การศึกษาการผลิตหัวพันธุ์หงส์เหิน

อรณิช คำยง

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพืชสวน

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2563

การศึกษาการผลิตหัวพันธุ์หงส์เหิน

อรณิช คำยง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชสวน
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2563

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การศึกษาการผลิตหัวพันธุ์หงส์เหิน

อรณิช คำยง

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชสวน

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(อาจารย์ ดร.ประนอม ยังคำมั่น)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรนุช เจริญกิจ)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์ สาครวาสี)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรนุช เจริญกิจ)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
รองอธิการบดี ปฏิบัติการแทน
อธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง การศึกษาการผลิตหัวพันธุ์หงส์เหิน
ชื่อผู้เขียน นางสาวอรณิช คำยง
ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก อาจารย์ ดร.ประนอม ยังคำมั่น

บทคัดย่อ

หงส์เหินเป็นไม้ดอกเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทย ปัจจุบันมีการปลูกเป็นการค้าในรูปแบบไม้กระถาง ไม้ตัดดอก แต่อย่างไรก็ตามในการผลิตหัวพันธุ์ยังมีปัญหาเกี่ยวกับโรคหัวเน่า ซึ่งเชื้อสาเหตุสามารถมีชีวิตอยู่ได้หลายฤดูในแปลงปลูกและเชื้อสามารถกระจายสู่พื้นที่อื่นได้โดยการนำหัวพันธุ์ที่ติดเชื้อสาเหตุโรคไปปลูก ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตหัวพันธุ์ปลอดโรคโดยใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งในการทดลองที่ 1 ได้ทำการศึกษาผลของน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตและการชักนำหัวจิ๋วของหงส์เหินในสภาพปลอดเชื้อ โดยทำการเลี้ยงยอดหงส์เหินในอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการเติมน้ำตาลแต่ละความเข้มข้น (0, 30, 40, 50 และ 60 กรัมต่อลิตร) หลังการเลี้ยงยอดเป็นเวลา 70 วัน พบว่า น้ำตาลความเข้มข้น 30 กรัมต่อลิตร มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านจำนวนหน่อ ซึ่งเหมาะสำหรับการเจริญของต้น ในขณะที่การให้น้ำตาลความเข้มข้น 40-50 กรัมต่อลิตร มีผลต่อการชักนำให้เกิดหัวจิ๋วในสภาพปลอดเชื้อได้

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของ NAA ต่อการเจริญเติบโตและการชักนำหัวจิ๋วของหงส์เหินในสภาพปลอดเชื้อ โดยทำการเลี้ยงยอดหงส์เหินในอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติมน้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA แต่ละระดับความเข้มข้น (0, 0.25, 0.5, 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร) หลังการเลี้ยงยอดเป็นเวลา 56 วัน พบว่า NAA ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อทั้งการเพิ่มปริมาณยอดและการชักนำให้เกิดหัวจิ๋วในสภาพปลอดเชื้อได้ และจากการทำปฏิกิริยาไอโอดีนกับแป้ง พบว่า NAA ทุกความเข้มข้นมีการสะสมแป้งที่รากสะสมอาหาร

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของ NAA และระดับน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตและการเกิดหัวจิ๋วของหงส์เหินในสภาพปลอดเชื้อ โดยการเลี้ยงยอดหงส์เหินในอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร NAA ความเข้มข้น 0, 1 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำตาลความเข้มข้น 30, 35 และ 40 กรัมต่อลิตร หลังการเลี้ยงยอด 49 วัน พบว่า การเติมน้ำตาล 40 กรัมต่อลิตรร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เหมาะสำหรับการชักนำให้เกิดหัวจิ๋วในสภาพปลอดเชื้อได้ และจากการทำปฏิกิริยาไอโอดีนกับแป้ง พบว่า NAA และน้ำตาลทุกความเข้มข้นมีการสะสมแป้งที่รากสะสมอาหาร

การทดลองที่ 4 ศึกษาผลของวัสดุปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพหัวพันธุ์หงส์เหินในสภาพโรงเรือน โดยการนำต้นกล้าหงส์เหินที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาปลูกเลี้ยงในวัสดุปลูกแตกต่างกัน คือ ดิน (ชุดควบคุม), ทราย, ขุยมะพร้าว, กาบมะพร้าว, แกลบดิบ, ทราย : ขุยมะพร้าว, ทราย : กาบมะพร้าว, ทราย : แกลบดิบ และขุยมะพร้าว : แกลบดิบ อัตราส่วนผสม 1 : 1 โดยปริมาตร พบว่า การปลูกโดยใช้ทราย:ขุยมะพร้าว และทราย:กาบมะพร้าวเป็นวัสดุปลูกเหมาะสำหรับการเจริญทางต้นและมีคุณภาพหัวพันธุ์ดีกว่าการใช้วัสดุปลูกชนิดอื่น

การทดลองที่ 5 ศึกษาผลของระบบการปลูกพืชแบบแอโรโพนิกส์ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพหัวพันธุ์หงส์เหินในสภาพโรงเรือนโดยนำต้นกล้าหงส์เหินที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาออกปลูกในพีทมอสเพื่อปรับสภาพและกระตุ้นให้เกิดรากใหม่เป็นระยะเวลา 1 เดือน จากนั้นย้ายมาปลูกในวัสดุปลูกแบบใช้ดิน (ชุดควบคุม) และปลูกแบบแอโรโพนิกส์ที่มีการพ่นสารละลายครั้งละ 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 นาที โดยทำการพ่นทุก ๆ 3 ชั่วโมง 30 นาที พบว่า การพ่นสารละลายครั้งละ 10 นาที ส่งผลต่อการเจริญทางต้นและคุณภาพหัวที่ดี

คำสำคัญ : หงส์เหิน, หัวพันธุ์, น้ำตาล, BA, NAA, การปลูกพืชในวัสดุปลูกแบบไม่ใช้ดิน, แอโรโพนิกส์

Title STUDY ON RHIZOMES PRODUCTION OF GLOBBA (*Globba* spp.)

Author Miss Oranid Kumyong

Degree Master of Science in Horticulture

Advisory Committee Chairperson Dr. Pranom Yangkhamman

ABSTRACT

Globba has high potential to be cultivated as commercial ornamental plant for flowering pot plant and cut flower in Thailand. However, there is a serious problem now about the infected rhizome rot disease which the pathogen can survive over several seasons of cultivation as well as it can distribute to other areas by the infected rhizomes propagation. Therefore, the aim of this research was to produce Globba rhizome by tissue culture and soilless culture technique for solving this problem.

The effect of table sugar on growth and micro-rhizome induction of Globba were investigated on the first experiment. Globba shoots were cultured on MS medium supplemented with 3.0 mg/L BA + 0.5 mg/L NAA and various concentration of table sugar (0, 30, 40, 50 and 60 g/L). The growth and micro-rhizome induction were investigated every week until 70 days after culture on each treatment. The result showed that 30 g/L table sugar was suitable for shoot multiplication and 40-50 g/L table sugar was suitable for micro-rhizome induction.

The effect of NAA on growth and micro-rhizome induction of Globba were investigated on the second experiment. Globba shoots were cultured on MS medium supplemented with 30 g/L table sugar + 3.0 mg/L BA and various concentration of NAA (0, 0.25, 0.5, 1.0 and 1.5 mg/L). The growth and micro-rhizome induction were investigated every week until 56 days after culture on each treatment. The result showed that MS medium supplemented with 1.5 mg/L NAA was suitable for shoot multiplications and micro-rhizome induction. Furthermore, the results showed that the starch accumulation were observed in the storage roots on each various concentration of NAA.

The effect of NAA and table sugar on growth and micro-rhizome induction of Globba were investigated on the third experiment. Globba shoots were cultured on MS medium supplemented with 3 mg/L BA and various concentration of NAA (0, 1 and 1.5 mg/L) and table sugar (30, 35 and 40 g/L). The growth and micro-rhizome induction were investigated every week until 49 days after culture on each treatment. The result showed that MS medium supplemented with 40 g/L table sugar and 1.5 mg/L NAA was suitable for micro-rhizome induction. Furthermore, the results showed that the starch accumulation were observed in storage roots on each various concentration of NAA and table sugar.

The effect of substrate culture on growth and rhizome quality of Globba in the greenhouse were investigated on the forth experiment. Globba plantlets from plant tissue culture were acclimatized in greenhouse for one month then transplanted to grow in soil (control), sand, coconut coir, coconut husk, rice husk, sand : coconut coir, sand : coconut husk, sand : rice husk and coconut coir : rice husk (1:1 v/v). The result showed that sand : coconut coir and sand : coconut husk were suitable for the growth of plant and high quality of rhizome.

The effect of aeroponics system on growth and rhizome quality of Globba in the greenhouse were investigated on the fifth experiment. Globba plantlets from plant tissue culture were acclimatized in greenhouse for one month then transplanted in soil (control) and aeroponic system by spraying nutrient solution to roots for 10, 15, 20, 25, 30 and 35 minutes with 3.5 hours interval before spraying again. The result showed that spraying nutrient solution for 10 min was suitable for plant growth and high quality of rhizome.

Keywords : Globba, Rhizome, Table sugar, BA, NAA, Substrate culture, Aeroponics

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือและกรุณาของอาจารย์ ดร.ประนอม ยังคำมั่น ประธานกรรมการที่ปรึกษาหลัก รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรนุช เจริญกิจ และผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์ สาครวาสี กรรมการที่ปรึกษา ที่คอยให้คำแนะนำ แก้ไขปัญหาต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาทำงานวิจัยและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องเล่มวิทยานิพนธ์สำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุก ๆ ท่านที่ได้อบรม สั่งสอน คอยให้ความรู้ คำแนะนำ ในทุกด้าน ทั้งด้านการเรียนและการทำงานวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนทุนในการศึกษาวิจัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมศรี นนทสวัสดิ์ศรี ที่ให้การสนับสนุนหงส์เหินลูกผสม "MJ16" สำหรับใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยให้คำแนะปรึกษาและสนับสนุนทุก ๆ ด้านมาโดยตลอด นอกจากนี้ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้อง ๆ ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาในการทำงานวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดีตลอดมา

อรณิช คำยง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฑ

สารบัญภาพภาคผนวก ..... ณ

บทที่ 1 บทนำ 1

วัตถุประสงค์การวิจัย 2

ขอบเขตของการวิจัย 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ตรวจเอกสาร 3

ความสำคัญและประวัติความเป็นมาของหงส์เหิน 3

วงจรชีวิตของหงส์เหิน 6

ฤดูการปลูกหงส์เหิน 6

การขยายพันธุ์หงส์เหิน 6

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (Plant growth regulator) 7

บทบาทของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช 9

โรคที่สำคัญของหงส์เหินและการป้องกันกำจัด 10

การเก็บเกี่ยวและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวหัวพันธุ์ 11

ระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน 12

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 16
ระยะเวลาดำเนินงานวิจัย 16
พืชทดลองที่ใช้ในการศึกษา 16
วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี 17
วิธีการดำเนินการ 19
การวิเคราะห์ผลการทดลอง 26
สถานที่ทำการทดลอง 26
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ 27
การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตและการชักนำหัวจิ๋วหงส์เหินในสภาพปลอดเชื้อ 27
การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของ NAA ต่อการเจริญเติบโตและการชักนำหัวจิ๋วของหงส์เหินในสภาพปลอดเชื้อ 37
การทดลองที่ 3 การศึกษาผลของ NAA และระดับน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตและการเกิดหัวจิ๋วหงส์เหินในสภาพปลอดเชื้อ 45
การทดลองที่ 4 การศึกษาผลของวัสดุปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพหัวพันธุ์หงส์เหินในสภาพโรงเรือน 59
การทดลองที่ 5 การศึกษาผลของระบบการปลูกพืชแบบแอโรโพนิกส์ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของหัวพันธุ์หงส์เหินในสภาพโรงเรือน 81
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 98
บรรณานุกรม 99
ภาคผนวก 106
ประวัติผู้วิจัย 120

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ชนิดและปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมอาหารสูตร MS..... 18

ตารางที่ 2 ผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนหน่อหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน 29

ตารางที่ 3 ผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนใบต่อหน่อหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน 30

ตารางที่ 4 ผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อความสูงต้นหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน 31

ตารางที่ 5 ผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนรากหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน 32

ตารางที่ 6 ผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อความยาวรากหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน..... 33

ตารางที่ 7 ผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของรากหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน..... 34

ตารางที่ 8 ผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนหน่อหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดใน .. อาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน 37

ตารางที่ 9 ผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนใบต่อหน่อของต้นหงส์เหิน “MJ16” หลังการ. เลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน..... 38

ตารางที่ 10 ผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อความสูงของหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอด ... ในอาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน 39

ตารางที่ 11 ผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนรากหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอด ..... ในอาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน 40

ตารางที่ 12 ผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อความยาวรากหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอด.. ในอาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน 41

ตารางที่ 13 ผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของรากหงส์เหิน “MJ16” หลัง .. การเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน 42

ตารางที่ 14 ผลของ NAA และน้ำตาลต่อจำนวนหน่อหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหาร .. เป็นระยะเวลา 49 วัน 47

ตารางที่ 15 ผลของ NAA และน้ำตาลต่อจำนวนใบหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหาร ..... เป็นระยะเวลา 49 วัน 48

ตารางที่ 16 ผลของ NAA และน้ำตาลต่อความสูงต้นหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหาร ... เป็นระยะเวลา 49 วัน 49

ตารางที่ 17 ผลของ NAA และน้ำตาลต่อจำนวนรากหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหาร ... เป็นระยะเวลา 49 วัน 50

ตารางที่ 18 ผลของ NAA และน้ำตาลต่อความยาวรากหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหาร เป็นระยะเวลา 49 วัน 51

ตารางที่ 19 ผลของ NAA และน้ำตาลต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของรากหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยง.... ยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน 52

ตารางที่ 20 ผลของวัสดุปลูกต่อจำนวนหน่อหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 14-91 วัน 60

ตารางที่ 21 ผลของวัสดุปลูกต่อจำนวนหน่อหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 98-161 วัน (ต่อ) 61

ตารางที่ 22 ผลของวัสดุปลูกต่อจำนวนหน่อหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 168-210 วัน (ต่อ) 62

ตารางที่ 23 ผลของวัสดุปลูกต่อจำนวนใบหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 14-91 วัน.... 63

ตารางที่ 24 ผลของวัสดุปลูกต่อจำนวนใบหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 98-161 วัน (ต่อ) 64

ตารางที่ 25 ผลของวัสดุปลูกต่อจำนวนใบหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 168-210 วัน (ต่อ) 65

ตารางที่ 26 ผลของวัสดุปลูกต่อความสูงของหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 7-77 วัน . 66

ตารางที่ 27 ผลของวัสดุปลูกต่อความสูงของหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 84-140 วัน (ต่อ) 67

ตารางที่ 28 ผลของวัสดุปลูกต่อความสูงของหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 147-210 วัน (ต่อ) 68

ตารางที่ 29 ผลของวัสดุปลูกต่อจำนวนช่อดอกของหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 119-168 วัน 69

ตารางที่ 30 ผลของวัสดุปลูกต่อจำนวนช่อดอกของหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 175-210 วัน (ต่อ) 70

ตารางที่ 31 ผลของวัสดุปลูกต่อคุณภาพดอกของหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 175 วัน 72

ตารางที่ 32 ผลของวัสดุปลูกต่อคุณภาพหัวพันธุ์หงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 259 วัน 75

ตารางที่ 33 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านจำนวนหน่อหลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 14-70 วัน 83

ตารางที่ 34 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านจำนวนหน่อหลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 77-119 วัน (ต่อ) 84

ตารางที่ 35 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านจำนวนใบหลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 14-70 วัน 85

ตารางที่ 36 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านจำนวนใบหลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 77-119 วัน (ต่อ) 86

ตารางที่ 37 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านความสูงต้นหลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 7-70 วัน 87

ตารางที่ 38 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านความสูงต้นหลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 77-119 วัน (ต่อ) 88

ตารางที่ 39 การเจริญเติบโตด้านจำนวนช่อดอกของหงส์เหิน “MJ16” หลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 56-119 วัน 89

ตารางที่ 40 คุณภาพดอกของหงส์เหิน “MJ16” หลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์ 91

ตารางที่ 41 คุณภาพหัวพันธุ์หงส์เหิน “MJ16” หลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์ 93

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของหงส์เหิน 5

ภาพที่ 2 ต้นกล้าหงส์เหินลูกผสม “MJ16” ใช้ในการทดลอง..... 16

ภาพที่ 3 วัสดุปลูกชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง 23

ภาพที่ 4 รูปแบบการปลูกหงส์เหินด้วยระบบแอโรโพนิกส์..... 25

ภาพที่ 5 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตของหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในสูตรอาหาร... MS ดัดแปลงที่เติมน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 70 วัน..... 35

ภาพที่ 6 ขั้นตอนการเลี้ยงยอดหงส์เหินเพื่อชักนำให้เกิดหัวจิ๋วในอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติม ..... น้ำตาลเป็นระยะเวลา 70 วัน..... 36

ภาพที่ 7 การเจริญเติบโตของหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารสูตร MS ดัดแปลง .. ที่เติม NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 56 วัน 43

ภาพที่ 8 การทำปฏิกิริยาไอโอดีนกับแป้งที่รากสะสมอาหารของหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการ ..... เลี้ยงยอดในอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติม NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 56 วัน..... 43

ภาพที่ 9 การทำปฏิกิริยาไอโอดีนกับแป้งที่รากสะสมอาหารของหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” ที่ปลูกสภาพ . โรงเรือน..... 43

ภาพที่ 10 ขั้นตอนการเลี้ยงยอดหงส์เหินเพื่อชักนำหัวจิ๋วในอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติม NAA เป็น ระยะเวลา 56 วัน..... 44

ภาพที่ 11 การเจริญเติบโตของหงส์เหินพันธุ์ “MJ16”หลังการให้ NAA และน้ำตาลหลังการเลี้ยงยอด ในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน 53

ภาพที่ 12 การทำปฏิกิริยาไอโอดีนกับแป้งในรากหงส์เหินพันธุ์ “MJ16”หลังการให้ NAA และน้ำตาล หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน..... 54

ภาพที่ 13 การทำปฏิกิริยาไอโอดีนกับแป้งที่รากหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” ที่ปลูกในสภาพโรงเรือน.... 54

ภาพที่ 14 ขั้นตอนการเลี้ยงยอดหงส์เหินเพื่อชักนำหัวจิ๋วในอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติม NAA ..... ร่วมกับน้ำตาลเป็นระยะเวลา 49 วัน..... 55

ภาพที่ 15 กราฟแสดงวันออกดอกของหงส์เหิน “MJ16” หลังการปลูกในวัสดุปลูกต่างชนิดกัน..... 71

ภาพที่ 16 กราฟแสดงวันพักตัวของหงส์เหิน “MJ16” หลังการปลูกในวัสดุปลูกต่างชนิดกัน..... 74

ภาพที่ 17 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” หลังการปลูกในวัสดุปลูกต่างชนิดกันเป็นระยะเวลา 175 วัน..... 76

ภาพที่ 18 ลักษณะหัวพันธุ์ใหม่ของหงส์เหิน “MJ16” หลังการปลูกในวัสดุปลูกต่างชนิดกัน..... 77

ภาพที่ 19 ระยะการเจริญเติบโตของหงส์เหินที่ปลูกในวัสดุปลูกที่ไม่ใช้ดิน..... 78

ภาพที่ 20 กราฟแสดงวันออกดอกของหงส์เหิน “MJ16” หลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบ... แอโรโพนิกส์..... 90

ภาพที่ 21 กราฟแสดงวันพักตัวของหงส์เหิน “MJ16” หลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบ .... แอโรโพนิกส์..... 92

ภาพที่ 22 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” หลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบ ..... แอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 84 วัน..... 94

ภาพที่ 23 ลักษณะขนาดของหัวพันธุ์หงส์เหิน “MJ16” หลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบ ... แอโรโพนิกส์..... 95

ภาพที่ 24 ระยะการเจริญเติบโตของหงส์เหินที่ปลูกในระบบแอโรโพนิกส์..... 96

สารบัญภาพภาคผนวก

หน้า

ภาพภาคผนวกที่ 1 กราฟแสดงผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนหน่อหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน 107

ภาพภาคผนวกที่ 2 กราฟแสดงผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนใบต่อหน่อหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน 107

ภาพภาคผนวกที่ 3 กราฟแสดงผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อความสูงต้นหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน 108

ภาพภาคผนวกที่ 4 กราฟแสดงผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนรากหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน 108

ภาพภาคผนวกที่ 5 กราฟแสดงผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อความยาวรากหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน 109

ภาพภาคผนวกที่ 6 กราฟแสดงผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของรากหงส์เหินพันธุ์“MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน.....109

ภาพภาคผนวกที่ 7 กราฟแสดงผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนหน่อหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน 110

ภาพภาคผนวกที่ 8 กราฟแสดงผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนใบหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน 110

ภาพภาคผนวกที่ 9 กราฟแสดงผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อความสูงต้นหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน 111

ภาพภาคผนวกที่ 10 กราฟแสดงผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนรากหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน 111

ภาพภาคผนวกที่ 11 กราฟแสดงผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อความยาวรากหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน 112

ภาพภาคผนวกที่ 12 กราฟแสดงผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของรากหงส์เหินพันธุ์ “MJ16”หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน.....112

ภาพภาคผนวกที่ 13 กราฟแสดงผลของ NAA และน้ำตาลต่อจำนวนหน่อหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน 113

ภาพภาคผนวกที่ 14 กราฟแสดงผลของ NAA และน้ำตาลต่อจำนวนใบหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน 113

ภาพภาคผนวกที่ 15 กราฟแสดงผลของ NAA และน้ำตาลต่อความสูงต้นหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน 114

ภาพภาคผนวกที่ 16 กราฟแสดงผลของ NAA และน้ำตาลต่อจำนวนรากหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน 114

ภาพภาคผนวกที่ 17 กราฟแสดงผลของ NAA และน้ำตาลต่อความยาวรากหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน 115

ภาพภาคผนวกที่ 18 กราฟแสดงผลของ NAA และน้ำตาลต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของรากหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน 115

ภาพภาคผนวกที่ 19 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านจำนวนหน่อหลังปลูกในวัสดุปลูกต่างชนิดกันเป็นระยะเวลา 210 วัน 116

ภาพภาคผนวกที่ 20 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านจำนวนใบหลังปลูกในวัสดุปลูกต่างชนิดกันเป็นระยะเวลา 210 วัน 116

ภาพภาคผนวกที่ 21 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านความสูงต้นหลังปลูกในวัสดุปลูกต่างชนิดกันเป็นระยะเวลา 210 วัน 117

ภาพภาคผนวกที่ 22 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านจำนวนช่อดอกหลังการปลูกในวัสดุปลูกต่างชนิดกัน 117

ภาพภาคผนวกที่ 23 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านจำนวนหน่อหลังการปลูกในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 119 วัน 118

ภาพภาคผนวกที่ 24 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านจำนวนใบหลังการปลูกในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 119 วัน.....118

ภาพภาคผนวกที่ 25 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านความสูงต้นหลังการปลูกในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 119 วัน.....119

ภาพภาคผนวกที่ 26 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านจำนวนช่อดอกหลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 119 วัน.. 119

บทที่ 1
บทนำ

หงส์เหินเป็นพืชสกุล Globba ซึ่งจัดเป็นพืชวงศ์ขิง (Zingiberaceae) มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย พบในไทย พม่า ลาว กัมพูชา อินเดีย บังคลาเทศ และเวียดนาม เป็นต้น (Seliger and Mc, 1995) หงส์เหินถูกนำมาพัฒนาเป็นไม้ดอกไม้ประดับที่สำคัญของไทย เป็นไม้ดอกที่นิยมใช้สำหรับประเพณีตักบาตรดอกไม้ในวันเข้าพรรษา ปัจจุบันมีการส่งออกหัวพันธุ์หงส์เหินไปยังประเทศญี่ปุ่นและประเทศเนเธอร์แลนด์ เนื่องจากลักษณะดอกมีรูปร่างและสีสันสวยงาม เป็นที่สนใจของชาวต่างชาติ (กรมวิชาการเกษตร, 2554)

ปัจจุบันโรคที่พบในดินเป็นปัญหาที่สำคัญในพืชวงศ์ขิง ได้แก่ โรคเหี่ยว (Bacterial wilt) ในการปลูกหงส์เหินเพื่อตัดดอกและผลิตหัวพันธุ์นั้นเกษตรกรยังมีปัญหาเรื่องการจัดการด้านโรคที่ติดไปกับหัวพันธุ์ และเป็นปัญหาต่อเนื่องในการระบาดของโรคซึ่งโรคที่เป็นปัญหาหลักได้แก่ โรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* โดยต้องย้ายพื้นที่ปลูกพืชใหม่ เนื่องจากถ้าปลูกในพื้นที่ซ้ำจะทำให้เกิดปัญหาการสะสมของโรคในดิน นอกจากนี้ในกรณีที่ใช้หัวพันธุ์ที่ติดเชื้อไปปลูกพื้นที่ใหม่จะยิ่งทำให้เกิดการระบาดของเชื้อไปสู่พื้นที่อื่น และเป็นปัญหาสำคัญในการปลูกและการส่งออก ซึ่งในกรณีการส่งออกหัวพันธุ์ต้องผ่านการตรวจทั้งพื้นที่ปลูกและหัวพันธุ์ว่าปลอดโรคก่อนการจัดส่ง จากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต้นแม่พันธุ์เพื่อทำการผลิตหัวพันธุ์ปลอดเชื้อ รวมทั้งการนำมาปลูกเพื่อผลิตหัวพันธุ์ปลอดโรคในระบบโรงเรือนโดยใช้วัสดุปลูกแบบไม่ใช้ดิน และการนำเทคโนโลยีการปลูกพืชในระบบแอโรโพนิกส์มาใช้เป็นแนวทางการจัดการด้านการผลิตหัวพันธุ์ที่ดีและมีคุณภาพ ดังนั้นการผลิตต้นพันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อและการปลูกโดยไม่ใช้ดินจึงเป็นแนวทางการผลิตหัวพันธุ์คุณภาพดีให้กับเกษตรกรเพื่อขยายพื้นที่ปลูกและสามารถลดการระบาดของโรคที่เกิดกับหัวพันธุ์ส่งผลต่อคุณภาพของดอกที่ดีต่อไป อีกทั้งยังสามารถนำระบบดังกล่าวมาพัฒนาเพื่อการผลิตหัวพันธุ์ปลอดโรคเพื่อการส่งออกได้ในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแนวทางการผลิตหัวพันธุ์หงส์เหินปลอดโรคในสภาพห้องปฏิบัติการ
2. เพื่อพัฒนาแนวทางการผลิตหัวพันธุ์หงส์เหินปลอดโรคในสภาพโรงเรือนภายใต้ระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตหัวพันธุ์หงส์เหินในสภาพปลอดเชื้อ
2. ศึกษาผลการปลูกพืชในวัสดุปลูกแบบไม่ใช้ดินและระบบแอโรโพนิกส์ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพการผลิตหัวพันธุ์หงส์เหินในสภาพโรงเรือน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตและการเกิดหัวของหงส์เหินภายใต้สภาพปลอดเชื้อ
2. เข้าใจอิทธิพลของวัสดุปลูกที่ไม่ใช่ดินต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพหัวพันธุ์หงส์เหินภายใต้สภาพโรงเรือน
3. เข้าใจผลของระบบแอโรโพนิกส์ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพหัวพันธุ์หงส์เหิน

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

ความสำคัญและประวัติความเป็นมาของหงส์เหิน

หงส์เหินหรือ “ดอกเข้าพรรษา” เป็นพืชอยู่ในวงศ์ Zingiberaceae มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย สามารถกระจายพันธุ์ได้ดีบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และพบได้มากกว่า 100 ชนิด ส่วนประเทศไทยสามารถพบได้มากกว่า 40 ชนิด นอกจากนี้ยังพบใน พม่า ลาว กัมพูชา อินเดีย บังคลาเทศ และเวียดนาม สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหงส์เหินที่ดีคือลักษณะเป็นป่าเขตร้อนชื้น ต้นโตได้ดีภายใต้ร่มเงาไม้ใหญ่ (Seliger *et al*.,1995) ส่วนมากพบขึ้นอยู่ตามชายป่าประเทศไทย หงส์เหินมีหลากหลายชนิดและมีชื่อเรียกแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ เช่น *Globba winitii* C.H. Wright หรือกล้วยจะก่าหลวง (ลำพูน) *Globba reflexa* กล้วยเครือคำ (เชียงใหม่) หรือก้ามปู (พิษณุโลก) *Globba schomburgkii* กระทือลิง หรือ ขมิ้นผี (สระบุรี) และ *Globba pendula* หรือปุดนกยูง (ภาคใต้) เป็นต้น ส่วนใหญ่ลักษณะดอกจะมีขนาดเล็ก คล้ายนกหรือหงส์ที่กำลังเต้นรำ จึงมีชื่อเรียกอย่างเป็นทางการว่า “หงส์เหิน” (Kress, 2002; Williams, 2004)

หงส์เหินเป็นไม้ดอกที่สำคัญของไทย นิยมใช้สำหรับประเพณีตักบาตรดอกไม้ในวันเข้าพรรษา โดยเฉพาะที่อำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี ปัจจุบันมีการคัดเลือกและพัฒนาสายพันธุ์เพื่อการค้าภายในประเทศและต่างประเทศ เช่น *Globba williamsiana* พันธุ์สีชมพูอมม่วง “Giant violet dancing girl” และพันธุ์สีขาว “White dragon” เป็นต้น นอกจากการนำมาใช้เป็นไม้ดอกไม้ประดับแล้วหงส์เหินยังถูกนำมาใช้เป็นยาสมุนไพรพื้นบ้าน เช่น ใช้เหง้าของหงส์เหินชนิด *Globba clarkei* ใช้รักษาอาการไอ และเหง้าของ *Globba multiflora* ทาแผลเพื่อบรรเทาอาการปวดและลดไข้ เป็นต้น (Chaiyasut and Chansakaow, 2007; Manokam and Nuntawong, 2014; Tushar *et al.*, 2014) ปัจจุบันหงส์เหินเป็นไม้ดอกไม้ประดับที่ถูกคัดเลือกและพัฒนาพันธุ์เพื่อการส่งออกหัวพันธุ์ไปยังต่างประเทศ เช่น ประเทศญี่ปุ่นและเนเธอร์แลนด์ เนื่องจากลักษณะดอกและมีสีสันสวยงาม ทำให้ชาวต่างชาติเกิดความสนใจพืชชนิดนี้เพื่อการนำไปปลูกเป็นไม้ดอกไม้ประดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2554)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของหงส์เหิน

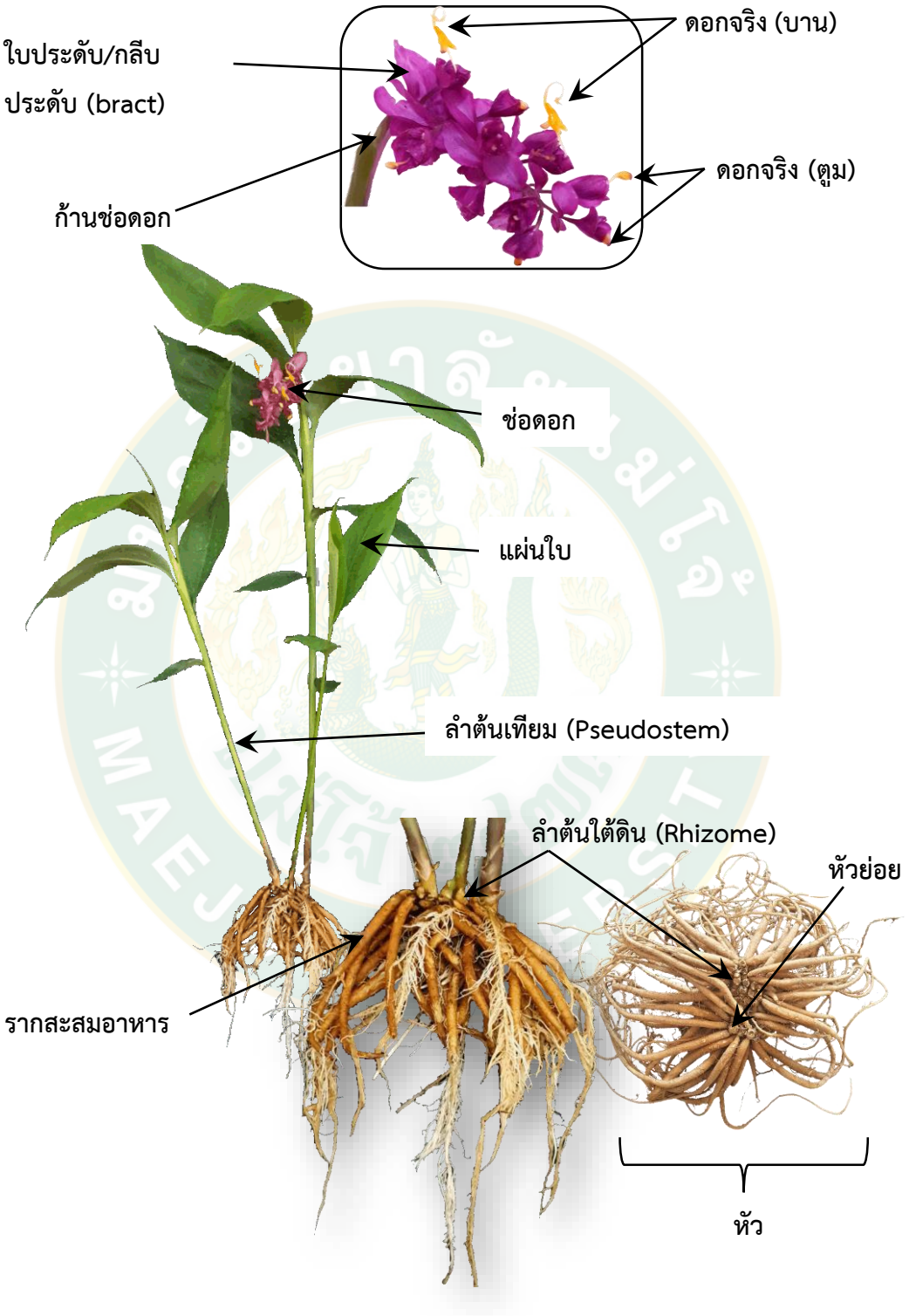
หงส์เหินเป็นพืชสกุล Globba อยู่ในวงศ์ขิง (Zingiberaceae) พบมากในเขตร้อนชื้น มีประมาณ 100 ชนิดทั่วโลก และในประเทศไทยมีประมาณ 40 ชนิด ซึ่งมีลักษณะต่าง ๆ ดังภาพที่ 1 และมีรายละเอียดทางพฤกษศาสตร์ ดังนี้

ลำต้น พืชสกุลนี้มีลำต้นใต้ดิน เรียกว่า “เหง้า” (Rhizomes) และมีรากสะสมอาหารติดอยู่กับส่วนลำต้นใต้ดิน โดยทั่วไปเกษตรกรจะเรียกส่วนลำต้นใต้ดินและรากสะสมอาหารว่า “หัว” เป็นส่วนที่เกษตรกรนิยมนำมาใช้สำหรับขยายพันธุ์ปลูก ลักษณะหัวหงส์เหินคล้ายเหง้าหรือหัวกระชาย ตาข้างของเหง้าจะเจริญเติบโตเป็นลำต้นเทียม (Pseudostem) ซึ่งลำต้นเทียมนี้เกิดจากการรวมตัวกันของกาบใบหุ้มโอบกันเป็นลักษณะลำต้นเหนือดินและมีส่วนแผ่นใบเรียงติดกับลำต้นเทียม การเกิดของลำต้นจะเกิดห่างกันเล็กน้อยและจะทยอยแตกไปเรื่อย ๆ จนรวมกันเป็นกอ (นิตยา, 2544; ปิยเกษตร และคณะ, 2555)

ใบ เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว แผ่นใบเป็นรูปรี ปลายใบแหลม มีการเรียงตัวแบบเวียน (spiral phyllotaxis) ประกอบด้วยกาบใบที่ห่อหุ้มส่วนปล้องแผ่นใบมีสีเขียวและขอบใบเรียบ (นิตยา, 2554)

ดอก เป็นช่อดอกแบบกระจะ แยกแขนง (raceme panicle) เกิดขึ้นบริเวณปลายยอด ก้านชูดอกมีสีเขียว ปลายช่อดอกโค้งงอลงพื้นดิน ประกอบด้วยใบประดับ (bract) มีสีสันสวยงาม เช่น สีม่วง แดง ชมพู ขาว เขียวและเหลือง เป็นต้น ใบประดับเรียงตัวแบบเวียน ดอกย่อยหรือดอกจริงเจริญออกมาบริเวณซอกใบประดับ เป็นดอกสมบูรณ์แบบไม่สมมาตร ก้านดอกสั้น กลีบเลี้ยงเชื่อมกันเป็นหลอดรูปร่างคล้ายรูปถ้วย ปลายถ้วยแยกเป็น 3 แฉก กลีบดอก เชื่อมเป็นหลอด ยาวกว่ากลีบเลี้ยง กลีบดอกแผ่กระจายหรือโค้งงอ กลีบดอกและกลีบเลี้ยงมีสีเหลืองอมส้ม ส่วนของเกสรเพศผู้ประกอบด้วยก้านเกสรเพศผู้เรียวยาว โค้งงอ ขอบของก้านเกสรโอบหุ้มหลอดเกสรเพศเมีย อับละอองเรณูมีลักษณะเรียวแหลม ไม่มีรยางค์ ส่วนของเกสรเพศเมียมีรังไข่ช่องเดียว ออวุลมีจำนวนมาก ก้านชูเกสรเพศเมียมีลักษณะคล้ายเส้นด้าย ยอดเกสรเพศเมียเป็นรูปกรวย (ปิยเกษตร และคณะ, 2555; พัชรียา และคณะ, 2552)

เมล็ด หงส์เหินสามารถติดเมล็ดได้หลังการผสมเกสร ส่วนของรังไข่จะพัฒนาไปเป็นฝักหรือผล สีเหลืองอ่อนลักษณะค่อนข้างกลม ขนาดฝักยาว 0.6 เซนติเมตร เมื่อฝักแก่จะแตกทำให้เมล็ดที่อยู่ภายในฝักร่วงหล่นลงดินได้ง่าย ลักษณะเมล็ดค่อนข้างกลมเมื่อแก่มีสีน้ำตาล ขนาดเมล็ด 0.1-0.2 เซนติเมตร ที่โคนเมล็ดมีรกสีขาวติดอยู่ (นิตยา, 2544)



ภาพที่ 1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของหงส์เหิน

วงจรชีวิตของหงส์เหิน

หงส์เหินเป็นพืชล้มลุกอายุหลายปี (herbaceous perennials) มีการเจริญเติบโตเหมือนไม้ประเภทหัวในตระกูลขิงอื่น ๆ เช่น ปทุมมา และ กระชาย เป็นต้น โดยในวงจรชีวิตการเจริญเติบโตถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงการเติบโต (growth) และช่วงการพักตัว (dormancy) วงจรชีวิตของหงส์เหินใช้เวลาประมาณ 1 ปี เริ่มต้นในฤดูฝน (พฤษภาคม ถึง สิงหาคม) จะมีการเจริญเติบโตของส่วนเหนือดิน คือ การเจริญเติบโตของลำต้น ใบ และดอกควบคู่กับการสร้างหัวใหม่ หงส์เหินจะเริ่มออกดอกช่วงประมาณเดือนกรกฎาคม ถึง กันยายน หลังจากนั้นส่วนต้นที่อยู่เหนือดินจะเกิดการพักตัว ซึ่งระยะเวลาที่เกิดการพักตัวเป็นช่วงฤดูหนาวและเป็นช่วงกลางวันสั้นตามสภาพธรรมชาติ (ตุลาคม ถึง มกราคม) เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนหัวที่พ้นระยะพักตัวแล้วจะเริ่มมีการเจริญเติบโตใหม่ต่อไป (ฉันทนา, 2536; ปิยเกษตร และคณะ, 2555)

ฤดูการปลูกหงส์เหิน

หงส์เหินมีเทคนิคและหลักการปลูกเช่นเดียวกับปทุมมา ซึ่งสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่

การปลูกก่อนฤดู เริ่มปลูกประมาณเดือนมีนาคม (ก่อนปลูกจะแช่หัวในน้ำเพื่อกระตุ้นการแตกหน่อ) พืชจะเริ่มออกดอกเดือนพฤษภาคม และมีการเก็บเกี่ยวหัวพันธุ์ในฤดูหนาวของประเทศไทยคือเดือนธันวาคม

การปลูกฤดูปกติ เริ่มปลูกประมาณเดือนเมษายนหรือพฤษภาคม พืชจะเริ่มออกดอกเดือนกรกฎาคมและมีการเก็บเกี่ยวหัวในเดือนธันวาคม หรือมกราคม

การปลูกนอกฤดู เริ่มปลูกประมาณเดือนกรกฎาคม หรือสิงหาคม โดยหัวพันธุ์ที่จะนำมาปลูกต้องเก็บที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65-70 เปอร์เซ็นต์ เพื่อชะลอการแตกหน่อ เมื่อนำมาปลูกแล้วจะออกดอกเดือนธันวาคม หรือมกราคม ในการปลูกนอกฤดูนี้จะต้องให้ไฟคั่นช่วงกลางคืน เวลา 24.00-03.00 น. ทุกวัน ในช่วงตั้งแต่ปลายเดือนสิงหาคมเป็นต้นไป เพื่อกระตุ้นให้ต้นมีการเจริญและไม่เกิดการพักตัวในช่วงฤดูหนาวซึ่งเป็นช่วงแสงสั้น และการเก็บเกี่ยวหัวพันธุ์จะทำในช่วงเดือนมีนาคม

การขยายพันธุ์หงส์เหิน

การเพาะเมล็ด ดอกหงส์เหินสามารถติดเมล็ดได้ แต่ไม่เป็นที่นิยมนำมาขยายพันธุ์เพื่อปลูกสำหรับการตัดดอกจำหน่าย เนื่องจากใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 2 ปีจึงจะออกดอกได้ ส่วนใหญ่นิยมเพาะเมล็ดเพื่อให้ได้พันธุ์ใหม่ ๆ เท่านั้น (สุรเดช, 2562)

การแยกเหง้า เป็นวิธีที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติเพื่อการปลูกเป็นไม้ตัดดอก ไม้ถุง หรือไม้กระถาง เนื่องจากออกดอกเร็วคือใช้เวลาประมาณ 2 เดือนหลังปลูก การแยกเหง้าทำได้โดยเก็บหัวพันธุ์จากต้นที่พักตัวในช่วงเดือนธันวาคม-มกราคมแล้วนำมาล้างทำความสะอาดและทำการแยกส่วนเหง้าออกเป็นหัวๆ โดยให้มีรากสะสมอาหารติดไปด้วย หลังการแยกหัวพันธุ์เกษตรกรจะจุ่มหัวพันธุ์ในสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชแล้วนำไปผึ่งให้แห้ง จากนั้นเก็บไว้ในที่ร่มเพื่อรอการนำไปปลูกต่อไป (อรวรรณและสุนทรี, 2549)

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (plant tissue culture) เป็นการเพาะเลี้ยงเซลล์พืช เนื้อเยื่อพืช หรือชิ้นส่วนพืช ภายใต้สภาพปลอดเชื้อหรือเรียกว่า การเพาะเลี้ยงในหลอดทดลอง (*in vitro* culture) (สิริภัทร์, 2560) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการขยายพันธุ์พืชในสภาพปลอดเชื้อ เป็นการขยายพันธุ์ โดยการนำชิ้นส่วนต่าง ๆ ของพืชมาปลูกเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์สูตรต่าง ๆ ที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาและการเจริญของพืชโดยให้อยู่ในสภาพปลอดเชื้อเพื่อให้ได้ต้นใหม่จำนวนมากขึ้นในระยะเวลาที่เร็ว และได้ลักษณะเหมือนต้นแม่ทุกประการในกรณีที่ใช้ชิ้นเนื้อเยื่อของชิ้นส่วนต้นแม่นั้น ๆ (นันทิยา, 2553) ในปัจจุบันเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมีบทบาทอย่างมากทั้งในด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และด้านการแพทย์ ซึ่งประโยชน์ของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมีหลายประการ เช่น การผลิตเพื่อเพิ่มปริมาณต้นในระยะเวลาอันรวดเร็ว โดยอาศัยอาหารสูตรต่าง ๆ และสารควบคุมการเจริญเติบโต ในการกระตุ้นให้สามารถเพิ่มปริมาณได้รวดเร็วตามที่ต้องการ การผลิตพืชปลอดโรคเพื่อลดการปนเปื้อนเชื้อรา แบคทีเรียหรือไวรัสติดไปกับต้นพันธุ์ หรือหัวพันธุ์ ดังนั้นการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสามารถทำการขยายพันธุ์ให้ได้ต้นพืชที่ปลอดโรคได้ดี

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (Plant growth regulator)

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เป็นสารที่พืชสร้างขึ้นเองที่เรียกว่า ฮอร์โมนพืช หรือเป็นสารที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นเพื่อเลียนแบบฮอร์โมนพืช สามารถแบ่งเป็น 8 กลุ่ม ได้แก่ ออกซิน (Auxin) จิบเบอเรลลิน (Gibberellins) ไซโตไคนิน (Cytokynins) กรดแอบไซซิค (Abscisic acid) เอทิลีน (Ethylene) บราสซิโนสเตอรอยด์ (Brassinosteroids) ซาลิไซเลต (Salicylates) และจัสโมเนท (Jasmonates) (นพดล, 2555) ซึ่งสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชบางกลุ่มนิยมใช้ร่วมกับการผลิตพืชโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ได้แก่

ออกซิน (Auxin) เป็นกลุ่มของสารประกอบที่มีการค้นพบในพืช คือ IAA หรือ indole-3-acetic acid (Salisbury and Ross, 1991) IBA (Indole-3-butyric acid), PAA (2-Phenylactic acid) สารออกซินเหล่านี้จะถูกสังเคราะห์ขึ้นจากกรดอะมิโน tryptophan ในเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของพืชที่กำลังเจริญเติบโต เช่น เนื้อเยื่อจากกิ่งก้าน ใบอ่อนที่กำลังขยายขนาด เมล็ดที่กำลังพัฒนาในผล และในละอองเรณู เป็นต้น ส่วนออกซินที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นได้แก่ NAA (1-Naphthylacetic acid)

2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) Dicamba (3,6-dichloro-2-methoxybenzoic acid) Picoram (4-Amino-3,5,6-trichloro-2-pyridinecarboxylic acid) เป็นต้น การออกฤทธิ์ของสารกลุ่มนี้ออกซินเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางสรีรวิทยาในพืชมากมาย ได้แก่ การยืดยาวของเซลล์ การโค้งงอเข้าหาแสง (phototropism) การเจริญไปตามแรงโน้มถ่วงของโลก (geotropism) การข่มตาข้าง (apical dominance) การกระตุ้นให้เกิดราก การสร้างเอทิลีน เป็นต้น (นพดล, 2555)

สารกลุ่มออกซินช่วยในการกระตุ้นการเจริญต่าง ๆ ในพืชวงศ์ขิงได้แตกต่างกันไปตามความเข้มข้นของสารและชนิดพืชดังเช่น การให้ออกซินช่วยในการกระตุ้นการเจริญทางต้น รากและการเกิดหัวได้ดังมีงานวิจัยการใช้ NAA กับต้นกระทือกัมพูชาในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า ความเข้มข้น 0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดหัวจิ๋วได้ดี (Islam *et al*., 2004) และ Sunitibala *et al.* (2001) รายงานว่าการใช้ NAA ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความเหมาะสมในการชักนำการเกิดหัวได้ดีในขมิ้น Peak and Murthy (2002) รายงานว่า NAA มีผลอย่างมากต่อกระบวนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่จะชักนำให้เกิดหัวได้ใน *Fritillaria thunbergii* ในขณะที่ Jala (2012) ศึกษาในขมิ้นเช่นกันแต่พบว่า การใช้ NAA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้มีจำนวนหน่อใหม่ จำนวนใบ จำนวนราก และความสูงต้นมากที่สุด ส่วนกรณ์ และคณะ (2560) รายงานว่าการใช้ NAA ความเข้มข้น 1-3 มิลลิกรัมต่อลิตรส่งผลต่อการเกิดราก และจำนวนรากมากที่สุด แต่ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของ NAA สูงถึง 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้เกิดรากฝอยน้อยและรากมีลักษณะอวบใหญ่และสั้น ทั้งนี้เป็นเพราะออกซินความเข้มข้นสูงมาก ๆ จะยับยั้งการสร้างรากแขนง (Bausher and Yolenosky, 1987) ส่วนรากที่อ้วนและสั้นเกิดจากอิทธิพลของออกซินทำให้มีการขยายขนาดของรากและออกซินความเข้มข้นที่สูงมาก ๆ จะกระตุ้นการสร้างเอทธิลีน (ethylene) ไปยับยั้งการยืดยาวของรากรวมทั้งมีผลต่อการเจริญเติบโตทางใบและลำต้นที่ลดลง (Taiz and Zeiger, 2002)

ไซโตไคนิน (Cytokinins) เป็นสารควบคุมการเจริญที่มีบทบาทในการควบคุมการแบ่ง การขยายตัวและการเปลี่ยนแปลงของเซลล์พืช รวมทั้งการกระตุ้นการแตกตาข้าง หรือการเกิดหน่อ โดยธรรมชาติสารไซโตไคนินจะพบได้ในพืชชั้นสูงเกือบทุกชนิด บริเวณที่เป็นเนื้อเยื่อเจริญ (meristematic tissue) และบริเวณที่มีศักยภาพในการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง เช่น ราก ใบอ่อน ผลที่กำลังเจริญ และเมล็ด ในปัจจุบันพบไซโคนินมากกว่า 200 ชนิด ตัวอย่างที่พบในพืช เช่น Zeatin, dihydrozeatin และ isopentenyl (IPA) และที่สังเคราะห์ขึ้น เช่น ไคเนติน (kinetin) และ benzyladenine (BA) (นพดล, 2555)

ในปัจจุบันมีการนำสารไซโตไคนินมาใช้กันอย่างกว้างขวางมากขึ้นในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช รวมทั้งในพืชวงศ์ขิง เช่น การศึกษาผลของ N^6-Benzyladenine (BA) และไคเนตินต่อการเติบโตของว่านนางคำ (*Curcuma aromatic* Salisb.) ที่เลี้ยงบนอาหารสูตร MS ซึ่งผลพบว่าการเติม BA ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้มีจำนวนหน่อที่เกิดใหม่มากที่สุด รวมทั้งความยาวยอดมาก

ที่สุด (Nayak, 2000) ขณะที่ใน *Zingiber officinale* มีการตอบสนองต่อ BA ที่ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตรได้ดีที่สุด (Balachandran *et al*., 1990, and Sharma and Singh, 1995) ส่วน Jala (2012) รายงานว่าการใช้ BA ความเข้มข้น 2-3 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้ขมิ้นที่เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อมีหน่อใหม่ จำนวนใบ จำนวนราก และความสูงของต้นมากกว่าความเข้มข้นอื่น ๆ นอกจากนี้พืชสกุลหงส์เหิน เช่น กระทือกัมพูชา ก็มีการตอบสนองต่อ BA ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อลิตรได้ดี โดย สามารถกระตุ้นให้เกิดหน่อใหม่มากที่สุด แต่ในขณะที่ BA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ชักนำให้มีจำนวนรากมากที่สุด (หนูเดือน และคณะ 2562) นอกจากนี้ Sharma and Singh (1995) รายงานเพิ่มว่า BA ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มจำนวนหัวจิ๋วได้ในว่านนางคำ (*Curcuma aromatic* Salisb) และ BA ความเข้มข้น 8 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมการเพิ่มจำนวนหัวจิ๋วในข่าได้ อย่างไรก็ตาม Shirgurkar *et al*. (2001) รายงานว่าการใช้ BA ความเข้มข้นสูงถึง 15.71 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีผลยับยั้งการผลิตหัวจิ๋วของขมิ้น (*Curcuma longa* L.) ที่เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ

บทบาทของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชมีความสำคัญอย่างมากกับการศึกษาการเจริญของพืชในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในสภาพปลอดเชื้อ ซึ่งการให้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ผสมร่วมในอาหารเพาะเลี้ยงจะต้องพิจารณาชนิดและปริมาณสารที่ใส่รวมทั้งความเหมาะสมกับชนิดพืช ชนิดชิ้นส่วนพืช หรือความต้องการที่จะให้ชิ้นส่วนพืชที่เลี้ยงมีการพัฒนาไปเป็นอะไร เช่น พัฒนาเป็นยอด ราก หรือเหง้า ดังนั้นจึงได้มีการค้นคว้าดำเนินการวิจัยต่าง ๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามเป้าประสงค์ นอกจากนี้อาจต้องพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น น้ำตาล และช่วงแสง ขึ้นกับการตอบสนองของพืชต่อปัจจัยต่าง ๆ ที่ให้ (Lim *et al*., 1998; Zel *et al*., 1997; จันทนา, 2554) ดังงานวิจัยที่ได้รายงานต่อไปนี้

ในการเลี้ยงต้นหน่อกะลาบนอาหารสูตร MS ที่เติมน้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร ทำให้เกิดยอดใหม่ได้น้อยกว่าความเข้มข้น 60 กรัมต่อลิตร แต่การเพิ่มน้ำตาลเป็น 90 กรัมต่อลิตร สามารถทำให้เกิดยอดใหม่และจำนวนรากได้มากกว่าความเข้มข้นอื่น ๆ (จันทนา, 2554) ส่วนการเพาะเลี้ยงต้นอ่อนขิงในอาหารสูตร MS เติมน้ำตาล 80-110 กรัมต่อลิตร มีความเหมาะสมในการเจริญที่ดีของต้น แต่ถ้าใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นจะทำให้การเจริญเติบโตด้านความสูงลดลง และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลมากกว่า 110 กรัมต่อลิตรขึ้นไปต้นอ่อนขิงจะเสียหายและตายได้ (Zheng *et al*., 2008)

ส่วนการชักนำให้เกิดเหง้าหรือหัวจิ๋วในวงศ์ขิงมีรายงานการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช น้ำตาล และแสง ดังงานวิจัยของ Islam (2004) นำหน่อขมิ้นมาเลี้ยงในอาหารจนเกิดยอด แล้วตัดส่วนยอดมาเลี้ยงบนอาหารเพื่อกระตุ้นให้เกิดเป็นเหง้า พบว่า การนำส่วนยอดมาเลี้ยงบนอาหารที่เติม

น้ำตาลความเข้มข้น 90 กรัมต่อลิตร และการเติมฮอร์โมน BA ความเข้มข้น 2.7 มิลลิกรัมต่อลิตร และเติม NAA ความเข้มข้น 0.18 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เกิดเหง้าได้ดีที่สุด เมื่อนำต้นอ่อนมาปลูกลงดินจะเจริญเป็นยอดอย่างรวดเร็วและเหง้าที่ได้จะมีขนาดใหญ่กว่าขมิ้นที่ปลูกในสภาพปกติ นอกจากนี้ Nayak (2000) ได้ศึกษาผลของการใช้ฮอร์โมน cytokinins น้ำตาล และช่วงเวลาได้รับแสงระหว่างเพาะเลี้ยงขมิ้นชัน (*Curcuma aromatic*) ในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า การเกิดเหง้าดีที่สุดเมื่อเลี้ยงในอาหารที่มีฮอร์โมน BA ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตาล 60 กรัมต่อลิตร ภายใต้สภาวะที่ให้แสง 8 ชั่วโมงต่อวัน อย่างไรก็ตาม อนุพันธ์ และวีระชน (2005) พบว่า การให้น้ำตาล 90 กรัมต่อลิตร ภายใต้แสง 8 ชั่วโมงต่อวันชักนำให้เกิดเหง้าจิ๋วในหลอดทดลองได้สูงสุด 85 เปอร์เซ็นต์ ในการเพาะเลี้ยงต้นอ่อนขิงสายพันธุ์ Tambunan ที่มีน้ำตาลความเข้มข้น 60 กรัมต่อลิตรร่วมกับ BAP ความเข้มข้น 6 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถกระตุ้นให้จำนวนหัวจิ๋ว น้ำหนักหัว จำนวนราก จำนวนหน่อใหม่ เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน (David *et al*., 2018) ขณะที่ขิงบางสายพันธุ์ เช่น *Curcuma amada* Roxb. ตอบสนองต่อน้ำตาลความเข้มข้น 80-90 กรัมต่อลิตร ทำให้มีการเติบโตได้ดี และมีปริมาณหัวจิ๋วหรือเหง้ามากที่สุด (Nayak, 2002) และในขิงพันธุ์ *Zingiber officinale* Roscoe ตอบสนองต่อน้ำตาลความเข้มข้น 90 กรัมต่อลิตร เช่นกัน (Eufrocinio *et al*., 2018) ในงานวิจัยของ Abbas *et al*. (2011) พบว่า การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชวงศ์ขิงในอาหารสูตร MS ที่เติม BAP ความเข้มข้น 9 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำตาล 60-90 กรัมต่อลิตร เลี้ยงภายใต้แสง 16 ชั่วโมงต่อวันเป็นเวลา 10 สัปดาห์มีผลทำให้เกิดไมโครไรโซมมากที่สุด ซึ่งน้ำตาลเป็นปัจจัยขององค์ประกอบอาหารที่สำคัญที่ได้จากการสังเคราะห์แสงในกระบวนเมทาบอลึซึมภายในพืชโดยเฉพาะเนื้อเยื่อในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในพืชหลายชนิด (zel *et al*., 1997; Lim *et al*., 1998 และ Bach *et al*., 1992)

โรคที่สำคัญของหงส์เหินและการป้องกันกำจัด

โรคเหี่ยว (Bacterial wilt) เป็นโรคที่ร้ายแรงของพืชสกุลนี้ เกิดจากเชื้อ *Ralstonia solanacearum* ซึ่งเชื้อจะเจริญเติบโตได้ในดินที่มีสภาพเป็นด่าง โรคนี้เป็นปัญหาสำคัญในการป้องกันกำจัด เนื่องจากเชื้อสามารถพัฒนาสายพันธุ์ให้ต้านทานกับสารเคมีได้เร็ว พบในพืชเศรษฐกิจและพืชอาศัยหลายชนิดในเขตร้อน กึ่งร้อน และเขตอบอุ่น เช่น พริก มะเขือ ยาสูบ พริกไทย มะกอก งา ปทุมมา เป็นต้น อาการของโรค ระยะแรกหลังการติดเชื้อ ใบแก่ที่อยู่ด้านล่างจะเหี่ยวม้วนเป็นหลอดและเหลือง อาการค่อยๆ ลุกลามจากส่วนล่างขึ้นไปส่วนปลายยอด บริเวณโคนต้นและหน่อที่แตกใหม่มีลักษณะช้ำ ฉ่ำและเน่าเปื่อยหักหลุดออกจากหัวโดยง่าย อาการดังกล่าวเกิดได้ในบริเวณที่มีอากาศร้อนและชื้น (อรวรรณ และสุนทรีย์, 2563)

การป้องกันโรคเหี่ยว ก่อนปลูกในฤดูกาลถัดไปควรกำจัดวัชพืชในแปลงปลูกก่อนเป็นเวลา 3 เดือน สำหรับแปลงที่พบโรคควรไถดินตากแดดอย่างน้อย 2 ครั้ง ใช้หัวพันธุ์ปลูกที่ปลอดโรคและควร

เก็บตัวอย่างดินไปตรวจวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ซึ่งค่า pH ที่เหมาะสมในการปลูกหงส์เหินอยู่ที่ 6.0-6.5 ควรหลีกเลี่ยงการให้น้ำโดยวิธีการให้แบบร่องเพราะอาจทำให้เชื้อแพร่ระบาดไปตามน้ำได้อย่างรวดเร็วในกรณีแปลงที่มีโรคสะสมอยู่ นอกจากนี้ควรเก็บเกี่ยวหัวพันธุ์ด้วยความระมัดระวัง ป้องกันการเกิดบาดแผลภายหลังการเก็บเกี่ยว ล้างหัวด้วยน้ำสะอาดแล้วควรแช่ด้วยคลอร็อกซ์ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3-5 นาที ผึ่งให้แห้งในที่ร่มและอากาศถ่ายเทสะดวกหรือเก็บในห้องเย็น ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส (สุรชาติ, 2541)

โรครากเน่า (Root rot disease) โรคนี้จะทำให้หัวเน่า ใบประดับเป็นจุดเน่า เชื้อสาเหตุมี 2 ชนิด คือ เชื้อรา *Rhizoctonia* spp. เจริญได้ดีในสภาพดินเป็นด่าง ป้องกันโดยการฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา เช่น เทอร์ราคลอร์ ซุปเปอร์-เอ็กซ์ (ควินโทซีน+อีทริไดอะโซล (quintozene+Etridiazole (24%+6% w/v EC) อัตรา 40-60 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร และเชื้อสาเหตุโรครากเน่าอีกชนิดหนึ่งคือ เชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas* sp. เจริญได้ดีในสภาพเป็นกรดซึ่งส่วนมากเป็นดินที่ผ่านการใช้สารเคมีอย่างต่อเนื่อง ป้องกันได้โดยทำให้ดินเป็นด่าง (pH มากกว่า 7) ด้วยการใช้ปูนขาวในปริมาณมาก ๆ (อรวรรณ และสุนทรีย์, 2563)

โรคแอนแทรคโนส เกิดจากเชื้อรา *Collectotrichum* spp. สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อ คือ มีความชื้นสูง มีหมอกและน้ำค้างมาก อากาศถ่ายเทไม่สะดวก สภาพดังกล่าวจะง่ายต่อการระบาดของโรค ลักษณะอาการที่พบคือ ใบและกลีบประดับเป็นปื้น หรือมีขีดสั้นๆ สีน้ำตาลหรือสีดำขอบแผลมีรอยช้ำคล้ายน้ำร้อนลวก แผลบุ๋มยุบตัวลงกว่าระดับผิวปกติ การป้องกันกำจัดควรตัดแต่งให้โปร่ง เพื่อที่อากาศจะได้ถ่ายเทได้สะดวก ฉีดพ่นสารเคมี Carbendazem หรือ Benoamyl สัปดาห์ละครั้ง (อรวรรณ และสุนทรีย์, 2563)

การเก็บเกี่ยวและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวหัวพันธุ์

การเก็บหัวพันธุ์หงส์เหินมีเทคนิคและหลักการเช่นเดียวกับปทุมมากล่าวคือ การเก็บหัวพันธุ์ควรขุดด้วยความระมัดระวังและการล้างหัวพันธุ์ควรใช้น้ำสะอาดฉีดพ่นด้วยแรงดันน้ำที่สูงเพื่อชะล้างเศษดิน แมลง ออกได้ดีและช่วยป้องกันการเกิดบาดแผลที่หัวพันธุ์ หลังฉีดน้ำล้างหัวพันธุ์ให้สะอาดแล้วให้ผึ่งหัวให้เสร็จในแต่ละวัน ไม่ควรขุดหัวพันธุ์กองทิ้งไว้ข้ามคืนเพราะอาจจะทำให้เกิดโรคเน่าระบาดได้ นอกจากนี้การจัดการหัวพันธุ์เพื่อส่งออกหลังทำการเก็บเกี่ยวต้องไม่วางหัวพันธุ์สัมผัสพื้นดิน ควรใช้กรรไกรที่เช็ดด้วยแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ สำหรับตัดแต่งราก แช่หัวพันธุ์ด้วยสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ผึ่งหัวในที่ร่มและสะอาดนาน 14 วัน ควรเก็บหัวพันธุ์ในที่ร่มอากาศถ่ายเทสะดวก (สำอางค์, 2542)

ระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน

การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน (Soilless culture) หมายถึง วิธีการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืชหรือวัสดุอื่น ๆ ที่ไม่ใช้ดิน เช่น แผ่นฟองน้ำ กรวด ทราย ใยหิน เวอร์มิคูไลท์ แกลบ และให้ธาตุอาหารที่พืชต้องการในรูปสารละลาย การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน มีการพัฒนามายาวนานกว่า 50 ปี สามารถแบ่งได้ 3 แบบ ได้แก่

1. การปลูกพืชในวัสดุปลูกไม่ใช้ดิน (Substrate culture) ชนิดต่าง ๆ ดังนี้

ในการปลูกพืชในวัสดุปลูกแบบไม่ใช้ดิน เป็นวิธีที่ทำให้ต้นพืชมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และยังสามารถควบคุมผลผลิตให้ได้ตามที่ต้องการ เนื่องจากสามารถกำหนดวันเก็บเกี่ยว และจำนวนผลผลิตได้อย่างแม่นยำกว่าการปลูกในดิน ในการปลูกในวัสดุปลูกแบบไม่ใช้ดินนั้นมีการใช้วัสดุปลูกหลายชนิด เช่น ทราย (sand) ขุยมะพร้าว (coconut coir) กาบมะพร้าว (coconut husk) แกลบดิบ (rice husk) เพอร์ไลท์ (perlite) เวอร์มิคูไลท์ (vermiculite) แท่งใยหิน (rock wool) กรวด (gravel) ฟองน้ำอัดแท่ง (sponge) และ ไฮโดรตอน (hydroton) เป็นต้น ซึ่งวัสดุปลูกที่นิยมนำมาปลูกแบบไม่ใช้ดินกันอย่างแพร่หลาย เช่น

ทราย (Sand) เป็นวัสดุปลูกที่มีแหล่งกำเนิดจากทะเลหรือแม่น้ำ ข้อดี คือสามารถอุ้มน้ำค่อนข้างดี ดูดซึมน้ำได้ประมาณ 12-15 เปอร์เซ็นต์ ระบายน้ำได้ดี สลายตัวช้า อายุการใช้งานนาน ก่อนนำมาใช้ควรล้างทรายด้วยน้ำประปา หรือน้ำสะอาดหลายๆ ครั้ง จนกระทั่งทรายสะอาดแล้วแช่ทรายด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่ระดับความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง เพื่อป้องกันกำจัดเชื้อโรคและให้ทำการล้างกรดออกด้วยน้ำสะอาดก่อนนำไปใช้ปลูกพืช

ขุยมะพร้าว (Coconut coir) เป็นวัสดุที่หาได้ง่าย ก่อนนำไปใช้ควรแช่น้ำ 3 วัน แล้วทำการล้างน้ำหลายๆ ครั้ง เพื่อลดสารเทนนินให้น้อยลง ขุยมะพร้าวมีฤทธิ์เป็นกรด pH 6.5-6.8 ถ้าผสมกับทรายที่เป็นด่างอ่อน pH 8.2 ในอัตราส่วน ขุยมะพร้าวผสมทราย 3:1 ค่า pH จะเป็นกลาง

กาบมะพร้าวสับ (Coconut husk) คือ เปลือกของมะพร้าว สามารถดูดซับน้ำและความชื้นได้ดี ลักษณะโปร่ง อากาศถ่ายเทได้ดี ก่อนนำไปใช้ควรแช่น้ำทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ (หมั่นเปลี่ยนน้ำบ่อย ๆ) เพื่อลดสารแทนนินที่จะมีผลยับยั้งการงอกรากของต้นพืช โดยให้สังเกตน้ำที่แช่จะไม่เป็นสีน้ำตาลแดง จึงนำมาใช้ได้ (ภัทรา, 2553)

แกลบดิบ (Rice Husk) แกลบดิบมีสารซิลิก้าที่ยังไม่ย่อยสลาย ให้ธาตุซิลิกอน สามารถตรึงไนโตรเจนและออกซิเจนในอากาศไว้ในดิน และทำให้ดินหลวมลดการบีบรัดของรากพืช ช่วยรักษาความชื้นหรือดูดซับน้ำได้ดีซึ่งมีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของรากพืช (ชมรมเกษตรกรรมปลอดสารพิษสกลนคร, 2563) เนื่องจากแกลบดิบเป็นวัสดุที่ย่อยสลายช้า มีน้ำหนักเบาจึงสามารถนำมาเป็นวัสดุที่ช่วยในการระบายน้ำและอากาศในวัสดุปลูกได้ดี (วิทยา, 2535)

พีทมอส (Peat moss) มีค่า pH 2.5-7 อุ้มน้ำได้ 4-15 เท่าของน้ำหนักที่ความหนาแน่นรวมเมื่อแห้ง 162-333 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความพรุน 85-95 เปอร์เซ็นต์ โครงสร้างมีการสลายตัวเหมาะกับการทำแท่งเพาะชำ ใช้เป็นวัสดุปลูก ใช้เป็นสารปรับปรุงดิน สามารถอุ้มน้ำได้ดีมาก แต่ข้อเสียคือต้องมีการปรับค่า pH ถ้าเป็นกรดต้องปรับให้เป็นกลางก่อน กำจัดโรคและแมลงได้ยาก สลายตัวเร็วขณะปลูก (ชลิตา และขนิษฐา, 2561)

มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำวัสดุปลูกแบบไม่ใช้ดินมาใช้ปลูกไม้หัวโดย ฉันทลักษณ์ และอดิศร, (2538) ซึ่งได้รายงานการศึกษาวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการปลูกปทุมมา โดยการเปรียบเทียบวัสดุปลูก 5 ชนิด พบว่า หัวปทุมมาที่ปลูกในแกลบดิบผสมขุยมะพร้าวในอัตราส่วน 1:1 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยไฮโดรโพนิกส์และพ่นธาตุอาหารรอง จะช่วยให้เกิดการงอกและแทงหน่อเร็วที่สุด โดยมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี ให้ดอกเร็วและมากที่สุด ซึ่งให้ผลดีกว่าวัสดุปลูกอีก 4 ชนิด ได้แก่ ดินเหนียว ดินแม่น้ำ ดินร่วนผสมเปลือกถั่ว อัตราส่วน 1:1 และทรายผสมขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 นอกจากนี้ยังให้หัวใหม่มากที่สุด และใช้เวลาสั้นในการทำความสะอาดหัว นอกจากนี้ ปิยะมาศ (2560) และณัฐพงศ์ (2555) รายงานว่าการนำต้นหงส์เหินที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาปลูกในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของแกลบเผา : ทราย : พีทมอส (อัตราส่วน 1 : 1 : 1) ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงที่สุด และ Sarmiento *et al.* (2000) รายงานว่าการผลิตหงส์เหินให้ได้ผลผลิตสูงควรใช้วัสดุที่มีความอุ้มน้ำสูงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ และวัสดุควรมีรูพรุนสูง เช่น พีทมอส หรือเพอร์ไลท์ นอกจากนี้ Yaseer *et al*. (2011) รายงานว่า การปลูกกะหล่ำปลีในขุยมะพร้าว พร้อมกับการให้สารละลายธาตุอาหารทางระบบน้ำหยดมีผลให้มีความสูงต้น น้ำหนักหัวสด สัดส่วนของยอดต่อต้นและค่าเฉลี่ยจำนวนหัวมากที่สุด

นอกจากนี้ได้มีการนำวัสดุปลูกแบบไม่ใช้ดินมาใช้สำหรับปลูกไม้ดอกชนิดอื่น และพบว่าต้นมีการเจริญเติบโตได้ดี เช่น การปลูกดอกผีเสื้อในวัสดุปลูกที่ส่วนผสมของขุยมะพร้าว มีเดีย ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1 : 1 : 0.5 ส่วน มีผลให้ต้นผีเสื้อมีจำนวนดอกมากที่สุด ส่วนการปลูกดาวเรืองในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของทราย:ขี้เถ้าแกลบ:ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1 : 1 : 1 ส่งผลต่อการเจริญเติบโตด้านลำต้น ความกว้างของทรงพุ่ม ขนาดของดอก และจำนวนดอก นอกจากนี้ยังมีการปลูกในพืชชนิดอื่น ๆ อีก เช่น พริก เมล่อน มะเขือเทศ และผักรับประทานใบและผล อื่น ๆ สามารถเพิ่มผลผลิตได้ดีกว่าการปลูกในดิน ถ้ามีการให้สารละลายธาตุอาหารอย่างเพียงพอ (Verdonck *et al*., 1983)

2. การปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์ (Hydroponic culture) เป็นการปลูกพืชในภาชนะที่ขังน้ำโดยรากพืชที่ปลูกจะแช่อยู่ในน้ำที่มีสารละลายธาตุอาหารพืชตลอดระยะเวลาปลูก การปลูกในภาชนะมีหลายแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ ขนาดพืชและขนาดพื้นที่ เช่น การปลูกในขวดโหล การปลูกในอ่าง การปลูกในกระบะ ซึ่งการปลูกในกระบะสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1.1 การปลูกแบบไม่หมุนเวียนน้ำชนิดเติมอากาศ เนื่องจากเป็นการปลูกพืชในระบบน้ำลึกจึงทำการเติมอากาศเพื่อเพิ่มก๊าซออกซิเจนแก่พืช ดังนั้นต้องมีปั๊มลมช่วยในการทำฟองอากาศให้กับสารละลายอาหารพืช

1.2 การหมุนเวียนน้ำจำนวนมาก (Deep flow technique: DFT) เป็นระบบไฮโดรโปนิกส์ที่มีน้ำและสารละลายจำนวนมาก โดยทำการหมุนเวียนน้ำและสารละลายธาตุอาหารไปบนกระบะปลูกด้วยปั๊มน้ำที่มีแรงดันพอที่จะดูดสารละลายขึ้นมาจากถังเก็บและปล่อยให้สารละลายไหลผ่านกระบะปลูกที่มีรากพืชแช่สารละลายธาตุอาหารอยู่เพื่อดูดไปใช้ในการเจริญเติบโต จากนั้นสารละลายจะไหลย้อนกลับไปยังถังพักสารละลายอีกครั้งหนึ่ง

1.3 การปลูกพืชในระบบ NFT (Nutrient Film Technique) การปลูกแบบนี้จะเป็นการปลูกพืชโดยรากแช่อยู่ในสารละลายโดยตรง และสารละลายธาตุอาหารจะไหลเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ (หนาประมาณ 2-3 mm) ในรางปลูกพืชกว้าง ตั้งแต่ 5-35 cm สูงประมาณ 5-10 cm การไหลของสารละลายอาจเป็นแบบต่อเนื่องหรือแบบสลับก็ได้ โดยทั่วไปสารละลายจะไหลแบบต่อเนื่องอัตราไหลอยู่ในช่วง 1-2 ลิตรต่อนาทีต่อรางปลูก (มนูญ, 2556)

การปลูกพืชในระบบไฮโดรโพนิกส์ สิ่งที่ต้องให้ความสำคัญและมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า EC (Electrical Conductivity) เช่น อุณหภูมิสูงทำให้การระเหยของน้ำมากขึ้นซึ่งจะมีผลต่อระดับค่า EC เพิ่มขึ้น หรือช่วงระยะเวลาในการขังน้ำหรือการไหลเวียนของสารละลายธาตุอาหารพืช ถ้าขังน้ำนานอาจมีผลทำให้ค่า EC สูงขึ้นได้ อีกทั้งช่วงระยะเวลาในการปรับค่า EC หรือความถี่ในการปรับค่า EC มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า EC เช่นกัน นอกจากนี้คุณภาพของสารละลายธาตุอาหารพืช การให้แม่ปุ๋ยมีคุณภาพต่ำจะมีผลให้ค่า EC เปลี่ยนเร็วมาก หรือขนาดถังสารละลายที่เล็กเกินไปอาจทำให้การเปลี่ยนแปลงค่า EC เร็วกว่าถังขนาดใหญ่ เป็นต้น (มนูญ, 2556)

มีรายงานวิจัยการปลูกหงส์เหินในระบบไฮโดรโพนิกส์โดย Phantong *et al*. (2018) ซึ่งได้เปรียบเทียบการตอบสนองของหงส์เหิน *Globba Schomburgkii* Hook.f และ *Globba marantina* L. ภายใต้การปลูกพืชในวัสดุปลูกที่ไม่ใช้ดินและระบบไฮโดรโพนิกส์ พบว่า หงส์เหินทั้ง 2 พันธุ์ ที่ปลูกในทั้ง 2 แบบ มีการเจริญเติบโตในด้านความยาวหน่อ พื้นที่ใบและเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นดี แต่ในกรณีจำนวนหน่อ มีการเจริญได้ดีในระบบไฮโดรโพนิกส์

3. การปลูกพืชแบบแอโรโพนิกส์ (Aeroponic culture) เป็นการปลูกพืชที่มีการแขวนต้นไว้บนราง หรือภาชนะโดยการยึดลำต้นไว้ไม่ให้ล้มแล้วทำการฉีดพ่นสารละลายธาตุอาหารให้แก่รากที่แขวนอยู่ในอากาศโดยตรง (Resh, 1981) ซึ่งต้องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์รอบรากพืชเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ โดยการพ่นสารละลายธาตุอาหารให้กับรากพืชเป็นช่วง ๆ ตามเวลาที่กำหนดไว้และมีวัสดุหรือภาชนะที่สามารถป้องกันการระเหยของน้ำบริเวณรากของพืช (มนูญ, 2556) การพ่นสารละลาย

ธาตุอาหาร (nutrient solution) ให้กับพืชจะเป็นการฉีดพ่นแบบเป็นฝอยหรือหมอก ซึ่งสารละลายที่เหลือจากการพ่นจะไหลไปรวมตัวกันที่ถังพักน้ำเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่ ระบบการปลูกพืชชนิดนี้ไม่ต้องเติมออกซิเจนหรืออากาศลงในสารละลายธาตุอาหาร เนื่องจากรากพืชไม่ได้แช่ในสารละลายตลอด การปลูกพืชด้วยวิธีการนี้จะทำให้พืชเจริญเติบโตและแตกแขนงได้อย่างรวดเร็ว แต่ต้องควบคุมสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสง ส่วนผสมของสารละลาย ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เป็นต้น

นอกจากนี้เวลาและปริมาณสารละลายที่พ่นต้องเหมาะสมต่อความต้องการของพืช (Gao *et al*., 2009) และต้องมีการควบคุมบริเวณรากให้มีความชื้นที่สูงและมืด มีตัวอย่างการประยุกต์ใช้ระบบแอโรโพนิกส์นี้กับพืชสวน เช่น สลัด (Cho *et al*., 1996; Gysi, 1997; Jie and Kong, 1998) มะเขือเทศ (Biddinger *et al*., 1998) แตงกวา (Park and Chiang, 1997) ในไม้ดอกไม้ประดับเช่น เบญจมาศ (Molitor and Fischer, 1997) และการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ประสบความสำเร็จที่เกาหลี (Kang *et al*., 1996; Kim *et al*., 1999) สำหรับการปลูกมันฝรั่งค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เหมาะสม คือ 5.8 ที่อุณหภูมิ 19.6 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 83.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นสภาพที่ทำให้มันฝรั่งเจริญเติบโตได้ดี (Idris and Sani, 2012) มีรายงานการปลูกพืชวงศ์ขิงในระบบแอโรโพนิกส์ โดยใช้วัสดุปลูกคือ เพอร์ไลท์ ส่งผลต่อพัฒนาการของเหง้าและการเจริญเติบโตของต้นได้ดี ในเวลา 3 เดือน (Anita *et al*., 2004) จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการนำระบบการปลูกพืชแบบแอโรโพนิกส์สามารถทำได้กับพืชหลายชนิดรวมทั้งในไม้หัววงศ์ขิง แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการนำมาใช้ในการปลูกต้นหงส์เหินเพื่อผลิตหัวพันธุ์ สำหรับลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวเน่าจากเชื้อในดิน ดังนั้นการนำระบบแอโรโพนิกส์มาใช้จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจในการนำมาศึกษาเพื่อพัฒนาระบบการผลิตหัวพันธุ์ไม้วงศ์ขิงให้มีคุณภาพมากขึ้นต่อไป

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

ศึกษาระบบการผลิตหัวพันธุ์หงส์เหิน โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในสภาพปลอดเชื้อและสภาพโรงเรือน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 5 การทดลองคือ การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตและการชักนำหัวจิ๋วของหงส์เหินในสภาพปลอดเชื้อ การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของ NAA ต่อการเจริญเติบโตและการชักนำหัวจิ๋วของหงส์เหินในสภาพปลอดเชื้อ การทดลองที่ 3 การศึกษาผลของ NAA และระดับน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตของหงส์เหินในสภาพปลอดเชื้อ การทดลองที่ 4 การศึกษาผลของวัสดุปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพหัวพันธุ์หงส์เหินในสภาพโรงเรือน และการทดลองที่ 5 การศึกษาผลของระบบการปลูกพืชแบบแอโรโพนิกส์ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพหัวพันธุ์หงส์เหินในสภาพโรงเรือน

ระยะเวลาดำเนินงานวิจัย

เริ่มทำการทดลองเดือน ธันวาคม 2560 และสิ้นสุดการทดลองเดือน มีนาคม 2563

พืชทดลองที่ใช้ในการศึกษา

ภาพที่ 2 ต้นกล้าหงส์เหินลูกผสม “MJ16” ใช้ในการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ สำหรับการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ได้แก่ สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมอาหารสูตร MS (ตารางที่ 1) สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเช่น NAA และ BA เป็นต้น กระบองตวง ปิเปต น้ำตาลทราย (table sugar) เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH Meter) เตาไมโครเวฟ เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง ขวดสำหรับเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ขนาด 24 ออนซ์ หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave) และสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบแป้ง คือ ทิงเจอร์ไอดีนอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการตัดชิ้นส่วนพืช เช่น มีดผ่าตัดพร้อมใบมีด ปากคีบ Petri dish ตะเกียงแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ ตู้ปลอดเชื้อ (Laminar Flow) เป็นต้น

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในโรงเรือน

สำหรับการปลูกในวัสดุปลูกแบบไม่ใช้ดิน (substrate culture) ได้แก่ กระถางพลาสติก ขนาด 4 และ 10 นิ้วสำหรับปลูกต้นหงส์เหิน ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และสูตร 8-24-24 วัสดุปลูก ได้แก่ พีทมอส ดิน ทราย ขุยมะพร้าว กาบมะพร้าว และแกลบดิบ

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในโรงเรือนสำหรับการปลูกต้นหงส์เหินในระบบแอโรโพนิกส์ ได้แก่ ถังบรรจุน้ำและสารละลายขนาด 100 ลิตร ปั๊มน้ำยี่ห้อ ARWANA PUMP รุ่น Submersible plastic pumps (BPS-80) กำลังไฟ 80 วัตต์ ขนาดหัว ¾ นิ้ว อุปกรณ์ควบคุมเวลาการให้น้ำ (Timer) ท่อ PE ขนาด 16 มิลลิเมตร สำหรับส่งน้ำ หัวพ่นน้ำขนาดรู 0.6 มิลลิเมตร ถาดเพาะต้นกล้าไฮโดรโพนิกส์ (Hydroponic) สารละลายปุ๋ยไฮโดรโพนิกส์ (ผลิตภัณฑ์จากมูลนิธิโครงการหลวง) ถังน้ำสำหรับเตรียมสารละลาย A และสารละลาย B ขนาด 100 ลิตร เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity meter; EC meter) ยี่ห้อ INDEX รุ่น ID 1040

ตารางที่ 1 ชนิดและปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมอาหารสูตร MS

สารเคมี	**ปริมาณที่ใช้ (mg/L)**
Potassium nitrate (KNO_3)	1,900
Calcium chloride ($CaCl_2$)	440
Ammonium nitrate (NH_4NO_3)	1,650
Potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4)	170
Magnesium sulphate heptahydrate ($MgSO_4$. $7H_2O$	370
Manganese sulfate ($MnSO_4$)	22.3
Boric acid (H_3BO_3)	6.2
Zinc sulfate ($ZnSO_4$)	10.34
Sodium molybdate (Na_2MoO_4)	0.25
Cobalt (II) Chloride ($CoCl_2$)	0.025
Potassium Iodide (KI)	0.83
Copper (II) sulfate ($CuSO_4$)	0.025
Iron (II) sulfate ($FeSO_4$)	27.85
Ethylenediaminetetraacetic Acid, Disodium Salt (NaEDTA)	37.25
Glycine ($C_2H_5NO_2$)	2
Nicotinic acid ($C_6H_5NO_2$)	0.5
Pyridoxine HCl ($C_8H_{11}NO_3$.HCl)	0.5
Thiamine HCl ($C_{12}H_{17}ClN_4OS$.HCl)	0.1
Myo-inositol	100

ที่มา: (Murashige and Skoog, 1962)

วิธีการดำเนินการ

การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตและการชักนำหัวจิ๋วของหงส์เหินในสภาพปลอดเชื้อ

ใช้ต้นหงส์เหินจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในอาหารสูตร MS ที่มีความแข็งแรงและสมบูรณ์ อายุประมาณ 15 วัน มีความสูง 3 เซนติเมตร ย้ายลงในอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตรและ NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำตาลแต่ละระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ตามแต่ละสิ่งทดลองทำการเลี้ยงต้นภายใต้การให้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ความเข้มแสง 18.38 µmol/m^2/s โดยให้ช่วงแสงที่ 16 ชั่วโมงต่อวัน ในสภาพห้องควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ประกอบด้วย 5 สิ่งทดลอง ๆ ละ 10 ซ้ำ

สิ่งทดลองที่ 1 น้ำตาล 0 g/L (ชุดควบคุม)
สิ่งทดลองที่ 2 น้ำตาล 30 g/L
สิ่งทดลองที่ 3 น้ำตาล 40 g/L
สิ่งทดลองที่ 4 น้ำตาล 50 g/L
สิ่งทดลองที่ 5 น้ำตาล 60 g/L

การบันทึกผลการทดลอง

บันทึกจำนวนหน่อ จำนวนใบ ความสูงต้น จำนวนราก ความยาวราก และเส้นผ่าศูนย์กลางของราก ทุก ๆ 7 วันหลังการเลี้ยงยอด เป็นระยะเวลา 70 วัน

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของ NAA ต่อการเจริญเติบโตและการชักนำหัวจิ๋วของหงส์เหินในสภาพปลอดเชื้อ

ใช้ต้นหงส์เหินจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในอาหารสูตร MS ที่มีความแข็งแรงและสมบูรณ์ อายุประมาณ 15 วัน มีความสูง 3 เซนติเมตร ย้ายลงเลี้ยงในอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติมน้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร และ BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้นแตกต่างกันตามแต่ละสิ่งทดลอง เลี้ยงต้นภายใต้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ความเข้มแสง 18.38 μmol/m^2/s โดยให้ช่วงแสงที่ 16 ชั่วโมงต่อวัน ในสภาพห้องควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ประกอบด้วย 5 สิ่งทดลอง ๆ ละ 10 ซ้ำ

สิ่งทดลองที่ 1 0 mg/L NAA (ชุดควบคุม)

สิ่งทดลองที่ 2 0.25 mg/L NAA

สิ่งทดลองที่ 3 0.5 mg/L NAA

สิ่งทดลองที่ 4 1 mg/L NAA

สิ่งทดลองที่ 5 1.5 mg/L NAA

การบันทึกผลการทดลอง

บันทึกจำนวนหน่อ จำนวนใบ ความสูงต้น จำนวนราก ความยาวราก และเส้นผ่าศูนย์กลางของราก ทุก ๆ 7 วันหลังการเลี้ยงยอด เป็นระยะเวลา 56 วัน และทำการทดสอบแป้งโดยการทำปฏิกิริยาไอโอดีนกับแป้งที่อยู่บริเวณรากหงส์เหิน

การทดลองที่ 3 การศึกษาผลของ NAA และระดับน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตและการเกิดหัวจิ๋วของหงส์เหินในสภาพปลอดเชื้อ

ใช้ต้นหงส์เหินจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในอาหารสูตร MS ที่มีความแข็งแรงและสมบูรณ์ อายุประมาณ 15 วัน มีความสูง 3 เซนติเมตร ย้ายลงในอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร เปรียบเทียบ 2 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ NAA ความเข้มข้นของ 0, 1, 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปัจจัยที่สองคือ ระดับน้ำตาลความเข้มข้น 30, 35 และ 40 กรัมต่อลิตร ตามแต่ละสิ่งทดลอง ทำการเลี้ยงต้นภายใต้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ความเข้มแสง 18.38 μmol/m^2/s โดยให้ช่วงแสงที่ 16 ชั่วโมงต่อวัน ในสภาพห้องควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

วางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial in CRD ประกอบด้วย 9 สิ่งทดลอง ๆ ละ 10 ซ้ำ

สิ่งทดลองที่ 1 0 mg/L NAA+น้ำตาล 30 g/L (ชุดควบคุม)
สิ่งทดลองที่ 2 1 mg/L NAA+น้ำตาล 30 g/L
สิ่งทดลองที่ 3 1.5 mg/L NAA+น้ำตาล 30 g/L
สิ่งทดลองที่ 4 0 mg/L NAA+น้ำตาล 35 g/L
สิ่งทดลองที่ 5 1 mg/L NAA+น้ำตาล 35 g/L
สิ่งทดลองที่ 6 1.5 mg/L NAA+น้ำตาล 35 g/L
สิ่งทดลองที่ 7 0 mg/L NAA+น้ำตาล 40 g/L
สิ่งทดลองที่ 8 1 mg/L NAA+น้ำตาล 40 g/L
สิ่งทดลองที่ 9 1.5 mg/L NAA+น้ำตาล 40 g/L

การบันทึกผลการทดลอง

บันทึกจำนวนหน่อ จำนวนใบ ความสูงต้น จำนวนราก ความยาวราก และเส้นผ่าศูนย์กลางของราก ทุก ๆ 7 วันหลังการเลี้ยงยอด เป็นระยะเวลา 49 วัน และทำการทดสอบแป้งโดยการทำปฏิกิริยาไอโอดีนกับแป้งที่อยู่บริเวณรากหงส์เหิน

การทดลองที่ 4 การศึกษาผลของวัสดุปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพหัวพันธุ์หงส์เหินในสภาพโรงเรือน

นำต้นกล้าหงส์เหินปลอดโรคที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ย้ายปลูกในถาดหลุมซึ่งมีพีทมอสเป็นวัสดุปลูกเป็นระยะเวลา 30 วัน (ภาพที่ 2) เลี้ยงต้นกล้าให้แข็งแรงสมบูรณ์ (ภาพที่ 2) จากการนั้นคัดเลือกต้นที่มีขนาดความสูงใกล้เคียงกันและมีจำนวน 2 หน่อ/กอ ลงในกระถางขนาด 4 นิ้ว โดยใช้วัสดุปลูกที่แตกต่างกันตามแต่ละสิ่งทดลอง (ภาพที่ 3) เมื่อเดือน มีนาคม พ.ศ. 2562 หลังย้ายปลูกเป็นเวลา 7 วันทำการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 0.20 กรัมต่อกระถาง เมื่อต้นกล้าอายุครบ 1 เดือน เปลี่ยนกระถางเป็นขนาด 10 นิ้ว ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 0.50 กรัมต่อกระถาง โดยใส่ปุ๋ยทุก ๆ 1 เดือนก่อนการออกดอกเพื่อกระตุ้นความสมบูรณ์ของต้น เมื่อต้นหงส์เหินอายุ 45 วัน ทำการใส่ปุ๋ยสูตร 8-24-24 อัตรา 0.50 กรัมต่อกระถาง เพื่อกระตุ้นการออกดอกและความสมบูรณ์ของช่อดอก ใส่ปุ๋ยทุก ๆ 10 วันจำนวน 2 ครั้ง รดน้ำวันละครั้งและงดการให้น้ำเมื่อหงส์เหินเริ่มพักตัว คือมีลักษณะใบเหลืองและแห้งตั้งแต่ปลายใบสู่โคนต้นประมาณ 75-80 เปอร์เซ็นต์ของทั้งกอ หลังจากใบและต้นเหี่ยวแห้งจึงทำการเก็บเกี่ยวหัวพันธุ์เพื่อบันทึกข้อมูลทางด้านคุณภาพหัวพันธุ์ต่อไป

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ประกอบด้วยทั้งหมด 9 สิ่งทดลองๆ ละ 15 ซ้ำ

สิ่งทดลองที่ 1 ดิน (ชุดควบคุม)
สิ่งทดลองที่ 2 ทราย
สิ่งทดลองที่ 3 ขุยมะพร้าว
สิ่งทดลองที่ 4 กาบมะพร้าว
สิ่งทดลองที่ 5 แกลบดิบ
สิ่งทดลองที่ 6 ทราย : ขุยมะพร้าว
สิ่งทดลองที่ 7 ทราย : กาบมะพร้าว
สิ่งทดลองที่ 8 ทราย : แกลบดิบ
สิ่งทดลองที่ 9 ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ

หมายเหตุ อัตราส่วนที่ใช้ 1 : 1 โดยปริมาตร

ภาพที่ 3 วัสดุปลูกชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง

การบันทึกผลการทดลอง

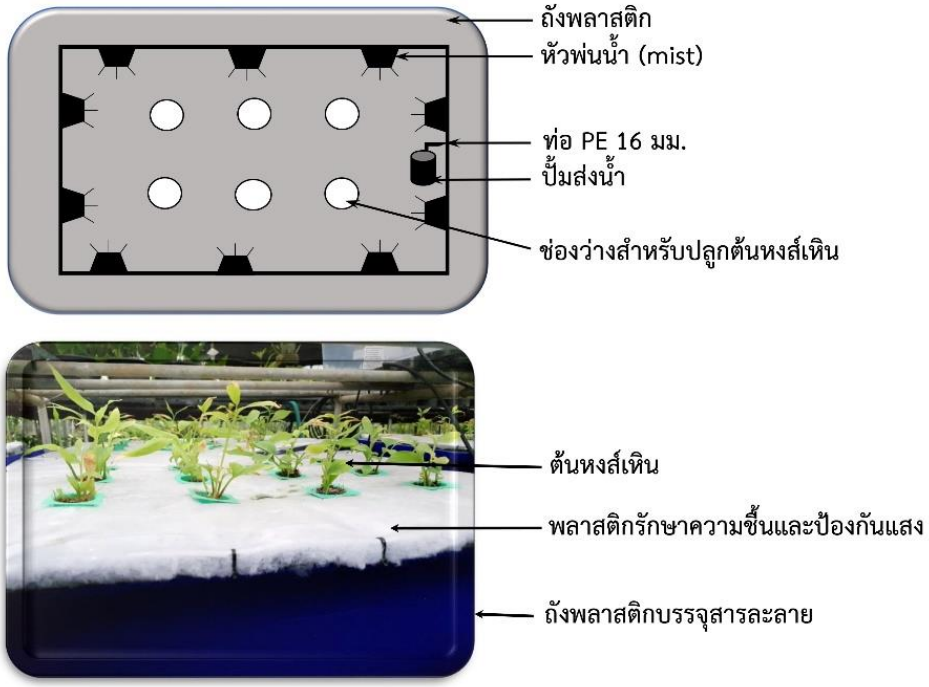
บันทึกจำนวนหน่อ จำนวนใบ ความสูงต้น จำนวนช่อดอกต่อกอ ทุก ๆ 7 วันหลังการปลูกในวัสดุปลูกชนิดต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 210 วัน ส่วนลักษณะของขนาดช่อดอก (กว้างxยาว) และองค์ประกอบของดอกได้แก่ จำนวนกลีบประดับต่อช่อ และขนาดกลีบประดับ (กว้างxยาว) จะบันทึกระยะช่อดอกที่สมบูรณ์ จำนวน 5 ช่อดอกต่อกระถาง และเมื่อต้นหงส์เหินเข้าสู่ระยะพักตัวแล้วมาบันทึกจำนวนหัวย่อยโดยการนับจำนวนหัวย่อยแต่ละหัว นับจำนวนรากสะสมอาหาร วัดขนาดความกว้างหัวย่อยโดยวัดส่วนที่กว้างที่สุด ความยาวรากโดยวัดจากบริเวณรากสะสมอาหารที่ติดกับหัวย่อยถึงรากที่มีขนาดใหญ่ที่สุด เส้นผ่าศูนย์กลางของรากโดยวัดบริเวณกึ่งกลางรากที่มีขนาดใหญ่สุดโดยใช้เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ และชั่งน้ำหนักสดหัว โดยการชั่งน้ำหนักแต่ละหัว

การทดลองที่ 5 การศึกษาผลของระบบการปลูกพืชแบบแอโรโพนิกส์ต่อการการเจริญเติบโตและคุณภาพหัวพันธุ์หงส์เหินในสภาพโรงเรือน

นำต้นกล้าหงส์เหินปลอดโรคที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ย้ายปลูกในถาดหลุมซึ่งมีพีทมอสเป็นวัสดุปลูก เป็นระยะเวลา 30 วัน (ภาพที่ 2) เพื่อกระตุ้นให้เกิดรากใหม่ หลังจากนั้นคัดเลือกต้นที่มีความแข็งแรงสมบูรณ์และขนาดใกล้เคียงกันย้ายปลูกในถาดเพาะ Hydroponics เป็นเวลา 7 วัน ก่อนนำไปปลูกในระบบแอโรโพนิกส์ เมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2562 (ภาพที่ 4) โดยทำการพ่นสารละลายในเวลาที่แตกต่างกันตามแต่ละสิ่งทดลอง ในหนึ่งรอบวันจะทำการพ่นสารละลายจำนวน 8 ครั้ง และหยุดพ่นทุก 3 ชั่วโมง 30 นาทีในทุกสิ่งทดลอง ทำการเตรียมสารละลายโดยการเตรียมจากสารละลาย A และ B อย่างละ 100 มิลลิลิตร ผสมน้ำ 500 ลิตร โดยปรับค่า EC เริ่มต้น 1.3-2.5 mS/cm นำน้ำที่ผสมสารละลายและปรับค่า EC ตามต้องการแล้ว จำนวน 20 ลิตรใส่ลงในถังขนาด 50 ลิตร ที่มีปั้มน้ำพร้อมอุปกรณ์พ่นสารละลาย เมื่อต้นกล้ามีอายุครบ 1 เดือนทำการเปลี่ยนกระถางปลูกเป็นขนาด 4 นิ้ว เพื่อให้ต้นกล้ามีการเจริญเติบโตได้เต็มที่ทำการพ่นสารละลายปุ๋ยเช่นเดิมจนกระทั่งหงส์เหินเริ่มพักตัวคือมีลักษณะใบเหลืองและแห้งตั้งแต่ปลายใบสู่โคนต้นประมาณ 75-80 เปอร์เซ็นต์ของต้นจึงงดการพ่นสารละลายปุ๋ยเพื่อป้องกันการเน่าและการเกิดโรคของหัวพันธุ์ หลังจากต้นและใบแห้งจึงทำการเก็บเกี่ยวหัวพันธุ์เพื่อบันทึกข้อมูลทางด้านคุณภาพหัวพันธุ์ต่อไป

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ประกอบด้วยทั้งหมด 7 สิ่งทดลอง ๆ ละ 9 ซ้ำ

สิ่งทดลองที่ 1 ใช้ดินเป็นวัสดุ (ชุดควบคุม)
สิ่งทดลองที่ 2 พ่นสารละลายครั้งละ 10 นาที
สิ่งทดลองที่ 3 พ่นสารละลายครั้งละ 15 นาที
สิ่งทดลองที่ 4 พ่นสารละลายครั้งละ 20 นาที
สิ่งทดลองที่ 5 พ่นสารละลายครั้งละ 25 นาที
สิ่งทดลองที่ 6 พ่นสารละลายครั้งละ 30 นาที
สิ่งทดลองที่ 7 พ่นสารละลายครั้งละ 35 นาที



ภาพที่ 4 รูปแบบการปลูกหงส์เหินด้วยระบบแอโรโพนิกส์

การบันทึกผลการทดลอง

บันทึกจำนวนหน่อ จำนวนใบ ความสูงต้น จำนวนช่อดอกต่อกอ ทุก ๆ 7 วันหลังการปลูกในวัสดุปลูกชนิดต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 210 วัน ส่วนลักษณะของขนาดช่อดอก (กว้างxยาว) และองค์ประกอบของดอกได้แก่ จำนวนกลีบประดับต่อช่อ และขนาดกลีบประดับ (กว้างxยาว) จะบันทึกระยะช่อดอกที่สมบูรณ์ จำนวน 5 ช่อดอกต่อกระถาง และเมื่อต้นหงส์เหินเข้าสู่ระยะพักตัวแล้วมาบันทึกจำนวนหัวย่อยโดยการนับจำนวนหัวย่อยแต่ละหัว นับจำนวนรากสะสมอาหาร วัดขนาดความกว้างหัวย่อยโดยวัดส่วนที่กว้างที่สุด ความยาวรากโดยวัดจากบริเวณรากสะสมอาหารที่ติดกับหัวย่อยถึงรากที่มีขนาดใหญ่ที่สุด เส้นผ่าศูนย์กลางของรากโดยวัดบริเวณกึ่งกลางรากที่มีขนาดใหญ่สุดโดยใช้เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ และชั่งน้ำหนักสดหัว โดยการชั่งน้ำหนักแต่ละหัว

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางทางสถิติ (ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Different (HSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

สถานที่ทำการทดลอง

ทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ณ ห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาพืชสวน อาคารพืชศาสตร์และเทคโนโลยี (เพิ่มพูน) และโรงเรือน สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตและการชักนำหัวจิ๋วหงส์เหินในสภาพปลอดเชื้อ

จำนวนหน่อ

จากการเลี้ยงยอดหงส์เหินในอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการเติมน้ำตาลแต่ละระดับความเข้มข้น มีผลต่อจำนวนหน่อซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 28 วันหลังการเลี้ยง และเมื่อเลี้ยงยอดเป็นเวลา 70 วัน พบว่า อาหารที่เติมน้ำตาลความเข้มข้น 30 และ 40 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้หงส์เหินมีจำนวนยอดที่มาก คือ 5.26 และ 5.13 หน่อ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับน้ำตาลความเข้มข้น 0 และ 60 กรัมต่อลิตร ที่มีจำนวนหน่อ 2.73 และ 2.33 หน่อ ตามลำดับ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 5)

จำนวนใบต่อหน่อ

จากการเลี้ยงยอดหงส์เหินในอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการเติมน้ำตาลแต่ละระดับความเข้มข้น มีผลต่อจำนวนใบต่อหน่อซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 7 วันหลังการเลี้ยงยอด และพบว่า อาหารที่เติมน้ำตาลความเข้มข้น 30 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้หงส์เหินมีจำนวนใบต่อหน่อที่มากที่สุดตลอดระยะเวลาการเลี้ยงและพบว่า ผลจำนวนใบต่อหน่อมีความแตกต่างทางสถิติกับอาหารที่เติมน้ำตาลความเข้มข้นระดับอื่น ๆ เมื่อเลี้ยงยอดในอาหารที่ระยะเวลาตั้งแต่ 42 วัน (ตารางที่ 3 และภาพที่ 5)

ความสูงต้น

จากการเลี้ยงยอดหงส์เหินในอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการเติมน้ำตาลแต่ละระดับความเข้มข้น มีผลต่อความสูงต้นซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งตั้งแต่ 7 วันหลังการเลี้ยงยอดและเมื่อเลี้ยงยอดเป็นเวลา 70 วัน พบว่า อาหารที่เติมน้ำตาลความเข้มข้น 30 และ 0 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้หงส์เหินมีความสูงมากที่สุด คือ 8.80 และรองมาคือ 7.37 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับน้ำตาลความเข้มข้น 40, 50 และ 60 กรัมต่อลิตร ที่มีความสูงต้นเพียง 4.51, 4.18 และ 3.71 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4 และภาพที่ 5)

จำนวนราก

จากการเลี้ยงยอดหงส์เหินในอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการเติมน้ำตาลแต่ละระดับความเข้มข้น มีผลต่อจำนวนรากของต้นหงส์เหิน ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 7 วันหลังการเลี้ยงยอด และพบว่า อาหารที่เติมน้ำตาลความเข้มข้น 30 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้หงส์เหินมีจำนวนรากมากที่สุดตั้งแต่ที่ 14 วันหลังการเลี้ยงยอด และพบว่าจำนวนรากมีความแตกต่างทางสถิติกับน้ำตาลความเข้มข้นอื่น ๆ เมื่อเลี้ยงยอดในอาหารตั้งแต่ 28 วันเป็นต้นไป (ตารางที่ 5 และภาพที่ 5)

ความยาวราก

จากการเลี้ยงยอดหงส์เหินในอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการเติมน้ำตาลแต่ละระดับความเข้มข้น ส่งผลต่อความยาวรากซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 7 วันหลังการเลี้ยง และพบว่า อาหารที่เติมน้ำตาลความเข้มข้น 30 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้หงส์เหินมีความยาวรากมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเลี้ยง และพบว่าความยาวรากมีความแตกต่างทางสถิติกับน้ำตาลความเข้มข้นระดับอื่น ๆ อย่างต่อเนื่องเมื่อเลี้ยงยอดในอาหารตั้งแต่ 35 วันเป็นต้นไป (ตารางที่ 6 และภาพที่ 5)

เส้นผ่าศูนย์กลางของราก

จากการเลี้ยงยอดหงส์เหินในอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการเติมน้ำตาลระดับความเข้มข้น 30-60 กรัมต่อลิตร เริ่มพบความแตกต่างทางสถิติตั้งแต่ 14 วันหลังการเลี้ยงยอด และเมื่อเลี้ยงยอดได้ 70 วัน พบว่าอาหารที่เติมน้ำตาลความเข้มข้น 40-50 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้หงส์เหินมีเส้นผ่าศูนย์กลางของรากมาก คือ 0.20 และ 0.21 เซนติเมตร ตามลำดับและมีความแตกต่างกันทางสถิติกับที่ไม่เติมน้ำตาล (ตารางที่ 7 และภาพที่ 5)

ตารางที่ 2 ผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนหน่อหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน

สิ่งทดลอง	จำนวนหน่อ (หน่อ)								
	วัน (หลังการเลี้ยงยอด)								
	14	21	28	35	42	49	56	63	70
น้ำตาล 0 g/L	0.86^{b}	0.93	1.06^{c}	1.33^{c}	1.86^{b}	2.06^{b}	2.06^{b}	2.66^{c}	2.73^{b}
น้ำตาล 30 g/L	1.20^{ab}	1.26	2.06^{a}	2.06^{a}	2.86^{a}	3.33^{ab}	3.90^{a}	4.50^{a}	5.26^{a}
น้ำตาล 40 g/L	1.26^{a}	1.40	1.73^{b}	1.93^{ab}	2.53^{ab}	3.40^{a}	3.80^{a}	4.53^{a}	5.13^{a}
น้ำตาล 50 g/L	0.93^{b}	1.06	1.53^{b}	1.33^{c}	1.53^{b}	2.13^{b}	2.66^{ab}	3.20^{b}	3.73^{ab}
น้ำตาล 60 g/L	0.80^{b}	0.86	1.26^{c}	1.33^{c}	1.53^{b}	1.66^{b}	1.99^{b}	2.26^{c}	2.33^{b}
F-test	**	ns	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	47.63	57.28	42.31	37.73	47.92	35.15	38.99	35.63	39.12

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 3 ผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนใบต่อหน่อหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน

สิ่งทดลอง	จำนวนใบต่อหน่อ (ใบ)									
	วัน (หลังการเลี้ยงยอด)									
	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
น้ำตาล 0 g/L	2.80^{a}	3.00^{a}	3.13^{a}	3.13^{ab}	2.93^{ab}	3.26^{b}	3.66^{b}	3.93^{b}	4.60^{b}	4.13^{b}
น้ำตาล 30 g/L	3.00^{a}	3.10^{a}	3.30^{a}	3.86^{a}	4.21^{a}	4.26^{a}	4.66^{a}	4.93^{a}	5.46^{a}	5.00^{a}
น้ำตาล 40 g/L	2.46^{b}	2.46^{c}	2.60^{b}	2.66^{b}	2.55^{b}	2.66^{b}	2.73^{c}	2.73^{c}	3.06^{b}	2.86^{b}
น้ำตาล 50 g/L	2.53^{ab}	2.00^{b}	2.66^{b}	2.66^{b}	2.80^{b}	3.00^{b}	3.20^{bc}	3.60^{b}	3.53^{b}	3.00^{b}
น้ำตาล 60 g/L	2.46^{b}	2.33^{b}	2.86^{b}	2.80^{ab}	2.80^{b}	3.13^{b}	3.00^{bc}	3.20^{bc}	3.00^{b}	3.00^{b}
F-test	**	**	**	**	*	**	**	**	**	**
C.V. (%)	17.79	13.27	23.14	23.53	14.57	22.83	24.13	27.32	22.32	23.81

หมายเหตุ * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 4 ผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อความสูงต้นหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน

สิ่งทดลอง	ความสูงต้น (เซนติเมตร)									
	วัน (หลังการเลี้ยงยอด)									
	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
น้ำตาล 0 g/L	2.08^{b}	3.18^{a}	4.37^{ab}	5.51^{a}	5.66^{a}	6.25^{a}	6.67^{a}	6.96^{a}	7.24^{a}	7.37^{a}
น้ำตาล 30 g/L	2.13^{b}	3.16^{a}	5.15^{a}	5.45^{a}	5.62^{b}	6.92^{a}	7.62^{a}	8.14^{a}	8.59^{a}	8.80^{a}
น้ำตาล 40 g/L	2.09^{b}	2.27^{c}	3.68^{b}	3.69^{b}	3.36^{d}	3.24^{b}	3.26^{b}	3.57^{b}	3.78^{b}	4.51^{b}
น้ำตาล 50 g/L	2.16^{a}	3.01^{ab}	4.68^{ab}	4.46^{b}	4.43^{c}	4.06^{b}	4.06^{b}	3.73^{b}	4.04^{b}	4.18^{b}
น้ำตาล 60 g/L	2.04^{b}	2.74^{b}	3.93^{b}	4.26^{b}	4.90^{bc}	3.81^{b}	3.59^{b}	3.80^{b}	3.68^{b}	3.71^{b}
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	10.38	11.84	20.97	18.11	17.02	21.2	23.88	25.61	27.17	27.71

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 5 ผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนรากหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน

สิ่งทดลอง	จำนวนราก (ราก)									
	วัน (หลังการเลี้ยงยอด)									
	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
น้ำตาล 0 g/L	0.00^{c}	1.60^{c}	3.66^{c}	3.46^{c}	2.40^{c}	3.33^{c}	4.26^{c}	4.73^{c}	5.46^{d}	4.73^{d}
น้ำตาล 30 g/L	2.26^{a}	3.53^{a}	7.66^{a}	9.33^{a}	11.66^{a}	14.66^{a}	17.46^{a}	17.46^{a}	19.46^{a}	21.06^{a}
น้ำตาล 40 g/L	2.60^{a}	2.93^{ab}	5.73^{ab}	7.13^{b}	8.20^{b}	9.60^{b}	12.46^{b}	13.93^{a}	15.20^{b}	16.13^{b}
น้ำตาล 50 g/L	1.20^{b}	2.86^{b}	3.86^{b}	4.60^{c}	5.73^{b}	8.06^{b}	10.20^{bc}	10.26^{b}	10.20^{c}	9.80^{c}
น้ำตาล 60 g/L	1.40^{b}	2.26^{bc}	3.40^{c}	3.67^{c}	5.33^{b}	7.20^{b}	8.60^{c}	7.86^{bc}	8.20^{dc}	9.53^{c}
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	44.22	31.01	44.51	33.65	26.03	29.82	30.11	36.39	30.25	25.80

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 6 ผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อความยาวรากหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน

ลิ่งทดลอง	ความยาวราก (เซนติเมตร)									
	วัน (หลังการเลี้ยงยอด)									
	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
น้ำตาล 0 g/L	0.00^{d}	0.20^{c}	0.28^{b}	0.30^{c}	0.32^{c}	0.36^{d}	0.48^{d}	0.56^{c}	0.68^{d}	0.69^{d}
น้ำตาล 30 g/L	0.32^{a}	0.59^{a}	0.92^{a}	1.23^{a}	1.36^{a}	1.75^{a}	2.20^{a}	2.66^{a}	3.46^{a}	4.12^{a}
น้ำตาล 40 g/L	0.19^{b}	0.50^{ab}	0.80^{a}	1.06^{a}	1.30^{b}	1.37^{b}	1.47^{b}	1.60^{b}	1.89^{b}	2.59^{b}
น้ำตาล 50 g/L	0.13^{c}	0.32^{b}	0.46^{b}	0.63^{b}	0.74^{b}	0.90^{c}	1.24^{bc}	1.40^{b}	1.56^{c}	1.73^{bc}
น้ำตาล 60 g/L	0.10^{c}	0.28^{c}	0.37^{b}	0.45^{bc}	0.53^{b}	0.83^{c}	0.96^{c}	0.96^{c}	1.11^{cd}	1.30^{c}
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	28.48	45.55	42.82	39.86	32.36	28.34	33.53	33.75	39.19	48.35

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

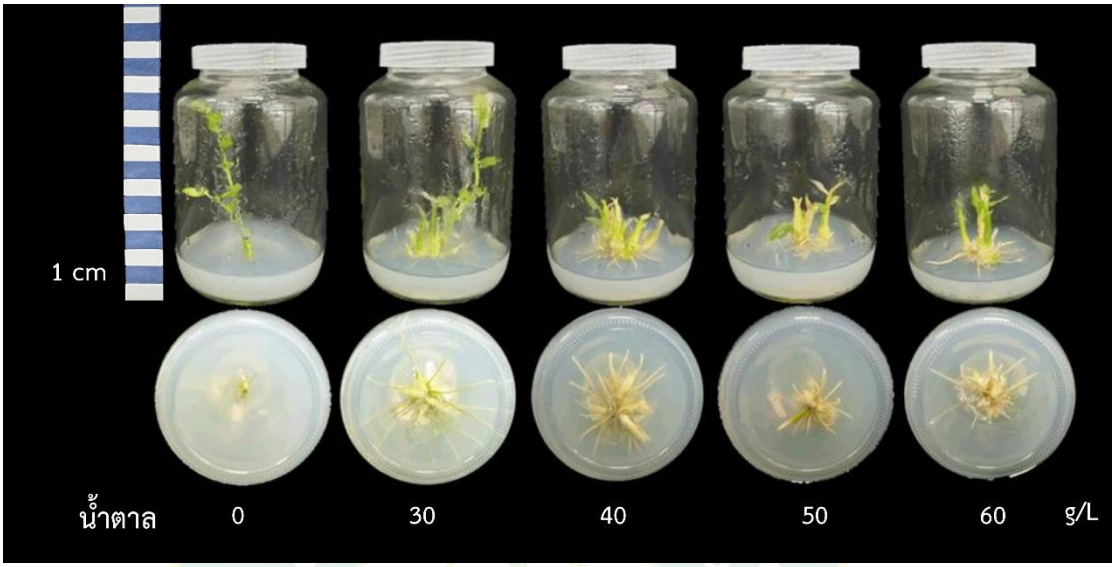
ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 7 ผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของรากหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน

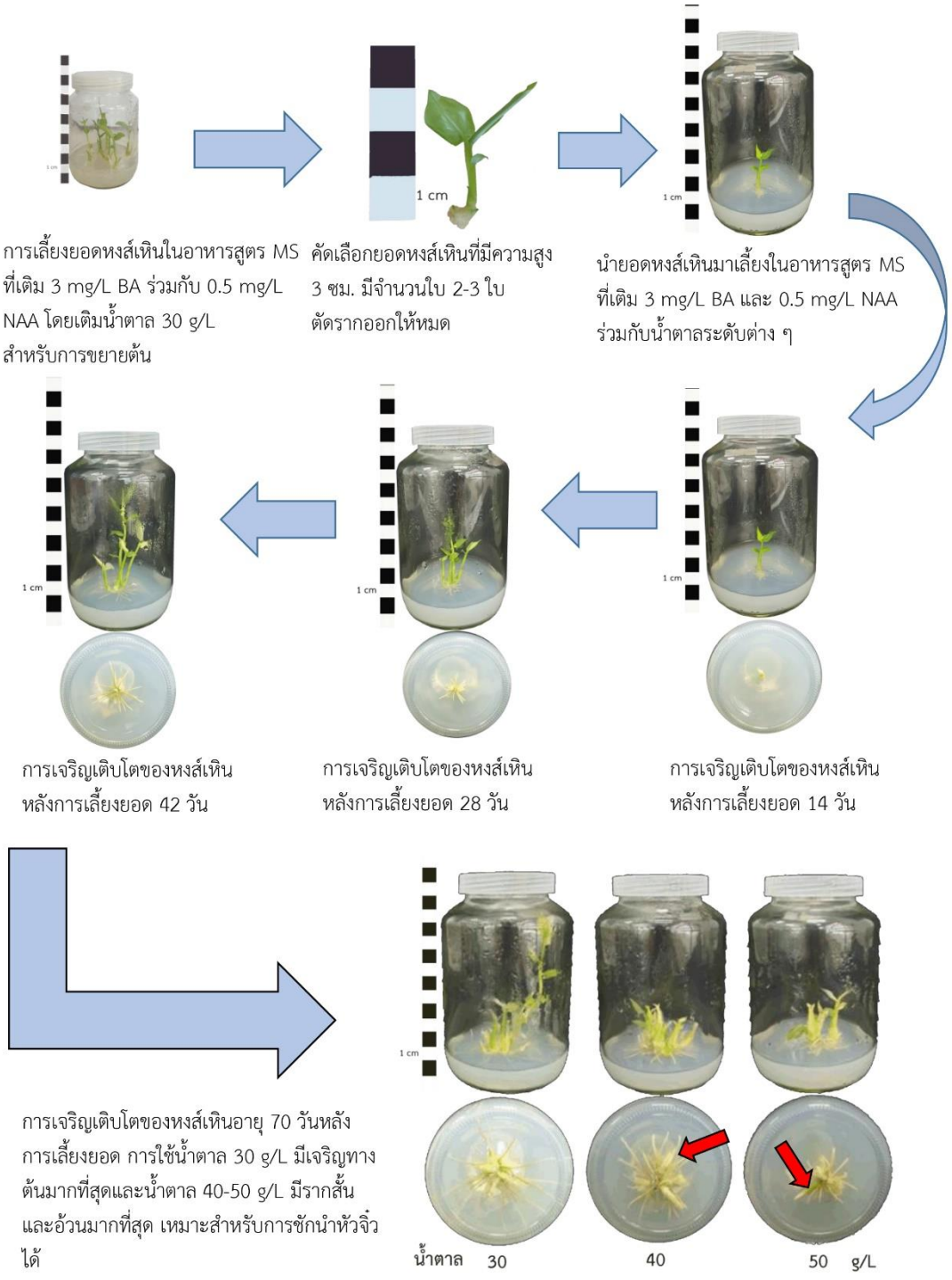
สิ่งทดลอง	เส้นผ่าศูนย์กลางของราก (เซนติเมตร)								
	วัน (หลังการเลี้ยงยอด)								
	14	21	28	35	42	49	56	63	70
น้ำตาล 0 g/L	0.05^{b}	0.05^{b}	0.05^{b}	0.05^{b}	0.05^{b}	0.05^{b}	0.05^{c}	0.05^{d}	0.05^{b}
น้ำตาล 30 g/L	0.10^{a}	0.10^{a}	0.10^{a}	0.12^{a}	0.12^{a}	0.14^{a}	0.14^{b}	0.16^{c}	0.17^{a}
น้ำตาล 40 g/L	0.10^{a}	0.10^{a}	0.10^{a}	0.10^{a}	0.15^{a}	0.15^{a}	0.18^{a}	0.19^{bc}	0.20^{a}
น้ำตาล 50 g/L	0.10^{a}	0.10^{a}	0.10^{a}	0.12^{a}	0.16^{a}	0.16^{a}	0.17^{a}	0.20^{a}	0.21^{a}
น้ำตาล 60 g/L	0.10^{a}	0.10^{a}	0.10^{a}	0.12^{a}	0.16^{a}	0.16^{a}	0.16^{ab}	0.18^{b}	0.18^{a}
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	0	0	0	31.44	35.5	37.27	35.18	32.3	37.51

หมายเหตุ NA= ไม่สามารถวิเคราะห์ทางสถิติได้, ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test



ภาพที่ 5 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตของหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในสูตรอาหาร MS ดัดแปลงที่เติมน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 70 วัน



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการเลี้ยงยอดหงส์เหินเพื่อชักนำให้เกิดหัวจิ๋วในอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติมน้ำตาลเป็นระยะเวลา 70 วัน

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของ NAA ต่อการเจริญเติบโตและการชักนำหัวจิ๋วของหงส์เหิน ในสภาพปลอดเชื้อ

จำนวนหน่อ

จากการเลี้ยงยอดหงส์เหินในอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติมน้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร และ BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA แต่ละระดับความเข้มข้น มีผลต่อจำนวนหน่อซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งตั้งแต่ 7-49 วันหลังการเลี้ยง และเมื่อเลี้ยงยอดเป็นเวลา 56 วัน ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติทุกระดับความเข้มข้น อย่างไรก็ตาม พบว่า อาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อจำนวนหน่อเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 5.80 หน่อ (ตารางที่ 8 และภาพที่ 7)

ตารางที่ 8 ผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนหน่อหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน

สิ่งทดลอง	จำนวนหน่อ (หน่อ)							
	วัน (หลังการเลี้ยงยอด)							
	7	14	21	28	35	42	49	56
0 mg/L NAA	0.00^{c}	0.00^{b}	1.10^{b}	2.00^{c}	3.00^{b}	3.30^{b}	3.50^{b}	4.30
0.25 mg/L NAA	1.00^{b}	2.00^{a}	2.20^{a}	2.60^{b}	4.40^{ab}	4.50^{ab}	5.10^{a}	5.30
0.5 mg/L NAA	1.20^{ab}	1.80^{a}	1.90^{a}	2.40^{bc}	3.30^{ab}	3.90^{ab}	4.20^{ab}	4.30
1 mg/L NAA	1.60^{a}	2.10^{a}	2.30^{a}	3.50^{a}	4.50^{a}	5.00^{a}	5.30^{a}	5.50
1.5 mg/L NAA	1.40^{ab}	1.90^{a}	2.10^{a}	3.40^{ab}	4.60^{a}	5.20^{a}	5.70^{a}	5.80
F-test	**	**	**	**	**	**	**	ns
C.V. (%)	36.26	37.49	31.44	29.22	28.01	23.35	26.05	23.73

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

จำนวนใบต่อหน่อ

จากการเลี้ยงยอดหงส์เหินในอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA แต่ละระดับความเข้มข้น มีผลต่อจำนวนใบต่อหน่อที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งตั้งแต่ 7-56 วันหลังการเลี้ยง และเมื่อเลี้ยงยอดเป็นเวลา 56 วัน พบว่า อาหารสูตร MS ที่ไม่เติม NAA มีจำนวนใบต่อหน่อเฉลี่ยมากที่สุด คือ 5.70 ใบ ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับ NAA ระดับความเข้มข้นอื่น ๆ ที่มีจำนวนใบต่อหน่อเฉลี่ย 4.10-4.50 ใบ (ตารางที่ 9 และภาพที่ 7)

ตารางที่ 9 ผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนใบต่อหน่อของต้นหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน

สิ่งทดลอง	จำนวนใบต่อหน่อ (ใบ) วัน (หลังการเลี้ยงยอด)							
	7	14	21	28	35	42	49	56
0 mg/L NAA	3.00^{a}	3.50^{a}	3.50^{a}	4.10^{a}	5.60^{a}	5.50^{a}	5.50^{a}	5.70^{a}
0.25 mg/L NAA	2.40^{b}	2.90^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.40^{b}	4.30^{b}	4.30^{b}	4.30^{b}
0.5 mg/L NAA	2.00^{c}	2.10^{c}	3.00^{b}	3.10^{b}	3.40^{b}	4.10^{b}	4.10^{b}	4.10^{b}
1 mg/L NAA	2.80^{ab}	2.80^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.40^{b}	4.10^{b}	4.10^{b}	4.10^{b}
1.5 mg/L NAA	2.90^{a}	2.90^{b}	3.00^{b}	3.80^{a}	3.80^{b}	4.50^{b}	4.50^{b}	4.50^{b}
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	12.59	13.68	7.60	14.80	13.81	12.78	12.78	11.6

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ความสูงของต้น

จากการเลี้ยงยอดหงส์เหินในอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA แต่ละระดับความเข้มข้น มีผลต่อความสูงต้นที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง หลังการเลี้ยงยอดในอาหารที่ 7 วัน และช่วง 28-35 วันของการทดลอง แต่ในช่วงอื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของความสูงต้น อย่างไรก็ตาม พบว่า การเลี้ยงยอดหงส์เหินในอาหาร MS ดัดแปลงร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อความสูงต้นเฉลี่ยที่มากตลอดระยะเวลา หลังการเลี้ยงยอดในอาหาร (ตารางที่ 10 และภาพที่ 7)

ตารางที่ 10 ผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อความสูงของหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน

สิ่งทดลอง	ความสูงต้น (ซนติเมตร) วัน (หลังการเลี้ยงยอด)							
	7	14	21	28	35	42	49	56
0 mg/L NAA	3.03^{b}	4.08	4.33	5.12^{bc}	6.77^{ab}	7.16	7.67	8.25
0.25 mg/L NAA	3.28^{ab}	4.26	4.40	4.80^{c}	6.17^{b}	7.11	8.04	8.95
0.5 mg/L NAA	3.15^{b}	4.15	4.76	6.40^{b}	7.69^{ab}	7.94	8.53	8.88
1 mg/L NAA	3.30^{b}	4.13	4.90	6.06^{abc}	8.29^{a}	8.78	9.34	9.28
1.5 mg/L NAA	3.65^{a}	4.51	5.00	7.03^{a}	8.45^{a}	8.88	9.28	9.33
F-test	**	ns	ns	**	**	ns	ns	ns
C.V. (%)	10.34	12.57	12.16	17.63	19.88	17.57	16.55	12.77

หมายเหตุ ns= ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

จำนวนราก

จากการเลี้ยงยอดหงส์เหินในอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA แต่ละระดับความเข้มข้น มีผลต่อจำนวนรากที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อเลี้ยงยอดเป็นเวลา 14-56 วัน และเลี้ยงยอดในอาหารเป็นเวลา 56 วัน พบว่า อาหารที่เติม NAA ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้มีจำนวนรากเฉลี่ยมากที่สุดซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับต้นที่เลี้ยงในอาหารไม่เติม NAA และเติม NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 11 และภาพที่ 7)

ตารางที่ 11 ผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนรากหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน

สิ่งทดลอง	จำนวนราก (ราก)							
	วัน (หลังการเลี้ยงยอด)							
	7	14	21	28	35	42	49	56
0 mg/L NAA	3.70	6.90^{a}	8.20^{a}	11.00^{b}	14.60^{bc}	16.30^{c}	17.30^{b}	19.10^{b}
0.25 mg/L NAA	3.70	6.80^{a}	7.60^{ab}	16.40^{a}	22.70^{a}	25.20^{a}	28.00^{a}	30.00^{a}
0.5 mg/L NAA	3.20	4.60^{b}	5.30^{c}	8.60^{b}	11.30^{c}	13.20^{c}	15.20^{b}	16.60^{b}
1 mg/L NAA	3.00	5.30^{ab}	6.90^{b}	13.40^{ab}	17.30^{b}	17.80^{b}	22.00^{ab}	24.10^{ab}
1.5 mg/L NAA	3.00	5.30^{ab}	5.80^{bc}	16.30^{a}	20.40^{b}	23.60^{ab}	27.90^{a}	31.30^{a}
F-test	ns	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	23.67	27.9	21.22	30.38	34.19	29.52	31.89	31.85

หมายเหตุ ns= ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ความยาวราก

จากการเลี้ยงยอดหงส์เหินในอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA แต่ละระดับความเข้มข้น มีผลต่อความยาวรากที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ตั้งแต่ 7-56 วันหลังการเลี้ยง โดยพบว่า อาหารสูตร MS ที่ไม่เติม NAA มีความยาวรากเฉลี่ยที่มากและมีความแตกต่างทางสถิติกับ NAA ทุกระดับความเข้มข้น ในขณะที่การเติม NAA ความเข้มข้นสูงขึ้นจะมีผลต่อความยาวรากที่ลดลงกว่าความเข้มข้นที่ต่ำ (ตารางที่ 12 และภาพที่ 7)

ตารางที่ 12 ผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อความยาวรากหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน

สิ่งทดลอง	ความยาวราก (เซนติเมตร) วัน (หลังการเลี้ยงยอด)							
	7	14	21	28	35	42	49	56
0 mg/L NAA	1.13^{a}	1.86^{a}	2.42^{a}	4.72^{a}	6.23^{a}	6.96^{a}	7.96^{a}	7.74^{a}
0.25 mg/L NAA	0.57^{b}	1.23^{b}	2.01^{a}	2.63^{b}	3.38^{b}	3.93^{b}	4.87^{b}	5.53^{b}
0.5 mg/L NAA	0.34^{b}	0.65^{c}	1.35^{b}	2.15^{b}	2.85^{bc}	3.11^{bc}	3.75^{b}	5.20^{b}
1 mg/L NAA	0.34^{b}	0.57^{c}	0.74^{c}	1.32^{c}	2.17^{c}	2.69^{c}	3.29^{b}	4.35^{b}
1.5 mg/L NAA	0.29^{b}	0.47^{c}	0.56^{c}	1.17^{c}	2.17^{c}	2.66^{c}	3.47^{b}	4.62^{b}
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	43.23	32.37	24.77	22.58	21.87	23.38	28.08	29.59

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

เส้นผ่าศูนย์กลางของราก

จากการเลี้ยงยอดหงส์เหินในอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA แต่ละระดับความเข้มข้น มีผลต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของรากที่แตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาการเลี้ยงตั้งแต่ 14-56 วัน โดยพบว่า NAA ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของรากเฉลี่ยมากที่สุด และมีความแตกต่างกันทางสถิติกับ NAA ความเข้มข้นอื่น ๆ เมื่อเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 42 วัน (ตารางที่ 13 และภาพที่ 7)

ตารางที่ 13 ผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของรากหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน

สิ่งทดลอง	เส้นผ่าศูนย์กลางของราก (เซนติเมตร)						
	วัน (หลังการเลี้ยงยอด)						
	14	21	28	35	42	49	56
0 mg/L NAA	0.10^{b}	0.10^{b}	0.10^{c}	0.10^{c}	0.11^{b}	0.11^{b}	0.11^{b}
0.25 mg/L NAA	0.17^{ab}	0.17^{ab}	0.16^{b}	0.16^{b}	0.14^{b}	0.14^{b}	0.15^{b}
0.5 mg/L NAA	0.14^{ab}	0.14^{ab}	0.19^{ab}	0.19^{ab}	0.15^{b}	0.15^{b}	0.16^{b}
1 mg/L NAA	0.15^{ab}	0.15^{ab}	0.21^{ab}	0.21^{ab}	0.16^{b}	0.16^{b}	0.18^{b}
1.5 mg/L NAA	0.19^{a}	0.19^{a}	0.27^{a}	0.27^{a}	0.28^{a}	0.28^{a}	0.28^{a}
F-test	*	*	**	**	**	**	**
C.V. (%)	39.62	39.62	34.28	34.28	37.43	37.43	34.92

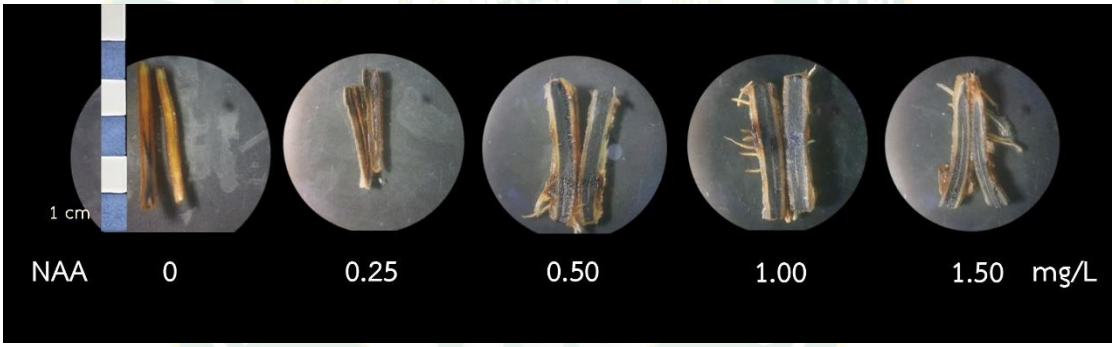
หมายเหตุ * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

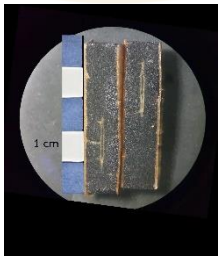
การทดสอบแป้ง

จากการทำปฏิกิริยาไอโอดีนกับแป้งที่สะสมในรากหงส์เหินหลังทำการเลี้ยงยอดในอาหารที่เติม NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ กันเป็นระยะเวลา 56 วัน พบว่า ไอโอดีนทำปฏิกิริยากับแป้งและมีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินบริเวณที่มีการสะสมแป้งภายในราก ซึ่งผลของ NAA ความเข้มข้น 0.5-1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำเงินเข้มมากกว่า NAA ความเข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 8) และมีการสะสมแป้งมากเช่นเดียวกับในสภาพโรงเรือน (ภาพที่ 9)

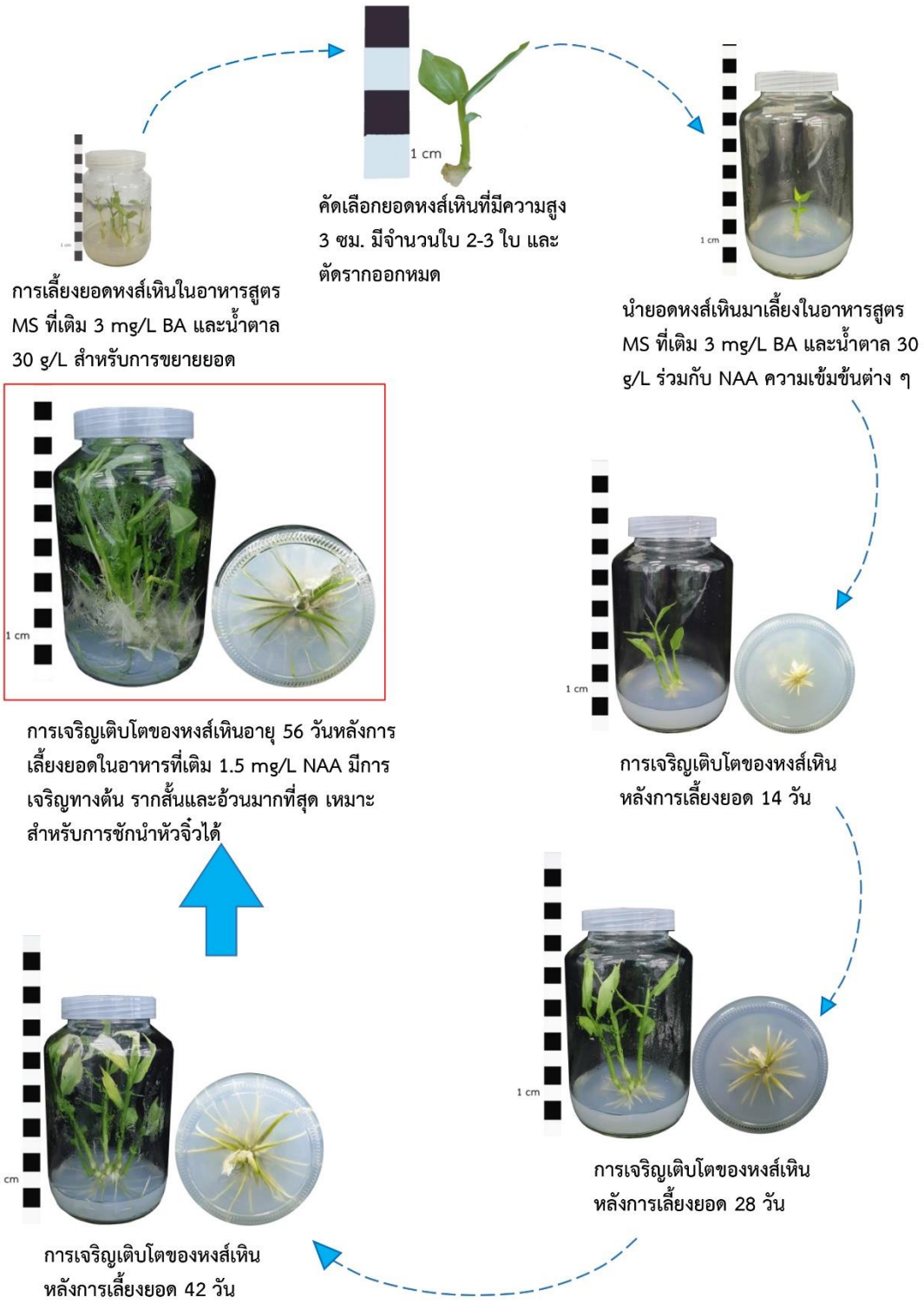
ภาพที่ 7 การเจริญเติบโตของหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติม NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 56 วัน



ภาพที่ 8 การทำปฏิกิริยาไอโอดีนกับแป้งที่รากสะสมอาหารของหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติม NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 56 วัน



ภาพที่ 9 การทำปฏิกิริยาไอโอดีนกับแป้งที่รากสะสมอาหารของหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” ที่ปลูกสภาพโรงเรือน



ภาพที่ 10 ขั้นตอนการเลี้ยงยอดหงส์เหินเพื่อชักนำหัวจิ๋วในอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติม NAA เป็นระยะเวลา 56 วัน

การทดลองที่ 3 การศึกษาผลของ NAA และระดับน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตและการเกิดหัวจิ๋วหงส์เหินในสภาพปลอดเชื้อ

จำนวนหน่อ

จากการเลี้ยงยอดหงส์เหินในอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร NAA ความเข้มข้น 0, 1 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับน้ำตาลความเข้มข้น 30, 35 และ 40 กรัมต่อลิตร พบว่า ทั้งสองปัจจัยมีผลร่วมกันหรือมีปฏิสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยการเติมน้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อการเกิดหน่อที่มากสุด รองลงมาคือ การให้น้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการเกิดหน่อ 5.30 หน่อ ซึ่งผลที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการให้น้ำตาล 35 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่มีผลต่อการเกิดหน่อน้อยที่สุดคือ 3.00 หน่อ (ตารางที่ 14 และภาพที่ 11)

จำนวนใบต่อหน่อ

จากการเลี้ยงยอดหงส์เหินในอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0, 1 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำตาลความเข้มข้น 30, 35 และ 40 กรัมต่อลิตร พบว่า การให้ NAA หรือน้ำตาลแต่ละระดับความเข้มข้นไม่มีผลต่อจำนวนใบต่อหน่อที่แตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาการเลี้ยงในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน ในขณะที่การให้ทั้งสองปัจจัยมีปฏิสัมพันธ์กันโดยทำให้จำนวนใบต่อหน่อที่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งตั้งแต่ 42 ถึง 49 วัน หลังการเลี้ยงยอด ซึ่งการให้ NAA ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำตาล 35 กรัมต่อลิตร มีผลต่อการเกิดใบมากที่สุด คือ 4 ใบต่อหน่อ เมื่อทำการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน (ตารางที่ 15 และภาพที่ 11)

ความสูงต้น

จากการเลี้ยงยอดหงส์เหินในอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0, 1 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำตาลความเข้มข้น 30, 35 และ 40 กรัมต่อลิตร พบว่า การให้ NAA มีผลต่อความสูงต้นที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งตั้งแต่การเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 28 วันและต่อเนื่องไปจนสิ้นสุดการทดลองคือที่ 49 วัน โดย พบว่า การเลี้ยงยอดในอาหารที่เติม NAA ความเข้มข้น 1 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อความสูงของต้นที่มากกว่าการไม่ให้ NAA โดยผลที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 16 และภาพที่ 11)

จำนวนราก

จากการเลี้ยงยอดหงส์เหินในอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0, 1 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำตาลความเข้มข้น 30, 35 และ 40 กรัมต่อลิตร พบว่า ทั้งสองปัจจัยมีปฏิสัมพันธ์กันตั้งแต่ 7-49 วันของการเลี้ยงยอด พบว่า การให้ NAA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร มีผลต่อการเพิ่มจำนวนรากเฉลี่ยมากที่สุดคือ 25.80 ราก แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับการเลี้ยงยอดในอาหารที่เติม NAA ความเข้มข้น 1 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำตาล 40 กรัมต่อลิตร (ตารางที่ 17 และภาพที่ 11)

ความยาวราก

จากการเลี้ยงยอดหงส์เหินในอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0, 1 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำตาลความเข้มข้น 30, 35 และ 40 กรัมต่อลิตร พบว่าทั้งสองปัจจัยมีอิทธิพลต่อกันตั้งแต่ 7-49 วันของการเลี้ยงยอด และเมื่อเลี้ยงยอดได้ 49 วัน พบว่า การให้ NAA ความเข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร (อาหารสูตร MS ที่ไม่เติม NAA) ร่วมกับการให้น้ำตาลความเข้มข้น 30 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้ความยาวรากเฉลี่ยมากที่สุดคือ 5.90 เซนติเมตร ในขณะที่การให้ NAA ที่ความเข้มข้น 1 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อความยาวของรากที่ลดลง ตามลำดับ ซึ่งความเข้มข้นของ NAA ที่เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะเมื่อให้ NAA ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการให้น้ำตาลทุกความเข้มข้นจะมีผลต่อการเกิดรากที่สั้นกว่าการไม่ให้ NAA (ตารางที่ 18 และภาพที่ 11)

เส้นผ่าศูนย์กลางของราก

จากการเลี้ยงยอดหงส์เหินในอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0, 1 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำตาลความเข้มข้น 30, 35 และ 40 กรัมต่อลิตร พบว่า ทั้งสองปัจจัยไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน ในขณะที่การให้ NAA มีผลต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของรากที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ย้ายลงอาหารที่ 7-49 วัน โดยพบว่าการให้ NAA ความเข้มข้น 1 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของรากที่เพิ่มขึ้นและมากกว่าการไม่เติม NAA โดยผลที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 19 และภาพที่ 11)

การทดสอบแป้ง

จากการทำปฏิกิริยาไอโอดีนกับแป้งที่สะสมในรากหงส์เหินหลังทำการเลี้ยงยอดในอาหารที่เติม NAA ร่วมกับน้ำตาลที่ความเข้มข้นต่างกัน เป็นระยะเวลา 49 วัน พบว่า ไอโอดีนสามารถทำปฏิกิริยากับแป้งในรากของหงส์เหินทุกสิ่งทดลอง และจะเห็นว่าการใช้ NAA ทุกความเข้มข้นร่วมกับน้ำตาลความเข้มข้น 35-40 ทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำเงินเข้มมากที่สุด (ภาพที่ 12) และเมื่อเปรียบเทียบหัวพันธุ์ในโรงเรือน พบว่า มีสีน้ำเงินเข้มเช่นเดียวกัน (ภาพที่ 13)

ตารางที่ 14 ผลของ NAA และน้ำตาลต่อจำนวนหน่อหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน

ปัจจัย	จำนวนหน่อ (หน่อ)					
	วัน (หลังการเลี้ยงยอด)					
	14	21	28	35	42	49
ความเข้มข้นของ NAA (mg/L)						
0	1.03	1.33^{a}	2.40	2.83^{a}	3.33	4.76^{a}
1	1.20	1.56^{a}	2.50	2.86^{a}	3.60	4.53^{ab}
1.5	1.13	1.26^{b}	2.23	2.46^{b}	3.20	3.90^{b}
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	ns	*	ns	*	ns	*
ความเข้มข้นของน้ำตาล (g/L)						
30	1.10^{ab}	1.70^{ab}	2.60	3.03^{a}	3.56	4.86^{a}
35	1.30^{a}	1.40^{a}	2.16	2.53^{b}	3.10	4.00^{b}
40	0.96^{b}	1.07^{b}	2.36	2.60^{b}	3.46	4.30^{ab}
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	**	**	ns	**	ns	*
NAA x น้ำตาล						
0 30	1.00^{ab}	1.80^{a}	2.60^{ab}	3.00^{ab}	3.80^{a}	5.50^{a}
1 30	1.00^{ab}	1.80^{a}	2.80^{a}	3.40^{a}	3.80^{a}	5.30^{a}
1.5 30	1.30^{a}	1.50^{ab}	2.40^{ab}	2.70^{ab}	3.10^{ab}	3.80^{ab}
0 35	1.40^{a}	1.50^{ab}	2.50^{ab}	3.00^{ab}	3.30^{ab}	4.80^{ab}
1 35	1.50^{a}	1.70^{a}	2.40^{ab}	2.70^{ab}	3.50^{ab}	4.20^{ab}
1.5 35	1.00^{ab}	1.00^{bc}	1.60^{b}	1.90^{c}	2.50^{b}	3.00^{b}
0 40	0.70^{b}	0.70^{c}	2.10^{ab}	2.50^{bc}	2.90^{ab}	4.00^{ab}
1 40	1.10^{ab}	1.20^{b}	2.30^{ab}	2.50^{bc}	3.50^{ab}	4.10^{ab}
1.5 40	1.10^{ab}	1.30^{b}	2.70^{a}	2.80^{ab}	4.00^{a}	4.90^{ab}
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	**	**	*	**	**	**
C.V. (%)	32.68	34.03	31.96	23.12	26.84	30.42

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 15 ผลของ NAA และน้ำตาลต่อจำนวนใบหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน

ปัจจัย	จำนวนใบต่อหน่อ (ใบ)						
	วัน (หลังการเลี้ยงยอด)						
	7	14	21	28	35	42	49
ความเข้มข้นของ NAA (mg/L)							
0	3.06	3.06	3.06	3.23	3.26	3.23	3.36
1	3.13	3.13	3.13	3.33	3.40	3.43	3.43
1.5	3.00	3.00	3.00	3.10	3.23	3.33	3.53
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ความเข้มข้นของน้ำตาล (g/L)							
30	3.10	3.10	3.10	3.26	3.33	3.43	3.40
35	3.06	3.06	3.06	3.20	3.33	3.30	3.60
40	3.03	3.03	3.03	3.20	3.23	3.26	3.33
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
NAA x น้ำตาล							
0 30	3.00	3.00	3.00	3.50	3.50	3.40^{abc}	3.20^{b}
1 30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.40	3.70^{ab}	3.60^{ab}
1.5 30	3.00	3.00	3.00	3.00	3.30	3.20^{bc}	3.40^{ab}
0 35	3.10	3.10	3.10	3.00	3.10	3.00^{c}	3.60^{ab}
1 35	3.10	3.10	3.10	3.30	3.30	3.10^{c}	3.20^{b}
1.5 35	3.00	3.00	3.00	3.30	3.60	3.80^{a}	4.00^{a}
0 40	3.10	3.10	3.10	3.20	3.20	3.30^{abc}	3.30^{b}
1 40	3.00	3.00	3.00	3.40	3.50	3.50^{abc}	3.50^{ab}
1.5 40	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00^{c}	3.20^{b}
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	ns	ns	ns	ns	ns	**	**
C.V. (%)	7.93	7.93	7.93	12.72	12.25	12.37	12.90

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 16 ผลของ NAA และน้ำตาลต่อความสูงต้นหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหาร เป็นระยะเวลา 49 วัน

ปัจจัย	ความสูงต้น (เซนติเมตร) วัน (หลังการเลี้ยงยอด)						
	7	14	21	28	35	42	49
ความเข้มข้นของ NAA (mg/L)							
0	3.10^{ab}	3.70	4.56	4.98^{b}	5.46b	5.91^{b}	6.94^{b}
1	3.20^{a}	3.91	4.74	5.50^{a}	5.93a	7.72^{a}	8.79^{a}
1.5	2.99^{b}	3.76	4.49	5.39^{a}	5.74ab	7.66^{a}	8.90^{a}
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	**	ns	ns	**	**	**	**
ความเข้มข้นของน้ำตาล (g/L)							
30	3.04	3.96^{a}	4.69	5.49^{a}	5.67	7.36	8.57^{a}
35	3.06	3.68^{b}	4.52	5.13^{b}	5.68	6.85	7.96^{b}
40	3.19	3.72^{b}	4.59	5.25^{ab}	5.79	7.08	8.10^{ab}
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	ns	**	ns	*	ns	ns	*
NAA x น้ำตาล							
0 30	3.01	3.79	4.48	4.84^{b}	5.31	6.19	7.25^{bc}
1 30	3.13	4.14	4.96	5.53^{ab}	5.75	7.95	9.22^{a}
1.5 30	3.00	3.90	4.63	6.10^{a}	5.95	7.96	9.24^{a}
0 35	3.15	3.69	4.74	5.05^{b}	5.19	5.48	6.30^{c}
1 35	3.04	3.69	4.44	5.36^{ab}	5.88	7.85	8.45^{ab}
1.5 35	2.99	3.68	4.39	4.98^{b}	5.70	7.51	9.14^{a}
0 40	3.14	3.62	4.48	5.05^{b}	5.61	6.37	7.28^{bc}
1 40	3.45	3.92	4.84	5.61^{ab}	6.18	7.38	8.71^{a}
1.5 40	3.00	3.64	4.47	5.10^{b}	5.59	7.51	8.32^{b}
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	ns	ns	ns	**	ns	ns	*
C.V. (%)	7.84	9.58	9.19	10.35	10.21	15.25	11.01

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 17 ผลของ NAA และน้ำตาลต่อจำนวนรากหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน

ปัจจัย		จำนวนราก (ราก)						
		วัน (หลังการเลี้ยงยอด)						
		7	14	21	28	35	42	49
ความเข้มข้นของ NAA (mg/L)								
0		2.20	3.63	5.50	7.96^{b}	10.5^{b}	12.60^{c}	16.46^{b}
1		2.30	3.83	5.93	11.10^{a}	13.53^{a}	18.30^{a}	21.53^{a}
1.5		2.03	3.20	5.20	8.76^{b}	11.67^{b}	14.83^{b}	12.50^{b}
การทดสอบทางสถิติ (F-test)		ns	ns	ns	**	**	**	**
ความเข้มข้นของน้ำตาล (g/L)								
30		2.46^{a}	4.30^{a}	6.50^{a}	10.16^{a}	13.36^{a}	17.46^{a}	19.63^{a}
35		1.93^{b}	2.96^{b}	4.76^{b}	7.40^{b}	10.10^{b}	12.43^{b}	15.13^{b}
40		2.13^{ab}	3.40^{b}	5.36^{ab}	10.26^{a}	12.23^{a}	15.83^{a}	19.43^{a}
การทดสอบทางสถิติ (F-test)		*	**	**	**	**	**	**
NAA x น้ำตาล								
0	30	1.90^{ab}	3.80^{ab}	5.90^{ab}	8.20^{bcd}	10.50^{de}	13.40^{bcd}	17.20^{b}
1	30	2.80^{a}	4.70^{a}	7.10^{a}	12.50^{a}	15.30^{a}	22.10^{a}	25.80^{a}
1.5	30	2.70^{a}	4.40^{ab}	6.50^{a}	9.80^{b}	14.30^{ab}	16.90^{b}	15.90^{cd}
0	35	2.70^{a}	4.30^{ab}	6.40^{a}	8.10^{bcd}	10.90^{c}	12.20^{cd}	16.30^{cd}
1	35	1.90^{ab}	3.10^{b}	4.90^{ab}	8.90^{abc}	11.40^{b}	14.90^{bc}	16.30^{cd}
1.5	35	1.20^{b}	1.50^{c}	3.00^{b}	5.20^{d}	8.00^{e}	10.20^{d}	12.80^{d}
0	40	2.00^{ab}	2.80^{bc}	4.20^{ab}	7.60^{c}	10.10^{d}	12.20^{c}	15.90^{c}
1	40	2.20^{ab}	3.70^{ab}	5.80^{ab}	11.90^{ab}	13.90^{b}	17.90^{ab}	22.50^{ab}
1.5	40	2.20^{ab}	3.70^{ab}	6.10^{a}	11.30^{ab}	12.70^{abc}	17.40^{ab}	19.90^{abc}
การทดสอบทางสถิติ (F-test)		**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)		33.22	35.82	38.21	29.2	19.76	22.28	23.83

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 18 ผลของ NAA และน้ำตาลต่อความยาวรากหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน

ปัจจัย	ความยาวราก (เซนติเมตร) วัน (หลังการเลี้ยงยอด)						
	7	14	21	28	35	42	49
ความเข้มข้นของ NAA (mg/L)							
0	0.91^{a}	1.42^{a}	1.87^{a}	2.64^{a}	3.11^{a}	3.84^{a}	4.60^{a}
1	0.29^{b}	0.52^{b}	0.75^{b}	1.51^{b}	1.99^{b}	2.45^{b}	4.05^{a}
1.5	0.21^{b}	0.33^{c}	0.46^{c}	1.03^{c}	1.58^{c}	2.08^{b}	2.90^{b}
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	**	**	**	**	**	**	**
ความเข้มข้นของน้ำตาล (g/L)							
30	0.57^{a}	0.90^{a}	1.16^{a}	2.12^{a}	2.62^{a}	3.30^{a}	4.73^{a}
35	0.47^{ab}	0.74^{ab}	1.01^{ab}	1.62^{b}	2.08^{b}	2.59^{b}	3.59^{b}
40	0.36^{b}	0.62^{b}	0.92^{b}	1.45^{b}	1.98^{b}	2.48^{b}	3.24^{b}
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	**	**	*	**	**	**	**
NAA x น้ำตาล							
0 30	1.17^{a}	1.71^{a}	2.10^{a}	3.23^{a}	3.90^{a}	4.96^{a}	5.90^{a}
1 30	0.34^{bc}	0.61^{c}	0.87^{c}	1.78^{b}	2.14^{c}	2.63^{cd}	4.75^{ab}
1.5 30	0.21^{c}	0.39^{c}	0.51^{c}	1.35^{b}	1.83^{c}	2.31^{cd}	3.54^{bcd}
0 35	0.96^{a}	1.49^{a}	1.97^{ab}	2.94^{a}	3.15^{b}	3.69^{b}	4.73^{ab}
1 35	0.23^{c}	0.45^{c}	0.64^{c}	1.41^{b}	2.02^{c}	2.43^{cd}	3.96^{b}
1.5 35	0.24^{c}	0.30^{c}	0.44^{c}	0.51^{c}	1.09^{d}	1.67^{d}	2.08^{d}
0 40	0.62^{b}	1.06^{b}	1.56^{b}	1.76^{b}	2.30^{c}	2.87^{bc}	3.18^{cd}
1 40	0.30^{bc}	0.50^{c}	0.76^{c}	1.35^{b}	1.83^{c}	2.30^{cd}	3.46^{bcd}
1.5 40	0.18^{c}	0.31^{c}	0.45^{c}	1.24^{bc}	1.83^{c}	2.27^{c}	3.08^{cd}
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	**	**	*	**	**	**	**
C.V. (%)	48.98	34.18	29.97	33.25	22.45	24.76	26.64

หมายเหตุ * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95%, ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

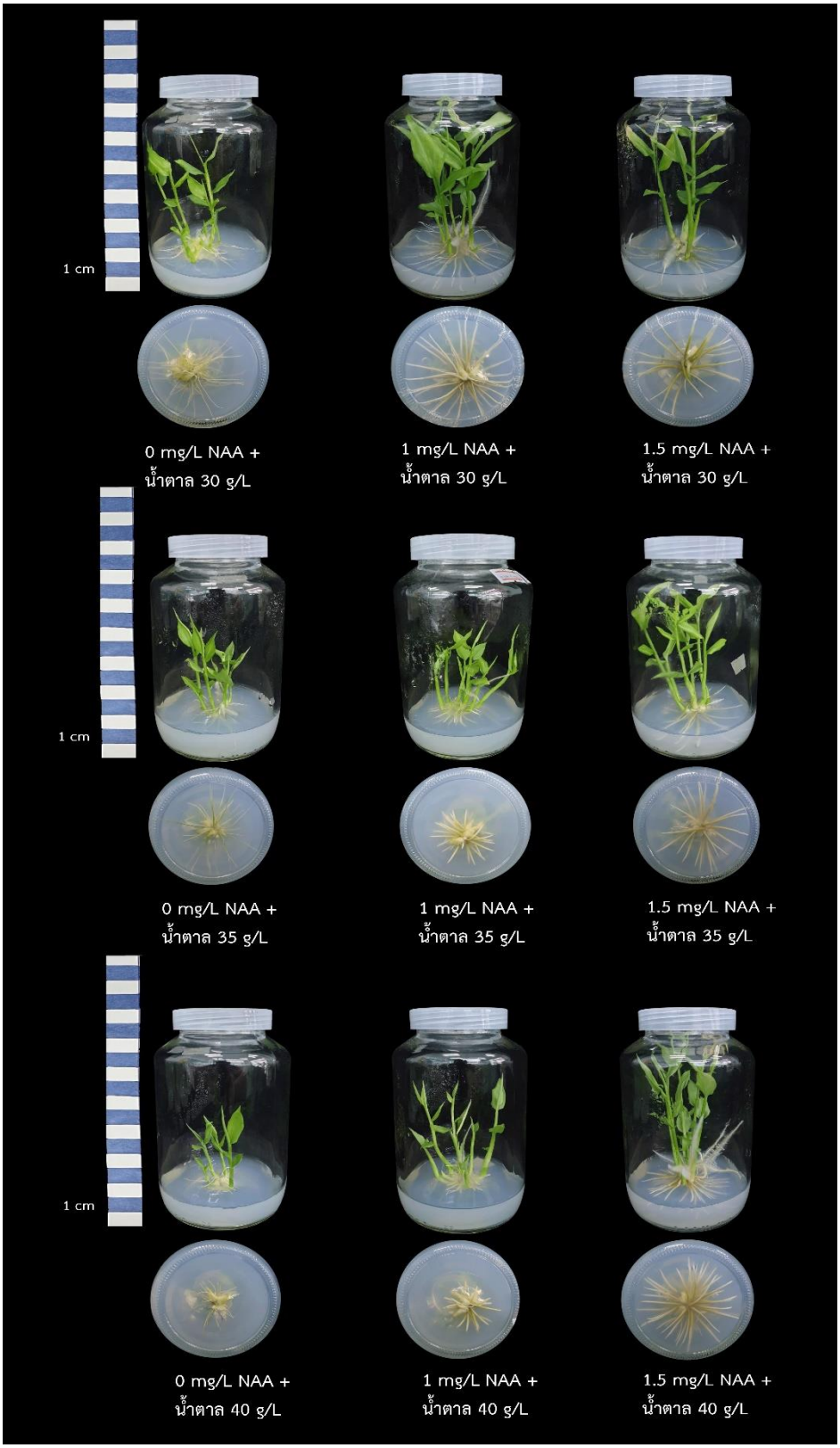
ตารางที่ 19 ผลของ NAA และน้ำตาลต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของรากหงส์เหิน “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน

ปัจจัย	เส้นผ่าศูนย์กลางของราก (เซนติเมตร)						
	วัน (หลังการเลี้ยงยอด)						
	7	14	21	28	35	42	49
ความเข้มข้นของ NAA (mg/L)							
0	0.10^{b}	0.10^{b}	0.10^{b}	0.10^{b}	0.10^{b}	0.10^{b}	0.10^{b}
1	0.13^{a}	0.13^{a}	0.15^{a}	0.19^{a}	0.18^{a}	0.21^{a}	0.22^{a}
1.5	0.14^{a}	0.14^{a}	0.16^{a}	0.19^{a}	0.21^{a}	0.21^{a}	0.23^{a}
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	**	**	**	**	**	**	**
ความเข้มข้นของน้ำตาล (g/L)							
30	0.10^{b}	0.10^{b}	0.12	0.16	0.15	0.16^{b}	0.18
35	0.13^{ab}	0.13^{ab}	0.14	0.16	0.17	0.17^{ab}	0.18
40	0.14^{a}	0.14^{a}	0.15	0.17	0.18	0.19^{a}	0.20
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	**	**	ns	ns	ns	*	ns
NAA x น้ำตาล							
0 30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
1 30	0.10	0.10	0.13	0.16	0.18	0.19	0.21
1.5 30	0.12	0.12	0.14	0.20	0.20	0.21	0.24
0 35	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11
1 35	0.14	0.14	0.15	0.19	0.19	0.22	0.23
1.5 35	0.15	0.15	0.18	0.19	0.19	0.21	0.21
0 40	0.11	0.11	0.11	0.10	0.11	0.11	0.11
1 40	0.17	0.17	0.19	0.21	0.21	0.23	0.24
1.5 40	0.15	0.15	0.16	0.20	0.22	0.24	0.25
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	30.38	30.38	36.19	18.62	29.98	22.93	22.78

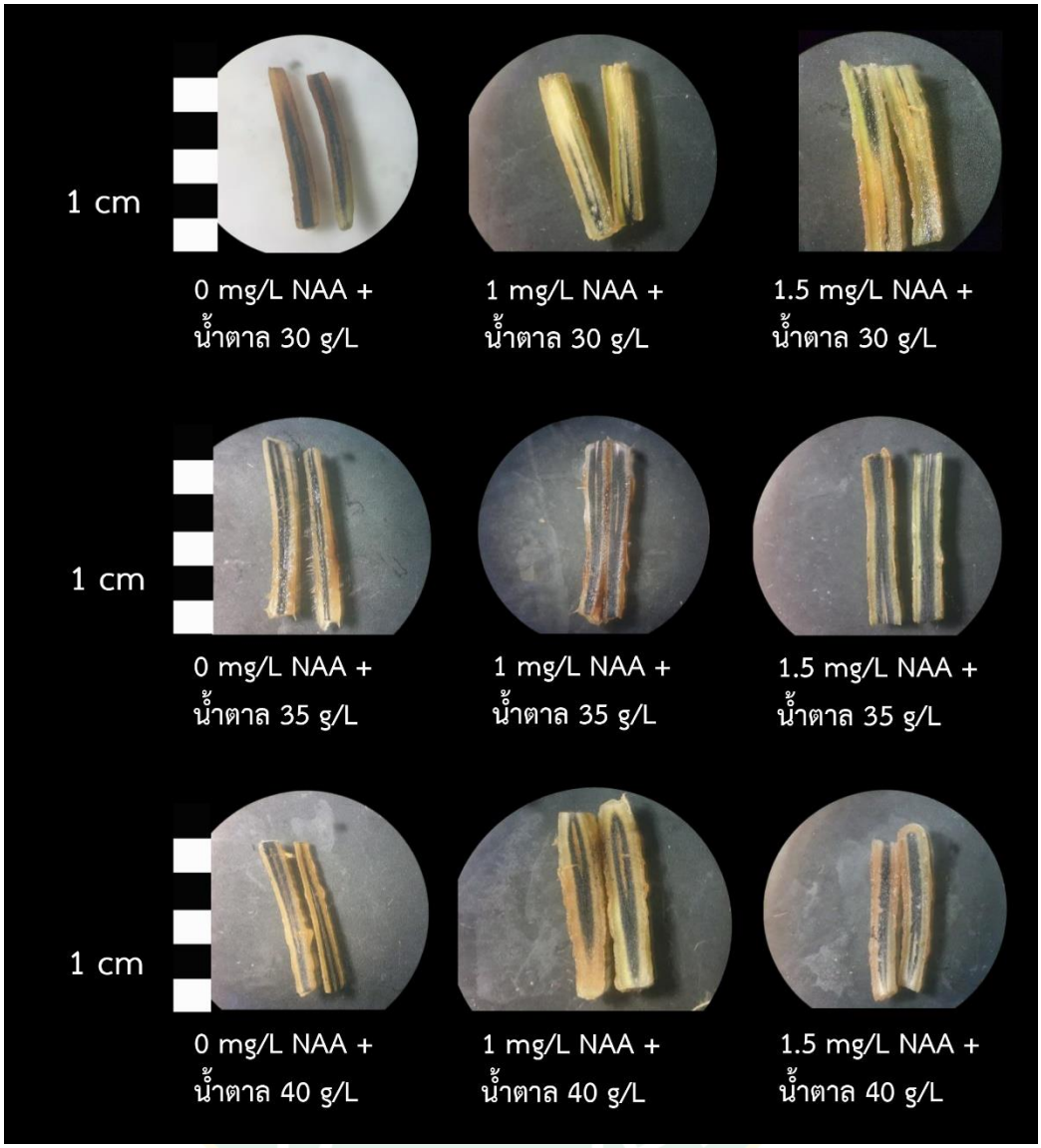
หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95%

** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

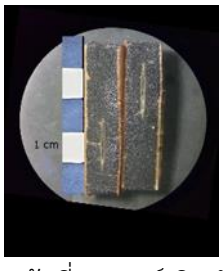
ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test



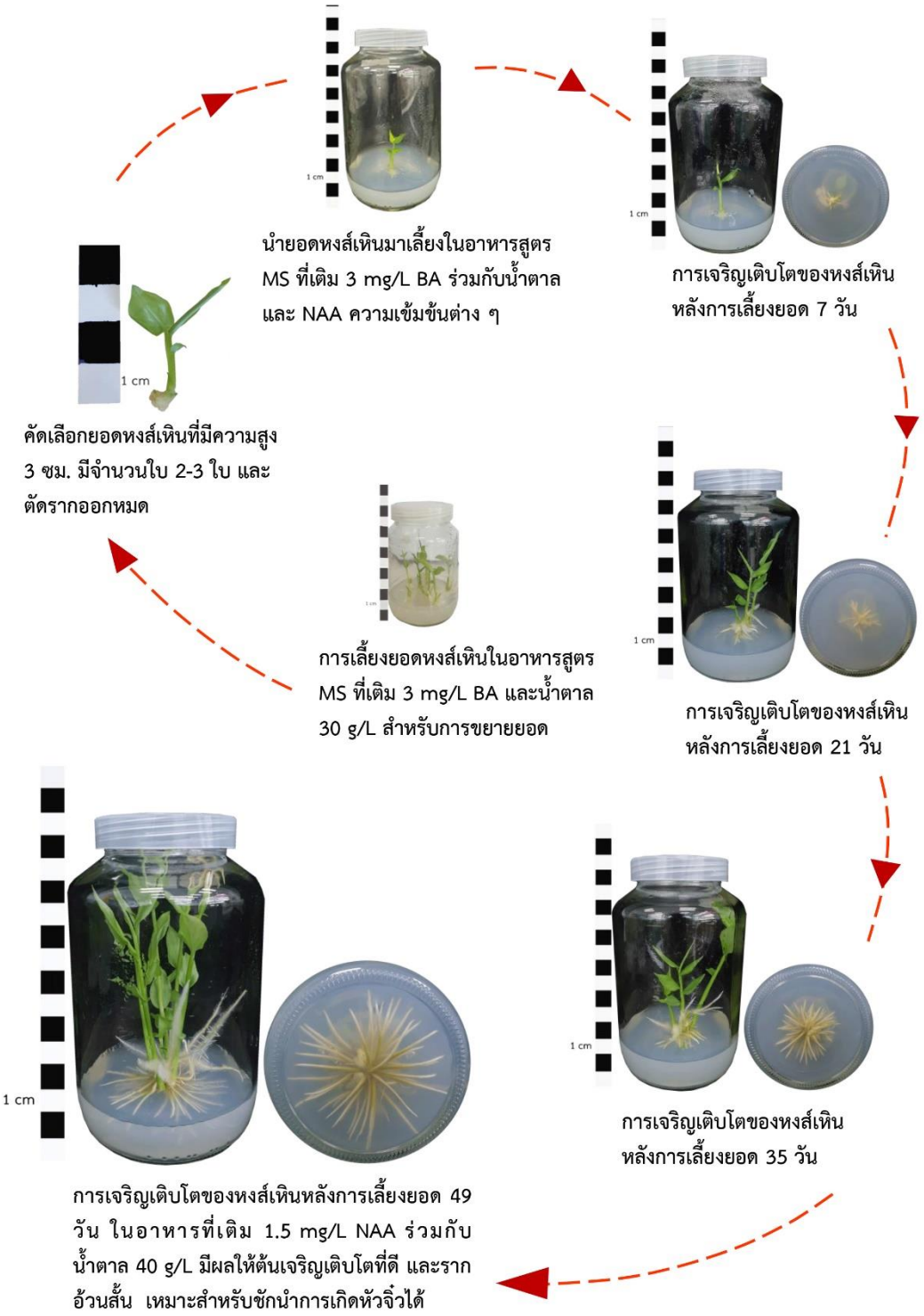
ภาพที่ 11 การเจริญเติบโตของหงส์เหินพันธุ์ “MJ16”หลังการให้ NAA และน้ำตาลหลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน



ภาพที่ 12 การทำปฏิกิริยาไอโอดีนกับแป้งในรากหงส์เหินพันธุ์ “MJ16”หลังการให้ NAA และน้ำตาล หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน



ภาพที่ 13 การทำปฏิกิริยาไอโอดีนกับแป้งที่รากหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” ที่ปลูกในสภาพโรงเรือน



ภาพที่ 14 ขั้นตอนการเลี้ยงยอดหงส์เหินเพื่อชักนำหัวจิ๋วในอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติม NAA ร่วมกับน้ำตาลเป็นระยะเวลา 49 วัน

จากการศึกษาผลของน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตและการชักนำให้เกิดหัวจิ๋วของหงส์เหินในสภาพปลอดเชื้อ หลังเลี้ยงยอดในอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการให้น้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ คือ 0, 30, 40, 50 และ 60 กรัมต่อลิตร พบว่า การเลี้ยงยอดในอาหารที่เติมน้ำตาลความเข้มข้น 30 กรัมต่อลิตร ส่งผลทำให้การเจริญด้านจำนวนหน่อใหม่ จำนวนใบต่อหน่อ ความสูงต้น จำนวนราก และความยาวรากมีค่ามากที่สุด ในขณะที่การเติมน้ำตาล 40-50 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้รากสั้นลงและมีเส้นผ่าศูนย์กลางของรากหรือรากอ้วนมากขึ้นกว่าการเติมน้ำตาลระดับอื่น ๆ

ผลการวิจัยในครั้งนี้ให้ผลไปในแนวทางที่สอดคล้องกับการวิจัยในพืชวงศ์ขิงชนิดอื่น ๆ ที่พืชต้องการน้ำตาลสำหรับการเจริญเติบโตและต้องการในปริมาณที่แตกต่างกันไปสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในสภาพปลอดเชื้อ เช่น การศึกษาผลของปริมาณน้ำตาลต่อการเติบโตของขมิ้นชันที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS และเติมน้ำตาลความเข้มข้น 30 กรัมต่อลิตร ทำให้มีจำนวนใบ ยอด และรากใหม่เพิ่มมากขึ้น และต้นมีการเจริญเติบโตช้าลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาล จาก 30 เป็น 60 และ 90 กรัมต่อลิตร (อนุพันธ์ และ วีระชน, 2005) ส่วน Chidburee *et al*. (2007) รายงานว่า การชักนำหัวปทุมมาในสภาพปลอดเชื้อโดยการใช้น้ำตาล 40 กรัมต่อลิตร ในอาหารสูตร MS ช่วยให้มีการสร้างหัวมากที่สุดคือ 6.67 หัวต่อต้น มีเส้นผ่าศูนย์กลางหัวประมาณ 0.60 เซนติเมตร ในขณะที่การเลี้ยงต้นหน่อกะลาบนอาหารสูตร MS ที่เติมน้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร ทำให้เกิดยอดใหม่ได้น้อยกว่าความเข้มข้น 60 กรัมต่อลิตร แต่การเพิ่มน้ำตาลเป็น 90 กรัมต่อลิตร สามารถทำให้เกิดยอดใหม่และจำนวนรากได้มากกว่าความเข้มข้นอื่น ๆ (จันทนา, 2554) ส่วนการเพาะเลี้ยงต้นอ่อนขิง ในอาหารสูตร MS เติมน้ำตาล 80-110 กรัมต่อลิตร มีความเหมาะสมในการเจริญที่ดีของต้น แต่ถ้าใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นจะทำให้การเจริญเติบโตด้านความสูงลดลง และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลมากกว่า 110 กรัมต่อลิตรขึ้นไป ต้นอ่อนขิงจะเสียหายและตายได้ (Zheng *et al*., 2008) การเพาะเลี้ยงต้นอ่อนขิงสายพันธุ์ Tambunan ในน้ำตาล 60 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ BAP ความเข้มข้น 6 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถกระตุ้นให้จำนวนหัวจิ๋ว น้ำหนักหัว จำนวนราก จำนวนหน่อ เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน (David *et al*., 2018) ขณะที่ขิงบางสายพันธุ์ เช่น *Curcuma amada* Roxb. ตอบสนองต่อน้ำตาลความเข้มข้น 80-90 กรัมต่อลิตร ทำให้มีการเจริญเติบโตได้ดี และมีปริมาณหัวจิ๋วหรือเหง้ามากที่สุด (Nayak, 2000) และในขิง *Zingiber officinale* Roscoe มีการตอบสนองต่อน้ำตาลความเข้มข้น 90 กรัมต่อลิตร สามารถการเกิดหัวจิ๋วเช่นกัน (Eufrocinio *et al*., 2018)

จากการศึกษาผลของการให้ NAA ต่อการเจริญเติบโตและการชักนำให้เกิดหัวจิ๋วในสภาพปลอดเชื้อ โดยการเลี้ยงในอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตรรและให้ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า การเลี้ยงยอดในอาหาร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตรส่งผลให้มีจำนวนหน่อใหม่ ความสูงของต้น จำนวนรากสูงที่สุด และในขณะเดียวกัน

การให้ NAA ความเข้มข้นที่สูง 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลทำให้รากมีลักษณะสั้นลงและมีการขยายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรากมากขึ้นกว่าการเติม NAA ระดับความเข้มข้นอื่น ๆ ซึ่งผลที่ได้มีความสอดคล้องกับการสะสมแป้งที่รากในปริมาณมากขึ้น โดยดูจากผลของการทำปฏิกิริยาของไอโอดีนกับแป้งที่มีสีน้ำเงินเข้มทั่วทุกส่วนของราก ซึ่งจะเห็นได้ชัดเมื่อให้ NAA ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.5-1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

การวิจัยในครั้งนี้ให้ผลไปในแนวทางที่สอดคล้องกับการวิจัยในพืชวงศ์ขิง และพืชหัวชนิดอื่น ๆ ที่ตอบสนองต่อ NAA ในการชักนำหัวจิ๋วในสภาพปลอดเชื้อ แต่อาจมีความต้องการ NAA ในปริมาณที่แตกต่างกันไป เช่น NAA ความเข้มข้น 0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 5.2 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดหัวจิ๋วขมิ้นชัน (*Curcuma Langa* Linn.) ได้ (Islam *et al*., 2004) นอกจากนี้ Jala (2012) ศึกษาในขมิ้นเช่นกันพบว่า การใช้ NAA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 2 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้มีจำนวนยอดใหม่สูงสุด 2.6 และ 2.4 ยอด ตามลำดับ แต่ไม่มีรายงานการเกิดหัวจิ๋ว ขณะที่ กรณ์ และคณะ (2560) รายงานว่า การให้ NAA ความเข้มข้น 1-3 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลต่อการเกิดรากและจำนวนรากมากที่สุด แต่ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของ NAA ถึง 5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มการเกิดรากฝอยน้อยและรากมีลักษณะอวบใหญ่และความยาวจำกัด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะออกซินความเข้มข้นสูงไปยับยั้งการสร้างรากแขนง ขนาดรากที่โตขึ้นเกิดจากมีการแบ่งเซลล์จำนวนมากทำให้การขยายขนาดของรากด้านข้างมากกว่าการยืดยาว (Bausher and Yolenosky, 1987) นอกจากนี้การให้ออกซินในความเข้มข้นสูงยังมีผลต่อการกระตุ้นการสร้างเอทธิลีน (ethylene) ทำให้ไปยับยั้งการเจริญเติบโตของราก ใบ และลำต้นด้วย (Taiz and Zeiger, 2002)

จากการศึกษาผลของ NAA และน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตและการชักนำหัวจิ๋วหงส์เหินในสภาพปลอดเชื้อ เมื่อผสมในอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า อาหารที่เติม NAA ความเข้มข้น 0-1.5 มิลลิกรัมต่อลิตรและน้ำตาล 30-40 กรัมต่อลิตรมีอิทธิพลร่วมกันต่อจำนวนการเกิดหน่อใหม่ จำนวนราก ความยาวรากที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ย้ายยอดลงอาหารที่ 7-49 วัน ในขณะที่การให้เฉพาะ NAA มีผลต่อจำนวนใบในช่วงที่ 28-49 วัน แต่มีผลต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรากที่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่า การให้ NAA ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตรมีผลต่อการเกิดรากสะสมอาหารที่อ้วนสั้นสุด แต่อย่างไรก็ตามถ้าหากจะให้หัวจิ๋วที่ชักนำมีจำนวนของหน่อ หรือหัวย่อยที่มาก ควรใช้อาหารที่เติม NAA ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการให้น้ำตาล 40 กรัมต่อลิตร ซึ่งจะให้จำนวนหน่อเฉลี่ย 4.9 หน่อ หรือให้หัวย่อยจำนวน 4.9 หัว

การวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการให้ NAA ในความเข้มข้นสูงร่วมกับน้ำตาลความเข้มข้นสูง ๆ จะมีผลต่อการเจริญของรากที่สั้นลงและมีลักษณะอ้วนซึ่งเป็นผลดีต่อการพัฒนาให้เกิดหัวจิ๋วในสภาพ

ปลอดเชื้อได้ อย่างไรก็ตามพืชในวงศ์นี้มีการตอบสนองต่อระดับความเข้มข้นของ NAA และน้ำตาลแตกต่างกัน เช่น การผลิตขิงปลอดโรค โดยการให้น้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดต้นหรือหน่อใหม่มากที่สุด (นิพนธ์ และคณะ 2540) ส่วนในขมิ้นชันมีรายงานว่าการใช้ NAA ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับไคเนติน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำตาล 60-80 กรัมต่อลิตรมีความเหมาะสมในการชักนำการเกิดหัวในขมิ้นได้ดี (Sunitibala *et al*., 2001)

การวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น แสดงให้เห็นว่าการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในสภาพปลอดเชื้อต้องการน้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากพืชมีการสังเคราะห์แสงในอัตราที่ต่ำและการเลี้ยงต้นในขวดอาหารมีผลให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าปกติ ดังนั้นการให้น้ำตาลซึ่งเป็นชนิดเดียวกันกับที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของพืชแก่ต้นที่เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อจึงช่วยทดแทนน้ำตาลจากการสังเคราะห์แสงและพืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที โดยไม่ต้องรอน้ำตาลจากการสังเคราะห์แสงด้วยตัวพืชเอง แต่อย่างไรก็ตามจะต้องให้ในปริมาณที่เหมาะสมตามความต้องการของชนิด พันธุ์ และระยะการเจริญเติบโตของพืช ในการเจริญเติบโตระยะแรกของไม้ดอกประเภทหัว (ขณะที่ยังไม่สร้างหัว) ใบอ่อนทำหน้าที่เป็นแหล่งรับอาหาร (sink) โดยอาหารถูกลำเลียงจากใบที่เจริญเต็มที่ ซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งสร้างอาหาร (source) (โสระยา, 2558) เพื่อเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและสร้างอาหารเก็บสะสมไว้ที่ใบ แต่ในกรณีที่ให้น้ำตาลในปริมาณที่สูงเกินไปอาจมีผลกระทบต่อการเจริญที่ช้าลง เช่น ความสูงต้น จำนวนใบและรากลดลง ซึ่งลักษณะการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดเช่นเดียวกันในการเลี้ยงยอดหงส์เหิน “MJ16” โดยเฉพาะในน้ำตาล 60 กรัมต่อลิตร ซึ่งให้ผลต่อการเจริญของยอดชะงัก โดยพืชมีลักษณะของใบไม่คลี่ ต้นแคระแกรน และเกิดอาการเหี่ยวจากยอดสู่โคนต้น ซึ่งเป็นผลจากการให้น้ำตาลมีความเข้มข้นที่สูงเกินไปส่งผลให้เกิด osmotic stress รากพืชถูกสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูงขัดขวางการดูดน้ำและธาตุอาหารจากอาหารที่เลี้ยงทำให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชและเกิดความเป็นพิษแก่เซลล์พืชได้ (Jo *et al*., 2009) การชักนำให้ต้นหงส์เหินเกิดหัวจิ๋วในสภาพปลอดเชื้อได้จำเป็นต้องมีการให้ทั้งสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชในการเพิ่มปริมาณยอด ได้แก่ BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และชักนำการเพิ่มจำนวนและขนาดรากที่ใหญ่และสั้นโดยการให้ NAA ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการให้แหล่งอาหารแก่พืช ได้แก่ น้ำตาลความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร เพื่อให้พืชสามารถนำไปใช้สำหรับการเจริญเติบโตและนำไปเก็บไว้ในส่วนรากสะสมอาหารเพื่อการสร้างหัวจิ๋วในสภาพปลอดเชื้อ

การทดลองที่ 4 การศึกษาผลของวัสดุปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพหัวพันธุ์หงส์เหินในสภาพโรงเรือน

จำนวนหน่อ

จากการนำต้นหงส์เหินที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ มาปลูกเลี้ยงในสภาพโรงเรือนโดยใช้วัสดุชนิดต่าง ๆ นั้นมีผลต่อจำนวนหน่อ โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ตั้งแต่ 14 วันหลังปลูกซึ่งผลที่ได้ พบว่า การปลูกในทราย : กาบมะพร้าว และทราย : ขุยมะพร้าว มีผลต่อจำนวนหน่อโดยรวมที่สูงตลอดระยะเวลาการปลูกและให้ผลที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการปลูกโดยใช้ดินที่เป็นชุดควบคุม (ตารางที่ 20-22 และภาพที่ 17)

จำนวนใบ

จากการนำต้นหงส์เหินที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อมาปลูกเลี้ยงในสภาพโรงเรือนโดยใช้วัสดุปลูกต่าง ๆ มีผลต่อจำนวนใบที่แตกต่างกันทางสถิติ ตั้งแต่ 14 วันหลังการย้ายปลูก จากนั้นเห็นได้ชัดว่าจำนวนใบไม่แตกต่างกันเมื่อเลี้ยงต้นเป็นเวลาตั้งแต่ 196-210 วัน ซึ่งเป็นช่วงเวลาของการพักตัวของต้น แต่อย่างไรก็ตามจากผลที่ได้ พบว่า การปลูกในทราย : ขุยมะพร้าว และ ทราย : กาบมะพร้าว มีผลต่อจำนวนใบโดยรวมที่มากตลอดระยะเวลาการปลูก และไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการปลูกโดยใช้ดินที่เป็นชุดควบคุม (ตารางที่ 23-25 และภาพที่ 17)

ความสูงต้น

จากการนำต้นหงส์เหินที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อมาปลูกเลี้ยงในสภาพโรงเรือนโดยใช้วัสดุปลูกต่าง ๆ มีผลต่อความสูงต้นที่แตกต่างกันทางสถิติตั้งแต่ 7 วันหลังการย้ายปลูก ซึ่งการปลูกในทราย : ขุยมะพร้าว ส่งผลให้มีความสูงต้นมากที่สุดคือ 42.93 เซนติเมตร โดยมีความแตกต่างทางสถิติกับวัสดุปลูกอื่น ๆ ยกเว้นการปลูกใน ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ ที่มีความสูงต้น 41.00 เซนติเมตร เมื่อปลูกเป็นระยะเวลา 182 วัน (ตารางที่ 26-28 และภาพที่ 17)

จำนวนช่อดอก

จากการนำต้นหงส์เหินที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อมาปลูกเลี้ยงในสภาพโรงเรือนโดยใช้วัสดุปลูกต่าง ๆ มีผลต่อจำนวนช่อดอกที่แตกต่างกันทางสถิติ ตั้งแต่ 119 วันหลังการย้ายปลูกโดยพบว่าจำนวนช่อดอกสูงสุดคือ 11.46 ช่อต่อกอ เมื่อปลูกเลี้ยงในดินเป็นระยะเวลา 175 วัน ซึ่งผลที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการปลูกในวัสดุปลูกอื่น ๆ ยกเว้น การปลูกใน ทราย : ขุยมะพร้าว และทราย : กาบมะพร้าว (ตารางที่ 29-30 และภาพที่ 17)

ตารางที่ 20 ผลของวัสดุปลูกต่อจำนวนหน่อหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 14-91 วัน

สิ่งทดลอง	จำนวนหน่อ (หน่อ)											
	วัน (หลังปลูก)											
	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91
ดิน (ชุดควบคุม)	1.00^{c}	1.20^{b}	1.53^{b}	2.00^{ab}	2.06^{ab}	2.40^{ab}	2.67^{b}	3.20^{ab}	3.93^{a}	4.13^{ab}	4.13^{ab}	4.46^{a}
ทราย	1.00^{c}	1.26^{b}	1.46^{b}	1.80^{b}	1.80^{b}	1.86^{b}	2.00^{d}	2.00^{e}	2.80^{d}	2.93^{d}	2.93^{d}	2.93^{d}
ขุยมะพร้าว	1.00^{c}	1.26^{b}	1.40^{b}	1.40^{c}	1.40^{c}	1.53^{c}	2.53^{c}	2.60^{cd}	2.60^{e}	2.60^{e}	2.60^{e}	2.60^{e}
กาบมะพร้าว	1.00^{c}	1.13^{b}	1.26^{b}	1.40^{c}	1.40^{c}	1.53^{c}	2.00^{d}	2.46^{d}	2.46^{e}	2.46^{e}	2.53^{e}	2.53^{e}
แกลบดิบ	1.00^{c}	1.26^{b}	1.33^{b}	1.40^{c}	1.40^{c}	1.67^{c}	2.00^{d}	2.73^{bcd}	2.80^{d}	2.80^{d}	2.93^{de}	2.93^{d}
ทราย : ขุยมะพร้าว	1.40^{ab}	2.20^{a}	2.33^{a}	2.40^{a}	2.46^{a}	2.53^{a}	3.13^{ab}	3.53^{a}	3.73^{ab}	4.46^{a}	4.46^{a}	4.46^{a}
ทราย : กาบมะพร้าว	1.67^{a}	2.26^{a}	2.33^{a}	2.46^{a}	2.53^{a}	2.60^{a}	3.20^{ab}	3.53^{a}	3.53^{b}	4.06^{ab}	4.06^{ab}	4.06^{ab}
ทราย : แกลบดิบ	1.26^{b}	1.46^{b}	1.60^{b}	1.60^{bc}	1.60^{bc}	1.67^{c}	3.26^{a}	3.13^{b}	3.26^{bcd}	3.80^{b}	3.80^{b}	3.80^{b}
ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ	1.40^{ab}	1.46^{b}	1.66^{b}	1.67^{bc}	1.67^{bc}	1.67^{c}	2.26^{cd}	2.46^{d}	3.20^{cd}	3.33^{c}	3.33^{c}	3.30^{c}
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	27.41	33.37	30.81	26.97	26.22	25.19	18.08	17.56	14.16	14.54	14.09	14.41

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 21 ผลของวัสดุปลูกต่อจำนวนหน่อหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 98-161 วัน **(ต่อ)**

สิ่งทดลอง	จำนวนหน่อ (หน่อ)									
	วัน (หลังปลูก)									
	98	105	112	119	126	133	140	147	154	161
ดิน (ชุดควบคุม)	4.73^{b}	5.33^{a}	6.40^{a}	7.20^{a}	8.60^{ab}	8.93^{b}	11.46^{a}	12.20^{a}	13.67^{b}	12.93^{ab}
ทราย	3.00^{d}	3.00^{cd}	3.73^{cde}	4.53^{bc}	6.13^{bcd}	6.06^{d}	6.86^{bc}	7.46^{c}	9.46^{cd}	9.40^{bc}
ขุยมะพร้าว	2.86^{d}	2.90^{cd}	2.73^{e}	3.26^{c}	4.06^{d}	4.20^{e}	4.86^{c}	6.46^{d}	7.67^{d}	7.33^{c}
กาบมะพร้าว	3.00^{d}	3.00^{cd}	3.20^{d}	4.06^{bc}	5.26^{c}	4.67^{de}	6.20^{bc}	6.93^{cd}	7.80^{d}	6.86^{c}
แกลบดิบ	2.80^{d}	2.53^{d}	3.93^{cd}	4.60^{bc}	5.06^{d}	5.93^{de}	6.73^{bc}	7.93^{bcd}	9.26^{c}	8.13^{c}
ทราย : ขุยมะพร้าว	5.46^{a}	5.46^{a}	5.57^{ab}	6.86^{a}	9.46^{a}	10.40^{a}	11.40^{a}	12.26^{a}	15.73^{a}	14.60^{a}
ทราย : กาบมะพร้าว	4.60^{b}	5.00^{a}	5.33^{b}	6.86^{a}	7.80^{b}	9.33^{ab}	11.60^{a}	11.80^{ab}	14.67^{ab}	14.60^{a}
ทราย : แกลบดิบ	4.26^{b}	4.20^{b}	4.20^{cd}	5.33^{b}	6.60^{bcd}	7.26^{bcd}	9.33^{ab}	10.46^{b}	12.20^{bc}	10.26^{b}
ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ	3.60^{c}	3.40^{c}	4.26^{c}	4.93^{b}	5.60^{cd}	7.20^{c}	8.33^{b}	9.13^{c}	12.06^{bc}	9.00^{bc}
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	12.98	14.49	20.19	23.86	35.13	32.65	36.47	36.87	39.66	37.95

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 22 ผลของวัสดุปลูกต่อจำนวนหน่อหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 168-210 วัน **(ต่อ)**

สิ่งทดลอง	จำนวนหน่อ (หน่อ)						
	วัน (หลังปลูก)						
	168	175	182	189	196	203	210
ดิน (ชุดควบคุม)	17.46^{ab}	14.86^{b}	16.40^{ab}	16.40^{a}	16.26^{a}	17.33^{a}	14.46^{ab}
ทราย	12.46^{c}	12.33^{bcd}	12.06^{bcd}	11.80^{cde}	12.73^{ab}	13.40^{ab}	12.73^{abc}
ขุยมะพร้าว	6.86^{d}	8.20^{e}	9.73^{d}	9.13^{e}	11.00^{b}	11.20^{b}	8.73^{c}
กาบมะพร้าว	9.40^{cd}	9.46^{de}	11.20^{c}	11.26^{cde}	13.20^{ab}	12.06^{b}	10.93^{abc}
แกลบดิบ	11.26^{cd}	9.46^{de}	10.93^{cd}	10.33^{de}	12.86^{ab}	11.67^{b}	10.40^{bc}
ทราย : ขุยมะพร้าว	18.20^{a}	17.60^{a}	16.73^{a}	16.00^{ab}	15.77^{ab}	15.60^{ab}	13.13^{abc}
ทราย : กาบมะพร้าว	17.33^{ab}	17.00^{ab}	16.00^{b}	15.33^{b}	17.13^{a}	17.40^{a}	16.26^{a}
ทราย : แกลบดิบ	14.00^{b}	11.93^{d}	15.86^{abc}	14.20^{c}	16.33^{a}	14.80^{ab}	13.73^{b}
ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ	11.33^{c}	13.60^{c}	13.13^{c}	11.00^{d}	13.73^{ab}	12.67^{ab}	10.40^{bc}
F-test	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	36.64	32.83	33.71	32.80	31.10	30.54	39.15

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 23 ผลของวัสดุปลูกต่อจำนวนใบหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 14-91 วัน

สิ่งทดลอง	จำนวนใบ (ใบ)											
	วัน (หลังปลูก)											
	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91
ดิน (ชุดควบคุม)	3.33^{ab}	3.33^{ab}	3.33^{ab}	3.33^{ab}	3.33^{ab}	3.33^{ab}	3.46^{a}	3.46^{a}	3.46^{a}	3.40^{ab}	3.40^{ab}	3.67^{a}
ทราย	3.13^{ab}	3.13^{ab}	3.13^{ab}	3.13^{ab}	3.13^{ab}	3.13^{ab}	3.20^{ab}	3.20^{ab}	3.20^{ab}	3.26^{ab}	3.26^{ab}	3.53^{a}
ขุยมะพร้าว	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.26^{ab}	3.26^{ab}	3.26^{ab}
กาบมะพร้าว	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}
แกลบดิบ	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}
ทราย : ขุยมะพร้าว	3.46^{a}	3.46^{a}	3.46^{a}	3.46^{a}	3.46^{a}	3.46^{a}	3.46^{a}	3.46^{a}	3.46^{a}	3.60^{a}	3.60^{a}	3.53^{a}
ทราย : กาบมะพร้าว	3.40^{a}	3.40^{a}	3.40^{a}	3.40^{a}	3.40^{a}	3.40^{a}	3.40^{a}	3.40^{a}	3.40^{a}	3.67^{a}	3.67^{a}	3.53^{a}
ทราย : แกลบดิบ	3.13^{ab}	3.13^{ab}	3.13^{ab}	3.13^{ab}	3.13^{ab}	3.13^{ab}	3.20^{ab}	3.20^{ab}	3.20^{ab}	3.60^{a}	3.60^{a}	3.73^{a}
ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ	3.13^{ab}	3.13^{ab}	3.13^{ab}	3.13^{ab}	3.13^{ab}	3.13^{ab}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.00^{b}	3.33^{a}	3.33^{a}	3.53^{a}
F-test	**	**	**	**	**	**	*	*	*	**	**	**
C.V. (%)	11.16	11.16	11.16	11.16	11.16	11.16	11.11	11.11	11.11	12.85	12.85	12.78

หมายเหตุ * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,
ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 24 ผลของวัสดุปลูกต่อจำนวนใบหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 98-161 วัน **(ต่อ)**

สิ่งทดลอง	จำนวนใบ (ใบ)									
	วัน (หลังปลูก)									
	98	105	112	119	126	133	140	147	154	161
ดิน (ชุดควบคุม)	3.73^{ab}	4.00^{ab}	4.80^{a}	5.80^{a}	6.26^{a}	4.80^{ab}	5.00^{ab}	4.86	4.60^{b}	5.80^{a}
ทราย	4.00^{a}	4.00^{ab}	4.06^{c}	4.26^{d}	5.40^{abc}	4.13^{bcd}	4.67^{b}	4.86	4.60^{b}	5.13^{ab}
ขุยมะพร้าว	3.26^{cd}	3.40^{c}	3.60^{de}	3.60^{e}	4.00^{d}	3.67^{d}	4.26^{bc}	4.67	4.33^{c}	4.60^{b}
กาบมะพร้าว	3.00^{d}	3.00^{d}	3.26^{e}	3.60^{e}	4.00^{d}	3.80^{d}	3.86^{c}	4.26	4.46^{bc}	4.73^{b}
แกลบดิบ	3.00^{d}	3.00^{d}	3.67^{de}	4.20^{de}	4.46^{c}	4.60^{b}	5.33^{a}	5.06	4.87^{abc}	4.93^{b}
ทราย : ขุยมะพร้าว	3.80^{ab}	3.80^{b}	4.86^{a}	5.67^{ab}	5.30^{b}	4.93^{a}	4.80^{ab}	5.20	5.53^{a}	5.20^{ab}
ทราย : กาบมะพร้าว	4.06^{a}	4.26^{a}	4.26^{b}	5.46^{b}	5.60^{ab}	4.53^{abc}	4.86^{ab}	5.06	5.40^{ab}	5.33^{ab}
ทราย : แกลบดิบ	3.86^{b}	4.00^{ab}	4.13^{cd}	5.00^{c}	4.73^{bcd}	4.60^{abc}	4.33^{bc}	4.86	4.80^{abc}	4.60^{b}
ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ	3.60^{bc}	3.67^{bc}	3.73^{d}	4.67^{d}	4.06^{b}	4.00^{c}	4.67^{b}	5.00	5.26^{abc}	5.00^{b}
F-test	**	**	**	**	**	**	**	ns	**	**
C.V. (%)	9.45	8.47	12.17	13.32	18.37	14.47	17.38	15.48	17.97	13.1

หมายเหตุ * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,
ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 25 ผลของวัสดุปลูกต่อจำนวนใบหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 168-210 วัน **(ต่อ)**

สิ่งทดลอง	จำนวนใบ (ใบ)						
	วัน (หลังปลูก)						
	168	175	182	189	196	203	210
ดิน (ชุดควบคุม)	4.26	4.13^{ab}	4.00^{a}	4.00^{ab}	3.93	3.73	4.00
ทราย	3.80	3.60^{c}	3.73^{ab}	3.80^{b}	3.86	3.93	4.00
ขุยมะพร้าว	3.93	4.06^{abc}	3.53^{b}	3.93^{ab}	3.86	3.80	3.86
กาบมะพร้าว	3.80	3.80^{bc}	4.00^{a}	4.00^{ab}	3.86	3.93	3.80
แกลบดิบ	3.73	4.00^{abc}	3.80^{ab}	3.80^{b}	3.86	4.00	3.86
ทราย : ขุยมะพร้าว	4.33	4.20^{ab}	4.00^{a}	4.06^{a}	4.06	3.86	3.93
ทราย : กาบมะพร้าว	4.13	4.33^{a}	4.00^{a}	4.00^{ab}	4.00	4.00	4.00
ทราย : แกลบดิบ	4.00	4.06^{abc}	3.86^{ab}	4.00^{ab}	4.00	4.00	4.00
ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ	3.86	3.93^{b}	4.00^{a}	4.00^{ab}	3.93	4.00	4.00
F-test	ns	**	**	*	ns	ns	ns
C.V. (%)	16.78	10.93	8.82	5.81	8.31	7.51	7.72

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 26 ผลของวัสดุปลูกต่อความสูงของหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 7-77 วัน

สิ่งทดลอง	ความสูงต้น (เซนติเมตร)										
	วัน (หลังปลูก)										
	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77
ดิน (ชุดควบคุม)	6.38^{c}	7.80^{d}	8.73^{d}	9.75^{c}	10.79^{b}	11.76^{bc}	12.47^{ab}	14.13^{bc}	15.53^{ab}	17.20^{bc}	19.73^{b}
ทราย	7.06^{b}	8.91^{a}	9.86^{a}	10.65^{ab}	11.22^{b}	11.93^{bc}	13.52^{a}	16.26^{a}	18.00^{a}	21.00^{a}	22.93^{a}
ขุยมะพร้าว	7.22^{ab}	8.84^{a}	9.91^{a}	10.53^{ab}	11.19^{b}	12.23^{bc}	11.53^{b}	12.18^{d}	13.32^{c}	14.26^{d}	15.86^{de}
กาบมะพร้าว	7.39^{ab}	8.54^{b}	9.65^{ab}	10.45^{b}	11.03^{b}	12.46^{bc}	11.63^{b}	12.51^{cd}	13.13^{c}	13.93^{d}	15.82^{e}
แกลบดิบ	6.76^{bc}	7.92^{c}	8.96^{c}	9.90^{bc}	11.00^{b}	12.52^{b}	12.01^{b}	12.70^{cd}	13.29^{c}	14.46^{c}	16.20^{d}
ทราย : ขุยมะพร้าว	7.74^{a}	8.58^{ab}	9.67^{ab}	11.20^{a}	12.06^{a}	13.40^{a}	13.51^{a}	14.58^{b}	15.93^{b}	17.93^{b}	19.93^{b}
ทราย : กาบมะพร้าว	6.51^{c}	7.80^{d}	8.76^{d}	10.02^{bc}	11.46^{ab}	13.40^{a}	13.73^{a}	15.21^{ab}	16.72^{ab}	18.46^{ab}	20.40^{ab}
ทราย : แกลบดิบ	7.45^{ab}	8.54^{b}	9.56^{ab}	10.06^{bc}	11.04^{b}	12.06^{bc}	12.92^{ab}	14.17^{ab}	15.33^{ab}	16.67^{bc}	17.73^{c}
ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ	6.83^{bc}	8.18^{bcd}	9.14^{bc}	10.03^{bc}	11.22^{b}	11.73^{c}	11.99^{b}	13.18^{c}	14.00^{bc}	15.43^{bc}	16.56^{cd}
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	8.66	6.55	6.45	6.46	5.74	5.35	9.8	14.37	17.75	18.86	18.36

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 27 ผลของวัสดุปลูกต่อความสูงของหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 84-140 วัน **(ต่อ)**

สิ่งทดลอง	ความสูงต้น (เซนติเมตร)								
	วัน (หลังปลูก)								
	84	91	98	105	112	119	126	133	140
ดิน (ชุดควบคุม)	21.53^{b}	23.67^{ab}	26.26^{ab}	28.46^{ab}	30.06^{b}	31.06^{b}	32.26^{a}	35.14^{a}	36.30^{a}
ทราย	24.00^{a}	25.40^{a}	27.53^{a}	29.80^{a}	31.56^{a}	32.38^{ab}	31.39^{a}	32.83^{a}	34.06^{a}
ขุยมะพร้าว	16.33^{d}	17.20^{c}	19.13^{c}	20.33^{e}	21.46^{e}	22.25^{d}	24.27^{cd}	25.44^{b}	27.16^{b}
กาบมะพร้าว	17.26^{d}	18.13^{c}	19.66^{c}	21.20^{de}	22.13^{de}	23.02^{cd}	24.87^{c}	25.97^{b}	28.80^{b}
แกลบดิบ	17.53^{c}	18.67^{c}	20.33^{c}	21.73^{d}	24.06^{d}	24.73^{c}	25.89^{bc}	26.64^{b}	28.48^{b}
ทราย : ขุยมะพร้าว	21.67^{abc}	23.60^{ab}	25.67^{ab}	28.06^{b}	31.33^{ab}	33.14^{a}	34.87^{a}	36.56^{a}	36.81^{a}
ทราย : กาบมะพร้าว	22.20^{ab}	24.40^{ab}	26.53^{ab}	28.86^{ab}	30.40^{abc}	31.96^{ab}	33.48^{a}	35.34^{a}	37.02^{a}
ทราย : แกลบดิบ	18.86^{bcd}	20.26^{b}	22.40^{bc}	25.06^{c}	26.60^{bcd}	28.03^{bc}	30.73^{ab}	32.50^{a}	34.54^{a}
ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ	18.00^{bcd}	20.13^{bc}	22.06^{b}	23.73^{cde}	26.40^{c}	27.71^{c}	29.64^{b}	31.84^{a}	34.31^{a}
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	18.49	17.63	16.79	15.75	15.68	15.63	15.86	13.75	12.45

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 28 ผลของวัสดุปลูกต่อความสูงของหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 147-210 วัน **(ต่อ)**

สิ่งทดลอง	ความสูงต้น (เซนติเมตร)									
	วัน (หลังปลูก)									
	147	154	161	168	175	182	189	196	203	210
ดิน (ชุดควบคุม)	37.04^{a}	37.98^{a}	38.40^{a}	35.06^{abc}	35.93^{ab}	37.60^{bc}	37.20^{abc}	36.86^{ab}	36.67^{ab}	38.26^{a}
ทราย	34.92^{a}	35.34^{ab}	35.40^{ab}	30.50^{c}	32.00^{b}	35.06^{c}	34.20^{bcd}	36.00^{ab}	34.40^{ab}	36.80^{ab}
ขุยมะพร้าว	29.14^{b}	30.62^{c}	27.36^{c}	28.80^{cd}	32.46^{b}	33.53^{cd}	32.13^{cd}	31.46^{bc}	34.26^{ab}	34.33^{ab}
กาบมะพร้าว	29.56^{b}	31.33^{b}	30.43^{b}	29.93^{cd}	32.73^{b}	34.40^{cd}	37.13^{abc}	34.60^{abc}	34.93^{ab}	35.26^{ab}
แกลบดิบ	29.60^{b}	30.20^{c}	26.96^{c}	26.67^{d}	30.53^{b}	31.40^{d}	30.53^{d}	29.20^{c}	30.73^{b}	30.20^{b}
ทราย : ขุยมะพร้าว	38.04^{a}	39.04^{a}	38.80^{a}	39.67^{a}	41.00^{a}	42.93^{a}	41.46^{a}	39.93^{a}	39.06^{a}	40.93^{a}
ทราย : กาบมะพร้าว	37.48^{a}	37.74^{a}	36.10^{ab}	37.40^{ab}	41.13^{a}	40.40^{b}	40.40^{ab}	38.33^{a}	39.60^{a}	40.20^{a}
ทราย : แกลบดิบ	35.04^{a}	35.43^{ab}	33.73^{ab}	34.60^{b}	36.26^{ab}	37.46^{bc}	37.46^{abc}	38.53^{a}	37.73^{a}	39.40^{a}
ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ	34.74^{a}	35.86^{a}	38.46^{a}	39.73^{a}	40.26^{a}	41.00^{ab}	39.53^{ab}	39.53^{a}	38.73^{a}	41.00^{a}
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	12.02	10.64	14.71	18.57	16.55	16.47	14.73	16.07	15.7	16.41

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 29 ผลของวัสดุปลูกต่อจำนวนช่อดอกของหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 119-168 วัน

สิ่งทดลอง	จำนวนช่อดอก (ช่อต่อกอ)							
	วัน (หลังปลูก)							
	119	126	133	140	147	154	161	168
ดิน (ชุดควบคุม)	1.06^{a}	1.53^{b}	2.67^{a}	3.20^{a}	4.20^{b}	5.86^{ab}	6.67^{ab}	10.67^{a}
ทราย	0.46^{ab}	1.13^{abc}	2.60^{a}	2.67^{a}	3.26^{bcd}	4.26^{b}	4.40^{c}	5.20^{c}
ขุยมะพร้าว	0.13^{b}	0.46^{c}	0.73^{c}	0.80^{b}	1.20^{e}	1.46^{d}	1.93^{e}	2.86^{e}
กาบมะพร้าว	0.33^{ab}	0.53^{bc}	0.93^{bc}	1.00^{b}	2.26^{de}	2.20^{cd}	2.93^{de}	4.13^{de}
แกลบดิบ	1.00^{ab}	1.93^{a}	2.67^{a}	2.80^{a}	3.00^{d}	2.53^{cd}	3.13^{de}	4.00^{de}
ทราย : ขุยมะพร้าว	0.40^{ab}	1.26^{abc}	2.73^{a}	3.46^{a}	4.93^{ab}	5.80^{ab}	6.33^{b}	7.67^{b}
ทราย : กาบมะพร้าว	0.60^{ab}	1.13^{abc}	3.33^{a}	4.13^{a}	5.53^{a}	7.06^{a}	7.53^{a}	8.13^{ab}
ทราย : แกลบดิบ	0.46^{ab}	1.67^{ab}	2.26^{b}	2.93^{a}	3.06^{bcde}	3.60^{c}	4.06^{d}	6.20^{bcd}
ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ	1.13^{a}	1.93^{a}	2.46^{ab}	2.73^{a}	3.33^{c}	3.66^{bcd}	4.20^{cde}	4.60^{d}
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	121.82	77.83	61.02	52.1	48.67	54.6	45.09	48.41

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 30 ผลของวัสดุปลูกต่อจำนวนช่อดอกของหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 175-210 วัน (**ต่อ**)

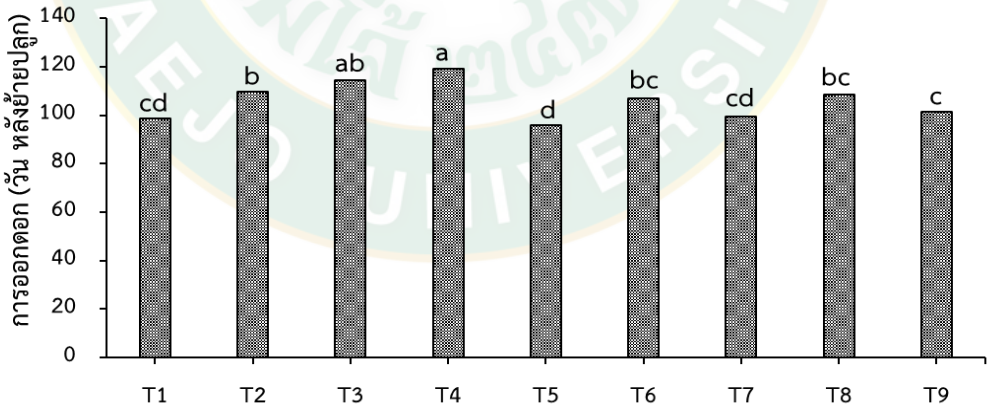
สิ่งทดลอง	จำนวนช่อดอก (ช่อต่อกอ)					
	วัน (หลังปลูก)					
	175	182	189	196	203	210
ดิน (ชุดควบคุม)	11.46^{a}	11.13^{a}	11.00^{a}	9.26	10.80^{a}	9.60^{a}
ทราย	5.73^{c}	6.13^{cd}	7.33^{c}	6.73	6.60^{bc}	6.20^{bc}
ขุยมะพร้าว	3.20^{c}	4.86^{d}	4.53^{d}	5.00	5.13^{c}	5.06^{c}
กาบมะพร้าว	4.60^{c}	5.53^{cd}	6.67^{cd}	6.80	6.93^{bc}	6.46^{bc}
แกลบดิบ	5.33^{c}	5.53^{cd}	5.40^{cd}	6.20	5.40^{bc}	5.86^{bc}
ทราย : ขุยมะพร้าว	9.33^{ab}	10.00^{ab}	8.67^{b}	7.00	7.80^{ab}	8.00^{b}
ทราย : กาบมะพร้าว	10.53^{a}	9.00^{b}	9.53^{ab}	8.80	9.20^{a}	9.06^{ab}
ทราย : แกลบดิบ	6.67^{bc}	7.46^{bc}	6.53^{cd}	6.73	7.20^{ab}	6.60^{bc}
ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ	6.33^{b}	6.46^{c}	7.46^{cd}	6.60	6.20^{bc}	6.13^{bc}
F-test	**	**	**	ns	**	**
C.V. (%)	43.46	44.58	41.65	52.6	48.58	45.57

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

จำนวนวันออกดอกและคุณภาพของดอก

จากการนำต้นหงส์เหินที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ มาปลูกเลี้ยงในสภาพโรงเรือนโดยใช้วัสดุปลูกต่าง ๆ กันนั้นมีผลต่อจำนวนวันในการออกดอกที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งโดย พบว่า การปลูกในแกลบดิบมีจำนวนวันในการออกดอกเร็วที่สุดเฉลี่ย 95.87 วัน ในขณะที่การปลูกในกาบมะพร้าวมีจำนวนวันในการออกดอกช้าที่สุดเฉลี่ย 119.27 วัน เช่นกัน (ภาพที่ 15) นอกจากนี้การใช้วัสดุปลูกต่างชนิดกันมีผลต่อคุณภาพของดอกที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยพบว่า การปลูกในดิน มีขนาดช่อดอกมากสุดคือ มีความกว้างและความยาวช่อใหญ่ที่สุดคือ 4.84 และ 7.56 เซนติเมตร ตามลำดับ รองลงมาคือ การปลูกใน ทรายและขุยมะพร้าว ในกรณีของจำนวนกลีบประดับต่อช่อพบว่า การปลูกในวัสดุปลูกที่เป็นแกลบดิบมีผลต่อจำนวนกลีบประดับต่อช่อต่ำสุดคือ 5.71 กลีบ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการปลูกในดิน ทราย กาบมะพร้าว และขุยมะพร้าว : แกลบดิน ที่มีจำนวนกลีบประดับต่อช่อ 8.46–9.04 กลีบ และในกรณีของขนาดกลีบประดับก็เช่นกันคือ การปลูกในแกลบดิบมีผลต่อขนาดกลีบประดับที่เล็กกว่าวัสดุปลูกอื่น ๆ โดยมีทั้งขนาดความกว้าง (1.88 เซนติเมตร) และความยาว (2.42 เซนติเมตร) ที่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการปลูกใน ดิน, ขุยมะพร้าว และทราย : ขุยมะพร้าว ซึ่งมีความกว้างกลีบประดับ 2.28-2.34 เซนติเมตร และความยาว 2.78-2.85 เซนติเมตร (ตารางที่ 31 และภาพที่ 17)



ภาพที่ 15 กราฟแสดงวันออกดอกของหงส์เหิน “MJ16” หลังการปลูกในวัสดุปลูกต่างชนิดกัน

หมายเหตุ T1 = ดิน (ชุดควบคุม)
T2 = ทราย
T3 = ขุยมะพร้าว
T4 = กาบมะพร้าว
T5 = แกลบดิบ
T6 = ทราย : ขุยมะพร้าว
T7 = ทราย : กาบมะพร้าว
T8 = ทราย : แกลบดิบ
T9 = ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ

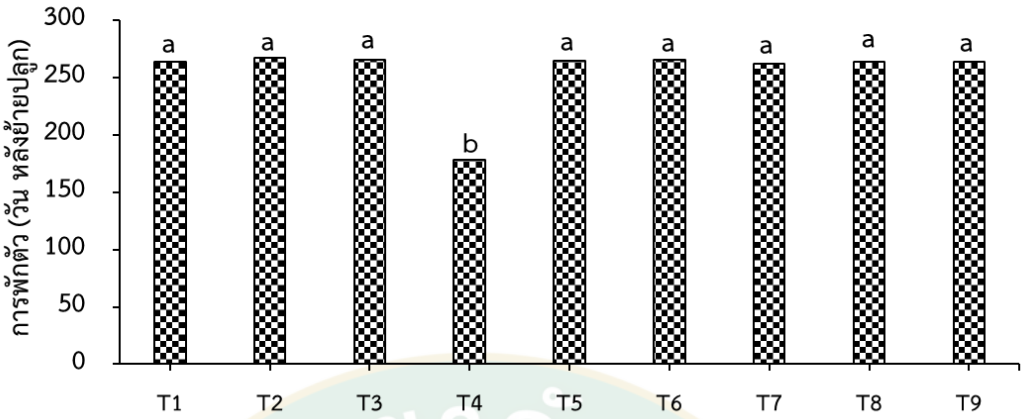
ตารางที่ 31 ผลของวัสดุปลูกต่อคุณภาพดอกของหงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 175 วัน

สิ่งทดลอง	ขนาดช่อดอก (เซนติเมตร)		จำนวนกลีบประดับต่อช่อ (กลีบ)	ขนาดกลีบประดับ (เซนติเมตร)	
	กว้าง	ยาว		กว้าง	ยาว
ดิน (ชุดควบคุม)	4.84^{a}	7.56^{a}	8.55^{a}	2.29^{a}	2.78^{a}
ทราย	4.56^{ab}	7.41^{ab}	9.08^{a}	2.23^{ab}	2.69^{a}
ขุยมะพร้าว	4.45^{ab}	6.96^{ab}	7.59^{ab}	2.28^{a}	2.85^{a}
กาบมะพร้าว	4.23^{b}	7.18^{ab}	8.64^{a}	2.11^{ab}	2.65^{a}
แกลบดิบ	3.40^{d}	5.17^{c}	5.71^{b}	1.88^{b}	2.42^{b}
ทราย : ขุยมะพร้าว	4.11^{bc}	7.08^{ab}	7.97^{ab}	2.34^{a}	2.82^{a}
ทราย : กาบมะพร้าว	3.58^{d}	6.50^{b}	6.97^{ab}	2.07^{ab}	2.65^{a}
ทราย : แกลบดิบ	3.87^{c}	6.45^{b}	8.35^{ab}	1.99^{ab}	2.66^{a}
ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ	4.28^{bc}	7.49^{ab}	8.46^{a}	2.23^{ab}	2.84^{a}
F-test	**	**	**	**	**
C.V (%)	10.62	13.21	29.97	15.07	7.61

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,
ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

การพักตัวและคุณภาพของหัวพันธุ์

จากการนำต้นหงส์เหินที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อมาปลูกเลี้ยงในสภาพโรงเรือนโดยใช้วัสดุปลูกต่าง ๆ กันตั้งแต่เดือนมีนาคม-เดือนพฤศจิกายน รวมเป็นระยะเวลา 275 วัน พบว่า ต้นมีการพักตัวในช่วงปลายเดือนกันยายน (ภาพที่ 19) โดยวัสดุปลูกมีผลต่อความเร็วในการพักตัวคือ การปลูกในกาบมะพร้าวมีจำนวนวันในการพักตัวเร็วที่สุดเฉลี่ย 178.07 วันหลังย้ายปลูก ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับวัสดุอื่น ๆ ที่มีจำนวนวันในการพักตัวช้าที่สุดเฉลี่ย 267.13 วันหลังย้ายปลูก (ภาพที่ 16) นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้วัสดุปลูกต่างชนิดกันมีผลต่อคุณภาพของหัวพันธุ์ที่ต่างกันคือ ดิน มีผลต่อจำนวนหัวย่อยมากที่สุดคือ 29.00 หัว ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับวัสดุอื่น ๆ แต่ยกเว้นการใช้ทราย และทราย:แกลบดิบ ที่มีจำนวนหัวย่อย 24.40 และ 21.53 หัว ตามลำดับ ส่วนขนาดความกว้างหัวย่อย พบว่า ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ มีผลทำให้มีขนาดหัวย่อยใหญ่สุดคือ 0.58 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับวัสดุอื่น ยกเว้นการใช้ทราย:แกลบดิบ และทราย:กาบมะพร้าว ที่มีขนาดหัวกว้าง 5.6 เซนติเมตร ส่วนกรณีจำนวนราก พบว่า การใช้วัสดุ ดินและทราย : กาบมะพร้าว มีจำนวนรากมากที่สุดคือ 60.53 ราก ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับวัสดุอื่น ยกเว้นการใช้ทราย และทราย:ขุยมะพร้าวที่มีจำนวนราก 53.00 และ 46.20 ราก ด้านความยาวราก พบว่า ทราย : ขุยมะพร้าว และทราย : กาบมะพร้าว มีความยาวรากมากที่สุดคือ 4.72 และ 4.68 เซนติเมตร ตามลำดับ และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการปลูกในแกลบดิบซึ่งมีความยาวรากสั้นที่สุดคือ 3.3 เซนติเมตร แต่ในขณะที่เส้นผ่าศูนย์กลางของรากไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกวัสดุปลูก ส่วนน้ำหนักสด พบว่า ทราย : กาบมะพร้าว มีน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 102.08 กรัม และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการปลูกในวัสดุอื่น ยกเว้นดิน ทราย และทราย:ขุยมะพร้าว ที่มีน้ำหนักสดช่วง 77.60-87.27 กรัม (ตารางที่ 32 และภาพที่ 18)



ภาพที่ 16 กราฟแสดงวันพักตัวของหงส์เหิน “MJ16” หลังการปลูกในวัสดุปลูกต่างชนิดกัน

หมายเหตุ T1 = ดิน (ชุดควบคุม)
T2 = ทราย
T3 = ขุยมะพร้าว
T4 = กาบมะพร้าว
T5 = แกลบดิบ
T6 = ทราย : ขุยมะพร้าว
T7 = ทราย : กาบมะพร้าว
T8 = ทราย : แกลบดิบ
T9 = ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ

ตารางที่ 32 ผลของวัสดุปลูกต่อคุณภาพหัวพันธุ์หงส์เหิน “MJ16” หลังปลูกเป็นระยะเวลา 259 วัน

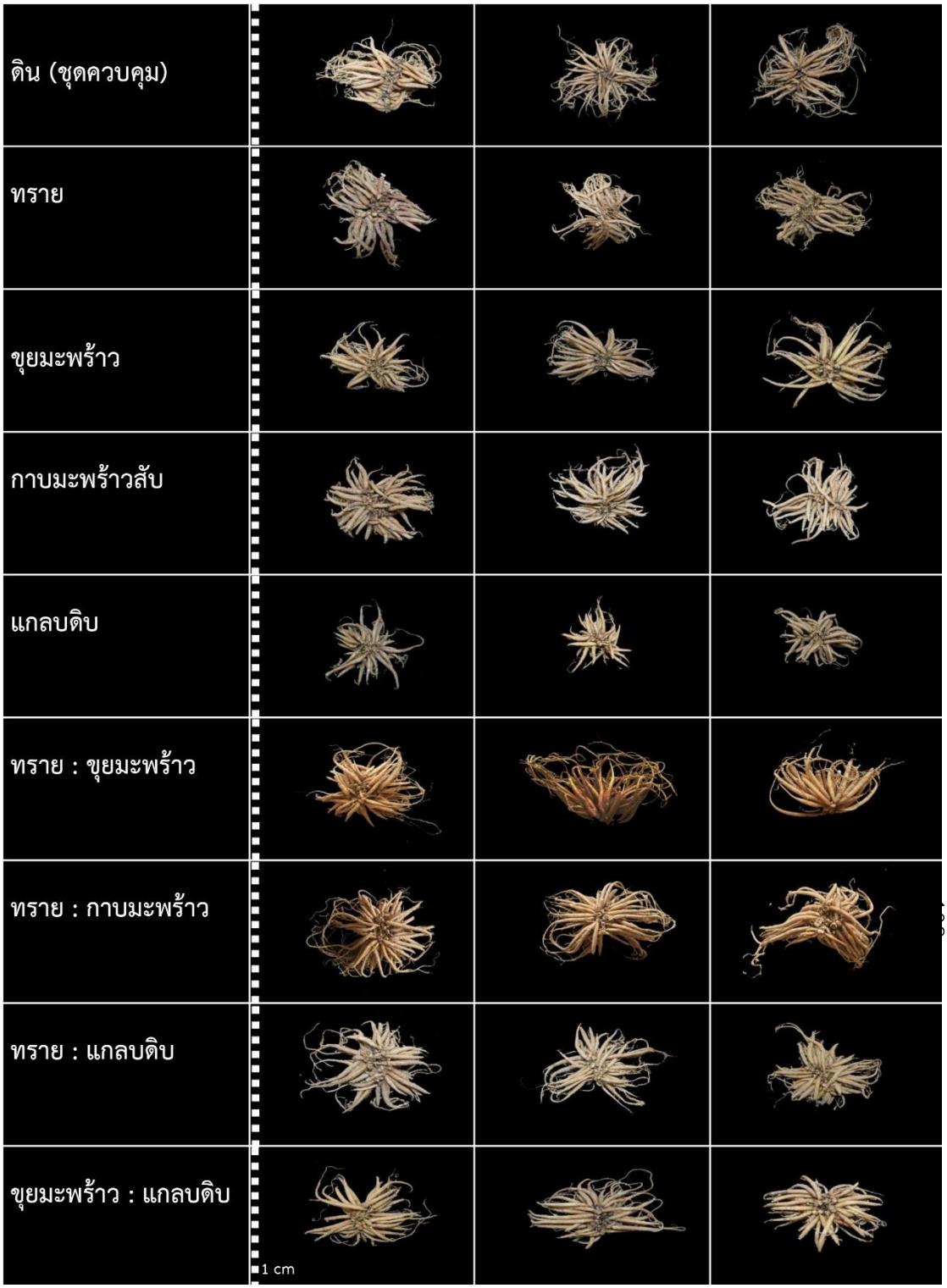
สิ่งทดลอง	จำนวนหัวย่อย (หัว)	ขนาดความกว้างหัวย่อย (เซนติเมตร)	จำนวนราก (ราก)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลางของราก (เซนติเมตร)	น้ำหนักสด (กรัม)
ดิน (ชุดควบคุม)	29.00^{a}	0.50^{bcd}	60.53^{a}	4.11^{ab}	0.51	87.27^{ab}
ทราย	24.40^{ab}	0.51^{bcd}	53.00^{ab}	4.56^{ab}	0.52	77.60^{bc}
ขุยมะพร้าว	17.86^{bc}	0.48^{d}	37.73^{b}	4.08^{ab}	0.53	52.65^{cd}
กาบมะพร้าว	18.33^{bc}	0.49^{c}	44.40^{b}	3.54^{ab}	0.52	55.40^{cd}
แกลบดิบ	15.60^{c}	0.49^{cd}	37.80^{b}	3.39^{b}	0.54	48.12^{d}
ทราย : ขุยมะพร้าว	21.20^{b}	0.55^{b}	46.20^{ab}	4.72^{a}	0.62	82.25^{b}
ทราย : กาบมะพร้าว	23.13^{ab}	0.56^{ab}	60.53^{a}	4.68^{a}	0.56	102.08^{a}
ทราย : แกลบดิบ	21.53^{b}	0.56^{ab}	44.20^{b}	4.51^{ab}	0.55	65.43^{cd}
ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ	18.86^{bcd}	0.58^{a}	44.20^{b}	3.99^{ab}	0.55	72.24^{c}
F-test	**	**	**	**	ns	**
C.V. (%)	31.38	11.61	27.93	25.57	17.64	30.60

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ภาพที่ 17 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” หลังการปลูกในวัสดุปลูกต่างชนิดกันเป็นระยะเวลา 175 วัน

หมายเหตุ T1 = ดิน (ชุดควบคุม)
T2 = ทราย
T3 = ขุยมะพร้าว
T4 = กาบมะพร้าว
T5 = แกลบดิบ
T6 = ทราย : ขุยมะพร้าว
T7 = ทราย : กาบมะพร้าว
T8 = ทราย : แกลบดิบ
T9 = ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ



ภาพที่ 18 ลักษณะหัวพันธุ์ใหม่ของหงส์เหิน “MJ16” หลังการปลูกในวัสดุปลูกต่างชนิดกัน

	ระยะเริ่มปลูก	ระยะการเจริญเติบโต	ระยะออกดอก	ระยะพักตัว
อายุต้น	7-28 วัน	28-95 วัน	95-178 วัน	178-275 วัน
เดือน	มีนาคม	เมษายน-มิถุนายน	กรกฎาคม-กลางเดือนกันยายน	ปลายเดือนกันยายน-พฤศจิกายน

ภาพที่ 19 ระยะการเจริญเติบโตของหงส์เหินที่ปลูกในวัสดุปลูกที่ไม่ใช้ดิน

จากการศึกษาผลของวัสดุปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพหัวพันธุ์ของหงส์เหิน “MJ16” ในสภาพโรงเรือน โดยนำต้นกล้าหงส์เหินปลอดโรคที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาย้ายปลูกในกระถางที่มีวัสดุปลูกชนิดต่าง ๆ พบว่า การปลูกต้นหงส์เหินในทราย : ขุยมะพร้าว ทราย : กาบมะพร้าว และดิน มีผลต่อการเกิดหน่อใหม่และจำนวนช่อดอกที่มาก ในขณะที่การปลูกในดินมีผลต่อคุณภาพช่อดอกที่ดี คือ มีขนาดช่อใหญ่กว่าการปลูกในทราย : ขุยมะพร้าว และทราย : กาบมะพร้าว แต่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณและคุณภาพหัวพันธุ์ที่ผลิตได้ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในวัสดุปลูกทั้ง 3 ชนิด โดยการปลูกในทราย : กาบมะพร้าว ให้ค่าน้ำหนักสดของหัวมากสุด รองมา คือ การปลูกในดิน และทราย : ขุยมะพร้าว ซึ่งให้ค่าน้ำหนักหัวสดที่ 102.08, 87.27 และ 82.25 กรัม ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกับการปลูกต้นในขุยมะพร้าว กาบมะพร้าว และแกลบดิบ เพียงอย่างเดียว โดยมีน้ำหนักหัวสดในช่วง 48.12–55.40 กรัม

จากข้อมูลงานวิจัยในครั้งนี้จะเห็นว่าการนำต้นกล้าหงส์เหินที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาปลูกในวัสดุปลูกแต่ละชนิดแล้วให้ผลต่อการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะวัสดุปลูกมีการอุ้มน้ำ ปุ๋ย หรือ ธาตุอาหารแต่ละชนิดไม่เท่ากันจึงทำให้มีอิทธิพลต่อการเจริญของราก การดูดน้ำและธาตุอาหารแตกต่างกัน ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของฉันทลักษณ์ และ อดิศร (2538) ที่ได้รายงานผลการศึกษาวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการปลูกปทุมมา โดยการเปรียบเทียบวัสดุปลูก 5 ชนิด พบว่า หัวปทุมมาที่ปลูกในวัสดุแกลบดิบผสมขุยมะพร้าวในอัตราส่วน 1:1 ร่วมกับการให้ปุ๋ยไฮโดรโพนิกส์และพ่นธาตุอาหารรอง มีผลต่อการงอกและแทงหน่อเร็วที่สุด ต้นมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี ให้ดอกเร็วและมากที่สุด ซึ่งให้ผลดีกว่าวัสดุปลูกอีก 4 ชนิด ได้แก่ ดินเหนียว ดินแม่น้ำ ดินร่วนผสมเปลือกถั่ว อัตราส่วน 1:1 และทรายผสมขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 นอกจากนี้การปลูกในแกลบดิบผสมขุยมะพร้าวในอัตราส่วน 1:1 ยังให้หัวใหม่มากที่สุดและใช้เวลาสั้นในการทำความสะอาดหัว ส่วน Sarmiento *et al*. (2000) รายงานว่า การผลิตหงส์เหินให้ได้ผลผลิตสูงควรใช้วัสดุที่มีความอุ้มน้ำสูงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ และวัสดุควรมีรูพรุนสูง เช่น การใช้ปุ๋ยหมัก พีทมอส วัสดุที่ได้จากเปลือกสน เพอร์ไลท์ เป็นต้น นอกจากนี้ Yaseer *et al*. (2011) ได้รายงานว่า การปลูกกะหล่ำปลีในขุยมะพร้าวพร้อมกับการให้สารละลายธาตุอาหารทางระบบน้ำหยด มีผลต่อความสูงต้น น้ำหนักหัวสด สัดส่วนของยอดต่อต้น และค่าเฉลี่ยจำนวนหัวมากที่สุด

จากผลการปลูกพืชชนิดต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น แสดงให้เห็นว่าพืชแต่ละชนิดมีความเหมาะสมกับชนิดวัสดุปลูกสำหรับการเจริญของพืชที่แตกต่างกันไป ซึ่งทั้งนี้ยังอาจมีปัจจัยอื่นมาเกี่ยวข้องในระหว่างการจัดการปลูกพืชร่วมด้วย เช่น การให้น้ำ วิธีการให้ปุ๋ย เป็นต้น แต่ถึงอย่างไรก็ตามจากผลการวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบว่า ในการปลูกหงส์เหินโดยไม่ใช้ดินเพื่อนำไปพัฒนาการปลูกหงส์เหินจากต้นกล้าที่ได้จากสภาพปลอดเชื้อ สำหรับผลิตหัวพันธุ์ปลอดโรค โดยการใช้วัสดุแทนดิน

นั้น ผลพบว่าวัสดุที่ให้ปริมาณและคุณภาพของหัวที่ดี คือ การใช้วัสดุที่มีส่วนผสมของทราย : ขุยมะพร้าว หรือ ทราย : กาบมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร

การทดลองที่ 5 การศึกษาผลของระบบการปลูกพืชแบบแอโรโพนิกส์ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของหัวพันธุ์หงส์เหินในสภาพโรงเรือน

จำนวนหน่อ

จากการศึกษาการปลูกหงส์เหินที่ได้จากต้นในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาปลูกในระบบแอโรโพนิกส์ โดยพ่นสารละลายธาตุอาหารที่รากหงส์เหินในเวลาต่าง ๆ มีผลให้จำนวนหน่อมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งตั้งแต่ 21 วันหลังปลูก และพบว่าการพ่นสารละลายธาตุอาหารครั้งละ 10 นาที มีผลต่อจำนวนหน่อที่มากเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งสูงสุดเมื่อ 98 วันหลังปลูก โดยมีจำนวนหน่อสูงสุด 8.78 หน่อ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับสิ่งทดลองอื่น ๆ และหลังจากนั้นทุกสิ่งทดลองมีจำนวนหน่อลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากเข้าสู่ระยะพักตัวของต้น (ตารางที่ 33-34 และภาพที่ 22)

จำนวนใบ

จากการศึกษาการปลูกหงส์เหินในระบบการปลูกพืชแบบแอโรโพนิกส์ โดยการพ่นสารละลายธาตุอาหารที่รากหงส์เหินในเวลาต่าง ๆ มีผลต่อจำนวนใบที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญในช่วง 21-35 วันหลังปลูกและ พบว่า การพ่นสารละลายธาตุอาหารครั้งละ 35 นาที มีผลต่อจำนวนใบมากที่สุดคือ 4.00 ใบ ในขณะที่การพ่นครั้งละ 25 นาที มีจำนวนใบน้อยที่สุดคือ 3.22 ใบ ซึ่งจำนวนใบทั้งสองสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญในช่วงดังกล่าว แต่อย่างไรก็ตามหลังจากนั้นก็ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในทุกสิ่งทดลอง จนกระทั่งที่ 112-119 วันหลังปลูก จึงพบความแตกต่างทางสถิติของจำนวนใบอีกครั้ง และพบว่าการปลูกในดินมีจำนวนใบที่ลดลงมากกว่าทุกสิ่งทดลองที่มีการพ่นสารละลายธาตุอาหาร เนื่องจากต้นเข้าสู่ระยะพักตัวที่เร็วกว่าการพ่นสารละลายจึงมีผลต่อจำนวนใบลดลงเร็วกว่าทุกสิ่งทดลอง ทั้งนี้น่าจะมีความเกี่ยวข้องกับความชื้นที่พืชได้รับ ซึ่งการปลูกในดินจะมีความชื้นน้อยกว่าการพ่นสารละลายธาตุอาหาร (ตารางที่ 35-36 และภาพที่ 22)

ความสูงต้น

จากการศึกษาการปลูกหงส์เหินในระบบการปลูกพืชแบบแอโรโพนิกส์ โดยการพ่นสารละลายธาตุอาหารที่รากหงส์เหินในเวลาต่าง ๆ มีผลต่อความสูงต้นที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างไม่ต่อเนื่อง แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า การพ่นสารละลายธาตุอาหารครั้งละ 30 นาที มีผลต่อความสูงต้นที่มากกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ ตลอดช่วงการปลูก โดยพบช่วงความสูงต้นสูงสุดที่ 84 วันหลังปลูกคือมีความสูงต้นที่ 28–32.37 เซนติเมตร และหลังจากนั้นทุกสิ่งทดลองมีความสูงต้นลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากจะเข้าสู่ระยะเวลาการพักตัวของต้น (ตารางที่ 37-38 และภาพที่ 22)

จำนวนช่อดอก

จากการศึกษาการปลูกหงส์เหินในระบบการปลูกพืชแบบแอโรโพนิกส์ โดยการพ่นสารละลายธาตุอาหารที่รากหงส์เหินในเวลาต่าง ๆ พบว่าทุกสิ่งทดลองไม่มีผลต่อจำนวนวันในการออกดอกที่แตกต่างกันทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามการพ่นสารละลายธาตุอาหารครั้งละ 30 นาที มีผลต่อการออกดอกเร็วที่สุดเฉลี่ย 46.78 วัน (ภาพที่ 20) ส่วนในกรณีของจำนวนช่อดอกในแต่ละสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งและต่อเนื่องตั้งแต่ที่ 84 วันหลังปลูกโดยการพ่นสารละลายธาตุอาหารครั้งละ 10 นาที มีผลต่อจำนวนช่อดอกที่มากที่สุด 5.11 ช่อต่อกอ และมีความแตกต่างทางสถิติกับการปลูกในดินและการปลูกแบบแอโรโพนิกส์ที่พ่นสารละลายธาตุอาหารครั้งละ 25 นาที ที่มีจำนวนช่อดอก 2.56 และ 2.78 ช่อต่อกอ ตามลำดับที่ 84 วันหลังปลูก และหลังจากนั้นช่อดอกลดลงเนื่องจากเริ่มเข้าสู่ระยะพักตัวของต้น (ตารางที่ 39 และภาพที่ 22)

ตารางที่ 33 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านจำนวนหน่อหลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 14-70 วัน

สิ่งทดลอง	จำนวนหน่อ (หน่อ)								
	วัน (หลังปลูก)								
	14	21	28	35	42	49	56	63	70
ปลูกโดยใช้ดิน (ชุดควบคุม)	1.11	1.22^{c}	1.44^{b}	1.67^{b}	2.00^{b}	2.67^{b}	3.44^{b}	3.55^{c}	3.89^{c}
พ่นสารละลายครั้งละ 10 นาที	1.89	3.00^{a}	3.11^{a}	3.89^{a}	4.11^{a}	4.55^{a}	5.78^{a}	6.55^{ab}	7.89^{a}
พ่นสารละลายครั้งละ 15 นาที	1.89	2.33^{ab}	2.89^{a}	3.33^{a}	3.67^{a}	4.67^{a}	5.22^{ab}	5.33^{bc}	6.00^{abc}
พ่นสารละลายครั้งละ 20 นาที	1.11	1.67^{bc}	2.78^{a}	3.67^{a}	4.00^{a}	5.00^{a}	6.89^{a}	7.67^{a}	7.78^{a}
พ่นสารละลายครั้งละ 25 นาที	2.00	2.22^{ab}	2.78^{a}	3.11^{a}	3.22^{ab}	4.67^{a}	5.11^{ab}	5.11^{bc}	5.22^{bc}
พ่นสารละลายครั้งละ 30 นาที	1.78	2.33^{ab}	3.11^{a}	3.89^{a}	4.11^{a}	4.44^{a}	5.67^{ab}	6.00^{b}	7.33^{b}
พ่นสารละลายครั้งละ 35 นาที	1.89	2.11^{b}	3.00^{a}	3.44^{a}	3.11^{ab}	3.89^{ab}	4.11^{b}	4.78^{bc}	6.00^{abc}
F-test	ns	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	37.06	33.24	28.54	21.85	26.81	28.56	31.83	27.85	27.23

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 34 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านจำนวนหน่อหลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 77-119 วัน **(ต่อ)**

สิ่งทดลอง	จำนวนหน่อ (หน่อ)						
	วัน (หลังปลูก)						
	77	84	91	98	105	112	119
ปลูกโดยใช้ดิน (ชุดควบคุม)	3.77^{b}	3.66^{c}	3.00^{c}	3.00^{c}	2.44^{c}	0.77^{b}	0.78^{c}
พ่นสารละลายครั้งละ 10 นาที	8.22^{a}	9.00^{a}	8.00^{a}	8.78^{a}	8.00^{a}	6.56^{a}	3.78^{a}
พ่นสารละลายครั้งละ 15 นาที	6.55^{ab}	6.44^{abc}	6.89^{ab}	6.33^{abc}	4.67^{abc}	2.89^{ab}	1.89^{abc}
พ่นสารละลายครั้งละ 20 นาที	8.44^{a}	8.22^{ab}	6.89^{ab}	5.78^{abc}	6.33^{abc}	4.56^{ab}	2.89^{abc}
พ่นสารละลายครั้งละ 25 นาที	5.55^{ab}	5.78^{bc}	4.33^{bc}	4.22^{bc}	3.00^{bc}	1.56^{b}	1.33^{bc}
พ่นสารละลายครั้งละ 30 นาที	8.11^{a}	8.66^{b}	7.78^{a}	8.22^{b}	8.11^{a}	6.44^{a}	3.56^{b}
พ่นสารละลายครั้งละ 35 นาที	6.22^{ab}	7.44^{ab}	7.00^{b}	6.44^{b}	6.44^{b}	6.44^{a}	3.44^{ab}
F-test	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	30.92	31.31	31.27	38.65	49.11	64.14	62.04

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 35 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านจำนวนใบหลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 14-70 วัน

สิ่งทดลอง	จำนวนใบ (ใบ)								
	วัน (หลังปลูก)								
	14	21	28	35	42	49	56	63	70
ปลูกโดยใช้ดิน (ชุดควบคุม)	3.33	3.78^{ab}	3.78^{ab}	3.78^{ab}	3.89	3.89	4.00	4.00	4.00
พ่นสารละลายครั้งละ 10 นาที	3.44	3.56^{ab}	3.56^{ab}	3.56^{ab}	3.56	3.67	3.78	3.78	3.78
พ่นสารละลายครั้งละ 15 นาที	3.11	3.33^{ab}	3.33^{ab}	3.33^{ab}	3.44	3.67	3.89	3.89	3.89
พ่นสารละลายครั้งละ 20 นาที	3.44	3.44^{ab}	3.44^{ab}	3.44^{ab}	3.56	3.56	3.78	3.78	3.78
พ่นสารละลายครั้งละ 25 นาที	3.22	3.22^{b}	3.22^{b}	3.22^{b}	3.56	3.67	4.00	4.00	4.00
พ่นสารละลายครั้งละ 30 นาที	3.33	3.56^{ab}	3.56^{ab}	3.56^{ab}	3.56	3.67	3.78	3.78	3.78
พ่นสารละลายครั้งละ 35 นาที	3.00	4.00^{a}	4.00^{a}	4.00^{a}	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
F-test	ns	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	13.48	13.95	13.95	13.95	12.67	11.94	8.09	8.09	8.09

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 36 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านจำนวนใบหลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 77-119 วัน **(ต่อ)**

สิ่งทดลอง	จำนวนใบ (ใบ)						
	วัน (หลังปลูก)						
	77	84	91	98	105	112	119
ปลูกโดยใช้ดิน (ชุดควบคุม)	4.00	4.00	4.00	4.00	3.56	1.78^{b}	1.78^{b}
พ่นสารละลายครั้งละ 10 นาที	3.89	3.89	3.89	4.00	4.00	3.56^{ab}	3.56^{ab}
พ่นสารละลายครั้งละ 15 นาที	3.89	3.89	3.89	4.00	3.66	3.11^{ab}	3.11^{ab}
พ่นสารละลายครั้งละ 20 นาที	3.89	3.89	4.22	4.22	4.22	4.22^{a}	4.22^{a}
พ่นสารละลายครั้งละ 25 นาที	4.00	4.00	4.11	4.11	4.11	2.78^{ab}	2.67^{ab}
พ่นสารละลายครั้งละ 30 นาที	3.78	3.78	4.33	4.22	4.22	4.22^{a}	4.11^{ab}
พ่นสารละลายครั้งละ 35 นาที	4.00	4.00	4.11	4.11	4.11	3.67^{ab}	3.56^{ab}
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	*	*
C.V. (%)	7.00	7.00	9.88	7.21	19.87	45.59	45.16

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%,
ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 37 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านความสูงต้นหลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 7-70 วัน

สิ่งทดลอง	ความสูงต้น (เซนติเมตร)									
	วัน (หลังปลูก)									
	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
ปลูกโดยใช้ดิน (ชุดควบคุม)	6.83	9.04^{c}	11.61^{ab}	12.80^{b}	17.38	22.00^{a}	24.18^{ab}	25.72	27.22	25.33
พ่นสารละลายครั้งละ 10 นาที	7.00	10.45^{a}	12.89^{a}	14.32^{ab}	16.34	20.44^{ab}	19.66^{b}	23.44	27.11	28.33
พ่นสารละลายครั้งละ 15 นาที	6.54	9.26^{bc}	11.08^{b}	12.90^{b}	16.11	20.78^{ab}	23.11^{ab}	25.33	26.44	27.77
พ่นสารละลายครั้งละ 20 นาที	6.85	9.27^{bc}	11.48^{ab}	12.75^{b}	14.67	16.97^{b}	22.05^{ab}	26.67	26.89	28.77
พ่นสารละลายครั้งละ 25 นาที	6.93	10.48^{a}	12.13^{ab}	13.23^{ab}	14.42	20.13^{ab}	22.70^{ab}	25.67	28.11	29.22
พ่นสารละลายครั้งละ 30 นาที	6.77	10.57^{a}	12.45^{ab}	14.81^{a}	18.05	21.60^{a}	25.67^{a}	28.22	29.89	30.66
พ่นสารละลายครั้งละ 35 นาที	6.86	10.34^{b}	12.23^{ab}	14.16^{ab}	18.16	21.17^{ab}	23.37^{ab}	26.44	27.11	28.00
F-test	ns	**	*	**	ns	*	*	ns	ns	ns
C.V. (%)	4.75	7.92	8.93	9.02	14.98	15.05	14.15	12.95	12.52	16.11

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 38 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านความสูงต้นหลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 77-119 วัน **(ต่อ)**

สิ่งทดลอง	**ความสูงต้น (เซนติเมตร)**						
	วัน (หลังปลูก)						
	77	**84**	**91**	**98**	**105**	**112**	**119**
ปลูกโดยใช้ดิน (ชุดควบคุม)	27.33	28.00	27.33^{ab}	26.78^{ab}	23.33	11.00^{c}	9.89^{c}
พ่นสารละลายครั้งละ 10 นาที	28.66	29.56	29.00^{a}	28.78^{a}	28.11	24.00^{bc}	19.33^{bc}
พ่นสารละลายครั้งละ 15 นาที	28.33	28.67	28.89^{a}	27.89^{ab}	25.44	20.78^{bc}	17.89^{bc}
พ่นสารละลายครั้งละ 20 นาที	29.00	29.56	26.56^{ab}	26.44^{ab}	26.89	27.11^{b}	22.22^{b}
พ่นสารละลายครั้งละ 25 นาที	29.22	29.22	24.11^{b}	23.56^{b}	24.78	14.33^{bc}	12.00^{bc}
พ่นสารละลายครั้งละ 30 นาที	31.56	31.55	29.22^{a}	29.44^{a}	29.78	29.89^{a}	24.22^{a}
พ่นสารละลายครั้งละ 35 นาที	29.22	32.33	28.33^{ab}	27.00^{ab}	28.55	25.56^{ab}	17.44^{bc}
F-test	ns	ns	**	*	ns	**	**
C.V. (%)	12.74	10.31	11.08	12.52	22.42	45.27	46.61

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,

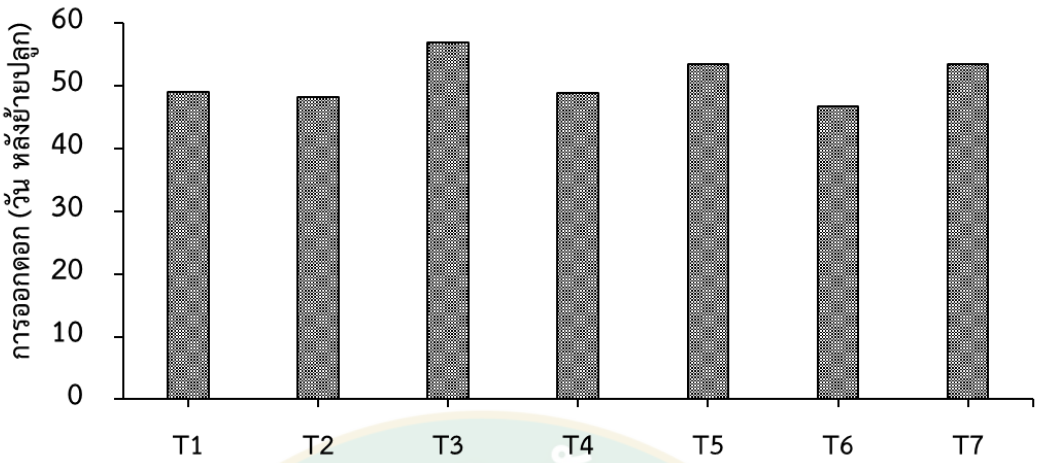
ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

ตารางที่ 39 การเจริญเติบโตด้านจำนวนช่อดอกของหงส์เหิน “MJ16” หลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 56-119 วัน

สิ่งทดลอง	จำนวนช่อดอก (ช่อต่อกอ)									
	วัน (หลังปลูก)									
	56	63	70	77	84	91	98	105	112	119
ปลูกโดยใช้ดิน (ชุดควบคุม)	0.89^{ab}	1.44	1.78	2.44	2.56^{b}	2.67^{bcd}	2.11^{c}	1.89^{bc}	0.55^{b}	0.44^{cd}
พ่นสารละลายครั้งละ 10 นาที	1.67^{a}	2.00	3.00	4.33	5.11^{a}	4.33^{a}	4.11^{a}	4.22^{b}	2.89^{a}	3.11^{a}
พ่นสารละลายครั้งละ 15 นาที	1.56^{a}	2.00	2.56	3.89	4.44^{ab}	2.78^{bcd}	2.89^{abc}	3.00^{abc}	1.44^{ab}	0.77^{bcd}
พ่นสารละลายครั้งละ 20 นาที	0.22^{b}	1.00	2.11	2.67	3.00^{ab}	2.00^{c}	1.55^{cd}	2.11^{bc}	1.56^{ab}	0.77^{bcd}
พ่นสารละลายครั้งละ 25 นาที	0.89^{ab}	1.78	2.22	2.11	2.78^{b}	1.67^{d}	0.67^{b}	0.67^{c}	0.22^{b}	0.00^{b}
พ่นสารละลายครั้งละ 30 นาที	1.56^{a}	1.78	3.22	3.89	4.33^{ab}	3.89^{b}	4.00^{b}	5.00^{a}	3.11^{a}	2.00^{c}
พ่นสารละลายครั้งละ 35 นาที	1.33^{a}	1.56	1.89	2.67	4.56^{ab}	3.56^{abc}	3.11^{abc}	3.22^{ab}	2.77^{a}	2.44^{b}
F-test	**	ns	ns	ns	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	56.23	50.91	48.17	52.22	38.44	37.64	52.15	58.62	77.98	95.13

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test



ภาพที่ 20 กราฟแสดงวันออกดอกของหงส์เหิน “MJ16” หลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์

หมายเหตุ T1 = ปลูกโดยใช้ดิน (ชุดควบคุม)
T2 = พ่นสารละลายครั้งละ 10 นาที
T3 = พ่นสารละลายครั้งละ 15 นาที
T4 = พ่นสารละลายครั้งละ 20 นาที
T5 = พ่นสารละลายครั้งละ 25 นาที
T6 = พ่นสารละลายครั้งละ 30 นาที
T7 = พ่นสารละลายครั้งละ 35 นาที

คุณภาพของดอก

จากการศึกษาการปลูกหงส์เหินในระบบการปลูกพืชแบบแอโรโพนิกส์ โดยการพ่นสารละลายธาตุอาหารที่รากหงส์เหินในเวลาต่างกันนั้น พบว่า ทุกสิ่งทดลองไม่มีผลต่อขนาดช่อดอกทั้งความกว้างและความยาวที่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่า การพ่นสารละลายธาตุอาหารครั้งละ 10 นาที มีผลต่อจำนวนกลีบดอกมากที่สุด 4.75 กลีบและมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการพ่นสารละลายธาตุอาหารครั้งละ 15, 30 และ 35 นาที ขณะที่กรณีความกว้างของขนาดกลีบดอกทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่พบว่า ขนาดความยาวกลีบดอก คือการพ่นสารละลายธาตุอาหารครั้งละ 15 นาที มีความยาวกลีบดอกมากที่สุด 2.89 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติกับการพ่นสารละลายธาตุอาหารครั้งละ 35 นาที (ตารางที่ 40)

ตารางที่ 40 คุณภาพดอกของหงส์เหิน “MJ16” หลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์

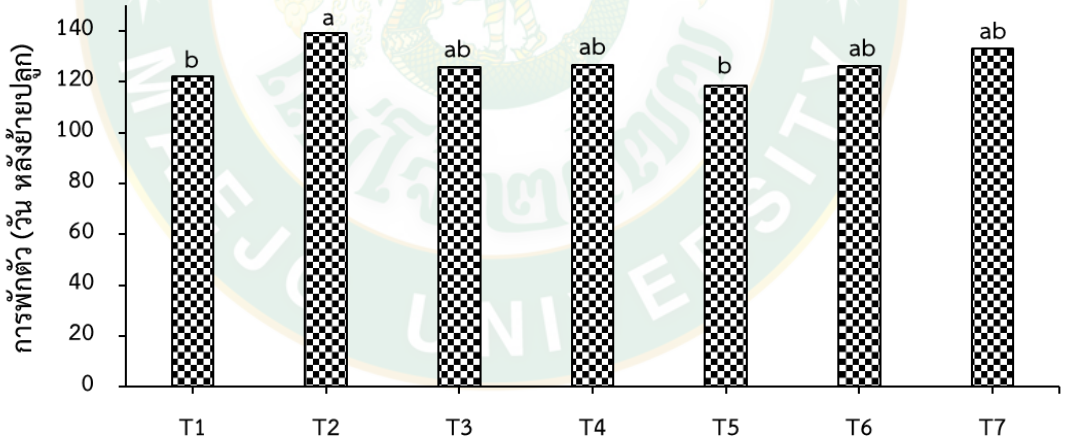
สิ่งทดลอง	ขนาดช่อดอก (เซนติเมตร)		จำนวนกลีบดอก (กลีบ)	ขนาดกลีบดอก (เซนติเมตร)	
	กว้าง	ยาว		กว้าง	ยาว
ปลูกโดยใช้ดิน (ชุดควบคุม)	3.63	5.36	4.03^{ab}	1.85	2.54^{ab}
พ่นสารละลายครั้งละ 10 นาที	4.06	5.71	4.75^{a}	1.62	2.50^{ab}
พ่นสารละลายครั้งละ 15 นาที	4.05	5.47	3.48^{b}	1.81	2.89^{a}
พ่นสารละลายครั้งละ 20 นาที	3.78	5.36	4.09^{ab}	1.92	2.55^{ab}
พ่นสารละลายครั้งละ 25 นาที	3.43	4.74	4.40^{ab}	1.58	2.53^{ab}
พ่นสารละลายครั้งละ 30 นาที	3.60	4.82	3.25^{b}	1.59	2.45^{ab}
พ่นสารละลายครั้งละ 35 นาที	3.74	5.19	3.68^{b}	1.66	2.41^{b}
F-test	ns	ns	**	ns	**
C.V. (%)	15.21	18.2	21.49	17.73	12.94

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,

ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test

คุณภาพของหัวพันธุ์ใหม่

จากการศึกษาการปลูกหงส์เหินในระบบการปลูกพืชแบบแอโรโพนิกส์ โดยการพ่นสารละลายธาตุอาหารที่รากหงส์เหินในเวลาต่าง ๆ มีผลต่อการพักตัวเร็วที่สุดเฉลี่ย 118.67 วันหลังปลูกเมื่อพ่นสารละลายครั้งละ 25 นาที แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติกับสิ่งทดลองอื่น ๆ ยกเว้นการพ่นสารละลายธาตุอาหารครั้งละ 10 นาที ที่มีจำนวนวันในการพักตัวช้าที่สุดเฉลี่ย 139.11 วัน (ภาพที่ 21) และหลังการยุบตัวของต้นหมดทุกสิ่งทดลอง ได้ทำการเก็บเกี่ยวหัวพันธุ์เพื่อดูคุณภาพหัวพันธุ์ผลที่ได้ พบว่า การพ่นสารละลายธาตุอาหารครั้งละ 30 นาทีมีผลต่อจำนวนหัวย่อยมากที่สุดคือ 8 หัว แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองอื่น ๆ ยกเว้นการพ่นสารละลายธาตุอาหารครั้งละ 25 นาที ที่มีจำนวนหัวย่อยน้อยสุดคือ 4.56 หัว ในขณะที่การปลูกในดินมีขนาดหัวย่อยที่ใหญ่กว่าการปลูกในระบบแอโรโพนิกส์ แต่อย่างไรก็ตามการปลูกด้วยระบบแอโรโพนิกส์ที่ทำการพ่นสารละลายธาตุอาหารครั้งละ 10 นาทีมีผลต่อจำนวนรากและน้ำหนักสดที่มากสุดคือ 33.78 ราก และ 35.93 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่จำนวนรากมีน้อยสุดเมื่อปลูกในดินคือมี 14.33 ราก และน้ำหนักหัวที่น้อยที่สุดคือ 7.94 กรัม รองลงมาคือ 9.11 กรัม เมื่อปลูกด้วยระบบแอโรโพนิกส์ที่พ่นสารละลายธาตุอาหารครั้งละ 25 นาที และการปลูกในดิน ตามลำดับ (ตารางที่ 41 และภาพที่ 23)



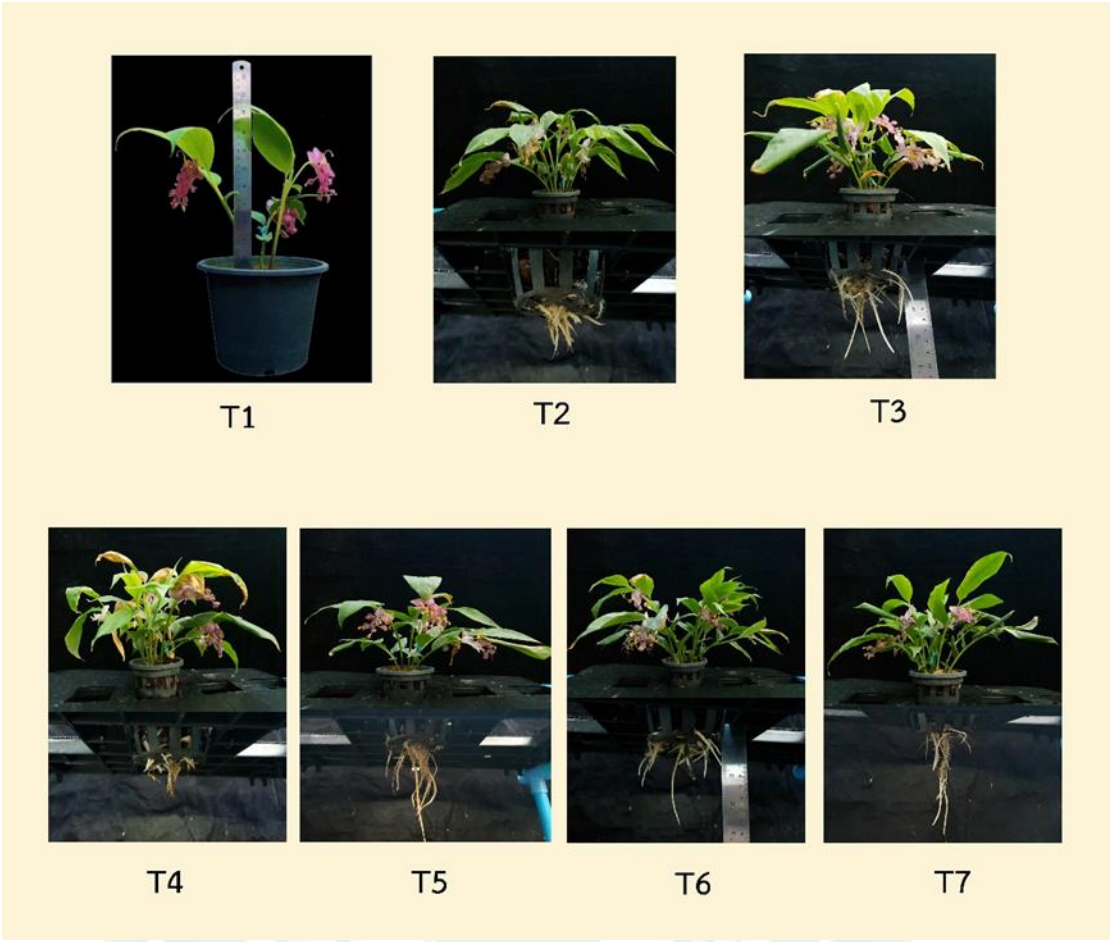
ภาพที่ 21 กราฟแสดงวันพักตัวของหงส์เหิน “MJ16” หลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์

หมายเหตุ T1 = ปลูกโดยใช้ดิน (ชุดควบคุม)
T2 = พ่นสารละลายครั้งละ 10 นาที
T3 = พ่นสารละลายครั้งละ 15 นาที
T4 = พ่นสารละลายครั้งละ 20 นาที
T5 = พ่นสารละลายครั้งละ 25 นาที
T6 = พ่นสารละลายครั้งละ 30 นาที
T7 = พ่นสารละลายครั้งละ 35 นาที

ตารางที่ 41 คุณภาพหัวพันธุ์หงส์เหิน “MJ16” หลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์

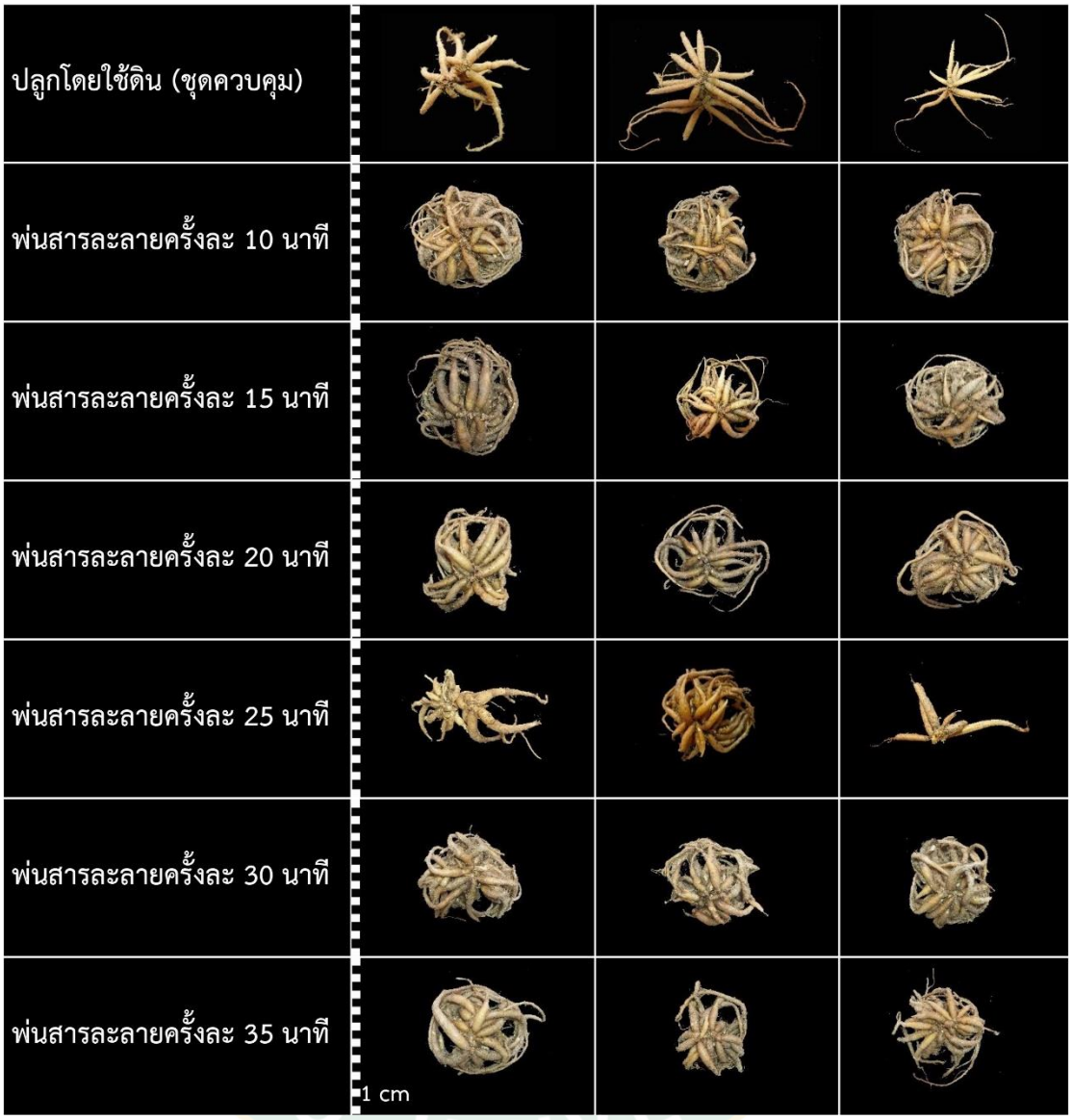
สิ่งทดลอง	จำนวนหัวย่อย (หัว)	ขนาดความกว้างหัวย่อย (เซนติเมตร)	จำนวนราก (ราก)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลางของราก (เซนติเมตร)	น้ำหนักสด (กรัม)
ปลูกโดยใช้ดิน (ชุดควบคุม)	4.77^{ab}	0.42^{a}	14.33^{b}	0.50	5.01^{a}	9.11^{c}
พ่นสารละลายครั้งละ 10 นาที	7.33^{ab}	0.34^{b}	33.78^{a}	0.54	3.33^{b}	35.93^{a}
พ่นสารละลายครั้งละ 15 นาที	6.44^{ab}	0.36^{b}	23.44^{ab}	0.50	4.55^{ab}	14.26^{bc}
พ่นสารละลายครั้งละ 20 นาที	6.89^{ab}	0.32^{b}	25.00^{ab}	0.52	4.37^{ab}	18.85^{abc}
พ่นสารละลายครั้งละ 25 นาที	4.56^{b}	0.36^{b}	16.56^{b}	0.48	3.26^{b}	7.94^{c}
พ่นสารละลายครั้งละ 30 นาที	8.00^{a}	0.33^{b}	26.67^{ab}	0.55	4.22^{ab}	34.33^{a}
พ่นสารละลายครั้งละ 35 นาที	7.11^{ab}	0.33^{b}	23.89^{ab}	0.54	4.14^{ab}	26.87^{b}
F-test	**	**	**	ns	**	**
C.V. (%)	35.25	7.92	37.42	10.11	22.41	58.13

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, ** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,
ค่าเฉลี่ย (Mean) ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบด้วยวิธี Tukey's Studentized Range (HSD) Test



ภาพที่ 22 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” หลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 84 วัน

หมายเหตุ T1 = ปลูกโดยใช้ดิน (ชุดควบคุม)
T2 = พ่นสารละลายครั้งละ 10 นาที
T3 = พ่นสารละลายครั้งละ 15 นาที
T4 = พ่นสารละลายครั้งละ 20 นาที
T5 = พ่นสารละลายครั้งละ 25 นาที
T6 = พ่นสารละลายครั้งละ 30 นาที
T7 = พ่นสารละลายครั้งละ 35 นาที



ภาพที่ 23 ลักษณะขนาดของหัวพันธุ์หงส์เหิน “MJ16” หลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์

หมายเหตุ T1 = ปลูกโดยใช้ดิน (ชุดควบคุม)
T2 = พ่นสารละลายครั้งละ 10 นาที
T3 = พ่นสารละลายครั้งละ 15 นาที
T4 = พ่นสารละลายครั้งละ 20 นาที
T5 = พ่นสารละลายครั้งละ 25 นาที
T6 = พ่นสารละลายครั้งละ 30 นาที
T7 = พ่นสารละลายครั้งละ 35 นาที

	ระยะเริ่มปลูก	ระยะการเจริญเติบโต	ระยะออกดอก	ระยะพักตัว
อายุต้น	7 วัน	14-35 วัน	42-98 วัน	116-150 วัน
เดือน	กรกฎาคม	กรกฎาคม-สิงหาคม	สิงหาคม-ตุลาคม	ตุลาคม-พฤศจิกายน

ภาพที่ 24 ระยะการเจริญเติบโตของหงส์เหินที่ปลูกในระบบแอโรโพนิกส์

จากการนำต้นพันธุ์หงส์เหิน “MJ16” ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อและนำมาอนุบาลโดยปลูกในพีทมอสและเลี้ยงภายใต้สภาพโรงเรือนที่พรางแสงเป็นระยะเวลา 30 วัน ก่อนนำมาปลูกเลี้ยงโดยการใช้ดินเปรียบเทียบกับการปลูกในระบบแอโรโพนิกส์ โดยการพ่นสารละลายธาตุอาหารที่ระบบรากเป็นระยะ ๆ เวลาแตกต่างกันนั้น พบว่าการพ่นสารละลาย 10 นาที ส่งผลต่อการเจริญเติบเติบโตโดยรวมด้านจำนวนหน่อ ความสูงต้น จำนวนช่อดอก คุณภาพช่อดอกและคุณภาพหัวที่ดีได้ จากงานทดลองครั้งนี้จะเห็นว่าระบบการปลูกพืชแบบแอโรโพนิกส์สามารถนำมาใช้กับการปลูกต้นหงส์เหินเผื่อผลิตหัวพันธุ์ได้ อย่างไรก็ตามการนำระบบแอโรโพนิกส์มาใช้กับพืชหัวยังมีงานวิจัยน้อยมากทั้งนี้อาจเนื่องจากวิธีการปฏิบัติค่อนข้างจะยุ่งยากกว่าระบบอื่น ๆ อย่างไรก็ตามยังมีรายงานการใช้ระบบนี้กับพืชวงศ์ขิงแล้ว และสามารถผลิตหัวพันธุ์ที่มีคุณภาพและช่วยลดปัญหาที่เกิดจากใส้เดือนฝอยได้ (Anita *et al*., 2004) สำหรับพืชชนิดอื่นที่มีการนำระบบแอโรโพนิกส์มาใช้และได้ผลดี คือ ในมันฝรั่ง ซึ่งพบว่า ต้นมีการเจริญเติบโตที่ดีและมีจำนวนหัวเพิ่มขึ้นถึง 70 เปอร์เซ็นต์ แต่มีน้ำหนักหัวลดลง 33 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากหัวพันธุ์มีขนาดเล็ก (Ritter *et al*., 2001) ในการพ่นสารละลายธาตุอาหารเพื่อการเจริญของพืชจะต้องมีระยะเวลาเหมาะสมเพื่อการเจริญของพืชที่ดีซึ่งในแต่ละพืชหรือแต่ละระยะการเจริญของพืชอาจมีความต้องการระยะเวลาการพ่นที่แตกต่างกันไป ดังเช่นในผักกาดหอมมีรายงานการพ่นสารละลายตลอดเวลา การพ่น 1 นาที หยุด 6 นาที และพ่น 1 นาที หยุด 10 นาที ผลพบว่า การพ่นตลอดเวลาทำให้การเจริญเติบโตของผักกาดหอมมากที่สุด และในช่วง 4 สัปดาห์หลังการย้ายปลูก การพ่นแบบมีจังหวะเปิดและปิด ทำให้ผักกาดหอมมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งมากกว่าการพ่นตลอดเวลา (Dhuengprayong, 2008)

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

จากศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดหัวจิ๋วของหงส์เหินในสภาพปลอดเชื้อนั้น พบว่า การเลี้ยงยอดหงส์เหินในอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำตาลความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร มีผลต่อการเจริญเติบโตทางต้นและสามารถชักนำให้เกิดหัวจิ๋วได้

จากการนำต้นหงส์เหินที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อมาปลูกในวัสดุปลูกแบบไม่ใช้ดินภายใต้สภาพโรงเรือนเพื่อการผลิตหัวพันธุ์นั้น พบว่า การใช้วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของทราย : ขุยมะพร้าว และทราย : กาบมะพร้าว มีผลต่อการเจริญเติบโตทางต้น คุณภาพช่อดอก และคุณภาพหัวพันธุ์ที่ดี

จากการนำต้นหงส์เหินที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อมาปลูกในระบบแอโรโพนิกส์ภายใต้สภาพโรงเรือนเพื่อการผลิตหัวพันธุ์นั้น พบว่า การพ่นสารละลายธาตุอาหารที่รากโดยตรงครั้งละ 10 นาที และทำการพ่นสารละลายธาตุอาหารทุก ๆ 3.5 ชั่วโมง จะส่งผลให้หงส์เหินมีการเจริญเติบโตทางต้นและสามารถผลิตหัวพันธุ์ที่ดีได้

จากวิธีการผลิตหัวพันธุ์หงส์เหินทั้งภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการและในสภาพโรงเรือนที่นำระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินมาใช้นั้น ถือว่าเป็นแนวทางที่ดีและควรนำไปพัฒนาต่อให้เหมาะสำหรับการทำในเชิงการค้าในเรื่องของการผลิตหัวพันธุ์ที่ปลอดโรคทั้งเพื่อการปลูกในประเทศและโดยเฉพาะในการส่งออก นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับไม้หัวชนิดอื่นที่มีปัญหาการเกิดโรคที่หัวได้ เช่น ในการผลิตหัวพันธุ์ปทุมมา เป็นต้น

บรรณานุกรม

กรณ์ กรภัทร์ชัยกุล ศักดิ์ชัย กรรมารางกูร และจีรนันท์ กล่อมนรา แก้วรักษา .2560. การเกิดต้นจากการเพาะเลี้ยงแคลลัสของขมิ้นชันในหลอดทดลอง. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**. 22(1): 1-13.

กรมวิชาการเกษตร. 2554. **หงส์เหินดอกไม้เข้าพรรษา**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://saraburi.doae.go.th/amazing/hong.htm. (10 สิงหาคม 2561).

จันทนา กาญจน์กมล. 2554. **ปัจจัยที่มีผลต่อการชักนำการเกิดเหง้าของข่าและหน่อกะลาในหลอดทดลอง**. รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

ฉันทนา สุวรรณธาดา. 2536. **ไม้ดอกประเภทหัว**. เชียงใหม่. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ฉันทลักษณ์ ติยายน และอดิศร กระแสชัย. 2538. การศึกษาวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการปลูกปทุมมา. **วารสารเกษตร**. 11(3): 270-285.

ชลิตา ฤทธิ์เต็ม และ ขนิษฐา เขม้นเขตรวิทย์. 2561. **การเปรียบเทียบวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเมล่อนพันธุ์กรีนเน็ตในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน**. นครสวรรค์. ปัญหาพิเศษ. คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

ชมรมเกษตรกรรมปลอดสารพิษสกลนคร. 2563. **แกลบดิบ**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.kasetsakon.com/-f19/-t52.html. (27 ตุลาคม 2563).

ณัฐพงค์ จันจุฬา. 2555. **การเพาะเลี้ยงเอมบริโอและการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อในต้นหงส์เหิน**. กรุงเทพฯ. วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นันทิยา วรรธนะภูติ. 2553. **การขยายพันธุ์พืช**. พิมพ์ครั้งที่. 4. กรุงเทพฯ. โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

นิพนธ์ ทวีชัย อังสนา อัครพิศาล วิชัย โฆสิตรัตน์และชลิตา เล็กสมบูรณ์. 2540. **การผลิตขิงปลอดโรคและต้านทานโรคเหี่ยวจากแบคทีเรียโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ**. กรุงเทพฯ. *ใน* การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.(35): 383-391.

นพดล จรัสสัมฤทธิ์. 2555. **สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช**. เชียงใหม่. พิมพ์ที่สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

นิตยา มงคลรัตนาสิทธิ์. 2544. ก**ารเจริญเติบโตของหงส์เหิน 2 ชนิด**. เชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ภัทรา แสงดานุช. 2553. **มือใหม่หัดปลูกพืชกินแมลง**. กรุงเทพฯ.บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับริชิ่ง จำกัด.

ปิยะมาศ ปานทอง. 2560. **การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและการตอบสนองทางสรีรวิทยาของ *Globba marantina* L. และ G. *schomburgkii* Hook.f. ในวัสดุปลูกและระบบไฮโดรโปนิกส์**. วิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์. นครราชสีมา. สาขาวิชาชีววิทยาสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ปิยเกษตร สุขสถาน ทยา เจนจิตติคุณ และ พัชรียา บุญกอแก้ว. 2555. **โครงการย่อยการรวบรวมคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์พืชสกุลหงส์เหินที่มีศักยภาพเชิงการค้า**. รายงานฉบับสมบูรณ์.

พัชรียา บุญกอแก้ว กนกวรรณ ถนอมจิตร อัณณ์ชญาน์ มงคลชัยพฤกษ์ เฉลิมศรี นนทสวัสดิ์ ไพศาล โรจน์ สราญรมย์ เบญญา มะโนชัย ณัฏฐิมา โฆษิตเจริญกุล และประนอม ยังคำมั่น. 2552. **การศึกษาสรีรวิทยาเพื่อการผลิตพืชสกุลหงส์เหินในเชิงการค้า**. รายงานฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

มนูญ ศิรินุพงศ์. 2556. **การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินในประเทศไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. นนทบุรี. บริษัทสยามคัลเลอร์พริน จำกัด.

วิทยา สุริยาภณานนท์. 2535. **เครื่องปลูกในสถานเพาะชำ**. เคหการเกษตร. 16(12): 113-118.

สิริภัทร์ พราหมณีย์. 2560. **เทคนิคการเพาะเลี้ยงเซลล์และเนื้อเยื่อพืชเพื่อการขยายและปรับปรุงพันธุ์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำอางค์ เกตุวราภรณ์. 2542. ก**ารปลูกการเก็บเกี่ยวและปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวหัวพันธุ์ปทุมมา. *ใน* เอกสารประกอบคำบรรยายเรื่องการปลูกการเก็บเกี่ยวและปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวหัวพันธุ์ปทุมมา**. เชียงใหม่.

สุรชาติ คูอาริยะกูล. 2541. **โรคปทุมมาและการป้องกัน. *ใน* เอกสารประกอบคำบรรยายเรื่องโรคปทุมมาและการป้องกันกำจัด**. เชียงใหม่. โรงแรมเชียงใหม่ฮิลล์.

สุรเดช สดคมขำ. 2562. **พฤกษาบูชา ดอกเข้าพรรษาหรือดอกหงส์เหิน**. เทคโนโลยีชาวบ้าน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.technologychaoban.com/flower-and-decorating-plants/article_116278. (7 กันยายน 2563).

โสระยา ร่วมรังษี. 2558. **สรีรวิทยาไม้ดอกประเภทหัว**. เชียงใหม่. สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

หนูเดือน เมืองแสน ปิยะพร แสนสุข และ สุรพล แสนสุข. 2562. **การอนุรักษ์และขยายพันธุ์พืชหายากสกุลเปราะและสกุลหงส์เหิน (วงศ์ขิง) ด้วยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อภายใต้โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. นครราชสีมา.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี สุรนารี.

อนุพันธ์ กงบังเกิด และวีระชน ยานะฝั่น. 2005. ผลของแสง น้ำตาล และสารชะลอการเจริญเติบโตต่อการชักนำให้เกิดเหง้าจิ๋วของขมิ้นชันในหลอดทดลอง. **NU Sci. J**. 2: 73-86.

อรวรรณ วิชัยลักษณ์ และ สุนทรี เรืองศรี. 2549. **หงส์เหิน (ดอกเข้าพรรษา)**. เอกสารอิเล็กทรอนิกส์ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2538. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponics)**. ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. กรุงเทพฯ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Abbas, M. S., Taha, H. S., Aly, U. I., El-Shabrawi, H. M. and Gaber, E.-S. I. 2011. *In vitro* propagation of ginger (*Zingiber officinale* Rosco). **J. of Gene. Eng. and Biot**. 9(2)*:* 165-172.

Anita, L**.**H**.**, L.A. Brigham and G**.**A. Giacomelli. 2004. Aeroponic cultivation of Ginger (*Zingiber officinale*) Rhizomes. **Acta Hort**. 659: 397-402.

Bach, A**.**, B. Pawlowska and K. Pulczynska. 1992. Utilization of Soluble Carbohydrates in Shoot and Bulb Regeneration of *Hyacinthus orientalis* L. in *vitro*. **Acta Hortic**. 325: 487-492.

Balachandran, S.M**.**, S.R. Bhat and K.S.P. Chandel.1990. *In vitro* clonal multiplication of turmeric *(Curcuma* spp.) and ginger (*Zingiber officinale* Rosc). **Plant Cell Rep**. 8: 521-524.

Bausher, M.G. and G. Yolenosky. 1987. Morphological changes in Citrus association with relatively high concentration of paclobutrazzol. **J.of plant growth reg**. 5: 139-147.

Biddinger, E.J., L. Chunming, J.J. Robert and K.G. Raghothama. 1998. Physiological and Molecular Responses of Aeroponically Grown Tomato Plants to Phosphorus Deficiency. **Amer. Soc. for Hort. Sci**. 123: (2): 330-333.

Chaiyasut, C and S. Chansakaow. 2007. Ihibitory effects of some Thai plant extracts on AAPH**-**induced protein oxidation and protein glycation. Nresuan University. **J. Sci. and Tech. NUJST**. 15: 35-41**.**

Cho, Y., S. Kang, Y. Kim, K. Kim and G. Shin. 1999. Effects of culture systems on growth and yield of cherry tomatoes in hydroponics. RDA. **J. of Agri. Sci.** (Korea Republic).

Chidburee, A., W. Bundhitaya, C. Suwanthada, T. Ohyama and S. Ruamrungsri. 2007. Effects of sucrose concentrations on in vitro rhizome formation of *Curcuma alismatifolia* Gagnep. **In: Proceddings of the 4th International Symposium**

on the Family Zingiberaceae 3-6 July 2006. Singapore Botanic Gardens, Singapore. 61.

David, D., L.E.E. Chuwan and J.A. Gansau. 2018. Optimizing sucrose and BAP concentrations for *In Vitro* microrhizome induction of *Zingiber officinale* Rosc. "Tambunan" . Malays. **Appl. Biol**. 47: 47-52.

Dhuengprayong, A., T. Tammasuk, P. Rhop and J. Kanaphon. 2008. Influence of nutrient solution rinsing on the growth of lettuce grown with aerobic techniques. **The 7th National Horticultural Congress**. [*in Thai*].

Eufrocinio, C.M., M.J.C. Dela Cruz. 2018. Influence of Sucrose on Growth and [6]-Gingerol Production of *In vitro*-Grown Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). (Inter). **J. of Pha. and Phyto**. Res. 10(1): 17-20.

Gao, J.-m., Y.-B. Li, and N. Ren. 2009. **Design and simulation of a novel low - frequency ultrasonic atomizing nozzle based on focuzing ultrasinic levitation.** Symposium on piezoelectricity, acoustic waves, and device applications. DOI: 10.1109/SPaWDA.2009.5428875.Wuhan, China.

Gysi, C., von F. Allmen. 1997. **Balance of water and nutrients in tomatoes grown on soilless systems**. Agroscope, Institute for Plant Production Sciences IPS, Switzerland.

Idris, I. and M.I. Sani. 2012. **Monitoring and control of aeroponic growing system for potato production.** Conference on control, System and industrial informatics. DOI: 10.1109/CCSII.2012.6470485 Corpus ID: 2872515.

Islam, M.A., K. Kloppstech and H.J. Jacobsen. 2004. Efficient Procedure for *In vitro* Microrhizome Inductionin *Curcuma longa* L. (Zingiberaceae) A- Medicinal Plant of Tropical Asia. **Plant Tissue Cult**. 14(2): 123-134.

Jo, E.A., R.K. Tewari, E.J. Hahn and K.Y. Paek. 2009. *In vitro* sucrose concentration affects growth and acclimatization of *Alocasia amazonica* plantlets. **Plant Cell Tiss. Org. Cult**. 96: 307-315.

Jie, H. and L.S. Kong. 1998. Growth and photosynthetic responses of three aeroponically grown Lettuce cultivars (*Lactuca sativa* L.) to different rootzone

temperatures and growth irradiances under tropical aerial conditions. **The J. of Hort. Sci. and Bio**. 73(2) : 173-180.

Jala, A. 2012. Effects of NAA BA and Sucrose on Shoot induction and Rapid Micropropagation by Trimming Shoot of *Curcuma longa* L. **Thammasat Inter. J. of Sci. and Tech**. 17(4): 54-60.

Kang, J.G., S.Y. Kim, Y.H. Om. and J.K. Kim. 1996. Growth and tuberization of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars in aeroponics, deep flow technique and nutrient film technique culture systems. **J. of the Korean Soc. for Hort. Sci**. 37: 24-27.

Kim, H., E. Lee, M. Lee, I. Woo, C. Moon, Y. Lee and S. Kim. 1999. Production of high quality potato plantlets by autotrophic culture for aeroponic systems**. J. of the Korean Soc. for Hort. Sci**. 123: 330-333.

Kress, W., J. Linda, M Williams, Kyle. 2002. The phylogeny and a new classification of the gingers (Zingiberaceae) evidence from molecular data. **Amer. J. of Bot**. 89(10): 1682-1696.

Lim, S., J.H. Seon, K.Y. Paek, B.H. Han and S.H. Son. 1998. Development of pilot scale process for mass production of *Lilium bulblets in vitro.* **Acta Hortic**. 461: 237-241.

Manokam, N**.** and N. Nuntawong. 2014. Chemical constituents from the rhizomes of *Globba reflexa* Craib. **Bio. Sys. and Eco**. 57: 395-398.

Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio**-**assays with tobacco tissue culture. **Physio. Plant**. 15: 473-474.

Molitor, H. and M. Fischer. 1999. Effect of several parameters on the growth of chrysanthemum stock plants in aeroponics. **Acta Hortic**. 481: 179-186.

Nayak, S. 2002. High frequency *in vitro* production of microrhizomes of *Curcuman amada*. **Indian J. of. Exp. Biol**. 40: 230-232.

Nayak, S. 2000. *In vitro* multiplication and microrhizome induction in *Curcuma aromatica* Salisb. **Plant Growth Reg**. 32(1): 41-47.

Park, H. and M. Chiang. 1997. Effects of form and concentration of nitrogen in aeroponic solution on growth, chlorophyll, nitrogen contents and enzyme

activities in *Cucumis sativus* L. Plant. **J. of the Korean Soc for Hort. Sci**. 38: 642-646.

Peak, K.Y. and H.N. Murtty. 2002. High frequency of bulblet regeneration from bulb scale sections of *Fritillaria thunbergii.* **Plant Cell tiss.Org.Cult**. 68: 247-252.

Phantong, P., T. Machikowa, P. Saensouk and N. Muangsam. 2018. Comparing growth and physiological responses of *Globba schomburgkii* Hook f. and *Globba marantina* L. under hydroponic and soil conditions. **Emirates J. of Food and Agri**. 30(2): 157-164.

Resh, H.M. 1981. **Hydroponic Food Production**. Woodbridge Press Publishing Company. Santa Barbara, California.

Ritter, E., B. Angulo, P. Riga, C. Herran, J. Relloso and M. Sanjose. 2001. Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minitubers. **Potato Research**. 44: 127-135.

Shirgurkar, M.V. C.K. John and R.S. Nadgauda. 2001. Factors affecting *in vitro* microrhizome production in turmeric. **Plant Cell Tiss. Org. Cult**. 65: 5-11.

Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1991. **Plant Physio**. Fourth Edition. Wadsworth Publishing Company Belmont, California.

Sarmiento, .M.J. 2000. **Effect of production practices on growth and development of Zingiberaceae**. M.S. Thesis, Dept. of Horticulture, Louisiana State Univ., Baton Rouge.

Seliger, H.H., and W.D. Mc. Elroy. 1995. **Temperature and Plant Development.** Introduction to Plant Physiology.

Sharma, T.R. and B.M. Singh. 1995. *In vitro* microrhizome production in *Zingiber officinale* Rosc. **Plant Cell Reports**. 15: 274-277.

Sunitibala, H**.**, M **.**Damayanti and G**.**J **.**Sharma. 2001. *In vitro* propagation and rhizome formation in *Curcuma longa* Linn. **Cytobios**. 105: 71-82.

Tushar, B.S., and R.L. Sarma. 2014. Ethnomedical uses of Zingiberaceous plant of Northeast India. **Ethnopharmacol**. 132: 286-296.

Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. **Mineral nutrition: Plant Physio**. 2nd ed **.**Sinaver Associates Inc. 67**-**86.

Verdonck, O., R. Penninck, and M. De Boodt. 1993. The physical properties of horticultural substrates. **Acta Hortic**. 150: 155-160.

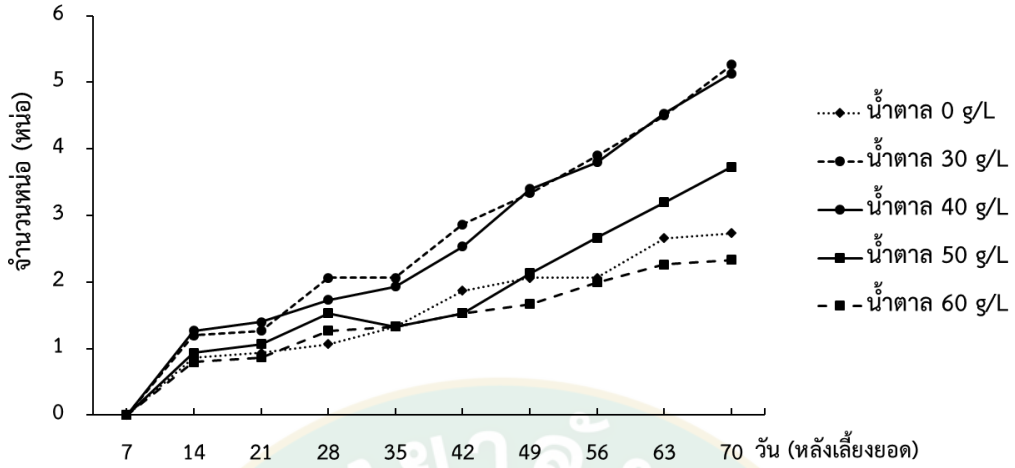
Williams, K., J.K.W. JohnManos and S. Paul. 2004. The phylogeny, evolution, and classification of the genus Globba and tribe Globbeae Zingiberaceae appendages do matter. **Amer. J. of Bot**. 9(1): 100-114.

Yaseer, S.M., A.M. Mohamad, S. Mahamud, K. Rezuwan, H.F.A. Huda and J. Azman. 2011. Effects of temperature gradient generated by fan-pad cooling system on yield of cabbage grown using fertigation technique under side netted rain shelter. **J. Trop. Agric and FD.SC**. 39(1): 93-101.

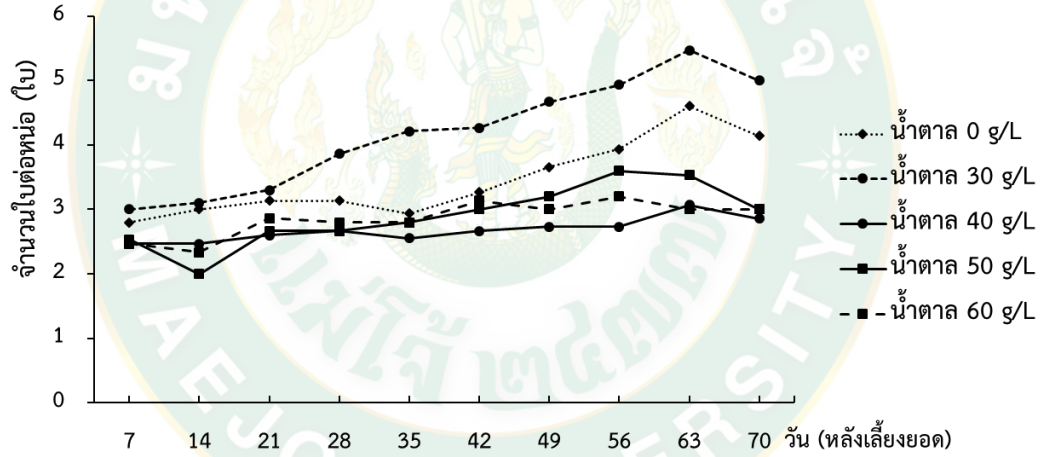
Zel, J., N. Debeljak, R. Ucman and M. Ravinkar. 1997. The effect of Jasmonic Acid Sucrose and Darkness on Garlic (*Allium sativum* L. cv. Ptujski Jesenski) Bulb Formation *in vitro*. ***In vitro*** **Cell. Dev. Biol**. 33: 231-235.

Zheng, Y., Y. Liu, M. Ma and K. Xu. 2008. Increasing *in vitro* microrhizome production of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). **Acta Physiol Plant**. 30*(4):* 513-519.

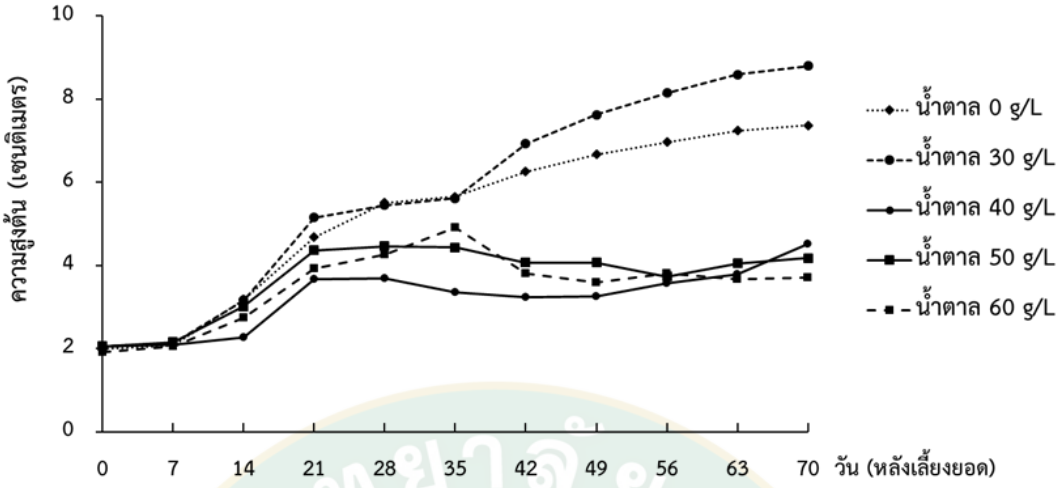
ภาคผนวก



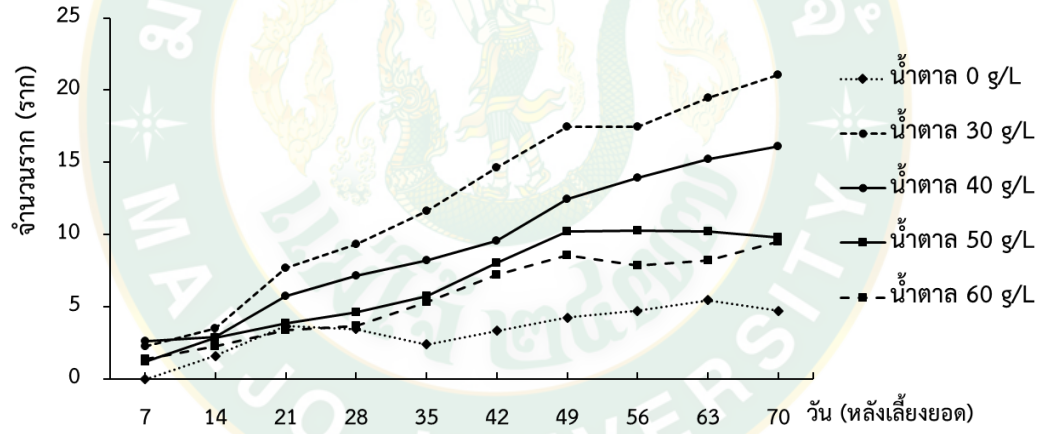
ภาพภาคผนวกที่ 1 กราฟแสดงผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนหน่อหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน



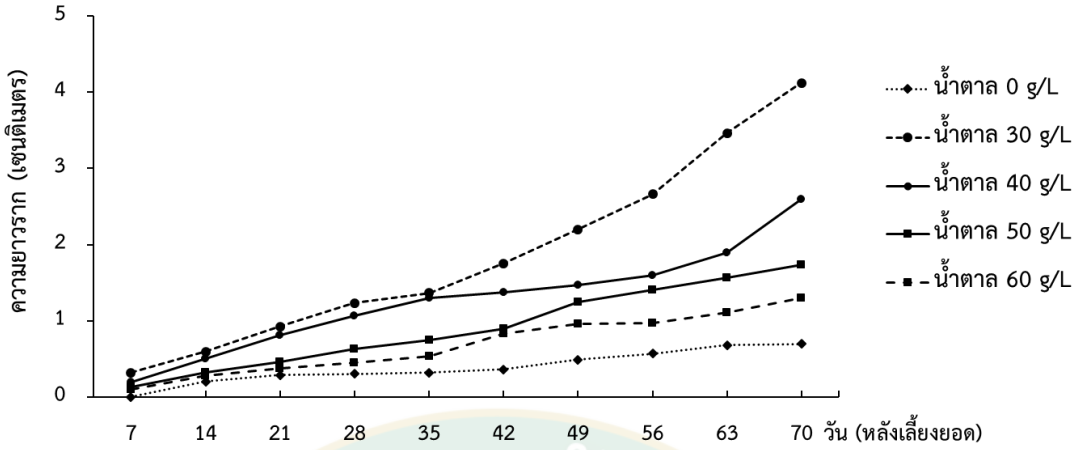
ภาพภาคผนวกที่ 2 กราฟแสดงผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนใบต่อหน่อหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน



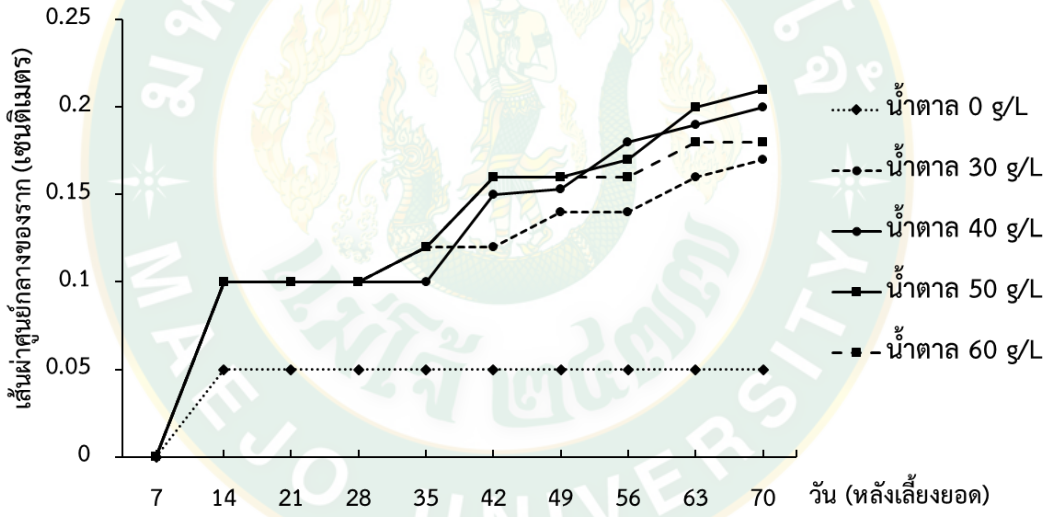
ภาพภาคผนวกที่ 3 กราฟแสดงผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อความสูงต้นหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน



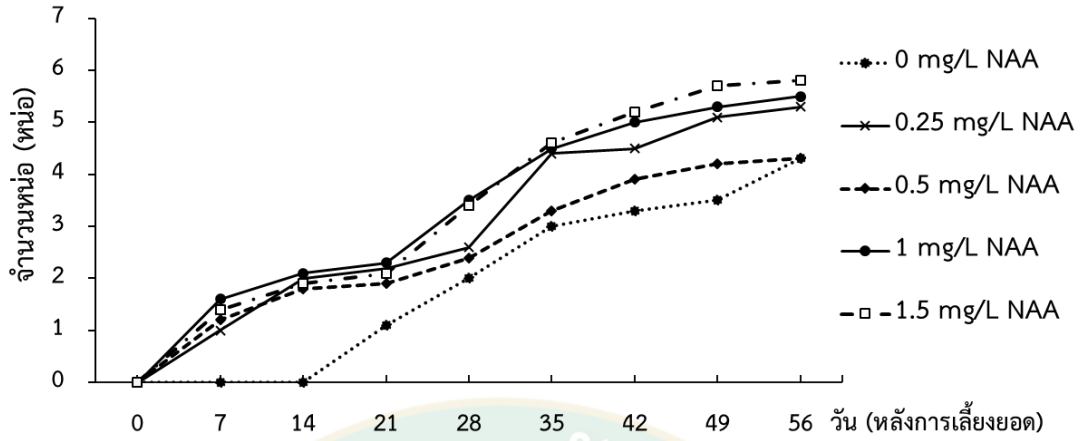
ภาพภาคผนวกที่ 4 กราฟแสดงผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนรากหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน



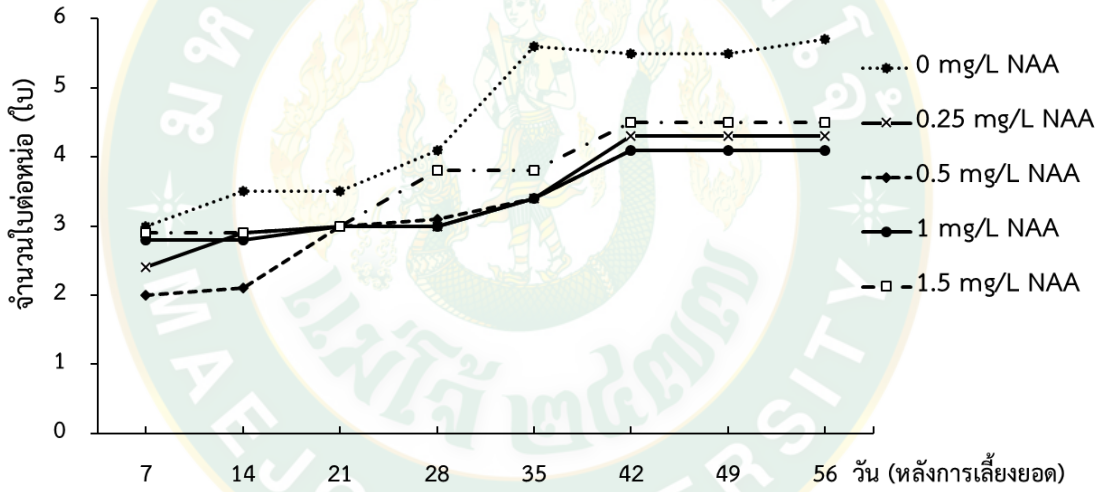
ภาพภาคผนวกที่ 5 กราฟแสดงผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อความยาวรากหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน



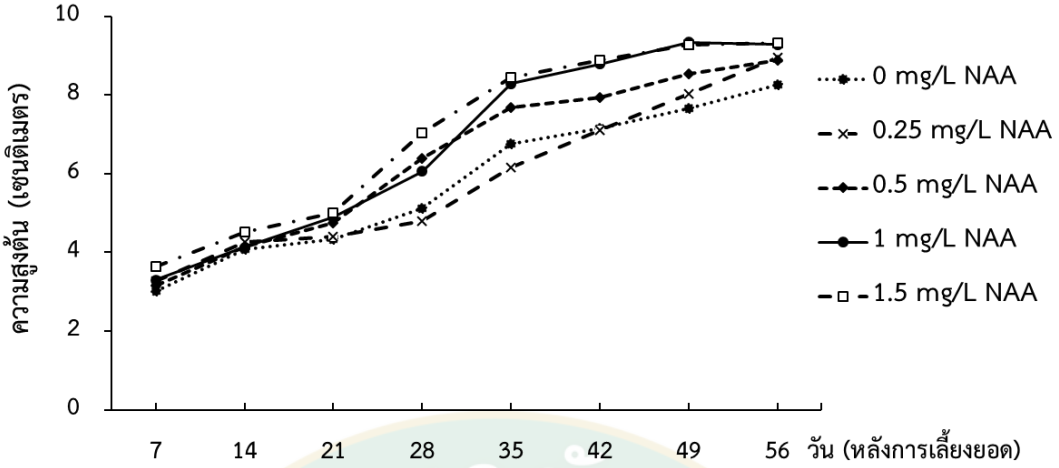
ภาพภาคผนวกที่ 6 กราฟแสดงผลของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของรากหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 70 วัน



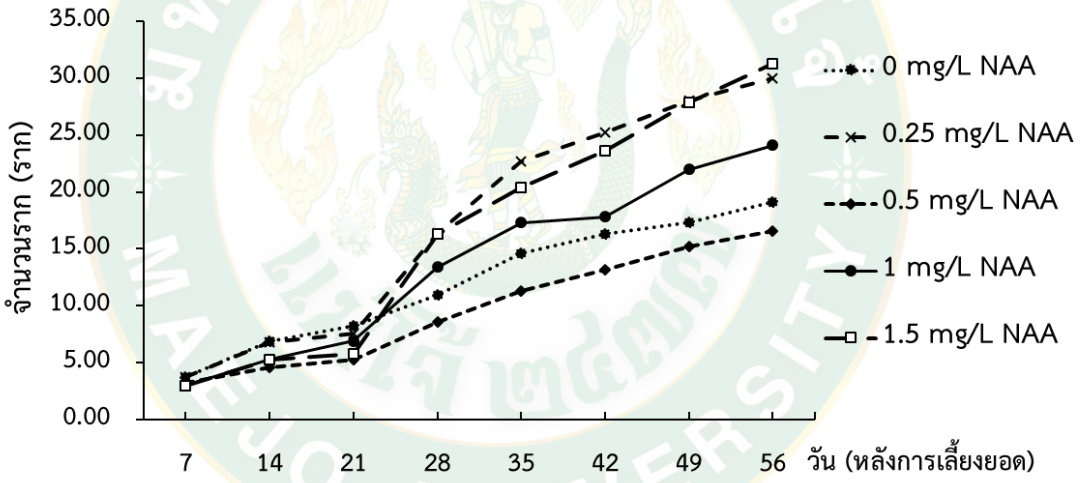
ภาพภาคผนวกที่ 7 กราฟแสดงผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนหน่อหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน



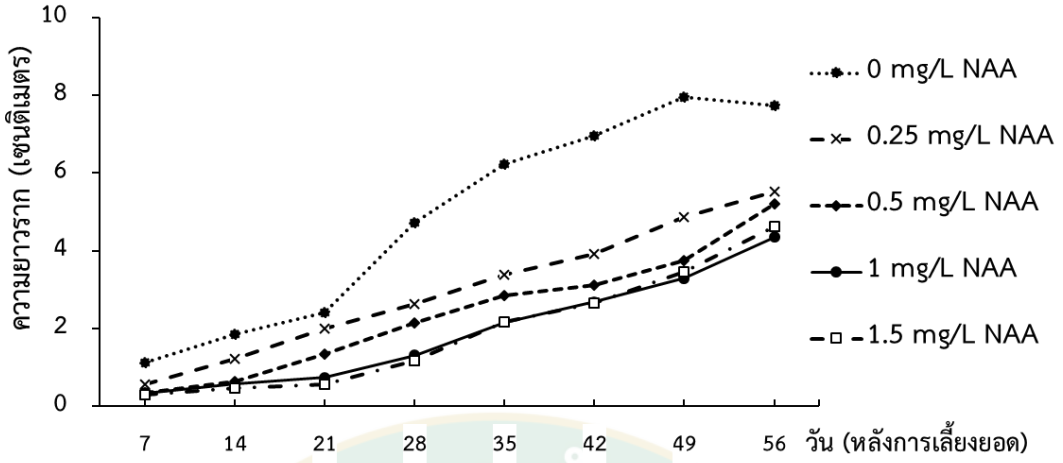
ภาพภาคผนวกที่ 8 กราฟแสดงผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนใบหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน



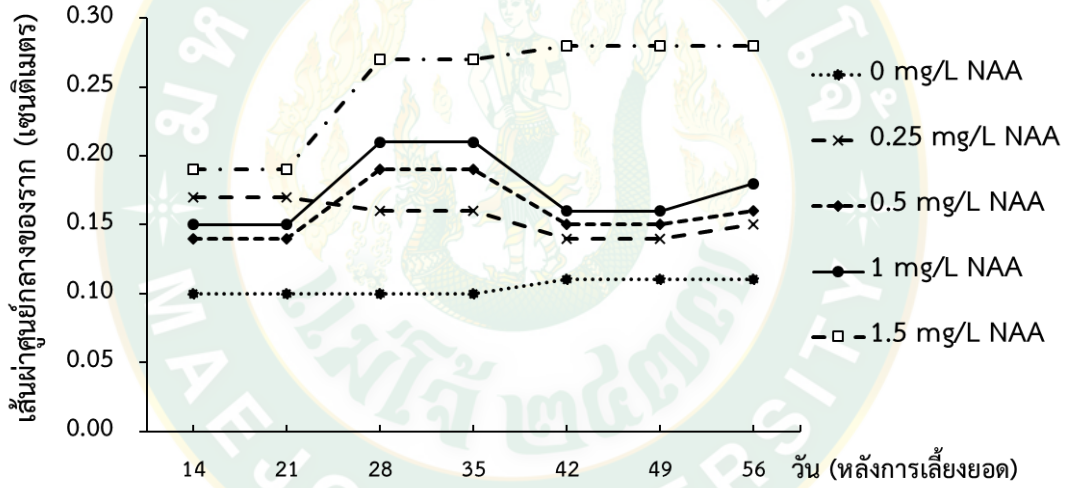
ภาพภาคผนวกที่ 9 กราฟแสดงผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อความสูงต้นหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน



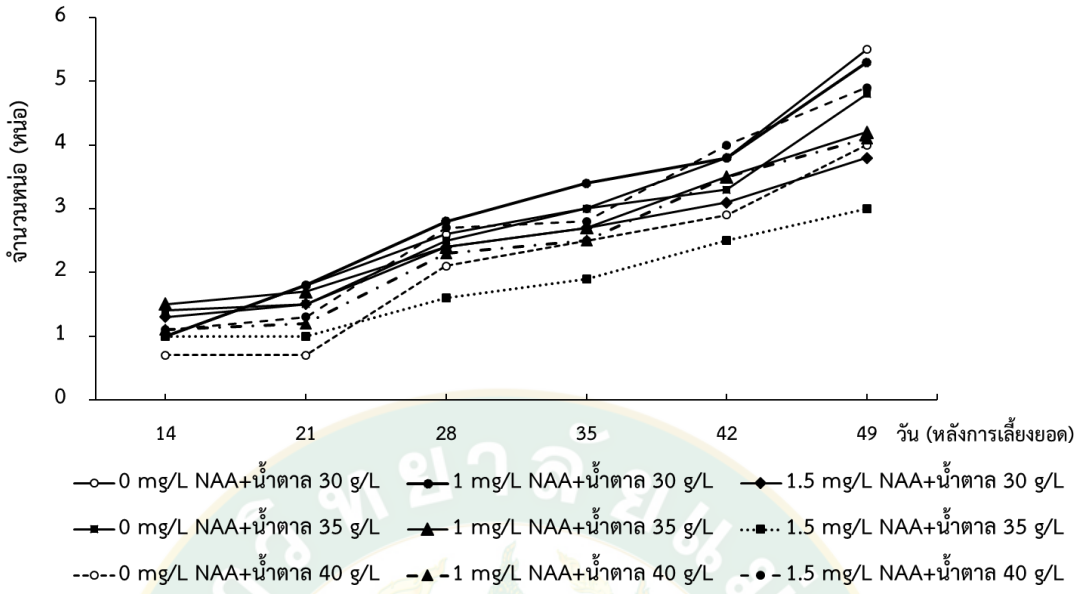
ภาพภาคผนวกที่ 10 กราฟแสดงผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อจำนวนรากหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน



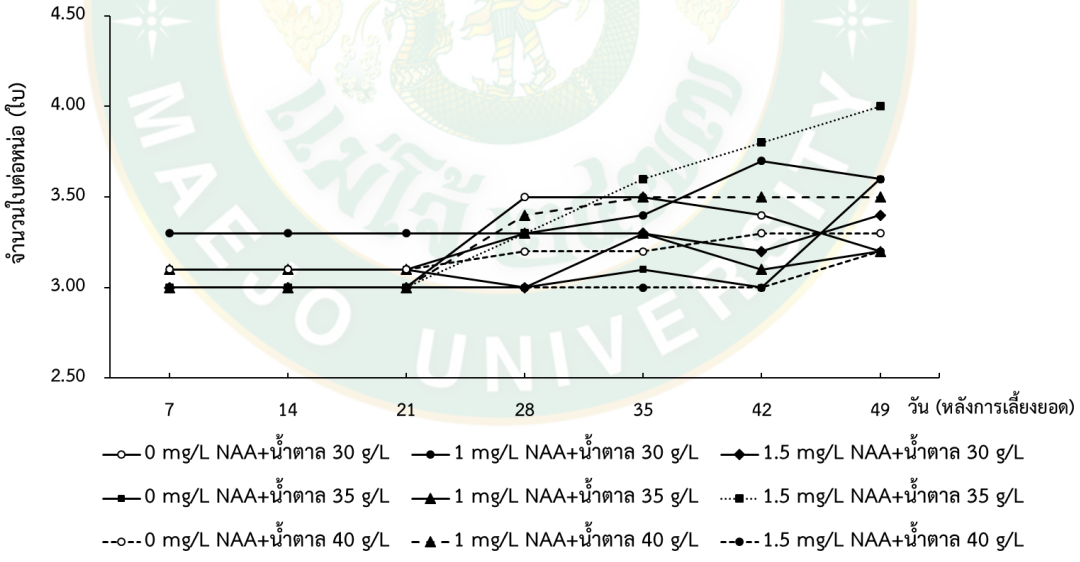
ภาพภาคผนวกที่ 11 กราฟแสดงผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อความยาวรากหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน



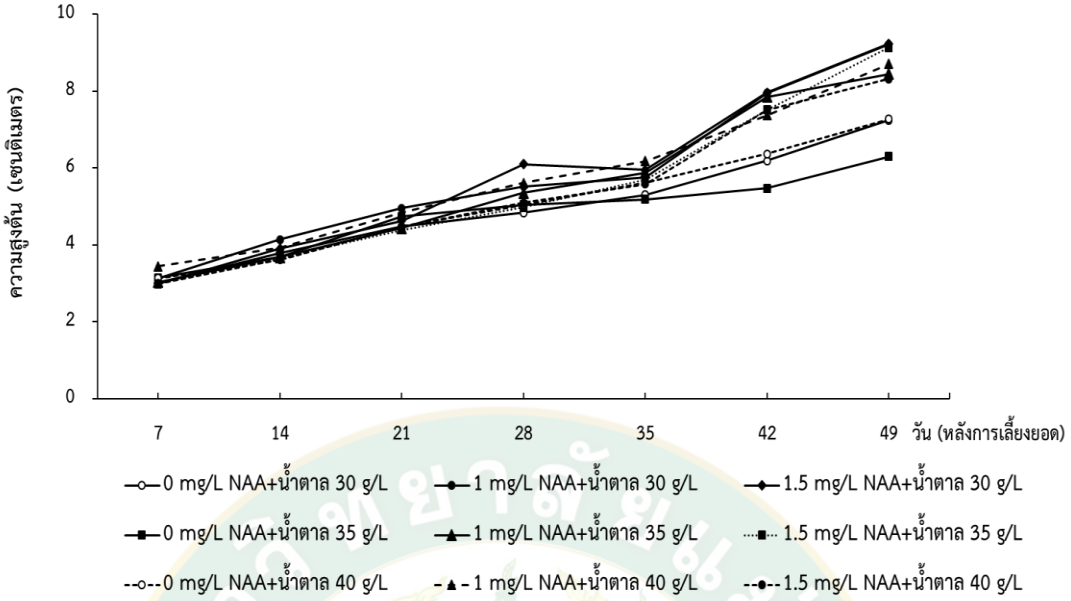
ภาพภาคผนวกที่ 12 กราฟแสดงผลของ NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของราก หงส์เหินพันธุ์ “MJ16”หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 56 วัน



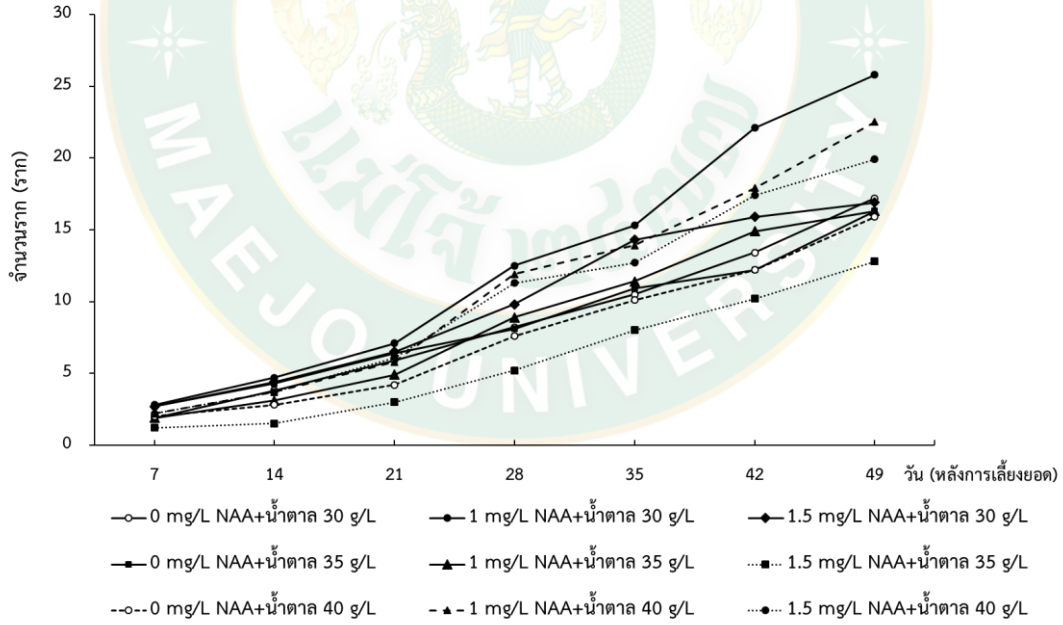
ภาพภาคผนวกที่ 13 กราฟแสดงผลของ NAA และน้ำตาลต่อจำนวนหน่อหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน



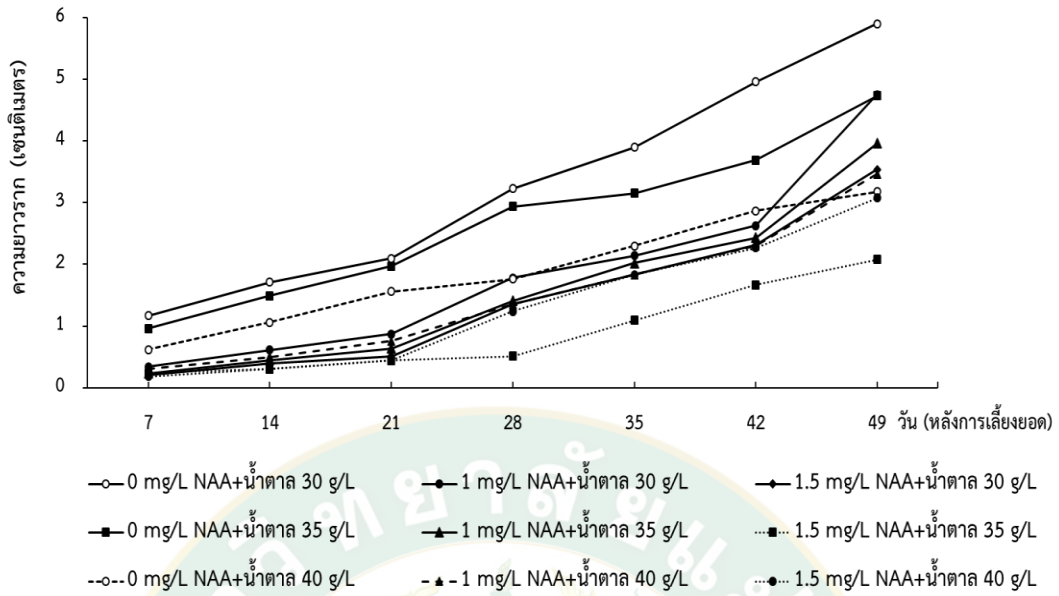
ภาพภาคผนวกที่ 14 กราฟแสดงผลของ NAA และน้ำตาลต่อจำนวนใบหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน



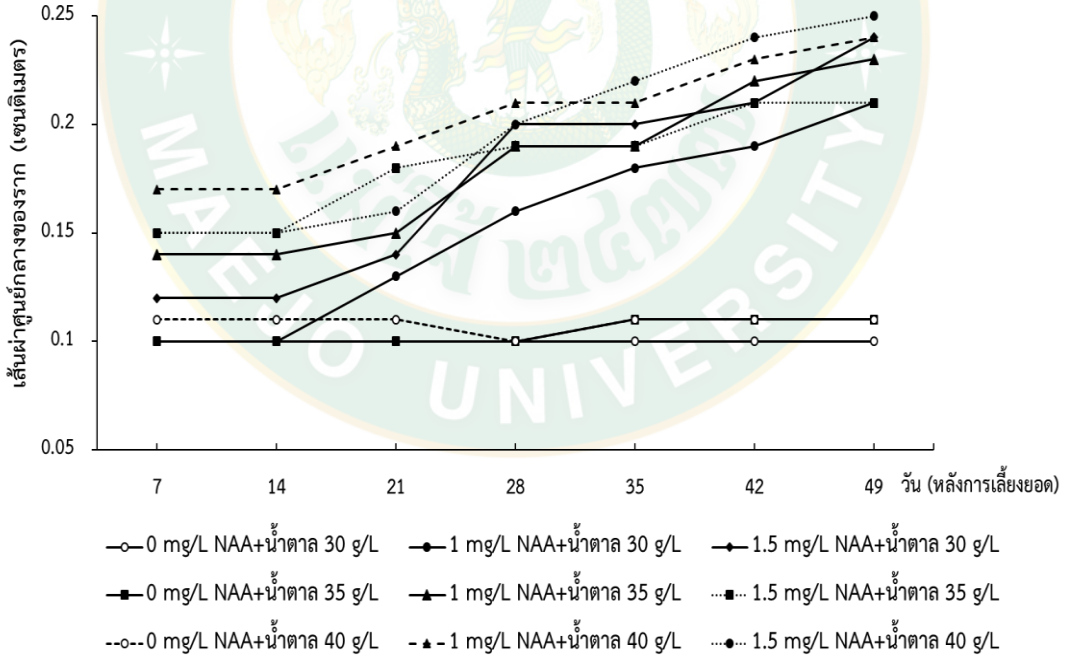
ภาพภาคผนวกที่ 15 กราฟแสดงผลของ NAA และน้ำตาลต่อความสูงต้นหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน



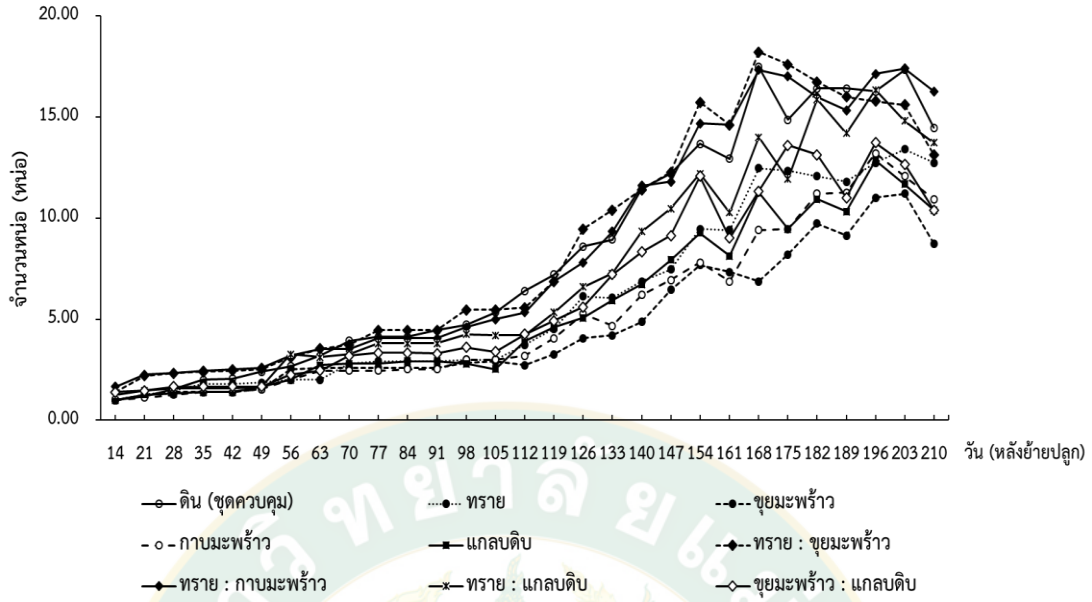
ภาพภาคผนวกที่ 16 กราฟแสดงผลของ NAA และน้ำตาลต่อจำนวนรากหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน



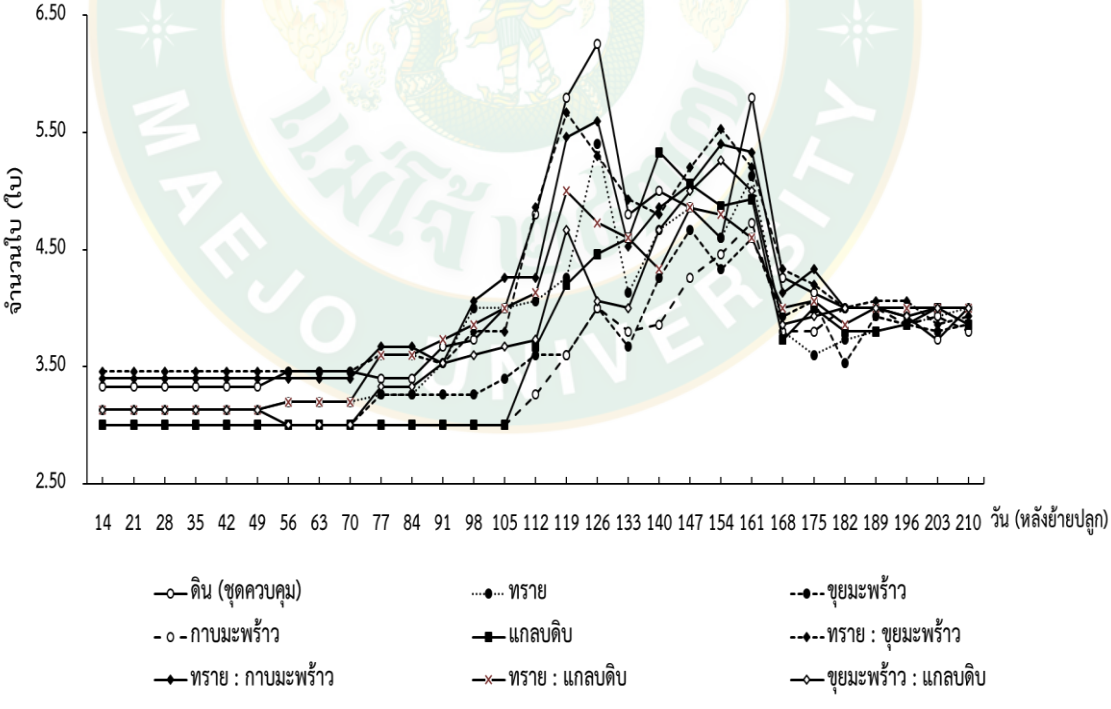
ภาพภาคผนวกที่ 17 กราฟแสดงผลของ NAA และน้ำตาลต่อความยาวรากหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน



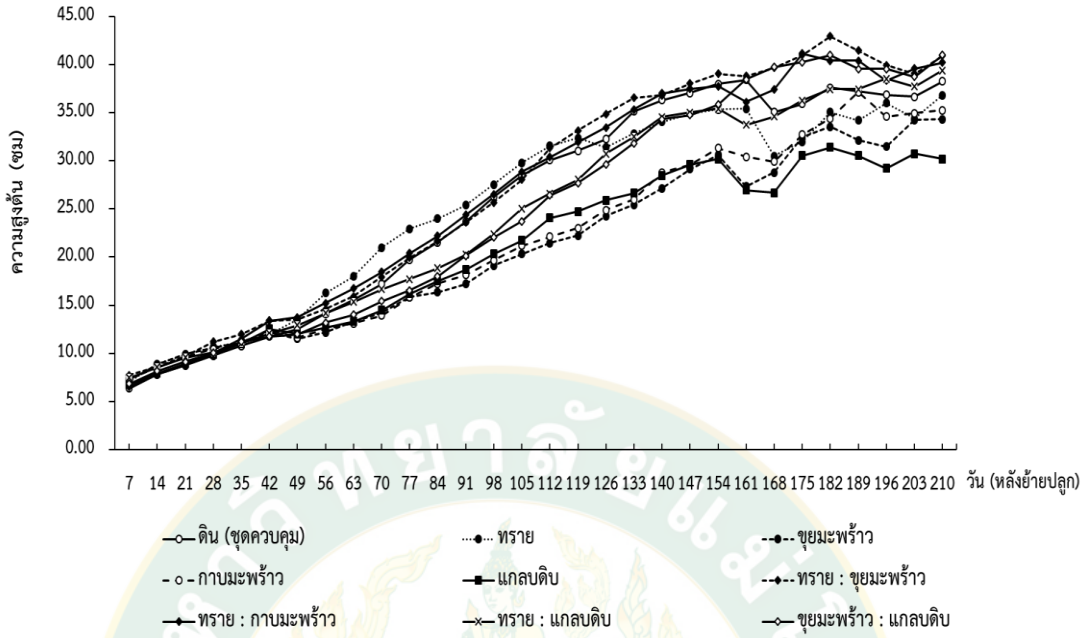
ภาพภาคผนวกที่ 18 กราฟแสดงผลของ NAA และน้ำตาลต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของรากหงส์เหินพันธุ์ “MJ16” หลังการเลี้ยงยอดในอาหารเป็นระยะเวลา 49 วัน



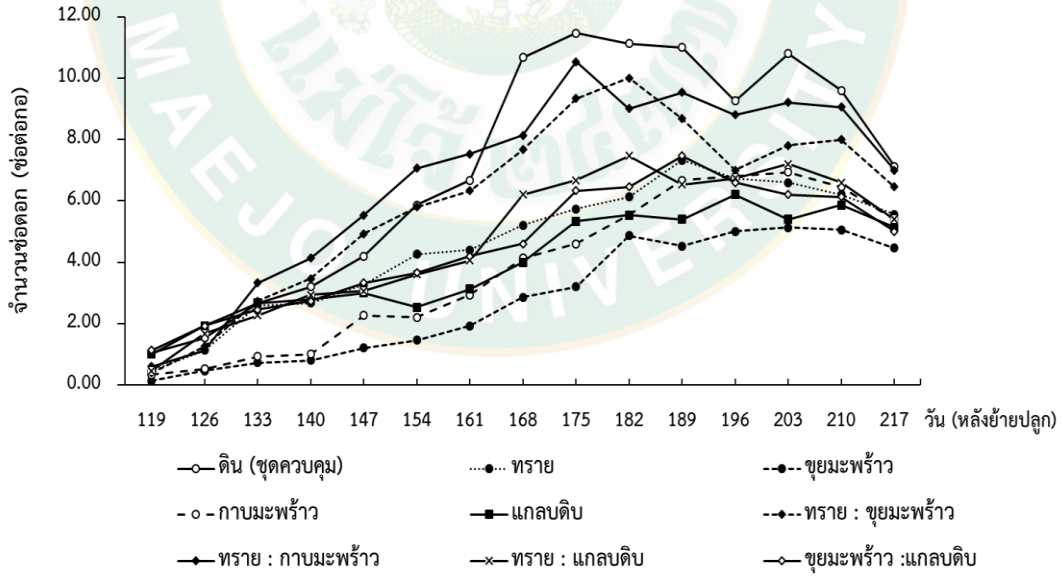
ภาพภาคผนวกที่ 19 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านจำนวนหน่อหลังปลูกในวัสดุปลูกต่างชนิดกันเป็นระยะเวลา 210 วัน



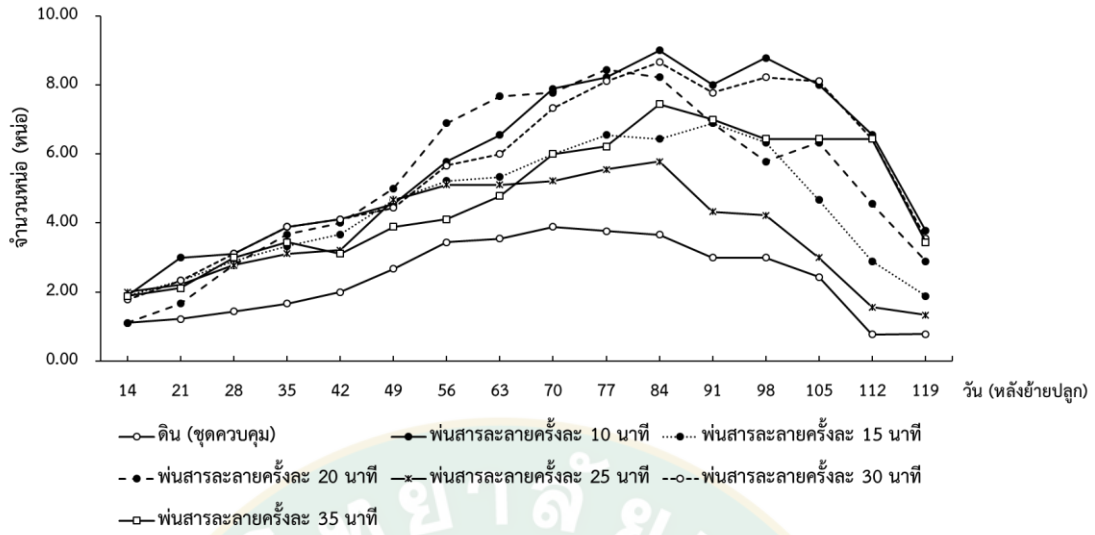
ภาพภาคผนวกที่ 20 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านจำนวนใบหลังปลูกในวัสดุปลูกต่างชนิดกันเป็นระยะเวลา 210 วัน



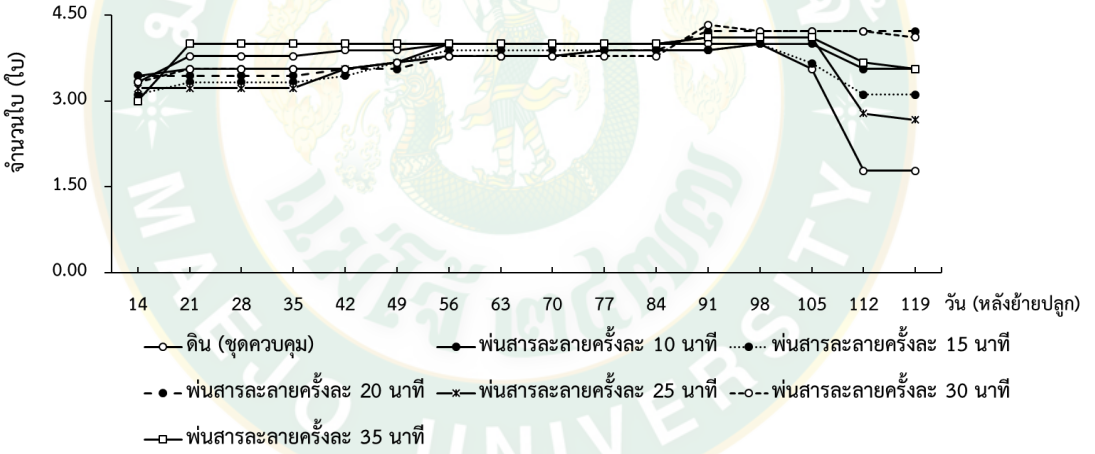
ภาพภาคผนวกที่ 21 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านความสูงต้นหลังปลูกในวัสดุปลูกต่างชนิดกันเป็นระยะเวลา 210 วัน



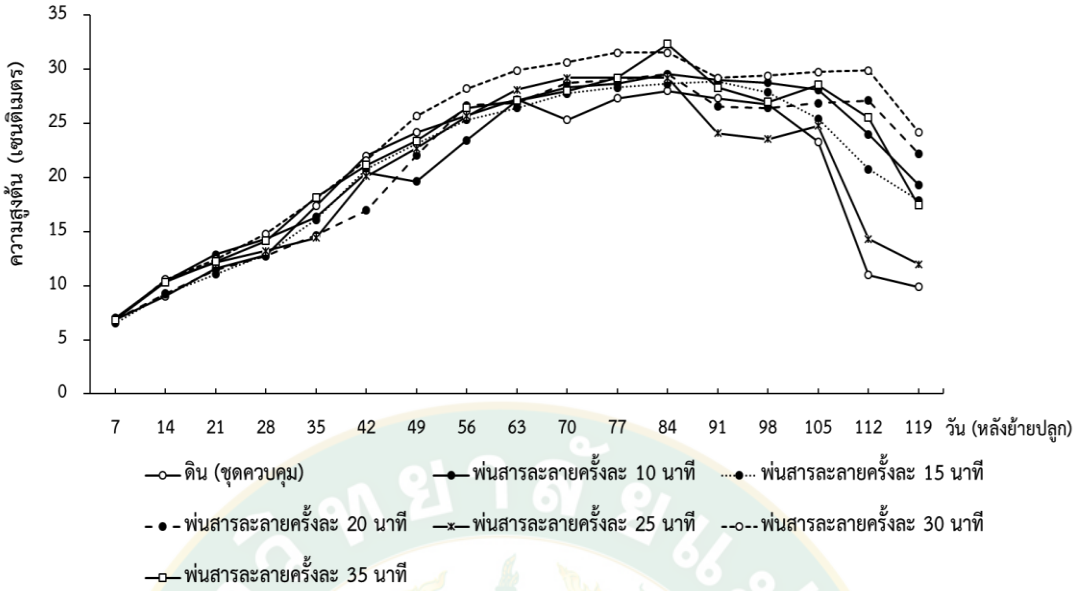
ภาพภาคผนวกที่ 22 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านจำนวนช่อดอกหลังการปลูกในวัสดุปลูกต่างชนิดกัน



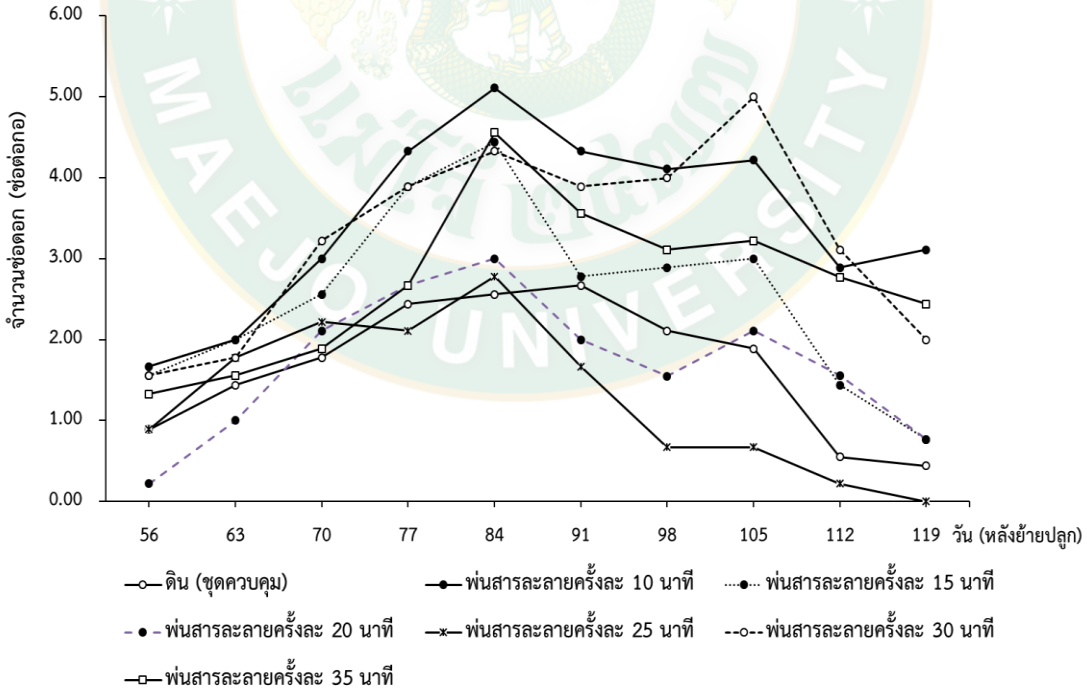
ภาพภาคผนวกที่ 23 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านจำนวนหน่อหลังการปลูกในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 119 วัน



ภาพภาคผนวกที่ 24 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านจำนวนใบหลังการปลูกในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 119 วัน



ภาพภาคผนวกที่ 25 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านความสูงต้นหลังการปลูกในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 119 วัน



ภาพภาคผนวกที่ 26 การเจริญเติบโตของหงส์เหิน “MJ16” ด้านจำนวนช่อดอกหลังการปลูกโดยใช้ดินและปลูกในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระยะเวลา 119 วัน

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวอรณิช คำยง

เกิดเมื่อ 12 มกราคม 2535

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2558 ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชศาสตร์)
สาขาพืชผัก คณะผลิตกรรมการเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
พ.ศ. 2554 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนหล่มเก่าพิทยาคม จังหวัดเพชรบูรณ์

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY