หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

เกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัย. ภาควิชาปฐพีวิทยา. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร, 2519.

จรัญ จันทลักขณา. สถิติวิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, 2519.

ชลีรัตน์ พยอมแย้ม. "การศึกษาการกระจายของ ดี ดี ที และ พี ซี บี ในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต แผนกวิชาชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย, 2519.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และ F.N. Ponnamperuma. "การปรับปรุงแก้ไขดินเอซิด ซัลเฟตของประเทศไทย." วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 5 (มกราคม 2515):17 – 24.

นวลศรี ทยาพัชร, วันเพ็ญ มณีสงฆ์, สิม จิตเสงี่ยม, น้อย เพชรผึ้ง และประยูร ดีมา. "รายงานผลการค้นคว้าทดลองและวิจัย: การศึกษาวิจัยวัตถุมีพิษตกค้างในน้ำและตะกอน." กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการ-เกษตร, 2517.

ประยูร ดีมา. ยาป้องกันกำจัดศัตรูพืช มนุษย์และสัตว์. พระนคร: กรมกสิกรรม, 2510.

พงศ์ศรี ใบอดุลย์, วันเพ็ญ อึ่งเจริญ, ลาวัณย์ เพ็งบุญ, นวลศรี ทยาพัชร และประยูร ดีมา. "รายงานผลการค้นคว้าทดลองและวิจัย: การศึกษาวิจัยวัตถุมีพิษตกค้างในดินเกษตรกรรม." กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการเกษตร, 2519.

วิชาการเกษตร, กรม. กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. วัตถุมีพิษที่นำหรือสั่งเข้ามาในราชอาณาจักร พ.ศ. 2516 – 2518. กรุงเทพมหานคร: กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, 2519.

——. วัตถุมีพิษที่นำหรือสั่งเข้ามาในราชอาณาจักร พ.ศ. 2519 – 2521 กรุงเทพมหานคร: กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, 2520.

วิเชียร ณัฐวัฒนานนท์, น้อย เพชรผึ้ง, สิม จิตเสงี่ยม และ ประยูร ดีมา. "รายงานผลการค้นคว้าทดลองและวิจัย: การศึกษาและวิจัยวัตถุมีพิษตกค้างในดินเกษตรกรรม." กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการเกษตร, 2517.

วิเชียร ณัฐวัฒนานนท์, กฤษณา ชัชพงศ์, อุดมลักษณ์ เพชรมาลา, เลิศลักษณ์ เจริญสุข, ภิญญา จุลินทร, และประยูร ดีมา. "รายงานผลการค้นคว้าทดลองและวิจัย: วัตถุมีพิษตกค้างในผลิตผลเกษตรกรรมและอาหาร. –(จ) ข้าวและแป้ง." กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการเกษตร, 2519.

สำเนียง เปรมสัย. คำบรรยายวิชาข้าว: แมลงศัตรูข้าว. วิทยาลัยเกษตร-กรรมนครศรีธรรมราช, 2513.

สุชาติ สุนทรพันธ์ และ นิรันดร์ สิงหบุตรา. "ผลของยาฆ่าแมลงดีลดรินและยาฆ่าวัชพืชทู โฟ ดี ที่มีต่อปริมาณและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน." วิทยาสารเกษตรศาสตร์ 9(มกราคม 2518):46 – 54.

สมบัติ กาญจนศูนย์. "การศึกษาการสกัดวัตถุมีพิษจากต้นยาสูบ และประสิทธิภาพในการกำจัดแมลง." ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2519.

เสริม สีมา, ธรรมศักดิ์ แสงพรหมมินทร์, บูรณพงษ์ ณ ถลาง และประยูร ดีมา. "รายงานผลการทดลองและวิจัย: การศึกษาหาพิษตกค้างของวัตถุมีพิษในดิน" กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการเกษตร, 2516.

สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ. ยาฆ่าแมลง. กรุงเทพมหานคร: แผนกวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย, 2521.

อรุณ จันทนโอ. ไส้เดือนฝอยศัตรูพืชและการป้องกันกำจัด. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2518.

Anonymous. "Insecticides." In Ecological Effects of Pesticides on Non-target Species. pp. 3 - 84. Washington, D.C.:Executive Office of the President Office of Science and Technology, 1965.

———. "Insecticides." In Ecological Effects of Pesticides on Non-target Species. pp. 3 - 84. Washington, D.C.:Executive Office of the President Office of Science and Technology, 1967.

———. Chemistry Laboratory Manual. Complied by Great Lakes Region Committee on Analytical Methods, Environmental Protection Agency, 1969.

———. "Pesticides in the Modern World." Symposium Prepared by Members of the Co-operative Programmes of Anglo-Allied-Industrial with FAO and Other United Nation Organization, 1972.

Ahlberg, O. "The Influence of the Environment." In The Biology of Plant Parasitic Nematodes. pp. 47 - 100. London: Edward Arnold (Publishers), 1951.

Baker, K.R. "Studies on the Biology of the Stem Nematode, Ditylenchus dipsaci." Phytopathology 49 (February 1959): 315.

Barker, K.R. and J.N. Sasser. "Biology and Control of the Stem Nematode, Ditylenchus dipsaci." Phytopathology 49 (October 1959): 664 - 670.

Brazzel, J.R. "The Test Methods for Resistance in Insect of Agricultural Importance." Bull. Entomol. Soc. Am. 16 (November 1970): 151.

Baldwin, M.K., R.A. Davis and D.T. Burns. "Structural Studies and Photochemical Re - arrangement of an Animal Metabolite of HEOD, the Active Component of Dieldrin." Pestic. Sci. 4 (April 1973): 227 - 237.

Beck, E.W., L.H. Dawey, D.W. Woodham, D.B. Leuck, and L.W. Morgan. "Insecticide Residues on Peanuts Grown in Soil Treated with Granular Aldrin and Heptachlor." J. Econ. Entomol. 55 (December 1962): 953 - 956.

Bishop, D.D. "The Emergence of Larvae of Heterodera rostochiensis under Condition of Constant and Alternating Temperature." Ann. Appl. Biol. 43 (1955) : 525 - 532.

Blake, C.D. "Some Observations on the Orientation of Ditylenchus dipsaci and Invasion of Oat Seedlings." Nematologica 6 (1962) : 295 - 310.

Butler, P.A. "Commerical Fisheries Investigations." pp. 5 - 28. In Pesticide - Wildlife Studies. U.S. Fish Wildl. Serv. Circ., 1963 a.

Cairn, J., Jr. "Insecticides: The Effects of Dieldrin on Diatoms." In Ecological Effects of Pesticides on Non - target Species. pp. 3 - 84. Washington, D.C.: Executive Office of the President Office of Science and Technology, 1968.

Carp, A.E., B.J. Liska, and P.L. Ziemer. "Decomposition of Aldrin by Gamma Radiation." Abstracts 156th American Chemical Society Meeting, Atlantic City, September 9 - 13, 1968.

Chacko, C.I., and J.L. Lockwood. "Chlorinated Hydrocarbon Pesticides:degradation by microbes." Science 154 (November 1966):893 - 895.

Chadwick, G., and D.L. Shumway. "Effects of Dieldrin on the Growth and Development of Steelhead Trout." In The Biological Impack of Pesticides in the Environment. pp. 90 -96. Oregon:Oregon State Univ., 1969.

Chunram, C. "A List of Plant Parasitic Nematodes in Thailand." Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Co-operatives, Bangkok, Thailand, Plant Protection Service Technical Bulletin (Ootober 1972):44.

Clawson, S.C., and M.F. Baker. "Insecticides:Immediate Effects of Dieldrin and Heptachlor on Bobwhite." In Ecological Effects of Pesticides on Non-target Species. pp. 3 - 84. Washington, D.C.: Executive Office of the President Office of Science and Technology, 1959.

Cope, O. "Contamination of the Fleshwater Ecosystem by Pesticides." J. Appl. Ecol. 3(1966, Suppl.): 33 - 53.

David, P. Ecological Effects of Pesticides on Non-target Species. Washington, D.C.:Executive Office of the President Office of Science and Technology, 1971.

Davis, B.N.K., and R.B. Harrison. "Organochlorine Insecticide Pesidues in Soil Invertebrates." Nature 211 (September 1966):1424 - 1425.

Doane, C.C. "Effects of Certain Insecticides on Earthworms." J. Econ. Entomol. 55 (June 1962) :416 - 418.

Ellenby, C. "Ecology of Eelworm Cyst." Nature, Lond. 157 (March 1946):451.

Ferris, J.M. "Effect of Soil Temperature on the Life Cycle of Golden Nematode in Host and Non-host Species." Phytopathology 47 (April 1957):221.

Gianotti, O., R.L. Metcalf, and R.B. March. The Mode of Action of Aldrin and Dieldrin in Periplaneta americana (L.)." Ann. Entomol. Scc. Am. 49 (1956) :588.

Harrington, R.W., and W.L. Bidlingmayer. "Insecticides: Effect of Dieldrin on Fishes and Invertebrates of a Salt March." In Ecological Effects of Pesticides on Non - target Species. pp. 3 - 84. Washington, D.C.: Executive Office of the President Office of Science and Technology, 1958.

Harries, C.R., and E.P. Lichtenstein. "Factors Affecting the Volatilization of Insecticidal Residues from Soils. J. Econ. Entomol. 54 (October 1961): 1045.

Haque, R., and V.H. Freed. Environmental Dynamies of Pesticides. Environmental Science Research. Vol. 6. New York:Plenum Press, 1975.

Henderson, V.E., and H. Katznelson. "The Effect of Plant Roots on the Nematode Population of the Soil." Canad. J. Microbiol. 7(1961):163 - 167.

Henderson, G.L., and D.G. Crosby. "Photodecomposition of Dieldrin and Aldrin." J. Agric. and Food Chem. 15(September - October 1967):888 - 893.

Henderson, G.L. and D.G. Crosby. "Photodecomposition of Dieldrin Residues in Water." Bull. Environ. Contam. Toxicol. 3(May - June 1968):131 - 134.

Holden, A.V. "Organochlorine Insecticide Residues in Salmonoid Fish." J. Appl. Ecol. 3(1966, Supplement on Pesticides in the Environment and Their Effects on Wildlife):45 - 53.

Hollis, J.P., and T. Johnston. "Microbiological Reduction of Nematode Populations in Water Saturated Soils." Phytopathology 47(January 1957):16

Johnston, T. "Further Studies on Microbiological Reduction of Nematode Population in Water Saturated Soils." Phytopathologist 47(August 1957): 525 - 526.

Johnston, T. "The Influence of the Environment." In The Biology of Plant Parasitic Nematodes. pp. 47 - 100. London:Edward Arnold (Publishers), 1958.

Jones, L.W. "Effests of Some Pesticides on Microbial Activities of the Soil." Utah State Agr. College Bull. 390(1956):1 - 17.

Keereewan, S., and P. Leeprasert. "Seasonal Fluctuations and Vertical Distribution of Hoplolaimus seinhorsti on Mulberry," Department of Agriculture, Ministry of Agricultures and Co-operatives, Bangkok, Thailand. Plant Protection Service Technical Bulletin 26(November 1975):6.

Kiigemagi, U., and L.C. Terriere. "Persistence of DDT in Orchard Soils," Bull. Environ. Contam. Toxicol. 7(June 1972):348 - 352.

Korschgen, L.J., and D.A. Murphy. "Insecticides:Pesticidewildlife Relationships:Reproduction, Crowth, and Physiology of Deer Fed Dieldrin Contaminated Diets." In Ecological Effects of Pesticides on Non-target Species. pp. 3 - 84. Washington, D.C.: Executive Office of the President Office of Science and Technology, 1969.

Korschgen, L.J. "Soil-food-chain-pesticide Wildlife Relationships in Aldrin-treated Fields." J. Wildl. Manag. 34(1970):186 - 199.

Korte, F., and H. Arent. "Metabolism of Insecticides. IX(1). Isolation and Identification of Dieldrin Metabolites from Urine of Rabbits After Oral Administration of Dieldrin-^{14}C." Life Sciences 4(1965):2017 - 2026.

Krusberg, L.R. "Investigations on the Life Cycle, Reproduction, Feeding Habits and Host Range of Tylenchorhynchus cleytoni Steiner." Nematologica 4(1959):187 - 197.

Lehner, P.N., and A. Egbert. "Dieldrin and Eggshell Thickness in Ducks." Nature 224(December 1969):1218 - 1219.

Lewis, F.J., and W.F. Mai. "Survival of Encysted Eggs and Larvae of Golden Nematode to Alternating Temperatures." Phytopathology 47(August 1957): 527.

Lichtenstein, E.P., and K.R. Schulz. "The Effect of the Environment." In. The Biology of Plant Parasitic Nematodes. pp. 47 - 100 . London:Edward Arnold (Publishers), 1959.

Littlewood, A.B. Gas Chromatography:Principles, Techniques and Application. 2nd ed. New York and London:Academic Press, 1970.

Lockie, J.D., and D.A. Ratcliffe. "Insecticides." In Ecological Effects of Pesticides on Non-terget Species. pp. 3 - 84. Washington, D.C.: Executive Office of the President Office of Science and Technology, 1964.

———. "Insecticides." In Ecological Effects of Pesticides on Non-terget Species. pp. 3 - 84. Washington, D.C.:Executive Office of the President Office of Science and Technology, 1969.

Lownsbery, B.F. "Stimulation of Golden Nematode Larvae by Root Leachings." Phytopathology 40(1950):18.

Luckmann, W.H. Increase of European Corn Borers Following Soil Application of Large Amounts of Dieldrin. J. Econ. Entomol. 53(August 1960): 583 - 584.

Luckmann, W.H., and G.C. Decker. "A 5-year Report of Observations in the Japanese Beetle Control Area at Sheldon, Illinois." J. Econ. Entomol. 53(October 1960):821 - 827.

Ludwig, G., J. Weiss, and F. Korte. "Metabolism of Insecticides. VII. Excretion and Distribution of Aldrin-^{14}C and Its Metabolites After Oral Administration for a Long Period of Time." Life Sciences 3(1964):123 - 130.

Macek, K.J. "The Biological Impact of Pesticides in the Environment." In Environ. Health Ser. 1 Oregon:Oregon State Univ., 1969.

Matsumura, F., and G. M. Boush. "Environmental Alteration of Insecticide Residue:Cyclodiene Insecticides." In Toxicology of Insecticides. pp. 325 - 354. New York and London:Plenum Press, 1967.

Matsumura, F. Toxicology of Insecticides. New York and London:Plenum Press, 1976.

Norton, D.C. "The Influence of the Environment." In The Biology of Plant Parasitic Nematodes. pp. 47 - 100. London:Edward Arnold (Publishers), 1959.

O'Brien, R. Insecticides Action and Metabolism. New York and London:Academic Press, 1967.

Petherbridge, F.R., and F.G.W. Jones. "Beet Eelworm (Heterodera schachtii Schm.) in East Anglia, 1934 - 1943." Ann. Appl. Biol. 31(1944):320-332.

Robinson, T., and A.L. Neal. "The Influence of Hydrogen Ion Concentration on the Emergence of Golden Nematode Larvae." Phytopathology 46(December 1956):665.

Saha, J.G. "Comparison of Several Methods for Extracting Dieldrin-^{14}C from Soil." Bull. Environ. Contam. Toxicol. 3(Junuary - February 1968):26 - 36.

Sanders, H.O. "Insecticides." In Ecological Effects of Pesticides on Non-target Species. pp. 3 - 84. Washington, D.C.:Executive Office of the President Office of Science and Technology, 1970.

Scott, T.G., Y.L. Willis, and J.A. Ellis. "Some Effects of a Field Application of Dieldrin on Wildlife." J. Wildl. Manag. 23(1959):409 - 427.

Shepherd, A.M., and H.R. Wallace. "A Comparison of the Rates of Emergence and Invasion of Beet Eelworm, Heterodera schachtii Schmidt and Pea Root Eelworm, Heterodera göttingiana Liebscher." Nematologica 4(1959):227 - 235.

Slack, D.A., and M.L. Hamblen. "The Effect of Various Factors on Larval Emergence from Cysts of Heterodera glycines." Phytopathology 51(June 1961):350 - 355.

Southey, J.F. "Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes." Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, London, England. Technical Bulletin No. 2, 1970.

Stroud, R.H. "Super Insecticides-space-age Pollutants." Sport Fishing Inst. Bull. 74(1958):1 - 2.

Terriere, L.C. Chemical, Legal and Biological Aspects of Pesticides:a Syllabus for Principles of Insecticide Usage. Oregon:Oregon State University, 1972.

Thomson, W.T. Agricultural Chemicals Book I:Insecticides. California:Thomson Publications, 1967.

Treon, J.F. "Hazards to Man and Domestic Animals: Aldrin and Dieldrin Poisoning." In Toxicology of Insecticides. pp. 403 - 480. New York and London:Plenum Press, 1954.

Treon, J.F., and F.P. Cleveland. "Toxicity of Certain Chlorinated Hydrocarbon Insecticides for Laboratory Animals, with Special Reference to Aldrin and Dieldrin." J. Agric. and Food Chem. 3(May 1955):402.

Turtle, E.E., A. Taylor, E.N. Wright, R.J.P. Thearle, H. Egan, W.H. Evans, and N.M. Soutar. "The Effects on Birds of Certain Chlorinated Insecticides Used as Seed Dressings." J. Sci. Food Agr. 14(November 1963):567 - 577.

Vance, B.D., and W. Drummond. "Biological Concentration of Pesticides by Algae." J.Am. Water Works.. Assoc. 61(1969):360 - 362.

Walkey, A., and T.A. Black. "An Examination of the Degtjareff Method to Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Cromic Acid Titration Method." Soil Sci. 37(1934): 29 - 38.

Walkley, A. "A Critical Examination of a Rapid Method for Determining Organic Carbon in Soils-effect of Variations in Digestion Conditions and of Inorganic Soil Constituents." Soil Sci. 63(1947) :251 - 264.

Wallace, H.R. "Hydrostatic Presure Deficiency and the Emergence of Larvae from Cysts of the Beet Eelworm." Nature, Lond. 173(March 1954):502.

———. "The Influencing of Soil Moisture on the Emergence of Larvae from Cysts of the Beet Eelworm, Heterodera schachtii Schmidt." Ann. Appl. Biol. 43(1955 b):477 - 484.

———. "Soil Aeration and the Emergence of Larvae from Cysts of the Beet Eelworm, Heterodera schachtii Schmidt and of Ditylenchus dipsaci (Kuhn) Filipjev." Ann. Appl. Biol. 46(1956 c): 86-94.

———. The Biology of Plant Parasitic Nematodes. London:Edward Arnold (Publishers), 1963.

Wilson, A.J. In Ecological Effects of Pesticides on Non-target Species. pp. 3 - 84. Washington, D.C.: Executive Office of the President Offics of Science and Technology, 1965.

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

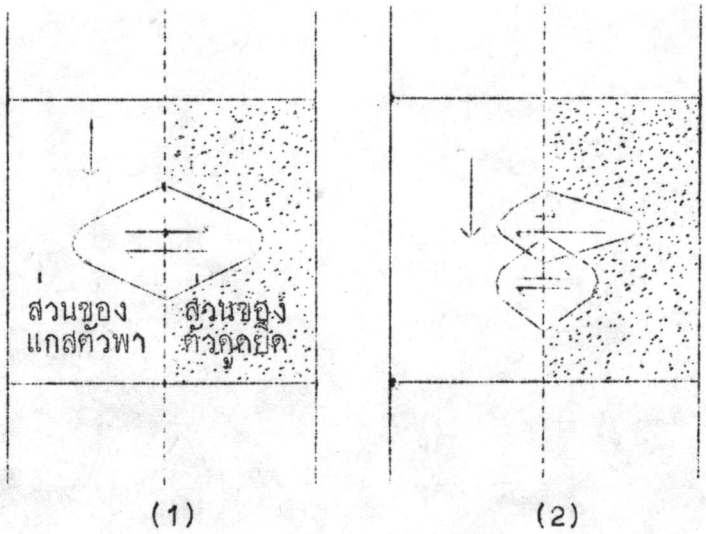
ภาคผนวก ก.

1. หลักการและส่วนประกอบสำคัญของเครื่อง แกส ลิควิด โครมาโตกราฟฟี่ (GLC)

1.1 หลักการสำคัญ (Littlewood, 1970)

หลักการหรือทฤษฎีสำคัญของเครื่อง GLC คือหลักการแยกส่วน (partition) ระหว่างของเหลวกับแกส ใน GLC ส่วนของ ๆ เหลวจะเคลือบอยู่บนของแข็งซึ่งใช้เป็นตัวพยุงของเหลวเอาไว้ไม่ให้เคลื่อนที่ ดังนั้นส่วนของ ๆ เหลวจึงเป็นตัวตรึงอยู่กับที่ (stationary phase) และส่วนของแกสจะเป็นตัวเคลื่อนที่ (mobile phase)

สมมุติว่าตัวอย่างที่เราฉีดเข้าไปใน GLC เป็นสารบริสุทธิ์เพียงสารเดียว เมื่อสารนั้นผ่านช่องสำหรับฉีด (injection port) เข้าไปแล้ว ความร้อนภายในโครมาโตกราฟิค คอลัมน์ (chromatographic column) จะทำให้สารตัวอย่างกลายเป็นไอทันทีและถูกพาให้เคลื่อนที่ผ่านสารที่บรรจุอยู่ในโครมาโตกราฟิค คอลัมน์โดยแกสไนโตรเจน ซึ่งใช้เป็นแกสตัวพา (carrier gas) ส่วนใหญ่ของสารตัวอย่างจะถูกดูดยึดเอาไว้โดยของเหลวในคอลัมน์ แต่ต่อมา จะเกิดสภาวะสมดุลย์ขึ้นระหว่างของเหลวและแกสในช่วงว่างเล็ก ๆ ของคอลัมน์ และเพื่อที่จะรักษาสัดส่วนของตัวอย่างให้คงที่อยู่เสมอในส่วนที่เป็นแกส (gas phase) ส่วนที่อยู่ในสภาพแกสนี้จะเคลื่อนที่ต่อไปอีกเล็กน้อยตามคอลัมน์โดยแกสไนโตรเจนและจะเข้าสู่สภาวะสมดุลย์กับคอลัมน์อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งในช่วงเวลาเดียวกันส่วนที่ถูกดูดยึดอยู่ในคอลัมน์ตอนแรกจะถูกปล่อยออกมาสู่ส่วนที่เป็นแกสเพื่อให้เกิดสมดุลย์กับแกสตัวพาใหม่ที่เข้ามาทดแทน ขบวนการนี้จะเกิดขึ้นอย่างติดต่อกันไปเรื่อย ๆ จนสุดปลายของโครมาโตกราฟิค คอลัมน์ (รูปที่ 20)



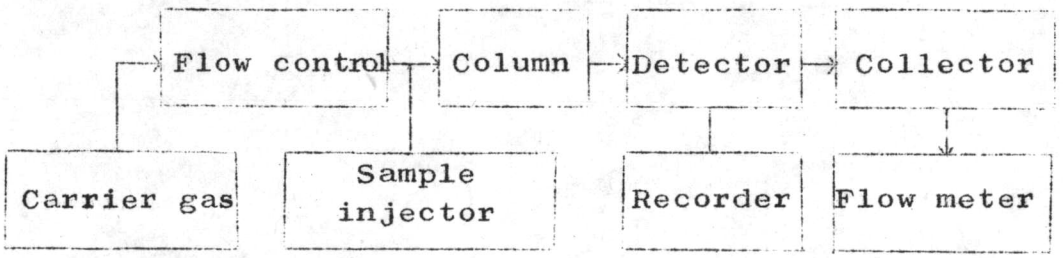
รูปที่ 20 ภาพตามจินตนาการของโครมาโตกราฟิค คอลัมน์ ซึ่งเขียนให้ส่วนของแกสตัวพา กับส่วนของตัวดูดยึดแยกจากกัน

ตามรูปข้างบน ซึ่งเป็นลักษณะคอลัมน์ตามจินตนาการ สมมุติให้แกสตัวพาไหลลงทางด้านซ้ายครึ่งหนึ่ง อีกครึ่งหนึ่งทางด้านขวาเป็นสารดูดยึดระหว่างส่วนของตัวดูดยึดแทนด้วยเส้นตรง ๆ กึ่งกลางตามความยาวของคอลัมน์ และเส้นลูกศรที่ลากตามแนวนอนแทนความเข้มข้นของไอสารในแต่ละส่วน

การเคลื่อนที่ของบริเวณสมดุลย์ของสารในส่วนของแกสตัวพา และส่วนของตัวดูดยึดไปตามคอลัมน์ ขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ 2 ประการ คือ อัตราการไหลของแกสตัวพา และความเหนียวแน่นที่ไอสารถูกดูดยึดเอาไว้ ถ้าอัตราการไหลของแกสตัวพาเร็ว บริเวณสมดุลย์ก็จะเคลื่อนที่เร็วตามไปด้วย และถ้าไอสารถูกดูดยึดเอาไว้ในคอลัมน์อย่างเหนียวแน่นบริเวณสมดุลย์ก็จะเคลื่อนที่ไปได้ช้า

และถ้าตัวอย่างที่เราฉีดเข้าไปมีสารมากกว่าหนึ่งสาร ในกรณีเช่นนี้สารแต่ละตัวจะแสดงความเป็นอิสระจากกัน เมื่อเราให้อัตราความเร็วในการไหลของแกสตัวพาคงที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ของบริเวณสมดุลย์ของสารแต่ละตัวจะขึ้นอยู่กับความเหนียวแน่นที่มันถูกดูดยึดเอาไว้ด้วยสารดูดยึด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์ของการแยกส่วน (partition coefficient) ของสารแต่ละตัวซึ่งมีค่าแตกต่างกันออกไป เพราะฉะนั้นสารใดที่มีความแตกต่างในคุณสมบัตินี้ก็สามารถแยกออกจากกันได้โดยมันจะมีความเร็วในการเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์แตกต่างกันออกไปด้วย ดังนั้นเมื่อสารเหล่านี้ถูกชะโดยแกสตัวพาไปจนถึงปลายสุดของโครมาโตกราฟิค คอลัมน์ มันก็จะปรากฏออกมาทีละตัวตามลำดับตามแกสตัวพาที่พามันออกมา สารตัวที่เคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์เร็วที่สุดจะปรากฏออกมาเป็นตัวแรก และสารตัวที่เคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ได้ช้าที่สุดจะปรากฏออกมาเป็นตัวสุดท้าย

ทันทีที่สารแต่ละตัวผ่านปลายสุดของคอลัมน์จะมีเครื่องตรวจวัด (detector) คอยวัดปริมาณสารแต่ละตัวที่ผ่านออกมา ในกรณีของสารประกอบอินทรีย์ที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ ใช้เครื่องตรวจวัดแบบจับอีเล็กตรอน (electron capture detector) เป็นตัวคอยจับอีเล็กตรอนแล้วเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้า ขั้นต่อไปเครื่องก็จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลเขียนออกมาเป็นกราฟ (chromatogram) การทำงานของเครื่อง GLC สรุปออกมาเป็นไดอะแกรมง่าย ๆ ดังนี้



รูปที่ 21 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องGLC

1.2 ส่วนประกอบสำคัญของเครื่อง GLC

ส่วนประกอบสำคัญของเครื่อง GLC ก็คือโครมาโตกราฟิค คอลัมน์ ซึ่งมีลักษณะเป็นหลอดแก้วยาวรูปตัว ยู (U) มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.4 ซ.ม. บรรจุภายในด้วยสารดูดยึดชนิดพิเศษ ซึ่งแตกต่างกันออกไปแล้วแต่จุดประสงค์ว่าจะตรวจสอบสารชนิดใด และขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการตอบสนองของสารชนิดนั้นต่อเครื่อง GLC ในการตรวจหาดีลดรินเลือกใช้ 1.5% SP 2250/1.95% SP 2401[1/] เป็นตัวดูดยึด เคลือบบนตัวพยุง (supporting material) ขนาด 100/120 เมช บรรจุในคอลัมน์ การเลือกใช้ตัวดูดยึดชนิดนี้เพราะพบว่าดีลดรินสามารถแยกส่วนออกจากสารตัวอื่น ๆ ได้อย่างชัดเจน

แกสตัวพาใช้แกสไนโตรเจนที่มีความบริสุทธิ์สูง โดยเปิดให้ไหลอย่างสม่ำเสมอตลอดเวลาด้วยความดัน 20 psi (ปอนด์/ตารางนิ้ว)

ระดับอุณหภูมิตรงจุดที่ฉีดตัวอย่างเข้าเครื่อง (injection port) ประมาณ 230 °ซ. (inlet temperature) ระดับอุณหภูมิของคอลัมน์ (column temperature) ประมาณ 200 °ซ. และอุณหภูมิของเครื่องตรวจวัด (detector temperature) ประมาณ 275 °ซ.

2. <u>วิธีการคำนวณหาปริมาณของดีลดรินจากโครมาโตแกรม (รูปที่ 9)</u>

จากโครมาโตแกรมที่อ่านจากเครื่อง GLC เราสามารถทราบยอดกราฟ (peak) ของดีลดรินได้โดยเทียบจากช่วงเวลาที่ให้ยอดกราฟ (duration time) ซึ่งอ่านได้จากโครมาโตแกรมของสารมาตรฐานดีลดริน เพราะช่วงเวลา

1/ เป็นชื่อทางการค้าของสารประกอบสำเร็จรูปที่ผสมมาเรียบร้อยแล้วจากบริษัทผู้ผลิต

ที่ให้ยอดกราฟของสารแต่ละตัวจะคงที่เสมอในสภาพที่มีเงื่อนไขต่าง ๆ ของเครื่องไม่เปลี่ยนแปลง ด้วยเหตุนี้เราจึงทราบได้ว่ายอดกราฟใดในโครมาโตแกรมของตัวอย่างเป็นยอดกราฟของดีลดริน

นอกจากนั้นแล้ว เรายังสามารถคำนวณโดยการแปลงพื้นที่สามเหลี่ยมภายใต้ยอดกราฟเป็นปริมาณในหน่วยของ ppm. (ส่วนในล้านส่วน) ได้ โดยเทียบกับพื้นที่ภายใต้ยอดกราฟของสารมาตรฐานดีลดรินเช่นเดียวกัน เนื่องจากเราทราบปริมาณของสารมาตรฐานดีลดรินที่ฉีดเข้าไปเป็นจำนวนแน่นอน หลักการคำนวณสรุปได้ดังนี้

สมมุติให้ฉีดสารมาตรฐานดีลดรินเข้าเครื่อง GLC จำนวน a ng แล้วให้ยอดกราฟของดีลดรินคิดเป็นพื้นที่ใต้สามเหลี่ยมยอดกราฟออกมาเท่ากับ A ตารางมิลลิเมตรและเมื่อฉีดตัวอย่างเข้าไปจำนวน b μl (จากปริมาตรทั้งหมด C มิลลิลิตร) จะให้ยอดกราฟของดีลดริน คิดเป็นพื้นที่สามเหลี่ยมใต้ยอดกราฟออกมาเท่ากับ B ตารางมิลลิเมตรนั่นคือ

	พื้นที่ A	ตารางมิลลิเมตร	มีค่า	=	a	ng
ถ้า	พื้นที่ B	ตารางมิลลิเมตร	มีค่า	=	$\frac{aB}{A}$	ng
แสดงว่าปริมาตร b μl มีดีลดรินอยู่				=	$\frac{aB}{A}$	ng
ถ้า	ปริมาตร 10^3C μl มีดีลดรินอยู่			=	$\frac{10^3\ aBC}{Ab}$	ng

แต่สารละลายตัวอย่าง C มิลลิลิตร สกัดมาจากดินจำนวน 50 กรัม

หมายเหตุ

1 ml = 10^3 μl

1 μg = 10^3 ng

1 = 10^6 μg

เพราะฉะนั้นจึงมีดีลดรินอยู่ $= \frac{10^3 aBC}{Ab}$ ng/50 ε

$= \frac{10^3 aBC}{10^3 \times 50Ab}$ μg/ε

$= aBC/50Ab$ ppm.

สรุปเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\text{ppm. ดีลดริน} = \frac{\text{ng ของสารมาตรฐาน x พื้นที่ยอดกราฟของตัวอย่าง x มิลลิลิตรตัวอย่าง x 100}}{\text{50 x พื้นที่ยอดกราฟของสารมาตรฐาน x μl ตัวอย่าง x เปอร์เซนต์คืนกลับ}}$$

3. วิธีการคำนวณอัตราดีลดรินที่ใช้พ่นในแปลงทดลอง

อัตราของดีลดรินที่ใช้พ่นสำหรับแปลงทดลองใช้ 2 อัตรา คือ ความเข้มข้น 0.04% อัตรา 50 ลิตร/ไร่ (สำเนียง เปรมสัย 2513) ซึ่งเป็นอัตราที่ใช้กันทั่วไปในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวหลายชนิดกับความเข้มข้น 0.08% อัตรา 50 ลิตร/ไร่ ซึ่งเป็นอัตราที่มีความเข้มข้นเป็นสองเท่าของอัตราแนะนำ วิธีการเตรียมจาก 18% อีซี ดีลเดรกส์ (18% EC Dieldrex®) ทำได้ดังนี้

ความหมายของ 0.04% ดีลดรินอัตรา 50 ลิตร/ไร่ คือ

ส่วนผสมกับน้ำ 100 มิลลิลิตร มีดีลดรินอยู่ = 0.04 กรัม

ถ้า ส่วนผสมกับน้ำ 50×10^3 มิลลิลิตร มีดีลดรินอยู่ $= \frac{0.04 \times 50 \times 10^3}{10^2}$ กรัม

เพราะฉะนั้นต้องใช้ดีลดริน = 20 กรัม

แต่แปลงทดลองมีพื้นที่เพียง 25 ตารางเมตร

พื้นที่ 1600 ตารางเมตร ใช้ดีลดริน = 20 กรัม

ถ้า พื้นที่ 25 ตารางเมตร ใช้ดีลดริน $= \frac{20 \times 25}{1600}$ กรัม

ความหมายของ 18% อีซี ดีเดรกส์ คือ

ต้องการดีลดริน 18 กรัม ต้องตวงจาก 18% อีซี ดีลเดรกส์ 100 มิลลิลิตร

ถ้าต้องการดีลดริน $\frac{20 \times 25}{1600}$ กรัม ต้องตวงจาก 18% อีซี ดีลเดรกส์ 1.74 มิลลิลิตร

นำมาเติมน้ำสะอาดในเครื่องพ่นยา แล้วพ่นให้ทั่วแปลงตามวิธีการที่กล่าวเป็นรายละเอียดไว้ในบทที่ว่าด้วยวิธีการทดลอง

สำหรับการเตรียมดีลดรินความเข้มข้น 0.08% อัตรา 50 ลิตร/ไร่ ตวงจาก 18% อีซี ดีลเดรกส์ จำนวน 3.48 มิลลิลิตร เติมน้ำแล้วพ่นแบบเดียวกัน

4. การหาค่า LC_{50} [2/] ของดีลดรินต่อ Tylenchorhynchus spp. และ Eudorylaimus spp. ที่ 24 ชั่วโมง

4.1 การทำชุดความเข้มข้นของดีลดริน (dilution series)

จากการตรวจสอบหาช่วงของความเข้มข้นของดีลดรินที่เหมาะสม 5 ระดับในการทดลองเพื่อหาค่า LC_{50} พบว่าสำหรับ Tylenchorhynchus spp. ชุดความเข้มข้นที่เหมาะสม คือ 51.4, 25.6, 12.8, 6.4 และ 3.2 ppm. ส่วน Eudorylaimus spp. ชุดความเข้มข้นของดีลดรินที่เหมาะสมคือ 50, 40, 30, 20 และ 10 ppm. ตามลำดับ

วิธีการเตรียม สมมุติว่าต้องการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้น a ppm. ปริมาตร b มิลลิลิตร จากสารละลายหลัก (stock solution) ของดีลดรินที่มีความเข้มข้น X ng/µl

---

2/ LC_{50} = Lethal concentration ที่ 50 หมายถึงความเข้มข้นของสารที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย 50 เปอร์เซนต์

สารละลายที่มีความเข้มข้น a ppm. ปริมาตร b มิลลิลิตร หมายความว่าสารละลาย 1 กรัม มีดีลดรินอยู่ = a µg

ถ้าสารละลาย b กรัม มีดีลดรินอยู่ = 10^3ab ng

ดีลดริน X ng ต้องดูดจากสารละลายหลัก 1 µl

ดีลดริน 10^3ab ng ต้องดูดจากสารละลายหลัก $10^3ab/X$ µl

แล้วเติมน้ำให้ครบพอดี b มิลลิลิตร ก็จะได้สารละลายดีลดรินที่มีความเข้มข้น a ppm. หรือสรุปออกมาเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\mu l \text{ ของสารละลายหลัก} = \frac{\text{a ppm. x ปริมาตร x } 10^3}{\text{ความเข้มข้นของสารละลายหลัก (ng/µl)}}$$

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลการตายของไส้เดือนฝอยเพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมง

เมื่อได้เปอร์เซนต์การตายของไส้เดือนฝอยในแต่ละระดับความเข้มข้นของดีลดรินแล้ว นำค่าที่ได้ไปคำนวณหา LC_{50} โดยใช้สมการเส้นตรง (Linear regression) พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัว คือ ความเข้มข้นของดีลดรินกับเปอร์เซนต์การตายของไส้เดือนฝอย สามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้ (สมบัติ กาญจนศุนย์ 2519; จรัญ จันทลักขณา 2519)

$$\bar{Y} = a + b\bar{X}$$

โดย X = ความเข้มข้นของดีลดรินเป็น ppm.

Y = เปอร์เซนต์การตายของไส้เดือนฝอย

b = เป็นค่าความชัน (slope), คิดได้จากสูตร

$$b = \frac{\Sigma XY - (\Sigma X)(\Sigma Y)/n}{\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2/n}, \quad n = 5$$

a = ระยะจากแกน X ถึงจุดที่เส้นตรงตัดแกน Y

$$a = \bar{Y} - b\bar{X}$$

และในการหาค่าดัชนีสหสัมพันธ์ (Simple linear correlation coefficient)

$$r_{XY} = \frac{\Sigma XY - (\Sigma X)(\Sigma Y)/n}{\sqrt{\left[\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2/n\right]\left[\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2/n\right]}}$$

ส่วนการทดสอบความเชื่อมั่นใช้ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 ที่ชั้นของความอิสระ(degree of freedom) เท่ากับ (n-2) สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่า t คือ

$$t = \frac{r_{XY}}{\sqrt{(1-r_{XY}^2)/(n-2)}}$$

ในกรณีที่ชุดเปรียบเทียบมีเปอร์เซนต์การตายเกิดขึ้นโดยไม่เกิน 10 เปอร์-เซนต์ (ถ้าเกิน 10 เปอร์เซนต์ต้องทำการทดลองใหม่) ให้แปลงค่า Y ใหม่โดยใช้สูตรของ Abbot (Abbot's formula) (Brazzel 1970)

$$Y_c = \frac{(\% \text{ ตายจริง} - \% \text{ ตายในเปรียบเทียบ}) \times 100}{100 - \% \text{ ตายในเปรียบเทียบ}}$$

5. <u>การคำนวณหาปริมาณคาร์บอนรวมในดิน</u>

ในการวิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์วัตถุ ใช้ดินตัวอย่าง 0.5 กรัม เติมโปตัสเซียมไดโครเมทมาตรฐาน เข้มข้น 1N 10 มิลลิลิตร แล้วทำปฏิกริยาคืน (back titration) ด้วย เฟอรัสแอมโมเนียม ซัลเฟต ความเข้มข้น 0.5N ซึ่งสมมุติว่าใช้ไป S มิลลิลิตร และในการทำปฏิกริยาโดยไม่ใส่ดินตัวอย่าง (blank) สมมุติว่าใช้สารละลายของเฟอรัสแอมโมเนียม ซัลเฟตเท่ากับ B มิล-ลิลิตร

ดังนั้นจำนวน me (milli-equivalent) ทั้งหมดของ 10 มิลลิลิตร โปตัสเซียมไดโครเมทมาตรฐาน 1N จะต้องสมมูลย์กับ me ของ B มิลลิลิตร 0.5N เฟอรัสแอมโมเนียม ซัลเฟต ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.5B/1000 me

และจำนวน me ของโปตัสเซียมไดโครเมท 1N ที่เหลือจากการทำปฏิกริยากับคาร์บอนทั้งหมดในดินตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 0.5S/1000 me

เพราะฉะนั้น me ของโปตัสเซียมไดโครเมท 1N ที่ทำปฏิกริยากับคาร์บอนทั้งหมดในดินจึง $= \frac{0.5B}{1000} - \frac{0.5S}{1000}$ me

$= \frac{0.5(B-S)}{1000}$ me

= me ของคาร์บอนทั้งหมดในดินตัวอย่าง

เนื่องจาก 1 กรัม สมมูลย์ของคาร์บอน $= \frac{12}{4}$ กรัม

เพราะฉะนั้น $\frac{0.5(B-S)}{1000}$ กรัมสมมูลย์ $= \frac{12 \times 0.5 \times (B-S)}{4 \times 1000}$ กรัม

นั่นคือดิน 0.5 กรัม มีคาร์บอนอยู่ $= \frac{12 \times 0.5 \times (B-S)}{4 \times 1000}$ กรัม

ถ้าดิน 100 กรัม มีคาร์บอนอยู่ $= \frac{12 \times 0.5 \times (B-S) \times 100}{4 \times 1000 \times 0.5}$ กรัม

ซึ่งตามวิธีการนี้ให้เปอร์เซนต์คืนกลับ 77% (Walkley 1947)

เพราะฉะนั้นเปอร์เซนต์อินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดิน $= \frac{12 \times 0.5 \times (B-S) \times 100 \times 100}{4 \times 1000 \times 0.5 \times 77}$

$= 0.3896\ (B-S)$

และถ้าต้องการเปลี่ยนไปเป็นเปอร์เซนต์อินทรีย์วัตถุใช้ค่าคงที่ 1.724 คูณตลอด (Walkley 1947)

เพราะฉะนั้นเปอร์เซนต์อินทรีย์วัตถุ $= 0.6717\ (B-S)$

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลทั้งหมดที่ได้นำมาแจกแจง หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับปริมาณไส้เดือนฝอยศัตรูพืช, ไส้เดือนฝอยที่ไม่เป็นศัตรูพืช, ไส้เดือนฝอยทั้งหมด และปริมาณอาร์โทรพอด ทั้งหมดที่พบในดินนาข้าว ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึง เดือนสิงหาคม 2520 และบางส่วนของข้อมูลนำไปแจกแจงเขียนเป็นตารางในลักษณะตัวแปร 2 ตัว ซึ่งผันแปรเป็นอิสระจากกัน (bivariated population) เพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในแต่ละ เดือนเพื่อดูความแตกต่างระหว่างแปลงทดลองและทดสอบความแตกต่างระหว่างแปลงทดลองระหว่างเดือนและอิทธิพลร่วมของแปลงทดลองกับเดือน (ภาคผนวก ข.) ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวจะต้องคำนวณหา Total Sum of Squar (Total SS), Block Sum of Squar (Block SS), Treatment Sum of Squar (Treatment SS), Experimental Error (Error SS) แล้วทำการวิเคราะห์วาเหรียนส์ (Analysis of Variance) หลังจากนั้น ทำการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ F-test (จรัญ จันทลักขณา 2519)

สำหรับข้อมูลแสดงปริมาณของสัตว์ในดิน ต้องทำการแปลงค่าก่อนการวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากข้อมูลมีช่วงห่าง (range) กว้างมากและมีบางค่าเท่ากับศูนย์ ในการแปลงข้อมูลใช้การแปลงโดยการถอดรากที่สองของ (X + 1) ในเมื่อ X เป็นข้อมูลแสดงจำนวนสัตว์ $x10^{-4}$/ตารางเมตร ในการคำนวณค่าทางสถิติ ใช้สูตรดังนี้

6.1 Total SS $= \Sigma_{ij} X_{ij}^2 - (\Sigma_{ij} X_{ij})^2/rt$ (1)

6.2 Treatment SS $= \Sigma_i (X_{i.}^2)/r - C.T.$ (2)

6.3 Block SS $= \Sigma_j(X^2_{.j})/t - C.T.$ (3)

6.4 Error SS $=$ (1) - (2) - (3)

6.5 $\bar{X}_{.j} = \Sigma_j X_{.j}/n$

6.6 $S_{\bar{x}}$ (S.D.) $= \sqrt{\dfrac{\Sigma X^2_{.j} - (\Sigma X_{.j})^2/n}{n-1}}$

i = จำนวนการทดลองมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง t (t = 3)

j = จำนวนแปลงหรือซ้ำมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง r (r = 3)

C.T. = Corection term, $(\Sigma_{ij}X_{ij})^2/rt$

ในการทดสอบนัยสำคัญ โดยใช้ F-test นำค่า F ที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบกับค่า F ในตารางที่แสดงการกระจายของค่า F ตรงขั้นแห่งความอิสระ (degree of freedom) 2 กับ 4 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.94 และ 18.00 ที่ช่วงความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ ในกรณีทดสอบความแตกต่างระหว่างแปลงทดลองแต่ละเดือน และในการทดสอบความแตกต่างระหว่างแปลงทดลองระหว่างเดือนและอิทธิพลร่วมของแปลงทดลองกับเดือน ใช้ขั้นแห่งความอิสระ 1 กับ 6 และ 2 กับ 6 ซึ่งมีค่า F ที่ช่วงความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 เท่ากับ 5.99 กับ 13.74 และ 5.14 กับ 10.92 ตามลำดับ

สำหรับสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหรือตัวแปรสองตัว ตรวจสอบโดยใช้ดัชนีสหสัมพันธ์เส้นตรงอย่างง่าย ซึ่งมีสูตรดังนี้

6.7 $r_{XY} = \dfrac{\Sigma(XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)/n}{\sqrt{\left[\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2/n\right]\left[\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2/n\right]}}$

โดยที่ r_{XY} คือดัชนีสหสัมพันธ์เส้นตรงอย่างง่าย และ X กับ Y มาจากประชากรที่มีอิสระจากกัน และทดสอบความเชื่อมั่นใช้ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 และชั้นแห่งความอิสระเท่ากับ (n-2)

สูตรที่ใช้ในการคำนวณค่า t คือ

$$6.8 \qquad t = \frac{r_{xy}}{\sqrt{(1-r_{XY}^{2})/(n-2)}}$$

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในสภาพแวดล้อมในนาข้าวที่ทำการศึกษากับการเปลี่ยนแปลงด้านจำนวนของสัตว์ในดินนาข้าว

ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดีลดรินในดินกับจำนวนต่อตารางเมตรของสัตว์ที่พบในดินนาข้าว

(จำนวน/$ม^2$)

ช่วงปริมาณดีลดรินในดิน (ppm.)	จำนวนตัวอย่าง (n)	ไส้เดือนฝอยศัตรูพืช ± S.D.	ไส้เดือนฝอยที่ไม่เป็นศัตรูพืช ± S.D.	ไส้เดือนฝอยทั้งหมด ± S.D.	Arthropods ± S.D.
0.001 – 0.010	5	138994±101945	113002±79592	251995±178960	189±170
0.010 – 0.020	4	29424± 25945	20283± 9791	49707± 25178	524±202
0.020 – 0.030	3	49994± 52795	12129± 8041	62123± 57998	110± 79
0.030 – 0.040	6	55375± 52072	22282±13107	77667± 47024	360±170
0.040 – 0.050	3	61951± 56839	20967± 3871	82918± 60473	337±203

(ต่อ)

ตารางที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับอุณหภูมิดินกับจำนวนต่อตารางเมตร ของสัตว์ที่พบในดินนาข้าว

(จำนวน/$ม^2$)

ช่วงระดับอุณหภูมิดิน (° ซ.)	จำนวนตัวอย่าง (n)	ไส้เดือนฝอยศัตรูพืช ± S.D.	ไส้เดือนฝอยที่ไม่เป็นศัตรูพืช ± S.D.	ไส้เดือนฝอยทั้งหมด ± S.D.	Arthropods ± S.D.
24° – 27°	6	73154±49188	15656± 8741	88811± 53642	325±217
27° – 30°	9	106673±85624	72863±73862	179525±154513	285±219
30° – 33°	6	13628± 7331	21587±12791	15215± 11657	332±218

ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในดินกับจำนวนต่อตารางเมตร ของสัตว์ที่พบในดินนาข้าว

(จำนวน/$ม^2$)

ช่วงของปริมาณน้ำในดิน (%)	จำนวนตัวอย่าง (n)	ไส้เดือนฝอยศัตรูพืช ± S.D.	ไส้เดือนฝอยที่ไม่เป็นศัตรูพืช ± S.D.	ไส้เดือนฝอยทั้งหมด ± S.D.	Arthropods ± S.D.
12 – 15	4	172581±80416	119281±92858	291862±172391	203±191
15 – 18	5	53947±44652	35708±23748	89655± 52383	352±237
23 – 26	12	43391±45723	18622±10895	62018± 46402	331±208

ตารางที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนรวมในดินกับจำนวนต่อตารางเมตรของสัตว์ที่พบในดิน

(จำนวน/ม^2)

ช่วงปริมาณคาร์บอนรวม (%)	จำนวนตัวอย่าง (n)	ไส้เดือนฝอยศัตรูพืช ± S.D.	ไส้เดือนฝอยที่ไม่เป็นศัตรูพืช ± S.D.	ไส้เดือนฝอยทั้งหมด ± S.D.	Arthropods ± S.D.
1.9 – 2.2	6	81688± 51665	17041± 6735	98729±57400	304±195
2.2 – 2.5	11	50223± 51645	34505± 30197	84728± 76128	387±213
2.5 – 2.8	4	109544±130197	99331±105241	208874±234882	117± 64

ตารางที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับ pH กับจำนวนต่อตารางเมตรของสัตว์ที่พบในดินนาข้าว

(จำนวน/ม^2)

ช่วงระดับ (pH)	จำนวนตัวปยาง (n)	ไส้เดือนฝอยศัตรูพืช ± S.D.	ไส้เดือนฝอยที่ไม่เป็นศัตรูพืช ± S.D.	ไส้เดือนฝอยทั้งหมด ± S.D.	Arthropods ± S.D.
4 – 5	4	171925±81408	134052±74112	305977±152564	203±193
5 – 6	7	42431±42597	21411± 7261	66178± 38094	415±242
6 – 7	10	48003±49107	19304±11872	67307± 49387	283±175

ประวัติการศึกษา

นายนุกูล รัตนดากุล สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตร) สาขาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ปีการศึกษา 2515 ศึกษาต่อบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2517 โดยได้รับทุนการศึกษาของโครงการพัฒนามหาวิทยาลัย ระหว่างปีการศึกษา 2517 – 2518 จนสำเร็จปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ในปีการศึกษา 2521