

โรคไวรัสใบเหี่ยวเหลืองในพริก และแนวทางในการจัดการโรค *Begomovirus* in Chili Pepper and Disease Management

พัชรภรณ์ สุวอ¹
Patcharaporn Suwor¹

คำนำ

ปัจจุบันพริกถูกนำมาใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น อาหาร อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง สารป้องกันกำจัดแมลง และอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ (สุชีลา, 2558) จึงส่งผลให้ผลผลิตพริกมีความต้องการเพิ่มมากขึ้น ประเทศไทยจัดแบ่งพริกออกเป็น 5 ชนิด คือ พริกขี้หนูเม็ดใหญ่ พริกขี้หนูสวน พริกขี้ฟ้า พริกหวาน และพริกหยวก ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในพริกชนิด *Capsicum annuum*, *C. frutescence* และ *C. chinense* (Bosland and Votava, 2012) โดยแหล่งผลิตที่สำคัญอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ อย่างไรก็ตามการผลิตพริกมีปริมาณและคุณภาพผลผลิตลดลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ความไม่สม่ำเสมอของสายพันธุ์ และการเข้าทำลายของโรคและแมลงโดยเฉพาะโรคไวรัสในพริก *Begomovirus* ทำให้ความเสียหายให้พริกได้ตั้งแต่ในระยะต้นกล้าจนถึงเก็บเกี่ยวมากกว่า 97 % (Trisno *et al.*, 2009) และที่สำคัญโรคชนิดนี้ไม่สามารถรักษาให้หายได้ต้องถอนทิ้งเท่านั้น โรคไวรัสดังกล่าวมีแมลงห้ำขาว (*Bemisia tabaci*) เป็นแมลงพาหะ (Prakash and Singh, 2006) เมื่อพืชได้รับเชื้อ *Begomovirus* จะแสดงลักษณะอาการใบเหี่ยว หรือใบเหลืองร่วมกับใบด่าง ใบม้วนหัก และลำต้นแคระแกร็น จึงส่งผลกระทบต่อคุณภาพและผลผลิต (Brown *et al.*, 1989) นอกจากนี้แล้วโรคที่เกิดจากเชื้อ *Begomovirus* ยังสามารถเข้าทำลายและอาศัยอยู่กับพืชอื่นๆ ได้อีก เช่น พืชผัก ธัญพืช พืชเส้นใย และวัชพืช การแพร่ระบาดและความรุนแรงของโรคแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดและสายพันธุ์ของพืชอาศัย ชนิดของแมลงห้ำขาวที่เป็นแมลงพาหะ ความแตกต่างของเชื้อไวรัสในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่าง ชนิดของแมลงห้ำขาวและชนิดของเชื้อ *Begomovirus* (Kenyon *et al.*, 2014) ในประเทศเขตร้อนชื้น เช่น ประเทศอินเดีย ปากีสถาน เวียดนาม ไต้หวัน และไทยเป็นพื้นที่ผลิตพริกรายใหญ่ของโลก (FAO, 2012) พบว่ามีการแพร่ระบาดของแมลงห้ำขาวค่อนข้างมากเนื่องจากมีสภาพอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแมลงห้ำขาวจึงทำให้การแพร่กระจายของเชื้อเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งยากแก่การป้องกันกำจัด เกษตรกรส่วนใหญ่ยังขาดความรู้และความเข้าใจในการจัดการโรคที่ถูกต้อง ส่วนมากจะฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงห้ำขาวจึงส่งผลให้แมลงอาจเกิดการดื้อยา เกิดสารพิษตกค้างในพืช และส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อม นอกจากนี้การใช้สารเคมีบางครั้งก็ยังไม่สามารถควบคุมโรคได้ 100% จึงส่งผลให้โรคดังกล่าวทวีความรุนแรงมากขึ้น ดังนั้นความรู้ความเข้าใจในเรื่องของเชื้อสาเหตุ แมลงพาหะ และแนวทางในการจัดการโรคจะช่วยให้สามารถป้องกันและลดการแพร่ระบาดของโรคดังกล่าวได้ดียิ่งขึ้น

1. เชื้อ : *Begomovirus*

ไวรัสในพริก *Begomovirus* ชนิด Bean golden mosaic virus จัดอยู่ในไวรัสวงศ์ Geminiviridae มีลักษณะจีโนมเป็นแบบ DNA สายเดี่ยวขดกันเป็นวง single stranded DNA (ssDNA) อนุภาคของ *Begomovirus* มีลักษณะเป็นรูปทรงกลมคู่ (geminated icosahedral) เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 18-30 นาโนเมตร จีโนมของไวรัสประกอบด้วย DNA 2 โมเลกุล คือ DNA-A และ DNA-B ซึ่งไวรัสบางชนิดมีจีโนมแบบ mono-partite (DNA A) คือ มีดีเอ็นเอเพียงโมเลกุลเดียวก็สามารถก่อโรคได้ บางชนิดมีจีโนมแบบ 2 bipartite (DNA A และ DNA B) คือจะต้องใช้ดีเอ็นเอ 2 โมเลกุลถึงจะสามารถก่อโรคได้ไวรัสในพริก *Begomovirus* มีหลายชนิด (species) ขึ้นอยู่กับความสามารถ

¹ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

ในการเข้าทำลายพืชอาศัยที่แตกต่างกัน เช่น พักทอง ยาสูบ แตง น้ำเต้า มะเขือเทศ และพริก โดยพบว่าชนิดที่เข้าทำลายพริกกำหนดชื่อชนิด คือ Pepper yellow leaf curl virus (PeYLCV) โดยเชื้อจะสามารถอาศัยและเพิ่มจำนวนอยู่ในเซลล์พืชโดยอาศัยอยู่ในท่อลำเลียงอาหาร และไวรัสดังกล่าวนี้ไม่สามารถถ่ายทอดโรคได้ด้วยวิธีกล ต้องอาศัยแมลงหีขาวเป็นพาหะนำโรคเท่านั้น เมื่อพืชที่ได้รับเชื้อจะแสดงอาการหงิกเหี่ยวทั้งในใบ และผล ลำต้นแคระแกร็น การเจริญเติบโตหยุดชะงักหรือไม่สามารถพัฒนาต่อไปได้จึงส่งผลกระทบต่อผลผลิต (Figure 1) โดยพืชจะแสดงอาการหลังติดเชื้อ 9-10 วัน (Muniyappa and Veeresh, 1984) ความรุนแรงของอาการของโรคจะขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโตของพืชที่โรคเข้าทำลาย ชนิดของเชื้อ ชนิดของพืช และความรุนแรงของเชื้อ ซึ่งการแพร่ระบาดความเสียหายของเชื้อ *Begomovirus* ในพริกส่วนใหญ่ที่พบในประเทศสหรัฐอเมริกา มีจีโนมแบบ mono-partite พบครั้งแรกในพริกชนิด Tabasco ส่วนในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้พบการระบาดอย่างรุนแรงของไวรัสอนุภาคแบบ bipartite โดยเฉพาะแหล่งผลิตพริกที่สำคัญ เช่น อินเดีย ศรีลังกา และประเทศไทย (Ha *et al.*, 2008) *Begomovirus* สามารถอาศัยอยู่ในวัชพืชตามธรรมชาติได้หลายชนิด ดังนั้นจึงทำให้เชือนั้นสามารถอยู่ข้ามฤดูกาล และกลับมาทำความเสียหายให้แก่พืชปลูกได้อีกครั้ง



Figure 1 Severity of pepper yellow leaf curl virus in chili at Khon Kaen province, Thailand.

2. แมลงพาหะนำเชื้อ : แมลงหีขาว

แมลงหีขาว (whitefly) *Bemisia tabaci* Genn. (Homoptera: Aleyrodidae) มีมากกว่า 35 biotypes หรือ cryptic species ที่แตกต่างกัน เป็นแมลงที่มีวงจรชีวิตสั้นอายุประมาณ 28 วัน แต่พบว่ามีเพียง 2 biotypes ที่สามารถนำโรค ไวรัสกลุ่มสกุล *Begomovirus* ได้ คือ B และ Q biotype (Figure 2) จากการศึกษาและสำรวจของ Horowitz and Ishaaya (2014) พบว่า แมลงหีขาวชนิด B biotype มีความหลากหลายทางพันธุกรรมมากกว่า Q biotype อย่างไรก็ตาม Q biotype นั้นพบว่าเป็นพาหะนำเชื้อที่มีความรุนแรงมากกว่า B biotype การถ่ายทอดเชื้อ *Begomovirus* ของแมลงหีขาวแต่ละชนิดนั้นอาศัยความจำเพาะของโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคของไวรัส และโปรตีนตัวรับผนังกระเพาะอาหารแมลง ดังนั้นจึงทำให้ประสิทธิภาพการถ่ายทอดโรคของแมลงหีขาวแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันด้วย โดยแมลงหีขาวจะชอบอาศัยอยู่ในพืชตระกูลถั่ว มะเขือเทศ มันฝรั่ง มะเขือ พริก พริกไทย เมล่อน แตงโม squash กระเจี๊ยบ มันสำปะหลัง และวัชพืช เช่น สาบแร้งสาบกา กะเม็ง โทงเทง กระถกรก (Kenyon *et al.*, 2014) นอกจากแมลงหีขาวเป็นแมลงพาหะนำเชื้อ *Begomovirus* แล้วยังทำความเสียหายให้แก่ต้นพืชโดยตรง เช่น ทำให้พืชสูญเสียธาตุอาหาร ทำให้พืชมีความผิดปกติทางด้านสรีรวิทยา เนื่องจากแมลงหีขาวเป็นแมลงปากดูด ชอบอาศัยอยู่รวมกันใต้ใบพืช ตัวอ่อนวัยมักหลบแดดกินน้ำเลี้ยงอยู่บริเวณใต้ใบพืช และตัวเต็มวัยมักจะเคลื่อนไหวเมื่อถูกรบกวนจึงทำให้การระบาดเป็นไปอย่างรวดเร็ว ในการแพร่กระจายของแมลงหีขาวไปยังถิ่นไกลออกไปนั้นส่วนใหญ่มักจะเกิดจากการติดไปกับนักท่องเที่ยวนักค้าและสวนใหญ่จะแพร่ระบาดมากในช่วงฤดูแล้ง ในเขตพื้นที่ร้อนและกึ่งร้อน (Trisno *et al.*, 2009)

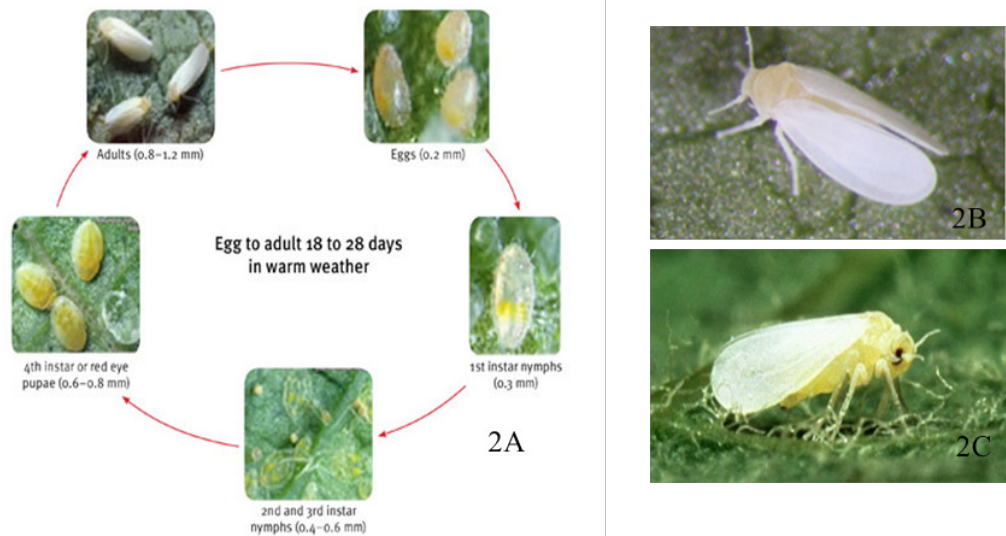


Figure 2 Whitefly vector of *Begomovirus*: 2A; Life cycle of silver whitefly, 2B; whitefly Q biotype and 2C; whitefly B biotype Sources; 2A และ 2B; https://www.daf.qld.gov.au/__data/assets/image/0005/56174/varieties/thumb-500.jpg และ 2C; http://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/leaf/silverleaf_whitefly03.jpg.

3. การจัดการโรคพริกที่เกิดจากเชื้อ *Begomovirus*

3.1 การใช้พันธุ์ต้านทาน

การคัดเลือกพันธุ์ต้านทานได้เริ่มประมาณ 100 ปีที่ผ่านมา (Dhanraj *et al.*, 1968) การคัดเลือกพันธุ์ต้านทานส่วนใหญ่คัดเลือกในสภาพแปลงปลูกและให้เกิดโรคเองตามธรรมชาติแล้วประเมินดัชนีและความรุนแรงของการเกิดโรค สำหรับระดับความรุนแรงของการเกิดโรค ใช้การประเมินจากค่าสัมประสิทธิ์ของเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแล้วนำผลที่ได้จากการประเมินการเกิดโรคในแปลงและในโรงเรือนมาหาความสัมพันธ์หรือหาพันธุ์ต้านทาน พบว่า มีบางสายพันธุ์ที่แสดงความต้านทานหรือทนทานต่อการเกิดโรคไวรัส (Tewari and Viswanath, 1986) การจำแนกความต้านทานของพริกต่อแมลงห้ำขาวสามารถจัดการร่วมกับการทำการเขตกรรมได้ Firdaus *et al.* (2011) ได้คัดเลือกพันธุ์พริกต้านทานต่อแมลงห้ำขาวจำนวน 44 สายพันธุ์ในพริก 4 species (*Capsicum annuum*, *C. frutescens*, *C. chinense* และ *C. baccatum*) พบว่าส่วนใหญ่พริกชนิด *C. annuum* ต้านทานต่อไวรัสใบหงิกเหลืองและนอกจากนั้นยังพบอีกว่าความต้านทานต่อแมลงห้ำขาวนั้นสัมพันธ์กับความหนาของ cuticle ของใบอีกด้วย มีรายงานไว้ในประเทศอินเดียที่ Punjab Agricultural University ได้พัฒนาสายพันธุ์พริกที่ต้านทานต่อไวรัสดังกล่าว ได้แก่ พันธุ์ BG-3821, BS-35, GKC-29, Bhut Jolokia, Lankamura, Collection, C00309, C00304, NMCA-40008, IC-383072, Perennial, BG-1, Lorai, Punjab Lal และ Pant C-1 (Singh and Kaur, 1990; Reddy *et al.*, 2014; Rai *et al.*, 2014) อย่างไรก็ตามพันธุ์ที่ได้พัฒนาขึ้นมานี้ยังมีลักษณะบางอย่างที่ไม่สามารถใช้เป็นพันธุ์ในทางการค้าได้ เช่น ขนาด รูปร่างผล อายุพืช และที่สำคัญคือผลผลิตยังต่ำอยู่ ปัจจุบันได้มีการนำเชื้อพันธุกรรมต้านทานเหล่านั้นมาใช้เป็นแหล่งของเชื้อพันธุกรรมต้านทาน อย่างไรก็ตาม ยีนที่ควบคุมความต้านทานต่อโรคขึ้นอยู่กับเชื้อพันธุกรรมต้านทาน พันธุ์และยังขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม ดังนั้นการพัฒนาพันธุ์ต้านทานจึงมีความจำเพาะต่อพื้นที่ ซึ่งยีนที่ต้านทานต่อโรคไวรัสดังกล่าวได้มีรายงานว่าถูกควบคุมด้วยยีนด้อย 1 ตำแหน่ง จากการศึกษาการแสดงออกของยีนของลูกผสมข้ามชนิดระหว่าง *C. annuum* x *C. chinense* พบอัตราส่วนการแสดงออกของลักษณะต้านทาน:อ่อนแอ

ในชั่วรุ่น F_2 เป็น 1:3 (Rai *et al.*, 2014) อย่างไรก็ตามในพริกพันธุ์ด้านทาน BG-3821 พบยีนที่ควบคุมลักษณะความต้านทานเป็นแบบยีนด้อย 2 ตำแหน่งโดยพันธุ์ด้านทานนี้มีกลไกความต้านทานหลังจากที่เชื้อเข้าทำลายคือ พบการหลั่งของสาร salicylic acid (สาร phenolic compound ในพืช) และ ROS (reactive oxygen species) เพิ่มขึ้นและนอกจากนั้นพืชก็ยังมีการปลดปล่อย PR protein ออกมาเพื่อป้องกันเซลล์ถูกทำลาย ซึ่งโปรตีนที่ปลดปล่อยออกมานั้นถูกควบคุมด้วยยีนที่แตกต่างกัน พบการสร้าง PR1, PR5 PR gene ในพริกสายพันธุ์ด้านทาน BG-3821 (Garcia and Bustamante, 2011)

3.2 การทำการเกษตรกรรม

การจัดการเชื้อ *Begomovirus* เพื่อป้องกันไวรัสและลดการเกิดโรคที่เกิดจากเชื้อชนิดนี้ตลอดจนลดการแพร่กระจายของโรคที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพและผลผลิตของพืช เริ่มจากการจัดการเพื่อป้องกันการแมลงหมีขาวที่เข้าทำลายพืชอาศัยสามารถจัดการได้เป็น 3 วิธีการ คือ 1) การจัดการต้นกล้า ต้นกล้าจำเป็นต้องเก็บไว้ในที่ปลอดจากต้นที่เป็นพาหะนำโรค เศษซากพืช หรือวัชพืชที่เป็นพืชอาศัยของไวรัส การใช้โรงเรือนที่ใช้สำหรับเพาะกล้าจำเป็นต้องใช้มุ้งตาข่ายที่มีความถี่มากกว่า 32 mesh เพื่อป้องกันแมลงหมีขาว (Kenyon *et al.*, 2014) เมื่อสังเกตเห็นต้นที่แสดงอาการใบเหลือง หรือหงิกเหลืองควรที่จะนำออกอย่างรวดเร็วและนำไปเผาทิ้ง เพื่อป้องกันการแพร่กระจายและหลังจากที่สัมผัสต้นที่เป็นไวรัสแล้วไม่ควรไปสัมผัสต้นที่ไม่เป็นโรค และ 2) การจัดการในโรงเรือนเพาะปลูกหรือแปลงปลูก (ถ้าเป็นโรงเรือนมุ้งตาข่ายควรทำประตู 2 ชั้น เพื่อป้องกันไม่ให้แมลงเข้า) ควรมีการใช้กาบเหนียวล่อ ดักแมลง (colored sticky traps) สามารถทาลงบนฟิวเจอร์บอร์ดสีเหลือง และ 3) การปลูกพืชหมุนเวียนที่ไม่ใช่พืชอาศัยของแมลงหมีขาว เช่น ข้าวโพด ปอเทือง และดาวเรือง เป็นต้น และที่สำคัญต้องกำจัดวัชพืชที่เป็นพืชอาศัยของแมลงหมีขาว เพื่อตัดวงจรชีวิตและป้องกันการลดการหลบซ่อนของแมลงหมีขาวในต้นวัชพืช

3.3 การจัดการแมลงพาหะด้วยสารป้องกันกำจัดแมลงและการใช้ศัตรูธรรมชาติ

จำนวนหรือชนิดของสารป้องกันกำจัดแมลง ที่สามารถใช้ได้ประกอบด้วยสารประกอบที่แตกต่างกัน ซึ่งการผลิตพริกมีการใช้อย่างต่อเนื่องและเพิ่มขึ้นเนื่องจากต้องการที่จะควบคุมโรคไวรัสที่ทำให้เกิดอาการใบหงิกและเหลืองได้อย่างรวดเร็ว การควบคุมโรคดังกล่าวจึงควบคุมการแพร่ระบาดของแมลงหมีขาวโดยวิธีการฉีดพ่นสารเคมีกำจัด โดยสามารถใช้เพื่อป้องกันได้ตั้งแต่ก่อนย้ายปลูก ย้ายปลูก และหลังย้ายปลูกโดย ก่อนย้ายปลูกควรฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดแมลง คาร์โบซัลเฟน 20 % EC อัตรา 40 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร ช่วงย้ายปลูกควรรองกันหลุมด้วยไคโนไทฟูแรน อัตรา 2 กรัมต่อหลุม หลังจากย้ายปลูกควรที่จะคลุมต้น หรือแปลงด้วยตาข่ายขนาดถี่ 32 mesh เป็นเวลา 1 เดือน เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของแมลงหมีขาวในระยะต้นเล็ก หลังจากนั้นควรพ่นสารป้องกันกำจัดแมลงหมีขาวเมื่อพบการแพร่ระบาดของแมลงหมีขาวจำนวน 5 ตัวต่อยอด โดยใช้สารป้องกันกำจัดตัวใดตัวหนึ่ง เช่น อิมิดาคลอพริด ไตรโซฟอส คาร์โบซัลเฟน หรือ บีโตรเลียมออกไซด์ อย่างไรก็ตามการใช้สารป้องกันกำจัดแมลงไม่ควรใช้ตัวใดตัวหนึ่งฉีดพ่นซ้ำกันเกิน 3 ครั้ง ควรเปลี่ยนใช้สลับกับสารตัวใหม่เพื่อป้องกันการดื้อยาของแมลงหมีขาว หรืออาจใช้สารสกัดจากธรรมชาติ เช่น สารสกัดจากเมล็ดสะเดาร่วมกับการฉีดพ่นสารเคมี และนอกจากนั้นแมลงหมีขาวยังสามารถควบคุมด้วยศัตรูธรรมชาติ เช่นการใช้ แมลงเบียนระยะตัวอ่อน ได้แก่ แตนเบียนหนอนดักแด้ ที่สำคัญคือ แตนเบียน (*Encarsia* sp. และ *Eretmocerus* sp.) และตัวห้ำ เช่น แมลงช้างปีกใส (*Chrysopa basalis*) และแมลงวันตัวห้ำ (*Coenosia* sp.) อย่างไรก็ตามแมลงพาหะนำโรคไวรัสนี้มีวงจรชีวิตสั้นประกอบกับมีพืชอาศัยที่กว้าง ดังนั้นแมลงหมีขาวจึงมีวิวัฒนาการและมีประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Kenyon *et al.*, 2014) ดังนั้นจึงทำให้การควบคุมแมลงหมีขาวยากยิ่งขึ้น

สรุป

ปัจจุบันต้นทุนการผลิตพริกเพิ่มขึ้นอย่างมากเนื่องจากการใช้สารป้องกันและกำจัดแมลง โดยเฉพาะกับโรคที่มีการแพร่ระบาดอย่างรวดเร็ว เช่น โรคไวรัสใบหงิกเหลืองที่มีแมลงหีขาวเป็นพาหะของโรค โรคไวรัสชนิดนี้มีสาเหตุมาจากเชื้อ *Begomovirus* ที่มีจีโนมไวรัส 2 แบบ คือ Mono และ Bipartite โดยมีพืชอาศัยหลายชนิด ส่วนใหญ่จะอยู่ในวงศ์ *Solanaceae* อนุภาคของไวรัสมีรูปหลายเหลี่ยมที่เป็นแบบ single stranded DNA สามารถถ่ายทอดผ่านแมลงหีขาวได้จำนวน 2 biotypes คือ B และ Q biotype โดยแมลงหีขาวจะแพร่ระบาดมากในช่วงฤดูแล้งซึ่งเป็นฤดูที่เหมาะสมสำหรับการผลิตพริก ดังนั้นโรสดังกล่าวจึงมีความสำคัญต่อการผลิตพริกเป็นอย่างมาก การป้องกันและกำจัดโรสดังกล่าวสามารถทำได้หลายวิธีแต่ถ้าจะให้ประสบผลสำเร็จจำเป็นต้องใช้แบบบูรณาการร่วมกัน คือ การเลือกใช้พันธุ์ต้านทาน การทำการเกษตรกรรมที่ดีเพื่อตัดวงจรชีวิตแมลงหีขาวและโรคไวรัส การใช้สารเคมีสลับกับการใช้สารสกัดธรรมชาติเมื่อพบการแพร่ระบาดของแมลงหีขาว หรือการใช้ตัวเบียนและตัวห้ำ ดังนั้นการทราบข้อมูลของเชื้อไวรัส แมลงหีขาว และแนวทางการป้องกันกำจัดโรคไวรัสใบหงิกเหลืองจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจและผู้ปลูกพริกต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- สุชีลา เทชะวงศ์เสถียร. 2558. พริก: นวัตกรรม จากทฤษฎีการปรับปรุงพันธุ์พืชสู่การใช้ประโยชน์. หจก. โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา. ขอนแก่น. 285.
- Bosland, P. W. and E. Votava. 2012. Peppers: Vegetable and Spice *Capsicums*. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Brown, J. K., O. P. Campodonico and M. R. Nelson. 1989. A whitefly-transmitted geminivirus from peppers with tigre disease. *Plant Disease*. 73: 610.
- Dhanraj, K. S., M. L. Seth and R. C. Basl. 1968. Reactions of certain chilli mutants and varies to leaf curl virus. *Indian Phytopathology*. 21: 342-343.
- FAO. 2012. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). FAO Production Yearbook 2012. Rome: FAO; 2012.
- Firdaus, S., A. Van Heusden, E. D. Harpnas, J. A. Supena and B. Vosman. 2011. Identification of silverleaf whitefly resistance in pepper. *Plant breeding*. 130: 708-714.
- Garcia-Neria, M. and R. F. Bustamante. 2011. Characterization of geminivirus resistance in an accession of *Capsicum chinense* Jacq. *American Phytopathology Society*. 24(2): 172-182.
- Ha, C., S. Coombs, P. Revill, R. Harding, M. Vu and J. Dale. 2008. Molecular characterization of begomovirus and DNA satellites from vietname: Additional evidence that the new world geminiviruses were present in the old world prior to continental separation. *Journal of General Virology*. 89: 312-326.
- Horowitz, A.R. and I. Ishaaya. 2014. Dynamics of biotypes B and Q of the whitefly *Bemisia tabaci* and its impact on insecticide resistance. *Pest Management Science*. 70(10): 1568-1572.
- Kenyon, F. L., S. Kumar, W. S. Tsia and J. A. Hughes. 2014. Virus disease of peppers (*Capsicum* spp.) and their control. *Advances in Virus Research*. 90: 297-354.
- Muniyappa, V. and G. K. Veeresh. 1984. Plant virus disease transmitted by whiteflies in Karnataka. *Indian Academy of Sciences*. 93: 397-406.
- Prakash, S. and S. J. Singh. 2006. Insect transmitted virus of pepper: *Vegetation Science*. 33: 109-116.
- Rai, V. P., S. P. R. Kumar, S. P. Singh, S. Kumar, S. Kumar and M. Singh. 2014. Monogenic recessive resistance to pepper leaf curl virus in an interspecific cross of *Capsicum*. *Scientia Horticulturae*. 172: 34-38.
- Reddy, M. K., A. Srivastava, S. Kumar, R. Kumar, N. Chawda, A. W. Ebert and M. Vishwakarma. 2014. Chili (*Capsicum annuum* L.) breeding in India: an overview. *Society for the Advancement of Breeding Research in Asia and Oceania* 46(20): 160-173.

- Singh, J. and S. Kaur. 1990. Development of multiple resistance in chili pepper. Proc. 3rd International Conference. 20-23 March, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Tewari. V. P. and S.M. Viswanath. 1986. Breeding for multiple virus resistance in pepper (*Capsicum annuum* L.). Capsicum Newsletter. 5: 49.
- Trisno, J., S. H. Hidayat, T. Habazar, I. Manti and I. Jamsari. 2009. Detection and sequence diversity of *begomovirus* associated with yellow leaf curl disease of pepper (*Capsicum annuum*) in West Sumatera, Indonesia. Microbiology Indonesia. 3: 61-66.