

ผลของบาซิลลัส ทูริงเจนซิส และส่วนผสมของอะบาเม็กตินและคลอร์ฟิเนาเพอร์ต่อแมลง
ศัตรูพืชในผักคะน้าและปริมาณสารตกค้างของส่วนผสม
ของอะบาเม็กตินและคลอร์ฟิเนาเพอร์

**Effects of *Bacillus thuringiensis* and Mixtures of Abamectin and Chlorfenapyr on Pest
Insects in Chinese kale and Residues of the Mixtures**

จิตติยา แซ่ป้ง¹ ทิพย์อุษา คุ่มประวัต¹ กุลศิริ ช. กรับส์¹ และอัจฉริยา ปราบอริพาย¹
Thitiya Pung¹, Thip-usa Kumprawat¹, Kulsiri Grubbs¹, and Achariya Prabarip¹

Abstract

Effects of *Bacillus thuringiensis* (BT) and mixtures of abamectin and chlorfenapyr recommended dose and double dose in Chinese kale and residue levels of the mixtures were studied. Two crops were experimented in December 2006-January 2007 and May-June 2007. An experiment was completely randomized design of 5 treatments and 5 replicates: 1) control (acetamiprid 10 g/ water 20 L), 2) BT var. *aizawai* (6.8×10^5 IU and acetamiprid 10 g/ water 20 L), 3) BT var. *kurstaki* (3.24×10^9 IU and acetamiprid 10 g/ water 20 L), 4) a recommended dose of abamectin (0.72 g) chlorfenapyr (0.1 g) and acetamiprid 10 g/ water 20 L) and 5) a double dose of abamectin (1.44 g) chlorfenapyr (0.2 g) and acetamiprid 10 g/ water 20 L). BT var. *kurstaki* had a tendency to reduce *Plutella xylostella* L. more than BT var. *aizawai* and similar to both mixtures of abamectin and chlorfenapyr. The two doses of abamectin and chlorfenapyr were not different in a reduction of *Plutella xylostella* L. In the control group, there were *Spodoptera litura* (Fabr.) and *Phylotreta sinuate* Step. more than economic threshold levels when the kales were 40 and 45 days. All treatments were not different in a reduction of *Spodoptera litura* (Fabr.) and *Phylotreta sinuate* Step. Amount of abamectin in the kales was less than the maximum residue limit (MRL, 0.01 ppm) on 7 days after the last spray day. Chlorfenapyr residues in the kales of the two doses of abamectin and chlorfenapyr were less than the MRL (1.0 ppm) on 5 and 7 days after the last spray day, respectively. Therefore, BT var. *kurstaki* and var. *aizawai* were not different from the recommended dose of abamectin and chlorfenapyr in the prevention of kale insect pests. Moreover, BT both strains were safer for a consumer than abamectin and chlorfenapyr, which their harvest periods should be more than 7 days.

Keywords: *Bacillus thuringiensis*, Abamectin, Chlorfenapyr, Chinese kale.

¹คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon pathom, 73140, Thailand.

รับเรื่อง: เมษายน 2553

Corresponding author : faasthp@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการใช้เชื้อบาซิลลัส ทูริงเจนซิส(เชื้อบีที) สายพันธุ์ไอซาไวและสายพันธุ์เคอร์สตากี้และส่วนผสมของอะบาเม็กตินและคลอร์ฟินาเพอร์อัตรานะเนน และสูงกว่าอัตราแนะนำ 2 เท่า ต่อการป้องกันแมลงศัตรูของคะน้าและศึกษาปริมาณสารตกค้างของส่วนผสมสารเคมีกำจัดแมลงทั้งสองทำการทดลอง 2 รอบในเดือนธันวาคม 2549 - มกราคม 2550 และเดือนพฤษภาคม - มิถุนายน 2550 ออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์เป็น 5 วิธีและ 5 ซ้ำ คือ 1)แปลงควบคุมฉีดพ่นโมแลนอัตรา 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร 2)เชื้อบีที สายพันธุ์ไอซาไว 6.8×10^5 IU และโมแลน 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร 3) เชื้อบีทีสายพันธุ์เคอร์สตากี้ 3.24×10^9 IU และโมแลน 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร 4) ส่วนผสมอัตราแนะนำของอะบาเม็กติน 0.72 กรัม คลอร์ฟินาเพอร์ 0.1 กรัม และโมแลน 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร 5) ส่วนผสมสูงกว่าอัตราแนะนำ 2 เท่าของอะบาเม็กติน 1.44 กรัม คลอร์ฟินาเพอร์ 0.2 กรัม และโมแลน 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร พบว่า เชื้อบีทีสายพันธุ์เคอร์สตากี้มีแนวโน้มลดจำนวนหนอนใยผักมากกว่าเชื้อบีทีสายพันธุ์ไอซาไว และใกล้เคียงกับสารผสมของอะบาเม็กตินและคลอร์ฟินาเพอร์ทั้งสองอัตรา ส่วนผสมของอะบาเม็กตินและคลอร์ฟินาเพอร์ทั้งสองอัตราลดจำนวนหนอนใยผักอย่างไม่แตกต่างกัน ในแปลงควบคุมเมื่อคะน้าอายุ 40 และ 45 วัน พบหนอนกระทู้ผักและด้วงหมัดกระโดดจำนวนมากถึงระดับ economic threshold ซึ่งเชื้อบีทีทั้งสองสายพันธุ์ และส่วนผสมของอะบาเม็กตินและคลอร์ฟินาเพอร์ทั้งสองอัตราลดจำนวนหนอนกระทู้ผักและด้วงหมัดกระโดดลงอย่างไม่แตกต่างกัน สำหรับปริมาณสารตกค้างพบว่าปริมาณของอะบาเม็กตินในผักคะน้าลดลงจนต่ำกว่าค่า Maximum Residue Level (MRL, 0.01 ppm) 7 วันหลังฉีดพ่นครั้งสุดท้าย ปริมาณของคลอร์ฟินาเพอร์ในผักคะน้าของแปลงที่ฉีดพ่นด้วย สารผสมของอะบาเม็กตินและคลอร์ฟินาเพอร์อัตราแนะนำ และสูงกว่าอัตราแนะนำลดลงจนต่ำกว่าค่า MRL (1.0 ppm) 5 และ 7 วันหลังฉีดพ่นครั้งสุดท้าย ตามลำดับ ดังนั้นเชื้อบีทีสายพันธุ์เคอร์สตากี้และสายพันธุ์ไอซาไวจึงมีผลป้องกันแมลงศัตรูผักคะน้าไม่แตกต่างจากสารผสมอะบาเม็กตินและคลอร์ฟินาเพอร์อัตราแนะนำ และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากกว่าการใช้สารผสมอะบาเม็กตินและคลอร์ฟินาเพอร์ที่ควรเว้นระยะเก็บเกี่ยวมากกว่า 7 วัน

คำนำ

การปลูกผักคะน้า มักประสบปัญหาการระบาดด้วยแมลงศัตรูพืชหลายชนิด เช่น หนอนใยผัก หนอนกระทู้ผัก หนอนกระทู้หอมและด้วงหมัดกระโดดอยู่เป็นประจำ ทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิต กรมวิชาการเกษตร (2548, 2549, 2550) รายงานการนำเข้าสารกำจัดแมลง ในปี พ.ศ. 2548 ปริมาณ 16.4 ล้านกิโลกรัม พ.ศ. 2549 ปริมาณ 20.5 ล้านกิโลกรัม และ พ.ศ. 2550 มีการนำเข้าอะบาเม็กติน 4.48 ล้านกิโลกรัม และคลอร์ฟินาเพอร์ 8,862 กิโลกรัม สมาคมอารักขาพืชไทย(2550) แนะนำสารกำจัดแมลงที่ใช้กับผักคะน้าเมื่อพบการระบาดของหนอนใยผักและหนอนกระทู้ผัก เช่น อะบาเม็กติน (1.8% W/V EC ปริมาณ 20 – 60 มิลลิลิตร) บาซิลลัส ทูริงเจนซิส (50% WP 60-100 กรัม) เป็นต้น จากการสำรวจโดยจิราภรณ์(2549) พบว่า

เกษตรกรผู้ปลูกผักคะน้าในอำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ใช้สารอะบาเม็กติน และแรมเพจเป็นสารเคมีกำจัดแมลงอันดับสูงที่สุดเพื่อควบคุมแมลงศัตรูผักคะน้า การใช้สารเคมีกำจัดแมลง ทำให้เกิดปัญหาติดตามมา คือ การใช้ที่ไม่ถูกวิธี อาจเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ การใช้มากเกินไปจนความจำเป็นหรือการเก็บเกี่ยวพืชผลเร็วกว่ากำหนดที่ระบุไว้ในฉลากอาจทำให้มีสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างในพืชผล ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ (จิตติยา และกรรณิการ์, 2549)

ปัจจุบันประเทศไทยมีการรณรงค์และส่งเสริมการใช้สารชีวภาพเพื่อลดปริมาณการใช้สารเคมีกำจัดแมลง เช่น เชื้อ บาซิลลัส ทูริงเจนซิส(เชื้อบีที) ซึ่งมีฤทธิ์ป้องกันและกำจัดแมลงที่มีประสิทธิภาพสูง (Cranshaw, 2008; Mohan and Gujar, 2001) มีความปลอดภัยต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (McClintock et al., 1995) และเกษตรกรที่สัมผัสเชื้อบีทีไม่พบอาการพิษเกี่ยวกับระบบหายใจแต่สปอร์ของเชื้อบีที อาจ

ทำให้ผิวหนังมีอาการแพ้(Bernstein *et al.*, 1999) สารพิษจากเชื้อบีทีสามารถ ถูกย่อยสลายด้วยกระบวนการทางชีวภาพได้และไม่คงตัวในสิ่งแวดล้อม (Cranshaw, 2008) จากการสำรวจโดยจิราภรณ์(2549) พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกผักคะน้าในอำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี นิยมใช้เชื้อบีทีเป็นสารชีวภาพกำจัดแมลงถึงร้อยละ 70 ของสารกำจัดแมลงที่กลุ่มเกษตรกรที่สำรวจใช้

คณะผู้วิจัยจึงทำการศึกษาปริมาณสารตกค้างและผลของการใช้สารชีวภาพเชื้อบีทีสายพันธุ์เคอร์สตาเก้ และสายพันธุ์ไอซาไว และส่วนผสมของสารเคมีกำจัดแมลงอะบาเม็กติน และคลอร์ฟินาเพอร์ในผักคะน้าต่อการป้องกันแมลงศัตรูผักคะน้า เพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางให้เกษตรกรเลือกใช้สารกำจัดแมลงได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

เมล็ดคะน้าพันธุ์ขุนหลวง เชื้อบีทีสายพันธุ์ไอซาไว (*B. thuringiensis* var. *aizawai* (Serotype 7) 8500 IU/mg SC) เชื้อบีทีสายพันธุ์เคอร์สตาเก้ *B. thuringiensis kurstaki* 36,000 IU/mg WG) อะบาเม็กติน (abamectin, 1.8% W/V EC) คลอร์ฟินาเพอร์ (chlorfenapyr, 10% W/V SC) โมแลน (acetamiprid 20% SP) สารที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้าง คือ สารมาตรฐานคลอร์ฟินาเพอร์(4-Bromo-2-(4-chlorophenyl)-1-ethoxymethyl-5-(trifluoromethyl) pyrrole-3-carbonitrile, 99.0%, Ehrenstorfer GmbH, Augsburg, Germany) และแอลฟา-เอ็นโดซัลแฟน (alpha-Endosulfan 99.4%, Dr Ehrenstorfer GmbH, Augsburg, Germany) ใช้เป็นสารมาตรฐานภายในเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนมาของการวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้าง

ออกแบบการทดลอง

จัดแปลงทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์(CRD) โดยฉีดพ่นสารกำจัดแมลง 5 วิธี 5 ซ้ำ ได้แก่ 1) แปลงควบคุมฉีดพ่นโมแลนอัตรา 10 กรัม (acetamiprid 2 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร 2) เชื้อบีทีสายพันธุ์ไอซาไว 80 มิลลิลิตร (6.8×10^5 IU

และโมแลน 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร 3) เชื้อบีทีสายพันธุ์เคอร์สตาเก้ 90 กรัม(3.24×10^9 IU) และโมแลน 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร 4) ส่วนผสมอัตราแนะนำของอะบาเม็กติน 40 มิลลิลิตร(0.72 กรัม) คลอร์ฟินาเพอร์ 20 มิลลิลิตร (0.1 กรัม) และโมแลน 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร 5) ส่วนผสมสูงกว่าอัตราแนะนำ 2 เท่าของอะบาเม็กติน 80 มิลลิลิตร (1.44 กรัม) คลอร์ฟินาเพอร์ 40 มิลลิลิตร (0.2 กรัม) และโมแลน 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ทำการทดลองทั้งหมด 25 แปลง ขนาดของแปลง 4 x 9 ตารางเมตร ทำการทดลองครั้งแรกในเดือนธันวาคม 2549 – มกราคม 2550 และครั้งที่สองในเดือนพฤษภาคม – มิถุนายน 2550

การทดลองในแปลง

เตรียมดินโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์ให้ทั่วแปลง หว่านเมล็ดผักคะน้าพันธุ์ขุนหลวงลงแปลงในอัตราร่องละ 500 กรัมให้ทั่ว แปลงและรดน้ำเข้าเย็นให้ชุ่ม เมื่อคะน้าอายุ 20 วันถอนแยกต้นคะน้า โดยเลือกเอาต้นที่ไม่สมบูรณ์ออก ผสมสารกำจัด แมลงตามอัตราส่วนข้างต้นฉีดพ่นในอัตรา var 17.8 ลิตร/ไร่ เมื่อคะน้าอายุได้ 15 วันเริ่มฉีดพ่นสารกำจัดแมลงและฉีดพ่นทุก 5 วันในการปลูกรอบแรก ส่วนการปลูกครั้งที่สองฉีดพ่นสารกำจัดแมลงทุก 4 วัน เนื่องจากในเมษายนถึงมิถุนายนมีแมลงศัตรูพืช ระบาดมากซึ่งอาจทำความเสียหายแก่แปลงทดลองได้ จึงต้องฉีดพ่นสารกำจัดแมลงถี่มากขึ้น ฉีดพ่นตามกำหนดจนกระทั่งคะน้า อายุ 35 วันจึงหยุดฉีดพ่น เมื่อคะน้าอายุ 30 35 40 และ 45 วันเก็บข้อมูลชนิด และจำนวนของหนอนและแมลงศัตรูผักคะน้าที่เข้าทำลายหลังฉีดพ่นสารกำจัดแมลง โดยสุ่มเก็บสำรวจด้วยตลับจำนวนโดยไม่ปล่อยคืนสู่ที่เดิม ในแต่ละแปลงสุ่มเก็บ 4 ตำแหน่ง โดยแต่ละตำแหน่งกำหนดพื้นที่ 0.1 ตารางเมตร ซึ่งมีคะน้าประมาณ 25 ต้น

เก็บตัวอย่างต้นคะน้าเพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารอะบาเม็กตินและคลอร์ฟินาเพอร์ในวันที่ 0 1 3 5 7 10 และ 12 หลัง วันฉีดพ่นสารกำจัดแมลงครั้งสุดท้ายเมื่อคะน้าอายุ 35 วัน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างต้นคะน้าทั่วทั้งแปลงๆ ละ 20 ต้นใส่ถุงพลาสติกเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°Cเพื่อรอการ วิเคราะห์

การวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้าง

วิเคราะห์ปริมาณอะบาเม็กตินในต้นคะน้า โดยดัดแปลงจากวิธีของ Yoshii *et al.* (2000) ด้วยเครื่อง Liquid Chromatography/Mass Spectrometry ปริมาณคลอโรฟิโนเพอร์ ตรวจวิเคราะห์ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน ตามวิธี QuEChERS ของ Anastassiades *et al.* (2003) ด้วยเครื่อง Gas Chromatography-Electron Capture Detector (GC-ECD) SHIMADZU รุ่น GC-14B สภาวะที่ใช้คือ ฮีเลียมเป็นแก๊สตัวพาด้วยอัตรา 1.8 มิลลิลิตรต่อนาทีอุณหภูมิของ oven 60 °C injet 200 °C column 190 °C detector 300 °C

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูล ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 โดยใช้โปรแกรม SPSS 13 for Windows

ผลการทดลอง

1. ชนิดและจำนวนของแมลงศัตรูผักคะน้า

จากการทดลองพบว่า มีแมลงศัตรูพืชที่เข้ามาสร้างความเสียหายต่อผักคะน้าในแปลง 3 ชนิด คือ หนอนใยผัก (*Plutella xylostella* L.) หนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* (Fabr.)) และด้วงหมัดกระโดด (*Phyllotreta sinuata* Step.)

ในรอบปลูกแรกพบจำนวนหนอนใยผักมากกว่า 40 ตัวต่อ 0.4 ตารางเมตร ในแปลงควบคุมในวันที่ 35, 40 และ 45 หลังการปลูก แปลงเชื้อบีทีสายพันธุ์ไอซาไวในวันที่ 40 และ 45 หลังการปลูก และแปลงเชื้อบีทีสายพันธุ์เคอร์สตากีในวันที่ 45 หลังการปลูก ระดับหรือจำนวนประชากรของหนอนใยผักที่ยอมให้มีได้ ซึ่งระดับที่หนอนจะถูกลดจำนวนลงจนถึงจุดที่คุ้มทุน (economic threshold level, ETL) (Subramanian *et al.*, 2010) เช่น ETL ของหนอนใยผักในพืช canola เท่ากับ 10-15 ตัวอ่อนต่อตารางฟุต (Knodel

and Ganehiarachchi, 2010) และในพืช canola และมัสตาร์ดเท่ากับ 100 - 150 ตัวอ่อนต่อตารางเมตร (Government of Saskatchewan, 2010) ในพืชตระกูลกะหล่ำ 4-7 ตัวต่อพืช 10 ต้น (เท่ากับ 40-70 ตัวต่อ 0.4 ตารางเมตร (Loke, *et al.*, 2010) พบว่า แปลงควบคุมเริ่มพบตัวอ่อนของหนอนใยผักในวันที่ 35 หลังการปลูก และระบาดมากขึ้นในวันที่ 40 และ 45 ในขณะที่แปลงเชื้อบีทีสายพันธุ์ไอซาไวพบหนอนใยผักน้อยในวันที่ที่มีการฉีดพ่นเชื้อบีทีครั้งสุดท้าย แต่พบจำนวนหนอนใยผักในระดับ ETL ตั้งแต่ 5 วันหลังหยุดฉีดพ่น สำหรับแปลงเชื้อบีทีสายพันธุ์เคอร์สตากีเริ่มพบจำนวนหนอนใยผักในระดับ ETL ช้ากว่าแปลงเชื้อบีทีสายพันธุ์ไอซาไว คือพบในวันที่ 10 วันหลังหยุดฉีดพ่น และพบว่าสารผสมของอะบาเม็กตินและคลอโรฟิโนเพอร์ทั้งอัตราแนะนำและสูงกว่าอัตราแนะนำ 2 เท่าไม่มีความแตกต่างกันในการป้องกันหนอนใยผัก ในรอบปลูกที่สอง พบจำนวนหนอนใยผักน้อยกว่าในรอบแรก โดยในแปลงควบคุมพบจำนวนหนอนใยผักมากกว่าค่า ETL ในวันที่ 35 เพียงวันเดียว และเชื้อบีทีสายพันธุ์เคอร์สตากีมีแนวโน้มลดจำนวนหนอนใยผักมากกว่าเชื้อบีทีสายพันธุ์ไอซาไว และใกล้เคียงกับสารผสมของอะบาเม็กตินและคลอโรฟิโนเพอร์ทั้งสองอัตรา ในขณะที่สารผสมของอะบาเม็กตินและคลอโรฟิโนเพอร์ทั้งอัตราแนะนำและสูงกว่าอัตราแนะนำ 2 เท่า ไม่มีความแตกต่างกันในการป้องกันหนอนใยผัก เช่นเดียวกับรอบแรกที่ปลูก (ตารางที่ 1)

จำนวนหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* (Fabr.)) ในรอบปลูกแรกพบหนอนกระทู้ผักจำนวนเล็กน้อยโดยพบในแปลงควบคุมและแปลงเชื้อบีทีสายพันธุ์ไอซาไวเมื่อผักคะน้าอายุ 40 และ 45 วัน (ตารางที่ 2) สำหรับรอบปลูกที่สองเมื่อคะน้ามีอายุ 35 วัน พบจำนวนหนอนกระทู้ผักในแปลงควบคุมมากที่สุดเมื่อคะน้าอายุ 40 วัน คือ 20.8 ± 6.3 ตัวต่อ 0.4 ตารางเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับ ETL ของหนอนกระทู้ผักในแปลงพืชตระกูลกะหล่ำ 4-7 ตัวอ่อนระยะ 1-2 ตัวต่อพืช 10 ต้น (Loke, *et al.*, 2010) ซึ่งเทียบเป็น 20-35 ตัวต่อ 0.4 ตารางเมตร จึงอาจทำความเสียหายต่อคะน้าได้ เชื้อบีทีทั้งสองสายพันธุ์และสารผสมของอะบาเม็กตินและคลอโรฟิโนเพอร์

นาเพอร์ทั้งอัตราแนะนำและสูงกว่าอัตราแนะนำ 2 เท่าไม่มีความแตกต่างกันในการลดจำนวนหนอนกระทู้ผัก(ตารางที่2)

ในรอบปลูกแรกเมื่อคะน้ำอายุ 30 วัน พบจำนวนด้วงหมัดกระโดดน้อยมาก เริ่มพบมากขึ้นในวันที่ 35 ของการปลูก โดยที่แปลงควบคุมพบด้วงหมัดกระโดดมากที่สุดแต่ยังไม่เกินระดับ ETL ของด้วงหมัดกระโดดในผักตระกูลกะหล่ำ (40-70 ตัวต่อ 0.4 ตารางเมตร. Loke et al., 2010) เมื่อคะน้ำอายุ 45 วันพบจำนวนด้วงหมัดกระโดดเพิ่มขึ้นเกือบถึงค่า ETL ในแปลงควบคุม เมื่อหยุดฉีดพ่นเชื้อบีทีสายพันธุ์ไอซาไว 5-10 วัน พบด้วงหมัดกระโดดเพิ่มขึ้นในขณะที่แปลงเชื้อบีทีสายพันธุ์เคอร์สตากิจำนวนด้วงหมัดกระโดดค่อยๆ เพิ่มขึ้น และพบว่าสารผสมของอะบาเม็กติน

และคลอพินาเพอร์ทั้งอัตราแนะนำและสูงกว่าอัตราแนะนำ 2 เท่าไม่มีความแตกต่างกันในการป้องกันด้วงหมัดกระโดด (ตารางที่ 3)

ในรอบปลูกที่สองพบจำนวนด้วงหมัดกระโดดสูงเมื่อคะน้ำอายุ 30 และ 35 วัน แต่ไม่พบด้วงหมัดกระโดดในวันที่ 40 ทั้งอาจเป็นเพราะช่วงเวลานี้มีฝนตกหนักหลายวันติดต่อกันและในวันที่ 45 ยังคงพบด้วงหมัดกระโดดน้อยกว่าสองครั้งแรก อาจเป็นจากฝนที่ตกทำให้ลดจำนวนด้วงหมัดกระโดดลง และพบว่าสารผสมของอะบาเม็กตินและคลอพินาเพอร์ทั้งอัตราแนะนำและสูงกว่าอัตราแนะนำ 2 เท่าไม่มีความแตกต่างกันในการป้องกันด้วงหมัดกระโดด(ตารางที่ 3)

Table 1. Number of *Plutella xylostella* L. in the Chinese kale plots after the applications of BT var. *aizawai*, BT var. *kurstaki* or the mixtures of abamectin and chlorfenapyr.

Age of Chinese kale (days)		Number of <i>Plutella xylostella</i> L. (larva/0.4 m ²)				
		Control	BT var. <i>aizawai</i>	BT var. <i>kurstaki</i>	Abamectin + Chlorfenapyr (recommended dose)	Abamectin + Chlorfenapyr (double recommended dose)
First crop	30	0.2±0.0 ^A	0.0±0.0 ^A	0.0±0.0 ^A	0.0±0.0 ^A	0.0±0.0 ^A
	35	47.8±25.4 ^A	4.0±2.5 ^A	31.6±27.1 ^A	0.0±0.0 ^A	0.0±0.0 ^A
	40	79.4±30.0 ^A	69.2±25.8 ^{A,B}	16.6±9.5 ^{B,C}	0.4±0.2 ^C	0.0±0.0 ^C
	45	126.8±45.8 ^A	67.2±19.6 ^{A,B}	59.0±19.4 ^{A,B}	12.6±8.9 ^B	7.6±5.6 ^B
Second crop	30	30.4±11.2 ^A	20.0±11.2 ^A	20.0±8.8 ^A	22.0±15.6 ^A	2.6±2.6 ^A
	35	54.2±22.3 ^A	37.0±10.9 ^{A,B}	14.0±2.4 ^{B,C}	6.8±3.1 ^{B,C}	0.0±0.0 ^C
	40	30.2±17.2 ^A	29.0±12.5 ^A	7.8±0.9 ^A	5.0±3.9 ^A	0.0±0.0 ^A
	45	28.0±1.8 ^A	17.8±2.6 ^B	14.6±1.8 ^{B,C}	11.2±2.2 ^C	3.2±1.8 ^D

Means with different letters in the same row differ significantly ($p < 0.05$)

Table 2. Number of *Spodoptera litura* (Fabr.) in the Chinese kale plots after the applications of BT var. *aizawai*, BT var. *kurstaki* or the mixtures of abamectin and chlorfenapyr.

Age of Chinese kale (days)		Number of <i>Spodoptera litura</i> (Fabr.) (larva/0.4 m ²)				
		Control	BT var. <i>aizawai</i>	BT var. <i>kurstaki</i>	Abamectin + Chlorfenapyr (recommended dose)	Abamectin + Chlorfenapyr (double recommended dose)
First crop	30	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	35	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	40	1.0±0.6 ^A	0.2±0.2 ^{AB}	0.0±0.0 ^B	0.0±0.0 ^B	0.0±0.0 ^B
	45	0.8±0.6 ^A	0.0±0.0 ^A	0.0±0.0 ^A	0.0±0.0 ^A	0.0±0.0 ^A
Second crop	30	6.6±3.4 ^A	1.6±1.4 ^A	2.2±1.0 ^A	2.2±2.2 ^A	0.0±0.0 ^A
	35	7.8±2.0 ^A	5.0±2.7 ^{AB}	4.2±1.9 ^{AB}	0.0±0.0 ^B	0.0±0.0 ^B
	40	20.8±6.3 ^A	10.0±2.5 ^A	9.2±4.6 ^A	9.0±7.4 ^A	0.0±0.0 ^A
	45	14.2±4.0 ^A	5.6±1.2 ^B	5.2±0.9 ^B	0.2±0.2 ^B	0.0±0.0 ^B

Means with different letters in the same row differ significantly ($p < 0.05$)

Table 3. Number of *Phyllotreta sinuata* Step. in the Chinese kale plots after the applications of BT var. *aizawai*, BT var. *kurstaki* or the mixtures of abamectin and chlorfenapyr.

Age of Chinese kale (days)		Number of <i>Phyllotreta sinuata</i> Step. (larva/0.4 m ²)				
		Control	BT var. <i>aizawai</i>	BT var. <i>kurstaki</i>	Abamectin + Chlorfenapyr (recommended dose)	Abamectin + Chlorfenapyr (double recommended dose)
First crop	30	0.2±0.2 ^A	0.6±0.4 ^A	1.0±1.0 ^A	0.0±0.0 ^A	0.0±0.0 ^A
	35	6.8±1.7 ^A	3.6±1.2 ^{A,B}	3.4±2.0 ^{A,B}	1.8±0.8 ^B	0.8±0.5 ^B
	40	15.6±6.1 ^A	9.8±2.3 ^{AB}	6.0±2.9 ^B	6.4±1.0 ^B	0.0±0.0 ^B
	45	36.6±13.4 ^A	16.6±4.0 ^B	11.6±3.0 ^B	5.0±1.8 ^B	1.4±0.7 ^B
Second crop	30	11.8±4.0 ^A	4.6±2.2 ^{A,B}	8.8±2.2 ^{A,B}	2.0±1.8 ^B	0.8±0.8 ^B
	35	18.2±2.5 ^A	12.8±1.2 ^{A,B}	7.0±1.2 ^{A,B}	3.2±1.5 ^B	1.2±1.2 ^B
	40	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	45	6.8±1.4 ^A	4.4±1.0 ^{A,B}	2.8±1.2 ^B	0.8±0.5 ^B	0.8±0.4 ^B

Means with different letters in the same row differ significantly ($p < 0.05$)

2. สารตกค้างอะบาเม็กตินและคลอร์ฟินาเพอร์

ในรอบปลูกแรกเมื่อคะน้ำอายุ 35 วันหรือฉีดพ่นสารกำจัดแมลงวันสุดท้าย พบว่าแปลงสารผสมของอะบาเม็กตินและคลอร์ฟินาเพอร์สูงกว่าอัตราแนะนำ มีปริมาณอะบาเม็กตินไม่แตกต่างจากแปลงสารผสมของอะบาเม็กติน และคลอร์ฟินาเพอร์อัตราแนะนำ ในขณะที่ 1 วันหลังจากฉีดพ่นสารกำจัดแมลงครั้งสุดท้าย พบปริมาณของอะบาเม็กตินในแปลงสารผสมของอะบาเม็กตินและคลอร์ฟินาเพอร์สูงกว่าอัตราแนะนำมากกว่าแปลงที่ฉีดพ่นด้วยสารผสมของอะบาเม็กตินและคลอร์ฟินาเพอร์อัตราแนะนำทั้งนี้ปริมาณอะบาเม็กตินที่ยอมให้มีได้ (maximum residue limit, MRL, Codex Committee on Pesticide Residues under the Joint FAO/WHO, Diserens and Henzelin, 1999) ในผักตระกูลกะหล่ำและคะน้ำ คือ 0.01 ppm ซึ่งแปลงสารผสมของอะบาเม็กติน และคลอร์ฟินาเพอร์อัตราแนะนำ พบปริมาณอะบาเม็กตินมากกว่าปริมาณที่ยอมให้มีได้ ในวันที่ฉีดพ่นครั้งสุดท้ายและลดต่ำกว่า 0.01 ppm ใน 1 วันหลังจากฉีดพ่นครั้งสุดท้าย สำหรับแปลงสารผสมของอะบาเม็กตินและคลอร์ฟินาเพอร์สูงกว่าอัตราแนะนำ พบปริมาณอะบาเม็กตินลดต่ำกว่า 0.01 ppm ใน 3 วันหลังฉีดพ่นครั้งสุดท้าย(ตารางที่ 4) ในรอบปลูกที่สองแปลงสารผสมของอะบาเม็กติน และคลอร์ฟินาเพอร์สูงกว่าอัตราแนะนำมีปริมาณอะบาเม็กตินไม่แตกต่างจากแปลงสารผสมของอะบาเม็กตินและคลอร์ฟินาเพอร์อัตราแนะนำในวันที่ 0 1 5 และ 7 วันหลังฉีดพ่นครั้งสุดท้ายและพบว่าแปลง

ที่ใช้อะบาเม็กตินและคลอร์ฟินาเพอร์ทั้งสองอัตราที่มีปริมาณอะบาเม็กตินลดต่ำกว่า 0.01 ppm ในวันที่ 7 หลังฉีดพ่นครั้งสุดท้ายในรอบปลูกแรกพบว่าแปลงสารผสมของอะบาเม็กตินและคลอร์ฟินาเพอร์สูงกว่าอัตราแนะนำมีปริมาณคลอร์ฟินาเพอร์ ไม่แตกต่างจากแปลงสารผสมของอะบาเม็กตินและคลอร์ฟินาเพอร์อัตราแนะนำ โดยมีปริมาณสูงมากในวันที่ฉีดพ่นครั้งสุดท้ายและ 1 วันหลังฉีดพ่นครั้งสุดท้าย แล้วจึงลดลงในวันที่ 3 หลังฉีดพ่นครั้งสุดท้าย The Japan's Maximum residue limit และ USA EPA's MRL (Cao *et al*, 2005) กำหนดให้พบสารคลอร์ฟินาเพอร์ในผักพวกกะหล่ำซึ่งรวมคะน้ำด้วยไม่เกิน 1.00 ppm ซึ่งพบว่าปริมาณคลอร์ฟินาเพอร์ลดลงต่ำกว่า 1.00 ppm ในวันที่ 7 หลังฉีดพ่นครั้งสุดท้าย ในรอบการปลูกที่สองพบปริมาณของคลอร์ฟินาเพอร์ต่ำกว่ารอบปลูกแรกอาจเป็นเพราะมีฝนตกเล็กน้อยหลังฉีดพ่นคลอร์ฟินาเพอร์สลายตัว อย่างช้าๆ พบว่า ผักคะน้ำแปลงที่ใช้ส่วนผสมของอะบาเม็กตินและคลอร์ฟินาเพอร์สูงกว่าอัตราแนะนำมีปริมาณ คลอร์ฟินาเพอร์มากกว่าแปลงส่วนผสมของอะบาเม็กตินและคลอร์ฟินาเพอร์อัตราแนะนำ ปริมาณคลอร์ฟินาเพอร์ในผักคะน้ำของแปลง ส่วนผสมของอะบาเม็กตินและคลอร์ฟินาเพอร์อัตราแนะนำลดลง จนน้อยกว่า 1.00 ppm ในวันที่ 5 หลังฉีดพ่นครั้งสุดท้าย ในขณะที่ปริมาณคลอร์ฟินาเพอร์ในผักคะน้ำ แปลงที่ใช้ส่วนผสมของอะบาเม็กติน และคลอร์ฟินาเพอร์สูงกว่าอัตราแนะนำ ลดลงจนน้อยกว่า 1.00 ppm ในวันที่ 7 หลังฉีดพ่นครั้งสุดท้าย (ตารางที่ 5)

Table 4. Abamectin residues on the Chinese kale after the last application of the mixtures of abamectin and chlorfenapyr.

Days after the last application of the mixtures of insecticides		Abamectin (ppm)		
		Control	Abamectin + Chlorfenapyr (recommended dose)	Abamectin + Chlorfenapyr (double recommended dose)
First crop	0	0.002±0.002 ^A	0.028±0.010 ^{AB}	0.072±0.026 ^B
	1	0.000±0.000 ^A	0.001±0.001 ^A	0.010±0.003 ^B
	3	0.000±0.000	0.000±0.000	0.000±0.000
Second crop	0	0.000±0.000 ^A	0.526±0.108 ^{AB}	0.962±0.305 ^B
	1	0.000±0.000 ^A	0.094±0.014 ^B	0.120±0.012 ^B
	3	0.000±0.000 ^A	0.014±0.051 ^B	0.026±0.004 ^C
	5	0.000±0.000 ^A	0.014±0.002 ^B	0.016±0.002 ^B
	7	0.000±0.000 ^A	0.002±0.002 ^A	0.002±0.002 ^A

Means with different letters in the same row differ significantly ($p < 0.05$)

Table 5. Chlorfenapyr residues on the Chinese kale after the last application of the mixtures of abamectin and chlorfenapyr.

Days after the last application of the mixtures of insecticides		Abamectin (ppm)		
		Control	Abamectin + Chlorfenapyr (recommended dose)	Abamectin + Chlorfenapyr (double recommended dose)
First crop	0	0.00±0.00 ^A	18.02±3.25 ^B	28.41±5.33 ^B
	1	0.00±0.00 ^A	20.17±5.22 ^B	21.64±3.02 ^B
	3	0.00±0.00 ^A	2.64±0.82 ^B	2.25±0.63 ^B
	5	0.50±0.50 ^A	1.25±0.57 ^A	2.22±0.59 ^A
	7	0.00±0.00 ^A	0.38±0.24 ^{AB}	0.98±0.25 ^B
Second crop	0	0.00±0.00 ^A	2.86±0.28 ^B	4.38±0.62 ^C
	1	0.00±0.00 ^A	1.78±0.07 ^B	2.62±0.16 ^C
	3	0.00±0.00 ^A	0.95±0.10 ^B	1.57±0.18 ^C
	5	0.00±0.00 ^A	0.75±0.04 ^B	1.09±0.03 ^C
	7	0.00±0.00 ^A	0.48±0.03 ^B	0.61±0.04 ^C
	10	0.00±0.00 ^A	0.19±0.02 ^B	0.24±0.05 ^B
	12	0.00±0.00 ^A	0.12±0.03 ^B	0.14±0.03 ^B

Means with different letters in the same row differ significantly ($p < 0.05$)

ผลและวิจารณ์

เชื้อบีทีสายพันธุ์เกอร์สตากี้ มีแนวโน้มลดจำนวนหนอนใยผักมากกว่าเชื้อบีทีสายพันธุ์ไอซาไว และใกล้เคียงกับสารผสมของอะบาเม็กติน และคลอร์ฟินาเพอร์ทั้งสองอัตรา ในแปลงควบคุมเมื่อคะหน้าอายุ 40 และ 45 วัน พบหนอนกระทู้ผักและด้วงหมัดกระโดดจำนวนมาก ถึงระดับ economic threshold ซึ่งเชื้อบีทีทั้งสองสายพันธุ์และส่วนผสมของอะบาเม็กตินและคลอร์ฟินาเพอร์ทั้งสองอัตราลดจำนวนหนอนกระทู้ผักและด้วงหมัดกระโดดลงอย่างไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Tappeser (1998) ที่รายงานว่าเชื้อบีทีสายพันธุ์เกอร์สตากี้เป็นสายพันธุ์ที่ออกฤทธิ์สูง และการใช้ประโยชน์ของเชื้อบีทีสายพันธุ์เกอร์สตากี้มาก การฉีดพ่นเพื่อควบคุมหนอนศัตรูของพืชผัก (Cranshaw, 2008) Ayalew (2006) รายงานว่า เมื่อใช้เชื้อบีทีสายพันธุ์เกอร์สตากี้ (0.5 kg/ha) และสารไพรีทรอยด์แลมดาไซฮาโลทริน (λ -cyhalothrin, 5 EC, 16 ga.i/ha) ฉีดพ่นในแปลงผักกะหล่ำ เพื่อป้องกันหนอนใยผัก โดยฉีดพ่นในทุกช่วงการเจริญของผักกะหล่ำ พบว่า การฉีดพ่นเชื้อบีทีสายพันธุ์เกอร์สตากี้ และแลมดาไซฮาโลทริน ทุกระยะการเจริญของกะหล่ำลดจำนวนหนอนใยผักมากที่สุด จากผลการทดลองเชื้อบีทีออกฤทธิ์ช้ากว่าอะบาเม็กตินและคลอร์ฟินาเพอร์ อาจเนื่องจากการออกฤทธิ์ของเชื้อบีที คือ เมื่อแมลงได้รับผลึกโปรตีน สภาพความเป็นด่างในกระเพาะอาหารจะสลายผลึกโปรตีนได้ protoxin และน้ำย่อยโปรตีน (protease) ของแมลงจะย่อย protoxin ได้สารพิษที่เรียกว่า α -endotoxin เข้าทำลายเซลล์เยื่อบุกระเพาะอาหาร ทำให้เกิดอัมพาตที่กระเพาะอาหาร (gut paralysis) และทำให้เกิดอัมพาตทั่วตัวและตายในที่สุด (Bravo, et al., 2007, Broderick, et al., 2006)

เชื้อบีทีไม่เป็นพิษต่อพืชและยังไม่พบว่ามียาผลต่อการออกของเมล็ดเชื้อบีทีที่มีความเป็นพิษต่ำและสลายตัวอย่างเร็ว จึงไม่ตกค้างในน้ำใต้ดิน (PMEP, 1994) ปัจจุบันพบว่าเชื้อบีทีเป็นอันตรายน้อยมากต่อมนุษย์และแมลงอื่นเชื้อบีทีสายพันธุ์

เกอร์สตากี้ไม่มีผลกระทบต่อแมลง ที่อาศัยอยู่ในดินบริเวณหมู่บ้านแถบตอนเหนือของ แม่น้ำไรน์ ประเทศเยอรมัน (Beck, et al., 2004) ผลกระทบของเชื้อบีทีหลายชนิดได้รับการยกเว้นให้สามารถใช้ได้จนกระทั่งถึงเวลาเก็บเกี่ยว (Cranshaw, 2008)

ในขณะที่ส่วนผสมของอะบาเม็กติน และคลอร์ฟินาเพอร์อัตราสูงกว่าแนะนำ 2 เท่ามีผลไม่แตกต่างจากส่วนผสมของอะบาเม็กตินและคลอร์ฟินาเพอร์อัตราแนะนำ ในการป้องกันหนอนใยผัก หนอนกระทู้ผัก และด้วงหมัดกระโดด ดังนั้นเกษตรกรจึงไม่จำเป็นต้องใช้สารทั้งสองในอัตราสูงกว่าแนะนำ

ในรอบปลูกแรกปริมาณอะบาเม็กตินในผักคะน้าสลายตัวอย่างรวดเร็วโดยที่ปริมาณลดลงจนน้อยกว่าค่าที่ยอมให้มีได้ในผักตระกูลกะหล่ำ 1 และ 3 วันหลังฉีดพ่นครั้งสุดท้าย ในแปลงที่ใช้ส่วนผสมของอะบาเม็กติน และคลอร์ฟินาเพอร์อัตราแนะนำและสูงกว่าอัตราแนะนำ 2 เท่าตามลำดับ ในรอบปลูกที่สองปริมาณอะบาเม็กตินลดลง จนน้อยกว่าค่าที่ยอมให้มีได้ในผักตระกูลกะหล่ำหลังวันที่ 7 หลังจากฉีดพ่นครั้งสุดท้าย ซึ่งสอดคล้องกับอะบาเม็กตินถูกนำมาใช้ในพืช เช่น แอปเปิ้ล ลูกแพร์ ผัก ชนิดต่างๆ เมื่อนำอะบาเม็กตินมาใช้ในแปลงจะเสื่อมสภาพลง เมื่อได้รับแสงและออกซิเจน ค่า MRLs ในผักและผลไม้ที่กำหนดโดย Codex Committee on Pesticide Residues under the Joint FAO/WHO เท่ากับ 0.01-0.02 mg/kg (Diserens and Henzelin, 1999) และ 0.01 ppm โดย European Commission Health & Consumers Directorate-General (2008)

ปริมาณคลอร์ฟินาเพอร์ในผักคะน้าสลายตัว อย่างช้าๆ พบว่า ปริมาณลดลงจนน้อยกว่าค่าที่ยอมให้มี ได้ในผักตระกูลกะหล่ำ 7 วันหลังฉีดพ่นครั้งสุดท้ายในแปลงที่ใช้ส่วนผสมของอะบาเม็กติน และคลอร์ฟินาเพอร์ทั้งสองอัตรา ในรอบปลูกแรก และในรอบปลูกครั้งที่สองปริมาณคลอร์ฟินาเพอร์ในผักคะน้าแปลงที่ใช้ส่วนผสมของอะบาเม็กติน และคลอร์ฟินาเพอร์อัตราแนะนำ และอัตราสูงกว่าแนะนำ 2 เท่า ลดลงจนน้อยกว่าค่าที่ยอมให้มีได้ในผักตระกูลกะหล่ำในวันที่ 5 และ 7 หลังฉีดพ่น ครั้งสุดท้าย ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ

Cao, *et al.* (2005) ปริมาณสารตกค้างของคลอร์ฟิโนเพอร์ ในผักกะหล่ำและดินที่ฉีดพ่นด้วยคลอร์ฟิโนเพอร์ (ความเข้มข้น 10% chlorfenapyr suspension) ในอัตราแนะนำ 900 mL/hm² และสูงกว่า แนะนำ 1800 mL/hm²) ดังนั้นเกษตรกรที่ใช้สารคลอร์ฟิโนเพอร์ ควรเว้นระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตมากกว่า 7 วันเพื่อลดปริมาณสารตกค้าง

จากผลการทดลองจึงสรุปได้ว่า เชื้อบีทีสายพันธุ์เคอร์สตากีและสายพันธุ์ไอซาไว ลดจำนวนแมลงศัตรูผักกะหล่ำได้ไม่แตกต่างจากสารผสมอะบาเม็กติน และคลอร์ฟิโนเพอร์ อัตราแนะนำเชื้อบีทีสายพันธุ์เคอร์สตากีมีแนวโน้มลดจำนวนหนอนใยผักมากกว่าเชื้อบีทีสายพันธุ์ไอซาไว ในขณะที่สารผสมอะบาเม็กตินและคลอร์ฟิโนเพอร์มีการตกค้าง บนผลผลิตและอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค แต่เชื้อบีทีมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ดังนั้นการใช้เชื้อบีทีจึงน่าจะเป็นทางเลือกที่ดีทางหนึ่งในการใช้สารชีวภาพเพื่อทดแทนสารเคมีกำจัดแมลง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คุณศักดิ์และคุณสุมาลี อินสว่าง เกษตรกรอำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ที่เอื้อเฟื้อแปลงปลูกผักคะน้า บริษัทห้องปฏิบัติการกลางตรวจสอบผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร จำกัด และศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ปริมาณสารงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์ประสานงานนักเรียนทุนทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ และทุนส่งเสริมวิทยานิพนธ์จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2548. รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ปี พ.ศ. 2548. ที่มา http://as.doa.go.th/ard.stat/stat_12.pdf

กรมวิชาการเกษตร. 2549. รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ปี พ.ศ. 2548. ที่มา http://as.doa.go.th/ard.stat/stat_13.pdf

กรมวิชาการเกษตร. 2550. รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ปี พ.ศ. 2548. ที่มา http://as.doa.go.th/ard.stat/stat_81.pdf

สมาคมอารักขาพืชไทย. 2550. คู่มือการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช: คะน้า ที่มา: www.doae.go.th/library/html/detail/crop%20protection%20handbook/index_1.html

จิราภรณ์ การะเกตุ. 2549. ความรู้และวิธีการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกผักคะน้า อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ปัญหาพิเศษ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 90 หน้า.

จิตติยา แซ่ปั้ง และกรณิการ์ อ่อนชัย. 2549. ปริมาณสารตกค้างของคลอไพริฟอส และคลอเฟโนนาเพอร์ที่ฉีดพ่น 3 อัตราในผักคะน้า. ว.วิทย์.เกษตร. 37(6):509-516.

Anastassiades, M., S.J., Lehotay, D. Stajbaheer, and F.J. Schenck, 2003. Fast and easy multi residues employing acetonitrile extraction/partitioning and "Dispersive solid-phase extraction" for determination of pesticide residues in Produce. *J. AOAC*. 86 (2): 412-431.

Ayalew, G. 2006. Comparison of yield loss on cabbage from Diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) using two insecticides. *Crop Protection* 25: 915-919.

Bravo, A., S.S. Gill, and M. Soberon, 2007. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Cry and Cyt toxins and their potential for insect control. *Toxicon*. 49: 423-435.

- Beck, L., J., Rombke, A., Ruf, A., Prinzing, and S. Woas, 2004. Effects of diflubenzuron and *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* toxin on soil invertebrates of a mixed deciduous forest in the Upper Rhine Valley, Germany. *Eur. J. Soil Biol.* 40 (6): 55-62.
- Bernstein I.L., J.A., Bernstein, M., Miller, S., Tierzieva, D.I., Bernstein, Z., Lummus, M.J.K., Selgrade, D.L. Doerfler, and V.L. Seligy, 1999. Immune responses in farm workers after exposure to *Bacillus thuringiensis* pesticides. *Environ. Health Perspec.* 107 (7): 575-582.
- Broderick, N.A., K.F. Raffa, and J. Handelsman, 2006. Midgut bacteria required for *Bacillus thuringiensis* insecticidal activity. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* 103 (41): 15196-15199.
- Cao, Y., J., Chen, Y., Wang, J., Liang, L. Chen, and Y. Lu, 2005. HPLC/UV analysis of chlorfenapyr residues in cabbage and soil to study the dynamics of different formulations. *Sci. Total Envir.* 350: 38-46.
- Cranshaw, W.S. 2008. *Bacillus thuringiensis*. Available online at <http://www.ext.colostate.edu/pubs/Insect/05556.html>. 1-3.
- Diserens, H. and M. Henzelin, 1999. Determination of abamectin residues in fruits and vegetables by high-performance liquid chromatography. *J. Chromatogr A.* 833: 13-18.
- European Commission Health & Consumers Directorate-General. 2008. Review report: European pesticides database. SANCO/138/08-final. Available online at http://ee.europ.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=activesubstance.detail
- Tappeser, B. 1998. The differences between conventional *Bacillus thuringiensis* strains and transgenic insect resistant plants. Available online at <http://www.twinside.org.sg/title/difference.htm> . 1-5.
- Government of Saskatchewan. 2010. Economic Thresholds of Insect Pests. Available online at <http://www.agriculture.gov.sk.ca/Default.aspx?DN=a4d74761-d683-4e68-8c5e-60f592>
- Knodel, J.J. and M. Ganehiarachchi, 2010. Diamondback moth in canola: Biology and integrated pest management. Available online at <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/pests/e1346.htm>
- Loke, W.H., S.A., Rahman, A., Sivapragasam, I., Fauziah, Md.M. Jusoh, and A.K. Hussan, 2010. Dynamism in diamondback moth IPM development: The Malaysian experience. Proceedings: The Management of Diamond Moth and other Crucifer pests. Available online at www.nysaes.cornell.edu/ent/dbm/pdf/1996papers/1996DBM42.pdf
- McClintock, J.T., C.R. Schaffer, and R.D. Sjoblad, 1995. A comparative review of the mammalian toxicity of *Bacillus thuringiensis*-based pesticides. *Pesticide Sci.* 45(2): 95-105.
- Mohan, M. and Gujar, G.T. 2001. Toxicity of *Bacillus thuringiensis* strains and commercial formulations to the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). *Crop Protection* 20: 311-316.
- PMEP. 1994. Pesticide information profile: *Bacillus thuringiensis*. EXTOWNET Available online at <http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extownet/24d-captan/bt-ext.html>. 1-7.
- Subramanian, S., R.J. Rabindra, and N. Sathiah, 2010. Economic threshold for the management of *Plutella xylostella* with granulovirus in cauliflower ecosystem. *Phytoparasitica* 38: 5-17.
- Yoshii, K., A., Kaihara, Y., Tsumura, S. Ishimitsu, and Y. Tonogai, 2000. Liquid chromatographic determination of emamectin, milbemectin, ivermectin and abamectin in crops and confirmation by liquid chromatography-mass spectrometry. *J. Chromatography A.* 896: 75-85.