Kasetsart J. (Nat. Sci.) 29 : 167-175 (1995) ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.) ปีที่ 29 : 167-175 (2538)

แผนการสุ่มตัวอย่างแบบซีเควนเชียล เพื่อการตัดสินใจในการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟ มะม่วงหิมพานต์ (Insecta: Thysanoptera)

Sequential Sampling Plan for Treatment Decisions on Cashew Thrips (Insecta: Thysanoptera)

อินทวัฒน์ บุรีคำ[1] และ พรรณเพ็ญ ชโยภาส[2]

Intawat Burikam and Parnpen Chayopas

ABSTRACT

A sequential sampling plan was developed for treatment decisions on cashew thrips in Thailand from 1993-94. The data was drawn from cashew shoots or inflorescences grown at Nakhon Pathom and Ubon Ratchathani Provinces by using the tray beat method. The negative binomial distribution with a common *k* value of 0.7569 was used to devise a sequential sampling method in order to classify thrips populations as light and treatment not recommended versus outbreak with insecticide treatment required. Operating characteristic and average sample number curves were also calculated.

Key words : Insecta, Thysanoptera, sequential sampling, *Anacardium occidentale*

บทคัดย่อ

ได้สร้างแผนการสุ่มตัวอย่างแบบซีเควนเชียล เพื่อการตัดสินใจป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟมะม่วงหิมพานต์ ในประเทศไทย การสุ่มตัวอย่างใช้วิธีเคาะยอดอ่อน หรือช่อดอกให้เพลี้ยไฟร่วงลงบนถาดแล้วนับจำนวน ข้อมูลแมลงสุ่มมาจากแปลงมะม่วงหิมพานต์ที่นครปฐมและอุบลราชธานี ระหว่างปี 253637 จำนวนนับของเพลี้ยไฟสอดคล้องกับการแจกแจงแบบไบโนเมียลชนิดลบ โดยมีค่าตัวร่วม *k* เท่ากับ 0.7569 ซึ่งนำมา

1 ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

2 กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร

Division of Entomology and Zoology, Department of Agriculture, Bangkok 10900, Thailand.

สร้างแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อจำแนกประชากรเพลี้ยไฟเป็นปริมาณน้อยไม่ต้องตัดสินใจปราบ และปริมาณสูงถึงขั้นระบาด ต้องมีการฉีดพ่นสารกำจัดแมลงเพื่อลดปริมาณลง นอกจากนี้ยังแสดงการคำนวณกราฟของการตัดสินใจถูกต้อง และกราฟของจำนวนตัวอย่างที่สุ่มโดยถัวเฉลี่ย

คำนำ

ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช บางครั้งต้องใช้สารกำจัดแมลงฉีดพ่นเพื่อกำจัด แต่ก่อนที่จะใช้สารไม่ว่าประเภทใด ต้องมีการสำรวจดูว่า แมลงศัตรูมีปริมาณสูงถึงระดับที่จะทำความเสียหายแก่พืชหรือไม่ เช่น จะฉีดพ่นสารเมื่อพบไข่แมลง 20 ฟอง จากการสำรวจพืช 100 ต้น หรือเมื่อพบเพลี้ยเฉลี่ย 3 ตัวต่อช่อดอกจากการตรวจนับ 50 ช่อดอก เป็นต้น การสำรวจมักทำโดยการสุ่มตัวอย่างพืชแล้วตรวจนับแมลงบนพืช หรือวัดความเสียหายของพืชที่เกิดจากการเข้าทำลายของแมลง จำนวนหน่วยที่สุ่มจะกำหนดตายตัวลงไป (fixed sample-size) เช่น พืช 100 ต้น หรือ 50 ช่อดอก แต่ถ้าใช้วิธีการสุ่มของซีเควนเชียล ไม่จำเป็นต้องสุ่มตัวอย่างจนครบตามกำหนด (ในที่นี้คือ 100 ต้น หรือ 50 ช่อ) ก็อาจตัดสินใจในการที่จะฉีดพ่นสารกำจัดแมลงได้ การตัดสินใจจะมีทุกครั้งที่สุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้น 1 ตัวอย่าง

Abraham Wald เป็นคนแรกที่เริ่มใช้การสุ่มตัวอย่างแบบซีเควนเชียลใน ค.ศ. 1943 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของอาวุธที่ผลิตระหว่างสงครามโลกครั้งที่สอง ต่อมาได้รับการปรับปรุงเพื่อใช้กับข้อมูลทั่วไป (Wald, 1945; 1947; Wetherill, 1975) ได้นำมาใช้กับข้อมูลทางชีววิทยาเป็นครั้งแรกในการตรวจสอบปริมาณเนื้องอกของปลา (Oakland, 1950) นักกีฏวิทยาป่าไม้เป็นนักวิชาการ กลุ่มแรกที่นำเอาวิธีการของการสุ่มแบบซีเควนเชียลมาใช้ในการจัดการแมลงศัตรูพืช (Stark, 1952; Waters, 1955) การใช้วิธีสุ่มแบบซีเควนเชียลกับงานทางกีฏวิทยาการเกษตรสมัยแรกๆ ตัวอย่างเช่น Sylvester and Cox (1961), Wolfenbarger and Darroch (1965), และ Harcourt (1966) เป็นต้น ในประเทศไทยได้เริ่มนำมาใช้กับการตัดสินใจป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟถั่วเขียว(อินทวัฒน์,2524)

มะม่วงหิมพานต์ (*Anacardium occidentale* L.) เป็นพืชทนแล้งที่แนะนำให้ปลูกในท้องถิ่นทุรกันดาร ซึ่งมักพบปัญหาการระบาดของเพลี้ยไฟเช่นในพืชอื่นโดยเฉพาะในช่วงแล้งติดต่อกันนาน เพลี้ยไฟมะม่วงหิมพานต์ที่สำรวจพบและระบาดเป็นปัญหามีหลายชนิด ชนิดที่จัดอยู่ในวงศ์ Thripidae ได้แก่ *Selenothrips rubrocinctus* Giard, *Scirtothrips dorsalis* Hood, และ *Thrips hawaiiensis* (Morgan) ปริมาณของเพลี้ยไฟแต่ละชนิดแตกต่างกันไปในแต่ละท้องที่ เช่น พบชนิด *T. hawaiiensis* และ *S. rubrocinctus* ระบาดมากที่ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม (อินทวัฒน์ และ ไชย 2536) *T. hawaiiensis* และ *Haplothrips* sp. ซึ่งจัดอยู่ในวงศ์ Phlaeothripidae พบมากที่ จ.อุบลราชธานีและ จ.ขอนแก่น ปริมาณเพลี้ยไฟดังกล่าวมีมากในช่วงดอกเริ่มบาน และลดลงในระยะต่อมา ระดับเศรษฐกิจของเพลี้ยไฟ ตามการกำหนดของกลุ่มงานวิจัยแมลงพืชสวนอุตสาหกรรม กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร โดยพรรณเพ็ญ ชโยภาส ให้ไว้ที่ 2 ตัวต่อยอดหรือช่อดอก

รายงานนี้จะแสดงถึงรูปแบบของการกระจายตัวในพื้นที่ (spatial distribution) ของเพลี้ยไฟมะม่วงหิมพานต์ สำรวจจากแปลงที่เริ่มมีการระบาด จากนั้นนำข้อมูลการกระจายของแมลงที่คำนวณได้ และระดับเศรษฐกิจของเพลี้ยไฟที่ทราบมาก่อนแล้ว มาสร้างแผนการสุ่มตัวอย่างแบบซีเควนเชียล เพื่อตัดสินใจว่าจะต้องฉีดหรือไม่ฉีดพ่นสารกำจัดแมลง

อุปกรณ์และวิธีการ

การหารูปแบบการกระจายในพื้นที่ของเพลี้ยไฟมะม่วงหิมพานต์สำรวจในสวนมะม่วงหิมพานต์อายุ 5-10 ปี เนื้อที่กว่า 5 ไร่ขึ้นไป ทั้งที่ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม และที่ อ.สิรินทร จ.อุบลราชธานี โดยใช้วิธีเคาะยอดหรือช่อดอกด้วยวัตถุมีน้ำหนัก เช่น กรรไกรตัดกิ่งไม้ เคาะ 3 ครั้ง เพื่อให้เพลี้ยไฟร่วงลงบนถาดสีขาว แล้วตรวจนับจำนวนเพลี้ยไฟทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัย แต่ละครั้งสุ่มนับเพลี้ยไฟจากยอดหรือช่อดอกอยู่ในช่วงตั้งแต่ 50-120 ยอด ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณยอดหรือช่อดอก ดำเนินการสุ่มนับในช่วงที่คาดว่าจะมีเพลี้ยไฟระบาด และในช่วงพืชแทงช่อดอกระหว่างเดือนพฤศจิกายน-เมษายน 2536 และ 2537

ข้อมูลจำนวนนับเพลี้ยไฟที่ได้ จะนำมาแจกแจงความถี่ แล้วนำไปเปรียบเทียบกับรูปแบบของการแจกแจงความถี่ทางคณิตศาสตร์ (mathematical frequency distribution) ว่าจะสอดคล้องกับแบบใดมากที่สุด ตามวิธีการที่ปรากฏใน Snedecor and Cochran (1967) และ Ludwig and Reynolds (1988) โดยเน้นระหว่างทฤษฎีของการแจกแจงความถี่ 2 ทฤษฎีที่น่าจะเป็นไปได้มาก คือ Poisson และ negative binomial ซึ่งพบเสมอๆ ว่าสอดคล้องกับจำนวนนับของแมลง

นำข้อมูลการแจกแจงความถี่ที่ได้มาจากการคำนวณในขั้นตอนที่ผ่านมา และข้อมูลระดับเศรษฐกิจของเพลี้ยไฟมะม่วงหิมพานต์ มาใช้สร้างการสุ่มตัวอย่างตามวิธีของซีเควนเชียล เพื่อตัดสินใจป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟ โดยใช้สมการการคำนวณที่รายงานโดย Waters (1955) นอกจากนี้ยังคำนวณกราฟจำนวนตัวอย่างที่สุ่มโดยถัวเฉลี่ย (average sample number curve) และโอกาสที่จะยอมรับการตัดสินใจอย่างใดอย่างหนึ่ง (พ่นสารหรือไม่พ่นสารกำจัดแมลง) หรือเรียกว่า operating characteristic curve เพื่อให้เข้าใจวิธีในการสุ่มตัวอย่างแบบซีเควนเชียลและเพิ่มความเชื่อมั่นในการตัดสินใจมากขึ้น

ผลและวิจารณ์

การแจกแจงความถี่ของจำนวนนับเพลี้ยไฟ

การสุ่มตัวอย่างเพลี้ยไฟจากยอดและช่อดอกของมะม่วงหิมพานต์ที่นครปฐมและอุบลราชธานี ในปี 2536-37 โดยใช้จำนวนตัวอย่างตั้งแต่ 50-120 ตัวอย่าง สุ่มในช่วงที่มีการระบาดของเพลี้ยไฟ และสุ่มในระยะพืชที่จะส่งผลกระทบต่อผลผลิตของมะม่วงหิมพานต์ (ช่วงที่มะม่วงหิมพานต์เริ่มแตกยอดอ่อน และขณะแทงช่อดอกหรือระยะดอกตูม) จากชุดข้อมูลที่ได้ 20 ชุด ปรากฏว่ามีเพียง 9 ชุดที่สามารถนำมาเปรียบเทียบกับการแจกแจงความถี่ตามทฤษฎีได้ ชุดข้อมูลที่ไม่ได้นำมาใช้นั้น เนื่องเพราะปริมาณค่าเฉลี่ยของเพลี้ยไฟต่อ 1 ยอด หรือ 1 ช่อ สูงเกินไป คือมีมากกว่า 12 ตัวต่อช่อ ซึ่งเป็นปริมาณเพลี้ยไฟที่สูงมากเกินกว่าระดับเศรษฐกิจ คือ 2 ตัวต่อยอด ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้คำนวณ โดยแท้จริงแล้วปริมาณเพลี้ยไฟสูงกว่า 10 ตัวต่อช่อดอก จะทำให้ไม่ติดผล ปริมาณเพลี้ยไฟที่มีมากในช่วงดอกบาน อาจมีปะปนกันหลายประเภท อาจมีทั้งประเภทที่กินน้ำเลี้ยงช่อดอก ประเภทที่เป็นตัวห้ำกินเพลี้ยไฟด้วยกัน และประเภทกินเกสรดอกไม้ (Kirk, 1984) อย่างไรก็ดี ไม่มีการแนะนำให้ใช้สารกำจัดแมลงเมื่อมะม่วงหิมพานต์อยู่ในระยะดอกบาน เพราะจะเป็นอันตรายต่อแมลงผสมเกสร

ค่าสถิติของการแจกแจงความถี่ของข้อมูลจำนวนนับเพลี้ยไฟทั้ง 9 ชุดที่เลือกมา สรุปไว้ใน Table 1 ข้อมูลทุกชุดสอดคล้องกับการแจกแจงความถี่แบบ negative binomial (NB) มากกว่าการแจกแจงแบบ Poisson ดังสังเกตได้จากค่าไคสแควร์ (x^2) ของการทดสอบ goodness-of-fit test ซึ่งมีค่าน้อยกว่าในทุกชุดข้อมูล แสดงได้ว่าสอดคล้องมากกว่า

ค่า $\hat{k}$ จาก Table 1 เป็นค่าประมาณของ k

Table 1 Statistics of cashew thrips data set: variance/mean ratios ($s^2/\bar{x}$); estimators of the parameter k ($\hat{k}$) of the negative binomial distribution; and x^2 goodness-of-fit test between the observed frequency distributions of the number of cashew thrips per shoot and the expected frequency distributions as given by Poisson and negative binomial (NB) probabilities.

Sample	$\bar{x}$	s^2	n	$s^2/\bar{x}$	$\hat{k}$	x^2 goodness-of-fit	
						Poisson	NB
1	1.7606	3.6133	71	2.0523	0.9715	33.054	6.689
2	1.7887	3.5690	71	1.9953	1.0485	29.897	6.101
3	0.5811	0.9317	74	1.6034	0.77	8.194	0.338
4	1.7300	8.3809	100	4.8445	0.3235	157.023	4.889
5	2.6522	8.8541	50	3.3384	1.0885	37.955	6.711
6	8.0200	79.4137	100	9.9020	0.4633	794.699	35.156
7	5.1553	48.3482	120	9.3783	0.676	627.403	8.173
8	1.7600	8.6287	100	4.9027	0.7705	48.967	7.075
9	3.2268	22.2814	97	6.9051	0.5972	329.88	6.866

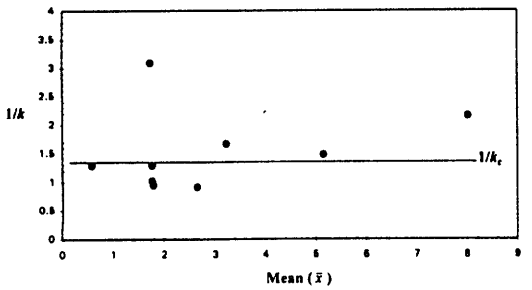

Figure 1 Reciprocal of the parameter k of the negative binomial probabilities plotted against the mean ($\bar{x}$) for each data set. The common k for all set, k_c = 0.7569.

ถูกนำมาคำนวณหาค่าของ common k (k_c) ซึ่งจะใช้เป็นค่าตัวแทนร่วมกันของข้อมูลทั้ง 9 ชุด วิธีการคำนวณดำเนินการตามวิธีที่ปรากฏใน Bliss and Owen (1958) และ อินทวัฒน์ (2533) การหาค่า k_c จะใช้ค่าสัดส่วนกลับ $1/k$ เป็นตัวคำนวณหาค่า $1/k_c$ ทั้งนี้เพื่อลดกรณีที่จะเกิดความผิดพลาดทางสถิติในแบบมีอคติ (bias) ค่าของ $1/k$ จากชุดข้อมูลเพลี้ยไฟมะม่วงหิมพานต์ที่ได้ ไม่ผันแปรไปตามค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) สังเกตได้จากจุดใน Figure 1 ที่กระจายอยู่เหนือและใต้เส้น $1/k_c$ นั่นหมายความว่าค่า $1/k$ ไม่ได้มีแนวโน้มเพิ่มตามค่าเฉลี่ย ซึ่งแสดงถึงค่าตัวร่วม สามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนได้ภายในช่วงของค่าเฉลี่ยที่สำรวจมา ในการคำนวณได้ค่าตัวร่วมของ k หรือ k_c = 0.7569

การสุ่มตัวอย่างแบบซีเควนเชียล

การสุ่มตัวอย่างแบบซีเควนเชียลของเพลี้ยไฟมะม่วงหิมพานต์ โดยอาศัยการแจกแจงความถี่ของจำนวนนับเป็นแบบไบโนเมียลชนิดลบ (negative binomial) นั้น ใช้สูตรในการคำนวณหาเส้นกราฟของการตัดสินใจ (Figure 2) หรือตารางซีเควนเชียล (Table 2) ตามวิธีการของ Wald (1945), Oakland (1950), และ Waters (1955) คือ

$d_1 = bn+h_1$ (lower line)

$d_2 = bn+h_2$ (upper line)

โดยที่ d_1 และ d_2 คือ จำนวนบวกสะสมของเพลี้ยไฟที่นับได้ และ n คือจำนวนตัวอย่างที่สุ่ม (number of sampling units) ค่า b, h_1, และ h_2 คำนวณจากสูตร

$$b = k\frac{\ln\frac{q_2}{q_1}}{\ln\frac{p_2q_1}{p_1q_2}}$$

$$h_1 = \frac{\ln\frac{\beta}{1-\alpha}}{\ln\frac{p_2q_1}{p_1q_2}}$$

$$h_2 = \frac{\ln\frac{1-\beta}{\alpha}}{\ln\frac{p_2q_1}{p_1q_2}}$$

ซึ่ง $p_1 = m_1/k$ และ $q_1 = 1 + p_1$

$p_2 = m_2/k$ และ $q_2 = 1 + p_2$

ในที่นี้ m_1 คือค่าสมมุติฐานล่าง (lower hypothesis) กำหนดไว้ว่า ถ้าสุ่มด้วยการเคาะยอด 3 ครั้งให้เพลี้ยไฟตกลงบนถาดสีขาว หากพบเพลี้ยไฟ 2 ตัวต่อ 10 ยอด (m_1 = 0.2 ตัวต่อยอด) จะไม่มีการฉีดพ่นสารกำจัดแมลง สำหรับ m_2 คือค่าสมมุติฐานบน (upper hypothesis) โดยทั่วไปกำหนดให้เท่ากับระดับเศรษฐกิจ (economic threshold) ซึ่งระดับเศรษฐกิจของเพลี้ยไฟคือ 2 ตัวต่อยอด แต่ในที่นี้จะกำหนดให้ต่ำกว่าเล็กน้อยเป็น m_2 = 1.5 ตัวต่อยอด เนื่องจากพบว่ามีความผันแปรในเทคนิคของการสุ่มตัวอย่าง โดยอาจมีการเคาะที่รุนแรงต่างกันบ้าง ประกอบกับการเคาะเพลี้ยไฟจากช่อดอกตูมนั้น เพลี้ยจะร่วงลงมาน้อยไปประมาณร้อยละ 25 เมื่อเทียบกับการเคาะจากยอดหรือช่อดอกบาน

ค่า k ในสมการใช้ค่า k_c ที่คำนวณหามาในตอนต้น มีค่าที่กำหนด คือ ให้ $\alpha = \beta = 0.05$ ค่าทั้งสองก็คือ Type I และ Type II errors ในทางสถิติ

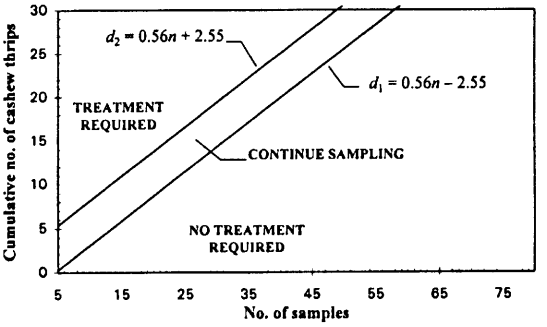

Figure 2 Sequential decision plan for cashew thrips showing the acceptance regions for both hypotheses and the continue sampling region.

ตามลำดับ ในกรณีของการควบคุมศัตรูพืช Waters (1955) แนะนำให้ตั้งค่าทั้งสองไว้ที่ 0.05 หรือต่ำกว่า แทนค่าลงในสมการต่างๆ ข้างบน จะได้เส้นกราฟของการตัดสินใจ Figure 2 ตามวิธีการของการสุ่มตัวอย่างแบบซีเควนเชียล คือ

$d_1 = 0.56n - 2.55$ (เส้นล่าง)

$d_2 = 0.56n + 2.55$ (เส้นบน)

ในทางปฏิบัติมักนำสมการทั้งสองไปแปลงรูปเป็นตาราง (Table 2) เพื่อง่ายต่อการนำไปใช้ในแปลงพืช วิธีการเริ่มโดยสุ่มเลือกต้นมะม่วงหิมพานต์ แล้วสุ่มยอดอ่อนหรือช่อดอกต้นละ 12 ช่อ ทั้งนี้ขึ้นกับขนาดของต้นมะม่วงหิมพานต์ ทำการเคาะยอด 3 ครั้ง ติดต่อกันด้วยวัตถุมีน้ำหนัก ซึ่งอาจเป็นกรรไกรตัดกิ่งไม้หรือท่อนไม้ เพื่อให้เพลี้ยร่วงลงบนถาดขาว นับจำนวน และบวกเป็นจำนวนสะสมเพิ่มขึ้นเรื่อยตามจำนวนตัวอย่างที่สุ่มมามากขึ้น ค่าบวกสะสมที่ได้นำไปเทียบกับค่าใน Table 2 ถ้าจำนวนเพลี้ยไฟสะสมน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าในคอลัมน์ที่ 2 ให้หยุดสุ่มตัวอย่างและไม่ต้องใช้สารกำจัดแมลงฉีดพ่นกำจัดเพลี้ยไฟ ในทางตรงกันข้ามถ้าจำนวนที่ได้มากกว่าหรือเท่ากับค่าในคอลัมน์ที่ 4 ให้หยุดสุ่มตัวอย่างแล้วถือว่ามีการระบาดของเพลี้ยไฟ และต้องฉีดพ่นสาร

กำจัดแมลงเพื่อป้องกันกำจัดถ้าจำนวนเพลี้ยสะสมที่ได้อยู่ระหว่างค่าในคอลัมน์ที่ 2 และ 4 ให้ทำการสุ่มตัวอย่างต่อไป จาก Table 2 จะเห็นว่าถ้าปริมาณเพลี้ยไฟมีน้อย จะต้องทำการสุ่มตัวอย่างถึง 5 ยอด จึงจะตัดสินใจได้

นอกเหนือจากกราฟและตารางของซีเควนเชียลยังได้แสดงกราฟอีก 2 อย่าง คือ กราฟแสดงโอกาสของการตัดสินใจที่ถูกต้อง หรือเรียกว่า operating

Table 2 Sequential decision plan for cashew thrips on shoots or inflorescences by beating (3-beat) over a tray.

No. of samples	Cumulative no. of thrips per shoots		
	No treatment required when ≤	Numbers fall in between	Required treatment when ≥
1	-[b]		3
2	-		4
3	-		4
4	-	**C**	5
5	0	**O**	5
6	1	**N**	6
7	1	**T**	6
8	2	**I**	7
9	3	**N**	8
10	3	**U**	8
11	4	**E**	9
12	4		9
13	5	**S**	10
14	5	**A**	10
15	6	**M**	11
16	6	**P**	11
17	7	**L**	12
18	8	**I**	13
19	8	**N**	13
20	9	**G**	14
21	9		14
22	10		15
23	10		15
24	11		16
25[a]	11		17

[a] If no decisions are made, stop sampling and declare a no treatment required.

[b] Numbers less than zero, continue sampling.

characteristic curve (OC curve) ที่ปริมาณเพลี้ยไฟระดับใดระดับหนึ่ง และกราฟจำนวนตัวอย่างที่สุ่มโดยถัวเฉลี่ย (average sample number curve, ASN curve) ทั้งนี้เพื่อช่วยเพิ่มความเชื่อมั่นในการตัดสินใจและทำให้เข้าใจวิธีการการสุ่มตัวอย่างแบบซีเควนเชียลมากขึ้น Waters (1955) ได้แสดงสมการของการคำนวณหาเส้นกราฟ OC และ ASN เอาไว้สำหรับทฤษฎีของการแจกแจงความถี่ 4 อย่าง คือ negative binomial, Poisson, binomial, และ normal

กราฟ OC (Figure 3) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสของการยอมรับสมมุติฐานล่าง (m_1) ที่ระดับประชากรแมลงต่างๆ กัน จุดพล็อตในกราฟมาจากค่าที่คำนวณได้จากสมการ 2 สมการ โดยการกำหนดค่าตัวแปรดัมมี่ (dummy variable) หรือ h ต่างๆ กันแทนค่าลงในสมการ ดังนี้

ถ้า $L(m)$ = โอกาสที่จะยอมรับ m_1

$$A = \frac{1-\beta}{\alpha}$$

$$B = \frac{\beta}{1-\alpha}$$

m = ค่าเฉลี่ยของประชากรแมลงต่อตัวอย่างที่สุ่ม (จำนวนเพลี้ยไฟเฉลี่ยต่อยอด)

ดังนั้น $$L(m) = \frac{A^h - 1}{A^h - B^h}, \text{ where } h \neq 0$$

และ $$m = kp = k\left[\frac{1-\left(\frac{q_1}{q_2}\right)^h}{\left(\frac{p_2 q_1}{p_1 q_2}\right)^h - 1}\right], \text{ where } h \neq 0$$

การคำนวณหา OC curve นั้นกำหนดค่า h อยู่ในช่วงตั้งแต่ 5.0 ถึง -5.0 ดังแสดงตัวเลขของการคำนวณใน Table 3 แล้วนำค่า $L(m)$ มาพล็อตกราฟบนค่าของ m ได้กราฟดังใน Figure 3 กล่าวได้ว่าโอกาสที่จะไม่ฉีดพ่นสารกำจัดแมลง เมื่อปริมาณเพลี้ยไฟเฉลี่ย 0.2 ตัวต่อยอด จะเท่ากับ 0.95 ดังนั้นโอกาสที่จะตัดสินใจฉีดสารกำจัดแมลงก็มีเพียง 0.05 เท่านั้น และโอกาสที่ตัดสินใจไม่พ่นสารกำจัดแมลงจะลดลงเหลือ 0.05 เมื่อมีปริมาณเพลี้ยไฟเฉลี่ย 1.5 ตัวต่อช่อ โอกาสการตัดสินใจเลือกทำอย่างใดอย่างหนึ่งจะเท่ากันเมื่อมีแมลงเฉลี่ย 0.56 ตัวต่อช่อ

การคาดคะเนจำนวนยอดหรือช่อมะม่วงหิมพานต์โดยเฉลี่ย เพื่อการตัดสินใจแต่ละครั้งจะแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับประชากรของเพลี้ยไฟ โดยดูได้จาก ASN curve (Figure 4) ซึ่งคำนวณจากสมการ

$$E(n) = \frac{h_2 + (h_1 - h_2)L(m)}{m - b}$$

โดยที่ $E(n)$ = จำนวนยอดหรือช่อดอกที่ต้องสุ่มโดยเฉลี่ย ซึ่งตัวเลขของการคำนวณปรากฏใน Table 3 ค่า m คือค่าเฉลี่ยของเพลี้ยไฟต่อยอดหรือช่อดอก ค่า $L(m)$ ได้จากการคำนวณที่ผ่านมา สำหรับค่าอื่นๆ คือ h_1, h_2, และ b มาจากค่าของสมการซีเควนเชียล พบว่าจำนวนเฉลี่ยของยอดหรือช่อดอกจะสูงที่สุดประมาณ 7 ยอด (7.18) หรือช่อ เมื่อประชากรของเพลี้ยไฟเฉลี่ย 0.4 ตัวต่อยอด (0.39) อย่างไรก็ดี จำนวนตัวอย่างที่สุ่มโดยเฉลี่ยจะมากขึ้นกว่าใน Figure 4 หากมีการเพิ่มขนาดของหน่วยที่สุ่ม (size of sampling unit) หรือมีการลดค่าความคลาดเคลื่อนชนิด α

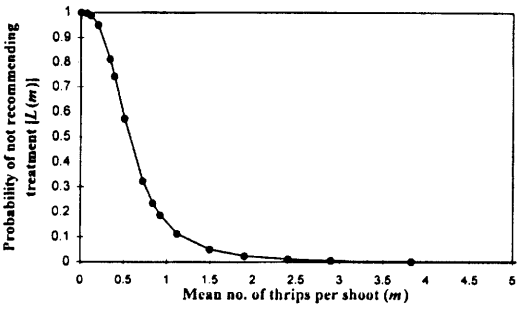

Figure 3 The operating characteristic (OC) curve of the sequential decision plan for cashew thrips.

Table 3 Computed values for the operating characteristic (OC) and average sample number (ASN) curves of the sequential decision plan for cashew thrips.

Dummy variable (h)	p	$m = kp$	$L(m)$	$E(n)$
5	0.0030	0.0023	1	4.5522
2	0.0900	0.0681	0.9972	5.1313
1.5	0.1550	0.1173	0.9881	5.5945
1	0.2642	0.2	0.95	6.3382
0.5	0.4454	0.3371	0.8134	7.1131
0.01	0.7342	0.5558	0.5074	6.6564
-0.5	1.2197	0.9233	0.1866	4.4085
-1	1.9817	1.5	0.05	2.4405
-1.5	3.1834	2.4097	0.0119	1.3442
-2	5.0632	3.8325	0.0028	0.7738
-5	72.1970	54.6489	4.04×10^{-7}	0.0471

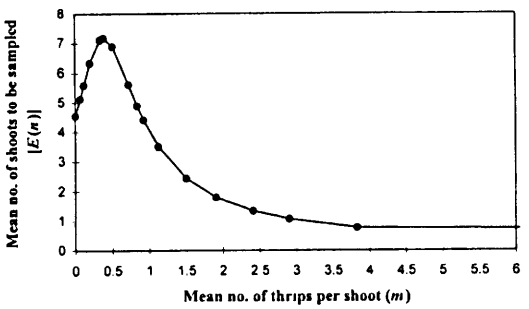

Figure 4 Average sample number (ASN) curve of the sequential decision plan for cashew thrips.

และ β ให้ต่ำลง และลดช่วงระหว่าง m_1 และ m_2 ให้แคบเข้ามา (Allen *et al.*, 1972)

คำขอบคุณ

งานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย ที่ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รหัสโครงการ ม-ผ 6.36 และการสนับสนุนส่วนหนึ่งจากโครงการวิจัยของศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ รท 01-35-010 งานตรวจนับเพลี้ยไฟในแปลงมะม่วงหิมพานต์ที่อุบลราชธานี ได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่ง จากเจ้าหน้าที่ของกลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูพืชสวนอุตสาหกรรม กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

อินทวัฒน์ บุรีคำ. 2524. แผนการสุ่มตัวอย่างแบบซีเควนเชียลสำหรับเพลี้ยไฟถั่ว (Thysanoptera: Thripidae) ที่ทำลายถั่วเขียว. วารสารวิทยาศาสตร์ 35: 314-322.

อินทวัฒน์ บุรีคำ. 2533. นิเวศวิทยาวิเคราะห์ ในการศึกษาเกี่ยวกับแมลง. ภาควิชากีฏวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กำแพงแสน. 108 น.

อินทวัฒน์ บุรีคำ และ ไชย ชิฉวน. 2536. การ

ประเมินความเสียหายที่เกิดจากเพลี้ยไฟมะม่วงหิมพานต์ (Thysanoptera: Thripidae). รายงานผลการวิจัยประจำปี 2536 โครงการวิจัยชีววิทยาและนิเวศวิทยาของเพลี้ยไฟและศัตรูธรรมชาติที่พบในมะม่วงหิมพานต์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 8 น.

Allen, J., D. Gonzalez, and D. V. Gokhale. 1972. Sequential sampling plans for the bollworm, *Heliothis zea*. Environ. Entomol. 1:771-780.

Bliss, C. I. and A. R. G. Owen. 1958. Negative binomial distributions with a common k. Biometrika 45:37-58.

Harcourt, D. G. 1966. Sequential sampling for use in control of the cabbage looper on cauliflower. J. Econ. Entomol. 59:1190-1192.

Kirk, W. D. J. 1984. Pollen-feeding in thrips (Insecta: Thysanoptera). J. Zool. 204:107-117.

Ludwig, J. A. and J. F. Reynolds. 1988. Statistical Ecology: a primer on methods and computing. John Wiley & Sons, Inc., New York. 337 p.

Oakland, G. B. 1950. An application of sequential analysis to whitefish sampling. Biometrics 6: 59-67.

Snedecor, G. W. and W. G. Cochran. 1967. Statistical Methods. Iowa State Univ. Press, Ames. 593 p.

Stark, R. W. 1952. Sequential sampling of the lodgepole needle miner. For. Chron. 28:57-60.

Sylvester, E. S. and E. L. Cox. 1961. Sequential plans for sampling aphids on sugar beets in Kern County, California. J. Econ. Entomol. 54:1080-1085.

Wald, A. 1945. Sequential tests of statistical hypotheses. Ann. Math. Stat. 16:117-186.

Wald, A. 1947. Sequential Analysis. John Wiley & Sons, New York. 212 p.

Waters, W. E. 1955. Sequential sampling in forest insect surveys. Forest Sci. 1: 68-79.

Wetherill, G. B. 1975. Sequential Methods in Statistics. Chapman and Hall, London. 232 p.

Wolfenbarger, D. A., and J. D. Darroch. 1965. A sequential sampling plan for determining the status of corn earworm control in sweet corn. J. Econ. Entomol. 58: 651-654.