รายงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด
ปีงบประมาณ 2556

1. แผนงานวิจัย วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

2. โครงการวิจัย การศึกษาความรุนแรงของผลกระทบและการเฝ้าระวังสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีพิษร้ายแรงหรือมีความคงทนในสภาพแวดล้อม

กิจกรรมที่ 2 : การเฝ้าระวังสารพิษตกค้างในพืชผักผลไม้

กิจกรรมย่อยที่ 2.1 การเฝ้าระวังสารพิษตกค้างในพืชผักจากแหล่งจำหน่าย

3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)

ศึกษาปริมาณสารพิษตกค้างในผักคะน้า กวางตุ้ง และผักกาดหอม

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ)

Pesticide Residues in Kale, Chinese kale and Lettuce

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	นายยงยุทธ ไผ่แก้ว	สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
ผู้ร่วมงาน	นางสาววะนิดา สุขประเสริฐ	สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
	นายวีระสิงห์ แสงวรรณ	สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
	นางประภัสสรา พิมพ์พันธุ์	ผู้เชี่ยวชาญด้านวัตถุอันตรายทางการเกษตร

5. บทคัดย่อ

สุ่มตัวอย่างผักใบ 3 ชนิด ได้แก่ คะน้า กวางตุ้ง และผักกาดหอม จากแปลงปลูกพืชของเกษตรกรและจุดรวบรวมผลผลิตจากแหล่งต่างๆ ของประเทศ รวม 35 จังหวัด จำนวนทั้งสิ้น 200 ตัวอย่าง นำมาตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต คาร์บาเมท ไพรีทรอยด์ สารพิษตกค้างของสารป้องกันกำจัดโรคพืช สารกำจัดวัชพืช และสารฆ่าแมลงชนิดอื่นๆ รวม 87 ชนิด ด้วยเทคนิคทางโครมาโตกราฟฟี โดยใช้ GC-ECD-FPD-NPD, HPLC, HPLC Post Column Derivatization, GC-MS และ LC-MS/MS ผลปรากฏว่า ตรวจพบสารพิษตกค้างในคะน้า กวางตุ้ง และผักกาดหอม รวม 89 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 44.5 โดยพบในคะน้าร้อยละ 50 ในกวางตุ้งร้อยละ 49.2 และในผักกาดหอมร้อยละ 31.6 ตรวจพบสารพิษตกค้างรวม 16 ชนิด พบสาร cypermethrin บ่อยครั้งที่สุดถึงร้อยละ 27.5 ของจำนวนตัวอย่างผักใบทั้งหมดที่ทำการสำรวจ ปริมาณที่พบอยู่ในช่วง 0.02 – 8.81 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สารอื่นๆ ที่ตรวจพบได้แก่ chlorpyrifos, profenofos, methomyl, acetamiprid, carbendazim, metalaxyl, prothiophos, triazophos, pirimiphos, carbofuran, diazinon, dicrotophos, l-cyhalothrin และ dimethoate พบสารพิษตกค้างที่ห้ามใช้แล้วคือ endosulfan ใน

คะน้า จำนวน 1 ตัวอย่าง พืชที่พบสารพิษตกค้างสูงสุดคือ คะน้า พบสารพิษตกค้าง cypermethrin ที่ระดับ 8.81 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อย่างไรก็ตามค่ามาตรฐานสารพิษตกค้างของไทยและ Codex มีการกำหนดไว้ในผักทั้งสามชนิดนี้มีจำนวนค่า MRL น้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับค่า MRL ของสหภาพยุโรปและประเทศญี่ปุ่นแล้ว พบว่าเกินค่า MRL มากกว่าร้อยละ 10 จึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการสำรวจเฝ้าระวังสารพิษตกค้าง และให้ความรู้เกษตรกรให้มีการใช้สารเคมีอย่างถูกต้องและปลอดภัยต่อไป

6. คำนำ

พืชผัก หมายถึง พืชที่นำส่วนต่างๆ ของลำต้น ใบ ดอก ผล และราก มาบริโภค ส่วนใหญ่ส่วนต่างๆ ของพืชเหล่านี้จะมีลักษณะอ่อนนุ่ม อวบน้ำ เป็นอาหารที่ให้กำลังงานความแข็งแกร่งของร่างกาย อุดมด้วยสารอาหารจำนวนมากรวมทั้งเส้นใยที่ช่วยให้การย่อยอาหารเป็นไปอย่างปกติ (สุรชัย, 2535) พืชผักที่มีการปลูกและบริโภคในประเทศไทยสามารถจำแนกได้ 5 ชนิด ดังต่อไปนี้

1. ผักกินใบและลำต้น ได้แก่ หอมแบ่ง ขึ้นฉ่าย หน่อไม้ฝรั่ง ผักกาดขาว ผักกาดเขียวปลี ผักกาดหอม กะหล่ำปลี ผักกวางตุ้ง ผักคะน้า กะหล่ำปม ผักโขม ตังโอ๋ ผักชี ผักชีลาว ผักบุ้งจีน หน่อไม้ ถั่วงอก ถั่วหัวโต กุ่ยช่าย ใบกระเทียม แมงลัก กะเพรา โหระพา
2. ผักกินผล ได้แก่ กระเจี๊ยบเขียว กระเจี๊ยบแดง พริก มะเขือม่วง มะเขือยาว มะเขือเปราะ มะเขือพวง มะเขือเทศ ข้าวโพดฝักอ่อน แตงกวา แตงโมอ่อน ฟัก แฟง บวบ มะระ น้ำเต้า ฟักทอง มะละกอดิบ ขนุนอ่อน สะตอ กระถิน ลูกเนียง มะนาว มะกรูด มะอึก ถั่วฝักยาว ถั่วแขก ถั่วลันเตา ถั่วเหลือง
3. ผักกินราก ได้แก่ หัวผักกาด แครอท หัวบีท มันแกว มันเทศ มันสำปะหลัง กระชาย
4. ผักกินส่วนของลำต้นใต้ดิน ได้แก่ หอมหัวใหญ่ หอมแดง กระเทียม มันฝรั่ง ขิง ข่า มันฝรั่ง เผือก
5. ผักกินส่วนของดอกและช่อดอก ได้แก่ กะหล่ำปลี บร็อคโคลี แค กุ่ยช่าย หอม ขจร หัวปลี ขี้เหล็ก โสน

คะน้า (Kale หรือ Chinese broccoli) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea var alboglabra* Bail. อยู่ในตระกูล Cruciferae ถิ่นกำเนิดอยู่บริเวณตอนใต้และตอนกลางของประเทศจีน ปัจจุบันนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นพืชปีเดียวไม่มีเนื้อไม้ สูงได้ถึง 40 เซนติเมตร และสูง 1-2 เมตรเมื่อช่อดอกเจริญเติบโตเต็มที่ ผิวส่วนต่างๆ ของลำต้นมีลักษณะเรียบ และมีนวลจับ ระบบรากเป็นแบบรากแก้ว มีรากแขนงที่แข็งแรง มีลำต้นหลักหนึ่งต้น มีกิ่งแขนงผอมๆ เจริญออกมาทางด้านข้าง หรือส่วนบนของลำต้น การเรียงใบแบบสลับ แผ่นใบหนาแข็งมีก้านใบ ใบกว้างรูปไข่จนถึงเกือบกลม ขอบใบแบบหยักซี่ฟันและมีลักษณะเป็นคลื่นที่โคนใบมีติ่งยื่นออกมาทั้งสองด้าน ใบที่อยู่ทางด้านล่างมีขนาดเล็ก ช่อดอกแบบช่อกระจะ ยาว 30-40 เซนติเมตร ก้านดอกย่อยยาว 1-2 เซนติเมตร ดอกมีสีขาว อาจพบดอกสีเหลือง เส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 เซนติเมตร ดอกมี 4 ส่วนครบ มีเกสรเพศผู้ 6 อัน สั้น 2 อัน ยาว 4 อัน ผลแตกแบบผักกาดค่อนข้างกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 มิลลิเมตร เมล็ดมีรอยบุ๋ม

ขนาดเล็ก สามารถเก็บเกี่ยวโดยการถอนหรือตัดลำต้นจากแปลงปลูกตั้งแต่อายุ 3 สัปดาห์ จนถึงระยะออกดอกที่อายุ 45–55 วัน พื้นที่ปลูกในประเทศไทยปี พ.ศ. 2542-2543 ประมาณ 127,044 ไร่ ผลผลิต 235,663 ตัน

ผักกวางตุ้ง (Chinese kale) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica chinensis* var parachinensis Tsen. อยู่ในตระกูล Cruciferae ถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศจีน เป็นพืชที่มีการกลายพันธุ์จากผักกาดขาวปลี ภายหลังจากมีการนำผักกาดขาวปลีจากพื้นที่แถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียน มาปลูกในประเทศจีน เอเชียตะวันตก และมองโกเลีย ในปัจจุบันมีการปลูกผักกวางตุ้งในประเทศจีน ประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แถบอินโดจีน และพื้นที่บางส่วนของอินเดียตะวันตก พืชปีเดียวไม่มีเนื้อไม้ สูง 20-60 เซนติเมตร ลำต้นตั้งตรงอาจพบพวกที่ลำต้นมีลักษณะเลื้อย ลำต้นผอมมักมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 1 เซนติเมตร มีการแตกแขนง ใบเรียงซ้อนกันเป็นกระจุก 2-3 ใบ ก้านใบยาว แผ่นใบเป็นรูปช้อน หรือรูปขอบขนาน สีเขียวสด แผ่นใบเกลี้ยง ก้านใบสีเขียวจนถึงม่วงแดง ก้านใบเป็นร่องใบ ที่อยู่ทางด้านบนของลำต้นมักมีขนาดเล็กกว่าใบที่อยู่บริเวณส่วนกลางและส่วนล่างของลำต้นมาก ช่อดอกเป็นแบบช่อกระจะ ดอกย่อยเป็นดอกสมบูรณ์เพศ เส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร มีกลีบเลี้ยงสีเขียว 4 กลีบ กลีบดอกสีครีมจนถึงสีเหลืองสดรูปไวโอลิน 4 กลีบ มีเกสรเพศผู้ 6 อัน สั้น 2 อัน ยาว 4 อัน ผลแตกแบบผักกาด ผลผอมยาวได้ถึง 5 เซนติเมตร ปลายผลเป็นจะงอยผอมเรียวสั้นๆ มี 10-20 เมล็ด เมล็ดกลมสีน้ำตาลจนถึงสีดำ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 มิลลิเมตร ผิวเรียบ และมีลายเส้นเล็กๆ บริเวณสันขั้วเมล็ด ผักกวางตุ้งเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตและออกดอกได้ทั้งปี ในเขตอากาศแบบอบอุ่นและเขตร้อนชื้น แต่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพช่วงวันยาวของฤดูร้อนในเขตเส้นรุ้งที่ค่อนข้างสูง ต้องการแสงมากในการเจริญเติบโต ชอบดินร่วนปนทรายหรือดินเหนียวปนทรายที่มีธาตุอาหารสูง ค่า pH 5.5-6.5 สามารถเก็บเกี่ยวได้หลังจากปลูกประมาณ 30–40 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ที่นำมาปลูกด้วย ซึ่งมีอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมแตกต่างกันไป นิยมเก็บเกี่ยวโดยการถอนต้นทั้งหมดขึ้นจากดินแล้วตัดรากทิ้งภายหลัง พื้นที่ปลูกในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2542-2543 ประมาณ 92,029 ไร่ ผลผลิต 138,152 ตัน

ผักกาดหอม (Lettuce) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lactuca sativa* L. อยู่ในตระกูล Compositae ถิ่นกำเนิดอยู่บริเวณเอเชียไมเนอร์หรือเอเชียตะวันออกกลาง มีการนำมากินเป็นผักและใช้เป็นยารักษาโรค เมื่อ 4,500 ปีก่อนคริสตกาล เป็นผักที่นิยมรับประทานในอาณาจักรกรีกและโรมัน ผักกาดหอมกินใบ (leaf lettuce) เป็นที่นิยมในจีนและไต้หวัน ส่วนผักกาดหอมห่อ (head lettuce) นิยมนำมาทำผักสลัดเกือบทั่วโลก ผักกาดหอมเป็นพืชปีเดียวหรือสองปี ไม่มีเนื้อไม้ ผิวใบเรียบไม่มีขน มียาง ทรงพุ่มสูง 30-100 เซนติเมตร การเจริญเติบโตในระยะแรกใบจะเรียงซ้อนกันเป็นกระจุกคล้ายดอกกุหลาบ เมื่อออกดอกลำต้นจะยืดยาวและมีกิ่งแขนงแตกออกมา รากแก้วหยั่งลึกได้ถึง 1.5 เมตร รูปร่างใบ ขนาดและสีสันแตกต่างกันตามพันธุ์ ใบอาจไม่มีรอยเว้า หรือมีขอบใบหยักเว้าแบบขนนก แผ่นใบอาจม้วนและมีรอยย่น ก้านใบสั้น แผ่นใบสีเขียวหรือมีสีแดงจากสารแอนโทไซยานิน ช่อดอกอยู่รวมกันหนาแน่น เป็นช่อแยกแขนง (panicle) ที่มีช่อแขนงแบบช่อเชิงหลั่น โดยมีช่อดอกแบบช่อกระจุกแน่น (head) อยู่บนช่อแขนง

อีกชั้นหนึ่ง ในช่อกระจุกแน่นประกอบด้วยดอกย่อย 7-15 ดอกย่อย อาจมีได้มากถึง 35 ดอกย่อย วงใบประดับรองช่อดอกยาว 10-15 มิลลิเมตร มีใบประดับรูปใบหอกหรือรูปไข่จำนวน 3-4 แถวเรียงซ้อนกัน ดอกย่อยมีสีเหลืองเรียงซ้อนกันทางด้านบนของวงใบประดับ เกสรเพศผู้มี 5 อันเชื่อมติดกันเป็นวง เกสรเพศเมียมีปลายแยกเป็นสองแฉก ผลแห้งเมล็ดล่อนผอมเรียวรูปไข่กลับ ยาว 3-8 มิลลิเมตร ผิวเมล็ดมีรอย 5-7 ริ้วในแต่ละด้าน เปลือกเมล็ดสีขาว เหลืองซีด เทา หรือน้ำตาล ส่วนปลายผลเป็นจะงอยผอมเรียวสีขาวอ่อนนุ่ม 2 แถว สำหรับใช้ในการปลิวตามลมเพื่อแพร่กระจายพันธุ์ ผักกาดหอมสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิกลางวันเฉลี่ย 15-20 องศาเซลเซียส และอากาศเย็นในเวลากลางคืน ในเขตอากาศแบบร้อนชื้นสามารถปลูกผักกาดหอมให้ผลผลิตดีบนภูเขาสูง และปลูกบนพื้นที่ราบได้ในช่วงฤดูหนาว การปลูกผักกาดหอมห่อต้องมีอุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส จึงจะมีการห่อของส่วนยอด ผักกาดหอมที่ปลูกในเขตร้อนชื้นส่วนใหญ่จึงเป็นผักกาดหอมกินใบ และสายพันธุ์ใหม่ๆ ในปัจจุบันเป็นพืชที่ไม่ต้องตอบสนองต่อความยาวของวัน ซึ่งสายพันธุ์เก่านั้นเป็นพืชที่ต้องการช่วงวันยาวเป็นเวลานานในการกระตุ้นการออกดอก ผักกาดหอมสามารถเติบโตได้ในดินหลายชนิดที่มีโครงสร้างดีต่อการเจริญเติบโต มีธาตุอาหารสูง เก็บกักน้ำได้ดี เนื่องจากรากของผักกาดหอมมีขนาดเล็ก และสูญเสียน้ำได้ง่าย ดินที่ปลูกผักกาดหอมได้ดี คือ ดินร่วนปนทรายมีธาตุอาหารในรูปเกลือ แต่ไม่ชอบดินกรดที่มีค่า pH ต่ำกว่า 6 อายุเก็บเกี่ยวขึ้นกับสายพันธุ์และความต้องการของตลาด ผักกาดหอมกินใบ (leaf lettuce) มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 30-50 วันหลังเพาะเมล็ด ส่วนผักกาดหอมห่อ (head lettuce) มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 60-80 วันหลังเพาะเมล็ด (ไม่ปรากฏนามผู้แต่ง, 2557)

สำหรับคำแนะนำการใช้สารเคมีฆ่าแมลงศัตรูพืชในคะน้าและกวางตุ้ง ของกรมวิชาการเกษตร โดยกลุ่มวิจัยกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช (2555) ได้แนะนำให้ใช้สารเคมีเมื่อพบการระบาดที่ทำให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ (Economic threshold) ในอัตราแนะนำดังนี้

หนอนใยผัก : chlorfenapyr 10%SC อัตรา 20-40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, spinosad 12%SC อัตรา 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, Indoxacarb 15%SC อัตรา 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, fipronil 5%SC อัตรา 20-40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, prothiophos 50%EC อัตรา 30-40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, profenofos 50%EC อัตรา 30-40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, deltamethrin 3%EC อัตรา 10-20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, l-cyhalothrin 2.5%EC อัตรา 20-30 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, teflubenzuron 5%EC อัตรา 20-40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, chlorfluazuron 5%EC อัตรา 20-40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, flufenoxuron 5%EC อัตรา 20-40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, flubendiamide 20%WDG อัตรา 6-8 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร และ tolfenpyrad 16%EC อัตรา 30-40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร

หนอนแมลงวันชอนใบ : imidacloprid 10%SL อัตรา 20-30 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, fipronil 5%SC อัตรา 20-40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, cypermethrin 40%WP อัตรา 15-20 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร และ prothiophos 50%EC อัตรา 30-40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร

หนอนอื่นๆ ได้แก่ หนอนกระทู้ผัก และ หนอนกระทู้หอม : diflubenzuron 25%WP อัตรา 30-40 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร, triflumuron 25%WP อัตรา 30-40 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร, chlorfluazuron 5%EC อัตรา 20-40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, tebufenocide 20%F อัตรา 30-40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร และ chlorfenapyr 10%SC อัตรา 30-40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร

ด้วงหมัดผัก : carbaryl 85%WP อัตรา 40-60 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร, carbosulfan 20%EC อัตรา 50-75 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, prothiophos 50%EC อัตรา 30-40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, profenofos 50%EC อัตรา 30-40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร และ fipronil 5%SC อัตรา 20-40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร

Sharma and et. al. (2010) กล่าวไว้ว่า สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมีความคงทนในสิ่งแวดล้อมต่ำและสามารถกำจัดศัตรูพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ เกษตรกรจึงนิยมใช้สารกลุ่มนี้กันอย่างมากทั้งในผักและผลไม้ เมื่อมีการใช้สารเคมีกันอย่างแพร่หลายและต่อเนื่อง ย่อมส่งผลให้เกิดปัญหาสารพิษตกค้างตามมา จากรายงานผลการค้นคว้าวิจัยของกองวัตถุมีพิษการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ปี พ.ศ.2537 ได้สำรวจคะน้าจำนวน 26 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง 11 ตัวอย่าง หรือร้อยละ 42 พบสารพิษ 9 ชนิด ในปริมาณ 0.01–7.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ศิริพันธ์ และ บัณฑิต, 2540) จึงได้สุ่มสำรวจอีกในปี พ.ศ. 2538–2539 เป็นตัวอย่างคะน้าจำนวน 40 ตัวอย่าง และผักกวางตุ้งจำนวน 42 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง 19 และ 11 ตัวอย่าง โดยพบสารพิษตกค้าง 9 และ 6 ชนิด ในปริมาณ น้อยกว่า 0.01–5.07 และน้อยกว่า 0.01–0.14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในคะน้าและกวางตุ้ง ตามลำดับ (ศิริพันธ์, 2540) หลังจากนั้นในปี 2543–2544 จินตนา และคณะ (2545) ได้สำรวจคะน้าและกวางตุ้งจำนวน 155 และ 100 ตัวอย่าง ตรวจพบสารพิษตกค้างร้อยละ 69 และ 49 ตามลำดับ โดยพบสารพิษตกค้างชนิดต่างๆ จำนวน 14 และ 11 ชนิด ในปริมาณน้อยกว่า 0.01–3.64 และ น้อยกว่า 0.01–6.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยพบสารพิษตกค้างบ่อยที่สุดคือ methamidophos ซึ่งได้ประกาศห้ามใช้ไปเมื่อปี พ.ศ. 2546 แล้ว และพบสารพิษตกค้าง cypermethrin และ chlorpyrifos ในลำดับรองลงมา ซึ่งพบว่ามีตัวอย่างคะน้าที่พบ cypermethrin ตกค้างเกินค่า MRL 8 ตัวอย่าง หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2552 ลมัย และคณะ (2553) ได้สำรวจคะน้าและกวางตุ้งอีกครั้ง พบสารพิษตกค้างร้อยละ 66.7 และ 55.2 ในปริมาณ 0.01–2.28 และ 0.01–4.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และยังคงตรวจพบสารพิษตกค้าง cypermethrin, chlorpyrifos, profenofos และ EPN ส่วนผักกาดหอมนั้นเป็นผักใบที่มีการตรวจหาสารพิษตกค้างกันน้อยมากในประเทศไทย เนื่องจากในผักกาดหอมมีสารไล่แมลงอยู่แล้ว จึงคาดว่าจะมีการใช้สารเคมีฆ่าแมลงกันน้อย แต่ในต่างประเทศผักกาดหอมเป็นผักสลัดรับประทานสดที่นิยมกันมาก แม้จะมีการใช้สารฆ่าแมลงกันน้อยแต่ก็มีการใช้สารป้องกันกำจัดเชื้อราโรคพืชจึงสามารถพบสารพิษตกค้างได้ ในประเทศ Slovenia ตรวจพบสารพิษตกค้างในผักกาดหอมร้อยละ 17 ในปี ค.ศ. 2005–2009 (Slovenia, 2012) ปริมาณสารพิษตกค้างที่มีค่าสูงๆ มักตรวจพบในผักใบดังเช่นผักกาดหอมในสหภาพยุโรป (EFSA, 2013) สำหรับ Canadian Food Inspection Agency ของประเทศแคนาดา (2014) ได้สุ่มตรวจพืชในปี 2009–2010 รวม 4 ชนิด ได้แก่ แอปเปิ้ล เบอร์รี่ มะเขือเทศ และผักกาดหอม รวม 3,078 ตัวอย่าง พบ

สารพิษตกค้างในผักกาดหอมร้อยละ 28.2 จาก 525 ตัวอย่าง แต่ทั้งหมดที่พบมีตัวอย่างน้อยกว่าร้อยละ 1 ที่พบสารพิษตกค้างเกินค่ามาตรฐาน แต่ในประเทศไทยจะเห็นได้ว่าร้อยละของการตรวจพบสารพิษตกค้างไม่ได้ลดลง เกษตรกรยังคงมีการใช้สารเคมีอย่างต่อเนื่องอันเนื่องจากพืชผักเหล่านี้มีอายุสั้นและมีศัตรูรบกวนจำนวนมาก วิธีที่ได้ผลอย่างรวดเร็วคือการใช้สารเคมีทางการเกษตร อย่างไรก็ตาม การติดตามตรวจสอบชนิดของสารพิษตกค้างที่พบก็เป็นสิ่งสำคัญที่จะบ่งบอกได้ว่า เกษตรกรมีการใช้สารชนิดใหม่ๆ ที่ออกฤทธิ์เฉพาะศัตรูพืช ป้องกันศัตรูพืชสร้างความต้านทานและเป็นสารที่สลายตัวเร็ว ข้อมูลเหล่านี้จะสามารถนำไปบริหารจัดการการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรได้อย่างดี ตราบใดที่เกษตรกรยังมีความจำเป็นจะต้องใช้สารเคมีในการผลิตพืช

7. วิธีดำเนินการ

7.1 สารเคมีและอุปกรณ์ :

7.1.1 วัตถุอันตรายทางการเกษตรรวม 87 ชนิด ได้แก่ กลุ่มออร์กาโนคลอรีน 3 ชนิด กลุ่มไพรีทรอยด์ 7 ชนิด กลุ่มคาร์บาเมต 12 ชนิด กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 27 ชนิด และข้อมูลชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างที่ได้ทดสอบแล้วและบันทึกไว้ใน Library ของ GC-MS และ LC-MS/MS อีก 32 ชนิด ได้แก่

7.1.1.1 กลุ่มออร์กาโนคลอรีน 3 ชนิด ได้แก่ a-endosulfan, b-endosulfan และ endosulfan sulphate

7.1.1.2 กลุ่มไพรีทรอยด์ 7 ชนิด ได้แก่ bifenthrin, cyfluthrin, cypermethrin, deltamethrin, fenvalerate, l-cyhalothrin และ permethrin

7.1.1.3 กลุ่มคาร์บาเมต 12 ชนิด ได้แก่ benfuracarb, carbaryl, 3-OH-carbofuran, carbofuran, carbosulfan, fenobucarb, isoprocarb, methiocarb, methomyl, pirimicarb, promecarb และ propoxur

7.1.1.4 กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 27 ชนิด ได้แก่ acephate, azinphos, DDVP, chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl, diazinon, dicrotophos, dimethoate, EPN, ethion, ethoprophos, fenitrothion, fenthion, malathion, methamidophos, methidathion, mevinphos, monocrotophos, omethoate, parathion, parathion-methyl, pirimiphos, pirimiphos-methyl, phosalone, profenofos, prothiophos และ triazophos

7.1.1.5 สารป้องกันกำจัดโรคพืช สารกำจัดวัชพืช และสารอื่นๆ อีก 38 ชนิด ได้แก่ azoxystrobin, benalaxyl, carbendazim, cyproconazole (1), cyproconazole (2), dichlofluanid, difenoconazole (1), difenoconazole (2), dimethomorph (1), dimethomorph (2),

fenarimol, metalaxyl, pencycuron, propiconazole (1), propiconazole (2), propiconazole (E,Z), prochloraz, spiromesifen, tebuconazole, thiabendazole, triadimenol, tolylfluanid, acetochlor, alachlor, ametryn, bensulfuron-methyl, bromacil, chlorpropham, diuron, haloxyfop-methyl, propanil, acetamiprid, chlorfluazuron, flufenoxuron, paclobutrazol, pyridaben, tebufenocide และ thiacloprid

7.1.2 อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างผักใบ

7.1.3 เครื่องแก้วและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัดและการเตรียมสารมาตรฐาน

7.1.4 สารเคมีชนิดต่างๆ ได้แก่ acetone, dichloromethane, n-hexane, ethyl acetate, acetonitrile, methanol, sodium sulfate anhydrous, PSA, Envi-carb ชนิด analytical และ pesticide residue grade

7.1.5 สารเคมีสำหรับทำ derivatization สำหรับวิเคราะห์ด้วย HPLC-Post column derivatization

7.1.6 เครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ เช่น เครื่องชั่ง, Homogenizer, rotary vacuum evaporator, nitrogen evaporator

7.1.7 เครื่องมือวิเคราะห์ชนิด GC-FPD, ECD, NPD, HPLC- Post column derivatization, GC-MSD (Mass Selective Detector) และ LC-MS/MS (Liquid Chromatograph High Resolution Mass Spectrometer)

7.2 วิธีการ : สุ่มตัวอย่างจากแปลงปลูกพืชของเกษตรกรและจุดรวบรวมผลผลิตจากแหล่งต่างๆ ของประเทศ จาก 35 จังหวัด รวมทั้งหมด 200 ตัวอย่าง (เป้าหมาย 100 ตัวอย่าง) เป็นผักคะน้า กวางตุ้ง และผักกาดหอม จำนวน 76, 67 และ 57 ตัวอย่าง ตามลำดับ นำมาวิเคราะห์สารพิษตกค้างในห้องปฏิบัติการสารพิษตกค้าง กลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ

การเตรียมตัวอย่างและการสกัดตัวอย่างโดยสุ่มตัวอย่างผักจากตำแหน่งที่ปลูกอย่างน้อย 12 จุด ในพื้นที่แปลงปลูก หรือสุ่มจากผักที่บรรจุถุงแล้วของจุดรวบรวมผลผลิตหรือตลาดขายส่ง อย่างน้อย 2 กิโลกรัม หั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปปั่นละเอียดอีกครั้งด้วยเครื่องเตรียมตัวอย่าง (Lab Micronizer) คนให้เข้ากันแล้วสุ่มชั่งตัวอย่างละ 25±0.1 กรัม เก็บสำรองไว้ใน freezer ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ สกัดหาสารพิษตกค้าง ตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Steinwandter (1985) โดยชั่งตัวอย่างผักที่บดแล้ว 25±0.1 กรัม ใส่ beaker สำหรับสกัด นำมาสกัดโดยปั่นกับ acetone 50 ml ด้วยเครื่อง homogenizer นาน 1 นาที ที่ความเร็ว 13,000 รอบต่อนาที แล้วเติม dichloromethane 40 ml และ sodium chloride 8 กรัม ปั่นอีกครั้งนาน 1 นาที เติม sodium sulfate anhydrous 25 กรัม เขย่าเบาๆ แล้วตั้งทิ้งไว้ 10

นาที เทส่วนใสปริมาตร 50 ml นำสารละลายที่ได้กรองผ่าน sodium sulfate anhydrous 20 กรัม นำไปลดปริมาตรด้วยเครื่องระเหยสารละลายที่ตั้งอุณหภูมิไว้ 40°C จนเกือบแห้ง ปรับปริมาตรเป็น 5 ml ด้วย ethyl acetate (PR) ถ้าปริมาตรเกินให้ลดปริมาตรด้วยการเป่าด้วยไนโตรเจน และถ่ายลงใน vial สำหรับการวิเคราะห์สารพิษตกค้างด้วย GC (FPD และ NPD) บางส่วนนำไปกำจัดสิ่งปนเปื้อน (cleanup) และวิเคราะห์ด้วย GC-ECD และ GC-MS มีการทำ calibration curve โดยนำสารละลายมาตรฐาน ที่มีความเข้มข้น 0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0 และ 2.0 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร อย่างน้อย 4 ความเข้มข้น ขึ้นกับชนิดของสารและเทคนิคที่วิเคราะห์ ฉีดเข้าเครื่อง GC ที่มีสภาวะการใช้งานที่เหมาะสม สำหรับตัวอย่างที่เตรียมเพื่อวิเคราะห์ด้วย HPLC นำไปเติม PSA และ EnviCarb เขย่าด้วย shaker และปั่นให้ตกตะกอนด้วย centrifuge กรองผ่านแผ่นกรอง (membrane) ขนาด 0.2 ไมครอน แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วย HPLC Post Column Derivatization และ LC-MS/MS ที่มีสภาวะการใช้งานที่เหมาะสม

คำนวณปริมาณสารพิษตกค้าง โดยวัดค่า retention time ของพีค เปรียบเทียบกับโครมาโตแกรม และ Calibration curve ของสารมาตรฐาน และคำนวณความเข้มข้นของสารพิษตกค้างในสารละลายตัวอย่าง โดยโปรแกรมสำเร็จรูปจากสมการ Linear Regression และต้องมีค่า Correlation ไม่น้อยกว่า 0.99 หาความเข้มข้นของสารในตัวอย่างตามสูตร ดังต่อไปนี้

$$C_{sample} = C_{calib.} \times V_{sample} \times F / W_{sample}$$

โดยที่ C_{sample} = ความเข้มข้นของสารพิษในสารละลายตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

$C_{calib.}$ = ความเข้มข้นของสารพิษในสารละลายตัวอย่าง ที่ได้จากการเทียบ Calibration curve

ใน GC/LC Report (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ดังนี้

$$C_{calib.} = \frac{\text{Area of sample x Conc. of Standard}}{\text{Area of Standard}}$$

V_{sample} = ปริมาตรที่ปรับครั้งสุดท้ายของสารละลายตัวอย่างก่อนการฉีด (มิลลิลิตร)

W_{sample} = น้ำหนักตัวอย่างที่นำมาสกัด (กรัม)

F = Correction Factor = 90ml/50ml

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ แปรผลข้อมูลและสรุปข้อมูลช่วงความเข้มข้นของสารพิษตกค้างที่ตรวจพบ และเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานสารพิษตกค้าง

เวลาและสถานที่ : ระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่ ตุลาคม 2555 – กันยายน 2556 วิเคราะห์สารพิษตกค้าง ณ ห้องปฏิบัติการสารพิษตกค้าง กลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรุงเทพฯ

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

8.1 การสุ่มตัวอย่างและสารพิษตกค้างที่วิเคราะห์ : สุ่มตัวอย่างผักใบ 3 ชนิด ได้แก่ คะน้า กวางตุ้ง และผักกาดหอม จากแปลงปลูกพืชของเกษตรกรและจุดรวบรวมผลผลิตจากแหล่งต่างๆ ของประเทศ รวม 35 จังหวัด (ดังแสดงในตารางที่ 1) จำนวนทั้งสิ้น 200 ตัวอย่าง จำแนกเป็นผักคะน้า กวางตุ้ง และผักกาดหอม จำนวน 76, 67 และ 57 ตัวอย่างจากจำนวนตัวอย่างเป้าหมายจากแปลงปลูก 100 ตัวอย่าง แต่เนื่องจากไม่สามารถหาแปลงปลูกผักที่กำลังจะเก็บเกี่ยวและตรงกับช่วงเวลาของการเดินทางไปสำรวจได้ครบทั้งหมด คงได้ตัวอย่างผักจากแปลงปลูกจำนวนรวม 62 ตัวอย่าง จำแนกเป็น 24, 24 และ 14 ตัวอย่างจากผักคะน้า กวางตุ้ง และผักกาดหอม ตามลำดับ จึงได้สุ่มสำรวจตัวอย่างเพิ่มเติมจากจุดรวบรวมผลผลิต โดยเฉพาะตลาดขายส่งของแต่ละจังหวัดที่สำรวจ นำมาตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต คาร์บาเมท ไพรีทรอยด์ สารพิษตกค้างของสารป้องกันกำจัดโรคพืชบางชนิด สารกำจัดวัชพืชบางชนิด และสารฆ่าแมลงชนิดอื่นๆ รวม 87 ชนิด (ดังแสดงในตารางที่ 2) ด้วยเทคนิคทางโครมาโตกราฟฟี โดยใช้ GC-ECD-FPD-NPD, HPLC, HPLC Post Column Derivatization, GC-MS และ LC-MS/MS ผลปรากฏดังนี้

ตารางที่ 1 จังหวัดที่เดินทางสำรวจตัวอย่างผักใบ 3 ชนิด

ภาคเหนือ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคกลางและตะวันออก	ภาคใต้
เชียงใหม่	กาฬสินธุ์	กาญจนบุรี ชลบุรี	ชุมพร
ตาก	ขอนแก่น	ชัยนาท นครปฐม	นครศรีธรรมราช
นครสวรรค์	นครราชสีมา	นนทบุรี ปทุมธานี	ประจวบคีรีขันธ์
พิจิตร	บุรีรัมย์	ระยอง	สงขลา
พิษณุโลก	ยโสธร	ราชบุรี	สุราษฎร์ธานี
ลำปาง	ร้อยเอ็ด	ลพบุรี	
ลำพูน	ศรีสะเกษ	สุพรรณบุรี	
สุโขทัย	สุรินทร์	อยุธยา	
อุตรดิตถ์	อุบลราชธานี	อ่างทอง	

ตารางที่ 2 ชนิดของสารพิษตกค้างที่ทำการวิเคราะห์ 87 ชนิด

กลุ่มสารที่วิเคราะห์	**ชนิดสารที่ตรวจวิเคราะห์**

กลุ่มออร์กาโนคลอรีน (3 ชนิด)	a-endosulfan, b-endosulfan และ endosulfan sulphate
กลุ่มไพรีทรอยด์ (7 ชนิด)	bifenthrin, cyfluthrin, cypermethrin, deltamethrin, fenvalerate, l-cyhalothrin และ permethrin
กลุ่มคาร์บาเมต (12 ชนิด)	benfuracarb, carbaryl, 3-OH-carbofuran, carbofuran, carbosulfan, fenobucarb, isoprocarb, methiocarb, methomyl, pirimicarb, promecarb และ propoxur
กลุ่มสารที่วิเคราะห์	**ชนิดสารที่ตรวจวิเคราะห์**
กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (27 ชนิด)	acephate, azinphos, DDVP, chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl, diazinon, dicrotophos, dimethoate, EPN, ethion, ethoprophos, fenitrothion, fenthion, malathion, methamidophos, methidathion, mevinphos, monocrotophos, omethoate, parathion, parathion-methyl, pirimiphos, pirimiphos-methyl, phosalone, profenofos, prothiophos และ triazophos
สารป้องกันกำจัดโรคพืช (22 ชนิด)	azoxystrobin, benalaxyl, carbendazim, cyproconazole (1), cyproconazole (2), dichlofluanid, difenoconazole (1), difenoconazole (2), dimethomorph (1), dimethomorph (2), fenarimol, metalaxyl, pencycuron, propiconazole (1), propiconazole (2), propiconazole (E,Z), prochloraz, spiromesifen, tebuconazole, thiabendazole, triadimenol, และ tolylfluanid
สารกำจัดวัชพืช (9 ชนิด)	acetochlor, alachlor, ametryn, bensulfuron-methyl, bromacil, chlorpropham, diuron, haloxyfop-methyl และ propanil
สารกำจัดไร (7 ชนิด)	acetamiprid, chlorfluazuron, flufenoxuron, paclobutrazol, pyridaben, tebufenozide และ thiacloprid

8.2 สารพิษตกค้างในคะน้า : สุ่มตรวจคะน้าจำนวน 76 ตัวอย่าง ตรวจพบสารพิษตกค้าง 38 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 50 พบสารพิษตกค้าง 14 ชนิด ตรวจพบ cypermethrin ตกค้างในคะน้าจำนวน 24 ตัวอย่าง (31.6%) รองลงไปได้แก่ chlorpyrifos, profenofos, methomyl, acetamiprid, carbendazim, metalaxyl, prothiophos, l-cyhalothrin, endosulfan, carbofuran, diazinon,

dicrotophos และ triazophos ในปริมาณน้อยกว่า 0.01 – 8.81 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ดังแสดงในตารางที่ 3) ปริมาณสูงที่สุดนี้ตรวจพบในตัวอย่างคะน้าจากอำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ซึ่งพบ chlorpyrifos และ triazophos ตกค้างอยู่ด้วย และเป็นเพียงตัวอย่างเดียวที่พบสารพิษตกค้าง triazophos ในปริมาณ 1.26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ปลอดภัยและค่ามาตรฐานสารพิษตกค้างของไทย (มกอช., 2551) ก็ไม่ได้กำหนดค่าไว้ ตัวอย่างคะน้าที่พบสารพิษตกค้างมากชนิดที่สุดคือตัวอย่างคะน้าจากพระนครศรีอยุธยา ซึ่งพบสารพิษตกค้าง 4 ชนิด ได้แก่ cypermethrin, chlorpyrifos, profenofos และ prothiophos แต่พบในปริมาณที่ไม่มากนักคือ 0.02, 0.04, 0.11 และ 0.26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ นั่นหมายถึงเกษตรกรอาจใช้สารสลับกันไป ไม่ใช้ชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงอย่างเดียวเพื่อไม่ให้พบสารพิษตกค้างในปริมาณมาก แต่ค่ามาตรฐานสารพิษตกค้างของไทยก็ไม่ได้กำหนดค่าไว้ทั้ง 4 ชนิด แม้กลุ่มวิจัยกีฏและสัตววิทยา (2553) ได้แนะนำให้ใช้ 3 ชนิดยกเว้น chlorpyrifos ที่ไม่ได้แนะนำให้ใช้ เมื่อไม่มีการกำหนดค่ามาตรฐานก็ควรตรวจพบได้ไม่เกินค่า detection limit ของวิธีการตรวจวิเคราะห์ หรือเท่ากับ 0.01 หรือ 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เท่านั้น นอกจากนี้ยังพบสารพิษตกค้าง cypermethrin สูงถึง 5.67, 4.09, 2.07, 1.40, 1.24 และ 1.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในตัวอย่างคะน้าจากแปลงปลูกที่ระยะเก็บเกี่ยวจากอำเภอเมือง จังหวัดลำปาง, อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี, อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม, อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก, อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น และอำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ตามลำดับ พบสารพิษตกค้าง chlorpyrifos สูงสุดคือ 1.93 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในตัวอย่างคะน้าจากอำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี แสดงให้เห็นถึงยังมีเกษตรกรในหลายจังหวัดมีการใช้สารในปริมาณที่มากเกินไป อันอาจก่อให้เกิดอันตรายกับการบริโภค และนอกจากนี้ยังพบสารพิษตกค้าง endosulfan จากตัวอย่างคะน้าในอำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ในปริมาณ 0.59 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แสดงให้เห็นว่ายังมีการใช้สารที่ห้ามใช้แล้วเป็นการกระทำที่ผิดกฎหมายอีกด้วย อย่างไรก็ตาม ร้อยละของการตรวจพบสารพิษตกค้างในภาพรวมที่ระดับร้อยละ 50 ได้ลดลงจากร้อยละ 66.7 ในปี 2552 (ลมัย และคณะ, 2553) และร้อยละ 69 ในการสำรวจปี 2543–2544 (จินตนา และคณะ, 2545) แต่ไม่แตกต่างจากผลการสำรวจในปี 2538–2539 ที่ตรวจพบสารพิษตกค้างในคะน้าร้อยละ 47.5 (ศิริพันธ์, 2540) อย่างไรก็ตามจำนวนชนิดสารพิษตกค้างที่พบ 14 ชนิด มีมากกว่าที่พบในอดีตที่พบเพียง 8–9 ชนิดเท่านั้น อาจเนื่องจากมีสารเคมีให้ใช้มากชนิดขึ้นและการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคโนโลยีที่สูงขึ้นด้วย GC-MS และ LC-MS/MS ทำให้สามารถตรวจพบสารพิษได้มากชนิดขึ้นจากที่เคยใช้เพียง GC และ HPLC เท่านั้น อย่างไรก็ตาม ร้อยละของการตรวจพบสารพิษตกค้างในภาพรวมที่ระดับร้อยละ 50 ได้ลดลงจากร้อยละ 66.7 ในปี 2552 (ลมัย และคณะ, 2553) และร้อยละ 69 ในการสำรวจปี 2543–2544 (จินตนา และคณะ, 2545) แต่ไม่แตกต่างจากผลการสำรวจในปี 2538–2539 ที่ตรวจพบสารพิษตกค้างในคะน้าร้อยละ 47.5 (ศิริพันธ์, 2540)

ตารางที่ 3 ผลการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในคะน้า พ.ศ. 2555-2556

สารพิษที่พบ	จำนวนตัวอย่างที่พบ	%ที่พบ	ต่ำสุด*	สูงสุด*
cypermethrin	24	31.6	0.02	8.81
chlorpyrifos	10	13.2	0.03	1.93
profenofos	9	11.8	0.06	0.65
methomyl	4	5.3	0.002	0.01
acetamiprid	2	2.6	0.052	0.416
carbendazim	2	2.6	0.004	0.019
metalaxyl	2	2.6	0.01	0.135
prothiophos	2	2.6	0.2	0.26
l-cyhalothrin	1	1.3	-	0.04
endosulfan	1	1.3	-	0.59
carbofuran	1	1.3	-	0.258
diazinon	1	1.3	-	0.02
dicrotophos	1	1.3	-	0.57
triazophos	1	1.3	-	1.26

* หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

8.3 สารพิษตกค้างในผักกวางตุ้ง : สุ่มตัวอย่างผักกวางตุ้งจำนวน 67 ตัวอย่าง ตรวจพบสารพิษตกค้าง 33 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 49.2 พบสารพิษตกค้าง 10 ชนิด เรียงตามลำดับจากจำนวนที่พบบ่อยที่สุดไปถึงน้อยที่สุด ได้แก่ cypermethrin, profenofos, chlorpyrifos, methomyl, carbendazim, acetamiprid, metalaxyl, prothiophos, l-cyhalothrin และ dimethoate (ดังแสดงในตารางที่ 4) พบว่าสารพิษตกค้าง cypermethrin ยังคงเป็นสารที่พบตกค้างบ่อยที่สุดจำนวน 23 ตัวอย่าง หรือคิดเป็นร้อยละ 34.3 และพบตกค้างในปริมาณสูงที่สุดอีกด้วย (5.87 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สอดคล้องกับปริมาณนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตรในรอบ 5 ปีที่ผ่านมา (ดังแสดงในตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 ผลการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผักกวางตุ้ง พ.ศ. 2555-2556

สารพิษที่พบ	จำนวนตัวอย่าง	%ที่พบ	ต่ำสุด*	สูงสุด*
cypermethrin	23	34.3	0.02	5.87
profenofos	9	13.4	0.05	4.46
chlorpyrifos	7	10.4	0.02	1.44
methomyl	7	10.4	<0.01	0.97
carbendazim	4	6.0	<0.01	0.28
acetamiprid	1	1.5	-	0.41

metalaxyl	1	1.5	-	0.02
prothiophos	1	1.5	-	0.05
l-cyhalothrin	1	1.5	-	0.01
dimethoate	1	1.5	-	0.13

* หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 5 ปริมาณการนำเข้าวัตถุอันตรายชนิด cypermethrin และอันดับการนำเข้าสารฆ่าแมลง ในช่วงปี พ.ศ. 2551-2555

รายการ	2551	2552	2553	2554	2555
ปริมาณนำเข้า (ตัน)	932.2	748.4	860.4	1204.7	422.8
มูลค่าการนำเข้า (ล้านบาท)	281.4	239.2	267.6	388.4	148.9
Active Ingredient (ตัน)	856.3	677.2	791.5	1011.9	334.4
อันดับนำเข้าของสารฆ่าแมลง	3	7	4	3	5

8.4 สารพิษตกค้างในผักกาดหอม : สุ่มตัวอย่างผักกาดหอมจำนวน 57 ตัวอย่าง ตรวจพบสารพิษตกค้าง 18 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 31.6 พบสารพิษตกค้าง 8 ชนิด เรียงตามลำดับจากจำนวนที่พบบ่อยที่สุดไปถึงน้อยที่สุด ได้แก่ cypermethrin, chlorpyrifos, methomyl, carbendazim, acetamiprid, profenofos, pirimiphos และ carbofuran (ดังแสดงในตารางที่ 6) พบว่าสารพิษตกค้าง cypermethrin ยังคงเป็นสารที่พบตกค้างบ่อยที่สุดจำนวน 8 ตัวอย่าง หรือคิดเป็นร้อยละ 14

ตารางที่ 6 ผลการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผักกาดหอม พ.ศ. 2555-2556

สารพิษที่พบ	จำนวนตัวอย่าง	%ที่พบ	ต่ำสุด*	สูงสุด*
cypermethrin	8	14.0	0.05	5.83
chlorpyrifos	3	5.3	0.01	0.33
methomyl	3	5.3	0.008	0.428
carbendazim	2	3.5	0.002	0.038
acetamiprid	1	1.8	-	0.374
profenofos	1	1.8	-	0.14
pirimiphos	1	1.8	-	0.11
carbofuran	1	1.8	-	0.01

* หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

8.5 การเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานสารพิษตกค้าง : ค่ามาตรฐานสารพิษตกค้างของไทยที่กำหนดไว้ในคะน้า กวางตุ้ง และผักกาดหอม ยังมีเพียง 2 ค่า ได้แก่ diazinon 0.05 mg/kg และ metalaxyl 2 mg/kg (มกอช., 2551) ดังนั้นเมื่อต้องการประเมินความเสี่ยงของสารพิษตกค้างในอาหารต้องใช้ค่า Acute Reference Dose (ARfD) ของสารชนิดนั้น คำนวณร่วมกับปริมาณการบริโภคต่อวัน และค่าปริมาณสารพิษตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่าง ซึ่งเป็นสิ่งที่ค่อนข้างยากเมื่อการประเมินการบริโภคต่อคนต่อวันยังมีความแตกต่างกันมาก แต่ทางหนึ่งที่จะสามารถทราบได้คือการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานสารพิษตกค้างในพืชจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ Codex MRL, EU-MRL และ Japan Positive Lists สำหรับ Codex MRL ก็จัดตั้งไว้สมบูรณ์ในพืช 3 ชนิดนี้ คือ cypermethrin 0.7 mg/kg กำหนดให้ carbendazim และ diazinon ในผักกาดหอมเท่ากับ 5 และ 0.5 mg/kg ตามลำดับ และกำหนด chlorpyrifos ในผักกวางตุ้งไว้เท่ากับ 1 mg/kg เท่านั้น จึงต้องใช้ค่า EU-MRL (ดังแสดงในตารางที่ 7) และ Japan-MRL (ดังแสดงในตารางที่ 8) เป็นค่าเปรียบเทียบความปลอดภัยในการบริโภค พบว่าตัวอย่างคะน้า กวางตุ้ง และผักกาดหอม พบสารพิษตกค้างในคะน้าเกินค่าปลอดภัยจำนวน 32 และ 21 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้างในผักกวางตุ้งเกินค่าปลอดภัยจำนวน 25 และ 18 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้างในผักกาดหอมเกินค่าปลอดภัยจำนวน 6 และ 6 ตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานสารพิษตกค้างของสหภาพยุโรปและประเทศญี่ปุ่น ตามลำดับ โดยตรวจพบสารพิษตกค้างของ cypermethrin และ profenofos เกินค่า MRL มากที่สุด

ตารางที่ 7 ค่ามาตรฐานสารพิษตกค้างในคะน้า กวางตุ้ง และผักกาดหอม ของสหภาพยุโรป

Pesticide Residues	Kale	Chinese Kale	Lettuce
acetamiprid	0.01*	0.01*	5
carbendazim	0.1*	0.1*	0.1*
carbofuran	0.01*	0.01*	0.01*
chlorpyrifos	0.05*	0.05*	0.05*
cypermethrin	1	1	2
diazinon	0.01*	0.01*	0.01*
dimethoate	0.02*	0.02*	0.02*
endosulfan	0.05*	0.05*	0.05*
l-cyhalothrin	1	1	1

metalaxyl	0.2	0.05*	3
methomyl	0.02*	0.02*	0.2
pirimiphos-methyl	0.05*	0.05*	0.05*
profenofos	0.01*	0.01*	0.01*
prothiophos	-**	-	-
triazophos	0.01*	0.01*	0.01*

หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม *ค่าต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (detection limit) **- ต้องตรวจไม่พบ

ตารางที่ 8 ค่ามาตรฐานสารพิษตกค้างในคะน้า กวางตุ้ง และผักกาดหอม ของประเทศญี่ปุ่น

Pesticide Residues	Kale	Chinese Kale	Lettuce
acetamiprid	5	5	5
carbendazim	3	3	3
carbofuran	0.5	0.5	0.5
chlorpyrifos	1	1	0.1
cypermethrin	1	5	2
diazinon	0.05	0.2	0.1
dimethoate	1	1	2
endosulfan	1	0.5	1
l-cyhalothrin	0.5	0.5	2
metalaxyl	-*	0.7	2
methomyl	-	-	-
pirimiphos-methyl	1	1	1
profenofos	0.05	0.05	0.05
prothiophos	-	-	-
triazophos	-	-	-

หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม *- ไม่ได้กำหนดค่าไว้ ต้องตรวจไม่พบสารพิษตกค้าง

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สุ่มตัวอย่างผักใบ 3 ชนิด ได้แก่ คะน้า กวางตุ้ง และผักกาดหอม จากแปลงปลูกพืชของเกษตรกรและจุดรวบรวมผลผลิตจากแหล่งต่างๆ ของประเทศ รวม 35 จังหวัด จำนวนทั้งสิ้น 200 ตัวอย่าง นำมาตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต คาร์บาเมท ไพรีทรอยด์ สารพิษตกค้างของสารป้องกันกำจัดโรคพืชบางชนิด สารกำจัดวัชพืชบางชนิด และสารฆ่าแมลงชนิดอื่นๆ รวม 119 ชนิด ด้วยเทคนิคทางโครมาโตกราฟฟี โดยใช้ GC-ECD-FPD-NPD, HPLC, HPLC Post Column Derivatization, GC-MS และ LC-MS/MS ผลปรากฏว่า ตรวจพบสารพิษตกค้างในคะน้า กวางตุ้ง และผักกาดหอม รวม 89 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 44.5 โดยพบในคะน้าร้อยละ 50 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน MRL แล้ว ค่า Thai-MRL กำหนดไว้ในผักกินใบเพียง 2 ชนิดเท่านั้น ต้องเปรียบเทียบกับค่า MRL อื่นที่ยอมรับได้ พบว่าเกินค่ามาตรฐานของประเทศญี่ปุ่นจำนวน 21 ตัวอย่างหรือร้อยละ 27.6 ของตัวอย่างคะน้าทั้งหมดที่สำรวจ ในกวางตุ้งพบตกค้างร้อยละ 49.2 เกินค่า Japan-MRL จำนวน 18

ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 26.9 และในผักกาดหอมพบสารพิษตกค้างร้อยละ 31.6 เกินค่า Japan-MRL จำนวน 6 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 10.5 ตรวจพบสารพิษตกค้างรวม 16 ชนิด พบสาร cypermethrin บ่อยครั้งที่สุดถึงร้อยละ 27.5 ของจำนวนตัวอย่างผักใบทั้งหมดที่ทำการสำรวจ ปริมาณที่พบอยู่ในช่วง 0.02 – 8.81 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สารอื่นๆ ที่ตรวจพบได้แก่ chlorpyrifos, profenofos, methomyl, acetamiprid, carbendazim, metalaxyl, prothiophos, triazophos, pirimiphos, carbofuran, diazinon, dicrotophos, l-cyhalothrin และ dimethoate พบสารพิษตกค้างที่ห้ามใช้แล้วคือ endosulfan ในคะน้า จำนวน 1 ตัวอย่าง พืชที่พบสารพิษตกค้างสูงสุดคือ คะน้า พบสารพิษตกค้าง cypermethrin ที่ระดับ 8.81 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การเปรียบเทียบปริมาณที่พบกับค่า MRL ของประเทศผู้ซื้อสินค้าเกษตร ทำให้ดูเหมือนพืชผักของไทยอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ปลอดภัย หรือเกินค่า MRL มากกว่าร้อยละ 10 จึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการสำรวจเฝ้าระวังสารพิษตกค้าง และให้ความรู้เกษตรกรให้มีการใช้สารเคมีอย่างถูกต้องและปลอดภัยต่อไป ส่วนหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ มกอช. และ/หรือ อย. ควรจัดตั้งค่า MRL ให้มีจำนวนค่ามากขึ้นเพียงพอต่อการใช้เปรียบเทียบความปลอดภัย ในอีกด้านหนึ่งก็ควรปรับปรุงค่าปริมาณการบริโภคพืชผักต่อคนต่อวัน ให้สามารถครอบคลุมพืชผักของไทยทุกชนิดและเป็นปัจจุบัน จึงจะสามารถนำมาประเมินความเสี่ยงภัยจากการบริโภคของคนไทยโดยเปรียบเทียบกับค่า Acute Reference Dose ได้อย่างแม่นยำ เพื่อผลในการจัดการวัตถุอันตรายทางการเกษตรและเพื่อสุขภาพของผู้บริโภค

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา นำไปพิจารณาการใช้สารของเกษตรกร การเลือกบริโภคของผู้บริโภค การประเมินความเสี่ยงภัยจากการบริโภค และการวางแผนจัดการการใช้สารเคมีที่พบตกค้างบ่อยครั้ง

2. เป็นข้อพิจารณาในการบริโภคของผู้บริโภค การเฝ้าระวังสารพิษตกค้างในพืชผัก และการระมัดระวังในการผลิตพืชผักของเกษตรกร รวมไปถึงการให้ความรู้เกษตรกรให้มีการใช้สารเคมีอย่างถูกต้องและปลอดภัย

3. เป็นข้อมูลในการติดตามการใช้สารเคมีทางการเกษตรอย่างเป็นระบบเพื่อการจัดการวัตถุอันตรายทางการเกษตรและเป็นที่ยอมรับในระดับสากล

11. เอกสารอ้างอิง

กลุ่มวิจัยกีฏและสัตววิทยา. 2553. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืช ปี 2553. (พิมพ์ครั้งที่ 17) เอกสารวิชาการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 303 หน้า.

จินตนา ภู่มงกุฎชัย, พนิดา ไชยยันต์บูรณ์ และ ธีรพล อุ่นจิตต์วรรธนะ. 2545. การหาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในพืชผักตระกูลกะหล่ำ. การประชุมวิชาการกองวัตถุมีพิษการเกษตร ครั้งที่ 4, 22–25 กรกฎาคม 2545, กระบี่. หน้า 257–263.

มกอช. 2551. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช. 9002-2551 “สารพิษตกค้าง : ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 52 หน้า.

ไม่ปรากฏนามผู้แต่ง. 2557. คะน้า กวางตุ้ง และผักกาดหอม. Available online : http://www.baanjomyut.com/library_2/extension-2/vegetables/

ลมัย ชูเกียรติวัฒนา, บังเอิญ สีมา และ ปิยะศักดิ์ อรรคบุตร. 2553. ศึกษาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในพืชผัก. ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2552 เล่มที่ 1, สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. หน้า 153–162.

ศิริพันธ์ สุขมาก. 2540. สารพิษตกค้างในผลิตผลและผลิตภัณฑ์การเกษตร. การประชุมวิชาการกองวัตถุมีพิษการเกษตร ครั้งที่ 2, 8–10 กรกฎาคม 2540, กาญจนบุรี. หน้า 9–20.

ศิริพันธ์ สุขมาก และ บัณฑิต ดำรักษ์. 2540. วิจัยชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างของวัตถุมีพิษในพืชผัก. รายงานผลการค้นคว้าวิจัยของกองวัตถุมีพิษการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 24–29.

สุรชัย มัจฉาชีพ. 2535. พืชเศรษฐกิจในประเทศไทย. สำนักพิมพ์แพร่พิทยา กรุงเทพฯ. 276 หน้า.

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2554. ฐานข้อมูลการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. http://m.doa.go.th/ard/stat.php

สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, 2555. การแก้ไขปัญหาศัตรูพืชในแปลงผลิตพืชผักสดที่ชะลอการออกใบรับรองสุขอนามัยพืชและใบรับรองสุขอนามัยไปยุโรป. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 8 หน้า.

Canadian Food Inspection Agency. 2012. 2009 – 2010 Pesticide Residues in Fresh Fruit and Vegetables. Reported for The Food Safety Action Plan (FSAP), Ministry of Health, Ontario, Canada.

Cesnik, H.B.; Bolta, S.V. and Gregorcic, A. 2012. Pesticide residues in samples of apples, lettuce and potatoes from integrated pest management in Slovenia from 2005 – 2009. Acta Agriculturae Slovenica, 99 : 49 – 56.

DG SANCO. 2014. EU Pesticide Database. http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index

European Food Safety Authority. 2013. The 2010 European Union Report on Pesticide Residues in Food. EFSA Journal, 11(3) : 880 pp.

Iqbal, M.F.; Maqbool, U.; Perveez, I.; Farooq, M. and M.R. Asi. 2009. Monitoring of insecticide residues in brinjal collected from market of Noshera Virkan, Pakistan. Journal of Animal and Plant Sciences 19 (2) : 90-93.

Japan MRL. 2014. Positive List System for Agricultural Chemical Residues in Foods. The Japan Food Chemical Research Foundation. http://www.m5.ws001.squarestart.ne.jp.

JMPR. 2013. Residues of Pesticides in Food and Animal Feeds. Codex Committee on Pesticide Residues 43rd Session.

Osman, K.A.; Al-Humaid, A.M.; Al-Rehiayani, S.M. and K.N. Al-Redhaiman. 2010. Monitoring of pesticide residues in vegetables marketed in Al-Qassim region, Saudi Arabia. Ecotoxicology and Environmental Safety 73 (6) : 1433-1439.

Sharma, D.; Nagpal, A.; Pakade, Y.B. and J.K. Katnoria. 2010. Analytical methods for estimation of organophosphorus pesticide residues in fruits and vegetables: A review. *Talanta* 82 (4) : 1077–1089.

Steinwandter, H. 1985. Universal 5 min on-line Method for Extraction and Isolating Pesticide Residues and Industrial Chemicals. Fresenius Z. Chem. No. 1155.