รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จรัญ จันทลักขณา. 2534. สถิติวิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพาณิช. 235 หน้า.

ชัยพัฒน์ จิระธรรมจารี, บงกชรัตน์ ปิติยนต์ และ อารมณ์ แสงวาณิชย์. 2537. ศึกษาวิธี การสกัดและการสลายตัวของสารออกฤทธิ์จากเมล็ดสะเดา. ข่าวสารวัตถุมีพิษ 21 : 60 - 67.

บุญฤทธิ์ ภูริยาการ. 2526. ไม้สะเดา. เอกสารเผยแพร่วิชาการ. กรุงเทพมหานคร : กรมป่าไม้. 21 หน้า.

วรวิทย์ เขาวปราณี. 2532. โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ สำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ SPSS/PC ขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. 295 หน้า.

วิทย์ เที่ยงบรูณธรรม. 2531. พจนานุกรมสมุนไพรไทย. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์. หน้า 160.

ศิริชัย พงษ์วิชัย. 2537. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์ . พิมพ์ครั้งที่ 7 กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 490 หน้า.

สะอาด บุญเกิด, จเร สดากร และ ทิพย์วรรณ สดากร. 2525. ชื่อพรรณไม้ในเมืองไทย. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 175.

สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ. 2532. ชีววิทยาของผึ้ง. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร : บริษัท ต้นอ้อ จำกัด. 184 หน้า.

สุพรรณี พิมพ์สมาน. 2537. สารฆ่าแมลง. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 136.

โสภณ บุญมีวิเศษ. 2531. ลักษณะทางกายวิภาคของสะเดาอินเดียและสารสกัดจากสะเดาไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 125 หน้า.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2529. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไขผึ้ง. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม(มอก.).

ภาษาอังกฤษ

Akrathanakul, P. 1987. Honey bee disease and enemies in Asia : a practical guide. FAO Agricultural services Bull.

Ali, Ala-Ud-Din. D., Abdellatif M.A., Bakry, N.M., and El-Sawaf, S.K. 1973. Studies on biology control of the greater wax moth, *Galleria mellonella* L. susceptibility of wax moth larvae and adult honeybee workers to *Bacillus thuringiensis*. J. of Apic. Res. 12 : 117 - 123.

Barnby, M.A., Yamasaki, R.B., and Kloce, J.A. 1989. Biological control of azadirachtin, three derivertives, and their ultraviolet radiation degredation products against tobacco budworm (lepidoptera : noctuidae) larvae. J. Econ. Entomol. 82 : 58 - 63.

Boonthai, C. 1994. Toxicity and residual effects of *Azadirachta indica* var. *siamensis* extracts and cyhalothrin on *Apis florea* and *Apis cerana*. Master thesis. Chulalongkorn University.

Borror, D.J., Delong, D.M., and Triplehorn, C.A. 1976. An Introduction to the study of insect. New York : Holt. Rinchart and Winton.

Brewer, J., and Winter, D. 1986. Butterflies and moths. New York : Prentice hall press.

Burges, H.D. 1978. Control of wax moth : Physical chemical and biology methods. Bee Wld. 59 : 129 - 137.

Butterworth, J.H., Morgan, E.D. and Percy, G.R. 1972. The structure of azadirachtin, the functional group. J. Chem. Soc. Perkin Trans. 1 : 45 - 50.

Callow, R.K. 1963. Chemical and biochemical problem of beewax. Bee Wld. 44 : 95 - 100.

Chirathamjaree, C. Pitiyon, B., and Seanvanit, A. 1993. Degredation of neem products in Chinese kale. Research number 35120040020. Bangkok : Agricultural Toxic Substance Division.

Crane, E. 1968. Bee Product : Modern uses of beewax. Bee Wld. 49 : 64 - 65.

Crane, E. 1990. Bee and beekeeping science : practice and wolrd resource. New York : Cornell Univ.

Dutxy, S.R., Trompson, J.V., and Cantwell, G.E. 1982. A technigue for mass rearing the greater wax moth. Reprint. Proc. Ent. Soc. Wash. 84 : 56 - 58.

Ermel, K., Pahlich, E., and Schmutterer, H. 1986. Azadirachtin content of neem kernels from different geographical location and light. Proc. 3rd. Int. Neem Conf. Nairobi : 171 - 184.

Finney, D.J. 1971. Probit analysis. 3rd ed. London : Cambridge Univ. Press.

Galton, D. 1972. Beewax as an import in england. Bee Wld. 52 : 68 - 74.

Heyde, J.D. Saxena, R.C. and Schumutterer, H. 1983. Neem oil and neem extracts potential insecticides for control of hemipterous rice pest. In Proc. 2nd Int. neem conf. (Rauischolzhaunzen) Germany : 377-390.

Hollis, M.F., and Nancy, J.P. 1989. Immature sweetpotato white fly, *Bemisia tabaci* (Homoptera : Aleyrodidae) and other select pest species on cotton. J. Agric. Entomol. 6 : 211 - 215.

Jacobson, M., et al. 1981. Neem research in the U.S. department of agriculture: An update. Proc. 2 nd Int. Neem Conf. (Rauisehhhholzhauzen 1983) Germany : 31 - 42.

Jilani, G., and Saxena, R.C. 1990. Repellant and feeding deterrent effect of turnierie oil, sweetflag oil, neem oil, and a neem-based insecticide against lesser grain borer (Coleoptera : Bostrychidae) J. of. Econ. Entomol. 83 : 629 - 634.

John, D.S., Roger, I.V., and Ronald, K.T. 1990. Azadirachtin : effects on metamorphosis, longivity, and reproduction of three tephritid fruit fly species (Diptera : Tephritidae). J. Econ. Entomol. 83 : 2163 - 2174.

Jones, P.S., Ley, S.V., Morgan, E.D., and Sanitafinos, D. 1989. The chemical of neem tree. Can. J. Ent. 16 : 19 - 45.

Kassim, H.D., and Wongsiri, S. 1993. Biological control of the greater wax moth, *Galleria mellonella*, and the lesser wax moth, *Achroia grisella*, using strain of *Bacillus thuringiensis*. J. Sci. Res. 18 : 30 - 40.

Koul, O., Amanai, K. and Ohtaki, T. 1987. Effect of azadirachtin on the endocrine events of *Bombyx mori*. J. Insect Physiol. 33 : 103 - 108.

Linstromberg, W.W., and Baumgarten, H.E. 1983. Organic chemistry : a brief course. Massachusetts. D.C. Health and company.

Lowery, D.T., Isman, M.B., and Brard, N. L. 1993. Laboratory and field evaluation of neem for the control of aphids (Homoptera : Aphididae) J. Econ. Enntomol. 86 : 864 - 870.

Mangum, W. 1989. Early methods of wax moth control. Am. Bee J. 129 : 30 - 32.

Mariapplan, V., and Saxena, R.C. 1993. Effect of custardapple oil and neem oil on survial of *Nephotettix virescens* (Homoptera : Cicadellidae) and on rice tungro virus transmission. J. Econ. Entomol. 76 : 573 - 576.

Matsumara, F. 1975. Toxicology of insecticides. 3rd ed. New York : Plenum Press.

Miller, J.A. and Chamberlain, W.F. 1989. Azadirachtin as a larvicide against the horn fly, stable fly and house fly (Diptera : Muscidae). J. Econ. Entomol. 82: 1375-1378.

Milum, V.G. 1952. Characters and habits of moth larvae infesting honey bee combs. Am. Bee J. 92 : 200 - 201.

Morse, R.A., ed. 1978. Honey bee pest, predators and disease. London : Cornell Univ.

National Research Council. 1992. Neem : A tree for solving global problems. Washington D.C. : National Academy Press.

Prabhaker, N., et al. 1986. Laboratory evalution of neem - seed extract against larvae of the cabbage looper and beet armyworm (lepidoptera : Noctuidae). J. Econ. Entomol. 79 : 39 - 41.

Radwanski, S.A. and Wicken, G.E. 1981. Vegetative fallows and potential value of the neem tree (*Azadirachta indica*) in the tropic. Economic Botany. 35 : 398 - 414.

Rembold, H. 1987. Isomeric azadirachtin and their mode of action. Bacaraton. 1 : 47 - 67.

Robert, H.J., and Dennis, W.J. 1992. Biological activity of neem seed kernel extracts and synthetic azadirachtin against larvae of *Plutella xylostella* L. Pestic. Sci. 37 : 83 - 91.

Schumutterer, H. 1990. Properties and potential of national pesticides from neem tree, *Azadirachta indica*. Annu. Rev Entomol. 35 : 271 - 297.

Sharma, R.N., et al. 1983. Neem rich : the concept of enriched fractions from neem for behavioral and physiological control of insects. In Proc. 2nd Int. neem conf. (Rauischolzhaunzen) Germany : 115-128.

Shelton, A.M., et al. 1993. Resistance of damondback moth (Lepidoptera : Plutellidae) to *Bacillus thuringiensis* subspecies in the field. J. Econ Entomol. 86 : 697 - 705.

Singh, S. 1962. Beekeeping in India. New Delhi. Indian council of Agricultural Research, New Delhi.

Sombatsiri, K., and Tigvattanont, S. 1983. Effect of neem extracts on some insect pest of economic importance in Thailand. In Proc. 2nd Int. Neem Conf. (Rauischozhauzen) Germany : 95 - 100.

Southwick, E.E. 1987. Bee reseach digest. Am. Bee J. 127 : 287 - 288.

Thanispong, K. 1991. Study on the efficacy of alcohol neem seed extract (*Azadirachta indica* var. *siamensis* Valeton) and It suitable formulation in the control of the red spider mite (*Tetranychus hydrageae* Prichard and Barker). Master Thesis. Kasetsart University.

Thongtawat, A. 1991. Studies on the efficacy of neem seed extracts and the mixture of neem seed, galanga and lemon grass in controlling the American bollworm (*Heliothis armigera* Huber). Master Thesis. Kasetsart University.

Trembley, A., and Burgett, M. 1979. Control release fumigation of the greater wax moth. J. Econ. Entomol. 72 : 616 - 617.

USDA. 1970. Rearing the greater wax moth. USDA Science Study Aid No. 3

Van, R.J., McGaughey, W.H., Johnson, D.E., Barnett, B.D. and Mellaet, H.V. 1990. Mechanism of insect resistance to the microbial insecticide *Bacillus thuringiensis*. Science 83 : 72 - 75.

Vandenberge, J.D. and Shimanuki, H. 1990. Application methods for *Bacillus thuringiensis* used to control larvae of the greater wax moth (Lepidoptera : Pyralidae) on stored beewax combs. J. Econ. Entomol. 83 : 766 - 771.

Vandenberge, J.D. and Shimanuki, H. 1990. Viability of *Bacillus thuringiensis* and its efficacy for larvae of the greater wax moth (Lepidoptera : Pyralidae) following storage of treate combs. J. Econ. Entomol. 83 : 760 - 765.

Webb, R.E., Hinebaugh, M.A., Lindquist, R.K., and Jacobson, M. 1983. Evalution against *Liriomyza sativae* and *L. trifolli* (Diptera : Agromysidae). J. Econ. Entomol. 76 : 357 - 362.

Wongsiri, S., Tangkanasing, P., and Sylvester, H.A. 1987. Mite, pest and bee keeping with *Apis cerana* and *Apis mellifera* in Thailand. Am. Bee J. : 500 - 503.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

การศึกษาวงจรชีวิตของหนอนผีเสื้อกินไขผึ้งขนาดใหญ่ (*Galeria mellonella* Linn.) และหนอนผีเสื้อกินไขผึ้งขนาดเล็ก (*Achroia grisella* Fabr.)

ตารางที่ 1 จำนวนเฉลี่ยของการวางไข่ของผีเสื้อหนอนกินไขผึ้งขนาดใหญ่(*Galleria mellonella* Linn.) และ ผีเสื้อหนอนกินไขผึ้งขนาดเล็ก (*Achroia grisella* Fabr.)

ชนิด	จำนวนการวางไข่เฉลี่ย (ฟอง)
ผีเสื้อหนอนกินไขผึ้งขนาดใหญ่	149.67
ผีเสื้อหนอนกินไขผึ้งขนาดเล็ก	77.25

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยคิดจากค่า n เท่ากับ 40
ที่อุณหภูมิ 32° ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 60 %

ตารางที่ 2 อัตราเฉลี่ยการฟักตัวของไข่หนอนผีเสื้อกินไขผึ้งขนาดใหญ่ (*Galleria mellonella* Linn.) และผีเสื้อหนอนกินไขผึ้งขนาดเล็ก (*Achroia grisella* Fabr.)

ชนิด	อัตราเฉลี่ยการฟักตัวของไข่(%)
ผีเสื้อหนอนกินไขผึ้งขนาดใหญ่	73.33
ผีเสื้อหนอนกินไขผึ้งขนาดเล็ก	61.49

หมายเหตุ อัตราเฉลี่ยคิดจากค่า n เท่ากับ 20
ที่อุณหภูมิ 32° ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 60 %

ตารางที่ 3 ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตในวงชีวิตของผีเสื้อหนอนกินไขผึ้งขนาดใหญ่ (*Galleria mellonella* Linn.)

ระยะการเปลี่ยนแปลง	ระยะเวลาเฉลี่ย(วัน)
ไข่ ----- หนอนระยะที่ 1	6.00
หนอนระยะที่ 1 ----- หนอนระยะที่ 2	13.20
หนอนระยะที่ 2 ----- หนอนระยะที่ 3	10.45
หนอนระยะที่ 3 ----- หนอนระยะที่ 4	7.40
หนอนระยะที่ 4 ----- หนอนระยะที่ 5	7.47
หนอนระยะที่ 5 ----- ดักแด้	4.27
ดักแด้ ----- ตัวเต็มวัย	9.20

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยคิดจาก n เท่ากับ 40
ที่อุณหภูมิ 32 ° ซ ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 60 %

ตารางที่ 4 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตในวงชีวิตของผีเสื้อหนอนกินไขผึ้งขนาดเล็ก (*Achroia grisella* Fabr.)

ระยะการเปลี่ยนแปลง	ระยะเวลาเฉลี่ย(วัน)
ไข่ ----- หนอนระยะที่ 1	5.00
หนอนระยะที่ 1 ----- หนอนระยะที่ 2	11.88
หนอนระยะที่ 2 ----- หนอนระยะที่ 3	10.73
หนอนระยะที่ 3 ----- หนอนระยะที่ 4	6.20
หนอนระยะที่ 4 ----- หนอนระยะที่ 5	5.97
หนอนระยะที่ 5 ----- ดักแด้	3.82
ดักแด้ ----- ตัวเต็มวัย	6.67

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยคิดจาก n เท่ากับ 40
ที่อุณหภูมิ 32 ° ซ ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 60 %

ตารางที่ 5 การเปลี่ยนแปลงขนาดความยาวของลำตัวหนอนผีเสื้อกินไขผึ้งขนาดใหญ่ (*Galleria mellonella* Linn.) ในระยะที่ 1, 2, 3, 4, และ 5

ระยะการเจริญของหนอน	ขนาดความยาวเฉลี่ย (มม.)
ระยะที่ 1	1.00
ระยะที่ 2	3.28
ระยะที่ 3	5.87
ระยะที่ 4	10.45
ระยะที่ 5	18.37

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยคิดจากค่า n เท่ากับ 40
ที่อุณหภูมิ 32 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ เท่ากับ 60 %

ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงขนาดความยาวของลำตัวหนอนผีเสื้อกินไขผึ้งขนาดเล็ก (*Achroia grisella* Fabr.) ในระยะที่ 1, 2, 3, 4, และ 5

ระยะการเจริญของหนอน	ขนาดความยาวเฉลี่ย (มม.)
ระยะที่ 1	1.00
ระยะที่ 2	2.50
ระยะที่ 3	5.23
ระยะที่ 4	9.97
ระยะที่ 5	15.30

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยคิดจากค่า n เท่ากับ 40
ที่อุณหภูมิ 32 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ เท่ากับ 60 %

ตารางที่ 7 การเปลี่ยนแปลงขนาดความกว้าง head capsule ของหนอนผีเสื้อกินไขผึ้งขนาดใหญ่ (*Galleria mellonella* Linn.) ในระยะที่ 1, 2, 3, 4 และ 5

ระยะการเจริญของหนอน	ขนาดความกว้าง (มม.)
ระยะที่ 1	0.35
ระยะที่ 2	0.59
ระยะที่ 3	1.25
ระยะที่ 4	2.49
ระยะที่ 5	3.21

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยคิดจากค่า n เท่ากับ 5
ที่อุณหภูมิ 32 ° ซ ความชื้นสัมพัทธ์ เท่ากับ 60 %

ตารางที่ 8 การเปลี่ยนแปลงขนาดความกว้าง head capsule ของหนอนผีเสื้อกินไขผึ้งขนาดเล็ก (*Achroia grisella* Fabr.) ในระยะที่ 1, 2, 3, 4 และ 5

ระยะการเจริญของหนอน	ขนาดความกว้าง (มม.)
ระยะที่ 1	0.26
ระยะที่ 2	0.42
ระยะที่ 3	0.99
ระยะที่ 4	1.99
ระยะที่ 5	2.79

หมายเหตุ ค่าคิดจากค่า n เท่ากับ 5
ที่อุณหภูมิ 32 ° ซ ความชื้นสัมพัทธ์ เท่ากับ 60 %

ตารางที่ 9 ขนาดความยาวดักแด้ของผีเสื้อหนอนกินไขผึ้งขนาดใหญ่ (*Galleria mellonella* Linn.) และผีเสื้อหนอนกินไขผึ้งขนาดเล็ก (*Achroia grisella* Fabr.)

ชนิด	ขนาดความยาวเฉลี่ย (มม.)
ผีเสื้อหนอนกินไขผึ้งขนาดใหญ่	15.70
ผีเสื้อหนอนกินไขผึ้งขนาดเล็ก	10.25

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยคิดจากค่า n เท่ากับ 40
ที่อุณหภูมิ 32 ° ซ ความชื้นสัมพัทธ์ เท่ากับ 60 %

ตารางที่ 10 ระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงในวงชีวิตของผีเสื้อหนอนกินไขผึ้งขนาดใหญ่ (*Galleria mellonella* Linn.)และผีเสื้อหนอนกินไขผึ้งขนาดเล็ก (*Achroia grisella* Fabr.) ตั้งแต่ไข่จนเป็นตัวเต็มวัย

ชนิด	ระยะเวลาเฉลี่ย (วัน)
ผีเสื้อหนอนกินไขผึ้งขนาดใหญ่	58.02
ผีเสื้อหนอนกินไขผึ้งขนาดเล็ก	50.27

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยคิดจากค่า n เท่ากับ 40
ที่อุณหภูมิ 32 ° ซ ความชื้นสัมพัทธ์ เท่ากับ 60 %

ตารางที่ 11 อายุขัยเฉลี่ยของผีเสื้อหนอนกินไขผึ้งขนาดใหญ่(*Galleria mellonella* Linn.) และหนอนผีเสื้อกินไขผึ้งขนาดเล็ก(*Achroia grisella* Fabr.) เพศผู้และเพศเมีย

ชนิด	ระยะเวลาเฉลี่ย (วัน)	
	เพศผู้	เพศเมีย
ผีเสื้อหนอนกินไขผึ้งขนาดใหญ่	8.45	6.30
ผีเสื้อหนอนกินไขผึ้งขนาดเล็ก	7.10	5.68

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยคิดจากค่า n เท่ากับ 40

ภาคผนวก ข.

อาหารสำหรับสัตว์ทดลอง

ส่วนประกอบและอัตราส่วนของอาหารเทียม ตามสูตร Haydak ' s medium

1.	อาหารเสริมสำหรับเด็กอายุ 6 เดือน ถึง 3 ปี	300	กรัม
2.	นมผง	15	กรัม
3.	น้ำผึ้ง	50	มล.
4.	กลีเซอรีน	55	มล.
5.	วิตะมินรวม	12.5	มล.
6.	คลอรีน คลอไรด์	0.9	มล.
7.	น้ำกลั่น	75	มล.

แหล่งที่มา Duxty, 1982; USDA, 1970

ภาคผนวก ค.

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณสาร azadirachtin ที่ตรวจพบโดยวิธี High - Performance Liquid Chromatography (HPLC) ในสารสกัดจากสะเดา ชนิดต่าง ๆ

ชนิดของสารสกัด	ปริมาณสารที่ตรวจพบ
Neem-seed crude extract	0.13 % (w/w)
Neem seed extract	0.09 % (w/w)
Neem leaf extract	0
Neem oil	0.04 % (w/w)
สารสกัดทางการค้า	
- Margosan - O	0.010 % (w/v)
- Neemix	0.029 % (w/v)
- Advantage	0.023 % (w/v)

แหล่งที่มา Boonthai, C. 1994.

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะเมล็ดสะเดาชนิดต่าง ๆ

ชนิด	น้ำหนักเมล็ดสะเดา 100 กรัม			
	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก/มล็ด (กรัม)	เนื้อเมล็ด (กรัม)	เปลือกหุ้มเมล็ด (กรัม)
สะเดาอินเดีย *Azadirachta indica*	1.2	0.2	45.09	54.91
สะเดาไทย *Azadirachta indica* var. *siamensis*	1.5	0.3	45.20	54.80
สะเดาช้าง *Azadirachta excelsa*	2.0	1.1	44.35	55.45

แหล่งที่มา Chirathamijaree, C., Pitiyon, B., and Saenvanit, A. 1993.

สารสกัดจากเมล็ดสะเดาไทยทางการค้า

Neemix®

จากบริษัท พืชพันธุ์ธรรมชาติ จำกัด

แมลงและไรที่ป้องกันและกำจัดได้ : ไรแดง เพลี้ย หนอนชอนใบ หนอนเจาะยอด เป็นต้น

ส่วนประกอบ

เมล็ดสะเดา	50 %
ข่า	25 %
ตะไคร้	25 %

อัตราส่วนและวิธีใช้ : Neemix® 40 - 60 มล. ผสมน้ำ 5 ลิตร

แหล่งที่มา Boonthai, C. 1994.

ภาคผนวก ง.

1. การประเมินค่า 50 % lethal concentration (LC_{50})

ความเป็นพิษของสารสกัดจากเมล็ดสะเดาไทยต่อหนอนผีเสื้อกินไขผึ้ง สามารถประเมินค่า LC_{50} โดยใช้ Probit Analysis (Finney, 1971) การวิเคราะห์โดย Probit Analysis เป็นวิธีการทางสถิติ สำหรับข้อมูลทางชีววิทยาที่มีความแปรปรวน เพื่อสร้างสมการเส้นตรงซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตอบสนองของสัตว์ทดลอง และความเข้มข้นของสารที่ใช้ในการทดลอง โดยการเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของความน่าจะเป็นของการตอบสนองทำให้สามารถประเมิณค่า LC_{50} ของสารต่อสัตว์ทดลองได้

การวิจัยในครั้งนี้การวิเคราะห์โดย Probit Analysis ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปคือ QUANT 13 ช่วยในการคำนวณเพื่อประเมินค่า LC_{50}

ตัวอย่างการคำนวณค่า LC_{50} ของสารสกัดจากเมล็ดสะเดาไทย ในรูปการค้า (Neemix®) ต่อหนอนผีเสื้อกินไขผึ้งขนาดใหญ่ระยะที่ 4

ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป QUANT 13 เป็นดังนี้

```
GWM4N
BATCHES, AS INPUT
CONTROL :          ( 3 ) <> 30 , 3 <> 30 , 3 <> 30 , 4 <>

PREP. 1
        0.5000 ;   ( 3 ) <> 30 , 10 <> 30 , 10 <> 30 , 10 <>
        2.0000 ;   ( 3 ) <> 30 , 12 <> 30 , 13 <> 30 , 13 <>
        5.0000 ;   ( 3 ) <> 30 , 16 <> 30 , 17 <> 30 , 17 <>
        7.0000 ;   ( 3 ) <> 30 , 21 <> 30 , 20 <> 30 , 20 <>
```

GWM4N 19 09 95

>>>>> >>>> ANALYSIS USING PROGRAM QUANT 13 (PROBIT MEDTHOD)

+++ DATA TOTALLED OVER BACTHES

DOSE AND OBSERVED

DOSE	LOG(DOSE)	N	RESPONSE	%	PROBIT (EMPIRICAL)
PERCENT NATURAL RESPONSE RATE = 11.11 (EMPIRICALLY : 10 / 90)					
0.5000	-0.3010	90	30	**25.00**	**4.33**
2.0000	0.3010	90	38	**35.00**	**4.61**
5.0000	0.6990	90	50	**50.00**	**5.00**
7.0000	0.8451	90	61	**63.75**	**5.36**

AFTER 1 CYCLES, MAXIMUM PROBIT CHANGE = 0.2552

OBSERVED AND EXPECTED FREQUENCIES

DOSE	N	RESPONSE	EXPECTED	DEVIATION	PROBABILITY	PROBIT
0.5000	90	30	27.536	2.464	0.3060	4.225
2.0000	90	38	41.911	-3.911	0.4657	4.744
5.0000	90	50	52.761	-2.761	0.5862	5.087
7.0000	90	61	56.732	4.268	0.6304	5.213

HETEROGENEITY CHI - SQUARE = 2.2188 EITH 2 DF

- 2 * MAXIMUM LOG - LIKELIHOOD = **2.2327** (DEFICIENCY RELATIVE TO PERFECT FIT)

THE PARAMETER ESTIMATES ARE:

	A	B	ED50	95% LIMITS		ED95	G
PREP . 1	4.4844	0.8615	**3.9677**	**2.6362**	**6.9726**	321.8475	0.1848

2. การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANALYSIS OF VARIANCE)

การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนนี้เป็นการเปรียบเทียบข้อมูลแบบ Randomized block design (RBD) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติคือ SPSS / PC+ ช่วยในการวิเคราะห์คำนวนค่าความแปรปรวน

ตัวอย่างการคำนวน

ตารางที่ 4.3 ความเป็นพิษโดยการกิน (oral toxicity) ของ Neemix® ต่อหนอนผีเสื้อกินไขผึ้งขนาดใหญ่ *Galleria mellonella* Linn. ระยะที่ 3, 4 และ 5

ความเข้มข้น (%)	อัตราการตายเฉลี่ย (%)		
	ระยะที่ 3	ระยะที่ 4	ระยะที่ 5
0. 5	21.50	24.90	14.20
2	31.20	34.10	21.30
5	46.00	49.90	32.80
7	61.70	64.00	41.30
LC_{50}(%)	4.68	3.97	15.03
ช่วงเชื่อมั่นที่ 95%	3.14-8.54	2.64-6.93	7.45-105.17

หมายเหตุ อัตราการตายเฉลี่ย (%) คิดจาก Abbott' s formula โดยคิดจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ ๆ ละ 30 ตัว

การวิเคราะห์ข้อมูล จะทำการเปรียบเทียบอัตราการตายเฉลี่ยในแต่ละระยะของหนอนโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม SPSS / PC + มีดังนี้

*** * * ANALYSIS OF VARIANCE * * ***

MOR
BY CONC
INSTARG

Source of Variance	Sum of Squares	[4] DF	Mean Square	[2] F	[3] Signif of F
Main Effects	2454.737	5	490.947	35.564	.000
CONC	2077.890	3	692.630	50.173	.000
INSTARG [1]	376.847	2	188.423	13.694	.006
Explained	2454.737	5	490.947	35.564	.000
Residual	82.828	6	13.805		
Total	2537.565	11	230.688		

12 Cases were processed.
0 CASES (.0 PCT) were missing.

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนที่จะใช้ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ย โดยกำหนดสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

- หมายเลข [1] คือตัวแปร INSTARG ซึ่งแทน ระยะของหนอน

Ho : อัตราการตายเฉลี่ย ไม่แตกต่างกัน ในหนอนต่างระยะกัน
H1 : อัตราการตายเฉลี่ย มีความแตกต่างกัน ในหนอนต่างระยะกัน

หรือ

Ho : $\mu 1 = \mu 2 = \mu 3$

H1 : $\mu i \neq \mu j$ (มีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน)

โดยได้กำหนดค่าระดับนัยสำคัญ α ไว้ล่วงหน้า และทำการสรุปผลการตัดสินใจ จากค่าที่ได้ในผลลัพธ์หมายเลข [2] คือค่าของ F หรือ หมายเลข [3] คือค่าของ Signif of F ดังนี้คือ

จะปฏิเสธสมมติฐาน Ho เมื่อค่าสถิติ F ที่โปรแกรมคำนวนได้ในผลลัพธ์หมายเลข [2] มีค่ามากกว่า ค่าสถิติ F ที่เปิดได้จากตารางโดยใช้ df จาก DF ของตารางวิเคราะห์ ความแปรปรวน ในผลลัพธ์หมายเลข [4] และค่าระดับนัยสำคัญ α ที่กำหนดขึ้นมา

หรือ อาจจะพิจารณาจากค่าความน่าจะเป็น Signif of F ในผลลัพธ์หมายเลข [3] เมื่อค่าความน่าจะเป็น Signif of F นี้มีค่าน้อยกว่า ค่าระดับนัยสำคัญ ที่กำหนดไว้ล่วงหน้า

จากผลลัพธ์หมายเลข [1] คือตัวแปร INSTARG ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

กำหนดค่าระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

- ค่า F ที่ได้ในผลลัพธ์หมายเลข [2] เท่ากับ 13.649

ค่า F ที่ได้จากการเปิดตาราง มีค่าเท่ากับ 5.14

(โดยใช้ค่า df ในผลลัพธ์หมายเลข [4] คือ 2 และ 6 และค่าระดับนัยสำคัญ α ที่กำหนดไว้ล่วงหน้า)

* จะพบว่าค่า F ที่ได้จากการคำนวนมีค่ามากกว่าค่า F ที่ได้จากตาราง

หรือ ค่าความน่าจะเป็น Signif of F ในผลลัพธ์ [3] เท่ากับ 0.006 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า ค่าระดับนัยสำคัญ α ที่กำหนดไว้

ดังนั้นสรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐาน Ho นั้นคือ มีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน หมายความว่า "ระยะของตัวหนอน (larvae instar) มีผลต่อระดับความไวต่อ Neemix® อย่างมีนัยสำคัญที่ α เท่ากับ 0.05"

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ค่าเฉลี่ยอัตราการตาย(%)	ระยะที่ 3	ระยะที่ 4	ระยะที่ 5
(n=30)	40.82	43.44	30.46
ลำดับ	1)	2)	3)

เมื่อปฏิเสธสมมติฐาน Ho แล้ว เราพบแต่เพียงว่า มีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ที่ไม่เท่ากัน โดยไม่สามารถทราบว่าค่าเฉลี่ยคู่ใดที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงทำการทดสอบต่อเพื่อหาว่า ค่าเฉลี่ยคู่ใดที่แตกต่างกัน โดยวิธี Least significant difference (LSD) โดยคำนวนค่า LSD ที่ 5 %

จาก LSD (0.05) = t 0.05 . Sd

$$Sd = \sqrt{2S^2 / r} = \sqrt{2 \times 13.805 / 3}$$

$$= 3.0336$$

จากตาราง ก.2 The Distribution of t ได้ค่า t 0.05 df 6 เท่ากับ 2.447

ดังนั้น LSD (0.05) = 2.447 (3.0336)

= 7.42

ได้ว่า ลำดับที่ 1) - 2) = - 2.62 , ไม่มีนัยสำคัญ

1) - 3) = 10.36 , มีนัยสำคัญ

2) - 3) = 12.98 , มีนัยสำคัญ

ประวัติผู้เขียน

นางสาวประนอม ปัญจพัฒนศิริ เกิดเมื่อวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2513 ที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยนเรศวร เมื่อปีการศึกษา 2533 เข้าศึกษาต่อที่บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สาขาวิชาสัตววิทยา ในปีการศึกษา 2534 และได้รับทุนการศึกษาจากโครงการผลิตและพัฒนาอาจารย์มหาวิทยาลัยทบวงมหาวิทยาลัย ระหว่างปีการศึกษา 2534 - 2535 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตในปีการศึกษา 2537