

การศึกษาเทคนิคการขยายพันธุ์แบบรวดเร็ว และการเพิ่มความแข็งแรงต้นกล้าของมัน
สำปะหลัง^{1/}

Studies on rapid propagation and enhancement of seedling vigor
techniques of cassava^{1/}

ผู้ทำสัมมนา

นายทักษิณ ทักซิณกานนท์^{2/}

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ดร.อนนท์ จันทร์เกตุ^{3/}

บทคัดย่อ

จากสถานการณ์การระบาดของโรคใบด่างในมันสำปะหลัง ภาครัฐจึงมีข้อเสนอแนวทางการแก้ไข ปัญหาโดยการส่งเสริมเกษตรกรในการขยายพันธุ์มันสำปะหลังแบบเร่งรัด เพื่อผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ปลอดโรคให้เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกร จากการรวบรวมเอกสารพบว่าต้นแม่ที่เหมาะสมใน การใช้ในการขยายพันธุ์ด้วยเทคนิคข้อตาควรมีอายุ 4-6 เดือน และส่วนบนของลำต้น จะเป็นส่วนที่มี ประสิทธิภาพมากที่สุด รองลงมาคือส่วนกลาง และส่วนล่างของลำต้นแม่ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากจะให้ เปอร์เซ็นต์ความงอก ความสูง และน้ำหนักแห้งที่สูงที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าการแช่ท่อนพันธุ์ด้วยสารเคมี ป้องกันกำจัดแมลงและเชื้อราก่อนปลูกจะมีประสิทธิภาพมากกว่าไม่แช่ท่อนพันธุ์ การขยายพันธุ์มัน สำปะหลังในระบบแอโรโพนิกส์เป็นระบบหนึ่งที่สามารถผลิตต้นพันธุ์มันสำปะหลังได้อย่างรวดเร็ว และยัง พบว่าวิธีการนี้จะมีอัตราการรอดชีวิตของมันสำปะหลังสูงกว่าการปลูกในดินทั้งส่วนบน และส่วนกลางของ ลำต้นแม่ อย่างไรก็ตามพบว่าพันธุ์มันสำปะหลังที่ต่างกันมีการตอบสนองต่อการปลูกแบบระบบแอโรโ ปนิกส์ในที่แตกต่างกันด้วย ทั้งการพัฒนาของราก ความสูง ขนาดลำต้น จำนวนใบ จำนวนราก และความยาว ราก จากการศึกษาการเพิ่มความแข็งแรงต้นกล้าของมันสำปะหลังโดยการแช่ท่อนพันธุ์ด้วยธาตุอาหารที่มี ชนิด และอัตราที่ต่างกัน พบว่าความยาวรากและความสูงของต้นกล้านมันสำปะหลังจะดีที่สุดเมื่อแช่ด้วย แคลเซียมความเข้มข้น 10 mM โบรอนอัตราที่เหมาะสมเท่ากับ 50 mM และสังกะสีอัตราที่เหมาะสม เท่ากับ 7.5 mM

คำสำคัญ: มันสำปะหลัง; การขยายพันธุ์แบบรวดเร็ว; การเพิ่มความแข็งแรง

^{1/}เอกสารประกอบรายวิชา1201 480 สัมมนา

^{2/}นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

^{3/}อาจารย์ประจำวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทนำ

มันสำปะหลัง (cassava) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 4.81 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตใหญ่ และมีการส่งออกเป็นอันดับ 1 ของโลก อย่างไรก็ตามผลผลิตเฉลี่ยของมันสำปะหลังยังต่ำกว่าศักยภาพการให้ผลผลิตของพันธุ์มันสำปะหลัง เนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น ปัญหาการกระทบแล้ง การจัดการที่ไม่เหมาะสม ปัญหาการระบาดของโรคและแมลงศัตรูที่สำคัญ และดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (สมพงษ์ และ อนุชิต, 2547)

มันสำปะหลังสามารถใช้ประโยชน์หลายอย่าง เช่น ใช้เป็นอาหารมนุษย์ อาหารสัตว์ วัตถุดิบในอุตสาหกรรม เช่น มันสำปะหลังเส้น มันสำปะหลังอัดเม็ด แป้งมันสำปะหลัง และใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล (สถาบันวิจัยและพัฒนา แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2558) ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังรายที่ใหญ่ที่สุดของโลก โดยมีมูลค่าการส่งออกในปี 2564 มีมูลค่าการส่งออก 51,345.46 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากช่วง เดียวกันของปี 2563 ร้อยละ 36.46 ซึ่งมี มูลค่าการส่งออก 37,628.08 ล้านบาท (สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรม, 2564)

ไวรัสใบด่างมันสำปะหลัง (Cassava mosaic disease: CMD) เป็นโรคหนึ่งที่มีการระบาดเพิ่มขึ้นในปัจจุบัน โดยเกิดจากเชื้อไวรัสในสกุล *Begomovirus* อาการจะเห็นได้ชัดเจนที่ส่วนยอดและใบ โดยจะแสดงเกิดอาการใบด่าง ใบหงิกงอ เสียวรูปทรง และลำต้นแคระแกร็น ส่วนหัวมันจะมีขนาดเล็กลง แ ล ะส่งผลต่อการลดลงของผลผลิต ได้ถึงร้อยละ 80-100 (โอกาส, 2563) สำหรับทวีปเอเชียพบรายงานการระบาดของ เชื้อไวรัส 2 ชนิด ได้แก่ เชื้อ Indian cassava mosaic virus (ICMV) พบรายงานระบาดในประเทศอินเดีย และ เชื้อ Sri Lankan cassava mosaic virus (SLCMV) พบรายงานการระบาดในประเทศศรีลังกา อินเดีย จีนเวียดนาม กัมพูชา รวมถึงประเทศไทย (โอกาส, 2563) สาเหตุการแพร่ระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังเกิดได้จากการนำท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่เป็นโรคมานปลูกทำให้ต้นมันสำปะหลังที่งอกมาใหม่เป็นโรค และแมลงหริ่งขาวยาสูบ (*Bemisia tabaci*) เป็นพาหะนำพาโรคสู่ต้นมันสำปะหลัง

จากสาเหตุของการแพร่ระบาดของไวรัสใบด่างมันสำปะหลังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ทำให้ภาครัฐมีการพัฒนาวิธีการขยายพันธุ์มันสำปะหลังแบบเร่งรัด และส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

ที่ปราศจากโรคเพื่อใช้เองในชุมชน ทั้งนี้เพื่อลดการนำเข้าท่อนพันธุ์จากแหล่งอื่น เทคนิคการขยายพันธุ์เร่งรัด เช่นการขยายพันธุ์ด้วยท่อนพันธุ์ขนาดสั้น และการขยายพันธุ์ด้วยส่วนยอดของมันสำปะหลัง นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่พัฒนา เพื่อผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังได้เร็วยิ่งขึ้น เช่นการปลูกมันสำปะหลังแบบกิ่งอากาศ หรือระบบแอโรโพนิกส์อีกด้วย อย่างไรก็ตามวิธีการ ตำแหน่งตา อายุท่อนพันธุ์ หรือสารเคมีที่ใช้ จะมีผลต่อประสิทธิภาพการขยายพันธุ์ที่แตกต่างกันออกไป สัมนานี้จึงได้รวบรวมข้อมูล เทคนิคการขยายพันธุ์แบบรวดเร็วด้วยวิธีการที่ต่างกัน รวมถึงวิธีการในการเพิ่มความแข็งแรงต้นกล้าของมันสำปะหลัง

1. มันสำปะหลัง การใช้ประโยชน์ และความสำคัญทางเศรษฐกิจ

มันสำปะหลัง (Cassava) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Manihot esculenta* จัดอยู่ในวงศ์ (Genus) *Manihot* ตระกูล (Family) Euphorbiaceae ปัจจุบันมันสำปะหลังที่ปลูกเป็นการค้ามีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Manihot esculenta* Crantz. มีบรรพบุรุษมาจากมันสำปะหลังพันธุ์ป่าพันธุ์ป่า โดยมันสำปะหลังพันธุ์ป่ามีประมาณ 98 สปีชีส์ มีโครโมโซม $2n = 36$ เป็น diploid แต่ในพันธุ์ป่าบางชนิดจะมีโครโมโซม $2n = 54$ เป็น triploids และ $2n = 72$ เป็น tetraploids (Lokko et al., 2007) มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีความสำคัญของโลก ปลูกมากในเขตร้อนและกึ่งร้อนของทวีปแอฟริกา เอเชีย ลาตินอเมริกา และประเทศแถบทะเลแคริบเบียน และใช้เป็นวัตถุดิบในการบริโภคของผู้คนมากกว่า 650 ล้านคนทั่วโลก (สถาบันวิจัย และพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2558)

ราก รากจริงเป็นระบบรากแบบ adventitious root system รากที่งอกจากท่อนพันธุ์ (cutting) สามารถงอกได้จาก 3 ส่วนคือ รากจากส่วนเนื้อเยื่อ root from cambium รากจากส่วนตา (root from bud) และรากจากส่วนรอยหลุดร่วงของใบ (root from leaf scar)

ลำต้น มันสำปะหลังเป็นไม้เนื้อแข็ง ลำต้นตั้งตรง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-6 ซม. สีของลำต้นแตกต่างกันไปตามพันธุ์ ส่วนที่อยู่ใกล้ยอดมีสีเขียว ส่วนแก่ที่ต่ำลงมาอาจมีสีน้ำตาล สีเหลือง หรือสีน้ำตาล ความสูงของต้น 1-5 เมตร ขึ้นกับพันธุ์ โดยพันธุ์ที่ไม่แตกกิ่ง (unbranched) ต้นจะสูง ส่วนพันธุ์ที่แตกกิ่ง ต้นจะสูงน้อยกว่า การแตกกิ่งของมันสำปะหลังจะแตกออกเป็น 2 กิ่ง (dichotomous branching) หรือ

3 กิ่ง (trichotomous branching) กิ่งที่แตกออกจากลำต้นหลักเรียกว่า กิ่งชุดแรก (primary branch) ส่วนกิ่งที่แตกออกจาก กิ่งชุดแรก เรียกว่า กิ่งชุดที่สอง (secondary branch)

ใบ เป็นแบบใบเดี่ยว (simple leaf) การเกิดของใบจะหมุนเวียนรอบลำต้น (spiral) มีการจัดเรียงตัว (phyllotaxy) ค่อนข้างคงที่แน่นอนคือ 2/5 ก้านใบ (petiole) ต่อระหว่างลำต้นหรือกิ่งกับตัวแผ่นใบ ก้านใบอาจมีสีเขียวหรือสีแดง ตัวใบหรือแผ่นใบ (lamina) จะเว้าเป็นหยักลึกเป็นแฉก (palmately lobe) จำนวนหยักมีตั้งแต่ 3-9 หยัก ที่โคนก้านใบติดกับลำต้นมีหูใบ (stipule) มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยและสามารถใช้ประโยชน์ได้ ได้หลายอย่าง ทั้งเป็นอาหารมนุษย์ อาหารสัตว์ และใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรม หัวมันสำปะหลังส่วนใหญ่จะเข้าสู่กระบวนการแปรรูปทำแป้ง มันเส้น (cassava chip) มันและมันอัดเม็ด (cassava pellet) แป้งมันสำปะหลัง (tapioca starch) จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งสามารถนำไปใช้บริโภคโดยตรงหรือเป็นวัตถุดิบเพื่อแปรรูป เป็นผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องเพื่อเพิ่มมูลค่า ได้แก่ สตาร์ชดัดแปร (modified starch) สาकु ผงชูรส ไลซีน (lysine) สารให้ความหวาน (sweetener) เช่น น้ำเชื่อมกลูโคส (glucose syrup) น้ำตาลแอลกอฮอล์ เช่น ซอร์บิทอล (sorbitol) มอลโทเด็กทรีน (maltodextrin) เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) เป็นต้น (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2543) อีกทั้งกากที่เหลือจากการทำแป้ง เปลือกของหัว และใบของมันสำปะหลังที่ตากแห้งยังใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ (สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2558)

2. สถานการณ์การระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง ผลกระทบต่อผลผลิต และ

แนวทางการแก้ไข

โรคใบด่างมันสำปะหลัง เกิดจากเชื้อไวรัส ในวงศ์ Geminiridae สกุล *Begomovirus* ปัจจุบันมีรายงานทั้งหมด 10 ชนิด โดยพบในทวีปแอฟริกา 8 ชนิด และในทวีปเอเชีย 2 ชนิด ได้แก่ Indian cassava mosaic virus (ICMV) พบในประเทศอินเดีย) และ Sri Lankan cassava mosaic virus (SLCMV) พบในประเทศศรีลังกา อินเดีย เวียดนาม และกัมพูชา ลักษณะอาการของโรคจะมีอาการใบด่างและใบหงิก เสียรูปทรง อาการด่างมีหลายแบบ เช่น ด่างเขียวสลับสีเขียวเข้ม ด่างเหลืองสลับเขียว ใบหงิกหรือ หักเหลือง ใบย่อยบิดเบี้ยวหงิกงอ โคนเสียรูปทรง ใบอ่อนและใบที่เจริญใหม่มีขนาดเล็กลง ยอดหงิก

ต้นแคระแกร็น โรคไวรัสใบด่างมันสำปะหลังสามารถแพร่ระบาดโดยท่อนพันธุ์ โดยมีแมลงหริ่งขาวยาสูบ เป็นพาหะนำโรค ซึ่งแมลงหริ่งขาวยาสูบมีพืชอาศัยหลายชนิด เช่น กะเพรา โหระพา ผักชีฝรั่ง พืชตระกูล พริก มะเขือ มันฝรั่ง และพืชตระกูลแตง ทำให้มีการแพร่ระบาดไปได้อย่างกว้างขวาง (สำนักวิจัย พัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, 2559) การแพร่ระบาดในปี ค.ศ. 1956 มีการแพร่ระบาดเข้าสู่ ประเทศอินเดียเป็นชนิด ICMV และพบการแพร่ระบาดสู่ประเทศศรีลังกาในปี 1986 ซึ่งเป็นชนิด SLCMV หลังจากนั้นในปี 2015 พบการแพร่ระบาดเข้าสู่ภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นครั้งแรกที่จังหวัดรัตน คีรี ประเทศกัมพูชา เป็นชนิด SLCMV และประเทศสิงคโปร์เป็นชนิด ICMV โดยสันนิษฐานว่าเกิดจากการ นำเข้าท่อนพันธุ์จากประเทศอินเดีย ต่อมา มีการแพร่กระจายไปยังเมืองเทนินท์ ประเทศเวียดนาม ทำให้ ผลผลิตลดลงถึง 84% (โอภาส, 2563)

ประเทศไทยพบการระบาดของโรคไวรัสใบด่างมันสำปะหลังครั้งแรกปี 2018 ที่จังหวัดสระแก้ว ฉะเชิงเทรา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ และนครราชสีมา เป็นชนิด SLCMV และมีการระบาดรุนแรงมาก ในแหล่งปลูกมันสำปะหลังใหญ่ของประเทศไทย คืออำเภอเสิงสาง ครบุรี หนองบุญมาก จังหวัด นครราชสีมา (โอภาส, 2563) แนวทางการป้องกันคือห้ามใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่เก็บจากต้นที่เป็นโรค ใบด่างมันสำปะหลังมาปลูกใหม่ จะทำให้เกิดโรคใบด่างระบาดอย่างรุนแรง หมั่นเดินตรวจแปลงตั้งแต่เริ่ม ปลูกทุกๆ 2 สัปดาห์ และทำลายแมลงพาหะ

3. อิทธิพลของอายุต้นพันธุ์ ตำแหน่งตา และสารเคมีแช่ท่อนพันธุ์ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความสูงต้น กล้าและน้ำหนักต้นกล้านมันสำปะหลัง

การระบาดของโรคเกษตรกรจึงจำเป็นต้องทำลายต้นที่เป็นโรคและเร่งหาต้นพันธุ์ที่ปลอดโรคมาร ปลูกทดแทน ส่งผลให้ต้นพันธุ์ที่ปลอดโรคไม่เพียงพอต่อความต้องการ การเลือกใช้ท่อนพันธุ์ที่สะอาด ปลอดโรค จึงเป็นวิธีการควบคุมโรคใบด่างมันสำปะหลังที่กรมส่งเสริมการเกษตรสนับสนุนและส่งเสริม โดยเฉพาะการให้เกษตรกรขยายพันธุ์มันสำปะหลังแบบเร่งรัด เพื่อให้มีท่อนพันธุ์ปลอดโรคที่เพียงพอและ ลดความเสียหาย Neves *et al.* (2020) ได้ศึกษาเทคนิคการขยายพันธุ์มันสำปะหลังอย่างรวดเร็วโดยใช้ มันสำปะหลัง 3 พันธุ์ (BRS Kiriris, 98150-06 และ 9624-09) ทำการทดลองแบบ Factorial design มี ทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่ ตำแหน่งตาใบ อายุต้นแม่พันธุ์ และสารเคมีที่ใช้ในการแช่ท่อนพันธุ์ โดยทำการ

เก็บข้อมูล การงอก ความสูง และน้ำหนักแห้งต้นกล้ามันสำปะหลัง จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าตำแหน่งตาใบ อายุของต้นแม่และสารเคมีใช้ในการแช่ท่อนพันธุ์ มีผลต่อการงอก ความสูง และน้ำหนักแห้งของต้นกล้ามันสำปะหลังทุกพันธุ์ (ตารางที่1) ทั้งนี้ยังพบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างอายุต้นแม่และตำแหน่งตาใบ ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างต้นแม่และสารเคมีในการแช่ท่อนพันธุ์ของเกือบทุกลักษณะ และทุกพันธุ์ที่ทำการศึกษา อย่างไรก็ตามพบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งตาใบและสารเคมีในการใช้แช่ท่อนพันธุ์ พบความแตกต่างทางสถิติเพียงบางลักษณะเท่านั้น

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ การงอก ความสูง และน้ำหนักแห้งทั้งหมดของต้นกล้ามันสำปะหลัง 3 พันธุ์ที่อายุของต้นแม่ต่างกัน การงอกจะมีเปอร์เซ็นต์ที่สูงที่สุด เมื่อต้นแม่อายุ 4-6 เดือน ในมันสำปะหลังทุกพันธุ์ ขณะที่ความสูง และน้ำหนักแห้งจะมีค่าสูงที่สุดเมื่อใช้ต้นแม่ อายุ 6 เดือน จากการศึกษาพบว่าการใช้ต้นแม่พันธุ์ที่อายุ 12 เดือน จะทำให้มีเปอร์เซ็นต์การงอก ความสูงและน้ำหนักแห้งจะมีค่าต่ำที่สุด (ตารางที่2) เมื่อเปรียบเทียบตำแหน่งตราใบที่ ส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่างของลำต้น มันสำปะหลังพบว่าเปอร์เซ็นต์การงอก ความสูงและน้ำหนักแห้งของส่วนบนมันสำปะหลัง มีค่ามากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือส่วนกลางของต้นมันสำปะหลัง ขณะที่ส่วนล่างมีค่าน้อยที่สุด (ตารางที่ 3) เมื่อทำการเปรียบเทียบการเตรียมท่อนพันธุ์แบบแช่สารและแบบไม่แช่สารฆ่าแมลงและเชื้อรา (Thiamethoxam และ Mefenoxam) พบว่าเปอร์เซ็นต์การงอก ความสูง และน้ำหนักแห้งของแบบแช่สารมีมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการไม่ใช้สารเคมี (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 1 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะเปอร์เซ็นต์การงอก ความสูงต้น และน้ำหนักแห้งมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ที่ได้จากตำแหน่งตาบนลำต้น อายุต้นแม่พันธุ์ และการใช้สารเคมีแช่ชิ้นส่วนตาที่แตกต่างกัน

Sources of variation	DF ¹	Mean squares								
		Sprouting percentage			Plantlet height			Total dry mass of plantlets		
		BRS Kiriris	98150-06	9624-09	BRS Kiriris	98150-06	9624-09	BRS Kiriris	98150-06	9624-09
		%			cm			g per plant		
Block	3	64.03	38.56	44.23	0.13	0.35	1.18	0.003	0.005	0.001
Age of mother plant (Age.Mo.Plant)	4	10198.79**	13153.53**	13932.66**	98.70**	255.36**	487.96**	1.33**	2.16**	1.57**
Leaf bud position (Po.Leaf.Bud)	2	1597.76**	1163.09**	957.79**	214.02**	65.45**	86.48**	2.77**	0.60**	0.67**
Agrochemical treatment (Agro.Tre)	1	2623.32**	2231.02**	65.91	71.95**	58.33**	48.16**	0.68**	0.54**	0.52**
Age.Mo.Plant × Po.Leaf.Bud	8	66.68	475.20**	217.34**	19.15**	121.85**	647.81**	0.36**	1.57**	1.42**
Age.Mo.Plant × Agro.Tre	4	99.94	116.35	629.15**	7.94**	3.83**	23.56**	0.06**	0.05**	0.07**
Po.Leaf.Bud × Agro.Tre	2	63.50	46.63	99.76	2.30**	0.07	4.21**	0.11**	0.00	0.00
Residual	87	28.56	80.03	34.12	0.21	0.41	0.10	0.001	0.002	0.001
Coefficient of variation – CV (%)		8.35	14.37	9.32	5.96	7.38	4.54	6.73	8.11	6.48

¹DF = degrees of freedom; **, *** significant at 1 % and 0.1 % probability by the F-test, respectively.

ที่มา: Neves *et al.* (2020)

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์การแตกตา ความสูง และน้ำหนักแห้งทั้งหมดของต้นกล้ามันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ที่อายุของต้นแม่ต่างกัน

Age of the mother plant	Sprouting percentage			Plantlet height			Total dry mass of plantlets		
	BRS Kiriris	98150-06	9624-09	BRS Kiriris	98150-06	9624-09	BRS Kiriris	98150-06	9624-09
	%			cm			g per plant		
4	82.63 a	80.32 a	78.47 b	8.37 b	9.66 b	8.86 b	0.67 c	0.76 b	0.77 b
6	82.40 a	84.52 a	90.04 a	9.29 a	13.01 a	9.79 a	0.83 a	1.05 a	0.84 a
8	65.51 b	70.37 b	67.36 c	9.44 a	9.61 b	7.31 c	0.72 b	0.70 c	0.45 c
10	56.48 c	46.29 c	47.68 d	6.68 c	6.75 c	6.08 d	0.43 d	0.49 d	0.38 d
12	33.10 d	29.86 d	29.86 e	4.64 d	4.41 d	4.01 e	0.25 e	0.25 e	0.24 e

Means followed by the same letter in the column for each trait and variety do not differ by the Tukey test ($p < 0.05$).

ที่มา: Neves *et al.* (2020)

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์การงอก ความสูง และน้ำหนักแห้งทั้งหมดของต้นกล้ามันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ที่ตำแหน่งตาบนต้นแม่ที่ต่างกัน

Po.Leaf.Bud	Sprouting percentage			Plantlet height			Total dry mass of plantlets		
	BRS Kiriris	98150-06	9624-09	BRS Kiriris	98150-06	9624-09	BRS Kiriris	98150-06	9624-09
	%			cm			g per plant		
U	70.27 a	68.05 a	67.22 a	10.23 a	10.14 a	8.39 a	0.87 a	0.79 a	0.67 a
M	64.16 b	61.38 b	63.33 b	7.13 b	8.19 b	6.83 b	0.52 b	0.59 b	0.53 b
L	57.63 c	57.38 b	57.50 c	5.70 c	7.73 c	6.41 c	0.35 c	0.57 b	0.41 c

Po.Leaf.Bud = positions on the stems of the mother plants (upper = U; middle = M and lower position = L). Means followed by the same letter in the column for each trait and variety do not differ by the Tukey test ($p < 0.05$).

ที่มา: Neves *et al.* (2020)

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์การแตกตา ความสูง และน้ำหนักแห้งทั้งหมดของต้นกล้ามันสำปะหลัง 3 พันธุ์ที่มีการใช้ และไม่มีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเพลี้ยแป้งในการเตรียมชิ้นส่วนตา

Agrochemicals	Sprouting percentage			Plantlet height			Total dry mass of plantlets		
	BRS Kiriris	98150-06	9624-09	BRS Kiriris	98150-06	9624-09	BRS Kiriris	98150-06	9624-09
	%			cm			g per plant		
Untreated	59.35 b	57.96 b	63.42 a	6.91 b	7.99 b	6.57 b	0.50 b	0.58 b	0.47 b
Treated	68.70 a	66.58 a	61.94 a	8.46 a	9.39 a	7.85 a	0.65 a	0.72 a	0.60 a

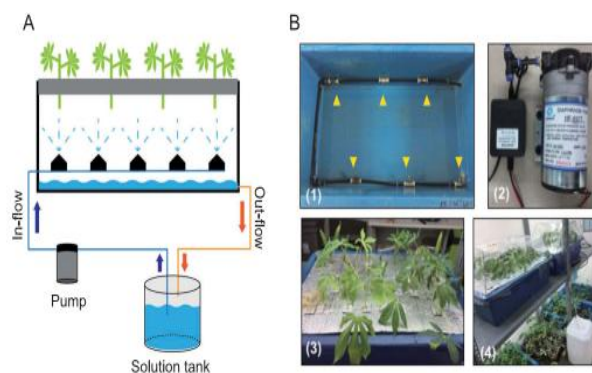
Means followed by the same letter in the column for each trait and variety do not differ by the Tukey test ($p < 0.05$).

ที่มา: Neves *et al.* (2020)

4. การขยายพันธุ์มันสำปะหลังในระบบแอโรโพนิกส์

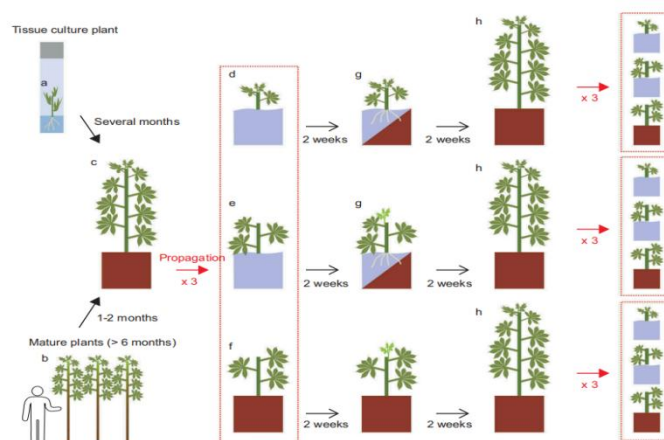
ระบบแอโรโพนิกส์ (Aeroponic) เป็นการปลูกพืชระบบรากแขวนอยู่ในอากาศ หลักการของระบบนี้ คือ เป็นการปลูกพืชโดยที่ส่วนของรากนั้นลอยอยู่ในอากาศ แล้วจ่ายสารละลายธาตุอาหาร (nutrient solution) ให้แก่พืชโดยวิธีฉีดพ่นสารละลายเป็นฝอย (mist) หรือหมอก (aerosol) ไปที่รากพืชโดยตรงอย่างต่อเนื่อง หรือฉีดพ่นเป็นระยะๆ และสารละลายที่เหลือก็จะไหลไปรวมกันที่ถังพัก เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ในปัจจุบันนักวิจัยได้พยายามศึกษาค้นคว้าการใช้ระบบนี้ให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุด Tokunaga *et al.* (2019) ได้ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการขยายพันธุ์มันสำปะหลังอย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้ระบบแอโรโพนิกส์ เพื่อผลิตต้นพันธุ์มันสำปะหลังให้เพียงพอต่อความต้องการ และประหยัดค่าใช้จ่าย และนักวิจัยได้ติดตั้งอุปกรณ์เพื่อปลูกมันสำปะหลังระบบแอโรโพนิกส์ ซึ่งประกอบไปด้วย (1) หัวฉีดพ่นหมอกในถาดพลาสติก มีจำนวน 6 หัว (2) บิมน้ำที่ใช้ที่ใช้น้ำผสมกับปุ๋ยขึ้นมาให้แก่รากของต้นมันสำปะหลัง และ (3) ต้นกล้ามันสำปะหลัง (explants) ที่ย้ายปลูกในแผงโพลีที่ติดตั้งไว้เหนือถาด ทั้งนี้ต้นกล้ามันสำปะหลังที่เจริญเติบโตภายใต้ระบบแอโรโพนิกส์ จะมีถึงที่มีสารละลายธาตุอาหารไฮโดรโปนิกส์วางอยู่บนชั้นวางที่ต่ำกว่าชั้นวางที่รองรับถาดพลาสติกที่ปลูกมันสำปะหลัง และพ่นเข้าสู่รากมันสำปะหลังที่ปลูกในอากาศโดยตรง ดังแสดงในรูปที่ 1

Tokunaga *et al.* (2019) ได้เสนอไดอะแกรมการขยายพันธุ์มันสำปะหลังแบบเร่งรัดให้ได้ต้นท่อนที่แข็งแรง โดยที่ส่วนบนและส่วนกลางแนะนำให้ใช้การปลูกแบบแอโรโพนิกส์ ขณะที่ส่วนล่างแนะนำให้ปลูกในดินใช้ระยะเวลาในการปลูก 2 อาทิตย์ จนมีการพัฒนารากและใหม่ (g) ให้ย้ายลงดินในกระถางเป็นระยะเวลาอีก 2-4 อาทิตย์ และหลังจากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอนเริ่มต้นอีกครั้ง (รูปที่ 2)



ที่มา: Tokunaga *et al.* (2019)

รูปที่ 1 ภาพแสดงส่วนประกอบของระบบแอร์โพนิกส์สำหรับใช้ขยายพันธุ์มันสำปะหลัง (A) การออกแบบระบบแอร์โพนิกส์ทำให้การไหลของสารละลายธาตุอาหารลดลง (B)



ที่มา: Tokunaga *et al.* (2019)

รูปที่ 2 ไตอะแกรมการขยายพันธุ์มันสำปะหลังแบบเร่งรัดด้วย

(a) คือท่อนพันธุ์ที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (b) คือต้นที่ปลูกในดิน (c) คือต้นที่พร้อมตัดเป็นท่อน (d) คือส่วนบน (e) คือส่วนกลาง และ (f) คือส่วนล่าง

4.1 อิทธิพลของต้นแม่ที่ต่างกัน ต่อขนาดลำต้น และการมีชีวิตรอดของต้นกล้ามัน

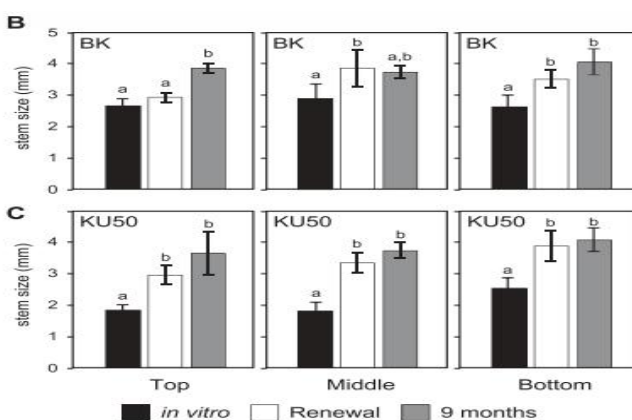
สำปะหลังในระบบแอร์โรโปนิคส์

จากศักยภาพที่ขยายพันธุ์มันสำปะหลังด้วยแอร์โรโปนิคส์ นักวิจัยจึงได้ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ต่อลักษณะทางการเกษตรต่างๆ ของมันสำปะหลังเพื่อสร้างองค์ความรู้ที่เพิ่มมากขึ้น Tokunaga *et al.* (2019) ได้ศึกษาอิทธิพลของต้นแม่ที่ต่างกัน ต่อขนาดลำต้น และการมีชีวิตรอดของต้นกล้ามันสำปะหลังในระบบแอร์โรโปนิคส์ เปรียบเทียบการปลูกในดิน พบว่าการปลูกในระบบแอร์โรโปนิคส์มีอัตราการรอดมากกว่าการปลูกในดินทั้งส่วนบนและส่วนกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยส่วนบนที่ปลูกในระบบแอร์โรโปนิคส์มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 89% และส่วนบนที่ปลูกในดินมีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 46 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ส่วนกลางที่ปลูกในระบบแอร์โรโปนิคส์มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 92% และส่วนกลางที่ปลูกในดินมีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 57% (ตารางที่ 5) จากการศึกษาแล้วยังพบว่าขนาดลำต้นของมันสำปะหลังพันธุ์ KU50 และ BK ทั้งส่วนโคน กลาง และปลายของลำต้นมีค่าสูงที่สุดเมื่อปลูกด้วยท่อนพันธุ์ที่อายุ 9 เดือน (สีเทา) รองลงมาคือ ต้นที่งอกใหม่ (renewed; แดงสีขาว) และการใช้ต้นอ่อนเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (in vitro; แดงสีดำ) มีค่าต่ำที่สุด (รูปที่ 3)

ตารางที่ 5 อัตราการอยู่รอดของต้นกล้ามันสำปะหลัง หลังจากย้ายปลูกในดินและระบบ มีอายุที่ 6 สัปดาห์

	Survivability (%) on different treatment		
	Soil	Aeroponic	p value
Upper	46	89	0.0013
Middle	57	92	0.0051

ที่มา: Tokunaga *et al.* (2019)



ที่มา: Tokunaga *et al.* (2019)

รูปที่ 3 ขนาดลำต้นของม้นสำปะหลังพันธุ์ KU50 และ BK ที่เจริญจากส่วนโคน กลาง และปลายของลำต้นที่ได้จากต้นอ่อนเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (in vitro แล็บสีดำ) ต้นที่งอกใหม่ (renewed แล็บสีขาว) และยอดที่เกิดจากการตัดอายุ 9 เดือน (9-months แล็บสีเทา)

4.2 อิทธิพลของจำนวนตาบนข้อต่อเปอเซ็นต์ความงอกในระบบแอโรโพนิคส์

Tokunaga *et al.* (2019) ได้ศึกษาอิทธิพลของจำนวนตาบนข้อที่แตกต่างกันต่อความมีชีวิตรอดของต้นกล้ามันสำปะหลังในระบบแอโรโพนิคส์ เปรียบเทียบแบบ 1, 2 และ 3 ตา วัดอัตราการงอกนี้ จะวัดที่อายุ 10 วันหลังย้ายลงดิน พบว่าการปลูกในดินการใช้มันสำปะหลังที่มี 3 ข้อตาในระบบแอโรโพนิคส์ จะมีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ในมันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ที่ทดสอบ ขณะที่การใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่จำนวน 2 และ 1 ข้อตาจะทำให้เปิดอัตราการรอดชีวิตลดลง ซึ่งการใช้ 1 ข้อตาจะทำให้ KU50 มีการงอก 75 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ BK มีการงอก 50 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์ 60444 มีการงอก 67 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ผลของจำนวนข้อต่ออัตราการรอดชีวิต (%) ในระบบแอร์โรพอนิกส์

Treatment	อัตราการรอดชีวิต (%)		
	KU50	BK	60444
One node	75	50	67
Two nodes	83	75	83
Three nodes	100	100	100

ที่มา: Tokunaga *et al.* (2019)

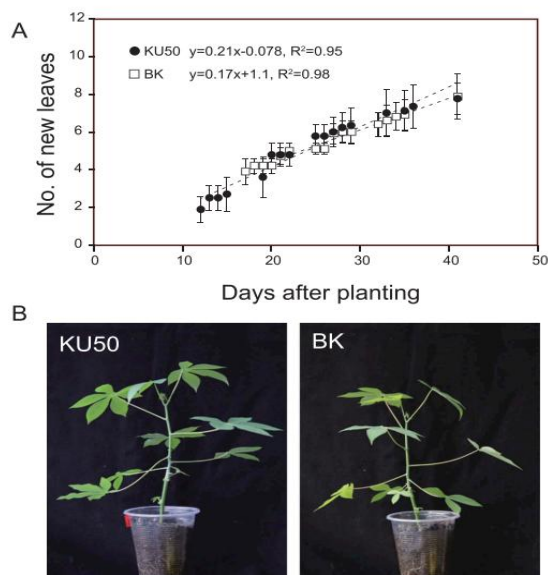
4.3 อิทธิพลของพันธุ์ต่อการเจริญเติบโต และพัฒนาการของกล้ามันสำปะหลังในระบบแอร์โรพอนิกส์

การใช้ระบบแอร์โรพอนิกส์ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างกัน ใน 3 พันธุ์ ทั้งนี้พบว่าระบบแอร์โรพอนิกส์ จะทำให้การพัฒนาของต้นสูงกว่าการปลูกในดิน และพบว่าพันธุ์ที่ต่างกันมีการตอบสนองต่อการปลูกในระบบแอร์โรพอนิกส์ที่ต่างกันในลักษณะของพัฒนาการของราก ความสูง ขนาดลำต้น จำนวนใบ จำนวนราก และความยาวราก จากแนวโน้มพบว่าพันธุ์ BK เป็นพันธุ์ที่มีความเหมาะสมในการปลูกแบบระบบแอร์โรพอนิกส์มากกว่าสายพันธุ์ 60444 และพันธุ์ KU50 (ตารางที่ 7) จากการศึกษายังพบว่าอัตราการเกิดใบใหม่จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออายุมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นโดยค่าเฉลี่ยของมันสำปะหลังจะมี 8 ใบเมื่อย้ายปลูกในระบบแอร์โรพอนิกส์จำนวน 40 วันปลูกโดยใช้ข้อตาจากต้นมันสำปะหลังที่มี 3 ข้อตา (รูปที่ 4) นอกจากนี้ Tokunaga *et al.* (2019) ยังพบว่าการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ในระบบแอร์โรพอนิกส์จะมีความสูงต้น และความยาวรากที่มากกว่าการปลูกในดิน อย่างไรก็ตามในพันธุ์ BK การปลูกแบบแอร์โรพอนิกส์ และการปลูกในดินมีความสูงต้นที่ไม่ต่างกันมากนัก (รูปที่ 5)

ตารางที่ 7 การเจริญเติบโตและการพัฒนาของม้นสำปะหลังพันธุ์ต่างกัน 3 พันธุ์ที่ปลูกในระบบแอโรโพ
นิกส์

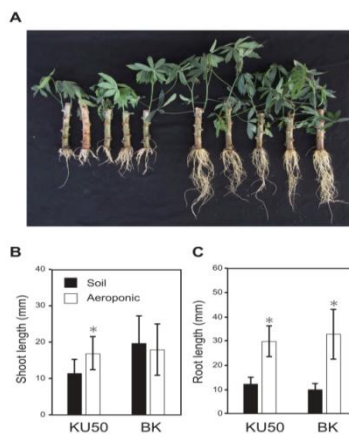
	Method	พันธุ์		
		KU50	BK	60444
Shoot-development rate (%)	soil	60	90	30
	Aero	85	100	100
Root-inititation rate (%)	Aero	85	100	100
Plan height at 41 DAP (cm)	Aero	18.4 ± 2.4	19.5 ± 6.8	-
Stem diameter at 41 DAP (mm)	Aero	3.0 ± 0.2	3.4 ± 0.5	-
Leaf number at 41 DAP	Aero	7.8 ± 0.9	7.9 ± 1.2	-
Root number at 10 DAP	Aero	3	3	7
Root length (cm) at 10 DAP	Aero	4.6	4.1	5.0

ที่มา: Tokunaga *et al.* (2019)



ที่มา: Tokunaga *et al.* (2019)

รูปที่ 4 อัตราการเกิดใบใหม่ในมันสำปะหลังพันธุ์ KU50 และ BK (A) และสัณฐานวิทยาของมันสำปะหลังพันธุ์ KU50 และ BK ที่ปลูกในระบบแอโรโพนิกส์ เป็นระยะเวลา 10 วัน และ ปลูกลงดินเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์จากต้นมันสำปะหลังที่มี 3 ข้อตา (B)



ที่มา: Tokunaga *et al.* (2019)

รูปที่ 5 ความสูงต้น และความยาวรากของมันสำปะหลังพันธุ์ KU50 และ BK ที่ปลูกในระบบแอโรโพนิกส์ และปลูกลงดินเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์จากต้นมันสำปะหลังที่มี 3 ข้อตา (B)

5. ผลของการแช่ท่อนพันธุ์ด้วยธาตุอาหารต่างชนิดต่ออัตราการงอกของต้นกล้า และการเจริญเติบโตของต้นกล้าน้ำมันสำปะหลัง

การแช่ท่อนพันธุ์ด้วยธาตุอาหารพืช เป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมอัตราการงอกของต้นกล้า และการเจริญเติบโตของต้นกล้าน้ำมันสำปะหลัง เจนจิรา และ คณะ (2560) ได้ศึกษาการเพิ่มความแข็งแรงของต้นกล้าน้ำมันสำปะหลัง โดยวิธีการแช่ท่อนพันธุ์ในการละลาย แคลเซียม โบรอน และสังกะสี ที่มีความเข้มข้นต่างกันและทำการทดสอบความงอกของน้ำมันสำปะหลังที่อายุ 14 วัน พบว่าการแช่แคลเซียมที่ 10 mM จะมีอัตราการงอกสูงที่เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การแช่โบรอนที่อัตรา 0-30 มีอัตราการงอกที่ไม่ต่างกันมาก (ตารางที่ 8) ความยาวราก และความสูงที่อายุ 14 วัน พบว่าอัตราของแคลเซียมที่เหมาะสมที่ทำให้ความสูงสูงสุด คือที่ 10 mM ทำให้ทั้งความสูงและความยาวรากสูงสุด ขณะที่การใช้โบรอนที่ความเข้มข้น 50 mM จะทำให้ความยาวรากสูงสุด แต่ที่ 25 mM จะทำให้ต้นสูงที่สุด แต่ทุกความเข้มข้นให้ผลที่ไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อพิจารณาถึงสังกะสีพบว่าความเข้มข้น 7.5 mM จะทำให้ความยาวรากสูงสุด แต่ที่ความเข้มข้น 5 mM จะทำให้ต้นสูงที่สุด (รูปที่ 6) เมื่อทำการเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งรวมของต้นกล้าน้ำมันสำปะหลัง พบการแช่แคลเซียมที่ 10 mM จะทำให้น้ำหนักแห้งต้นกล้าน้ำมันสำปะหลังสูงสุด ขณะที่โบรอนที่อัตรา 100 mM จะมีน้ำหนักแห้งสูงสุด และ สังกะสีการแช่ที่ความเข้มข้น 5 mM จะทำให้ต้นกล้าน้ำมันสำปะหลังมีน้ำหนักแห้งรวมสูงสุด (รูปที่ 7)

ตารางที่ 8 - อัตราการงอก (%) ของน้ำมันสำปะหลังหลังจากแช่ในสารละลายแคลเซียม (Ca) โบรอน (B) และสังกะสี (Zn) ที่ความเข้มข้นต่างๆเป็นเวลา 1 ชั่วโมงปลูกท่อนพันธุ์น้ำมันสำปะหลังให้งอกเป็นเวลา 14 วัน

Ca concentration (mM)							Mean	F-test
0	5	10	15	20	25	30		
97	93	100	90	87	95	92	93	NS
B concentration μ M							Mean	F-test
0	5	10	15	20	25	30		
93	92	100	87	100	100	92	95	NS
Zn concentration (mM)							Mean	F-test
0	5	10	15	20	25	30		
97	93	100	90	87	95	92	93	NS

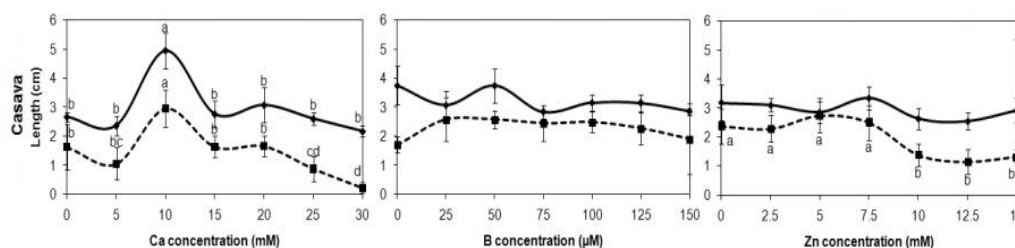
ที่มา: เจนจิรา และ คณะ (2560)

NS คือค่าเฉลี่ยภายในแถวเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

* คือค่าเฉลี่ยภายในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

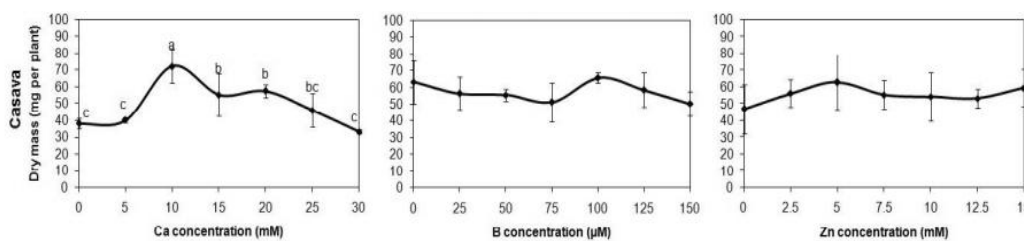
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น

95% ด้วยวิธี Least Significant Difference



ที่มา: เจนจิรา และ คณะ (2560)

รูปที่ 6 ความยาวราก (เส้นประ) และความสูง (เส้นทึบ) ของต้นมันสำปะหลังที่งอกจากท่อนพันธุ์ซึ่งแช่สารละลายแคลเซียม (Ca) โบรอน (B) และสังกะสี (Zn) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ภายหลัง อายุ 14 วัน (ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี Least Significant Difference)



ที่มา: เจนจิรา และ คณะ (2560)

รูปที่ 7 น้ำหนักแห้งต้นและรากของต้นกล้วยน้ำว้าหลังที่งอกจากท่อนพันธุ์ซึ่งแช่ในสารละลายแคลเซียม (Ca) โบรอน (B) และสังกะสี (Zn) ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ภายหลังจากอายุ 14 วัน (ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี Least Significant Difference)

สรุป

จากการศึกษาเทคนิคการขยายพันธุ์แบบรวดเร็ว และการเพิ่มความแข็งแรงต้นกล้าของกล้วยน้ำว้า พบว่าเปอร์เซ็นต์ความงอกจะมีค่าสูงที่สุดเมื่อต้นแม่อายุ 4-6 เดือน ขณะความสูง และน้ำหนักแห้งจะมีค่าสูงที่สุดเมื่อใช้ต้นพันธุ์จากต้นแม่ที่อายุ 6 เดือน ทั้งนี้พบว่าตำแหน่งตาใบส่วนบนจะมีเปอร์เซ็นต์การงอก ความสูง และน้ำหนักแห้งดีที่สุดสูงกว่าส่วนกลางและส่วนล่าง และการแช่ท่อนพันธุ์ด้วยสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงและเชื้อรา (Thiamethoxam และ Mefenoxam) มีประสิทธิภาพมากกว่าแบบไม่แช่ การปลูกกล้วยน้ำว้าในระบบแอร์โพนิกส์มีอัตราการรอดของต้นกล้วยน้ำว้ามากกว่าการปลูกในดินทั้งส่วนบน และส่วนกลาง ทั้งนี้ยังพบว่าพันธุ์มีการตอบสนองต่อการปลูกแบบระบบแอร์โพนิกส์ในที่แตกต่างกัน ในลักษณะพัฒนาการของราก ความสูง ขนาดลำต้น จำนวนใบ จำนวนราก และความยาวจากการศึกษาการเพิ่มความแข็งแรงต้นกล้าของกล้วยน้ำว้าหลังโดยการแช่ท่อนพันธุ์ด้วยธาตุอาหารที่มีชนิด และอัตราที่ต่างกัน พบว่าความยาวรากและความสูงของต้นกล้วยน้ำว้าหลังจะดีที่สุดเมื่อแช่ด้วยแคลเซียมความเข้มข้น 10 mM สังกะสีอัตราที่เหมาะสมเท่ากับ 7.5 mM ขณะที่การแช่ด้วยโบรอนความเข้มข้นต่างกัน ให้ผลไม่แตกต่างจากมีแช่ท่อนพันธุ์มากนัก แต่มีแนวโน้มว่าการแช่โบรอนที่ 50 mM จะให้ ความสูง และความยาวรากสูงที่สุด

เอกสารอ้างอิง

เจนจิรา หม่องอ้น, สุคนธมาส เปรมปฐุมวิทย์, สยมพร นากลาง, วาสนา เสนาพล, อารมย์ จันทะสอน.

2560. การเพิ่มความแข็งแรงของต้นกล้าข้าว ข้าวโพด และมันสำปะหลังโดยวิธีการแช่เมล็ดและ
ท่อนพันธุ์ในสารละลายแคลเซียม โบรอน และสังกะสี. วอนซานมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
(สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี).

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2558. การใช้ประโยชน์ผลิตภัณฑ์จากมัน

สำปะหลัง. แหล่งที่มา: <https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=17866>. สืบค้นเมื่อวันที่ 14
กรกฎาคม 2565.

สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรม. 2564. ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง.

แหล่งที่มา: <https://ditp.go.th>. สืบค้นเมื่อวันที่ 14 กรกฎาคม 2565.

สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. 2559. โรคใบด่างมันสำปะหลัง (Cassava

Mosaic Disease). แหล่งที่มา: <https://www.kubotasolutions.com/>. สืบค้นเมื่อวันที่ 30
มิถุนายน 2565.

Hiroki Tokunaga, Nguyen Hai Anh, Nguyen Van Dong, Le Huy Ham, Nguyen Thi Hanh,

Nguyen Hung, Manabu Ishitani, Le Ngoc Tuan, Yoshinori Utsumi, Nguyen Anh Vu
& Motoaki Seki (2019): An efficient method of propagating cassava plants using
aeroponic culture, Journal of Crop Improvement, DOI:

10.1080/15427528.2019.1673271

Reizaluamar de Jesus Neves, Leonardo Silva Souza, Eder Jorge de Oliveira. 2020. A leaf
bud technique for rapid propagation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz).

Scientia Agricola. DOI: doi.org/10.1590/1678-992X-2018-0005.

