ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชสวน)

ปริญญา

พืชสวน	พืชสวน
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง ช่วงแสงต่อการเจริญเติบโต การออกดอก การพักตัว และคุณภาพหัวพันธุ์ของหงส์เหิน

Photoperiod on Growth, Flowering, Dormancy and Rhizome Quality of *Globba williamsiana* M.F. Newman

นามผู้วิจัย นายสิทธิศักดิ์ นุกูลกิจ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชรียา บุญกอแก้ว, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์พูนพิภพ เกษมทรัพย์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ประศาสตร์ เกื้อมณี, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฏฐ พิชกรรม, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ช่วงแสงต่อการเจริญเติบโต การออกดอก การพักตัว และคุณภาพหัวพันธุ์ของหงส์เหิน

Photoperiod on Growth, Flowering, Dormancy and Rhizome Quality of *Globba williamsiana* M.F. Newman

โดย

นายสิทธิศักดิ์ นุกูลกิจ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชสวน)
พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สิทธิศักดิ์ นุกูลกิจ 2557: ช่วงแสงต่อการเจริญเติบโต การออกดอก การพักตัว และคุณภาพหัวพันธุ์ของหงส์เหิน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชสวน) สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชรียา บุญกอแก้ว, Ph.D. 127 หน้า

การศึกษาอิทธิพลของความยาววันต่อการเจริญเติบโต การออกดอก การพักตัว และคุณภาพหัวพันธุ์ของหงส์เหิน (*Globba williamsiana* M.F. Newman) พันธุ์การค้าดอกสีม่วงอมชมพู (Giant Violet Dancing Girl) ทำการทดลอง ณ แปลงทดลอง 1 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ระหว่างเดือนมกราคม 2555 ถึงเดือนกันยายน 2556 โดยศึกษาในช่วงฤดูปลูกที่มีความยาววันตามธรรมชาติ 13 ชั่วโมงต่อวัน ที่มีการลดความยาววันด้วยม่านทึบแสงให้เหลือ 8 ชั่วโมงต่อวัน และในช่วงนอกฤดูปลูกที่มีความยาววันตามธรรมชาติ 11 ชั่วโมงต่อวัน ที่มีการเพิ่มความยาววันให้เป็น 15.5 ชั่วโมงต่อวัน ด้วยหลอดอินแคนเดสเซนต์ ความเข้มแสง 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ในเวลา 17:00 น.ถึง 22:00 น. วางแผนการทดลองแบบ 2x2 factorial in CRD มีสิ่งทดลองละ 5 ซ้ำ เก็บข้อมูลซ้ำละ 3 ต้น ผลการทดลองพบว่า หงส์เหินมีการตอบสนองต่อความยาววันอย่างชัดเจน โดยส่งผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิในรอบวันและการพักตัว ทำให้ต้นที่ได้รับแสง 8 และ 11 ชั่วโมงต่อวัน มีการเจริญเติบโต ออกดอก และให้ผลผลิตหัวพันธุ์ได้น้อยมาก และมีการพักตัวเกิดขึ้น ส่วนต้นที่ได้รับความยาววันในฤดูปลูก 13 ชั่วโมงต่อวัน และจากการเพิ่มแสงไฟนอกฤดูปลูกรวม 15.5 ชั่วโมงต่อวัน สามารถเจริญเติบโต ออกดอก และให้ผลผลิตหัวพันธุ์ได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการพักตัว ส่วนการเพิ่มความยาววันในช่วงนอกฤดูปลูกด้วยการให้แสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ และหลอดฟลูออเรสเซนต์ความเข้มแสง 5 และ 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ในเวลา 17:00 ถึง 22:00 น. พบว่า การให้แสงจากหลอดไฟทั้ง 2 ชนิด และ 2 ความเข้มแสง สามารถทำให้หงส์เหินมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิเพิ่มขึ้นตามความเข้มแสงที่ได้รับ และทำให้หงส์เหินมีการเจริญเติบโต ออกดอก และให้ผลผลิตหัวพันธุ์ที่เป็นปกติได้ทั้งหมดโดยไม่มีการพักตัว และเมื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการใช้งาน พบว่า การใช้แสงไฟจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ความเข้มแสง 5 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ก็เพียงพอที่จะทำให้หงส์เหินสามารถเจริญเติบโต ออกดอก และเพิ่มจำนวนหัวพันธุ์ในช่วงนอกฤดูปลูกได้ และสามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าการใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ ที่ความเข้มแสงเดียวกันถึง 80 เปอร์เซ็นต์ และมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าถึง 8 เท่า ดังนั้นการผลิตหงส์เหินในช่วงนอกฤดูปลูกสามารถทำได้โดยการเพิ่มแสงไฟให้กับหงส์เหิน ในเวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงเดือนตุลาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ ด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอด ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร โดยติดตั้งสูงจากพื้น 1.2 เมตร ซึ่งจะได้ความเข้มแสง 5 μmol $m^{-2}s^{-1}$ เหนือทรงพุ่ม

_____ _____ ___/___/____

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sittisak Nukoolkit 2014: Photoperiod on Growth, Flowering, Dormancy and Rhizome Quality of *Globba williamsiana* M.F. Newman. Master of Science (Horticulture), Major Field: Horticulture, Department of Horticulture. Thesis Advisor: Assistant Professor Patchareeya Boonkorkaew, Ph.D. 127 pages.

In order to clarify the effect of day length on growth, flowering, dormancy and rhizome quality of *Globba williamsiana* M.F. Newman 'Giant Violet Dancing Girl' was conducted at Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok during January 2012 to September 2013. The experiments were carried out during in-season and off-season. The day length was approximately 13 hours natural day length in-season and 11 hours natural day length in off-season. Reduction of day length from 13 to 8 hours in-season was using the black curtain covering, while increasing of day length from 11 to 15.5 hours in off-season was using incandescent lamps (INC) with 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$ light intensity from 17:00 to 22:00. The experimental design was 2x2 factorials in CRD with 5 replications. As a result, this plant clearly responses to day length which affected the diurnal net photosynthetic rate and dormancy, i.e. plant growth, flowering and rhizome yield showed very low values, including dormancy occurred when the plants were growing under 8 and 11 hours a day. On the other hand, the plants were growing under 13 and 15.5 hours a day showed high values of plant growth, flowering and rhizome yield, including dormancy did not occur. Furthermore, lamp type and light intensity of light supplement in off-season were studied using incandescent lamp (INC) and compact fluorescent lamp (CFL) with 5 and 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$ light intensity from 17:00 to 22:00 (15.5 hours a day) which were compared with control (no light supplement, 11 hours a day). The results showed that both INC and CFL lamps with both of two light intensity levels can be increased the net photosynthetic rate, plant growth, flowering and rhizome yield without dormancy. Lastly, the cost and value of supplemental lighting was compared. As a result can be concluded that using CFL with light intensity of 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$ is sufficient for increasing of plant growth, flowering, and rhizome yield of globba when they are growing during off-season. This kind of lamp can be saved more the energy than INC up to 80% and had longer life span about 8 times. Therefore, the off-season production of globba can be used supplemental lighting technique. The growers should set up 24 watt CFL 1 bulb per m^2 about 1.2 m above globba canopy which is approximately 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$ light intensity and opened from 17:00 to 22:00 between October and February.

_____ _____ ___ / ___ / ____

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรียา บุญกอแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร.พูนพิภพ เกษมทรัพย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำเทคนิควิธีการ ทั้งในเรื่องการเรียนและเรื่องต่างๆตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ประศาสตร์ เกื้อมณี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้ความรู้ ให้คำปรึกษาเทคนิควิธีการ ทางด้านเนื้อเยื่อวิทยาอย่างละเอียด ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์จิตราพรรณ เทียมปโยธร ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์ ประธานการสอบ ที่กรุณาให้คำแนะนำตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัตรา ศรีสุวรรณ และรองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ สมพงษ์ รวมถึงอาจารย์สงคราม โพธิ์วิไล ที่กรุณาให้ความรู้ เทคนิคต่างๆในการถ่ายภาพประกอบในงานวิจัยและด้านอื่นๆ ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาพืชสวนทุกๆท่าน ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษาทั้งในเรื่องวิทยานิพนธ์และเรื่องต่างๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ขอขอบคุณคุณอรวรรณ คำดี และคุณธนาวดี สมบุญศิริ ที่คอยช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ขอขอบคุณภาควิชาพืชสวน และคณะเกษตร รวมถึงภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง ตลอดจนอุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ สำหรับใช้ในการทดลอง และขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติสำหรับทุนสนับสนุนการทำวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆพี่ๆ และน้องๆ จากภาควิชาพืชสวน และภาควิชาพฤกษศาสตร์ ทุกๆท่านที่คอยให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจตลอดการศึกษาและการทำวิจัย จนทำให้การเรียนการทดลอง และการทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และทุกคนในครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจและให้คำแนะนำในทุกๆเรื่องด้วยดีเสมอมา

สิทธิศักดิ์ นุกูลกิจ

มิถุนายน 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	11
ผลและวิจารณ์	20
ผล	20
วิจารณ์	100
สรุปและข้อเสนอแนะ	106
สรุป	106
ข้อเสนอแนะ	107
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	108
ภาคผนวก	113
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	127

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	จำนวนต้น และความสูงต้นของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน	23
2	จำนวนต้น และความสูงต้นของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ	23
3	จำนวนใบ ความเขียวใบ และพื้นที่ใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน	27
4	จำนวนใบ ความเขียวใบ และพื้นที่ใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ	27
5	ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน	30
6	ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ	30
7	จำนวนช่อดอก และความยาวช่อดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน	35
8	จำนวนช่อดอก และความยาวช่อดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ	35
9	จำนวน ขนาด และน้ำหนักหัวเฉลี่ยของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน	42
10	จำนวน ขนาด และน้ำหนักหัวเฉลี่ยของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ	42

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	จำนวน ขนาด และความยาวรากสะสมอาหารเฉลี่ยของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน	45
12	จำนวน ขนาด และความยาวรากสะสมอาหารเฉลี่ยของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ	45
13	จำนวนต้น และความสูงต้นของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน	52
14	จำนวนต้น และความสูงต้นของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ	52
15	จำนวนใบ ความเขียวใบ และพื้นที่ใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน	56
16	จำนวนใบ ความเขียวใบ และพื้นที่ใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ	56
17	ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน	58
18	ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ	58
19	จำนวนช่อดอก และความยาวช่อดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน	63
20	จำนวนช่อดอก และความยาวช่อดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคมและเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ	63

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
21	จำนวน ขนาด และน้ำหนักหัวของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน	67
22	จำนวน ขนาด และน้ำหนักหัวของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ	67
23	จำนวน ขนาด และความยาวรากสะสมอาหารของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน	70
24	จำนวน ขนาด และความยาวรากสะสมอาหารของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ	70
25	การเจริญเติบโตทางด้านลำต้นของหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก	77
26	การเจริญเติบโตทางใบของหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก	81
27	ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก	83
28	การเจริญเติบโตและการพัฒนาช่อดอกของหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก	87
29	การเจริญเติบโตของหัวหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก	90
30	การเจริญเติบโตของรากสะสมอาหารของหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก	93
31	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของหงส์เหินในเวลา 5:00 ถึง 13:00 น. ของสิ่งทดลองต่างๆ	97

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
32	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของหงส์เหินในเวลา 15:00 ถึง 23:00 น. ของสิ่งทดลองต่างๆ	97
33	เปรียบเทียบต้นทุนในการใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ขนาด 100 วัตต์ และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ขนาด 24 วัตต์ เพิ่มความยาววันให้กับหงส์เหิน ในเวลา 17:00 ถึง 22.00 น. ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร	98

ตารางผนวกที่

1	ข้อมูลหัวพันธุ์และรากสะสมอาหารที่ใช้ปลูกในเดือนมีนาคม การทดลองที่ 1.1	114
2	ข้อมูลหัวพันธุ์และรากสะสมอาหารที่ใช้ปลูกในเดือนพฤษภาคม การทดลองที่ 1.1	114
3	ข้อมูลหัวพันธุ์และรากสะสมอาหารที่ใช้ปลูกในเดือนกรกฎาคม การทดลองที่ 1.2	115
4	ข้อมูลหัวพันธุ์และรากสะสมอาหารที่ใช้ปลูกในเดือนตุลาคม การทดลองที่ 1.2	115
5	ข้อมูลหัวพันธุ์และรากสะสมอาหารที่ใช้ปลูกในการทดลองที่ 2	116
6	ค่าความเขียวใบเฉลี่ยของใบที่ใช้ในการวัดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซของหงส์เหินในการทดลองที่ 1.1	116
7	ค่าความเขียวใบเฉลี่ยของใบที่ใช้ในการวัดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซของหงส์เหินในการทดลองที่ 1.2	117
8	ค่าความเขียวใบเฉลี่ยของใบที่ใช้ในการวัดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซของหงส์เหินในการทดลองที่ 2	117

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	จำนวนต้นของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน	22
2	ความสูงต้นของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน	22
3	จำนวนใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน	26
4	ความเขียวใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน	26
5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเขียวใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบหงส์เหิน	29
6	หงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววัน 8 และ 13 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 90 วัน	29
7	จำนวนช่อดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน	34
8	ความยาวช่อดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน	34
9	ลักษณะช่อดอกของต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม เมื่อต้นมีอายุ 90 วัน	37
10	การเจริญเติบโตและการออกดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม และได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน	37
11	ภาพตัดตามยาวแสดงการพัฒนาตาดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม	38
12	แสดงลักษณะของช่อดอกที่ฝ่อภายในลำต้นของต้นที่ปลูกในเดือนพฤษภาคมและได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน เมื่อต้นอายุประมาณ 90 วัน	39
13	ภาพตัดตามยาวช่อดอกที่ฝ่อภายในลำต้นของต้นที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม และได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน เมื่อต้นอายุประมาณ 90 วัน	39
14	หัวพันธุ์หงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววัน 8 และ 13 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 90 วัน	46

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
15	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิในรอบวันของหงส์เหินที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน และ 8 ชั่วโมงต่อวัน	48
16	ความเข้มแสงในรอบวันเหนือทรงพุ่มของหงส์เหินที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน และ 8 ชั่วโมงต่อวัน	48
17	จำนวนต้นของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน	51
18	ความสูงต้นของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน	51
19	จำนวนใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน	55
20	ความเขียวใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน	55
21	หงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววัน 11 และ 15.5 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 90 วัน	59
22	จำนวนช่อดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน	62
23	ความยาวช่อดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน	62
24	ลักษณะช่อดอกของต้นที่ปลูกในเดือนตุลาคม เมื่อต้นอายุประมาณ 90 วัน	64
25	หัวพันธุ์หงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววัน 11 และ 15.5 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 90 วัน	71
26	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิในรอบวันของหงส์เหินที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน และ 15.5 ชั่วโมงต่อวัน ของใบตำแหน่งที่ 3 นับจากยอด	73
27	ความเข้มแสงในรอบวันเหนือทรงพุ่มของหงส์เหินที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน และ 15.5 ชั่วโมงต่อวัน	73

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
28	จำนวนต้นของหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก	76
29	ความสูงต้นของหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก	76
30	จำนวนใบของหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก	80
31	ความเขียวของหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก	80
32	หงส์เหินที่ได้รับแสงไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก	84
33	จำนวนช่อดอกของหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก	86
34	ความยาวช่อดอกของหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก	86
35	ลักษณะช่อดอกหงส์เหินที่ได้รับแสงไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก	88
36	ลักษณะหัวพันธุ์หงส์เหินที่ได้รับแสงไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก	91
37	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิในรอบวันของหงส์เหินที่ได้รับแสงไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววันในเวลา 17:00 ถึง 22:00 น.	96
38	ความเข้มแสงเหนือทรงพุ่มในรอบวันของหงส์เหินที่ได้รับแสงไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววันในเวลา 17:00 ถึง 22:00 น.	96
39	แผนภาพแสดงการผลิตหงส์เหินในรอบปีทั้งในฤดูปลูก (A) และนอกฤดูปลูก (B และ C) เบื้องต้นจากข้อมูลผลการทดลอง	99

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
1	อุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ยในรอบวันตลอดการทดลองที่ 1.1 (เดือนมิถุนายน ถึงเดือนสิงหาคม 2555)	118
2	ความเข้มแสงเฉลี่ยในรอบวันตลอดการทดลองที่ 1.1 (เดือนมิถุนายน ถึงเดือนสิงหาคม 2555)	118
3	อุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ยในรอบวันตลอดการทดลองที่ 1.2 (เดือนพฤศจิกายน 2555 ถึงเดือนมกราคม 2556)	119
4	ความเข้มแสงเฉลี่ยในรอบวันตลอดการทดลองที่ 1.2 (เดือนพฤศจิกายน 2555 ถึงเดือนมกราคม 2556)	119
5	อุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ยในรอบวันตลอดการทดลองที่ 2 (เดือนพฤศจิกายน 2555 ถึงเดือนมกราคม 2556)	120
6	ความเข้มแสงเฉลี่ยในรอบวันตลอดการทดลองที่ 2 (เดือนพฤศจิกายน 2555 ถึงเดือนมกราคม 2556)	120
7	วงจรการเจริญเติบโตของหงส์เหินในรอบปี	121
8	ลักษณะหัวพันธุ์หงส์เหินที่ใช้ปลูกในการทดลอง	121
9	ลักษณะต้นหงส์เหินเมื่อเริ่มการทดลองที่ 1.1	122
10	ลักษณะต้นหงส์เหินเมื่อเริ่มการทดลองที่ 1.2 และการทดลองที่ 2	122
11	ชุดม่านควบคุมแสงในการทำให้หงส์เหินได้รับความยาววันที่แตกต่างกันสำหรับการทดลองที่ 1.1	123
12	สภาพแวดล้อมและอุปกรณ์ในการทดลองสำหรับการทดลองที่ 1.2	123
13	สภาพแวดล้อมและอุปกรณ์ในการทดลองสำหรับการทดลองที่ 2	124
14	ชนิดของหลอดไฟและจำนวนที่ใช้ในการเพิ่มความยาววันของแต่ละสิ่งทดลอง	124
15	เครื่องวัดการแลกเปลี่ยนก๊าซและอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงรุ่น LI-6400 *XT*, LI-COR, USA	125
16	เครื่องวัดความเขียวของใบ MINOLTA Chlorophyll Meter รุ่น SPAD-502, JAPAN	125

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

17	เครื่องวัดพื้นที่ใบ รุ่น LI-3100, LI-COR, USA	125
18	เครื่องวัดและบันทึกข้อมูลความเข้มแสงรุ่น LI-1400, LI-COR, USA	126
19	เครื่องวัดและบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติรุ่น CEM DT-171	126

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ช่วงแสงต่อการเจริญเติบโต การออกดอก การพักตัว และคุณภาพหัวพันธุ์ของหงส์เหิน

Photoperiod on Growth, Flowering, Dormancy and Rhizome Quality of *Globba williamsiana* M.F. Newman

คำนำ

หงส์เหินมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Globba williamsiana* M.F. Newman เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Zingiberaceae มีแหล่งกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบมากในเขตร้อนชื้น รวมทั้งประเทศไทย ซึ่งพบประมาณ 50 ชนิด (พัชรียา และคณะ, 2552) ช่อดอกมีกลีบประดับสีสันสวยงาม และมีจุดเด่นอยู่ที่ดอกจริงซึ่งมีลักษณะเหมือนหงส์กำลังบิน สีเหลืองสด มีความสวยงามโดดเด่น เหมาะแก่การใช้เป็นไม้ประดับ ปัจจุบันประเทศไทยมีการผลิตหงส์เหินในรูปแบบไม้ตัดดอก ไม้ดอกกระถาง และการผลิตหัวพันธุ์จำหน่ายไปยังประเทศญี่ปุ่น และเนเธอร์แลนด์ ในต่างประเทศมีความต้องการหัวพันธุ์เพื่อนำไปผลิตต้นจำนวนมาก เนื่องจากมีแหล่งผลิตหัวพันธุ์น้อย พันธุ์ที่นิยมปลูกส่วนใหญ่ คือ สายพันธุ์ดอกสีขาว และสายพันธุ์ดอกสีม่วงอมชมพูช่อห้อย (อรวรรณ และสุนทรี, 2549) ลักษณะดอกเป็นดอกช่อ กลีบประดับมีสีสันสวยงาม นิยมนำไปใช้ปักแจกัน จัดช่อดอกไม้ ประดับตกแต่งสถานที่ จัดสวน

หงส์เหินจะเริ่มออกดอกประมาณเดือนกรกฎาคมถึงกันยายน หลังจากนั้นต้นจะเหี่ยวและจะเริ่มเข้าสู่การพักตัวประมาณเดือนตุลาคม โดยพักตัวนานถึงเดือนมกราคม (อรวรรณ และสุนทรี, 2549) เกษตรกรจะเริ่มเก็บผลผลิตหัวพันธุ์ ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ เพื่อจำหน่ายยังต่างประเทศ และเก็บไว้ปลูกในฤดูถัดไป (พัชรียา และคณะ, 2552) การผลิตหงส์เหินของประเทศไทยในปัจจุบันมีการขยายพื้นที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากยังคงเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ และพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยมีทรัพยากรและสภาพแวดล้อมเหมาะสมกับการผลิตหงส์เหินเป็นอย่างมาก แต่การผลิตหงส์เหินของเกษตรกรไทยในปัจจุบันสามารถปลูกได้เพียงปีละ 1 ครั้ง ไม่สามารถปลูกต่อเนื่องกันได้ เนื่องจากหงส์เหินเป็นพืชที่มีการพักตัวในช่วงฤดูหนาว คือ จะเริ่มหยุดการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น ใบ ดอก และไม่มีการแตกหน่อเพิ่มจำนวนต้น ในช่วงที่พืชมีการพักตัวนี้ เป็นช่วงที่ตลาดต้องการไม้ดอกไม้ประดับจำนวนมาก การปลูกหงส์เหินให้ได้ผลผลิตตลอดปีจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้น และมีผลผลิตเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้ตลอดทั้งปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในปัจจุบันสาเหตุการพักตัวของหงส์เหินยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดว่าเกิดจากสาเหตุใด ซึ่งปัจจัยสำคัญประการหนึ่งคือความยาวนานของแสงในรอบวันรวมถึงความเข้มแสง ที่อาจมีผลต่อการเจริญเติบโต การออกดอก และการพักตัวของหงส์เหิน หากทราบสาเหตุที่แน่ชัดของการพักตัวในพืชชนิดนี้ได้ จะเป็นพื้นฐานข้อมูลสำหรับการผลิตหงส์เหินนอกฤดูได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของความยาววันต่อการเจริญเติบโต การออกดอก การพักตัว คุณภาพหัวพันธุ์ และการสังเคราะห์ด้วยแสงของหงส์เหิน

2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของชนิดแสง และความเข้มแสงที่ใช้ในการเพิ่มความยาววันต่อการเจริญเติบโต การออกดอก การพักตัว คุณภาพหัวพันธุ์ และการสังเคราะห์ด้วยแสงของหงส์เหินในช่วงนอกฤดูปลูก

3. เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนในการให้แสงไฟเพิ่มความยาววัน สำหรับผลิตหงส์เหินให้ได้ผลผลิตต่อเนื่องตลอดทั้งปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของหงส์เหิน (*Globba williamsiana* M.F. Newman)

หงส์เหินเป็นพืชในวงศ์ Zingiberaceae หรือวงศ์ขิง ข่า อยู่ในสกุล *Globba* ส่วนใต้ดินเป็นเหง้ารูปร่างกลมหรือเกือบกลม รากสะสมอาหารเรียวยาวอวบสดคล้ายกระชาย ส่วนเหนือดินเป็นลำต้นเทียมสูงประมาณ 30 ถึง 60 เซนติเมตร ใบเดี่ยวมีจำนวน 6 ถึง 8 ใบ สีเขียว ใบด้านหลังมีสีอ่อน ขนาดกว้างประมาณ 4.0 ถึง 5.5 เซนติเมตร ยาว 17.0 ถึง 20.6 เซนติเมตร ลิ้นใบรูปกึ่งสี่เหลี่ยม ขนาดกว้างประมาณ 0.3 เซนติเมตร ยาว 0.2 เซนติเมตร เนื้อบางสีเขียวซีด ช่อดอกแบบช่อกระจุกแยกแขนง ลักษณะโค้งลง มีช่อดอกย่อยประมาณ 17 ช่อ ก้านช่อดอกย่อยยาวประมาณ 3.6 เซนติเมตร มีใบประดับสีม่วงอมชมพูโค้งพับลงรูปลิ่มแกมขอบขนาน ขนาดกว้าง 0.6 ถึง 1.4 เซนติเมตร ยาว 2.4 ถึง 3.2 เซนติเมตร ใบประดับย่อยสีเหลืองรูปไข่แกมขอบขนาน ปลายเป็นติ่งแหลม ขนาดกว้าง 0.3 ถึง 0.35 เซนติเมตร ยาว 0.5 ถึง 0.6 เซนติเมตร ก้านดอกยาว 0.1 ถึง 1.35 เซนติเมตร หลอดกลีบเลี้ยงสีเหลืองยาวประมาณ 0.3 เซนติเมตร พูกลีบดอกบนพูกว้างประมาณ 0.2 เซนติเมตร ยาว 0.35 เซนติเมตร พูกลีบดอกล่างขนาดกว้างประมาณ 0.2 เซนติเมตร ยาว 0.4 เซนติเมตร ปากรูปกึ่งสามเหลี่ยมแคบขนาดกว้างประมาณ 0.7 เซนติเมตร ยาว 0.35 เซนติเมตร เกสรเพศผู้รูปขอบขนานโค้งคล้ายเคียวขนาดกว้างประมาณ 0.2 เซนติเมตร ยาว 0.75 เซนติเมตร ก้านชูอับเรณูยาวประมาณ 2.2 เซนติเมตร อับเรณูขนาดกว้างประมาณ 0.05 เซนติเมตร ยาว 0.25 เซนติเมตร มีรยางค์อับเรณู 4 อัน ผลกลมสีเขียว เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.6 เซนติเมตร ผิวขรุขระ (ปิยเกษตร และคณะ, 2554)

หงส์เหินมีการเจริญเติบโตเหมือนกับไม้ดอกประเภทหัวโดยทั่วไป คือ มีการเจริญเติบโตสลับกับการพักตัวเป็นวงจร และใน 1 วงจรการเจริญเติบโตนั้น ครอบคลุมเวลา 1 ปี ซึ่งการพัฒนาใน 1 วงจรประกอบด้วย การเจริญเติบโตในระยะเจริญด้านลำต้น ระยะสืบพันธุ์ และระยะพักตัว โดยใช้ระยะเวลาจากเริ่มแตกหน่อ จนกระทั่งพักตัวประมาณ 28 สัปดาห์ ตั้งแต่เดือนเมษายน ถึงเดือนพฤศจิกายน (นทีพงศ์, 2555) การเจริญเติบโตในธรรมชาติจะเริ่มงอกประมาณเดือนเมษายน และ จะเริ่มออกดอกตั้งแต่เดือนพฤษภาคมไปจนถึงถึงเดือนกันยายน หลังจากเดือนกันยายน การเจริญเติบโตของต้นจะลดลง ส่วนของลำต้นเทียมจะเหี่ยวตาย คงเหลือแต่ส่วนหัวที่อยู่ใต้ดิน ซึ่งจะพักตัวจนถึงเดือนมีนาคมจึงจะเริ่มเจริญเติบโตเป็นต้นในฤดูต่อไป (อรวรรณ และสุนทรี, 2549)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. อิทธิพลของแสงต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของพืช

แสงเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญสำหรับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช และมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของต้นพืช (พูนพิภพ, 2551) โดยพืชจะมีการตอบสนองต่อแสงโดยอิทธิพลจากความเข้มแสง คุณภาพแสง และช่วงเวลาที่ได้รับแสง การตอบสนองต่อแสงของพืชขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของแสง ได้แก่

2.1 ความเข้มแสง (light intensity)

ความเข้มของแสง หรือปริมาณพลังงานแสงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ในแต่ละท้องที่จะมีความเข้มของแสงไม่เท่ากัน ซึ่งทำให้พืชมีการปรับตัวทางพันธุกรรมต่างกัน การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชโดยทั่วไปจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อพืชได้รับความเข้มของแสงมากขึ้น และเมื่อพืชได้รับความเข้มของแสงต่ำกว่าที่พืชต้องการพืชจะมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำลง แต่อัตราการหายใจของพืชจะเท่าเดิม เมื่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดต่ำลง จนทำให้อัตราการสร้างอาหารเท่ากับอัตราการใช้อาหารจากการหายใจ ในกรณีนี้จำนวนคาร์บอนไดออกไซด์ที่ตรึงไว้จะเท่ากับจำนวนคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมา ที่จุดนี้การแลกเปลี่ยนก๊าซมีค่าเป็นศูนย์ เป็นจุดซึ่งเรียกว่า light หรือ CO_2 compensation point ซึ่งพืชจะไม่เจริญเติบโตแต่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ ถ้าความเข้มของแสงต่ำลงกว่านี้อีกพืชจะขาดอาหารทำให้ตายไปในที่สุด (ดนัย, 2549)

ความเข้มแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยส่งผลต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ความเข้มแสงที่ทำให้ใบพืชสังเคราะห์ด้วยแสงได้มากเท่ากับอัตราการหายใจแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด ซึ่งความเข้มแสงที่มากเกินไปต่อพืชชนิดนั้นจะส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชลดลง (พูนพิภพ, 2551)

ในการให้แสงไฟเพิ่มความยาววัน ความเข้มแสงจะขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดแสงและระยะห่างระหว่างต้นพืชกับแสงไฟ แสงที่มีความสว่างกว่าให้พลังงานแก่พืชได้มากกว่า พืชที่เจริญเติบโตเต็มที่ในช่วงออกดอกต้องการความเข้มแสง 6,000 ถึง 10,000 ลักซ์ ส่วนต้นพืชช่วงการเจริญทางใบต้องการความเข้มแสง 1,000 ถึง 6,000 ลักซ์ พืชหัว (flowering bulbs) ต้องการความเข้มแสง 500 ถึง1,000 ลักซ์ (Barkley, 2005)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 คุณภาพของแสง (light quality)

แสงแต่ละสีจะมีคุณภาพหรือขนาดของโฟตอนหรือพลังงานที่ไม่เท่ากัน จึงทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนได้ไม่เท่ากัน ขนาดของโฟตอนจะต้องพอดีกับโครงสร้างของโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ ถ้าหากไม่พอดีกันจะต้องมี accessory pigment มาช่วยรับแสง โดยมีลักษณะเป็นแผงรับพลังงาน (antenna system) แล้วส่งพลังงานต่อไปให้คลอโรฟิลล์เอ ในสภาพธรรมชาติ เช่น ในป่าหรือท้องทะเลลึก แสงที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้มักจะถูกกรองเอาไว้โดยต้นไม้ที่สูงกว่าหรือแสงดังกล่าวไม่สามารถส่องลงไปถึง พืชเหล่านี้มักจะได้รับแสงสีเขียวเท่านั้น พืชเหล่านี้หลายชนิดจะพัฒนาระบบให้มีรงควัตถุซึ่งสามารถนำเอาพลังงานจากแสงสีเขียวมาใช้ประโยชน์ได้ (ดนัย, 2549)

หลอดไฟฟ้าที่ใช้ในการให้แสงแก่พืชแต่ละชนิดมีความยาวคลื่นแตกต่างกัน เช่น หลอด อินแคนเดสเซนต์ (incandescence) จะปลดปล่อยแสงที่มีความยาวคลื่นที่มีช่วงยาว ให้แสงสีแดง (red light) และแสง infrared ซึ่งมีผลต่อการตอบสนองของพืชต่อความยาววัน (photoperiodic response) และมีความร้อนสูง เมื่อติดตั้งใกล้กับต้นพืชมากเกินไปจะทำให้ใบไหม้ เพราะมีแสงที่เข้มในพื้นที่แคบ การกระจายของแสงมีจำกัด (Berkley, 2005)

หลอดฟลูออเรสเซนต์ (fluorescence) เป็นหลอดที่นิยมใช้ มีประสิทธิภาพดีกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์ ปลดปล่อยแสงได้มากกว่า ให้แสงสีแดง-น้ำเงินมากกว่า มีหลายชนิด เช่น หลอด cool white มีประสิทธิภาพมากกว่าเพราะใช้ได้กับพืชส่วนมาก ให้แสงที่เหมาะกับการเจริญของพืชมาก หลอด warm white และหลอด blue - red fluorescence ที่มีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับบางพืช มีการออกแบบหลอดให้ปล่อยแสงสีแดง เขียว เหลือง หรือเฉพาะสี และมีการออกแบบหลอดเพื่อให้มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าโดยมีการปลดปล่อยแสงสีแดงและน้ำเงินมากขึ้นและลดการปล่อยแสงสีเขียว-เหลือง-ส้ม เพราะพืชต้องการแสงบางความยาวคลื่นในการสังเคราะห์ด้วยแสง ประหยัดพลังงานและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า (Berkley, 2005)

2.3 ช่วงระยะเวลาที่ได้รับแสง (light duration)

ความยาววัน (day length) หรือ ช่วงระยะเวลาที่ได้รับแสง (light duration) มีผลต่อการออกดอกของพืช เมื่อพืชได้รับแสงในรอบวันที่ยาวนานขึ้น อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จะเพิ่มขึ้นด้วย โดยแปรผันตามความยาวของวัน และความยาววันเป็นปัจจัยสำคัญในการทำให้พืชพักตัวและสามารถแก้การพักตัวของพืชได้ด้วย (Garner and Allard, 1920)

นิรันดร์ (2545) รายงานว่า ช่วงแสง (photoperiod) โดยความหมายแล้วจะเป็นการตอบสนองของพืชต่อช่วงความยาววัน ตลอดจน การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล การตอบสนองของพืชจะชัดเจนอย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อม ชนิดพืช และลักษณะโครงสร้างนั้นๆ ของพืช ตัวอย่างเช่น บริเวณเหนือเส้นศูนย์สูตรขึ้นไปนั้นในฤดูหนาวเป็นช่วงวันสั้น เป็นการกระตุ้นให้ตาพืชพักตัว (bud dormancy) เพื่อให้ทนต่อสภาพอุณหภูมิต่ำ ในเขตร้อนสภาพวันยาวควบคู่สภาพการขาดน้ำจะกระตุ้นให้ตาพืชทะเลทรายบางชนิด เช่น Liverworts *(Lunularia cruaciata)* พักตัว แม้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงความยาวของช่วงวันค่อนข้างน้อย แต่ก็มีพืชจำนวนมากที่ยังคงมีการตอบสนองต่อช่วงแสง เนื่องจากมีปัจจัยอื่น ๆ เช่น สภาพการทนทานของช่วงแล้งและฝน เป็นต้น ซึ่ง Garner and Allard (1920) ได้จำแนกพืชที่ตอบสนองต่อช่วงแสงได้ 3 กลุ่มด้วยกัน คือ

2.3.1 พืชวันสั้น หรือ Short-day plant (SDP) จะสามารถออกดอกได้เมื่อความยาวของแสงในรอบวันนั้นสั้นกว่าความยาววันวิกฤตของพืช โดยพืชแต่ละชนิดจะมีความยาววันวิกฤตแตกต่างกันออกไป เช่น ไวโอเลท (*Viola papilionacea*) จะออกดอกได้เมื่อช่วงวันสั้นกว่า 11 ชั่วโมง ในขณะที่เบญจมาศจะออกดอกได้ในช่วงวันที่สั้นกว่า 15 ชั่วโมง แต่พืชทั้งสองชนิดนี้ต่างเป็นวันสั้นทั้งคู่ เพราะจะไม่ออกดอกเมื่อช่วงวันมากกว่าช่วงเวลาวิกฤต 11ชั่วโมง หรือ 15 ชั่วโมง

2.3.2 พืชวันยาว หรือ Long-day plant (LDP) จะสามารถออกดอกได้เมื่อความยาวนานของแสงในรอบวันยาวกว่าความยาววันวิกฤตของพืช รวมถึงการให้แสงเทียมหรือแสงไฟอย่างต่อเนื่องด้วย ซึ่งการออกดอกจะชักนำได้ภายใต้ช่วงแสงเป็นเวลานานมาก หรือให้แสงเทียมอย่างต่อเนื่อง

2.3.3 พืชวันกลาง หรือ Day-neutral plant (DNP) การออกดอกของพืชกลุ่มนี้จะไม่ไวต่อช่วงแสงแต่จะสัมพันธ์กับอายุ หรือความสมบูรณ์ของต้นพืช และการเจริญของตายอด พืชเขตร้อนส่วนมากจะอยู่ในกลุ่มนี้ เช่น ฝ้าย แตงกวา เป็นต้น

พืชวันยาวส่วนมากต้องการความยาวของแสงในรอบวันมากกว่า 12 ชั่วโมง ในการออกดอก เช่นพืชในเขตร้อนต้องการแสง 12 - 16 ชั่วโมงต่อวัน เพื่อช่วยในการเจริญเติบโตที่สมบูรณ์ (Vandre, 2003) ซึ่งในช่วงฤดูหนาวที่มีความยาวนานของแสงในรอบวันที่สั้นลงมีผลต่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเจริญเติบโตและออกดอกของพืช การควบคุมความยาวนานของแสงในโรงเรือนปลูกพืชมีความจำเป็นในการควบคุมการเจริญเติบโตและการออกดอกของพืชเศรษฐกิจหลายชนิด เช่น เบญมาศ กุหลาบหิน คริสมาส เป็นต้น ดังนั้นการเร่งการเจริญเติบโตของพืชในเขตหนาวซึ่งในช่วงฤดูหนาวจะมีวันที่สั้นจึงจำเป็นต้องให้แสงเพิ่มกับพืชที่ปลูกในโรงเรือน (ดนัย, 2549)

3. การควบคุมความยาววัน

3.1 การสร้างสภาพวันยาว (artificial long day) ในช่วงวันสั้น (short day, SD) โดยการให้แสงไฟ โดยใช้หลอดไฟชนิดต่างๆ เช่น หลอดอินแคนเดสเซนต์ หลอดฟลูออเรสเซนต์ หรือหลอด HPS (High Pressure Sodium) การให้แสงไฟแบ่งเป็น 3 แบบ คือ

3.1.1 การต่อความยาววันจนถึง 22:00 น. (day continuation lighting หรือ day extension lighting)

3.1.2 ให้แสงจากเวลา 02:00 น. จนกระทั่งดวงอาทิตย์ขึ้น (pre-down lighting)

3.1.3 ให้แสงในช่วงกึ่งกลางของกลางคืน ในเวลาประมาณ 22:00 ถึง 02:00 น. (night interruption lighting หรือ night break)

3.2 การสร้างสภาพวันสั้น (artificial short day) ในช่วงวันยาว (long day, LD) โดยคลุมผ้าดำหรือวัสดุทึบแสง โดยทั่วไปจะคลุมต้นพืชในช่วงเวลาประมาณ 16:00 ถึง 17:00 น. และปิดผ้าคลุมไว้ตลอดทั้งคืนและเปิดผ้าคลุมออกในช่วงเวลาประมาณ 07:00 ถึง 08:00 น. เพื่อให้มีช่วงแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน เพื่อสร้างสภาพวันสั้นให้กับพืช (Boyle, 2004; อนงค์ และโสระยา, 2549)

ไม้ดอกเขตร้อนหลายชนิดมีการตอบสนองต่อความยาววันโดยความยาววันที่มากกว่า 8 ชั่วโมง มีผลกระตุ้นให้พืชออกดอกได้เร็วขึ้นและมากขึ้น (Baloch *et al.* 2009) ซึ่งชนิดของแสงมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต การออกดอก และการสังเคราะห์ด้วยแสง โดย Kim *et al.* (2004) รายงานว่า พืชที่ได้รับแสงสีแดงร่วมกับแสงสีน้ำเงินจากหลอดชนิด LED (light - emitting diode) รวมถึงแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ทำให้พืชมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ และมีการเจริญเติบโตสูงกว่าต้นที่ได้รับแสงสีน้ำเงิน และแสงสีน้ำเงินร่วมกับแสง far - red

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การศึกษาปทุมมา (*Curcuma* sp.) ซึ่งเป็นพืชในวงศ์เดียวกับหงส์เหิน พบว่าวันสั้นจะยับยั้งการเกิดดอก ในขณะที่วันยาวจะส่งเสริมการเกิดดอก ต้นที่ได้รับวันยาวจะมีความสูง และจำนวนหน่อมากกว่าต้นที่ได้รับสภาพวันสั้น (อดิศร, 2536) โดยอุยา (2537) รายงานว่าการชักนำให้ปทุมมาที่ปลูกในช่วงวันสั้น (ฤดูหนาว) โดยใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent lamp) ที่ให้ความเข้มแสง 20 ลักซ์ นาน 4 ชั่วโมง ในเวลา 19:00 ถึง 22:00 น. สามารถชักนำให้ปทุมมาไม่พักตัวในช่วงวันสั้นได้ และมีความสูงของต้น จำนวนหน่อ จำนวนใบ จำนวนดอก มากกว่าชุดที่ได้รับความเข้มแสงที่ต่ำกว่า นอกจากนี้ สุรวิช (2539) พบว่าการเปิดไฟคั่นช่วงกลางคืนให้กับปทุมมาควรเริ่มตั้งแต่วันที่ 1 กันยายนเป็นต้นไป ใบต้องได้รับแสงประมาณ 3 ชั่วโมง โดยใช้หลอดไฟขนาด 60 วัตต์ สูงจากทรงพุ่ม 50 เซนติเมตร ห่างกัน 1.5 เมตร สามารถป้องกันการพักตัวของปทุมมาได้

กำปั่นและคณะ (2540) ศึกษาการให้แสงไฟเพื่อเพิ่มความยาววันในแบบ night break กับหงส์เหิน *Globba schomburgkii* โดยใช้หลอดไฟแบบหลอดไส้ Incandrescent ความเข้มแสง 4500 ลักซ์ ตั้งแต่เวลา 22:00 น. ถึง 01:00 น.ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนมีนาคม พบว่าหงส์เหินสามารถเจริญเติบโตแตกหน่อและออกดอกได้ตามปกติ โดยไม่พักตัวในช่วงวันสั้นในฤดูหนาว

Hongpakdee *et al*. (2010) ทำการศึกษาปทุมมา *Curcuma alismatifilia* ที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน พบว่า มีจำนวนต้น จำนวนช่อดอก ขนาดดอกที่มากกว่าต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน และอนงค์ (2549) ศึกษาการให้สภาพวันยาวกับปทุมมาในพันธุ์เดียวกันโดยการให้แสงไฟจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ ขนาด 100 วัตต์ จำนวน 4 หลอดต่อ 1 ตารางเมตร โดยมีความเข้มแสงเฉลี่ยเหนือทรงพุ่ม 29.16 $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ แบบต่อเนื่องในช่วงเวลา 01:00 ถึง 03:00 น. เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้ปทุมมามีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น ดอก อายุการบานของดอกบนต้น และหัวพันธุ์ มากกว่าต้นที่ปลูกในสภาพธรรมชาติ

Kuehny *et al*. (2005) พบว่า ปทุมมา *Curcuma alismatifilia*, *C. cordata*, *C. parviflora, C. petiolat* และ *C. thorelii* และ *kaempferia* ที่ปลูกในช่วงปลายเดือนสิงหาคม และได้รับแสงจากธรรมชาติ 8 ชั่วโมง ในเวลา 9:00 ถึง 17:00 น. เมื่อให้แสงไฟเพิ่มด้วยหลอดอินแคนเดสเซนต์ ตั้งแต่เวลา 17:00 น. ขนาด 100 วัตต์ เป็นเวลา 4, 8 และ 12 ชั่วโมง พบว่า พืชมีความสูง จำนวนใบ จำนวนหัวเพิ่มขึ้น แต่ถ้าพืชได้รับแสงเพียง 8 ชั่วโมง จะทำให้พืชเข้าสู่ระยะพักตัว โดย Changjeraja *et al*. (2008) พบว่า ปทุมมา *Curcuma alismatifilia* ที่ได้รับแสง 10 และ 14 ชั่วโมงต่อวัน มีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น ดอก และส่วนใต้ดิน ที่มากกว่าต้นที่ได้รับแสง 6 ชั่วโมงต่อวัน แต่ต้นที่ได้รับแสง 14 ชั่วโมงต่อวัน จะไม่มีการสร้างรากสะสมอาหารขึ้นมาใหม่ในระยะเวลา 8 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การศึกษาการตอบสนองต่อความเข้มแสงของใบปทุมมา *Curcuma alismatifilia* พบว่า ต้นที่ปลูกภายใต้การพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ 0, 30, 50 และ 70 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของใบในระยะที่ต้นเจริญเติบโตและออกดอกเต็มที่แล้ว ลดลงตามการพรางแสงที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ แต่การพรางแสงที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเพิ่มสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (Abdullah *et al*., 2008)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พืชทดลอง

หงส์เหินพันธุ์ช่อดอกสีม่วงอมชมพู (*Globba williamsiana* M.F. Newman) มีชื่อการค้าว่า Giant Violet Dancing Girl

2. อุปกรณ์และเครื่องมือ

2.1 การทดลองภาคสนาม

- เครื่องควบคุมการจ่ายน้ำอัตโนมัติ
- เครื่องควบคุมการจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติ
- ม่านพลาสติกแบบโปร่งแสง และแบบทึบแสง
- ฉากกั้นแสงพลาสติกแบบทึบแสง
- โคมไฟและอุปกรณ์สำหรับติดตั้งหลอดไฟ
- หลอดไฟชนิดหลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent lamp) ขนาด 100 วัตต์
- หลอดไฟชนิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Compact fluorescent lamp) ขนาด 24 วัตต์
- เครื่องวัดความเขียวของใบ MINOLTA Chlorophyll Meter รุ่น SPAD-502, JAPAN
- เครื่องวัดและบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติรุ่น CEM DT-171
- เครื่องวัดและบันทึกข้อมูลความเข้มแสงรุ่น Onset HOBO Pendant temp/light
- เครื่องวัดความเข้มแสงรุ่น Line Quantum Sensor, LI-COR, USA
- เครื่องวัดและบันทึกข้อมูลความเข้มแสงรุ่น LI-1400, LI-COR, USA
- เครื่องวัดการแลกเปลี่ยนก๊าซและอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงรุ่น LI-6400*XT*, LI-COR, USA
- เครื่องวัดพื้นที่ใบ รุ่น LI-3100, LI-COR, USA
- อุปกรณ์สำหรับบันทึกข้อมูล เช่น ไม้บรรทัด ตลับเมตร เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ เครื่องชั่ง กล้องถ่ายรูป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 การทดลองในห้องปฏิบัติการ

2.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืช

- หลอดทดลอง พร้อมฝาปิด
- ภาชนะทึบแสงสำหรับใส่หลอดทดลอง
- ตู้เย็น
- เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) รุ่น GeneQuant 1300 (Biochrom Ltd., Cambridge, England)

2.2.2 การศึกษาทางเนื้อเยื่อวิทยาของตาดอก

- ขวดสำหรับใส่ชิ้นส่วนพืช
- กระจกสไลด์และกระจกปิดสไลด์
- ตู้อบ (Incubator) อุณหภูมิคงที่ 60 องศาเซลเซียส
- เบ้าใส่พาราพลาสต์สำหรับฝังยึดตัวอย่าง
- เครื่องตัดเนื้อเยื่อพืชแบบกึ่งอัตโนมัติ Rotary microtome รุ่น SLEE
- เตาอุ่นสไลด์
- ขวดแก้วสำหรับย้อมสีสไลด์
- กล้องจุลทรรศน์พร้อมอุปกรณ์ถ่ายภาพ
- อุปกรณ์สำหรับจับวาง เช่น พู่กัน ปากคีบ

3. สารเคมี

3.1 การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืช

- *N,N*-dimethylformamide (DMF)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 การศึกษาเนื้อเยื่อวิทยาของตาดอก

- Formalin-acetic acid-alcohol (FAA) 50 เปอร์เซ็นต์
- Ethanol 50 เปอร์เซ็นต์
- Tertiary butyl alcohol (TBA) 50, 70, 85, 95 และ 100 เปอร์เซ็นต์
- Paraffin oil
- Paraplast
- Xylene
- Formalin 3 เปอร์เซ็นต์
- น้ำยาตรึงเนื้อเยื่อพืชกับแผ่นสไลด์ (Haupt's adhesive)
- Ether
- Safanin-O
- Fast green
- Absolute ethanol
- Permount

4. วิธีการทดลอง

ปลูกหงส์เหินด้วยหัวพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554 สำหรับการทดลองที่ 1.1 และเก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2555 สำหรับการทดลองที่ 1.2 และการทดลองที่ 2 (ภาคผนวกที่ 8) โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัว 2 ถึง 3 เซนติเมตร มีจำนวนรากสะสมอาหาร 15 ถึง 20 ราก และมีความยาวรากสะสมอาหาร 8 ถึง 10 เซนติเมตร ในกระถางพลาสติกขนาด 10 นิ้ว ใช้วัสดุปลูกที่ประกอบด้วย ดิน : แกลบดิบ : ถ่านแกลบ : ขุยมะพร้าว : มะพร้าวสับ ในอัตราส่วน 1 : 1 : 1 : 1 : 1 ให้น้ำด้วยระบบอัตโนมัติผ่านหัวน้ำหยด วันละ 2 ครั้ง ในเวลา 09:00 น. และ 15:00 น. ใส่ปุ๋ยละลายช้าสูตร 14 - 14 - 14 ปริมาณ 2 กรัมต่อกระถาง ทุกๆ 1 เดือน ภายใต้โรงเรือนกันฝนที่ติดตั้งตาข่ายป้องกันแมลง และพรางแสง 50 เปอร์เซ็นต์

ทำการทดลองโดยใช้สิ่งทดลองละ 5 ซ้ำ (1 กระถาง ต่อ 1 ซ้ำ) เก็บข้อมูลซ้ำละ 3 ต้น แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองหลัก คือ การทดลองที่ 1.1 ทำการทดลองระหว่างเดือน มีนาคม ถึงเดือนสิงหาคม ซึ่งเป็นฤดูกาลปลูกปกติ ส่วนการทดลองที่ 1.2 และการทดลองที่ 2 ทำการทดลองระหว่างเดือน กันยายน ถึงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงนอกฤดูกาลปลูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 1 อิทธิพลของความยาววันต่อการเจริญเติบโต การออกดอก การพักตัว และคุณภาพหัวพันธุ์ของหงส์เหิน

การทดลองที่ 1.1 การทดลองในฤดูปลูกระหว่างเดือนมีนาคม ถึงเดือนสิงหาคม

ใช้ม่านทึบแสงในสิ่งทดลองที่พืชได้รับแสงจากธรรมชาติ 8 ชั่วโมงต่อวัน และใช้ม่านโปร่งแสงในกรรมวิธีที่พืชได้รับแสงจากธรรมชาติ 13 ชั่วโมงต่อวัน ทำการปิดม่านในช่วงเวลา 17:00 ถึง 09:00 น. โดยคลุมทั้งด้านข้างด้านบนซึ่งสภาพแวดล้อมภายในของทั้งสองชนิดม่านจะคล้ายคลึงกัน ยกเว้นจำนวนชั่วโมงของแสงที่ได้รับ เริ่มทำการปิดม่านระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงเดือนสิงหาคม ซึ่งมีความยาววันตามธรรมชาติประมาณ 13 ชั่วโมงต่อวัน โดยใช้ต้นหงส์เหินที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้วและต้นที่กำลังเจริญเติบโตจากเดือนปลูกที่แตกต่างกัน ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน วางแผนการทดลองแบบ 2x2 Factorial in CRD โดยมี 2 ปัจจัย ได้แก่

ปัจจัยที่ 1 เดือนปลูก (ภาพผนวกที่ 9)
- มีนาคม (อายุประมาณ 45 วันหลังจากแทงหน่อ)
- พฤษภาคม (อายุประมาณ 3 วันหลังจากแทงหน่อ)

ปัจจัยที่ 2 ความยาววัน (ภาพผนวกที่ 11)
- ได้รับแสงธรรมชาติ 8 ชั่วโมงต่อวัน (09:00 ถึง 17:00 น.)
- ได้รับแสงธรรมชาติ 13 ชั่วโมงต่อวัน (05:30 ถึง 18.30 น.)

รวมเป็น 4 สิ่งทดลองดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 ปลูกในเดือนมีนาคม และได้รับแสงเป็นเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน
สิ่งทดลองที่ 2 ปลูกในเดือนมีนาคม และได้รับแสงเป็นเวลา 13 ชั่วโมงต่อวัน
สิ่งทดลองที่ 3 ปลูกในเดือนพฤษภาคม และได้รับแสงเป็นเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน
สิ่งทดลองที่ 4 ปลูกในเดือนพฤษภาคม และได้รับแสงเป็นเวลา 13 ชั่วโมงต่อวัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 1.2 การทดลองนอกฤดูปลูกระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนมกราคม

ติดตั้งหลอดไฟชนิดหลอดหลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent lamp, INC) ขนาด 100 วัตต์ จำนวน 4 หลอด ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ความสูงจากพื้น 1.2 เมตร โดยจะมีความเข้มแสงเหนือทรงพุ่มประมาณ 50 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ ทำการเปิดไฟเพื่อเพิ่มจำนวนชั่วโมงแสงในเวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ด้วยเครื่องควบคุมการเปิด - ปิดไฟอัตโนมัติ (Timer) สำหรับสิ่งทดลองที่ได้รับความยาววัน 15.5 ชั่วโมง และไม่ติดตั้งหลอดไฟสำหรับสิ่งทดลองที่ได้รับความยาววัน 11 ชั่วโมง ทำการทดลองระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนมกราคม ซึ่งมีความยาววันตามธรรมชาติประมาณ 11 ชั่วโมงต่อวัน โดยใช้ต้นหงส์เหินที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้วและต้นที่กำลังเจริญเติบโตจากเดือนปลูกที่แตกต่างกัน ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน วางแผนการทดลองแบบ 2x2 Factorial in CRD โดยมี 2 ปัจจัย ได้แก่

ปัจจัยที่ 1 เดือนปลูก (ภาพผนวกที่ 10)
- กรกฎาคม (อายุประมาณ 120 วันหลังจากแทงหน่อ)
- ตุลาคม (อายุประมาณ 5 วันหลังจากแทงหน่อ)

ปัจจัยที่ 2 ความยาววัน (ภาพผนวกที่ 12)
- ได้รับแสงในสภาพธรรมชาติ 11 ชั่วโมงต่อวัน (06:30 ถึง 17:30 น.)
- ได้รับแสงในสภาพธรรมชาติและต่อด้วยแสงไฟรวม 15.5 ชั่วโมงต่อวัน (06:30 ถึง 22:00 น.)

รวมเป็น 4 สิ่งทดลองดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 ปลูกในเดือนกรกฎาคม และได้รับแสงเป็นเวลา 11 ชั่วโมงต่อวัน
สิ่งทดลองที่ 2 ปลูกในเดือนกรกฎาคม และได้รับแสงเป็นเวลา 15.5 ชั่วโมงต่อวัน
สิ่งทดลองที่ 3 ปลูกในเดือนตุลาคม และได้รับแสงเป็นเวลา 11 ชั่วโมงต่อวัน
สิ่งทดลองที่ 4 ปลูกในเดือนตุลาคม และได้รับแสงเป็นเวลา 15.5 ชั่วโมงต่อวัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 2 ผลของชนิดแสงและความเข้มแสงที่ใช้ในการเพิ่มความยาววัน ต่อการเจริญเติบโต การออกดอก การพักตัว และคุณภาพหัวพันธุ์ของหงส์เหินที่ปลูกในช่วงนอกฤดู

ติดตั้งหลอดไฟชนิดหลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent lamp, INC) ขนาด 100 วัตต์ จำนวน 1 หลอด และ 4 หลอดต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในสิ่งทดลองที่ได้รับความเข้มแสง 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$ และความเข้มแสง 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ และติดตั้งหลอดไฟชนิดฟลูออเรสเซนต์ (Compact Fluorescent Lamp, CFL) ขนาด 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอด และ 4 หลอดต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในสิ่งทดลองที่ได้รับความเข้มแสง 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$ และความเข้มแสง 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ โดยติดตั้งสูงจากพื้น 1.2 เมตร เปิดไฟเพื่อเพิ่มจำนวนชั่วโมงแสงในเวลา 17:00 ถึง 22:00 น. เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง ด้วยเครื่องควบคุมการเปิด - ปิดไฟอัตโนมัติ (Timer) และไม่ติดตั้งหลอดไฟสำหรับสิ่งทดลองที่ได้รับความยาววัน 11 ชั่วโมง ทำการทดลองระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนมกราคม เป็นระยะเวลา 90 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยมี 5 สิ่งทดลอง ดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 ชุดควบคุม ได้รับแสงจากธรรมชาติ 11 ชั่วโมงต่อวัน
(ภาพผนวกที่ 13)

สิ่งทดลองที่ 2 ให้แสงไฟในเวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ด้วยหลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent Lamp, INC) ควบคุมความเข้มแสง 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$
(ภาพผนวกที่ 14A)

สิ่งทดลองที่ 3 ให้แสงไฟในเวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ด้วยหลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent Lamp, INC) ควบคุมความเข้มแสง 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$
(ภาพผนวกที่ 14B)

สิ่งทดลองที่ 4 ให้แสงไฟในเวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Compact Fluorescent Lamp, CFL) ควบคุมความเข้มแสง 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$
(ภาพผนวกที่ 14C)

สิ่งทดลองที่ 5 ให้แสงไฟในเวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Compact Fluorescent Lamp, CFL) ควบคุมความเข้มแสง 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$
(ภาพผนวกที่ 14D)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การบันทึกข้อมูล

5.1 การเจริญเติบโตส่วนเหนือดิน

- ความสูงของต้น วัดจากโคนต้นจนถึงข้อใบสุดท้าย (เซนติเมตร)
- จำนวนใบ (ต่อต้น)
- จำนวนต้น (ต่อกอ)
- จำนวนช่อดอก (ต่อกอ)
- ความยาวช่อดอก (เซนติเมตร)
- ความเขียวใบ (SPAD unit)
- พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)

5.2 การเจริญเติบโตส่วนใต้ดิน (เมื่อสิ้นสุดการทดลอง)

- ขนาดหัว (เส้นผ่านศูนย์กลาง เซนติเมตร)
- จำนวนหัว
- น้ำหนักหัวรวมรากสะสมอาหาร (กรัม)
- จำนวนรากสะสมอาหาร
- ความยาวรากสะสมอาหาร (เซนติเมตร)
- ขนาดรากสะสมอาหาร (เส้นผ่านศูนย์กลาง เซนติเมตร)

5.3 ข้อมูลสภาพแวดล้อม

5.3.1 ความเข้มแสงในรอบวันในหน่วย μmol $m^{-2}s^{-1}$ ด้วยเครื่อง Line Quantum sensor, LI-COR, USA บันทึกค่าทุก 30 นาที ด้วยเครื่องมือบันทึกค่ารุ่น LI-1400, LI-COR, USA (ภาพผนวกที่ 18) ทำการวัดทุก 1 สัปดาห์ ติดตั้งบริเวณเหนือทรงพุ่ม ในทุกสิ่งทดลอง

5.3.2 อุณหภูมิ และความชื้น บันทึกค่าทุก 30 นาที ตลอดระยะเวลาของการทดลอง ด้วยเครื่องวัดและบันทึกค่าอัตโนมัติ รุ่น CEM DT-171 (ภาพผนวกที่ 19) ติดตั้งบริเวณเหนือทรงพุ่ม ในทุกสิ่งทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.4 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของใบ

วัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (net photosynthetic rate, Pn) ด้วยเครื่อง Portable Photosynthesis System รุ่น LI-6400XT, LI-COR, USA (ภาพผนวกที่ 15) ที่ติดตั้ง chamber แบบ sun - sky ซึ่งใช้ความเข้มแสง และ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากธรรมชาติ วัดค่าที่ตำแหน่งใบที่ 3 นับจากปลายยอดของต้นที่เจริญเติบโตและออกดอกเต็มที่แล้ว ซึ่งใบตำแหน่งนี้มีการเจริญเติบโตและมีความสมบูรณ์มากที่สุด เริ่มวัดค่าในสัปดาห์ที่ 6 จนถึงสัปดาห์ที่ 12 โดยวัดทุกๆ 2 สัปดาห์หลังจากเริ่มทดลอง ทำการวัดสิ่งทดลองละ 5 ซ้ำ ตั้งแต่เวลา 05:00 ถึง 20:00 น. สำหรับการทดลองที่ 1.1 และเวลา 05:00 ถึง 23:00 น. สำหรับการทดลองที่ 1.2 และ 2 ในทุกสิ่งทดลอง

5.5 การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืช

ตัดแผ่นใบหงส์เหินที่มีความเขียวใบต่างๆกัน จากต้นที่มีความสมบูรณ์ไม่ขาดน้ำหรืออยู่ในสภาพเครียด คัดเลือกต้นที่มีความเขียวใบเข้มที่สุดไปจนถึงต้นที่เข้าใกล้ระยะพักตัวซึ่งมีใบสีเหลือง ทั้งหมดจำนวน 50 สีใบ สีใบละ 3 ซ้ำ วัดค่าความเขียวใบด้วยเครื่อง MINOLTA Chlorophyll Meter SPAD-502, JAPAN (ภาพผนวกที่ 16) ในบริเวณที่ตัดแผ่นใบมาใช้สกัดคลอโรฟิลล์ซึ่งมีหน่วยเป็น SPAD Unit และทำการตัดใบขนาด 1 ตารางเซนติเมตร ใส่ลงในสารละลาย N,N - dimethylformamide (DMF) ปริมาตร 3 มิลลิลิตร วางไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 ชั่วโมง (Hughes et al. 2007) จึงดูดสารสกัดที่ได้ไปวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) รุ่น GeneQuant 1300 (Biochrom Ltd., Cambridge, England) ที่ความยาวคลื่นแสง 647 และ 664 นาโนเมตร และคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ตามสมการของ (Porra et al., 1989) ซึ่งจะมีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดังนี้

$$\text{Chlorophyll a} = 12\ A_{664} - 3.11\ A_{647}$$

$$\text{Chlorophyll b} = 20.78\ A_{647} - 4.88\ A_{664}$$

$$\text{Total Chlorophyll} = \text{Chl a} + \text{Chl b}$$

โดยที่ A_{647} และ A_{664} คือค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 647 nm และ 664 nm ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.6 การศึกษาเนื้อเยื่อวิทยาของตาดอก

เก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดจากต้นที่ไม่สามารถออกดอกได้ เพื่อศึกษาการพัฒนาของตาดอก โดยนำเนื้อเยื่อส่วนปลายยอดแช่ในสารละลาย FAA 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ประกอบด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 85 มิลลิลิตร กรดอะซีติกปริมาตร 10 มิลลิลิตร และฟอมาร์ลดีไฮด์ 40 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร (Decraene et al., 2000) เพื่อหยุดกิจกรรมของเซลล์ เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง จากนั้นดึงน้ำออกจากเซลล์ด้วยเทอร์เทียรี่ บิวทิล แอลกอฮอล์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ฝังยึดเนื้อเยื่อในพาราพลาสต์ ตัดชิ้นเนื้อเยื่อหนา 20 ไมโครเมตร ด้วยเครื่อง Rotary microtome แบบกึ่งอัตโนมัติ แล้วย้อมด้วยสี safranin - fast green (ประศาสตร์, 2551) ตรวจสอบลักษณะทางกายวิภาคภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ที่สามารถถ่ายภาพได้

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปัจจัยร่วมด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) และความแตกต่างทางสถิติแบบแยกปัจจัยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ด้วยโปรแกรม SAS เวอร์ชั่น 9.1

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

1. สถานที่ทำการวิจัย

1. แปลงทดลอง 1 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
2. ห้องปฏิบัติการกลาง อาคารวชิรานุสรณ์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
3. ห้องปฏิบัติการเนื้อเยื่อวิทยา ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

2. ระยะเวลาทำการวิจัย

เดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

การทดลองที่ 1 อิทธิพลของความยาววันต่อการเจริญเติบโต การออกดอก การพักตัว และคุณภาพหัวพันธุ์ของหงส์เหิน

การทดลองที่ 1.1 การทดลองในฤดูปลูกระหว่างเดือนมีนาคม ถึงเดือนสิงหาคม

การทดลองในฤดูปลูก ที่มีความยาววันในธรรมชาติ 13 ชั่วโมงต่อวัน โดยการนำหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม ที่มีอายุ 45 วัน และ 3 วัน หลังจากแทงหน่อ ตามลำดับ มาให้ได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน คือ ความยาววันตามธรรมชาติ 13 ชั่วโมงต่อวัน และสภาพวันสั้น 8 ชั่วโมงต่อวัน ได้ผลการทดลอง ดังนี้

1. การเจริญเติบโตทางด้านลำต้น

1.1 จำนวนต้น

จากภาพที่ 1 แสดงให้เห็นว่าหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม มีการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนต้นมาในระยะหนึ่งแล้วก่อนเริ่มการทดลอง ส่วนหงส์เหินที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม มีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนต้นหลังจากเริ่มการทดลอง โดยต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนต้นอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ไปจนถึงถึงสัปดาห์ที่ 12 ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนต้นเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้จำนวนต้นต่อกอของหงส์เหินแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนต้นต่อกอเฉลี่ย 16.2 ต้น มากกว่าต้นที่ปลูกในเดือนเดียวกันและได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งมีจำนวนต้นต่อกอเฉลี่ยเพียง 7.8 ต้น ส่วนหงส์เหินที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม และได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนต้นต่อกอเฉลี่ย 13.2 ต้น มากกว่าต้นที่ปลูกในเดือนเดียวกันแต่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งมีจำนวนต้นต่อกอเฉลี่ยเพียง 3.2 ต้น เท่านั้น (ตารางที่ 1 และ ภาพที่ 6)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าหงส์เหินที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนต้นมากกว่าหงส์เหินที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนต้นเฉลี่ย 14.7 ต้นต่อกอ ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนต้นเฉลี่ยเพียง 5.5 ต้นต่อกอเท่านั้น (ตารางที่ 2)

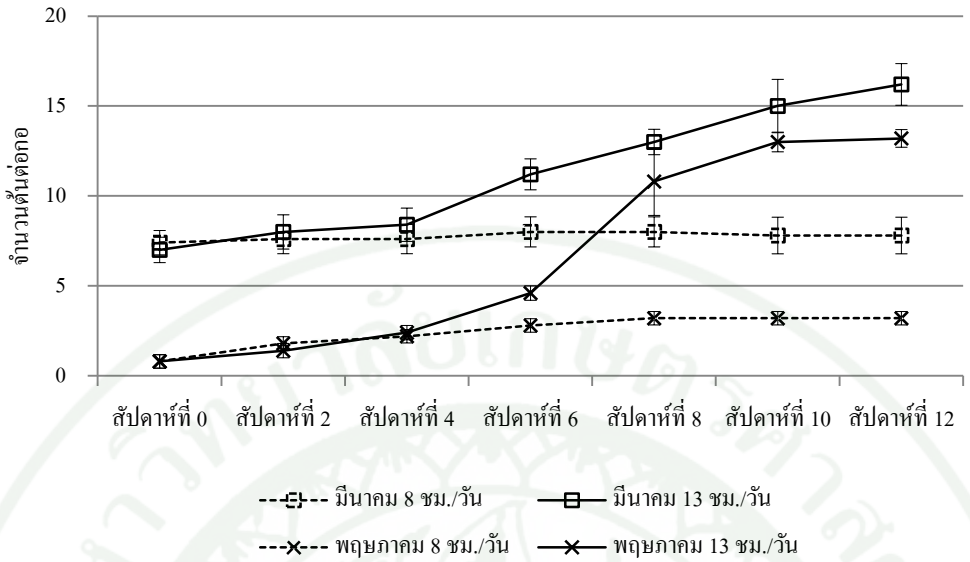
1.2 ความสูงต้น

จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่าหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม มีการเจริญเติบโตเพิ่มความสูงต้นมาในระยะหนึ่งแล้วก่อนเริ่มการทดลอง โดยต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีความสูงต้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในสัปดาห์ที่ 6 ถึงสัปดาห์ที่ 12 ส่วนต้นที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม ซึ่งมีการเจริญเติบโตเพิ่มความสูงต้นหลังจากเริ่มการทดลอง ในสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 2 ต้นที่ได้รับแสง 13 และ 8 ชั่วโมงต่อวัน มีความสูงต้นเพิ่มขึ้น โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่จากสัปดาห์ที่ 4 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ความสูงของต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนใกล้เคียงกับต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีความสูงเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

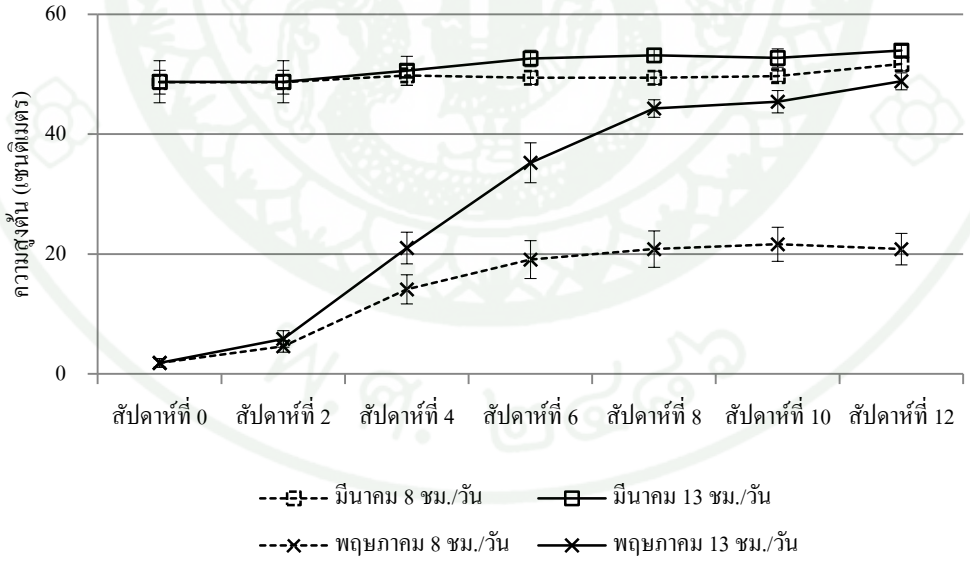
เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า อิทธิพลของความยาววันไม่มีผลทำให้ความสูงต้นของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากหงส์เหินมีการเจริญเติบโตเพิ่มความสูงเต็มที่แล้วก่อนที่จะได้รับสภาพวันยาวที่แตกต่างกัน โดยต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวันมีความสูงเฉลี่ย 54.5 เซนติเมตร และต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวันมีความสูงเฉลี่ย 49.4 เซนติเมตร แต่ต้นที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม และได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีความสูงมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวันมีความสูงเฉลี่ย 48.8 เซนติเมตร ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีความสูงเฉลี่ยเพียง 22.1 เซนติเมตรเท่านั้น (ตารางที่ 1 และ ภาพที่ 6)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีความสูงต้นมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีความสูงต้นเฉลี่ย 51.6 เซนติเมตร ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีความสูงต้นเฉลี่ยเพียง 35.7 เซนติเมตรเท่านั้น (ตารางที่ 2)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 จำนวนต้นของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 2 ความสูงต้นของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 จำนวนต้น และความสูงต้นของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน

เดือนปลูก	ความยาววัน	จำนวนต้น (ต่อกอ)	ความสูงต้น (เซนติเมตร)
มีนาคม	13 ชั่วโมง	16.2 a [1]	54.5 a
	8 ชั่วโมง	7.8 c	49.4 a
พฤษภาคม	13 ชั่วโมง	13.2 b	48.8 a
	8 ชั่วโมง	3.2 d	22.1 b
F-test		**	**
C.V. (%)		18.4	13.2

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 2 จำนวนต้น และความสูงต้นของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ

ความยาววัน	จำนวนต้น (ต่อกอ)	ความสูงต้น (เซนติเมตร)
13 ชั่วโมง	14.7 a [1]	51.6 a
8 ชั่วโมง	5.5 b	35.7 b
T-test	**	**
C.V. (%)	26.7	26.9

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การเจริญเติบโตทางใบ

2.1 จำนวนใบ

จากภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่าหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม มีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนใบมาในระยะหนึ่งแล้วก่อนเริ่มการทดลอง โดยต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนใบเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในสัปดาห์ที่ 8 ถึงสัปดาห์ที่ 12 ส่วนต้นที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม มีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนใบหลังจากเริ่มทดลอง ในสัปดาห์ที่ 2 ถึงสัปดาห์ที่ 4 ต้นที่ได้รับแสง 13 และ 8 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนใบเพิ่มขึ้นโดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และในสัปดาห์ที่ 6 เป็นต้นไป พบว่า จำนวนใบของต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีการเพิ่มขึ้นจนใกล้เคียงกับต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนใบเพิ่มขึ้นในปริมาณที่น้อยกว่า โดยจำนวนใบของทุกสิ่งทดลองมีจำนวนค่อนข้างคงที่ในสัปดาห์ที่ 10 ถึง 12

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้จำนวนใบต่อต้นของหงส์เหินแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม ที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวันมีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 7.9 และ 8.7 ใบ ตามลำดับ ในขณะที่ ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 7.3 และ 7.0 ใบ ในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม ตามลำดับ (ตารางที่ 3 และ ภาพที่ 6)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนใบมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 8.3 ใบ ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ยเพียง 7.2 ใบ (ตารางที่ 4)

2.2 ความเขียวใบ

จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นว่าในสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 8 หงส์เหินในทุกสิ่งทดลองมีค่าความเขียวใบที่ไม่แตกต่างกัน แต่ในสัปดาห์ที่ 10 ถึงสัปดาห์ที่ 12 ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน ทั้งสองเดือนปลูก มีค่าความเขียวใบลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม และได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีความเขียวใบลดลงอย่างมากในสัปดาห์ที่ 12 ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน ยังคงมีค่าความเขียวใบค่อนข้างคงที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้ความเขียวใบของหงส์เหินหลังจากสิ้นสุดการทดลองแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม และได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีความเขียวใบเฉลี่ย 49.3 SPAD unit มากกว่าต้นที่ปลูกในเดือนเดียวกัน แต่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งเข้าสู่ระยะพักตัวจึงมีความเขียวใบเฉลี่ยเพียง 7.4 SPAD unit เท่านั้น ส่วนต้นที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม และได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีความเขียวใบเฉลี่ย 50.8 SPAD unit มากกว่าต้นที่ปลูกในเดือนเดียวกันแต่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งเริ่มเข้าสู่ระยะพักตัว มีความเขียวใบเฉลี่ย 39.9 SPAD unit (ตารางที่ 3 และ ภาพที่ 6)

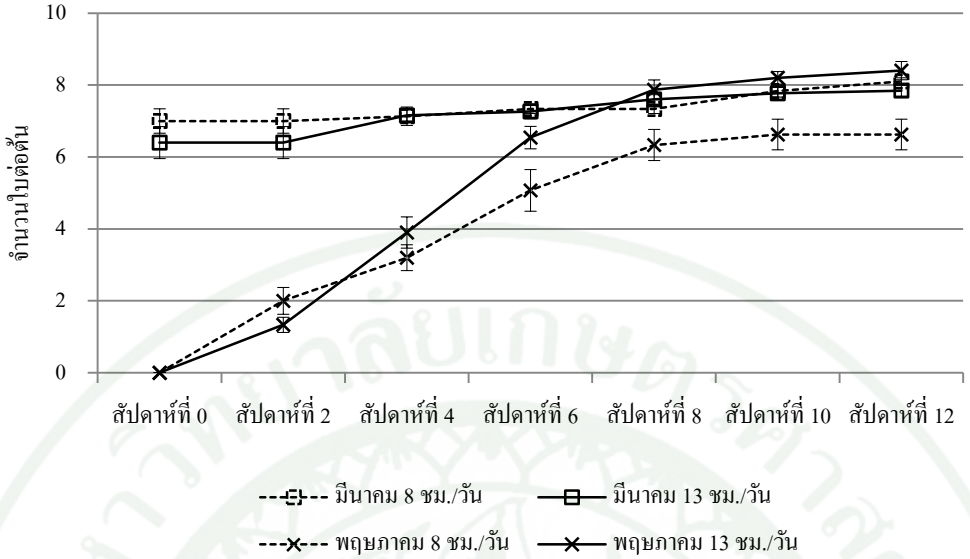
เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีความเขียวใบมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีความเขียวใบเฉลี่ย 50.1 SPAD unit ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีความเขียวใบเฉลี่ยเพียง 20.7 SPAD unit เท่านั้น (ตารางที่ 4)

2.3 พื้นที่ใบ

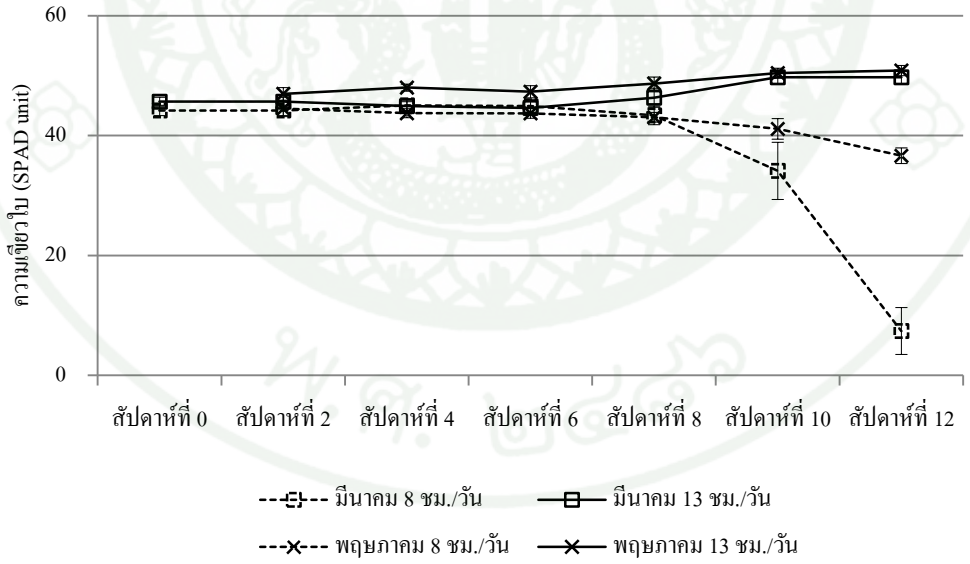
พบว่า อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้พื้นที่ใบของหงส์เหินหลังจากสิ้นสุดการทดลองแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม และได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้น 685.1 ตารางเซนติเมตร มากกว่าต้นที่ปลูกในเดือนเดียวกันและได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งมีพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้น 558.7 ตารางเซนติเมตร ในขณะที่ต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม และได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีพื้นที่ใบไม่แตกต่างกันกับต้นที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม และได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งมีพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้น 662.3 ตารางเซนติเมตร ส่วนต้นที่ปลูกในเดือนพฤษภาคมและได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นน้อยที่สุดคือ 325.3 ตารางเซนติเมตร (ตารางที่ 3 และ ภาพที่ 6)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีพื้นที่ใบมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้น 673.7 ตารางเซนติเมตร ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้น 442.0 ตารางเซนติเมตร (ตารางที่ 4)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 จำนวนใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4 ความเขียวใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 จำนวนใบ ความเขียวใบ และพื้นที่ใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน

เดือนปลูก	ความยาววัน	จำนวนใบ (ต่อต้น)	ความเขียวใบ (SPAD unit)	พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)
มีนาคม	13 ชั่วโมง	7.9 ab [1]	49.3 a	685.1 a
	8 ชั่วโมง	7.3 b	7.4 c	558.7 b
พฤษภาคม	13 ชั่วโมง	8.7 a	50.8 a	662.3 ab
	8 ชั่วโมง	7.0 b	39.9 b	325.3 c
F-test		**	**	**
C.V. (%)		8.8	17.7	14.9

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4 จำนวนใบ ความเขียวใบ และพื้นที่ใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ

ความยาววัน	จำนวนใบ (ต่อต้น)	ความเขียวใบ (SPAD unit)	พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)
13 ชั่วโมง	8.3 a [1]	50.1 a	673.7 a
8 ชั่วโมง	7.2 b	20.7 b	442.0 b
T-test	**	**	**
C.V. (%)	9.2	32.6	21.0

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

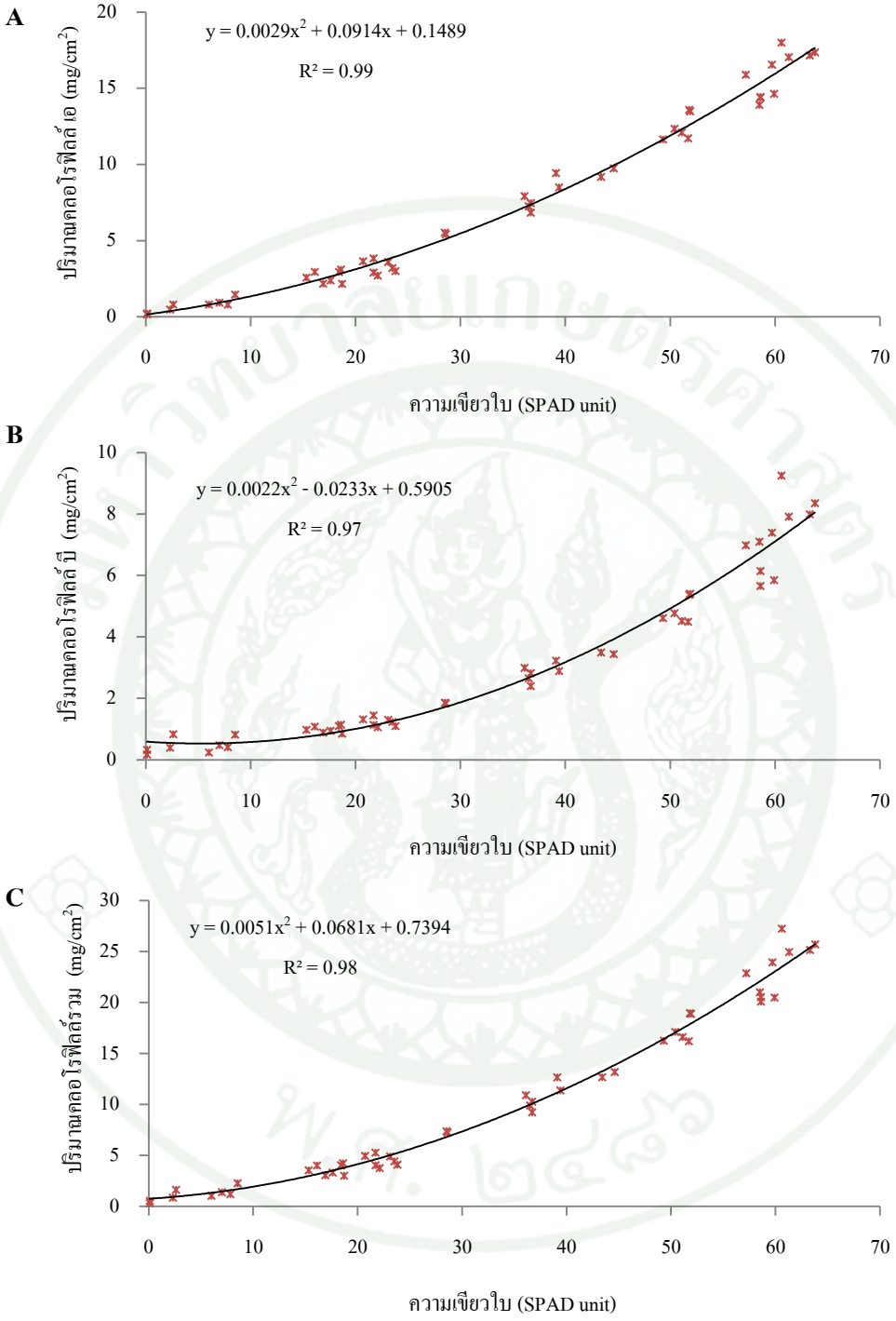
2.4 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเขียวใบ (SPAD unit) กับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของหงส์เหิน พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ สัมพันธ์กับค่าความเขียวใบ ดังสมการ ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ = $0.0029(SPAD)^2 + 0.0914(SPAD) + 0.1489$ ซึ่งมีค่า R^2 เท่ากับ 0.99 (ภาพที่ 5A) ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์บี สัมพันธ์กับค่าความเขียวใบ ดังสมการ ปริมาณคลอโรฟิลล์บี = $0.0022(SPAD)^2 + 0.0233(SPAD) + 0.5905$ ซึ่งมีค่า R^2 เท่ากับ 0.97 (ภาพที่ 5B) และปริมาณคลอโรฟิลล์รวม สัมพันธ์กับค่าความเขียวใบ ดังสมการ ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม = $0.0051(SPAD)^2 + 0.0681(SPAD) + 0.7394$ ซึ่งมีค่า R^2 เท่ากับ 0.98 (ภาพที่ 5C) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความเขียวใบมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ โดยค่าความเขียวใบที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเพิ่มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน

เมื่อแทนค่าความเขียวใบในสมการ พบว่า อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม ในใบหงส์เหินของแต่ละสิ่งทดลองแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม และได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม เฉลี่ย 11.71, 7.09 และ 16.51 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ มากกว่าต้นที่ปลูกในเดือนเดียวกันแต่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม น้อยที่สุดเพียง 1.24, 1.08 และ 1.98 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนต้นที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม และได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม 12.31, 7.47 และ 17.41 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ มากกว่าต้นที่ปลูกในเดือนเดียวกันแต่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม 6.66, 3.96 และ 9.04 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม เฉลี่ย 12.0, 7.28 และ 16.96 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม เพียง 3.95, 2.52 และ 5.51 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเขียวใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบหงส์เหิน

(A) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเขียวใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

(B) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเขียวใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ บี

(C) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเขียวใบและปริมาณคลอโรฟิลล์รวม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน

เดือนปลูก	ความยาววัน	คลอโรฟิลล์เอ (มก./ตร.ซม.)	คลอโรฟิลล์บี (มก./ตร.ซม.)	คลอโรฟิลล์รวม (มก./ตร.ซม.)
มีนาคม	13 ชั่วโมง	11.71 a[1]	7.09 a	16.51 a
	8 ชั่วโมง	1.24 c	1.08 c	1.98 c
พฤษภาคม	13 ชั่วโมง	12.31 a	7.47 a	17.41 a
	8 ชั่วโมง	6.66 b	3.96 b	9.04 b
F-test		**	**	**
C.V. (%)		16.9	15.6	16.4

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

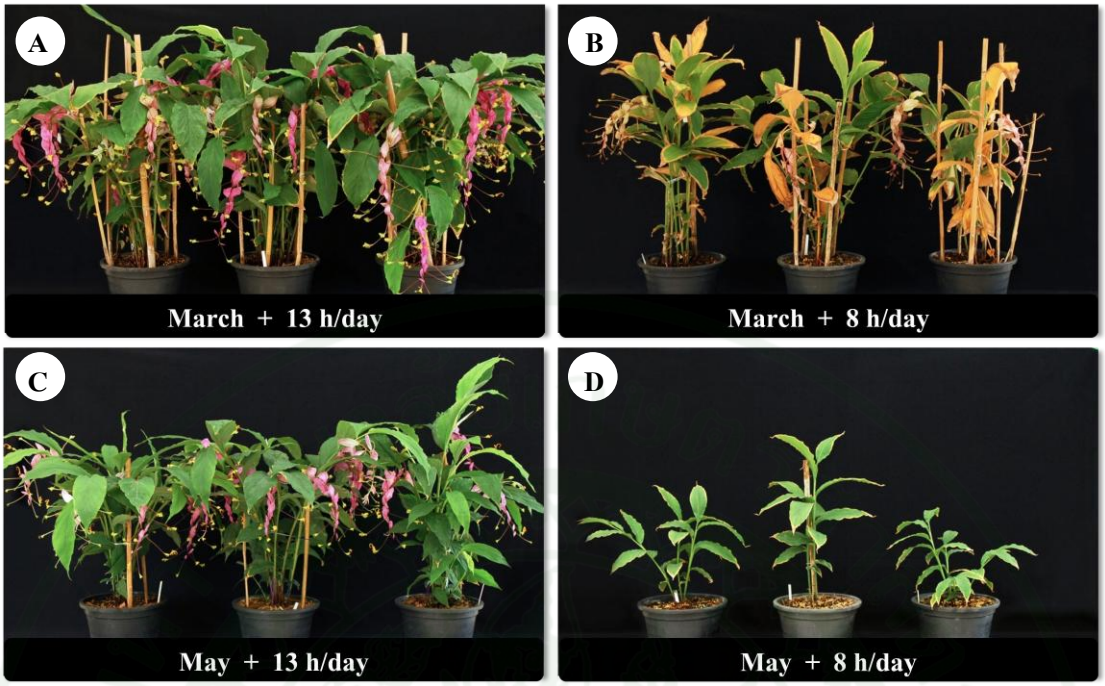
ตารางที่ 6 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ

ความยาววัน	คลอโรฟิลล์เอ (มก./ตร.ซม.)	คลอโรฟิลล์บี (มก./ตร.ซม.)	คลอโรฟิลล์รวม (มก./ตร.ซม.)
13 ชั่วโมง	12.0 a[1]	7.28 a	16.96 a
8 ชั่วโมง	3.95 b	2.52 b	5.51 b
T-test	**	**	**
C.V. (%)	23.2	20.5	21.8

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 หงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววัน 8 และ 13 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 90 วัน

(A) ปลูกเดือนมีนาคม (อายุ 45 วัน เมื่อเริ่มทดลอง) และได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน

(B) ปลูกเดือนมีนาคม (อายุ 45 วัน เมื่อเริ่มทดลอง) และได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน

(C) ปลูกเดือนพฤษภาคม (อายุ 3 วัน เมื่อเริ่มทดลอง) และได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน

(D) ปลูกเดือนพฤษภาคม (อายุ 3 วัน เมื่อเริ่มทดลอง) และได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การเจริญเติบโตและการพัฒนาของช่อดอก

3.1 จำนวนช่อดอก

จากภาพที่ 7 แสดงให้เห็นว่าหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม มีการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนช่อดอกมาในระยะหนึ่งแล้วก่อนเริ่มการทดลอง โดยในสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 4 ต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม ที่ได้รับแสง 13 และ 8 ชั่วโมงต่อวัน มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนช่อดอกเพียงเล็กน้อยและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่จากสัปดาห์ที่ 6 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนช่อดอกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวันมีจำนวนช่อดอกค่อนข้างคงที่ เช่นเดียวกับต้นที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม ที่มีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนช่อดอกหลังจากเริ่มการทดลอง โดยในสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 4 ต้นที่ได้รับแสง 13 และ 8 ชั่วโมงต่อวัน ยังไม่มีช่อดอกเกิดขึ้นเนื่องจากอยู่ในช่วงการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบ แต่จากสัปดาห์ที่ 6 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนช่อดอกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน ไม่สามารถออกดอกได้

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้จำนวนช่อดอกต่อกอของหงส์เหินหลังจากสิ้นสุดการทดลองแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม และได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนช่อดอกต่อกอเฉลี่ยมากที่สุดคือ 11.4 ช่อ รองลงมาคือต้นที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม และได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนช่อดอกต่อกอเฉลี่ย 7.0 ช่อ และต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม และได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนช่อดอกต่อกอเฉลี่ยเพียง 3.2 ช่อ เท่านั้น ในขณะที่ต้นที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม และได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน ไม่สามารถออกดอกได้ตามปกติ (ตารางที่ 7 และ ภาพที่ 6)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนช่อดอกมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อกอ 9.2 ช่อ ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อกอเพียง 1.6 ช่อเท่านั้น (ตารางที่ 8)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

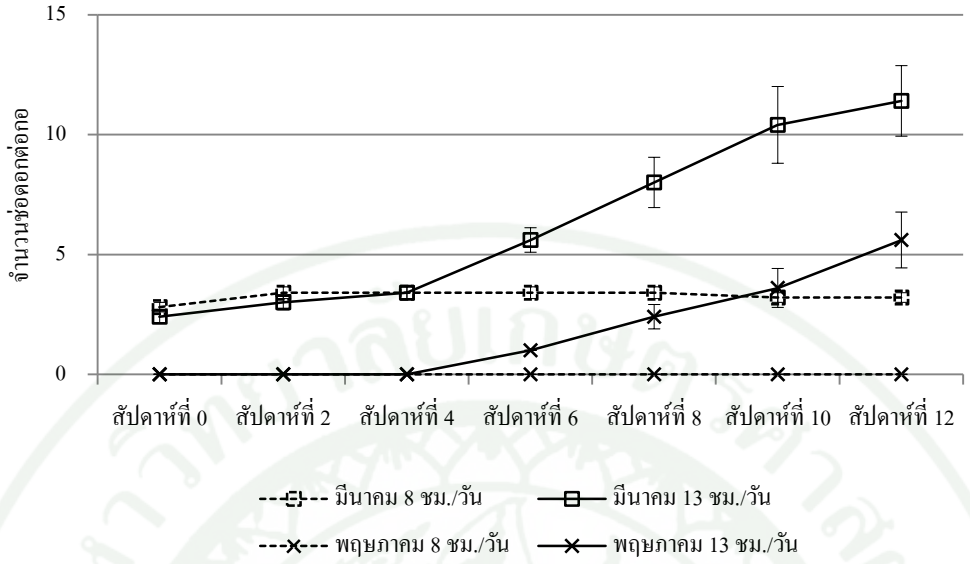
3.2 ความยาวช่อดอก

จากภาพที่ 8 แสดงให้เห็นว่าหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม มีการเจริญเติบโตเพิ่มความยาวช่อดอกเต็มที่แล้วก่อนเริ่มการทดลอง โดยต้นที่ได้รับแสง 13 และ 8 ชั่วโมงต่อวัน มีความยาวช่อดอกที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12 ส่วนต้นที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม ซึ่งมีการเจริญเติบโตเพิ่มความยาวช่อดอกหลังจากเริ่มการทดลอง พบว่า ในสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 4 ต้นที่ได้รับแสง 13 และ 8 ชั่วโมงต่อวัน ยังไม่มีช่อดอกเกิดขึ้นจึงไม่มีความยาวช่อดอก แต่จากสัปดาห์ที่ 6 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ความยาวช่อดอกของต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแต่ยังคงน้อยกว่ากับต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน ไม่สามารถมีช่อดอกได้

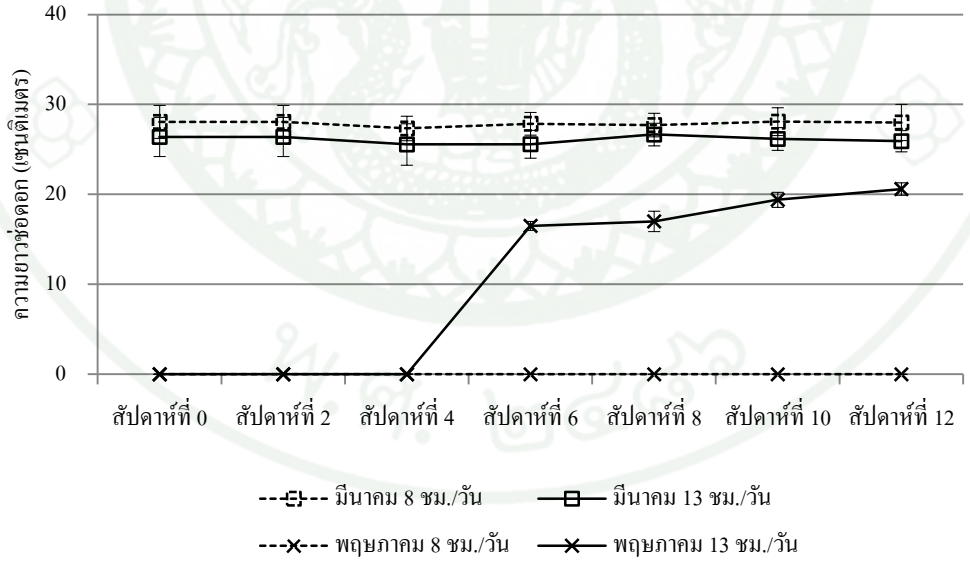
เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า อิทธิพลของความยาววันไม่มีผลทำให้ยาวช่อดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม มีความแตกต่างกันเนื่องจากหงส์เหินได้เจริญเติบโตและพัฒนาช่อดอกเต็มที่แล้วก่อนที่จะเริ่มการทดลอง โดยต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวันมีความยาวช่อดอกเฉลี่ย 24.5 เซนติเมตร และต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวันมีความยาวช่อดอกเฉลี่ย 26.7 เซนติเมตร แต่ต้นที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม ในต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีความยาวช่อดอกมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวันมีความยาวช่อดอกเฉลี่ย 20.6 เซนติเมตร ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน ไม่สามารถออกดอกได้ตามปกติจึงมีความยาวช่อดอกเท่ากับ 0 เซนติเมตร (ตารางที่ 7 และ ภาพที่ 6)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าความยาวช่อดอกของต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน และได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความยาวช่อดอกเฉลี่ยอยู่ในช่วง 13.4 ถึง 22.6 เซนติเมตร (ตารางที่ 8)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 7 จำนวนช่อดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 8 ความยาวช่อดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 จำนวนช่อดอก และความยาวช่อดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน

เดือนปลูก	ความยาววัน	จำนวนช่อดอก (ต่อกอ)	ความยาวช่อดอก (เซนติเมตร)
มีนาคม	13 ชั่วโมง	11.4 a [1]	24.5 ab
	8 ชั่วโมง	3.2 c	26.7 a
พฤษภาคม	13 ชั่วโมง	7.0 b	20.6 b
	8 ชั่วโมง	0.0 d	0.0 c
F-test		**	**
C.V. (%)		39.8	17.4

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 8 จำนวนช่อดอก และความยาวช่อดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ

ความยาววัน	จำนวนช่อดอก (ต่อกอ)	ความยาวช่อดอก (เซนติเมตร)
13 ชั่วโมง	9.2 a [1]	22.6
8 ชั่วโมง	1.6 b	13.4
T-test	**	ns
C.V. (%)	53.1	58.4

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

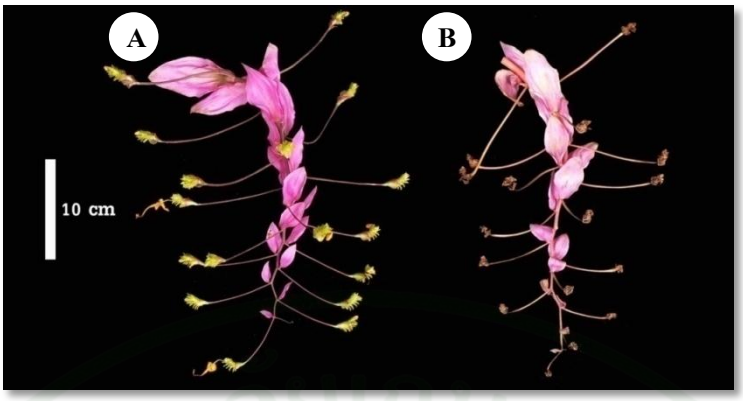
[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

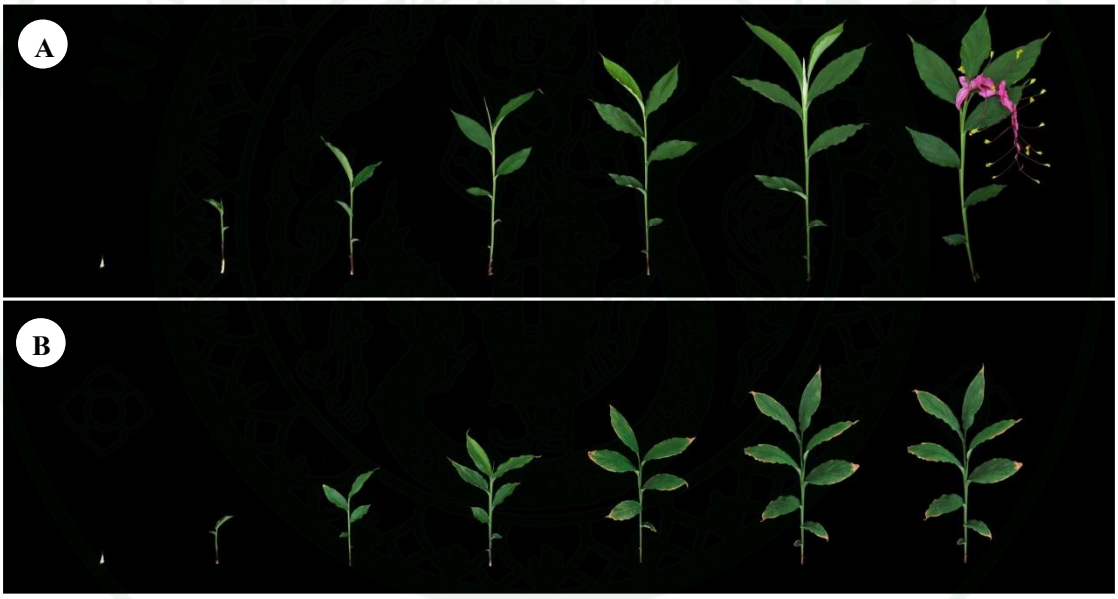
จากภาพที่ 9 ซึ่งเป็นช่อดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม จะเห็นว่าการเจริญเติบโตและการพัฒนาของดอกจริงของต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน (ภาพที่ 9A) ยังคงสามารถสร้างดอกจริงได้อย่างต่อเนื่องและสมบูรณ์เมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน (ภาพที่ 9B) ซึ่งมีลักษณะการเหี่ยวและฝ่อไม่สามารถสร้างดอกจริงออกมาได้ตามปกติ ส่วนหงส์เหินที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม พบว่า ต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน สามารถสร้างช่อดอกให้เจริญออกมาจากลำต้นได้เมื่ออายุประมาณ 35 วันหลังจากแทงหน่อ และพัฒนาเป็นช่อดอกที่สมบูรณ์ที่มีดอกจริงได้เมื่ออายุประมาณ 42 วันหลังจากแทงหน่อ (ภาพที่ 10A) ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน ไม่สามารถมีช่อดอกออกมาจากลำต้นได้เมื่ออายุผ่านไปกว่า 90 วัน (ภาพที่ 10B)

จากการศึกษาการเจริญเติบโตและการพัฒนาเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดไปเป็นช่อดอกของหงส์เหินที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน ที่อายุต้น 3, 7, 14, 21 และ 28 วันหลังจากแทงหน่อพ้นผิวดินด้วยวิธีเนื้อเยื่อวิทยาโดยการตัดตามยาวส่วนเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด (ภาพที่ 11) พบว่า หงส์เหินมีการพัฒนาส่วนของเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดไปเป็นช่อดอกได้เมื่อต้นมีอายุประมาณ 14 วันหลังจากแทงหน่อ โดยสังเกตุเห็นได้จากการสร้างส่วนของใบประดับ และจุดกำเนิดดอกได้อย่างชัดเจน และมีการพัฒนาทั้งขนาด และจำนวนจุดกำเนิดดอกจริงเพิ่มขึ้นไปจนถึงอายุ 28 วันหลังจากแทงหน่อ จึงสังเกตุส่วนต่างๆของช่อดอกได้อย่างชัดเจน และหงส์เหินจะแทงช่อดอกออกจากลำต้นได้เมื่ออายุประมาณ 35 ถึง 45 วันหลังจากแทงหน่อ และเมื่อนำหงส์เหินที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งไม่สามารถออกดอกได้ตามปกติหลังจากสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 12) มาศึกษาการเจริญเติบโตและการพัฒนาเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดไปเป็นช่อดอกด้วยวิธีการเดียวกัน พบว่า ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีการพัฒนาเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดไปเป็นช่อดอกได้ แต่เกิดการชะงักการเจริญเติบโตตั้งแต่ภายในลำต้นจึงไม่สามารถเจริญเติบโตและพัฒนาเป็นช่อดอกที่สมบูรณ์ออกมาภายนอกลำต้นได้ (ภาพที่ 13)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

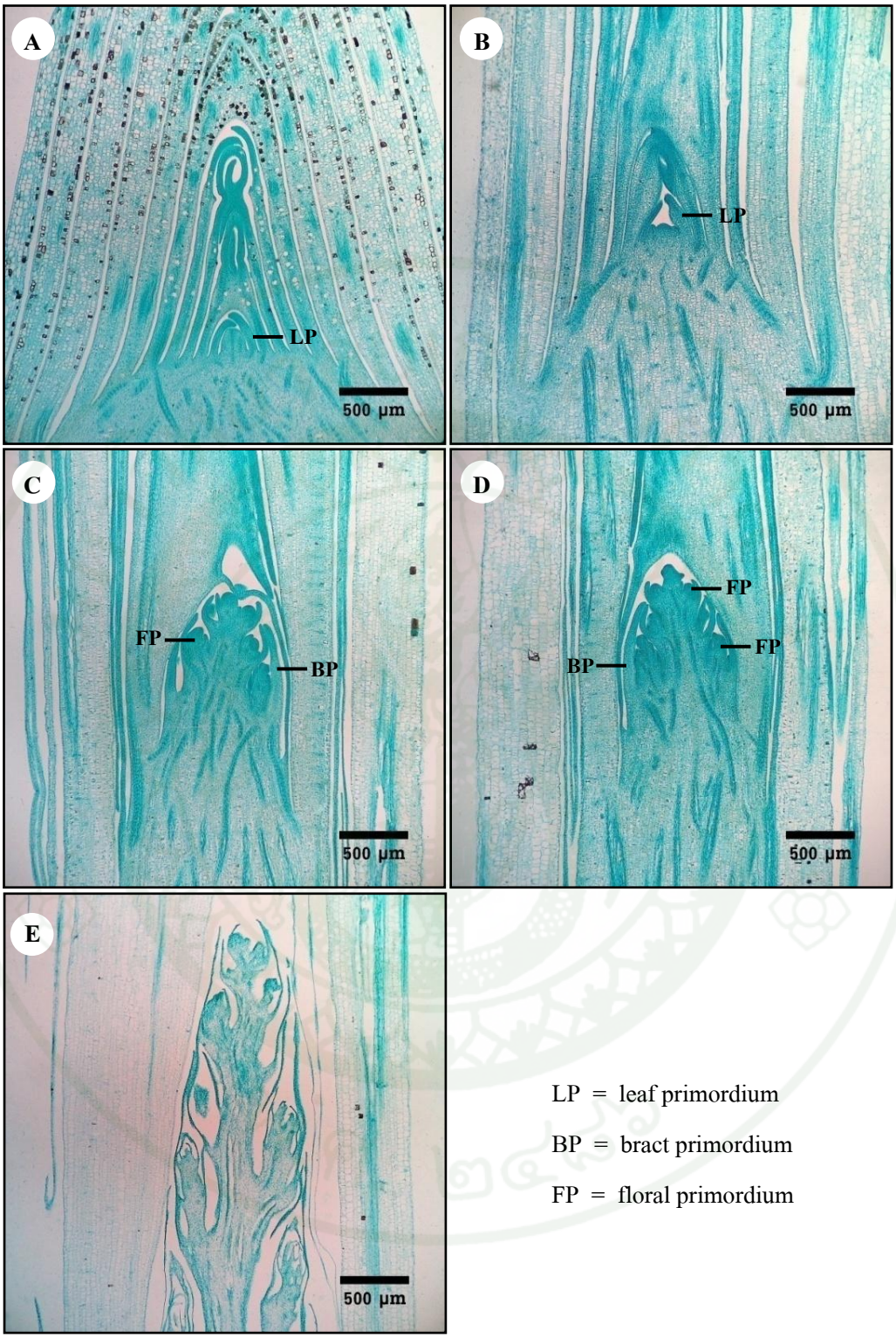


ภาพที่ 9 ลักษณะช่อดอกของต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม เมื่อต้นมีอายุ 90 วัน
(A) ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน (B) ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน



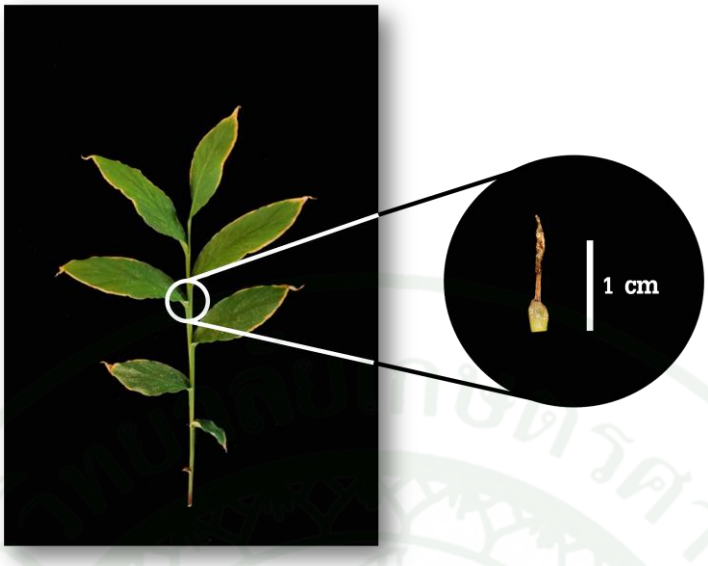
ภาพที่ 10 การเจริญเติบโตและการออกดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม และได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน
(A) ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน
(B) ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

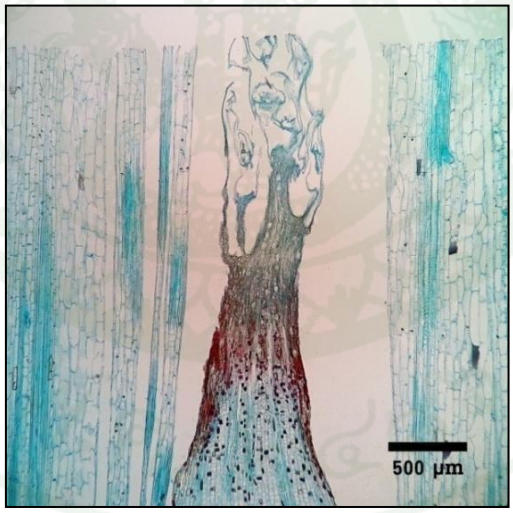


ภาพที่ 11 ภาพตัดตามยาวแสดงการพัฒนาตาดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม และได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน (A) อายุ 3 วันหลังจากแทงหน่อ (B) อายุ 7 วันหลังจากแทงหน่อ (C) อายุ 14 วันหลังจากแทงหน่อ (D) อายุ 21 วันหลังจากแทงหน่อ (E) อายุ 28 วันหลังจากแทงหน่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 12 แสดงลักษณะของช่อดอกที่ฝ่อภายในลำต้นของต้นที่ปลูกในเดือนพฤษภาคมและได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน เมื่อต้นอายุประมาณ 90 วัน



ภาพที่ 13 ภาพตัดตามยาวช่อดอกที่ฝ่อภายในลำต้นของต้นที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม และได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน เมื่อต้นอายุประมาณ 90 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. การเจริญเติบโตของหัว

4.1 จำนวนหัว

พบว่า อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้จำนวนหัวของหงส์เหินหลังจากสิ้นสุดการทดลองแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม และได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนหัวเฉลี่ยต่อกอมากที่สุดคือ 15.2 หัว รองลงมาคือต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม และได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน และต้นที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม และได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนหัวเฉลี่ยต่อกอ 9.6 และ 8.0 หัว ตามลำดับ ในขณะที่ ต้นที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม แต่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน ให้จำนวนหัวเฉลี่ยต่อกอน้อยที่สุดคือ 3.8 หัว (ตารางที่ 9 และ ภาพที่ 14)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนหัวมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนหัวเฉลี่ยต่อกอ 11.6 หัว ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนหัวเฉลี่ยต่อกอเพียง 6.7 หัว (ตารางที่ 10)

4.2 ขนาดหัว

พบว่า อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้ขนาดหัวของหงส์เหินหลังจากสิ้นสุดการทดลองแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม และได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีขนาดหัวเฉลี่ยใหญ่ที่สุดคือ 6.6 เซนติเมตร รองลงมาคือต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม ที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งมีขนาดหัวเฉลี่ย 4.4 เซนติเมตร ส่วนต้นที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม ที่ได้รับแสง 13 และ 8 ชั่วโมงต่อวัน มีขนาดหัวเฉลี่ยเล็กที่สุดคือ 3.1 และ 2.5 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 9 และ ภาพที่ 14)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยของความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าขนาดหัวของหงส์เหินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีขนาดหัวเฉลี่ย 4.8 เซนติเมตร และต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัวพันธุ์เฉลี่ย 3.5 เซนติเมตร (ตารางที่ 10)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3 น้ำหนักหัว

พบว่า อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้น้ำหนักหัวของหงส์เหินหลังจากสิ้นสุดการทดลองแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม และได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีน้ำหนักหัวเฉลี่ยมากที่สุดคือ 119.2 กรัม รองลงมาคือต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม ที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งมีน้ำหนักหัวเฉลี่ย 92.6 กรัม เซนติเมตร ส่วนต้นที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม ที่ได้รับแสง 13 และ 8 ชั่วโมงต่อวัน มีน้ำหนักหัวเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 17.2 และ 29.5 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยของความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าน้ำหนักหัวของหงส์เหินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีน้ำหนักหัว เฉลี่ย 68.2 กรัม และต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีน้ำหนักหัวเฉลี่ย 61.0 (ตารางที่ 10)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 จำนวน ขนาด และน้ำหนักหัวเฉลี่ยของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน

เดือนปลูก	ความยาววัน	จำนวนหัว (ต่อกอ)	ขนาดหัว (เซนติเมตร)	น้ำหนักหัว (กรัม)
มีนาคม	13 ชั่วโมง	15.2 a [1]	6.6 a	119.2 a
	8 ชั่วโมง	9.6 b	4.4 b	92.6 b
พฤษภาคม	13 ชั่วโมง	8.0 b	3.1 c	17.2 c
	8 ชั่วโมง	3.8 c	2.5 c	29.5 c
F-test		**	**	**
C.V. (%)		23.9	13.1	25.3

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 10 จำนวน ขนาด และน้ำหนักหัวเฉลี่ยของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ

ความยาววัน	จำนวนหัว (ต่อกอ)	ขนาดหัว (เซนติเมตร)	น้ำหนักหัว (กรัม)
13 ชั่วโมง	11.6 a [1]	4.8	68.2
8 ชั่วโมง	6.7 b	3.5	61.0
T-test	*	ns	ns
C.V. (%)	43.9	37.7	73.2

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การเจริญเติบโตของรากสะสมอาหาร

5.1 จำนวนรากสะสมอาหาร

อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้จำนวนรากสะสมอาหารของหงส์เหินหลังจากสิ้นสุดการทดลองแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม และได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนรากสะสมอาหารเฉลี่ยต่อกอมากที่สุดคือ 66.0 ราก รองลงมาคือต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม ที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งมีจำนวนรากสะสมอาหารเฉลี่ยต่อกอ 48.0 ราก ส่วนต้นที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม ที่ได้รับแสง 13 และ 8 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนรากสะสมอาหารเฉลี่ยต่อกอน้อยที่สุดคือ 13.6 และ 23.0 ราก ตามลำดับ (ตารางที่ 11 และ ภาพที่ 14)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยของความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าจำนวนรากสะสมอาหารของหงส์เหินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนรากสะสมอาหารเฉลี่ยต่อกอ 39.8 ราก และต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนรากสะสมอาหารเฉลี่ยต่อกอ 35.5 ราก (ตารางที่ 12)

5.2 ขนาดรากสะสมอาหาร

หงส์เหินที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม และได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีขนาดรากสะสมอาหารเฉลี่ย ใหญ่ที่สุดคือ 0.7 เซนติเมตร ส่วนต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม และได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีขนาดรากสะสมอาหารเฉลี่ย รองลงมาคือ 0.6 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน ทั้งในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม ที่มีขนาดรากสะสมอาหารเฉลี่ย 0.5 เซนติเมตร และ 0.4 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 9 และ ภาพที่ 8) โดยต้นที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม และได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีขนาดรากสะสมอาหารเฉลี่ยใหญ่ที่สุดคือ 0.7 เซนติเมตร ส่วนต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม และได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีขนาดรากสะสมอาหารเฉลี่ย รองลงมาคือ 0.6 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน ทั้งในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม ที่มีขนาดรากสะสมอาหารเฉลี่ย 0.5 เซนติเมตร และ 0.4 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 11 และ ภาพที่ 14)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีขนาดรากสะสมอาหารน้อยกว่าต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีขนาดรากสะสมอาหารเฉลี่ย 0.5 เซนติเมตร ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีขนาดรากสะสมอาหารเฉลี่ยที่ใหญ่กว่าคือ 0.7 เซนติเมตร (ตารางที่ 12)

5.3 ความยาวรากสะสมอาหาร

อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้ความยาวรากสะสมอาหารของหงส์เหินหลังจากสิ้นสุดการทดลองแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม และได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีความยาวรากสะสมอาหารมากที่สุดคือ 23.0 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าต้นที่ปลูกในเดือนเดียวกันแต่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน ที่มีความยาวรากสะสมอาหารเฉลี่ย 9.8 เซนติเมตร และต้นที่ปลูกในเดือนมีนาคม ที่ได้รับแสง 13 และ 8 ชั่วโมงต่อวัน ที่มีความยาวรากสะสมอาหารเฉลี่ย 14.6 และ 15.0 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 11 และภาพที่ 14)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีความยาวรากสะสมอาหารน้อยกว่าต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน มีความยาวรากสะสมอาหารเฉลี่ย 12.2 เซนติเมตร ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีความยาวรากสะสมอาหารเฉลี่ยที่มากกว่าคือ 19.0 เซนติเมตร (ตารางที่ 12)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 จำนวน ขนาด และความยาวรากสะสมอาหารเฉลี่ยของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน

เดือนปลูก	ความยาววัน	รากสะสมอาหาร		
		จำนวน (ต่อกอ)	ขนาด (เซนติเมตร)	ความยาว (เซนติเมตร)
มีนาคม	13 ชั่วโมง	66.0 a [1]	0.5 c	14.6 b
	8 ชั่วโมง	48.0 b	0.6 b	15.0 b
พฤษภาคม	13 ชั่วโมง	13.6 c	0.4 d	9.8 b
	8 ชั่วโมง	23.0 c	0.7 a	23.0 a
F-test		**	**	**
C.V. (%)		21.1	8.2	16.7

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 12 จำนวน ขนาด และความยาวรากสะสมอาหารเฉลี่ยของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ

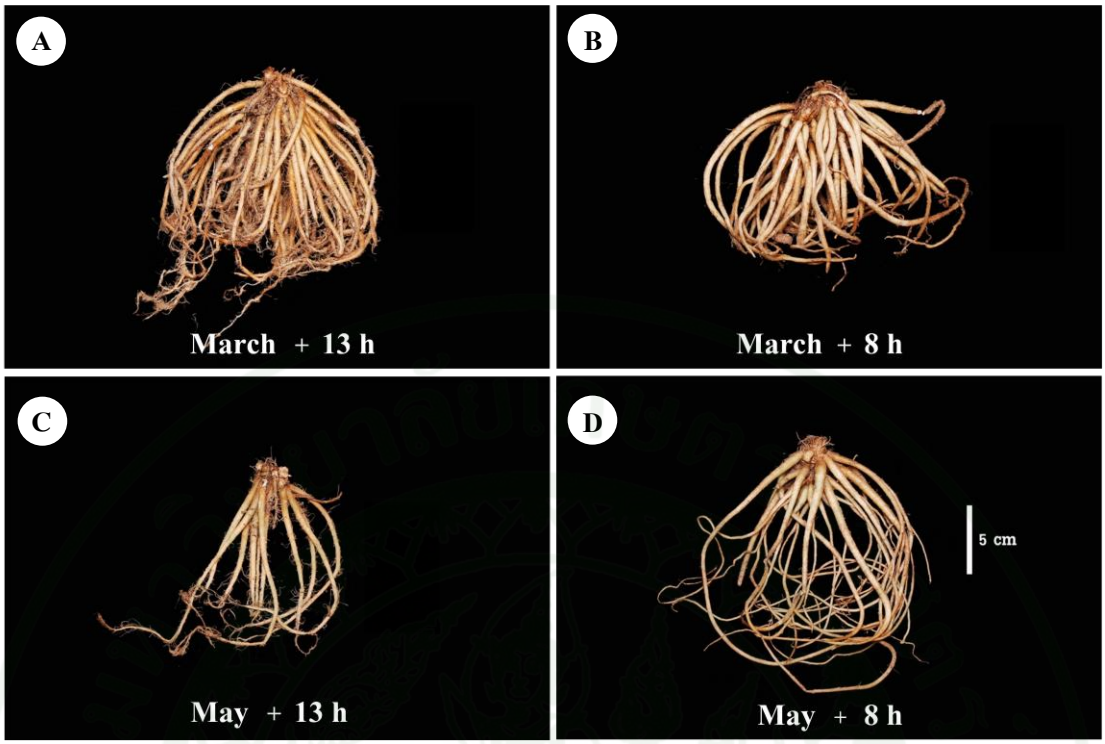
ความยาววัน	รากสะสมอาหาร		
	จำนวน (ต่อกอ)	ขนาด (เซนติเมตร)	ความยาว (เซนติเมตร)
13 ชั่วโมง	39.8	0.5 b [1]	12.2 b
8 ชั่วโมง	35.5	0.7 a	19.0 a
T-test	ns	**	**
C.V. (%)	60.8	11.4	27.3

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 14 หัวพันธุ์หงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม หลังจากได้รับความยาววัน 8 และ 13 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 90 วัน

(A) ปลูกเดือนมีนาคม (อายุ 45 วัน เมื่อเริ่มทดลอง) และได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน

(B) ปลูกเดือนมีนาคม (อายุ 45 วัน เมื่อเริ่มทดลอง) และได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน

(C) ปลูกเดือนพฤษภาคม (อายุ 3 วัน เมื่อเริ่มทดลอง) และได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน

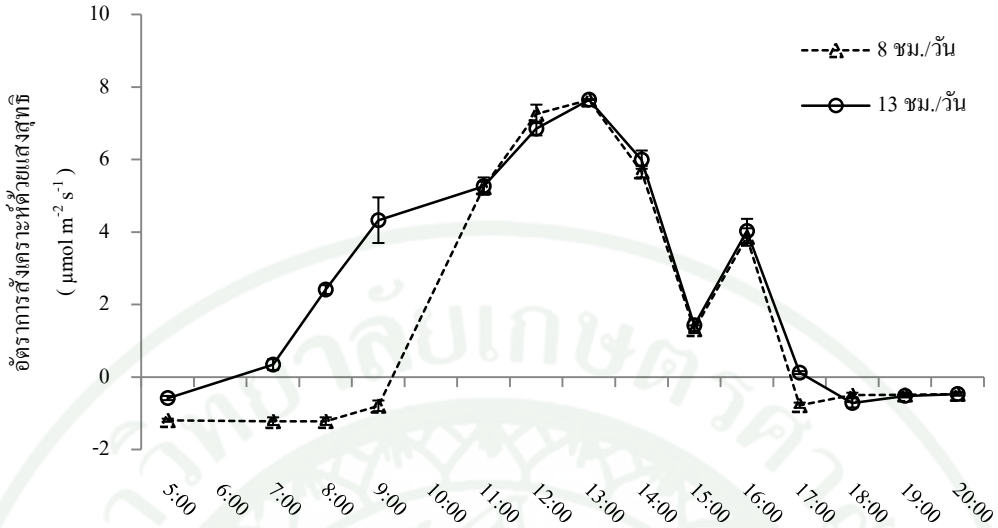
(D) ปลูกเดือนพฤษภาคม (อายุ 3 วัน เมื่อเริ่มทดลอง) และได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (leaf net photosynthetic rate, P_n)

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของใบหงส์เหิน พบว่า ต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน เริ่มมีค่าเป็นบวก ตั้งแต่เวลาประมาณ 06:30 น. ซึ่งมีความเข้มแสงประมาณ 15 μmol $m^{-2}s^{-1}$ โดยอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิจะเพิ่มขึ้นและลดลงตามความเข้มแสงที่เปลี่ยนไปในรอบวันไปจนถึงเวลาประมาณ 17:30 น. ซึ่งมีความเข้มแสงประมาณ 10 μmol $m^{-2}s^{-1}$ จึงมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิเป็นลบ ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน เริ่มมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิเป็นบวกตั้งแต่เวลาประมาณ 09:00 น. ซึ่งมีความเข้มแสงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากการเปิดม่านทึบแสง และมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิเพิ่มขึ้นและลดลงไปตามความเข้มแสงจนถึงเวลาประมาณ 17:00 น. จึงมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิเป็นลบ ซึ่งเป็นเวลาที่มีการปิดม่านทึบแสงอีกครั้ง จากกราฟแสดงให้เห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิน้อยกว่าต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน คิดเป็น 18.9 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน (ภาพที่ 15 และ 16)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 15 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิในรอบวันของหงส์เหินที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน และ 8 ชั่วโมงต่อวัน

ภาพที่ 16 ความเข้มแสงในรอบวันเหนือทรงพุ่มของหงส์เหินที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน และ 8 ชั่วโมงต่อวัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 1.2 การทดลองนอกฤดูปลูกระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนมกราคม

การทดลองนอกฤดูปลูก ที่มีความยาววันในธรรมชาติ 11 ชั่วโมงต่อวัน โดยนำหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม ที่มีอายุ 120 วัน และ 5 วัน หลังจากแทงหน่อ ตามลำดับ มาให้ได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน คือ ความยาววันตามธรรมชาติ 11 ชั่วโมงต่อวัน และสภาพวันยาวด้วยการให้แสงจากหลอดไส้ (Incandescent lamp, INC) ขนาด 100 วัตต์ ที่ความเข้มแสง 50 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ เหนือทรงพุ่ม ในเวลา 17:00 น. ถึง 22:00 น. ให้มีความยาววัน 15.5 ชั่วโมงต่อวัน ได้ผลการทดลองดังนี้

1. การเจริญเติบโตทางด้านลำต้น

1.1 จำนวนต้น

จากภาพที่ 17 แสดงให้เห็นว่าหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม มีการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนต้นมาในระยะหนึ่งแล้วก่อนเริ่มการทดลอง โดยสัปดาห์ที่ 2 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนต้นเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน ไม่มีจำนวนต้นเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับต้นที่ปลูกในเดือนตุลาคม ที่มีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนต้นหลังจากเริ่มการทดลอง ในสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 4 ต้นที่ได้รับแสง 11 และ 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนต้น โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จากสัปดาห์ที่ 6 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนต้นเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนมีจำนวนใกล้เคียงกับต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม ที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน ไม่มีจำนวนต้นเพิ่มขึ้น

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้จำนวนต้นต่อกอของหงส์เหินแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคมที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนต้นต่อกอเฉลี่ยมากที่สุดคือ 15.2 ต้น และ 13.4 ต้น ตามลำดับ รองลงมาคือต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน ที่มีจำนวนต้นต่อกอเฉลี่ย 9.6 ต้น และต้นที่ปลูกในเดือนตุลาคมและได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนต้นต่อกอเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 2.8 ต้น (ตารางที่ 13 และ ภาพที่ 21)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนต้นมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนต้นเฉลี่ย 14.3 ต้นต่อกอ ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนต้นเฉลี่ยเพียง 6.2 ต้นต่อกอ เท่านั้น (ตารางที่ 14)

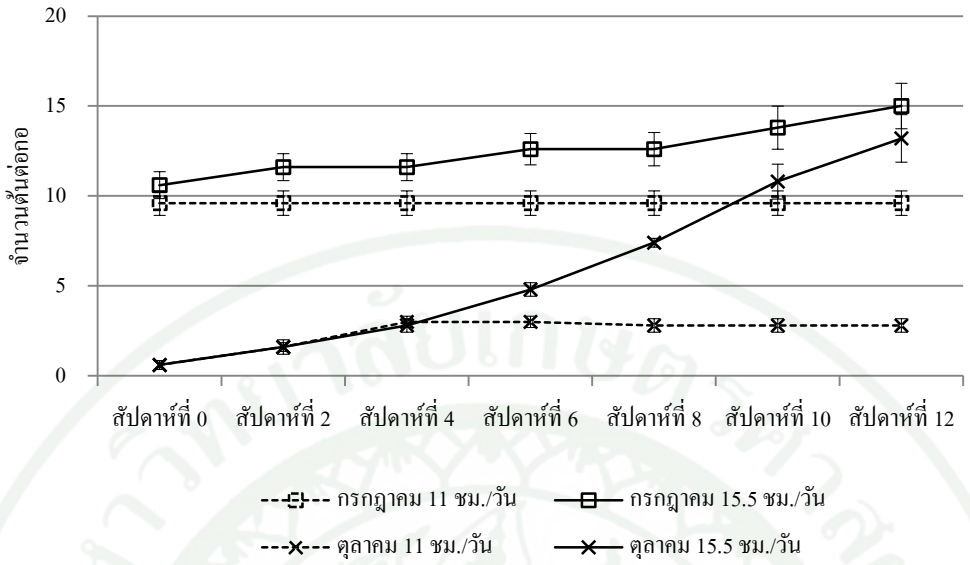
1.2 ความสูงต้น

จากภาพที่ 18 แสดงให้เห็นว่าหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม มีการเจริญเติบโตเพิ่มความสูงต้นมาในระยะหนึ่งแล้วก่อนเริ่มการทดลอง โดยทั้งต้นที่ได้รับแสง 11 และ 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีความสูงต้นค่อนข้างคงที่ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12 ส่วนต้นที่ปลูกในเดือนตุลาคม ซึ่งมีการเจริญเติบโตเพิ่มความสูงต้นหลังจากเริ่มการทดลอง ในสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 2 ต้นที่ได้รับแสง 11 และ 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีความสูงต้นเพิ่มขึ้น โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่จากสัปดาห์ที่ 4 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 8 พบว่า ความสูงของต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนใกล้เคียงกับต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีความสูงเพิ่มขึ้นน้อยกว่า และความสูงต้นของทุกสิ่งทดลองในสัปดาห์ที่ 8 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12 จะค่อนข้างคงที่

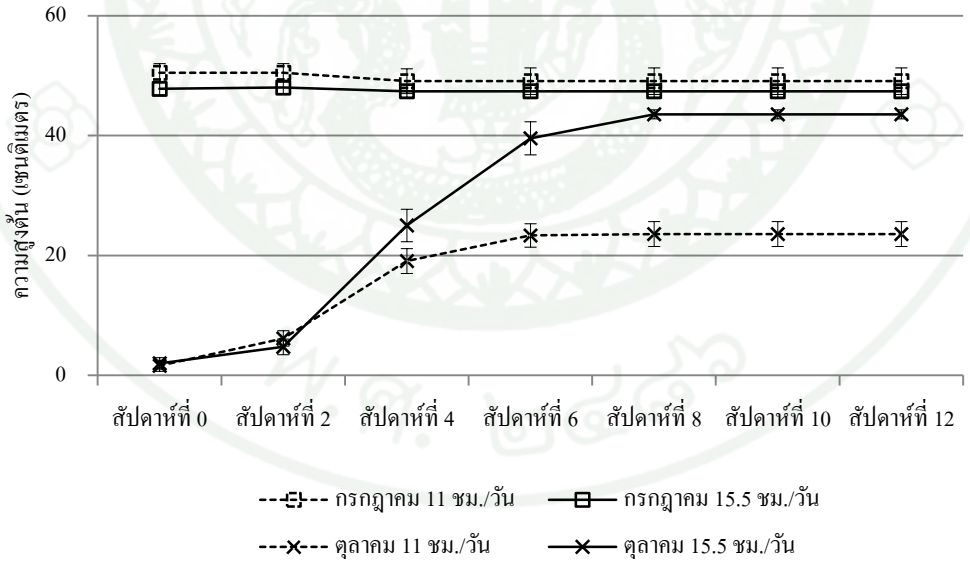
เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า อิทธิพลของความยาววันไม่มีผลทำให้ความสูงต้นของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม มีความแตกต่างกันเนื่องจากหงส์เหินได้เจริญเติบโตเพิ่มความสูงเต็มที่แล้วก่อนที่จะเริ่มการทดลอง โดยต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวันมีความสูงเฉลี่ย 45.9 เซนติเมตร และต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีความสูงเฉลี่ย 49.1 เซนติเมตร แต่ต้นที่ปลูกในเดือนตุลาคม ที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีความสูงมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวันมีความสูงเฉลี่ย 43.5 เซนติเมตร ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีความสูงเฉลี่ยเพียง 24.1 เซนติเมตรเท่านั้น (ตารางที่ 13 และ ภาพที่ 21)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีความสูงต้นมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีความสูงต้นเฉลี่ย 44.7 เซนติเมตร ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีความสูงต้นเฉลี่ยเพียง 36.6 เซนติเมตรเท่านั้น (ตารางที่ 14)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 17 จำนวนต้นของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 18 ความสูงต้นของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 จำนวนต้น และความสูงต้นของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน

เดือนปลูก	ความยาววัน	จำนวนต้น (ต่อกอ)	ความสูงต้น (เซนติเมตร)
กรกฎาคม	11 ชั่วโมง	9.6 b [1]	49.1 a
	15.5 ชั่วโมง	15.2 a	45.9 a
ตุลาคม	11 ชั่วโมง	2.8 c	24.1 b
	15.5 ชั่วโมง	13.4 a	43.5 a
F-test		**	**
C.V. (%)		22.6	13.3

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 14 จำนวนต้น และความสูงต้นของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ

ความยาววัน	จำนวนต้น (ต่อกอ)	ความสูงต้น (เซนติเมตร)
11 ชั่วโมง	6.2 b [1]	36.6 b
15.5 ชั่วโมง	14.3 a	44.7 a
T-test	**	*
C.V. (%)	33.3	26.2

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การเจริญเติบโตทางใบ

2.1 จำนวนใบ

จากภาพที่ 19 แสดงให้เห็นว่าหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม มีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนใบมาในระยะหนึ่งแล้วก่อนเริ่มการทดลอง โดยทั้งต้นที่ได้รับแสง 11 และ 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนใบค่อนข้างคงที่ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12 ส่วนต้นที่ปลูกในเดือนตุลาคม ซึ่งมีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนใบหลังจากเริ่มการทดลอง ในสัปดาห์ที่ 2 ถึงสัปดาห์ที่ 4 ต้นที่ได้รับแสง 11 และ 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนใบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่จากสัปดาห์ที่ 6 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12 พบว่า จำนวนใบของต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้จำนวนใบต่อต้นของหงส์เหินแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่ปลูกในเดือนตุลาคม และได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ยมากที่สุดคือ 8.4 ใบ ซึ่งมากกว่าต้นที่ปลูกในเดือนเดียวกัน แต่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน ที่มีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 7.2 ใบ และต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม ทั้งที่ได้รับแสง 11 และ 15.5 ชั่วโมงต่อวัน ที่มีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 7.1 และ 7.4 ใบ ตามลำดับ (ตารางที่ 15 และ ภาพที่ 21)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนใบมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 7.9 ใบ ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 7.1 ใบ (ตารางที่ 16)

2.2 ความเขียวใบ

จากภาพที่ 20 แสดงให้เห็นว่าหงส์เหินที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีความเขียวใบค่อนข้างคงที่ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ของต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และสัปดาห์ที่ 2 ของต้นที่ปลูกในเดือนตุลาคม (เนื่องจากสัปดาห์ที่ 0 ใบยังมีขนาดเล็กไม่สามารถวัดค่าความเขียวใบได้) ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12 ในขณะที่ ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน ของทั้งสองเดือนปลูกจะเริ่มมีความเขียวใบลดลงในสัปดาห์ที่ 6 และลดลงต่อเนื่องไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้ความเขียวใบของหงส์เหินแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่ปลูกในเดือนตุลาคม และได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีความเขียวใบเฉลี่ยมากที่สุดคือ 51.5 SPAD unit รองลงมาคือต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีความเขียวใบเฉลี่ย 40.7 SPAD unit ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน ทั้งที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม มีความเขียวใบเฉลี่ย 0.0 และ 6.0 SPAD unit เท่านั้น (ตารางที่ 15 และ ภาพที่ 21)

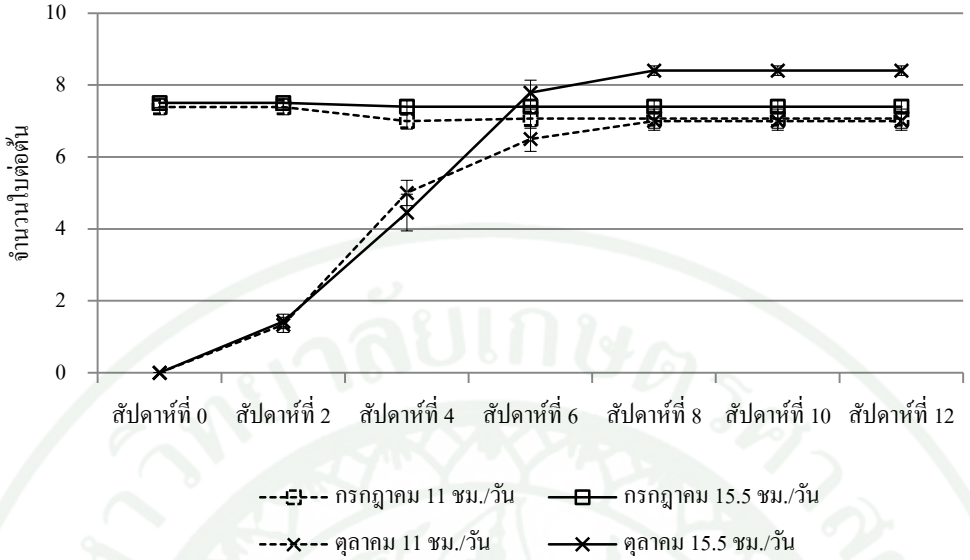
เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีความเขียวใบมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีความเขียวใบเฉลี่ย 46.1 ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีความเขียวใบเฉลี่ยเพียง 6.5 เท่านั้น (ตารางที่ 16)

2.3 พื้นที่ใบ

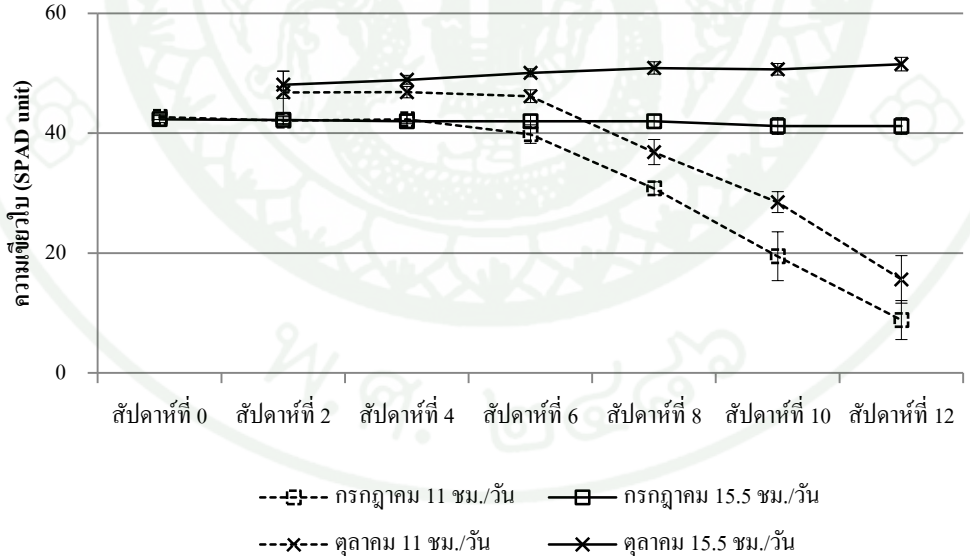
พบว่า อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้พื้นที่ใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนตุลาคม และได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีพื้นที่ใบเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 162.7 ตารางเซนติเมตรต่อต้น ซึ่งน้อยกว่าต้นที่ปลูกในเดือนเดียวกันแต่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน และต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม ที่ได้รับแสง 11 และ 15.5 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ปลูกในเดือนตุลาคม และได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีพื้นที่ใบเฉลี่ย 495.9 ตารางเซนติเมตรต่อต้น ส่วนต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม ที่ได้รับแสง 11 และ 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีพื้นที่ใบเฉลี่ย 519.6 และ 483.5 ตารางเซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 15 และ ภาพที่ 21)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีพื้นที่ใบมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีพื้นที่ใบเฉลี่ย 489.7 ตารางเซนติเมตรต่อต้น ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีพื้นที่ใบเฉลี่ยเพียง 341.1 ตารางเซนติเมตรต่อต้นเท่านั้น (ตารางที่ 16)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 19 จำนวนใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 20 ความเขียวใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 จำนวนใบ ความเขียวใบ และพื้นที่ใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน

เดือนปลูก	ความยาววัน	จำนวนใบ (ต่อต้น)	ความเขียวใบ (SPAD unit)	พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)
กรกฎาคม	11 ชั่วโมง	7.1 b [1]	0.0 d	519.6 a
	15.5 ชั่วโมง	7.4 b	40.7 b	483.5 a
ตุลาคม	11 ชั่วโมง	7.2 b	6.0 c	162.7 b
	15.5 ชั่วโมง	8.4 a	51.5 a	495.9 a
F-test		*	**	**
C.V. (%)		8.0	16.6	8.7

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 16 จำนวนใบ ความเขียวใบ และพื้นที่ใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ

ความยาววัน	จำนวนใบ (ต่อต้น)	ความเขียวใบ (SPAD unit)	พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)
11 ชั่วโมง	7.1 b [1]	3.0 b	341.1 b
15.5 ชั่วโมง	7.9 a	46.1 a	489.7 a
T-test	*	**	**
C.V. (%)	9.0	16.9	33.0

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ

เมื่อแทนค่าความเขียวใบในสมการจากการทดลองที่ 1.1 พบว่า อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม ในใบหงส์เหินของแต่ละสิ่งทดลอง แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่ปลูกในเดือนตุลาคม และได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมมากที่สุดคือ 12.56, 7.64 และ 17.8 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ มากกว่าต้นที่ปลูกในเดือนเดียวกันแต่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมเพียง 0.87, 0.85 และ 1.44 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม เฉลี่ย 8.74, 5.23 และ 12.07 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ มากกว่าต้นที่ปลูกในเดือนเดียวกันแต่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมเพียง 0.15, 0.59 และ 0.74 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม เฉลี่ย 10.65, 6.43 และ 14.94 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมเพียง 0.51, 0.72 และ 1.09 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 18)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน

เดือนปลูก	ความยาววัน	คลอโรฟิลล์เอ (มก./ตร.ซม.)	คลอโรฟิลล์บี (มก./ตร.ซม.)	คลอโรฟิลล์รวม (มก./ตร.ซม.)
กรกฎาคม	11 ชั่วโมง	0.15 c[1]	0.59 c	0.74 c
	15.5 ชั่วโมง	8.74 b	5.23 b	12.07 b
ตุลาคม	11 ชั่วโมง	0.87 c	0.85 c	1.44 c
	15.5 ชั่วโมง	12.56 a	7.64 a	17.8 a
F-test		**	**	**
C.V. (%)		20.3	19.3	20.6

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 18 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ

ความยาววัน	คลอโรฟิลล์เอ (มก./ตร.ซม.)	คลอโรฟิลล์บี (มก./ตร.ซม.)	คลอโรฟิลล์รวม (มก./ตร.ซม.)
11 ชั่วโมง	0.51 b[1]	0.72 b	1.09 b
15.5 ชั่วโมง	10.65 a	6.43 a	14.94 a
T-test	**	**	**
C.V. (%)	24.8	24.7	26.2

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 21 หงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววัน 11 และ 15.5 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 90 วัน

(A) ปลูกเดือนกรกฎาคม (อายุ 120 วัน เมื่อเริ่มทดลอง) และได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน

(B) ปลูกเดือนกรกฎาคม (อายุ 120 วัน เมื่อเริ่มทดลอง) และได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน

(C) ปลูกเดือนตุลาคม (อายุ 5 วัน เมื่อเริ่มทดลอง) และได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน

(D) ปลูกเดือนตุลาคม (อายุ 5 วัน เมื่อเริ่มทดลอง) และได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การเจริญเติบโตและการพัฒนาของช่อดอก

3.1 จำนวนช่อดอก

จากภาพที่ 22 แสดงให้เห็นว่าหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม มีการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนช่อดอกมาในระยะหนึ่งแล้วก่อนเริ่มการทดลอง ส่วนต้นที่ปลูกในเดือนตุลาคม มีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนช่อดอกหลังจากเริ่มการทดลอง โดยในสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 4 ต้นที่ได้รับแสง 11 และ 15.5 ชั่วโมงต่อวัน ของทั้งสองเดือนปลูกมีจำนวนช่อดอกค่อนข้างคงที่ และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่จากสัปดาห์ที่ 6 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนช่อดอกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนช่อดอกคงที่ ในทั้งสองเดือนปลูก

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้จำนวนช่อดอกของหงส์เหินแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อกอมากที่สุดคือ 13.8 ช่อ ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน ที่มีจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อกอเพียง 9.6 ช่อเท่านั้น ส่วนต้นที่ปลูกในเดือนตุลาคม และได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อกอ 6.8 ช่อ ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อกอน้อยที่สุดเพียง 0.8 ช่อเท่านั้น (ตารางที่ 19 และ ภาพที่ 21)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนช่อดอกมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อกอ 17.8 ช่อ ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อกอเพียง 12.9 ช่อเท่านั้น (ตารางที่ 20)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 ความยาวช่อดอก

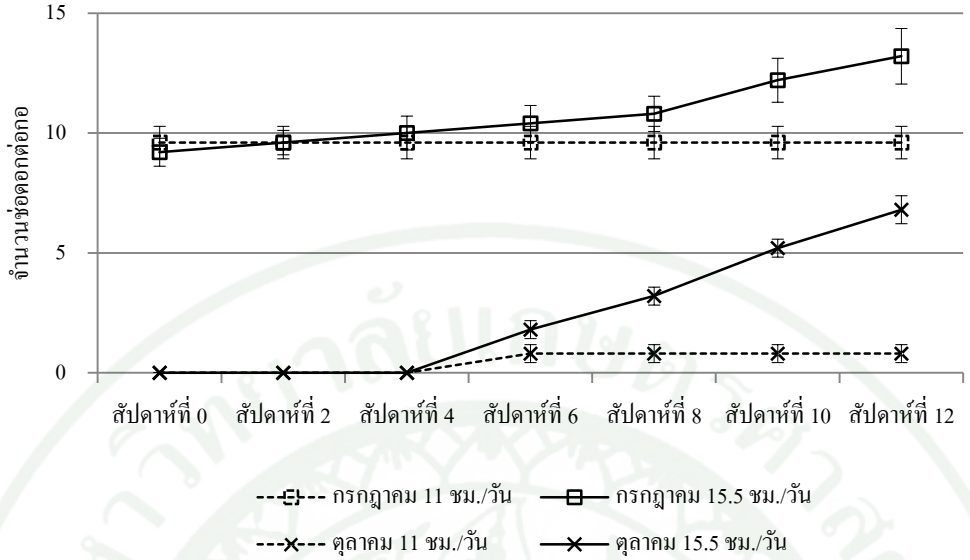
จากภาพที่ 23 แสดงให้เห็นว่าหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม มีการเจริญเติบโตเพิ่มความยาวช่อดอกเต็มที่แล้วก่อนเริ่มการทดลอง โดยต้นที่ได้รับแสง 11 และ 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีความยาวช่อดอกที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12 ส่วนต้นที่ปลูกในเดือนตุลาคม ซึ่งมีการเจริญเติบโตเพิ่มความยาวช่อดอกหลังจากเริ่มการทดลอง พบว่า ในสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 4 ต้นที่ได้รับแสง 11 และ 15.5 ชั่วโมงต่อวัน ยังไม่มีช่อดอกเกิดขึ้นจึงไม่มีความยาวช่อดอก ในสัปดาห์ที่ 6 พบว่า ความยาวช่อดอกของต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแต่ยังคงน้อยกว่าต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีความยาวช่อดอกเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด และคงที่ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้ความยาวช่อดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนตุลาคม และได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีความยาวช่อดอกเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 5.5 เซนติเมตร ซึ่งน้อยกว่าต้นที่ปลูกในเดือนเดียวกันแต่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน และต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม ที่ได้รับแสง 11 และ 15.5 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ปลูกในเดือนตุลาคม และได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีความยาวช่อดอกเฉลี่ย 16.3 เซนติเมตร ส่วนต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม ที่ได้รับแสง 11 และ 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีความยาวช่อดอกเฉลี่ย 20.3 และ 19.3 เซนติเมตรตามลำดับ (ตารางที่ 19 และ ภาพที่ 24)

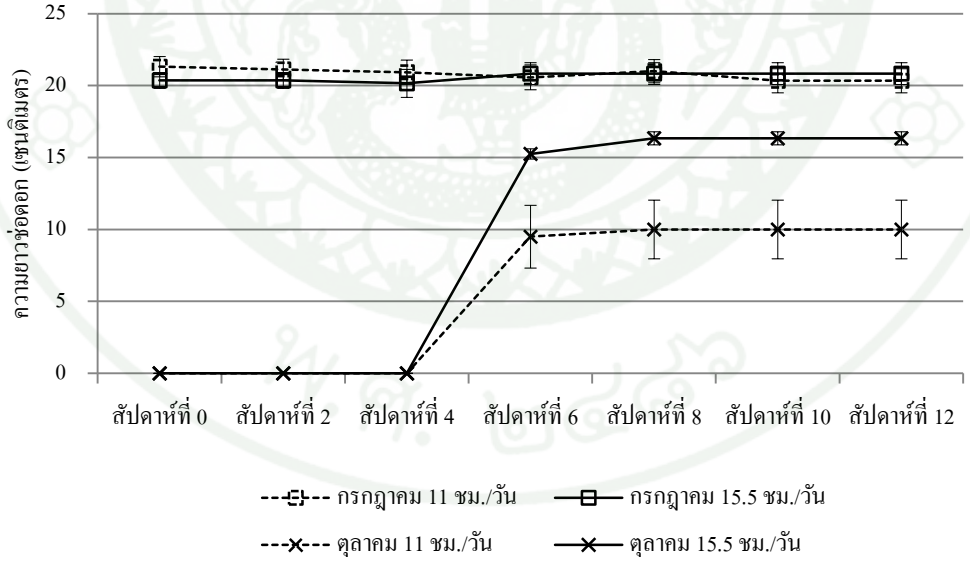
เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีความยาวช่อดอกมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีความยาวช่อดอกเฉลี่ย 17.8 เซนติเมตร ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีความยาวช่อดอกเฉลี่ยเพียง 12.9 เซนติเมตรเท่านั้น (ตารางที่ 20)

เมื่อสังเกตการเจริญเติบโตและการพัฒนาช่อดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนตุลาคม ซึ่งมีการเจริญเติบโตและพัฒนาของช่อดอกในช่วงที่ทำการทดลองพบว่า ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน สามารถพัฒนาช่อดอกออกมาจากลำต้นได้ แต่ช่อดอกไม่มีความสมบูรณ์และไม่สามารถให้ดอกจริงบนช่อดอกได้หลังจากทดลองผ่านไปกว่า 90 วัน (ภาพที่ 24A) เมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน ที่สามารถสร้างช่อดอกได้ตามปกติและมีความสมบูรณ์ (ภาพที่ 24B)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 22 จำนวนช่อดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 23 ความยาวช่อดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม เมื่อได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 จำนวนช่อดอก และความยาวช่อดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน

เดือนปลูก	ความยาววัน	จำนวนช่อดอก (ต่อกอ)	ความยาวช่อดอก (เซนติเมตร)
กรกฎาคม	11 ชั่วโมง	9.6 b [1]	20.3 a
	15.5 ชั่วโมง	13.8 a	19.3 a
ตุลาคม	11 ชั่วโมง	0.8 d	5.5 b
	15.5 ชั่วโมง	6.8 c	16.3 a
F-test		**	**
C.V. (%)		18.7	21.7

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 20 จำนวนช่อดอก และความยาวช่อดอกของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคมและเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ

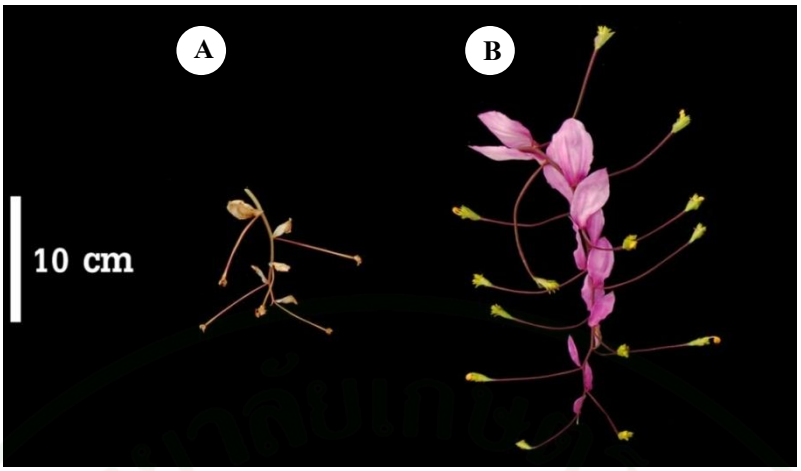
ความยาววัน	จำนวนช่อดอก (ต่อกอ)	ความยาวช่อดอก (เซนติเมตร)
11 ชั่วโมง	5.2 b [1]	12.9 b
15.5 ชั่วโมง	10.3 a	17.8 a
T-test	**	*
C.V. (%)	56.9	42.0

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 24 ลักษณะช่อดอกของต้นที่ปลูกในเดือนตุลาคม เมื่อต้นอายุประมาณ 90 วัน
(A) ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน
(B) ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. การเจริญเติบโตของหัว

4.1 จำนวนหัว

พบว่า อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้จำนวนหัวของหงส์เหินหลังจากสิ้นสุดการทดลองแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน ทั้งที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม มีจำนวนหัวเฉลี่ยต่อกอมากที่สุดคือ 16.0 และ 18.6 หัว ตามลำดับ รองลงมาคือต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน ที่มีจำนวนหัวเฉลี่ยต่อกอ 10.0 หัว ส่วนที่ปลูกในเดือนตุลาคม และได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนหัวเฉลี่ยต่อกอน้อยที่สุดเพียง 3.2 หัว (ตารางที่ 21 และ ภาพที่ 25)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนหัวมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนหัวเฉลี่ยต่อกอ 17.3 หัว ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนหัวเฉลี่ยต่อกอเพียง 6.6 หัวเท่านั้น (ตารางที่ 22)

4.2 ขนาดหัว

พบว่า อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้ขนาดหัวของหงส์เหินหลังจากสิ้นสุดการทดลองแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีขนาดหัวเฉลี่ยใหญ่ที่สุดคือ 5.7 เซนติเมตร รองลงมาคือต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม ที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน และ ต้นที่ปลูกในเดือนตุลาคม ที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งมีขนาดหัวเฉลี่ยคือ 4.4 และ 4.3เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนต้นที่ปลูกในเดือนตุลาคม และได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีขนาดหัวเฉลี่ยเล็กที่สุดคือ 1.8 เซนติเมตร (ตารางที่ 21 และ ภาพที่ 25)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีขนาดหัวที่ใหญ่กว่าต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีขนาดหัวเฉลี่ย 5 เซนติเมตร ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีขนาดหัวเฉลี่ยเพียง 3.1 เซนติเมตรเท่านั้น (ตารางที่ 22)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3 น้ำหนักหัว

พบว่า อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้น้ำหนักหัวของหงส์เหินหลังจากสิ้นสุดการทดลอง แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีน้ำหนักหัวเฉลี่ยมากที่สุดคือ 100.7 กรัม มากกว่าต้นที่ปลูกในเดือนเดียวกันแต่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน ที่มีน้ำหนักหัวเฉลี่ยรองลงมาคือ 83.8 กรัม ส่วนต้นที่ปลูกในเดือนตุลาคม และได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีน้ำหนักหัวเฉลี่ย 44.9 กรัม มากกว่าต้นที่ปลูกในเดือนเดียวกันแต่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน ที่มีน้ำหนักหัวเฉลี่ยน้อยที่สุดเพียง 19 กรัม เท่านั้น (ตารางที่ 21)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีน้ำหนักหัวมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีน้ำหนักหัวเฉลี่ย 72.8 กรัม ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีน้ำหนักหัวเฉลี่ยเพียง 51.4 กรัมเท่านั้น (ตารางที่ 22)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 21 จำนวน ขนาด และน้ำหนักหัวของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน

เดือนปลูก	ความยาววัน	จำนวนหัว (ต่อกอ)	ขนาดหัว (เซนติเมตร)	น้ำหนักหัว (กรัม)
กรกฎาคม	11 ชั่วโมง	10.0 b [1]	4.4 b	83.8 b
	15.5 ชั่วโมง	16.0 a	5.7 a	100.7 a
ตุลาคม	11 ชั่วโมง	3.2 c	1.8 c	19.0 d
	15.5 ชั่วโมง	18.6 a	4.3 b	44.9 c
F-test		**	**	**
C.V. (%)		23.1	21.3	17.4

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 22 จำนวน ขนาด และน้ำหนักหัวของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ

ความยาววัน	จำนวนหัว (ต่อกอ)	ขนาดหัว (เซนติเมตร)	น้ำหนักหัว (กรัม)
11 ชั่วโมง	6.6 b [1]	3.1 b	51.4 b
15.5 ชั่วโมง	17.3 a	5.0 a	72.8 a
T-test	**	**	**
C.V. (%)	31.5	33.7	53.9

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การเจริญเติบโตของรากสะสมอาหาร

5.1 จำนวนรากสะสมอาหาร

อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้จำนวนรากสะสมอาหารของหงส์เหินหลังจากสิ้นสุดการทดลอง แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนรากสะสมอาหารเฉลี่ยต่อกอมากที่สุดคือ 75.2 ราก มากกว่าต้นที่ปลูกในเดือนเดียวกันแต่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน ที่มีจำนวนรากสะสมอาหารเฉลี่ยต่อกอรองลงมาคือ 61.2 ราก ส่วนต้นที่ปลูกในเดือนตุลาคม และได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนรากสะสมอาหารเฉลี่ยต่อกอ 43.6 ราก มากกว่าต้นที่ปลูกในเดือนเดียวกันแต่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน ที่มีจำนวนรากสะสมอาหารเฉลี่ยต่อกอน้อยที่สุดเพียง 17.8 ราก เท่านั้น (ตารางที่ 23 และ ภาพที่ 25)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนรากสะสมอาหารมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนรากสะสมอาหารเฉลี่ย 59.4 รากต่อกอ ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนรากสะสมอาหารเฉลี่ยเพียง 39.5 รากต่อกอเท่านั้น (ตารางที่ 24)

5.2 ขนาดรากสะสมอาหาร

อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้ขนาดรากสะสมอาหารของหงส์เหินที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีขนาดใหญ่กว่าต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในทั้งสองเดือนปลูก โดยต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีขนาดรากสะสมอาหาร 0.5 เซนติเมตร ส่วนต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมง มีขนาดรากสะสมอาหาร 0.4 เซนติเมตร ในทั้งสองเดือนปลูก (ตารางที่ 23 และ ภาพที่ 25)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีขนาดรากสะสมอาหารที่เล็กกว่าต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีขนาดรากสะสมอาหารเฉลี่ย 0.4 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีขนาดรากสะสมอาหารเฉลี่ยที่ใหญ่กว่าคือ 0.5 เซนติเมตร (ตารางที่ 24)

5.3 ความยาวรากสะสมอาหาร

อิทธิพลของความยาววันมีผลทำให้ความยาวรากสะสมอาหารของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนตุลาคม และได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีความยาวรากสะสมอาหารเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 9.3 เซนติเมตร ส่วนต้นที่ปลูกในเดือนเดียวกัน แต่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีความยาวรากสะสมอาหารเฉลี่ย 11.8 เซนติเมตร และต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม ที่ได้รับแสง 11 และ 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีความยาวรากสะสมอาหารเฉลี่ย 12.8 และ 12.2 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 23 และ ภาพที่ 25)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ จะเห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีความยาวรากสะสมอาหารน้อยกว่าต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน มีความยาวรากสะสมอาหารเฉลี่ย 10.7 เซนติเมตร ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีความยาวรากสะสมอาหารเฉลี่ยที่ใหญ่กว่าคือ 12.3 เซนติเมตร (ตารางที่ 24)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 23 จำนวน ขนาด และความยาวรากสะสมอาหารของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน

เดือนปลูก	ความยาววัน	รากสะสมอาหาร		
		จำนวน (ต่อกอ)	ขนาด (เซนติเมตร)	ความยาว (เซนติเมตร)
กรกฎาคม	11 ชั่วโมง	61.2 b [1]	0.5 a	12.8 a
	15.5 ชั่วโมง	75.2 a	0.4 b	12.2 a
ตุลาคม	11 ชั่วโมง	17.8 d	0.5 a	11.8 a
	15.5 ชั่วโมง	43.6 c	0.4 b	9.3 b
F-test		**	**	**
C.V. (%)		18.9	9.5	9.5

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

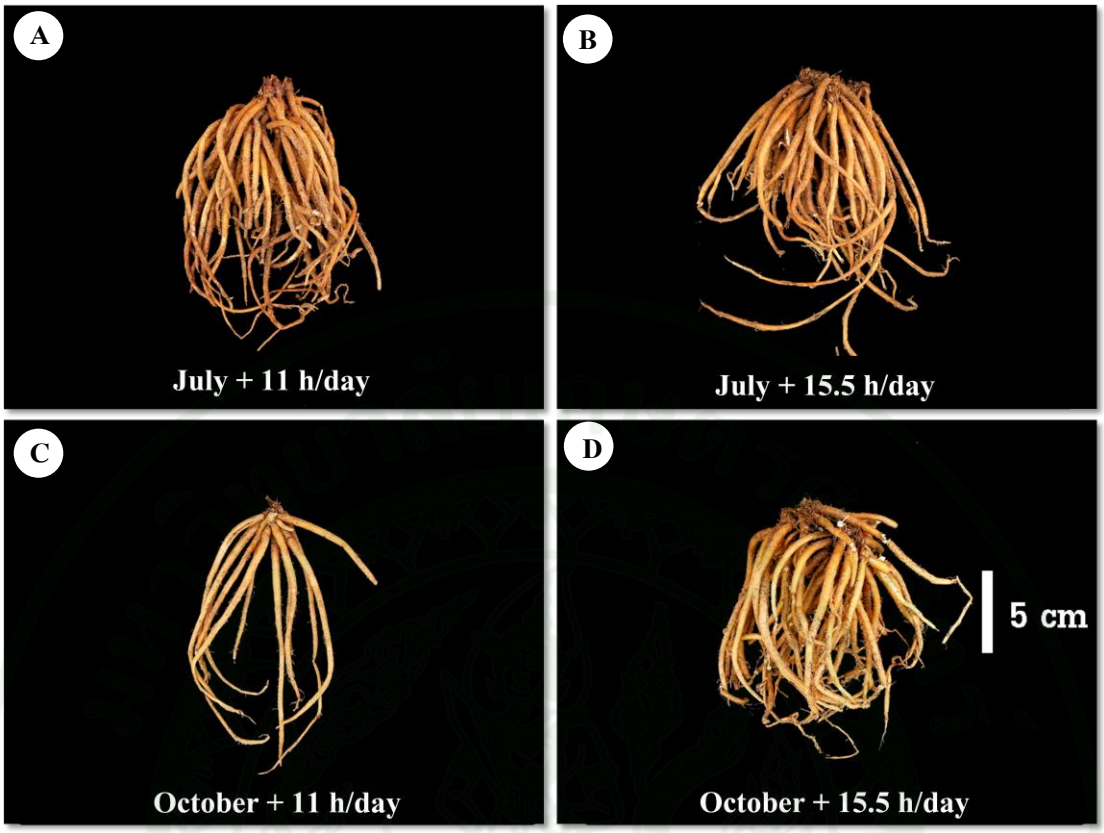
ตารางที่ 24 จำนวน ขนาด และความยาวรากสะสมอาหารของหงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววันที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยความยาววันที่พืชได้รับ

ความยาววัน	รากสะสมอาหาร		
	จำนวน (ต่อกอ)	ขนาด (เซนติเมตร)	ความยาว (เซนติเมตร)
11 ชั่วโมง	39.5 b [1]	0.5 a	12.3 a
15.5 ชั่วโมง	59.4 a	0.4 b	10.7 b
T-test	**	**	**
C.V. (%)	44.2	9.3	13.5

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 25 หัวพันธุ์หงส์เหินที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม หลังจากได้รับความยาววัน 11 และ 15.5 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 90 วัน

(A) ปลูกเดือนกรกฎาคม (อายุ 120 วัน เมื่อเริ่มทดลอง) และได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน

(B) ปลูกเดือนกรกฎาคม (อายุ 120 วัน เมื่อเริ่มทดลอง) และได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน

(C) ปลูกเดือนตุลาคม (อายุ 5 วัน เมื่อเริ่มทดลอง) และได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน

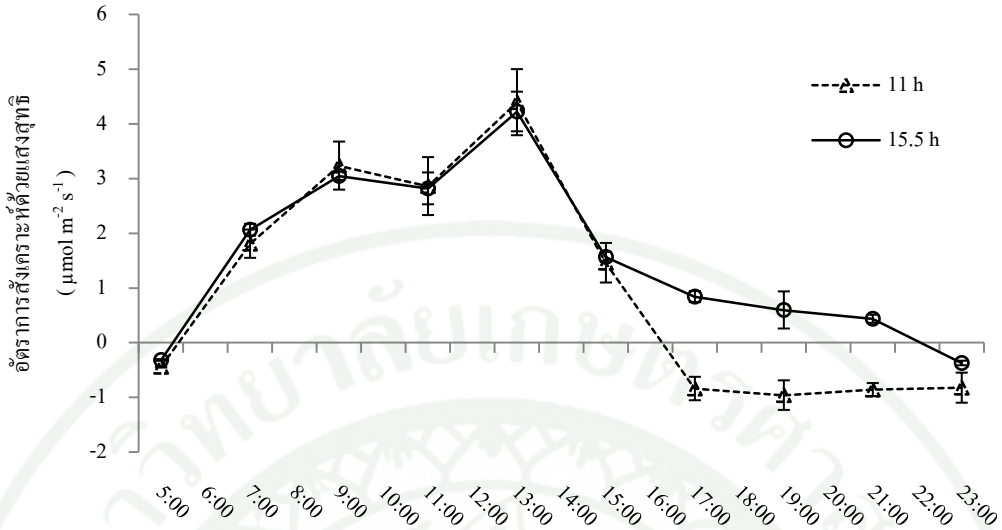
(D) ปลูกเดือนตุลาคม (อายุ 5 วัน เมื่อเริ่มทดลอง) และได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (leaf net photosynthetic rate, P_n)

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของใบหงส์เหิน พบว่า ต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน เริ่มมีค่าเป็นบวก ตั้งแต่เวลาประมาณ 05:30 น. ซึ่งมีความเข้มแสงประมาณ 20 μmol $m^{-2}s^{-1}$ โดยอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิจะเพิ่มขึ้นและลดลงตามความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้นและลดลงในรอบวันไปจนถึงเวลาประมาณ 16:30 น. ซึ่งมีความเข้มแสงประมาณ 30 μmol $m^{-2}s^{-1}$ จึงมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิเป็นลบ ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน เริ่มมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิเป็นบวกตั้งแต่เวลาประมาณ 05:30 น. และมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิเพิ่มขึ้นไปตามความเข้มแสงเช่นเดียวกันจนถึงเวลาประมาณ 22:00 น. จึงมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิเป็นลบ ซึ่งต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน จะได้รับแสงไฟในเวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ด้วยหลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent Lamp, INC) ที่ควบคุมความเข้มแสงเหนือทรงพุ่มประมาณ 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ จากกราฟแสดงให้เห็นว่าต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิน้อยกว่าต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน คิดเป็น 21 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน (ภาพที่ 26 และ 27)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 26 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิในรอบวันของหงส์เหินที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน และ 15.5 ชั่วโมงต่อวัน ของใบตำแหน่งที่ 3 นับจากยอด

ภาพที่ 27 ความเข้มแสงในรอบวันเหนือทรงพุ่มของหงส์เหินที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน และ 15.5 ชั่วโมงต่อวัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 2 ผลของชนิดแสงและความเข้มแสงที่ใช้ในการเพิ่มความยาววัน ต่อการเจริญเติบโต การออกดอก การพักตัว และคุณภาพหัวพันธุ์ของหงส์เหินที่ปลูกในช่วงนอกฤดู

ทำการทดลองในเดือนตุลาคม ถึงเดือนธันวาคม ซึ่งมีความยาววันในธรรมชาติ 11 ชั่วโมงต่อวัน โดยนำหงส์เหินที่ปลูกในเดือนตุลาคม ที่มีอายุ 5 วัน หลังจากแทงหน่อ มาให้แสงไฟด้วยหลอดไฟชนิดและความเข้มแสงที่ต่างกัน ในเวลา 17:00 น. ถึง 22:00 น. เพื่อเพิ่มความยาววันให้กับหงส์เหิน และมีชุดควบคุมที่ไม่มีการให้แสงไฟเพื่อเพิ่มความยาววัน ได้ผลการทดลองดังนี้

1. การเจริญเติบโตทางด้านลำต้น

1.1 จำนวนต้น

จากภาพที่ 28 แสดงให้เห็นว่า ในสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 4 หงส์เหินมีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนต้นใกล้เคียงกันทุกสิ่งทดลอง แต่จากสัปดาห์ที่ 6 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ต้นที่ได้รับแสงจากหลอดไฟทุกชนิดและทุกความเข้มแสง มีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนต้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ชุดควบคุม ไม่มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนต้น

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ชนิดของแสงและความเข้มแสงที่ใช้ในการเพิ่มความยาววันในเวลา 17:00 น. ถึง 22:00 น. ไม่ส่งผลให้จำนวนต้นต่อกอของหงส์เหินแตกต่างกันทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ มีจำนวนต้นต่อกอเฉลี่ย 14.8 และ 13.4 ต้น ตามลำดับ ส่วนต้นที่ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ มีจำนวนต้นต่อกอเฉลี่ย 13.6 และ 13.8 ต้น ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุมมีจำนวนต้นต่อกอเฉลี่ยเพียง 2.8 ต้น เท่านั้น (ตารางที่ 25 และ ภาพที่ 32)

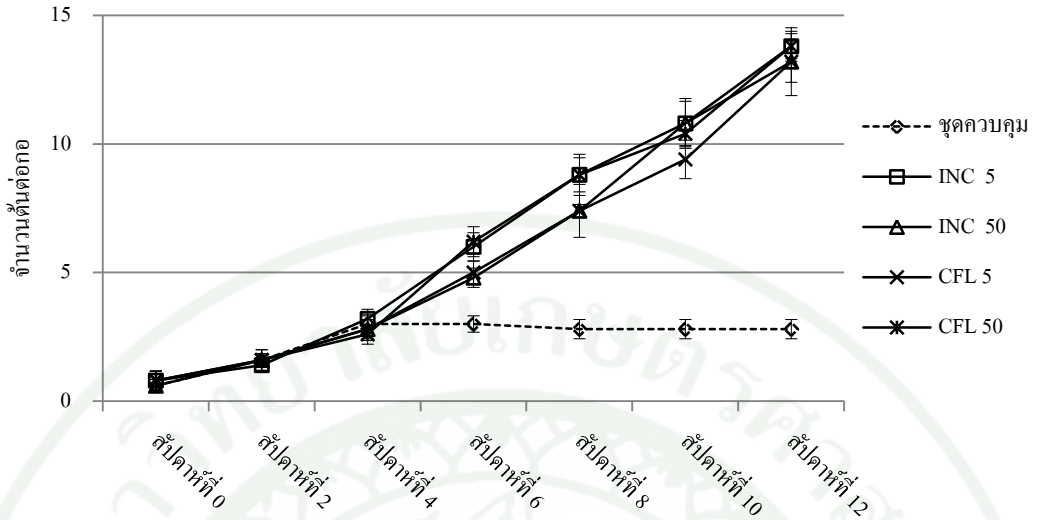
1.2 ความสูงต้น

จากภาพที่ 29 แสดงให้เห็นว่า ในสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 4 หงส์เหินมีการเจริญเติบโตเพิ่มความสูงต้นใกล้เคียงกันทุกสิ่งทดลอง แต่จากสัปดาห์ที่ 6 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ต้นที่ได้รับแสงจากหลอดไฟทุกชนิดและทุกความเข้มแสง มีการเจริญเติบโตเพิ่มความสูงต้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ชุดควบคุม มีความสูงต้นเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในสัปดาห์ที่ 6 และคงที่ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12

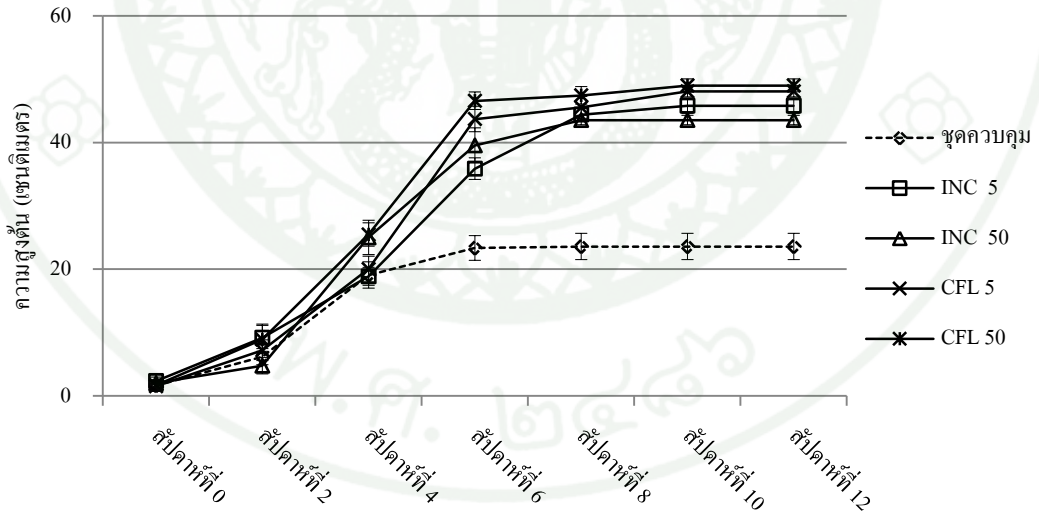
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ชนิดของแสงและความเข้มแสงที่ใช้ในการเพิ่มความยาววันในเวลา 17:00 น. ถึง 22:00 น. ส่งผลให้ความสูงต้นของหงส์เหินที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุดคือ 45.8, 48.1 และ 49.0 เซนติเมตร ส่วนต้นที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ที่ความเข้มแสง 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีความสูงเฉลี่ยรองลงมาคือ 43.5 เซนติเมตร โดยไม่แตกต่างกับต้นที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ความเข้มแสง 5 μmol $m^{-2}s^{-1}$ และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ส่วนชุดควบคุมมีความสูงเฉลี่ยเพียง 24.1 เซนติเมตร (ตารางที่ 25 และ ภาพที่ 32)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 28 จำนวนต้นของหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก



ภาพที่ 29 ความสูงต้นของหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 25 การเจริญเติบโตทางด้านลำต้นของหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก

สิ่งทดลอง	จำนวนต้น (ต่อกอ)	ความสูงต้น (เซนติเมตร)
ชุดควบคุม	2.8 b [1]	24.1 c
INC 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$	14.8 a	45.8 ab
INC 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$	13.4 a	43.5 b
CFL 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$	13.6 a	48.1 ab
CFL 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$	13.8 a	49.0 a
F-test	**	**
C.V. (%)	17.2	8.8

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การเจริญเติบโตทางใบ

2.1 จำนวนใบ

จากภาพที่ 30 แสดงให้เห็นว่า ในสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 6 หงส์เหินมีจำนวนใบใกล้เคียงกันในทุกสิ่งทดลอง แต่จากสัปดาห์ที่ 8 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ต้นที่ได้รับแสงจากหลอดไฟทุกชนิดและทุกความเข้มแสง มีจำนวนใบมากกว่าชุดควบคุม และมีจำนวนใบคงที่ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ชนิดของแสงและความเข้มแสงที่ใช้ในการเพิ่มความยาววันในเวลา 17:00 น. ถึง 22:00 น. ไม่ส่งผลให้จำนวนใบของหงส์เหินแตกต่างกันทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 7.9 และ 8.4 ใบ ตามลำดับ ส่วนต้นที่ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 8.2 และ 7.9 ใบ ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุมมีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ยเพียง 7.2 ใบ เท่านั้น (ตารางที่ 26 และ ภาพที่ 32)

2.2 ความเขียวใบ

จากภาพที่ 31 จะเห็นว่าในสัปดาห์ที่ 0 ไม่มีข้อมูลเนื่องจากหงส์เหินยังมีใบขนาดเล็กมาก จึงไม่สามารถใช้เครื่องมือทำการวัดค่าได้ จากนั้นในสัปดาห์ที่ 2 ถึงสัปดาห์ที่ 6 จะเห็นว่าหงส์เหินมีความเขียวใบใกล้เคียงกันทุกสิ่งทดลอง แต่จากสัปดาห์ที่ 8 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12 พบว่าต้นที่ได้รับแสงจากหลอดไฟทุกชนิดและทุกความเข้มแสง มีความเขียวใบค่อนข้างคงที่ ในขณะที่ชุดควบคุม มีความเขียวใบลดลงอย่างต่อเนื่อง

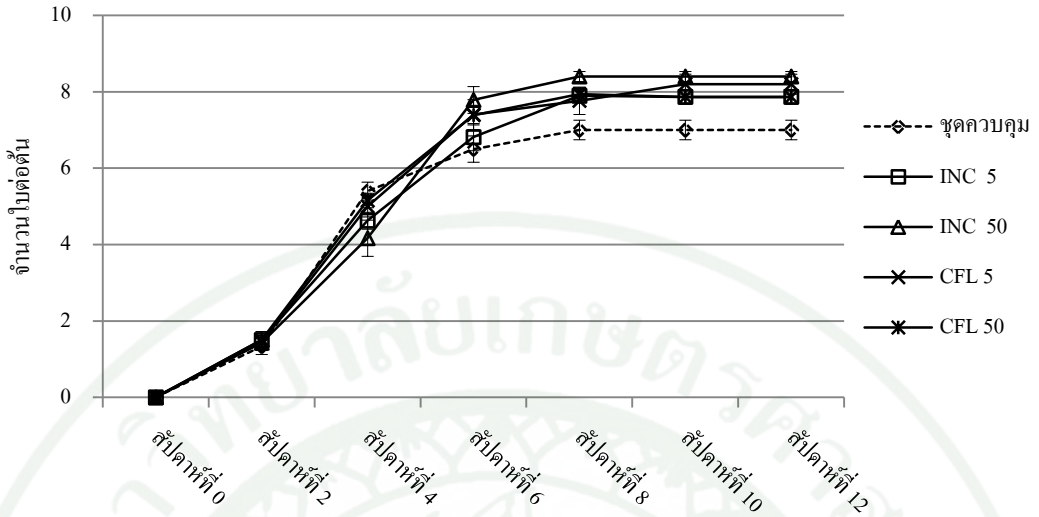
เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ชนิดของแสงและความเข้มแสงที่ใช้ในการเพิ่มความยาววันในเวลา 17:00 น. ถึง 22:00 น. ไม่ส่งผลให้ความเขียวใบของหงส์เหินแตกต่างกันทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีความเขียวใบเฉลี่ย 51.6 และ 51.4 SPAD unit ตามลำดับ ส่วนต้นที่ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีความเขียวใบเฉลี่ย 51.7 และ 50.2 SPAD unit ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุมมีความเขียวใบเฉลี่ยเพียง 6.0 เท่านั้น (ตารางที่ 26 และ ภาพที่ 32)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

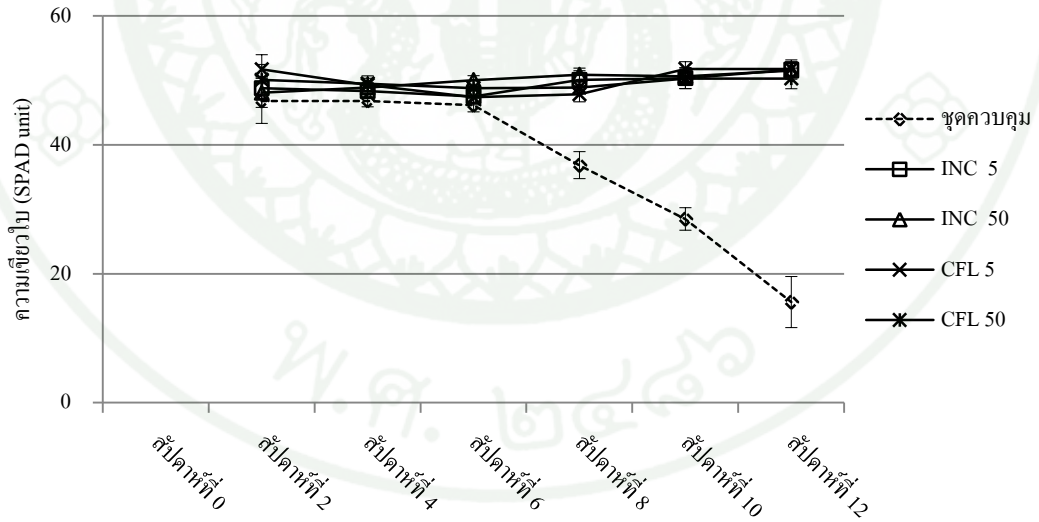
2.3 พื้นที่ใบ

ชนิดของแสงและความเข้มแสงที่ใช้ในการเพิ่มความยาววันในเวลา 17:00 น. ถึง 22:00 น. ไม่ส่งผลให้พื้นที่ใบของหงส์เหินแตกต่างกันทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้น 526.9 และ 495.8 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนต้นที่ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้น 518.0 และ 524.8 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุมมีพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นเพียง 162.6 ตารางเซนติเมตรเท่านั้น (ตารางที่ 26 และ ภาพที่ 32)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 30 จำนวนใบของหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก



ภาพที่ 31 ความเขียวของหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 26 การเจริญเติบโตทางใบของหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก

สิ่งทดลอง	จำนวนใบ (ต่อต้น)	ความเขียวใบ (SPAD unit)	พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)
ชุดควบคุม	7.2 b [1]	6.0 b	162.6 b
INC 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$	7.9 a	51.6 a	526.9 a
INC 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$	8.4 a	51.4 a	495.8 a
CFL 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$	8.2 a	51.7 a	518.0 a
CFL 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$	7.9 a	50.2 a	524.8 a
F-test	**	**	**
C.V. (%)	5.3	9.9	9.4

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ

เมื่อแทนค่าความเขียวใบในสมการจากการทดลองที่ 1.1 พบว่า ชนิดของแสงและความเข้มแสงที่ใช้ในการเพิ่มความยาววันในเวลา 17:00 น. ถึง 22:00 น. ไม่มีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม ในใบหงส์เหินของแต่ละสิ่งทดลองแตกต่างกันทางสถิติ โดยปริมาณคลอโรฟิลล์เอของต้นที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีปริมาณ 12.62 และ 12.56 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และต้นที่ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีปริมาณ 12.67 และ 12.17 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุมมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอเพียง 0.86 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร เท่านั้น ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์บีของต้นที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีปริมาณ 7.68 และ 7.64 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และต้นที่ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีปริมาณ 7.71 และ 7.39 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุมมีปริมาณคลอโรฟิลล์บีเพียง 0.85 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร เท่านั้น และปริมาณคลอโรฟิลล์รวมของต้นที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีปริมาณ 17.89 และ 17.80 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และต้นที่ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีปริมาณ 17.96 และ 17.22 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตรตามลำดับ ส่วนชุดควบคุมมีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมเพียง 1.44 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร เท่านั้น (ตารางที่ 27)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

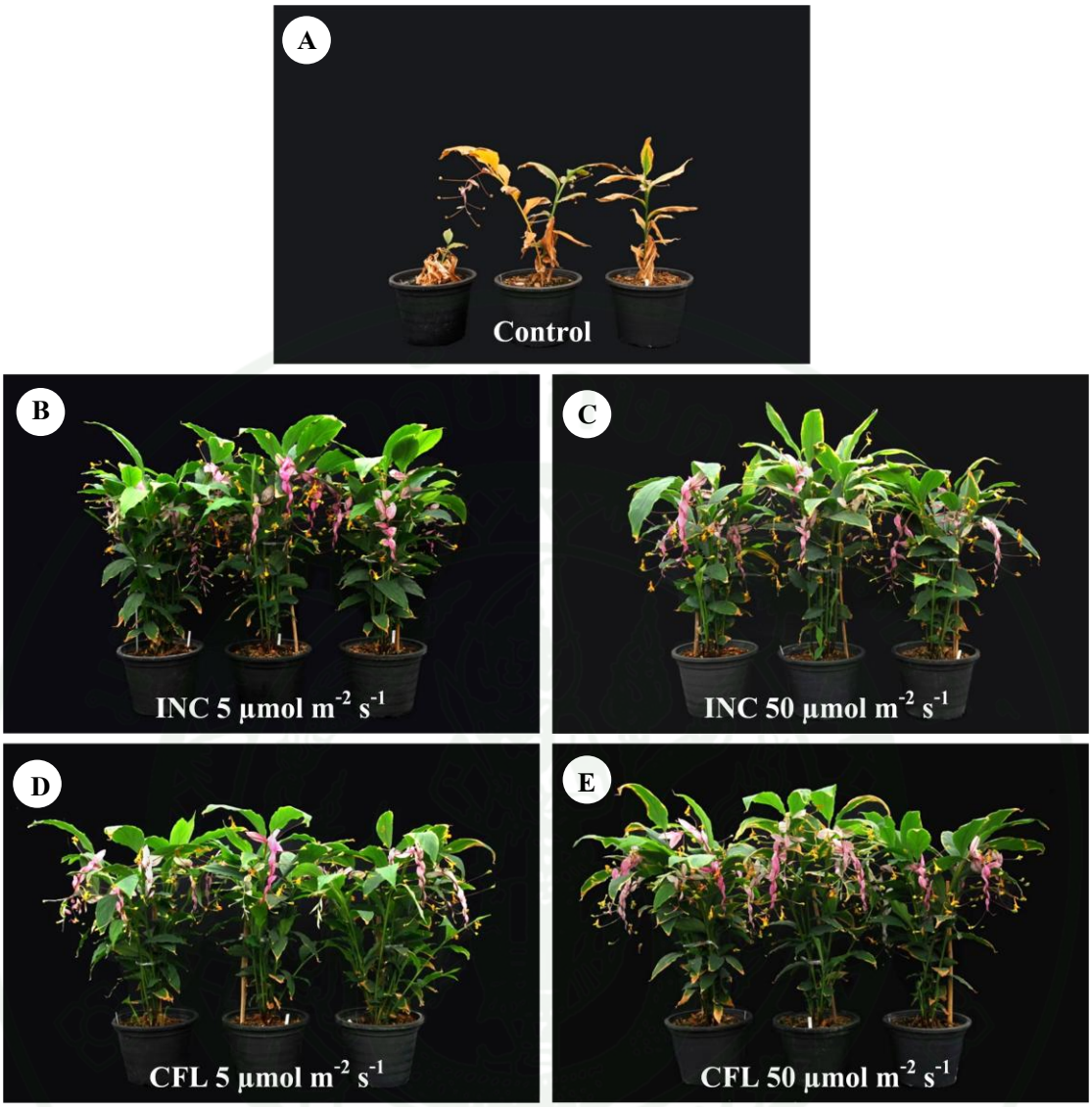
ตารางที่ 27 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก

สิ่งทดลอง	คลอโรฟิลล์เอ (มก./ตร.ซม.)	คลอโรฟิลล์บี (มก./ตร.ซม.)	คลอโรฟิลล์รวม (มก./ตร.ซม.)
ชุดควบคุม	0.86 b[1]	0.85 b	1.44 b
INC 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$	12.62 a	7.68 a	17.89 a
INC 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$	12.56 a	7.64 a	17.80 a
CFL 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$	12.67 a	7.71 a	17.96 a
CFL 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$	12.17 a	7.39 a	17.22 a
F-test	**	**	**
C.V. (%)	13.2	13.5	13.9

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 32 หงส์เหินที่ได้รับแสงไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก

(A) ชุดควบคุม ได้รับแสงจากธรรมชาติ 11 ชั่วโมงต่อวัน

(B) ให้แสงไฟด้วยหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ความเข้มแสง 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$

(C) ให้แสงไฟด้วยหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ความเข้มแสง 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$

(D) ให้แสงไฟด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ความเข้มแสง 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$

(E) ให้แสงไฟด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ความเข้มแสง 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การเจริญเติบโตและการพัฒนาของช่อดอก

3.1 จำนวนช่อดอก

จากภาพที่ 33 แสดงให้เห็นว่า ในสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 4 หงส์เหินยังอยู่ในช่วงการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นจึงยังไม่มีช่อดอก แต่จากสัปดาห์ที่ 6 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ต้นที่ได้รับแสงจากหลอดไฟทุกชนิดและทุกความเข้มแสง มีจำนวนช่อดอก เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ชุดควบคุม มีจำนวนช่อดอกคงที่ในสัปดาห์ที่ 6 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12

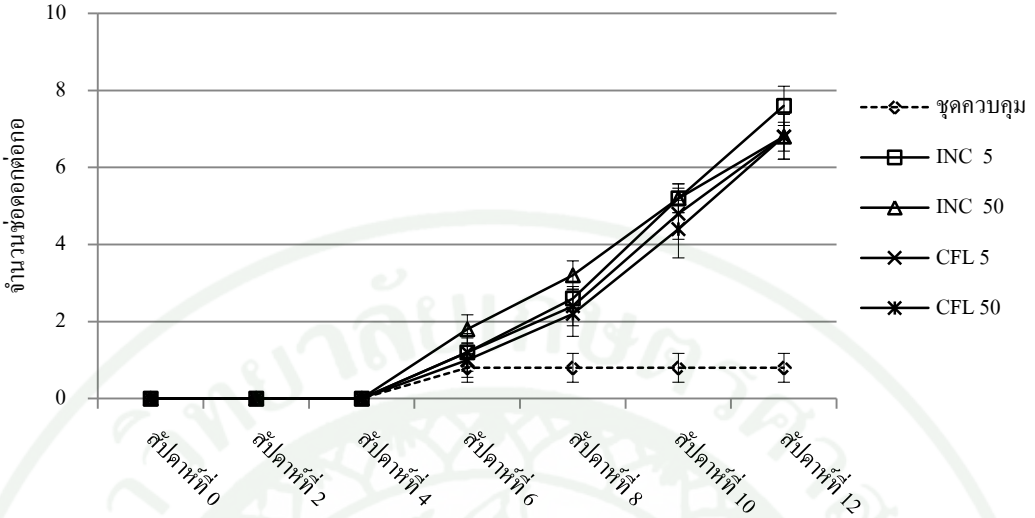
เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ชนิดของแสงและความเข้มแสงที่ใช้ในการเพิ่มความยาววันในเวลา 17:00 น. ถึง 22:00 น. ไม่ส่งผลให้จำนวนช่อดอกของหงส์เหินแตกต่างกันทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ มีจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อกอ 14 และ 16.3 ช่อ ส่วนต้นที่ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ มีจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อกอ 14.9 และ 15.8 ช่อ ส่วนชุดควบคุมมีจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อกอเพียง 5.5 ช่อ เท่านั้น (ตารางที่ 28 และ ภาพที่ 32)

3.2 ความยาวช่อดอก

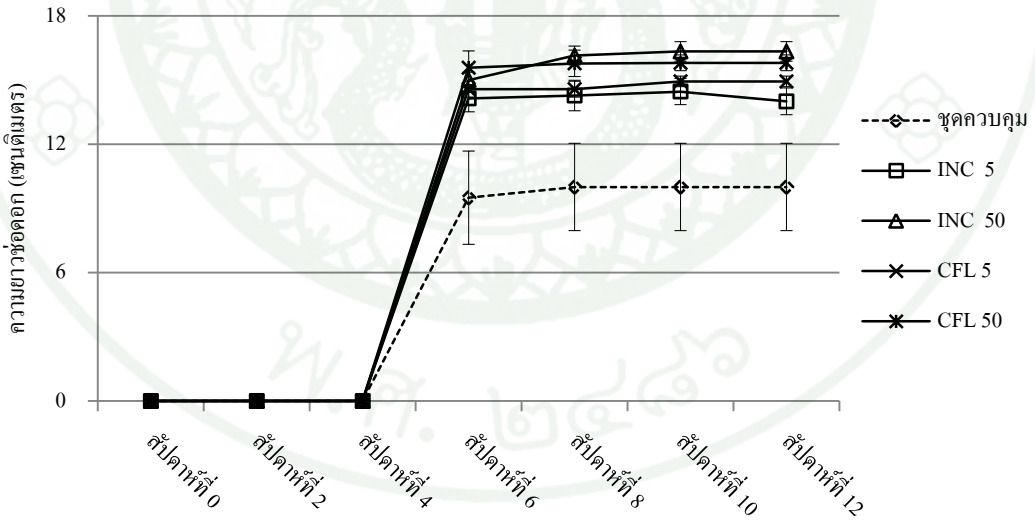
จากภาพที่ 34 แสดงให้เห็นว่า ในสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 4 หงส์เหินยังอยู่ในช่วงการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นจึงยังไม่มีช่อดอก แต่ในสัปดาห์ที่ 6 พบว่า ต้นที่ได้รับแสงจากหลอดไฟทุกชนิดและทุกความเข้มแสง มีความยาวช่อดอกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และคงที่ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12 ในขณะที่ชุดควบคุม มีความยาวช่อดอกในสัปดาห์ที่ 6 ที่น้อยกว่า และคงที่ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 12

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ชนิดของแสงและความเข้มแสงที่ใช้ในการเพิ่มความยาววันในเวลา 17:00 น. ถึง 22:00 น. ไม่ส่งผลให้ความยาวช่อดอกของหงส์เหินแตกต่างกันทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ มีความยาวช่อดอกเฉลี่ย 14.0 และ 16.3 เซนติเมตร ส่วนต้นที่ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ มีความยาวช่อดอกเฉลี่ย 14.9 และ 15.8 เซนติเมตร ส่วนชุดควบคุมมีความยาวช่อดอกเฉลี่ยเพียง 5.5 เซนติเมตรเท่านั้น (ตารางที่ 28 และ ภาพที่ 35)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 33 จำนวนช่อดอกของหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก



ภาพที่ 34 ความยาวช่อดอกของหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

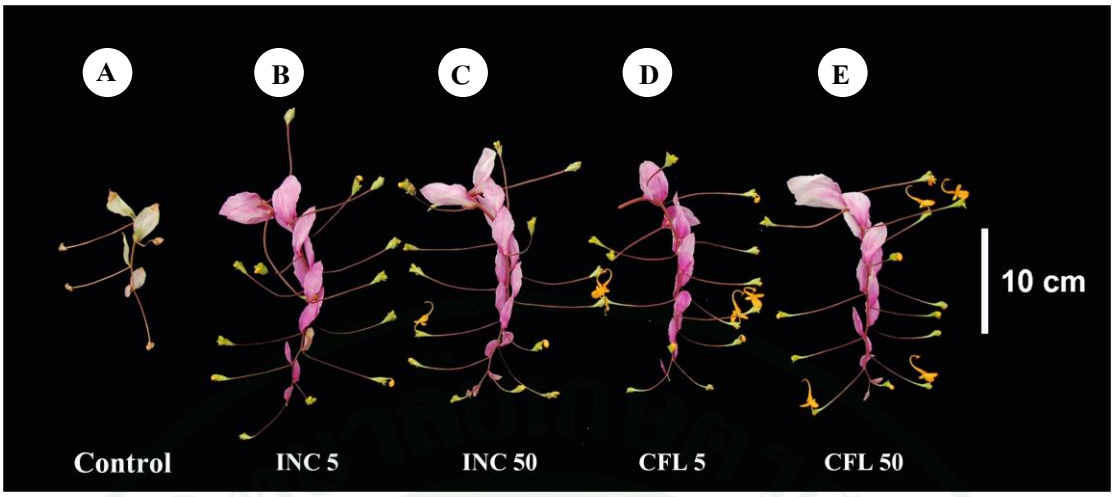
ตารางที่ 28 การเจริญเติบโตและการพัฒนาช่อดอกของหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก

สิ่งทดลอง	จำนวนช่อดอก (ต่อกอ)	ความยาวช่อดอก (เซนติเมตร)
ชุดควบคุม	0.8 b [1]	5.5 b
INC 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$	7.6 a	14.0 a
INC 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$	6.8 a	16.3 a
CFL 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$	7.0 a	14.9 a
CFL 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$	6.8 a	15.8 a
F-test	**	**
C.V. (%)	19.5	19.8

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 35 ลักษณะช่อดอกหงส์เหินที่ได้รับแสงไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก

(A) ชุดควบคุม ได้รับแสงจากธรรมชาติ 11 ชั่วโมงต่อวัน

(B) ให้แสงไฟด้วยหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ความเข้มแสง 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$

(C) ให้แสงไฟด้วยหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ความเข้มแสง 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$

(D) ให้แสงไฟด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ความเข้มแสง 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$

(E) ให้แสงไฟด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ความเข้มแสง 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. การเจริญเติบโตของหัว

4.1 จำนวนหัว

ชนิดของแสงและความเข้มแสงที่ใช้ในการเพิ่มความยาววันในเวลา 17:00 น. ถึง 22:00 น. ไม่ส่งผลให้จำนวนหัวของหงส์เหินแตกต่างกันทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีจำนวนหัวเฉลี่ยต่อกอ 17.4 และ 18.4 หัว ส่วนต้นที่ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีจำนวนหัวเฉลี่ยต่อกอ 16.4 และ 18.6 หัว ส่วนชุดควบคุมมีจำนวนหัวเฉลี่ยต่อกอเพียง 3.2 หัว เท่านั้น (ตารางที่ 29 และ ภาพที่ 36)

4.2 ขนาดหัว

ชนิดของแสงและความเข้มแสงที่ใช้ในการเพิ่มความยาววันในเวลา 17:00 น. ถึง 22:00 น. ส่งผลให้ขนาดหัวของหงส์เหินที่ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีขนาดหัวเฉลี่ยมากที่สุดคือ 5.7 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าต้นที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ที่ความเข้มแสง 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ที่มีขนาดหัวเฉลี่ย 4.2 เซนติเมตร อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างกับต้นที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ที่ความเข้มแสง 5 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ที่มีขนาดหัวเฉลี่ย 4.7 เซนติเมตร และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ที่มีขนาดหัวเฉลี่ย 4.6 เซนติเมตร ส่วนชุดควบคุมมีขนาดหัวเพียง 1.7 เซนติเมตร (ตารางที่ 29 และ ภาพที่ 36)

4.3 น้ำหนักหัว

ชนิดของแสงและความเข้มแสงที่ใช้ในการเพิ่มความยาววันในเวลา 17:00 น. ถึง 22:00 น. ส่งผลให้น้ำหนักหัวของหงส์เหินที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ที่ความเข้มแสง 5 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีน้ำหนักหัวเฉลี่ยมากที่สุดคือ 66.6 กรัม ซึ่งมากกว่าต้นที่ได้รับแสงจากหลอดชนิดเดียวกันที่ความเข้มแสง 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ซึ่งมีน้ำหนักหัวเฉลี่ย 51.7 กรัม และต้นที่ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ความเข้มแสง 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ซึ่งมีน้ำหนักหัวเฉลี่ย 55.7 กรัม อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างกับต้นที่ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความเข้มแสง 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$ ที่มีขนาดหัวเฉลี่ย 60.8 เซนติเมตร ส่วนชุดควบคุมมีน้ำหนักหัวเฉลี่ยเพียง 19.0 กรัมเท่านั้น (ตารางที่ 29 และ ภาพที่ 36)

ตารางที่ 29 การเจริญเติบโตของหัวหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก

สิ่งทดลอง	จำนวนหัว (ต่อกอ)	ขนาดหัว (เซนติเมตร)	น้ำหนักหัว (กรัม)
ชุดควบคุม	3.2 b [1]	1.7 c	19.0 c
INC 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$	17.4 a	4.7 ab	66.6 a
INC 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$	18.4 a	4.2 b	51.7 b
CFL 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$	16.4 a	4.6 ab	60.8 ab
CFL 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$	18.6 a	5.7 a	55.7 b
F-test	**	**	**
C.V. (%)	14.3	23.7	15.4

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 36 ลักษณะหัวพันธุ์หงส์เหินที่ได้รับแสงไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก

(A) ชุดควบคุม ได้รับแสงจากธรรมชาติ 11 ชั่วโมงต่อวัน

(B) ให้แสงไฟด้วยหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ความเข้มแสง 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$

(C) ให้แสงไฟด้วยหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ความเข้มแสง 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$

(D) ให้แสงไฟด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ความเข้มแสง 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$

(E) ให้แสงไฟด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ความเข้มแสง 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การเจริญเติบโตของรากสะสมอาหาร

5.1 จำนวนรากสะสมอาหาร

ชนิดของแสงและความเข้มแสงที่ใช้ในการเพิ่มความยาววันในเวลา 17:00 น. ถึง 22:00 น. ส่งผลให้จำนวนรากสะสมอาหารของหงส์เหินที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ที่ความเข้มแสง 5 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ มีจำนวนรากสะสมอาหารเฉลี่ยมากที่สุดคือ 54.6 รากต่อกอ ซึ่งมากกว่าต้นที่ได้รับแสงจากหลอดชนิดเดียวกันที่ความเข้มแสง 50 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ ที่มีจำนวนรากสะสมอาหารเฉลี่ย 43.6 รากต่อกอ และต้นที่ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ความเข้มแสง 5 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ ที่มีจำนวนรากสะสมอาหารเฉลี่ย 44.4 รากต่อกอ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างจากต้นที่ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ความเข้มแสง 50 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ ที่มีจำนวนรากสะสมอาหารเฉลี่ย 50.2 รากต่อกอ ส่วนชุดควบคุมมีจำนวนรากสะสมอาหารเฉลี่ยเพียง 17.8 รากต่อกอ เท่านั้น (ตารางที่ 30 และ ภาพที่ 36)

5.2 ขนาดรากสะสมอาหาร

ชนิดของแสงและความเข้มแสงที่ใช้ในการเพิ่มความยาววันในเวลา 17:00 น. ถึง 22:00 น. ไม่มีผลให้ขนาดรากสะสมอาหารของหงส์เหินแตกต่างกันทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ความเข้มแสง 5 และ 50 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ มีขนาดรากสะสมอาหารเฉลี่ย 0.4 เซนติเมตร และต้นที่ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ความเข้มแสง 5 และ 50 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ มีขนาดรากสะสมอาหารเฉลี่ย 0.5 และ 0.4 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุมมีขนาดรากสะสมอาหารเฉลี่ย 0.5 เซนติเมตร (ตารางที่ 30 และ ภาพที่ 36)

5.3 ความยาวรากสะสมอาหาร

ชนิดของแสงและความเข้มแสงที่ใช้ในการเพิ่มความยาววันในเวลา 17:00 น. ถึง 22:00 น. ส่งผลให้ความยาวรากสะสมอาหารของต้นที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) และแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ มีความยาวรากสะสมอาหารเฉลี่ยมากที่สุดคือ 11.2 และ 10.0 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าต้นที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) และแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 50 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ ที่มีความยาวรากสะสมอาหารเฉลี่ย 9.3 และ 9.8 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยต้นที่ได้รับแสงจาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ความเข้มแสง 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$ มีความยาวรากสะสมอาหารไม่แตกต่างกับชุดควบคุมที่มีความยาวรากสะสมอาหาร 11.8 เซนติเมตร (ตารางที่ 30 และ ภาพที่ 36)

ตารางที่ 30 การเจริญเติบโตของรากสะสมอาหารของหงส์เหิน หลังจากใช้หลอดไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววัน เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงนอกฤดูปลูก

สิ่งทดลอง	จำนวนราก (ต่อกอ)	ขนาดราก (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)
ชุดควบคุม	17.8 c [1]	0.5	11.8 a
INC 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$	54.6 a	0.4	11.2 ab
INC 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$	43.6 b	0.4	9.3 c
CFL 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$	44.4 b	0.5	10.0 bc
CFL 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$	50.2 ab	0.4	9.8 c
F-test	**	ns	**
C.V. (%)	16.6	22.9	10.0

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (leaf net photosynthetic rate, P_n)

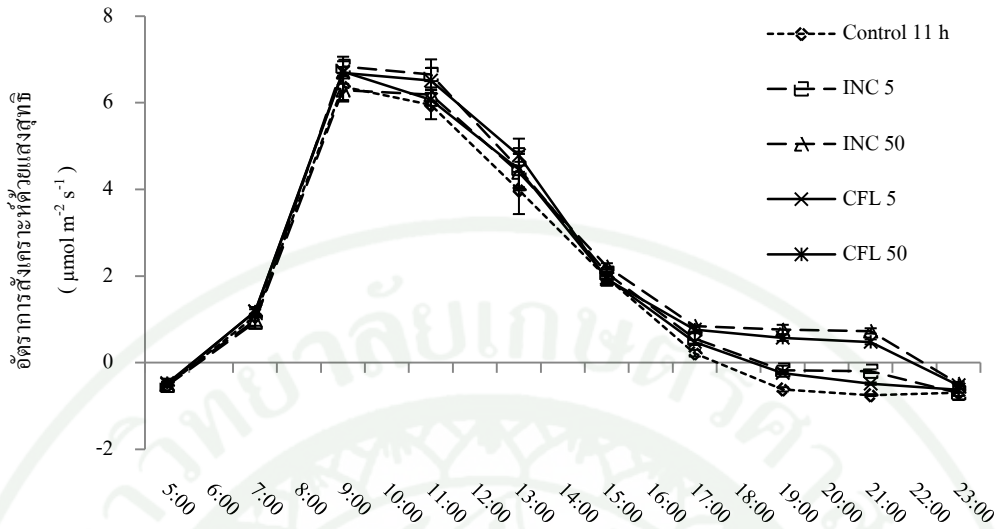
อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของทุกสิ่งทดลองเริ่มมีค่าเป็นบวกตั้งแต่เวลาประมาณ 05:30 น. ซึ่งมีความเข้มแสงประมาณ 20 μmol $m^{-2}s^{-1}$ โดยอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิจะเพิ่มขึ้นและลดลงตามความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้นและลดลงในรอบวันไปจนถึงเวลาประมาณ 17:00 น. อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของชุดควบคุมจะมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องตามความเข้มแสงที่ลดลง ในขณะที่หงส์เหินที่ได้รับแสงไฟเพิ่มความยาววันในเวลา 17:00 น. ถึง 22:00 น. จากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ยังคงมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิที่สูงกว่าอยู่เล็กน้อย และในเวลา 19:00 น. เป็นต้นไปจนถึงเวลาประมาณ 22.00 น. พบว่า อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของหงส์เหินที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ยังคงมีค่าเป็นบวกต่อเนื่องไปจนถึงเวลา เวลา 22:00 น. ส่วนต้นที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีค่า เป็นลบที่น้อยกว่าชุดควบคุมต่อเนื่องไปจนถึงเวลา เวลา 22:00 น. (ภาพพที่ 37 และ 38)

จากตารางที่ 31 และ 32 เมื่อเปรียบเทียบอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิในรอบวันของหงส์เหิน พบว่า ในเวลาตั้งแต่ 5:00 น. ไปจนถึง 15:00 น. อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของหงส์เหินทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จนกระทั่งเวลา 17:00 น. ที่มีการให้แสงไฟเพิ่มความยาววัน พบว่า หงส์เหินที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ที่ความเข้มแสง 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิสูงที่สุดคือ 0.85 μmol $m^{-2}s^{-1}$ รองลงมาคือต้นที่ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ และแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ที่ความเข้มแสง 5 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ที่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ 0.76 และ 0.56 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ที่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ 0.48 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ในขณะที่ชุดควบคุมซึ่งไม่มีการให้แสงไฟเพิ่มความยาววันมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิน้อยที่สุดคือ 0.21 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ส่วนในเวลา 19:00 น. พบว่า หงส์เหินที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) และแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 50 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิสูงที่สุดคือ 0.76 และ 0.58 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ รองลงมาคือต้นที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) และแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ที่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ -0.17 และ -0.24 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมซึ่งไม่มีการให้แสงไฟเพิ่มความยาววันยังคงมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิน้อยที่สุดคือ -0.62 μmol $m^{-2}s^{-1}$ และในเวลา 21:00 น. พบว่า

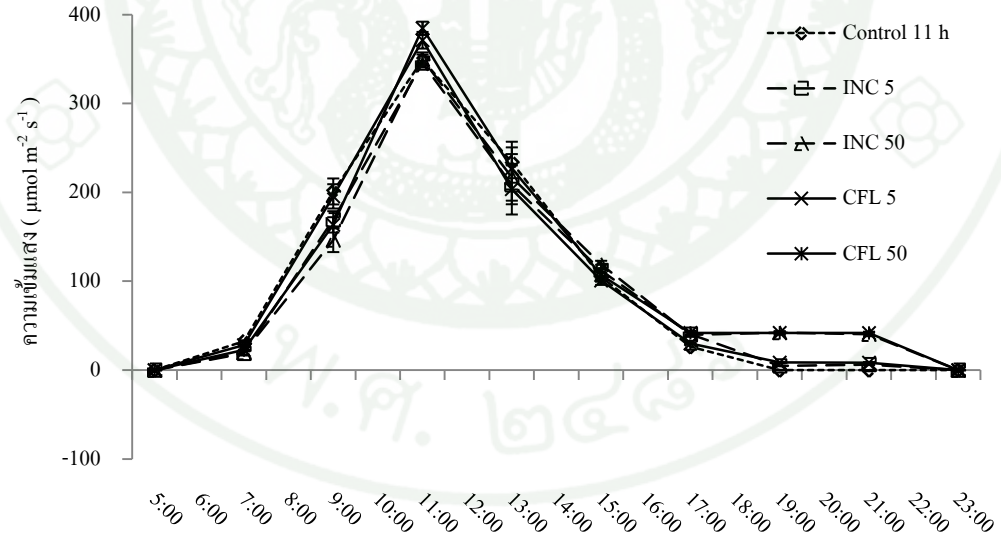
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หงส์เหินที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ที่ความเข้มแสง 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$ มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิสูงที่สุดคือ 0.73 µmol $m^{-2}s^{-1}$ รองลงมาคือต้นที่ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$ ที่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ 0.49 µmol $m^{-2}s^{-1}$ และต้นที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) และแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$ ที่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ -0.20 และ -0.49 µmol $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมซึ่งไม่มีการให้แสงไฟเพิ่มความยาววันยังคงมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิน้อยที่สุดคือ -0.75 µmol $m^{-2}s^{-1}$ และในเวลา 23:00 น. เป็นเป็นเวลาหลังจากการให้แสงไฟเพิ่มความยาววัน พบว่า หงส์เหินที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) และแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$ และ 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$ มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 37 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิในรอบวันของหงส์เหินที่ได้รับแสงไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววันในเวลา 17:00 ถึง 22:00 น.



ภาพที่ 38 ความเข้มแสงเหนือทรงพุ่มในรอบวันของหงส์เหินที่ได้รับแสงไฟชนิดและความเข้มแสงต่างๆ เพิ่มความยาววันในเวลา 17:00 ถึง 22:00 น.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 31 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของหงส์เหินในเวลา 5:00 ถึง 13:00 น. ของสิ่งทดลองต่างๆ

สิ่งทดลอง	5:00 น.	7:00 น.	9:00 น.	11:00 น.	13:00 น.
ชุดควบคุม	-0.53	1.07	6.37	5.95	3.99
INC 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$	-0.52	0.93	6.84	6.65	4.48
INC 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$	-0.49	0.98	6.29	6.19	4.40
CFL 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$	-0.49	1.19	6.72	6.07	4.46
CFL 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$	-0.48	1.18	6.70	6.51	4.78
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	25.5	32.7	12.9	14.9	35.6

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 32 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของหงส์เหินในเวลา 15:00 ถึง 23:00 น. ของสิ่งทดลองต่างๆ

สิ่งทดลอง	15:00 น.	17:00 น.	19:00 น.	21:00 น.	23:00 น.
ชุดควบคุม	1.96	0.21 d [1]	-0.62 c	-0.75 e	-0.69
INC 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$	2.06	0.56 ab	-0.17 b	-0.20 c	-0.70
INC 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$	2.22	0.85 a	0.76 a	0.73 a	-0.49
CFL 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$	1.96	0.48 c	-0.24 b	-0.49 d	-0.62
CFL 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$	1.93	0.76 ab	0.58 a	0.49 b	-0.52
F-test	ns	**	**	**	ns
C.V. (%)	20.7	43.9	46.9	29.3	52.7

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. ต้นทุนในการให้แสงไฟเพิ่มความยาววันสำหรับการผลิตหงส์เหินในช่วงนอกฤดู

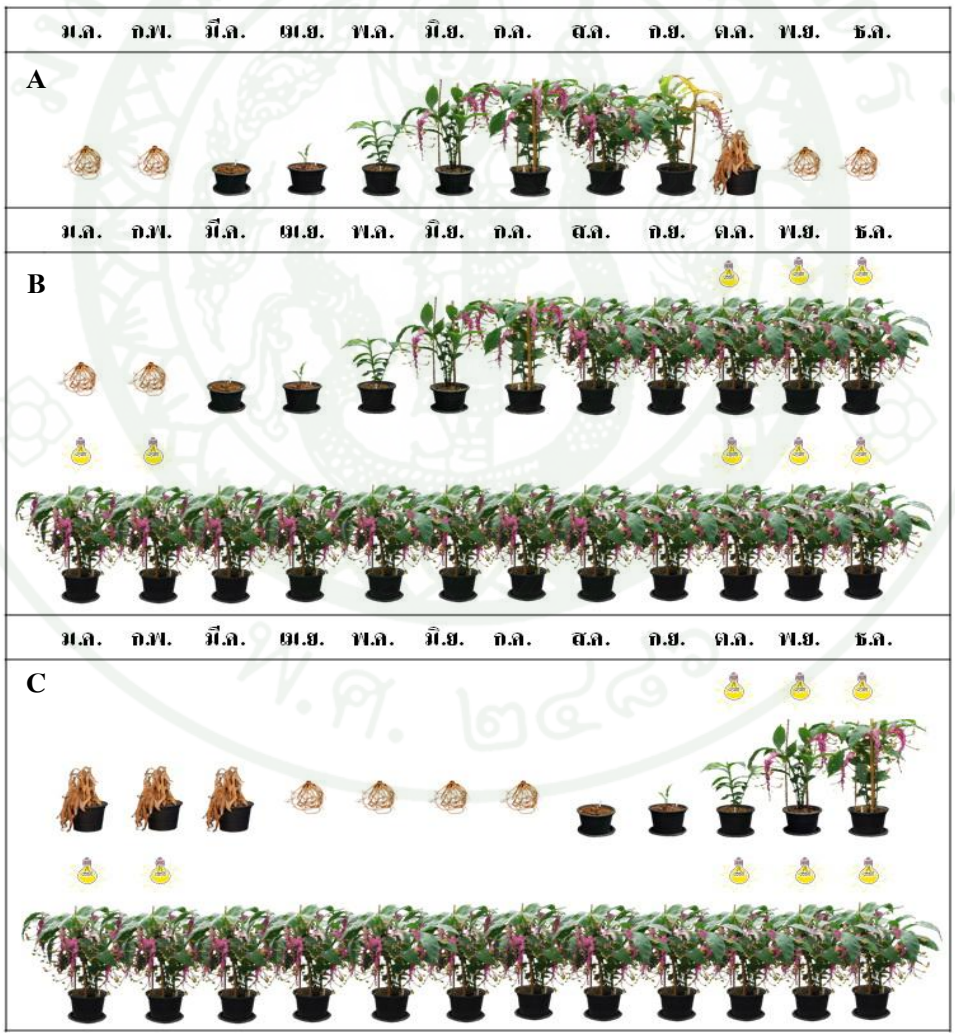
การให้แสงไฟเพิ่มความยาววันในช่วงนอกฤดูปลูกด้วยหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ ในเวลา 17:00 ถึง 22:00 น. สามารถทำให้หงส์เหินมีการเจริญเติบโต ออกดอก และให้ผลผลิตหัวพันธุ์ที่เป็นปกติได้ทั้งหมด โดยไม่ส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพของลำต้น ใบ ช่อดอก และผลผลิตหัวพันธุ์ และเมื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการใช้งานแล้ว พบว่า การใช้แสงไฟจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ ก็เพียงพอที่จะทำให้หงส์เหินสามารถเจริญเติบโต ออกดอก และเพิ่มจำนวนหัวพันธุ์ในช่วงนอกฤดูปลูกได้ ซึ่งจะสามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าการใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ที่ความเข้มแสงเดียวกันถึง 80 เปอร์เซ็นต์ และมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าถึง 8 เท่า โดยการให้แสงไฟใน 1 รอบการผลิตตั้งแต่เดือนตุลาคม จนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ในพื้นที่ 1 ตารางเมตรนั้น การใช้หลอดไฟชนิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) จะมีค่าใช้จ่ายในส่วนของหลอดไฟเพิ่มขึ้นกว่าการใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) 110 บาท แต่สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ถึง 155.7 บาท และสามารถใช้งานได้นานถึง 10.5 รอบการผลิต ในขณะที่การใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) สามารถใช้ได้เพียง 1.3 รอบการผลิตเท่านั้น จึงต้องมีการเปลี่ยนหลอดไฟใหม่ในทุกๆรอบการผลิตซึ่งส่งผลให้ต้นทุนเพิ่มสูงขึ้นด้วย (ตารางที่ 32)

ตารางที่ 33 เปรียบเทียบต้นทุนในการใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ขนาด 100 วัตต์ และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ขนาด 24 วัตต์ เพิ่มความยาววันให้กับหงส์เหิน ในเวลา 17:00 ถึง 22.00 น. ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

ชนิดหลอด	ราคาหลอด (บาท)	อายุการใช้งาน (ชั่วโมง)	ค่าไฟฟ้า (บาท / เดือน)
Incandescent Lamp; (INC) 100W	20	1,000	41
Compact Fluorescent Lamp; (CFL) 24W	130	8,000	9.87

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดังนั้น การปลูกหงส์เหินในฤดูกาลปกติสามารถให้ช่อดอกได้ในช่วงเดือนมิถุนายน ถึงเดือนกันยายน และจะพักตัวในช่วงเดือนตุลาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ (ภาพที่ 39A) ซึ่งเมื่อนำผลการทดลองที่ 1 และ 2 มาพิจารณาร่วมกัน สามารถวางแนวทางการผลิตหงส์เหินในรอบปีได้ 2 รูปแบบ คือ 1. การปลูกในฤดู ช่วงเดือนมีนาคม ถึงเดือนเมษายน และให้แสงไฟเพิ่มความยาววันก่อนการพักตัว (ภาพที่ 39B) และ 2. การปลูกนอกฤดู ช่วงเดือนสิงหาคม (ภาพที่ 39C) โดยทั้ง 2 รูปแบบมีวิธีปฏิบัติที่เหมือนกันคือ ให้แสงไฟจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ ในเวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงเดือนตุลาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ โดยติดตั้งหลอดไฟจำนวน 1 หลอดต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ที่ความสูงจากระดับพื้น 1.2 เมตร และสามารถปลูกต่อเนื่องไปจนถึงฤดูกาลถัดไปได้ แต่ควรทำการตกแต่งทรงพุ่มให้เหมาะสมไม่ให้มีจำนวนต้นมากเกินไป รวมถึงควรปรับปรุงวัสดุปลูกให้มีปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอ



ภาพที่ 39 แผนภาพแสดงการผลิตหงส์เหินในรอบปีทั้งในฤดูปลูก (A) และนอกฤดูปลูก (B และ C) เบื้องต้นจากข้อมูลผลการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

การทดลองที่ 1 อิทธิพลของความยาววันต่อการเจริญเติบโต การออกดอก การพักตัว และคุณภาพหัวพันธุ์ของหงส์เหิน

การทดลองที่ 1.1 การทดลองในช่วงฤดูปลูกที่มีความยาววันในธรรมชาติ 13 ชั่วโมง พบว่าหงส์เหินที่ปลูกในเดือนมีนาคม (อายุ 45 วันเมื่อเริ่มทดลอง) เมื่อได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน จะมีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนต้น จำนวนช่อดอก รวมถึงผลผลิตหัวพันธุ์ได้น้อยมาก และแสดงอาการพักตัว โดยจะเห็นได้จากความเขียวใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่สัปดาห์ที่ 8 ไปจนสิ้นสุดการทดลอง ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน สามารถเพิ่มจำนวนต้น จำนวนช่อดอก รวมถึงผลผลิตหัวพันธุ์ได้มากกว่า และไม่มีการลดลงของความเขียวใบรวมถึงปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ จนสิ้นสุดการทดลอง ส่วนหงส์เหินที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม (อายุ 3 วันเมื่อเริ่มทดลอง) เมื่อได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน จะส่งผลให้มีการเพิ่มจำนวนต้น ความสูงต้น จำนวนใบ พื้นที่ใบ และจำนวนหัวพันธุ์ได้น้อยกว่าต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน และไม่สามารถออกดอกได้ตามปกติ แต่เมื่อนำไปศึกษาการพัฒนาของเนื่อเยื่อเจริญปลายยอดจึงพบว่าเนื่อเยื่อเจริญปลายยอดมีการพัฒนาไปเป็นช่อดอกได้ แต่เกิดการฝ่ออยู่ภายในลำต้น ดังนั้น การออกดอกของหงส์เหินจึงไม่ได้ขึ้นอยู่กับความยาวนานของวัน (day length) หรือช่วงระยะเวลาที่ได้รับแสง (light duration หรือ photoperiod) และสามารถกล่าวได้ว่าหงส์เหินไม่ได้เป็นพืชวันยาว แต่สภาพวันสั้นนั้นมีผลกระตุ้นให้หงส์เหินเข้าสู่การพักตัว และเมื่อเปรียบเทียบอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิพบว่า ต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิน้อยกว่าต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมง ถึง 18.9 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการสร้างอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และการพัฒนาของพืช โดยจะเห็นได้จากหงส์เหินที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน จะมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น ใบ ดอก รวมถึงหัวพันธุ์ที่น้อยมาก และในต้นที่เจริญเติบโตภายใต้แสง 8 ชั่วโมงต่อวัน ไม่สามารถมีช่อดอกได้ตามปกติ แต่กลับพบว่า รากสะสมอาหารมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่กว่าและมีความยาวมากกว่าต้นที่ได้รับความยาววัน 13 ชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากหงส์เหินที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน มีการเจริญเติบโตและพัฒนาของส่วนเหนือดินได้น้อยมาก และมีการเข้าสู่ระยะพักตัว พืชจึงใช้อาหารที่สร้างขึ้นมาจากการสังเคราะห์ด้วยแสงในการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นที่น้อยกว่าต้นที่ได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน และส่งอาหารที่สร้างได้ไปสะสมไว้ที่รากสะสมอาหารได้มากกว่าทำให้มีขนาดรากที่ใหญ่ขึ้นด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 1.2 การทดลองนอกฤดูปลูกที่มีความยาววันในธรรมชาติ 11 ชั่วโมงต่อวัน พบว่า ต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม (อายุ 120 วันเมื่อเริ่มทดลอง) เมื่อได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน จะมีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนต้น จำนวนช่อดอก และผลผลิตหัวพันธุ์ได้น้อยมาก และส่งผลให้ความเขียวใบ รวมถึงปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงอย่างต่อเนื่องหลังจากสัปดาห์ที่ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงอาการพักตัวเช่นเดียวกับหงส์เหินที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน ในการทดลองที่ 1.1 ในขณะที่หงส์เหินที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน จากการให้แสงไฟด้วยหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ที่ความเข้มแสง 50 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ ในเวลา 17:00 ถึง 22:00 น. จะมีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนต้น จำนวนช่อดอก รวมถึงผลผลิตหัวพันธุ์ได้มากกว่าต้นที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน และไม่มีการลดลงของความเขียวใบรวมถึงปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ จนสิ้นสุดการทดลองส่วนหงส์เหินที่ปลูกในเดือนตุลาคม (อายุ 5 วันเมื่อเริ่มทดลอง) พบว่า เมื่อได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน จะส่งผลให้มีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น ใบ ช่อดอก รวมถึงผลผลิตหัวพันธุ์ได้น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน และมีความเขียวใบ รวมถึงปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ลดลงอย่างต่อเนื่องหลังจากสัปดาห์ที่ 6 ซึ่งเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม และเมื่อเปรียบเทียบอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ พบว่า หงส์เหินที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิน้อยกว่าต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน ถึง 21 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการสร้างอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและออกดอก โดยจะเห็นได้ชัดเจนจากต้นที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงต่อวัน ที่มีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น ใบ ได้น้อย และมีความยาวช่อดอกที่น้อยมาก ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน สามารถเจริญเติบโต ออกดอกและเพิ่มปริมาณหัวพันธุ์ได้ตามปกติ แต่ในด้านการเจริญเติบโตของรากสะสมอาหารกลับพบว่า หงส์เหินที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรากสะสมอาหารที่ใหญ่กว่าหงส์เหินที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน ทั้งนี้เนื่องมาจากหงส์เหินที่ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวันมีการเจริญเติบโตและพัฒนาของส่วนเหนือดินได้น้อยมาก และมีการเข้าสู่ระยะพักตัว พืชจึงใช้อาหารที่สร้างขึ้นมาจากการสังเคราะห์ด้วยแสงในการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นที่น้อยกว่าต้นที่ได้รับแสง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน และสะสมอาหารไว้ที่รากสะสมอาหารได้มากกว่าทำให้มีขนาดรากที่ใหญ่ขึ้นเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากผลการทดลองที่ 1.1 และ 1.2 ทำให้ทราบว่าหงส์เหินมีการตอบสนองต่อความยาววันอย่างชัดเจน โดยความยาววันที่สั้นลงจะส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิในรอบวันของหงส์เหินลดลง ทำให้มีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น ใบ ดอก และผลผลิตหัวพันธุ์ที่ลดลงตามความยาววันที่สั้นลง และชักนำให้พืชเข้าสู่ระยะพักตัว โดยเฉพาะถ้าเจริญเติบโตภายใต้ความยาววันเพียง 8 ชั่วโมงต่อวัน จะส่งผลให้ช่อดอกมีอาการฝ่อตั้งแต่อยู่ภายในลำต้น เช่นเดียวกับการทดลองของ Kuehny *et al*. (2005) ทำการศึกษาปทุมมา 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *Curcuma sp*. (Precious Petuma), *C. parviflora* 'White angel', *C. alismatifolia* 'Chiang mai pink' ที่ให้ได้รับความยาววัน 8, 12, 16 และ 20 ชั่วโมงต่อวัน พบว่า ปทุมมาทุกสายพันธุ์ที่ได้รับความยาววัน 8 ชั่วโมงจะเข้าสู่การพักตัวหลังจากทำการทดลองผ่านไป 90 วัน ส่วนต้นที่ได้รับแสง 16 และ 20 ชั่วโมงต่อวัน มีความสูง จำนวนช่อดอก และจำนวนหัวพันธุ์มากกว่า ต้นที่ได้รับแสง 8 และ 12 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่ง Stirling *et al*. (2002) ก็พบว่า *Zingiber mioga* Roscoe ที่ได้รับสภาพวันยาว และการให้ night break สามารถสร้างตาดอกได้ ในขณะที่ต้นที่ได้รับสภาพวันสั้นอย่างเดียวไม่สามารถสร้างตาดอกได้ และ อดิศร (2536) ที่ทำการศึกษาการตอบสนองต่อวันสั้นและวันยาวต่อการเกิดช่อดอกของปทุมมา พบว่า วันสั้นจะยับยั้งการเกิดดอก ในขณะที่วันยาวจะส่งเสริมการเกิดดอก ซึ่งต้นที่ได้รับวันยาวจะมีความสูงและจำนวนหน่อมากกว่าต้นที่ได้รับสภาพวันสั้น และ Flora C. L. S. (2007) ทำการทดลองในปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่พิ้งค์ โดยให้ได้รับแสง 12, 14, 16, 18 และ 20 ชั่วโมงต่อวัน พบว่า ต้นที่ได้รับแสง 16 ชั่วโมงมีอัตราการเจริญเติบโตและมีคุณภาพดอกดีที่สุด ส่วนต้นที่ได้รับแสง 20 ชั่วโมงต่อวัน มีช่อดอกยาวที่สุดแต่คุณภาพดอกจะด้อยลงมา ในขณะที่ต้นที่ได้รับแสง 12 ชั่วโมงต่อวัน มีการเจริญเติบโตที่น้อยมาก

ส่วนการเจริญเติบโตของส่วนเหนือดินที่น้อยลงของต้นที่ได้รับแสง 8 และ 11 ชั่วโมงต่อวันนั้น ส่งผลให้มีการสะสมอาหารไว้ที่รากสะสมอาหารได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดของรากสะสมอาหารมีขนาดที่ใหญ่กว่า และมีความยาวที่มากกว่า ต้นที่ได้รับแสง 13 และ 15.5 ชั่วโมงต่อวัน เช่นเดียวกับการทดลองในต้นปทุมมาโดย Hagiladi and Umiel (1997) พบว่า ปทุมมาที่ได้รับสภาพวันยาว (20 ชั่วโมงต่อวัน) มีความยาวรากสะสมอาหารมากกว่าต้นที่ได้รับสภาพวันสั้น (10 ชั่วโมงต่อวัน) แต่พบว่าต้นที่ได้รับสภาพวันสั้นจะมีจำนวนรากสะสมอาหารมากกว่า และ Kuehny *et al*. (2002) ที่ศึกษาการเจริญเติบโตของ *Curcuma alismatifolia*, *C. ordata*, *C. petiolata*, *C. thorelii*, *Kaempferia* 'Grande' ภายใต้ความยาววัน 8, 12, 16 และ 20 ชั่วโมงต่อวัน พบว่า ต้นที่ได้รับความยาววัน 8 และ 12 ชั่วโมงต่อวัน มีการเจริญเติบโตทั้งด้านความสูงต้น จำนวนใบประดับ จำนวนหัว ที่น้อยกว่าต้นที่ได้รับความยาววัน 16 และ 20 ชั่วโมงมาก แต่จะมีจำนวนรากสะสมอาหารที่มากกว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิในรอบวันของต้นที่ได้รับแสง 13 และ 15.5 ชั่วโมงต่อวัน จะเห็นว่ามีปริมาณมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 8 และ 11 ชั่วโมงต่อวัน ทำให้สามารถสร้างอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น ใบ ดอก และหัวพันธุ์ได้เป็นปกติ และไม่เข้าสู่ระยะพักตัว เช่นเดียวกับการทดลองของ อภิชาติ และคณะ (2550) ที่ทดลองในปทุมมาภายใต้ความยาววัน 7, 10 และ 13 ชั่วโมง พบว่า ปทุมมาที่ปลูกในสภาพความยาววัน 13 ชั่วโมง มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิมากกว่าต้นที่เจริญเติบโตภายใต้ความยาววัน 7 และ 10 ชั่วโมง และพบว่าต้นที่ได้รับความยาววัน 7 และ 10 ชั่วโมง ช่อดอกอ่อนไม่มีการพัฒนาต่อให้สมบูรณ์ได้

การทดลองที่ 2 ผลของชนิดแสงและความเข้มแสงที่ใช้ในการเพิ่มความยาววัน ต่อการเจริญเติบโต การออกดอก การพักตัว และคุณภาพหัวพันธุ์ของหงส์เหินที่ปลูกในช่วงนอกฤดู

จากผลการทดลอง พบว่า หงส์เหินในชุดควบคุมที่ไม่ได้รับแสงไฟเพิ่มความยาววันมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น ใบ ช่อดอก และให้ผลผลิตหัวพันธุ์ได้น้อยมาก ในขณะที่หงส์เหินในสิ่งทดลองที่ได้รับแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ ในเวลา 17:00 น. ถึง 22:00 น. สามารถเจริญเติบโตทั้งทางด้านลำต้น ใบ ช่อดอก รวมถึงให้ผลผลิตหัวพันธุ์ได้ตามปกติ โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละชนิดของหลอดไฟ และความเข้มแสง โดยจะเห็นว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิในรอบวันของแต่ละสิ่งทดลองจะแปรผันตามความเข้มแสงที่พืชได้รับ ซึ่งมีผลโดยตรงกับการสร้างอาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโต การออกดอก และผลผลิตหัวพันธุ์ โดยต้นที่ได้รับแสงไฟจากหลอดอินแคนเดสเซนต์(INC) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 50 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ จะมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมากกว่าอัตราการหายใจในช่วงที่ได้รับแสงจากหลอดไฟ ส่วนต้นที่ได้รับความเข้มแสง 5 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ จะมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงน้อยกว่าอัตราการหายใจ แต่ยังคงมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิที่มากกว่าชุดควบคุมซึ่งไม่ได้รับแสงจากหลอดไฟ และการใช้ความเข้มแสงที่ต่ำถึง 5 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ ซึ่งต่ำกว่าจุด light compensation point ก็ยังสามารถทำให้หงส์เหินมีการเจริญเติบโตที่เป็นปกติได้ เนื่องจากอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของหงส์เหินที่ได้รับแสงจากหลอดไฟที่ความเข้มแสง 5 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ มีระยะเวลาที่ใช้ในการให้แสงไฟเพิ่มความยาววันมากถึง 5 ชั่วโมง ซึ่งอาจยาวนานเพียงพอที่จะกระตุ้นให้หงส์เหินมีการเจริญเติบโตและออกดอกได้เป็นปกติได้ และทำให้พืชไม่เข้าสู่การพักตัว ซึ่งผลการทดลองที่ได้เป็นไปในทางเดียวกันกับงานทดลองของ อนงค์ (2549) ที่ทดลองให้แสงไฟคั่นกลางคืนปทุมมาด้วยหลอดชนิดอินแคนเดสเซนต์ และหลอดฟลูออเรสเซนต์สีแดง และแบบ cool daylight นาน 1, 2 และ 3 ชั่วโมง พบว่า แสงจากหลอดแต่ละ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชนิดให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อทดลอง ใช้แสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ คั่นกลางคืนด้วยความเข้มแสง 13.24 μmol $m^{-2}s^{-1}$ พบว่าพืชมีการเจริญเติบโตและออกดอกมากกว่าต้นที่ปลูกในสภาพธรรมชาติ โดยมีความสูงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางช่อดอกและมีกลีบประดับมากกว่าต้นที่ปลูกในสภาพธรรมชาติ และการทดลองของ Chidburee *et al*. (2007) ที่ศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงของปทุมมา ภายใต้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ สีแดง ที่ความเข้มแสง 60 μmol $m^{-2}s^{-1}$ พบว่า การเจริญเติบโตทั้งทางด้านลำต้น ใบ ดอก รวมถึงจำนวนหัวพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกับหลอดฟลูออเรสเซนต์สี cool daylight การทดลองของ อนงค์ (2549) ก็พบว่า การให้แสงไฟแบบต่อเนื่องนาน 2 ชั่วโมง ทำให้ปทุมมามีจำนวนหน่อต่อกอ จำนวนดอกต่อต้น จำนวนหัวใหม่ เส้นผ่านศูนย์กลางหัวใหม่ และน้ำหนักหัวใหม่มากกว่าการให้แสงไฟแบบสลับ (เปิด-ปิด ทุก 15 นาที) นาน 3 และ 4 ชั่วโมง รวมถึงการไม่ให้ night break ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความเข้มแสงจากหลอดไฟที่ใช้เพิ่มความยาววันมีผลต่อกระบวนการสร้างอาหารของพืช เนื่องจากถ้าให้แสงที่ความเข้มแสงต่ำหากระยะเวลาในการให้แสงไม่เพียงพอก็ไม่สามารถกระตุ้นให้พืชเจริญเติบโตได้สมบูรณ์ตามปกติ และจะเห็นได้จากงานทดลองของ พัชรีและคณะ (2553) ทดลองให้แสงไฟกับปทุมมานาน 2 ชั่วโมง ในเวลา 20:00 ถึง 22:00 น. ในช่วงเดือนมิถุนายนที่มีความยาววัน 12 ชั่วโมง พบว่า การให้แสงไฟคั่นกลางคืนทำให้ปทุมมามีความสูง มากกว่าชุดควบคุมที่ได้รับแสงไฟ แต่ไม่มีผลต่อจำนวนต้น จำนวนใบ สีใบ ระยะเวลาในการออกดอก รวมถึงคุณภาพของดอก โดยการให้แสงไฟส่งผลให้ปทุมมามีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาที่มีการให้แสงไฟ แต่การให้แสงไฟในช่วงฤดูปลูกที่มีความยาววันประมาณ 12-13 ชั่วโมง เป็นระยะเวลาที่นานเพียงพอกับความต้องการของพืชจึงไม่มีผลต่อคุณภาพของดอก รวมถึงการทดลองของ Changjeraja (2009) ที่แสดงให้เห็นว่า ปทุมมาที่ได้รับแสง 14 ชั่วโมงต่อวัน มีจำนวนต้น และขนาดใบมากที่สุด มีเปอร์เซ็นต์การออกดอกมากที่สุดถึง 100 เปอร์เซ็นต์ และมีความยาวช่อดอกและความกว้างช่อดอกมากกว่าต้นที่ได้รับแสง 8, 10 และ 12 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการทดลองของ พระรถ (2542) ที่ศึกษาการพรางแสงในปทุมมา พบว่า ความเข้มแสงมีความสัมพันธ์ต่อการเจริญเติบโตของต้นปทุมมา โดยความเข้มแสงในระดับที่มากพอจะมีผลทำให้ปทุมมามีจำนวนช่อดอกต่อกอมากที่สุด และช่อดอกมีจำนวน bract และ coma bract มากที่สุด แต่มีผลให้ความสูงและความยาวช่อดอกลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ได้รับความเข้มแสงที่ไม่เพียงพอ แต่การให้แสงไฟเพื่อเพิ่มความยาววันกับหงส์เหินนั้น แตกต่างกับการให้แสงไฟแก่พืชวันยาวหรือพืชวันสั้นที่ความยาววันมีผลต่อการพัฒนาตาดอก เช่น เบญจมาศ ที่มีการให้แสงไฟเพื่อยับยั้งการสร้างตาดอก ซึ่งความเข้มแสงในการให้แสงไฟนั้นไม่มีผลต่อการสร้างอาหารของพืช แต่แสงไฟนั้นต้องมีความเข้มแสงที่มากพอเพื่อให้พืชสามารถรับรู้ได้ เช่นการทดลองของ รัตนะ และอดิศร (2547) ที่เปรียบเทียบประสิทธิภาพของหลอดไฟที่ใช้ให้แสงแบบ night break กับต้นเบญจมาศ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใช้หลอดอินแคน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เดสเซนต์ มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการใช้ยับยั้งไม่ให้เบญจมาศสร้างตาดอก ส่วนหลอดฟลูออเรสเซนต์มีประสิทธิภาพรองลงมา แต่ประหยัดไฟฟ้ามากกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์ถึง 3.3 เท่า

ดังนั้นในการผลิตหงส์เหินในช่วงนอกฤดูปลูก (เดือนตุลาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์) ซึ่งมีความยาววันน้อยกว่า 12 ชั่วโมงต่อวัน ในเบื้องต้นนั้น สามารถทำได้โดยการให้แสงไฟจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ ในเวลา 17:00 ถึง 22:00 น. โดยการติดตั้งหลอดไฟจำนวน 1 หลอดต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ติดตั้งที่ความสูงจากพื้น 1.2 เมตร โดยทำการเปิดไฟในช่วงเดือนตุลาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ เพื่อกระตุ้นให้หงส์เหินสามารถเจริญเติบโต และออกดอก และให้ผลผลิตหัวพันธุ์ได้ตามปกติโดยไม่เข้าสู่การพักตัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาอิทธิพลของความยาววันทั้งในฤดูปลูกและนอกฤดูปลูก ที่มีผลต่อการเจริญเติบโต การออกดอก การพักตัว และคุณภาพหัวพันธุ์ของหงส์เหินสรุปได้ดังนี้

1. อิทธิพลของความยาววันมีผลโดยตรงกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิในรอบวันและการพักตัวของหงส์เหิน ซึ่งส่งผลให้หงส์เหินที่ได้รับสภาพวันสั้นที่ 8 และ 11 ชั่วโมงต่อวัน มีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น ใบ รวมถึงปริมาณหัวพันธุ์ที่น้อยมาก และส่งผลให้ช่อดอกไม่สามารถพัฒนาได้สมบูรณ์ตามปกติ และกระตุ้นให้เข้าสู่ระยะพักตัว ส่วนหงส์เหินที่ได้รับสภาพวันยาวที่ 13 ชั่วโมงต่อวันในช่วงฤดูปลูก และ 15.5 ชั่วโมงต่อวันในช่วงนอกฤดูปลูกจากการให้แสงไฟด้วยหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ความเข้มแสง 50 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ ในเวลา 17:00 ถึง 22:00 น. หงส์เหินสามารถเจริญเติบโต ออกดอก และให้คุณภาพหัวพันธุ์ได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่แสดงอาการพักตัว

2. การให้แสงไฟเพื่อเพิ่มความยาววันในช่วงนอกฤดูปลูกด้วยแสงจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 และ 50 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ ในเวลา 17:00 ถึง 22:00 น. ส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิในรอบวันของหงส์เหินเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้หงส์เหินมีการเจริญเติบโต ออกดอก และให้หัวพันธุ์ได้เป็นปกติ โดยไม่ส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพของลำต้น ใบ ช่อดอก และหัวพันธุ์

3. การให้แสงไฟเพิ่มความยาววัน จากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่ความเข้มแสง 5 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ เพียงพอที่จะทำให้หงส์เหินสามารถเจริญเติบโต ออกดอก และเพิ่มจำนวนหัวพันธุ์ในช่วงนอกฤดูปลูกได้ โดยสามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าการใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ และมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าถึง 8 เท่า

ดังนั้น การผลิตหงส์เหินในรอบปีทั้งในฤดูปลูกและนอกฤดูปลูก สามารถทำได้โดยการเพิ่มความยาววันให้หงส์เหิน ในช่วงเดือนตุลาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ ด้วยการให้แสงไฟจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ในเวลา 17:00 ถึง 22:00 น. โดยการติดตั้งหลอดไฟจำนวน 1 หลอดต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ที่ความสูง 1.2 เมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองทำให้ทราบว่าหงส์เหินมีการตอบสนองต่อความยาววันอย่างชัดเจน โดยความยาววันที่สามารถทำให้หงส์เหินเจริญเติบโต และออกดอกเป็นปกติได้คือ 13 ชั่วโมงต่อวัน เป็นอย่างน้อย แต่ในการเพิ่มความยาววันในช่วงนอกฤดูปลูกซึ่งมีความยาววันประมาณ 11 ชั่วโมงต่อวันนั้น การทดลองนี้จำเป็นจะต้องให้แสงจากหลอดไฟตั้งแต่เวลา 17:00 ถึง 22:00 น. เพื่อให้มีความยาววันถึง 15.5 ชั่วโมงต่อวัน เนื่องจากเพื่อชดเชยประสิทธิภาพของแสงที่ได้จากหลอดไฟที่น้อยกว่าแสงจากธรรมชาติ และให้เห็นความแตกต่างที่ชัดเจนจากอิทธิพลของความยาววัน ซึ่งในการนำไปใช้ผลิตหงส์เหินในช่วงนอกฤดูปลูกเพื่อการค้านั้น ควรจะทำการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อให้ทราบถึงความยาววันวิกฤติของหงส์เหิน รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง กับระยะเวลาในการให้แสงไฟ และชนิดของหลอดไฟที่ใช้ เพื่อให้การผลิตมีความคุ้มค่าสูงสุด และในปัจจุบันมีหลอดไฟชนิด Light Emitting Diode (LED) ที่อยู่ในช่วงพัฒนาให้มีคุณสมบัติของแสงที่ใกล้เคียงกับหลอดไฟชนิดอื่นๆ รวมถึงสามารถเปลี่ยนทดแทนได้โดยใช้ขั้วชนิดเดิม ซึ่งหลอดชนิดนี้มีคุณสมบัติประหยัดไฟฟ้า และมีอายุการใช้งานที่ยาวนานมากกว่า หลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) หลายเท่าตัว แต่ในปัจจุบันหลอดไฟชนิด Light Emitting Diode (LED) ที่สามารถให้ความเข้มแสงเทียบเท่ากับหลอดอินแคนเดสเซนต์ (INC) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ยังคงมีราคาสูงมาก จึงยังไม่นำมาทำการทดลองเปรียบเทียบในการทดลองนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กำปั่น ธรรมสนิท, อดิศร กระแสชัย และ วิไลวรรณ อนุสารสุนทร. 2540. การเจริญเติบโตของพืชสกุลหงส์เหินบางชนิด. **วารสารเกษตร**. 13 (3): 263-273.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2549. **บทที่ 4 การสังเคราะห์แสง**. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://web.agri.cmu.ac.th/hort/course/359311/PPHY4_photosyn.htm (20 มีนาคม 2556)

นทีพงศ์ เมืองแก้ว. 2555. **เทคนิคการผลิตที่มีผลต่อผลผลิตหัวพันธุ์หงส์เหิน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิรันดร์ จันทวงศ์. 2545. **สรีรวิทยาการเจริญพันธุ์ของพืช.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปิยเกษตร สุขสถาน, เฉลิมศรี นนทสวัสดิ์ศรี, ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์, ปราโมทย์ ไตรบุญ, เมธี วงศ์หนัก, ธราธร ทีรฆฐิติ, อรนุช ลีลาพร, ยินดี ชาญวิวัฒนา และ จิรนันท์ เตชะประธาน. 2554. การรวบรวม คัดเลือก และปรับปรุงพันธุ์พืชสกุลหงส์เหิน (*Globba*) ที่มีศักยภาพเชิงการค้า, น. 42 - 241. *ใน* **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การพัฒนาพืชวงศ์ขิงเพื่อการส่งออก**. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

ประศาสตร์ เกื้อมณี. 2551. **เทคนิคเนื้อเยื่อพืช.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พัชรี สิริตระกูลศักดิ์, สาวิตร มีจุ้ย และ โสระยา ร่วมรังษี. 2553. อิทธิพลของการเพิ่มแสงไฟคั่นช่วงกลางคืน ต่ออัตราการสังเคราะห์แสงของปทุมมา. **วารสารเกษตร**. 26(2) : 127-135.

พัชรียา บุญกอแก้ว, ปิยเกษตร สุขสถาน, พีรนุช จอมพุก และทยา เจนจิตติกุล. 2552. **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การพัฒนาพืชวงศ์ขิงเพื่อการส่งออก.** สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พูนพิภพ เกษมทรัพย์. 2551. **ชีววิทยา 2.** โครงการตำราวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มูลนิธิ สอวน. บริษัทด่านสุทธาการพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

พระรถ บุญตูบ. 2542. **ผลของการพรางแสง ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และระยะปลูก ที่มีต่อการเจริญเติบโตของปทุมมา.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รัตนะ บัวระวงค์ และ อดิศร กระแสชัย. 2547. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพชนิดของหลอดไฟต่อการยับยั้งการเกิดตาดอกของเบญจมาศโดยวิธีการให้แสงแบบ Night Break. **วารสารเกษตร**. 20 (3) : 236-242

สุรวิช วรรณไกรโรจน์. 2539. **ปทุมมาและกระเจียว.** สำนักพิมพ์บ้านและสวน, กรุงเทพฯ.

อดิศร กระแสชัย. 2536. ผลของความสั้น-ยาวของวันต่อการให้ดอกของปทุมมา. **วารสารเกษตร.** 9 (2) : 118-129.

อนงค์ พยัคฆัยหพล. 2549. **ผลของสภาพวันยาวต่อการออกดอกนอกฤดูของปทุมมา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

อนงค์ พยัคฆัยหพล และโสระยา ร่วมรังสี. 2549**.** ผลของวิธีการให้แสงไฟต่อการออกดอกนอกฤดูของปทุมมา. **วารสารเกษตร**. 22 (2). 131-140.

อภิชาติ ชิดบุรี, ฉันทนา สุวรรณธาดา, วีณัน บัณฑิตย์, ทากูจิ โอยามา และโสระยา ร่วมรังษี. 2550. ผลของความยาววันต่อการเจริญเติบโต การสังเคราะห์แสง และการสะสมอาหารในปทุมมา. **วารสารเกษตร.** 23 (2) : 105-113.

อรวรรณ วิชัยลักษณ์ และสุนทรี เรืองศรี. 2549. **หงส์เหิน (ดอกเข้าพรรษา)**. กลุ่มส่งเสริมการผลิตไม้ดอกไม้ประดับ สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเริมการเกษตร. เอกสารอิเล็กทรอนิคส์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุษา เลปวิทย์. 2537. **การศึกษาความเข้มของแสงที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดวันยาวในปทุมมา.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

Abdullah, T.L., M.F. Ramlan and F.L.S. Chin. 2008. Physiological Changes, growth and flowering response of *Curcuma alismatifolia* 'Chiangmai Pink'. **Acta Hort**. 769 : 467-470.

Baloch, J.U.D., M. Q. Khan, M. Zubair and M. Munir. 2009. Effect of Different Photoperiods on Flowering Time of Facultative Long Day Ornamental Annuals**. International Journal of Agriculture & Biology**. 11 : 251-256.

Barkley, S. 2005. **House Plants: Artificial Light**. Available Source : http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/webdoc1380, 10 March 2013.

Boyle, T.H. 2004. **Photoperiod Control Systems for Greenhouse Crops**. Available Source : http://www.umass.edu/umext/floriculture/fact_sheets/greenhouse_manage ment/photo.html,10 March 2013.

Changjeraja, R., N. Potaphon and S. Ruamrungsri. 2008. Effect of photoperiod on growth and flowering of *Curcuma alismatifilia* Gagnep. **Acta Hort**. 788 : 137-140.

Changjeraja, R. 2009. Effect of photoperiod on growth, flowering and nitrogen content of *Curcuma alismatifolia* Gagnep. var. Chiang Mai Pink. **Agricultural Science Journal.** 40(3) (Supplemented) : 259-262.

Chidburee, A, W. Bundittaya, C. Suwanthada, N. Ohtake, K. Sueyoshi, T. Ohyama and S. Ruamrungsri. 2007. Effect of red light on growth, photosynthesis and food reserves in *Curcuma alismatifolia* Gagnep. **Thai Journal of Agricultural Science.** 40(1-2) : 57-63.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Decraene, L.P.R., H.P. Linder and E.F. Smets. 2000. The questionable relationship of *Montinia* (Montiniacaeae): Evidence from a floral ontogenetic and anatomical study. **Amer. J. Bot.** 87 : 1408-1424.

Flora C. L. S. 2007. **Effects of light intensity and daylength on growth and flowering of siam tulip (*Curcuma alismatifolia* var. Chiangmai pink).** Thesis of Graduate Universiti Putra Malaysia.

Garner, W.W. and H.A. Allard. 1920. Effect of length of day on plant growth. **J. Agr. Res.** 18: 553-606.

Hagiladi, A. and N. Umiel. 1997. Effects of temperature and daylength on the development of flowers and propagules *Curcuma alismatifolia* . **Acta Hort**. 430 : 755-761.

Hongpakdee, P. N. Ohtake, K. Sueyoshi, T. Ohyama, and S. Ruamrungsri. 2010. Effect of low night temperature and short day length on some phytohormones and nutrient status in *Curcuma alismatifolia* Gagnap. **Thai Journal of Agricultural Science**. 43(3) : 163-173.

Hughes, N.M., C.B. Morley and W.K. Smith. 2007. Coordination of anthocyanin decline and photosynthetic maturation in juvenile leaves of three deciduous tree species. **New Phytol.** 175 : 675-685.

Kim S. J., E.J. HaHn, J.W. Heo and K. Y. Peak. 2004. Effect of LEDs on netphotosynthetic rate, growth and leaf stomata of chrysanthemum plantlets in vitro. **Scientia Horticulturae**. 101 : 143-151.

Kuehny, J.S., Mauricio J. Sarmiento and Patricia C. Branch. 2002. Cultural Studies in Ornamental Ginger**. Trends in new crops and new uses**. J. Janick and A. Whipkey (eds.) ASHS Press, Alexandria. 477-482.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kuehny, J.S., M. Sarmiento, M.P. Paz and P.C. Branch. 2005. Effect of light intensity, photoperiod and plant growth retardants on production of Zingiberaceae as pot plants. **Acta Hort**. 683 : 145-154.

Porra, R.J., W.A. Thompson and P.E. Kriedemann. 1989. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: Verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. **Biochim. Biophys. Acta**. 975 : 384-394.

Stirling, K.J., R.J. Clark., P.H. Brown and S.J. Wilson. 2002. Effect of photoperiod on flower bud initiation and development in myoga (*Zingiber mioga* Roacoe). **Scientia Horticulturae**. 95(3) : 261-268.

Vandre, W. 2003. **Fluorescent Lights for Plant Growth.** University of Alaska Extension. Available Source : http://www.planetnatural.com/site/xdpy/kb/fluorescent-lights.html, 20 February 2011.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ข้อมูลหัวพันธุ์และรากสะสมอาหารที่ใช้ปลูกในเดือนมีนาคม การทดลองที่ 1.1

สิ่งทดลอง		หัวพันธุ์		รากสะสมอาหาร		น้ำหนักรวม (กรัม)
เดือนปลูก	ความยาววัน	จำนวน	ขนาด (ซม.)	จำนวน	ความยาว (ซม.)	
มีนาคม	13 ชั่วโมง	3.2	2.3	19.1	7.6	26.3
	8 ชั่วโมง	3.4	2.5	23.6	7.4	24.7
F-test		ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)		21.4	11.4	35.2	9.8	17.2

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 2 ข้อมูลหัวพันธุ์และรากสะสมอาหารที่ใช้ปลูกในเดือนพฤษภาคม การทดลองที่ 1.1

สิ่งทดลอง		หัวพันธุ์		รากสะสมอาหาร		น้ำหนักรวม (กรัม)
เดือนปลูก	ความยาววัน	จำนวน	ขนาด (ซม.)	จำนวน	ความยาว (ซม.)	
พฤษภาคม	13 ชั่วโมง	3.6	2.5	19.4	7.2	15.0
	8 ชั่วโมง	3.4	2.4	18.6	7.3	13.2
F-test		ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)		15.6	8.8	17.3	5.7	13.5

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ข้อมูลหัวพันธุ์และรากสะสมอาหารที่ใช้ปลูกในเดือนกรกฎาคม การทดลองที่ 1.2

สิ่งทดลอง		หัวพันธุ์		รากสะสมอาหาร		น้ำหนักรวม (กรัม)
เดือนปลูก	ความยาววัน	จำนวน	ขนาด (ซม.)	จำนวน	ความยาว (ซม.)	
กรกฎาคม	11 ชั่วโมง	3.8	2.5	19.2	7.0	14.3
	15.5 ชั่วโมง	4.0	2.5	19.0	7.3	13.5
F-test		ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)		19.9	7.7	17.8	5.2	8.7

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 4 ข้อมูลหัวพันธุ์และรากสะสมอาหารที่ใช้ปลูกในเดือนตุลาคม การทดลองที่ 1.2

สิ่งทดลอง		หัวพันธุ์		รากสะสมอาหาร		น้ำหนักรวม (กรัม)
เดือนปลูก	ความยาววัน	จำนวน	ขนาด (ซม.)	จำนวน	ความยาว (ซม.)	
ตุลาคม	11 ชั่วโมง	3.8	2.4	18.0	6.6	8.8
	15.5 ชั่วโมง	4.6	2.7	20.2	6.4	9.6
F-test		ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)		23.8	9.0	14.7	7.6	28.3

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 ข้อมูลหัวพันธุ์และรากสะสมอาหารที่ใช้ปลูกในการทดลองที่ 2

สิ่งทดลอง	หัวพันธุ์		รากสะสมอาหาร		น้ำหนักรวม (กรัม)
	จำนวน	ขนาด (ซม.)	จำนวน	ความยาว (ซม.)	
ชุดควบคุม	3.8	2.5	18.0	6.6	8.8
INC 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$	4.2	2.4	18.0	6.3	7.9
INC 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$	4.6	2.5	20.0	6.4	9.6
CFL 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$	4.2	2.4	18.2	6.3	8.3
CFL 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$	4.0	2.4	18.2	6.6	8.3
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	19.7	7.5	14.2	7.4	26.4

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 6 ค่าความเขียวใบเฉลี่ยของใบที่ใช้ในการวัดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซของหงส์เหิน ในการทดลองที่ 1.1

ความยาววัน	ความเขียวใบ
13 ชั่วโมง	45.18
8 ชั่วโมง	45.53
F-test	ns
C.V. (%)	6.9

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 ค่าความเขียวใบเฉลี่ยของใบที่ใช้ในการวัดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซของหงส์เหิน ในการทดลองที่ 1.2

ความยาววัน	ความเขียวใบ
11 ชั่วโมง	45.35
15.5 ชั่วโมง	47.83
F-test	ns
C.V. (%)	5.8

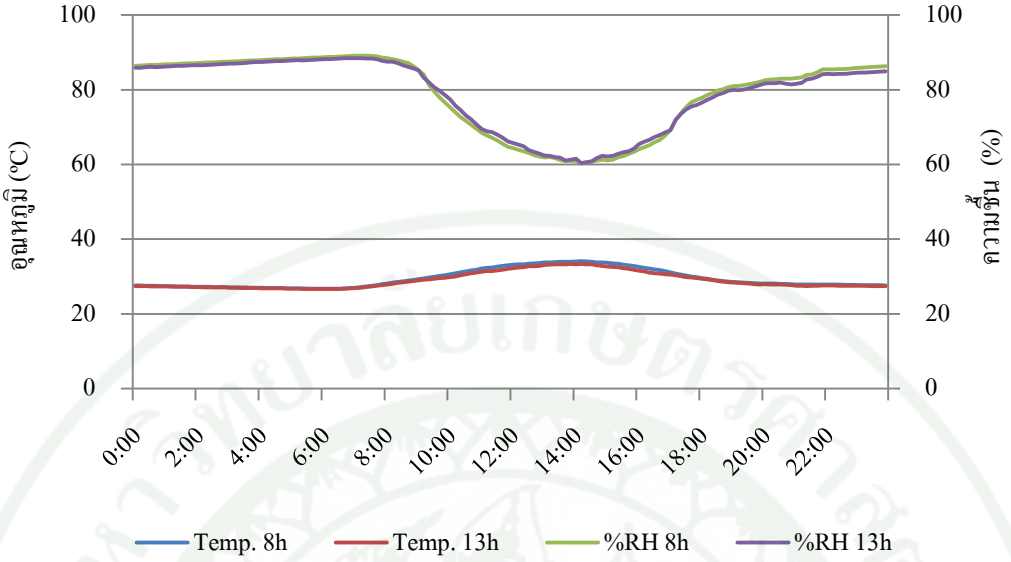
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 8 ค่าความเขียวใบเฉลี่ยของใบที่ใช้ในการวัดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซของหงส์เหิน ในการทดลองที่ 2

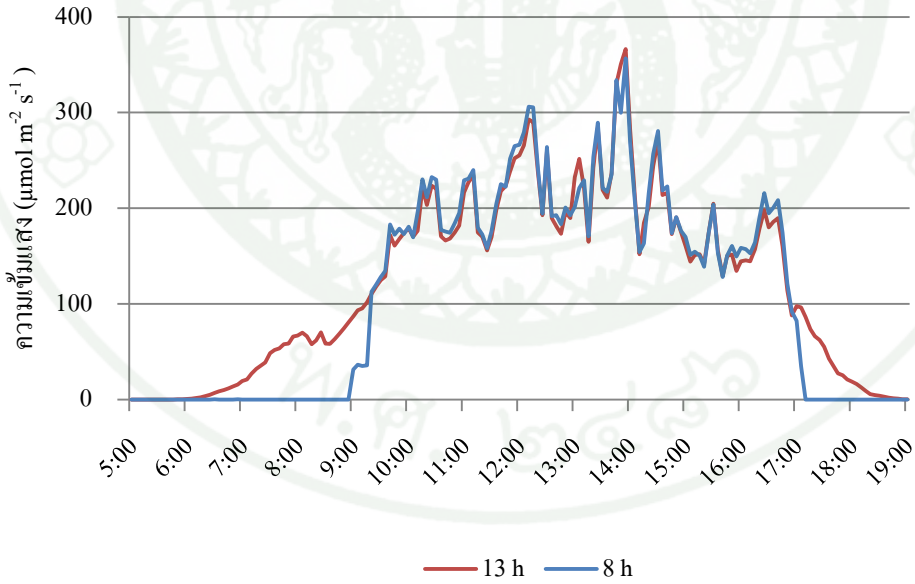
สิ่งทดลอง	ความเขียวใบ
ชุดควบคุม	49.60
INC 5 µmol m^{-2} s^{-1}	53.20
INC 50 µmol m^{-2} s^{-1}	50.70
CFL 5 µmol m^{-2} s^{-1}	52.95
CFL 50 µmol m^{-2} s^{-1}	52.75
F-test	ns
C.V. (%)	4.6

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

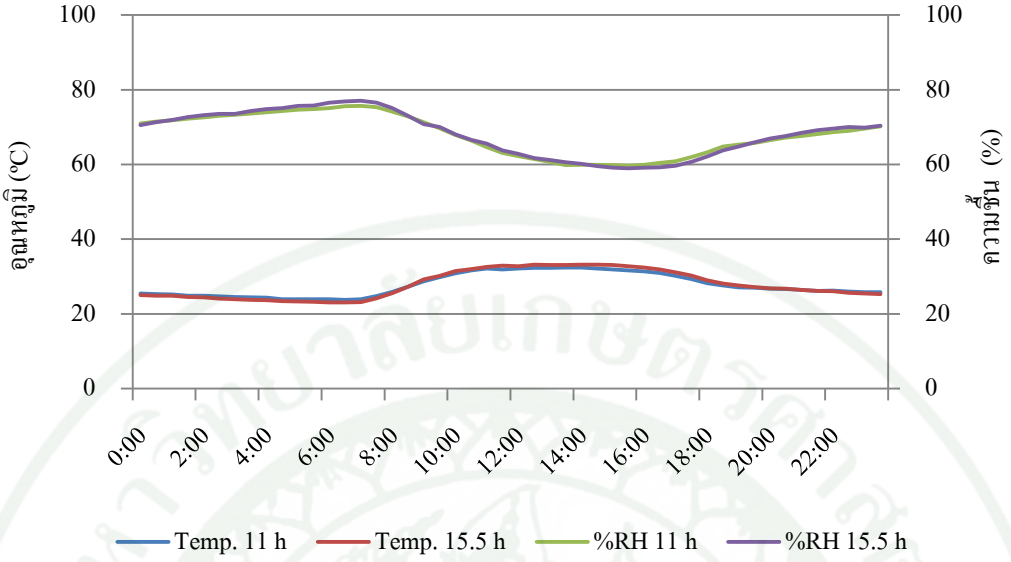


ภาพผนวกที่ 1 อุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ยในรอบวันตลอดการทดลองที่ 1.1 (เดือนมิถุนายน ถึงเดือนสิงหาคม 2555)

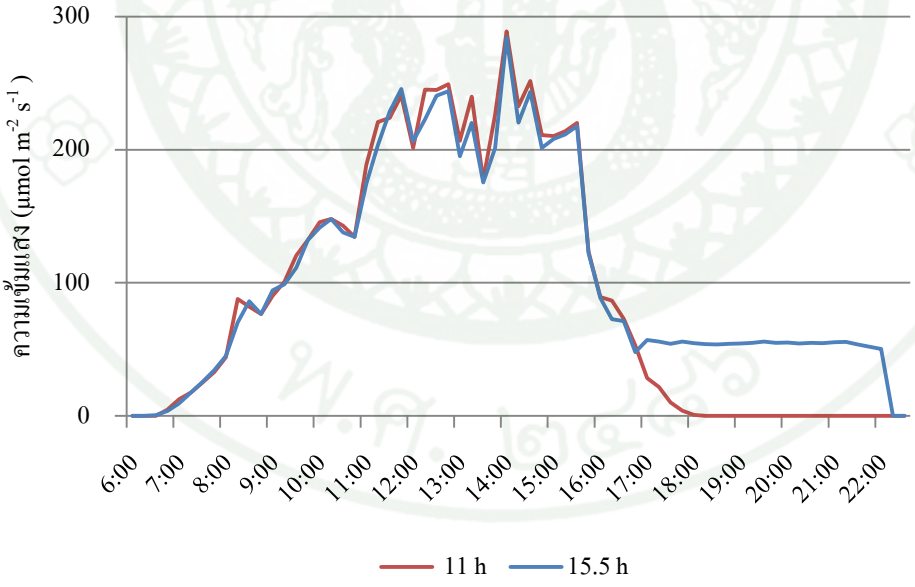


ภาพผนวกที่ 2 ความเข้มแสงเฉลี่ยในรอบวันตลอดการทดลองที่ 1.1 (เดือนมิถุนายน ถึงเดือนสิงหาคม 2555)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

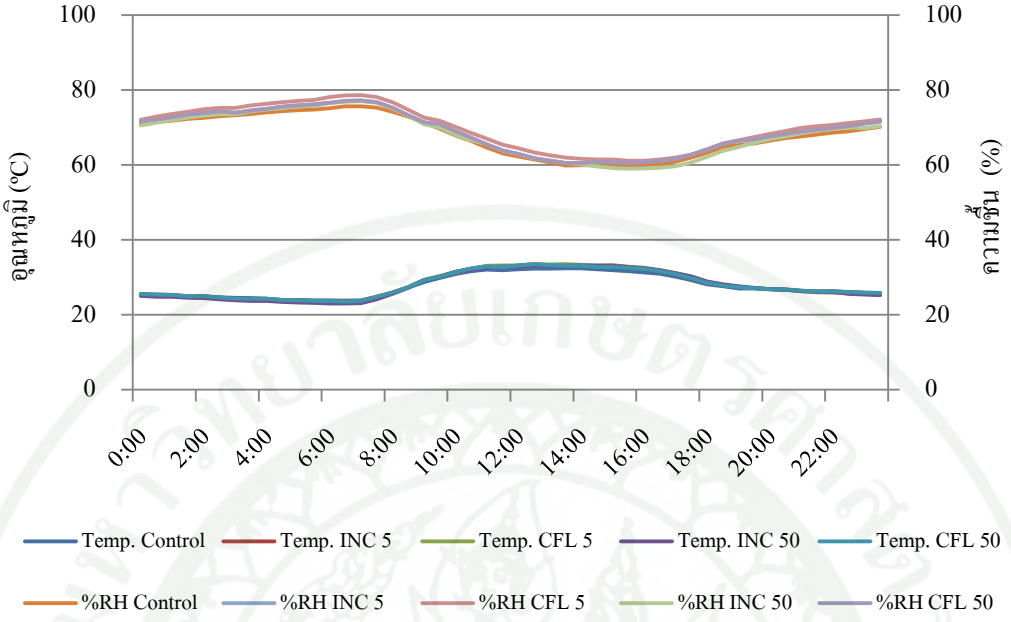


ภาพผนวกที่ 3 อุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ยในรอบวันตลอดการทดลองที่ 1.2 (เดือนพฤศจิกายน 2555 ถึงเดือนมกราคม 2556)

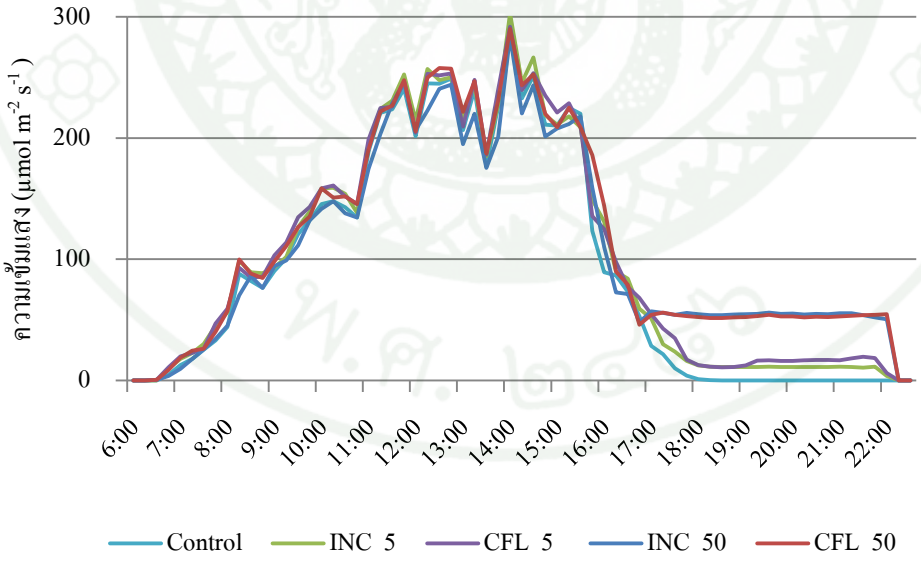


ภาพผนวกที่ 4 ความเข้มแสงเฉลี่ยในรอบวันตลอดการทดลองที่ 1.2 (เดือนพฤศจิกายน 2555 ถึงเดือนมกราคม 2556)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

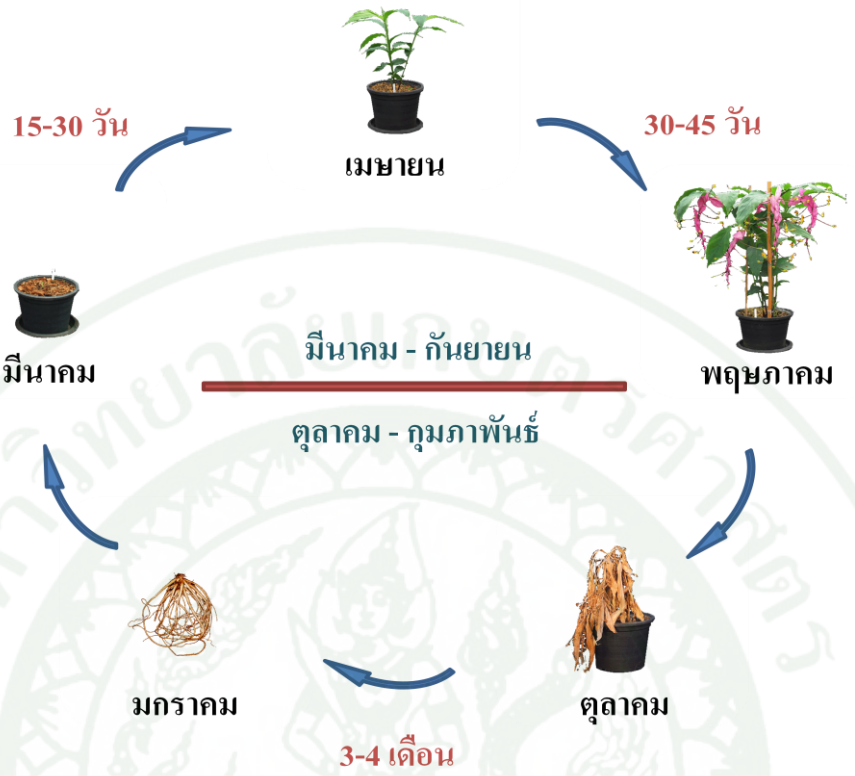


ภาพผนวกที่ 5 อุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ยในรอบวันตลอดการทดลองที่ 2 (เดือนพฤศจิกายน 2555 ถึงเดือนมกราคม 2556)

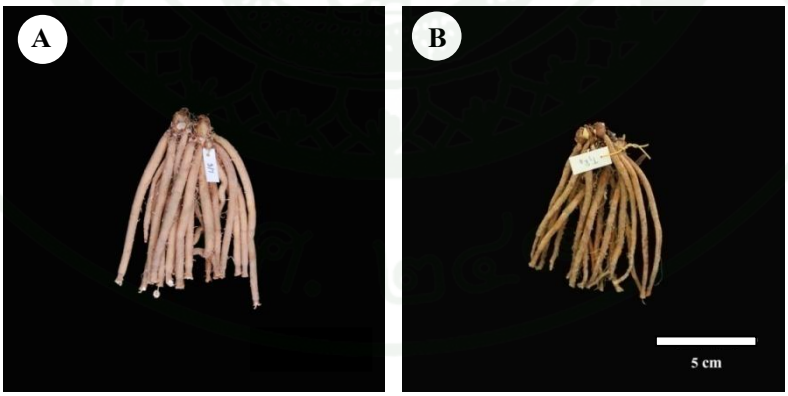


ภาพผนวกที่ 6 ความเข้มแสงเฉลี่ยในรอบวันตลอดการทดลองที่ 2 (เดือนพฤศจิกายน 2555 ถึงเดือนมกราคม 2556)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 7 วงจรการเจริญเติบโตของหงส์เหินในรอบปี



ภาพผนวกที่ 8 ลักษณะหัวพันธุ์หงส์เหินที่ใช้ปลูกในการทดลอง

(A) เก็บเกี่ยวในเดือน ธันวาคม 2554 สำหรับการทดลองที่ 1.1

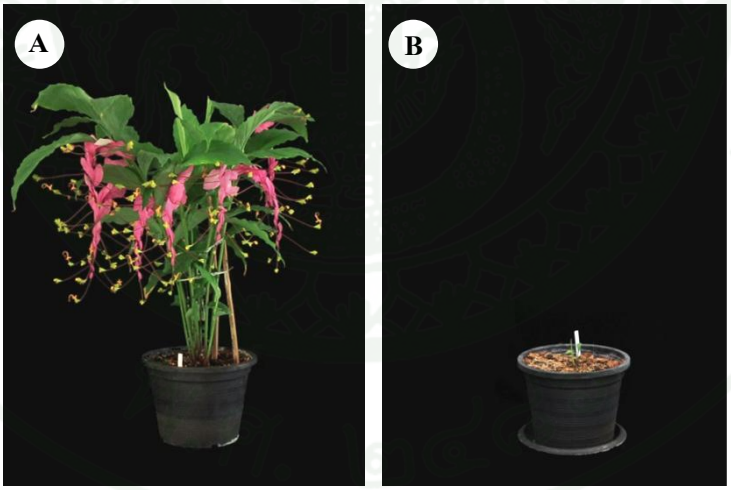
(B) เก็บเกี่ยวในเดือน มีนาคม 2555 สำหรับการทดลองที่ 1.2 และการทดลองที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ 9 ลักษณะต้นหงส์เหินเมื่อเริ่มการทดลองที่ 1.1

(A) ปลูกเดือนมีนาคม (อายุประมาณ 45 วันหลังจากงอก)

(B) ปลูกเดือนพฤษภาคม (อายุประมาณ 3 วันหลังจากงอก)



ภาพผนวกที่ 10 ลักษณะต้นหงส์เหินเมื่อเริ่มการทดลองที่ 1.2 และการทดลองที่ 2

(A) ปลูกเดือนกรกฎาคม (อายุประมาณ 120 วันหลังจากงอก) การทดลองที่ 1.2

(B) ปลูกเดือนตุลาคม (อายุประมาณ 5 วันหลังจากงอก) การทดลองที่ 1.2 และการทดลองที่ 2

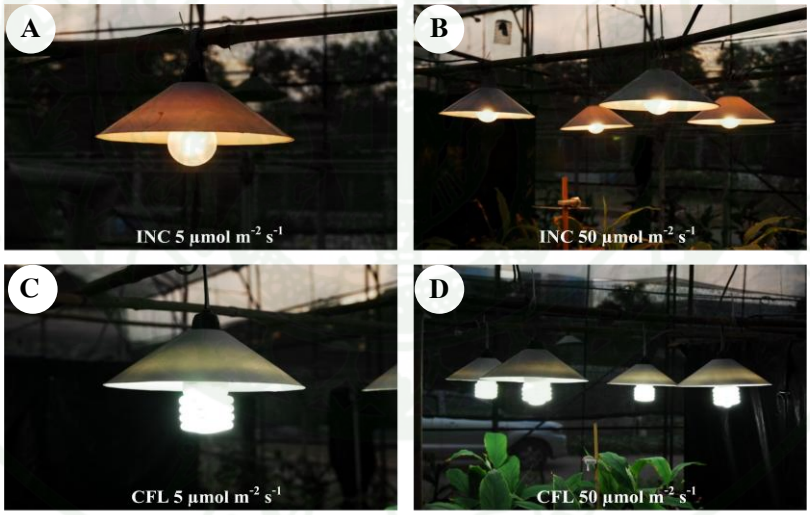
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ 11 ชุดม่านควบคุมแสงในการทำให้หงส์เหินได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน สำหรับการทดลองที่ 1.1
(A) เปิดม่านในเวลา 9.00 ถึง 17.00 น.
(B) ปิดม่านในเวลา 17.00 ถึง 9.00 น.

ภาพผนวกที่ 12 สภาพแวดล้อมและอุปกรณ์ในการทดลองสำหรับการทดลองที่ 1.2
(A) ฉากทึบแสงติดตั้งตามแนวทิศทางการขึ้นลงของดวงอาทิตย์
(B) หลอดไฟชนิด Incandescentlamp, INC ขนาด 100 วัตต์
ควบคุมความเข้มแสงเหนือทรงพุ่ม 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ 13 สภาพแวดล้อมและอุปกรณ์ในการทดลองสำหรับการทดลองที่ 2



ภาพผนวกที่ 14 ชนิดของหลอดไฟและจำนวนที่ใช้ในการเพิ่มความยาววันของแต่ละสิ่งทดลอง

(A) Incandescent Lamp, INC ควบคุมความเข้มแสง 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$

(B) Incandescent Lamp, INC ควบคุมความเข้มแสง 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$

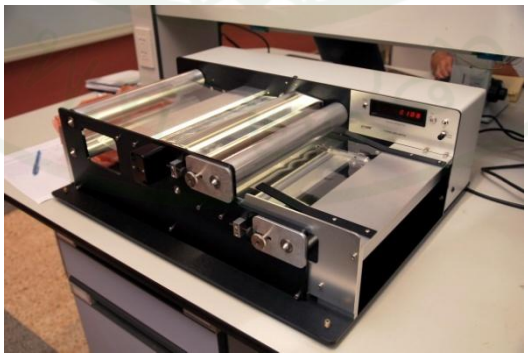
(C) Compact Fluorescent Lamp, CFLควบคุมความเข้มแสง 5 µmol $m^{-2}s^{-1}$

(D) Compact Fluorescent Lamp, CFLควบคุมความเข้มแสง 50 µmol $m^{-2}s^{-1}$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ 15 เครื่องวัดการแลกเปลี่ยนก๊าซและอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงรุ่น LI-6400 *XT*, LI-COR, USA

ภาพผนวกที่ 16 เครื่องวัดความเขียวของใบ MINOLTA Chlorophyll Meter รุ่น SPAD-502, JAPAN



ภาพผนวกที่ 17 เครื่องวัดพื้นที่ใบ รุ่น LI-3100, LI-COR, USA

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ 18 เครื่องวัดและบันทึกข้อมูลความเข้มแสงรุ่น LI-1400, LI-COR, USA

ภาพผนวกที่ 19 เครื่องวัดและบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติรุ่น CEM DT-171

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ - นามสกุล	นายสิทธิศักดิ์ นุกูลกิจ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	7 มิถุนายน พ.ศ. 2528
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดตรัง
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต ชีววิทยา มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดสงขลา
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ผู้ช่วยนักวิจัย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	1. รางวัลรองชนะเลิศ นำเสนอผลงานภาคบรรยาย เรื่อง อิทธิพลของช่วงแสงต่อการเจริญเติบโตและออกดอกของหงส์เหิน ในการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 12 2. รางวัลเกียรติยศนิสิตที่ได้รับรางวัลระดับชาติ ปีการศึกษา 2555 บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 3. โล่เกียรติคุณ นิสิตที่มีผลการเรียนดีและบำเพ็ญประโยชน์ให้ภาควิชาพืชสวน 2555
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนการทำวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์