26
ไม่มีการพรางแสง (control)	20.31	18.55
ค่าเฉลี่ย	38.42	21.62
LSD (0.05) (A)	5.14	4.73
LSD (0.05) (B)	5.70	2.40
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	11.82	19.33
C.V. (%) (B)	14.98	11.22

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.3.2.2 จำนวนกิ่งต่อต้น

จำนวนกิ่งต่อต้น (กิ่ง) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.21) พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีจำนวนกิ่งต่อต้นมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 29.45 กิ่ง รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีจำนวนกิ่งต่อต้น เท่ากับ 18.20 และ 15.22 กิ่ง ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้จำนวนกิ่งต่อต้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีจำนวนกิ่งต่อต้นมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวมีจำนวนกิ่งต่อต้นเท่ากับ 25.20 กิ่ง รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีจำนวนกิ่งต่อต้นเท่ากับ 22.48 และ 20.26 กิ่ง ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง มีจำนวนกิ่งต่อต้นมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 18.55 กิ่ง นอกจากนี้จำนวนกิ่งต่อต้นฟ้าทะลายโจร ไม่พบความพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงในช่วงเวลาแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

4.3.2.3 ดัชนีพื้นที่ใบ

ดัชนีพื้นที่ใบ ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.22) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีดัชนีพื้นที่ใบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.82 รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 0.50 และ 0.33 ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้ดัชนีพื้นที่ใบฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีดัชนีพื้นที่ใบมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 0.64 รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีดัชนีพื้นที่ใบลดลงเท่ากับ 0.56 และ 0.52 ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง มีดัชนีพื้นที่ใบต่ำสุดเท่ากับ 0.48 นอกจากนี้ดัชนีพื้นที่ใบฟ้าทะลายโจรไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงในช่วงเวลาแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

ตารางที่ 4.22 ดัชนีพื้นที่ใบ ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	ดัชนีพื้นที่ใบ
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)	
ปราจีนบุรี	0.82
พิษณุโลก 5-4	0.50
พิจิตร 4-4	0.33
ช่วงเวลาของการเจริญเติบโต (B)	
พรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	0.64
พรางแสงที่อายุ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	0.56
พรางแสงที่อายุ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	0.52
ไม่มีการพรางแสง (control)	0.48
ค่าเฉลี่ย	0.55
LSD (0.05) (A)	0.09
LSD (0.05) (B)	0.07
LSD (0.05) (A x B)	ns
C.V. (%) (A)	15.20
C.V. (%) (B)	12.73

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.3.2.4 น้ำหนักลำต้นแห้ง

น้ำหนักลำต้นแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.23) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักลำต้นแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 3.58 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีน้ำหนักลำต้นแห้งเท่ากับ 2.11 และ 1.74 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้น้ำหนักลำต้นแห้งฟ้าทะลายโจร

ตารางที่ 4.23 น้ำหนักลำต้นแห้ง และน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	น้ำหนักลำต้นแห้ง (กรัมต่อต้น)	น้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อต้น)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
ปราจีนบุรี	3.58	2.84
พิษณุโลก 5-4	2.11	2.05
พิจิตร 4-4	1.74	1.29
ช่วงเวลาของการเจริญเติบโต (B)		
พรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	3.22	2.42
พรางแสงที่อายุ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	2.91	2.10
พรางแสงที่อายุ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	2.61	1.95
ไม่มีการพรางแสง (control)	1.14	1.72
ค่าเฉลี่ย	2.47	2.04
LSD (0.05) (A)	0.32	0.28
LSD (0.05) (B)	0.35	0.25
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	11.28	11.94
C.V. (%) (B)	14.30	12.39

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีน้ำหนักลำต้นแห้งมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีน้ำหนักลำต้นแห้งเท่ากับ 3.22 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีน้ำหนักลำต้นแห้งลดลงเท่ากับ 2.91 และ 2.61 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง มีน้ำหนักลำต้นแห้งต่ำสุดเท่ากับ 1.14 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนักลำ

ต้นแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงในช่วงเวลาแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

4.3.2.5 น้ำหนักใบแห้ง

น้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.23) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักใบแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.84 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีน้ำหนักใบแห้งเท่ากับ 2.05 และ 1.29 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้น้ำหนักใบแห้งฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีน้ำหนักใบแห้งมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีน้ำหนักใบแห้งเท่ากับ 2.42 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีน้ำหนักใบแห้งลดลงเท่ากับ 2.10 และ 1.95 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง มีน้ำหนักใบแห้งต่ำสุดเท่ากับ 1.72 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนักใบแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงในช่วงเวลาแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

4.3.2.6 น้ำหนักรากแห้ง

น้ำหนักรากแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.24) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักรากแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.32 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีน้ำหนักรากแห้งเท่ากับ 0.20 และ 0.15 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้น้ำหนักรากแห้งฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีน้ำหนักรากแห้งมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีน้ำหนักรากแห้งเท่ากับ 0.26 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีน้ำหนักรากแห้งลดลงเท่ากับ 0.23 และ 0.21 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง มีน้ำหนักรากแห้งต่ำสุดเท่ากับ 0.17 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนักรากแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงในช่วงเวลาแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

ตารางที่ 4.24 น้ำหนักรากแห้ง และน้ำหนักดอกแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	น้ำหนักรากแห้ง (กรัมต่อต้น)	น้ำหนักดอกแห้ง (กรัมต่อต้น)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
ปราจีนบุรี	0.32	0.05
พิษณุโลก 5-4	0.20	0.03
พิจิตร 4-4	0.15	0.02
ช่วงเวลาของการเจริญเติบโต (B)		
พรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	0.26	0.06
พรางแสงที่อายุ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	0.23	0.04
พรางแสงที่อายุ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	0.21	0.03
ไม่มีการพรางแสง (control)	0.17	0.02
ค่าเฉลี่ย	0.21	0.04
LSD (0.05) (A)	0.02	0.01
LSD (0.05) (B)	0.03	0.01
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	14.55	15.32
C.V. (%) (B)	15.16	14.03

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.3.2.7 น้ำหนักดอกแห้ง

น้ำหนักดอกแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.24) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักดอกแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.05 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีน้ำหนักดอกแห้งเท่ากับ 0.03 และ 0.02 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้น้ำหนักรากแห้งฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีน้ำหนักรากแห้งมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีน้ำหนักรากแห้งเท่ากับ 0.06 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีน้ำหนักรากแห้งลดลงเท่ากับ 0.04 และ 0.03 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง มีน้ำหนักรากแห้งต่ำสุดเท่ากับ 0.02 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนักรากแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงในช่วงเวลาแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

4.3.2.8 น้ำหนักฝักแห้ง

น้ำหนักฝักแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.25) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักฝักแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.25 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีน้ำหนักฝักแห้งเท่ากับ 0.12 และ 0.05 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้น้ำหนักฝักแห้งฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีน้ำหนักฝักแห้งมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีน้ำหนักฝักแห้งเท่ากับ 0.16 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีน้ำหนักฝักแห้งลดลงเท่ากับ 0.15 และ 0.13 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง มีน้ำหนักฝักแห้งต่ำสุดเท่ากับ 0.12 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนักฝักแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงในช่วงเวลาแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

ตารางที่ 4.25 น้ำหนักฝักแห้ง และน้ำหนักแห้งรวม (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	น้ำหนักฝักแห้ง (กรัมต่อต้น)	น้ำหนักแห้งรวม (กรัมต่อต้น)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
ปราจีนบุรี	0.25	7.03
พิษณุโลก 5-4	0.12	4.51
พิจิตร 4-4	0.05	3.26
ช่วงเวลาของการเจริญเติบโต (B)		
พรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	0.16	6.12
พรางแสงที่อายุ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	0.15	5.43
พรางแสงที่อายุ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	0.13	4.93
ไม่มีการพรางแสง (control)	0.12	3.17
ค่าเฉลี่ย	0.14	4.91
LSD (0.05) (A)	0.01	0.31
LSD (0.05) (B)	0.01	0.25
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	10.91	13.21
C.V. (%) (B)	13.43	12.41

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.3.2.9 น้ำหนักแห้งรวม

น้ำหนักแห้งรวม (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.25) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักแห้งรวมมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 7.03 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีน้ำหนักแห้งรวมเท่ากับ 4.51 และ 3.26 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้น้ำหนักแห้งรวมฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีน้ำหนักแห้งรวมมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีน้ำหนักแห้งรวมเท่ากับ 6.12 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีน้ำหนักแห้งรวมลดลงเท่ากับ 5.43 และ 4.93 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง มีน้ำหนักแห้งรวมต่ำสุดเท่ากับ 3.17 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนักแห้งรวมฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงในช่วงเวลาแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

4.3.2.10 ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้ง

ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.26) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 3.57 กรัมต่อตารางเมตร รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งเท่ากับ 2.11 และ 1.74 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งเท่ากับ 3.22 กรัมต่อตารางเมตร รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งลดลงเท่ากับ 2.91 และ 2.61 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง มีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งต่ำสุดเท่ากับ 1.14 กรัมต่อตารางเมตร นอกจากนี้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงในช่วงเวลาแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

ตารางที่ 4.26 ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้ง และผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร)	ผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
ปราจีนบุรี	3.57	40.44
พิษณุโลก 5-4	2.11	29.40
พิจิตร 4-4	1.74	18.29
ช่วงเวลาของการเจริญเติบโต (B)		
พรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	3.22	33.74
พรางแสงที่อายุ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	2.91	31.14
พรางแสงที่อายุ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	2.61	28.53
ไม่มีการพรางแสง (control)	1.14	24.10
ค่าเฉลี่ย	2.47	29.37
LSD (0.05) (A)	0.32	3.66
LSD (0.05) (B)	0.35	2.97
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	11.28	11.01
C.V. (%) (B)	14.30	10.21

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.3.2.11 ผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง

ผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.26) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 40.44 กรัมต่อตารางเมตร รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งเท่ากับ 29.40 และ 18.29 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้ผลผลิตน้ำหนักใบแห้งฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งเท่ากับ 33.74 กรัมต่อตารางเมตร รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งลดลงเท่ากับ 31.14 และ 28.53 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง มีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งต่ำสุดเท่ากับ 24.10 กรัมต่อตารางเมตร นอกจากนี้ผลผลิตน้ำหนักใบแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงในช่วงเวลาแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

4.3.2.12 แอนโดรกราโฟไลด์ในใบ

แอนโดรกราโฟไลด์ในใบ (เปอร์เซ็นต์) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.27) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.39 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบเท่ากับ 2.02 และ 1.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้แอนโดรกราโฟไลด์ในใบฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบเท่ากับ 2.33 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบลดลงเท่ากับ 2.16 และ 1.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง มีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบต่ำสุดเท่ากับ 1.60 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้แอนโดรกราโฟไลด์ในใบฟ้าทะลายโจรไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงในช่วงเวลาแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

ตารางที่ 4.27 แอนโดรกราโฟไลด์ในใบ (เปอร์เซ็นต์) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	แอนโดรกราโฟไลด์ในใบ (เปอร์เซ็นต์)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)	
ปราจีนบุรี	2.39
พิษณุโลก 5-4	2.02
พิจิตร 4-4	1.66
ช่วงเวลาของการเจริญเติบโต (B)	
พรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	2.33
พรางแสงที่อายุ 60 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	2.16
พรางแสงที่อายุ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	1.99
ไม่มีการพรางแสง (control)	1.60
ค่าเฉลี่ย	2.02
LSD (0.05) (A)	0.24
LSD (0.05) (B)	0.24
LSD (0.05) (A x B)	ns
C.V. (%) (A)	10.46
C.V. (%) (B)	11.98

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.4 การทดลองที่ 4 การศึกษาถึงการพรางแสงที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิต และปริมาณสารสำคัญในฟ้าทะลายโจร

4.4.1 ลักษณะทางสรีรวิทยาของฟ้าทะลายโจร

4.4.1.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบ (SPAD value) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.28) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 65.76 SPAD unit รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบเท่ากับ 61.58 และ 58.12 SPAD unit ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงที่ระยะที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงตลอดคือ ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบเท่ากับ 72.62 SPAD unit รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะสร้างฝัก, ระยะออกดอก และระยะแรกของการเจริญเติบโต โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบเท่ากับ 61.69, 49.14 และ 45.65 SPAD unit ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ปลูกโดยไม่ได้รับการพรางแสง มีปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบต่ำสุดเท่ากับ 36.22 SPAD unit นอกจากนี้ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

4.4.1.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.29) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.29 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบเท่ากับ 0.26 และ 0.19 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงที่ระยะที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้ปริมาณ

ตารางที่ 4.28 ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบ (SPAD value) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	ปริมาณค่าของคลอโรฟิลล์ภายในใบ (SPAD unit)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)	
ปราจีนบุรี	65.76
พิษณุโลก 5-4	61.58
พิจิตร 4-4	58.12
ระยะของการเจริญเติบโต (B)	
พรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	72.62
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะแรกของการเจริญเติบโต	45.65
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะออกดอก	49.14
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก	61.69
ไม่มีการพรางแสง (control)	36.22
ค่าเฉลี่ย	61.82
LSD (0.05) (A)	7.54
LSD (0.05) (B)	3.20
LSD (0.05) (A x B)	ns
C.V. (%) (A)	12.04
C.V. (%) (B)	5.33

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

คลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงตลอดคือ ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบเท่ากับ 0.33 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก, ระยะออกดอก และระยะแรกของการเจริญเติบโต โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบเท่ากับ 0.26, 0.24 และ 0.21 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่มีการพรางแสง มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบต่ำสุดเท่ากับ 0.19 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด นอกจากนี้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบฟ้าทะลายโจรไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

4.4.1.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.29) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.14 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบเท่ากับ 0.11 และ 0.09 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงที่ระยะที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงตลอดคือ ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบเท่ากับ 0.15 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก, ระยะออกดอก และระยะแรกของการเจริญเติบโต โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบเท่ากับ 0.12, 0.11 และ 0.09 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่มีการพรางแสง มีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบต่ำสุดเท่ากับ 0.07 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด นอกจากนี้ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

ตารางที่ 4.29 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ภายในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักใบสด)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
ปราจีนบุรี	0.29	0.14
พิษณุโลก 5-4	0.26	0.11
พิจิตร 4-4	0.19	0.09
ระยะของการเจริญเติบโต (B)		
พรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	0.33	0.15
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะแรกของการเจริญเติบโต	0.21	0.09
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะออกดอก	0.24	0.11
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก	0.26	0.12
ไม่มีการพรางแสง (control)	0.19	0.07
ค่าเฉลี่ย	0.25	0.11
LSD (0.05) (A)	0.02	0.01
LSD (0.05) (B)	0.03	0.02
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	19.38	16.59
C.V. (%) (B)	17.83	14.41

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.4.2 ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น และผลผลิตฟ้าทะลายโจร

4.4.2.1 ความสูงของลำต้น

ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.30) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีความสูงของลำต้นมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 65.92 เซนติเมตร รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีความสูงของลำต้นเท่ากับ 53.66 และ 45.06 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงที่ระยะที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้ความสูงของลำต้นฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีความสูงของลำต้นมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงตลอดคือ ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีความสูงของลำต้นเท่ากับ 67.86 เซนติเมตร รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก, ระยะออกดอก และระยะแรกของการเจริญเติบโต โดยมีความสูงของลำต้นเท่ากับ 59.08, 52.42 และ 49.40 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่มีการพรางแสง มีความสูงของลำต้นต่ำสุดเท่ากับ 45.64 เซนติเมตร นอกจากนี้ความสูงของลำต้นฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

4.4.2.2 จำนวนกิ่งต่อต้น

จำนวนกิ่งต่อต้น (กิ่ง) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.30) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีจำนวนกิ่งต่อต้นมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 34.60 กิ่ง รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีจำนวนกิ่งต่อต้นเท่ากับ 30.33 และ 28.20 กิ่ง ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงที่ระยะที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้จำนวนกิ่งต่อต้นฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีจำนวนกิ่งต่อต้นมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงตลอดคือ ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีจำนวนกิ่งต่อต้นเท่ากับ 41.77 กิ่ง รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก, ระยะออกดอก และระยะแรกของการเจริญเติบโต โดยมีจำนวนกิ่งต่อต้นเท่ากับ 34.33, 28.88 และ 27.00 กิ่ง ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่มีการพรางแสง มีจำนวนกิ่งต่อต้นต่ำสุดเท่ากับ 23.22 กิ่ง นอกจากนี้จำนวนกิ่งต่อต้นฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

ตารางที่ 4.30 ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร) และจำนวนกิ่งต่อต้น (กิ่ง) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร)	จำนวนกิ่งต่อต้น (กิ่ง)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
ปราจีนบุรี	65.92	34.60
พิษณุโลก 5-4	53.66	30.33
พิจิตร 4-4	45.06	28.20
ระยะของการเจริญเติบโต (B)		
พรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	67.86	41.77
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะแรกของการเจริญเติบโต	49.40	27.00
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะออกดอก	52.42	28.88
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก	59.08	34.33
ไม่มีการพรางแสง (control)	45.64	23.22
ค่าเฉลี่ย	54.88	31.04
LSD (0.05) (A)	6.21	4.38
LSD (0.05) (B)	5.61	3.33
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	11.16	13.94
C.V. (%) (B)	10.51	11.03

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.4.2.3 ดัชนีพื้นที่ใบ

ดัชนีพื้นที่ใบ ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.31) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีดัชนีพื้นที่ใบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1.50 รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 1.39 และ 1.01 ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงที่ระยะที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้ดัชนีพื้นที่ใบฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีดัชนีพื้นที่ใบมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงตลอดคือ ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 1.64 รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก, ระยะออกดอก และระยะแรกของการเจริญเติบโต โดยมีดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 1.36, 1.23 และ 1.22 ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่มีการพรางแสง มีดัชนีพื้นที่ใบต่ำสุดเท่ากับ 1.05 นอกจากนี้ดัชนีพื้นที่ใบฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

4.4.2.4 น้ำหนักลำต้นแห้ง

น้ำหนักลำต้นแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.32) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจร พันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักลำต้นแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 14.36 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีน้ำหนักลำต้นแห้งเท่ากับ 13.56 และ 10.15 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงที่ระยะที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้น้ำหนักลำต้นแห้งฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีน้ำหนักลำต้นแห้งมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงตลอดคือ ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีน้ำหนักลำต้นแห้งเท่ากับ 20.64 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก, ระยะออกดอก และระยะแรกของการเจริญเติบโต โดยมีน้ำหนักลำต้นแห้งเท่ากับ 15.38, 11.95 และ 8.35 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่มีการพรางแสง มีน้ำหนักลำต้นแห้งต่ำสุดเท่ากับ 7.14 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนักลำต้นแห้งฟ้าทะลายโจรไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

ตารางที่ 4.31 ดัชนีพื้นที่ใบ ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	ดัชนีพื้นที่ใบ
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)	
ปราจีนบุรี	1.50
พิษณุโลก 5-4	1.39
พิจิตร 4-4	1.01
ระยะของการเจริญเติบโต (B)	
พรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	1.64
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะแรกของการเจริญเติบโต	1.22
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะออกดอก	1.23
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก	1.36
ไม่มีการพรางแสง (control)	1.05
ค่าเฉลี่ย	1.30
LSD (0.05) (A)	0.05
LSD (0.05) (B)	0.06
LSD (0.05) (A x B)	ns
C.V. (%) (A)	14.37
C.V. (%) (B)	15.00

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.32 น้ำหนักลำต้นแห้ง และน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	น้ำหนักลำต้นแห้ง (กรัมต่อต้น)	น้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อต้น)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
ปราจีนบุรี	14.36	8.42
พิษณุโลก 5-4	13.56	7.67
พิจิตร 4-4	10.15	6.85
ระยะของการเจริญเติบโต (B)		
พรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	20.64	11.04
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะแรกของการเจริญเติบโต	8.35	6.77
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะออกดอก	11.95	7.28
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก	15.38	8.44
ไม่มีการพรางแสง (control)	7.14	4.68
ค่าเฉลี่ย	12.69	7.64
LSD (0.05) (A)	1.70	0.91
LSD (0.05) (B)	1.56	0.94
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	13.23	11.75
C.V. (%) (B)	12.64	12.68

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.4.2.5 น้ำหนักใบแห้ง

น้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.32) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักใบแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 8.42 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีน้ำหนักใบแห้งเท่ากับ 7.67 และ 6.85 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงที่ระยะที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้น้ำหนักใบแห้งฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีน้ำหนักใบแห้งมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงตลอดคือ ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีน้ำหนักใบแห้งเท่ากับ 11.04 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก, ระยะออกดอก และระยะแรกของการเจริญเติบโต โดยมีน้ำหนักใบแห้งเท่ากับ 8.44, 7.28 และ 6.77 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่มีการพรางแสง มีน้ำหนักใบแห้งต่ำสุดเท่ากับ 4.68 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนักใบแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

4.4.2.6 น้ำหนักรากแห้ง

น้ำหนักรากแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.33) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักรากแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.07 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีน้ำหนักรากแห้งเท่ากับ 1.97 และ 1.96 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงที่ระยะที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้น้ำหนักรากแห้งฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีน้ำหนักรากแห้งมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงตลอดคือ ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีน้ำหนักรากแห้งเท่ากับ 3.02 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก, ระยะออกดอก และระยะแรกของการเจริญเติบโต โดยมีน้ำหนักรากแห้งเท่ากับ 2.30, 1.75 และ 1.58 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่มีการพรางแสง มีน้ำหนักรากแห้งต่ำสุดเท่ากับ 1.37 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนักรากแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

ตารางที่ 4.33 น้ำหนักรากแห้ง และน้ำหนักดอกแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	น้ำหนักรากแห้ง (กรัมต่อต้น)	น้ำหนักดอกแห้ง (กรัมต่อต้น)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
ปราจีนบุรี	2.07	0.65
พิษณุโลก 5-4	1.97	0.47
พิจิตร 4-4	1.96	0.38
ระยะของการเจริญเติบโต (B)		
พรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	3.02	0.85
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะแรกของการเจริญเติบโต	1.58	0.34
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะออกดอก	1.75	0.50
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก	2.30	0.68
ไม่มีการพรางแสง (control)	1.37	0.13
ค่าเฉลี่ย	2.00	0.50
LSD (0.05) (A)	0.05	0.06
LSD (0.05) (B)	0.36	0.08
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	12.44	12.13
C.V. (%) (B)	18.52	16.26

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.4.2.7 น้ำหนักดอกแห้ง

น้ำหนักดอกแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.33) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักดอกแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.65 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีน้ำหนักดอกแห้งเท่ากับ 0.47 และ 0.38 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงที่ระยะที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้น้ำหนักดอกแห้งฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีน้ำหนักดอกแห้งมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงตลอดคือ ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีน้ำหนักดอกแห้งเท่ากับ 0.85 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก, ระยะออกดอก และระยะแรกของการเจริญเติบโต โดยมีน้ำหนักดอกแห้งเท่ากับ 0.68, 0.50 และ 0.34 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่มีการพรางแสง มีน้ำหนักดอกแห้งต่ำสุดเท่ากับ 0.13 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนักดอกแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

4.4.2.8 น้ำหนักฝักแห้ง

น้ำหนักฝักแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.34) พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักฝักแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.12 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีน้ำหนักฝักแห้งเท่ากับ 1.64 และ 1.43 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงที่ระยะที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้น้ำหนักฝักแห้งฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีน้ำหนักฝักแห้งมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงตลอดคือ ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีน้ำหนักฝักแห้งเท่ากับ 2.91 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก, ระยะออกดอก และระยะแรกของการเจริญเติบโต โดยมีน้ำหนักฝักแห้งเท่ากับ 1.96, 1.69 และ 1.20 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่มีการพรางแสง มีน้ำหนักฝักแห้งต่ำสุดเท่ากับ 0.90 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนักฝักแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

ตารางที่ 4.34 น้ำหนักฝักแห้ง และน้ำหนักแห้งรวม (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	น้ำหนักฝักแห้ง (กรัมต่อต้น)	น้ำหนักแห้งรวม (กรัมต่อต้น)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
ปราจีนบุรี	2.12	27.62
พิษณุโลก 5-4	1.64	25.31
พิจิตร 4-4	1.43	20.77
ระยะของการเจริญเติบโต (B)		
พรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	2.91	38.46
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะแรกของการเจริญเติบโต	1.20	18.24
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะออกดอก	1.69	23.17
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก	1.96	28.76
ไม่มีการพรางแสง (control)	0.90	14.22
ค่าเฉลี่ย	1.73	24.57
LSD (0.05) (A)	0.25	1.86
LSD (0.05) (B)	0.24	13.15
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	14.24	16.14
C.V. (%) (B)	14.34	15.68

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.4.2.9 น้ำหนักแห้งรวม

น้ำหนักแห้งรวม (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.34) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีน้ำหนักแห้งรวมมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 27.62 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีน้ำหนักแห้งรวมเท่ากับ 25.31 และ 20.77 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงที่ระยะที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้น้ำหนักแห้งรวมฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีน้ำหนักแห้งรวมมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงตลอดคือ ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีน้ำหนักแห้งรวมเท่ากับ 38.46 กรัมต่อต้น รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก, ระยะออกดอก และระยะแรกของการเจริญเติบโต โดยมีน้ำหนักแห้งรวมเท่ากับ 28.76, 23.17 และ 18.24 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่มีการพรางแสง มีน้ำหนักแห้งรวมต่ำสุดเท่ากับ 14.22 กรัมต่อต้น นอกจากนี้น้ำหนักแห้งรวมฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

4.4.2.10 ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้ง

ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.35) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 21.78 กรัมต่อตารางเมตร รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งเท่ากับ 15.95 และ 13.24 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงที่ระยะที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีค่าเท่ากับ 28.52 กรัมต่อตารางเมตร รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะสร้างฝัก, ระยะออกดอก และระยะแรกของการเจริญเติบโต โดยมีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งเท่ากับ 19.21, 16.99 และ 11.86 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง มีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งต่ำสุดเท่ากับ 8.82 กรัมต่อตารางเมตร นอกจากนี้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

ตารางที่ 4.35 ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้ง และผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร)	ผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)		
ปราจีนบุรี	21.78	121.91
พิษณุโลก 5-4	15.95	108.50
พิจิตร 4-4	13.24	95.81
ระยะของการเจริญเติบโต (B)		
พรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	28.52	158.15
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะแรกของการเจริญเติบโต	11.86	96.76
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะออกดอก	16.99	102.97
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก	19.21	120.41
ไม่มีการพรางแสง (control)	8.82	64.19
ค่าเฉลี่ย	16.99	108.50
LSD (0.05) (A)	1.36	10.81
LSD (0.05) (B)	1.12	13.24
LSD (0.05) (A x B)	ns	ns
C.V. (%) (A)	11.09	11.06
C.V. (%) (B)	12.31	12.41

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.4.2.11 ผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง

ผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อตารางเมตร) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.35) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 121.91 กรัมต่อตารางเมตร รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งเท่ากับ 108.50 และ 95.81 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงที่ระยะที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้ผลผลิตน้ำหนักใบแห้งฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงตลอดคือ ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งเท่ากับ 158.15 กรัมต่อตารางเมตร รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก, ระยะออกดอก และระยะแรกของการเจริญเติบโต โดยมีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งเท่ากับ 120.41, 102.97 และ 96.76 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่มีการพรางแสง มีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งต่ำสุดเท่ากับ 64.19 กรัมต่อตารางเมตร นอกจากนี้ผลผลิตน้ำหนักใบแห้งฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

4.4.2.12 แอนโดรกราโฟไลด์ในใบ

แอนโดรกราโฟไลด์ในใบ (เปอร์เซ็นต์) ของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (ตารางที่ 4.36) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.65 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ซึ่งมีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบเท่ากับ 2.11 และ 1.41 เปอร์เซ็นต์ ลำดับ ส่วนการพรางแสงที่ระยะที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่ามีผลทำให้แอนโดรกราโฟไลด์ในใบฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรที่มีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบมีค่ามากที่สุดคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงตลอดคือ ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบเท่ากับ 2.61 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก, ระยะออกดอก และระยะแรกของการเจริญเติบโต โดยมีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบเท่ากับ 2.30, 2.11 และ 1.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่มีการพรางแสง มีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบต่ำสุดเท่ากับ 1.41 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้แอนโดรกราโฟไลด์ในใบฟ้าทะลายโจร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฟ้าทะลายโจร และการพรางแสงที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

ตารางที่ 4.36 แอนโดรกราโฟไลด์ในใบ (เปอร์เซ็นต์) ของฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์ (พันธุ์ปราจีนบุรี, พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพันธุ์พิจิตร 4-4) ที่อายุ 120 วันหลังปลูก เมื่อได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต

สิ่งทดลอง	แอนโดรกราโฟไลด์ในใบ (เปอร์เซ็นต์)
พันธุ์ฟ้าทะลายโจร (A)	
ปราจีนบุรี	2.65
พิษณุโลก 5-4	2.11
พิจิตร 4-4	1.41
ระยะของการเจริญเติบโต (B)	
พรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว	2.61
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะแรกของการเจริญเติบโต	1.88
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะออกดอก	2.11
พรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ที่ระยะการสร้างฝัก	2.30
ไม่มีการพรางแสง (control)	1.41
ค่าเฉลี่ย	2.06
LSD (0.05) (A)	0.28
LSD (0.05) (B)	0.20
LSD (0.05) (A x B)	ns
C.V. (%) (A)	12.13
C.V. (%) (B)	11.62

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 5
วิจารณ์

5.1 การศึกษาถึงผลของการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน ที่มีต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิต และสารสำคัญ ในฟ้าทะลายโจร จำนวน 4 พันธุ์

ผลจากการทดลองที่ 1 พบว่าฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรี มีการเจริญเติบโตทางลำต้นและให้ผลผลิตสูงสุด รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ราชบุรี, พันธุ์พิจิตร 4-4 และพันธุ์พิษณุโลก 5-4 ตามลำดับ การที่ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรี มีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ดี มีการสะสมน้ำหนักลำต้น ใบ ราก ดอก และฝักแห้ง มีค่ามากที่สุด และมีการสะสมน้ำหนักแห้งรวมมีค่าสูงสุด จึงทำให้มีผลผลิตใบแห้งมีค่าสูงสุด ในขณะที่ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 มีการเจริญเติบโตทางลำต้นไม่ดี มีการสะสมน้ำหนักแห้งของใบ ลำต้นและรากน้อย จึงทำให้มีผลผลิตใบแห้งมีค่าต่ำที่สุด (ตารางที่ 4.4, 4.6 และ 4.8) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของ สมยศ เดชภิรัตนมงคล และคณะ (2560ก) ที่ได้ศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตทางลำต้น และผลผลิตของฟ้าทะลายโจร 4 พันธุ์ ก็ให้ผลเช่นเดียวกันโดยพบว่าฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรี มีการสะสมน้ำหนักลำต้น ใบ และรากแห้ง มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ราชบุรี, พิจิตร 4-4 และพิษณุโลก 5-4 ตามลำดับ สำหรับการเจริญเติบโตทางลำต้นและการให้ผลผลิตของฟ้าทะลายโจรในแต่ละพันธุ์ที่มีความแตกต่างกันนี้ อันเนื่องมาจากฟ้าทะลายโจรในแต่ละพันธุ์มีลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างกัน พันธุ์ที่มีลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ดี และมีการสะสมน้ำหนักแห้งรวมสูงจะมีพื้นที่ใบมาก จึงทำให้มีพื้นที่ในการสังเคราะห์แสงมาก และสามารถสร้างอาหารได้มากกว่า จึงส่งผลให้มีผลผลิตน้ำหนักใบสดและแห้ง มีค่ามากที่สุด (สมยศ เดชภิรัตนมงคล. 2561; สมยศ เดชภิรัตนมงคล และคณะ. 2552ก, 2552ข; สมยศ เดชภิรัตนมงคล และคณะ. 2556; สมยศ เดชภิรัตนมงคล และอรรนพ แสนเมือง. 2555) อย่างไรก็ตามความแตกต่างของการเจริญเติบโตและผลผลิตของฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์นี้ ยังพบได้ในพืชชนิดอื่นอีก โดยเฉพาะ EL-Bassiony *et al.* (2014) รายงานว่า ความผันแปรทางพันธุกรรม ยังพบได้ในพืชจำพวกมะเขือเทศ กล่าวคือ มะเขือเทศที่มีลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น และผลผลิตของมะเขือเทศแตกต่างกัน โดยเฉพาะพันธุ์ GS12 และพันธุ์ Marwa ซึ่งมีอิทธิพลทางพันธุกรรมเป็นตัวกำหนดมากกว่าสภาพแวดล้อม

แสงโดยทั่วไปแล้วมีบทบาทที่สำคัญต่อสภาพแวดล้อม ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (Li *et al.* 2010) พืชที่ได้รับความเข้มของแสงในระดับที่เหมาะสม มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงมีประสิทธิภาพสูงสุด และทำให้พืชมีการเจริญเติบโตมากที่สุด ถ้าพืชได้รับแสงในระดับที่

น้อยลงมากก็จะมีผลต่อการเจริญโตทางลำต้นของพืชลดลง ซึ่งเหตุผลดังกล่าว บางครั้งการเพิ่มระดับความเข้มของแสง ก็ไม่ได้ทำให้การสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น จุดนี้เรียกว่า Light saturation point (จุดชดเชยแสง) (Neri *et al.* 2003)

สำหรับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกันที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของฟ้าทะลายโจร ซึ่งได้มีการพรางแสงให้กับฟ้าทะลายโจรที่ระดับ 0, 20, 40, 50 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลจากการทดลองพบว่า การพรางแสงมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นและผลผลิตฟ้าทะลายโจรโดยตรง กล่าวคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตทางลำต้น มีพื้นที่ใบ น้ำหนักใบแห้ง น้ำหนักลำต้นแห้ง และผลผลิตน้ำหนักใบแห้งมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ การพรางแสงที่ระดับ 0, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงที่ระดับมากที่สุดคือ 80 เปอร์เซ็นต์ ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตทางลำต้นไม่ดี และให้ผลผลิตน้ำหนักใบแห้งมีค่าต่ำที่สุด (ตารางที่ 4.8) สุรินทร์ นิลสำราญจิต และคณะ (2543) ได้ทำการศึกษาในพืชสมุนไพรผักคาวตองที่ปลูกภายใต้สภาพระดับความเข้มของแสงที่แตกต่างกัน ก็พบเช่นเดียวกันว่าน้ำหนักแห้งของใบและลำต้น มีค่าสูงสุดในสภาพที่มีระดับความเข้มของแสงที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระดับความเข้มของแสง 25 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้พืชมีความยาวของลำต้นเพิ่มมากขึ้น แต่ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบมีค่าลดลง Devkota and Jha (2010) พบว่า การพรางแสงที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลทำให้ผลผลิตทางชีวภาพของใบบัวบก มีค่าสูงที่สุด ส่วน Srikrishnah and Sutharsan (2015) รายงานว่าในขมิ้นชันที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักแห้งส่วนที่อยู่เหนือดิน พื้นที่ใบ และผลผลิตมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือการพรางแสงที่ระดับ 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกที่ไม่มีการพรางแสง Medany *et al.* (2009) กล่าวว่าการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นของพริกหวานที่ปลูกภายใต้ตาข่ายพรางแสงสีดำ มีผลกระทบมาจากการลดลงของอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม และความเข้มแสง เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าในพืชแต่ละชนิด เมื่อได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน มีการตอบสนองของการเจริญเติบโต และผลผลิตแตกต่างกัน สำหรับในพืชสมุนไพรฟ้าทะลายโจร พบว่า การพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตที่ดี และให้ผลผลิตสูงสุด

การพรางแสงยังมีผลต่อพื้นที่ใบและน้ำหนักใบแห้ง Wiebel *et al.* (1994) รายงานว่า พืชเมื่อมีการพรางแสงเพิ่มขึ้น มีผลทำให้พื้นที่ใบ และน้ำหนักใบแห้งมีค่าลดลง แตกต่างไปจากการทดลองของ Jeong *et al.* (2007) ที่รายงานว่าใน Begonia พื้นที่ใบมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการพรางแสงเพิ่มขึ้น แตกต่างไปจากพื้นที่ใบของพืชพวก Sweet pepper (Medany *et al.* 2009), Weeping fig (*Ficus benjamina* L.) และ Croton (*Codiaeum Variegatum* L.) (Scuderi *et al.* 2008) ที่พบว่าพื้นที่ใบมีค่าลดลง ในขณะที่มีการพรางแสงเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการทดลองเหมือนกันกับการทดลองนี้ที่พบว่าเมื่อมีการพรางแสงเพิ่มมากขึ้นกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้พื้นที่ใบของฟ้าทะลายโจรมีค่าลดลง

Naidu and Swamy (1993) ได้พบว่า จำนวนใบและพื้นที่ใบของ *Pongamia pinneta* มีค่าเพิ่มมากขึ้น เมื่อมีการเจริญเติบโตในสภาพที่มีการพรางแสง

น้ำหนักแห้งรวม องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิต พบว่ามีความแตกต่างกัน เมื่อได้รับการพรางแสง Araki *et al.* (2014) รายงานว่า น้ำหนักแห้งรวมต่อต้นมีค่าลดลง เมื่อเพิ่มระดับของการพรางแสงที่มากขึ้น ส่วนจำนวนฝักต่อต้น และน้ำหนักฝักแห้งก็มีค่าสูงสุด ก็เช่นเดียวกัน เมื่อพืชได้รับการพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกันกับการพรางแสงในช่วงอื่นๆ อย่างไรก็ตามมีบางงานทดลองในพืชบางชนิดที่พบว่าการพรางแสงมีผลทำให้จำนวนฝักต่อต้นมีค่าลดลง เช่นในพืชตระกูลถั่ว โดยเฉพาะถั่วเหลือง ซึ่งมีรายงานโดย Kurosaki and Yumoto (2003) และ Kakiuchi and Kobota (2004, 2006)

สำหรับผลผลิตก็พบเช่นเดียวกันว่า การพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลดีที่สุด การพรางแสงเพิ่มมากขึ้นเป็น ที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้งส่วนที่อยู่เหนือดินมีค่าน้อยที่สุด สอดคล้องกับ Kakiuchi and Kobota (2004, 2006) ที่รายงานว่า น้ำหนักแห้งรวมมีค่าลดลง เมื่อการพรางแสงมีค่าเพิ่มมากขึ้น การพรางแสงที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ผลผลิตฟ้าทะลายโจรลดลงนี้ สอดคล้องกับการทดลองของ Devkota and Jha (2010) แสดงให้เห็นว่า เมื่อระดับของการพรางแสงเพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้การเจริญเติบโตของลำต้น และผลผลิตพืชมีค่าลดลง อย่างไรก็ตามผลจากการทดลองก็พบเช่นเดียวกันว่า การเพิ่มขึ้นของระดับการพรางแสงมีผลทำให้ผลผลิตฟ้าทะลายโจรมีค่าลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตินี้ ซึ่งผลการทดลองนี้แตกต่างไปจากการทดลองของ Santiago-Santos and Cedeno-Maldonado (1991) ที่รายงานว่า น้ำหนักแห้งของพืช Ngo gui มีค่ามาก เมื่อได้รับการพรางแสงมากที่สุดคือ 63 หรือ 73 เปอร์เซ็นต์ จะให้ค่ามากกว่าการปลูกพืชที่ไม่ได้รับการพรางแสง

5.2 การศึกษาถึงผลของการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน ที่มีต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิต และสารสำคัญ ในฟ้าทะลายโจร จำนวน 3 พันธุ์

ผลจากการทดลองที่ 2 นี้ชี้ให้เห็นว่า ฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ มีการเจริญเติบโตทางลำต้นและให้ผลผลิตใบแห้ง มีค่าแตกต่างกันในทางสถิติ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรี มีการเจริญเติบโตทางลำต้นค่อนข้างมาก มีพื้นที่ใบมาก ทำให้มีพื้นที่ที่ใช้ในการสังเคราะห์แสง และสร้างอาหารได้มาก จึงทำให้ในช่วงเก็บเกี่ยว มีการสะสมน้ำหนักต้น ใบ ราก และน้ำหนักแห้งรวม มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์นครปฐม และสระบุรี ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13, 4.15 และ 4.16) ส่วนผลผลิตเมล็ด, ผลผลิตใบแห้ง และสารแอนโดรกราโฟไลด์ในใบ ก็ให้ผลในทำนองเดียวกันกับการเจริญเติบโตทางลำต้น โดยพบว่าฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรี มีการสะสมน้ำหนักลำต้นและใบ

แห้งมาก จึงทำให้ผลผลิตเมล็ดและใบแห้ง มีค่ามากที่สุดนี้ นอกจากสามารถนำธาตุอาหารที่สะสมเอาไว้ในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น นำมาใช้ในการสร้างฝักและเมล็ด ซึ่งทำให้มีผลผลิตเมล็ดมีค่ามากที่สุดเช่นกัน ส่วนสารแอนโดรกราโฟไลด์ในใบก็พบเช่นเดียวกันว่า ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีการใช้ธาตุอาหารในการสร้างสารแอนโดรกราโฟไลด์ในใบ มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์นครปฐม และสระบุรี ตามลำดับ สำหรับฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรี มีการเจริญเติบโตทางลำต้นดี และให้ผลผลิตสูงนั้น ได้มีการทดลองของ Detpiratmongkol and Liphan (2018) พบว่าจากการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตทางลำต้น และผลผลิตของฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ปราจีนบุรี, พิษณุโลก 5-4 และนครปฐม พบว่า ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรี มีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่มากคือ มีความสูงของลำต้น จำนวนกิ่งต่อต้น น้ำหนักลำต้นและใบแห้ง ผลผลิตเมล็ดและใบแห้ง และสารออกฤทธิ์แอนโดรกราโฟไลด์ในใบ มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ พันธุ์นครปฐม และพิษณุโลก ตามลำดับ สอดคล้องกับการทดลองของ สมยศ เดชภิรัตนมงคล และคณะ (2560ข) ได้ทดลองปลูกฟ้าทะลายโจร 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์พิษณุโลก 5-4, ปราจีนบุรี, พิจิตร 4-4 และราชบุรี ซึ่งผลจากการทดลองก็พบเช่นเดียวกันว่า ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรี มีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่มากที่สุด มีการสะสมน้ำหนักใบแห้ง มีพื้นที่ใบ การแตกกิ่งก้าน และการสะสมน้ำหนักแห้งรวม มีค่ามากที่สุด อีกทั้งเมื่อเข้าสู่ระยะสืบพันธุ์ ยังมีจำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักฝักแห้งต่อต้น น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิตเมล็ดต่อต้น มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ราชบุรี, พิจิตร 4-4 และพิษณุโลก 5-4 ตามลำดับ ความแตกต่างในการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตเมล็ดที่แตกต่างกันนี้ อาจเนื่องมาจากฟ้าทะลายโจรทั้ง 4 พันธุ์ มีลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างกัน (พชริดา แข่งขัน และยิ่งยง ไพสุขศานติวัฒนา. 2552; สมยศ เดชภิรัตนมงคล และคณะ. 2560ก) Sandeep *et al.* (2009) รายงานว่า การที่พืชมีลักษณะพันธุ์ที่แตกต่างกันนี้ จะมีผลทำให้ความสูงของลำต้น น้ำหนักลำต้นและใบแห้ง น้ำหนักแห้งรวม และผลผลิตน้ำหนักแห้ง มีค่าแตกต่างกัน Almodares *et al.* (2008) สรุปว่า ฟ้าทะลายโจรที่มีการเจริญเติบโตที่ดี จะมีค่าน้ำหนักแห้งรวม และผลผลิตน้ำหนักแห้งมีค่ามาก ส่วน Detpiratmongkol *et al.* (2017) ได้ทดลองปลูกฟ้าทะลายโจรพันธุ์ต่างๆ และได้ข้อสนับสนุนเพิ่มเติมว่า น้ำหนักลำต้นและใบแห้ง น้ำหนักแห้งรวม ผลผลิตน้ำหนักใบและเมล็ดแห้ง และปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ภายในใบ ขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์ของฟ้าทะลายโจร

นักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาถึงลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นของพืช ที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของคุณภาพและผลผลิต (Ramesh *et al.* 2011; Mishra and Jain. 2013) อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของคุณภาพและผลผลิตพืช มีความสัมพันธ์กันกับระดับของความเข้มของแสงที่เหมาะสมและช่วงเวลาของการได้รับแสง มีรายงานแสดงให้เห็นว่าการตอบสนองของฟ้าทะลายโจรในทางที่เพิ่มมากขึ้นกับระดับความเข้มของแสง นอกจากนี้แสงยังเป็นปัจจัยสำคัญของสภาพแวดล้อม ที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของการเจริญเติบโตและผลผลิต (Singhal. 1999) พืชที่มีการตอบสนองต่อความผันแปรของระดับความเข้มของแสงและช่วงเวลาที่ได้รับแสงแตกต่างกัน โดยมีการเปลี่ยนแปลง

ลักษณะทางรูปร่าง และการพัฒนาการ ยกตัวอย่างเช่น มีค่าเพิ่มมากขึ้นของความสูงของลำต้น น้ำหนักใบ ลำต้นและรากแห้ง และผลผลิต (Kumar *et al.* 2009)

ส่วนการเจริญเติบโตทางลำต้นของฟ้าทะลายโจร เมื่อได้รับการพรางแสงที่ระดับแตกต่างกันนั้น สำหรับความสูงของลำต้นพบว่า ฟ้าทะลายโจรที่ปลูกโดยมีการพรางแสงที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ มีความสูงของลำต้นมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 30.56 เซนติเมตร ซึ่งมีค่ามากกว่า 11 และ 26 เปอร์เซ็นต์ ของการพรางแสงที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ และระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่การปลูกฟ้าทะลายโจรโดยไม่มีการพรางแสง มีความสูงของลำต้นน้อยที่สุด เท่ากับ 19.47 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.13) ผลจากการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Saravanan *et al.* (2008) ที่พบว่าความสูงของลำต้นมีความผันแปรขึ้นอยู่กับระดับความเข้มของแสง ฟ้าทะลายโจรมีความสูงของลำต้นที่ลดลงมากถึง 32 เปอร์เซ็นต์ ในการปลูกฟ้าทะลายโจรแบบได้รับแสงโดยตลอดเปรียบเทียบกันกับฟ้าทะลายโจรที่ได้รับแสงที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ การที่พืชได้รับแสงโดยตลอดและมีลำต้นเตี้ย อาจเนื่องมาจากความยาวของข้อและปล้องมีค่าลดลง ผลจากการทดลองนี้ได้รับการสนับสนุน และสอดคล้องกับการทดลองของ Bordman (1977) และ Purwanto (2011) ซึ่งพบว่าพืชที่ปลูกอยู่ในสภาพที่ได้รับการพรางแสงจะมีลำต้นที่สูงกว่า ทั้งนี้ก็เพราะมีเซลล์ที่ค่อนข้างจะเล็ก มีช่องว่างภายในเซลล์ขนาดใหญ่ขึ้น มีเนื้อเยื่อท่อลำเลียงที่น้อย และเนื้อเยื่อที่เชื่อมต่อก็มีจำนวนน้อยเช่นเดียวกัน ซึ่งผลอันนี้อาจจะเนื่องมาจากอิทธิพลของฮอร์โมนออกซิน อย่างไรก็ตามฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตที่ดี เมื่อมีการพรางแสงอยู่ระหว่าง 25 ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ ผลจากการทดลองนี้แตกต่างไปจากการทดลองของ Gundadon *et al.* (2015) ที่พบว่า ความสูงของฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง มีค่าไม่แตกต่างไปจากฟ้าทะลายโจรที่ปลูกให้มีการพรางแสงที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามพบว่า ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงมีการแตกกิ่งและมีจำนวนใบที่เกิดขึ้นบนลำต้นหลักที่มากกว่าแตกต่างกัน

ส่วนการพรางแสงให้กับฟ้าทะลายโจร พบว่าเมื่อพิจารณาถึงจำนวนกิ่งต่อต้น น้ำหนักลำต้นแห้ง น้ำหนักใบแห้ง น้ำหนักรากแห้ง และน้ำหนักแห้งรวม ก็พบเช่นเดียวกันว่า ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง, พรางแสงที่ระดับ 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.12, 4.13, 4.15 และ 4.16) ผลจากการทดลองนี้สอดคล้องกันกับ การทดลองของ Ashok *et al.* (2002) และ Sanwal *et al.* (2016) กล่าวคือ พืชที่ได้รับการพรางแสงอย่างเหมาะสม จะมีการสร้างตาข้างเพิ่มขึ้น จึงทำให้มีการแตกกิ่งจำนวนมาก ซึ่งการแตกกิ่งจำนวนมากนี้มีผลทำให้เกิดการสร้างใบใหม่บนจำนวนกิ่งเหล่านั้นมีมากขึ้น จึงส่งผลทำให้มีจำนวนใบต่อต้นมาก และมีน้ำหนักใบแห้งมากในช่วงเก็บเกี่ยว ส่งผลต่อเนื่องไปถึงทำให้พืชมีการสะสมน้ำหนักแห้งรวมมีค่ามาก ผลที่เกิดขึ้นนี้ ให้ผลเช่นเดียวกันกับการทดลองในฟ้าทะลายโจรของ Kumar *et al.* (2009) และ Parashar *et al.* (2011) แต่ให้ผลในทางตรงกันข้ามกับการทดลองของ Saravanan *et al.* (2008) ที่รายงานว่าเมื่อมีการพรางแสงให้กับ

ฟ้าทะลายโจร ผลที่ได้รับพบว่าพื้นที่ใบต่อต้น มีค่ามากที่สุด เมื่อฟ้าทะลายโจรไม่ได้รับการพรางแสง รองลงมาคือ ที่มีการพรางแสงที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการพรางแสงมากที่สุดคือ ที่ระดับ 70 เปอร์เซ็นต์ ฟ้าทะลายโจรมีพื้นที่ใบต่อต้นมีค่าต่ำที่สุด แต่งานทดลองของ ถานันดร์ สิตาลรัศมี (2536) ได้ทำการศึกษาถึงการพรางแสงให้กับฟ้าทะลายโจรในระดับความเข้มแสง 3 ระดับคือ ไม่พรางแสง (62,000-78,333 ลักซ์) พรางแสงที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ (26,500-33,333 ลักซ์) พรางแสงที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ (11,660-14,500 ลักซ์) ผลจากการทดลอง พบว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งต่อต้นมีค่าสูงที่สุด เมื่อมีการพรางแสงในที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ และการพรางแสงในระดับที่เพิ่มมากขึ้นคือที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ฟ้าทะลายโจรมีการสะสมน้ำหนักแห้งลดลงมาก อย่างไรก็ตาม สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน ก็พบว่าฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตทางลำต้นมาก มีการสะสมน้ำหนักใบ ต้น และรากแห้ง รวมทั้งน้ำหนักแห้งรวม มีค่ามากที่สุด ซึ่งการสะสมน้ำหนักแห้งค่อนข้างมากในช่วงที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นนี้ สามารถนำมาใช้ในการสร้างผลผลิตเมล็ดและใบแห้ง รวมทั้งสารแอนโดรกราโฟไลด์ในช่วงการเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์ และมีค่ามากที่สุดในช่วงเก็บเกี่ยว รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง และที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงค่อนข้างมากคือ พรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตทางลำต้นน้อย และมีผลผลิตเมล็ด ผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง และสารแอนโดรกราโฟไลด์ มีค่าน้อยที่สุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Purwanto *et al.* (2011) รายงานว่า การเจริญเติบโตและผลผลิตของฟ้าทะลายโจร มีผลอย่างมากเมื่อปลูกโดยได้รับการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน การพรางแสง 25 เปอร์เซ็นต์ ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตทางลำต้น และให้ผลผลิตมากที่สุด ในขณะที่ปริมาณสารออกฤทธิ์แอนโดรกราโฟไลด์ในใบ มีค่าสูงที่สุด เมื่อได้รับการพรางแสงที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์

สำหรับน้ำหนักแห้งรวม ผลผลิตเมล็ดและใบแห้ง และสารแอนโดรกราโฟไลด์นั้น ในน้ำหนักแห้งรวมของฟ้าทะลายโจรก็มีแนวโน้มที่ให้ผลสอดคล้องกันกับลักษณะที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นของฟ้าทะลายโจร โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีการสะสมน้ำหนักแห้งรวมสูงสุด และการพรางแสงสูงสุดที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ มีการสะสมน้ำหนักแห้งรวมต่ำสุด สอดคล้องกับการทดลองของ Araki *et al.* (2014) อย่างไรก็ตาม Omar *et al.* (2016) พบว่า น้ำหนักลำต้นสดและแห้งมีค่าเพิ่มมากขึ้น เมื่อระดับของการพรางแสงมีค่าเพิ่มขึ้น และมีน้ำหนักแห้งน้อย เมื่อฟ้าทะลายโจรได้รับแสง ซึ่งน้ำหนักแห้งส่วนที่อยู่เหนือดินต่ำสุด การได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่นี้จะทำให้มีน้ำหนักแห้งรวมน้อย เนื่องจากว่าใบที่อยู่ตอนล่างของลำต้นจะร่วงลงมา ซึ่งใบจะมีสีเหลืองและร่วง ทั้งนี้เนื่องมาจากการบังแสง ผลการทดลองแตกต่างไปจากการทดลอง Saravanan *et al.* (2008) ได้สรุปว่า น้ำหนักใบแห้ง และสารออกฤทธิ์แอนโดรกราโฟไลด์มีค่าสูงสุด ภายใต้สภาพการได้รับแสงอย่างเต็มที่และไม่มีการพรางแสง และเสนอว่าการปลูกฟ้า

ทะลายโจรที่ดีควรปลูกในสภาพกลางแจ้ง ซึ่งผลที่ได้รับนี้ได้รับการยืนยันจาก Purwanto *et al.* (2011) เช่นกัน อย่างไรก็ตามความแตกต่างกันของผลผลิตน้ำหนักแห้งส่วนที่อยู่เหนือดิน ไม่ได้มีการทดลองถึงการพรางแสงที่ระดับ 70 และ 50 เปอร์เซ็นต์ เอาไว้

สำหรับผลผลิตเมล็ดและน้ำหนักใบแห้ง มีค่าสูงสุด เมื่อปลูกฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสง 25 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง และพรางแสงที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงมากที่สุดที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ ฟ้าทะลายโจรให้ ผลผลิตเมล็ดและน้ำหนักใบแห้ง มีค่าต่ำสุด (ตารางที่ 4.17) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการปลูกฟ้าทะลายโจรที่จะให้ได้ผลดี ควรปลูกในสภาพที่มีการพรางแสง การพรางแสงทำให้การเจริญเติบโตของฟ้าทะลายโจรเพิ่มมากขึ้น สามารถยืนยันได้จากผลการทดลองนี้ในตารางที่ 4.13, 4.15, 4.16 และ 4.17 ที่พบว่า ลำต้น ใบและรากแห้ง น้ำหนักแห้งรวม และผลผลิตน้ำหนักแห้ง มีค่าสูงสุด ภายใต้การพรางแสง 25 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือการพรางแสงที่ระดับ 0 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าต่ำที่สุด เมื่อได้รับการพรางแสง 75 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามการที่ให้ได้รับแสงมากจนเกินไปคือ มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ก็อาจจะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ลดลงได้นี้ เนื่องมาจากการสังเคราะห์แสงของพืชมีค่าลดลงอย่างมาก ซึ่งการทดลองก่อนหน้านี้ Liphan and Detpiratmongkol (2017) ก็พบว่าการพรางแสงที่มากจนเกินไปก็มีผลกระทบผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของฟ้าทะลายโจร มีค่าลดน้อยลง

5.3 การศึกษาถึงการพรางแสงในช่วงที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิต และปริมาณสารสำคัญในฟ้าทะลายโจร

ผลจากการทดลองที่ 3 พบว่า ฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ดี คือ มีความสูงของลำต้น มีการสะสมน้ำหนักลำต้น ใบและรากแห้ง และน้ำหนักแห้งรวม มีค่ามากกว่าฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.23, 4.24 และ 4.25) โดยมีพื้นที่ใบมาก จึงทำให้มีพื้นที่ที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงมาก ทำให้สามารถสร้างอาหารได้มาก จึงมีการสะสมน้ำหนักแห้งโดยรวมมีค่ามาก และนำมาใช้ในการสร้างฝักและเมล็ดได้มาก ดังนั้นจึงมีผลผลิตน้ำหนักเมล็ด และมีผลผลิตใบแห้ง มีค่ามากที่สุดในพันธุ์ปราจีนบุรี รองลงมาคือ พันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างของการเจริญเติบโตทางลำต้น และผลผลิตใบของฟ้าทะลายโจร มีความแตกต่างกันนี้ อันเนื่องมาจากมีลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างกัน สอดคล้องกันกับผลการทดลองที่ 1 และ 2 ที่ได้อธิบายมาแล้วในข้างต้น

สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจร ที่ช่วงเวลาแตกต่างกันของการเจริญเติบโต มีผลทำให้การเจริญเติบโตทางลำต้น และผลผลิตใบแห้งของฟ้าทะลายโจร มีความแตกต่างกันทางสถิติ การพรางแสงที่ระดับความเข้มของแสง 20 เปอร์เซ็นต์ และพรางแสงตั้งแต่ที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตที่มาก โดยมีการสะสมน้ำหนักต้น ใบ และราก แห้ง รวมทั้งน้ำหนักแห้งรวมมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ การพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ตามลำดับ ส่วนการปลูกฟ้าทะลายโจรโดยไม่มีการพรางแสง มีผลทำให้ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตทางลำต้นน้อย และให้ผลผลิตน้ำหนักใบแห้งมีค่าน้อยที่สุด (ตารางที่ 4.21, 4.22, 4.23, 4.24, 4.25 และ 4.26)

แสงแดดมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชทุกชนิดต้องการแสงแดดเพื่อใช้สำหรับการสร้างอาหาร พืชบางชนิดไม่ต้องการแสงแดดในปริมาณที่มาก แต่เมื่อได้รับแสงแดดโดยตรงจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน จะทำให้มีการเจริญเติบโตทางลำต้นไม่ดี พืชมีการชะงักการเจริญเติบโต ลำต้นแคระแกรน และมีลักษณะของใบไหม้เกิดขึ้น ดังนั้นในการปลูกพืชบางชนิดจึงต้องมีการพรางแสง ซึ่งการพรางแสงนี้จะช่วยลดผลกระทบที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยทำให้อุณหภูมิลดลง (Paez and Lopez. 2000) ซึ่งผลจากการทดลองนี้พบว่า การพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรที่ช่วงอายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตที่ดีและผลผลิตสูงที่สุดคือ มีน้ำหนักลำต้นแห้ง น้ำหนักใบแห้ง พื้นที่ใบ และผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง มีค่าสูงสุด สอดคล้องกันกับการทดลองของ Paez and Lopez (2000) ระบุว่า พื้นที่ใบของพืชจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อได้รับการพรางแสง และ Stancato *et al.* (2010) รายงานว่า ระดับความเข้มของแสงที่สูงมากกว่าความสามารถในการสังเคราะห์แสงของพืชจะทำให้ใบอ่อนและดอกไหม้ และลำต้นชะงักการเจริญเติบโต ผลจากการทดลองนี้ ก็พบเช่นเดียวกันว่า พื้นที่ใบ น้ำหนักฝักแห้ง และผลผลิตน้ำหนักแห้งของฟ้าทะลายโจร มีค่าต่ำที่สุดเมื่อปลูกในสภาพกลางแจ้ง คือไม่มีการพรางแสง (Control) นอกจากนี้ Milenkovic *et al.* (2012) และ Rodr'iguez-del-Bosque (2005) ได้รายงานว่า พริกพันธุ์ Piquin และ 'Chameleon' Pepers (also C. *annuum* L.) เมื่อได้รับแสงแดดเต็มที่ตลอดอายุการเจริญเติบโต มีผลต่อผลผลิตที่ลดลง ส่วนการพรางแสงบางส่วนมีผลทำให้ผลผลิตมีค่าสูงที่สุด Bushra *et al.* (2012) ได้ทำการศึกษาถึงการพรางแสงในระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันต่อเนื่องเป็นเวลา 3 เดือน ในมะเขือเทศ คือพรางแสงตั้งแต่ วันที่ 1 เมษายน, 1 พฤษภาคม และ 1 มิถุนายน จนกระทั่งสิ้นสุดการเพาะปลูก โดยพรางแสงที่ระดับ 55 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการพรางแสงในระยะแรกของการเจริญเติบโตคือ ตั้งแต่เดือนเมษายนและพฤษภาคม ทำให้มีผลผลิตมีค่าลดลงแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นการเจริญเติบโตในช่วงแรก เมื่อเปรียบเทียบกันกับการพรางแสงในช่วงหลังของการเจริญเติบโต คือในเดือนมิถุนายน และการปลูกมะเขือเทศกลางแจ้ง

สำหรับความสูงของลำต้นฟ้าทะลายโจร เมื่อได้รับการพรางแสงในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ก็พบว่าฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีความสูงของลำต้นมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 56.41 เซนติเมตร ซึ่งมีค่ามาก 23, 28 และ 43.11 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกันกับฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว และการปลูกฟ้าทะลายโจรโดยไม่ได้รับการพรางแสง มีความสูงของลำต้นต่ำที่สุด เท่ากับ 20.31 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.21) การที่พืชได้รับการพรางแสงเป็นเวลานาน และในระดับความเข้มของแสงที่เหมาะสมก็มีผลทำให้ความสูงของลำต้นพืชมีค่าเพิ่มมากขึ้นได้ Himbindu *et al.* (2017) กล่าวว่าพืชที่ปลูกในสภาพที่มีการพรางแสง ความสูงของลำต้นพืชจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากการแบ่งเซลล์ และการขยายตัวของเซลล์ที่เพิ่มขึ้น เปรียบเทียบกับพืชที่ไม่ได้รับการพรางแสงแตกต่างกัน (Saravanan *et al.* 2008) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกันกับผลการทดลองที่ 1 และ 2

สำหรับจำนวนกิ่งต่อต้น และดัชนีพื้นที่ใบ ของฟ้าทะลายโจร พบว่าการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในช่วงเวลาพรางแสงที่แตกต่างกัน มีผลทำให้จำนวนกิ่งต่อต้น และดัชนีพื้นที่ใบ มีค่าเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกันกับที่ไม่มีการพรางแสง จำนวนกิ่งต่อต้น และดัชนีพื้นที่ใบ มีค่าสูงสุด เมื่อฟ้าทะลายโจรได้รับการพรางแสงตั้งแต่ที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว รองลงมาคือ การพรางแสงที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ปลูกโดยไม่ได้รับการพรางแสง มีจำนวนกิ่งต่อต้น และดัชนีพื้นที่ใบ มีค่าต่ำที่สุด สำหรับจำนวนกิ่งต่อต้น ที่มีค่าเพิ่มมากขึ้นในสภาพที่มีการพรางแสงนั้น Sunil Kumar *et al.* (2011) ได้อธิบายว่าจำนวนกิ่งต่อต้นมีค่ามาก เนื่องจากความสูงของฟ้าทะลายโจรมีค่าสูงที่สุด จึงทำให้มีการสร้างตาข้างเพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลก็คือทำให้จำนวนกิ่งต่อต้นของฟ้าทะลายโจรมีค่าเพิ่มมากขึ้น (Singh *et al.* 2011) ส่วนดัชนีพื้นที่ใบ มีค่าเพิ่มมากขึ้นนั้น เกิดจากพืชเมื่อได้รับการพรางแสงเป็นเวลานานมาก คือได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ซึ่งอาจจะเป็นระดับความเข้มของแสง และช่วงเวลาที่ได้รับแสงที่เหมาะสม ซึ่งพืชจะประสบความสำเร็จในการเจริญเติบโต และมีการพัฒนาการอย่างเต็มที่ มีการคายน้ำ และการดูดน้ำและธาตุอาหารมากอย่างมีความสมดุล ซึ่งมีผลทำให้มีการสังเคราะห์แสงที่ดี มีการสะสมคาร์โบไฮเดรตมาก จึงทำให้การเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชเป็นไปอย่างสมบูรณ์ ซึ่งผลการทดลองที่ได้นี้ได้สอดคล้องกันกับการทดลองของ Sulandjari *et al.* (2005); Purwanto (2011) ซึ่ง โสมนันทน์ ลิพันธ์ และสมยศ เดชภิรัตนมงคล (2562) รายงานว่า การที่ฟ้าทะลายโจรได้รับการพรางแสงเป็นเวลาที่ยาวนานจะมีผลกระทบต่อความสูงของลำต้น จำนวนกิ่งต่อต้น น้ำหนักลำต้นและใบแห้ง สอดคล้องกับการทดลองนี้ที่พบว่า การพรางแสงให้กับฟ้าทะลายโจรโดยให้ได้รับการพรางแสงในระดับที่น้อยคือที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ และพรางแสงอย่างต่อเนื่องที่ช่วงแรกของการเจริญเติบโตจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ไม่เพียงแต่จะมีผลทำให้ระดับความสูงของลำต้นพืชเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น แต่ยังมีผลทำให้

จำนวนกิ่งต่อต้น น้ำหนักลำต้นและใบแห้ง มีค่าเพิ่มมากขึ้น และท้ายที่สุดจะไปเพิ่มผลผลิตน้ำหนักใบแห้งและเมล็ดมีค่าเพิ่มมากขึ้น (โสมนันทน์ ลิพันธ์ และสมยศ เดชภิรัตนมงคล. 2562)

สำหรับผลผลิตใบและเมล็ด และสารแอนโดรกราโฟไลด์ในใบนั้น พบว่าผลผลิตใบและเมล็ดก็มีความสอดคล้องกันกับการเจริญเติบโตทางลำต้น โดยผลผลิตใบและเมล็ด และสารแอนโดรกราโฟไลด์ในใบของฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ตั้งแต่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสงมีผลผลิตใบแห้งและเมล็ดมีค่าต่ำสุด การพรางแสงจะช่วยทำให้พืชไม่ต้องได้รับแสงแดดโดยตรง ซึ่งการที่พืชได้รับแสงโดยตรงนี้จะมีผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืช ทำให้ธาตุอาหารที่ได้รับจากการสังเคราะห์แสงมีค่าลดลง (Lamber and Poorter. 1992) ซึ่งมีผลต่อธาตุอาหารที่ต้องเก็บสะสมไว้ในส่วนที่เก็บสะสมอาหาร เช่น รากลดลง (Schaffer. 1996) ผลก็คือการสะสมน้ำหนักแห้งรวมของพืชมีค่าลดลง (Purwanto *et al.* 2011) Purwanto *et al.* (2011) รายงานว่าในการปลูกฟ้าทะลายโจรที่ให้ผลดีควรจะมีระดับของการพรางแสงอยู่ในช่วง 25 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ในการที่ฟ้าทะลายโจรจะมีการเจริญเติบโตที่เหมาะสม ให้ผลผลิตน้ำหนักใบแห้งมีค่ามาก และมีค่าสารออกฤทธิ์แอนโดรกราโฟไลด์สูงสุดนั้น พบว่าการเจริญเติบโตและผลผลิตของฟ้าทะลายโจรที่ปลูกภายใต้สภาพของการพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวดีที่สุด ซึ่งพอที่จะสรุปได้ว่าการพรางแสงเป็นสิ่งที่สำคัญและจำเป็น โดยช่วงเวลาของการพรางแสงนี้มีความชัดเจนที่ว่าการปลูกฟ้าทะลายโจรโดยไม่มีการพรางแสง มีผลทำให้ผลผลิตลดลงเป็นอย่างมาก ตามด้วยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงเป็นบางส่วนแตกต่างกันอย่างมาก Rosli *et al.* (2018) รายงานว่าการปลูกฟ้าทะลายโจรภายใต้สภาพการพรางแสงที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ช่วงแรกของการเจริญเติบโต จนกระทั่งที่อายุ 60 วันหลังย้ายกล้าปลูก สามารถเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของฟ้าทะลายโจร เมื่อเปรียบเทียบกับฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง

5.4 การศึกษาถึงการพรางแสงที่ระยะแตกต่างกันของการเจริญเติบโต ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิต และปริมาณสารสำคัญในฟ้าทะลายโจร

ผลจากการทดลองที่ 4 นี้เป็นการศึกษาการพรางแสงในระยะที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ผลจากการทดลองพบว่า ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรี มีการเจริญเติบโตทางลำต้นมาก มีการแตกกิ่งและมีการสะสมน้ำหนักแห้งรวมมาก จึงทำให้มีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดและใบแห้ง และแอนโดรกราโฟไลด์ มีค่ามากที่สุด

รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ตามลำดับ ผลการทดลองนี้สอดคล้องเช่นเดียวกันกับผลของการทดลองที่ 3

สำหรับการพรางแสงในระยะเวลาที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโตของฟ้าทะลายโจร ก็พบว่าการพรางแสงเป็นเวลานาน คือตั้งแต่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ดี มีพื้นที่ใบมาก และมีการสะสมน้ำหนักแห้งมาก จึงทำให้มีผลผลิตเมล็ดและใบแห้ง มีค่ามากที่สุด อีกทั้งมีสารออกฤทธิ์ คือแอนโดรกราโฟไลด์ในใบมีค่ามากที่สุดเช่นกัน รองลงมาคือ การพรางแสงช่วงที่สั้นลง คือเป็นการพรางแสงระยะเวลา 1 เดือน ที่ระยะติดฝัก ระยะออกดอก และระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น ตามลำดับ ส่วนการไม่พรางแสง คือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับแสงอย่างเต็มที่ตลอดอายุการเจริญเติบโต มีการเจริญเติบโตทางลำต้นน้อย และมีการสะสมน้ำหนักแห้งรวมน้อย และให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดและใบแห้ง รวมทั้งมีสารออกฤทธิ์ที่สำคัญ คือแอนโดรกราโฟไลด์มีค่าต่ำสุด (ตารางที่ 4.34, 4.35 และ 4.36) สำหรับการพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ และพรางแสงในช่วงต่างๆ ของการเจริญเติบโตเป็นระยะเวลา 1 เดือน ที่อายุ 30, 60 และ 90 วันหลังปลูก ก็พบว่าฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตในทุกวิธีการ มีการเจริญเติบโตทางลำต้น และมีการสะสมน้ำหนักแห้งน้อย จึงทำให้มีผลผลิตน้ำหนักใบและเมล็ดมีค่าลดลง แตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกันกับฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว สอดคล้องกับการทดลองของ Chaturvede and Ingram (1989); Thangaraj and Sivasubramanian (1990); Yao *et al.* (2000) ที่ได้มีการศึกษาถึงการพรางแสงให้กับพืชหลายชนิด ในช่วงแรกของการเจริญเติบโต ผลจากการทดลองพบว่า พืชมีการสะสมน้ำหนักแห้งมีค่าลดลง การกระจายธาตุอาหารจากส่วนต่างๆ ของลำต้นไปยังเมล็ดลดลง และในที่สุด มีผลทำให้น้ำหนักช่อดอก ฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนักเมล็ด และผลผลิตน้ำหนักแห้ง ส่วนที่อยู่เหนือดิน และน้ำหนักเมล็ดแห้งมีค่าลดลงเปรียบเทียบกับการพรางแสงในช่วงอื่นๆ และการไม่พรางแสงของพืช แตกต่างไปจากการทดลองของ Chen *et al.* (2014) ซึ่งได้ทำการทดลองพรางแสงในช่วงแรกที่แตกต่างกันของข้าวสาลี ก็พบว่าการพรางแสงในช่วงแรกของการเจริญเติบโต ข้าวสาลีมีการสะสมน้ำหนักแห้ง และมีการเจริญเติบโตทางลำต้นดี และให้ผลผลิตไม่แตกต่างไปจากที่ได้รับแสงตามปกติ แต่การพรางแสงในช่วงการสร้างเมล็ด จะมีผลกระทบต่อผลผลิตลดลงมาก Restrepo and Garcés (2013) ได้ทำการทดลองพรางแสงให้แก่ข้าว 2 พันธุ์ ในช่วงต่างๆ กันของการเจริญเติบโต ก็พบว่าการพรางแสงที่ระยะออกดอก และระยะสร้างเมล็ด มีผลทำให้ผลผลิตข้าวมีค่าลดลงประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ Fageria (2007) ก็พบว่าการพรางแสงในช่วงที่มีการสร้างเมล็ดพืช อาจมีผลทำให้จำนวนฝักที่ไม่มีเมล็ดเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะถ้ามีการพรางแสงในระดับที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่ามีการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากใบไปยังเมล็ดมีน้อย ผลก็คือทำให้เกิดเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบมีเพิ่มมากขึ้น Li *et al.* (2005); Jia *et al.* (2007) ได้มีการทดลองพรางแสงในช่วงเวลาที่แตกต่างกันในข้าวสาลีและ

ข้าวโพด ก็พบว่าการพรางแสงช่วงที่พืชมีการสร้างช่อดอก ไปจนถึงระยะแก่ มีผลทำให้ผลผลิตทั้งข้าวโพดและข้าวสาลีลดลง Early *et al.* (1967) รายงานว่าช่วงออกดอกและติดเมล็ดของข้าวโพดเป็นช่วงที่อ่อนแอที่สุด เมื่อได้รับการพรางแสงในช่วงนี้ อย่างไรก็ตามในพืชพวกถั่วลิสงที่เป็นพืชพวก Indeterminate plant พบว่าการพรางแสงช่วงการออกดอกและแทงเข็มของถั่วลิสง ผลผลิตลดลงไม่มากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับการพรางแสงช่วงสร้างฝัก และฝักเริ่มสุกแก่ จะมีผลต่อผลผลิตลดลงมาก ซึ่งจะเห็นได้ว่าพืชแต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อการพรางแสงที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต อีกทั้งความผันแปรของความต้านทานของช่วงการพรางแสงที่แตกต่างกันนี้อาจจะเนื่องมาจากความแตกต่างของสภาพแวดล้อมในการปลูก สำหรับฟ้าทะลายโจร พบว่ามีการศึกษาการพรางแสงในช่วงเวลาสั้นๆ เป็นเวลา 1 เดือนนั้น มีการศึกษากันน้อยมาก จากผลการทดลองนี้ พบว่าให้ผลที่ได้รับแตกต่างจากการทดลองที่กล่าวมาแล้วข้างต้น กล่าวคือถ้ามีการพรางแสงในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตเป็นเวลา 1 เดือน ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตมากที่สุด คือการพรางแสงช่วงสร้างฝัก รองลงมาช่วงเวลาการออกดอก และช่วงแรกของการเจริญเติบโต ฟ้าทะลายโจรให้ผลผลิตต่ำสุด

อย่างไรก็ตาม สำหรับการปลูกพืชโดยไม่มีการพรางแสง และพรางแสงในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตนั้น Yang *et al.* (2007) ได้ทำการศึกษาถึงการพรางแสงในช่วงเวลาที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโตเปรียบเทียบกันกับที่ไม่พรางแสงในยาสูบ ก็พบเช่นเดียวกันว่ายาสูบที่ปลูกโดยไม่มีการพรางแสง ยาสูบจะมีใบขนาดเล็ก การสะสมน้ำหนักแห้งมีค่าลดลง ผลผลิตใบมีค่าลดลง แตกต่างไปจากยาสูบที่ได้รับการพรางแสงในช่วงต่างๆ ของการเจริญเติบโต แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Khalid *et al.* (2019) ที่ได้ทำการทดลองพรางแสงในระดับการพรางแสงที่แตกต่างกันให้กับถั่วเหลือง ผลจากการทดลองก็พบว่า ถั่วเหลืองมีการเจริญเติบโตทางลำต้นดี และให้ผลผลิตเมล็ดสูงสุด เมื่อได้รับการพรางแสงที่ระดับ 25-30 เปอร์เซ็นต์ ระดับของการพรางแสงที่มากจนเกินไป มีผลทำให้ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองลดลง (Wu *et al.* 2016; Iqbal *et al.* 2018a; Iqbal *et al.* 2018b) ส่วนการพรางแสงในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต พบว่าการพรางแสงในช่วงแรกของการเจริญเติบโต เปรียบเทียบกันกับการพรางแสงในช่วงออกดอก และสร้างฝัก พบว่าฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตทางลำต้นน้อย มีการสะสมน้ำหนักแห้งรวมน้อย และให้ผลผลิตต่ำสุด ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงในช่วงแรกเป็นระยะเวลา 1 เดือน มีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ดี แต่เมื่อเข้าสู่ระยะออกดอกและติดฝัก เป็นช่วงที่ฟ้าทะลายโจรได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่ เนื่องจากไม่ได้รับการพรางแสงอีกแล้ว จึงทำให้สภาพแวดล้อมบริเวณแปลงปลูกของฟ้าทะลายโจรเปลี่ยนไปจากเดิม ฟ้าทะลายโจรต้องได้รับแสงอย่างเต็มที่จนกระทั่งเก็บเกี่ยว จึงมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น การสะสมน้ำหนักแห้งและมีผลผลิตน้ำหนักใบและเมล็ดแห้งมีค่าน้อย และมีค่าใกล้เคียงกับฟ้าทะลายโจรที่ได้รับแสงตลอดอายุการเจริญเติบโต (ตารางที่ 4.30, 4.31, 4.32 และ 4.33) นอกจากนี้การพรางแสงในช่วงออก

ดอกเป็นเวลา 1 เดือน ก็เช่นเดียวกัน ฟ้าทะลายโจร ก็มีการออกดอกและสร้างฝักที่ดีเพราะสภาพแวดล้อมเหมาะสม แต่หลังจากนั้นฟ้าทะลายโจรได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่อีกครั้ง และได้รับเป็นเวลาที่ยาวนานจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ก็มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นและผลผลิตใบและเมล็ดแห้ง ทำให้มีค่าลดลงได้แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.32 และ 4.33) การที่พืชได้รับแสงแดดมากเกินไปหลังจากออกดอกและติดฝัก อาจมีผลทำให้ดอกไหม้ ดอกและฝักร่วง ใบร่วง ลำต้นชะงักการเจริญเติบโต และผลผลิตลดลง (Stancato *et al.* 2010) ซึ่งผลที่ได้รับก็มีผลกระทบต่อการสะสมน้ำหนักแห้ง และผลผลิตเมล็ดเช่นกัน ผลการทดลองที่แตกต่างไปจากการทดลองของ Zhang *et al.* (2007) รายงานว่า การพรางแสงในช่วงเวลาที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะช่วงที่พืชมีการออกดอก และติดเมล็ดอาจจะมีผลทำให้ผลผลิตลดลงได้ อย่างไรก็ตาม ถ้าปลูกพืชที่ไม่มีการพรางแสง พืชมีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ไม่ดี และให้ผลผลิตต่ำที่สุด ก็สามารถอธิบายได้ว่าการที่พืชได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่ และตลอดอายุการเจริญเติบโต มีผลทำให้เกิดสภาพแวดล้อมอย่างไม่เหมาะสมแก่พืช ซึ่งจะไปขัดขวางหรือยับยั้ง การเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืช (Shahbaz *et al.* 2012; Shahbaz and Asharf. 2013) และก็เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าแสงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และการที่ได้รับแสงที่ไม่เหมาะสมเป็นเวลานานจะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต รูปร่าง กระบวนการทางสรีรวิทยาต่างๆ และชีวเคมีของเซลล์ และท้ายสุดมีผลต่อการออกดอกและผลผลิตพืช (Dai *et al.* 2009; Deng *et al.* 2012) ถึงแม้ว่าแสงมีความจำเป็นสำหรับพืช แต่ถ้าพืชได้รับแสงแดดที่มากจนเกินไป คือได้รับแสงแดดตลอดอายุการเจริญเติบโต ยกตัวอย่างเช่น ในการทดลองที่ 3 นี้ก็พบว่าพืชก็ไม่สามารถที่จะทำให้พืชเกิดการสังเคราะห์แสงได้ ทั้งนี้ก็เพราะปฏิกิริยาต่างๆ ที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์แสงก็ถูกการยับยั้ง (Naramoto *et al.* 2006) กระบวนการเมตาโบลิซึมของใบจะถูกยับยั้งอย่างรุนแรง และแสงที่พืชได้รับตลอดนี้จะชักนำให้เกิดการทำลายของกระบวนการ Photosystem II (Dai *et al.* 2007) ส่วนการรับแสงแดดที่ระดับความเข้มที่น้อยจนเกินไป ในช่วงการสืบพันธุ์หรือช่วงสุกแก่ ก็จะมีผลในทางตรงกันข้ามต่อผลผลิตเช่นกัน เนื่องจากปฏิกริยาการสังเคราะห์แสงในใบของพืชลดลง (Srivastava. 2011) ภายใต้สภาพที่แสงน้อยจนเกินไป Adenosine triphosphate (ATP) ก็จะมีไม่เพียงพอ ที่ใช้สำหรับจะนำไปตรึงคาร์บอนในกระบวนการสร้างคาร์โบไฮเดรทได้ ซึ่งผลที่ได้รับจึงนำไปสู่การลดลงของการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชเช่นกัน (Dai *et al.* 2009)

สำหรับการพรางแสงในระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงแรกของการเจริญเติบโตเป็นเวลา 1 เดือน ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตน้อยและให้ผลผลิตต่ำสุดในช่วงเก็บเกี่ยวนั้น ทั้งนี้ก็เพราะฟ้าทะลายโจรหลังจากหมดช่วงเวลาพรางแสงแล้ว ฟ้าทะลายโจรก็จะได้รับแสงอย่างเต็มที่โดยตลอดจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ซึ่งมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตเป็นอย่างมาก Saravanan *et al.* (2008) ได้ทำการทดลองปลูกฟ้าทะลายโจร โดยให้ได้รับการพรางแสงที่ระดับแตกต่างกันเปรียบเทียบกันกับการปลูกกลางแจ้ง โดยได้รับแสงแดดตลอดอายุการเจริญเติบโต ก็พบว่าการ

พรางแสงที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ปริมาณของสารออกฤทธิ์ที่สำคัญคือ แอนโดรกราโฟไลด์มีค่าแตกต่างกัน อีกทั้งการปลูกโดยไม่มีการพรางแสงฟ้าทะลายโจรให้ผลผลิตน้ำหนักใบแห้งสูงสุด แตกต่างไปจากการทดลองของ จรัญ ดิษฐไชยวงศ์ และคณะ (2552) ได้ทำการศึกษาการพรางแสงและไม่พรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจร ซึ่งก็พบว่าการพรางแสงและไม่พรางแสง ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นของฟ้าทะลายโจร โดยเฉพาะความสูงของลำต้นและความกว้างของทรงพุ่ม นอกจากนี้การพรางแสงยังมีผลทำให้ผลผลิตฟ้าทะลายโจรมีค่าลดลงแตกต่างกันกับไม่พรางแสง แต่ปริมาณสารออกฤทธิ์ที่สำคัญ คือปริมาณแลคโตนมีค่าสูงสุดเมื่อมีการพรางแสงที่ระดับ 60-70 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ สุจรรยา พงษ์สวรรค์ และวิชัย หวังวโรดม (2549) กล่าวว่าการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรในระดับที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นและผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง แต่พบว่าการพรางแสงที่ระดับ 70 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ปริมาณแลคโตนรวมมีค่าต่ำที่สุด อย่างไรก็ตาม Milenkovic *et al.* (2012); Rodriguezdel-Bosque *et al.* (2005) ก็พบว่าการพรางแสงให้กับพริก 2 พันธุ์ เพียงบางส่วน พริกทั้ง 2 พันธุ์ มีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ดี และให้ผลผลิตสูงสุด ในขณะที่พริกทั้ง 2 พันธุ์ ได้รับแสงอย่างเต็มที่ และไม่ได้รับการพรางแสง จะมีผลทำให้ผลผลิตมีค่าลดลงแตกต่างกันอย่างชัดเจน

5.5 ผลของการพรางแสงที่มีต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ, บี และค่า SPAD value ภายในใบฟ้าทะลายโจร

สำหรับการทดลองทั้ง 4 การทดลอง พบว่าค่าของคลอโรฟิลล์ เอ, บี และ SPAD value ภายในใบ มีค่าเป็นไปในทำนองเดียวกัน กล่าวคือสำหรับพันธุ์ฟ้าทะลายโจร พบว่าพันธุ์ปราจีนบุรีมีค่า SPAD value และคลอโรฟิลล์ เอ และ บี มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ พันธุ์ราชบุรี และสระบุรี ส่วนพันธุ์พิจิตร 4-4 และพันธุ์พิษณุโลก 5-4 มีค่าต่ำสุด (ตารางที่ 4.1, 4.2, 4.10, 4.11, 4.19, 4.20, 4.26 และ 4.27) Minotta and Pinzauti (1996) รายงานว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดภายในใบที่แตกต่างกันนี้ขึ้นอยู่กับ ลักษณะทางสรีรวิทยาของพืชในแต่ละชนิดหรือแต่ละพันธุ์ ส่วนการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจร สำหรับการทดลองทั้ง 4 การทดลองพบว่า การพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรเป็นเวลานาน และมีการพรางแสงในระดับความเข้มของแสงมากที่สุด ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบมีค่าสูงสุด รองลงมาคือ การพรางแสงในระดับที่ลดลง และการพรางแสงในแต่ละช่วงของอายุการเจริญเติบโต ส่วนการไม่พรางแสง ฟ้าทะลายโจรได้รับแสงตลอดอายุการเจริญเติบโต มีคลอโรฟิลล์ภายในใบมีค่าต่ำสุด สำหรับฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และ บี และค่า SPAD value ภายในใบสูงสุด รองลงมาคือพรางแสงที่ระดับ 50, 40, 20 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองก่อนหน้านี้ที่พบโดย

Lopez-Marin *et al.* (2012) และ Zhu *et al.* (2012) รายงานว่า การพรางแสงให้แก่พืชที่ระดับที่ 60 เปอร์เซ็นต์ มีค่าคลอโรฟิลล์ที่เป็นค่า SPAD value ภายในใบมีค่าสูงสุด รองลงมาคือ มีการพรางแสงที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามผลที่ได้รับนี้ก็ยังสอดคล้องกันกับผลการทดลองของ Legarrea *et al.* (2010) และ Jang *et al.* (2014) ที่พบว่าค่า SPAD value และปริมาณของคลอโรฟิลล์ภายในใบมีความสัมพันธ์กัน ค่า SPAD value ที่วัดได้มีค่าสูงก็จะมีผลต่อค่าคลอโรฟิลล์ภายในใบมีค่าเพิ่มสูงขึ้น พืชที่ปลูกอยู่ภายใต้สภาพของการพรางแสงโดยมากมักจะมีการพัฒนาการอย่างดี รวมทั้งมีใบขนาดใหญ่และบาง อีกทั้งมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบมากถึง 3 เท่า (Adamson *et al.* 1991; Taiz and Zeiger. 2002) Li *et al.* (2014) ได้อธิบายและสนับสนุนเพิ่มเติมว่า จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์หลายท่าน กล่าวว่าปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ และ บี ภายในใบ มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อพืชได้รับการพรางแสงที่ระดับเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะคลอโรฟิลล์ บี (Feng *et al.* 2018) แตกต่างไปจากการทดลองของ Khalid *et al.* (2019) ที่พบว่าคลอโรฟิลล์ เอ และ บี ภายในใบของกิ่งถั่วเหลืองมีค่าสูงสุด เมื่อได้รับการพรางแสงที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ แต่กระนั้นการปลูกพืชให้ได้รับแสงที่มากจนเกินไปก็จะทำให้ใบมีขนาดลดลงเป็นอย่างมาก ซึ่งต่อมาภายหลังมีผลกระทบต่อระดับของคลอโรฟิลล์ทั้งหมดภายในใบมีค่าลดลง (De Carvalho Goncalves *et al.* 2005) E-Aidy *et al.* (1983) อธิบายว่าในระดับการพรางแสงที่เพิ่มขึ้นนี้จะไปเพิ่มขึ้นของปริมาณของคลอโรฟิลล์ภายในใบให้มีค่ามากขึ้น เพื่อทำให้การสังเคราะห์แสงเป็นอย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และท้ายที่สุดมีผลทำให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งมีค่าเพิ่มมากขึ้น ในพืชพวก *Rumhora addiantiformis* พบว่า การพรางแสงที่ระดับ 50 และ 70 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลทำให้คลอโรฟิลล์ เอ, บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (Total chlorophyll) ภายในใบมีค่าเพิ่มมากขึ้น (Chen *et al.* 1999) Thomas *et al.* (2005) รายงานว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบที่สูง อาจจะมีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงมีค่าสูงขึ้น ซึ่งเขาพบความสัมพันธ์ในทางบวกระหว่างปริมาณของคลอโรฟิลล์ภายในใบ และอัตราการสังเคราะห์แสงของพืช สำหรับในพืชบางชนิดที่ได้รับระดับความเข้มของแสงที่สูงมากจนเกินไป หรือปลูกพืชในสภาพที่ไม่มีการพรางแสงนั้น จะมีผลทำให้การสังเคราะห์แสงถูกยับยั้ง เนื่องจากจำนวนหรือปริมาณขององค์ประกอบรงควัตถุ ที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์แสงมีค่าลดลง (Kumar *et al.* 2012) อย่างไรก็ตามสอดคล้องกันกับผลการทดลองนี้ที่พบว่า การพรางแสงในระดับที่เพิ่มมากขึ้นให้กับฟ้าทะลายโจร ฟ้าทะลายโจรมีปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ, คลอโรฟิลล์ บี และ SPAD value มีค่าเพิ่มมากขึ้น และมีค่ามากที่สุด เมื่อได้รับการพรางแสงสูงสุดที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกันกับฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง จะมีค่าต่ำสุดแตกต่างกันในทางสถิติ

5.6 ผลของการพรางแสง ที่มีต่อปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ในใบของฟ้าทะลายโจร

ปริมาณของแอนโดรกราโฟไลด์ของฟ้าทะลายโจร พบว่ามีปริมาณที่แตกต่างกัน ปริมาณของแอนโดรกราโฟไลด์ในดอกมีมากที่สุด 58.56 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือในใบและลำต้น ซึ่งมี 32.90 และ 9.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Oudhia and Tripathi. 2002) แต่ไม่พบแอนโดรกราโฟไลด์ในส่วนของราก (Prathanturarug. 1998) ในขณะที่ Biswas *et al.* (1972) และ Balmain and Connally (1973) อ้างโดย นันทกาญจน์ มหาวีรวัฒน์ (2533) รายงานว่าพบสารแอนโดรกราโฟไลด์ในส่วนของรากด้วย Prathaturarug (1998) รายงานว่าปริมาณของสารแอนโดรกราโฟไลด์ในใบฟ้าทะลายโจรจะเพิ่มมากขึ้น ตามระยะเวลาการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น และจะสะสมในใบมากที่สุด ในระยะผลสุกแก่ หลังจากนั้นปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ภายในใบก็จะมีค่าลดลงเล็กน้อย แต่ก็ยังคงมีค่าสูงกว่าในช่วงแรกของการออกดอก

สำหรับการทดลองทั้ง 4 การทดลองนี้ เมื่อพิจารณาถึงสารออกฤทธิ์แอนโดรกราโฟไลด์ในใบของพันธุ์ฟ้าทะลายโจรทั้ง 6 พันธุ์ ในช่วงเก็บเกี่ยวก็พบว่า แอนโดรกราโฟไลด์มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิตน้ำหนักใบแห้งของพืช ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีผลผลิตน้ำหนักใบแห้งมากที่สุดก็จะมีปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ภายในใบปริมาณที่สูงที่สุดเช่นกัน รองลงมาก็คือพันธุ์ราชบุรี นครปฐม และสระบุรี ส่วนพันธุ์ที่ให้ผลผลิตน้ำหนักใบแห้งน้อย ก็จะมีสารออกฤทธิ์คือ ปริมาณของแอนโดรกราโฟไลด์ในปริมาณที่น้อยที่สุด โดยเฉพาะพันธุ์พิจิตร 4-4 และพิษณุโลก 5-4 ตามลำดับ Sakuanrungsirikul *et al.* (2007) รายงานว่าปริมาณของสารออกฤทธิ์คือ แอนโดรกราโฟไลด์ในใบของฟ้าทะลายโจรแต่ละพันธุ์ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน <u>บุญส่ง คงคาทิพย์</u> (2540) พบว่าปริมาณของสารแอนโดรกราโฟไลด์ในใบของฟ้าทะลายโจรนั้น มีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผลผลิตของฟ้าทะลายโจรก็เช่นเดียวกัน ฟ้าทะลายโจรที่มาจากแหล่งปลูกที่ต่างกัน มีปริมาณของสารแอนโดรกราโฟไลด์ในใบมีค่าแตกต่างกัน นอกจากนี้ฟ้าทะลายโจรจากแหล่งปลูกต่างกัน เมื่อนำมาปลูกในสภาพแวดล้อมเดียวกัน แต่ต่างปีกันก็ยังให้ผลผลิต และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ที่แตกต่างกัน ไกรศร ดาวงศ์ และคณะ (2549); จรัญ ดิษฐไชยวงศ์ และคณะ (2549, 2553ก) พบว่า ผลผลิตฟ้าทะลายโจรทั้งต้น ควรเก็บเกี่ยวที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ จึงจะให้ปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์สูงสุด นอกจากนี้ Ditchaiwong *et al.* (2009) รายงานว่า ฟ้าทะลายโจรถึงแม้ว่าจะปลูกในปีเดียวกันแต่ต่างฤดูกัน ฟ้าทะลายโจรให้ผลผลิต และอายุเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน แต่ยังคงให้ปริมาณสารสำคัญตรงตามมาตรฐาน จรัญ ดิษฐไชยวงศ์ และคณะ (2549); จรัญ ดิษฐไชยวงศ์ และคณะ (2553ก) ได้ศึกษาผลผลิตและปริมาณของสารสำคัญแอนโดรกราโฟไลด์จากฟ้าทะลายโจร ที่เก็บมาจาก 9 แหล่ง ที่ปลูกฟ้าทะลายโจรที่สำคัญของประเทศไทย พบว่าฟ้าทะลายโจรให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 373-558 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ปริมาณของสารแอนโดรกราโฟไลด์ ประมาณ 0.81-1.43 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจร ในระดับและช่วงเวลาที่แตกต่างกัน พบว่ามีผลต่อปริมาณของการสะสมแอนโดรกราโฟไลด์ในใบของฟ้าทะลายโจรเช่นกัน ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 20-25 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีปริมาณของแอนโดรกราโฟไลด์ในใบมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือการพรางแสงในแต่ละระดับที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้ปริมาณของแอนโดรกราโฟไลด์มีค่าลดลง ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต ก็พบเช่นเดียวกันว่า การสะสมของสารแอนโดรกราโฟไลด์ในใบมีค่าลดลง แตกต่างกันในแต่ละช่วงของมีการพรางแสง เมื่อเปรียบเทียบกับการพรางแสงตั้งแต่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว นอกจากนี้การพรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ในช่วงสั้นๆ ของการเจริญเติบโตก็ให้ผลเช่นเดียวกัน กล่าวคือการพรางแสงช่วงแรกของการเจริญเติบโต มีแอนโดรกราโฟไลด์ในใบน้อยที่สุด การพรางแสงช่วงออกดอกและติดฝัก มีผลทำให้แอนโดรกราโฟไลด์ในใบมีค่าเพิ่มขึ้น และการพรางแสงเป็นเวลานาน ตั้งแต่ฟ้าทะลายโจรมีอายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ก็พบว่ามีปริมาณของแอนโดรกราโฟไลด์ในใบมีค่ามากที่สุด อย่างไรก็ตามการปลูกฟ้าทะลายโจรโดยไม่มีการพรางแสง จะมีสารแอนโดรกราโฟไลด์มีค่าต่ำสุด แตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 4.34) งานทดลองนี้แตกต่างไปจากการทดลองของ Saravanan *et al.* (2008) ที่พบว่าการเก็บเกี่ยวฟ้าทะลายโจร ควรเก็บเกี่ยวที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ จะให้ปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์สูงสุด และการปลูกฟ้าทะลายโจรในสภาพกลางแจ้ง จะให้ปริมาณของสารออกฤทธิ์แอนโดรกราโฟไลด์สูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกันกับการปลูกฟ้าทะลายโจรในสภาพที่มีพรางแสง

บทที่ 6
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาถึงการตอบสนองของการเจริญเติบโต สารออกฤทธิ์ที่สำคัญ และผลผลิตของฟ้าทะลายโจร ภายใต้ตาข่ายพรางแสง ซึ่งได้แบ่งการทดลองออกเป็นทั้งหมด 4 การทดลอง ผลจากการทดลองทั้งหมด พอที่จะสรุปได้ ดังนี้

1. การทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาถึงการพรางแสง 4 ระดับ ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตฟ้าทะลายโจร 4 พันธุ์ ซึ่งผลจากการทดลองพบว่า ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรี มีการเจริญเติบโตทางลำต้นค่อนข้างมาก มีการสะสมน้ำหนักแห้ง ผลผลิตเมล็ดและใบแห้ง และสารแอนโดรกราโฟไลด์ในใบ มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ราชบุรี, พิจิตร 4-4 และพิษณุโลก 5-4 ตามลำดับ สำหรับการศึกษาถึงการพรางแสง 4 ระดับ เปรียบเทียบกันกับฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง (Control) พบว่า ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตทางลำต้นดี มีการแตกกิ่งมาก และมีพื้นที่ใบมาก จึงทำให้มีการสะสมน้ำหนักแห้งมาก มีผลผลิตเมล็ดและใบแห้ง มีค่ามากที่สุด และมีการสะสมสารออกฤทธิ์แอนโดรกราโฟไลด์มากที่สุด รองลงมาคือการพรางแสงที่ระดับ 0, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตทางลำต้นไม่ดี และให้ผลผลิตต่ำสุด

2. การทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาถึงการพรางแสงในระดับที่แตกต่างกัน ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ผลจากการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้ คือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรี มีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่มาก และให้ผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง ผลผลิตเมล็ดแห้ง และสารแอนโดรกราโฟไลด์ มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์นครปฐม และสระบุรี ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรแตกต่างกัน คือพรางแสงที่ระดับ 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกันกับที่ไม่มีการพรางแสง พบว่าฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตทางลำต้นดี มีการสะสมน้ำหนักแห้งมาก ให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดและใบแห้ง รวมทั้งมีสารออกฤทธิ์แอนโดรกราโฟไลด์ในใบมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง และที่ได้รับการพรางแสงที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงมากที่สุดคือที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีค่าต่างๆ ที่ตรวจวัดน้อยที่สุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ

3. การทดลองที่ 3 เป็นการศึกษาถึงการพรางแสงในช่วงเวลาที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต และผลผลิตฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ผลจากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีการเจริญเติบโตทางลำต้น และให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม ผลผลิตเมล็ดและผลผลิตน้ำหนักใบแห้ง และสารแอนโดรกราโฟไลด์มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรพันธุ์

พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ตามลำดับ สำหรับการพรางแสงในช่วงเวลาที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโต พบว่าฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูก จนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีน้ำหนักลำต้น ใบ ฝักและรากแห้ง น้ำหนักแห้งรวม ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดและใบแห้ง และแอนโดรกราโฟไลด์ในใบ มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูก จนกระทั่งเก็บเกี่ยว ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง (Control) มีการเจริญเติบโตทางลำต้นน้อย และให้ผลผลิตต่ำสุด

4. การทดลองที่ 4 เป็นการศึกษาการพรางแสงในระยะต่างๆ กัน ของการเจริญเติบโต ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตฟ้าทะลายโจร 3 พันธุ์ ผลจากการทดลอง สามารถพอที่จะสรุปได้ว่าฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ดี มีการให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดและใบแห้ง และสารแอนโดรกราโฟไลด์ มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิษณุโลก 5-4 และพิจิตร 4-4 ตามลำดับ สำหรับการพรางแสง 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 วันที่ช่วงแรกของการเจริญเติบโต ช่วงออกดอก ช่วงติดฝัก และพรางแสงช่วงอายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว และไม่มีการพรางแสงนั้น พบว่าการพรางแสงช่วงอายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตทางลำต้นดี มีการสะสมน้ำหนักแห้งมาก มีผลผลิตเมล็ดและใบแห้ง และมีสารออกฤทธิ์แอนโดรกราโฟไลด์ในใบมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ การพรางแสงเป็นเวลา 1 เดือน ในช่วงติดฝัก ช่วงออกดอก และช่วงแรกของการเจริญเติบโต ตามลำดับ ส่วนการปลูกฟ้าทะลายโจรไม่มีการพรางแสง มีการเจริญเติบโตทางลำต้นไม่ดี ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งน้อย มีผลผลิตเมล็ดและใบแห้ง รวมถึงสารออกฤทธิ์แอนโดรกราโฟไลด์ภายในใบ มีค่าต่ำสุด

จากการทดลองทั้ง 4 การทดลอง พอที่จะสรุปได้ว่า การปลูกฟ้าทะลายโจรที่ดี ควรปลูกในสภาพที่มีการพรางแสงที่ระดับ 20-25 เปอร์เซ็นต์ และควรมีการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว จึงจะให้ผลดีที่สุด ส่วนการพรางแสงในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต ผลที่ได้รับก็คือ มีผลทำให้การเจริญเติบโตทางลำต้น การสะสมน้ำหนักแห้ง และผลผลิตลดลง สำหรับพันธุ์ฟ้าทะลายโจรที่ใช้ปลูก ควรใช้พันธุ์ปราจีนบุรี ทั้งนี้ก็เพราะจากการทดลองทั้ง 4 การทดลอง ให้ผลที่เหมือนกันว่าฟ้าทะลายโจรพันธุ์ปราจีนบุรีมีการเจริญเติบโตทางลำต้นดี ให้ผลผลิตมาก มีการสะสมน้ำหนักแห้งมาก ให้ผลผลิตเมล็ดและใบแห้งสูง อีกทั้งยังมีสารออกฤทธิ์แอนโดรกราโฟไลด์ที่สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกันกับฟ้าทะลายโจรพันธุ์อื่นๆ อีก 5 พันธุ์ แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

บรรณานุกรม

ไกรสร ดาวงศ์ เตือนใจ พุดชัง สมพร วนะสิทธิ์ และจรัญ ดิษฐไชยวงศ์. 2549. “ขนาดและรูปร่างที่เหมาะสมของแปลงทดลองฟ้าทะลายโจร”. หน้า 136. ใน **การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 6.** เชียงใหม่ : โรงแรมโลตัส ปางสวนแก้ว.

กุหลาบ หมายสุขกลาง. 2559. “ฟ้าทะลายโจร”. ใน **ระบบจัดเก็บและรายงานข้อมูลภาวะการผลิตพืชรายเดือน ระดับตำบล (รต.).** ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทสและการสื่อสาร. กรมส่งเสริมการเกษตร.

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2535. **สมุนไพรสวนสิริรุกชาติ.** กรุงเทพฯ : บริษัทอมรินทร์พริ้น ติ้งกรุ๊ฟ จำกัด.

โครงการสมุนไพรเพื่อการพึ่งตนเอง. 2534. **ฟ้าทะลายโจร: แก้เจ็บคอ ต่อมทอนซิลอักเสบ ไข้หวัด.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โครงการสมุนไพรเพื่อการพึ่งตนเอง.

จรัญ ดิษฐไชยวงศ์ สุธน สุวรรณบุตร จิดาภา สุภาผล และอมร เพชรสม. 2552. **ผลการพรางแสงที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณสารสำคัญของฟ้าทะลายโจร.** กรมวิชาการเกษตร.

จรัญ ดิษฐไชยวงศ์ เสงี่ยม แจ่มจำรูญ สัจจะ ประสงค์ทรัพย์ แสงมณี ชิงดวง และวาสนา โตเลี้ยง. 2553ก. **ศึกษาช่วงเวลาการให้น้ำของฟ้าทะลายโจร.** พิจิตร. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2.

จรัญ ดิษฐไชยวงศ์ สัจจะ ประสงค์ทรัพย์ มัลลิกา แสงเพชร แสงมณี ชิงดวง เสงี่ยม แจ่มจำรูญ และวาสนา โตเลี้ยง. 2553ข. **การทดสอบพันธุ์ฟ้าทะลายโจรเพื่อเป็นพันธุ์แนะนำ.** พิจิตร. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2.

จรัญ ดิษฐไชยวงศ์ อมร เพชรสม วาสนา โตเลี้ยง และสุธน สุวรรณบุตร. 2549. “ผลผลิต และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ของฟ้าทะลายโจรจากแหล่งปลูกต่างๆ ของประเทศไทย”. หน้า 172.ใน **การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 6.** เชียงใหม่ : โรงแรมโลตัส ปางสวนแก้ว.

ชาตรี ชาญประเสริฐ และดรุณ เพ็ชรพลาย. 2531**. การปลูกสมุนไพรฟ้าทะลายโจรเพื่อใช้เป็นยา.** วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 30(4) : 315-320.

ณัฐสุดา สุคันธปรีย์. 2536. “ผลของแสง อุณหภูมิ และการเตรียมเมล็ดก่อนการงอกของเมล็ดฟ้าทะลายโจร”. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สาขาพืชสวน. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ถานันดร์ สิตาลรัศมี. 2536. “อิทธิพลของการพรางแสงและการคลุมดิน ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของฟ้าทะลายโจร”. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สาขาพืชสวน. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทวีผล เดชาติวงศ์ ณ อยุธยา ประนอม เดชวิศิษฎ์สกุล และเย็นจิตร เตชะดำรงสิน. 2542. **มาตรฐานสมุนไพรไทย เล่มที่ 1 ฟ้าทะลายโจร *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Wall. ex Nees.** นนทบุรี. สถาบันวิจัยสมุนไพรไทย. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์.

นันทกาญจน์ มหาวีรวัฒน์. 2553. “การศึกษาปริมาณสารไดเทอร์ปินอยด์จากฟ้าทะลายโจรในหนูขาว”. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญส่ง คงคาทิพย์. 2540. **การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ จากฟ้าทะลายโจรและขมิ้นชันจากแหล่งปลูกต่างๆ และขมิ้นผงที่ผลิตในขบวนการผลิตเพื่ออุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปรารถนา ไปเหนือ. 2557. **ฟ้าทะลายโจร.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.agriman.doae.go.th /home/ news/year%202015 /028_ bunch%20robber.pdf. (8 พ.ค. 2560).

ผ่องพรรณ ศิริพงษ์. 2553. **หญ้าเทวดาหรือหญ้าปักกิ่งรักษาโรคมะเร็ง.** กรุงเทพฯ : สถาบันมะเร็งแห่งชาติ.

พชริดา แข่งขัน และยิ่งยง ไพสุขศานติวัฒนา. 2552. “อิทธิพลของวันปลูกและระยะปลูก ต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ฟ้าทะลายโจร”. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.** 40(ฉบับพิเศษ 1) : 177-180.

พริกขี้หนู. 2543. “หญ้าปักกิ่งพิชิตมะเร็งได้จริงหรือ”. **นิตยสารสมุนไพรเพื่อสุขภาพ.** 1(1) : 11-19.

พรพิมล สุริยภัทร วสุ อมฤตสุทธิ์ รักเกียรติ แสนประเสริฐ และนพมาศ นามแดง. 2547. “สถานการณ์การผลิต การใช้ประโยชน์ การวิจัย และแนวทางในการวิจัย เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของฟ้าทะลายโจรในประเทศไทย”. **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ 2547.** คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

มัลลิกา แสงเพชร และจรัญ ดิษฐ์ไชยวงศ์. 2548. “ฟ้าทะลายโจร สมุนไพรแห่งปี”. **วารสารกสิกร.** 78(6) : 59-62.

รุจินาถ อรรถสิษฐ. 2531. **การปลูกและการดูแลพืชสมุนไพร.** สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

วันดี กฤษณพันธ์. 2539. **สมุนไพรสารพัดประโยชน์.** กรุงเทพฯ. ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ศาลาพระเกี้ยว. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2526. **หลักการชลประทาน.** ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เอเชีย.

สุจรรยา พงษ์สวรรค์ และวิชัย หวังวโรดม. 2549. “การเจริญเติบโต ผลผลิต และการให้ปริมาณสารสำคัญในการออกฤทธิ์ของฟ้าทะลายโจร ที่ปลูกในสภาพที่มีการพรางแสงแตกต่างกัน”. **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ 2549.** แผนกวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. ภาควิชาเทคโนโลยีและการอุตสาหกรรม. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สถาบันการแพทย์แผนไทย. 2553. **การปลูกสมุนไพรที่เหมาะสม.** กรุงเทพฯ. กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

สถาบันวิจัยสมุนไพร. 2542. **ฟ้าทะลายโจร มาตรฐานสมุนไพร เล่มที่ 1.** กรุงเทพฯ. กรมวิทยาศาสตร์ การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2549. **การศึกษาวิจัยเศรษฐกิจสมุนไพรไทย กรณีการศึกษาว่านหางจระเข้ ฟ้าทะลายโจร ตะไคร้หอม และไพล.** กรุงเทพฯ. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุภาภรณ์ ปิติพร และสุดใจ พรหมเกิด. 2545. **หญ้าปักกิ่ง : สมุนไพรทางเลือกของผู้ป่วยมะเร็ง.** กรุงเทพฯ. ชมรมหญ้าปักกิ่งต้านมะเร็ง.

เสน่ห์ แสงคำ. 2536. **หญ้าเทวดาสมุนไพรรักษาความจน.** หนังสืออภินันทนาการของวารสารเทคโนโลยีชาวบ้าน. กรุงเทพฯ. บริษัท ประชาชน จำกัด.

โสมนันทน์ ลิพันธ์ และสมยศ เดชภิรัตนมงคล. 2562. “ผลของการพรางแสงที่ระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตฟ้าทะลายโจร”. **วารสารแก่นเกษตร.** 47(ฉบับพิเศษ 1) : 1479-1484.

สมยศ เดชภิรัตนมงคล. 2561. “ผลของการพรางแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของหญ้ารีแพร์ (*Centotheca lappacea* (L.) Desv.)”. **วารสารแก่นเกษตร.** 46(ฉบับพิเศษ 1) : 501-507.

สมยศ เดชภิรัตนมงคล โสมนันทน์ ลิพันธ์ สมมารถ อยู่สุขยิ่งสถาพร และหัตถ์ชัย กสิโอฬาร. 2560ก. “ผลของระยะปลูกที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตฟ้าทะลายโจร”. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า.** 35(2) : 49-56.

สมยศ เดชภิรัตนมงคล โสมนันทน์ ลิพันธ์ และหัตถ์ชัย กสิโอฬาร. 2560ข. “อิทธิพลของระยะปลูกที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตเมล็ดพันธุ์ฟ้าทะลายโจร”. **วารสารแก่นเกษตร.** 45(ฉบับพิเศษ 1) : 1209-1215.

สมยศ เดชภิรัตนมงคล ธวัชชัย อุบลเกิด นิตยา ผกามาศ และสมมารถ อยู่สุขยิ่งสถาพร. 2552ก. “ผลของระยะปลูก ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตตะไคร้พื้นเมือง 2 ชนิด”. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า.** 27(1) : 6-15.

สมยศ เดชภิรัตนมงคล ธวัชชัย อุบลเกิด และสมมารถ อยู่สุขยิ่งสถาพร. 2556. “ผลของการพรางแสงที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของหญ้าปักกิ่ง”. หน้า 409-416. ใน **เอกสารการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51 สาขาพืช.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมยศ เดชภิรัตนมงคล ธวัชชัย อุบลเกิด สมมารถ อยู่สุขยิ่งสถาพร และนิตยา ผกามาศ. 2552ข. “ผลของปุ๋ยมูลสัตว์ ที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตขมิ้นชัน”. หน้า 473-480. ใน **เอกสารการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 สาขาพืช.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.

สมยศ เดชภิรัตนมงคล และอรรนพ แสนเมือง. 2555. “ผลของปุ๋ยคอก ที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของหญ้าปักกิ่ง”. หน้า 224-231. ใน **เอกสารการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50 สาขาพืช.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรินทร์ นิลสำราญจิต พรรัตน์ ศิริคำ และพิทยา สรวมศิริ. 2543. “ผลของความเข้มแสงที่มีต่อการเจริญเติบโต และปริมาณฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์ ของพืชสมุนไพรผักคาวตอง”. หน้า 202-207. ใน **เอกสารการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 38 สาขาพืช.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Abhishek, N. S. K., Tewari, A. and Alok, L. 2010. “Biological activities of kalmegh (*Andrographis paniculata* Nees) and its active principles-A review-Indian”. **Journal of Natural Products and Resources.** 1(2) : 125-135.

Adamson, H. Y., Chow, W. S., Anderson, J. M., Vesk, M. and Sutherland, M. W. 1991. “Photosynthetic acclimation of Tradescantia albiflora to growth irradiance: morphological, ultrastructural and growth responses”. **Plant Physiology.** 82(3) : 353-359.

Akbar, S. 2011. “*Andrographis paniculata* : A review of pharmacological activities and clinical effects”. **Alternative Medicine Review.** 16(1) : 66-77.

Almodares, A., Hadi, M. R. and Dosti, B. 2008. “The effects of salt stress on growth parameters and carbohydrates contents in sweet sorghum”. **Research Journal of Environmental Sciences.** 2(4) : 298-304.

Araki, T., Oo, T. T. and Kubota, F. 2014. “Effects of shading on growth and photosynthetic potential of green gram (*Vigna radiata* L. Wilczek) cultivars”. **Environment Control Biology.** 52(4) : 227-231.

Aromdee, C., Wichitchote, P. and Jantakun, N. 2005. "Spectrophotometric determination of total lactones in *Andrographis paniculata* Nees". **Songklanakarin Journal of Science and Technology.** 27(6) : 1228-1231.

Ashok, K., Amit, A., Sujatha, M., Murali, B. and Anand, M. S. 2002. "Effect of aging on andrographolide content in Kalmegh". **Journal of Natural Remedies.** 2/2(2002) : 179-181.

Awad, M. A., Wagenmakers, P. S. and Jager, A. D. 2001. "Effects of light on flavonoid and chlorogenic acid levels in the skin of Jonagold apples". **Scientia Horticulturae.** 88(4) : 289-298.

Balmain, A. and Connally, J. D. 1973. "Minor diterpenoid constituents of *Andorgraphis paniculata* Nees". **Journal of the Chemical Society.** 12(1) : 1247-1251.

Bazan-Tene, M., Gonzalez-Gonzalez, J. M., Radillo-Juarez, F., Covarrubias-Corner, J. P. and Guzman-Gonzalez, S. 2005. "Effect of shading on the germination and vegetative development of jalape~no hot pepper (*Capsicum annuum* L.)". p 1056 in **102nd International conference of the american society for horticultural science.** Hort Science.

Biffa, M. A. 2003. "Conservation and diversity of Hempedu Bumi (*Andrographis paniculata* nees) germplasm in Malaysia". Dissertation of Master of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Universiti Putra Malaysia.

Biondo, R. J. and Noland, D. A. 2000. **Floriculture: From Greenhouse Production to Floral Design.** Interstate Publishers, Danville, Illinois.

Biswas, K. M., Ali, M. E. and Chowdhury, S. A. 1972. "Investigations on *Andrographis paniculata* Nees, part VI the root flavone and their structures". **Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research.** 15(1-2) : 33-36.

Boardman, N. K. 1977. "Comparative photosynthesis of sun and shade plants". **Annual Review of Plant Physiology.** 28(1) : 355-377.

Bushra, B., Muhammad, S., Abdur, R., Syed, T. S., Nawab, A., Ibadullah, J., Ihsanul, H., Fazal, W., Bib, H. and Imran, A. 2012. "Effece of partial shade on growth and yield of tomato cultivars". **Global Journal of Biology, Agriculture & Health Sciences.** 1(1) : 22-26.

Cava, M. P, Chen, W. R., Haynes, L. J., John, L. F. and Weinstein, B. 1962. "The structure of Andrographolide". **Tetrahedron.** 18(4) : 397-403.

Chandana, M., VeenaJoshi, V., Vijaya, D. and Lakshminarayana, D. 2018. "Effect of organic treatments and spacing on growth parameters of kalmegh (*Andrographis paniculata*) var. Cim-Megha". **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry.** 7(6) : 1695-1699.

Chaturvedi, G. S. and Ingram, K. T. 1989. "Growth and yield of lowland rice in response to shade and drainage". **Philippine Journal of Crop Sciences.** 14(2) : 61-67.

Chen, J., Henny, R. J., McConnell, D. B. and Nell, T. A. 2001. "Cultivar differences in interior performances of acclimatized foliage plants". **Acta Horticulturae.** 543(5) : 135-140.

Chen, J., Lv, F., Liu, J., Ma, Y., Wang, Y., Chen, B., Meng, Y. and Zhou, Z. 2014. "Effects of different planting dates and low light on cotton fibre length formation". **Acta Physiologiae Plantarum.** 36(10) : 2581-2595.

Chen, R. Y., Zeng, Q. L., Su, W. X., Wu, H. and Li, Z. F. 1999. "Effect of shading treatments on growth and some physiological effects in *Rumhora adiantiformis*". **Journal of South China Agricultural University.** 20(3) : 77-79.

Chongtham, T., Chatterjee, R., Hnamte, V., Chattopadhyay, P. K. and Khan, S. A. 2013. "Ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) germplasm evaluation for yield and quality in southern West Bengal**". Journal of Spices and Aromatic Crops.** 22(1) : 88-90.

Dai, M., Zhao, Y., Ma, Q., Hu, Y., Hedden, P., Zhang, Q. and Zhou, D. X. 2007. "The rice YABBY1 gene is involved in the feedback regulation of gibberellin metabolism". **Plant Physiology.** 144(1) : 121-133.

Dai, Y., Shen, Z., Liua, Y., Wang, L., Hannaway, D. and Lu, H. 2009. "Effects of shade treatments on the photosynthetic capacity, chlorophyll fluorescence, and chlorophyll content of *Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg". **Environmental and Experimental Botany.** 65(2) : 177-182.

Dakhane, V. P. and Nandkar, P. B. 2012. "Influence of nutrients on growth and medicinal content of *Andrographis paniculata* Wall. Ex. Nees". **Bionanofronter.** 5(1) : 2-11.

De Carvalho Gonçalves, J. F., De Sousa Barreto, D. C., Dos Santos Jr, U. M., Fernandes, A. V., Barbosa Sampaio, P. D. T. and Buckeridge, M. S. 2005. "Growth, photosynthesis and stress indicators in young rosewood plants (*Aniba rosaeodora* Ducke) under different light intensities". **Brazilian Journal of Plant Physiology.** 17(3) : 325-334.

Deng, Y. M., Li, C. C., Shao, Q. S., Ye, X. Q. and She, J. M. 2012. "Differential responses of double petal and multi petal jasmine to shading: I. Photosynthetic characteristics and chloroplast ultrastructure". **Plant Physiology and Biochemistry.** 55(5) : 93-102.

Detpiratmongkol, S. and Liphan, S. 2018. "Effects of different harvesting times on growth, yield and quality of Kalmegh (*Andrographis paniculata* Wall Ex. Nees)". **International Journal of Agricultural Technology.** 14(7) : 1161-1170.

Detpiratmongkol, S., Ubolkerd, T. and Yoosukyingstaporn, S. 2014. "Effects of chicken, pig and cow manures on growth and yield of Kalmegh (*Andrographis paniculata* Nees)". **Journal of Agricultural Technology.** 10(2) : 475-482.

Detpiratmongkol, S., Liphan, S. and Yoosukyingsataporn, S. 2016. "Effects of plant spacing on growth and yield of Kalmegh (*Andrographis paniculata* (Burm.f.) Nees)". p 23-28 in **Asia-Pacific Conference on Engineering and Applied Science (2016 APCEAS),** 2016 August 25-27, Tokyo, Japan.

Detpiratmongkol, S., Liphan, S. and Yoosukyingsataporn, S. 2017. "Effects of different planting dates on growth and yield of kalmegh". **International Journal of Agricultural Technology.** 13(7.3) : 2333-2340.

Devkota, A. and Jha, P. K. 2010. "Effect of different light levels on the growth traits and yield of *Centella asiatica*". **Middle-East Journal of Scientific Research.** 5(4) : 226-230.

Dhanush, S. L., Mallikarjuna, G. A. P., Kademani, A. J., Anilkumar, S. and Chandramohan Reddy, G. 2018. "Effect of nutrient levels on growth, yield, quality and economics of second ratoon crop in kalmegh (*Andrographis paniculata* Nees.)". **International Journal of Pure and Applied Bioscience.** 6(1) : 721-725.

D´ıaz-Perez, J. C. 2013. "Bell pepper (*Capsicum annum* L.) crop as affected by shade level: Microenvironment, plant growth, leaf gas exchange, and leaf mineral nutrient concentration". **Hort Science.** 48(2) : 175-182.

D´ıaz-Perez, J. C. 2014. Bell pepper (*Capsicum annum* L.) crop as affected by shade level: Fruit yield, quality, and postharvest attributes and incidence of Phytophthora blight (caused by Phytophthora capsici Leon.)". **Hort Science.** 49(7) : 891-900.

Ditchaiwong, C., Suwanbutr, S., Prasongsap, S. and Petsom, A. 2009. "Impact of irrigation on commercial production of *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees". **Agricultural Science Journal.** 40(3) : 91-94.

Dole, J. M. and Wilkins, H. F. 2005. **Floriculture : Principles and Species, 2nd edition.** Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

Early, E. B., McIlrath, W. O., Seif, R. D. and Hageman, R. H. 1967. "Effects of shade applied at different stages of plant development on corn (*Zea mays* L)". **Crop Science.** 7(2) : 151-156.

E-Aidy, F., Moustafa, S. and El-Afry, M. 1983. "Influence of shade on growth and yield of tomatoes cultivated in summer season in Egypt". **Plasticulture.** 59(1) : 33-36.

El-Bassiony, A. M., Fawzy, Z. F., Riad, G. S. and Ghoname, A. A. 2014. "Mitigation of high temperature stress on growth, yield and fruit quality of tomato plants by different shading level". **Middle East Journal of Applied Sciences.** 4(4) : 1034-1040.

Fageria, N. K. 2007. "Yield physiology of rice". **Journal of Plant Nutrition.** 30(6) : 843-879.

Feng, L. Y., Raza, M. A., Li, Z. C., Chen, Y., Khalid, M. H. B., Du, J., Liu, W., Wu, X., Song, C. and Yu, L. 2018. "The influence of light intensity and leaf movement on photosynthesis characteristics and carbon balance of soybean". **Frontiers in Plant Science.** 9(1) : 1-16.

Ferus, P. and Arkosiova, M. 2001. "Variability of chlorophyll content under fluctuating environment". **Acta Fytotechnica et Zootechnica.** 4(1) : 123-125.

Gent, M. P. N. 2008. "Density and duration of shade affect water and nutrient use in greenhouse tomato". **Journal of the American Society for Horticultural Science.** 133(4) : 619-627.

Ghasemzadeh, A., Jaafar, H. Z. E., Rahmat, A., Wahab, P. E. M. and Halim, M. R. A. 2010. "Effect of different light intensities on total phenolics and flavonoids synthesis and anti-oxidant activities in young ginger varieties (*Zingiber officinale* Roscoe)". **International Journal of Molecular Sciences.** 11(10) : 3885-3897.

Goel, V. and Duhan, B. S. 2013. "Kalmegh (*Andrographis paniculata* Wall. Ex Nees) crop as influenced by the application of farmyard manure (FYM) and inorganic phosphorus in typic torripsamments of Hisar". **Journal of Medicinal Plant Research.** 7(46) : 3337-3342.

Goel, V. Duhan, B. S. and Madan, V. K. 2013. "Effect of FYM and N on yield and quality of kalmegh (*Andrographis paniculata* Nees)". **Annals of biology.** 29(2) : 167-170.

Gundadon, H., Ying, T. F., Ding, P. and Yan, C. C. 2015. "Relative light intensity and kitchen waste compost effects on production of *Andrographis paniculata*". **International Journal of Agriculture, Forestry and Plantation.** 1(Sept.) : 72-77.

Helal, A. I. M. and Ghany, A. A. M. 2010. **"**Response of plastic shading nets to global and diffuse PAR transfer : Optical properties and evaluation". **Journal of Life Sciences.** 57(2) : 125-132.

Hemalatha, P. and Suresh, J. 2012. "Impact of integrated nutrients on growth and yield of kalmegh". **International Journal of Agricultural Science.** 8(1) : 168-170.

Hendrynus, G., Tsan, F. Y., Phebe, D. and Choo, C. Y. 2015. "Relative light intensity and kitchen waste compost effects on production of *Andrographis Paniculata*". **International Journal of Agriculture, Forestry and Plantation.** 1(Sept.) : 72-77.

Heyne, K. 1987. **Useful Plants of Indonesia.** Badan Litbang Kehutanan. Jakarta.

Himabindu, T. 2013. "Studies on the effect of time of planting and harvesting on growth, herbage yield and quality in kalmegh (*Andrographis paniculata* Nees)". Master of Science (Horticulturae), Thesis of Horticultural University.

Himbindu, T., Hariprasad Rao, N., Satyanarayana Reddy, G. and Sastry, K. P. 2017. "Effect of time of planting and harvesting on growth, herbage yield and andrographolide content in Kalmegh (*Androphis paniculata* Nees.)". **Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences.** 6(10) : 46-49.

Hunt, R. 1978. **Plant growth analysis.** Studies in Biology, no 96. Arnold, London.

Iqbal, N., Hussain, S., Ahmed, Z., Yang, F., Wang, X., Liu, W., Yong, T., Du, J., Shu, K. and Yang, W. 2018a. "Comparative analysis of maize-soybean strip intercropping systems a review". **Plant Production Science.** 22(2) : 131-142.

Iqbal, N., Hussain, S., Zhang, X. W., Yang, C. Q., Raza, M., Deng, J. C., Ahmad, S., Ashgar, M., Zhang, J. and Yang, W. 2018b. "Imbalance water deficit improves the seed yield and quality of soybean". **Agronomy.** 8(168) : 1-20.

Jaganath, I. B. and Teik, N. L. 2003. **Malaysian Herbs Series 1.** Smile, May/Jun 2003.

Jaimez, R. E. and Rada, F. 2011. "Gas exchange in sweet pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) under different light conditions". **Journal of Agricultural Science.** 3(3) : 134-142.

Jang, Y., Mun, B., Do, K., Um, Y. and Chun, C. 2014. "Effects of photosynthetic photon flux and carbon dioxide concentration on the photosynthesis and growth of grafted pepper transplants during healing and acclimatization". **Horticulture Environment and Biotechnology.** 55(5) : 387-396.

Jeong, K. Y., Pasian C. C. and Tay, D. 2007. "Response of six *Begonia* species to different shading levels". **Acta Horticulturae.** 761(761) : 215-220.

Jia, S. F., Dong, S. T., Wang, K. J., Zhang, J. W. and Li, C. F. 2007. "Effect of shading on grain quality at different stages from flowering to maturity in maize". **Acta Agronomica Sinica.** 33(12) : 1960-1967.

Khalid, M. H. B., Raza, M. A., Yu, H. Q., Sun, F. A., Zhang, Y. Y., Lu, F. Z., SI, L., Iqbal, N., Khan, I., Fu, F. L. and Li, W. C. 2019. "Effect of shade treatments on morphology, photosynthetic and chlorophyll fluorescence characteristics of soybeans (*Glycine max* L. Merr.)". **Applied Ecology and Environmental Research.** 17(2) : 2551-2569.

Kakiuchi, J. and Kobata, T. 2004. "Shading and thinning effects on seed and shoot dry matter increase in determi-nate soybean during the seed-filling period". **Agronomy Journal.** 96(2) : 398-405.

Kakiuchi, J. and Kobata, T. 2006. "The relationship be-tween dry matter increase of seed and shoot during the seed-filling period in three kinds of soybeans with dif-ferent growth habits subjected to shading and thinning". **Plant Production Science.** 9(1) : 20-27.

Kumaran, K. S., Thirugnansambantham, P., Viswanathan, S. and Sreeramamurth, M. 2003. "An HPLC method for the estimation of Andrographolide in Rabbit serum". **Indian Journal of Pharmacology.** 35(2) : 109-112.

Kumar, K., Chaudhary, H. P., Awasthi, U. D. and Sharma, D. C. 2010. "Impact of plant density and sowing time on the growth, yield and andrographolide content of kalmegh (*Andrographis paniculata* Nees.)". **Progressive Agriculture.** 10(1) : 56-59.

Kumar, R. N., Chakraborty, S. and Kumar, J. I. N. 2009. "Effect of light stress on peroxidase, succinate dehydrogenase and total chlorophyll content in *Andrographis paniculata*". **Asian Journal of Environmental Science.** 4(1) : 34-38.

Kumar, R. N., Chakraborty, S. and Nirmal, K. J. I. 2012. "Infliece of light and developmental stages on active principles of *Andrographis paniculata* (Burm. F.) Wall. Ex Need". **Indian Journal of Scientific Research.** 3(1) : 91-95.

Kumar, S. and Kumar, A. 2013. "Spatial and harvesting influence on growth, yield, quality and economic potential of Kalmegh (*Andrographis paniculata* Wall Ex. Nees)". **Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropical and Subtropics.** 114(1) : 69-76.

Kumar, V. and Sood, M. 2011. “Effect of transplanting time, spacing and fertilizers on herbage and oil yield of *Mentha piperita* L”. **International Journal of Farm Sciences.** 1(2) : 68-74.

Kumar, V. and Topal, D. 2015. Effect of organic fertilizers on the growth of shoot of kalmegh (*Andrographis Paniculata*)”. **International Journal of Novel Research in Life Sciences.** 2(2) : 9-11.

Kurosaki, H. and Yumoto, S. 2003. “Effects of low temperature and shading during flowering on the yield components in soybeans”. **Plant Production Science.** 6(1) : 17-23.

Lambers, H. and Poorter, H. 1992. “Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecological consequences”. **Advances in Ecological Research.** 23(this series) : 187-261.

Legarrea, S., Karnieli, A., Fereres, A. and Weintraub, P. G. 2010. “Comparison of UV-absorbing nets in pepper crops: spectral properties, effects on plants and pest control”. **Photochemistry and Photobiology.** 86(2) : 324-330.

Li, H. M., Xu, Z. G. and Tang, C. M. 2010. “Effect of light-emitting diodes on growth and morphogenesis of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) plantlets in vitro”. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture.** 103(2) : 155-163.

Li, R., Wen, T., Tang, Y., Sun, X. and Xia, C. 2014. “Effect of shading on photosynthetic and chlorophyll fluorescence characteristics of soybean”. **Acta Prataculturae Sinica.** 23(1) : 198-206.

Li, Y. G., Yu, Z. W., Liang, X. F., Zhao, J. Y. and Qiu, X. B. 2005. “Response of wheat yields and quality to low light intensity at different grain filling stages”. **Acta Phytoecologica Sinica.** 29(5) : 807-813.

Liphan, S. and Detpiratmongkol, S. 2017. “Influence of different shading levels on growth and yield of kalmegh *Andrographis paniculata* Burm. f. (Nees)”. **International Journal of Agricultural Technology.** 13(1) : 79-89.

Lomlim, L., Jirayupong, N., and Plubrukarn, A. 2003. “Heat accelerated degradation of solid state andrographolide”. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin.** 51(1) : 24-26.

López-Marín, J., Gálvez, A., González, A., Egea-Gilabert, C. and Fernández, J. 2012. “Effect of shade on yield, quality and photosynthesis-related parameters of sweet pepper plants”. **Acta Horticulturae.** 956(956) : 545-552.

Makwana, P. D., Patel, J. J. and Patel, H. K. 2009. "Effect of different organic manures and spacing on yield and yield attiributes of kalmegh-panchang (*Andrographis paniculata* Wall. Ex. Nees.) under middle Gujarat conditions". **International Journal of Plant Sciences.** 5(1) : 30-32.

Makwana, P. D., Patel, D. H., Patel, J. J. and Patel. H. K. 2010. "Effect of different organic manures and spacing on yield and yield attiributes of Kalmegh-Panchang (*Andrographis paniculata* Wall. Ex. Nees.) under middle Gujarat conditions". **International Journal of Plant Sciences.** 5(1) : 30-32.

Martin, A. J. P., Matthew, R., Michael, E. S. and Christine, R. 2011. "Raising yield potential of wheat. II. increasing photosynthetic capacity and efficiency". **Journal of Experimental Botany.** 62(2) : 453-467.

Matsuda, T., Kuroyanagi, M., Sugiyama, S., Umehara, K., Ueno, A., Nishi, K. 1994. "Cell differentiation-inducing diterpenoids from *Andrographis paniculata* Nees". **Chemical and Pharmaceutical Bulletin.** 42(6) : 1216-1225.

Medany, M. A., Hassanein, M. K. and Farag, A. A. 2009. "Effect of black and white nets as alternative covers to sweet pepper production under greenhouses in Egypt". **Acta Horticulturae.** 807(807) : 121-126.

Milenkovic, L., Ilic, Z. S., Duriovka, M., Kapoulas, N., Mirecki, N. and Fallik, E. 2012. "Yield and pepper quality as affected by light intensity using colour shade nets". **Journal of the Science of Food and Agriculture.** 58(1) : 19-33.

Minotta, G. and Pinzauti, S. 1996. "Effects of light and soil fertility on growth, leaf chlorophyll content and nutrient use efficiency of beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings". **Forest Ecology and Management.** 86(1-3) : 61-71.

Mishra, S. and Jain, A. 2013. "Effect of integrated nutrient management on andrographolide content of *Andrographis paniculate*". **Nature and Science.** 11(8) : 30-32.

Mishra, S. K., Sangwan, N. S. and Sangwan, R. S. 2007. "*Andrographis paniculata* (Kalmegh) : A review". **Pharmacology Review.** 1(2) : 283-289.

Naidu, C. V. and Swamy, P. M. 1993. "Effect of shade on growth, biomass production and associated physiological parameters in *Pongamia pinneta* (Linn.) Pierre". **Indian Journal of Plant Physiology.** 34(4) : 212-214.

Nenade, S., Ravankar, H. N. and Sarap, P. A. 2001. "Effect of planting and harvesting dates on yield and quality of Kalmegh (*Andrographis paniculata*)". p 49 in **Abstracts of National Research Seminar on Herbal Conservation, Cultivation, Marketing and Utilization with Special Emphasis on Chhattisgarh, ' The Herbal State' , organized by the Herbal State, Raipur, Chhattisgarh.** 13-14 December 2001.

Naramoto, M., Katahata, S., Muhai, Y. and Kakubari, Y. 2006. "Photosynthetic acclimation and photoinhibition on exposure to high light in shade-developed leaves of Fagus crenata seedlings". **Flora.** 201(2) : 120-126.

Neri, R., Genzel, R., Ivison, R. J., Bertoldi, F., Blain, A. W., Chapman, S. C., Cox, P., Greve, T. R., Omont, A. and Frayer, D. T. 2003. "Interferometric observations of powerful CO emission from three submillimeter galaxies at $z=$ 2. 39, 2. 51, and 3. 35". **The Astrophysical Journal.** 597(2003) : L113-L116.

Niranjan, A., Tewari, S. K. and Lehri, A. 2010. "Biological activities of Kalmegh (*Andrographis paniculata* Nees) and its active principles-A review". **Indian Journal of Natural Products and Resources.** 1(2) : 125-135.

Nur Faezah, O., Siti Aishah, H., Puteri Edaroyati, M. W., Ramlan, M. F. and Puad, M. A. 2015. "Growth and dry matter partitioning of *Andrographis paniculata* to different light intensities and pruning". **Global Advanced Research Journal of Agricultural Science**. 4(12) : 851-857.

Nur Faezah, Omar., Siti Aishah, H., Ramlan, M. F., Puteri Edaroyati, M. W. and Puad, M. A. 2016. "Growth and phytochemical responses of *Andrographis paniculata* as influenced by different shade levels and prunings". **Journal of Tropical Plant Physiology.** 8(1) : 61-69.

Omar, M. A., Naqqiuddin, M. A., Shohaimi, S., Omar, H. and Ismail, A. 2016. "Phytoplankton diversity in relation to different weather conditions in two urban made lakes". **Sustainability Agri Food Environmental Research (SAFER).** 4(1) : 1-21.

Paez, A. and Lopez, V. P. J. C. 2000. "Growth and physiological responses of tomato plants cv. Rio Grande during May to July season. Effect of shading". **Revista de la Facultad de Agronomía**. 17(2) : 173-184.

Pal, M., Kumar, V., Singh, A. P., Singh, R. S., Ojha, M. D., Singh, S. R. P. and Singh, P. K 2019. "Effect of date of planting and plant geometry on growth and yield characters of kalmegh cv. CIM Megha". **Current Journal of Applied Science and Technology.** 33(3) : 1-5.

Palaniswamy, U. R. 2005. "Effect of light intensity on the pigment composition and oxalic acid concentrations in Kalamegh (*Andrographis paniculata*) leaf". **Traditional Medicine & Nutraceuticals.** 6(1) : 109-114.

Parashar, R., Upadhyay, A., Singh, J., Diwedi, S. K. and Khan, N. A. 2011. "Morpho-physiological evaluation of *Andrographis paniculata* at different growth stages". **World Journal of Agricultural Sciences.** 7(2) : 124-127.

Patel, K. V., Patel, D. H., Patel, K. P. S. and Jadeja, G. C. 1999. "Andrographolide and iron content in *Andrographis paniculata* (Kalmegh, an important medicinal crop)". **Indian Journal of Agricultural Biochemistry.** 12(1) : 31-35.

Patra, D. D., Chattopadhyay, A., Tomar, V. K. S., Singh, A., Mishra, H. O., Alam, M. and Khamuja, S. P. S. 2004. "Agrotechnology of kalmegh (*Andrographis paniculata*)". **Journal of Medicinal plant and Aromatic plant Sciences.** 26(3) : 534-537.

Pitono, J., Januwati, M. and Ngadimin, N. 1996. "Pengaruh naungan terhadap pertumbuhan dan produksi terna tanaman sambiloto". **Warta Tumbuhan Obat Indonesia.** 3(1) : 39-40.

Prathanturarug, S. 1998. "In vitro propagation of the Thai medicinal plant *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Wall. ex Nees and andrographolide content in regenerated clones". Universitat Basel/Basel.

Prathanturarug, S., Soonthornchareonnon, N., Chuakul, W. and Saralamp, P. 2007. "Variation in growth and diterpene lactones among field-cultivated *Andrographis paniculata*". **Journal Natural Medicine.** 61(2) : 159-163.

Praveenakumar, R., Manjuprakash, M. and Hanumathraya, H. G. 2018. "Effect of integrated nutrient management on growth and yield of kalmegh (*Andrographis paniculata* Wall. Ex. Nees.): A review". **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences.** 7(9) : 2616-2619.

Purwanto, E., Samanhudi, S. and Sudarmi, S. 2011. "Studies of shading levels and nutrition sources on growth, yield and andrographolide content of sambiloto (*Andrographis paniculata* Ness)". **Agrivita.** 33(3) : 300-306.

Oudhia, P. and Tripathi, R. S. 2002. “Prospects of cultivation of medicinal plants in Chhattisgarhj India”.

Ram, D., Chandra, R. and Kumar, B. 2008. “Effect of spacing and organics on growth and herbage yield of kalmegh (*Andrographis paniculata* Wall. Ex. Nees)”. **Progressive Horticulture.** 40 (1) : 69-73.

Ramesh, G., Shivanna, M. B. and Santa Ram, A. 2011. “Interactive influence of organic manure and inorganic fertilizers on growth and yield of *A. Paniculate*”. **International Research Journal of Plant Science.** 2(1) : 016-021.

Raviraja-Shetty, G., Kallappa, N. and Venkatesha, J. 2015. “Performance of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) varieties under hill zone of Karnataka”. **Environment and Ecology.** 33(3) : 1196-2000.

Restrepo, H. and Garcés, G. 2013. “Evaluation of low light intensity at three phenological stages in the agronomic and physiological responses of two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars”. **Agronomía Colombiana.** 31(2) : 55-60.

Rodr´ıguez-del-Bosque, L. A. 2005. “Preferencia del consumidor por el chile piqu´ın en comparacion con otros chiles en el noroeste de Mexico”. **Revista Chapingo serie horticultura.** 11(2) : 279-281.

Rosli, K. A., Hassan, S. A., Mohamed, M. T. M., Stanslas, J., Murdad, R., Sharif, S. M., Selamat, I. A. M. and Lassim, M. M. 2018. “Growth and morphological responses of *Andrographis paniculata* to varying shade and nitrogen fertilization”. **International Journal of Biosciences.** 12(1) : 386-402.

Sakuanrungsirikul, S., Ditchaiwong, C., Jetana, A. and Buddanoi, P. 2007. “Intraspecific variability of *Andrographis paniculata* collections using molecular markers”. p 144 in **International Workshop on Medicinal and Aromatic Plants.**

Sakuanrungsirikul, S., Ditchaiwong, C., Jetana, A. and Buddanoi, P. 2008. “Intraspecific variability assessment of *Andrographis paniculata* collections using molecular markers”. **Acta Horticulturae.** 786(786) : 283-286.

Sandeep, R. G., Gururaja, R. M. R. and Chikkalingaiah, S. H. 2009. “Assessment of variability for grain yield and their attributing character in germplasm accessions of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). **Journal of Agricultural Science.** 43(3) : 472-476.

Sanjutha, S., Subramanian, S. Indu Rai. C. and Maheswari, J. 2008. "Integrated nutrient management of *A. paniculata*". **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences.** 4(2) : 141-145.

Santiago-Santos, L. R. and Cedeno-Maldonado, A. 1991. "Effect of light intensities on the flowering and growth of spiny coriander (*Eryngium foetidum* L.)". **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico.** 75(4) : 383-389.

Sanwal, C. S., Kumar, R. and Bhardwaj, S. D. 2016. "Integration of *Andrographis paniculata* as potential medicinal plant in Chir Pine (*Pinus roxburghii* Sarg.) Plantation of North-Western Himalaya". **Scientifica.** 4(1) : 1-7.

Sanwal, S. K., Singh, S. K., Yadav, R. K., Singh. P. K. and Misra, A. K. 2012. "Yield and quality assessment of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) genotypes". **Indian Journal of Plant Genetic Resources.** 25(3) : 281-286.

Saravanan, R., Krishti, S., Gajbhiye, N. A. and Maiti, S. 2008. "Influence of light intensity on gas exchange, herbage yield and andographolide content in *Andrographis paniculata* (Nees.)". **Indian Journal of Horticulture.** 65(2) : 220-225.

Schaffer, A. A. 1996. **Photo assimilates distribution in plant and crops.** Marcel Dekker, Inc, New York.

Scuderi, D., Rosi, A. L., Cassaniti, C., Paratore, A. and Romano, D. 2008. "The influence of shading levels on foliage plant growth and quality". **Acta Horticulturae.** 801(801) : 1191-1196.

Shah, K., Trivedi, P. and Shivprakash, P. K. 2007. "Spectrophotometric determination of androgra pholides in *Andrographis paniculata* Nees and its formulation". **Indian Journal of Pharmaceutical Sciences.** 69(3) : 457-458.

Shahbaz, M. M. and Asharf, F. 2013. "Improving salinity tolerance in cereal". **Critical Reviews in Plant Sciences.** 31(1) : 303-320.

Shahbaz, M., Asharf, M., Al-Qurainy, F. and Harris, P. J. C. 2012. "Salt tolerance in selected vegetable crops". **Critical Reviews in Plant Sciences.** 32(4) : 237-249.

Shahjahan, M., Solaiman, A. H. M., Sultana, N. and Kabir, K. 2013. "Effect of organic fertilizers and spacing on growth and yield of kalmegh (*Andrographis paniculata* Nees). **International Journal of Agriculture and Crop Sciences.** 6(11) : 769-775.

Sharafzadeh, S. and Ordookhani K. 2011. "Organic and biofertilizers as a good substitute for inorganic fertilizers in medicinal plants framing". **Australian Journal of Basic and Applied Science.** 5(2) : 1330-1333.

Sharma, S. 2012. "Effect of dates of transplanting on the growth and oil yield of *Mentha arvensis* L". **Scholarly Journal of Agricultural Science.** 2(7) : 130-132.

Shamaraj, C. H. T., Pujari, B. T. and Halepyati, A. S. 2010. "Influence of planting dates and stage of harvesting on growth, dry matter production and its distribution of ashwagandha (*Withania somnifera* Dunal.)". **Karnataka Journal of Agricultural Sciences.** 23(2) : 343-344.

Singh, M., Singh, A., Tripathi, A. S., Verma, R. K., Gupta, M. M., Mishra, H. O., Singh, H. P. and Singh, A. K. 2011. "Growth behavior, biomass and diterpenoid lactones production in Kalmegh (*Andrographis paniculata* Nees.) strains at different population densities". **Agricultural Journal.** 6(3) : 115-118.

Singhal, G. S. 1999. **Concepts in photobiology: Photosynthesis and photomorphogenesis.** Kluwer, Boston.

Srikrishnah, S. and Sutharsan, S. 2015. "Effect of different shade levels on growth and tuber yield of turmeric (*Curcuma longa* L.) in the Batticaloa district of Sri Lanka". **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences.** 15(5) : 813-816.

Srivastava, G.C. 2011. **Crop physiology.** Biotech Books, New Delhi.

Srivastava, A. 2017. "Role of biofertilizers in combination with organic and inorganic nutrient sources in enhancement of growth in Kalmegh (*Andrographis paniculata*)". **International Journal of Advanced Research in Biological Sciences.** 4(10) : 147-150.

Stancato, G. C., Mazzafera, P. and Buckeridge, M. S. 2010. **Effects of Light Stress on the Growth of the Epiphytic Orchid Cattleya Forbesii Lindl, X Laelia Tenebrosa Rolfe.** [Online]. Available : http://www.scielo.br/ scielo.php?script=sci_arttext&pid.htm. (3/3/2010).

Sulandjari, S., Pramono, S. W. and Indradewa, D. 2005. "Microclimate relationships with growth and yield of pandak pule (*Rauvolfia serpentine* Benth.)". **Agrosains.** 7(2) : 71-76.

Sunil Kumar, B. V., Kumar, A. and Kataria, M. 2011. "Effect of heat stress in tropical livestock and different strategies for its amelioration". **Journal of Stress Physiology & Biochemistry.** 7(1) : 45-54.

Taiz, L. and Zeiger, E. 2002. **Plant Physiology.** 3rd ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc.

Thangam, M. and Thamburaj, S. 2008. "Comparative performance of tomato varieties and hybrids under shade and open conditions". **Indian Journal of Horticulture.** 65(4). 429-433.

Thangaraj, M. and Sivasubramanian, V. 1990. "Effect of low light intensity on growth and productivity of irrigated rice (*Oryza sativa* L.) grown in Cauvery delta region". **Madras Agricultural Journal.** 77(5) : 220-224.

Thomas, J. A., Jaffrey, A., Atsuko, C. K. and David, M. K. 2005. "Regulating the proton budget of higher plant photosynthesis". **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.** 102(27) : 9709-9713.

Upadhyaya, S. and Saikia, L. R. 2015. "Agronomic requirements for organic cultivation of *Andrographis Paniculata* (Burm) Nees. **In the Upper Brahmaputra Valley Agroclimatic Zone of India.** 14(1) : 1-4.

Valdiani, A., Kadir, M. A., Tan, S. G., Talei, D., Abdullah, M. P. and Nikzad, S. 2012. "Naine Havandi *Andrographis paniculata* present yesterday, absent today : A plenary review on underutilized herb of Iran's pharmaceutical plants". **Molecular Biology Reports.** 39(5) : 5409-5424.

Ved, D. K., Oommen, S. and Singh, A. 2002. **Propagation and agrotechnology status commercially important medicinal plant species of the project area of Andra Pradesh community forest management project.** Foundation for Revitaliation of Local Health Traditions (FRLHT).

Verma, R. K., Verma, S. K., Anand, U. P., Gupta, A. K., Khan, K. and Shankar, K. 2014. "Improvement in the yield and quality of kalmegh (*Andrographis paniculata* Nees) under the sustainable production system". **Natural Product Research.** 29(3) : 297-300.

Vyas, S. P. 2004. "Influence of light intensity on growth, yield and lawsone content of henna (*Lawsonia innermis* L.)". **Indian Journal of Plant Physiology.** 9(3) : 275-277.

Whithan, F. W., Blayches, D. P. and Derlin, R. M. 1971. **Experiments in Plant Physiology.** D. Van Nostr and Company. New York.

Wiebel, J., Chacko, E. K., Downton, W. J. and Ludders, P. 1994. "Influence of irradiance on photosynthesis, morphology and growth of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) seedlings". **Tree Physiology.** 14(3) : 263-274.

Winarto, W. P. 2003. **Sambiloto : Cultivation and Utilization for Medicine.** Penebar Swadaya Jakarta.

Wu, Y., Gong, W., Yang, F., Wang, X., Yong, T. and Yang, W. 2016. "Responses to shade and subsequent recovery of soya bean in maize-soya bean relay strip intercropping". **Plant Production Science.** 19(2) : 206-214.

Yang, Y., Liu, Q., Han, C., Qiao, Y. Z., Yao, X. Q. and Yin, H. J. 2007. "Influence of water stress and low irradiance on morphological and physiological charachteristics of Picea asperata seedlings". **Photosynthetica.** 45(4) : 613-619.

Yao, Y. L., Yamamoto, Y., Yoshida, T., Nitta, Y. and Miyazaki, A. 2000. "Response of differentiated and degeneratedspikelets to top-dressing, shading and day/night temperature treatments in rice cultivars with large panicles". **Soil Science and Plant Nutrition.** 46(3) : 631-641.

Zaharah, A., Musa, Y., Wan, Z. W. M. and Salbiah, H. 2001. "Effect of shade on the gowth of misai kucing (*Orthosiphon stamineus*) and hempedu bumi (*Andrographis paniculata*) on BRIS soil". p 237-245 in **Seminar on Medical and Aromatic Plants: Proceedings Forest Research Institute Malaysia.** July 24-25.

Zeng, S., Liang, S., Zhang, Y. Y., Wu, K. L., Taixeira da Silva, J. A. and Duan, J. 2013. "In vitro flowering red miniature rose". **Biologia Plantarium.** 57(3) : 401-409.

Zhang, F., Su, B., Zhang, Y. P. and Jin, L. 2007. "Genetic studies of human diversity in East Asia". **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences.** 362(1482) : 987-995.

Zhu, J. J., Peng, Q., Liang, Y. L., Wu, X. and Hao, W. L. 2012. "Leaf gas exchange, chlorophyll fluorescence, and fruit yield in hot pepper (*Capsicum anmuum* L.) grown under different shade and soil moisture during the fruit growth stage". **Journal of Integrative Agriculture.** 11(6) : 927-937.

Zoran, S. L., Lidija, M., Ljiljana, S., Dragan, C. and Elazar, F. 2012. "Effects of the modification of light intensity by color shade nets on yield and quality of tomatofruits". **Scientia Horticulturae.** 139(2012) : 90-95.

แก่นเกษตร

KHON KAEN AGRICULTURE JOURNAL

นวัตกรรมเกษตรอีสาน

บูรณาการภูมิปัญญา

เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

ประชุมวิชาการเกษตรครั้งที่ 20

28 – 29 มกราคม 2562

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ปีที่ 47 ฉบับพิเศษ1 2562 VOL. 47 SUPPLEMENT1 2019

ISSN 0125-0485

กำหนดการประชุมวิชาการเกษตร ครั้งที่ 20 (ประจำปี 2562)

วันที่ 28-29 มกราคม พ.ศ. 2562

ณ อาคาร AG 07 ห้องบรรยาย 7011 คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วันจันทร์ที่ 28 มกราคม พ.ศ.2562

08.00 - 09.00 น.	ลงทะเบียน หน้าห้องบรรยาย 7011 อาคาร AG07				
08.00 – 17.00 น.	การนำเสนอผลงาน ภาคโปสเตอร์ (บริเวณ ห้อง 7013 อาคาร AG07)				
09.00 - 09.45 น.	ห้องบรรยาย 7011 อาคาร AG07 - พิธีเปิด โดย อธิการบดีมหาวิทยาลัยขอนแก่น - มอบรางวัลเชิดชูเกียรติ นักวิจัยดีเด่น/ องค์กรดีเด่น ประจำปี 2561 - มอบรางวัลดุษฎีบัณฑิตวิทยานิพนธ์ดีเด่น ศ.อารันต์ พัฒโนทัย ประจำปี 2561				
09.45 - 10.00 น.	พักรับประทานอาหารว่าง				
10.00 - 12.00 น.	ห้องบรรยาย 7011 อาคาร AG07 บรรยายพิเศษเรื่อง “จากศาสตร์พระราชา สู่การพัฒนานวัตกรรมเกษตร” โดย คุณมิ่งขวัญ แสงสุวรรณ				
12.00 – 13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน				
การนำเสนอผลงานภาคบรรยาย					
13.30-15.00 น.	ห้อง 7014 อาคาร AG07	ห้อง 7011 อาคาร AG07	ห้อง 7015 อาคาร AG07	ห้อง 7023 อาคาร AG07	ห้อง 7024 อาคาร AG07
15.00 – 15.15 น.	พักรับประทานอาหารว่าง				
การนำเสนอผลงานภาคบรรยาย					
15.15 – 17.15 น.	ห้อง 7014 อาคาร AG07	ห้อง 7011 อาคาร AG07	ห้อง 7015 อาคาร AG07	ห้อง 7023 อาคาร AG07	ห้อง 7024 อาคาร AG07

วันอังคารที่ 29 มกราคม พ.ศ.2562

08.00 – 08.30 น.	ลงทะเบียน หน้าห้องบรรยาย 7011 อาคาร AG07		
การนำเสนอผลงานภาคบรรยาย			
08.30 – 09.45 น.	ห้อง 7014 อาคาร AG07	ห้อง 7011 อาคาร AG07	ห้อง 7015 อาคาร AG07
09.45 – 10.00 น.	พักรับประทานอาหารว่าง		
10.00 – 10.45 น.	ห้อง 7014 อาคาร AG07	ห้อง 7011 อาคาร AG07	ห้อง 7015 อาคาร AG07
10.45 – 11.30 น.	การนำเสนอผลงาน ภาคโปสเตอร์ (บริเวณ ห้อง 7013 อาคาร AG07)		
11.30– 13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน		
13.00 - 14.00 น.	ห้องบรรยาย 7011 อาคาร AG07 พิธีปิดและมอบรางวัล การนำเสนอผลงาน Oral & Poster ปิดการประชุมวิชาการ		

*กำหนดการอาจมีการเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม

82	ผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมกรีนโอ๊คและเรดโอ๊คที่ผลิตภายใต้หลังคาพลาสติกและรูปแบบการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน วิริยาจำพิมาย* และ อารักษ์ธีรอำพน	523
83	Changes in Phytochemicals and Antioxidant Properties of Kaffir Lime Leaves under Chilling Storage Karthikeyan Venkatachalam*	531

งานวิจัย Research article (ภาคโปสเตอร์)

1	การเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวเหนียวแดงพื้นเมืองที่ปลูกในพื้นที่ปลูกต่างกัน วิภาดา ภาวะรัตน์, ณัฐมล พันตาเอก, ธัญญ์วนิช ธัญสิริวรรธน์ และ สุพัตรา โพธิเศษ*	537
2	ความหวานของหัวแก่นตะวันหลังจากเก็บรักษาที่ระยะเวลาแตกต่างกัน รัตติกาล เสนน้อย* และ รัชนี พุทธา	543
3	การประเมินสายพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อให้ผลผลิตและคุณภาพใบสูง ชื่นจิต แก้วกัญญา*, อนุสรณ์ กุลวงษ์ และ สกล ฉายศรี	549
4	การประเมินพันธุ์เชื้อพันธุกรรมข้าวพื้นเมืองภายใต้สภาพนาน้ำขังในเขตภาคกลาง วิทวรรธน์ พรมมาศ, Zin Myo Nwe, ปฏิวัติ สุขกุล, ศิวเรศ อารีกิจ, ธานี ศรีวงศ์ชัย และ ชเนษฎ์ ม้าลำพอง	557
5	Phenotypic Evaluation of Root Angle in F2 Segregation by Crossing between Upland and Lowland Rice (*Oryza Sativa*) Zin Myo Nwe, Witthawad Phormmard, Siwaret Arikit, Thane Sreewongchai and Chanate Malumpong	563
6	แนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ฤดูแล้งของเกษตรกรในอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก มลธิชา ทาอาสา, สินีนุช ครุฑเมือง แสนเสริม* และ พลสราญ สราญรมย์	569
7	ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจปลูกอ้อยโรงงานของเกษตรกรในอำเภอเก้าเลี้ยว จังหวัดนครสวรรค์ ไพรัช เล้าสมบุรณ์, สินีนุช ครุฑเมือง แสนเสริม* และ เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ	577
8	การประเมินผลผลิตถั่วเขียวอินทรีย์ สุชุมาภรณ์ ศรีเผด็จ*	585
9	การลดต้นทุนการผลิตและการสร้างมูลค่าเพิ่มตลาดข้าวเหนียว กข 6 วิรุฒ มณีวรรณ* และ เกศสุคนธ์ มณีวรณ	591
10	ผลของการให้ปุ๋ยมูลไก่ในอัตราที่แตกต่างกัน ที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของหญ้ารีแพร์ พันธุ์พื้นเมือง 2 พันธุ์ (ปราจีนบุรี และนครศรีธรรมราช) สมยศ เดชภิรัตนมงคล* และ โสมนันทน์ ลิพันธ์	597
11	การประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าว โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล SSR สุรเชษฐ เอี่ยมสำอาง* และ สุมาลี พิมพันธุ์	603
12	ผลของชนิดน้ำส้มควันไม้และขนาดหัวต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของหัวแก่นตะวัน รัชนี พุทธา* และ รัตติกาล เสนน้อย	611

13	ผลของการตัดส่วนต้นต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณค่าทางโภชนะในแก่นตะวันสายพันธุ์การค้า ดรุณี พวงบุตร* และ สนั่น จอกลอย	617
14	ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจปลูกอ้อยของเกษตรกร อำเภอเขาสวนกวาง จังหวัดขอนแก่น ณัฏฐนิชา มีสูงเนิน* และ ไกรเลิศ ทวีกุล	625
15	ลักษณะทางการเกษตรและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไร่ที่รวบรวมได้จากเกษตรกรชนกลุ่มน้อยหมู่บ้าน ป่าละอู อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พรรณธิภา ณ เชียงใหม่*, พิชญ กองทรัพย์, ฉานิกา จันทสระ, วีรพันธ์ กันแก้ว, มนต์ณัช แย้มยิ่ง, พิมพ์ใจ มีตุ้ม, ศิรินทร์นภา พุ่มแจ้ และ ภูธฤทธิ์ วิทยาพัฒนานุรักษ์ รักษาศิริ	631
16	การศึกษาสารประกอบฟีนอลิคและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวพันธุ์พื้นเมืองในจังหวัดปทุมธานี อินทิรา ลิจันทร์พร*, นันท์ชนก นันทะไชย, ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์ และ ภูรินทร์ อัครกุลธร	637
17	ผลของการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ต่อเนื้อสัมผัสและสมบัติการย่อยสตาร์ชในข้าวเหนียวสุก วรพล ปพนยรรยง*, คงศักดิ์ ศรีแก้ว และ ชุติมา เลิศลักษมี	643
18	ความหลากชนิดและความชุกชุมของโรติเฟอร์ในนาข้าวที่ใช้สารเคมีในเขตจังหวัดนครราชสีมา ณัฐพร ปลั่งกลาง และ ศุจีภรณ์ อธิบาย*	651
19	เปรียบเทียบการเติมน้ำใบหญ้าหวาน (*Stevia rebaudiana*) และน้ำตาลซูโครสต่อสมบัติด้านเนื้อสัมผัส ของแป้งทำขนมเทียน ศรินทร สุวรรณรงค์*, พีรยา โชติถนอม, เกรียงศักดิ์ บรรลือ, บังอร นิยม และ การันต์ การอารุณ	657
20	ประสิทธิภาพการใช้น้ำและการตอบสนองทางสรีรวิทยาของพันธุ์อ้อยดีเด่นภายใต้สภาพการปลูกโดย อาศัยน้ำฝน วิชณีย์ ออมทรัพย์สิน, รวีวรรณ เชื้อกิตติศักดิ์, วลัยพร ศะศิประภา, อานนท์ มลิพันธ์ และ ปิยะรัตน์ จังพล	663
21	คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวกล้องหอมมะลิแดงระหว่างการพัฒนาของเมล็ดข้าวสามระยะ อังคณา จันทรพลพันธ์*, วิชนาถ สกุลวิวัฒน์ และ มณีรัตน์ มีแก้ว	671
22	ผลของการทดแทนแป้งข้าวสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องสังข์หยดต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพและประสาท สัมผัสในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว สมหวัง เล็กจริง*, ปารมี หนูนิ่ม, สุจินดา บุตตะจีน และ ปัทมา จันทวงค์	679
23	ผลของการใช้น้ำตาลโตนดต่อคุณภาพของไอศกรีมน้ำนมข้าวกล้องหอมนิลงอก พรพรรณ จิอู๋*, เบญจพร รอดอาวุธ และ ชื่นจิต พงษ์พูล	685
24	การใช้ปุ๋ยหมักชีวภาพและแบคทีเรียละลายฟอสเฟตเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวมะลินิลสุรินทร์ สิทธิศักดิ์ แก้วยศ, ณัฐพล สำนักนิตย์, พิษณุ นันทอง, พวงเพชร พิมพ์จันทร์ และ นิอร งามฮุย*	691
25	ผลการเสริมไฟโตไบโอติกส์ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี*, วรางคณา กิจพิพิธ, พรรณธิภา ณ เชียงใหม่, พิรวิทย์ เชื้อวงษ์บุญ และ ภูธฤทธิ์ วิทยาพัฒนานุรักษ์ รักษาศิริ	697
26	ผลกระทบของการผสมเลือดชิดที่ส่งผลต่อความสมบูรณ์พันธุ์ของประชากรโคนมในประเทศไทย ภาวรัตน์ ใจดี*, ศิริจรรยา อายุมั่น, จิรวัฒน์ พัสระ และ ณัฐพล จงกสิกิจ	703
27	ผลของน้ำมันพืชต่อสมรรถนะการผลิตและเมธาโบไลต์ในเลือดของแพะเนื้อ วันทนีย์ พลวิเศษ*, นัดติยา ประกอบแสง, อุทัย โคตรดก, สิทธิศักดิ์ คำผา และ กรุง วิลาชัย	711

28	Phylogenetic analysis in various chicken strains inferred from mtDNA D-loop information Narisara Innak, Suphawadee Yaemkong, Punnares Rattanapradit, Pisit Poolprasert, Tossaporn Incharoen and Wirot Likittrakulwong*	717
29	ผลของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และลักษณะอวัยวะภายในของไก่กระทง สายชล เลิศสุวรรณ* และ วรพงษ์ นลินานนท์	723
30	องค์ประกอบทางเคมี และโซมาติกเซลล์ของน้ำนมดิบแพะ อภิชาติ หมั่นวิชา*, สมปอง สรวมศิริ, ไพโรจน์ ศิลมั่น, ภาณุพงศ์ มหาพรหม, เบญจมาศ ก้อนแก้ว, สราวุธ ฉายประสาท, ธนพร ไข่มุก และ เทอดชัย แก้วเกศา	731
31	ผลของน้ำหมักชีวภาพต่อคุณค่าทางโภชนะของลำต้นและใบมันสำปะหลังหมัก นพรัตน์ ผกาเชิด*, ทิพย์สุดา บุญมาทัน, ธนิตพันธ์ พงษ์จงมิตร, ฐิติมา นรโภค และ ปิตุนาถ หนูเสน	735
32	ผลของการเสริมใบชะพลูในอาหารต่อสมรรถภาพ คุณภาพไข่ และปริมาณเชื้อแบคทีเรียในมูลของเป็ดไข่ อุบลวรรณ ศรีสงคราม, สุภาพร ชูแก้ว, สุชัญญา วาดประสงค์, อารีรัตน์ ทศดี และ เจษฎา รัตนวุฒิ*	741
33	การเสริมแบคทีเรียกรดแลคติกต่อลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และผลผลิตจากกระบวนการหมักของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ปิตุนาถ หนูเสน*, วันวิศาข์ งามผ่องใส, สุปรีณา ศรีใสคำ และ นพรัตน์ ผกาเชิด	747
34	ผลของระดับไลซีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของนกกระทาญี่ปุ่นเพศผู้ สว่าง กุลวงษ์*, ชัยพฤกษ์ หงษ์ลัดดาพร, สุธาสินี ครุฑธกะ, ศรุติวงศ์ บุญคง, ทัดภูมิ ไชยกุลวัฒนา, ณัฐพล แก้วมะณี และ สุภาพร สุภาพ	753
35	การเปรียบเทียบรูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่รุ่นต่อสมรรถภาพการผลิตและความสม่ำเสมอของฝูงในไก่ไข่รุ่น ระพีพรรณ หลีเหล่างาม, ปฏิภาน ม่วงเงิน, สุรชัย ศรสุรินทร์, พัทธนันท์ โกธรรม, ประภาศิริ ใจผ่อง, สุกัญญา แดงโม, Tuan Nguyen Ngoc และ สุภาวดี แหยมคง*	757
36	ผลของการใช้ผักโขม (*Amaranthus spinosus* L.) ที่มีการปรับปรุงคุณภาพโดยการเสริมด้วยเอนไซม์ย่อยเยื่อใยหรือการหมักต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสุกรพันธุ์ราดในระยะหย่านมถึงรุ่น Souliphong Khounthavong, จำรูญ มณีวรรณ, บัวเรียม มณีวรรณ์ และ จุฬากร ปานะถึก	763
37	ผลของการเสริมผลมังเคร่ในน้ำดื่มต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตคุณภาพซากและเนื้อของไก่เนื้อ อุมาพร แพทย์ศาสตร์*	769
38	ผลของอุณหภูมิ ความเข้มแสง และความเร็วลมต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารในไก่เนื้อเพศเมีย ประชัน ฝายแก้ว*	775
39	ความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีนที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันในสุกร ณัฐริกา สุวรรณวงศ์, นเรศน์ อินทรักษ์, พีรญา ทิพย์เดช และ พิชญานิภา พงษ์พานิช*	781
40	ผลของอาหารผสมเสร็จหมักจากเปลือกตาลอ่อนต่อการย่อยได้ของโภชนะในหลอดทดลองและผลผลิตก๊าซ พรพรรณ แสนภูมิ*, อนันท์ เชาว์เครือ, สุภาวดี ฉิมทอง, วสุนันท์ นิ่มอนงค์, ณัฐนิชา สุดโต และ อัญชิสา เนตรอ่อน	787

41	การเปรียบเทียบการประเมินค่าไขมันแทรกในเนื้อโคขุนด้วยโทรศัพท์สมาร์ทโฟนและกล้องสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยวดิจิทัลในสภาพความเข้มแสงที่แตกต่างกัน ปองพล พงไธสงค์*	795
42	การเสริมสูตรใบจามจุรีอัดเม็ดช่วยปรับปรุงจลนศาสตร์การผลิตแก๊สการย่อยได้และกระบวนการหมักในหลอดทดลอง สุบรรณ ฝอยกลาง*, ศรัญญา ม่วงทิพย์มาลัย, ศศิธร ศรีสุวรรณ, จุฑารักษ์ กิติยานุภาพ, เมธา วรรณพัฒน์ และ อนุสรณ์ เชิดทอง	801
43	ผลของการใช้ใบปอสาหมักแห้งในอาหารต่อสมรรถภาพผลิตของสุกรขุน มะนีจัน เพ็ดทะวง, มงคล ยะไชย*, จำรูญ มณีวรรณ และ จุฬากร ปานะถึก	807
44	ผลการเสริมน้ำหมักชีวภาพจากฟ้าทะลายโจรและลูกใต้ใบต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพซากของไก่เนื้อ จักรพรรดิ์ ประชาชิต*, ธราดล จิตจักร, กนกวรรณ บุตรโยธี และ ทรงทรัพย์ อรุณกมล	813
45	ผลของชานอ้อยหมักด้วยโซเดียมไฮดรอกไซม์และเชื้อราขาว *Pleurotussajor-caju* ที่แตกต่างกันในอาหารสูตรรวมต่อค่ายูเรียในเลือดและขบวนการหมักย่อยในกระเพาะรูเมนของโคนม วาสนา ศิริแสน*, วิโรจน์ ภัทรจินดา และ สมพร ดวนใหญ่	819
46	การเสริมมันเส้นและลูกแป้งในอ้อยหมักต่อค่าองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายในหลอดทดลอง ประวิทย์ ห่านใต้, ฉัตรชัย เชื้อผู้ดี, วันดี ทาตระกูล, ทศพร อินเจริญ, บุญฑริกา ปลั่งสูงเนิน, เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ, ธันวมาส กาศสนุก และ ณรกมล เลาห์รอดพันธ์*	825
47	การเปรียบเทียบการใช้สารเจือจางน้ำเชื้อพื้นฐาน (Tris egg yolk) กับสารเจือจางน้ำเชื้อทางการค้า (ContinentalTM Extender) ในการแช่แข็งน้ำเชื้อโคต่อคุณภาพอสุจิ ศรุติวงศ์ บุญคง*, ชัยพฤกษ์ หงษ์ลัดดาพร, อภิเษก มาตรา, อธิศักดิ์ ศิริบุรี, สว่าง กุลวงษ์, สุธาสินี ครุฑธกะ และ พิทักษ์ น้อยเมล์	833
48	ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะความหนาของไขมันสันหลังในวันผสมครั้งแรกและความล้มเหลวในการตั้งท้องด้วยค่าสังเกต Cohort ในสุกรสาว วุฒิชัย เคนไชยวงศ์*, วาสนา ศิริแสน, ปองพล พงศ์ไธสงค์ และ อตถพร รุ่งสิทธิชัย	839
49	ผลของระดับอาหารข้นและการตอนต่อคุณภาพเนื้อและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อแพะ ภูธฤทธิ์ วิทยาพัฒนานุรักษ์ รักษาศิริ*, มนัสนันท์ นพรัตนไมตรี, จิรวัลย์ โคตรศักดี, ศิวพร แพงคำ และปราโมทย์ แพงคำ	845
50	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการฟักออกของไก่เบตง ปรัชญาพร เอกบุตร*, ภานุวัฒน์ ช่วยสกุล, ศิริวุฒิ วรรณิกร และ สงบ กองสุวรรณ	853
51	ประสิทธิภาพการผลิตและรายได้ของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิทั่วไปและข้าวหอมมะลิอินทรีย์ที่มีขนาดพื้นที่เพาะปลูกแตกต่างกัน อรวรรณ ศรีโสมพันธ์*, สกุลกานต์ สิมลา และ สุรศักดิ์ บุญแต่ง	857
52	ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในธุรกิจเลี้ยงโคนมของเกษตรกรในจังหวัดสกลนคร ภรภัทร ไชยสมบัติ*, เรืองฤทธิ์ หาญมนตรี, นราวุธ ระพันธ์คำ, ลัดดาวัลย์ เลิศจันทึก และ ชนกนันท์ ศรีลาพัฒน์	863

53	การเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของการเลี้ยงโคขุนในเขตจังหวัดสกลนคร นราวุธ ระพันธ์คำ*, เรืองฤทธิ์ หาญมนตรี, ภรภัทร ไชยสมบัติ, ชนกนันท์ ศรีลาพัฒน์ และ ลัดดาวัลย์ เลิศจันทึก	871
54	ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการลงทุนโดยตรงจากประเทศเนเธอร์แลนด์ในอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปของไทย ศยามล ปั้นประเสริฐ, หยาดรุ้ง มะวงศ์ไว*, และ วงศกร นิลโสม	877
55	การตลาดและพฤติกรรมการซื้อส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งของผู้บริโภคและผู้ค้าส่งในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ เอกพล อินทะชิน, กรรณิกา แซ่ลิ่ว* และ เยาวเรศ เชาวนพูนผล	883
56	การผลิตและการตลาดไข่ไก่ในประเทศไทย กัญญาณัฐ กิติวงค์ และ กรรณิกา แซ่ลิ่ว*	889
57	ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษของผู้บริโภคในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาษิตา หาญศึก, ศิวภา เหล็กจาน, สาวิณี ตั้งถิ่น และ ภคพล สายหยุด*	895
58	ต้นทุนและผลตอบแทนการทำฟาร์มเพาะเลี้ยงสุนัขบางแก้วในจังหวัดพิษณุโลก ศุภมาศ หน่ายชาวนา, ปาริชาติ อยู่แย้ม,ประภาศิริ ใจผ่อง,สุภาวดี แหยมคง, Tuan Nguyen Ngoc และ พัทธนันท์ โกธรรม*	903
59	ความผันแปรตามฤดูของประชากรแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในจังหวัดลพบุรี ทวีศักดิ์ ขวัญไตรรงค์*	909
60	พัฒนาการของ ejaculatory apodeme และการตอบสนองต่อสารฟีโรโมนของแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* และ *Zeugodacus cucurbitae* คอฎีย๊ะ เถาวัลย์, รูเฟียะห์ มะลี และ นริศ ท้าวจันทร์*	917
61	การปรากฏของด้วงแรดมะพร้าวในกองทะลายเปล่าปาล์มน้ำมันและแนวทางการควบคุมด้วยเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 สุภโชค ปัญสุวรรณ์, เกิดบุญ กาลานุสนธิ์, จักรรัตน์ อโณทัย และ นริศ ท้าวจันทร์*	923
62	องค์ประกอบทางเคมีและประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยแก้วกำจัดมอดแป้ง ฤชุอร วรรณะ*	931
63	การเปลี่ยนแปลงประชากรตามฤดูกาลของแมลงศัตรูเมล่อน นุชจิรา ไชยวัน*, รุจ มรกต และ จริยา รอดดี	937
64	ความเป็นไปได้ของการใช้แตนเบียนควบคุมเพลี้ยอ่อนในผักเศรษฐกิจ โดยใช้ระบบ banker plant วิกันดา รัตนพันธ์* และ มานพ ธรสินธุ์	947
65	ประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้จากไม้เสม็ดขาวในการป้องกันรักษาเนื้อไม้เสม็ดขาวจากการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน *Coptotermes gestroi* (Wasmann) (Isoptera: Rhinotermitidae) มานพ ธรสินธุ์* และ วิกันดา รัตนพันธ์	953
66	การตรวจสอบไข่แมลงวันผลไม้ (*Bactrocera dorsalis* Hendel) ในชมพู่ทับทิมจันทร์โดยใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม	959

67	การเปลี่ยนแปลงประชากรในรอบปีของด้วงกระดูกสัตว์ (Coleoptera: Cleridae) และเหยื่อ (มอดแอมโบรเซีย (Coleoptera: Curculionidae)) ในป่าดิบชื้นเทือกเขาภูเก็ต นายชนาธิป กาวิน และ วิสุทธิ์ สิทธิฉายา*	965
68	พิษของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูที่มีต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *Coptotermes curvignathu* ยืนยง วาณิชย์ปกรณ์, นันทวุฒิ สวนกูล และ พัชราภรณ์ วาณิชย์ปกรณ์*	971
69	อิทธิพลของอาหารต่อปริมาณไข่ของตัวเต็มวัยมอดรำข้าวสาลี *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) เทวี มณีรัตน์* ไกรศรี ศรีสุข และ นูรีฮัน อารีมิง	979
70	ประเภท ขนาดภาชนะ และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเลี้ยงแตนเบียน *Spalangia gemina* (Boucek) อโนทัย วิงสระน้อย*, ชเวง สารคล่อง และ ศรีสภา ลีทอง	987
71	ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องแต่งกายผ้าพื้นเมืองของครูผู้สอน ระดับประถมศึกษาในเขตพื้นที่การศึกษาเขต 1 จังหวัดขอนแก่น ณัฐพงศ์ สินทร*, ชัยชาญ วงศ์สามัญ และ ประภัสสร เกียรติสุรนนท์	993
72	แนวทางการส่งเสริมการบริโภคเนื้อแพะในจังหวัดนราธิวาส สมนึก ลิ้มเจริญ*, มงคล คงเสน, ประจักษ์ เทพคุณ, จำนงค์ จุลเอียด และ ฮาลีหมีะ ดือราโอ๊ะ	999
73	ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการยอมรับเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืชโดยวิธีผสมผสานของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดพิษณุโลก จารุณี อินทุภูติ, สินีนุช ครุฑเมือง แสนเสริม* และ พลสราญ สราญรมย์	1009
74	แนวทางการพัฒนาเกษตรกรรุ่นใหม่ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของสำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรที่ 4 จังหวัดขอนแก่น ธิรดา วงษ์กุดเลาะ*, เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ และ บำเพ็ญ เขียวหวาน	1017
75	ความต้องการการส่งเสริมการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกรนาแปลงใหญ่ อำเภอนาแก จังหวัดนครพนม สิรินาถ อินภูวา, สินีนุช ครุฑเมือง แสนเสริม* และ นารีรัตน์ สีระสาร	1023
76	การผลิตซอสพริกบรรจุขวดที่เหมาะสมกับวิสาหกิจชุมชน อัมพร ศรีคราม*, อรอนงค์ ฐาปนพันธ์นิติกุล, จุฑามาศ แซ่ลิ้ม และ สุภาพร สุวรรณวงษ์	1031
77	ปัจจัยที่เป็นข้อจำกัดต่อการเลี้ยงสุนัขสายพันธุ์บางแก้วของผู้เลี้ยงสุนัขในจังหวัดพิษณุโลก วิไลวรรณ ทนโนนแดง, สุวนันท์ แซ่อุ้ย, อัญชิสาทิพยพร, พัทธนันท์ โกธรรม, ประภาศิริ ใจผ่อง, ศิริกานดา แหยมคง, ตั๋วน เหงียน งึก และ สุภาวดี แหยมคง*	1037
78	การพัฒนาระบบวิเคราะห์ต้นทุนกำไรของกระบวนการผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออก กรณีศึกษา วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ปลูกและแปรรูปมะม่วงมหาชนกบ้านหนองบัวชุม ตำบลหนองหิน อำเภอหนองกุงศรี จังหวัดกาฬสินธุ์ สุอารีย์ นครพันธุ์* และ อุดร จิตจักร	1045
79	ทัศนคติของเกษตรกรต่อโครงการประกันภัยข้าวนาปีในอำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา ประมุข ศรีชัยวงษ์* และ ภัทรพงษ์ เกริกสกุล	1053

80	ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำเกษตรทฤษฎีใหม่ของเกษตรกร อำเภอเมืองร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด ขวัญตา มูลชารี*, เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ และ บำเพ็ญ เขียวหวาน	1059
81	ศูนย์กลางเครือข่ายทางสังคมในการแลกเปลี่ยนข้อมูลของสมาชิกกลุ่มกรณีศึกษากลุ่มปลูกผักปลอดภัยจากสารพิษบ้านหม้อ อำเภอซำสูง จังหวัดขอนแก่น ศิริวรรณ ประกิ่ง, สุกัญญา พิมพ์ชารี, ปกร ทอดทอง, พิรญาณ์ โคตรสุวรรณ์ และ ปนัดดา อุตรนคร*	1065
82	ความต้องการฝึกอบรมด้านการเกษตรของเกษตรกรเครือข่ายศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ พัชรินทร์พงษ์ชัยภูมิ, ภาณุพันธุ์ ประภาติกุล*, สุรพลเศรษฐบุตร และ พิมพ์ใจ สีหะนาม	1071
83	การพึ่งพาตนเองและปัจจัยที่ส่งผลต่อความสเร็จในการจัดการวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวหอมมะลิ ในจังหวัดร้อยเอ็ด วิภารัตน์ วงษ์พัง, เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ และ สินีนุช ครุฑเมือง แสนเสริม	1079
84	ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มแข็งของศูนย์ข้าวชุมชน ใน จังหวัดร้อยเอ็ด จิรวรรณ กมลศิลป์*, เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ และ สินีนุช ครุฑเมือง แสนเสริม	1089
85	การดำเนินงานของสมาชิกกลุ่มทอผ้าไหมมัดหมี่บ้านหนองหญ้าปล้อง ตำบลคำแคน อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น กฤษฎากรณ์ มาศรี และ พัชราภรณ์ ภูมิจันทึก*	1097
86	ความเข้มแข็งของกลุ่มเกษตรกรในระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ กลุ่มนาแปลงใหญ่บ้านโนนกระสัง ตำบลกระเบื้องใหญ่ อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา เกษศริน รอดศรี*, เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ และ พลสราญ สราญรมย์	1103
87	ชนิดอาหารทางเลือกและพฤติกรรมการกินดาวทะเลของกุ้งตัวตลก *Hymenocera picta* Dana, 1852 ที่ได้จากการเพาะเลี้ยง จารุนันท์ ประทุมยศ*, ศิริวรรณ ชูศรี, ณิษา สิรนนท์ธนา และ ธนกฤติ คุ้มเศรณี	1111
88	คุณภาพทางจุลชีววิทยาและเคมีของเนื้อหอยแมลงภู่สุกที่จุ่มในน้ำมันหอมระเหยไธม์ สวามินี ธีระวุฒิ* และ ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน	1117
89	ผลของการใช้น้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและจุลชีววิทยาของปลาเห็ดโคน สวามินี ธีระวุฒิ* และ ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน	1125
90	วงจรชีวิตของแมงกะพรุนถ้วยหลากสี *Catostylus townsendi* (Mayer, 1915) ตั้งแต่ระยะไซพิสโตม่าจนถึงระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่า ในธรรมชาติ วิไลวรรณ พวงสันเทียะ* และ ศิริวรรณ ชูศรี	1133
91	พัฒนาการคัพภะปลาบู่อมทรายแก้มฟ้า, *Valenciennea strigata* ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ ศิริวรรณ ชูศรี*, จารุนันท์ ประทุมยศ, สุชา มั่นคงสมบูรณ์ และ วิไลวรรณ พวงสันเทียะ	1141
92	การแพร่กระจายของหอยทะเลฝาเดียวในแนวหญ้าทะเล อ่าวสัตหีบ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี อานนท์ สุริรักษ์ และ จริยาวดี สุริยพันธุ์*	1147
93	ผลของระดับความหนาแน่นต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาหมอด้วยชุดถังเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียน วรพงษ์ นลินานนท์* และ สายชล เลิศสุวรรณ	1155

94	ผลของใบมะรุมในสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโตของปลาหมอชุมพร 1 ดวงใจ พิสุทธิ์ธาราชัย* และ ธนากร เหมะสถล	1163
95	ชนิดและรูปร่างลักษณะในการจำแนกปรสิตปลิงใสในปลากรายจากตลาดรังสิต จังหวัดปทุมธานี ศุภมาศ ศรีวงศ์พุก* และ พรอนันต์ ด่านเดิม	1169
96	การตรวจติดตามคุณภาพน้ำทะเลชายหาดบางแสน กรณีศึกษา:ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนเป็นสีชมพู ทิฆัมพร กรรเจียก*, สุพัตรา ตะเหลบ และ วันชัย วงสุดาวรรณ	1175
97	ชนิด ปริมาณ และมูลค่า ของปลาบู่ทะเล วงศ์ Gobiidae ที่จำหน่ายในร้านค้าสัตว์ทะเลสวยงาม บริเวณตลาดนัดจตุจักร จังหวัดกรุงเทพมหานคร ชนะ เทศคง*, ธนกฤต คุ้มเศรณี, ปรารถนา ควรดี และ ณัฐวุฒิ เหลืองอ่อน	1181
98	ผลของการเสริมเปลือกมันสำปะหลังและเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในสูตรอาหารปลานิลต่อประสิทธิภาพการย่อยได้และการเจริญเติบโต สิทธิชัย ฮะทะโชติ*, เกตุนภัส ศรีไพโรจน์, อรพินท์ จินตสถาพร และ ศรีน้อย ชุ่มคำ	1187
99	โครงสร้างประชาคมของสัตว์ทะเลหน้าดิน บริเวณอ่าวตราด จังหวัดตราด ชุติมณฑน์ ภู่นภาอำพร, ภัทราวุธ ไทยพิชิตบูรพา* และ จารุมาศ เมฆสัมพันธ์	1195
100	ประสิทธิภาพของแบคทีเรียแลกติก ต่อการเจริญเติบโต การรอดตาย และปริมาณแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ในลำไส้ของกุ้งขาวแวนนาไมหลังได้รับเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ในห้องปฏิบัติการ อภิวัฒน์ เหลื่อมสมบูรณ์, อรุโณทัย คีตะนนท์, พุธสุชา พันธ์สวัสดิ์, กนกวรรณ เชิดเกียรติพล, นิติ ชูเชิด* และ พงศ์เชฏฐ์ พิชิตกุล	1201
101	ผลของกรดไขมันสายกลางต่อการเจริญเติบโต การรอดตาย และปริมาณแบคทีเรียวิบริโอรวมในลำไส้ของกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*) ชัญญา รัตนนาวินกุล, อรุโณทัย คีตะนนท์, กนกวรรณ เชิดเกียรติพล, พุธสุชา พันธ์สวัสดิ์, นิติ ชูเชิด* และ พงศ์เชฏฐ์ พิชิตกุล	1209
102	กิจกรรมของเอนไซม์ทริปซิน และไคโมทริปซิน และอัตราส่วนของเอนไซม์ทริปซิน ไคโมทริปซิน (T/C ratio) ในทางเดินอาหารของปลาเวียนที่อุณหภูมิต่างกัน สมัชชา สุวรรณกาญจน์, ณรงค์ชัย โมใหญ่, รุ่งกานต์ กล้าหาญ*, สุริยัญ แสงหงส์ และ สุนทรี ชาญกิจ	1217
103	การเสริมกากมะพร้าวสกัดน้ำมันในสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลาหมอ ธนากร เหมะสถล* และ ดวงใจ พิสุทธิ์ธาราชัย	1225
104	การสำรวจความชุกของปรสิต *Perkinsus olseni* ในหอยลาย (*Paphia undulata*) จากจังหวัดเพชรบุรี สมุทรสงคราม และสมุทรสาคร สุพรรณี ลีโทชวลิต*, จันทร์จรัส วัฒนะโชติ และ นันทิกา คงเจริญพร	1231
105	ผลของอุณหภูมิต่อการระงับความรู้สึกด้วยน้ำมันกานพลูในปลานิล *(Oreochromis niloticus)* ศิรินทร์นภา พุ่มแจ้* และ สาธิต บุญน้อม	1239
106	ประสิทธิภาพของแอคติโนมัยซีทท่ะเลในการลดค่าซีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์แป้งมันสำปะหลัง ณิษา สิรนนท์ธนา, มะลิวัลย์ คุตะโค, พัฒน ศิลปชัย และ จันทร์จรัส วัฒนะโชติ*	1247
107	การเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้อาหาร และผลผลิตของปลาอีกง (*Mystusgolio*) ที่เลี้ยงในน้ำต่างชนิดกัน กฤตธี ไช่ฮะ, ทรงเกรียติ จ่ายรักษา และ รุ่งกานต์ กล้าหาญ*	1253

108	ผลของการอดอาหารและการกลับมาให้อาหารต่อการเจริญเติบโตประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาอีกง (*Mystus golio*) นฤเบศร์ กลิ่นมาลัย, พีรณัฐ รานบัว และ รุ่งกานต์ กล้าหาญ*	1259
109	ผลของสภาวะการล้างและการให้ความร้อนต่อสมบัติเจลของปลาสวาย จักรินทร์ ตรีอินทอง*, วนัฐวิน ภูขมร และ ศิวาพร สีดาบุตร	1265
110	พัฒนาการของคัพภะของปลาแมนดาริน, *Synchiropus splendidus* (Herre, 1927) ในที่กักขัง วิรชา เจริญดี*, เสาวภา สวัสดิ์พีระ, วรเทพ มุธุวรรณ, วิไลวรรณ พวงสันเทียะ และ พัชริดา สอนพงษ์	1273
111	การใช้แอสตาแซนทินเพื่อเร่งสีผิวของปลาหมอนกแก้ว คคนางค์ รัตนานิคม*, อมรรัตน์ กนกรุ่ง และ ศิวาพร สีดาบุตร	1279
112	Sensory quality of dried-smoked garfish (*Xenentodon cancila* (Hamilton, 1822)) during long-term storage as affected polypropylene bags and natural antioxidants Junsuda Tepmuangkhun, Kannika Huaisan, Penpun Srisakultiew, Aruneepong Srisathapom, and Somsamorn Gawborisut*	1287
113	อิทธิพลของปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมต่อการกระจายเชิงพื้นที่และเวลาของหอยแครง (*Anadara granosa*, Linnaeus, 1758) บริเวณหาดเลนงอกใหม่แหลมผักเบี้ย ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี เสถียรพงษ์ ขาวหิต*	1293
114	ผลของการใช้สาหร่าย *Haematococcus pluvialis* ต่อการแสดงออกของสีของกุ้งก้ามกรามหลังปรุงสุก คคนางค์ รัตนานิคม*, อมรรัตน์ กนกรุ่ง และ ศิวาพร สีดาบุตร	1299
115	การรายงานการพบปลากดเหลืองครั้งแรกในลุ่มแม่น้ำสาละวิน ประเทศไทย อนุพงศ์ แสงอรุณ และ วุฒิ ทักษิณธรรม*	1305
116	ผลของเกล็ดปลาผงต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและประสาทสัมผัสของปลายอ เกรียงศักดิ์ บรรลือ*, พีรยา โชติถนอม, ศรินทร สุวรรณรงค์,เกษสุดา บุญญา และ มณัฐฐา สมหมาย	1311
117	ผลของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก *Tetraselmis gracilis* ในสภาวะความเค็มแตกต่างกันต่อปริมาณแคโรทีนอยด์รวมในโรติเฟอร์ อมรรัตน์ กนกรุ่ง*, เอกพจน์ ศรีฟ้า และ วรางคณา สินทรัพย์	1317
118	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืชในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนาไม (*Litopenaeus Vannamei*) ดำรงค์ โลหะลักษณาเดช* และ พรเทพ วิรัชวงศ์	1325
119	ผลของสภาวะการบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อหอยตลับลวก (*Meretrix casta*, Chemnitz, 1782) สุแพรวพันธ์ โลหะลักษณาเดช* และ ชุตินุช สุจริต	1331
120	ผลของสีน้ำต่อการเจริญเติบโตและสีผิวของปลากะพงขาว(*Lates calcarifer* Bloch 1790)ที่เลี้ยงในระบบอควาโปนิกส์ ชนกันต์ จิตมนัส, น้ำเพชร ประกอบศิลป์,ประจวบ ฉายบุ*, วิญญู บุญประเสริฐ, สุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย และ อานุภาพ วรรณคนาพล	1377
121	ผลของจุลินทรีย์อีเอ็มต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม สมิง จำปาศรี*, จิราพร กุลคำ, อัญชิสา เกิดศิริกุล และ มุกกวี ไพฑูรย์	1345

122	การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของปลาหมอไทยที่ได้รับการปรับปรุงพันธุกรรม จอมสุดา ดวงวงษา*, สง่า ลีสง่า, สุชาติ จุลอดุง, และ เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์	1351
123	ความชุกชุม และความหลากหลายของไส้เดือนทะเลบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี เบ็ญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล*, บัลลังก์ฉัตร ฤทธาภัย และ ชลี ไพบูลย์กิจกุล	1359
124	การเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนสัตว์เชิงพื้นที่ และฤดูกาลบริเวณชายหาดชุมชนบ้านตากวน และอ่าวประดู่ จังหวัดระยอง เบ็ญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล*, จันทนา พันธุ์พราน, ศศิฟ้า ฉิมพลี และ ชลี ไพบูลย์กิจกุล	1365
125	ผลของปริมาณสารตัวพาต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของผงบีตาเลนจากผลผักปลังที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย ทัตดาว ภาษีผล*, ประภาพร เพียสังกะ และ ราตรี แจ้งสนาม	1373
126	ผลของสารให้ความหวานต่อการผลิตชาสมุนไพรตะไคร้ผสมใบเตย วัฒนา วิริวุฒิกร*	1379
127	ผลของอุณหภูมิการอบแห้งต่อสารพฤกษเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของหน่อไม้ตงลืมแล้ง (*Bambusa beecheyana*) ปิยพร สีแวง และ ศิริธร ศิริอมรพรรณ*	1385
128	การฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวและการชักนำให้เกิดต้นจากไรโซมของไพลในหลอดทดลอง รัตนา ขามฤทธิ์* และ จิตรกร ปรีแม่น	1393
129	การชักนำให้พักข้าวเกิดแคลลัสและผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เกศสุคนธ์ มณีวรรณ* และ นิตยา คอนสาร	1399
130	การประเมินและคัดเลือกลูกผสม รุ่นที่ 1 ในมะละกอเนื้อแดงเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร มนรดา สุวรรณวงค์, เกียรติสุดา เหลืองวิลัย และ เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์*	1405
131	พฤกษเคมีเบื้องต้นและการต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากไผ่โจดและไผ่เพ็ก เอกรัฐ คำเจริญ, เขมิกา ชาติวิทยา, จักรพงษ์ รัตตะมณี และ ศิริลักษณ์ กมลวรรณสิทธิ์*	1411
132	การตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมของหม้อข้าวหม้อแกงลิงโดยใช้เครื่องหมายเอสเอสอาร์ เบญจมาศ สมวงศ์, ดวงแขฑิตา กาญจนโสภา, ปาริชาต นิลวิเชียร, สุรพล ฐิติธนากุล, สรายุทธ อ่อนสนิท และ เยาวพรรณ สนธิกุล*	1419
133	ผลของวัสดุเพาะและวัสดุปลูกต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของหัวร้อยรู เยาวพรรณ สนธิกุล, ดวงแขฑิตา กาญจนโสภา, เบญจมาศ สมวงศ์ และ สุรพล ฐิติธนากุล*	1425
134	ชีพลักษณ์การออกดอกและการรบกวนของกาฝากประทัดนวลบนต้นขนุน ขวัญรวี อนุสรณ์ และ สุพรรณิกา อินต๊ะนนท์*	1431
135	สถานการณ์การปลูกและตลาดมะพร้าวน้ำหอมจังหวัดสุราษฎร์ธานี สุรพล ฐิติธนากุล*, และ บุญฑริกา ใจกระจ่าง	1437
136	สมรรถนะการผสมและความดีเด่นในลักษณะคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณเส้นใยอาหารของผลฝรั่ง วรพล ลากุล และ อุณารุจ บุญประกอบ*	1443
137	Assessing genetic diversity of some banana cultivars using inter simple sequence repeats (ISSR) markers Patsuda Wanvisait, Krit Pinthong, Anupong Tankrathok, Pattadon Sukkapan and Nattapong Srisamoot*	1449

138	การทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของมะแว้ง อินทุอร พานบูชาวงศ์ และ หทัยรัตน์ โชคทวีพาณิชย์*	1459
139	การประเมินและคัดเลือกลูกผสมรุ่นที่ 1 ในมะละกอเนื้อแดง สำหรับบริโภคผลสุก ณริสสา กิติชัยชาญ, เกียรติสุดา เหลืองวิลัย และ เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์*	1467
140	ผลของความยาวท่อนพันธุ์และ IBA ที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตฟ้าทะลายโจร สมยศ เดชภิรัตนมงคล*, ธนสิน ทับทิมโต, สมมารถ อยู่สุขยิ่งสถาพร และ โสมนันทน์ ลิพันธ์	1473
141	ผลของการพรางแสงที่ระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตฟ้าทะลายโจร โสมนันทน์ ลิพันธ์* และ สมยศ เดชภิรัตนมงคล	1479
142	การศึกษาอัตราส่วนการผสมและคุณภาพของกระถางปลูกจากวัสดุเหลือใช้จากมะพร้าว ศิริศักดิ์ แสนสุขกะโต* และ จรัสชัย เย็นพยับ	1485
143	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของ Fiber Optic Grass สวัสดิ์ พิมพ์สุวรรณ* และ พลวัฒน์กฤษคม	1491
144	การปลูกกล้วยน้ำว้าอินทรีย์ สุมลรัตน์ จินตนาสิรินุรักษ์*, โอภาส สืบสาย และ ศิวกร ผลสุขการ	1497
145	การใช้แสงเทียมปลูกผักสลัด Red Oak ในที่ร่ม อภิสิทธิ์ ชิตวณิช*, ปราโมทย์ พรสุริยา และ ธนาวัฒน์ เยมอ	1501
146	ผลของอุณหภูมิและเวลาในการสกัดแบบอัลตราโซนิกต่อปริมาณสารประกอบฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเปลือกกล้วยน้ำว้า เกตุการ ดาจันทา* และ เพชรรีวรรณ เอี่ยมพงษ์	1507
147	เทคนิคการฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนต้นหม้อข้าวหม้อแกงลิงจากธรรมชาติ เพื่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ จันทร์เพ็ญ ใจซื่อ, สุรพล ฐิติธนากุล, สรายุทธ อ่อนสนิท และ เยาวพรรณ สนธิกุล*	1515
148	การผลิตวุ้นจากน้ำผักพื้นบ้าน ชื่นจิต พงษ์พูล*	1521
149	ความหลากหลายของพืชวงศ์ขิงในพื้นที่อำเภอปทุมรัตต์ จังหวัดร้อยเอ็ด ฐนันดร์ศักดิ์ เพชรภักดี, สุรพล แสนสุข* และ ปิยะพร แสนสุข	1527
150	ผลของอัตราส่วนระหว่างตัวอย่างกับตัวทำละลายและระยะเวลาการสกัดด้วยวิธีมาเซอเรชันต่อคุณภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดใบมะรุม เกตุการ ดาจันทา*, อุทัยวรรณ ฉัตรธง และ หทัยทิพย์ ร้องคำ	1533
151	ปริมาณสารประกอบฟีนอล ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของผักพื้นบ้านในจังหวัดพิษณุโลก เกตุการ ดาจันทา*, หทัยทิพย์ ร้องคำ, ทรงพรรณ สังข์ทรัพย์ และ เปรมนภา สีโสภา	1541
152	สารหอมระเหย สารประกอบฟีนอลิกและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของลูกจัน (*Diospyros decandra* L.) อรอนงค์ ภูสีฤทธิ์*, จิราภรณ์ วิจิตขจี, รัชดาพร ปั้งลือ, ธีระพันธ์ จำเริญพัฒน์	1549
153	อิทธิพลของระยะปลูกและอัตราการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบของผลผลิตกระเจี๊ยบเขียว อัญจนา จันทร์ปะทิว* และ วรรณพร สิทธิกานต์	1557

ประชุมวิชาการเกษตร ครั้งที่ 20
The 20th Agricultural Conference
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002
โทรศัพท์ 043-202360, 083-3435926
http://ag2.kku.ac.th/conference20

วันที่ 6 มกราคม 2562

เรื่อง แจ้งผลตอบรับ/การพิจารณาการตีพิมพ์บทความ

เรียน นางสาวโสมนันทน์ ลิพันธ์

ตามที่ท่านได้ส่งบทความเพื่อนำเสนอในประชุมวิชาการเกษตรครั้งที่ 20 ประจำปี 2562 และเพื่อลงตีพิมพ์ในวารสารแก่นเกษตร ฉบับพิเศษ เลขทะเบียนเรื่องของท่านคือ Hor20 "ผลของการพรางแสงที่ระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตฟ้าทะลายโจร" บัดนี้ เรื่องของท่านได้ถูกพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ และกองบรรณาธิการเรียบร้อยแล้ว กองบรรณาธิการมีความยินดีที่จะแจ้งให้ทราบว่าเรื่องของท่านมีความเหมาะสมที่จะตีพิมพ์ได้ โดยวารสารแก่นเกษตรจะตีพิมพ์บทความของท่านใน ปีที่ 47 ฉบับพิเศษ 1 ทั้งนี้บทความของท่านได้รับการพิจารณาให้นำเสนอในรูปแบบ Poster (ในกรณีที่ท่านมีความเห็นต่าง โปรดแจ้งกลับมาทาง e-mail ที่ส่งถึงท่านภายในวันที่ 8 มกราคม 2562)

พร้อมนี้โปรดยืนยันการลงทะเบียนเข้าร่วมประชุมวิชาการโดยสแกนหลักฐานการโอนเงินค่าลงทะเบียนเข้าบัญชีคณะเกษตรศาสตร์ ธนาคารกรุงไทย บัญชีออมทรัพย์ สาขามหาวิทยาลัยขอนแก่น ชื่อบัญชี คณะเกษตรศาสตร์ ม.ข. (การประชุมวิชาการเกษตร) เลขที่บัญชี 980-2-86559-1 โดยส่งหลักฐานพร้อมระบุชื่อ-ที่อยู่สำหรับการออกใบเสร็จ มาที่ e-mail: agconferencekku@gmail.com อัตราค่าลงทะเบียนที่ประชุมวิชาการเกษตรครั้งที่ 20 กำหนดไว้คือ

3,000 บาทต่อ 1 เรื่อง สำหรับนักวิจัย และบุคคลทั่วไป

2,000 บาทต่อ 1 เรื่อง สำหรับนักศึกษา

ทั้งนี้หากท่านไม่สามารถดำเนินการภายในวันที่ 10 มกราคม 2562 คณะกรรมการจัดประชุมวิชาการฯ ขอสงวนสิทธิ์ในการยกเลิกบทความดังกล่าว โดยคณะกรรมการจัดประชุมวิชาการฯจะพิจารณาตีพิมพ์บทความของท่านในวารสารแก่นเกษตรฉบับพิเศษเมื่อได้รับการยืนยันการลงทะเบียนเท่านั้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการ

ขอแสดงความนับถือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์นันทวุฒิ จงรั้งกลาง
ประธานฝ่ายกองบรรณาธิการ และตรวจอ่าน

ผลของการพรางแสงที่ระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตฟ้าทะลายโจร

Effects of shading at different growth stages on growth and yield of kalmegh

โสมนันทน์ ลิพันธ์[1*], และ สมยศ เดชภิรัตนมงคล[1]

Somanan Liphan[1*] and Somyot Detpiratmongkol[1]

บทคัดย่อ: การศึกษานี้ได้ดำเนินการที่โรงเรือนทดลองของ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2560 เพื่อศึกษาอิทธิพลของการพรางแสงที่ระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของฟ้าทะลายโจร โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design มีจำนวน 4 ซ้ำ สิ่งทดลอง ได้แก่ การพรางแสงมีทั้งหมด 4 ระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ได้แก่ การพรางแสงที่อายุ 30, 60 และ 90 วันหลังปลูก จนกระทั่งการเก็บเกี่ยว และไม่มีการพรางแสง (ควบคุม) ผลจากการทดลอง พบว่า การพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูก จนกระทั่งเก็บเกี่ยว ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงที่สุด ตามมาด้วยการพรางแสงที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูก จนกระทั่งเก็บเกี่ยว ตามลำดับ ในขณะที่สิ่งทดลองที่ไม่มีการพรางแสงมีค่าต่ำที่สุด

คำสำคัญ: การพรางแสง, ระยะการเจริญเติบโต, ผลผลิต, ฟ้าทะลายโจร

Abstract: The study was carried out at the greenhouse of Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang during June to October 2017 to investigate the influence of shading at different growth stages on growth and yield of kalmegh. The experiment was laid out randomized complete block design with 4 replications. Treatments were four shading at different growth stages viz; shading at 30, 60 and 90 days after planting (DAP) till harvest and without shading (control). The results showed that shading at 30 DAP till harvest treatment gave the highest stem growth and dry weight yield of kalmegh followed by shading at 60 and 90 DAP till harvest, respectively whereas without shading (control) treatment gave the lowest.

Keywords: Shading, Growth stages, Yield, Kalmegh

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Department of Plant Production Technology Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. Bangkok 10520

* Corresponding author: somanan.liphan@gmail.com

บทนำ

ฟ้าทะลายโจร (Kalmegh) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees อยู่ในวงศ์ Acanthaceae เนื่องจากเป็นพืชที่มีรสขมมากจึงถูกขนานนามว่า King of bitters (Abhishek *et al.*, 2010) ในปี พ.ศ. 2542 กระทรวงสาธารณสุขของไทย ได้จัดให้พืชสมุนไพรฟ้าทะลายโจรอยู่ในบัญชียาหลักแห่งชาติ (มัลลิกา และจรัญ, 2548) มีการปลูกสำหรับนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ยาเพื่อรักษาโรค เช่น ความดันโลหิตสูง, ความดันโลหิตต่ำ, โรคเบาหวาน, ไข้หวัดใหญ่, แก้เจ็บคอ และต้านการอักเสบ เป็นต้น (Akbar, 2011; Niranjan *et al.*, 2010; Shah *et al.*, 2007) จึงทำให้เกษตรกรมีความสนใจ และขยายพื้นที่เพื่อเพาะปลูกฟ้าทะลายโจรเป็นการค้ากันเพิ่มมากขึ้น แต่ปริมาณผลผลิตฟ้าทะลายโจรที่เกษตรกรเก็บเกี่ยวได้ยังคงมีความไม่แน่นอน และมีคุณภาพไม่ดี (Edi *et al.*, 2011) ปัญหาหนึ่งที่พบก็คือเกษตรกรแต่ละพื้นที่มีการจัดการในการปลูกฟ้าทะลายโจรแตกต่างกัน โดยเฉพาะการจัดการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจร ซึ่งก็พบว่าบางแห่งให้ผลผลิตฟ้าทะลายโจรเพิ่มขึ้นเมื่อมีการพรางแสง D´ıaz-Perez (2014) ได้ศึกษาถึงการพรางแสงบางส่วนให้กับพริกหยวก พบว่าผลผลิตโดยรวมของพริกหยวกเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่พริกหยวกที่ได้รับแสงแดดเต็มที่มีผลผลิตลดลง จากการตรวจเอกสารงานวิจัยทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศที่ศึกษาเกี่ยวกับการพรางแสงฟ้าทะลายโจร พบว่า มีการศึกษากันอยู่น้อยมาก และผลการทดลองที่ได้ยังคงมีความไม่แน่นอน จากการศึกษาของ Liphan and Detpiratmongkol (2017) ทดลองพรางแสงในระดับที่แตกต่างกันแก่ฟ้าทะลายโจร พบว่า การพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนใบและผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงที่สุด ระยะการเจริญเติบโตที่เหมาะสมในการพรางแสง ที่ทำให้ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตทางลำต้นดี และให้ผลผลิตสูง ยังไม่เคยมีการศึกษามาก่อน ดังนั้น ในการศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบถึงการเจริญเติบโตทางลำต้นและผลผลิต ของฟ้าทะลายโจร เมื่อได้รับการพรางแสงที่ระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบกันกับไม่พรางแสง ซึ่งผลจากการทดลองนี้จะช่วยเพิ่มผลผลิตฟ้าทะลายโจรให้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นในอนาคต

วิธีการศึกษา

ทำการทดลองที่เรือนทดลองของคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2560 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ สิ่งทดลอง คือ การพรางแสงให้กับฟ้าทะลายโจรที่ช่วงอายุแตกต่างกัน ได้แก่ พรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรที่อายุ 30, 60 และ 90 วันหลังปลูก จนกระทั่งเก็บเกี่ยว และไม่มีการพรางแสง (Control) ตามลำดับ ปลูกฟ้าทะลายโจรลงในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร จำนวน 12 กระถาง ก่อนปลูกมีการให้น้ำแก่ดินที่ระดับความจุสนาม (Field capacity) หลังจากนั้นมีการให้น้ำแก่ฟ้าทะลายโจรทุกวันในปริมาณเทียบเท่ากับปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 5 มิลลิเมตร พร้อมกันทั้งหมดทุกกระถาง ตลอดอายุการเจริญเติบโต โดยจะใช้ระดับของการพรางแสงที่ 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเริ่มเข้าสิ่งทดลองที่กำหนด การพรางแสงในระดับ 20 เปอร์เซ็นต์นี้ ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองก่อนหน้านี้แล้ว พบว่าการพรางแสงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์นี้ ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตที่ดี และให้ผลผลิตสูงสุดจึงนำมาใช้ในการทดลอง ทำการเก็บข้อมูลในช่วงเก็บเกี่ยวที่อายุ 120 วันหลังปลูก โดยทำการเก็บลำต้นฟ้าทะลายโจรในแต่ละกระถางปลูก นำมาแยกส่วนใบ ลำต้น ราก ดอก และฝัก แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 48 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักแห้งคงที่ แล้วจึงนำมาชั่งหาน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำข้อมูลน้ำหนักลำต้นแห้งและน้ำหนักใบแห้งมาคำนวณหาค่าผลผลิตน้ำหนักแห้งโดยคิดเป็นกรัมต่อต้น และหาค่าพื้นที่ใบโดยใช้เครื่อง Leaf area meter รุ่น LI-3100 ของบริษัท Li-cor ผลิตที่ประเทศสหรัฐอเมริกา

ผลการศึกษา

น้ำหนักลำต้นแห้ง, น้ำหนักใบแห้ง และพื้นที่ใบ

น้ำหนักลำต้นแห้ง, น้ำหนักใบแห้ง (กรัมต่อต้น) และพื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) ของฟ้าทะลายโจรที่อายุ 120 วันหลังปลูก (Table 1) เมื่อได้รับการพรางแสงที่ระยะการเจริญเติบโตแตกต่างกัน พบว่าการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ฟ้าทะลายโจรมีน้ำหนักลำต้นแห้ง, น้ำหนักใบแห้ง และพื้นที่ใบ มีค่ามากที่สุด เท่ากับ

2.01, 2.82 กรัมต่อต้น และ 607.83 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ รองลงมาคือ การพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยมีน้ำหนักลำต้นแห้ง, น้ำหนักใบแห้ง และพื้นที่ใบ มีค่าเท่ากับ 1.42, 2.52 กรัมต่อต้น และ 474.42 ตารางเซนติเมตร และ 1.00, 1.88 กรัมต่อต้น และ 360.30 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง มีน้ำหนักลำต้นแห้ง, น้ำหนักใบแห้ง และพื้นที่ใบ น้อยที่สุด เท่ากับ 0.42, 1.02 กรัมต่อต้น และ 157.17 ตารางเซนติเมตร

Table 1 Effects of shading at different growth stages on the stem and leaf dry weight (g plant^{-1}) leaf area (cm^2) of kalmegh at 120 days after planting.

Treatments	Stem DW. (g plant^{-1})	Leaf DW. (g plant^{-1})	Leaf area (cm^2)
Shading at 30 DAP till harvest	2.01 A*	2.82 A	607.83 A
Shading at 60 DAP till harvest	1.42 B	2.52 AB	474.42 B
Shading at 90 DAP till harvest	1.00 C	1.88 B	360.30 B
Without shading	0.42 D	1.02 C	157.17 C
Mean	1.21	2.06	399.93
LSD. (0.05)	0.40	0.73	120.80
C.V. (%)	10.52	11.12	9.49

DW = dry weight; * = value within a column to followed by the different letters are significantly different by DMRT $p \leq 0.05$.

น้ำหนักรากแห้ง, น้ำหนักดอกแห้ง และน้ำหนักฝักแห้ง

น้ำหนักรากแห้ง, น้ำหนักดอกแห้ง และน้ำหนักฝักแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจร ที่อายุ 120 วันหลังปลูก (Table 2) เมื่อได้รับการพรางแสงที่ระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน พบว่าการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ฟ้าทะลายโจรมีน้ำหนักรากแห้ง, น้ำหนักดอกแห้ง และน้ำหนักฝักแห้ง มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 0.3044, 0.0869 และ 0.1578 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ การพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีน้ำหนักรากแห้ง, น้ำหนักดอกแห้ง และน้ำหนักฝักแห้งมีค่าเท่ากับ 0.2667, 0.0452 และ 0.1062 กรัมต่อต้น และ 0.2233, 0.0081 และ 0.0131 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง มีน้ำหนักรากแห้ง, น้ำหนักดอกแห้ง และน้ำหนักฝักแห้งน้อยที่สุด เท่ากับ 0.0807, 0.0038 และ 0.0088 กรัมต่อต้น

Table 2 Effects of shading at different growth stages on the root, flower, and pod dry weight (g plant^{-1}) of kalmegh at 120 days after planting.

Treatments	Root DW. (g plant^{-1})	Flower DW. (g plant^{-1})	Pod DW. (g plant^{-1})
Shading at 30 DAP till harvest	0.3044 A*	0.0869 A	0.1578 A
Shading at 60 DAP till harvest	0.2667 AB	0.0452 B	0.1062 B
Shading at 90 DAP till harvest	0.2233 B	0.0081 C	0.0131 C
Without shading	0.0807 C	0.0038 C	0.0088 C
Mean	0.2188	0.0360	0.0715
LSD. (0.05)	0.07	0.01	0.03
C.V. (%)	10.37	15.37	15.37

DW = dry weight; * = value within a column to followed by the different letters are significantly different by DMRT $p \leq 0.05$.

ผลผลิตน้ำหนักแห้ง

ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฟ้าทะลายโจรที่อายุ 120 วันหลังปลูก (Table 3) เมื่อได้รับการพรางแสงที่ระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน พบว่าการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีผลผลิตน้ำหนักแห้ง มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 4.83 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ การพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว มีผลผลิตน้ำหนักแห้งมีค่าเท่ากับ 3.94 และ 2.89 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง มีผลผลิตน้ำหนักแห้งน้อยที่สุด เท่ากับ 1.43 กรัมต่อต้น

วิจารณ์

แสงแดดมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชทุกชนิดต้องการแสงแดดเพื่อใช้สำหรับการสร้างอาหาร พืชบางชนิดไม่ต้องการแสงแดดในปริมาณที่มาก แต่เมื่อได้รับแสงแดดโดยตรงจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวันจะทำให้มีการเจริญเติบโตทางลำต้นไม่ดี ดังนั้นในการปลูกพืชบางชนิดจึงต้องมีการพรางแสง ซึ่งการพรางแสงจะช่วยลดผลกระทบที่จะมีต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยทำให้อุณหภูมิลดลง (Paez and Lopez, 2000) ซึ่งผลจากการทดลองนี้การพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรที่ช่วงอายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตที่ดีและผลผลิตสูงที่สุด คือ มีน้ำหนักลำต้นแห้ง, น้ำหนักใบแห้ง, พื้นที่ใบและผลผลิตน้ำหนักแห้ง มีค่าสูงที่สุด โดย Paez and Lopez (2000) ระบุว่า พื้นที่ใบของพืชจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อได้รับการพรางแสง และ Stancato *et al.* (2010) รายงานว่า ระดับความเข้มของแสงที่สูงมากกว่าความสามารถในการสังเคราะห์แสงของพืชจะทำให้ใบอ่อนและดอกไหม้ และลำต้นชะงักการเจริญเติบโต ผลจากการทดลองนี้ก็พบเช่นเดียวกันว่าพื้นที่ใบ, น้ำหนักดอกแห้ง และน้ำหนักฝักแห้ง ของฟ้าทะลายโจร มีค่าต่ำที่สุดเมื่อปลูกกลางแจ้ง คือ ไม่มีการพรางแสง (control) นอกจากนี้ Milenkovic *et al.* (2012) และ Rodr´iguezdel-Bosque *et al.* (2005) รายงานว่า พริก Piquin และ '*Chameleon*' peppers (also C. *annuum* L.) เมื่อได้รับแสงแดดเต็มที่ตลอดอายุการเจริญเติบโตมีผลต่อผลผลิตที่ลดลง ส่วนการพรางแสงบางส่วนทำให้ผลผลิตมีค่าสูงที่สุด Bushra *et al.* (2012) ได้ศึกษาการพรางแสงในระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันต่อเนื่องเป็นเวลาสามเดือนในมะเขือเทศ คือพรางแสงตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน, 1 พฤษภาคม และ 1 มิถุนายน จนกระทั่งสิ้นสุดการเพาะปลูก โดยพรางแสงที่ระดับ 55 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการพรางแสงในระยะการเจริญเติบโตตั้งแต่เดือนเมษายนและพฤษภาคม มีผลผลิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกันกับการพรางแสงในระยะการเจริญเติบโตในเดือนมิถุนายนและการปลูกกลางแจ้ง

Table 3 Effects of shading at different growth stages on dry weight yield (g plant^{-1}) of kalmegh at 120 days after planting.

Treatments	Dry weight yield. (g plant^{-1})
Shading at 30 DAP till harvest	4.83 A*
Shading at 60 DAP till harvest	3.94 AB
Shading at 90 DAP till harvest	2.89 B
Without shading	1.43 C
Mean	3.27
LSD. (0.05)	1.11
C.V. (%)	10.70

* = value within a column followed by the different letters are significantly different by DMRT $p \leq 0.05$.

สรุป

ผลจากการทดลองสรุปได้ว่า ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงในระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน มีผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นและผลผลิตฟ้าทะลายโจร โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 30 วันหลังปลูก มีน้ำหนักลำต้นแห้ง, น้ำหนักใบแห้ง, พื้นที่ใบ, น้ำหนักรากแห้ง, น้ำหนักดอกแห้ง, น้ำหนักฝักแห้ง และผลผลิตน้ำหนักแห้ง มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ ฟ้าทะลายโจรที่ได้รับการพรางแสงที่อายุ 60 และ 90 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวตามลำดับ ส่วนฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้รับการพรางแสง (Control) มีการเจริญเติบโตทางลำต้นน้อยและให้ผลผลิตต่ำที่สุด ดังนั้นจึงควรมีการพรางแสงให้แก่ฟ้าทะลายโจรที่อายุ 30 วันหลังปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว จึงจะให้ผลดีที่สุด

คำขอบคุณ

ผลงานวิจัยฉบับนี้ "ได้รับการสนับสนุนการวิจัยแผนงานเสริมสร้างศักยภาพและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ ตามทิศทางยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม: ประเภทบัณฑิตศึกษา จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี ๒๕๖๒" ซึ่งผู้ทำการวิจัยใคร่ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ นอกจากนี้ขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนทุนในการวิจัยสำหรับบัณฑิตศึกษา และให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์รวมทั้งเครื่องมือต่างๆ ที่จำเป็นต่องานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

มัลลิกา แสงเพชร และจรัญ ดิษฐ์ไชยวงศ์. 2548. ฟ้าทะลายโจร สมุนไพรแห่งปี. วารสารกสิกร. 78(6) : 59-62.

Abhishek, N. S. K., A. Tewari. and L. Alok. 2010. Biological activities of kalmegh (*Andrographis paniculata* Nees) and its active principles-A review-Indian. Journal of Natural Products and Resources. 1(2) : 125-135.

Akbar, S. 2011. *Andrographis paniculata* : A review of pharmacological activities and clinical effects. Alternative Medicine Review. 16(1) : 66-77.

Bushra, B., S. Muhammad. R. Abdur. T. S. Syed. A. Nawab. J. Ibadullah. H. Ihsanul. W. Fazal. H. Bib. and A. Imran. 2012. Effect of partial shade on growth and yield of tomato cultivars. Global Journal of Biology, Agriculture & Health Sciences. 1(1) : 22-26.

D´ıaz-Perez, J. C. 2014. Bell pepper (*Capsicum annum* L.) crop as affected by shade level: Fruit yield, quality, and postharvest attributes and incidence of Phytophthora blight (caused by *Phytophthora capsici* Leon.). HortScience. 49 : 891-900.

Edi, P., S. Samanhudi. and S. Sudarmi. 2011. Studies of shading levels and nutrition sources on growth, yield and andrographolide content of Sambiloto (*Andrographis paniculata* Ness). Agrivita. 33(3) : 300-306.

Liphan, S. and S. Detpiratmongkol. 2017. Influence of different shading levels on growth and yield of kalmegh *Andrographis paniculata* Burm. f. (Nees). International Journal of Agricultural Technology. 13(1) : 79-89.

Milenkovic, L., Z. S. Ilic. M. Duriovka, N. Kapoulas, N. Mirecki. and E. Fallik. 2012. Yield and pepper quality as affected by light intensity using colour shade nets. Journal of the Science of Food and Agriculture. 58(1) : 19-33.

Niranjan, A., S. K. Tewari. and A. Lehri. 2010. Biological activities of Kalmegh (*Andrographis paniculata* Nees) and its active principles-A review. Indian Journal of Natural Products and Resources. 1(2) : 125-135.

Paez, A. and V. P. J. C. Lopez. 2000. Growth and physiological responses of tomato plants cv. Rio Grande during May to July season. Effect of shading. Revista de la Facultad de Agronomía. 17 : 173-184.

Rodr´ıguez-del-Bosque, L. A. 2005. Preferencia del consumidor por el chile piqu´ın en comparacion con otros chiles en el noroeste de Mexico. Revista Chapingo serie horticultura. 11 : 279-281.

Shah, K., P. Trivedi. and P. K. Shivprakash. 2007. Spectrophotometric determination of andrographolides in *Andrographis paniculata* Nees and its formulation. Indian Journal of Pharmaceutical Sciences. 69(3) : 457-458.

Stancato, G. C., P. Mazzafera. and M. S. Buckeridge. 2010. Effects of Light Stress on the Growth of the Epiphytic Orchid Cattleya Forbesii Lindl, X Laelia Tenebrosa Rolfe. [Online]. Available : http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid.htm. (3/3/2010).

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มอบเกียรติบัตรนี้แก่

โสมนันทน์ ลิพันธ์

ได้เข้าร่วมนำเสนอผลงานทางวิชาการ

ในงานประชุมวิชาการเกษตร ครั้งที่ ๒๐ ประจำปี ๒๕๖๒

ระหว่างวันที่ ๒๘-๒๙ มกราคม ๒๕๖๒

ณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

(รองศาสตราจารย์มนต์ชัย ดวงจินดา)

คณบดีคณะเกษตรศาสตร์

TOKYO
JAPAN

Conference Proceedings
August 25-27, 2016

APCEAS
Asia-Pacific Conference on Engineering and Applied Sciences

ISLSBE
International Symposium on Life Science & Biological Engineering

Conference Proceedings

August 25-27, 2016
Tokyo, Japan

APCEAS

Asia-Pacific Conference on Engineering and Applied Science

ISLSBE

International Symposium on Life Science & Biological Engineering

APCEAS

Asia-Pacific Conference on Engineering and Applied Science

ISBN 978-986-90827-1-6

ISLSBE

International Symposium on Life Science & Biological Engineering

ISBN 978-986-5654-21-4

Content

General Information for Participants 5
International Committees 7
International Committee of APCEAS 7
International Committee of ISLSBE 8
Conference Venue Information 9
Floor Plan 12
Conference Schedule 13
Nature Sciences Keynote Speech 17
Oral Sessions 19
Electrical and Electronic Engineering & Fundamental and Applied Sciences (1) 19
APCEAS-805 21
APCEAS-790 23
APCEAS-791 29
APCEAS-690 35
APCEAS-744 48
APCEAS-676 59
APCEAS-782 61
APCEAS-755 63
Civil Engineering 72
APCEAS-726 74
APCEAS-781 77
APCEAS-809 84
APCEAS-822 86
APCEAS-839 88
Biomedical Engineering & Biomedical Science (1) 89
APCEAS-682 91
APCEAS-797 92
APCEAS-819 94
ISLSBE-133 95
ISLSBE-140 97
ISLSBE-151 104
Biomedical Engineering & Biomedical Science (2) 107
APCEAS-678 109
APCEAS-723 116
ISLSBE-156 125
ISLSBE-163 128
ISLSBE-174 131
Computer and Information Sciences (1) 133
APCEAS-707 135
APCEAS-715 138
APCEAS-724 148
APCEAS-741 159
APCEAS-771 166
APCEAS-838 177
APCEAS-844 189
Biomedical Engineering (3) & Biology 198
APCEAS-825 200
ISLSBE-97 203

ISLSBE-137 206
ISLSBE-182 213
ISLSBE-124 224
ISLSBE-200 226
Electrical and Electronic Engineering & Fundamental and Applied Sciences (2) 229
APCEAS-748 231
APCEAS-778 245
APCEAS-836 260
APCEAS-702 274
APCEAS-704 283
APCEAS-712 292
APCEAS-737 304
APCEAS-816 316
Computer and Information Sciences (2) 318
APCEAS-798 319
APCEAS-807 323
APCEAS-813 325
Life Science 337
ISLSBE-121 339
ISLSBE-130 341
ISLSBE-143 343
ISLSBE-150 345
ISLSBE-165 347
ISLSBE-168 348
ISLSBE-177 350
ISLSBE-187 365
Environmental Science 375
APCEAS-642 377
APCEAS-689 390
APCEAS-701 394
APCEAS-789 402
APCEAS-812 409
APCEAS-811 421
Material Science and Engineering 433
APCEAS-696 435
APCEAS-700 437
APCEAS-763 439
APCEAS-685 441
APCEAS-684 442
APCEAS-842 443
Mechanical Engineering 444
APCEAS-635 445
APCEAS-725 446
APCEAS-734 448
APCEAS-780 455
Poster Sessions (2) 468
Computer and Information Sciences/ Fundamental and Applied Sciences/
Electrical and Electronic Engineering/ Mechanical Engineering/ Civil Engineering 468
APCEAS-652 473
APCEAS-683 485

APCEAS-714 486
APCEAS-716 497
APCEAS-760 499
APCEAS-823 502
APCEAS-795 504
APCEAS-649 507
APCEAS-653 509
APCEAS-667 521
APCEAS-710 524
APCEAS-718 536
APCEAS-753 537
APCEAS-788 538
APCEAS-706 546
APCEAS-785 559
APCEAS-803 564
APCEAS-687 567
APCEAS-754 570
APCEAS-783 576
APCEAS-829 578
APCEAS-634 580
APCEAS-799 581
Poster Sessions (4) 584
Biomedical Science/ Biomedical Engineering/ Biological Engineering/ Biology 584
ISLSBE-125 588
ISLSBE-134 590
ISLSBE-170 593
ISLSBE-178 603
ISLSBE-179 606
ISLSBE-188 608
APCEAS-692 610
APCEAS-693 613
APCEAS-695 615
APCEAS-779 617
APCEAS-722 620
ISLSBE-132 622
ISLSBE-171 625
ISLSBE-185 628
ISLSBE-128 639
ISLSBE-135 644
ISLSBE-136 646
Poster Sessions (5) 647
Environmental Science/ Material Science and Engineering/ Life Science 647
APCEAS-662 651
APCEAS-671 653
APCEAS-686 666
APCEAS-688 668
APCEAS-731 670
APCEAS-735 672
APCEAS-751 680

APCEAS-773 ..... **681**
APCEAS-832 ..... **683**
APCEAS-853 ..... **685**
APCEAS-859 ..... **687**
APCEAS-814 ..... **690**
APCEAS-786 ..... **691**
APCEAS-787 ..... **693**
ISLSBE-98 ..... **696**
ISLSBE-176 ..... **702**
ISLSBE-186 ..... **704**

Electrical and Electronic Engineering & Fundamental and Applied Sciences (1)

Friday, August 26, 2016 1020-1200 Room 707

Session Chair: *Prof. Feng-Hsiag Hsiao*

APCEAS-805
Strategy for Public Safety Game Development
Chaeeun Hong | *National Disaster Management Research Institute*
Hyojeong Im | *National Disaster Management Research Institute*
SoSoon Park | *National Disaster Management Research Institute*

APCEAS-790
Effects of Shading on Growth and Yield of Kalmegh (*Andrographis Paniculata* (Burm. f.) Nees)
Somanan Liphan | *King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang*
Somyot Detpiratmongkol | *King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang*

APCEAS-791
Influence of Ethephon Hormone Applied at Different Concentrations on Growth and Juice Extract Yields of Sweet Sorghum
Sommart Yoosukyingsataporn | *King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang*
Somyot Detpiratmongkol | *King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang*
Somanan Liphan | *King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang*

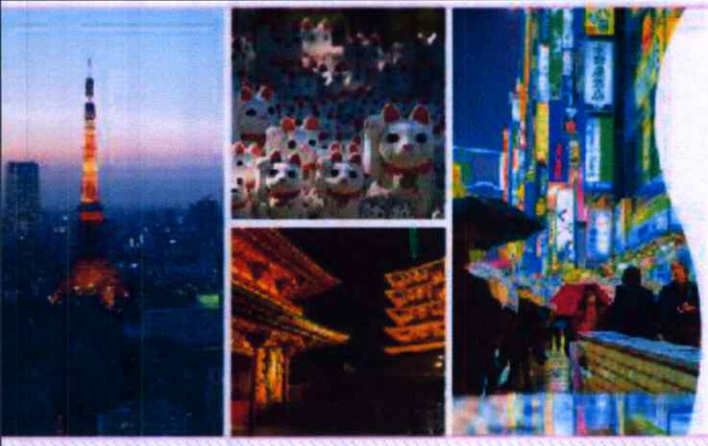
APCEAS-690
An Observer-Based Exponential Synchronization Scheme for Chaotic Systems: Using Advanced Encryption Standard as Auxiliary
Feng-Hsiag Hsiao | *National University of Tainan*
Guang-Wei Liou | *National University of Tainan*

APCEAS-744
A PAPR Reduction Method based on Parallel Ant Colony Optimization Using PTS Scheme in OFDM Systems
Necmi Taspinar | *Erciyes University*
Adem Kalinli | *Erciyes University*
Mahmut Yildirim | *Bozok University*
Hilal Benli | *Erciyes University*

APCEAS-676
Design Automation Tool for Noise Performance of Sallen-Key Filter
Po-Yu Kuo | *National Yunlin University of Science & Technology*
Zong-Syuan Sie | *National Yunlin University of Science & Technology*
Guan-Hong Liou | *National Yunlin University of Science & Technology*
Jhih-Hao Zou | *National Yunlin University of Science & Technology*

APCEAS-782
A Modified Adomian Decomposition Method with Integrating Factor
Yinwei Lin | *National Sun Yat-sen University*
Tzon-Tzer Lu | *National Sun Yat-sen University*
Cha'o-Kuang Chen | *National Sun Yat-sen University*

APCEAS-755
Design and Implementation of FFT Architecture Using DA Based Radix 4 Butterfly Elements
M. Kannan | *Anna University - MIT Campus*
E. Konguvel | *Anna University - MIT Campus*
J. Madhumitha | *Anna University - MIT Campus*



25-27 AUGUST, 2016

TOKYO, JAPAN

Asia-Pacific Conference on Engineering & Applied Sciences

Acceptance / Invitation Letter

Paper ID: **APCEAS-790**
Paper Title: **Effects of Shading on Growth and Yield of Kalmegh (Andrographis paniculata (Burm. f.) Nees)**

Dear Somanan Liphan,

Thank you for your submission. On behalf of Asia-Pacific Conference on Engineering and Applied Science (APCEAS) Program Committee, we are pleased to inform you that the above submission has been accepted to present in this conference.

Please be aware that to ensure your participation and presentation, at least one author of the above submission must complete the registration process including payment before June 28, 2016. ***If no registration is received by the above deadline, this submission will not be included in the conference program and proceedings.*** To modify your submission (or upload the full paper), please complete the process before June 28, 2016. Due to editing reasons, all the modifications and uploads after the above deadline may not be included in the conference program and proceedings.

Furthermore, please understand that Higher Education Forum (Hereinafter called HEF) hereby reiterates that we are NOT authorized to assist any Visa application works. We, here includes the organization itself, all conference secretariats, international liaisons and any individuals or parties related to HEF. It is clearly stated on all websites that no other documents would be provided except this invitation letter. Your understanding is appreciated.

Once again, congratulations on your submission acceptance. We look forward to seeing you in Tokyo soon!

Sincerely,

Program Committee of APCEAS 2016

HIGHER EDUCATION FORUM HEF

APCEAS-790
Effects of Shading on Growth and Yield of Kalmegh (*Andrographis Paniculata* (Burm. f.) Nees)

Somanan Liphan [a,*] and Somyot Detpiratmongkol [a]
[a] Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand
[*] E-mail address: Rabbit.Liphan@hotmail.com

Abstract

Kalmegh (*Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees) is widely used as medicinal plant in Thailand. However, the information on the effect of shade on growth and yield of Kalmegh is lacking. Thus, the purpose of this study was to determine the effect of shading on the vegetative growth and yield of Kalmegh. The study was conducted at Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut' s Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok. A split-plot in randomized complete block design with 3 replications was arranged. Four local Kalmegh varieties (Phitsanulok 5-4, Prachinburi, Ratchaburi and Phichit 4-4) and 5 shading levels (0%, 20%, 40%, 50% and 80% of shading) were as main plots and sub plots, respectively. Data were collected on growth and yield of the crop. The results shown that we were not found interaction between Kalmegh varieties and shading levels. Prachinburi variety gave the highest stem, leaf and total dry weight and followed by Ratchaburi, Phichit 4-4 and Phitsanulok 5-4 varieties, respectively. Shading affected on growth and yield of Kalmegh. In addition, significant different were observed for all growth characters between open light condition (0% shade) and shaded plants. For different shading levels, dry weight of stem, leaf and total dry weight and dry weight yield were the highest under 20% shading condition. It was concluded that Kalmegh is suitable for cultivation under 20% shading condition.

Keywords: Shading, Yield, Growth, *Andrographis paniculata*

1. Introduction

Kalmegh (*Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees, Acanthaceae) also called the andrographis or "King of bitters" is native to the Asian subcontinent. The roots and leaves of this herb have been used for centuries by the traditional medical practitioners of India, Thailand and China to treat numinous ailments ranging from poor digestion and throat infections to haipatiels. (Chopra *et al,* 1956, 1982 ; Palaniswamy, 2005)

Plant has an optimal intensity of light. This is the point at which the process of photosynthesis is maximized and plant growth is at its greatest (Neri *et al.,* 2003). If the level of light is less, growth is reduced. The point where an increase in light intensity will not increase photosynthesis anymore is called light saturation. Light is generally recognized as the most influential environment factor affecting the growth of plants (Li *et al.,* 2010). The objective of this study therefore was to determine the optimal shading level for the production of the highest growth and yield of Kalmegh.

2. Materials and Methods

Experimental site: This study was carried out during December, 2014 to April, 2015 at the nursery house of Faculty of Agricultural Technology, King's Mongkut Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang district, Bangkok province, Thailand. The research is located at coordinated 13° 43' 36.21" N latitude and 100° 46' 48.45" E longitude. The average altitude of this area is 1.5 m. above mean sea level. The used soil in the experiment was Bangkok series

and clay in texture. The soil was slightly acidic with pH 6.10. The mean annual rainfall for five years from the year of 2010 to 2015 was 151.98 mm. The mean daily temperature is 30.95 °C.

Experimental design: For local commential Kalmegh varieties (Phitsanulok 5-4, Prachinburi, Ratchaburi and Phichit 4-4) were evaluated in this study. The experimental design was a split-plot with three replications, with Kalmegh varieties assigned to main-plots, and the five treatments used included 0% (no shading / control), 20%, 40%, 50% and 80% shading provided by black nets to sub-plots. They were placed in different lath houses, constructed using wooden post and planks. Each lath house was 4 m long, 4 m wide and 2 m height. Each lath house, except for the control, was covered with different density black shading net according to the objectives of the experiment. Stem cuttings were conducted from mother plant of Kalmegh. Stem cutting were placed in shaded seedbed for root initiation. Fifteen days old stem cuttings were planted in the experiment. One stem cutting was planted in each pot. The pot was irrigated and intercultural operations like weeding were done as and when necessary.

Data collection and analysis: At harvest, 120 days after transplanting (DAT), all of plant from each pot in each supplication and treatment for data collection. Data collected included: plant height, leaf, stem, root, flower and pod and total dry weight. The leaf area (cm^2) of harvested leafy Kalmegh was measured using a leaf area meter (LI-3100 area meter, USA) and then leaf area index (LAI) was determined using the leaf area (upper side only) per unit area of land below. It is expressed as m^2 leaf area per m^2 ground area. Collected data were analyzed using ANOVA following the procedure for Split-plot design. Least significant different (LSD) values were calculated at 0.05 probability level wherever the F-test was significant. Data analysis was performed using WINDOWSTAT statistical software.

3. Results

3.1 Plant height

Plant height varied significantly among the varieties (Table 1). The variety Prachinburi gave the highest plant height (57.08 cm), whereas the lowest plant height (33.82 cm) was obtained from the variety Phitsanulok 5-4. Plant grown under with 80% shading had the highest plant height (59.88 cm) among all the treatments, while the lowest plant height (28.97 cm) was recorded among Kalmegh provided with 0% shading (Table 1). Shading reduced plant height in Cyclamen (Villegas *et al.,* 2006) Cermeno *et al.* (2001) reported that, a moderate reduction of radiation increased stem length in Chrysenethemums. Increase in growth characteristics of sweet papper grown under black net screen house was attributed to better micro climate in terms of reduction in temperature, relative humidity, wind speed and light intensity (Medany *et al.,* 2009). Plant height observed in carnation plants under shading in this investigation could also be attributed to improved microclimate.

Table 1 Effects of different shading levels on plant height, stem and leaf dry weight and leaf area index (LAI) of Kalmegh at 120 days after transplanting.

Treatments	Plant height (cm)	Stem DW. (g plant^{-1})	Leaf DW. (g plant^{-1})	LAI
Main plot (Cultivars)				
Phitsanulok 5-4	33.82	2.85	1.61	0.28
Prachinburi	57.08	6.62	3.37	0.51
Ratchaburi	46.87	4.29	2.28	0.38
Phichit 4-4	44.34	3.75	1.88	0.31
Sub plot (Shading level (%))				
0 (Control)	28.97	5.62	3.13	0.45
20	37.40	8.39	3.75	0.67
40	46.07	4.53	2.83	0.33
50	55.31	2.81	1.37	0.28
80	59.88	0.53	0.33	0.13
Mean	45.53	4.38	2.28	0.37
LSD (0.05) (Cultivars)	8.51	0.89	0.43	0.05
LSD (0.05) (Shading level)	4.83	0.51	0.31	0.03
LSD (0.05) (Cultivars x Shading level)	Ns	ns	ns	ns
C.V. (%) (Cultivars)	20.94	22.92	21.29	16.86
C.V. (%) (Shading level)	12.77	14.12	16.49	10.17

LAI = leaf area index ; ns = No significant at the 0.05 probability level.

3.2 Stem dry weight

Stem dry weight varied significantly among the varieties (Table 2). The highest stem dry weight (6.62 g plant^{-1}) and the lowest stem dry weight (2.85 g plant^{-1}) were recorded from the variety Prachinburi and Phitsanulok 5-4, respectively. Kalmegh grown at 0% shading had significantly ($P<0.05$) higher stem dry weight when compared to those shaded at 40%, 50% and 80% levels (Table 2). Kalmegh at 20% shading had the highest stem dry weight (8.39 g plant^{-1}) while those shaded at 80% had the lowest stem dry weight (0.53 g plant^{-1}).

3.3 Leaf dry weight

Leaf dry weight varied significantly among the varieties (Table 2). The highest leaf dry weight (3.37 g plant^{-1}) was recorded in the variety Prachinburi. On the other hand the lowest leaf dry weight (1.61 g plant^{-1}) was recorded in the variety Phitsanulok 5-4. There was significant ($P<0.05$) difference in leaf dry weight between Kalmegh plant grown under the different shading levels. Plants grown under 20% shading gave the highest leaf dry weight per plant (3.75 g) while the lowest leaf dry weight per plant (0.33 g) was obtained from plants provided with 80% shading (Table 2). Wiebel *et al.* (1994) stated that leaf area and leaf dry weight was decreased with increase in shading condition.

3.4 Leaf area index

Leaf area index varied significantly among the varieties (Table 1). The variety Prachinburi recorded highest leaf area index (0.51) followed by Ratchaburi (0.38), Phichit 4-4 (0.31) and the lowest leaf area index (0.28) was recorded by the Phitsanulok 5-4. There was significant ($P<0.05$) difference in leaf area index of Kalmegh plant grown at all the five different shading levels (Table 1). In general, plant grown at 20% shading had the highest leaf area index (0.67)

while those shaded at 80% had the lowest leaf area index (0.13) (Table 1). Jeong *et al.* (2007) reported that an increased in leaf area of begonia with increased shade levels. Leaf area in sweet pepper (Medany *et al.*, 2009), weeping fig (*Ficus benjamina* L.) and Croton (*Codiaeum variegatum* L.) (Scuderi *et al.*, 2008) was found to decrease with increased shading levels. Similarly, in this investigation, each increase in shading level above 20% results in corresponding decrease in leaf area index of Kalmegh.

3.5 Flower and pod dry weight

Flower and pod dry weight varied significantly among the varieties (Table 2). The maximum flower and pod dry weight (2.01 g plant^{-1}) and the minimum flower and pod dry weight (0.67 g plant^{-1}) were obtained from variety Prachinburi and Phitsanulok 5-4, respectively. Shading the Kalmegh plant at 0% results in significantly ($P<0.05$) higher flower and pod dry weight per plant when compared to all the other shading levels (Table 2). The lowest flower and pod dry weight (0.04 g plant^{-1}) was obtained from plants provided with 80% shading while the highest (3.17 g plant^{-1}) was obtained from those provided with 20% shading.

3.6 Root dry weight and total dry weight

Significant variation was found in respect of root dry weight and total dry weight among the varieties (Table 2). The highest (0.84 g and 12.85 g plant^{-1}) and the lowest (0.44 g and 5.58 g plant^{-1}) were obtained from variety Prachinburi and Phitsanulok 5-4, respectively. The highest root dry weight (0.86 g plant^{-1}) and total dry weight (15.64 g plant^{-1}) were obtained in plants provided with 20% shading as compared to all the other shading levels (Table 2). Araki *et al.* (2014) reported that total dry weight per plant decreased with an increase in shade.

Table 2 Effects of different shading levels on flower and pod, root and total dry weight of Kalmegh at 120 days after transplanting.

Treatments	Flower and Pod DW. (g plant^{-1})	Root DW. (g plant^{-1})	Total DW. (g plant^{-1})
Main plot (Cultivars)			
Phitsanulok 5-4	0.67	0.44	5.58
Prachinburi	2.01	0.84	12.85
Ratchaburi	1.52	0.52	8.62
Phichit 4-4	0.97	0.55	7.17
Sub plot (Shading level (%))			
0 (Control)	1.72	0.93	11.96
20	3.17	0.86	15.64
40	1.03	0.75	9.15
50	0.51	0.30	5.01
80	0.04	0.10	1.02
Mean	1.29	0.59	8.56
LSD (0.05) (Cultivars)	0.17	0.10	1.44
LSD (0.05) (Shading level)	0.13	0.06	0.71
LSD (0.05) (Cultivars x Shading level)	ns	ns	ns
C.V. (%) (Cultivars)	15.17	19.33	18.92
C.V. (%) (Shading level)	12.20	12.16	10.08

DW = dry weight ; ns = No significant at the 0.05 probability level.

3.7 Total dry weight yield and Leaf dry weight yield

Significant variation was found in respect of total dry weight yield and leaf dry weight yield among the varieties (Table 3). The highest (141.40 and 47.70 g m^{-2}) and the lowest (63.22 and 22.80 g m^{-2}) were obtained from variety Prachinburi and Phitsanulok 5-4, respectively. There was significant ($P<0.05$) difference in total dry weight between Kalmegh plant grown under the different shading levels. Plants grown under 20% shading gave the highest total dry weight per plant (171.83 g m^{-2}) while the lowest total dry weight per plant (12.32 g m^{-2}) was obtained from plants provided with 80% shading (Table 3). For leaf dry weight yield, the highest leaf dry weight yield (53.08 g m^{-2}) was obtained from Kalmegh grown 20% shading, while the lowest (4.72 g m^{-2}) was obtained from plant shaded at 80% (Table 3). Increasing the shading intensity results in a significant ($P<0.05$) decrease in yield of Kalmegh. These results are in good agreement with the finding of Devkota and Jha (2010) also showed that increasing level of shading could reduce growth and yield of plant.

Table 3 Effects of different shading levels on total dry weight yield and leaf dry weight yield of Kalmegh at 120 days after transplanting.

Treatments	Total DWY. (g m^{-2})	Leaf DWY. (g m^{-2})
Main plot (Cultivars)		
Phitsanulok 5-4	63.22	22.80
Prachinburi	141.40	47.70
Ratchaburi	92.94	32.24
Phichit 4-4	79.68	26.61
Sub plot (Shading level (%))		
0 (Control)	123.90	44.35
20	171.83	53.08
40	104.17	40.05
50	59.32	19.49
80	12.32	4.72
Mean	94.30	32.34
LSD (0.05) (Cultivars)	18.03	6.15
LSD (0.05) (Shading level)	8.92	4.43
LSD (0.05) (Cultivars x Shading level)	ns	ns
C.V. (%) (Cultivars)	21.40	21.29
C.V. (%) (Shading level)	11.38	16.49

DWY = dry weight yield ; ns = No significant at the 0.05 probability level.

4. Conclusion

It is concluded that among the studied 4 Kalmegh varieties, Prachinburi was the best growth and yield. The highest growth and leaf dry weight yield were obtained from Kalmegh provided with 20% shading. Increased shading level above 20% significant reduced in stem growth and dry weight yield. However, production of Kalmegh should, therefore be undertaken for Prachinburi variety at 20% shading to obtain the best growth and leaf fresh and dry weight yield.

5. Acknowledgments

The authors thank the Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut' s Institute of Technology Ladkrabang for providing the financial support.

6. References

Araki, T., Oo, T. T. and Kubota, F. (2014). Effects of shading on growth and photosynthetic potention of Greengrum (*Vizna radiata* (L.) Wilezek) cultivars. *Environmental Control in Biology*, 52(4), 227-231.

Cermeno, P., Sotomayor, J. A., Serrano, Z. and Escobar, A. I. (2001). The effects of solar radiation on Dendranthema. *Acta Horticulturae*, 559, 339-344.

Chopra, R. N., Nayar, S. L. and Chopra, I. C. (1956). *Glossary of Indian Medicinal plants.* CSIR New Delhi. 18, 197.

Chopra, R. N., Chopra, I. C., Handa, K. L. and Kapur, L. D. (1982). *Indigenous Drugs of India*. Calcutta, New Delhi, India : Academic Publishers. 238.

Devkota, A. and Jha, P. K. (2010). Effect of different light levels on the growth traits and yield of *Centella asiatica*. *Middle-East Journal of Scientific Research*. 5(4), 226-230.

Jeong, K. Y., Pasian, C. C., McMahon, M. and Tay, D. (2007). Growth of six Begonia species under shading. *International Society for Horticultural Science*, 2, 22–28.

Li, H., Jiang, D., Wollenweber, B., Dai, T. and Cao, W. (2010). Effects of shading on morphology, physiology and grain yield of winter wheat. *European Journal* of *Agronomy*, 33, 267-275.

Medany, M. A., Hassanein, M. K. and Farag, A. A. (2009). *Effect of black and white nets as alternative covers to sweet pepper production under greenhouses in Egypt.* International Symposium on Strategies towards Sustainability of Protected Cultivation in Mild Winter Climate. Acta Horticulturae. (807), 14.

Neri, R., Genzel, R., Ivison, R. J., Bertoldi, F., Blain, A. W., Chapman, S. C., Cox, P., Greve, T. R., Omont, A. and Frayer, D. T. (2003). Interferometric observations of powerful CO emission from three submillimeter galaxies at $z = 2.39$, 2.51, and 3.35. *The Astrophysical Journal*, 597, L113-L116.

Palaniswamy, U. R. (2005). Effect of light intensity on the pigment composition and oxalic acid concentrations in Kalmegh (*Andrographis paniculata*) leaf. *Traditional Medicine & Nutraceuticals. Acta Horticulturae*, 3(6).

Scuderi, D., Li, R. A. Cassaniti, C., Paratore, A. and Romano, D. (2008). The influence of shading levels on foliage plant growth and quality. *Acta Horticulturae*, 801, 1191-1196.

Villegas, E., Pérez, M. and Lao, M. T. (2006). Influence of lighting levels by shading cloths on Cyclamen Persicum quality. *International Society for Horticultural Science. Acta Horticulturae*. 711, 16.

Wiebel, J., Chacko, E. K., Downton, W. J. and Lüdders, P. (1994). Influence of irradiance on photosynthesis, Morphology and growth of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) seedlings. *Tree Physiology*, 14(3), 263-274.

APCEAS-790

HIGHER EDUCATION FORUM
www.prohef.org

Certificate of Presentation

Asia-Pacific Conference on Engineering and Applied Science
August, 25-27, 2016, Tokyo Japan

Somanan Liphan
King Mongkut' s Institute of Technology Ladkrabang

Has attended the conference and presented a paper entitled

Effects of Shading on Growth and Yield of Kalmegh (Andrographis Paniculata (Burm. f.) Nees)

Chief Executive Committee

AATSEA

International Journal of Agricultural Technology

- Home
- Overview
- Publication Ethics and Malpractice
- Editorial Board
- Current Issue
- Past Issues
- Instruction to Authors
- Submit Paper
- Join IJAT
- Contact us

TCI Thai-Journal Citation Index Center

Scopus

ASEAN CITATION INDEX

CABI

CAS A DIVISION OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY

AATSEA

International Journal of Agricultural Technology

Volume 13, Number1, January 2017

Table of contents

Punlerdmatee, B., Cheewangkoon, R. and To-anun, C. - Controlling dahlia powdery mildew disease using antagonistic yeasts. 1-17

Mandal H., Chakraborty, P. S., Saha, D. A., Sarkar, T., Saha, D. and Saha, A. - Biocontrol of virulent *Ralstonia solanacearum* isolates by an indigenous *Bacillus cereus* 19-30

Thongrod, S. and Yincharoen, K. - Antibacterial of a traditional thai herbal recipe (THR 01) against *Staphylococcus epidermidis* 31-36

Pato, U., Yusuf, Y., Rossi, E., Yunaira, R and Githasari, T. - Quality of probiotik fermented milk using *Lactobacillus casei* subsp. *casei* R-68 as a starter with the variation of skim milk and sucrose. 37-46

Hamzavi, F.- Fumigant toxicity of *Eucalyptus camaldulensis* and *Callistemon viminalis* essential oils on *Sitophilus granarius* 47-58

Kangpanich, C., Pratoomyot, J., Siranonthana, N. and Senanan, W. - Effects of arachidonic acid supplementation in maternal diet on low-salinity tolerance of newly hatched larvae of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii* De Man). 59-72

Sawasdikarn, J., Suwannarat, Y. and Puttamee, K. - The production of flavor microcapsules from shrimp waste. 73-78

Liphan, S. and Detpiratmongkol, S. - Influence of different shading levels on growth and yield of kalmegh *Andrographis paniculata* Burm. f. (Nees). 79-89

Malik, B., Pirzadah, T. B., Abdin, M. Z. and Rehman, R. U. - Somatic embryogenesis and embryoids formation in chicory (*Cichorium intybus* L.). 91-104

Mona, H. S., Ahlam, H. H., Hamdah, A. and Shroug, S. A. - Allelopathic effect of *Moringa oleifera* leaves extract on seed germination and early seedling growth of Faba Bean (*Vicia faba* L.). 105-117

Phonpho, S. and Saetiew, K. - Selection of appropriate species of plants for indoor vertical garden. 119-129

Adrias, P. J. V. and del Rosario, M. R. - Soil properties and response of spring onion to different levels of biochar. 131-137

© Copyright © by Association of Agricultural Technology in Southeast Asia (AATSEA)
Available online: http://www.ijat-aatsea.com
E-mail: ijat.aatsea@gmail.com
ISSN 2630-0613 (print) 2630-0192 (Online)

The Fifth International Conference on Integration of Science and Technology for Sustainable Development 2016 (5th ICIST 2016)
"Water conservation, Biological Diversity, Food and Agriculture"
November 26-27, 2016 Inle Cherry Queen Hotel, Southern Shan State, Myanmar

Ref. No. 10/043
Date: 10 October 2016
To Somanan Liphan

Dear Somanan Liphan

This is to inform you that your research entitled "**Influence of Different Shading Levels on Growth and Yield of Kalmegh (*Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees)**"has been accepted as **ORAL PRESENTATION** in The Fifth International Conference on Integration of Science and Technology for Sustainable Development (5thICIST 2016) to be held in Inle Cherry Queen Hotel, Southern Shan State, Myanmar during November 26-27, 2016.

Your presentation will be organized in Session 2, Room 2 in 26 November 2016 at 19:10-19:25 pm.

On site registration will be started from 13:00 pm in November 25, 2016.

We will publish full text for participants whose presentation oral or poster either in Proceedings or International Journal of Agriculture (IJAT). Please inform us about your desire before 27 November 2016.
Thank you very much and hope to see you in the conference.

Yours Sincerely,

Kasem Soytong

Assoc. Prof. Dr. Kasem Soytong
Chairman of the Organizing Committee
President, AATSEA

International Journal of Agricultural Technology 2017 Vol. 13(1): 79-89
Available online http://www.ijat-aatsea.com
ISSN 1686-9141

Influence of Different Shading Levels on Growth and Yield of Kalmegh, *Andrographis paniculata* Burm. F. (Nees)

Somanan Liphan [a*], and Somyot Detpiratmongkol [a]

[a] Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut' s Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand

Liphan S. and S. Detpiratmongkol (2017). Influence of different shading levels on growth and yield of kalmegh *Andrographis paniculata* Burm. f. (Nees). International Journal of Agricultural Technology 13(1): 79-89.

Kalmegh *Andrographis paniculata* Burm. F. (Nees) is widely used as medicinal plant in Thailand to treat diseases such as sore throat, flu, fever, diarrhea and cough. Kalmegh production in some region is negatively affected by high radiation. However, the information on the effect of shade on growth and yield of Kalmegh is lacking. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of different shading levels on growth and yield of Kalmegh. The study was conducted during December, 2014 to April, 2015, at Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut' s Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok. A split-plot in randomized complete block design with 3 replications was arranged. Four local Kalmegh varieties (Phisanulok 5-4, Prachinburi, Ratchaburi and Phichit 4-4) and 5 shading levels (0%, 20%, 40%, 50% and 80% of shading) were as main plots and sub plots, respectively. Data were collected on growth and yield of the crop. The results shown that we were not found interaction between Kalmegh varieties and shading levels. Prachinburi variety gave the highest number of branches plant^{-1}, number of leaves plant^{-1}, leaf area, shoot dry weight and leaf dry weight yield and followed by Ratchaburi, Phichit 4-4 and Phisanulok 5-4 varieties, respectively. Shading affected on growth and yield of Kalmegh. In addition, significant different were observed for all growth characters between open light condition (0% shade) and shaded plants. For different shading levels, leaves number plant^{-1}, leaf area, shoot dry weight and leaf dry weight yield were the highest under 20% shading condition. It was concluded that Kalmegh variety Prachinburi performed better in terms of highest growth and yield grown under 20% shading condition.

Keywords: Shading, Yield, Growth, Kalmegh, *Andrographis paniculata*

Introduction

Kalmegh is one of the most important medicinally important plant grown worldwide. Kalmegh *Andrographis paniculata* Burm. f. (Nees) belongs to family Acanthaceae was known as "King of bitters" (Kumar *et al.*, 2012) due to its bitter taste and the weak odor is one of the important herbs classified as an

* **Corresponding Author:** Liphan S.; **E-mail:** Rabbit.Liphan@hotmail.com

annual and shrub plant in tropical Asian countries. Kalmegh is available abundantly in India, Pakistan, Sri Lanka, East and West Indies, Mauritius, China, Java, Thailand and Indonesia (Kumar *et al.,* 2012). Kalmegh is known as Fah Talai Jone in Thai Folklore, used in the treatment of various diseases of the liver, colic, fevers, and as anthelminthic. The medicinal herb Kalmegh, grows as a wild plant in the open fields (Biffa, 2003; Jaganath and Teik, 2003; Anonymous, 2008; Niranjan *et al.,* 2010; Akbar, 2011).

Light is the major factor to the life cycle of a plant because it is the energy source that triggers the process of photosynthesis. All plants need sunlight to make their food, and if the available sunlight is reduced the plant have to change and adapt in various ways in order to acclimatize to a new environment. Excessive light intensity resulted in photosynthesis inhibition as it has a destructive effect on photosynthetic pigments (Kumar *et al.,* 2012). The plants grow well in shaded places such as undergrowth in the forest. Under natural conditions, Kalmegh is found in both shaded and wide open areas. This may be a lack of information on growth and physiology related to different light intensities of Kalmegh (Saravanan *et al.,* 2008). Growth and yield of crops are close related to the amount of solar received during the growing period. This study objective was therefore to investigate Kalmegh in growth and yield response to different levels of shading.

Materials and methods

Experimental site: The research was carried out at the nursery house of Faculty of Agricultural Technology, King's Mongkut Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang district, Bangkok province, Thailand (13° 43' 36.21" N latitude and 100° 46' 48.45" E longitude) with an elevation of 1.5 m. above mean sea level during December 2014 to April 2015. The used soil in the experiment was Bangkok series and clay in texture. The soil was slightly acidic with pH 6.10. The mean annual rainfall for five years from the year of 2010 to 2015 was 151.98 mm. The mean daily temperature is 30.95 °C.

Experimental design: The experiment was arranged in a split-plot design with three replications. The main plot was the four local commercial Kalmegh varieties (Phisanulok 5-4, Prachinburi, Ratchaburi and Phichit 4-4) and the sub-plot was the kind of five shading levels such as 0% (no shading / control), 20%, 40%, 50% and 80% shading provided by black net. In 0% shading treatment, sunlight was allowed to fall over the Kalmegh plants without any barrier. Kalmegh plants were placed in different lath houses, constructed using wooden post and planks. Each lath house was 4 m long, 4 m wide and 2 m height. Each lath house, except for the control, was covered with different density black shading net according to the objectives of the experiment. Stem cuttings were

conducted from mother plant of Kalmegh. Stem cutting was placed in shaded seedbed for root initiation. Fifteen days old stem cuttings were planted in the experiment. One stem cutting was planted in each pot. The pot was irrigated and intercultural operations like weeding were done as and when necessary. Irrigation was given to the plants after planting till harvest. Other cultural practices were made as and when necessary.

Data collection and analysis: At harvest, 120 days after transplanting (DAT), all of plant from each pot in each supplication and treatment for data collection. Data collected included: number of branches, number of leaves, number of pods and shoot dry weight. The leaf area (cm^2) of harvested leafy Kalmegh was measured using a leaf area meter (LI-3100 area meter, USA). Chlorophyll content was measured using a chlorophyll meter (SPAD-502, Minolta Co, Japan). For all treatments, the leaf of Kalmegh was inserted into the leaf clip and SPAD value measured 5 times from different spots of a single leaf and bract. Chlorophyll a and b in leaf were measured by 80% acetone. Absorbance was taken at 645 and 663 nm using UV-VIS spectrophotometer according to Witham *et al.* (1971). Crop growth rate on plant mass (CGR, g m^{-2} day^{-1}) during the monitoring period was calculated from the formula: $CGR = \frac{1}{p} x \left(\frac{dw}{dt}\right)$ where CGR = crop growth rate, p = ground area, dw = dry weight production in t days, dt = number of days.

Collected data were analyzed by analysis of variance using ANOVA following the procedure for Split-plot design. Least significant different (LSD) values were calculated at 0.05 probability level wherever the F-test was significant. Data analysis was performed using WINDOWSTAT statistical software.

Results and Discussion

Number of branches

Number of branches $plant^{-1}$ varied significantly among the varieties at harvest (Table 1). The highest number of branches $plant^{-1}$ (25.33) was recorded in the variety Prachinburi and the lowest number of branches $plant^{-1}$ (19.73) was recorded from the variety Phisanulok 5-4. Kalmegh grown at 0% shading had significantly ($P<0.05$) higher number of branches $plant^{-1}$ when compared to those shaded at 40%, 50% and 80% levels, respectively (Table 1). Kalmegh at 80% shading had the highest number of branches $plant^{-1}$ (27.00) while those shaded at 80% had the lowest number of branches $plant^{-1}$ (17.00). Shivashankara *et al.* (2000) reported that 10-60% light curtailment produced

higher internodal length, increase in number of branches, leaf number in betel vine (Piper betle).

Table 1 Effects of different shading levels on no. of branches plant^{-1}, no. of leaves plant^{-1}, leaf area (cm^2), no. of pods plant^{-1}, pod dry weight and shoot dry weight (g plant^{-1}) at 120 days after transplanting of 4 local Kalmegh cultivars at harvest.

Treatments	No. of branches plant^{-1}	No. of Leaves plant^{-1}	Leaf area (cm^2)	No. of pods plant^{-1}	Pod DW. (g plant^{-1})	Shoot DW. (g plant^{-1})
Main plot (Cultivars)						
Phisanulok 5-4	19.73	246	200.84	28.73	0.19	5.58
Prachinburi	25.33	338	365.20	86.26	1.05	12.85
Ratchaburi	21.20	267	273.72	72.20	0.85	8.62
Phichit 4-4	21.33	285	224.17	39.26	0.45	7.17
Sub plot (Shading levels (%))						
0 (Control)	23.83	363	319.22	82.33	0.93	11.34
20	27.00	469	476.32	127.00	1.54	16.26
40	22.00	285	235.79	44.25	0.49	9.15
50	19.66	212	203.57	24.83	0.20	5.01
80	17.00	91	95.01	4.67	0.02	1.02
Mean	21.90	284	265.98	56.61	0.64	8.56
LSD (0.05) (Cultivars)	2.49	46.37	41.12	6.27	0.11	1.44
LSD (0.05) (Shading levels)	1.11	35.32	22.58	4.74	0.10	0.72
LSD (0.05) (Cultivars x Shading levels)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%) (Cultivars)	12.77	18.26	17.30	12.40	20.60	18.92
C.V. (%) (Shading levels)	6.12	14.94	10.21	10.08	22.34	10.19

ns = No significant at the 0.05 probability level ; DW = Dry weight.

Number of leaves

Number of leaves plant^{-1} varied significantly among the varieties at harvest (Table 1). The maximum number of leaves plant^{-1} (338) was obtained from variety Prachinburi whereas the minimum leaves number plant^{-1} (246) was obtained from variety Phisanulok 5-4. There was significant ($P<0.05$) difference in number of leaves plant^{-1} between Kalmegh plant grown under the different shading level. Plant grown under 20% shading gave the highest number of leaves plant^{-1} (469) while the lowest number of leaves plant^{-1} (91) was obtained from plants provided with 80% shading (Table 1). In *Aster scaber*

and *Lingularia fischeri*, plant height, leaf number, length and width were increased in 30-50% shading as against the open condition (Hong *et al.*, 1996).

Leaf area

Leaf area varied significantly among the varieties at harvest (Table 1). The variety Prachinburi gave the highest leaf area (365.20 cm^2) followed by Ratchaburi (273.72 cm^2) Phichit 4-4 (224.17 cm^2) and the lowest leaf area (200.84 cm^2) was recorded by the Phisanulok 5-4. Shading the Kalmegh plant at 0% results in significant ($P<0.05$) higher leaf area (319.22 cm^2) when compared to all the other shading levels (Table 1). The lowest leaf area (95.01 cm^2) was obtained from the plant provided with 80% shading whereas the highest (476.32 cm^2) was obtained from those provided with 20% shading. On the other hand Jeong *et al.* (2007) stated that an increased in leaf area of begonia with increased shade levels. Leaf area in weeping fig (*Ficus benjamina* L.) and Croton (*Codiaeum variegatum* L.) (Scuderi *et al.*, 2008) and sweet pepper (Medany *et al.*, 2009) were found to increase leaf area with increased shading levels (Scuderi *et al.*, 2008). Similarly in this investigation, increase in shading level above 20% results in corresponding decrease in number of leaves $plant^{-1}$ and leaf area of Kalmegh. Naidu and Swamy (1994) observed increase in number and area of leaves in *Pongamia pinnata* plant grown in shade.

Number of pods and pod dry weight

Significant variation was found in respect of number of pods $plant^{-1}$ and pod dry weight among the varieties at harvest (Table 1). The highest (86.26 pods and 1.05 g $plant^{-1}$) and the lowest (28.73 pods and 0.19 g $plant^{-1}$) were obtained from variety Prachinburi and Phisanulok 5-4, respectively. The highest number of pods $plant^{-1}$ (127.00 pods) and pod dry weight (1.54 g $plant^{-1}$) were obtained in plants provided with 20% shading as compared to all the other shading levels (Table 1). However, shading reduced the number of pods per plant for soybean as reported by Kurosaki and Yumoto (2003) and Kakiuchi and Kobata (2004, 2006).

Shoot dry weight

Shoot dry weight varied significantly among the variety at harvest (Table 1). The variety Prachinburi recorded the highest shoot dry weight (12.85 g $plant^{-1}$) followed by Ratchaburi (8.62 g $plant^{-1}$), Phichit 4-4 (7.17 g $plant^{-1}$) and Phisanulok 5-4 (5.58 g $plant^{-1}$), respectively. There was significant ($P<0.05$)

difference in shoot dry weight of Kalmegh plant grown under the five different shading levels (Table 1). Kalmegh grown at 20% shading had the highest shoot dry weight (16.26 g plant^{-1}) while those shaded at 80% had the lowest shoot dry weight (1.02 g plant^{-1}). Kakiuchi and Kobata (2004, 2006) reported that total dry weight per plant decreased with an increase in shade.

SPAD values

The results on the determination of chlorophyll values using the SPAD meter (Table 2). Significant variation was found in respect of SPAD values among the varieties. The highest (58.06) and the lowest (50.84) were obtained from variety Prachinburi and Phisanulok 5-4, respectively. Minotta and Pinzauti (1996) reported that the total chlorophyll content is depend on physiological characteristic of species. Kalmegh plant grown under the different shading levels (Table 2). Plant grown under at 80% shading had the highest SPAD values (67.24) followed by 50% shading (59.33), 40% shading (55.66), 20% shading (50.13) and 0% shading (39.97), respectively. According to previous studies, the findings of López-Marín *et al.* (2012) and Zhu *et al.* (2012) where 60% and 30% shading intensity resulted in the highest SPAD values, respectively. However, our finding harmonizes with those reported by Legarrea *et al.* (2010) and Jang *et al.* (2014) noting that higher shading intensity resulted in higher SPAD values and higher chlorophyll concentration. Shade-plants develop acclimation strategies, including larger and thinner leaves which present even a three-fold increase in chlorophylls (Adamson *et al.*, 1991; Taiz and Zeiger 2002). Nonetheless, the excess of light can cause greater degradation and consequently, a reduction in the levels of total chlorophyll (De Carvalho Gonçalves *et al.*, 2005).

Chlorophyll a and b content in leaf

Chlorophyll a and b content in leaf varied significantly among the varieties at harvest (Table 2). The variety Prachinburi was recorded the highest chlorophyll a and b content in leaf (0.14 and 0.38 mg / 100 g of leaf fresh weight) and the lowest chlorophyll a and b content in leaf (0.05 and 0.16 mg / 100 g of leaf fresh weight) was recorded by Phisanulok 5-4. Chlorophyll content in leaf increased progressively with the increase of shading level (Table 2). Plant grown under 80% shading gave the highest chlorophyll a and b content in leaf (0.23 and 0.63 mg / 100 g of leaf fresh weight) followed by 50%, 40% and 20% shading, respectively whist the lowest chlorophyll a and b content in leaf (0.02 and 0.07 mg / 100 g of leaf fresh weight) were obtained

from plants grown under 0% shading. It has been postulated that shading increased the quality of chlorophyll and thus increase the photosynthesis efficiency of plant and ultimately the yield increase (E-Aidy *et al.*, 1983). In *Rumhora adiantiformis*, around 50 and 70% shading increased the contents of chlorophyll a, b and total chlorophyll (Chen *et al.*, 1999). Thomes *et al.* (2005) reported that high chlorophyll contents might also contribute to higher photosynthetic rate and significant positive correlation between chlorophyll content and photosynthesis rate.

Table 2 Effects of different shading levels on SPAD values, chlorophyll a content and chlorophyll b content in leaf (mg / 100 g of leaf fresh weight) at 120 days after transplanting of 4 local Kalmegh cultivars at harvest.

Treatments	SPAD values	Chlorophyll a content in leaf (mg / 100 g of LFW)	Chlorophyll b content in leaf (mg / 100 g of LFW)
Main plot (Cultivars)			
Phisanulok 5-4	50.84	0.05	0.16
Prachinburi	58.06	0.14	0.38
Ratchaburi	54.42	0.13	0.37
Phichit 4-4	54.40	0.12	0.33
Sub plot (Shading levels (%))			
0 (Control)	39.97	0.02	0.07
20	50.13	0.04	0.15
40	55.66	0.09	0.27
50	59.33	0.15	0.41
80	67.24	0.23	0.63
Mean	54.46	0.11	0.31
LSD (0.05) (Cultivars)	4.62	0.02	0.05
LSD (0.05) (Shading levels)	3.74	0.01	0.03
LSD (0.05) (Cultivars x Shading levels)	ns	ns	ns
C.V. (%) (Cultivars)	9.51	20.37	19.64
C.V. (%) (Shading levels)	8.26	12.30	13.60

ns = No significant at the 0.05 probability level ; LFW = leaf fresh weight.

Crop growth rate

Crop growth rate determines the dry matter accumulation in a time and land units in a plant community. The crop growth rate value varied significantly among the varieties and shading lavels at 0-30, 30-60, 60-90 and 90-120 days after transplanting (Table 3). Crop growth rate value in this study had an ascending growth. The variety Prachinburi recorded the highest crop growth

rate values (0.06, 0.62, 1.48 and 3.89 g m^{-2} day^{-1}) followed by Ratchaburi (0.05, 0.36, 1.15 and 2.49 g m^{-2} day^{-1}), Phichit 4-4 (0.04, 0.29, 1.29 and 1.74 g m^{-2} day^{-1}) and Phisanulok 5-4 (0.03, 0.12, 0.72 and 1.73 g m^{-2} day^{-1}), respectively. There was significant ($P<0.05$) difference in crop growth rate values of Kalmegh plant grown under the five different shading levels (Table 3). Plant grown under at 20% shading had the highest crop growth rate values (0.07, 0.81, 2.23 and 4.53 g m^{-2} day^{-1}) followed by 0%, 40% and 50% shading while those shaded at 80% had the lowest crop growth rate values (0.03, 0.05, 0.14 and 0.24 g m^{-2} day^{-1}).

Table 3 Effects of different shading levels on crop growth rate values (g m^{-2} day^{-1}) of 4 local Kalmegh cultivars at harvest.

Treatments	Crop growth rate values (g m^{-2} day^{-1})			
	Ages (DAT) (days)			
	0-30	30-60	60-90	90-120
Main plot (Cultivars)				
Phisanulok 5-4	0.03	0.12	0.72	1.73
Prachinburi	0.06	0.62	1.48	3.89
Ratchaburi	0.05	0.36	1.15	2.49
Phichit 4-4	0.04	0.29	1.29	1.74
Sub plot (Shading levels (%))				
0 (Control)	0.06	0.45	1.63	3.20
20	0.07	0.81	2.23	4.53
40	0.05	0.25	1.17	2.83
50	0.04	0.17	0.63	1.51
80	0.03	0.05	0.14	0.24
Mean	0.05	0.35	1.16	2.46
LSD (0.05) (Cultivars)	0.06	0.07	0.21	0.54
LSD (0.05) (Shading levels)	0.02	0.03	0.17	0.31
LSD (0.05) (Cultivars x Shading levels)	ns	ns	ns	ns
C.V. (%) (Cultivars)	15.12	23.30	20.70	24.84
C.V. (%) (Shading levels)	8.81	11.10	18.48	15.37

ns = No significant at the 0.05 probability level ; DAT = Day after transplanting.

Leaf fresh and dry weight yield

Significant variation was found in respect of leaf fresh and dry weight yield among the varieties (Table 4). The highest (6.20 and 3.37 g $plant^{-1}$) and the lowest (4.44 and 1.61 g $plant^{-1}$) were obtained from variety Prachinburi and Phisanulok 5-4, respectively. There was significant ($P<0.05$) difference in leaf fresh and dry weight yield between Kalmegh plant grown under the different shading levels. Plants grown under 20% shading gave the highest leaf fresh weight yield per plant (6.60 g $plant^{-1}$) while the lowest leaf fresh weight yield

per plant (3.16 g plant^{-1}) was obtained from plants provided with 80% shading (Table 4). For dry leaf dry weight yield, the highest leaf dry weight yield (3.75 g plant^{-1}) was obtained from Kalmegh grown 20% shading, while the lowest (0.33 g plant^{-1}) was obtained from plant shaded at 80% (Table 4). Increasing the shading intensity results in a significant ($P<0.05$) decrease in yield of Kalmegh. These results are in good agreement with the finding of Devkota and Jha (2010) also showed that increasing level of shading could reduce growth and yield of plant. On the other hand, Santiago-Santos and Cedeno-Maldonado (1991) reported that the leaf mass of ngo gai produced under 63 or 73 % shade was greater than that produced under full sun.

Table 4 Effects of different shading levels on leaf fresh and dry weight yield (g plant^{-1}) of 4 local Kalmegh cultivars at harvest.

Treatments	Leaf FWY. (g plant^{-1})	Leaf DWY. (g plant^{-1})
Main plot (Cultivars)		
Phisanulok 5-4	4.44	1.61
Prachinburi	6.20	3.37
Ratchaburi	5.11	2.28
Phichit 4-4	4.71	1.88
Sub plot (Shading levels (%))		
0 (Control)	6.11	3.13
20	6.60	3.75
40	5.49	2.83
50	4.20	1.37
80	3.16	0.33
Mean	5.11	2.28
LSD (0.05) (Cultivars)	0.92	0.43
LSD (0.05) (Shading levels)	0.76	0.31
LSD (0.05) (Cultivars x Shading levels)	ns	ns
C.V. (%) (Cultivars)	20.29	21.29
C.V. (%) (Shading levels)	18.03	16.49

ns = No significant at the 0.05 probability level ; FWY = fresh weight yield ; DWY = dry weight yield.

Conclusion

It is concluded that among the studied 4 Kalmegh varieties, Prachinburi was the best growth and yield. The highest growth and leaf dry weight yield were obtained from Kalmegh provided with 20% shading. Increased shading level above 20% significant reduced in stem growth and dry weight yield. However, production of Kalmegh should, therefore be undertaken for Prachinburi variety at 20% shading to obtain the best growth and leaf fresh and dry weight yield.

Acknowledgement

The authors thank the Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut' s Institute of Technology Ladkrabang for providing the financial support.

References

Adamson, H.Y., Chow, W.S., Anderson, J.M., Vesk, M. and Sutherland, M.W. (1991). Photosynthetic acclimation of Tradescantia albiflora to growth irradiance: morphological, ultrastructural and growth responses. Physiol. Plant. 82 : 353-359.

Akbar, S. (2011). *Andrographis paniculata*: A review of pharmacological activities and clinical effects. Alternative Medicine Review. 16(1) : 66-77.

Anonymous. (2008). Intellectual property and traditional medical knowledge. World Intellectual Property Organization. 933(134) : 1-4.

Biffa, M.A. (2003). Conservation and diversity of Hempedu Bumi (*Andrographis paniculata* nees) germplasm in Malaysia. Dissertation of Master of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Universiti Putra Malaysia. 1-25.

Chen, R.Y., Zeng, Q.L., Su, W.X., Wu, H. and Li, Z.F. (1999). Effect of shading treatments on growth and some physiological effects in *Rumhora adiantiformis*. Journal of South China Agricultural University. 20 : 77-79.

De Carvalho Gonçalves, J.F., De Sousa Barreto, D.C., Dos Santos Jr, U.M., Fernandes, A.V., Barbosa Sampaio, P.D.T. and Buckeridge, M.S. (2005). Growth, photosynthesis and stress indicators in young rosewood plants (*Aniba rosaeodora* Ducke) under different light intensities. Braz. J. Plant Physiol. 17 : 325-334.

Devkota, A. and Jha, P. K. (2010). Effect of different light levels on the growth traits and yield of *Centella asiatica*. Middle-East Journal of Scientific Research. 5(4) : 226-230.

E-Aidy, F., Moustafa, S. and El-Afry, M. (1983). Influence of shade on growth and yield of tomatoes cultivated in summer season in Egypt. Plasticulture. 59 : 33-36.

Hong, C.H., Bang, S.B. and Han, J.S. (1996). Effects of shading net on growth and yield of *Aster scaber* Thunb and *Lingularia fischeri* Turcz. RDA. J. Agric. Sci. Hort. 38 : 462-467.

Jaganath, I.B. and Teik, N.L. (2003). Malaysian herbs series 1. Smile, May/Jun 2003, 4p.

Jang, Y., Mun, B., Do, K., Um, Y. and Chun, C. (2014). Effects of photosynthetic photon flux and carbon dioxide concentration on the photosynthesis and growth of grafted pepper transplants during healing and acclimatization. Horticulture Environment and Biotechnology. 55 : 387-396.

Jeong, K.Y., Pasian, C.C. and Tay, D. (2007). Response of sux Begonia species to different shading levels. Acta Hort. 761 : 215-220.

Kakiuchi, J. and Kobata, T. (2004) Shading and thinning effects on seed and shoot dry matter increase in determi-nate soybean during the seed-filling period. Agronomy Journal. 96 : 398-405. doi:10.2134/agronj2004.0398.

Kakiuchi, J. and Kobata, T. (2006) The relationship be-tween dry matter increase of seed and shoot during the seed-filling period in three kinds of soybeans with dif-ferent growth habits subjected to shading and thinning. Plant Production Science. 9 : 20-27.

Kumar, R.N., Chakraborty, S. and Kumar, J.I.N. (2012). Influence of light and developmental stages on active principles of *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Wall. ex Nees. Indian Journal of Sciences Research. 3(1) : 91-95.

Kurosaki, H. and Yumoto, S. (2003). Effects of low tem-perature and shading during flowering on the yield com-ponents in soybeans. Plant Production Science. 6 : 17-23. doi:10.1626 /pps.6.17.

Legarrea, S., Karnieli, A., Fereres, A. and Weintraub, P.G. (2010). Comparison of UV-absorbing nets in pepper crops: spectral properties, effects on plants and pest control. Photochemistry and Photobiology. 86 : 324-330.

López-Marín, J., Gálvez, A., González, A., Egea-Gilabert, C. and Fernández, J. (2012). Effect of shade on yield, quality and photosynthesis-related parameters of sweet pepper plants. Acta Horticulturae. 956 : 545-552.

Medany, M.A., Hassanein, M.K. and Farag, A.A. (2009). Effect of black and white nets as alternative covers to sweet pepper production under greenhouses in Egypt. Acta Hort. 807 : 121-126.

Minotta, G. and Pinzauti, S. (1996). Effects of light and soil fertility on growth, leaf chlorophyll content and nutrient use efficiency of beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings. Forest Ecology and Management. 86 : 61-71.

Naidu, C.V. and Swamy, P.M. (1993). Effect of shade on growth, biomass production and associated physiological parameters in *Pongamia pinneta* (Linn.) Pierre. Indian J. Plant Physiol. 34 : 212-214.

Niranjan, A., Tewari, S.K. and Lehri, A. (2010). Biological activities of Kalmegh (*Andrographis paniculata* Nees) and its active principles - A review. Indian Journal of Natural Products and Resources. 1(2) : 125-135.

Santiago-Santos, L.R. and Cedeno-Maldonado, A. (1991). Effect of light intensities on the flowering and growth of spiny coriander (*Eryngium foetidum* L.). Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico. 75(4) : 383-389.

Saravanan, R., Krishti, S., Gajbhiye, N.A. and Maiti, S. (2008). Influence of light intensity on gas exchange, herbage yield and andographolide content in *Andrographis paniculata* (Nees.). Indian Journal of Horticulture. 65(2) : 220-225.

Sarma, A.S. (1977). Studies on growth and yield under different plant densities and photosynthetic efficiency of wheat genotypes. M.Sc. (Ag.) Thesis, G.B. Pant Univ. of Ag. And Tech. Pantnagar (Nainital).

Scuderi, D., Li Rosi, A., Cassaniti, C., Paratore, A. and Romano, D. (2008). The influence of shading levels on foliage plant growth and quality. Acta Hort. 801 : 1191-1196.

Shivasankara, K.S., Mithila, T. and Maiti, S. (2000). Effect of different light intensities on growth and yield of betel vine (*Piper betel* L.). J. Plantn. Crops. 28 : 196-200.

Taiz, L. and Zeiger, E. (2002). Plant Physiology. 3rd ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc.

Thomas, J.A., Jaffrey, A., Atsuko, C.K. and David, M.K. (2005). Regulating the proton budget of higher plant photosynthesis. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 102 : 9709-9713.

Witham, F.H ., Blaydes, D.F. and Devlin, R.M. (1971). Experiments in plant physiology. Van Nostrend Reinhold Company, New York.

Zhu, J.J., Peng, Q., Liang, Y.L., Wu, X. and Hao, W.L. (2012). Leaf gas exchange, chlorophyll fluorescence, and fruit yield in hot pepper (*Capsicum anmuum* L.) grown under different shade and soil moisture during the fruit growth stage. Journal of Integrative Agriculture 11 : 927-937.

(Received 6 January 2017, accepted 8 January 2017)

AATSEA

The 5th International Conference on Integration of Science and Technology for Sustainable Development (ICIST 2016)

Inle Cherry Queen Hotel, Southern Shan State, Myanmar

November 26-27, 2016

This

CERTIFICATE OF MERIT

is hereby awarded to

MS. SOMANAN LIPHAN

as

ORAL PRESENTATION

at the 5th International Conference on Integration of Science and Technology for Sustainable Development (ICIST 2016) held at Inle Cherry Queen Hotel, Southern Shan State, Myanmar on November 26-27, 2016

CYNTHIA C. DIVINA, Ph.D.
General Secretariat
Committee, ICIST 2016

Robert McGovern, Ph.D.
Chairman of International
Advisory Committee

KASEM SOYTONG, Ph.D.
Founder and President
AATSEA

PLANT ARCHIVES

AN INTERNATIONAL JOURNAL

National Academy Of Agricultural Science (NAAS) Has Rated The Journal **4.41**

R.N.I. NO-UPENG/2001/5119

e-ISSN : 2581-6063 (Online)

ISSN:0972-5210

ISSN : 0972-5210
ISSN : 2581-6063
(Online)

R.N.I. No. UPENG/2001/5119

Plant Archives

(International Journal of Plant Research)

Dr. R.S. Yadav, Ex. Principal, Ch. Charan Singh P.G. College, Heonra (Saifai), Etawah–(U.P.)-206130
Mob. : 09411274848

An UGC Approved Journal (No. 30969)
e-mail - ramarsy@rediffmail.com, website : www.plantarchives.org **(NAAS Rating : 4.41)**

Ref. No. : *PA3/5364* ***Dated :22.07.2019***

Dear Sir/ Madam,

I thankfully acknowledge the receipt of your manuscript. You are requested to refer the para(s) ticked (✔) below :

✔ **1.** I am pleased to inform you that your manuscript entitled **"RESPONSE OF KALMEGH (*Andrographis paniculata* (Burm. F.) Nees) TO SHADING AT DIFFERENT GROWTH STAGES"** by **Somanan Liphan and S. Detpiratmongkol** has been accepted for publication. Your paper will appear in **Vol. 19 No.2 October, 2019.**

✔ **2.** You are requested to pay **US$ 150 (One Hundred Fifty US$ only)** towards the publication cost, in the Account of ***Plant Archives,*** account no. **50033745466** of Allahabad Bank, Branch Ch. Charan Singh P.G. College, Heonra, Etawah, U.P. (India). IFSC Code is **ALLA 0212436.**

3. Your paper is being sent to referees for their comments which will be communicated to you as soon as we received any information.

4. Your paper was referred to an expert for suitability of publication. The comments of the expert and paper are enclosed herewith for revision.

5. We are sorry to let you know that our referees have not recommended your paper for publication in ***Plant Archives.***

✔ **6.** **Please recommend our journal for your departmental/institutional library.**

Thanking you and assuring you our best services at all times.

With best regards

Yours truly

Yadav

(R. S. Yadav)
Chief Editor

RESPONSE OF KALMEGH (*Andrographis paniculata* (Burm. F.) Nees) TO SHADING AT DIFFERENT GROWTH STAGES

Somanan Liphan* and S. Detpiratmongkol

Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand, 10520

Abstract

Kalmegh (*Andrographis paniculata* (Burm. F.) Nees) is a very useful medicinal herb widely used for treatments of various human diseases and symptoms: fever, cold, laryngitis, diarrhea and inflammation. However, its enhanced growth and yield as a response to shading at different growth stages have not been studied yet. Therefore, in this study, an experiment was undertaken, from January to April 2018, to investigate the effects of shading at different growth stages on the growth, yield and quality of kalmegh. The design of this pot experiment was split plot with three replications; three local kalmegh cultivars—Prachinburi, Phichit 4-4 and Phisanulok 5-4—were the main plots. The four sub-plots were 20% shading at 3 stages of growth viz: 30, 60 and 90 days after planting (DAP) till harvest and no shading which was the control. Several agronomic characteristics of kalmegh such as plant height, stem, dry weight of leaf and root, total dry weight and leaf dry weight yield were recorded. The results indicated that Prachinbuti cultivar gave the tallest plant and stem heights as well as the highest dry weight of leaf and root, total dry weight and leaf dry weight yield, followed by Phisanulok 5-4 and Phichit 4-4. Shading at different stages of growth clearly affected the growth and yield of kalmegh. No shading resulted in the least growth and yield while shading at 90 DAP promoted some growth and yield that was higher than no shading but lower than shading at 30 and 60 DAP. The maximum values of growth and yield were observed under 20% shading at 30 DAP.

Key words : Yield, Andrographolide, Kalmegh, Shading

Introduction

Medicinal plants are essential for human beings who utilize them for basic preventive and curative health care. Kalmegh (*Andrographis paniculata* (Burm. F.) Nees) is an important herb for treatments of fever, diarrhea, dysentery, cough, sore throat, bronchitis, arthralgia, haematometra, hypertension and snake bite (Madav *et al.*, 1995; Matsuda *et al.*, 1994). Kalmegh that is continuously harvested from trees in the forest may become depleted (Yusron and Januwati, 2004). However, it is widely cultivated in India, Sri Lanka, Malaya Peninsula, China and Thailand, but a proper cultivation method is required. The need for kalmegh plant as a raw material for traditional medicine continues to increase, but the supply of kalmegh harvested from farms is still unpredictable (Purwanto *et al.*, 2011). Environmental conditions such as shading strongly affect its growth (Kosma *et al.*, 2013). Solar radiation with a proper intensity, quality and duration of exposure is an important factor for its growth. When the received light intensity is low, the amount of light received by the surface area of each leaf within a specified period of time will be low as well. Lack of light leads to metabolism disorder and decreases in photosynthesis and carbohydrate synthesis rates. Conversely, if the light intensity is too high, the plant may suffer from high temperature stress and drought stress (Parwanto *et al.*, 2011). Therefore, the objective of this study was to determine the effects of 20% shading at different growth stages on the growth, yield and quality of harvested kalmegh. This study was also meant to identify the optimum period for shading, in terms of days after planting till harvest, and inform farmers so as to enhance their kalmegh production.

**Author for correspondence* : E-mail : somanan.liphan@gmail.com

Materials and methods

A field experiment was conducted at an experimental plot in the area of the Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand, during January to April, 2018. Seeds of kalmegh (Prachinburi, Phisanulok 5-4 and Phichit 4-4 varieties) were obtained from the Phichit Agricultural Research and Development Center, Pichit Province, Thailand. Three seeds were dropped into a 1-cm deep hole in the soil in plastic pots (30 cm in diameter). The pots were arranged in

the experimental plot according to a split plot randomized complete block design with 3 replications. The main plot had all three varieties of kalmegh placed in it with 20% shading. It was divided into 4 sub-plots where each received 20% shading only during one of the 4 different growth stages of kalmegh. The sub-plot treatments included the following: (1) shading for 30 days after planting (DAP) till harvest, (2) shading for 60 DAP till harvest; (3) shading for 90 DAP till harvest and (4) without shading. When the seeds grew to 15 DAP, one plant from each pot was selected and the others were pulled off from the pot. At 30 DAP, 3 replicates of each of the 3 varieties for a total of 9 pots altogether were placed in each of the four sub-plots. According to a number of previous studies, plant growth, shoot dry weight and leaf dry weight yield were the highest under 20% shading condition (Liphan and Detpiratmongkol, 2017). Therefore, in this study, the shade treatments were imposed in the field with black artificial shade nets that provided 20% shading and the no shade control provided 100% of the sun light without any shading. To keep the soil moist, all of the pots received daily irrigation of water equivalent to 5 mm of rainfall till harvest. All of the pots were weeded manually for three rounds at 15, 30 and 60 DAP.

At 120 DAP, all of the plants were washed off the dirt clinging on them with water, pulled off the pots and their heights were measured with a meter scale. Next, they were separated into fresh leaves, stems and roots for assessment of some of their growth characteristics: stem length, number of branches per plant, number of leaves per plant and leaf area. The leaf area was measured with a portable area meter, LI-COR Model LI-3000, USA. Then, these parts were dried at 80 °C for 48 h and weighed and calculated of stem dry weight per plant, leaf dry weight per plant, root dry weight per plant, total dry weight per plant, pod DW plant^{-1}, seed dry weight yield (g m^{-2}) and leaf dry weight yield.

Finally, the amounts of andrographolide and total lactone in the dry shoot biomass were determined by a method reported by Jain *et al.*, (2000) and Singh *et al.*, (2011). An analysis of variance was carried out on the obtained data, and the LSD ($p = 0.05$) was calculated (Gomez and Gomez, 1984).

Results and Discussion

Growth characteristics

Plant height

The plant heights at the time of harvest of the three kalmegh varieties varied (Table 1). The average plant height of Prachinburi variety was significantly higher than those of Phisanulok 5-4 and Phichit 4-4, by 43.25% and 61.28% respectively. Different periods of shading strongly influenced plant height. The average height of plants grown under shading at 30 DAP was higher than that of plants grown under shading at 60 DAP and 90 DAP, by 27.28% and 43.11% respectively. The kalmegh plants grown unshaded (control) had the lowest height. Increased treatment plant heights can be attributed to the favorable shade condition which might make the plants grow taller by increasing their cell division and elongation (Himbindu *et al.*, 2017; Saravanan *et al.*, 2008). A few previous studies reported that kalmegh grown under shade were taller than those under no shade (Saravanan *et al.*, 2008; Rosli *et al.*, 2018). In addition, shaded kalmegh grew taller with a larger canopy than those grown under no shade so that it could capture more light. The kalmegh plants grew taller because their stems elongated more in response to the low red to far-red ratio light that they were exposed to. Red to far-red ratio is the ratio of light at 655–605 nm to light at 725–735 nm. Red light suppresses stems from elongating while far-red light enhances elongation (Smith, 2000; Franklin and Whitelam, 2005). Shading decreases this ratio and stimulates the cells of the stems to make more phytohormones such as auxin, cytokinin and gibberellin (Müller and Leyse, 2011). These phytohormones cause the stems to elongate resulting in taller plants. This explains why the height and canopy of shaded kalmegh in this study were taller and more abundant. Several research results suggest that plant height depends on stem elongation (Liu *et al.*, 2016; Nagashima and Hikosaka, 2011).

Number of branches plant^{-1}

Among three kalmegh varieties (Table 1), the variety that yielded the highest number of branches plant^{-1} was Prachinburi, followed by Phisanulok 5-4 and Phichit 4-4 (Table 1). The number of branches plant^{-1} was affected by the different periods of shading. The maximum of number of branches plant^{-1} was found in the plant grown under shading at 30 DAP, followed by those grown under shading at 60 DAP and 90 DAP in this order. The minimum of number of branches plant^{-1} was found in the plant grown under no shading (control). The number of branches plant^{-1} might depend on the height of the plant which favored formation of more lateral buds: a taller plant yielded a higher number of branches plant^{-1}. This phenomenon was also reported by Singh *et al.*, (2011) and Sunil Kumar *et al.*, (2011).

Number of leaves plant^{-1} and leaf area index

Significant variations of the number of leaves per plant and leaf area index among the three local kalmegh varieties can be observed in Table 1. The highest number of leaves per plant and leaf area index was yielded by the Prachinburi variety and the lowest was yielded by Phichit 4-4. Shading at different growth stages significantly affected the number of leaves per plant and leaf area index compared to the control (no-shading treatment). The numbers of leaves per plant shaded at 30 DAP were 9.39%, 32.36% and 40.05% greater than those shaded at 60, 90 DAP and no-shading, respectively. The results of leaf area index were similar to those of number of leaves plant^{-1}.

All of these results indicate that shading at different growth stages treatments increased the number of leaves per plant compared to no-shading. The number of leaves per plant under a shade were influenced by the light intensity and exposure duration that the plant got. The plant that received an appropriate light intensity for a proper duration, especially intensity at 20% shading for a period of 30 DAP till harvest, achieved a proper balance between water transpiration from its leaves and water and mineral absorption by its roots, resulting in good photosynthesis and high accumulation of carbohydrate; thus, its growth and development was close to perfect. This result agrees well with those reported by Sulandjari *et al.*, (2005) and Purwanto (2011). A previous study also reported that the total leaf area per plant of shaded kalmegh was the highest, whereas plants grown under no shade produced the lowest total leaf area per plant (Saravanan *et al.*, 2008).

Stem dry weight

Stem dry weights were significantly different among the three kalmegh varieties (Table 2). The stem dry weight of Prachinburi variety was 41.06%, 51.40% greater than those of Phisanulok 5-4 and Phichit 4-4, respectively. The stem dry weight of the plant shaded at 30 DAP till harvest was higher than those of the plants shaded at 60 and 90 DAP till harvest by 9.63% and 18.94%, respectively. The lowest stem dry weight was from the plant grown under no shade (control).

Leaf dry weight

The leaf dry weights differed among the three kalmegh varieties (Table 2). In comparison, the leaf dry weight of Prachinburi variety was the highest, followed by those of Phisanulok 5-4 and Phichit 4-4 in this order. A significant increase in leaf dry weight was observed in the plant grown under a longer shading period. The kalmegh grown under shade at 30 DAP till harvest yielded the highest leaf dry weight while the kalmegh grown under no-shade (control) yielded the lowest leaf dry weight.

Our result indicates that a longer period of shading resulted in a remarkable increase in plant height, number of branches plant^{-1}, stem dry weight and leaf dry weight. This finding agrees well with the findings from a study by Detpiratmongkol and Liphan (2018) that a minimum continuous shading level (20%) at an early growth stage till harvest not only increased kalmegh plant height but also its growth parameters such as number of branches plant^{-1}, stem and leaf dry weights as well as seed and leaf dry weight yield (Detpiratmongkol and Liphan, 2018).

Root dry weight

Root dry weight varied significantly among the varieties (Table 2). The highest root dry weight was from Prachinburi variety. It was 37.50% and 53.13% greater than those of Phisanulok 5-4 and Phichit 4-4. Shading had a significant effect on the root dry weight of kalmegh. The plant grown under shading at 30 DAP till harvest had the highest root dry weight, followed by those grown under shading at 60 and 90 DAP till harvest in this order, whereas the plant grown under no shade (control) had the lowest. Previous tudies have reported that plants grown under a shading condition were taller and had a greater leaf, stem and root dry mass than those grown under no shade (Pitono *et al.*, 1996; Rosli *et al.*, 2018).

Pod dry weight

Pod dry weight varied among the three kalmegh varieties (Table 2). The pod dry weight of Prachinburi variety was 52.00%, 80.00% larger than those of Phisanulok 5-4 and Phichit 4-4 in this order. The pod dry weight of kalmegh grown under shading at 30 DAP till harvest was the highest; it was greater than those of kalmegh grown under shading at 60 and 90 DAP till harvest by 6.25% and 18.75%, in this order. The lowest pod dry weight was from kalmegh grown under no shade.

Total dry weight

The trend in total dry weight was similar for stem, leaf, root and pods (Table 2). The highest total dry weight was from Prachinburi variety; it was greater than those of Phisanulok 5-4 and Pichit 4-4 by 30.9% and 64.9%, in this order. The total dry weights of kalmegh shaded at different growth stages were greater than that of kalmegh grown under no shade. Kalmegh grown under 30 DAP till harvest gave the highest total dry weight; it was 14.29% and 20.96% higher than those yielded by

kalmegh grown under shading at 60 and 90 DAP till harvest. Kalmegh grown under no shade gave the lowest total dry weight.

Yield and andrographolide content

Seed dry weight yield

Similar to the results for pod dry weight and total dry weight (Table 3), the highest seed dry weight was from Prachinburi variety while the lowest was from Phichit 4-4. The seed dry weight yield was greatly affected by shading at different growth stages. The highest seed dry weight yield was from the shading condition of 30 DAT till harvest, followed by shading at 60 and 90 DAP till harvest in this order, whereas the lowest was from kalmegh grown under no-shade condition.

Leaf dry weight yield

The results on leaf dry weight yield are presented in Table 3. They indicate that the leaf dry weight yield strongly depended on the kalmegh variety. The maximum leaf dry weight yield was observed in Prachinburi variety, followed by Phisanulok 5-4 and Phichit 4-4. Shading at different growth stages also strongly affected leaf dry weight yield compared to the no-shading condition. The highest leaf dry weight yield was obtained with the kalmegh grown under a condition of shading at 30 DAP till harvest, which was higher than those grown under a 60 or 90 DAP till harvest condition by 7.71% and 15.44% respectively. Kalmegh grown under no-shading condition gave the lowest leaf dry weight yield.

Andrographolide content (%)

The results of the determination of andrographolide content are shown in Table 3. Significant variations were found with respect to andrographolide content among the kalmegh varieties. The Prachinburi variety had a 15.48% and 30.54% higher andrographolide content than those of Phisanulok 5-4 and Phichit 4-4, respectively. The andrographolide content in leaf also varied with the condition of shading. The highest andrographolide content was recorded for the plant grown under the shading condition of 30 DAP till harvest, followed the conditions of 60 and 90 DAP till harvest in this order, whereas the lowest content was observed in the plant grown under a no-shading condition.

Some researchers have studied the agronomic requirements for enhancing the growth and quality of kalmegh (Ramesh *et al.*, 2011; Mishra and Jain, 2013). They found that yield improvement and quality of crops correlated with optimum level and duration of its exposure to light. There has been a report that kalmegh responded positively to light (Niranjan et al., 2010). In addition, light strongly affected plant growth and yield potential (Zhu *et al.*, 2012). Kalmegh responded to variations in light intensity and exposure duration by changing their morphology and developing its growth characteristics such as taller height as well as higher leaf, stem and root dry weights and yields (Kumar *et al.*, 2009).

Shading reduces the active primary radiation in photosynthesis, resulted in a decrease net assimilation of light (Lambers and Poorter, 1992), an increase in stored photosynthetic products in the storage organs such as root (Schaffer, 1996), and a decrease in plant dry weight (Purwanto *et al.*, 2011). The authors of this last reference also reported that kalmegh needed shading in the range of 25% to 50% for optimum growth and andrographolide production. In this study, the maximum growth and yield parameters were observed under the condition of 20% shading at 30 DAP till harvest. The timing of shading clearly affected the growth and yield. The no-shading condition caused the greatest growth and yield reduction. Rosli *et al.*, (2018) reported that the growth as well as the quantity and quality of kalmegh grown under 40% shading at an early growth stage of 60 days after transplanting were enhanced.

Conclusion

It could be concluded that the Prachinburi variety was the best variety compared to Phisanulok 5-4 and Phichit 4-4. Shading at different growth stages improved its growth and yield. The best shading condition was 20% shading at 30 days after planting till harvest which improved its growth and yield the most.

Acknowledgements

The authors are thankful to the Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Bangkok, Thailand, for providing the research facilities and financial assistance (Grant No. 2561-01-04-011). We are also grateful to the National Research Council of Thailand for their provision of financial assistance (Grant for Ph.D. Degree Student Fly 2019, KMITLGRAD03/2562). We also wish to thank Dr. Charan Ditchaiwong and the Phichit Agricultural Research and Development Center of Thailand for providing the seeds of local kalmegh cultivars we used in the experiment. Lastly, we wish to express our gratitude to Mr. Pratana Kangsadal, the KMITL Proofreader, for reviewing and giving comments on the manuscript.

References

Detpiratmongkol, S. and S. Liphan (2018). Effects of different harvesting times on growth, yield and quality of Kalmegh (*Andrographis paniculata* Wall Ex. Nees). *International Journal of Agricultural Technology*, **14(7):** 1161-1170.

Franklin, K. A. and G. C. Whitelam (2005). Phytochromes and shade-avoidance responses in plants. *Ann Bot (Lond)*, **96:** 169-175.

Gomez, K. A. and A. A. Gomez (1984). *Statistical procedures for agricultural research.* Wiley International Publishers, New York, 156-174.

Himbindu, T., N. Hariprasad Rao, G. Satyanarayana Reddy and K. P. Sastry (2017). Effect of time of planting and harvesting on growth, herbage yield and andrographolide content in Kalmegh (*Androphis paniculata* Nees.). *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, **6:** 46-49.

Jain, D. C., M. M. Gupta, S. Saxena and S. Kumar (2000). LC analysis of hepatoprotective diterpenoids from *Andrographis paniculata. J. Pharm. Biomed. Anal,* **22(4):** 705-709.

Kosma, C., V. Triantafyllidis, A. Papasavvas, G. Salahas and A. Patakas (2013). Yield and nutritional quality of greenhouse lettuce as affected by shading and cultivation season. *Emir. J. Food Agric*, **(12):** 974-979.

Kumar, R. N., S. Chakraborty and J. I. N. Kumar (2009). Effect of light stress on peroxidase, succinate dehydrogenase and total chlorophyll content in Andrographis paniculate. *Asian J. Environ. Sci*, **4(1):** 34-38.

Lambers, H. and H. Poorter (1992). Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecological consequences. *Adv. Ecol. Res*, **23:** 187-261.

Liphan, S. and S. Detpiratmongkol (2017). Influence of different shading levels on growth and yield of kalmegh *Andrographis paniculata* Burm. f. (Nees). *International Journal of Agricultural Technology*, **13(1):** 79-89.

Liu, H., C. Yang and L. Li (2016). Shade-induced stem elongation in rice seedlings: Implication of tissue-specific phytohormone regulation. *Journal of Integrative Plant Biology*, **58(7):** 614–617.

Madav, S., H. C. Tripathi, S. K. Tandon and S. K. Mishra (1995). Analgesic, antipyretic and antiucerogenic effects of andrographolide. *Indian J Pharm Sci*, **157:** 121-125.

Matsuda, T., M. Kuroyanagi, S. Sugiyama, K. Umehara, A. Ueno and K. Nishi (1994). Cell differentiation-inducing diterpenes from Andrographis paniculata Nees. *Chem Pharm Bull*, **42:** 1216-1225.

Mishra, S. and A. Jain (2013). Effect of integrated nutrient management on andrographolide content of *Andrographis paniculata. Nature and Science*, **11(8):** 30-32.

Müller, D. and O. Leyse (2011). Auxin, cytokinin and the control of shoot branching. *Annals of Botany*, **107:** 1203-1212.

Nagashima, H. and K. Hikosaka (2011). Plants in a crowded stand regulate their height growth so as to maintain similar heights to neighbours even when they have potential advantages in height growth. *Annals of Botany*, **108:** 207-214.

Niranjan, N., S. K. Tewari and A. Lehri (2010). Biological activities of Kalmegh (*Andrographis paniculata* Nees) and its active principles-A review. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, **1(2):** 125-135.

Pitono, J., M, Januwati and N. Ngadimin (1996). Pengaruh naungan terhadap pertumbuhan dan produksi terna tanaman sambiloto. *Warta Tumbuhan Obat Indonesia*, **3(1):** 39-40.

Purwanto, E., S. Samanhudi and S. Sudarmi (2011). Studies of shading levels and nutrition sources on growth, yield and androgrpholide content of sambiloto (*Andrographis paniculata* Ness). *Agrivita*, **33(3):** 300-306.

Ramesh, G., M. B. Shivanna and R. A. Santa (2011). Interactive influence of organic manures and inorganic fertilizers on growth and yield of kalmegh. (*Andrographis paniculata* Nees.). *Int. Res. J. Pl. Sci.*, **2(1):** 16-21.

Rosli, K. A., S. A., Hassan, M. T. M. Mohamed, J. Stanslas, R. Murdad, S. M. Sharif, I. A. M. Selamat and M. M. Lassim (2018). Growth and morphological responses of *Andrographis paniculata* to varying shade and nitrogen fertilization. *International Journal of Biosciences*, **12(1):** 386-402.

Saravanan, R., S. Krishti, N. A. Gajbhiye and S. Maiti (2008). Influence of light intensity on gas exchange, herbage yield and andographolide content in *Andrographis paniculata* (Nees.). *Indian Journal of Horticulture*, **65(2):** 220-225.

Schaffer, A. A. (1996). *Photo assimilates distribution in plant and crops.* Marcel Dekker, Inc, New York, 1-16.

Singh, M., A. Singh, A. S. Tripathi, R. K. Verma, M. M. Gupta, H. O. Mishra, H. P. Singh and A. K. Singh (2011). Growth behavior,

biomass and diterpenoid lactones production in Kalmegh (*Andrographis paniculata* Nees.) strains at different population densities. *Agricultural Journal*, **6(3):** 115-118.

Smith, H. (2000). Phytochromes and light signal perception by plants—anemerging synthesis. *Nature*, **407:** 585–591.

Sulandjari, S., S. Pramono, S. Wisnubroto and D. Indradewa (2005). Microclimate relationships with growth and yield of pandak pule (*Rauvolfia serpentina* Benth.). *Agrosains*, **7(2):** 71-76.

Sunil Kumar, B. V., A. Kumar and M. Kataria (2011). Effect of heat stress in tropical livestock and different strategies for its amelioration. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, **7(1):** 45-54.

Yusron, M. and M. Januwati (2004). *Pengaruh kondisi agroekologi terhadap produksi dan mutu simplisia sambiloto* (*Andrographis paniculata*). Prosiding Seminar Nasional XXVI, Tumbuhan Obat Indonesia, Padang, 211-216.

Zhu, J., Y. Liang, Y. Zhu, W. Hao, X. Lin, X. Wu and A. Luo (2012). The interactive effects of water and fertilizer on photosynthetic capacity and yield in tomato plants. *Australian Journal of Crop Science*, **6(2):** 200-209.

Table 1 : Effects of different times of shading on plant height, number of branch plant^{-1}, number of leaves plant^{-1} and leaf areas of 3 local kalmegh cultivars at harvest (120 days after planting).

Treatments	Plant height (cm)	Number of branch plant^{-1} (branch)	Number of leaves plant^{-1} (leaves)	Leaf area index (LAI)
Cultivars (A)				
Prachinburi	56.41 A*	29.45 A	47.18 A	0.82 A
Phisanulok 5-4	32.04 B	18.20 BC	39.81 B	0.50 B
Phichit 4-4	21.84 B	15.22 B	28.65 C	0.33 C
Times of shading (B)				
30 DAP till harvest	58.10 a	25.20 a	25.28 a	0.64 a
60 DAP till harvest	42.25 b	22.48 b	42.17 ab	0.56 b
90 DAP till harvest	33.05 bc	20.26 b	38.21 b	0.52 bc
No shading (control)	20.31 c	18.55 c	28.52 c	0.48 c
LSD (A) (0.05)	5.14	4.73	5.32	0.09
LSD (B) (0.05)	5.70	2.40	5.09	0.07
LSD (AxB) (0.05)	ns	ns	ns	ns
C.V. (A) (%)	11.82	19.33	12.18	15.20
C.V. (B) (%)	14.98	11.22	13.34	12.73

ns = No significant at the 0.05 probability level; * = value within a column to followed by the different letters are significantly different by DMRT $p \leq 0.05$.

Table 2 : Effects of different times of shading on stem, leaves, root, pod dry weight and total dry weight of 3 local kalmegh cultivars at harvest (120 days after planting).

Treatments	Stem DW. (g plant^{-1})	Leaves DW. (g plant^{-1})	Root DW. (g plant^{-1})	Pod DW. (g plant^{-1})	Total DW. (g plant^{-1})
Cultivars (A)					
Prachinburi	3.58 A*	2.84 A	0.32 A	0.25 A	5.30 A
Phisanulok 5-4	2.11 B	2.05 B	0.20 B	0.12 B	3.66 B
Phichit 4-4	1.74 C	1.29 C	0.15 C	0.05 C	1.86 C
Times of shading (B)					
30 DAP till harvest	3.22 a	2.42 a	0.26 a	0.16 a	4.34 a
60 DAP till harvest	2.91 ab	2.10 ab	0.23 ab	0.15 a	3.72 b
90 DAP till harvest	2.61 b	1.95 b	0.21 b	0.13 bc	3.43 bc
No shading (control)	1.14 c	1.72 c	0.17 c	0.12 c	2.93 c
LSD (A) (0.05)	0.32	0.28	0.02	0.01	0.49
LSD (B) (0.05)	0.35	0.25	0.03	0.01	0.36
LSD (AxB) (0.05)	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (A) (%)	11.28	11.94	14.55	10.91	12.10
C.V. (B) (%)	14.30	12.39	15.16	13.43	10.20

ns = No significant at the 0.05 probability level; DW = dry weight; DAP = days after planting; * = value within a column to followed by the different letters are significantly different by DMRT $p \leq 0.05$.

Table 3 : Effects of different times of shading on seed and leaf dry weight yield and andrographolide content in leaf of 3 local kalmegh cultivars at harvest (120 days after planting).

Treatments	Seed DWY. ($g\ m^{-2}$)	Leaf DWY. ($g\ m^{-2}$)	Andrographolide content (%)
Cultivars (A)			
Prachinburi	3.57 A*	40.44 A	2.39 A
Phisanulok 5-4	2.11 B	29.40 B	2.02 B
Phichit 4-4	1.74 C	18.29 C	1.66 C
Times of shading (B)			
30 DAP till harvest	3.22 a	33.74 a	2.33 a
60 DAP till harvest	2.91 ab	31.14 b	2.16 ab
90 DAP till harvest	2.61 b	28.53 b	1.99 b
No shading (control)	1.14 c	24.10 c	1.60 c
LSD (A) (0.05)	0.32	3.66	0.24
LSD (B) (0.05)	0.35	2.97	0.24
LSD (AxB) (0.05)	ns	ns	ns
C.V. (A) (%)	11.28	11.01	10.46
C.V. (B) (%)	14.30	10.21	11.98

ns = No significant at the 0.05 probability level; DWY = dry weigh yieldt; * = value within a column to followed by the different letters are significantly different by DMRT $p \leq 0.05$.

PLANT ARCHIVES

AN INTERNATIONAL JOURNAL

National Academy Of Agricultural Science (NAAS) Has Rated The Journal **4.41**

R.N.I. NO-UPENG/2001/5119

e-ISSN : 2581-6063 (Online)

ISSN:0972-5210

ISSN : 0972-5210
ISSN : 2581-6063
(Online)

R.N.I. No. UPENG/2001/5119

Plant Archives

(International Journal of Plant Research)

Dr. R.S. Yadav, Ex. Principal, Ch. Charan Singh P.G. College, Heonra (Saifai), Etawah–(U.P.)-206130
Mob. : 09411274848

An UGC Approved Journal (Group "A" of UGC-CARE List Sl. No.-365)
e-mail - ramarsy@rediffmail.com, website : www.plantarchives.org **(NAAS Rating : 4.41)**

Ref. No. : *PA3/5603* ***Dated :10.09.2019***

Dear Sir/ Madam,

I thankfully acknowledge the receipt of your manuscript. You are requested to refer the para(s) ticked (✔) below :

✔ **1.** I am pleased to inform you that your manuscript entitled **"INFLUENCE OF SHADING LEVELS ON GROWTH, YIELD AND ANDROGRAPHOLIDE CONTENT OF KALMEGH"** by **Somanan Liphan and S. Detpiratmongkol** has been accepted for publication. Your paper will appear in **Vol. 20 No.1 April, 2020.**

✔ **2.** You are requested to pay **US$ 150 (One Hundred Fifty US$ only)** towards the publication cost, in the Account of ***Plant Archives,*** account no. **50033745466** of Allahabad Bank, Branch Ch. Charan Singh P.G. College, Heonra, Etawah, U.P. (India). IFSC Code is **ALLA 0212436.**

3. Your paper is being sent to referees for their comments which will be communicated to you as soon as we received any information.

4. Your paper was referred to an expert for suitability of publication. The comments of the expert and paper are enclosed herewith for revision.

5. We are sorry to let you know that our referees have not recommended your paper for publication in ***Plant Archives.***

✔ **6.** **Please recommend our journal for your departmental/institutional library.**

Thanking you and assuring you our best services at all times.

With best regards

Yours truly

Yadav

(R. S. Yadav)
Chief Editor

INFLUENCE OF SHADING LEVELS ON GROWTH, YIELD AND ANDROGRAPHOLIDE CONTENT OF KALMEGH

Somanan Liphan* and S. Detpiratmongkol

Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand, 10520

Abstract

We studied the growth, yield and andrographolide content of three local kalmegh (*Andrographis paniculata* (Burm. F.) Nees) responses to varying shade levels under green house conditions, from March to July 2018 in Thailand. Our experiment was laid out in a split plot design with three replications. Three local kalmegh varieties (Prachinburi, Nakhon Prathom and Saraburi) and four shading levels (0% , 25% , 50% and 75% shading) were applied to the test plots. Stem height, stem, leaf and root dry weight and leaf number per plant, seed and leaf dry weight yield and andrographolide content were recorded. The Prachinburi variety, followed by Nakhon Prathom and Saraburi, showed the strongest growth under all shade conditions. Different shading levels strongly influenced growth and kalmegh yield. The highest growth, stem, leaf, root, total dry weight, seed and leaf dry weight yield and andrographolide content were registered at 25% shading levels followed by 0%, 50% and 75% shading levels. We concluded that 25% shading and the local Prachinburi variety kalmegh should be recommended.

Key words **:** Growth, Yield, Andrographolide, Kalmegh, *Andrographis paniculata*, Shading

Introduction

Andrographis paniculata (Burm. F.) Nees commonly known as kalmegh belonging to family Acanthaceae, is an important medicinal plant, widely used in India and south-east Asian countries, such as Thailand and Indonesia, for treatment of malaria, liver disorder, hypertension, bowel complaints, fever, snake bite, common cold and variety of other ailments (Parasher *et al.*, 2011; Valdiani *et al.*, 2012)

Light is the main environmental factor which determines crop development: all plants are sensitive to it. Light plays an important role in chlorophyll synthesis, enzyme activation, and photosynthesis, thus governing plant growth and development. Excessive light intensity inhibits photosynthesis as it destroys photosynthetic pigments (Kumar *et al.*, 2012). Under natural conditions, kalmegh may be found in both shaded and wide open areas. Purwanto *et al.* (2011) reported that the shading level influenced growth and yield of kalmegh. Shading at 25% led to the best growth characteristics and yield, while the highest andrographolide content was observed at 50% shading levels. In contrast, Gundadon *et al.* (2015) found that kalmegh grown under full sunlight did not differ from those under 50% shade in height but produced more branches and leaves as on the main plant stem. Rosli *et al.* (2018) compared two shade levels, 0%, and 40%, and reported that 40% shaded plants grew taller with greater total leaf area, specific leaf area ratio and net assimilation rate than sun-grown plants. During the growing period, growth and crop yield was closely related to the amount of solar energy received. However, this may be a lack of information on growth and physiology related to different light intensities of kalmegh (Saravanan *et al.* 2008). Therefore, the aim of this experiment is to evaluate the kalmegh in growth and yield response to different shading levels. So, we evaluated kalmegh growth and yield response to different shading levels.

**Author for correspondence* : E-mail : somanan.liphan@gmail.com

Materials and methods

Plants were grown in the glass house of the Department of Plant Production Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand (13°44'33"N, 100°46'51"E) during March to July 2018.

Experimental design: The experiment was arranged in a split plot design with three replications. The main plot treatments use three local kalmegh varieties (Prachinburi, Nakhon Prathom, and Saraburi) while sub plot treatments used four different shading levels (0%, 25%, 50%, and 75% shading).

For placing the shading material, four 2 m high posts were erected above the treatments and then different shading material was stretched between these posts so that it was hanging on the sides, but not touching the ground to ensure ventilation. Three local kalmegh cultivar such as Prachinburi, Nakhon Prathom, and Saraburi were planted in main-plots. Black perforated plastic matting with 25, 50 and 75% transparency level was used as shade material. For 0% shading, the plant was fully exposed to sunlight.

Plant material and transplanting: The seeds of three local kalmegh varieties were obtained from Phichit Agricultural Research and Development Center, Phichit Province, Thailand. It was the place which was the largest collecting germplasm, local and hybrid of kalmegh varieties. One seed was sown (10 mm deep) in small plastic bags and then 30-day old seedlings, 150 mm high, were transplanted to plastic plots 300 mm in diameter and 300 mm of deep soil, approximately 30 kg. The soil was Bangkok series and clay in texture (Land development department, 2019) with pH 6.10, ie slightly acidic. One seedling was transplanted into each pot. The pot was irrigated everyday after transplanting until harvest to keep the soil moist. For fertilizer, the plant was given a base dose, 35 kg ha^{-1} of Nitrogen fertilizer was applied as urea (46% of N) at 300 kg (N) ha^{-1} of which 50% was applied as a basal dose and 50% at the 30 DAT. P [150 kg (P_2O_5) ha^{-1}] and K [150 kg (K_2O) ha^{-1}] were applied as ordinary superphosphate (12% of P_2O_5 and 12% of S) and potassium sulfate (50% of K_2O). All of P and K fertilizers were applied at one day before transplanting. Weeds were removed manually at 15, 30 and 60 DAT to minimize weed competition. The kalmegh plants were sampled at 120 DAT to measure their physical characteristics (stem length per plant, stem, leaf, root dry weight per plant, total dry weight, seed, and leaf dry weight yield). Dry weight per plant was measured by drying the plants at 80 °C for 48 h. Plant height was recorded by measuring the length of the plant from the soil surface to the top of the plant. The number of branches per plant was counted each plant and the average number of branches per plant was calculated. Seed and leaf dry weight yield per pot were noted and seed and leaf dry weight yield per square meter were calculated. At 120 DAT, total andrographolide was measured by HPLC following the method of Saxena *et al.* (2000) and Rajani *et al.* (2000).

Statistical analysis: The experiment was arranged in a split plot in a randomized complete block design with three replications following Snedecor and Cochran (1980). Analysis of variance using the SPSS for Windows 14.0 software package and means compared by the Least Significant Difference (LSD) test at P=0.05 level of significance.

Results and Discussion

Growth characteristics

Plant height

Plant height (cm) differed significantly differed among the kalmegh varieties at harvest (Table 1). Maximum plant height was recorded from Prachinburi variety: it was 17% greater than the Nakhon Prathom and 37% greater than the Saraburi variety. There was significant ($P<0.05$) difference in plant height between plants grown under the different shading levels. Plants grown under 75% shading were the highest and were 11% higher compared to 50% shading and 26% higher than 25% shading, while plants were grown under full sun (0% shading) were the lowest. These results agree with those of Saravanan *et al.* (2008). Plant height varied significantly with light intensity. It was reduced up to 32% under full light (0% shading) compared to 25% light. The plants were shorter with reduced internodal length and more compact under full sun. Similarly, Boardman (1977) and Purwanto (2011) also noted that plants grown in the shade tended to be taller with a long stem segment composed of thin-walled cells, larger intercellular spaces and fewer transport tissue and binding tissue. This can be attributed to the activity of auxin. In the other words, kalmegh plants grew well with shading levels of 25 to 75%.

Number of branches

The degree of branching or number of branches per plant varied significantly among the varieties at harvest (Table 1). The Prachinburi variety showed higher branching than the others. Branching was affected by shading level. The highest branching degree was observed in plants under 25% shading. The lowest branching was observed with 75% shading.

Stem dry weight

Significant variation was found in stem dry weight. The Prachinburi variety recorded the highest stem dry weight followed by Nakhon Prathom and then Saraburi varieties. Shade also affected stem dry weight, with the highest stem dry weight obtained at 25% shading and it decreased by 19% at 0% shading, by 27% at 50% and by 30% at 75% shading.

Leaf dry weight and number of leaves per plant

Significant variation was found in leaf dry weight and number of leaves per plant at harvest (Table 1). Again, the Prachinburi variety showed the highest and Saraburi the lowest. Shading levels led to significant ($P<0.05$) differences also, with the highest values at 25% shading, followed by 0% and 50% shading with the lowest at 75% shading. Higher numbers of leaves per plant and leaf dry weight observed at harvest was attributed to increased growth (number of branches per plant) which generated more leaves. Similar finding was reported by Ashok *et al.* (2002) and Sanwal *et al.* (2016). The production of plants with more number of branches per plant by the formation of more lateral buds. The results are in conformity with the finding of Kumar *et al.* (2009) and Parashar *et al.* (2011) in kalmegh. In contrast to Saravanan *et al.* (2008) reported that total leaf area per plant was the highest under full light conditions followed 25% shading. Lowest leaf area was recorded in plants grown under 70% shading.

Root dry weight

Root dry weight also varied with variety at harvest (Table 1). This followed the trend observed for the other parameters with Prachinburi variety showing the highest root dry weight and the Saraburi variety showing the lowest.

Pod dry weight

Pod dry weight differed among three varieties (Table 2): the trend was the same as for the other varieties with Prachinburi showing the maximum. Pod dry weight was also attributed to increased growth (number of branches per plant) and was consistent with reports by Kumar *et al.* (2009); Parashar *et al.* (2011).

Total dry weight

The trend for total dry weight followed the same pattern, agreeing with the work of Araki *et al.* (2014). However, Omar *et al.* (2016) found that shoot fresh weight and shoot dry weight disclosed increased with the increase in shade level or lowered total sun exposure, i.e. the minimum shoot dry weight was obtained under full sunlight. Singh *et al.* (2011) also reported that growth and dry matter yield decreased with lower sun exposure. This might be due to the fall of lower leaves, which became yellow and dry due to shading. Saravanan *et al.* (2008) also concluded that the total herbage and andrographolide content were the highest under full light conditions and that kalmegh is suitable for open cultivation. Purwanto *et al.* (2011) confirmed this. However, significant differences in total biomass were not observed for plants grown under 70 and 50% light levels.

Plant yield and andrographolide content

Seed dry weight yield

Maximum seed dry weight (g m^{-2}) was found in Prachinburi variety and was 27% greater than Nakhon Prathom and 48% greater than Saraburi. The same trend with shading level was observed.

Leaf dry weight yield

Leaf dry weight yield (g m^{-2}) was again highest in the Prachinburi variety and 15% lower for Nakhon Prathom and 30% larger than Saraburi with the same trend for shading level.

Andrographolide content

The Prachinburi variety produced more andrographolide content than Nakhon Prathom and Saraburi see Table 3. Andrographolide content decreased significantly with increasing shading levels. The highest andrographolide content (2.9%) was recorded at the 25% shading level. It was reduced by 60% at the 75% shading level. Saravanan (2008) reported that the role of light in biosynthesis of andrographolide and the metabolism control was not yet understood. Shade indirectly plays a role, by altering the basic processes, like photosynthesis and respiration, and thereby changing the flux of metabolites and reducing power generated through the light reaction which may in turn, modify synthesis and accumulation of andrographolide. Similar findings were reported by Purwanto *et al.* (2011), who found that the kalmegh plant needed shading in the 25% to 50% range for optimum growth and andrographolide production. Rosli *et al.* (2018) reported that andrographolide content of shaded plants was slightly higher than sun-grown plants. Liphan and Detpiratmongkol (2017) reported a maximum andrographolide content at 20% shading level and a minimum at the 80% shading level.

Significant variations were found in respect of growth and yield among the local kalmegh cultivars. As three local kalmegh cultivars (Nakhon Prathom, Prachinburi and Saraburi) cultivars had significant in nine characteristics with each other. Prachinburi had the tallest plants (300 mm), number of branches per plant (34.6) and highest weights per plant: stem (53.9 g), leaf (25.9), root dry weight (14.2 g), pod dry weight (5.1 g), total dry weight (95.4 g), seed (48.3 g) and leaf dry weight yield (365 g m^{-2}) followed by the Nakhon Prathom and Saraburi varieties. These results confirm other work (Detpiratmongkol *et al.* 2016;

Detpiratmongkol *et al.* 2017; Liphan and Detpiratmongkol 2017). Sandeep *et al.* (2009) also reported that genotypes have a significantly different effect on plant height, stem, and leaf dry matter, total dry matter and dry matter yield.

Plant growth is affected by many environmental factors, such as insolation, temperature, soil, fertilizer and so forth. Significant differences in growth, yields, and andrographolide content were observed with shading levels. The maximum seed dry weight yield and total dry weight were obtained for the crop under 25% shade followed by the full sun (0% shade) and 50% shade levels. The lowest was recorded at 75% shade levels. We concluded that the optimum growth of kalmegh required limited shading for better growth. However, shade at more than 50% would decrease plant growth due to the high reduction of photosynthesis. As shown in Tables 1 and 2, the stem, leaf, and root dry weight and total dry weight and yield were the highest under 25% shading, followed 0% and 50% shading levels and lowest growth characters were recorded under 75% shading levels. This previous work of Liphan and Detpiratmongkol (2017) who were found that shading affected on growth and yield of kalmegh.

Conclusion

Our study clearly indicated that the highest plant height, stem leaf and root dry weight, total dry weight, seed, and leaf dry weight yield were obtained by the Prachinburi variety, followed by Nakhon Prathom and Saraburi. For different shading levels; shading had significant difference for all the growth characters studies. The maximum of stem, leaf and root dry weight, total dry weight and dry weight yield were obtained with 25% shading levels and the minimum was achieved with 75% shading level. Therefore, the use of the Prachinburi variety and plants grown under 25% shading levels were recommended.

Acknowledgements

We thank the National Research Council of Thailand for financial assistance (Thesis Grant for Doctoral Degree Student Fly 2019, KMITLGRAD03/2562). We also thank the Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand for research facilities. We are grateful to Dr. Charan Ditchaiwong and Phichit Agricultural Research and Development Center for providing local kalmegh cultivars seeds that are used in this experiment and Assoc. Prof. Dr. John Morris, the KMITL Proofreader, for reviewing and giving comments on the manuscript.

References

Araki, T., T. T. Oo and F. Kubota (2014). Effects of shading on growth and photosynthetic potential of green gram (*Vigna radiata* L. Wilczek) cultivars. *Environment Control Biology*, **52(4):** 227-231.

Ashok, K., A. Amit, M. Sujatha, B. Murali and M. S. Anand (2002). Effect of aging on andrographolide content in Kalmegh. *Journal of Natural Remedies*, **292:** 179-181.

Boardman, N. K. (1977). Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Annual Review of Plant Physiology*, **28:** 355-377.

Detpiratmongkol, S., S. Liphan and S. Yoosukyingsataporn (2016). *Effects of plant spacing on growth and yield of Kalmegh (Andrographis paniculata (Burm.f.) Nees).* Asia-Pacific Conference on Engineering and Applied Science (2016 APCEAS); 2016 August 25-27; Tokyo, Japan, pp. 23-28.

Detpiratmongkol, S., S. Liphan, and S. Yoosukyingsataporn (2017). Effects of different planting dates on growth and yield of kalmegh. *International Journal of Agricultural Technology*, **13 (7.3):** 2333-2340.

Kumar, R. N., S. Chakraborty and J. I. N. Kumar (2009). Effect of light stress on peroxidase, succinate dehydrogenase and total chlorophyll content in *Andrographis paniculata. Asian Journal of Environmental Science*, **4 (1):** 34-38.

Kumar, R. N., S. Chakraborty and J. I. N. Kumar (2012). Influence of light and developmental stages on active principles of *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Wall. ex Nees. *Indian Journal of Sciences Research*, **3(1):** 91-95.

Gundadon, H., T. F. Ying, P. Ding and C. C. Yan (2015). Relative light intensity and kitchen waste compost effects on production of *Andrographis paniculata. International Journal of Agriculture, Forestry and Plantation*, **1 (Sept.):** 72-77.

Land development department [Internet]. Thai soil series knowledge; [cited 2019 January 8]. Available from: http://www.mcc.cmu.ac.th/dinthai/soildetail.asp?SoilSeries=Bk.

Liphan, S. and S. Detpiratmongkol (2017). Influence of different shading levels on growth and yield of kalmegh *Andrographis paniculata* Burm. f. (Nees). *International Journal of Agricultural Technology*, **13(1):** 79-89.

Omar, M. A., M. A. Naqqiuddin, S. Shohaimi, H. Omar and A. Ismail (2016). Phytoplankton

diversity in relation to different weather conditions in two urban made lakes. *Sustainability Agri Food Environmental Research (SAFER)*, **4(1):** 1-21.

Parashar, R., A. Upadhyay, J. Singh, S. K. Diwedi and N. A. Khan (2011). Morpho-physiological evaluation of *Andrographis paniculata* at different growth stages. *World Journal of Agricultural Sciences*, **7(2):** 124-127.

Purwanto, E., S. Samanhudi and S. Sudarmi (2011). Studies of shading levels and nutrition sources on growth, yield and andrographolide content of sambiloto (*Andrographis paniculata* Ness). *Agrivita*, **33(3):** 300-306.

Rajani, M., N. Neeta and M. N. Ravishankara (2000). A rapid method for isolation of andrographolide from *Andrographis paniculata* Nees. (Kalmegh). *Pharmaceutical Biology*, **38(3):** 204-209.

Rosli, K. A., S. A. Hassan, M. T. M. Mohamed, J. Stanslas, R. Murdad, S. M. Sharif, I. A. M. Selamat and M. M. Lassim (2018). Growth and morphological responses of *Andrographis paniculata* to varying shade and nitrogen fertilization. *International Journal of Biosciences*, **12(1):** 386-402.

Sandeep, S., P. M. Paarakh and U. Gawani (2009). Antibacterial activity of *Jasminum grandiflorum* Linn leaves. *Journal of Pharmacy Research*, **2:** 1206-1207.

Saravanan, R., S. Krishti, N. A. Gajbhiye and S. Maiti (2008). Influence of light intensity on gas exchange, herbage yield and andrographolide content in *Andrographis paniculata* (Nees.). *Indian Journal of Horticulture*, **65(2):** 220-225.

Saxena, S., D. C. Jain, M. M. Gupta, R. Bhakuni, O. M. Hari and R. P. Sharma (2000). High-performance thin-layer chromatographic analysis of hepatoprotective diterpenoids from *Andrographis paniculata*. *Phytochemical Analysis*, **11(1):** 34-36.

Sanwal, C. S., R. Kumar and S. D. Bhardwaj (2016). Integration of *Andrographis paniculata* as potential medicinal plant in Chir Pine (*Pinus roxburghii* Sarg.) Plantation of North-Western Himalaya. *Scientifica*, 1-7.

Snedecor, G. W. and W. G. Cochran (1980). Statistical Methods, 7th edn. Iowa State University Press, Ames, Iowa, 507 p.

Singh, M., A. Singh, A. S. Tripathi, R. K. Verma, M. M. Gupta, H. O. Mishra, H. P. Singh and A. K. Singh (2011). Growth behavior, biomass and diterpenoid lactones production in Kalmegh (*Andrographis paniculata* Nees.) strains at different population densities. *Agricultural Journal*, **6(3):** 115-118.

Valdiani, A., A. K. Mihdzar, S. G. Tan, D. Talei, M. A. Puad and S. Nikzad (2012). Naine Havandi (*Andrographis paniculata*) present yesterday, absent today: A plenary review on underutilized herb of Iran's. pharmaceutical plants. *Mol. Biol. Rep*, **39(5):** 5409-5424.

Table 1: Plant height, branches number plant^{-1}, stem dry weight, leaf dry weight and number of leaves plant^{-1} of three local kalmegh varieties at harvest (120 days after planting) affected by different shading levels.

Treatments	Plant height (cm)	Branches number plant^{-1}	Stem DW (g plant^{-1})	Leaf DW (g plant^{-1})	No. of leaves plant^{-1}
Plant varieties (A)					
Prachinburi	30.44	34.56	53.87	25.86	192.40
Nakhon Pathom	25.18	28.05	46.96	22.36	158.73
Saraburi	19.28	23.42	39.27	19.14	116.50
Shading levels (B)					
0 %	19.47	31.32	55.21	24.27	185.95
25 %	22.76	36.82	65.00	27.48	243.16
50 %	27.08	25.48	39.75	20.73	125.89
75 %	30.56	21.08	27.85	17.31	68.51
LSD (0.05) (A)	3.63	3.32	6.66	2.99	26.71
LSD (0.05) (B)	2.84	4.20	6.02	2.40	21.38
LSD (0.05) (AxB)	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (A) (%)	12.84	10.22	12.59	11.78	15.12
C.V. (B) (%)	11.52	14.78	13.20	10.79	13.85

ns = No significant at the 0.05 probability level; DW = dry weight.

Table 2: Root, pod and total dry weight of three local kalmegh varieties at harvest (120 days after planting) affected by different shading levels.

Treatments	Root DW (g plant^{-1})	Pod DW (g plant^{-1})	Total DW (g plant^{-1})
Plant varieties (A)			
Prachinburi	14.21	5.06	95.36
Nakhon Pathom	11.59	4.43	81.13
Saraburi	9.17	2.97	66.38
Shading levels (B)			
0 %	11.58	4.08	84.72
25 %	14.51	5.09	95.10
50 %	10.70	3.95	73.22
75 %	9.68	3.50	70.78
LSD (0.05) (A)	1.42	0.60	9.32
LSD (0.05) (B)	1.16	0.57	8.35
LSD (0.05) (AxB)	ns	ns	ns
C.V. (A) (%)	10.77	12.80	16.31
C.V. (B) (%)	10.07	13.76	14.42

ns = No significant at the 0.05 probability level; DW = dry weight.

Table 3: Seed and leaf dry weight yield and andrographolide content in the leaf of three local kalmegh varieties at harvest (120 days after planting) affected by different shading levels.

Treatments	Seed DWY. ($g\ m^{-2}$)	Leaf DWY. ($g\ m^{-2}$)	Andrographolide content (%)
Cultivars (A)			
Prachinburi	48.25	365.27	2.78
Nakhon Prathom	35.34	310.76	2.41
Saraburi	25.02	255.22	1.81
Shading levels (B)			
0%	39.74	374.43	2.62
25%	48.67	449.47	2.93
50%	34.48	297.40	2.60
75%	21.92	120.37	1.18
LSD (0.05) (A)	5.96	53.88	0.03
LSD (0.05) (B)	5.64	81.81	0.32
LSD (0.05) (AxB)	ns	ns	ns
C.V. (A) (%)	14.52	15.31	12.22
C.V. (B) (%)	15.74	26.61	13.76

ns = No significant at the 0.05 probability level; DWY = dry weight yield.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

ขอมอบเกียรติบัตรฉบับนี้ เพื่อแสดงว่า

นางสาวโสมนันทน์ ลิพันธ์

ได้รับการสนับสนุนการวิจัย
ภายใต้แผนงานเสริมสร้างศักยภาพและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ ตามทิศทางยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม
ประเภทบัณฑิตศึกษา ระดับปริญญาเอก
ประจำปี ๒๕๖๒

เรื่อง การตอบสนองของการเจริญเติบโตสารออกฤทธิ์ที่สำคัญและผลผลิตของฟ้าทะลายโจร *(Andrographis paniculata (Burm. f.) Nees, Acanthaceae)* ภายใต้ตาข่ายพรางแสง

ให้ไว้ ณ วันที่ ๒๗ กันยายน ๒๕๖๑

(ศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์สิริฤกษ์ ทรงศิวไล)
เลขาธิการคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวโสมนันทน์ ลิพันธ์
วัน เดือน ปีเกิด	4 พฤษภาคม พ.ศ. 2533
ที่อยู่	8/441 หมู่บ้านเดอะคอนเนค 37 ซอยช่างอากาศอุทิศ 10 ถนนช่างอากาศอุทิศ แขวงดอนเมือง เขตดอนเมือง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10210
โทรศัพท์	087-816-6379
E-mail	somanan.liphan@gmail.com
การศึกษา	
พ.ศ. 2538-2544	ระดับประถมศึกษา โรงเรียนทีปังกรณ์วิทยาพัฒน์ (วัดโบสถ์) ในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระบรมโอรสาธิราช฿ สยามมกุฎราชกุมาร
พ.ศ. 2545-2550	ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น-ตอนปลาย โรงเรียนราชดำริ
พ.ศ. 2551-2554	ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชไร่) คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2556-2558	ระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลงานตีพิมพ์และการประชุมวิชาการระดับชาติและระดับนานาชาติ (พ.ศ.2557-2562)

โสมนันทน์ ลิพันธ์ และสมยศ เดชภิรัตนมงคล. 2557. “ผลของจำนวนครั้งการใส่ปุ๋ยและอัตราการให้ปุ๋ยคอก 2 ชนิดที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของผักคาวตอง”. หน้า 200-207. ใน **เอกสารการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52 สาขาพืช.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โสมนันทน์ ลิพันธ์ และสมยศ เดชภิรัตนมงคล. 2558. “ผลของปริมาณน้ำชลประทานที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของผักคาวตอง (*Houttuynia cordata* Thunb.)”. **วารสารแก่นเกษตร.** 43(ฉบับพิเศษ 1) : 102-107. (TCI กลุ่ม 1)

โสมนันทน์ ลิพันธ์ และสมยศ เดชภิรัตนมงคล. 2558. “ผลของอัตราปุ๋ยมูลสุกรที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของหญ้าปักกิ่ง”. หน้า 397-404. ใน **เอกสารการประชุมวิชาการ**

ของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53 สาขาพืช. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โสมนันทน์ ลิพันธ์ และสมยศ เดชภิรัตนมงคล. 2559. “ผลของสภาวะน้ำท่วมขังที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชสมุนไพรผักคาวตอง”. **วารสารแก่นเกษตร.** 44(ฉบับพิเศษ 1) : 278-283. (TCI กลุ่ม 1)

โสมนันทน์ ลิพันธ์ และสมยศ เดชภิรัตนมงคล. 2562. “ผลของการพรางแสงที่ระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตฟ้าทะลายโจร”. **วารสารแก่นเกษตร.** 47 (ฉบับพิเศษ 1) : 1479-1484. (TCI กลุ่ม 1)

สมยศ เดชภิรัตนมงคล ธนสิน ทับทิมโต สมมารถ อยู่สุขยิ่งสถาพร และโสมนันทน์ ลิพันธ์. 2562. “ผลของความยาวท่อนพันธุ์ และ IBA ที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตฟ้าทะลายโจร”. **วารสารแก่นเกษตร.** 47(ฉบับพิเศษ 1) : 1473-1478. (TCI กลุ่ม 1)

สมยศ เดชภิรัตนมงคล และโสมนันทน์ ลิพันธ์. 2558. “ผลของปุ๋ยมูลไก่ที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของหญ้าปักกิ่ง”. **วารสารแก่นเกษตร.** 43(ฉบับพิเศษ 1) : 650-655 (TCI กลุ่ม 1)

สมยศ เดชภิรัตนมงคล และโสมนันทน์ ลิพันธ์. 2562. “ผลของการให้ปุ๋ยมูลไก่ในอัตราที่แตกต่างกัน ที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของหญ้ารีแพร์ พันธุ์พื้นเมือง 2 พันธุ์ (ปราจีนบุรี และนครศรีธรรมราช)”. **วารสารแก่นเกษตร.** 47(ฉบับพิเศษ 1) : 597-602. (TCI กลุ่ม 1)

สมยศ เดชภิรัตนมงคล โสมนันทน์ ลิพันธ์ สมมารถ อยู่สุขยิ่งสถาพร และหัตถ์ชัย กสิโอฬาร. 2560. “ผลของระยะปลูกที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตฟ้าทะลายโจร”. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า.** 35(2) : 49-56. (TCI กลุ่ม 1)

สมยศ เดชภิรัตนมงคล โสมนันทน์ ลิพันธ์ และหัตถ์ชัย กสิโอฬาร. 2560. “อิทธิพลของระยะปลูกที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตเมล็ดพันธุ์ฟ้าทะลายโจร”. **วารสารแก่นเกษตร.** 45(ฉบับพิเศษ 1) : 1209-1215. (TCI กลุ่ม 1)

สมยศ เดชภิรัตนมงคล อรรณพ แสนเมือง และโสมนันทน์ ลิพันธ์. 2559. “ประมาณการให้น้ำชลประทานที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต และผลผลิตที่เหมาะสมของหญ้าปักกิ่ง”. **วารสารแก่นเกษตร.** 44(ฉบับพิเศษ 1) : 1080-1085. (TCI กลุ่ม 1)

Detpiratmongkol, S. and Liphan, S. 2018. “Effects of different harvesting times on growth, yield and quality of Kalmegh (*Andrographis paniculata* Wall Ex. Nees)”. **International Journal of Agricultural Technology.** 14(7) : 1161-1170. (SCOPUS)

Detpiratmongkol, S., Liphan, S. and Yoosukyingsataporn, S. 2015. “Effects of different irrigation levels on growth and yield of *Chinese Lizard* Tail”. p 534-542 in **2015 Internationnal**

Congress on Natural Sciences and Engineering (ICNSE 2015). May 07-09, 2015. Kyoto, Japan.

Detpiratmongkol, S., Liphan, S. and Yoosukyingsataporn, S. 2016. “Effects of plant spacing on growth and yield of Kalmegh (*Andrographis paniculata* (Burm.f.) Nees)”. p 538-545 in **Asia-Pacific Conference on Engineering and Applied Science (2016 APCEAS).** August 25-27, 2016. Tokyo, Japan.

Detpiratmongkol, S., Liphan, S. and Yoosukyingsataporn, S. 2017. “Effects of different planting dates on growth and yield of kalmegh”. **International Journal of Agricultural Technology.** 13(7.3) : 2333-2340. (SCOPUS)

Yoosukyingsataporn, S., Detpiratmongkol, S. and Liphan, S. 2016. “Influence of ethephon hormone applied at different concentrations on growth and juice extract yields of sweet sorghum”. p 29-34 in **Asia-Pacific Conference on Engineering and Applied Science (2016 APCEAS).** August 25-27, 2016. Tokyo, Japan.

โครงการวิจัย (พ.ศ.2558)

สมยศ เดชภิรัตนมงคล และโสมนันทน์ ลิพันธ์. 2558. “ผลของสภาวะน้ำท่วมขังที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชสมุนไพรผักคาวตอง”. **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ 2558.** คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

รางวัลประกาศเกียรติคุณ (พ.ศ.2562)

ประกาศเกียรติคุณ รางวัลรองชนะเลิศ ในการนำเสนอผลงานในที่ประชุม 2562 งานประชุมวิชาการเกษตร ครั้งที่ 20 วันที่ 28-29 มกราคม พ.ศ.2562, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, จังหวัดขอนแก่น.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

โสมนันทน์ ลิพันธ์ และสมยศ เดชภิรัตนมงคล. 2562. “ผลของการพรางแสงที่ระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตฟ้าทะลายโจร”. **วารสารแก่นเกษตร.** 47 (ฉบับพิเศษ 1) : 1479-1484. (TCI กลุ่ม 1)

Liphan, S. and Detpiratmongkol, S. 2016. “Effects of shading on growth and yield of Kalmegh (*Andrographis Paniculata* (Burm. f.) Nees)”. p 23-28 in **Asia-Pacific Conference on Engineering and Applied Science (2016 APCEAS).** August 25-27, 2016. Tokyo, Japan.

Liphan, S. and Detpiratmongkol, S. 2017. “Influence of different shading levels on growth and yield of kalmegh *Andrographis paniculata* Burm. f. (Nees)”. **International Journal of Agricultural Technology.** 13(1) : 79-89. (SCOPUS)

Liphan, S. and Detpiratmongkol, S. 2019. “Response of kalmegh (*Andrographis paniculata* (Burm. F.) Nees) to shading at different growth stages”. **Plant Archives.** 19(2). (SJR)

Liphan, S. and Detpiratmongkol, S. 2020. “Influence of shading levels on growth, yield and andrographolide content of kalmegh”. **Plant Archives.** 20(1). (SJR)