

โรคไวรัสใบด่างของผักกาดในประเทศไทย

Mosaic Disease of *Brassica* sp. in Thailand

เกรียงไกร กิตติปกรณ์¹ และ ชีระ สุตะบุตร²

Krupan Kittipakorn and Thira Sutabutra

ABSTRACT

Turnip mosaic virus was isolated from *Brassica chinensis* (Jusl.) var *parachinensis* (Bailey) Tsen and Lee. The virus is a member of the Potyvirus group with a length of 732.35 nm. It was transmitted to 26 species of plant in 9 families. Five species of aphids namely *Aphis craccivora* Koch., *A. glycines* Mats., *A. gossypii* Glov., *Lipaphis erysimi* Kalt. and *Myzus persicae* Sulz. transmitted the virus at 40, 10, 60, 5 and 70 percent respectively. Its dilution end point was between 1:1,000–1:2,000, thermal inactivation point between 55–60°C and longevity *in vitro* between 3–4 days. Purified virus suspension was obtained utilizing Tomlinson's method. The virus banded at 2 cm. from the meniscus and react strongly with Turnip mosaic virus antiserum from the Netherland & Japan.

บทคัดย่อ

เชื้อไวรัสสาเหตุโรคใบด่างของผักกาด (*Brassica* sp.) ที่พบในประเทศไทยแยกได้จากผักกาดเขียวทางตุ้ง *B. chinensis* (Jusl.) var. *parachinensis* (Bailey) Tsen and Lee อนุภาคของไวรัสมีลักษณะเป็นท่อนยาวคด มีความยาวโดยเฉลี่ย 732.35 nm จัดอยู่ใน Potyvirus group จากการทดลองปลูกเชื้อโดยวิธีสัมผัส (mechanical inoculation) บนพืชทดสอบ 54 ชนิด พบว่ามีอยู่ 26 ชนิดใน 9 วงศ์ที่เป็นพืชอาศัยของไวรัสชนิดนี้ โรคนี้ไม่ถ่ายทอดทางเมล็ด ถ่ายทอดได้โดยเพลี้ยอ่อน 5 ชนิด ได้แก่ *Aphis craccivora* Koch., *A. glycines* Mats., *A. gossypii* Glov., *Lipaphis erysimi* Kalt. และ *Myzus per-*

sicae Sulz. แบบ non-persistent ด้วยเปอร์เซ็นต์การถ่ายทอดโรค 40, 10, 60, 5 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ คุณสมบัติทางกายภาพของไวรัสชนิดนี้มี dilution end point อยู่ระหว่าง 1:1,000–1:2,000 thermal inactivation point อยู่ระหว่าง 55–60 องศาเซลเซียส และมี longevity *in vitro* อยู่ระหว่าง 3–4 วัน ที่อุณหภูมิ 27–31 องศาเซลเซียส การเตรียมไวรัสบริสุทธิ์โดยวิธีของ Tomlinson (1964) ได้ไวรัสก่อนข้างบริสุทธิ์เป็น suspension สีขาวขุ่น เมื่อนำไปทำให้ไวรัสบริสุทธิ์ยิ่งขึ้นโดยวิธี sucrose density gradient centrifugation ได้ไวรัสที่รวมตัวกันเป็นชั้น กว้างประมาณ 3 มิลลิเมตร เห็นได้ชัดเจน อยู่ต่ำกว่า meniscus ประมาณ 2 เซนติเมตร ไวรัสที่ได้มี

1 กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร

2 ภาควิชาโรคพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

infectivity ปานกลาง และสามารถทำปฏิกิริยากับ antiserum ของ turnip mosaic virus (TuMV) จากเนเธอร์แลนด์และญี่ปุ่น จากการทดลองนพอสรูปได้ว่า ไวรัสซึ่งเป็นสาเหตุของโรคใบด่างของผักกาดที่พบในบางท้องที่ของประเทศไทย คือ TuMV

คำนำ

โรคใบด่างของผักกาดเป็นโรคที่พบได้ทั่วไปในแหล่งปลูกต่างๆ ทั่วประเทศ โรคนี้เกิดได้กับผักกาดชนิดต่างๆ เช่น ผักกาดขาวปลี ผักกาดกวางตุ้ง และผักกาดเขียวปลี เป็นต้น ผักกาดที่เป็นโรคแสดงอาการต่างเขียวอ่อนสลับเขียวเข้ม และถ้าเป็นรุนแรงใบจะขรุขระ บิดเบี้ยวผิดรูปร่าง ต้นแคระแกรนทำให้ผลผลิตลดลง ไวรัสมากชนิดทำให้เกิดอาการต่างบนผักกาดได้ เช่น Cauliflower mosaic virus (CaMV) (Tompkins & Thomas, 1938), Turnip yellow mosaic virus (TyMV) (Smith 1972), Turnip crinkle virus (TCV) (Hollings, 1972) และ Turnip mosaic virus (TuMV) (Schultz, 1921) การตรวจสอบลักษณะอาการเพียงอย่างเดียวไม่สามารถบอกได้ว่าโรคใบด่างเกิดจากไวรัสชนิดใด รายงานนักกล่าวถึงลักษณะต่างๆ ของไวรัสโรคใบด่างของผักกาดในประเทศไทย ซึ่งทำให้สามารถจำแนกชนิดของไวรัส สาเหตุของโรค ตลอดจนวางแผนในการป้องกันกำจัดที่เหมาะสมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ไวรัสที่ใช้ในการทดลอง

เก็บตัวอย่างผักกาดเขียวกวางตุ้งที่แสดงอาการใบด่างจากสวนผักในบริเวณเขตบางเขน กรุงเทพฯ บดใน phosphate buffer เข้มข้น 0.05 M, pH 7.2 ปลูกเชื้อบน *Chenopodium amaranticolor* Coste & Reyn. เมื่อเกิดจุด

แผลสีเหลืองเฉพาะแห่งแล้วนำจุดแผลเพียงแผลเดียวไปปลูกเชื้อบน *C. amaranticolor* อีก 3 ครั้ง และย้ายไปปลูกเชื้อบนผักกาดเขียวกวางตุ้งเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

การศึกษาพืชอาศัยและอาการที่เกิดขึ้น

ปลูกเชื้อโดยวิธีสัมผัส (mechanical inoculation) บนพืช 8 วงศ์ จำนวน 54 ชนิด (ตารางที่ 1) ตรวจสอบอาการเป็นระยะเวลา 1 เดือน และตรวจสอบพืชที่ไม่แสดงอาการโดยการปลูกเชื้อ บนผักกาดเขียวกวางตุ้ง และ *C. amaranticolor*

การศึกษารถ่ายทอดโรค

ศึกษาการถ่ายทอดผ่านทางเมล็ดโดยปลูกเชื้อลงบนต้นผักกาดเขียวกวางตุ้ง จนกระทั่งออกดอกและติดเมล็ด นำเมล็ดที่ได้จากต้นเป็นโรคไปเพาะ เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ขอจากตลาด ตรวจสอบโรคนาน 2-3 เดือน

การถ่ายทอดโดยเพลี้ยอ่อน ใช้เพลี้ยอ่อน 5 ชนิด *Aphis craccivora* Koch, *A. glycines* Mats., *A. gossypii* Glov., *Lipaphis erysimi* Kalt และ *Myzus persicae* Sulz. โดยให้อุดอาหาร 16-20 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ใช้ acquisition period 30 วินาที และ transmission period 16 ชั่วโมง

คุณสมบัติทางกายภาพ

ศึกษาความคงทนต่อความร้อน (thermal inactivation point) ความทนต่อการทำให้เจือจาง (dilution end point) และความคงทนต่อการเก็บไว้ในสภาพเป็นน้ำคั้น (longevity in vitro) โดยใช้ น้ำคั้นจากใบผักกาดเขียวกวางตุ้งที่แสดงอาการใบด่าง และใช้ *C. amaranticolor* เป็นพืชทดสอบ

การทดสอบความคงทนต่อความร้อน ใช้ อุณหภูมิ 50, 55, 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส ความคงทนต่อการทำให้เจือจาง ใช้ อัตราส่วน 1:10, 1:100, 1:1000, 1:2,000 1:3,000,

1:4,000 และ 1:5,000 ความทนต่อการเก็บไว้ในสภาพน้ำเย็น ใช้ช่วงเวลา 24, 48, 72, 96, และ 120 ชั่วโมง

การศึกษาลักษณะทางสัณฐาน

การศึกษาลักษณะทางสัณฐาน กระทำโดยวิธี dip preparation จากผักกาดเขียว กวางตุ้งที่เป็นโรค และจากสารละลายไวรัสบริสุทธิ์ด้วย potassium phosphotungstate 2% ตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน Hitachi HU-11C

การเตรียมไวรัสบริสุทธิ์

การเตรียมไวรัสบริสุทธิ์ดัดแปลงจากวิธีของ Tomlinson (1964) โดยใช้ผักกวางตุ้งที่เป็นโรคหลังปลูกเชื้อ 3-4 สัปดาห์ บดใน borate buffer เข้มข้น 0.5 M. pH 7.5 ที่มี thioglycolic acid ผสมอยู่ กรองด้วยผ้าขาวบาง แล้วนำกากที่ได้ผสมกับ n-butanol 8.5% โดยค่อย ๆ เติมและกวนตลอดเวลา เป็นเวลา 45 นาที หมุนเหวี่ยงด้วยแรง 8,000 g เป็นเวลา 30 นาที ของเหลวที่ได้หมุนด้วยแรง 78,000 g เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตะกอนที่ได้ละลายใน borate buffer เข้มข้น 0.05 M pH 7.5 นำสารละลายที่ได้ไปหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็วต่ำ แยกตะกอนออก นำสารละลายที่ได้ทำให้บริสุทธิ์ขึ้นโดยใช้ Sucrose density gradient centrifugation ใช้ความเร็ว 24,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 2 1/2 ชั่วโมง แยกชั้นของไวรัสออก dialyse ใน borate buffer เข้มข้น 0.05 M pH 7.5 24 ชั่วโมง ไวรัสบริสุทธิ์ที่ได้ นำไปศึกษาความสามารถในการทำให้เกิดโรค ลักษณะทางสัณฐานและใช้ในการเตรียม antiserum ต่อไป

การศึกษาทางเซรัมวิทยา

ใช้สารละลายไวรัสบริสุทธิ์ครั้งละ 2 มิลลิตร ฉีดเข้าทางเส้นเลือดที่ใบหูกระต่าย 4 ครั้ง ช่วงห่างกันครั้งละ 7 วัน หลังจากการฉีดครั้ง

สุดท้าย เจาะเลือดนำ antiserum มาทดสอบกับไวรัสโดยวิธี Ouchterlony agar double diffusion และโดยวิธี ring microcapillary tube test ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธี ring interface precipitin test (Kado & Agrawal, 1972) โดยนำ antiserum มาผสมกับ glycerol 10 เปอร์เซ็นต์ ใช้ capillary tube คูด antigen ไว้ 1/4 ของหลอดแล้วคูด antiserum ซึ่งผสมกับ glycerol 1/4 ของหลอด ทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง 3-4 ชั่วโมง แล้วตรวจผล antiserum ที่ได้ทดสอบเปรียบเทียบกับ antiserum ของ Turnip mosaic virus จากประเทศเนเธอร์แลนด์และญี่ปุ่น และ antiserum ของ Turnip yellow mosaic virus จากประเทศเนเธอร์แลนด์

ผล

พืชอาศัยและอาการ

จากการทดลองพืช 54 ชนิด ใน 18 วงศ์ พบว่ามีเพียง 28 ชนิดใน 9 วงศ์ (ตารางที่ 1) อาการที่เกิดขึ้นมีทั้งรอยแผลเฉพาะแห่งและอาการแบบแพร่กระจาย (ภาพที่ 1 ก.ข.)

การถ่ายทอดโรค

จากการทดสอบเมล็ดผักกาดจำนวน 770 เมล็ดจากต้นผักกาดกวางตุ้งที่ปลูกเชื้อไว้และจากการซอจากตลาด 500 เมล็ด ไม่พบอาการผิดปกติบนผักกาดทั้งออกจากเมล็ดที่ทดสอบ

การถ่ายทอดโดยเพลี้ยอ่อนพบว่า เพลี้ยอ่อนทั้ง 5 ชนิดที่ใช้ในการทดสอบถ่ายทอดไวรัสได้ โดยมีเปอร์เซ็นต์การถ่ายทอดของ *Aphis craccivora*, *A. glycines*, *A. gossoypii*, *Lipaphis erysimi* และ *Myzus persicae* เท่ากับ 40, 10, 60, 5, และ 70 ตามลำดับ

คุณสมบัติทางกายภาพ

ไวรัสสาเหตุโรคใบด่างของผักกาดมี thermal inactivation point ระหว่าง 55-60 องศาเซลเซียส dilution end point 1:1,000 1:2,000 และ longevity *in vitro* 3-4 วัน

ลักษณะทางสัณฐาน

อนุภาคของไวรัสมีลักษณะเป็นท่อนยาว คด (flexuous rod) (ภาพที่ 1 ค.) มีความยาวเฉลี่ย 732.85 nm ส่วนใหญ่มีความยาวอยู่ในช่วง 700–750 nm จัดได้ว่าเป็นไวรัสในกลุ่ม Potyvirus

การเตรียมไวรัสบริสุทธิ์

ไวรัสบริสุทธิ์ที่ได้จากการหมุนเหวี่ยงโดยใช้ sucrose density gradient อยู่ในระดับชั้น 2 เช่นเดียวกับจากพืชตระกูลถั่ว จากการตรวจสอบโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนพบไวรัสจำนวนมาก และไวรัสมีความสามารถทำให้เกิดโรคได้

คุณสมบัติทางเซรั่มวิทยา

Antiserum ที่ผลิตขึ้นเอง มีระดับ titer ต่ำ ทำปฏิกิริยากับไวรัสสาเหตุของโรคในลักษณะเดียวกับ antiserum ของ TuMV จากประเทศเนเธอร์แลนด์และญี่ปุ่น การทดสอบโดย Ouchterlony agar double diffusion ไม่เกิดปฏิกิริยา การเติม sodium lauryl sulfate 1.5 เปอร์เซ็นต์ หรือ pyrrolidine 2.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่ช่วยในการทำให้เกิดปฏิกิริยาการใช้ sodium dodecyl sulfate 2.5 เปอร์เซ็นต์ ช่วยให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างไวรัสกับ antiserum แต่ไม่ชัดเจน การทดสอบโดย ring microcapillary tube test ให้ผลชัดเจน ไวรัสสาเหตุของโรคไม่ทำปฏิกิริยากับ antiserum ของ TyMV

วิจารณ์

เชื้อไวรัสใบด่างของผักกาดที่พบในประเทศไทยมีลักษณะต่างๆ คล้ายคลึงกับ Turnip mosaic virus โดยมีลักษณะอาการบนพืชต่างๆ คล้ายคลึงกัน ไม่ถ่ายทอดทางเมล็ดเช่นเดียวกับรายงานของ Schultz (1921), Chamberlain (1936) และ Clayton (1970) แต่ถ่ายทอดได้โดยเพลี้ยอ่อนโดยมีความสัมพันธ์ในลักษณะ

stylet borne ตลอดจนมีอาการและสัณฐานใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังพบว่าทำปฏิกิริยากับ antiserum ของ TuMV จากประเทศเนเธอร์แลนด์และญี่ปุ่นด้วย

Turnip mosaic virus นี้จะมีโอกาสทำ ความเสียหายให้กับการผลิตผักกาดชนิดต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีพืชอาศัยมากมาย หลายชนิดและมีแมลงพาหะหลายชนิดซึ่งพบได้ทั่วไป และการถ่ายทอดเป็นไปในลักษณะ stylet borne ซึ่งทำให้การควบคุมโรคเป็นไปได้ยากยิ่งขึ้น จึงจำเป็นต้องให้ความสนใจและใช้ ลักษณะพื้นฐานไวรัสจากการทดลองนี้ในการทดสอบหาวิธีควบคุมที่เหมาะสมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Chamberlain, E.E. 1936 Turnip mosaic, a virus disease of crucifers. *New Zeal. Jour. Agr.* 53: 321-330.
- Clayton, E.E. 1930. A study of the mosaic disease of crucifers. *Jour. Agric. Res.* 40: 263-270.
- Hollings, M. 1972. Turnip crinkle virus. C.M.I./A.A.B. Descriptions of plant viruses No. 109.
- Kado, C.I. and H.O. Agrawal. 1972. *Principles and techniques in plant virology*. New York. : Reinhold. 688 pp.
- Schultz, E.S. 1921. A transmissible mosaic disease of Chinese cabbage, mustard and turnip. *Jour. Agr. Res.* 22: 173-178.
- Smith, K.M. 1972. A textbook of plant virus diseases. 3 rd. ed. New York : Academic Press. 684 pp.
- Tomlinson, J.A. 1964. Purification and properties of lettuce mosaic virus. *Ann. Appl. Biol.* 53: 95-102.
- Tompkins, C.M. and H.R. Thomas. 1938. A mosaic disease of Chinese cabbage. *Jour. Agr. Res.* 56: 541-551.

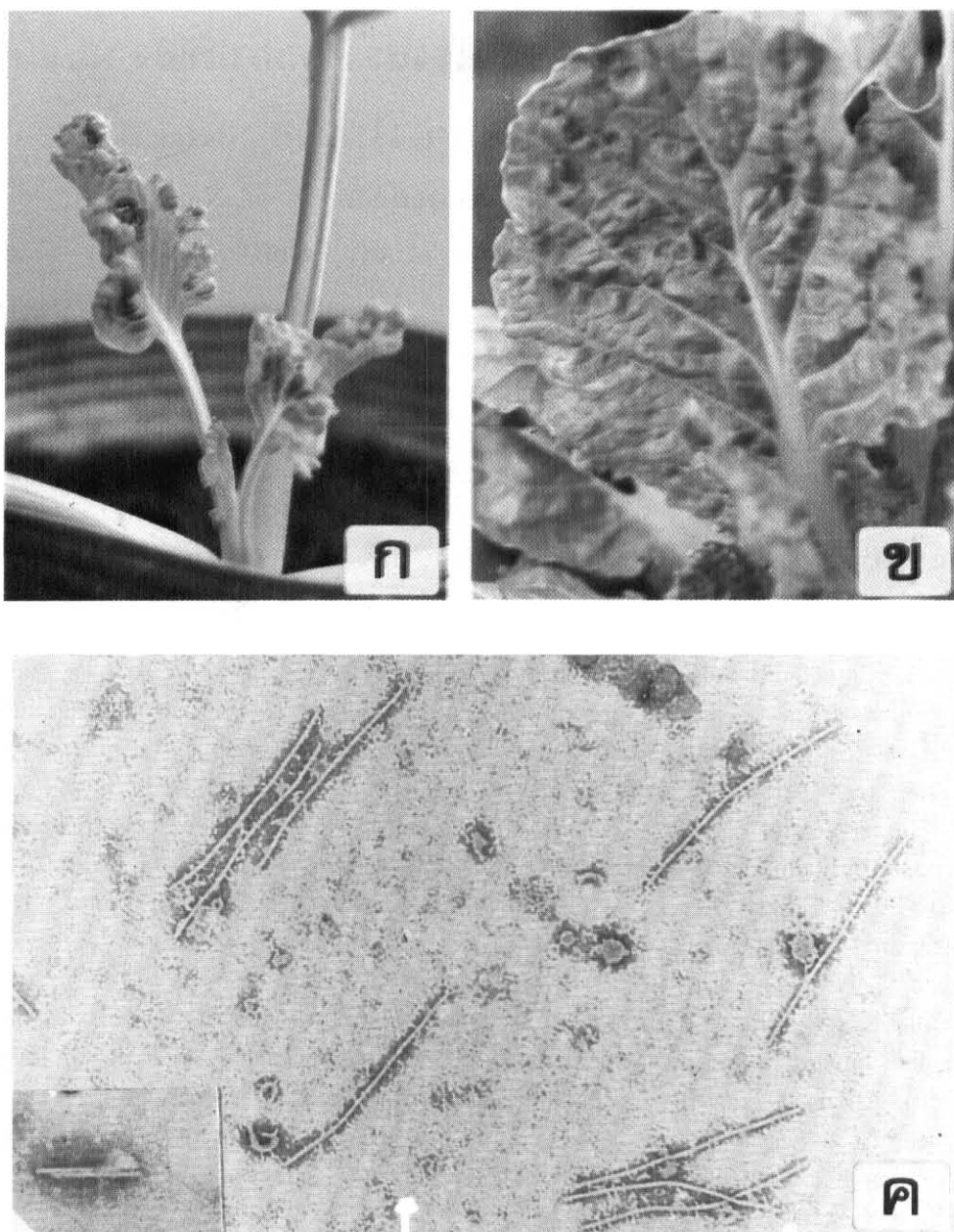
ตารางที่ 1 ผลการทดสอบชนิดพืชอาศัยของไวรัสใบด่างของผักกาด

ชนิดของพืชอาศัย		ผลการทดลอง ¹	
Family Amaranthaceae			
<i>Celosia argentea</i> Linn.	cockscomb	หงอนไก่	N
<i>Gomphrena globosa</i> Linn.	globe amaranth	บานไม่รู้โรย	(S)
Family Apocynaceae			
<i>Vinca rosea</i> Linn.	periwinkle	พังกว	N
Family Balsaminaceae			
<i>Impatiens balsamina</i> Linn.	impatiens	เทียน	S
Family Caryophyllaceae			
<i>Dianthus barbatus</i> Linn.	sweet williams	ผีเสื้อ	N
Family Chenopodiaceae			
<i>Chenopodium amaranticolor</i> Coste & Reyn	goosefoot		L
<i>C. hybridum</i> Linn.	maple-leaved goosefoot		N
<i>C. murale</i> Linn.	nettle-leaved goosefoot		L
<i>C. quinoa</i> Willd.	quinoa	—	L, S
Family Compositae			
<i>Cichorium endivia</i> Linn.	endive	—	S
<i>Cosmos sulphureus</i> Cav.	cosmos	ดาวกระจาย	N
<i>Lactuca sativa</i> Linn.	lettuce	ผักกาดหอม	N
<i>Tagetes patula</i> Linn.	marigold	ดาวเรือง	N
<i>Zinnia elegans</i> Jacq.	zinnia	บานชื่น	S
Family Cruciferae			
<i>Brassica alboglaba</i> Bail.	Chinese kale	คะน้า	S
<i>B. chinensis</i> (Jusl.) var. <i>parachinensis</i> (Bail.) Tsen and Lee	pakchoi Chinese cabbage	ผักกวางตุ้ง	S
<i>B. juncea</i> (Linn.) Coss	Chinese mustard	ผักกาดเขียวปลี	S
<i>B. oleracea</i> (Linn.) var. <i>botrytis</i>	cauliflower	กะหล่ำดอก	N
<i>B. oleracea</i> (Linn.) var. <i>capitata</i>	cabbage	กะหล่ำปลี	(S)
<i>B. oleracea</i> (Linn.) var. <i>italica</i>	broccoli	กะหล่ำดอกอิตาเลียน	N
<i>B. pekinensis</i> Rupr.	pe-tsai Chinese cabbage	ผักกาดขาวปลี	S
<i>B. rapa</i> Linn.	turnip	—	S

ชนิดของพืชอาศัย		ผลการทดลอง ¹	
<i>Raphanus sativus</i> (Linn.) var.	Chinese radish	ผักกาดหัว	S
<i>longipinnatus</i> Bail.			
Family Cucurbitaceae			
<i>Citrullus vulgaris</i> Schrad.	Watermelon	แตงโมพันธุ์ เปลือกดำ	N
<i>Cucumis metuliferous</i> Linn.	—	—	L
<i>Cucurbita pepo</i> Linn. var.	squash	น้ำเต้าฝรั่ง	N
<i>sunbeam</i>			
Family Ficoidaceae			
<i>Tetragonia expansa</i> Murr.	New Zealand spinach	—	L
Family Leguminosae			
<i>Arachis hypogaeae</i> Lim.	peanut	ถั่วลิสง	N
<i>Cassia occidentalis</i> Linn.	coffee senna	ขี้เหล็กเทศ	L
<i>Crotalaria spectabilis</i> Linn.	rattle box	—	N
<i>Cyamopsis tetragonoloba</i> (L.)	guar	—	L
Tuab.			
<i>Dolichos biflorus</i> Linn.	—	—	
<i>Glycine max</i> (Linn.) Merr.	soybean	ถั่วเหลือง	N
<i>Melilotus alba</i> Mill.	sweet clover	—	S
<i>Phaseolus lathyroides</i> Linn.	—	ถั่วฝัก	L
<i>P. vulgaris</i> (Linn.)	kidney bean	ถั่วแขก	
Var. <i>Black Valentine</i>			N
Var. <i>Charle Voir</i>			N
Var. <i>Great Northern</i>			N
Var. <i>Improved Tender Green</i>			N
Var. <i>Pinto No. 3</i>			N
Var. <i>Plentiful</i>			N
Var. <i>Prelude</i>			N
Var. <i>Sanilac</i>			N
Var. <i>Stringless Green Refuges</i>			N
Var. <i>Tender Green</i>			N
Var. <i>Top Crop</i>			N
<i>Pisum sativum</i> Linn. var.	edible podded pea	ถั่วลันเตา	N
<i>macrocarpon</i>			

ชนิดของพืชอาศัย		ผลการทดลอง ¹	
<i>Psophocarpus tetragonolobus</i> Linn.	winged bean	ถั่วพู	S
<i>Trifolium pratense</i> Linn.	red clover	—	N
<i>T. repens</i> Linn.	white clover	—	N
<i>Vicio faba</i> Linn.	broad bean	ถั่วปากอ้า	(S)
<i>Vigna radiata</i> (Linn.) Wilcz.	mungbean	ถั่วเขียว	N
<i>V. sesquipedalis</i> Wight.	asparagus bean	ถั่วฝักยาว	L
<i>V. sinensis</i> (Torner) Savi	black eye cowpea	ถั่วพุ่ม	N
Family Solanaceae			
<i>Capsicum annuum</i> Linn.	goat pepper	พริกขี้หนู	S
<i>Datura metel</i> Linn.	—	—	N
<i>Datura stramonium</i> Linn.	Jimson weed	ลำโพง	N
<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.	tomato	มะเขือเทศ	N
<i>Nicotiana glutinosa</i> Linn.	tobacco	ยาสูบใบเล็ก	N
<i>N. tabacum</i> Linn.	common tobacco	ยาสูบใบใหญ่	
var. <i>Turkish</i>			L
var. <i>White Burley</i>			L
<i>Physalis floridana</i> Rydb.	groundcherry	โหงเทง	S
<i>Solanum melongena</i> Linn.	eggplant	มะเขือเปราะ	N
Family Tiliaceae			
<i>Corchorus capsularis</i> Linn.	jute	ปอกระเจา	N
Family Umbelliferaceae			
<i>Coriandrum sativum</i> Linn.	coriander	ผักชี	N

¹ ลักษณะอาการที่เกิดขึ้น คำย่อแต่ละคำมีความหมายดังนี้ L = local lesion; N = no infection S = systemic infection; (S) = symptomless systemic infection.



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะอาการของโรคใบต่างของผักกาดและไวรัสที่เป็นสาเหตุของโรค

ก. อาการบนผักกาดเขียวกวาดตุ้ง

ข. อาการบนผักกาดขาวปลี

ค. อนุภาค Turnip mosaic virus ซึ่งเป็นสาเหตุของโรค ขนาดโดยเฉลี่ย 732.85 nm เปรียบเทียบกับอนุภาค Tobacco mosaic virus ทางมุมซ้ายด้านล่าง