# บทที่ 5

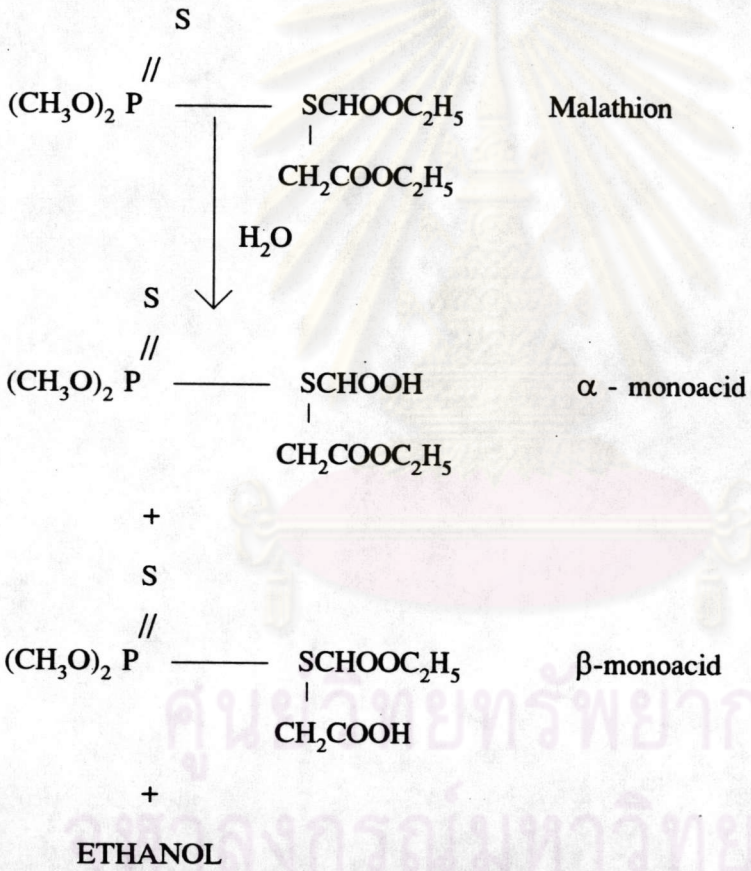
## วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาทดลองเห็นได้ว่า การใช้สารสกัดจากพืชโดยเฉพาะสารสกัดจากสะเดา ซึ่งมีสารออกฤทธิ์ต่างๆ เช่นสาร Azadirachtin , Salanin , Nimbin , ฯลฯ เป็นองค์ประกอบ ซึ่งสารดังกล่าวนี้มีฤทธิ์หลากหลายต่อแมลงศัตรูพืชให้แมลงมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับเอ็นไซม์เพื่อสร้างความต้านทานน้อยกว่าสารฆ่าแมลงชนิดที่เป็นสารสังเคราะห์ซึ่ง สุรพล วิเศษสรรค์ (2536) ทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่างสารฆ่าแมลงสังเคราะห์และสารสกัดสะเดาในหนอนใยผัก นอกจากนี้ Metcalf (1989) ยังรายงานว่า ปัจจุบันแมลงสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงชนิดสังเคราะห์ประมาณ 500 ชนิด และสารฆ่าแมลงแต่ละชนิดมีผลให้แมลงสร้างความต้านทานในระยะเวลาที่ต่างกัน ซึ่งสาร pyrethroids เป็นสารที่ทำให้แมลงต้านทานเร็วที่สุด ในเวลา 2 ปี ซึ่งจะเห็นได้ว่า การใช้สารฆ่าแมลงสังเคราะห์แสดงให้เห็นแนวโน้มของการสร้างความต้านทานของแมลงต่อสารดังกล่าวในลักษณะที่เป็นไปอย่างไม่หยุดยั้ง และเป็นไปในแนวทางเดียวกับการเพิ่มปริมาณ และชนิดของสารฆ่าแมลง

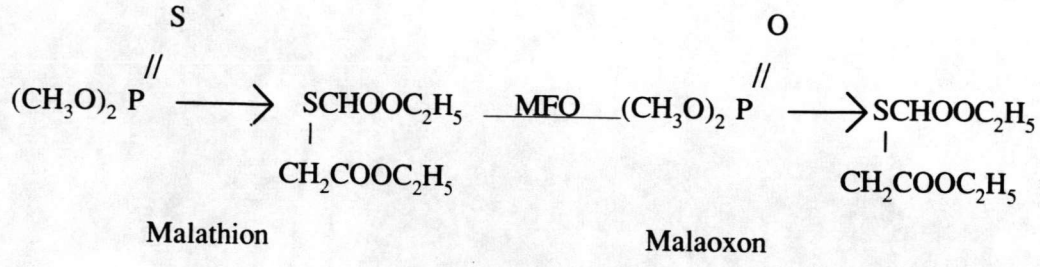
จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทำให้เกิดข้อคิดว่า ถ้าผู้ใช้สารฆ่าแมลงไม่คำนึงถึงการสร้างความต้านทานของแมลงต่อสารดังกล่าว การกำจัดแมลงก็จะทำได้ยากมากขึ้น และเสียค่าใช้จ่ายมากขึ้นเช่นกัน จนกระทั่งเกษตรกรไม่สามารถที่จะควบคุมต้นทุนการผลิตได้ (Terrier , 1984) ทั้งนี้ยังไม่ได้คำนึงถึงสภาวะแวดล้อมที่เสื่อมโทรมตลอดจนพิษตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร ที่จะมาถึงผู้บริโภคและไม่ได้บริโภคอีกด้วย ( สุรพล วิเศษสรรค์ , 2534 )

จากผลการทดลองดังกล่าว เห็นได้ว่าถ้าหากมีการใช้สารสกัดจากสะเดาคลุกเมล็ดถั่วเขียวแล้วนำไปเลี้ยงแมลงจะไปมีผลทำให้ระดับเอ็นไซม์ของแมลงเกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย จากผลที่ได้จะเห็นว่าสารสกัดสะเดามีผลทำให้ระดับเอนไซม์ esterase มีแนวโน้มลดลง โดยเริ่มลดลงจากระดับความเข้มข้นที่ต่ำไปสู่ความเข้มข้นที่สูงขึ้น เป็นเหตุผลที่ทำให้ทราบว่าสารสกัดสะเดามีผลต่อระดับเอ็นไซม์ esterase ของแมลง เพราะเมื่อแมลงได้รับสารสกัดสะเดามีผลทำให้ระดับเอ็นไซม์ต่ำลงโดยจะไปลดการทำงานของ esterase แสดงว่าสารสกัดสะเดายังเป็นสารที่ใช้ในการป้องกันแมลงได้เป็นอย่างดีในระดับหนึ่ง ซึ่งผลการทดลองของสะเดาน่าจะมีผลตรงกันข้ามกับ malathion ซึ่ง Kao et al. (1984) กล่าวว่า

เอ็นไซม์ esterase เป็นตัวสำคัญในการ metabolism ของสารฆ่าแมลงกลุ่ม organophosphate เช่น มาลาไธออน ซึ่ง Mackness (1983) ก็พบว่า แมลงที่ต้านทานต่อสารดังกล่าว เช่น rust red flour beette มักจะมีระดับเอ็นไซม์ชนิดนี้สูงขึ้น นอกจากนี้ Dauterman (1983) และ Kao et al (1984) ยังได้อธิบายการเกิด metabolism ของสารมาลาไธออน ไว้ว่า การที่แมลงได้รับสารมาลาไธออนเข้าไปในระดับหนึ่ง จะสามารถกระตุ้นให้เอ็นไซม์ esterase เร่งปฏิกริยา hydrolysis ของสารมาลาไธออนได้ผลผลิตเป็น α และ β-monoacid และ ethanol ดังสมการด้านล่าง แต่สารสกัดสะเดาน่าจะเป็นตัวยับยั้งการทำงานของ esterase มากกว่า




ขณะเดียวกันสารสกัดสะเดาก็มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับเอ็นไซม์ monooxygenase โดยระดับเอนไซม์จะเริ่มลดต่ำลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดสะเดา ซึ่งเทียบได้กับสาร malathion ที่ถูก oxidize โดย monooxygenase เป็น malaoxon ซึ่งมีฤทธิ์สูงกว่า parent compound ดังสมการ




สารมาลาออกซอนที่ได้ เป็นสารที่มีความเป็นพิษสูงกว่าสารตั้งต้นโดยจะสามารถเป็นตัวยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเทอเรส ( cholinesterase ) ได้มากกว่าสารมาลาไธออน (Dahm and Nakatsukawa , 1968 ) การป้องกันตัวเองของแมลงไม่ให้ได้รับพิษจากเมตาบอไลต์ที่เกิดขึ้นจากขบวนการทำลายหรือขจัดพิษนั้น เช่นเดียวกับด้วงถั่วที่นำมาทดลองมีการสร้างเอ็นไซม์ (monoxygenase) น้อยลงเมื่อได้รับสารสกัดสะเดา เป็นการปรับตัวเพื่อการสร้างความต้านทานโดยได้รับการถ่ายทอดมาทางพันธุกรรม ( สุรพล วิเศษสรรค์ , 2536 ) สำหรับระดับเอ็นไซม์ glutathione S - transferase จะมีลักษณะสม่ำเสมอไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นเด่นชัดซึ่งตามปกติแล้วเมื่อแมลงได้รับสารสกัดจากพืชในปริมาณที่เหมาะสมแมลงจะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสร้าง detoxication enzymes เพื่อต่อต้านหรือทำลายสารแปลกปลอม ( Yu , 1983 , Yu , 1984 ) ผลการทดลองสารสกัดจากสะเดาจะแตกต่างจากผลการทดลองของ Wells et al. ( 1983 ) ซึ่งกล่าวว่า เอ็นไซม์ glutatione S - transferase เป็นกลไกสำคัญที่ทำให้เกิดการต้านทานต่อสารออร์กาโนฟอสเฟส แต่จะสอดคล้องกับผลการทดลองของ สุรพล วิเศษสรรค์ (2536) ที่พบว่า หลังจากใช้สารสกัดสะเดากับหนอนใยผักถึง 5 ชั่วอายุ ก็ยังคงพบการเพิ่มขึ้นของระดับเอ็นไซม์ glutatione S- transferase เพียงเล็กน้อย ซึ่งอาจเป็นเพราะการทดลองนี้มีการตรวจวัดเอนไซม์ดังกล่าวใน generation ที่ 1 เพียงเท่านั้น การกระตุ้นให้เกิดเอ็นไซม์ดังกล่าวจึงมีไม่มาก ประกอบกับปริมาณสารสกัดสะเดาที่ด้วงถั่วได้รับอาจไม่มากพอที่จะกระตุ้นการสร้างเอนไซม์ดังกล่าวให้เกิดขึ้นก็เป็นได้

ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าวยังมีปัจจัยอื่นๆเช่นระหว่างการบดด้วงเพื่อวัด (homogination)อาจจะมีสารยับยั้งภายใน (endogenous inhibitors) ปล่อยออกมา (Wilkinson and Brattsten , 1972) ซึ่งอาจทำให้เกิดยับยั้งปฏิกิริยาของเอ็นไซม์ได้ แต่ในการทดลองได้เติม PVPP ระหว่างการ homoginized ซึ่ง PVPP เป็นตัวลดการเกิด quinone ซึ่งยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ (Visetson, 1991) pH ที่เหมาะสมสำหรับแมลงแต่ละชนิดก็เป็นสิ่งสำคัญ ซึ่ง

Hodgson and Plap (1970) รายงานว่า pH ระหว่าง 7-8 มีความเหมาะสมสำหรับแมลง เช่น พวก army warm *T. castaneum* (Cohen, 1982) และ housefly (Kulkarni and Hodgsan, 1976) ซึ่ง pH ที่เหมาะสมสำหรับด้วงพวก *T. castaneum* คือ pH 7.5

จากการศึกษา synergist ทั้ง 3 ชนิด คือ triphenyl phosphate ( TPP ) , diethyl maleate ( DEM ) และ piperonyle butoxide ( PB ) ผสมกับสารสะเดา ผลปรากฏว่า สาร synergists แต่ละชนิดก็มีผลเห็นได้ชัดเจนกับเอ็นไซม์แต่ละตัว ซึ่งจากผลการทดลอง สาร triphenyl phosphate มีผลเห็นเด่นชัดกับเอ็นไซม์ esterase คือ เมื่อใส่สาร TPP ลงไปมีผลทำให้ระดับของเอ็นไซม์ esterase เปลี่ยนแปลงลดลง ซึ่งผลการทดลองจะสอดคล้องกับ ผลของ Prabhaker et al. ( 1988 ) ซึ่งทำการทดลองกับแมลงวันบ้าน ส่วน DEM นั้นจะเห็นผลเด่นชัด เฉพาะกับเอ็นไซม์ glutathione S - transferase มากกว่าเอนไซม์ชนิดอื่น เพราะถ้าใช้สารสกัดสะเดาที่ไม่ผสม DEM ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับเอนไซม์ เมื่อผสม DEM ลงไปจะเห็นได้ชัดเจนว่าระดับเอ็นไซม์ glutathione S-transferase เปลี่ยนแปลง ในทางทดลองแสดงว่า DEM มีผลในการช่วยยับยั้งเอ็นไซม์ glutathione - S- transferase โดยมีผลทำให้ลดการทำงานลง 50 % เมื่อใช้ในความเข้มข้นที่สูงกว่า 30 ppm ขึ้นไป ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลของ Lamaroux and Rusness ( 1987 ) ซึ่งทำการทดลองกับแมลงวันบ้าน สำหรับสาร piperonyl butoxide จะมีผลกับเอ็นไซม์ esterase และ monooxygenase ซึ่งผลจะสอดคล้องกับการทดลองของ Scott and Georghiom (1986) ที่ทำการทดลองกับแมลงวันบ้านเช่นเดียวกัน นอกจากนั้น มอดแป้ง ( *Tribolium castaneum* ) ในประเทศออสเตรเลียเกิดการสร้างความต้านทานต่อสาร fenotrothion และ malathion ซึ่งลักษณะการสร้างความต้านทานนี้มีผลทำให้ระดับเอ็นไซม์ monooxygenase ต่ำลง จึงมีการนำ synergist ชนิด piperonyl butoxide ( PB ) เข้ามาใช้ในการป้องกันกำจัด และผลก็คือ PB สามารถควบคุมประชากรของแมลงได้อย่างสมบูรณ์ ( Collins , 1990 ; Rose and Wallbank , 1986 )

สำหรับ DEM โดยสรุปแล้ว จะไม่มีผลในการเพิ่มและเสริมปฏิกิริยาของเอนไซม์ในแมลงมากนัก ซึ่งชี้ให้เห็นว่า glutathione S-transferase ของแมลงชนิดนี้จะไม่เฉพาะเจาะจงต่อการทำงานของ DEM

ผลการทดลองข้างต้นสอดคล้องกับ สุรพล วิเศษสรรค์ (2534) ซึ่งเสนอว่า azadirachtin ในสารสกัดสะเดา เป็นสารที่มีคุณสมบัติในการป้องกันกำจัดแมลงเนื่องจากสารนี้เมื่อผ่านเข้าสู่ลำตัวของแมลงจะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ซึ่งแมลงสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในการทำให้สารแปลกปลอม ( xenobiotics ) ที่เข้าสู่ตัวแมลงหมดพิษและง่ายต่อ

การขับถ่าย (excretions) โดยการทำให้สารแปลกปลอมละลายน้ำได้ง่าย (hydrophilic) แต่เมื่อ enzymes ถูกยับยั้ง แมลงอ่อนแอลง มีการย่อยอาหารบกพร่อง ดังนั้นสิ่งแปลกปลอมต่างๆ ที่เข้าสู่ตัวแมลงจะแสดงความเป็นพิษต่อแมลงผลที่เกิดขึ้นจะไปทำงานเสริมกับสาร triterpenoids และสาร melantriol ซึ่งถูกสกัดออกมาพร้อมกับสาร azadirachtin สารดังกล่าวนี้ไปรบกวนการทำงานของระบบย่อยอาหารในแมลง แมลงจึงไม่ชอบสารนั้น และในที่สุดแมลงก็หลีกเลี่ยงการสัมผัส(repellent and antifeedant) ซึ่งผลจากการหยุดทำงานของเอนไซม์ดังกล่าว และการหยุดชะงักการสัมผัสอาหารของแมลง ทำให้แมลงไม่สามารถสร้างสารพวก chitinase ซึ่งจำเป็นต่อการสร้างสารที่ช่วยในการลอกคราบเพื่อการเจริญเติบโต ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่าสารสกัดสะเดานอกจากจะมีผลในการฆ่าแมลงและไล่แมลงแล้ว ยังมีผลในการเป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลง (growth inhibitions) อีกเช่นกัน (Rembold et al. ,1980 ; Ladd et al., 1978 and Jalani et al., 1988 ) ซึ่งผลการทดลองที่ได้ในครั้งนี้สอดคล้องกับที่กล่าวมาเช่นเดียวกัน คือ ปริมาณ monooxygenase และ esterase จะลดต่ำลงเมื่อได้รับสารสกัดสะเดา

คุณสมบัติที่ดีเด่นของสารสกัดจากสะเดาดังกล่าวข้างต้นนี้ยังไม่เคยมีรายงานว่าพบในสารฆ่าแมลงประเภทสังเคราะห์ และเป็นสารที่ทำให้แมลงสร้างความต้านทานได้ยากที่สุด เนื่องจาก ยีน ( genes ) ที่ควบคุมการสร้างความต้านทานต่อลักษณะหลาย ๆ อย่าง ดังกล่าวอยู่ต่าง loci การจะทำให้แมลงสร้างความต้านทานต่อลักษณะหลาย ๆ ลักษณะในเวลาเดียวกันนั้นและจะใช้เวลามากกว่าการสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงประเภทสังเคราะห์ ซึ่งโดยปกติแมลงจะสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงประเภทสังเคราะห์ภายในระยะเวลา 2-6 ปี แต่สำหรับสารสกัดจากพืชมีผู้คำนวณไว้ว่า แมลงจะใช้เวลานานนับพันปีในการสร้างความต้านทาน ( Metcalf , 1989 ) ซึ่งผลการทดลองในครั้งนี้ ทำให้เชื่อว่า สมมุติฐานดังกล่าวข้างต้นค่อนข้างจะเป็นจริง เพราะสารสกัดสะเดาที่นำมาใช้เป็นสารสกัดที่มีสารออกฤทธิ์หลาย ๆ ชนิดอยู่รวมกัน ซึ่งสารแต่ละชนิดก็จะไปมีผลต่อการทำงานของระบบต่าง ๆ ในตัวแมลงได้ในลักษณะที่แตกต่างกัน ฉะนั้นการที่แมลงจะสร้างความต้านทานขึ้นมานั้นไม่ใช่เรื่องที่จะเกิดขึ้นได้ง่ายแต่สารเคมีสังเคราะห์จะเป็นสารที่เฉพาะเจาะจงในการทำลายแมลงในส่วนที่อาจเป็นระบบประสาท หรือปมประสาทอย่างใดอย่างหนึ่ง แมลงก็จะสร้างความต้านทานได้ง่ายกว่าสารซึ่งมีผลในการออกฤทธิ์หลาย ๆ ส่วนในตัวของแมลง

ดังนั้น สมควรอย่างยิ่งที่จะสนับสนุนการใช้สารสกัดจากสะเดาในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพื่อที่จะทำให้สภาวะสมดุลธรรมชาติที่เสื่อมโทรมได้ค่อย ๆ กลับคืนมาอีกครั้ง

หนึ่ง พร้อมทั้งการได้บริโภคอาหารที่ปราศจากสารพิษที่ปนเปื้อน ฉะนั้นสมควรที่จะต้องขอบคุณรัฐบาลที่ได้มอบนโยบายการเปลี่ยนการใช้สารฆ่าแมลงประเภทสังเคราะห์มาใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรในการป้องกันการกำจัดศัตรูพืชทางการเกษตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย