รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปี 2560

โครงการวิจัยที่ 3025-A049

เรื่อง การศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของมัลเบอร์รีสายพันธุ์ไต้หวันที่ได้จากการคัดเลือกพันธุ์โดยการเพาะเมล็ด

Studies on growth and yield of Taiwan mulberry obtained from seeding selection

หัวหน้าโครงการวิจัย

ดร. เจนจิรา ชุมภูคำ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ได้รับทุนวิจัยสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวง

เดือน ธันวาคม 2560

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปี 2560

โครงการวิจัยที่ 3025-A049

เรื่อง การศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของมัลเบอร์รีสายพันธุ์ไต้หวันที่ได้จากการคัดเลือกพันธุ์โดยการเพาะเมล็ด

Studies on growth and yield of Taiwan mulberry obtained from seeding selection

หัวหน้าโครงการวิจัย

ดร. เจนจิรา ชุมภูคำ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คณะวิจัย

ดร.ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดร. ณัฐพงค์ จันจุฬา คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

น.ส. เบ็ญจารัชด ทองยืน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น.ส. มาริษา สุขปานแก้ว มูลนิธิโครงการหลวง สถานีวิจัยปางดะ

ได้รับทุนวิจัยสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวง

เดือน ธันวาคม 2560

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อทดสอบการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโต และวิธีที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณต้นกล้ามัลเบอร์รีสายพันธุ์ไต้หวันในสภาพปลอดเชื้อ และนำไปปลูกทดสอบในสภาพแปลงปลูกเพื่อศึกษาสัณฐานวิทยา การเจริญเติบโต ผลผลิต คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอริครวม และปริมาณธาตุอาหารของผลมัลเบอร์รีสายพันธุ์ไต้หวัน

ทีมผู้วิจัยขอขอบคุณ มูลนิธิโครงการหลวงที่ได้สนับสนุนทุนการวิจัยครั้งนี้ และภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานด้านสถานที่และสนับสนุนการใช้อุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ในการปฏิบัติงาน

การดำเนินการวิจัยมิอาจสำเร็จลุล่วงไปได้หากปราศจากความร่วมมือของนิสิตในภาคพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และบุคลากรในสถานีเกษตรปางดะ อ.สะเมิง จ. เชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ในการดำเนินการจัดทำวิจัย และอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ

ท้ายนี้ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การอุปการะอบรมเลี้ยงดู ตลอดจนส่งเสริมการศึกษาและให้กำลังใจเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณเจ้าของเอกสารและงานวิจัยทุกท่าน ที่ผู้ศึกษาค้นคว้าได้นำมาอ้างอิงในการทำวิจัย จนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เจนจิรา ชุมภูคำ

25 ธ.ค. 2560

บทคัดย่อ

การศึกษาวิธีการฟอกฆ่าเชื้อ การงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของมัลเบอร์รีในสภาพปลอดเชื้อ โดยการฟอกประกอบด้วย 5 กรรมวิธี ได้แก่ (1) คลอรอกซ์ 20% นาน 10 นาที ตามด้วยคลอรอกซ์ 10% นาน 10 นาที (2) คลอรอกซ์ 20% นาน 5 นาที ตามด้วยคลอรอกซ์ 5% นาน 10 นาที (3) คลอรอกซ์ 10% นาน 10 นาที ตามด้วยคลอรอกซ์ 5% นาน 10 นาที (4) คลอรอกซ์ 10% นาน 10 นาที ตามด้วยคลอรอกซ์ 5% นาน 15 นาที (5) คลอรอกซ์ 10% นาน 20 นาที และ (6) คลอรอกซ์ 5% นาน 20 นาที พบว่าการฟอกทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยการฟอกด้วยคลอรอกซ์ 10% นาน 10 นาที ตามด้วยคลอรอกซ์ 5% นาน 15 นาที มีเปอร์เซ็นต์ที่ไม่เกิดการปนเปื้อนของเมล็ดสูงที่สุดคือ 96.67% การศึกษาผลการงอกเมล็ดมัลเบอร์รี ‘เวียดนาม GQ2’ มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่สุด คือ 70% รองลงมา คือ ‘ไต้หวัน 203’ และ ‘ไต้หวัน Miaoli No.1’ (61.67 และ 60% ตามลาดับ) ในขณะที่ ‘ไต้หวัน 46C019’ ไม่เกิดการงอกของเมล็ด จึงทดสอบการทำลายการพักตัวของเมล็ดมัลเบอร์รี ‘ไต้หวัน 46C019’ ในสภาพปลอดเชื้อ พบว่าการขลิบและไม่ขลิบเมล็ดแล้วนำไปเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่ผสมด้วยจิบเบอเรลลิค แอซิด ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัม/ลิตร เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์การงอก 8.33% สำหรับการเจริญเติบโต พบว่ามัลเบอร์รีที่มีการเจริญเติบโตได้ดี คือ ‘ไต้หวัน 108’ และ ‘ไต้หวัน 203’ ตามด้วย ‘เวียดนาม GQ2’ โดยมีความยาวราก ความสูงต้น และความยาวใบสูงที่สุด

การเปรียบเทียบสัณฐานวิทยามัลเบอร์รี 7 พันธุ์ ได้แก่ 1) เวียดนาม GQ2 2) ไต้หวัน 46C019 3) ไต้หวัน 228 4) ไต้หวัน 203 5) ไต้หวัน 108 6) ไต้หวัน Miaoli No.2 และ 7) ไต้หวัน Miaoli No.1 ปลูกทดสอบที่สถานีเกษตรหลวงปางดะ จ.เชียงใหม่ พบว่าต้นมัลเบอร์รีทุกพันธุ์กิ่งมีลักษณะตั้งตรง ใบมัลเบอร์รีพันธุ์เวียดนาม GQ2 มีขนาดใบใหญ่ที่สุด และพันธุ์ไต้หวัน Miaoli No.1 มีขนาดใบเล็กที่สุด รูปร่างใบพันธุ์เวียดนาม GQ2 ไต้หวัน 203 และ 108 เป็นรูปหัวใจ พันธุ์ไต้หวัน 228, Miaoli No.2 และ Miaoli No.1 รูปร่างใบมีรอยหยัก 2-6 พู ส่วนพันธุ์ไต้หวัน 46C019 ใบมีรูปไข่ ลักษณะขอบใบพันธุ์เวียดนาม GQ2 ไต้หวัน 46C019, Miaoli No.2 และ Miaoli No.1 มีลักษณะเป็นจักฟันเลื่อย ส่วนพันธุ์ไต้หวัน 228, 203 และ 108 มีลักษณะเป็นจักฟันเลื่อยถี่ ลักษณะปลายใบพันธุ์ไต้หวันทุกพันธุ์มีลักษณะยาวคล้ายหาง ยกเว้นพันธุ์เวียดนามที่มีลักษณะเรียวแหลม ฐานใบพันธุ์เวียดนาม GQ2 ไต้หวัน 228, 203, 108 และ Miaoli No.2 มีลักษณะเป็นรูปหัวใจ พันธุ์ไต้หวัน 46C019 มีลักษณะเว้าเล็กน้อย ส่วนพันธุ์ไต้หวัน Miaoli No.1 มีลักษณะเกือบตรง การเรียงตัวของใบหม่อนทุกพันธุ์เป็นแบบสลับ นอกจากนี้ พบว่าพันธุ์ไต้หวัน 46C019, 228, 108 และ Miaoli No.1 มีดอกเพศเมีย ส่วนในพันธุ์เวียดนาม GQ2 ไต้หวัน 203 และไต้หวัน Miaoli No.2 พบทั้งดอกเพศผู้และดอกเพศเมีย รูปร่างผลมัลเบอร์รีพบว่าพันธุ์เวียดนาม GQ2 และไต้หวัน 108 มีลักษณะเป็นรูปกลมรี ส่วนพันธุ์ไต้หวัน 46C019, 228, 203, 108, Miaoli No.2 และ Miaoli No.1 มีลักษณะยาวรี พันธุ์ไต้หวัน 46C019 มีขนาดผลใหญ่ที่สุด ส่วนพันธุ์เวียดนาม GQ2 มีขนาดผลเล็กที่สุด และทุกพันธุ์ผลมีสีดำในระยะสุกแก่

การศึกษาปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอริคทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณวิตามินซี ปริมาณแอนโทไซยานินและปริมาณธาตุอาหารของผลมัลเบอร์รีพันธุ์ 7 พันธุ์ ในระยะสุก ได้แก่ 1) เวียดนาม GQ2 2) ไต้หวัน 46C019 3) ไต้หวัน 228 4) ไต้หวัน 203 5) ไต้หวัน 108 6) ไต้หวัน Miaoli No.2 และ 7) ไต้หวัน Miaoli No.1 พบว่า ว่าผลมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน 203 มีปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอริคทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณวิตามินซี และปริมาณแอนโทไซยานินสูง และปริมาณธาตุอาหาร (ธาตุไนโตรเจน ธาตุโพแทสเซียม ธาตุแคลเซียม ธาตุสังกะสี ธาตุแมงกานีส และธาตุเหล็ก) สูงที่สุด

Abstract

This experiment studied on surface cleaning, seed germination and growth of mulberry seedling in vitro culture. Surface sterilization consist of 6 methods: (1) 20 % Chlorox® for 10 min, then 10 % Chlorox® for 10 min, (2) 20 % Chlorox® for 5 min, then 5 % Chlorox® for 10 min, (3) 10 % Chlorox® for 10 min, then 5 % Chlorox® for 10 min, (4) 10 % Chlorox® for 10 min, then 5 % Chlorox® for 15 min, (5) 10 % Chlorox® for 20 min, and (6) 5 % Chlorox® for 20 min. The results showed that all of method for surface cleaning were no significant different, by soaking in the 10 % Chlorox® for 10 min, then 5 % Chlorox® for 15 min gave the highest percentage of the uncontaminated seed (96.67 %). In the mulberry seed germination experiment, 'Vietnam GQ2' gave the maximum of seed germination (70 %) follow by 'Taiwan 203' and 'Taiwan Miaoli No.1' (61.67 and 60 %, respectively). Whereas, 'Taiwan 46C019' was no germination of seed. Therefore, effect of break dormancy on 'Taiwan 46C019' mulberry seed germination in vitro culture was studied. Result showed that clipping and unclipping seed culture on MS media which contained gibberellic acid have the germination rate 8.33 %. For the growth experiment, 'Taiwan 108', 'Taiwan 203' and 'Vietnam GQ2' mulberry were well growth of seedling, that have the best on root length, stem length and leaf length.

Comparison of morphological character of seven cultivars of mulberry: 1) Vietnam GQ2 2) Taiwan 46C019 3) Taiwan 228 4) Taiwan 203 5) Taiwan 108 6) Taiwan Miaoli No.2 and 7) Taiwan Miaoli No.1. Planting test at Royal Project Agricultural Station Pangda, Samoeng, Chiang Mai. It was found that all cultivars mulberry were vertical branch. Vietnam GQ2 showed the biggest leaf size and Taiwan Miaoli No.1 showed the smallest leaf size. Vietnam GQ2, Taiwan 203 and 108 were cordate leaf shape, Taiwan 228, Miaoli No.2 and Miaoli No.1 were incise leaf (2-6 lobes) while Taiwan 46C019 was ovate leaf. Vietnam GQ2, Taiwan 46C019, Miaoli No.2 and Miaoli No.1 were serrate leaf margin, while Taiwan 228, 203 and 108 were serrulate. And all cultivars were caudate leaf apex, except Vietnam GQ2 was

acuminate. Leaf base of Vietnam GQ2, Taiwan 228, 203, 108 and Miaoli No.2 were cordate, Taiwan 46C019 was retuse, while Taiwan Miaoli No.1 was truncate. The leaf phyllotaxy of all of cultivars were alternate. Taiwan 46C019, 228, 108 and Miaoli No.1 were female inflorescence, while in Vietnam, GQ2, Taiwan 203 and Miaoli No.2 found both male and female inflorescence. The fruit shape found that Vietnam GQ2 and Taiwan 108 were ovate, while Taiwan 46C019, 228, 203, 108, Miaoli No.2 and Miaoli No.1 were cylindrical. Taiwan 46C019 was the biggest fruit, while Vietnam GQ2 was the smallest fruit. And finally fruit color of all cultivar turned to black at mature stage.

A study of the antioxidant activity, total phenolic, total flavonoide, Vitamin C, anthocyanin and nutrient value of seven cultivars of maturity mulberry: 1) Vietnam GQ2 2) Taiwan 46C019 3) Taiwan 228 4) Taiwan 203 5) Taiwan 108 6) Taiwan Miaoli No.2 and 7) Taiwan Miaoli No.1. Results showed that the 'Taiwan 203'mulberry fruit was the highest of the antioxidant activity, total phenolic, total flavonoide, Vitamin C, anthocyanin and nutrient value (N, K, Ca, Zn, Mn and Fe).

สารบัญเนื้อหา

สารบัญตาราง

สารบัญรูปภาพ

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันมัลเบอร์รีรับประทานผลสด (Edible mulberry fruit) นั้นได้รับความสนใจและนิยมบริโภคมากยิ่งขึ้นในแถบยุโรป ออสเตรเลีย และสหรัฐอเมริกา เนื่องจากมัลเบอร์รีมีสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพหลายประการ อีกทั้งมีหลากหลายสายพันธุ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ และพบว่าสามารถปลูกและเจริญเติบโตในประเทศไทยได้ รวมทั้งให้ผลผลิตได้เป็นอย่างดี การผลิตมัลเบอร์รีสำหรับบริโภคผลสดและแปรรูป ปัจจุบันสามารถกำหนดเวลาให้ผลผลิตได้ ด้วยวิธีการบังคับให้ออกดอกติดผลนอกฤดูกาล (ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ เชียงใหม่, 2550) โดยเฉพาะพันธุ์เชียงใหม่ 60 สามารถปลูกได้ทั่วไปในประเทศไทย ดูแลรักษาง่าย ให้ผลผลิตปีละ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อมีอายุ 3 ปีขึ้นไป สามารถปลูกเพื่อเป็นไม้ประดับและปลูกเพื่อผลิตผลหม่อนเชิงพาณิชย์ได้ (วสันต์และคณะ, 2556) ผลมัลเบอร์รีมีสรรพคุณป้องกันโรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคโลหิตจาง แก้อาการท้องผูก แก้เวียนศีรษะ แก้อาการนอนไม่หลับ แก้ไขข้ออักเสบ แก้ไอขับเสมหะ แก้อาการบวมน้ำ นอกจากนี้ยังช่วยบำรุงหัวใจ บำรุงโลหิต บำรุงไต บำรุงสายตา และบำรุงเส้นผมให้ดกดำ เป็นต้น (Venkatesh and Seema, 2008) มัลเบอร์รีนั้นสามารถนำมาแปรรูปในเชิงอุตสาหกรรม ด้วยการถนอมอาหารเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น แยมมัลเบอร์รี ไวน์มัลเบอร์รี น้ำมัลเบอร์รี ลูกอมมัลเบอร์รี มัลเบอร์รีอบแห้ง และมัลเบอร์รีแช่อิ่ม เป็นต้น

การขยายพันธุ์พืช เป็นการเพิ่มจำนวนต้นพืชให้ได้จำนวนมากพอกับปริมาณความต้องการ โดยพืชต้นใหม่ที่ได้ยังคงลักษณะและสมบัติของพันธุ์ที่ดีไว้ หรืออาจได้พันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะผิดไปจากเดิมซึ่งอาจเป็นผลดีในด้านการปรับปรุงพันธุ์ได้ โดยการขยายพันธุ์พืชแบ่งได้ 2 แบบคือ การขยายพันธุ์พืชแบบอาศัยเพศ ได้แก่ การขยายพันธุ์โดยการใช้เมล็ดและการขยายพันธุ์พืชแบบไม่อาศัยเพศ ได้แก่การขยายพันธุ์โดยใช้ส่วนต่าง ๆ ของต้นพืช เช่น การปักชำ การตอนกิ่ง การต่อกิ่ง การติดตา การทาบกิ่ง การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นต้น การขยายพันธุ์พืชแบบอาศัยเพศ เป็นการใช้เมล็ด ซึ่งเกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียของพืชดอก จนเกิดการปฏิสนธิ รังไข่ของดอกจะเจริญเป็นผล ไข่หรือออวุลที่อยู่ในรังไข่จะเจริญเป็นเมล็ด และภายในของเมล็ดก็จะมีต้นอ่อนหรือเอมบริโอ เมื่อนำเมล็ดพืชมาเพาะต้นอ่อนก็จะงอกและเจริญเติบโต ได้พืชต้นใหม่ที่มีลักษณะเหมือนเดิมและมีจำนวนมากขึ้น

สำหรับการขยายพันธุ์มัลเบอร์รีนั้น สามารถทำได้หลายวิธี ตามความเหมาะสมของวิธีการปลูก เช่น การเพาะเมล็ด การปักชำ การตอนกิ่ง การติดตา การเสียบกิ่ง การเปลี่ยนยอด และการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ซึ่งเป็นวิธีการขยายพันธุ์พืชวิธีหนึ่งที่เป็นการนำชิ้นส่วนของพืชมาเพาะเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์ ในสภาพที่ปราศจากจุลินทรีย์และสภาวะที่ควบคุมสิ่งแวดล้อม ซึ่งชิ้นส่วนของพืชนั้นจะสามารถเจริญและพัฒนาไปในรูปแบบต่างๆ เช่น การเกิดเป็นยอด ราก เอมบริโอ หรือกลุ่มเซลล์ที่เรียกว่าแคลลัส และสามารถนำไปชักนำ

ให้เกิดเป็นต้นใหม่ที่สมบูรณ์จำนวนมากได้ ใช้เวลาในการผลิตสั้น รวดเร็ว ปราศจากโรค แมลง ไวรัส และได้ต้นกล้าที่มีคุณภาพเหมาะสมต่อการปลูกในสภาพแปลงต่อไปได้ (สมพร, 2549) เนื่องจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเทคโนโลยีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน และสามารถขยายพันธุ์พืชได้อย่างรวดเร็ว ได้ต้นที่ปลอดโรค สามารถชักนำให้เกิดเป็นต้นในสภาพปลอดเชื้อ และเมื่อนำออกปลูกในสภาพแปลง ต้นพันธุ์มีอัตราการรอดชีวิตสูง อีกทั้งช่วยลดขั้นตอนและร่นระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์พืชได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพืชกลุ่มไม้ผลยืนต้น และล้มลุก ที่มีระยะเวลาพัฒนาของเอมบริโอยาวนาน หรือเมล็ดที่สุกแก่แล้วมีการพักตัวยาวนานทำให้เสียเวลาในการปรับปรุงพันธุ์ (รังสฤษฎ์, 2541) ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงเอมบริโอนั้นมีดังต่อไปนี้ (1) ช่วยในการเจริญและพัฒนาของเอ็มบริโอพืชบางชนิดที่ไม่สามารถงอกเองได้แม้ว่าจะได้รับการผสมแล้ว และมีอาหารสะสมในเมล็ดอย่างเพียงพอ เช่น มะพร้าวกะทิ (2) ช่วยในการเจริญของเมล็ดที่ไม่สามารถงอกได้อันเนื่องมาจากเมล็ดไม่มีอาหารสะสม เช่น เมล็ดกล้วยไม้ หรือเมล็ดที่มีการสะสมน้ำมันในใบเลี้ยง หรือในเอนโดสเปอร์ม ซึ่งจะทำให้เอมบริโอได้รับอันตรายเมื่อเมล็ดแก่ (3) ช่วยลดระยะเวลาของการผสมพันธุ์ พืชบางชนิดที่มีระยะเวลาการพัฒนาของเอมบริโอยาวนาน หรือหลังจากที่เมล็ดแก่แล้วยังมีการพักตัวอีกระยะหนึ่ง ทำให้ต้องใช้เวลาในการรอคอย (4) ช่วยลดการปนเปื้อนเชื้อ เนื่องจากการเพาะเลี้ยงเอมบริโอที่อยู่ในเมล็ด ถือว่าเป็นส่วนของพืชที่มีความปลอดเชื้อมากที่สุดเหมาะแก่การนำมาทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (5) เพื่อการผลิตต้นพืชที่ปลอดจากเชื้อไวรัส นอกจากส่วนของเนื้อเยื่อเจริญตรงปลายยอดแล้ว ส่วนของเอมบริโอก็เป็นอีกส่วนที่มีความปลอดจากเชื้อไวรัสสูง ทั้งนี้เพราะเอมบริโอไม่มีเนื้อเยื่อท่อลำเลียงที่เชื่อมติดต่อกับอวัยวะอื่นๆของลำต้น ซึ่งจะเป็นทางแพร่กระจายของเชื้อไวรัส (6) สามารถขยายพันธุ์พืชได้จำนวนมากในเวลาอันรวดเร็ว (7) ช่วยการเจริญและการพัฒนาของเมล็ดพืชที่เกิดจากไข่ที่ไม่ได้รับการผสม ซึ่งในธรรมชาติแล้วเอมบริโอแบบนี้จะฝ่อสลายไป (8) ช่วยหลีกเลี่ยงสิ่งที่ยับยั้งการเจริญของเอมบริโอ ซึ่งอาจจะเป็นลักษณะทางกายภาพของเมล็ด เช่น เปลือกเมล็ดที่แข็ง สารเคลือบผิวเมล็ด หรือสารเคมีที่ยับยั้งการงอกของเมล็ดบางชนิดที่ห่อหุ้มอยู่รอบๆ (9) เพื่อการผลิตพืชที่มีชุดจำนวนโครโมโซมต่างๆที่พิเศษนอกเหนือจากพืชธรรมดา เช่น พืชที่มีโครโมโซมชุดเดียว จากการเพาะเลี้ยงละอองเรณู หรือไข่ที่ยังไม่ได้รับการผสม พืชที่มีโครโมโซม 3 ชุด จากการนำเอา เอนโดสเปอร์มมาเลี้ยง และพืชที่มีจำนวนโครโมโซม 4 ชุด จากการเพาะเลี้ยงพืชที่มีโครโมโซม 2 ชุด ในสารอาหารที่มีสารโคลชิซิน (ประศาสตร์, 2536)

สำหรับมัลเบอร์รีสายพันธุ์ไต้หวันที่นิยมนำมาบริโภคผลสดและการแปรรูป ก็เป็นสายพันธุ์ที่น่าสนใจเพราะสภาพพื้นที่ปลูก อากาศ และอุณหภูมิ คล้ายกับประเทศไทย ซึ่งน่าจะสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้ ซึ่งสายพันธุ์ดังกล่าว สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศกึ่งร้อนไปจนถึงสภาพอากาศหนาวเย็นได้ การผลิตมัลเบอร์รีผลสดในพื้นที่เขตร้อน (tropical zone) ให้ได้ผลดีและมีคุณภาพนั้นจึงจำเป็นต้องปลูกในเขตพื้นที่ที่มีสภาพอากาศค่อนข้างเย็น เช่น บนพื้นที่สูง บริเวณหุบเขา เป็นต้น ซึ่งพื้นที่ของโครงการหลวง ในประเทศไทย มีพื้นที่ที่มีสภาพภูมิอากาศเย็น และเหมาะสมต่อการผลิตมัลเบอร์รีได้เป็นอย่างดี

มัลเบอร์รีเป็นไม้ผลขนาดเล็กที่มีปริมาณสารสำคัญที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยเฉพาะเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เช่นสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ปริมาณวิตามินซี นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งรวมธาตุอาหารต่างๆ อีกด้วย ซึ่งปริมาณสาระสำคัญเหล่านั้น จะมีปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิด พันธุ์ และสภาพแวดล้อมของการปลูก

ข้าพเจ้าได้รวบรวมเมล็ดมัลเบอร์รีสายพันธุ์ไต้หวันไว้จำนวนหนึ่ง ซึ่งอาจจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามลักษณะประจำพันธุ์ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงต้นมัลเบอร์รีในสภาพปลอดเชื้อ สัณฐานวิทยาของแต่ละพันธุ์ การเจริญเติบโตในสภาพแปลงปลูก การให้ผลผลิต การประเมินคุณภาพผลและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในผลมัลเบอร์รีสายพันธุ์ไต้หวัน เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการใช้ประโยชน์ในด้านสุขภาพ อีกทั้งส่งเสริมการผลิตมัลเบอร์รีและเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรในพื้นที่โครงการหลวงในอนาคตต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการทดลอง และขอบเขตของงานวิจัย

<u>วัตถุประสงค์ของการทดลอง</u>

1. เพื่อทดสอบการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโต และวิธีที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณต้นกล้ามัลเบอร์รีสายพันธุ์ไต้หวันในสภาพปลอดเชื้อ (ปีที่ 1 งบประมาณปี 2559)

2. เพื่อทดสอบการปลูก ลักษณะสัณฐานวิทยา และการให้ผลผลิตมัลเบอร์รีสายพันธุ์ไต้หวัน ในพื้นที่ของมูลนิธิโครงการหลวง สถานีเกษตรหลวงปางดะ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ (ปีที่ 2 งบประมาณปี 2560)

3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอริกรวมและปริมาณธาตุอาหารของผลมัลเบอร์รีสายพันธุ์ไต้หวัน (ปีที่ 2 งบประมาณปี 2560)

<u>ขอบเขตของงานวิจัย</u>

1. ทดสอบการงอกของเมล็ดและการผลิตต้นกล้ามัลเบอร์รีในสภาพปลอดเชื้อ ที่ได้รับเมล็ดพันธุ์มาจากสถานีวิจัยเหมียวลี่ ประเทศไต้หวัน

2. ทดสอบการปลูก ลักษณะสัณฐานวิทยา และการให้ผลผลิต มัลเบอร์รีสายพันธุ์ไต้หวันที่ได้มาจากการขยายพันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อ ปลูกทดสอบในพื้นที่โครงการหลวง สถานีเกษตรหลวงปางดะ อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่ ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 700 เมตร

3. ทดสอบการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอริครวมและปริมาณธาตุอาหารของผลมัลเบอร์รีสายพันธุ์ไต้หวัน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- เพื่อให้ได้ข้อมูลการการผลิตและวิธีที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณต้นกล้ามัลเบอร์รีสายพันธุ์ไต้หวันในสภาพปลอดเชื้อ

- เพื่อให้ได้ข้อมูลเทคโนโลยีการผลิตมัลเบอร์รีสายพันธุ์ไต้หวัน ในพื้นที่ของมูลนิธิโครงการหลวง สถานีเกษตรหลวงปางดะ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ส่งเสริมเกษตรกรให้มีการปลูกหม่อนรับประทานผลมากขึ้น

- เพื่อให้ได้ข้อมูลเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอริครวมและปริมาณธาตุอาหารของผลมัลเบอร์รีสายพันธุ์ไต้หวัน ที่ส่งผลต่อสุขภาพของผู้บริโภคและส่งเสริมการบริโภคในระดับประเทศ

- ได้รวบรวมมัลเบอร์รีสายพันธุ์ไต้หวันเพื่อเป็นประโยชน์ทางด้านวิจัยต่อไปในอนาคต

บทที่ 2
ทฤษฎี และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

มัลเบอร์รีหรือหม่อน (mulberry) เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Moraceae สกุล Morus มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบเขตหนาว (temperate zone) และเขตอบอุ่น (Sub-tropical zone) จัดเป็นไม้ผลในกลุ่ม deciduous fruit คือ ใบจะร่วงในฤดูใบไม้ร่วง และมีการพักตัวในฤดูหนาว มัลเบอร์รีเป็นพืชยืนต้นที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากใบของมัลเบอร์รี่สามารถนำมาเลี้ยงหนอนไหมซึ่งเป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตผ้าไหม มัลเบอร์รีมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Morus alba* Linn. มีชื่อสามัญว่า มัลเบอร์รี (Mulberry) (ลือชัย, 2554) ผลมัลเบอร์รีมีรงควัตถุหลักคือแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตันและโรคมะเร็ง (Aramwit *et al*., 2010) และยังอุดมไปด้วยธาตุอาหาร วิตามิน และกรดมากมายหลายชนิด โดยส่วนใหญ่ประกอบด้วยน้ำ 85-88% คาร์โบไฮเดรต 7.8-9.2% โปรตีน 0.4-1.5% ไขมัน 0.4-0.5% กรดอิสระ 1.1-1.9% เส้นใยอาหาร 0.9-1.4% และแร่ธาตุ 0.7-0.9% เป็นต้น (ณรงค์ชัยและคณะ, 2553)

สารต้านอนุมูลอิสระ (free radical) คือโมเลกุลของสารที่สามารถจับกับตัวรับและสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของโมเลกุลสารอื่นๆได้ ซึ่งสารอนุมูลอิสระเหล่านี้จะเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่และทำลายเซลล์ของร่างกาย สารต้านอนุมูลอิสระจะเข้ายุติปฏิกิริยาลูกโซ่เหล่านี้ด้วยการเข้าจับกับสารอนุมูลอิสระและยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยถูกออกซิไดซ์ ดังนั้นสารต้านอนุมูลอิสระจึงถือเป็นตัวรีดิวซ์ อาทิ ไธออล กรดแอสคอร์บิก (วิตามินซี) และโพลีฟีนอล ในปัจจุบันสารต้านอนุมูลอิสระถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารหลายชนิด ในการรักษาสุขภาพและป้องกันโรคอย่างโรคมะเร็งและโรคหลอดเลือดหัวใจ (Baillie, 2009)

สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds) ได้แก่ flavonoids, flavones, gallic acid, ellagic acid, anthocyanins, carotenoids และ cinnamic acid โดยสารกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่ให้สีสันแก่พืช ผัก ผลไม้ และดอกไม้ เช่น carotenoids ให้สารสีส้ม เหลือง ในแครอท ฟักทอง มะละกอ มะยงชิด เป็นต้น anthocyanins ให้สารสีแดง ม่วง ในกระเจี๊ยบ องุ่น ดอกอัญชัน เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้จะพบมากน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์พืช สารประกอบเหล่านี้ทำให้พืชมีภูมิคุ้มกันจากการติดเชื้อต่างๆ และทนทานต่อปฏิกิริยา photooxidation ในการสร้างอาหารได้ สารประกอบฟีนอลิกมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) มีส่วนช่วยในการป้องกันโรคที่สำคัญได้แก่ โรคหัวใจ โรคมะเร็ง โรคที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบ และต้านโรคภูมิแพ้ได้ ซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชัน ซึ่งสารเหล่านี้พบมากในสตรอเบอร์รี มัลเบอร์รี เคพกูสเบอร์รี ราสพ์เบอร์รี และองุ่น เป็นต้น สำหรับวิตามินซี ซึ่งในร่างกายมนุษย์ไม่สามารถสร้างวิตามินชนิดนี้ได้ จึงต้องรับประทานเข้าไป อาหารที่มีวิตามินซีสูง ได้แก่ ผักสด ผลไม้

สดที่มีรสเปรี้ยว วิตามินซีนอกจากจะเป็นสารต้านอนุมูลอิสระแล้ว ยังมีคุณสมบัติช่วยสลายคลอเรสเตอรอล ช่วยในการสร้างคอลลาเจน ต้านมะเร็ง ลดการอักเสบ ลดการเกิดต้อกระจก เป็นต้น ดังนั้นเมื่อรับประทานอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระเป็นประจำ จะส่งผลที่ดีต่อสุขภาพร่างกาย ทำให้มีสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้นในกระแสเลือด สามารถป้องการโรคต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นได้ (นันท์นภัส, 2551)

ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งต่อการหาพันธุ์มัลเบอร์รีที่ให้ปริมาณคุณภาพทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพ มีสารสำคัญมาก และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสมต่อการนำไปบริโภคเพื่อสุขภาพและการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อพัฒนามาตรฐานผลิตภัณฑ์จากผลมัลเบอร์รีให้ออกสู่ตลาดมากยิ่งขึ้น อีกทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าสินค้าทางการเกษตร และส่งเสริมให้มีการปลูกมัลเบอร์รีรับประทานผลมากยิ่งขึ้น ตลอดจนเป็นประโยชน์ทั้งในส่วนของผู้บริโภค เกษตรกร อุตสาหกรรมการผลิตอาหาร และได้องค์ความรู้พื้นฐานที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านการแพทย์ เป็นต้น

2.2 ผลงานวิจัยที่เคยทำมาก่อน หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับพันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทยมีหลายพันธุ์เช่น พันธุ์เชียงใหม่ 60 พันธุ์บุรีรัมย์ 60 พันธุ์ศรีสะเกษ พันธุ์กำแพงแสน และสายพันธุ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศต่างๆ เป็นต้น ณรงค์ชัยและคณะ (2553) ได้ทำการวิจัยและพัฒนาการผลิตมัลเบอร์รีผลสดเพื่อทดสอบพันธุ์ที่มีศักยภาพในการผลิตเป็นการค้า และส่งเสริมการปลูกเป็นพืชเศรษฐกิจและทดแทนการปลูกฝิ่นของเกษตรกรชาวเขาบนที่สูง ซึ่งได้ทดสอบพันธุ์เชียงใหม่และพันธุ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ เช่น พันธุ์ Black mulberry, King white และ Dwarf red shahtoot พบว่าทุกสายพันธุ์มีการปรับตัวและมีการเจริญเติบโตทางลำต้นได้ดี พันธุ์ที่มีศักยภาพในการผลิตเป็นการค้า คือ พันธุ์ Black mulberry เนื่องจากมีรสชาติดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ส่วนพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับการนำไปแปรรูปคือ พันธุ์เชียงใหม่ เนื่องจากออกดอกติดผลได้ตลอดทั้งปี และให้ผลผลิต 2,106 กรัมต่อต้น และมากที่สุดเมื่อเปรียบทั้ง 4 พันธุ์ดังกล่าว

Chang (2008) ศึกษาเปรียบเทียบผลผลิตและคุณภาพผลมัลเบอร์รีพันธุ์รับประทานผลสด ปลูกทดสอบที่ประเทศไต้หวัน เช่น พันธุ์ Miaoli No. 1 และพันธุ์ 46C019 พบว่า มัลเบอร์รีพันธุ์ Miaoli No. 1 มีการเจริญเติบโตได้ ดี ให้ผลผลิตมากถึง 2,630 กรัมต่อต้น ลักษณะผลมีขนาดใหญ่ มีน้ำหนัก 5.5 กรัมต่อผล ผลมีความยาวประมาณ 3 ซม. ผลมีความกว้างประมาณ 1.6 ซม. มีรสชาติที่ดี หวานกลมกล่อม อร่อย มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 7 บริกซ์ มีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ 1% และต้านทานต่อโรคและแมลงต่างๆ สำหรับพันธุ์ 46C019 เป็นพันธุ์ที่พบมากในภาคเหนือของประเทศไต้หวัน ลักษณะของผลมีขนาดกลาง มีน้ำหนักผลประมาณ 4 กรัมต่อผล มีความยาวผลประมาณ 2.6 ซม. ผลมีความกว้างประมาณ 1.3 ซม. มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 4.6 บริกซ์ มีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ 1.1% ให้ผลผลิตดี รสชาติหวานอมเปรี้ยว และนอกจากนี้ยังมีพันธุ์อื่นๆ อีกมากมายที่น่าศึกษา เช่น พันธุ์ Miaoli No. 2, 108, 203, และ 228 เป็นต้น

สำหรับมัลเบอร์รีพันธุ์เวียดนาม GQ2 เป็นพันธุ์นำเข้าจากประเทศเวียดนาม เจริญเติบโตได้ดี มีใบใหญ่และหนา เหมาะสำหรับนำไปเลี้ยงหนอนไหม ผลผลิตใบมีประมาณ 35-40 ตันต่อเฮกตาร์ สามารถปลูกได้ในพื้นที่เชิงเขา ที่ราบลุ่ม และสามารถปรับเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆได้ เช่น ร้อนจัด แห้งแล้ง น้ำท่วม และอากาศค่อนข้างหนาวเย็นได้ (Vietnam Sericulture Research Institute, 2015)

เนื่องจากปริมาณสารสำคัญต่างๆ ในพืชผล จะมีปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิด พันธุ์ และสภาพแวดล้อมของการปลูก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยดังต่อไปนี้ แฉล้ม และคณะ (ม.ป.พ.) ศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในกลีบกระเจี๊ยบแดง 29 พันธุ์ พบว่า กระเจี๊ยบแต่ละพันธุ์มีปริมาณสารแอนโทไซยานินและสารประกอบฟีนอลิกแตกต่างกัน พันธุ์กระเจี๊ยบแดงที่มีปริมาณแอนโทไซยานินและสารประกอบฟีนอลิกสูง เช่น พันธุ์ขอนแก่น จะมีลักษณะกลับหนา มีน้ำหนักมาก สีแดงเข้ม ส่วนพันธุ์ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินและสารประกอบฟีนอลิกน้อย เช่นพันธุ์ NPL/JRC/601 จะมีลักษณะกลีบบางน้ำหนักเบา สีแดงหรือบางพันธุ์จะมีจุดประปนบนกลีบเป็นสีเขียว ความแตกต่างของปริมาณสารแอนโทไซยานินและสารประกอบฟีนอลิกของพันธุ์ต่างๆ อาจเกิดจากความไม่สม่ำเสมอ ความแก่อ่อนต่างกันของอายุการเก็บเกี่ยวของกลีบกระเจี๊ยบ

ลือชัย (2554) ได้ศึกษาหาพันธุ์มัลเบอร์รีที่ให้ผลที่มีคุณภาพทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพดี จำนวน 8 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์นครราชสีมา 60 พันธุ์บุรีรัมย์ 60 พันธุ์ชุมพร พันธุ์วาวี พันธุ์เชียงใหม่พันธุ์พิกุลทอง พันธุ์กำแพงแสน และพันธุ์ไร่กำนันจุล พบว่า ผลมัลเบอร์รีสดมีสารสำคัญหลายชนิด อาทิ ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) และแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งเป็นสารสี (pigment) ที่พบในผลมัลเบอร์รีสุก มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) และมีปริมารฟลาโวนอยด์สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งพันธุ์นครราชสีมา 60 และพันธุ์ไร่กำนันจุล เป็นต้น

Bae and Suh (2007) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผลมัลเบอร์รีสายพันธุ์เกาหลีจำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ Pachungsipyung, พันธุ์ Whazosipmunja, พันธุ์ Suwonnosang, พันธุ์ Jasan, และพันธุ์ Mocksang, พบว่า ทุกพันธุ์ (ยกเว้น Mocksang ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมอยู่ระหว่าง 2,235-2,570 GAE (gallic acid equivalents) μg/g น้ำหนักแห้ง ปริมาณแอนโทไซยานิน อยู่ระหว่าง 1,229-2,057 μg/g น้ำหนักแห้ง และปริมาณฟลาโวนอยด์ อยู่ระหว่าง 16.4-65.4 CE (catechin equivalents) μg/g น้ำหนักแห้ง ซึ่งมัลเบอร์รีพันธุ์ Whazosipmunja และพันธุ์ Jasan มีปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด

ในปัจจุบันมัลเบอร์รีได้กลายเป็นผลไม้เพื่อสุขภาพมากยิ่งขึ้นเนื่องจากมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง จึงเป็นที่น่าสนใจเพื่อการเพาะปลูกไว้รับประทานผลสดและการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ อย่างไรก็ตาม จำเป็นอย่างยิ่งต่อการหาพันธุ์ที่ให้ปริมาณคุณภาพทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพที่ดีเพื่อเป็นประโยชน์ต่อไป

บทที่ 3
กรรมวิธีทดลอง (อุปกรณ์ และวิธีการ)

3.1 สถานที่ทดลอง ระยะเวลาทำการทดลอง

<u>สถานที่ทดลอง</u>

ห้องปฏิบัติการปรับปรุงพันธุ์และเทคโนโลยีชีวภาพ 1 (403) (Breeding and Bio – Technology Laboratory 1) ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อทดสอบการงอกของเมล็ด และการผลิตต้นกล้ามัลเบอร์รีในสภาพปลอดเชื้อ และพื้นที่ของมูลนิธิโครงการหลวง สถานีเกษตรหลวงปางดะ อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่ ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 700 เมตร เป็นพื้นที่ทดสอบการปลูกมัลเบอร์รีสายพันธุ์ไต้หวัน

<u>ระยะเวลาทำการทดลอง</u>

ปีที่ 1 ระยะเวลาทำการทดลอง ตั้งแต่ ตุลาคม 2558-กันยายน 2559 ศึกษาการเพาะเมล็ดมัลเบอร์รีในสภาพปลอดเชื้อ

ปีที่ 2 ระยะเวลาทำการทดลอง ตั้งแต่ ตุลาคม 2559-กันยายน 2560 ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา ผลผลิต คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอริครวมและปริมาณธาตุอาหารของผลมัลเบอร์รีสายพันธุ์ไต้หวัน

3.2 วัตถุทดลองที่ใช้

มัลเบอร์รีพันธุ์ที่นำมาทดสอบ: มีจำนวนทั้งหมด 7 พันธุ์ โดยมีพันธุ์ไต้หวันจำนวน 6 พันธุ์ ดังนี้คือ Miaoli No. 1, Miaoli No. 2, 108, 203, 228 และ 46C019 และพันธุ์เวียดนาม ในประเทศไทยยังไม่เคยนำมาปลูกทดสอบ จุดเด่นของพันธุ์ทั้งหลายเหล่านี้เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง และมีรสชาติดี

3.3 วิธีการทดลองที่ใช้ การบันทึกข้อมูล วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

<u>วิธีการทดลองและการบันทึกข้อมูล</u>

<u>ปีที่ 1</u> ศึกษาการเพาะเมล็ดมัลเบอร์รีในสภาพปลอดเชื้อ

1) การทดสอบวิธีการที่เหมาะสมในการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดมัลเบอร์รีในสภาพปลอดเชื้อ

นำเมล็ดมัลเบอร์รีพันธุ์ ‘ไต้หวัน 46C019’ โดยแบ่งเมล็ดออกเป็น 6 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 20 เมล็ด โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) จากนั้นฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายคลอรอกซ์ [Clorox®, 8.25 % (V/V) sodium hypochlorite] ในขวดทดลองที่ผ่านการ

นึ่งฆ่าเชื้อ โดยแต่ละทรีตเมนต์จะมีความเข้มข้นของสารละลายคลอรอกซ์และระยะเวลาที่ใช้ฟอกต่างกัน ดังนี้ คือ

T1 คือ คลอรอกซ์ 20 % นาน 10 นาที ตามด้วยคลอรอกซ์ 10 % นาน 10 นาที

T2 คือ คลอรอกซ์ 20 % นาน 5 นาที ตามด้วยคลอรอกซ์ 5 % นาน 10 นาที

T3 คือ คลอรอกซ์ 10 % นาน 10 นาที ตามด้วยคลอรอกซ์ 5 % นาน 10 นาที

T4 คือ คลอรอกซ์ 10 % นาน 10 นาที ตามด้วยคลอรอกซ์ 5% นาน 15 นาที

T5 คือ คลอรอกซ์ 10 % นาน 20 นาที

T6 คือ คลอรอกซ์ 5 % นาน 20 นาที

จากนั้นล้างเมล็ดด้วยน้ำกลั่นซึ่งผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที และเพาะเลี้ยงเมล็ดลงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ใช้แสงจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์สีขาว ชนิด cool daylight นาน 16 ชั่วโมงต่อต้น ความเข้มแสง 30 $\mu molm^{-1}s^{-1}$ บันทึกข้อมูลจำนวนเมล็ดที่ไม่เกิดการปนเปื้อน เพื่อศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการฟอกฆ่าเชื้อ

2) การชักนำให้เกิดการงอกของเมล็ด มัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวันและพันธุ์เวียดนามในสภาพปลอดเชื้อ

การศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดมัลเบอร์รีในสภาพปลอดเชื้อ จึงทดสอบโดยการใช้สูตรฟอกที่ได้ผลดีที่สุดนี้ในการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน (‘Miaoli No. 1’, ‘Miaoli No. 2’, ‘108’, ‘203’, ‘228’, และ ‘46C019’) และพันธุ์เวียดนาม (GQ2) โดยแบ่งเป็น 7 ทรีตเมนต์ตามชนิดของเมล็ดมัลเบอร์รี ทรีตเมนต์ละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 20 เมล็ด จากนั้นเพาะเลี้ยงเมล็ดลงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญ เติบโตของพืช บันทึกข้อมูลเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด และเวลาเฉลี่ยในการงอก จากสูตรดังนี้

ความงอก (germination) โดยตรวจนับต้นอ่อนปกติ แล้วคำนวณการงอกของเมล็ดออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์

การงอกของเมล็ด (%) = (จำนวนต้นกล้าปกติทั้งหมด x 100) ÷ (จำนวนเมล็ดที่เพาะเลี้ยง)

เวลาเฉลี่ยการงอก (average germina-tion time, AGT) โดยการตรวจนับจำนวนต้นกล้าปกติที่งอกทุกวันหลังเพาะเมล็ดเป็นเวลา 10 วัน แล้วนำข้อมูลมาคำนวณหาเวลาเฉลี่ยในการงอกจากสูตร

$$AGT\ (\text{วัน}) = \Sigma(t_i.n_i)/\Sigma n$$

โดย t_i คือ จำนวนวันที่เมล็ดงอกหลังจากวันเพาะเมล็ด

n_i คือ จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกเพิ่มขึ้นในแต่ละวัน

Σn คือ จำนวนที่เมล็ดงอกทั้งหมด

หลังจากนั้นจึงย้ายเมล็ดมัลเบอร์รีที่มีการงอกในจานเพาะเลี้ยงมาใส่ในขวดทดลองที่มีอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญ เติบโตซึ่งผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ โดยใส่ขวดทดลองละ 2 เมล็ด เพื่อ

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต เช่น ความยาวราก ความสูงต้น จำนวนราก จำนวนใบจริง และความยาวใบจริง เป็นต้น

3) การทดสอบการทำลายการพักตัวของเมล็ดมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน 46C019 ในสภาพปลอดเชื้อ

การทดสอบการงอกของเมล็ดมัลเบอร์รีพันธุ์ต่าง ๆ ในสภาพปลอดเชื้อ พบว่าเมล็ดพันธุ์ 'ไต้หวัน 46C019' เมล็ดไม่งอก ดังนั้นจึงได้ศึกษาการทำลายการพักตัวของเมล็ดโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ดังนี้ (CRD) โดยแบ่งเป็น 5 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 20 เมล็ด ดังนี้ คือ (1) ขลิบเมล็ดเลี้ยงบนอาหารสูตร MS (2) ไม่ขลิบเมล็ด เลี้ยงบนอาหารสูตร MS (3) เอาเปลือกหุ้มเมล็ดออก เลี้ยงบนอาหารสูตร MS (4) ขลิบเมล็ด เลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม GA 500 มิลลิกรัม/ลิตร (5) ไม่ขลิบเมล็ดเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม GA 500 มิลลิกรัม/ลิตร

บันทึกเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดและเวลาเฉลี่ยในการงอก เมื่อเมล็ดมีการงอกจึงย้ายเมล็ดจากจานเพาะเลี้ยงมาใส่ขวดทดลอง ขวดทดลองละ 2 เมล็ด เพื่อเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตต่อไป

4) การทดสอบการปลูกมัลเบอร์รีในสถานีเกษตรหลวงปางดะ

หลังจากย้ายต้นกล้ามัลเบอร์รีที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อออกปลูกในโรงเรือนเพื่ออนุบาลต้นกล้าให้มีความแข็งแรงดี จนมีอายุประมาณ 3-4 เดือนหลังออกจากขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ทำการขนย้ายไปปลูกในสภาพแปลงปลูกที่สถานีเกษตรหลวงปางดะ เพื่อศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา การเจริญเติบโต ผลผลิต คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอริครวมและปริมาณธาตุอาหารของผลมัลเบอร์รีสายพันธุ์ไต้หวัน ในปีที่ 2 ต่อไป โดยใช้ระยะปลูก 2x2 เมตร

<u>ปีที่ 2</u> ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา ผลผลิต คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอริกรวมและปริมาณธาตุอาหารของผลมัลเบอร์รี

1) การเจริญเติบโตของต้นมัลเบอร์รี ที่ปลูกทดสอบในพื้นที่ของมูลนิธิโครงการหลวง สถานีเกษตรหลวงปางดะ อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่ ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 700 เมตร

หลังจากเตรียมต้นมัลเบอร์รีที่ได้มาจากการเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ นำปลูกทดสอบลงดิน บำรุงดูแลรักษา ติดตั้งระบบน้ำ และใส่ปุ๋ยตามการเจริญเติบโต เช่น ปุ๋ยสูตร 16-16-16 อัตรา 200 กรัมต่อต้น ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโต หลังจากปลูก 6 เดือน ทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของมัลเบอร์รีพันธุ์ต่างๆ คือ พันธุ์เวียดนาม GQ2 พันธุ์ไต้หวัน 46C019, 228, 203, 108, Miaoli No. 2 และ Miaoli No. 1 เป็นต้น เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต เช่น ความสูงต้น และเส้นรอบวงบริเวณโคนต้น โดยสุ่มเก็บพันธุ์ละ 20 ต้น

2) ศึกษาลักษณะประจำพันธุ์ และลักษณะสัณฐานวิทยาของใบและผลมัลเบอร์รี

ลักษณะสัณฐานวิทยาของใบ โดยสุ่มเก็บข้อมูลพันธุ์ละ 30 ตัวอย่าง ซึ่งใช้ลักษณะการจำแนกดังนี้

1. ลักษณะการติดของตา พิจารณาจากตำแหน่งของยอดตาข้างที่ทามุมกับกิ่ง เช่น แนบชิดกิ่ง, ชี้ออก, มีตาข้าง เป็นต้น

2. รูปร่างตา พิจารณาตาที่เจริญเติบโตเต็มที่ในกิ่งที่สมบูรณ์ เช่น รูปไข่, สามเหลี่ยมฐานแคบ, สามเหลี่ยมด้านเท่า, สามเหลี่ยมฐานกว้าง เป็นต้น

3. ขนาดของใบ (กว้าง x ยาว: เซนติเมตร) วัดขนาดจากใบที่สมบูรณ์และโตเต็มที่ โดยหาค่าเฉลี่ยจาก 30 ใบ/พันธุ์

4. รูปร่างใบ โดยพิจารณาจากสัดส่วนของด้านกว้างและยาวของแผ่นใบจากใบที่แก่เต็มที่ เช่น ใบรูปกระสวย, รูปรี, รูปไข่, รูปหัวใจ, รูปใบหอก และใบมีรอยหยัก เป็นต้น

5. ขอบใบ โดยพิจารณาจากใบที่เจริญเติบโตเต็มที่/ใบแก่ เช่น ขอบใบหยักมน, หยักซี่ฟัน, จักฟันเลื่อย, จักฟันเลื่อยซ้อน, เว้าตื้น, เว้ามากกว่าปกติ มีปลายแหลมงอ, มนมีติ่งหนาม เป็นต้น

6. ปลายใบ โดยพิจารณาจากใบที่เจริญเติบโตเต็มที่/ใบแก่ เช่น แหลม, เรียวแหลม, ยาวคล้ายหาง, ป้านมน, รอยเว้าตื้นตรงกลาง เป็นต้น

7. ฐานใบ โดยพิจารณาจากใบที่เจริญเติบโตเต็มที่/ใบแก่ เช่น เกือบตรง, ตัด, เว้าเล็กน้อย, เว้ามากหรือรูปหัวใจ, ฐานใบแบบลิ่ม, ฐานใบซ้อนกัน) เป็นต้น

8. การเรียงตัวของใบ

9. การเรียงตัวของเสนกลางใบ เช่น เส้นใบร่างแหชนิดขนนก

10. ผิวใบ (ความเรียบ/สาก) ได้แก่ ใบที่มีผิวสัมผัสเรียบ, สากเล็กน้อย, สากปานกลาง และสากมาก

11. รอยย่นในเนื้อใบ เป็นลักษณะคลื่นที่พบในใบ ได้แก่ ไม่มีรอยย่น, รอยย่นเล็กน้อย, รอยย่น ปานกลาง และรอยย่นมาก

12. ความมันเงาของใบ ได้แก่ ไม่มันเงา, มันเงาเล็กน้อย, มันเงาปานกลาง และมันเงามาก

13. ความหนาของใบ ได้แก่ ใบบางมาก, บาง, ปานกลาง, หนา และหนามาก และ

14. สีผิวใบ

ลักษณะสัณฐานวิทยาของผล โดยเก็บข้อมูลผลมัลเบอร์รี (ระยะสุกแก่เต็มที่) เช่น ลักษณะรูปร่างของผล น้ำหนักผล (กรัม), ความกว้างผล (มิลลิเมตร), ความยาวผล (มิลลิเมตร), สีผิวของผลโดยใช้แถบวัดสีมาตรฐานรุ่นที่ 5 ของ The Royal Horticultural Society (R.H.S.), โดยสุ่มเก็บข้อมูลพันธุ์ละ 50 ตัวอย่าง

3) ปริมาณผลผลิต คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอริค และปริมาณธาตุอาหารของผลมัลเบอร์รี

ปริมาณผลผลิตของมัลเบอร์รี โดยเก็บผลมัลเบอร์รีบนต้น แล้วคำนวณจาก จำนวนผล x น้ำหนักผลโดยเฉลี่ย

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ โดยเก็บข้อมูลผลมัลเบอร์รี (ระยะสุกแก่เต็มที่) เช่น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids, TSS) โดยใช้ hand refractometer, ปริมาณกรด (Titratable acidity, TA) ในน้ำคั้นจากผลหม่อนโดยการไทเทรตกับ 0.1 N NaOH ซึ่งปริมาณกรด (Titratable acidity, TA) (%) คำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณกรด (\%)} = \frac{\text{ความเข้มข้นของ (NaOH)} \times \text{ปริมาณ NaOH ที่ใช้ (มิลลิลิตร)} \times \text{meq.Wt.*}}{\text{ปริมาณของน้ำคั้นจากผลหม่อนที่ใช้ (มิลลิลิตร)}} \times 100$$

*miliequivalent of malic = 0.067

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลมัลเบอร์รี โดยวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay เตรียมสารละลาย FRAP reagent โดยผสมสารละลาย 300 มิลลิโมลาร์ Acetate buffer pH 3.6 สารละลาย 20 มิลลิโมลาร์ $FeCl_3.6H_2O$ และสารละลาย 10 มิลลิโมลาร์ TPTZ ใน 40 มิลลิโมลาร์ HCl ในอัตราส่วน 10:1:1 ตามลำดับ จากนั้นเตรียมสารตัวอย่างที่ความเข้มข้น 100 ppm ในเอทานอล ปิเปตสารตัวอย่างผสมกับ FRAP reagent ดังนี้

ตัวแปรในการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP

ตัวแปร	ส่วนประกอบ		
A (Test sample)	Sample ที่ความเข้มข้น 100 ppm 1 ml	+	FRAP reagent 9 ml
B (Blank)	Sample ที่ความเข้มข้น 100 ppm 1 ml	+	Acetate buffer 9 ml
C (Control)	Ethanol 1 ml + FRAP reagent 9 ml		

จากนั้นเขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 4 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร (n=3) คำนวณค่าดูดกลืนแสงจากสมการ Absorbance = A - B - C คำนวณความสามารถในการให้อิเล็กตรอน (FRAP value) โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้กับกราฟมาตรฐานของ Ferrous sulfate ($FeSO_4$) แสดงค่าในรูปของไมโครโมลาร์สมมูลของ Fe^{2+}/กรัม สารสกัด (μM Fe^{2+} equivalent/g sample extract) (ดัดแปลงจาก Benzie และ Strain, 1996)

ปริมาณสารประกอบฟีนอริคทั้งหมดของผลมัลเบอร์รี โดยวิธีของ Gao *et al*. (2000) โดยใช้สารสกัด 0.1 มิลลิลิตร เติมลงในหลอดที่มีเอทานอล 0.4 มิลลิลิตร และเติม Follin & Ciocalteu's Phenol Reagent 2.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 นาที จากนั้นเติม 20 % โซเดียมคาร์บอเนต 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งไว้ในอุณหภูมิห้อง 60 นาที ในที่มืด นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก รายงานผลเป็นสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมด ในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ100 กรัมของน้ำหนักสด [mg gallic acid equivalents (GAE)/100 g fresh weight (FW)]

ปริมาณวิตามินซีของผลมัลเบอร์รี โดยเตรียมตัวอย่างผลมัลเบอร์รีมาชั่งน้ำหนักตัวอย่างละ 5 กรัม บดให้ละเอียด เจือจางด้วยน้ำกลั่น ปริมาณ 25 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษ Whatman เบอร์ 4 จากนั้นนำแผ่นทดสอบวิตามินซีมาจุ่มในสารสกัดที่ถูกเจือจางด้วยน้ำกลั่น แล้วนำมาวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Refletometer RQ-flex ยี่ห้อ Merck คำนวณหาปริมาณวิตามินซีจากสูตร (Takabe and Yoneyama, 1995) ในหน่วยมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด [mg/100 g fresh weight (FW)]

$$\text{ปริมาณวิตามินซี} = \frac{25 \text{ x (ค่าที่อ่านได้จากเครื่อง Refletometer RQ-flex)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

ปริมาณแอนโทไซยานินของผลมัลเบอร์รี โดยชั่งตัวอย่างผลมัลเบอร์รีปริมาณ 0.5 กรัม และ 1 กรัม (เพื่อใช้วัดค่า pH ของน้ำมัลเบอร์รี) นำมาบดให้ละเอียดในโกร่งด้วยไนโตรเจนเหลว และนำมาใส่หลอด centrifuge ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสารละลาย ethanolic (ประกอบด้วย 95% ethanol และ 1% Hydrochloric acid) ในอัตราส่วน 98 ต่อ 2 โดยปริมาตร 30 มิลลิลิตร ลงในหลอด centrifuge ขนาด 50 มิลลิลิตร ที่มีมัลเบอร์รีบด ปิดฝาให้สนิท เขย่าให้เข้ากัน และเก็บไว้ที่ 2 อุณหภูมิ คือ อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) และเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายที่สกัดได้มากรองด้วยผ้าขาวบาง เก็บสารไว้ในขวดรูปชมพู่ ปิดปากด้วยอะลูมินัมฟอยล์ให้สนิท ปรับปริมาตรสารสกัดให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยสารละลาย ethanol และทำการวัดหาค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร โดยใช้สารละลาย ethanolic เป็นตัวเปรียบเทียบ จากนั้นนำค่าดูดกลืนแสงที่อ่านได้ไปคำนวณเพื่อหาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง (mg/100 g dry weight) โดยใช้สูตรคำนวณดังนี้

$$\text{Total absorbance} = \frac{\text{Absorbance at 535 nm x Final volume x 100}}{\text{Weight (g)}}$$

$$\text{Total anthocyanin} = \frac{\text{Total absorbance}}{98.2}$$

ปริมาณฟลาโวนอยด์ของผลมัลเบอร์รีโดยวิธี Aluminium chloride colorimetric method ปิเปตสารสกัดจากผลมัลเบอร์รี 0.5 มิลลิลิตรเจือจาง ด้วยน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร เติม $NaNO_2$ ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ 0.3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน เติม $AlCl_3$ ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ 0.6 มิลลิลิตร เติม NaOH ความเข้มข้น 1 โมลาร์ 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ใช้ Catechin เป็นสารเทียบมาตรฐาน โดยดัดแปลงตามวิธีการของ Basker และคณะ (2011) ในหน่วยมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด [mg catechin equivalents (CE)/100 g FW]

ปริมาณธาตุอาหารของผลมัลเบอร์รี โดยปริมาณธาตุอาหาร ไนโตรเจน (Total-N), ฟอสฟอรัส (P), โพแทสเซียม (K), แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg), สังกะสี (Zn), แมงกานีส (Mn), เหล็ก (Fe) และทองแดง (Cu) ที่สะสมในผล โดยทำการเตรียมตัวอย่างพืช นำไปอบให้แห้ง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วนำไปบดเป็นผงเพื่อเตรียมตัวอย่างพืชไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร นำไปวิเคราะห์ธาตุอาหารดังนี้

ปริมาณไนโตรเจน สกัดโดย H_2SO_4-Na_2SO_4Se mixture และวิเคราะห์ปริมาณโดยวิธี Kjedahl method

ปริมาณฟอสฟอรัส สกัดโดย H_2SO_4-Na_2SO_4Se mixture และวิเคราะห์ปริมาณโดยวิธี Colorimetric

ปริมาณโพแทสเซียม สกัดโดย H_2SO_4-Na_2SO_4Se mixture และวิเคราะห์ปริมาณโดยวิธี Atomic absorption spectrophotometer

ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี แมงกานีส เหล็ก และทองแดง สกัดโดย HNO_3-H_2SO_4-$HClO_4$ acid mixture และวิเคราะห์ปริมาณโดย Atomic absorption spectrophotometer

<u>วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล</u>

ข้อมูลงานวิจัยทั้งหมด เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

บทที่ 4
ผลการวิจัย

<u>ปีที่ 1</u> ศึกษาการเพาะเมล็ดมัลเบอร์รีในสภาพปลอดเชื้อ

4.1 การทดสอบวิธีการที่เหมาะสมในการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดมัลเบอร์รีในสภาพปลอดเชื้อ

ผลการทดสอบวิธีการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ด มัลเบอร์รีในสภาพปลอดเชื้อ โดยแช่ในสารละลายคลอรอกซ์และระยะเวลาที่ใช้ในการฟอกต่างกัน พบว่าการฟอกทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยการฟอกด้วยคลอรอกซ์ 10 % นาน 10 นาที ตามด้วยคลอรอกซ์ 5 % นาน 15 นาที มีเปอร์เซ็นต์ที่ไม่เกิดการปนเปื้อนของเมล็ดสูงที่สุด คือ 96.67 % รองลงมา คือ การฟอกด้วยคลอรอกซ์ 10 % นาน 20 นาที มีเปอร์เซ็นต์ที่ไม่เกิดการปนเปื้อนของเมล็ด 95.00 % ในขณะที่การฟอกด้วยคลอรอกซ์ 20 % นาน 10 นาที ตามด้วยคลอรอกซ์ 10 % นาน 10 นาที มีเปอร์เซ็นต์ที่ไม่เกิดการปนเปื้อนของเมล็ดน้อยที่สุด คือ 81.67 % (ตาราง 1) สอดคล้องกับการทดลองการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของหัวว่านสี่ทิศ โดยการฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวด้วยสาร ละลายคลอรอกซ์ความเข้มข้น 10 และ 5 % เป็นเวลา 10 และ 5 นาที ตามลำดับ ทำให้ชิ้นส่วนเนื้อ เยื่อปลอดเชื้อและเจริญต่อไปได้มากที่สุด 85.71 % (ภพเก้า, 2554)

ตาราง 1 ผลของการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดมัลเบอร์รีในสภาพปลอดเชื้อ

วิธีการฟอกฆ่าเชื้อ	เปอร์เซ็นต์ที่ไม่เกิดการปนเปื้อนของเมล็ด
T1: คลอรอกซ์ 20% นาน 10 นาที ตามด้วย คลอรอกซ์ 10% นาน 10 นาที	81.67
T2: คลอรอกซ์ 20% นาน 5 นาที ตามด้วย คลอรอกซ์ 5% นาน 10 นาที	91.67
T3: คลอรอกซ์ 10% นาน 10 นาที ตามด้วย คลอรอกซ์ 5% นาน 10 นาที	91.67
T4: คลอรอกซ์ 10% นาน 10 นาที ตามด้วย คลอรอกซ์ 5% นาน 15 นาที	96.67
T5: คลอรอกซ์ 10% นาน 20 นาที	95.00
T6: คลอรอกซ์ 5% นาน 20 นาที	88.33
F-test	ns
CV%	10.78

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.2 การทดสอบการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวันและพันธุ์เวียดนามในสภาพปลอดเชื้อ

การงอกของเมล็ด พบว่าการงอกของเมล็ดมัลเบอร์รีมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยมัลเบอร์รี่ 'เวียดนาม GQ2' นั้นมีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่สุด คือ 70 % รองลงมา คือ 'ไต้หวัน 203', 'ไต้หวัน Miaoli No. 1', 'ไต้หวัน 108', 'ไต้หวัน 228' และ 'ไต้หวัน Miaoli No. 2' มีเปอร์เซ็นต์การงอก 61.67, 60.00, 33.33, 28.33 และ 10.00 % ตามลำดับ ในขณะที่มัลเบอร์รี 'ไต้หวัน 46C019' ไม่พบการงอกของเมล็ด สำหรับเวลาเฉลี่ยในการงอก พบว่าทุกพันธุ์เวลาเฉลี่ยในการงอกไม่แตกต่างกันซึ่งมีเวลาเฉลี่ยในการงอกประมาณ 7-8 วัน (ตาราง 2) เปอร์เซ็นต์การงอกมีค่าแตกต่างกันเนื่องจากความไม่สมบูรณ์ของเมล็ดพันธุ์และอาจมีการพักตัวเนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม (พีรเดช, 2537)

ตาราง 2 การงอกของเมล็ดมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวันและพันธุ์เวียดนามในสภาพปลอดเชื้อ หลังจากเพาะ 10 วัน

พันธุ์	การงอกของเมล็ด (%)	เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)
ไต้หวัน Miaoli No.1	60.00 a[1/]	7
ไต้หวัน Miaoli No.2	10.00 c	8
ไต้หวัน 108	33.33 b	8
ไต้หวัน 203	61.67 a	7
ไต้หวัน 228	28.33 bc	8
ไต้หวัน 46C019	0.00 d	0
เวียดนาม GQ2	70.00 a	7
F-test	*	ns
CV%	27.17	26.76

[1/]ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT), *: แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ns: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

การเจริญเติบโตของมัลเบอร์รี พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญโดย ‘ไต้หวัน 108’ มีการเจริญเติบโตดีที่สุดโดยมีความยาวรากและความสูงต้นสูงที่สุด คือ 7.55 และ 4.68 ซม. ตามลำดับ รองลงมาคือ ‘ไต้หวัน 203’ และ ‘เวียดนาม GQ2’ ตามลำดับ ในขณะที่ ‘ไต้หวัน Miaoli No. 2’ มีการเจริญเติบโตช้าที่สุด (ตาราง 3 และภาพ 1) การเจริญเติบโตที่ต่างกันเนื่องจากความแตกต่างกันทางพันธุกรรมของเมล็ดมัลเบอร์รีแต่ละพันธุ์ ปัจจัยด้านพันธุกรรมที่ควบคุมการเจริญ เติบโตและพัฒนาการ โดยกำหนดให้พืชแต่ละพันธุ์ มีอัตราการเจริญเติบโตและพัฒนาการที่แตกต่างกัน (สังคม, 2547)

ตาราง 3 การเจริญเติบโตของต้นมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวันและพันธุ์เวียดนามในสภาพปลอดเชื้อที่อายุ 1 เดือน

พันธุ์	ความยาวราก (ซม.)	ความสูงต้น (ซม.)	จำนวนราก	จำนวนใบจริง	ความยาวใบจริง (ซม.)
ไต้หวัน Miaoli No.1	6.51 ab[1/]	4.11 a	2.50	2	1.00 a
ไต้หวัน Miaoli No.2	5.20 b	2.43 b	2.10	2	0.46 c
ไต้หวัน 108	7.55 a	4.68 a	2.30	2	1.03 a
ไต้หวัน 203	7.50 a	4.47 a	2.40	2	1.00 a
ไต้หวัน 228	6.11 ab	2.50 b	2.00	2	0.68 b
ไต้หวัน 46C019	5.70 b	2.46 b	2.10	2	0.52 c
เวียดนาม GQ2	7.30 a	3.92 a	2.30	2	1.06 a
F-test	*	*	ns	ns	*
CV%	22.72	29.22	29.74	0	11.56

[1/]ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบด้วยวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT), *: แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ns: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ภาพ 1 ต้นกล้ามัลเบอร์รีที่ได้จากการเพาะเมล็ด ที่อายุ 1 เดือน ในสภาพปลอดเชื้อ (A) พันธุ์ไต้หวัน Miaoli No.1 (B) พันธุ์ไต้หวัน Miaoli No. 1 (C) พันธุ์ไต้หวัน 108 (D) พันธุ์ไต้หวัน 203 (E) พันธุ์ไต้หวัน 228 (F) พันธุ์ไต้หวัน 46C019 และ (G) พันธุ์เวียดนาม GQ2

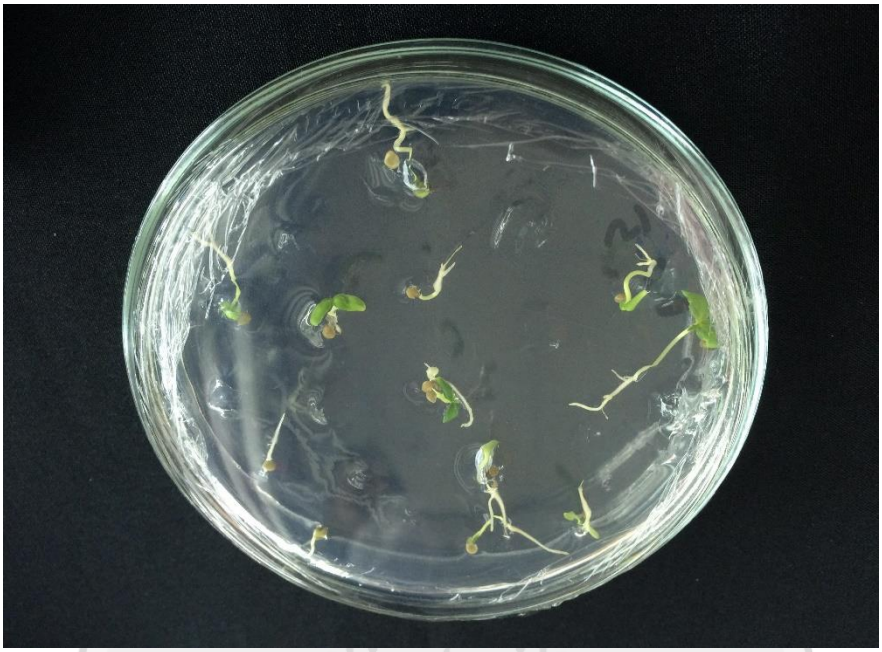
4.3 การทดสอบการทำลายการพักตัวของเมล็ดมัลเบอร์รีพันธุ์ 'ไต้หวัน 46C019' ในสภาพปลอดเชื้อ

ผลการทดลองพบว่าการขลิปและไม่ขลิปเมล็ดโดยเพาะเลี้ยงในอาหารที่ผสมด้วยจิบเบอเรลลิค แอซิด เมล็ดมัลเบอร์รีมีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่า กันคือ 8.33 % โดยเมล็ดที่มีการขลิปก่อนจะนามาเพาะเลี้ยงในอาหารนั้นจะมีระยะเวลาในการงอกที่เร็วกว่าคือ 7 วัน ส่วนเมล็ดที่ไม่มีการขลิปแล้วนำมาเพาะเลี้ยงในอาหารที่ผสมด้วยจิบเบอเรลลิค แอซิด ใช้ระยะเวลาการงอก 8 วัน ในขณะที่เมล็ดที่ขลิป ไม่ขลิป และเอาเปลือกหุ้มเมล็ดออก และเพาะเลี้ยงในอาหารที่ไม่มีการผสมจิบเบอเรลลิค แอซิด นั้นไม่พบการงอกของเมล็ด (ตาราง 4) ในธรรมชาติเมล็ดนั้นจะมีการพักตัวเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการงอก และจะเจริญเติบโตต่อไปเมื่อได้รับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม การพักตัวของเมล็ดเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น เปลือกหุ้มเมล็ดไม่ยอมให้น้ำซึมผ่านไปยังส่วนต่างๆ ภายในเมล็ด และมีสารยับยั้งการงอกซึ่งมักเคลือบอยู่ที่บริเวณเปลือกหุ้มเมล็ด (พีรเดช, 2537)

ตาราง 4 การทำลายการพักตัวของมัลเบอร์รีพันธุ์ 'ไต้หวัน 46C019' ในสภาพปลอดเชื้อ หลังจากเพาะ 10 วัน

วิธีการทำลายการพักตัว	การงอกของเมล็ด (%)	เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)
คลิปเมล็ด เลี้ยงบนอาหาร MS	0	n.a
ไม่คลิปเมล็ด เลี้ยงบนอาหาร MS	0	n.a
เอาเปลือกหุ้มเมล็ดออก เลี้ยงบนอาหาร MS	0	n.a
คลิปเมล็ด เลี้ยงบนอาหาร MS ที่เติม GA 500 มิลลิกรัม/ลิตร	8.33	7
ไม่คลิปเมล็ดเลี้ยงบนอาหาร MS ที่เติม GA 500 มิลลิกรัม/ลิตร	8.33	8
F-test	ns	ns
CV%	3.48	2.75

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %; n.a. = ไม่มีการงอก



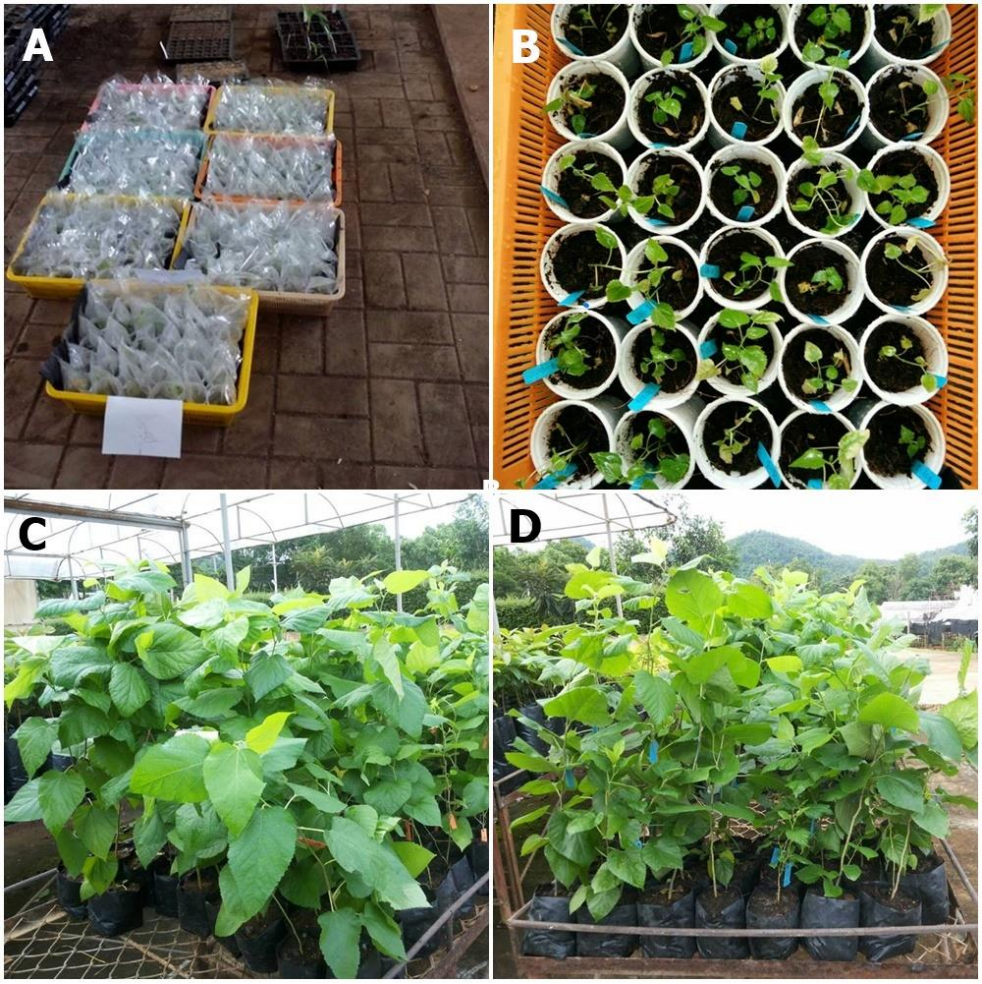
ภาพ 2 การงอกของเมล็ดมัลเบอร์รีสายพันธุ์ไต้หวัน ในสภาพปลอดเชื้อ

ภาพ 3 ต้นกล้ามัลเบอร์รีในสภาพปลอดเชื้อ

ภาพ 4 การปรับสภาพต้นกล้ามัลเบอร์รีในสภาพปลอดเชื้อเพื่อเตรียมย้ายปลูกในวัสดุเพาะปลูก

ภาพ 5 การนำกล้าต้นมัลเบอร์รีออกจากขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ล้างราก เพื่อเตรียมย้ายปลูกในวัสดุเพาะปลูก

ภาพ 6 การนำต้นกล้ามัลเบอร์รีย้ายปลูกในวัสดุเพาะปลูก



ภาพ 7 ต้นกล้ามัลเบอร์รี A: ต้นกล้าหลังออกขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ B: ต้นกล้าหลังออกขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ อายุ 14 วัน C: ต้นกล้าพันธุ์เวียดนาม GQ2 ระยะพร้อมปลูกลงดิน อายุ 5 เดือนหลังออกขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และ D: ต้นกล้าพันธุ์ไต้หวัน ระยะพร้อมปลูกลงดิน อายุ 5 เดือนหลังออกขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ภาพ 8 การปลูกต้นมัลเบอร์รีสายพันธุ์ไต้หวันและพันธุ์เวียดนาม A:การขุดหลุมปลูก B: การผสมแกลบดิบและปุ๋ย เพื่อรองก้นหลุม C: การปลูก และ D: การรดน้ำให้ชุ่มหลังปลูกต้นกล้ามัลเบอร์รี่

<u>ปีที่ 2</u> ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา ผลผลิต คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอริกรวมและปริมาณธาตุอาหารของผลมัลเบอร์รี

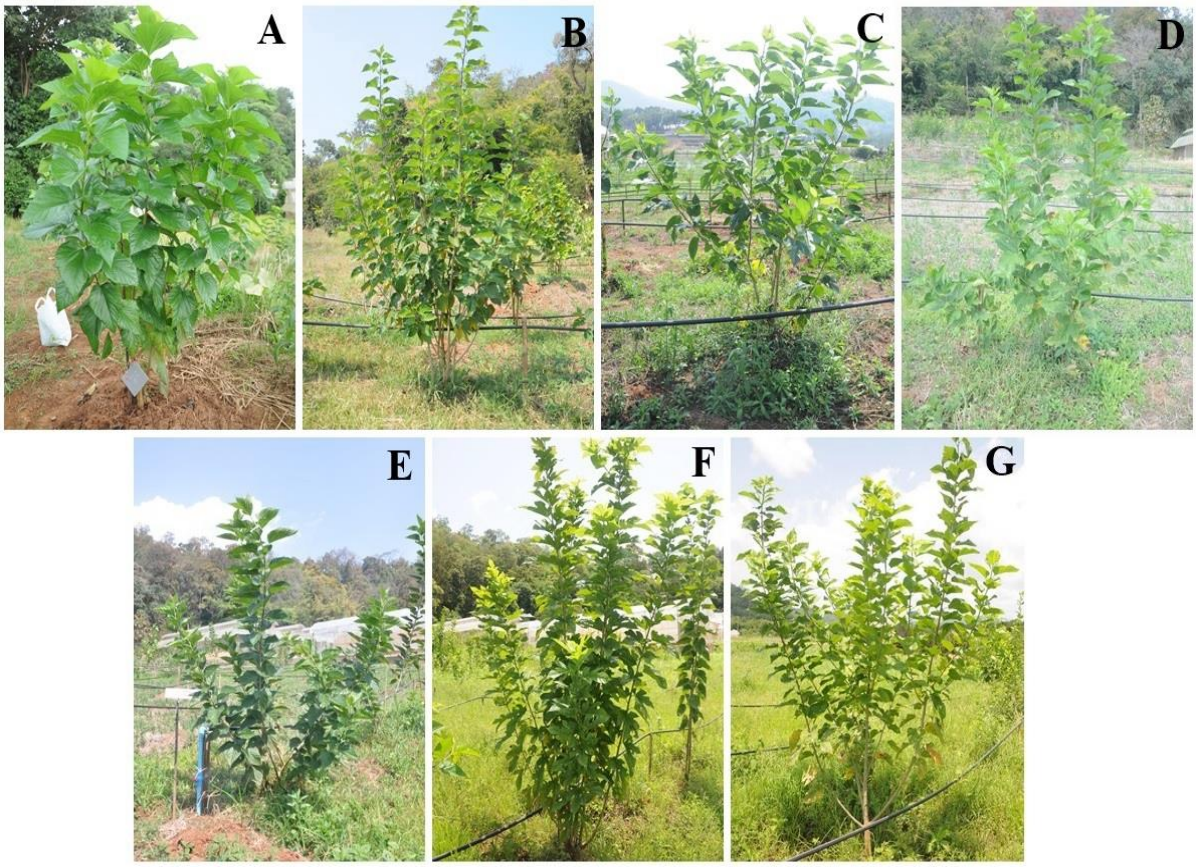
4.4 การเจริญเติบโตของต้นมัลเบอร์รีพันธุ์ต่างๆ ที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก

ความสูงของต้นมัลเบอร์รี พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยมัลเบอร์รีพันธุ์เวียดนาม GQ2 มีความสูงต้นสูงที่สุด คือ 3.15 เมตร รองลงมาคือ พันธุ์ไต้หวัน 46C019, 203, 108, 228 มีความสูงต้น 2.42, 2.38, 2.25 และ 2.00 เมตร ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ไต้หวัน Miaoli No. 2, และ Miaoli No. 1 มีความสูงต้นเพียง 1.11 และ 1.10 เมตร ตามลำดับ (ตาราง 5, ภาพ 9) อาจเนื่องจาก 2 พันธุ์ดังกล่าวนี้ทำการออกปลูกในช่วงฤดูหนาว ส่งผลทำให้ชะงักการเจริญเติบโตของต้นได้และต้นมัลเบอร์รีส่วนใหญ่มักพักตัวในช่วงฤดูหนาว

ตาราง 5 การเจริญเติบโตของต้นมัลเบอร์รีพันธุ์ต่างๆ ที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก

พันธุ์มัลเบอร์รี	ความสูงต้น (เมตร)	เส้นรอบวงบริเวณโคนต้น (เซนติเมตร)
เวียดนาม GQ2	3.15 a[1/]	7.28
ไต้หวัน 46C019	2.42 b	6.80
ไต้หวัน 228	2.00 c	6.80
ไต้หวัน 203	2.38 b	6.65
ไต้หวัน 108	2.25 bc	6.23
ไต้หวัน Miaoli No. 2	1.11 d	6.49
ไต้หวัน Miaoli No. 1	1.10 d	7.31
F-test	*	ns
CV%	19.54	17.41

[1/]ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์, ns: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพ 9 การเจริญเติบโตด้านความสูงและลักษณะทรงพุ่มของต้นมัลเบอร์รีสายพันธุ์ต่างๆ ที่อายุ 6 เดือนหลังปลูกลงดิน A: เวียดนาม GQ2 B: ไต้หวัน 46C019 C: ไต้หวัน 228 D: ไต้หวัน 203 E: ไต้หวัน 108 F: ไต้หวัน Miaoli No.2 และ G:ไต้หวัน Miaoli No.1

4.5 ลักษณะประจำพันธุ์ และลักษณะสัณฐานวิทยาของใบและผลมัลเบอร์รีพันธุ์ต่างๆ

จากการทดลองพบว่า ต้นมัลเบอร์รีทุกพันธุ์กิ่งมีลักษณะตั้งตรง ใบมัลเบอร์รีพันธุ์เวียดนาม GQ2 มีขนาดใบใหญ่ที่สุดและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ คือ 20.22 × 25.78 เซนติเมตร รองลงมา คือ พันธุ์ไต้หวัน 228 และ Miaoli No.2 มีขนาดใบ คือ 17.77 × 23.14 และ 17.21 × 22.78 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ไต้หวัน 108 และ Miaoli No.1 มีขนาดใบเล็กที่สุด คือ 11.22 × 16.01 และ 11.38 × 15.88 เซนติเมตร ตามลำดับ รูปร่างใบพันธุ์เวียดนาม GQ2 ไต้หวัน 203 และ 108 เป็นรูปหัวใจ พันธุ์ไต้หวัน 228, Miaoli No.2 และ Miaoli No.1 รูปร่างใบมีรอยหยัก 2-6 พู ส่วนพันธุ์ไต้หวัน 46C019 ใบมีรูปไข่ ลักษณะขอบใบพันธุ์เวียดนาม GQ2 ไต้หวัน 46C019, Miaoli No.2 และ Miaoli No.1 มีลักษณะเป็นจักฟันเลื่อย ส่วนพันธุ์ไต้หวัน 228, 203 และ 108 มีลักษณะเป็นจักฟันเลื่อยถี่ ลักษณะปลายใบพันธุ์ไต้หวันทุกพันธุ์มีลักษณะยาวคล้ายหาง ยกเว้นพันธุ์เวียดนามที่มีลักษณะเรียวแหลม ฐานใบพันธุ์เวียดนาม GQ2 ไต้หวัน 228, 203, 108 และ Miaoli No.2 มีลักษณะเป็นรูปหัวใจ พันธุ์ไต้หวัน 46C019 มีลักษณะเว้าเล็กน้อย ส่วนพันธุ์ไต้หวัน Miaoli No.1 มีลักษณะเกือบตรง การเรียงตัวของใบหม่อนทุกพันธุ์เป็นแบบสลับ (ตาราง 6 ภาพ 10-16)

เพศดอก พบว่าพันธุ์ไต้หวัน 46C019, 228, 108 และ Miaoli No.1 มีดอกเพศเมีย ส่วนในพันธุ์เวียดนาม GQ2 ไต้หวัน 203 และไต้หวัน Miaoli No.2 พบทั้งดอกเพศผู้และดอกเพศเมีย (ตาราง 6)

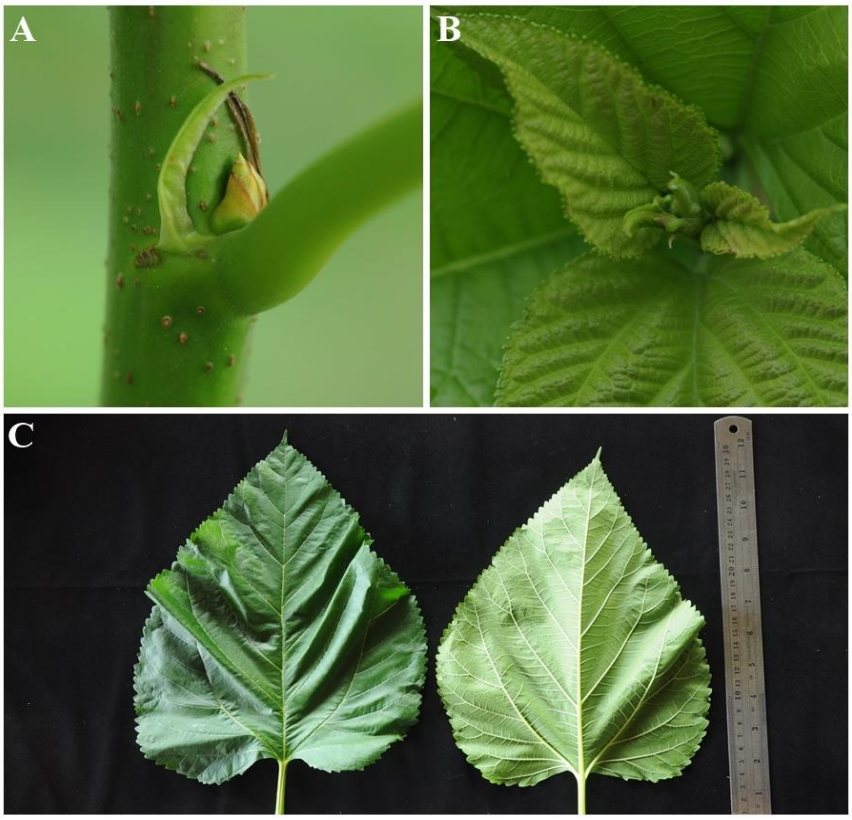
รูปร่างผลมัลเบอร์รีพบว่ามัลเบอร์รีพันธุ์เวียดนาม GQ2 และไต้หวัน 108 มีลักษณะเป็นรูปกลมรี ส่วนพันธุ์ไต้หวัน 46C019, 228, 203, Miaoli No.2 และ Miaoli No.1 มีลักษณะยาวรี พันธุ์ไต้หวัน 46C019 มีขนาดผลใหญ่ที่สุด คือ 20.31 × 36.89 มิลลิเมตร ส่วนพันธุ์เวียดนาม GQ2 มีขนาดผลเล็กที่สุด คือ 9.65 × 19.75 มิลลิเมตร และทุกพันธุ์มีผลมีสีดำในระยะสุกแก่ (ตาราง 6 ภาพ 17)

น้ำหนักผลพบว่า พันธุ์ไต้หวัน 203, 46C019, Miaoli No.1 และ Miaoli No.2 มีน้ำหนักผลเฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์อื่น คือ 5.98, 5.96, 5.60 และ 5.57 กรัม ตามลำดับ รองลงมาคือ พันธุ์ไต้หวัน 228 มีน้ำหนักผล 4.57 กรัม ส่วนพันธุ์เวียดนาม GQ2 มีน้ำหนักผลเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 2.40 กรัม (ตาราง 6)

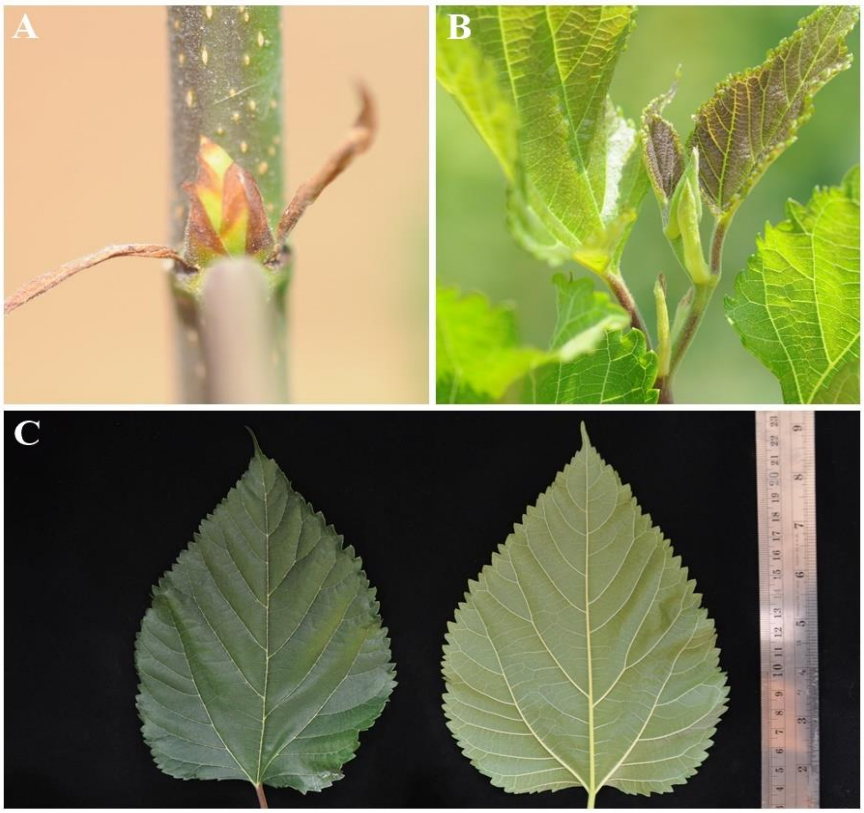
จากการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบกับมัลเบอร์รีพันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่ามัลเบอร์รีพันธุ์เวียดนาม GQ2 ใบมีขนาดใหญ่มาก ส่วนรูปร่างผลมัลเบอร์รีส่วนใหญ่มีรูปร่างยาวรีหรือทรงกระบอก และมีขนาดน้ำหนักผลและความกว้าง ความยาวผลที่มากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยมัลเบอร์รีพันธุ์เชียงใหม่ 60 การเจริญเติบโต กิ่งมีลักษณะตั้งตรง ใบมีขนาดปานกลาง รูปร่างหัวใจ เป็นใบเดี่ยว ขอบใบมีลักษณะเป็นจักฟันเลื่อยถี่ ลักษณะปลายใบยาวคล้ายหาง และมีการเรียงตัวของใบเป็นแบบสลับ ผลมีรูปทรงกระบอก ผลมีขนาดใหญ่ มีน้ำหนักผลประมาณ 1.00-1.50 กรัม ผลมีขนาดยาว 25 มิลลิเมตร กว้าง 10-12มิลลิเมตร (เจนจิราและคณะ, 2558)

ตาราง 6 ลักษณะสัณฐานวิทยาของมัลเบอร์รี่ 7 พันธุ์

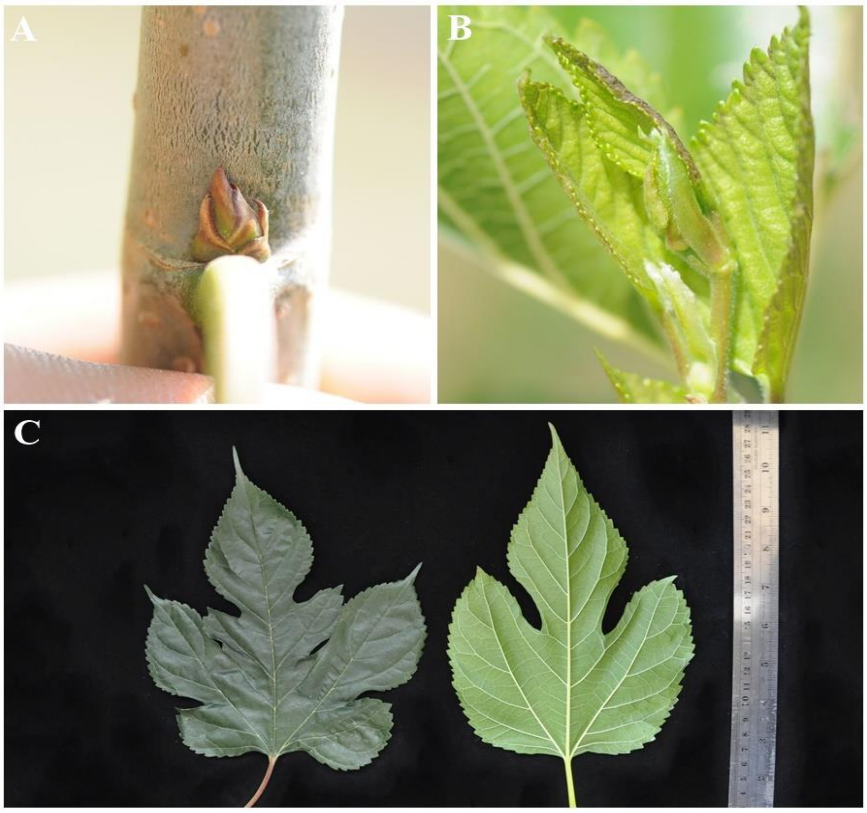
สัณฐานวิทยา		เวียดนาม GQ2	ไต้หวัน 46C019	ไต้หวัน 228	ไต้หวัน 203	ไต้หวัน 108	ไต้หวัน Miaoli No. 2	ไต้หวัน Miaoli No. 1
ตา	ลักษณะการติดตา	แนบชิดกิ่ง และมีหูใบ	แนบชิดกิ่ง และมีหูใบ	แนบชิดกิ่ง และมีหูใบ	แนบชิดกิ่ง และมีหูใบ	แนบชิดกิ่ง, และมีตาข้าง	แนบชิดกิ่ง	แนบชิดกิ่ง
	รูปร่าง	สามเหลี่ยมฐานแคบ	สามเหลี่ยมฐานแคบ	สามเหลี่ยมฐานแคบ	สามเหลี่ยมฐานแคบ	สามเหลี่ยมฐานแคบ	สามเหลี่ยมฐานแคบ	สามเหลี่ยมฐานแคบ
ใบ	ขนาด (กว้าง x ยาว)	20 x 25 ซม.	12 x 17 ซม.	17 x 23 ซม.	13 x 17 ซม.	11 x 16 ซม.	17 x 22 ซม.	11 x 15 ซม.
	รูปร่างใบ	รูปหัวใจ	รูปไข่	ใบมีรอยหยัก (incise leaf: 2-6 lobes)	รูปหัวใจ	รูปหัวใจ	มีรอยหยัก (Incise leaf: 5 lobes)	มีรอยหยัก (Incise leaf: 5 lobes)
	ชนิดใบ	ใบเดี่ยว	ใบเดี่ยว	ใบเดี่ยว	ใบเดี่ยว	ใบเดี่ยว	ใบเดี่ยว	ใบเดี่ยว
	ขอบใบ	จักฟันเลื่อย	จักฟันเลื่อย	จักฟันเลื่อย	จักฟันเลื่อย	จักฟันเลื่อย	จักฟันเลื่อย	จักฟันเลื่อย
	ปลายใบ	เรียวแหลม	ยาวคล้ายหาง	ยาวคล้ายหาง	ยาวคล้ายหาง	ยาวคล้ายหาง	ยาวคล้ายหาง	ยาวคล้ายหาง
	ฐานใบ	เว้ามากหรือรูปหัวใจ	เว้าเล็กน้อย	เว้ามากหรือรูปหัวใจ	เว้ามากหรือรูปหัวใจ	เว้ามากหรือรูปหัวใจ	เว้ามากหรือรูปหัวใจ	เกือบตรง
	การเรียงของใบ	ใบเรียงสลับ	ใบเรียงสลับ	ใบเรียงสลับ	ใบเรียงสลับ	ใบเรียงสลับ	ใบเรียงสลับ	ใบเรียงสลับ
	การเรียงตัวของเส้นใบ	เส้นใบร่างแหชนิดขนนก	เส้นใบร่างแหแบบขนนก	เส้นใบร่างแหชนิดขนนก	เส้นใบร่างแหชนิดขนนก	เส้นใบร่างแหชนิดขนนก	เส้นใบร่างแหชนิดขนนก	เส้นใบร่างแหชนิดขนนก
	ผิวใบ	สากเล็กน้อย	สากเล็กน้อย	สากเล็กน้อย	สากเล็กน้อย	สากเล็กน้อย	สากเล็กน้อย	สากเล็กน้อย
	รอยย่นในเนื้อใบ	ปานกลาง	ย่นเล็กน้อย	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
	ความมันเงา	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย
	ความหนา	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย
	สีผิวใบ	Green group N137A	Green group N137B	Green group N137A	Green group N137B	Green group 139A	Green group 144A	Green group 144A
เพศ	-	เพศผู้:เพศเมีย = 5:3	เพศเมีย	เพศเมีย	เพศผู้:เพศเมีย = 2:1	เพศเมีย	เพศผู้:เพศเมีย = 5:3	เพศเมีย
ผล	รูปร่าง	กลมรี	ยาวรี, กระบอก	ยาวรี, กระบอก	ยาวรี, กระบอก	กลมรี	ยาวรี, กระบอก	ยาวรี, กระบอก
	ขนาด (กว้าง x ยาว)	9 x 19 มม.	20 x 37 มม.	15 x 40 มม.	19 x 38 มม.	16 x 25 มม.	17 x 43 มม.	19 x 35 มม.
	น้ำหนัก (กรัม)	2.40	5.96	4.57	5.98	2.87	5.57	5.60



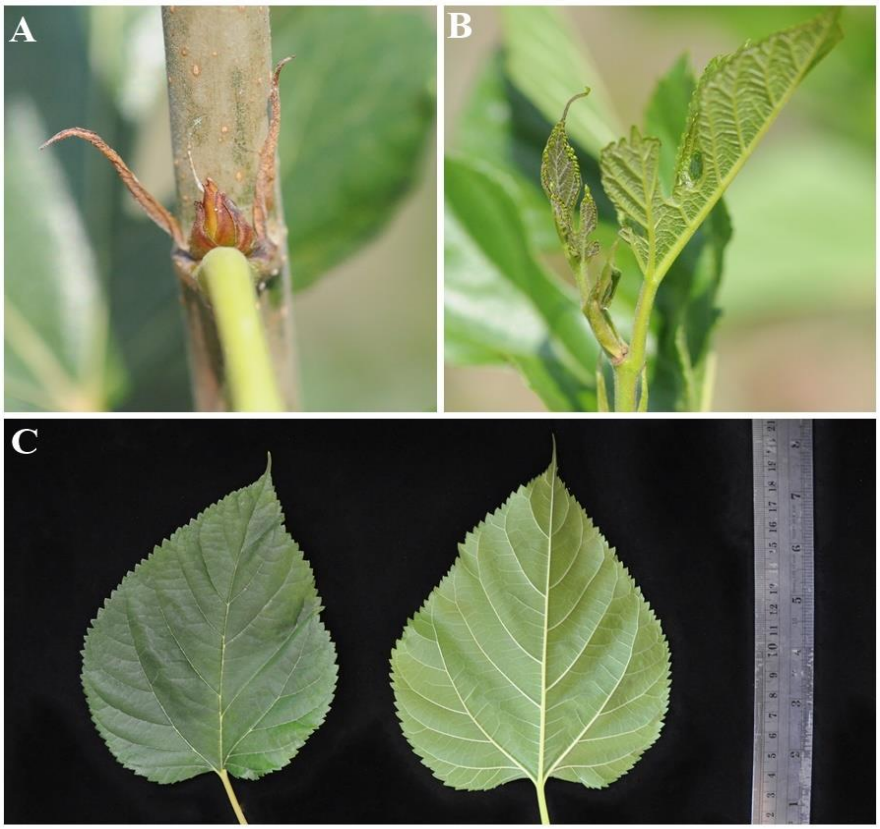
ภาพ 10 สัณฐานวิทยาของใบมัลเบอร์รีพันธุ์เวียดนาม GQ2



ภาพ 11 สัณฐานวิทยาของใบมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน 46C019

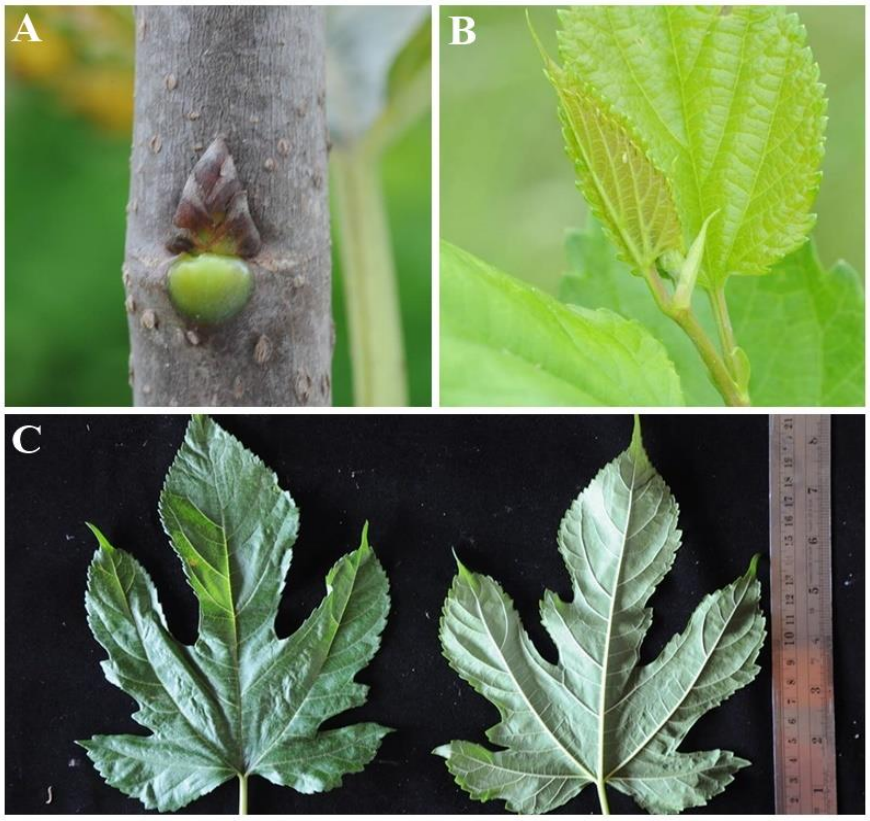


ภาพ 12 สัณฐานวิทยาของใบมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน 228

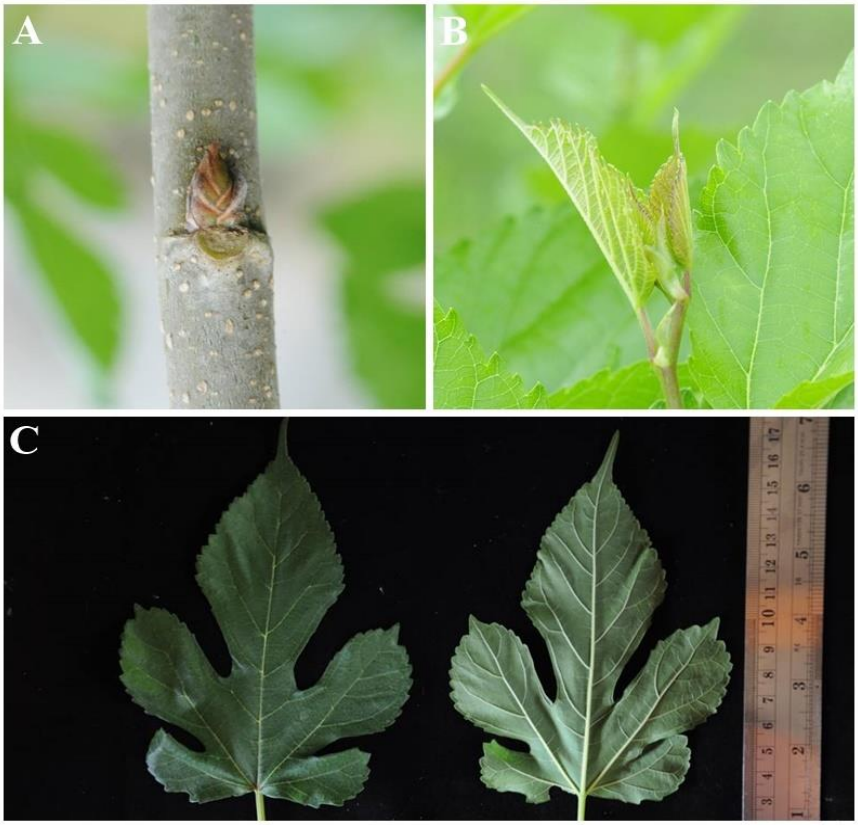


ภาพ 13 สัณฐานวิทยาของใบมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน 203

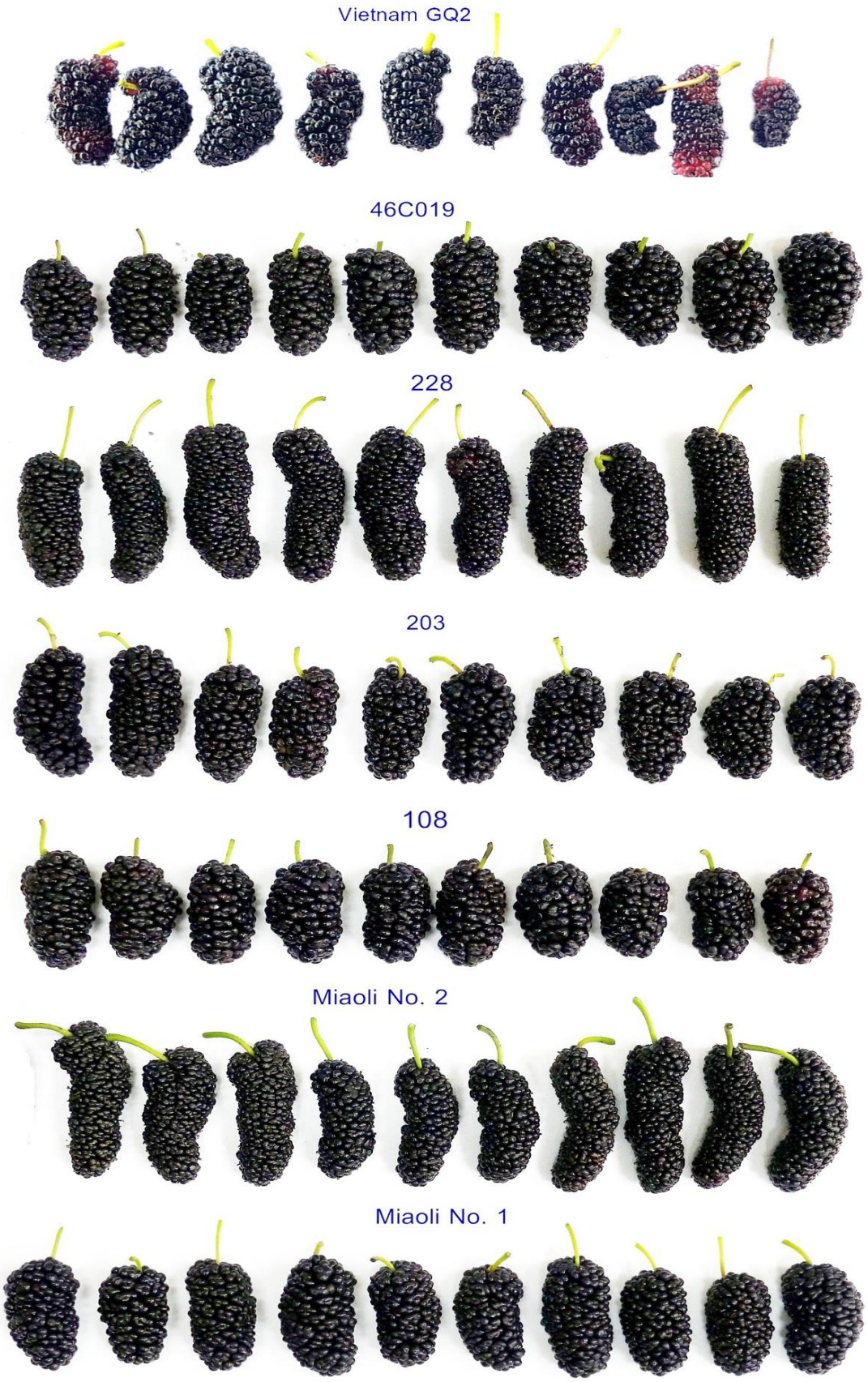
ภาพ 14 สัณฐานวิทยาของใบมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน 108



ภาพ 15 สัณฐานวิทยาของใบมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน Miaoli No. 2



ภาพ 16 สัณฐานวิทยาของใบมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน Miaoli No. 1



ภาพ 17 รูปร่างผลมัลเบอร์รีสายพันธุ์ต่างๆ ในระยะสุกแก่

4.6 ปริมาณผลผลิต คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอริค และปริมาณธาตุอาหารของผลมัลเบอร์รี

ปริมาณผลผลิต และคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผลมัลเบอร์รีพันธุ์ต่างๆ มีผลการทดลองดังนี้

ปริมาณผลผลิตมัลเบอร์รีพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยพันธุ์ไต้หวัน 46C019 มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นมากที่สุด คือ 1,013.20 กรัม/ต้น รองลงมาคือพันธุ์ไต้หวัน 203 มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อต้น 807.30 กรัม/ต้น ส่วนพันธุ์ ไต้หวัน Miaoli No. 2, ไต้หวัน 228 และไต้หวัน Miaoli No. 1 นั้นมีปริมาณผลผลิตมัลเบอร์รีที่มีปริมาณเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ 696.25, 685.50 และ 644.00 กรัม/ต้น ตามลำดับ ตามด้วยพันธุ์ไต้หวัน 108 มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อต้น 344.40 กรัม/ต้น ในขณะที่พันธุ์เวียดนาม GQ2 มีปริมาณผลผลิตมัลเบอร์รีน้อยที่สุดคือ 168.00 กรัม/ต้น (ตาราง 7)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของผลมัลเบอร์รี พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยกลุ่มพันธุ์ไต้หวัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์เวียดนาม GQ2 โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 16.53-17.60 องศาบริกซ์ และไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์เวียดนาม GQ2 ซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพียง 11.20 องศาบริกซ์ (ตาราง 7)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ของผลมัลเบอร์รี พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยพันธุ์ไต้หวัน 203 ไต้หวัน 108 ไต้หวัน 46C019 และไต้หวัน 228 มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน คือ มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้อยู่ในช่วง 1.46-1.55% และแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์เวียดนาม GQ2 ไต้หวัน Miaoli No. 2 และ ไต้หวัน Miaoli No. 1 มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้อยู่ในช่วง 0.98-1.14% (ตาราง 7)

สีผิวผลมัลเบอร์รี พบว่า ทุกพันธุ์เมื่อเข้าสู่ระยะสุกแก่ ผลมัลเบอร์รีมีสีดำ โดยพันธุ์เวียดนาม GQ2 ไต้หวัน 228 ไต้หวัน 203 และ ไต้หวัน Miaoli No. 1 มีสีผิวผลอยู่ในกลุ่ม Black Group 203A ส่วนพันธุ์ไต้หวัน 46C019 ไต้หวัน 108 และ ไต้หวัน Miaoli No. 2 มีสีผิวผลอยู่ในกลุ่ม Black Group 203B (ตาราง 7)

จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับมัลเบอร์รีพันธุ์เชียงใหม่ 60 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทยนั้น พบมากในพื้นที่ของ จ.เชียงใหม่ โดยมัลเบอร์รีพันธุ์เชียงใหม่ 60 เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกเพื่อเก็บผลผลิตผลสด ให้ผลผลิตผลได้ดี ประมาณ 600-700 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี หรือประมาณ 1,000 กรัมต่อต้น (วราทิพย์, 2544) ซึ่งปริมาณผลผลิตผลมัลเบอร์รีไม่ว่าจะเป็นพันธุ์อะไรก็ตาม เมื่อมีอายุมากขึ้นจะให้ผลผลิตสูงขึ้นไม่น้อยกว่า 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการบำรุง ดูแลรักษา และฤดูกาลให้ผลผลิตด้วย เมื่อเปรียบกับผลมัลเบอร์รีพันธุ์เชียงใหม่ 60 ซึ่งพบว่าพันธุ์ไต้หวันทุกเบอร์มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูง และมีกรดต่ำกว่า โดยมัลเบอร์รีพันธุ์เชียงใหม่ 60 นั้นจะมีรสชาติหวานกลมกล่อม ฉ่ำน้ำ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ประมาณ 15 องศาบริกซ์ มีปริมาณกรดสูงประมาณ 0.6% ผลเป็นสีเขียว เมื่อผลสุกแล้วจะเปลี่ยนเป็นสีแดง ม่วงเข้ม หรือสีม่วงดำ เหมาะสำหรับบริโภคผลสดและการแปรรูป (เจนจิรา และคณะ, 2558)

ตาราง 7 ปริมาณผลผลิต และคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผลมัลเบอร์รีพันธุ์ต่างๆ

พันธุ์มัลเบอร์รี	ปริมาณผลผลิต (กรัม/ต้น)	TSS (องศาบริกซ์)	TA (%)	สีผิวผล
เวียดนาม GQ2	168.00 e	11.20 b	1.14 b	Black Group 203A
ไต้หวัน 46C019	1,013.20 a	16.19 a	1.47 a	Black Group 203B
ไต้หวัน 228	685.50 c	16.81 a	1.46 a	Black Group 203A
ไต้หวัน 203	807.30 b	17.60 a	1.55 a	Black Group 203A
ไต้หวัน 108	344.40 d	17.23 a	1.54 a	Black Group 203B
ไต้หวัน Miaoli No. 2	696.25 c	17.04 a	1.12 b	Black Group 203B
ไต้หวัน Miaoli No. 1	644.00 c	16.53 a	0.98 b	Black Group 203A
F-test	*	*	*	-
CV%	59.54	24.27	15.48	-

[1/]ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอริคทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณวิตามินซี และปริมาณแอนโทไซยานินของผลมัลเบอร์รีพันธุ์ต่างๆ มีผลการทดลองดังนี้

ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลมัลเบอร์รีทั้ง 7 พันธุ์ พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 2,538-7,948 ไมโครโมลาร์สมมูลของ Fe^{2+}/กรัม โดยผลมัลเบอร์รีพันธุ์ 203 และพันธุ์ไต้หวัน Miaoli No. 1 มีปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง คือ 7,948 และ 7,089 ไมโครโมลาร์สมมูลของ $Fe^{2+/}$กรัม ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยพันธุ์ไต้หวัน 228 มีปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด (ตาราง 8)

ปริมาณสารประกอบฟีนอริคทั้งหมดของผลมัลเบอร์รีทั้ง 7 พันธุ์ พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 193.23-391.78 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด โดยผลมัลเบอร์รีพันธุ์ 203 และพันธุ์ไต้หวัน Miaoli No. 2 มีปริมาณสารประกอบฟีนอริคทั้งหมดสูง คือ 391.78 และ 337.67 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยพันธุ์ไต้หวัน 228 มีสารประกอบฟีนอริคทั้งหมดน้อยที่สุด (ตาราง 8)

ปริมาณฟลาโวนอยด์ของผลมัลเบอร์รีทั้ง 7 พันธุ์ พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 30.12-68.13 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด โดยผลมัลเบอร์รีพันธุ์ Miaoli No. 1 และพันธุ์ไต้หวัน 203 มีปริมาณฟลาโวนอยด์สูง คือ 68.13 และ 62.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยพันธุ์เวียดนาม GQ2 มีปริมาณฟลาโวนอยด์น้อยที่สุด (ตาราง 8)

ปริมาณวิตามินซีของผลมัลเบอร์รีทั้ง 7 พันธุ์ พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 22.23-79.81 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด โดยผลมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน 46C019 และ พันธุ์ไต้หวัน 203 มีปริมาณวิตามินซีสูง คือ

79.81 และ 76.92 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยพันธุ์เวียดนาม GQ2 มีปริมาณวิตามินซีที่สุด (ตาราง 8)

ปริมาณแอนโทไซยานินของผลมัลเบอร์รีทั้ง 7 พันธุ์ พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 282.40-808.00 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง โดยผลมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน 203 มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุดคือ 808.00 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยพันธุ์เวียดนาม GQ2 มีปริมาณแอนโทไซยานินน้อยที่สุด (ตาราง 8) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแอนโทไซยานินของผลมัลเบอร์รีพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย คือพันธุ์เชียงใหม่ 60 และพันธุ์บุรีรัมย์ 60 ซึ่งมีปริมาณแอนโทไซยานิน 247.57-308.87 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง (สถาบันหม่อนไหมแห่งชาติเฉลิมพระเกียรติฯ, 2550)

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่ามัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน 203 มีปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอริคทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณวิตามินซี และปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด

ตาราง 8 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอริคทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณวิตามินซี และปริมาณแอนโทไซยานินของผลมัลเบอร์รีพันธุ์ต่างๆ

พันธุ์มัลเบอร์รี	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ FRAP (μM Fe^{2+}/g)	สารประกอบฟีนอริคทั้งหมด [mg (GAE)/100 g FW]	ฟลาโวนอยด์ [mg (CE)/100 g FW]	วิตามินซี (mg/100 g FW)	แอนโทไซยานิน (mg/100 g DW)
เวียดนาม GQ2	3078 c	201.73 b	30.12 d	22.23 c	282.40 d
ไต้หวัน 46C019	3365 c	236.30 b	51.65 b	79.81 a	578.30 b
ไต้หวัน 228	2538 c	193.23 b	41.63 c	22.74 d	412.21 c
ไต้หวัน 203	7948 a	391.78 a	62.04 a	76.92 a	808.00 a
ไต้หวัน 108	2628 c	235.17 b	41.57 c	24.38 c	598.60 b
ไต้หวัน Miaoli No. 2	6513 b	337.67 a	34.62 d	36.13 b	569.10 b
ไต้หวัน Miaoli No. 1	7089 a	211.66 b	68.13 a	38.36 b	666.60 b
F-test	*	*	*	*	*
CV%	32.24	11.21	4.30	9.42	81.91

[1/] ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณธาตุอาหารของผลมัลเบอร์รีพันธุ์ต่างๆ พบว่า

ปริมาณธาตุไนโตรเจนของผลมัลเบอร์รีทั้ง 7 พันธุ์ พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 2.02-2.48% โดยผลมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน 203 มีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงที่สุด คือ 2.48% รองลงมาคือ พันธุ์ไต้หวัน 46C019 พันธุ์ไต้หวัน 228 และพันธุ์ไต้หวัน Miaoli No. 2 มีปริมาณธาตุไนโตรเจนเท่ากันคือ 2.46% แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยพันธุ์เวียดนาม GQ2 มีปริมาณธาตุไนโตรเจนน้อยที่สุด (ตาราง 9)

ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสของผลมัลเบอร์รีทั้ง 7 พันธุ์ พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.30-0.41% โดยผลมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน Miaoli No. 2 มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสสูงสุดคือ 0.41% และแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยพันธุ์เวียดนาม GQ2 มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสน้อยที่สุด (ตาราง 9)

ปริมาณธาตุโพแทสเซียมของผลมัลเบอร์รีทั้ง 7 พันธุ์ พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 2.50-3.18% โดยผลมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน 203 มีปริมาณธาตุโพแทสเซียมสูงที่สุด คือ 3.18% รองลงมาคือพันธุ์ Miaoli No. 2 มีปริมาณธาตุโพแทสเซียม 3.10% และแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยพันธุ์เวียดนาม GQ2 มีปริมาณธาตุโพแทสเซียมน้อยที่สุด (ตาราง 9)

ปริมาณธาตุแคลเซียมของผลมัลเบอร์รีทั้ง 7 พันธุ์ พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.38-0.52% โดยผลมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน 46C019 มีปริมาณธาตุแคลเซียมสูงที่สุด คือ 0.52% รองลงมาคือพันธุ์ Miaoli No. 1 และพันธุ์ไต้หวัน 203 มีปริมาณธาตุแคลเซียม 0.51 และ 0.50% ตามลำดับ และแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยพันธุ์เวียดนาม GQ2 มีปริมาณธาตุแคลเซียมน้อยที่สุด (ตาราง 9)

ปริมาณธาตุแมกนีเซียมของผลมัลเบอร์รีทั้ง 7 พันธุ์ พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.15-0.18% และไม่แตกต่างทางสถิติ (ตาราง 9)

ปริมาณธาตุสังกะสีของผลมัลเบอร์รีทั้ง 7 พันธุ์ พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 16.00-24.24 มก./กก. โดยผลมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน Miaoli No. 2 มีปริมาณธาตุสังกะสีสูงที่สุด คือ 24.24 มก./กก. รองลงมาคือพันธุ์ไต้หวัน 203 มีปริมาณธาตุสังกะสี 23.33 มก./กก. และแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยพันธุ์เวียดนาม GQ2 มีปริมาณธาตุสังกะสีน้อยที่สุด (ตาราง 9)

ปริมาณธาตุแมงกานีสของผลมัลเบอร์รีทั้ง 7 พันธุ์ พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 12.20-19.82 มก./กก. โดยผลมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน Miaoli No. 2 มีปริมาณธาตุแมงกานีสสูงที่สุด คือ 19.82 มก./กก. รองลงมาคือพันธุ์ไต้หวัน 203 มีปริมาณธาตุแมงกานีส 18.75 มก./กก. และแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยพันธุ์เวียดนาม GQ2 มีปริมาณธาตุแมงกานีสน้อยที่สุด (ตาราง 9)

ปริมาณธาตุเหล็กของผลมัลเบอร์รีทั้ง 7 พันธุ์ พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 21.92-64.00 มก./กก. โดยผลมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน 203 มีปริมาณเหล็กสูงที่สุด คือ 64.00 มก./กก. รองลงมาคือพันธุ์ไต้หวัน 46C019 มีปริมาณธาตุเหล็ก 61.15 มก./กก. และแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยพันธุ์ไต้หวัน 108 มีปริมาณธาตุเหล็ก น้อยที่สุด (ตาราง 9)

ปริมาณธาตุทองแดงของผลมัลเบอร์รีทั้ง 7 พันธุ์ พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 3.00-4.33 มก./กก. โดยผลมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน 46C019 มีปริมาณทองแดงสูงที่สุด คือ 4.33 มก./กก. และแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยพันธุ์เวียดนาม GQ2 และไต้หวัน 228 ปริมาณธาตุทองแดงน้อยที่สุด (ตาราง 9)

จากการเปรียบเทียบปริมาณาตุอาหารสะสมในผลมัลเบอร์รีทั้ง 7 พันธุ์ พบว่า มัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน 203 มีปริมาณธาตุอาหารสะสมในผลสูงที่สุด เช่น ธาตุไนโตรเจน ธาตุโพแทสเซียม ธาตุแคลเซียม ธาตุสังกะสี ธาตุแมงกานีส และธาตุเหล็ก เป็นต้น

ตาราง 9 ปริมาณธาตุอาหารของผลมัลเบอร์รีพันธุ์ต่างๆ

พันธุ์มัลเบอร์รี	ไนโตรเจน (%)	ฟอสฟอรัส (%)	โพแทสเซียม (%)	แคลเซียม (%)	แมกนีเซียม (%)	สังกะสี (มก./กก.)	แมงกานีส (มก./กก.)	เหล็ก (มก./กก.)	ทองแดง (มก./กก.)
เวียดนาม GQ2	2.02 b	0.30 c	2.50 c	0.38 c	0.15	16.00 c	12.20 d	22.18 e	3.00 c
ไต้หวัน 46C019	2.46 a	0.34 b	2.59 c	0.52 a	0.17	17.41 b	15.83 b	61.15 a	4.33 a
ไต้หวัน 228	2.46 a	0.35 b	2.85 b	0.40 c	0.17	18.07 b	15.91 b	42.55 c	3.00 d
ไต้หวัน 203	2.48 a	0.31 c	3.18 a	0.50 a	0.15	23.33 a	18.75 a	64.00 a	3.33 cd
ไต้หวัน 108	2.15 b	0.32 c	2.35 d	0.46 b	0.16	16.17 c	15.17 c	21.92 e	3.83 b
ไต้หวัน Miaoli No. 2	2.46 a	0.41 a	3.10 a	0.40 c	0.18	24.24 a	19.82 a	47.74 b	3.67 bc
ไต้หวัน Miaoli No. 1	2.12 b	0.35 b	2.62 c	0.51 a	0.15	16.24 c	12.66 d	37.32 d	3.58 bc
F-test	*	*	*	*	ns	*	*	*	*
CV%	1.71	3.00	4.16	2.61	7.58	3.32	2.21	5.49	6.30

[1/]ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ปัญหาและอุปสรรคที่มีผลเกี่ยวข้องกับการวิจัย และการแก้ปัญหา

<u>ปีที่ 1</u> ในแผนการดำเนินงานได้มีการทดลองเพิ่มอีก 1 สายพันธุ์ คือ พันธุ์เวียดนาม GQ2 โดยทุกสายพันธุ์ที่ทำการวิจัยจะนำต้นกล้ามัลเบอร์รี ไปปลูกทดสอบในพื้นที่ของมูลนิธิโครงการหลวง สถานีเกษตรหลวงปางดะ อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่ ในเดือนที่ 8 ของแผนการดำเนินงานวิจัย และตรงกับเดือนพฤษภาคม ซึ่งในปีนี้ (พ.ศ. 2559) เผชิญกับวิกฤตภัยแล้ง ซึ่งเกรงว่าต้นกล้ามัลเบอร์รีอาจไม่ได้รับน้ำและอาจมีผลให้ต้นกล้าตายได้ ดังนั้นจึงมีการเลื่อนเวลาการออกปลูกครั้งแรกในสภาพแปลงออกไป เป็นเดือนมิถุนายน – กรกฎาคม พ.ศ. 2559 ซึ่งตรงกับฤดูฝนของประเทศไทย และสามารถทำให้ได้รับน้ำอย่างเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าได้ ในขณะเดียวกันได้มีการติดตั้งระบบน้ำแบบมินิสปริงเกลอร์เพื่อเตรียมความพร้อมเรื่องระบบน้ำในปีต่อไป เพื่อความสะดวกและประหยัดการใช้น้ำได้ สำหรับการปลูกครั้งที่ 2 ไม่สามารถผลิตต้นกล้ามัลเบอร์รีทันปลูกในสภาพแปลงได้ทันปีงบประมาณ 2559 ดังนั้น จึงเลื่อนการปลูกเป็นปีงบประมาณ 2560 และคาดว่าจะนำต้นมัลเบอร์รีในส่วนที่เหลือปลูกในช่วงเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 เพื่อทดสอบการเจริญเติบโตในสภาพแปลงปลูก และเพื่อศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา การให้ผลผลิต ปริมาณสารสำคัญ และปริมาณธาตุอาหารสะสมในผลมัลเบอร์รีต่อไป

<u>ปีที่ 2</u> ได้มีการปรับแผนการดำเนินงานวิจัยเล็กน้อย คือ เก็บเกี่ยวผลผลิตล่าช้าออกไป เนื่องจากในช่วงเดือน เมษายนถึงพฤษภาคม มีสภาพอากาศที่ค่อนข้างร้อนและแห้งแล้งมาก ไม่มีปริมาณน้ำเพียงพอต่อการดูดใช้ของต้นมัลเบอร์รีในช่วงให้ผลผลิต ดังนั้นจึงบังคับการออกดอกติดผลเลื่อนออกไปอีก ประมาณ 2 เดือน เพื่อการเก็บผลผลิตมัลเบอร์รีมาทดสอบปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอริคทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณวิตามินซี ปริมาณแอนโทไซยานิน และปริมาณธาตุอาหารสะสมในผลมัลเบอร์รี

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุป

5.1 การฟอกเมล็ดมัลเบอร์รีในสภาพปลอดเชื้อด้วยสารละลายคลอรอกซ์ 10 % นาน 10 นาที ตามด้วยสารละลายคลอรอกซ์ 5 % นาน 15 นาที มีเปอร์เซ็นต์ที่ไม่เกิดการปนเปื้อนมากที่สุด

5.2 การงอกของเมล็ดมัลเบอร์รีในสภาพปลอดเชื้อ พันธุ์เวียดนาม GQ2 มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่สุด รองลงมา คือ พันธุ์ไต้หวัน 203 และไต้หวัน Miaoli No.1 ตามลำดับ

5.3 การเจริญเติบโตของต้นมัลเบอร์รีในสภาพปลอดเชื้อ ที่อายุ 1 เดือน มีการเจริญเติบโตดีที่สุด คือ พันธุ์ไต้หวัน 108 และ 203 ตามด้วยพันธุ์เวียดนาม GQ2 โดยมีความยาวราก ความสูงต้น และความยาวใบจริงสูงที่สุด

5.4 เมล็ดมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน 46C019 มีการพักตัวจึงงอกยาก เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารที่ผสมด้วยจิบเบอเรลลิค แอซิค ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัม/ลิตร นั้นมีผลให้เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์การงอก 8.33 %

5.5 การเจริญเติบโตของต้นมัลเบอร์รีพันธุ์เวียดนาม GQ2 มีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ไต้หวัน ลำต้นสูงชะลูดมีการแต่งกิ่งสาขาจำนวนมาก ใบมีรูปร่างเป็นรูปหัวใจ ขนาดใหญ่และมีจำนวนมาก ผลมีรูปร่างกลมรี ขนาดเล็กและมีปริมาณผลผลิตค่อนข้างน้อย จึงเหมาะสมต่อการนำไปเลี้ยงหนอนไหม

5.6 มัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวันพันธุ์ต่างๆ มีรูปร่างใบหลากหลาย เช่น รูปไข่ รูปหัวใจ หรือมีรอยหยัก 2-6 หยัก ใบมีขนาดเล็กถึงปานกลาง ผลมีรูปร่างกลมรี หรือยาวรี มีขนาดปานกลางถึงใหญ่และมีปริมาณผลผลิตดก จึงเหมาะสมต่อการนำไปบริโภคผลสดหรือการแปรรูปได้ได้

5.7 มัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน 203 มีปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอริคทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณวิตามินซี และปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด และมีปริมาณธาตุอาหารสะสมในผลสูงที่สุด เช่น ธาตุไนโตรเจน ธาตุโพแทสเซียม ธาตุแคลเซียม ธาตุสังกะสี ธาตุแมงกานีส และธาตุเหล็ก เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

- ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมหรือต่อยอดงานวิจัยนี้ โดยเพิ่มการศึกษาการเก็บรักษาและการยืดอายุการเก็บรักษาเพื่อควบคุมคุณภาพผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวผลมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน
- ปัจจุบันผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ เช่น สารสกัดเข้มข้นจากผลไม้ เป็นที่นิยมต่อความต้องการของผู้บริโภคเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะมัลเบอร์รีจากงานวิจัยนี้ แสดงให้เห็นว่ามีปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอริคทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณวิตามินซี และปริมาณแอนโทไซยานินที่ค่อนข้างสูง จึงควรมีการศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

เจนจิรา ชุมภูคำ, ธีรวัฒน์ จตุอุทัยศรี, อารยา อาจเจริญ เทียนหอม. 2558. รูปแบบการเจริญเติบโตและการพัฒนาของผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. (46)3: 457-460.

แฉล้ม มาศวรรณา ศุจิรัตน์ สงวนรังศิริกุล เพียงเพ็ญ ศรวัต พีรเดช ซุยกระเดื่อง และสุวัชชัย มิสุนา. ม.ป.พ. ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในกลีบกระเจี๊ยบแดง 29 พันธุ์. สถาบันวัยพืชไร่และพลังงานทดแทน. ศูนย์วิจัยพืชไรขอนแก่น.

ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์ สาวิตรี ทิวงศ์ กนกธร วงศ์กิติ ประชัน วงษ์ใหญ่ และเบ็ญจารัชด ทองยืน. 2553. การศึกษาการผลิตมัลเบอรีรับประทานสด (*Morus* spp.) เพื่อเป็นการค้าในพื้นที่ของมูลนิธิโครงการหลวง. ผลงานวิจัยมูลนิธิโครงการหลวง ประจำปี 2553.

นันท์นภัส เติมวงศ์. 2551. ปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกส์ และวิตามินซีในผักและสมุนไพร. คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.

ประศาสตร์ เกื้อมณี. 2536. เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช.โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

พีรเดช ทองอำไพ. 2537. ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์: แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. วิชัยการพิมพ์. กรุงเทพฯ.

ภพเก้า พุทธรักษ์. 2554. การขยายพันธุ์ว่านสี่ทิศโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในสภาพปลอดเชื้อ. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยพะเยา. พะเยา.

รังสฤษฎ์ กาวีต๊ะ. 2541. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ: หลักการและเทคนิค. กรุงเทพมหานคร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลือชัย บุตคุป. 2554. การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์การต้านออกซิเดชันในผลหม่อนสายพันธุ์ต่าง ๆ. โครงการวิจัย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สกว.

วราทิพย์ ผาสขุ. 2554. ผลของการจัดทรงพุ่มต่อผลผลิตหม่อน 3 พันธุ์, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, ภาควิชาพืชสวน, คณะ เกษตรกำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 35 หน้า

วสันต์ นุ้ยภิรมย์, อัญชลี โพธิ์ดี และ วิโรจน์ แก้วเรือง. 2556. หม่อนผลสดและการแปรรูป. กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ : สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีหม่อนไหม กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ เชียงใหม่. 2550. หม่อนพันธุ์แนะนำ: หม่อนผลสดพันธุ์เชียงใหม่. ศูนย์หม่อน ไหมเฉลิมพระเกียรติฯ เชียงใหม่. แหล่งที่มา: http://chiangmaisilk.blogspot.com/2007/07/blog-post_2391.html, 5 สิงหาคม 2551.

สมพร ประเสริฐส่งสกุล. 2549. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกับการปรับปรุงพันธุ์. โฟร์เพซ. 127 น.

สังคม เตชะวงศ์เสถียร. 2547. สรีรวิทยาของพืชสวน: ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช. ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Aramwit, P., N. Bang and T. Srichana. 2010. The properties and stability of anthocyanins in mulberry fruits. Food Research International 43: 1093-1097.

Bae, S.H. and H.J. Suh. 2007. Antioxidant activities of five different mulberry cultivars in Korea. ScienceDirect (40): 955-962.

Baillie, J.K., A.A.R. Thompson, J.B. Irving, M.G.D. Bates, A.I..Sutherland, W. Macnee, S.R.J. Maxwell, D.J.Webb. 2009. Oral antioxidant supplementation does not prevent acute mountain sickness: double blind, randomized placebo-controlled trial. Monthly Journal of the Association of Physicians 102 (5): 341–8.

Baskar, R., S. Shrisakthi, B. Sathyapriya, R. Sathyapriya, R. Nithya and P. Poongodi. 2011. Antioxidants potential of peel extracts of banana varieties (*Musa sapientum*). Food and Nutrition Sciences 2: 1128 -1133.

Benzie, I. F.F and J. J Strain. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power the FARP assay. Analytical Biochemistry. 239. 70-76.

Chang J.C. 2008. 'Miaoli No. 1' mulberry: a new cultivar for berry production. Hortscience 43(5):1594–1595.

Gao, X., M. Ohlander, N. Jeppsson, L. Björk and V. Trajkovski. 2000. Changes in antioxidant effects and their relationship to phytonutrients in fruits of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) during maturation. Food Chemistry 48: 148-1490.

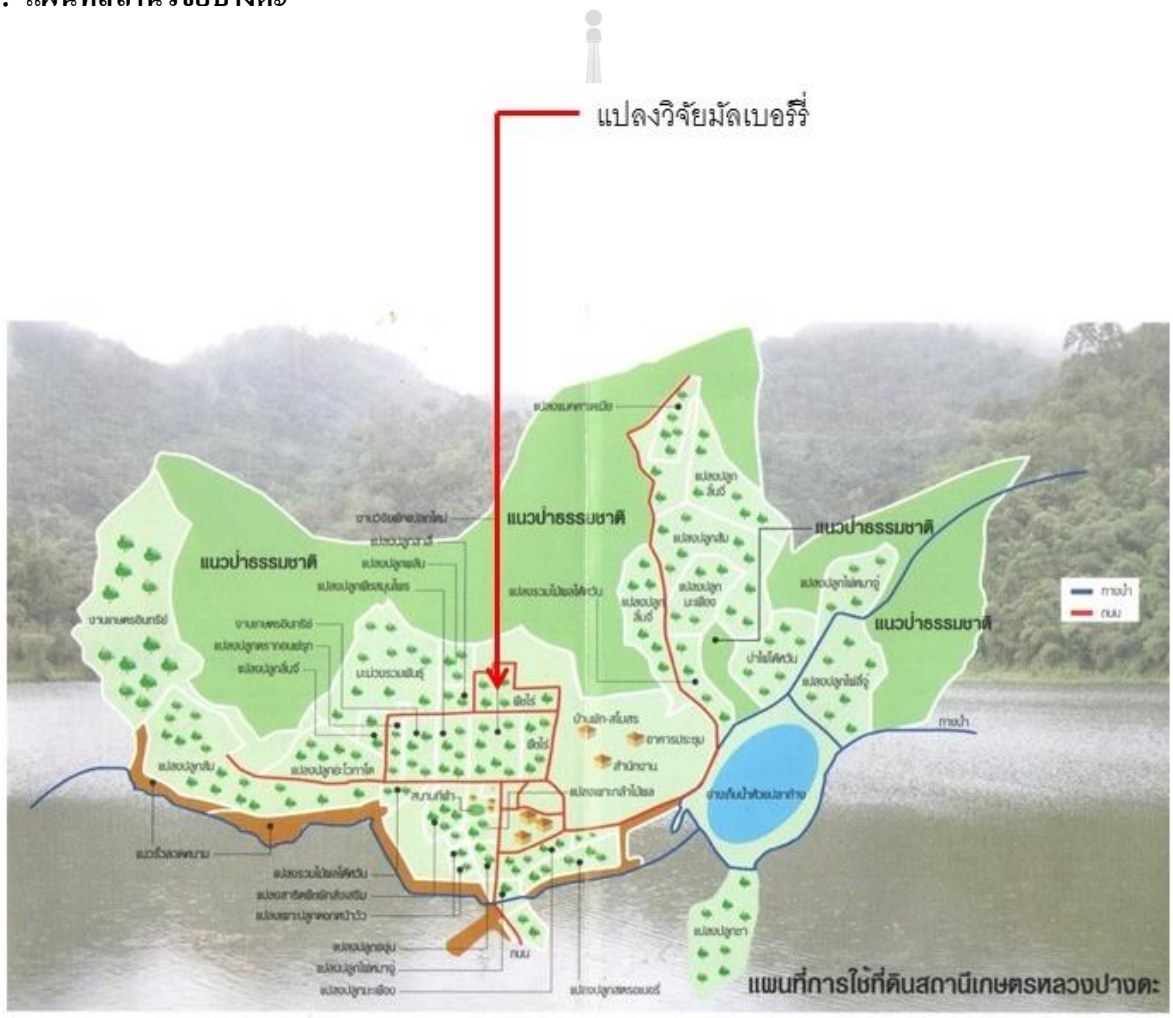
Takabe, M. and T. Yoneyama. 1995. An analysis of nitrate and ascorbic acid in crop exudates using a simple reflection photometer system. Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition 66(2): 155-158.

Venkatesh, K.R. and C. Seema, 2008. Mulberry: life enhancer. Journal of Medicinal Plants Research 2 (10): 271-278.

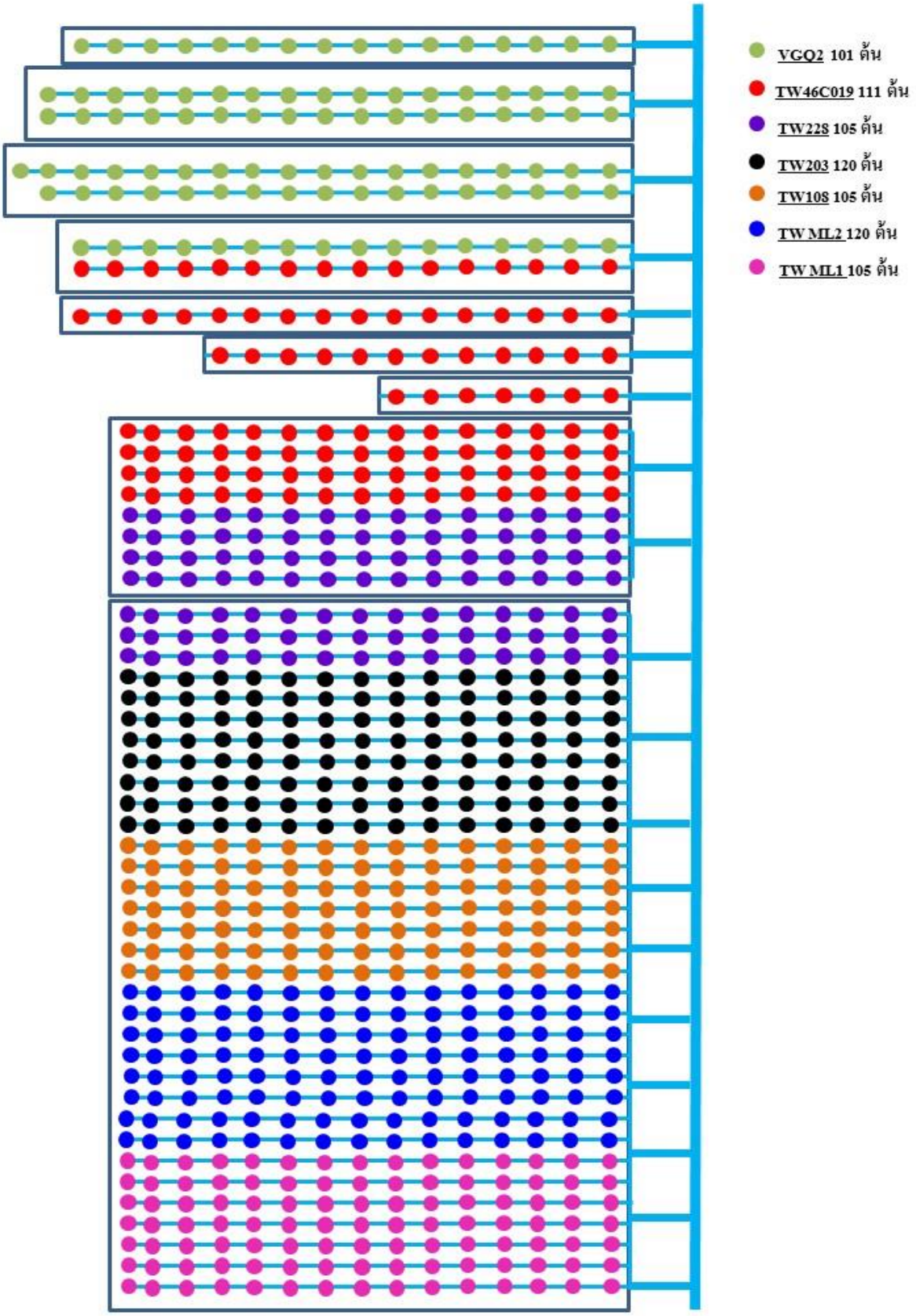
Vietnam Sericulture Research Institute. 2015. researched and produced successfully the GQ2 ulberry variety.Hanoi Veitnam. http://vister.vn/new-technologies-and-products/245-mulberry-gq2.html. 16.

ภาคผนวก

1. แผนที่สถานีวิจัยปางดะ



2. แผนผังแปลงทดลองปลูกมัลเบอร์รี



3. ผลมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน Miaoli No.2 ในระยะสุกแก่

4. ผลมัลเบอร์รีพันธุ์ไต้หวัน 46C019 (ซ้าย) และพันธุ์ไต้หวัน 203 (ขวา) ที่อายุการเก็บเกี่ยว