บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กล้วย

เบญจมาศ ศิลาย้อย (2538) ได้กล่าวถึงกล้วย และแมลงศัตรูทำลายกล้วยไว้ ดังนี้

กล้วยเป็นพืชเศรษฐกิจที่คนไทยรู้จักกันดี เพราะใช้เป็นอาหารบริโภคและประโยชน์ใช้สอยหลากหลาย กล้วยสามารถปลูก และมีการเจริญเติบโตได้ดีในทุกภาคของประเทศไทย กล้วยถือเป็นพืชเก่าแก่ของประเทศไทย ตั้งแต่โบราณจะเห็นว่าในพิธีต่าง ๆ ทางศาสนาจะมีการใช้ส่วนต่าง ๆ ของกล้วย เพื่อประกอบในพิธีนั้น ๆ เช่น ผล ใบ กาบ ลำต้น เป็นต้น

ลักษณะของกาบใบและใบกล้วยมีการจัดเรียงใบ ดังนี้

การเรียงของใบและกาบใบบนลำต้นแท้ใต้ดินจะเกิดเรียงกันเป็นวงกลมและซ้อน ๆ กันที่ส่วนโคน ส่วนด้านปลายจะไม่ซ้อนกัน ส่วนปลายนี้จะเป็นจุดกำเนิดของใบซึ่งเจริญมาจากส่วนกลางของลำต้นเทียม กาบใบเรียงกันแน่น แผ่นใบประกอบด้วยส่วนของเส้นใบซึ่งมีลักษณะทางกายวิภาคเหมือนกับก้านใบ ส่วนของแผ่นใบทั้งสองข้างมาบรรจบกันที่เส้นกลางใบ ที่ขอบขอบเส้นกลางใบทั้งสองข้างจะเห็นเป็นสีเดียวกับเส้นกลางใบ คือ สีเขียวอ่อน ปลายของใบมีลักษณะมน

ใบกล้วยตานี (wild balbisiana) มีการเลือกใช้ในในงานฝีมือมากชนิดหนึ่งมีลักษณะ คือ

กล้วยตานี (*Musa balbisiana* Colla) ชื่ออื่น ๆ เช่น กล้วยป่า กล้วยตานีใน กล้วยชะนีในภาคใต้ เรียกว่ากล้วยพองลา จังหวัดสุรินทร์ เรียกว่า เมล็ด จังหวัดพิจิตร เรียกว่า กล้วยงู

กล้วยตานี เป็นกล้วยในสกุล Musa ซึ่งลักษณะมีการแตกหน่อและผลใช้รับประทานได้

กล้วยตานี มีลำต้นเทียมสูง 3.5-4 กาบลำต้นด้านในสีเขียว ก้านใบสีเขียว เส้นกลางใบสีเขียว ไม่มีร่อง ใบประดับรูปค่อนข้างมีป้อม มีความกว้างมากปลาย

ภาพที่ 1 รูปร่างลักษณะของลำต้นของกล้วยตานี

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แมลงศัตรูของกล้วยที่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ต้นกล้วย

มีข้อมูลของแมลงศัตรูกล้วย โดยทั่วไป ได้แก่ *Cosmopolites sordidus* (ด้วงงวง) *Centrococcus insolitus* (เพลี้ยแป้ง) *Prodenia litura* (หนอนกินใบ) *Pentalonia nigronervosa* (เพลี้ยอ่อน) *Dacus dorsalis* (แมลงวันผลไม้) *Chionaspis dilatata* (เพลี้ยหอย) *Nodestoma subcostatum* (หมัด) *Nacoleia octasema* (หนอนใยกล้วย) *Erionota thrax* (หนอนม้วนใบ) *Opogona subcervinella* (หนอนปลวก) เป็นต้น

การกำจัดหนอนม้วนใบกล้วย และหนอนอื่น ๆ ศัตรูของกล้วย

Prodenia litura (หนอนกินใบ) การป้องกันและการกำจัด เมื่อพบหนอนกินใบเริ่มแพร่ระบาดเข้ามาทำลายกล้วยในสวนก็ควรพ่นด้วยสารเคมี เช่น พาราไธออน 20 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร ให้ทั่ว หรือใช้บาซูดิน 25 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร

Nacoleia octasema (หนอนใยกล้วย) การป้องกันและการกำจัด ในระยะที่กล้วยออกปลี ถ้าพบว่ามีแมลงชนิดนี้หรือหนอนเกิดแพร่ระบาดต้องพ่นด้วยสารเคมี เช่น มาลาไธออน 20 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร ให้ทั่วหรือจะใช้มิพซิน 40 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร

Erinota thrax (หนอนม้วนใบ) การป้องกันและการกำจัด ก่อนอื่นจะต้องตัดและเก็บใบที่ถูกทำลายออกไปเผาไฟ เพื่อทำลายตัวอ่อนของผีเสื้อให้หมดสิ้นไป แล้วจัดการพ่นสารเคมี เช่น บีเอชซี จำนวน 30 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร โดยพ่นให้ทั่วทั้งบริเวณภายในของใบที่ยังม้วนอยู่ และผิวใบด้านนอก

Opogona subcervinella (หนอนปลวก) การป้องกันและการกำจัด เมื่อพบหนอนปลวกเกิดขึ้นก็ควรพ่นด้วยสารเคมี เช่น พาราไธออน 20 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร หรือโฟลิแมท 18 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร

หนอนม้วนใบกล้วย (banana skipper)

โครงการอุทยานธรรมชาติวิทยาอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (2538) ได้มีการศึกษาวิจัยทางด้านสัตวศาสตร์ในพื้นที่โครงการ พบว่าหนอนม้วนใบกล้วย อยู่ในวงศ์ Hesperiidae มีชื่อสามัญ คือ Skipper เป็นระยะตัวหนอน หรือดักแด้ของผีเสื้อกลางวัน ชนิด *Erionota thrax* thrax ลำตัวอ้วนยาวสีขาว หัวมีขนาดใหญ่สีดำ มีขาจริง 3 คู่ มีขาเทียมปล้องที่ 3, 4, 5, 6 และ 10 มีกลุ่มขนเรียงกันอยู่ไม่เป็นระเบียบ และมีผงสีขาวปกคลุมทั่วลำตัว ตัวหนอนจะม้วนใบกล้วยมาพันรอบลำตัว เพื่อเข้าสู่ระยะดักแด้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วผีเสื้อจะมาวางไข่เป็นจำนวนมากในใบยอดที่ยังไม่คลี่ออก แล้วไข่จะฟักออกมาเป็นตัวอ่อนเจริญอยู่ในใบอ่อนซึ่งม้วนอยู่ เมื่อตัวหนอนเจริญโตเต็มที่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ก็จะสร้างเส้นใยโยงไปมาอย่างหนาแน่น หลังจากนั้นชั่วระยะเวลาหนึ่งก็จะเข้าดักแด้ แล้วเจริญเป็นตัวแก่ของผีเสื้อต่อไป และไปผสมพันธุ์วางไข่ที่ในใบซึ่งยังม้วนอยู่อีกต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 2

(ก) (ข)

(ค) (ง)

ภาพที่ 2 ลักษณะหนอนม้วนใบกล้วย

(ก) หนอนม้วนใบชักใยจนทำให้ใบกล้วยม้วนใบ และหนอนดำรงชีวิตอยู่ด้านใน

(ข) ลักษณะของตัวหนอนม้วนใบกล้วย

(ค) และ (ง) หนอนม้วนใบในระยะดักแด้ และเป็นผีเสื้อต่อไป

ลักษณะการทำลาย แมลงดังกล่าวนี้จะทำลายใบกล้วยให้ได้รับความเสียหายก็ต่อเมื่อแมลงอยู่ในระยะยังเป็นตัวอ่อนหรือตัวหนอน ตัวหนอนเหล่านี้จะกัดกินใบให้เกิดแหว่งเป็นรูพรุนหรือฉีกขาดอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะก้านใบเมื่อถูกหนอนกัดกินจนเป็นแผลขนาดใหญ่มาก หรือกัดจนก้านกลางใบขาด ก็จะทำให้ใบต้องพับลงมาทั้งที่ใบอ่อนยังอยู่ในสภาพที่ยังม้วนอยู่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

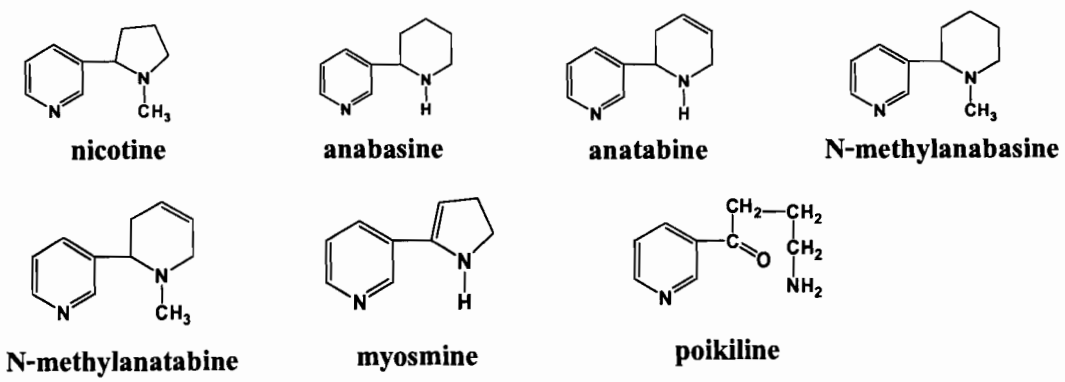
ต่อมาใบกล้วยที่หักพับลงมานั้นก็จะเหี่ยวแห้งไป ซึ่งเป็นผลเสียหายต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้วยมาก

ลักษณะการทำลายของหนอนม้วนใบกล้วย เกิดจากตัวอ่อนของผีเสื้อกลางคืนจะวางไข่ตรงยอดอ่อนของใบกล้วย ใช้ระยะเวลา 5-7 วัน จะฟักเป็นตัวอ่อน ครั้งละ 10-20 ตัว และจะม้วนใบกล้วยเป็นหลอด เพื่อเป็นที่อยู่อาศัย ตอนกลางคืนจะออกมากินใบกล้วย ซึ่งระยะทำลายจะใช้เวลา 5-7 วัน จะเข้าดักแด้ออกเป็นผีเสื้อต่อไป ตัวอ่อนของหนอนม้วนใบจะกัดกินใบ กล้วยระยะใบอ่อนจนเหลือแต่ก้านใบ ทำให้กล้วยไม่มีใบปรุงอาหารทำให้ผลกล้วยลีบ และมีสีคล้ำไม่เจริญเติบโตต้องตัดทิ้ง

ใบยาสูบ

นิเวศน์ อุดมรัตน์ (2527) รายงานผลการศึกษาสารประกอบในใบยาสูบมี 2 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มแรกเป็นแอลคาลอยด์ (alkaloids) ซึ่งเป็นสารประกอบกลุ่มใหญ่มากที่สุดกลุ่มหนึ่งที่ได้มีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง พบมากในพืชชั้นสูง เป็นสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (organic nitrogen compound) คุณสมบัติของแอลคาลอยด์ทั่วไปมักมีรสขม มีฤทธิ์เป็นด่าง ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ นิโคตินเป็นแอลคาลอยด์กลุ่มไพริดีน (pyridine) ในใบยาสูบมีนิโคตินเป็นส่วนใหญ่ (nicotine) มีสูตรทางเคมีเป็น $C_{10}H_{14}N_2$ นิโคตินเป็นองค์ประกอบที่ทำให้เกิดลักษณะเฉพาะตัวแก่ยาสูบ และอาจกล่าวได้ว่านิโคตินคือยาสูบ นอกจากนี้ยังมีแอลคาลอยด์ตัวอื่น ๆ เช่น อะนาบาซีน (anabasine) อะนายาบีน (anayabine) เอ็น- เมทธิลอะนาบาซีน (N-methylanabasine) และ เอ็น- เมทธิลอะนาทาบีน (N-methylanatabine) และในควันบุหรี่ยังมีด่างซึ่งไม่พบในใบยาสูบ แต่พบในควันบุหรี่ คือ ไมโอซีม (myosime) และปอยคิลีน (poikiline) ซึ่งสารเหล่านี้มีโครงสร้าง ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โครงสร้างของสารสำคัญในใบยาสูบ

2. กลุ่มที่สองเป็นกลุ่มที่คล้ายกับไอโซพรีนอยด์ (isoprenoids) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการสร้างยาง

นิโคติน (nicotine)

Backingham, Baggaleg, Roberts, and Szabo' (2010) ได้ให้ความหมายของนิโคตินว่า นิโคติน มีสูตร $C_{10}H_{14}N_2$ มวลโมเลกุล 162.234 g/mol เป็นสารประกอบแอลคาลอยด์ ที่ได้จาก *Nicotiana tabacum* (ยาสูบ) และยาสูบชนิดอื่น ๆ เป็นสารที่ปิดกั้นปมประสาท และเป็นสารฆ่าแมลงในพืช นอกจากนี้ใช้ในหมากฝรั่ง และใช้ทางผิวหนังแก่ผู้ที่บำบัดในการเลิกสูบบุหรี่

นิเวศน์ อุดมรัตน์ (2527) รายงานผลการศึกษาเกี่ยวกับนิโคติน พบว่าเป็นน้ำมันไม่มีสี หนักกว่าน้ำ เมื่อถูกกับอากาศจะกลายเป็นสีน้ำตาลดูดความชื้นได้ดี ละลายได้ในแอลกอฮอล์ คลอโรมีเทน อีเทอร์ และน้ำ มีจุดเดือดที่ 246°C เมื่อนำยาสูบมากลั่นด้วยไอน้ำ นิโคตินสามารถรวมกับน้ำได้ ณ อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 60°C และสูงกว่า 210°C

โครงสร้างของนิโคตินประกอบด้วยไนโตรเจน 2 อะตอม ในวงไพริดีน (pyridine ring) และวงไพโรลิดีน (pyrrolidine ring) ทั้งสองวงเป็นฟังก์ชันของเอมีน (amine) ชนิดเทอร์เชียร์รีเอมีน (tertiary amine) สามารถเกิดเป็นเกลือได้วงไพโรริดีน มีค่า $pK_a = 8$ ส่วนวงไพริดีน มี $pK_a = 3$ ซึ่งหมายความว่าที่ pH 7 นี้ วงจะได้รับโปรตอน (protonate) ประมาณ 90% จึงกลายเป็นควอเทอร์นารีอะเซติลโคลีน(quaternaryacetylcholine)ได้ดี ซึ่งเป็นการอธิบายได้ว่านิโคตินละลายน้ำได้ดี เนื่องจากอิทธิพลของการดึงดูดอิเล็กตรอน (electron-attracting) ของวงไพริดีน ในขณะเดียวกันความเป็นเบสของวงไพริดีน ในสูตรโครงสร้างของนิโคตินจะอ่อนกว่าพวกวงไพริดีนปกติ ทั้งนี้เพราะผลจากแรงผลัก (repulsive effect) บนโปรตอนซึ่งเกิดจากไอออไนเซชัน (ionization) ของอะตอมของไนโตรเจน ในวงไพโรลิดีน ดังนั้นจึงทำให้นิโคตินมีคุณสมบัติเป็นด่างอ่อน

นิโคตินมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต ดังนี้

1. ออกฤทธิ์ต่อเซลล์ประสาท (nerve cells) เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะมีผลโดยตรงต่อเซลล์ปมประสาทซิมพาเทติก และพาราซิมพาเทติก (sympathetic and parasympathetic ganglion cells) ทำให้เกิดอาการตื่นเต้นชั่วครู่ เนื่องจากนิโคตินไปกระตุ้นเซลล์ปมประสาทซิมพาเทติก ต่อมาอาการตื่นเต้นจะค่อย ๆ หายไป และเกิดความสะเทือนใจ (depression) เข้ามาแทนที่ ถ้าร่างกายได้รับมากเกินไปจะทำให้เกิดอัมพาต (paralysis) ได้ นอกจากนี้การได้รับนิโคตินจากควันบุหรี่ในระดับที่เดี๋ยวมากเดี๋ยวน้อยทำให้ระดับของนิโคตินในเลือดเปลี่ยนแปลงขึ้นๆ ลง ๆ เช่นกัน ผลอันนี้จะเห็นว่าผู้ได้รับควันบุหรี่มีประสิทธิภาพในการทำงานเปลี่ยนไปด้วย

2. ผลของนิโคตินที่มีต่อระบบประสาทส่วนกลาง (effects of nicotine on the central nervous system) เมื่อนิโคตินเข้าสู่ร่างกายทำให้หายใจหนักขึ้น ถ้ายังเข้าสู่ร่างกายเรื่อย ๆ จะเกิดหัวใจสั่น (tremors) กล้ามเนื้อกระตุก (conrasion) จะเห็นว่าเมื่ออยู่ในบรรยากาศที่มีควันบุหรี่มาก ๆ นาน ๆ จะต้องหายใจถี่ ๆ และลึก ๆ (transient hyperpnes) ถ้าออกซิเจนไม่เพียงพอ สมองจะขาดออกซิเจน และขับฮอร์โมนอะดรีนาลีน (epinephrine) ออกจากหมวกไตจะน้อยลงด้วย

3. ผลของนิโคตินที่มีต่อกระเพาะอาหารและลำไส้ (effects of nicotine in gastrointestine) เมื่อร่างกายได้รับนิโคติน ความอยากอาหารจะน้อยลง แสดงให้เห็นว่านิโคตินมีผลต่อน้ำย่อยในกระเพาะอาหารและการเคลื่อนไหวของกระเพาะอาหาร ตลอดจนตุ่มรับรสอาหารที่อยู่บนลิ้นและเยื่อที่บุช่องปาก ผลอันนี้เนื่องจากความสัมพันธ์ของนิโคตินกับปมประสาทพาราซิมพาเทติกในลำไส้จะเห็นว่าอาจมีท้องผูกท้องเดินสลับกัน แต่ก็ไม่พบมากนัก

4. ผลของนิโคตินที่มีต่อระบบการไหลเวียนของหัวใจ (effects of nicotine on cardicvascular) จากการทดลองในสัตว์ทดลองพบว่านิโคตินในใบยาสูบมีผลต่อหัวใจ โดยทำให้การหายใจเพิ่มขึ้น กระตุ้นระบบประสาทซิมพาเทติก ทำให้เส้นโลหิตตีบตัน (vasoconstriction) เร่งการเต้นของหัวใจ เพิ่มความดันโลหิต และยังพบในสัตว์ทดลองอีกว่านิโคตินทำให้การทำงานของหัวใจเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลร้ายอาจถึงแก่ชีวิตได้

5. ผลของนิโคตินเกี่ยวกับความทนทานในการใช้พลังงาน จากการศึกษาของการสูบบุหรี่ต่อความทนทานในการใช้พลังงานในนักบิน 419 คน ก่อนและหลังการฝึกอบรมขั้นพื้นฐานที่รัฐเท็กซัส สหรัฐอเมริกา พบว่าความทนทานในการใช้พลังงานแปรกลับกับจำนวนบุหรี่สูบต่อวันและความนาน (duration) ของการสูบ ประสิทธิภาพของการฝึกหัดลดลงอย่างมีนัยสำคัญในพวกสูบบุหรี่ จากการฝึกบนเครื่องของนักบิน 47 คน ปรากกฏว่าผู้สูบบุหรี่มีปริมาตรอากาศที่หายใจต่อนาทีลดลง

6. ผลของนิโคตินต่อต่อมไร้ท่อ การสูบบุหรี่หรือฉีดนิโคตินจะกระตุ้นต่อหมวกไตให้หลั่งฮอร์โมน (เพิ่มถึงร้อยละ 27-77) ซึ่งไปมีผลต่ออวัยวะอื่นหรือต่อมไร้ท่ออื่น อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ คนที่สูบบุหรี่จัดจะมีค่าเฉลี่ยของเทสโทสเตอโรนในพลาสมา (ฮอร์โมนในเพศชาย) น้อยกว่าคนที่ไม่สูบมาก

นอกจากนี้นิโคตินยังนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นยาฆ่าแมลง ใช้ในปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ในการเตรียมกรดนิโคติน (nicotine acid (niacine)) ซึ่งเป็นพวกวิตามินบี (vitamin B complex) นอกจากนี้แล้วยังใช้เป็นตัวป้องกันโรคติดต่อ เช่น กาฬโรค อหิวาต์ และเยื่อหุ้มสมองอักเสบ (cerebrespinal meningitis) นิโคตินที่ใช้เป็นยา และ สารฆ่าแมลง เช่น นิโคติน ไดคลอไรด์

(nicotine dihydrochloride) นิโคตินซาลิซิเลต (nicotine salicylate) นิโคตินซัลเฟต (nicotine sulphate) นิโคตินไบทาเทรต (nicotine bitartrate)

การวิเคราะห์และแปรผลการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ

ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์ กรมควบคุมมลพิษ (2554) ได้อธิบายเกี่ยวกับปริมาณสาร และการตอบสนองต่อความเป็นพิษของสารเคมี ซึ่งถ้าได้รับเข้าสู่ร่างกายในปริมาณที่มากพอจะทำให้เกิดพิษต่อร่างกายในระดับที่แตกต่างกันออกไป ในทางพิษวิทยาได้กำหนดเกณฑ์สำหรับบอกระดับความเป็นพิษของสารเคมีที่สำคัญได้แก่

1. ค่า LC_{50} (lethal concentration at 50%) ความเข้มข้นของสารเคมีซึ่งคาดว่าจะทำให้สัตว์ทดลองตายไปจำนวนครึ่งหนึ่ง (50%) ของจำนวนเริ่มต้น เป็นค่าที่คำนวณได้จากผลการศึกษาการทดลอง โดยแบ่งสัตว์ทดลองออกเป็นกลุ่ม จำนวนสัตว์ในแต่ละกลุ่มเท่า ๆ กัน กลุ่มละ 10 ตัว หรือมากกว่า

2. ค่า LD_{50} (lethal dose at 50%) ปริมาณสาร (dose) ของสารเคมีซึ่งคาดว่าจะทำให้สัตว์ทดลองที่ได้รับสารนั้นเพียงครั้งเดียว ตายไปเป็นจำนวนครึ่งหนึ่ง (50%) ของจำนวนเริ่มต้น คำนวณได้จากการศึกษาสัตว์ทดลองหลายกลุ่มได้รับสารเคมีที่มีปริมาณต่าง ๆ กัน ระยะที่เฝ้าสังเกตการตายของสัตว์ ประมาณ 2-3 วัน แต่จะไม่เกิน 2 สัปดาห์ เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบความเป็นพิษของสารเคมีในสัตว์ต่างชนิดกัน ซึ่งมีน้ำหนักตัวแตกต่างกันได้ จึงรายงานค่า LD_{50} เป็นน้ำหนักของสารเคมีต่อน้ำหนักของสัตว์ทดลอง เช่น LD_{50} (oral) ของเบนซีนในหนูเท่ากับ 4,900 mg/kg

3. ค่า IC_{50} (half maximal inhibitory concentration) เป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณสารที่ใช้ในการยับยั้งกระบวนการทางชีวภาพ หรือจุลินทรีย์ได้ครึ่งหนึ่ง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บรรพต ณ ป้อมเพชร (2521, บทคัดย่อ) ศึกษาศัตรูธรรมชาติของ *Erionota thrax* (หนอนม้วนใบกล้วย) ในประเทศไทย พบว่าศัตรูธรรมชาติที่มีความสำคัญในการควบคุมหนอนม้วนใบกล้วยมีอยู่ 3 ชนิด คือ *Ocencyrtus erionotae* Ferriere (แตนเบียนไข่) *Apanteles erionotae* Wilkinson (แตนเบียนทำลายหนอน) และ *Brachymeria euplocae* Westwood (แตนเบียนทำลายดักแด้) ใช้ในการปราบหนอนม้วนใบกล้วยได้

นิเวศน์ อุดมรัตน์ (2527) ศึกษาการหาปริมาณนิโคตินในใบยาสูบ จากตัวอย่างใบยาสูบ 20 ตัวอย่าง ในเขตภาคเหนือของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ น่าน แพร่ พะเยา และลำปาง เป็นยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนียร์ (Verginia) ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากโรงงานบ่มยาสูบบริษัท

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

อินเตอร์เอเชียน ทูเบคโค เอ็กซ์ปอร์ต จำกัด โดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมตรี และการไทเทรต ตัวอย่างใบยาสูบที่เก็บมาทั้งหมดไปอบที่อุณหภูมิ 60-65 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บดใบยาสูบให้ละเอียด แล้วร่อนผ่านตะแกรง 35 mesh เก็บในขวดพอลีเอทธิลีน (polyethylene) เพื่อป้องกันการดูดความชื้น ชั่งใบยาสูบประมาณ 0.2-0.3 กรัม การสกัดสารนิโคตินจากใบยาสูบใช้วิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ และการสกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่าง เบนซีน (benzene) กับคลอโรฟอร์ม (chloroform) ในอัตราส่วน 9:1 โดยปริมาตร ซึ่งวิธีหลังนี้ใช้กับตัวอย่าง ใบยาสูบ ที่เก็บจากบ้านลอง อำเภอสอง จังหวัดแพร่เท่านั้น และนำไปหาปริมาณนิโคตินด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตเมตรี พบว่ามีปริมาณนิโคติน 0.68% สารสกัดที่ได้มีปริมาณนิโคตินสูงกว่าการกลั่นด้วยไอน้ำ เป็นเพราะมีนิโคติน นอร์นิโคติน และรงควัตถุ (pigment) ไขมันและสารอินทรีย์ต่าง ๆ ละลายปนอยู่ด้วย จึงมีการกำจัดสารเจือปนอื่น ๆ (matrix) ออกแล้วทำการวัดค่าได้ 0.60% ใกล้เคียงกับการตรวจวัดด้วยสารสกัดจากการกลั่นด้วยไอน้ำ ส่วนสารสกัดนิโคตินที่ได้จากการกลั่นด้วยไอน้ำ นำมาทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกเจือจาง 4 mol/L ปริมาตร 10 mL ได้นิโคตินไดคลอเรต ตรวจวัดปริมาณนิโคตินด้วยวิธี สเปกโตรโฟโตเมตรี ที่ความยาวคลื่น 259 nm เทียบกับสารละลายนิโคตินมาตรฐาน พบว่ามีนิโคตินในตัวอย่างใบยาสูบในช่วง 0.27 -1.55 % โดยน้ำหนัก และนำนิโคตินที่กลั่นด้วยไอน้ำแต่ไม่ใช้กรดไฮโดรคลอริก ซึ่งสารละลายที่ได้มีสมบัติเป็นเบส นำมาหาปริมาณด้วยการไทเทรต กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.02 mol/L ใช้เมทิลเรดเป็นอินดิเคเตอร์ พบว่ามีปริมาณนิโคตินในใบยาสูบตัวอย่าง 0.27-1.73 % โดยน้ำหนัก ซึ่งพบนิโคตินมากกว่าวิธีสเปกโตรโฟโตเมตรี ทั้งนี้เนื่องมาจากมีแอลคาลอยด์อื่น ๆ อยู่ในตัวอย่างใบยาสูบด้วย นอกจากนี้ในสารสกัดจากใบยาสูบมีส่วนประกอบของนอร์นิโคติน (nornicotine) อะนาบาซีน (anabasine) อะนาตาบีน (anatabine) รวมอยู่ด้วย ปริมาณนิโคตินในตัวอย่างยาสูบในเขตภาคเหนือของประเทศไทย มีค่าต่ำ คือ มีค่าไม่เกิน 2% เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตบุหรี่ในสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดปริมาณนิโคตินในยาสูบอย่างต่ำ 1.40% และไม่เกิน 3.50%

ขวัญชัย สมบัติศิริ, กฤษกนธ์ เต็มบุญเกียรติ, อัญชลี วัฒนโสภณ, ดำรง เวชกิจ และพิสุทธิ์ เอกอำนวย (2531) พบว่าสารสกัดจากสะเดาที่สกัดด้วยแอลกอฮอล์ร่วมกับน้ำมีประสิทธิภาพในการทำให้หนอนใยผักวัยที่ 2 และวัยที่ 4 ตายที่เวลา 24 ชั่วโมง ด้วยการสัมผัส โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.64 และ 4.60 % ตามลำดับ

อุดมพร เพ่งนคร (2537) ศึกษาการทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดจากรากหญ้าแฝกที่มีต่อหนอนใยผัก จากการกลั่นด้วยไอน้ำ ได้สารสกัดในรูปของสารออกฤทธิ์น้ำมันหอมระเหย ทดสอบฤทธิ์ของสารกับหนอนใยผักวัย 3 ทั้ง 2 วิธี คือ ถูกตัวตาย (topical application) และ กินตาย (feeding Method) จากการตรวจวัดผลการตายของหนอนทั้ง 2 วิธี ทุกวันเป็นเวลา

4 วัน พบว่าสารสกัดจากรากหญ้าแฝกหอมในระดับความเข้มข้นของสาร 100% สามารถทำให้หนอนใยผักตายได้ถึง 37.14 % โดยวิธีถูกตัว จากการหยดสารสกัดลงบนบริเวณสันกะโหลกของหนอนใยผักวัย 3 ด้วยเครื่องไมโครแอปพลิเคเตอร์ (microapplicator) ปริมาณ 0.1 μL ต่อตัว และ 51.52% โดยวิธีการกิน จากการให้หนอนกินใบคะน้าที่ตัดเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ชุบสารละลายของสารสกัดความเข้มข้นต่าง ๆ ที่เตรียมไว้ ผึ่งลมให้แห้งพอหมาด ๆ เขี่ยหนอนใยผักวางบนใบคะน้า ใบละ 10 ตัว เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ตรวจผลทุกวันจนครบ 4 วัน สังเกตปฏิกิริยาของหนอนที่รอดตายจนเข้าดักแด้ พบว่าดักแด้มักจะอ่อนแอและตายลง โดยเฉพาะที่ความเข้มข้นสูง ๆ

สุนทร พิพิธแสงจันทร์, ทิวา บุตรผา, ปาริชาต ปาลินทร, สุปรียา ยืนยงสวัสดิ์ และสนั่น ศุภธีรสกุล (2543) ศึกษาฤทธิ์ของพืชบางชนิดในท้องถิ่นภาคใต้ประเทศไทยต่อการตายของหนอนใยผัก โดยการศึกษาสารสกัดจากใบ *Azadirachta excelsa* Jack (สะเดาช้าง หรือไม้เทียม) ลำต้น *Toddalia asiatica* Lamk (เล็บรอก) ลำต้น *Ericybe coriacea* (พระขรรค์ไชยศรี) ใบ *Crypteronia paniculata* Blume (เมี่ยงอาม) และใบ *Coleus parvifolius* Benth (มันขี้หนู) ซึ่งสกัดด้วยแอลกอฮอล์ โดยตัวอย่างพืชชนิดละ 1 กิโลกรัม นำมาผึ่งลมประมาณ 2-3 ชั่วโมง อบที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วบดสารตัวอย่างหรือหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แช่ในเมทานอลในอัตราส่วน ตัวอย่าง : เมทานอล เท่ากับ 1:5 เป็นเวลา 7 วัน ระเหยตัวทำละลายได้ สารสกัดหยาบของพืช แต่ละชนิด ทดสอบฤทธิ์ในการฆ่า *Plutella xylostella* Linn. (หนอนใยผัก) ระยะที่ 3 โดยการทดสอบหยดสารละลายลงบนบริเวณอกปล้องแรกของแมลง หยดละ 1 μL โดยใช้เครื่องไมโครแอปพลิเคเตอร์ ใส่ใบคะน้าปลอดสารพิษ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 cm ลงไปเป็นอาหารของหนอน นับการตายของหนอนใยผักที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง นำข้อมูลเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนไปวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ทำให้หนอนตาย 50% (LC_{50}) ที่ 72 ชั่วโมง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปการวิเคราะห์แบบโปรบิท (Probit analysis) เป็นการวิเคราะห์หาค่า LC_{50} โดยอาศัยค่าเปอร์เซ็นต์ของการตายกับค่าลอการิทึมของความเข้มข้นของสารที่ใช้ทดสอบ และทดสอบด้วยวิธีการฉีดพ่น พบว่าฤทธิ์ของสารสกัด ทั้ง 5 ชนิด มีค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมง ผลคือ สารสกัดจากใบสะเดาช้างในการควบคุมหนอนใยผัก ระยะที่ 3 ได้ดีที่สุดด้วยวิธีการทดสอบทั้ง 2 วิธี รองลงมาเป็นสารสกัดจากลำต้นเล็บรอก ส่วนสารสกัดจากลำต้นพระขรรค์ไชยศรี ให้ผลการควบคุม หนอนใยผักน้อยที่สุด การทดสอบด้วยวิธีการพ่น ให้ค่า LC_{50} ของสารสกัดจากสมุนไพรทุกชนิดต่ำกว่า (ออกฤทธิ์ดีกว่า) การทดสอบด้วยวิธีการหยดสารละลายลงบริเวณอกปล้องแรกของแมลง เนื่องจากการออกฤทธิ์ในการควบคุมหนอนใยผักของสมุนไพรเหล่านี้มีพิษต่อระบบทางเดินอาหารหรือออกฤทธิ์ยับยั้งการกิน มากกว่าที่จะเป็นพิษทางการสัมผัส

คำนวณ จินดา (2549) ศึกษาประสิทธิภาพในการเป็นสารกำจัดแมลงและการออกฤทธิ์ของสารสกัดจากดอกกานพลูต่อ *Plutella xylostella* Linn. (หนอนใยผัก) ด้วยวิธีการจุ่มใบ (leaf dipping method) โดยการกลั่นด้วยไอน้ำและการสกัดสารด้วยวิธีต่าง ๆ คือ การสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ และสารสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล พบว่าสารสกัดจากดอกกานพลูที่สกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ เมื่อหนอนใยผักที่ได้รับสารจากการกินมีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนใยผักวัย 2-3 ที่เวลา 24 ชั่วโมง มีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.86 % (v/v) สารสกัดจากดอกกานพลูที่สกัดด้วยน้ำ มีค่า LC_{50} เท่ากับ 2.65 %(v/v) และสารสกัดจากดอกกานพลูที่สกัดด้วยเอทานอล มีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.99 %(v/v) ซึ่งสารสกัดจากดอกกานพลูที่สกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ มีค่า LC_{50} ไม่ต่างจากสารสกัดที่สกัดด้วยเอทานอล โดยสารสกัดจากดอกกานพลูที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำมีค่า LC_{50} มากกว่าการสกัดด้วยวิธีอื่น ๆ แสดงว่าสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำมีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนใยผักน้อยที่สุด

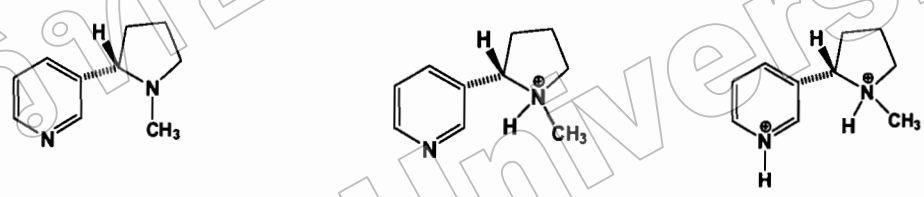
ณัฐวดี สมบัติเทพสุทธิ์ (2551) ศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากราก *Stemona curtisii* Hook (หนอนตายหยาก) *Derris elliptica* Benth (โล่ติ๊น) และน้ำมันเมล็ด *Azadirachta excelsa* (Jack) Jacobs (สะเดาช้าง) เพื่อควบคุมผีเสื้อหนอนใยผักในการปลูกผักกวางตุ้งแบบไฮโดรโพนิกส์ สกัดสารออกฤทธิ์จากรากหนอนตายหยากและโล่ติ๊น อย่างละ 5 กิโลกรัม ด้วยวิธีการแช่ (maceration) โดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย พบว่าสารสกัดหยาบจากรากหนอนตายหยากและโล่ติ๊นมีประสิทธิภาพการขับไล่และลดการวางไข่ของผีเสื้อหนอนใยผักได้ โดยอาจเกิดจากกลิ่นของสารสกัดหรือมีสารเคมีชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายชนิดเป็นส่วนประกอบสำคัญ

Garrigues, Perez Ponce, Garrigues, and DE LA Guardia (1998) ศึกษาการหาปริมาณนิโคตินในตัวอย่างยาสูบโดยเทคนิค ฟลูเรียร์-ทรานสฟอร์ม อินฟราเรด (fourier-transform infrared) วัดค่า T (transmittance) ทำการชะด้วย คลอโรฟอร์ม ($CHCl_3$) การหาปริมาณนิโคตินซึ่งเป็นแอลคาลอยด์หลักในยาสูบ มีความสำคัญในการบอกคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยาสูบ ในด้านอุตสาหกรรม ปริมาณนิโคตินขึ้นกับชนิดของยาสูบ แต่โดยทั่วไประดับนิโคตินจะอยู่ในช่วง 1-3% และมีแอลคาลอยด์อื่น ๆ 0.2-0.5 % ของแอลคาลอยด์ทั้งหมด วิธีการเตรียมตัวอย่าง คือ ตัวอย่างยาสูบ 1 กรัม ใส่ในขวดแล้วเติมแอมโมเนีย (NH_3 0.1 M) ปริมาตร 6 mL เพื่อทำให้สารตัวอย่างชื้น เติมคลอโรฟอร์ม 10 mL ปิดฝาขวดเขย่าด้วยเครื่องอุลตราโซนิก 4 นาที แล้วเขย่าด้วยมืออีก 2 นาที ตั้งพักไว้ 10 นาที สารจะอยู่ในชั้นสารอินทรีย์ เติม แอนไฮดรัสโซเดียมซัลเฟต 0.5 กรัม เพื่อดูดความชื้น แล้วนำไปวิเคราะห์วิธีนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณนิโคตินในบุหรี่ได้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

Al-Tamrah (1999) ได้ศึกษาการหาปริมาณนิโคตินโดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมตริก ด้วยปฏิกิริยาระหว่างนิโคตินกับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายจะได้สารที่มีสีเขียว ตรวจวัดที่ความยาวคลื่นสูงสุด 610 นาโนเมตร ช่วงความเข้มข้นของการตรวจวัด 0.1-7.5 mg/mL และขีดจำกัดของการตรวจวัดคือ 0.08 μg/mL เป็นวิธีที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการหาปริมาณนิโคตินในบุหรี่ได้ ในการศึกษานิโคตินในบุหรี่ ต้องนำยาสูบที่หุ้มกระดาษของบุหรี่มาอบที่ 40°C เป็นเวลา 30 นาที แล้วสกัดนิโคตินจึงนำไปตรวจวัด

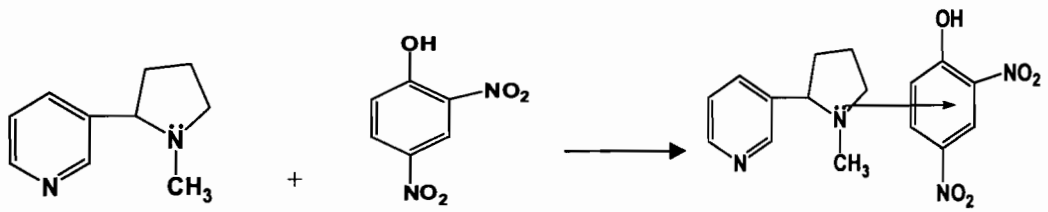
Seeman, Fournier, Paine, and Waymack (1999) ได้ศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบของนิโคตินในยาสูบ พบว่านิโคตินอยู่ในรูปของการถ่ายโอนโปรตอนหนึ่งหรือสองอะตอมภายใต้ความร้อน หรือสภาพการสูบบุหรี่ โครงสร้างของนิโคติน 3 แบบ คือ



เบสอิสระ (Free base) โมโนโปรโตเนต (monoprotonated) ไดโปรโตเนต (diprotonated)

ภาพที่ 4 รูปแบบนิโคตินในยาสูบ

Gao et al. (2010) ศึกษาการหาปริมาณนิโคตินในใบยาสูบโดยเทคนิคทางสเปกโตรโฟโตเมตริก ด้วยปฏิกิริยาการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน เกิดเป็นสารเชิงซ้อนที่มีสี สามารถดูดกลืนแสงระหว่างนิโคติน กับ 2,4-dinitrophenol ในตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ น้ำและเอทานอล ดังสมการ



ภาพที่ 5 การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนเกิดเป็นสารเชิงซ้อน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

พบว่า ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้เทียบกับการวิเคราะห์โดย HPLC ในตัวอย่าง 4 ชนิด มีปริมาณนิโคติน ในวิธีที่ศึกษา 8.74, 13.17, 7.09 และ 9.67 mg/g วิธี HPLC มีปริมาณนิโคติน 8.86, 13.03, 6.95 และ 9.49 mg/g ซึ่งทั้งสองวิธีสามารถตรวจวัดปริมาณนิโคตินได้ใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นวิธีที่ศึกษานี้ จึงเป็นวิธีที่ดีในการหาปริมาณนิโคติน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University