รายการอ้างอิง

กรมประมง. 2523. คู่มือการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สยามรัฐ.

การณิการ์ สิริสิงห์. 2529. เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 2. คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล: บริษัท ประยูรวงศ์ จำกัด.

จารุวรรณ สมศิริ. 2525. พิษเฉียบพลันของสารปรอท ทองแดง สังกะสี ต่อปลานิล. วารสารการประมง 34: 313-318.

ชูชาติ ชัยรัตน์. 2528. พิษเฉียบพลันของปรอทและตะกั่ว และสารผสมของโลหะทั้งสองชนิดที่มีต่อปลากระพงขาว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ช่วยชูศรี ศรีภูมั่น. 2524. พิษเฉียบพลันของแอมโมเนียและไนไตรท์ ที่มีต่อปลาดุกด้าน และความสัมพันธ์ ระหว่างความเป็นพิษของสารทั้งสอง กับสารประกอบคลอไรด์บางชนิด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธรรมนูญ โรจนะบุรานนท์ และ ฉวีวรรณ อภิสิทธิไพศาล. 2523. การศึกษาเบื้องต้นทางด้านชีววิทยาและการเลี้ยงไรน้ำแดงในห้องปฏิบัติการ. รายงานผลการวิจัย เล่มที่ 5. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนาภรณ์ จิตตปาลพงศ์. 2526. พิษเฉียบพลันของผงซักฟอกที่มีต่อไรแดง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นันทพันธ์ ชินะจิตร. 2507. การเจริญเติบโตและวิธีสืบพันธุ์แบบ Parthenogenesis ของไรน้ำแดงสกุล Moina. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต คณะกสิกรรมและสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประมาณ พรหมสุทธิรักษ์ และ ประไพสิริ สิริกาญจน์. 2520. ผลของโลหะหนักที่มีต่อปลาน้ำจืดบางชนิด. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (โรเนียว)

ประยุทธ เจริญกุล. 2535. พิษรองเฉียบพลันของเมอร์คิวริคคลอไรด์และเลดไนเตรท ในสภาพสารละลายเดี่ยวต่อปลาตะเพียนขาว (Puntius gonionotus. Bleeker) และไรน้ำแดง(Moina macrocopa. Straus).วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย

ประสงค์ โรจน์เลิศจรรยา. 2531. พิษวิทยาและสารมลพิษในสิ่งแวดล้อม. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2533. แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ผกา สุขเกษม และ พัชรัตน์ การีเวทย์. 2533. โลหะหนักในสิ่งแวดล้อม และการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคทาง AAS. ฝ่ายวิเคราะห์วิจัย กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

พาลาภ สิงหเสนี. 2531. การทดสอบพิษของสารพิษในแหล่งน้ำ. การประชุมทางวิชาการประจำปี 2531.พิษวิทยาทางอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม 19-20 ก.ค. 2531. หน้า 163-169. สมาคมพิษวิทยาแห่งประเทศไทยร่วมกับสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พาลาภ สิงหเสนี และวินิจ ตันสกุล.2528. การใช้ปลาน้ำจืดเพื่อทดสอบความเป็นพิษของสารเคมีในประเทศไทย. รายงานผลการวิจัยเสนอในที่ประชุมวิชาการ เรื่อง ทรัพยากรสิ่งมีชีวิตทางน้ำ 7-8 มีนาคม 2528. คณะกรรมการปฏิบัติการภารกิจวิจัยทรัพยากรทางน้ำ.

มุกดา เจียมพานทอง และ ธีระยุทธ บัวรอด. 2532. คู่มือการใช้ระบบ MUSIC. กรุงเทพมหานคร: สถาบันบริการคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (อัดสำเนา)

ไมตรี สุทธจิตต์. 2531. สารพิษรอบตัวเรา. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: โรงพิมพ์คอมพิวเตอร์กราฟิค.

เรวัติ วัฒนานุกูลกิจ. 2531. ความเป็นพิษของสารลดแรงตึงผิวแอนไอออนิค และนอนไอออนิคต่อไรแดง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรพงษ์ อัศวเกศมณี. 2533. พิษเฉียบพลันของทองแดงและตะกั่ว ต่ออาร์ทีเมียระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา.

วราภรณ์ วราอัศวปติ. 2514. การทดลองเพาะเลี้ยงและการศึกษานิเวศวิทยาบางประการของไรน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการประสานมิตร.

แววดา ทองระลา. 2525. พิษเฉียบพลันของสารละลายผสมของสังกะสี และทองแดงที่มีต่อปลาตะเพียนขาว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม. 2521. ปัญหามลภาวะของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม ในประเทศไทย. สัมมนาทางวิชาการ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมรัตน์ อินดีพิช. 2527. โลหะหนักในแหล่งน้ำธรรมชาติ. เอกสารการประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 2, 30 ม.ค.-2 ก.พ. 2527. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สันทนา ดวงสวัสดิ์. 2529. ชีวประวัติและการเพาะเลี้ยงไรน้ำแดง. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 3. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง.

สุทธิชัย เดมียวณิชย์. 2527. ผลกระทบของโลหะหนักต่อสัตว์ทะเลโดยการศึกษาทางชีววิเคราะห์. สำนักงานวิจัยแห่งชาติ.

สุรินทร์ มัจฉาชีพ. 2526. สัตว์ศาสตร์ตอนที่ 1 สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง. O.S. Printing House.

สาราย เสร็จกิจ. 2533. การผลิตไรแดงในบ่อซีเมนต์. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 18. สถาบันสถาบันวิจัยประมงน้ำจืดบางเขน กรมประมง.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Abel, P.D. 1976. Toxic Action of Several Lethal Concentrations of an Anionic Detergent on the Gills of Rainbow Trout (Salmo tratta L.). J. Fish Biol. 9: 441-446.

American Public Health Association. 1985. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater. 17th ed. Washington DC: American Public Health Association.

AIT (Asian Institute of Technology). 1979. Heavy Metals, DDT, PCB, in the upper gulf of Thailand. Bangkok: The Environmental Engineering Division and Water Resources Engineer Division.

Anderson, B.G. 1950. The Apparent Thresholds of Toxicity to Daphnia magna for Chlorides of Various Metals when Added to Lake Erie Water. Trans. Am. Fish Soc. 78: 96-113.

Baird, D.J., et al. 1989. The Daphnia Bioassay : A Critique. Hydrobiologia 188/189: 403-406.

Baudoin, M.F., and Scoppa, P. 1974. Acute Toxicity of Various Metals to Freshwater Zooplankton. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 12: 745-751.

Beijer, K., and Jernelov, A.1979.Sources, Transport and Transformation of Metals in the Environment. In Friberg, L., Nordberg, G.F., and Vouk, V.B.(eds.), Handbook on the Toxicology of Metals. Elsevier/North Holland, Amsterdam.

Beliles, R.P. 1975. Metals. In Casarett, L.J., and Doull, J. (eds.), Toxicology: the Basic Science of Poisons. U.S.A.: Mc Millan Publishing.

Bellosillo, G.C. 1957. The Biology of Moina macrocopa Straus with Special Reference to Artificial Culture. Philippine Journal of Science 63: 307-349.

Bertram, P.E., and Hart, B.A. 1979. Longevity and Reproductoin of Daphnia pulex (De Geer) Exposed to Cadmium-Contaminated Food or Water. Envi. Pollut. 19: 295-306.

Biesinger, K.E., and Chistensen, G.M. 1972. Effects of Various Metals on Survival, Growth, Reproduction, Metabolism of Dapnia magna. J. Fish Res. Br. of Can. 29(12).

Billard, R. 1978. Effect of Heat Pollution and Organochlorinated Pesticides on Fish Reproduction. In Final Reports on Research Sponsored under the First Environmental Research Programme, Commission of the European Communities. Belgium: CEC Brussels, 256-267.

Borgmann, U., Cove, R., and Loveridge, C. 1980. Effects of Metals on the Biomass Production Kinetics of Freshwater Copepod. Can. J. Fish Aquat. Sci. 37: 567-575.

Bradburg, S.P., Mckim, J.M., and Niemi G.J. 1987. Fish Acute Toxicity Syndromes and Their Use in the QSAR Approach to Hazard Assessment. J. Envi. H. Perspect. 71: 171-186.

Bradley, R.W., and Spraque, J.B. 1985. The Influence of pH, Water Hardness and Alkalinity on the Acute Lethality of Zinc to Rainbow Trout (Salmo gairdneri). Can.J.Fish Aquat.Sci. Vol.42: 731-736.

Brafield, A.E., and Matthiessen, P. 1976. Oxygen Consumption by Sticklebacks (Gasterosteus aculeatus L.) Exposed to Zinc. J. Fish Biol. 9: 359-379.

Bryan, G.W.1979. Bioaccumulation of Marine Pollutants. Philos. Trans. R. Soc. Land. B. Biol. Sci. 286: 483-505.

Bryne, B.L., et al. 1979. Measurement of the Response of Individuals to Environmental Stress and Pollution: Studied with Bivalve Molluses. Philos.Trans.R.Soc.Land.B.Biol.Sci. 286: 563-581.

Buikema, A.L.Jr., Niederlehner, B.R., and Cairns, J.Jr. 1980. Toxicant Effects on Reproduction and Disruption of the Egg-Length Relationship in Grass Shrimp. Bull. Environt. Contam. Toxicolo. 24: 31-36.

Burton, D.T., Jones, A.H., and Cairns, J.Jr. 1972. Acute Zinc Toxicity to Rainbow Trout (Salmon gairdneri): Confirmation of the Hypothesis that Death is Related to Tissue Hyposia.J.Fish Res. Bd. Can. 29: 1463-1466.

Butler, G.C.(ed). 1978.Priciples of Ecotoxicology, Scope 12. New York: John Willey & Sons.

Cairns, J., Vamderschalie, W.H., and Wastlake, G.F. 1975. Effects of Lapsed Time Since Feeding upon Toxicity of Zinc to Fish. Bull. Envi. Contam. Toxicol. 13: 269-274.

Calabrese, A., Collier, R.S., Nelson, D.A., and Macinnes, J.R. 1973. The Toxicity of Heavy Metals to Embryos of the American Oyster, Crassostrea virginica. Marine Biology. 18: 162-166.

Callahan, M.A., et al. 1979. Water-Related Environmental Fate of 129 Priority Pollutants. 2 Vols. Office of Water Planning and Standard,U.S.Environmental Protection Agency,EPA-440/4 79-029.

Chou, C.L., Uthe, J.F., Castell, J.D., and Kean, J.C. 1987. Effect of Dietary Cadmium on Growth, Survival, and Tissue Concentrations of Cadmium,Zinc,Copper,and Silver in Juvenile American Lobster (Homarus americanus). Can. J. Fish Aquat. Sci. 44: 1443-1450.

Cotton, F.A., and Wilkinson, F.R.S.G. 1966. Advanced Inorganic Chemistry: A Comprehensive Test. New York: John Willey & Sons.

De Kruijf, H.A.M., and De Zwart, D. 1988. Mannual on Aquatic Ecotoxicology. New Delhi: Allied Publisher. India.

Devi, V.U. 1987. Heavy Metal Toxicity to Fiddler Crabs, Uca annulipes (Latreille) and Uca trianqularis (Milne Edwards): Tolerance to Copper, Mercury,Cadmium and Zinc. Bull.Environ.Contam.Toxicol. 39: 1020-1027.

Donaldson, E.M., and Dye, H.M. 1975. Corticosteroid Concentations in Sockeye Salmon (Oncorhynchus nerka) Exposed to Low Concentrations of Copper. J. Fish Res. Broad Can. 32: 533-539.

Doudoroff, P., et al. 1951. Bioassay Methods for the Evaluation of Acute Toxicity of Industrial Wastes to Fish.Industrial Wastes. 23: 1380-1397.

Dye, H.M., and Donaldson, E.M. 1974. A Preliminary Study of the Corticosteriod Stress Response in Sockeye Salmon to a Component of Kraft Pulf Mill Effluent Dehydroabiotic Acid. Res.Dev.Tech.Rep. 461: 18 pp.

Eisler, R., and Hennkey, R.J.1977. Acute Toxicity of Cd^{2+}, Cr^{6+}, Hg^{2+}, Ni^{2+} and Zn^{2+} to Estuarine Macrofauna. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 6: 315-323.

Finey, D.J. 1971. Probit analysis. 3rd.ed. Great Britain: University Printing House Cambridge.

Gardner, G.R. 1975. Chemically Induced Lesions in Estuarine or Marine Teleosts. In Ribelin, W.E.,and Magaki, G.(eds.), The Pathology of Fishes. Wisconsin: University of Wisconsin Press,p.657-693.

Gentile, J.H. and Johnson, W. 1979. Acute Toxicity of Cadmium, Copper and Mercury to Larval American Lobster (Homarus americanus). J. Bull. Envi. Contam. Toxicol. 22: 258-264.

Giesy, J.P., and Graney, R.L. 1989. Recent Developments in and Inter Comparisons of Acute and Chronic Bioassays and Bioindicators. Hydrobiologia 188/189: 21-60.

Giffilan, E.S., and Vandermeulen, J.H. 1978. Alternation in Growth and Physiology of Soft-Shell Clams, Mya avenaria, Chronically Oiled with Bunker C. from Chedobucto Bay, Nova Scotia, 1970-76. J. Fish Res. Broad Can. 35: 630-636.

Goyer, R.A. 1991. Toxic Effects of Metals. In Amdur, M.O., Doull, J., and Klaassen, C.D., Casarett and Doull's Toxicology :The Basic Science of Poison. U.S.A.: Pergomon, p.623-680.

Greath, J., Alan, R., Jean, F., and Graham, H. 1990. Heavy Metal Colins Refference Dictionary of Environmental Science. New York: Win Collins & Son.

Gupta, P.K. and Sastry K.V. 1979. Effect of Mercury Chloride on The Digestive System of (Chanua puntatus): A Histopathological Study. J. of Envi. Research. 16:270-278.

Henderson, C. and Tarzwell, C.M. 1957. Bioassays for Control of Industrial Effluents. Sewage and Wastes. 29: 1002-1017.

Hickey, C.W., and Roper, D.S. 1992. Acute Toxicty of Cadmium to Two Species of Infaunal Marine Amphipods (Tube-Dwelling and Burrowing) from New Zealand. Bull. Environ. Contam. toxicol. 49: 165-170.

Jones, J.R.E. 1938. The Relative Toxicity of Salts of Lead, Zinc and Copper to the Stickleback (Gasterosteus aculeatus L.) and the

Effect of Cadmium on the Toxicity of Lead and Zinc Salts. J. Exp. Biol. 15: 394-407.

Katticaran, C.M., and Salih, K.Y.M. 1992. Copper Induced Metabolic Changes in Sunetta scripta (Bivalvia):Oxygen Uptake and Lactic Acid Production. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 48: 592-598.

Khangarot, B.S., Mathur, S., and Durve, V.S. 1982. Comparative Toxicity of Heavy Metals and Interactions of Metals on Freshwater Pulmonate Snail, Lymnaea acuminata (Lamarck). Acta Hydrochim Hydrobiol. 10: 367-375.

Khangorot, B.S., and Ray, P.K. 1987a. Correlation Between Heavy Metal Acute Toxicty Values in Daphnia magna and Fish. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 38: 722-726.

_____. 1987b. Sensitivity of Toad Tadpoles, Bufo malanestictus (Schneider) to Heavy Metals. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 38: 722-726.

_____. 1989. Sensitivity of Midge Larvae of Chironomus Tentans Fabricius (Diptera chironomidae) to Heavy Metals. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 42: 325-330.

Khangarot, B.S., Sehgal, A., and Bhasin, M.K.1985. "Man and Biosphere" Studies on the Sikkim Himalayas. Part 5. Acute Toxicity of Selected Heavy Metals on the Tadpoles of Rana hexadadyla. Acta Hydrochim Hydrobiol. 13: 259-263.

La Du, B.N., Mandel, H.G., and Way, E.L. 1971. Fundamentals of Drug Metabolism and Drug Disposition. Baltimore: Williams and Wilkins.

Lasenby, D.C., and Duyn, V.J. 1992. Zinc and Cadmium Accumulation by the Opossum Shrimp Mysis relicta. Environ.Contam.Toxicol. 23:

179-183.

Lauren, D.J., and Mc Donald, D.G. 1987. Acclimation to Copper by Rainbow Trout, Salmo gairdneri:Biochemistry. Can.J.Fish Aquat. Sci. 44: 105-111.

Lawrence, S.G., et al. 1987. Method for Estimating Dry Weight of Freshwater Planktonic Crustaceans from Measures of Length and Shape. Can. J. Fish Aquat. Sci. 44: 264-274.

Livingston, R.J. 1977. Review of Current Literature Concerning the Acute and Chronic Effects of Pesticides on Aquatic Organisms. CRC Crit. Rev. Environ. Control 7: 325-351.

Lioyd, K. 1960. The Toxicity of Zinc Sulphate to Rainbow Trout. Ann. App. Bio. 48: 84-94.

Lioyd, K. 1961. Effects of Dissolved Oxygen Concentration on The Toxicity of Several Poisons to Rainbow Trout. J. Exp. Bio. 38: 447-455.

Mallatt, J. 1985. Fish Gill Structural Changes Induced by Toxicants and other Irritants: A Statistical Review.Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 630-648.

Malouf, R.E., and Breeze, W.P. 1978. Intensive Cultural of the Pacific Oyster Crassostrea gigas (Thunberg) in Heated Effluents. Agricultural Experimental Station. Bulletin 627, ORESU-T-78-003, Oregon State University, Corvallis.

March, B.G.E. 1988. Acute Toxicity of Binary Mixtures of Five Cations (Cu^{2+}, Cd^{2+}, Zn^{2+}, Mg^{2+}, and K^{+}) to the Freshwater Amphipod, Gammarus lacustris (Sars): Alternative Descriptive Models. Can.J. Fish Aquat. Sci. 45: 625-633.

Matthiessen, P., and Brafield, A.E. 1973. The Effects of Dissolved Zinc on the Gills of the Sticklebacks (Gasterosteus aculeatus L.) J. Fish Biol. 5: 607-613.

Mc Greer, E.R. 1979. Sublethal Effects of Heavy Metal Contaminated Sediment on the Bivalve Macoma balthica (L.). Mar.Pollut.Bull. 10: 259-262.

Mckim, J.M., and Benoit, D.A. 1971. Effects of Long-Term Exposure to Copper on Survival, Growth and Respiration of Brook Trout (Salvelinus fontinalis). J. Fish Res. Broad. Can. 28: 655-662.

Miller, D.R. 1984. Distinguishing Ecotoxic Effects. In Shecehon, P.J., et al. (eds) Effects of Pollutants at the Ecosystem Level. New York:John Wiley & Sons.

Miller, D.R., and Akagi, H. 1979. pH Affects Mercury Distribution, Not Methylation. Ecotoxicol. Environ. Safty 3: 36-38.

Moraitou-Apostolopoulou, M., and Verriopoulos, G.1979. Some Effects of Sublethal Concentrations of Copper on a Marine Copepod. Mar. Pollut. Bull. 10: 88-92.

Mottet, N.K. 1974. Heavy Metal. McGraw-Hill Encyclopedia of Environmental Science. 1st ed., p. 253-262.

Moulder, S.M. 1980. Combined Effect of the Chlorides of Mercury and Copper in Seawater on the Euryhaline Omphipod Gammarus olecebeni. Mar. Biol. 59: 193-200.

Neely, W.G., Bronson, D.R.,and Blau, G.E.1974.The Use of the Partition Coefficient to Measure the Bioconcentration Potential of Organic Chemicals in Fish. Environ.Sci.Technol. 8: 1113-1115.

Pennak, R.W. 1978. Freshwater Invertebrates of the United States. 2nd edition. New York: John Wiley & Sons, p.365-372.

Percy, J.A. 1978. Effect of Chronic Exposure to Petroleum upon the Growth and Molting of Juveniles of the Arctic Marine Isopod Crustacean Mesidotea entomon. J. Fish Res. Broad. Can. 35: 650-656.

Petering, H.G., Johnson, M.A., and Slemmer, K.O. 1971. Study of Zinc Metabolism in the Rat. Arch. Environ. Health 23: 93-101.

Raldhakrishnaiah, K., and Busappa, B. 1986. Effect of Cadmium on the Carbohydrate Metabolism of Freshwater Field Crab, Oziotelphusa senex senex. J. Environ. Biol. 7: 17-21.

Ramo, D.J., Mayons, D.J., Torreblance, A., and Nunez, A. 1987. Acute Toxicity of Heavy Metals (Cr,Cd and Hg) to Freshwater Crayfish Procambarus clarkii (Girard) Effect of Temperature. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 38: 736-741.

Reddy, G.N., and Prasod, M.N.V. 1992. Cadmium Induced Potassium Efflux from Scenedesmus quadricauda. Bull.Environ.Contam.Toxicol. 49: 600-605.

Reeve,M.R.,Gamble,J.C.,and Walter,M.A. 1977. Experimental Observations on the Effects of Copper on Copepods and other Zooplankton: Controlled Ecosystem Pollution Experiment. Bull.Mar.Sci. 27: 92-104.

Reeve, M.R., Walter, M.A., Darcy, K., and Ikeda, T. 1977. Evaluation of Potential Indicators of Sublethal Toxic Stress on Marine Zooplankton (Feeding, Fecundity, Respiration, and Excretion): Controlled Ecosystem Pollution Experiment. Bull. Mar. Sci. 27: 105-113.

Reid, S.D., and Mc Donald, D.G. 1988. Effects of Cadmium, Copper and Low pH on Ion Fluxes in the Rainbow Trout, Salmo Gairdneri.

Can. J. Fish Aquat. Sci. 45: 244-253.

Rosenthal, H., and Alderdice, D.F. 1976. Sublethal Effects of Environmental Stressor, Natural and Pollutional on Marine Fish Eggs and Larvae. J. Fish. Res.Broad Can. 33: 2047-2065.

Sastry, A.N. 1983. Ecological Aspects of Reproduction. In Vernberg, F.J.,and Vernberg, W.E.(eds.),The Biology of Crustacea. Vol.8. Environmental Adaptations. New York: Academic Press,p.179-270.

Sastry, A.N., and Miller, D.C. 1981. Application of Biochemical and Physiological Responses to Water Quality Monitoring. In Vernberg, F.J.,Catabrass, A.,Thurbergs, F.P.,and Vernberg,W.B. (eds.), Biological Monitoring of Marine Pollutants 259-322. New York: Academic Press.

Saward, D., Stirling, A., and Topping, G.1975. Experimental Studies on the Effects of Copper on a Marine Food Chain. Mar. Biol. 29: 351-361.

Schroeder, H.A. 1965. The Biological Trace Elements. J. Chronic Dis. 18: 217-228.

Schroeder, H.A., and Balassa, J.J. 1966. Abnormal Trace Metals in Man: Arsenic. Ibid 19: 85-106.

Segal, B.G. 1985. Chemistry Experiment and Theory. Canada: John Wiley & Sons.

Sheehan, P.J. 1984. Functional Changes in the Ecosystem. In Sheehan, P.J., et al.(eds.), Effects on Pollutants at the Ecosystem Level. New York: John Wiley & Sons.

Sindermann, C.J., et al. 1980. The Role and Value of Pathobiology in Pollution Effects Monitoring Programs. In Mcintyre, A.D., and Pearce, J.B.(eds.), Biological Effects of Marine Pollution and

the Problem of Monitoring. P.-V.Reun Cons.Int.Explor.Mer. 179: 135-151.

Skidmore, J.F. 1970. Respiration and Osmoregulation in Rainbow Trout with GGills Damageed by Zinc Sulphate. J. Exp. Bio. 52: 481-494.

Sparque, J.B. 1970. Measurement of Pollutant Toxicity to Fish II Utilizing and Bioassay Results. Wat. Res. 4: 3-12.

Spraque, J.B. 1969. Measurement of Pollutant Toxicity to Fish I. Bioassay Methods for Acute Toxicity. J. of Inter. Association on Wat. Pol. Res. 3: 793-821.

Sprague, J.B., Elson, P.F., and Saunders, R.L. 1965. Sublethal Copper-Zinc Pollution in a Salmon River-a Field and Laboratory Study. In Jaag, O.(ed.), Advances in Water Pollution Research 65-82. New York and London: Pergamon Press.

Stein, W.D. 1967. The Movement of Molecules Across Cell Membranes. New York: Academic Press.

Stoker, H.S., and Seager, S.L. 1976. Environmental Chemistry : Air and Water Pollution. 2nd ed., U.S.A.: Foresman and Company.

Stoner, A.W., and Livingston, R.J. 1978. Respiration, Growth, and Food Conversion Efficiency of Pinfish (Lagodon rhomboides) Exposed to Sublethal Concentrations of Bleached Kraft Mill. Effluent. Environment. Pollut. 17: 207-217.

Summer, A.O., and Silver, S. 1978. Microbial Transformation of Metals. Ann. Rev. Microbial 32: 637-672.

Sunderman, F.W. 1971. Metal Carcinogenesis in Experimental Animals. Fed. Cosmet. Toxicol. 9: 105-120.

Tarpley, W.A. 1958. Studies on The Use of The Brine Shrimp (Anteria Salina.) as a Test Organism for Bioassay. J. Econ. Ent.

Torreblanea, A., Ramo, D.J., and Diaz-Mayons, J. 1991. Effects of Cadmium on the Biochemical Composition of the Freshwater Crayfish Procambarus clarkii (Girard, 1852). Bull. Environ. Contam.Toxicol. 47: 933-938.

Tsai, C. and Mckee,J.A. 1980. Acute Toxicity to Goldfish of Mixtures of Chloramine, Copper and LAS. Trans. Am. Fish Soc. 109: 132-141.

Underwood, W.J. 1971. Trace Elements in Human and Animal Nutrient. New York: Academic Press.

Vieth, G.D., Defoe, D.L., and Bergstedt, B.V. 1979. Measuring and Estimating the Bioconcentation Factors of Chemicals in Fish. J. Fish. Res.Broad. Can. 36: 1040-1048.

Watras, C.J., Macfarlane, J., and Morel, F.M.M. 1985. Nickle Accumulation by Scenedesmus and Daphnia: Food Chain Transport and Geochemical Implications.Can.J.Fish Aquat.Sci. 42:724-730.

Wedmeyer, G.A., Meyer, F.P., and Smith, L. 1976. Environmental Stress and Fish Diseases. In Snieszko, S.F., and Axelrod, H.R.(eds.), Diseases of Fishes. U.S.A.: TFH Publications.

Wentsel, R., et al.1977.Avoidance Response of Midge Larvae (Chinonomus tentans) to Sediments Containing Heavy Metals. Hydrobiologia 52: 171-175.

Winek, C.L., and Buchler, E.V. 1966. Intravenous Toxicity of Zinc Pyridinethiol and Several Zinc Salt. Toxicol. Appl. Pharmocol. 9: 269-275.

Wisely. B., and Blick, R.A.P. 1967. Mortality of Marine Invertebrate Larvae in Mercury,Copper and Zinc Solutions.Australian Journal of Marine and Freshwater Research. 18: 63-72.

Wong, C.K. 1992. Effects of Chromium, Copper, Nickle, and Zinc on Survival and Feeding of the Cladoceran, Moina macrocopa. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 49: 593-599.

Wong, C.K., and Wong, P.K. 1990. Life Table Evaluation of the Effects of Cadmium Exposure on the Freshwater Cladoceran, Moina macrocopa. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 44: 135-141.

Yoshinari, T.,and Subramanian, V. 1977. Asorption of Metals by Chitin. In Nriagu, J.o. (ed.), Environmental Biogeochemistry. Vol.2 : Metals Transfer and Ecological Mass Balance. Ann Arbor Sci Pulb, Ann Arbor, MI, pp. 541-555.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

เทคนิคการทดลองสารพิษด้วยวิธีชีววิเคราะห์

สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ

1. ใช้ช่วงระยะเวลาในการทดลองเป็นเกณฑ์ อาจแบ่งได้ 3 แบบ คือ

1.1 ชีววิเคราะห์ในช่วงเวลาสั้น

ชีววิเคราะห์ในช่วงเวลาสั้น (short-term bioassay) เป็นการทดลองชีววิเคราะห์โดยมีช่วงระยะเวลาในการทดลองสั้นๆ โดยปกติใช้เวลาประมาณ 24-96 ชั่วโมง แต่บางครั้งอาจยาวนานถึง 14 วันก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการทดลอง ว่าต้องการจะศึกษาอะไร แต่โดยทั่วไปการทดลองชีววิเคราะห์ในช่วงระยะเวลาสั้นๆ นี้ จะใช้ศึกษาหาระดับความเป็นพิษอย่างคร่าวๆ ในช่วงที่ทำให้สัตว์ทดลองตายตั้งแต่ร้อยละ 0-100 และใช้สัตว์ทดลองจำนวน 5 ตัว หรือมากกว่า ซึ่งขึ้นกับขนาดภาชนะที่จะใช้สำหรับใส่สัตว์ทดลอง เพราะถ้าสัตว์ทดลองมีขนาดใหญ่ ก็จำเป็นต้องใช้ภาชนะที่มีขนาดใหญ่ด้วยเหมือนกัน เพื่อป้องกันความเครียด (stress) ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ หรือถ้าสัตว์ทดลองมีขนาดเล็กก็สามารถจะใส่สัตว์ทดลองได้มากขึ้น นอกจากนี้ การทดลองชีววิเคราะห์ในช่วงระยะเวลาสั้น อาจเลือกวิธีการทดลองว่าจะเป็นแบบชีววิทยาในน้ำนิ่ง (static bioassay) หรือชีววิทยาในน้ำนิ่งเปลี่ยนน้ำ (static with renewal bioassay) หรือชีววิทยาแบบน้ำไหล (flow-through bioassay) ก็ได้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความคงตัวของสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ขนาดของสัตว์ทดลอง ตลอดจนพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ปริมาณออกซิเจน ซึ่งถ้าสัตว์ทดลองมีความต้องการออกซิเจนสูง ก็จะต้องมีการเปลี่ยนสารละลาย เพื่อเพิ่มออกซิเจนให้สัตว์ทดลอง หรือถ้าสัตว์ทดลองมีขนาดเล็ก การป้องกันการหลุดรอดออกไปของสัตว์ทดลอง ในขณะเปลี่ยนน้ำก็ทำได้ยาก ดังนั้น อาจไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนสารละลายทุก 24 ชั่วโมงก็ได้ แต่ควรเปลี่ยนสารละลายใหม่ทุก 96 ชั่วโมง (APHA, 1981)

1.2 ชีววิเคราะห์ในช่วงระยะเวลาปานกลาง

ชีววิเคราะห์ในช่วงระยะเวลาปานกลาง (intermediate-term bioassay) เป็นการทดลองทางพิษวิทยาที่ใช้ช่วงระยะเวลาอยู่ในช่วง 15-90 วัน ซึ่งการทดลองชีววิเคราะห์แบบนี้ มักจะใช้กับสัตว์ทดลองที่มีช่วงชีวิตที่ยาวนาน หรือในระหว่างการเจริญเติบโตมีการเปลี่ยนแปลงสภาพร่างกายไปตามวงชีวิต และส่วนใหญ่จะใช้ศึกษาผลการตอบสนองของสารพิษในสัตว์ทดลอง ในช่วงที่เกือบจะไม่มีอาการตอบสนอง (asymtotic) ตามระยะเวลาทดลองที่เพิ่มขึ้น (APHA, 1981)

1.3 ชีววิเคราะห์ในช่วงเวลายาวนาน

ชีววิเคราะห์ในช่วงเวลายาวนาน (long-term or partial or complete lifecycle bioassay) เป็นการทดลองเพื่อศึกษาผลของสารพิษต่อสัตว์ทดลองตลอดช่วงชีวิต เช่น จากไข่ (egg) จนเป็นตัวเต็มวัย (adult) และออกไข่มาในรุ่นต่อมา หรือในสัตว์ที่มีวงชีวิตสั้น เช่น ไรน้ำแดง ก็จะศึกษาตลอดวงชีวิตในหลายๆ รุ่น (generation) เพื่อหาระดับความเข้มข้นที่สูงสุดที่จะไม่ก่อให้เกิดความผิดปกติขึ้นในสัตว์ทดลอง โดยจะศึกษาในเรื่องการสืบพันธุ์ (reproduction) การเจริญเติบโต (growth) การออกไข่ (spawning) การฟักไข่ (hatching) การมีชีวิตรอดของตัวอ่อน (survival of larva) รวมทั้งพฤติกรรม (behavior) และการสะสมสารมลพิษในร่างกาย (accumulation) ซึ่งในการศึกษาในช่วงระยะเวลายาวนานนั้น จะต้องนำเอาปัจจัยทางสภาพแวดล้อมมาพิจารณาด้วย เพื่อควบคุมการทดลองให้มีสภาพใกล้เคียงธรรมชาติมากที่สุด เพราะปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิในแต่ละฤดูกาล จะมีผลอย่างมากต่อการผสมพันธุ์ วางไข่และการฟักเป็นตัวของสัตว์ทดลองหลายชนิด และต้องควบคุมความเข้มข้นของสารพิษที่ใช้ทดลอง ให้มีการเปลี่ยนแปลงได้ไม่เกินร้อยละ 10-15 ไม่ว่าจะเกิดจากการตกตะกอน (precipitation) หรือเหตุอื่นใดก็ตาม (APHA, 1981)

2. ใช้ความแตกต่างของความเป็นพิษเป็นเกณฑ์ อาจแบ่งได้ 3 แบบ คือ

2.1 การทดสอบสารพิษแบบเฉียบพลัน

การทดสอบสารพิษแบบเฉียบพลัน (acute toxicity test) เป็นการทดสอบเพื่อตรวจวัดผล หรืออาการที่สัตว์ทดลองตอบสนองต่อสารพิษ ภายหลังจากได้รับสารพิษในปริมาณมากเพียงครั้งเดียว หรือหลายครั้งในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ประมาณ 24-96 ชั่วโมง โดยทั่วไปมักแสดงค่าความเป็นพิษเฉียบพลันด้วยสัญลักษณ์ "LC_{50}" (median lethal concentration) ซึ่งหมายถึง ปริมาณ หรือความเข้มข้นต่ำสุดของสารพิษที่ทำให้ประชากรสัตว์ทดลองตายร้อยละ 50 ซึ่งสารเคมีต่างๆ ที่มีการสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ ต้องทำการทดสอบเพื่อหาค่าดังกล่าวก่อนที่จะนำไปผลิต หรือจำหน่าย

2.2 การทดสารพิษแบบก่อนเกิดอาการเรื้อรัง

การทดสอบสารพิษแบบก่อนเกิดอาการเรื้อรัง (subchronic toxicity test) เป็นการทดสอบโดยให้สัตว์ทดลองได้รับสารพิษในปริมาณต่ำกว่าปริมาณที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย แต่ได้รับซ้ำๆ กันหลายๆ ครั้ง และต่อเนื่องกัน แล้วตรวจผลการตอบสนองต่างๆ ที่เกิดขึ้น เช่น อัตราการตาย การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว การเคลื่อนที่ และพฤติกรรมการกินอาหาร การทดสอบนี้เป็นประโยชน์ต่อการจัดระดับ และการเลือกระดับความเข้มข้นของสารพิษแต่ละชนิดให้เหมาะสมกับสัตว์ทดลองสำหรับการทดสอบความเป็นพิษแบบเรื้อรังด้วย เพราะในการทดลองหาพิษเรื้อรัง ความเป็นพิษของสารพิษที่ใช้ต้องไม่ทำให้สัตว์ทดลองตาย แต่ต้องสูงพอที่จะกระตุ้นให้สัตว์ทดลองค่อยๆ รับสารพิษ แล้วแสดงผลตอบสนองในด้านต่างๆ ภายหลัง

2.3 การทดสอบสารพิษแบบเรื้อรัง

การทดสอบสารพิษแบบเรื้อรัง (chronic toxicity test) เป็นการทดสอบสารพิษเพื่อตรวจวัดผลการตอบสนองในสัตว์ทดลอง หลังจากได้รับสารพิษในขนาดความเป็นพิษต่ำๆ เป็นระยะเวลายาวนาน โดยปกติจะใช้ในการศึกษาถึงความเป็นพิษที่เกิดขึ้นกับระบบต่างๆ ของสัตว์ทดลอง เช่น การทำให้เกิดความผิดปกติในระบบสืบพันธุ์ ทำให้สัตว์ทดลองให้ลูกที่มีรูปร่างผิดปกติ หรือกระตุ้นให้เกิดมะเร็งขึ้นในสัตว์ทดลอง ดังนั้น การทดสอบสารพิษแบบเรื้อรัง จึงเป็นการศึกษา

ทดลองที่มุ่งเน้นถึงความเป็นพิษของสารพิษว่าเป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogen) หรือทำให้เกิดการกลายพันธุ์ (mutagenicity) หรือเป็นสารก่อให้เกิดความวิรูป (teratogenicity)

3. แบ่งตามวิธีการควบคุมสารละลายที่ใช้ทดลอง

3.1 ชีววิเคราะห์แบบไม่เปลี่ยนน้ำ

ชีววิเคราะห์แบบไม่เปลี่ยนน้ำ (static bioassay) เป็นวิธีทางชีววิเคราะห์ที่ใช้หาปริมาณสารพิษที่จะทำให้สัตว์ทดลองแสดงอาการตอบสนองที่ง่ายที่สุด มักใช้หาค่า LC_{50} และ EC_{50} (median effect concentration) ในสัตว์ทดลองที่มีขนาดเล็กและมีวงชีวิตไม่ยาวนานมาก โดยตลอดช่วงเวลาที่ใช้ทดลอง ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายสารละลายที่ใช้ทดลองเลย ซึ่งวิธีการนี้มีข้อดีและข้อเสีย ดังนี้

ข้อดี

1. สามารถทำได้ง่ายในห้องปฏิบัติการทั่วไป
2. ค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก
3. ปริมาณสารละลาย หรือสารพิษที่นำมาใช้ทดลองไม่มากนัก
4. วิธีการและอุปกรณ์ที่ใช้ทดลองไม่มีความซับซ้อนยุ่งยาก

ข้อเสีย

1. ระดับความเข้มข้นของสารพิษในการทดลองอาจเปลี่ยนแปลงได้ เช่น โลหะหนักอาจถูกดูดซึมอยู่ที่ผิวของภาชนะทดลองที่เป็นแก้ว
2. มีการสะสมของสารพิษต่างๆ ที่ได้จากกระบวนการเมตาบอลิซึมของสัตว์ทดลองและแบคทีเรียต่างๆ
3. ปริมาณออกซิเจนในสารละลายที่ใช้ทดลองอาจลดน้อยลง เนื่องจากสัตว์ทดลองใช้ไปและถูกใช้ในกระบวนการทางชีวเคมีของแบคทีเรียต่างๆ

3.2 ชีววิเคราะห์แบบน้ำไหล

ชีววิเคราะห์แบบน้ำไหล (flow-through bioassay) เป็นวิธีการทดลองทางพิษวิทยาที่ระบบการทดลองมีการหมุนเวียนสารละลายที่ใช้ทดลองตลอดเวลา หรือเป็นช่วงเวลาที่คงที่ โดยไม่ต้องเคลื่อนย้ายสัตว์ทดลอง ซึ่งมีข้อดีและข้อเสีย ดังนี้

ข้อดี

1. เป็นวิธีการที่ดี และเป็นระบบที่ถูกประยุกต์ให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่สุด

2. สามารถควบคุมระดับความเข้มข้นของสารพิษ ในสารละลายที่ใช้ทดลอง ได้ค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง

3. ไม่มีการสะสมของของเสียต่างๆ จากกระบวนการเมตาบอลิซึมของสัตว์ทดลอง

4. ควบคุมปริมาณออกซิเจนที่สัตว์ทดลองต้องการใช้ได้คงที่

5. สามารถทำการทดลองได้เป็นระยะเวลายาวนาน ตลอดวงชีวิตของสัตว์ทดลองได้ เช่น ในปลา เป็นต้น

ข้อเสีย

1. ต้องการอุปกรณ์และเครื่องมือที่ซับซ้อนยุ่งยาก และใช้เทคนิคสูง

2. มีราคาแพง

3. ต้องใช้สารละลายที่ใช้ทดลองในปริมาณมาก

3.3 ชีววิเคราะห์แบบน้ำนิ่ง เปลี่ยนน้ำ

ชีววิเคราะห์แบบน้ำนิ่ง เปลี่ยนน้ำ (static with renewal bioassay) เป็นการทดลองที่มีการเปลี่ยนถ่ายสัตว์ทดลอง ไปสู่ภาชนะที่มีสารละลายใหม่ หรือมีการเปลี่ยนถ่ายสารละลายใหม่ โดยไซฟอน (siphon) สารละลายเก่าออก แล้วเปลี่ยนสารละลายใหม่แทน โดยไม่เคลื่อนย้ายสัตว์ทดลองไปภาชนะใหม่ ซึ่งมีข้อดีและข้อเสีย ดังนี้

ข้อดี

1. ทำได้ง่ายและสะดวก ไม่ต้องใช้เทคนิคมากนัก

2. มีค่าใช้จ่ายไม่สูงมาก

3. ปริมาณสารละลายที่ใช้ในการทดลองไม่มากนัก และควบคุมความเข้มข้นของสารละลายได้คงที่

4. เป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อน จึงไม่ต้องการเครื่องมือและอุปกรณ์เพิ่มมากนัก

ข้อเสีย

1. ต้องมีการเปลี่ยนถ่ายสารละลายใหม่ตามช่วงเวลา

2. ขณะทำการเปลี่ยนสารละลาย อาจทำให้สัตว์ทดลองเครียดได้

ภาคผนวก ข

คำอธิบายศัพท์

ชีววิเคราะห์ (bioassay) หมายถึง เทคนิคอย่างหนึ่งในการศึกษาทดลอง โดยใช้สิ่งมีชีวิตเป็นตัวทดสอบ กับระดับความเข้มข้นของสาร แล้วสังเกตุผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตนั้น จากนั้นนำมาแปรความหมายเทียบกับตัวมาตราฐาน หรือตัวควบคุม โดยใช้สถิติช่วยในการวางแผนการทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูลและการตัดสินผลที่ได้จากการทดลอง

พิษเฉียบพลัน (acute toxicity) หมายถึง ผลกระทบของสารพิษที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย หลังจากได้รับสารพิษเพียงครั้งเดียว หรือหลายครั้งในระยะเวลาอันสั้น โดยปกติภายใน 96 ชั่วโมง

พิษรองเฉียบพลัน (sublethal toxicity) หมายถึงผลกระทบของสารพิษ ซึ่งระดับความเข้มข้นของสารละลายไม่ทำให้สัตว์ทดลองตายในระหว่างการทดลองหาค่าพิษเฉียบพลัน หรือตายทันทีในระยะเวลาสั้น แต่อาจก่อให้เกิดผลกระทบในด้านต่างๆ เช่นรูปร่างลักษณะ การสืบพันธุ์ การเจริญเติบโต และจำนวนประชากรฯลฯในระยะยาว

median lethal concentration (LC_{50}) คือ ระดับความเข้มข้นของสารละลายที่ทำให้ประชากรสัตว์ทดลองตายร้อยละ 50 มักใช้กับสัตว์น้ำ เพราะไม่ได้รับสารพิษโดยตรง แต่ดำรงชีวิตอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีสารพิษอยู่ในระดับความเข้มข้น ที่สามารถทำให้ประชากรของสัตว์ทดลองนั้นตาย

incipient lethal concentration (LC_{50}) คือ ระดับความเข้มข้นของสารละลายที่ทำให้ประชากรสัตว์ทดลองอยู่รอดร้อยละ 50

effective concentration (EC) คือ ระดับความเข้มข้นของสารละลายที่ทำให้ประชากรสัตว์ทดลอง แสดงผลกระทบออกมาในลักษณะที่เป็นการตอบสนองที่เฉพาะเจาะจง เช่น เสียการทรงตัว เป็นอัมพาต เป็นต้น ซึ่งเมื่อมีการใช้ EC ต้องบ่งลงไปว่าต้องการศึกษาอะไร

median tolerance limit (TLm) คือ ระดับความเข้มข้นของสารละลายที่ทำให้ประชากรสัตว์ทดลองมีชีวิตอยู่ได้ร้อยละ 50 สำหรับการทดสอบเกี่ยวกับlathality TL_{50} ก็จะมีความหมายเช่นเดียวกับ LC_{50} แต่ TL_{10} จะเท่ากับ LC_{90}

safe concentration (SC) คือ ระดับความเข้มข้นสูงสุด ของสารพิษที่ไม่แสดงผลกระทบให้ปรากฏหลังจากสัตว์ทดลองได้รับสารพิษมาเป็นเวลานานกว่า 1 รุ่น โดย SC จะทำหน้าที่เป็นตัวตัดสินขั้นพื้นฐานสำหรับเพื่อหามาตราฐานคุณภาพน้ำสำหรับสารพิษในแหล่งน้ำนั้น

maximum allowable toxicant concentration (MATC) หมายถึง ระดับความเข้มข้นสูงสุดของสารพิษที่ยอมรับได้ ซึ่งปรากฏอยู่ในน้ำโดยไม่ปรากฏว่ามีอันตรายที่มีนัยสำคัญต่อการใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ของน้ำ

application factor (AF) คือ อัตราส่วนระหว่าง MATC และ incipient LC_{50} ใช้สำหรับทำนายระดับความปลอดภัยจากค่าความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน และใช้ในการควบคุมปริมาณสารพิษชนิดต่างๆ ในแหล่งน้ำธรรมชาติ

no observable adverse effect level (NOAEL) คือ ระดับความเข้มข้นของสารพิษซึ่งสัตว์ทดลองสามารถมีชีวิตอยู่ได้ตลอดโดยไม่สามารถสังเกตุผลกระทบที่เกิดขึ้น

acute chronic ratio (ACR) คือ อัตราส่วนระหว่าง 96-hr LC_{50} กับ NOAEL ใช้สำหรับทำนายระดับความเข้มข้น ซึ่งสัตว์ทดลองสามารถทนอยู่ได้ โดยไม่สามารถสังเกตุผลกระทบที่เกิดขึ้น ในการทดลองพิษเรื้อรัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

วิธีการเพาะเลี้ยงไรน้ำแดง

วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ ประยุทธ เจริญกุล(2535) ได้คิดขึ้น ซึ่งจากผลการเพาะเลี้ยงนับว่าเป็นวิธีการเพาะเลี้ยงที่ให้ผลผลิตไรน้ำแดงปริมาณสูงวิธีการหนึ่ง ไรน้ำแดงที่ได้มีขนาดประมาณ 0.8 ถึง 1.3 มิลลิเมตร รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

1. อุปกรณ์

1.1 มูลนกกระทา

1.2 อ่างดินเผาเคลือบ หรืออ่างไฟเบอร์กลาส ขนาดประมาณ 30 ลิตร

1.3 ที่ช้อนไรน้ำแดง

1.4 เชื้อไรน้ำแดงที่มีชีวิตอยู่

2. วิธีการทดลอง

2.1 เติมน้ำประปาลงในอ่างเคลือบดินเผาให้เต็ม แล้วผึ่งแดดเพื่อลดปริมาณคลอรีนประมาณ 1 ถึง 2 วัน

2.2 เติมมูลนกกระทาแห้ง ในอัตราส่วนประมาณ 10 กรัมต่อลิตร คนให้ทั่ว ทิ้งไว้ประมาณ 1 วัน ใช้ที่ช้อนไรน้ำแดงช้อนมูลนกกระทาที่ตกตะกอน หรือไม่ละลายและสิ่งเจือปนอื่นๆ ออกไป เพื่อป้องกันการเน่าเสียที่อาจเกิดขึ้นในภายหลัง

2.3 เติมเชื้อไรน้ำแดงที่ยังมีชีวิตอยู่ลงไปประมาณครึ่งช้อนชา แล้วทำร่มกันแสงแดดให้ไรน้ำแดง ปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 3 ถึง 4 วัน ไรน้ำแดงจะขยายพันธุ์จนมีจำนวนมาก ก็จะคัดเลือกไรน้ำแดงในช่วงนี้ไปทำการทดลองต่อไปได้

2.4 เมื่อทิ้งไว้เกิน 7 วันขึ้นไป ปริมาณไรน้ำแดงในอ่างเพาะเลี้ยงจะค่อยๆ ลดลง ให้ถ่ายน้ำมูลนกกระทาออกประมาณครึ่งหนึ่ง แล้วเติมน้ำมูลนกกระทาที่เตรียมขึ้นใหม่แทนที่ลงไป ทิ้งไว้ประมาณ 3 ถึง 4 วันก็จะเกิดไรน้ำแดงเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่ง

ภาคผนวก ง

การใช้โปรแกรม SPSS-X

การวิเคราะห์โพรบิต

การวิเคราะห์โพรบิตเพื่อหาค่าระดับ LC_{50} จากการทดสอบพิษรองเฉียบพลันของสารละลายแคดเมียมไนเตรต, คอปเปอร์ซัลเฟตและซิงค์ซัลเฟตต่อไรน้ำแดง ในระยะเวลาต่างๆ ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS-X โดยการเขียนข้อมูลและคำสั่ง ตามรูปแบบและข้อกำหนดของการใช้โปรแกรม เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์ทำการประมวลผลเรียบร้อย จะได้ค่าระดับ LC_{50} ในระยะเวลาต่างๆ ที่เราต้องการ โดยถูกต้องและรวดเร็วกว่าการเขียนกราฟบนกระดาษกราฟโพรบิต นอกจากนี้ ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลยังระบุค่าช่วงแห่งความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ของค่าระดับ LC_{50} ที่ได้อีกด้วย โดยที่เราไม่จำเป็นต้องทำการคำนวณ ให้ยุ่งยากและเสียเวลา ตัวอย่างการใช้โปรแกรมนี้ วิเคราะห์ค่าโพรบิต มีดังต่อไปนี้

1. การใส่ข้อมูล

จากข้อมูลในตารางที่ 4.3 (ในระยะเวลา 48 ชั่วโมง) เขียนข้อมูลและคำสั่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

```
1  //ZIABTEST JOB CLASS=Y,MSGCLASS=M,MSGLEVEL=(2,0)
2  //         EXEC MSPSSX
3  TITLE TEST HG TO MOINA
4  DATA LIST FIXED/HR 1 CONC 3-6 (3) N 8-9 RES 11-12
5  BEGIN DATA
```

```
 6  1 0005 60 12
 7  1 0010 60 28
 8  1 0020 60 54
 9  1 0030 60 60
10 1 0040 60 60
11 1 0000 60 00
12 END DATA
13 PROBIT RES OF N WITH CONC
14     /PRINT =ALL
15 FINISH
16 /*
17 //
```

2. การเรียกผลลัพธ์ที่ประมวลผลเรียบร้อยแล้ว

ใช้คำสั่งตามคู่มือการใช้ระบบ MUSIC (มุกดา เจียมพานทอง และ ธีรยุทธ บัวรอด, 2532) เมื่อเครื่องประมวลผลเสร็จเรียบร้อย จะได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้คือ

CONFIDENCE LIMITS FOR EFFECTIVE CONC

		95% CONFIDENCE LIMITS	
PROB	CONC	LOWER	UPPER
.01	.00586	.00167	.01004
.02	.00697	.00225	.01140
.03	.00779	.00270	.01236
.04	.00846	.00311	.01314
.05	.00905	.00348	.01382

	.06	.00959	.00383	.01442
	.07	.01008	.00417	.01497
	.08	.01055	.00450	.01549
	.09	.01099	.00482	.01597
	.10	.01142	.00513	.01644
	.15	.01335	.00664	.01852
	.20	.01512	.00815	.02041
	.25	.01683	.00968	.02223
	.30	.01852	.01128	.02404
	.35	.02024	.01297	.02592
	.40	.02202	.01476	.02792
	.45	.02390	.01668	.03010
48-h LC_{50}	.50	.02590	.01873	.03254
	.55	.02806	.02093	.03535
	.60	.03045	.2330	.03868
	.65	.03313	.02586	.04273
	.70	.03620	.02863	.04783
	.75	.03985	.03170	.05447
	.80	.04434	.03520	.06348
	.85	.05022	.03943	.07656
	.90	.05873	.04505	.09782
	.91	.06100	.04647	.10391
	.92	.06356	.04805	.11099
	.93	.06649	.04983	.11938
	.94	.06994	.05186	.12957
	.95	.07408	.05426	.14233
	.96	.07926	.05718	.15902

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

.97	.08613	.06094	.18239
.98	.09620	.06626	.21907
.99	.11450	.07548	.29295

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Varience, ANOVA) และการวิเคราะห์เปรียบเทียบภายหลัง (Duncan's multiple range test)

1. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ทดสอบเปรียบเทียบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร ในกรณีที่มีกลุ่มประชากรตั้งแต่สองกลุ่มขึ้นไป โดยมีตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียว เช่น ต้องการเปรียบเทียบผลของความเข้มข้นของสารละลายแคดเมียมไนเตรต 4 ระดับความเข้มข้น ว่าทำให้จำนวนลูกไรน้ำแดงที่เกิดขึ้นแตกต่างกันหรือไม่ วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนมีข้อตกลงเบื้องต้น (assumption) โดยข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ ควรจะมีลักษณะตามข้อตกลงเบื้องต้นดังต่อไปนี้

1.1 กลุ่มตัวอย่าง เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ

1.2 ค่าความแปรปรวนของกลุ่มประชากรทุกกลุ่มควรมีค่าเท่ากัน

1.3 ค่าของตัวแปรตามแต่ละหน่วยเป็นอิสระต่อกัน ทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม

สมมติฐาน

$H_0 : u_1 = u_2 = u_3 = u_4 = u_n = u$

$H_1 : u_i$ อย่างน้อย 1 ตัว มีค่าแตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ

ค่าสถิติ

$$F = \frac{\text{mean square ระหว่างกลุ่ม}}{\text{mean square ภายในกลุ่ม}} = \frac{MS_b}{MS_w} \sim F_{J-1,N-J}(1-\alpha)$$

เมื่อ $MS_b = \frac{SS_b}{J-1}$ และ $MS_w = \frac{SS_w}{N-J}$

J = จำนวนกลุ่ม

N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

$$SS_b = \sum_{i=1}^{J} (n_i-1) S^2_i$$

$$SS_w = \sum_{i=1}^{J} n_i(X_i-X)^2$$

เมื่อปฏิเสธ H_0 เพียงแต่บอกได้ว่า อย่างน้อยมีค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรอย่างน้อย 1 กลุ่ม แตกต่างไปจากกลุ่มอื่น แต่ไม่ทราบว่ากลุ่มใดบ้างที่แตกต่างออกไป จำเป็นต้องใช้วิธีการเปรียบเทียบภายหลังทดสอบอีกครั้ง ในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการของ Duncan's multiple range test ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05

Duncan's multiple range test

เป็นวิธีการทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรว่า ค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรคู่ใดที่แตกต่างกัน โดยใช้สูตร

$$W_D = (\tilde{}p, n-k)\sqrt{\frac{MSE}{2}\left(\frac{n_i+n_j}{n_i n_j}\right)}$$

เมื่อ n_i, n_j = ขนาดกลุ่มประชากรที่ทำการทดลอง

P = ขั้นทดสอบที่ 2, 3, 4,...,k

ค่าเฉลี่ยคู่ใดมีความแตกต่างมากกว่า W_D ถือว่าค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มนั้นแตกต่างกัน

การวิเคราะห์ค่าทางสถิติดังกล่าวข้างต้น สามารถวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ คือ SPSS-X ได้ซึ่งสามารถกระทำได้ในระยะเวลาอันสั้น ดังมีวิธีการต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Varience) และการวิเคราะห์เปรียบเทียบภายหลังโดยวิธีของ Duncan's multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากข้อมูลในตารางที่ 3 นำมาเขียนข้อมูลและคำสั่งตามวิธีการของการใช้โปรแกรม ได้ดังต่อไปนี้

```
1  //ZIAGTEST JOB CLASS=Y,MSGCLASS=M,MSGLEVEL=(2,0)
2  //         EXEC MSPSSX
3  TITLE TEST NUMBER ON ANOVA(CD)
4  DATA LIST FIXED/TR 1-2 CONC 4 NONE 6-7 AONE 8 FONE 9 LONE
   10-12 (2)
5                NTWO 13-14 ATWO 15 FTWO 16 LTWO 17-19 (2)
                 NTHREE 20-21
6                ATHREE 22 FTHREE 23 LTHREE 24-26 (2) NFOUR
                 27-28 AFOUR 29
7                FFOUR 30 LFOUR 31-33 (2) NFIVE 34-35 AFIVE 36
                 FFIVE 37
8                LFIVE 38-40 (2)
```

```
 9  BEGIN DATA
10 01 1 569512556841256295125589512560951 25
11 02 1 549512045841205495120589512556951 25
12 03 1 579510049951256395110629512562951 20
13 04 1 589512552951255095120509512559961 20
 .  .  .                .
 .  .  .                .
 .  .  .                .
69 15 4 488412526731203884100489512535951 00
70 END DATA
71 ONEWAY  NONE TO LFIVE BY CONC(1,4)
72     /RANGE=DUNCAN/STATISTICS ALL
73 ANOVA NONE      BY CONC(1,4)
74 ANOVA AONE      BY CONC(1,4)
 .   .   .    .    .
 .   .   .    .    .
 .   .   .    .    .
92 ANOVA LFIVE     BY CONC(1,4)
93 FINISH
94 /*
95 //
```

2. การเรียกผลลัพธ์ที่ได้ เมื่อเขียนข้อมูลและคำสั่งต่างๆ ได้ถูกต้องตามคู่มือการใช้โปรแกรม SPSS-X แล้ว เครื่องคอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผล และแสดงผลลัพธ์ตามที่เราต้องการ โดยการเรียกผลลัพธ์ตามวิธีการที่ระบุในคู่มือการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในระบบ MUSIC ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

ตารางที่ ฉ1 ผลของเชื้อบริสุทธิ์ของสารละลายแคดเมียมในเวอร์มิคูไลท์น้ำของรุ่น F_1 (รุ่นแรก)

รุ่นที่	จำนวนครั้งของการฉีดพ่นสารละลายแคดเมียมไนเตรทเข้มข้น (ครั้ง)									จำนวนวันที่ดอกบาน (วัน)				จำนวนลูกทั้งหมด (ตัว)				ขนาดของลูกทั้งหมด (มิลลิเมตร)			
	ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)								
	ไม่ฉีดพ่น	.036	.024	.014	ไม่ฉีดพ่น	.036	.024	.014	ไม่ฉีดพ่น	.036	.024	.014	ไม่ฉีดพ่น	.036	.024	.014	ไม่ฉีดพ่น	.036	.024	.014
1	5	3	5	3	9	7	9	8	56	43	49	46	1.25	1.20	1.25	1.25				
2	5	4	5	4	8	8	9	9	54	46	45	50	1.20	1.20	1.20	1.25				
3	5	4	5	5	8	8	9	9	57	58	51	56	1.00	1.25	1.25	1.20				
4	5	5	5	5	9	8	9	9	58	55	53	51	1.25	1.25	1.25	1.25				
5	5	5	5	5	9	8	9	9	52	48	51	52	1.10	1.20	1.25	1.25				
6	5	4	5	5	9	8	9	9	58	58	61	54	1.20	1.00	1.30	1.25				
7	4	4	5	5	8	8	9	9	58	47	54	49	1.25	1.15	1.25	1.00				
8	5	5	4	5	9	8	8	9	62	46	46	49	1.25	1.25	1.00	1.25				
9	5	3	5	5	9	8	9	8	53	37	50	61	1.25	1.10	1.25	1.25				
10	5	4	5	5	9	8	9	9	63	43	53	62	1.25	1.20	1.25	1.25				
11	5	5	5	5	8	8	8	9	58	45	51	47	1.10	1.15	1.25	1.20				
12	5	5	5	5	9	9	8	9	55	51	49	61	1.10	1.25	1.00	1.25				
13	5	5	5	4	8	9	9	8	64	51	51	58	1.00	1.25	1.25	1.25				
14	5	5	5	4	9	8	8	8	58	36	52	46	1.25	1.20	1.25	1.20				
15	5	4	5	5	8	8	9	9	69	48	43	64	1.20	1.25	1.20	1.25				
เฉลี่ย	4.93	4.33	4.80	4.66	8.73	8.13	8.66	8.66	58.33	47.33	50.60	53.73	1.18	1.19	1.23	1.22				
S.D.	0.25	0.72	0.56	0.61	0.45	0.51	0.48	0.48	4.53	6.30	4.22	6.19	0.09	0.07	0.06	0.06				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 42 ผลของเชื้อบริสุทธิ์ของสารละลายผสมเชื้อในเครื่องหมักไร้อากาศรุ่น F_2 (รุ่นที่ 2)

ชุดที่	จำนวนครั้งของการย้ายถ่ายเชื้อบนไม้ลำเรียงเชื้อ (ครั้ง)				ระยะเวลาการหมัก (วัน)				จำนวนลูกปิงปองที่ใช้ (ลูก)				ขนาดของลูกปิงปอง (มิลลิเมตร)			
	ความเข้มข้นของเชื้อ (mg/l)				ความเข้มข้นของเชื้อ (mg/l)				ความเข้มข้นของเชื้อ (mg/l)				ความเข้มข้นของเชื้อ (mg/l)			
	ไม่ผสมอากาศ	.036	.024	.014	ไม่ผสมอากาศ	.036	.024	.014	ไม่ผสมอากาศ	.036	.024	.014	ไม่ผสมอากาศ	.036	.024	.014
1	4	3	5	5	8	7	9	9	56	32	40	53	1.25	1.20	1.20	1.25
2	4	4	5	5	8	8	9	9	45	32	52	56	1.20	1.10	1.25	1.20
3	5	4	5	4	8	8	8	8	49	35	45	41	1.25	1.20	1.25	1.25
4	5	3	5	4	9	7	9	8	52	36	48	48	1.20	1.10	1.25	1.25
5	5	3	5	5	8	7	8	9	49	32	39	53	1.00	1.25	1.00	1.25
6	5	3	5	5	9	7	9	9	58	31	55	42	1.10	1.25	1.25	1.20
7	5	4	4	5	8	8	8	9	59	36	43	45	1.10	1.25	1.20	1.10
8	5	4	4	5	9	8	8	8	59	36	38	48	1.25	1.25	1.25	1.25
9	5	4	4	5	9	8	8	9	57	32	45	53	1.25	1.20	1.25	1.25
10	5	4	5	5	8	7	8	9	57	34	39	50	1.20	1.25	1.20	1.25
11	5	4	5	5	9	8	8	9	60	30	49	57	1.10	1.25	1.25	1.25
12	5	3	5	5	9	7	9	9	48	34	46	48	1.10	1.25	1.25	1.20
13	5	3	5	5	9	7	9	9	52	31	56	47	1.25	1.20	1.25	1.25
14	4	3	5	5	8	7	9	9	43	30	53	51	1.20	1.10	1.25	1.25
15	4	3	5	5	8	7	9	9	40	26	54	54	1.25	1.20	1.30	1.25
เฉลี่ย	4.73	3.46	4.80	4.87	8.53	7.40	8.53	8.80	52.27	32.46	48.80	49.86	1.18	1.20	1.22	1.23
S.D.	0.45	0.52	0.41	0.35	0.51	0.50	0.52	0.41	6.38	2.77	6.22	4.89	0.08	0.06	0.06	0.04

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 43 พิษของเฉลี่ยของสารละลายผงเมล็ดในเตรดล่อไรน้ำของรุ่น F_3 (รุ่นที่ 3)

รุ่นที่	จำนวนครั้งของการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (ครั้ง)	อายุ (วัน)	จำนวนลูกทั้งหมด (ตัว)	ขนาด (มิลลิเมตร)

	ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)			
	กลุ่มควบคุม	.036	.024	.014	กลุ่มควบคุม	.036	.024	.014	กลุ่มควบคุม	.036	.024	.014	กลุ่มควบคุม	.036	.024	.014
1	5	4	4	5	9	8	8	9	62	40	42	46	1.25	1.20	1.20	1.25
2	5	5	4	5	9	9	8	9	54	46	42	52	1.20	1.25	1.20	1.20
3	5	4	4	5	9	8	8	9	63	45	44	58	1.10	1.25	1.20	1.25
4	5	5	4	5	9	9	8	9	50	54	48	50	1.20	1.30	1.25	1.25
5	4	4	5	5	8	8	9	8	50	37	48	48	1.25	1.00	1.25	1.25
6	5	5	4	5	9	9	8	8	64	46	43	45	1.25	1.25	1.25	1.20
7	5	5	5	6	9	9	9	9	50	52	52	58	1.10	1.20	1.25	1.25
8	4	4	4	6	8	8	8	9	55	47	48	63	1.25	1.25	1.25	1.25
9	5	4	4	5	9	8	8	9	52	38	42	52	1.25	1.00	1.20	1.25
10	5	4	4	5	9	8	8	9	54	46	38	62	1.10	1.25	1.25	1.25
11	5	4	5	5	9	8	9	9	64	42	58	52	1.20	1.25	1.25	1.25
12	5	4	4	5	9	8	8	8	56	49	58	50	1.25	1.25	1.25	1.00
13	5	4	4	6	9	8	8	9	50	46	50	68	1.10	1.25	1.25	1.25
14	5	4	4	5	9	8	8	9	54	48	44	50	1.25	1.20	1.25	1.25
15	5	4	5	5	9	8	9	9	60	38	52	54	1.25	1.00	1.25	1.20
เฉลี่ย	4.87	4.26	4.27	5.20	8.86	8.26	8.27	8.80	55.86	44.93	47.27	53.93	1.20	1.19	1.23	1.22
S.D.	0.35	0.46	0.45	0.41	0.35	0.46	0.45	0.41	5.35	5.06	5.33	6.67	0.06	0.10	0.02	0.07

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 64 ผลของเชื้อบดผสมของสารละลายผสมเมล็ดในเครดล่อไรน้ำแดงรุ่น F_4 (วันที่ 4)

รุ่นที่	จำนวนครั้งของการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (ครั้ง)				อายุ (วัน)				จำนวนลูกทั้งหมด (ตัว)				ขนาด (มิลลิเมตร)			
	ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)			
	ผสมพาหนะ	.036	.024	.014	ผสมพาหนะ	.036	.024	.014	ผสมพาหนะ	.036	.024	.014	ผสมพาหนะ	.036	.024	.014
1	5	4	5	4	9	8	9	8	58	48	52	48	1.25	1.30	1.25	1.20
2	5	5	5	5	9	8	9	9	58	50	54	56	1.25	1.20	1.25	1.25
3	5	5	5	5	9	9	9	9	62	48	52	54	1.25	1.25	1.25	1.25
4	5	4	5	5	9	8	9	9	60	44	52	54	1.25	1.25	1.20	1.30
5	6	5	4	4	9	9	8	8	64	50	46	48	1.20	1.25	1.25	1.00
6	6	4	4	5	9	9	9	9	60	44	48	54	1.25	1.20	1.25	1.25
7	5	4	4	5	9	8	8	9	60	44	46	54	1.20	1.25	1.20	1.25
8	5	5	4	4	9	9	9	8	62	50	50	48	1.25	1.20	1.25	1.20
9	5	5	4	4	9	9	8	8	60	48	42	48	1.20	1.25	1.00	1.25
10	5	5	4	5	9	9	8	9	56	48	50	54	1.20	1.25	1.25	1.25
11	5	4	4	5	9	8	8	9	58	42	48	52	1.20	1.20	1.25	1.25
12	5	4	4	5	9	8	8	9	60	46	50	56	1.25	1.25	1.10	1.25
13	5	5	4	4	8	9	8	8	58	44	50	52	1.25	1.25	1.25	1.25
14	5	5	5	5	9	9	9	9	64	46	64	54	1.00	1.25	1.25	1.20
15	5	5	5	5	8	9	8	9	60	48	60	56	1.25	1.25	1.25	1.25
เฉลี่ย	5.13	4.53	4.40	4.67	8.86	8.53	8.33	8.67	59.73	46.80	59.93	52.53	1.22	1.24	1.21	1.23
S.D.	0.35	0.52	0.50	0.48	0.35	0.52	0.49	0.48	3.84	2.84	5.84	3.06	0.06	0.03	0.07	0.07

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 45 ผลของเชื้อพันธุ์ของสารละลายผสมเชื้อในเครื่องล่อไว้น้ำผสงรุ่น F_5 (รุ่นที่ 5)

รุ่นที่	จำนวนครั้งของการสับเปลี่ยนแบบไม่ลำดับเวลา (ครั้ง)	ลาก (วัน)	จำนวนลูกทั้งหมด (ตัว)	ขนาด (มิลลิเมตร)

	ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)			
	ผสมหมด	.036	.024	.014	ผสมหมด	.036	.024	.014	ผสมหมด	.036	.024	.014	ผสมหมด	.036	.024	.014
1	5	3	5	5	9	7	9	9	60	50	51	54	1.25	1.25	1.20	1.30
2	5	4	5	5	9	8	9	9	56	48	48	58	1.25	1.25	1.25	1.25
3	5	4	5	5	9	8	9	9	52	54	48	53	1.20	1.20	1.25	1.20
4	6	4	4	5	9	8	8	9	59	38	56	53	1.20	1.25	1.25	1.25
5	5	4	5	5	9	8	9	9	53	53	56	52	1.25	1.25	1.30	1.25
6	5	5	4	5	9	9	8	9	61	56	38	53	1.10	1.25	1.20	1.25
7	5	5	5	6	9	9	9	9	60	54	54	45	1.20	1.25	1.25	1.10
8	6	4	4	5	9	8	8	9	85	48	52	50	1.25	1.20	1.25	1.25
9	5	5	5	5	9	9	9	9	56	46	50	49	1.25	1.25	1.25	1.25
10	5	5	5	5	9	9	9	9	61	46	68	60	1.25	1.10	1.25	1.25
11	5	4	5	5	9	8	9	9	58	51	55	64	1.25	1.25	1.25	1.20
12	6	4	5	6	9	8	9	9	61	44	54	64	1.25	1.25	1.25	1.25
13	5	5	5	5	9	9	9	9	57	50	54	47	1.20	1.25	1.25	1.25
14	5	5	5	5	9	9	9	9	57	52	49	63	1.25	1.25	1.10	1.25
15	5	5	4	4	9	9	8	8	52	35	43	50	1.25	1.00	1.25	1.25
เฉลี่ย	5.20	4.40	4.73	5.13	9.00	8.40	8.73	8.93	59.86	48.33	51.73	54.33	1.23	1.22	1.23	1.24
S.D.	0.41	0.63	0.46	0.51	0.00	0.63	0.11	0.06	7.55	5.89	6.71	6.13	0.04	0.07	0.06	0.04

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 46 ผลของเชื้อบริสุทธิ์ในรองสารละลายหลอเปอร์ซัลเฟตต่อโรน้ำผลงรุ่น F_1 (รุ่นแรก)

ชุดที่	จำนวนครั้งของการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (ครั้ง)				อายุ (วัน)				จำนวนลูกทั้งหมด (ตัว)				ขนาด (มิลลิเมตร)			
	ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)			
	ไม่มีสาร	.005	.003	.002	ไม่มีสาร	.005	.003	.002	ไม่มีสาร	.005	.003	.002	ไม่มีสาร	.005	.003	.002
1	5	3	4	4	9	7	8	8	56	33	39	46	1.25	1.25	1.25	1.25
2	5	3	4	4	9	7	8	8	54	42	39	56	1.20	1.25	1.25	1.20
3	5	3	4	4	9	7	8	8	57	35	45	60	1.00	1.20	1.20	1.25
4	5	4	4	5	9	8	8	9	58	40	39	55	1.25	1.20	1.25	1.10
5	5	4	4	5	9	8	8	8	52	41	36	48	1.10	1.20	1.25	1.10
6	5	3	4	4	9	7	8	8	58	33	42	58	1.20	1.25	1.20	1.00
7	4	3	5	4	8	7	8	8	58	34	32	47	1.25	1.25	1.25	1.25
8	5	3	4	5	9	7	8	8	62	27	36	46	1.25	1.25	1.10	1.20
9	5	2	4	5	9	7	8	8	53	34	36	45	1.25	1.25	1.25	1.20
10	5	3	4	4	9	7	8	8	63	48	50	43	1.25	1.20	1.25	1.25
11	5	4	4	5	8	7	8	8	58	44	42	45	1.10	1.00	1.25	1.20
12	5	3	4	5	9	7	8	8	55	30	49	51	1.10	1.10	1.25	1.25
13	5	3	5	5	8	7	8	8	64	40	41	51	1.00	1.25	1.25	1.25
14	5	4	4	5	9	7	8	9	58	41	38	38	1.25	1.25	1.25	1.00
15	5	3	5	4	8	7	8	8	69	33	45	48	1.20	1.25	1.20	1.20
เฉลี่ย	4.93	3.20	4.20	4.53	8.73	7.20	8.00	8.13	58.33	37.00	41.93	49.13	1.18	1.21	1.23	1.18
S.D.	0.25	0.56	0.41	0.51	0.45	0.41	0.00	0.35	4.53	5.75	5.23	6.02	0.09	0.07	0.04	0.08

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 47 ผลของเชื้อบริสุทธิ์ของสารละลายผสมเปลือกสับปะรดต่อไรน้ำนมลูกรุ่น F_2 (รุ่นที่ 2)

รุ่นที่	จำนวนครั้งของการสัมผัสกับยาฆ่าแมลงไม่ตาย (ครั้ง)				ค่าเฉลี่ย (วัน)				จำนวนลูกทั้งหมด (ตัว)				ขนาด (มิลลิเมตร)			
	ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)			
	ไม่ผสมยาฆ่าแมลง	.005	.003	.002	ไม่ผสมยาฆ่าแมลง	.005	.003	.002	ไม่ผสมยาฆ่าแมลง	.005	.003	.002	ไม่ผสมยาฆ่าแมลง	.005	.003	.002
1	4	4	5	4	8	8	8	8	56	42	54	43	1.25	1.10	1.20	1.20
2	4	4	4	5	8	8	8	8	45	46	35	56	1.20	1.25	1.25	1.25
3	5	4	5	4	8	7	8	8	49	39	46	44	1.25	1.20	1.25	1.25
4	5	4	5	4	8	7	8	8	52	34	40	38	1.20	1.20	1.20	1.00
5	5	3	4	4	8	7	8	8	49	37	44	42	1.00	1.20	1.10	1.10
6	5	3	4	5	9	7	8	8	58	28	40	48	1.10	1.25	1.25	1.25
7	5	3	5	5	8	7	8	8	59	34	42	42	1.10	1.25	1.25	1.20
8	5	3	5	4	9	7	9	7	59	30	39	39	1.25	1.25	1.25	1.25
9	5	3	4	5	9	7	8	8	57	28	38	51	1.25	1.20	1.25	1.20
10	5	3	4	4	8	7	8	8	57	35	42	42	1.20	1.10	1.20	1.25
11	5	3	3	4	9	7	8	8	60	35	34	39	1.10	1.25	1.25	1.25
12	5	3	3	5	9	7	8	9	48	37	35	45	1.10	1.25	1.20	1.10
13	5	3	5	5	9	7	9	8	52	30	49	47	1.25	1.25	1.25	1.20
14	4	3	4	4	8	7	8	8	43	29	37	36	1.20	1.25	1.25	1.20
15	4	3	4	4	8	7	8	8	40	33	37	53	1.25	1.20	1.25	1.25
เฉลี่ย	4.73	3.26	4.26	4.40	8.53	7.13	8.13	8.00	52.27	34.46	40.80	44.13	1.18	1.20	1.22	1.19
S.D.	0.45	0.46	0.70	0.50	0.51	0.35	0.35	0.38	6.38	5.20	5.58	5.88	0.08	0.07	0.04	0.07

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 48 อิทธิพลเฉลี่ยของสารละลายผสมเปอร์ซิลเฟตต่อไรน้ำผสมรุ่น F_3 (รุ่นที่ 3)

ชุดที่	จำนวนครั้งของการฉีดพ่นยาบนไม่ลาฟิลเพส (ครั้ง)				ลาฮู (วัน)				จำนวนลูกทั้งหมด (ตัว)				ขนาด (มิลลิเมตร)			
	ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)			
	ไม่ผสมยาพิษ	.005	.003	.002	ไม่ผสมยาพิษ	.005	.003	.002	ไม่ผสมยาพิษ	.005	.003	.002	ไม่ผสมยาพิษ	.005	.003	.002
1	5	3	5	5	9	7	8	8	62	37	56	52	1.25	1.25	1.25	1.25
2	5	4	4	5	9	8	8	8	54	45	42	54	1.20	1.20	1.25	1.25
3	5	4	4	4	9	7	8	8	53	40	42	48	1.10	1.20	1.25	1.25
4	5	4	5	5	9	7	8	9	50	47	47	54	1.20	1.25	1.10	1.20
5	4	4	5	4	8	8	9	8	50	45	47	51	1.25	1.25	1.25	1.20
6	5	4	4	5	9	8	8	9	64	36	44	52	1.25	1.25	1.20	1.25
7	5	4	4	4	9	8	8	8	50	41	39	45	1.10	1.00	1.25	1.20
8	4	4	4	4	8	7	8	8	55	37	53	44	1.25	1.25	1.25	1.25
9	5	4	4	4	9	8	8	8	52	35	40	46	1.25	1.20	1.25	1.00
10	5	4	4	5	9	8	8	8	54	36	38	55	1.10	1.25	1.25	1.25
11	5	4	5	5	9	8	9	8	64	43	50	56	1.20	1.25	1.20	1.25
12	5	3	5	4	9	7	9	8	56	40	50	50	1.25	1.25	1.25	1.25
13	5	4	5	5	9	7	9	8	50	40	46	52	1.10	1.25	1.25	1.25
14	5	4	5	4	9	8	9	8	54	41	54	48	1.25	1.25	1.25	1.20
15	5	2	5	4	9	7	9	8	60	35	54	45	1.25	1.25	1.25	1.20
เฉลี่ย	4.87	3.73	4.53	4.46	8.86	7.53	8.40	8.20	55.86	39.86	45.87	50.13	1.20	1.22	1.23	1.22
S.D.	0.35	0.59	0.51	0.51	0.35	0.52	0.50	0.41	3.35	3.87	5.35	3.92	0.06	0.04	0.06	0.06

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 49 พิษของเฉลี่ยของสารละลายคลอเปอร์ริลเฟสต่อไรน้ำของรุ่น F_4 (รุ่นที่ 4)

ชุดที่	จำนวนครั้งของสาร: ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ครั้ง)	สาร (วัน)	จำนวนลูกทั้งหมด (ตัว)	ขนาด (มิลลิเมตร)

	ความเข้มข้น (ug/l)				ความเข้มข้น (ug/l)				ความเข้มข้น (ug/l)				ความเข้มข้น (ug/l)			
	ไม่มีพาหนะ	.005	.003	.002	ไม่มีพาหนะ	.005	.003	.002	ไม่มีพาหนะ	.005	.003	.002	ไม่มีพาหนะ	.005	.003	.002
1	5	5	5	5	9	8	9	9	58	46	40	54	1.25	1.25	1.20	1.25
2	5	5	5	4	9	9	9	9	58	40	49	48	1.25	1.20	1.25	1.25
3	5	5	5	5	9	9	9	8	62	46	38	52	1.25	1.25	1.20	1.20
4	5	5	5	5	9	9	9	8	50	42	36	54	1.25	1.25	1.10	1.25
5	6	5	5	5	9	8	9	8	64	44	48	46	1.20	1.25	1.25	1.10
6	6	4	5	4	9	8	9	8	60	38	38	54	1.25	1.00	1.25	1.25
7	5	5	5	5	9	8	8	8	60	42	38	52	1.20	1.25	1.25	1.25
8	5	5	5	5	9	8	9	8	62	40	44	56	1.25	1.00	1.25	1.25
9	5	5	5	5	9	8	9	9	60	40	48	54	1.20	1.10	1.25	1.20
10	5	5	5	4	9	9	8	8	56	44	46	48	1.20	1.25	1.25	1.25
11	5	5	5	5	9	8	9	8	58	36	48	56	1.20	1.25	1.25	1.25
12	5	4	5	4	9	8	9	8	60	38	42	48	1.25	1.25	1.20	1.25
13	5	5	5	5	8	8	8	8	58	40	36	60	1.25	1.25	1.25	1.25
14	5	5	5	4	9	8	8	8	64	44	36	48	1.00	1.00	1.25	1.20
15	5	5	5	5	8	8	9	8	60	46	48	48	1.25	1.25	1.00	1.25
เฉลี่ย	5.13	4.86	4.60	4.66	8.86	8.13	8.73	8.13	59.73	41.73	42.33	51.87	1.22	1.18	1.21	1.23
S.D.	0.35	0.35	0.82	0.48	0.35	0.35	0.45	0.35	3.84	3.19	5.15	4.03	0.06	0.10	0.07	0.04

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค10 ผลของเชื้อราปฏิปักษ์ต่อสารละลายคลอปเปอร์ซัลเฟตต่อไรน้ำแดงรุ่น F_5 (รุ่นที่ 5)

ชุดที่	จำนวนครั้งของสาร สับปะรดบดบนไม่ล้างฟังเชส (ครั้ง)				สาร (วัน)				จำนวนลูกทั้งหมด (ตัว)				ขนาด (มิลลิเมตร)			
	ความเข้มข้น (ag/l)				ความเข้มข้น (ag/l)				ความเข้มข้น (ag/l)				ความเข้มข้น (ag/l)			
	ไม่มีสาร	.005	.003	.002	ไม่มีสาร	.005	.003	.002	ไม่มีสาร	.005	.003	.002	ไม่มีสาร	.005	.003	.002
1	5	5	5	5	9	8	9	8	60	46	50	54	1.25	1.25	1.25	1.25
2	5	4	5	5	9	8	9	8	56	42	56	54	1.25	1.25	1.25	1.25
3	5	5	4	5	9	8	8	8	62	44	42	56	1.20	1.20	1.25	1.10
4	6	4	5	5	9	8	9	9	59	45	54	54	1.20	1.25	1.25	1.00
5	5	5	4	5	9	8	8	8	53	44	38	54	1.25	1.25	1.25	1.25
6	5	5	5	5	9	8	9	8	61	52	44	56	1.10	1.20	1.20	1.25
7	5	5	5	5	9	9	9	8	60	52	56	58	1.20	1.25	1.25	1.20
8	6	4	5	5	9	8	9	8	85	46	54	48	1.25	1.20	1.25	1.25
9	5	4	4	5	9	9	8	8	56	40	52	52	1.25	1.25	1.25	1.25
10	5	5	5	4	9	8	9	8	61	54	50	52	1.25	1.25	1.10	1.20
11	5	4	5	5	9	8	9	9	58	51	54	54	1.25	1.25	1.20	1.25
12	6	5	5	5	9	8	9	8	61	50	50	57	1.25	1.25	1.25	1.25
13	5	5	4	5	9	9	8	9	57	46	50	58	1.20	1.10	1.25	1.20
14	5	4	5	5	9	8	9	9	57	46	52	54	1.25	1.25	1.25	1.25
15	5	5	4	5	9	8	8	8	52	52	52	56	1.25	1.25	1.25	1.25
เฉลี่ย	5.20	4.60	4.67	5.00	9.00	8.20	8.66	8.33	59.86	47.33	49.73	54.60	1.23	1.23	1.23	1.22
S.D.	0.41	0.50	0.48	0.00	0.00	0.41	0.49	0.48	7.55	4.20	4.94	2.50	0.04	0.04	0.04	0.07

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค11 ผลรวมเฉลี่ยของลักษณะต่างๆ ของข้าวโพดลูกผสมรุ่น F_1 (วิธีแรก)

ชุดที่	จำนวนครั้งของการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (ครั้ง)				อายุ (วัน)				จำนวนดอกตัวผู้ทั้งหมด (ดอก)				ขนาด (มิลลิเมตร)			
	ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)			
	ไม่ผสมสาร	.100	.060	.040	ไม่ผสมสาร	.100	.060	.040	ไม่ผสมสาร	.100	.060	.040	ไม่ผสมสาร	.100	.060	.040
1	5	4	4	4	9	8	8	8	56	54	49	48	1.25	1.25	1.25	1.25
2	5	3	5	4	9	7	9	8	54	33	49	47	1.20	1.00	1.25	1.25
3	5	3	4	4	9	7	8	8	57	42	43	46	1.00	1.25	1.25	1.25
4	5	4	4	4	9	8	8	8	58	51	49	45	1.25	1.25	1.25	1.25
5	5	4	4	5	9	8	8	8	52	48	54	50	1.10	1.25	1.20	1.20
6	5	4	4	5	9	7	8	9	58	48	48	54	1.20	1.25	1.25	1.25
7	4	4	4	5	8	8	8	9	58	48	46	57	1.25	1.20	1.25	1.25
8	5	4	4	5	9	8	8	9	62	51	44	59	1.25	1.25	1.00	1.25
9	5	4	4	5	9	7	9	9	53	49	47	53	1.25	1.25	1.25	1.25
10	5	3	4	5	9	7	8	9	63	39	46	48	1.25	1.25	1.25	1.20
11	5	4	4	4	8	8	8	8	58	45	55	46	1.10	1.25	1.25	1.25
12	5	4	4	4	9	7	8	8	55	44	44	46	1.10	1.10	1.20	1.25
13	5	4	4	5	8	8	9	8	64	49	50	55	1.00	1.25	1.25	1.25
14	5	4	4	5	9	8	8	9	58	46	53	51	1.25	1.25	1.25	1.20
15	5	4	4	4	8	8	8	8	69	40	47	47	1.20	1.00	1.25	1.00
เฉลี่ย	4.93	3.88	4.06	4.40	8.73	7.60	8.20	8.40	58.33	45.80	48.26	50.13	1.18	1.20	1.22	1.22
S.D.	0.25	0.41	0.26	0.63	0.45	0.50	0.41	0.50	4.53	5.46	3.61	4.47	0.09	0.09	0.07	0.06

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค12 ผลการเจริญเติบโตและความสามารถในการรอดชีวิตของลูกไรน้ำในรุ่น F_2 (รุ่นที่ 2)

รุ่นที่	จำนวนครั้งของการฟักไข่แบบไม่อาศัยเพศ (ครั้ง)				อายุ (วัน)				จำนวนลูกทั้งหมด (ตัว)				ขนาด (มิลลิเมตร)			
	ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)			
	ชุดควบคุม	.100	.060	.040	ชุดควบคุม	.100	.060	.040	ชุดควบคุม	.100	.060	.040	ชุดควบคุม	.100	.060	.040
1	4	5	4	5	8	9	8	8	56	42	38	46	1.25	1.20	1.00	1.25
2	4	5	5	5	8	8	8	8	45	46	47	48	1.25	1.10	1.25	1.25
3	5	5	5	5	8	8	8	8	49	41	49	41	1.25	1.20	1.25	1.20
4	5	4	4	5	8	8	8	8	52	40	44	37	1.20	1.10	1.25	1.10
5	5	5	4	6	8	8	8	9	49	40	42	50	1.25	1.25	1.25	1.25
6	5	5	6	4	8	8	9	8	58	43	50	48	1.10	1.25	1.25	1.25
7	5	5	4	5	8	8	8	8	59	42	38	51	1.00	1.25	1.20	1.25
8	5	5	5	5	8	8	9	9	59	46	48	46	1.25	1.25	1.25	1.25
9	5	5	5	5	8	8	9	9	57	40	50	42	1.25	1.20	1.25	1.25
10	5	3	5	5	8	8	9	8	57	40	48	38	1.25	1.25	1.25	1.00
11	5	3	5	5	8	8	9	8	60	37	50	52	1.20	1.25	1.25	1.25
12	5	5	5	5	8	8	8	9	48	42	44	48	1.25	1.25	1.25	1.25
13	5	5	5	4	8	8	9	8	52	47	50	48	1.20	1.20	1.25	1.25
14	4	4	4	5	8	8	8	8	43	46	34	48	1.25	1.10	1.10	1.25
15	4	4	5	4	8	8	8	8	40	44	38	42	1.25	1.20	1.20	1.20
เฉลี่ย	4.73	4.53	4.73	4.86	8.53	8.20	8.46	8.40	55.86	41.80	46.66	48.00	1.18	1.21	1.21	1.21
S.D.	0.45	0.74	0.59	0.52	0.51	0.41	0.52	0.51	5.35	3.80	3.75	4.20	0.08	0.07	0.07	0.08

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข13 ผลของเจลาตินและสารละลายโซเดียมคลอไรด์ต่อความแข็งแรงของวุ้น F_3 (รุ่นที่ 3)

วุ้นที่	จำนวนครั้งของการทดสอบที่ยอมให้ล้มเหลว (ครั้ง)				ราคา (วัน)				จำนวนลูกทั้งหมด (ตัว)				ขนาด (มิลลิเมตร)			
	จำนวนเจลาติน (mg/l)				จำนวนเจลาติน (mg/l)				จำนวนเจลาติน (mg/l)				จำนวนเจลาติน (mg/l)			
	ไม่มีเจลาติน	100	060	040	ไม่มีเจลาติน	100	060	040	ไม่มีเจลาติน	100	060	040	ไม่มีเจลาติน	100	060	040
1	5	4	4	4	9	8	8	8	62	46	55	44	1.25	1.25	1.25	1.25
2	5	4	4	4	9	8	8	8	54	40	49	46	1.20	1.20	1.25	1.20
3	5	4	4	4	9	8	8	8	53	46	46	44	1.10	1.25	1.25	1.25
4	5	4	4	4	9	8	8	7	50	36	36	40	1.20	1.00	1.25	1.25
5	4	4	4	5	8	8	8	9	50	46	46	54	1.25	1.25	1.25	1.25
6	5	4	4	4	9	8	8	8	54	44	44	48	1.25	1.25	1.25	1.25
7	5	3	3	4	9	7	7	8	50	35	40	50	1.10	1.10	1.00	1.25
8	4	3	4	4	8	7	8	8	55	39	48	54	1.25	1.25	1.20	1.25
9	5	4	5	4	9	8	9	9	52	43	46	42	1.25	1.25	1.25	1.25
10	5	4	4	4	9	8	8	8	54	47	46	52	1.10	1.25	1.20	1.25
11	5	3	4	4	9	7	8	7	64	38	44	48	1.20	1.25	1.25	1.20
12	5	4	3	4	9	8	7	8	56	39	41	48	1.25	1.25	1.20	1.25
13	5	4	4	4	9	8	8	9	50	43	50	40	1.10	1.25	1.25	1.25
14	5	3	5	4	9	7	8	8	54	43	50	52	1.25	1.25	1.25	1.25
15	5	4	4	4	9	8	8	8	60	42	49	50	1.25	1.20	1.25	1.25
เฉลี่ย	4.87	3.73	4.00	4.07	8.87	7.73	8.93	8.00	55.86	41.80	46.66	48.00	1.20	1.22	1.22	1.24
S.D.	0.35	0.46	0.53	0.26	0.35	0.46	0.45	0.53	5.35	3.80	3.75	4.20	0.06	0.07	0.06	0.02

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข14 ผลการเจริญพันธุ์ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินรุ่น F_4 (รุ่นที่ 4)

ชุดที่	จำนวนครั้งของการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (ครั้ง)				ระยะเวลาที่ใช้ (วัน)				จำนวนเซลล์ทั้งหมด (เซลล์)				ขนาดของเซลล์ (ไมครอน)			
	ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)			
	ชุดควบคุม	.100	.060	.040	ชุดควบคุม	.100	.060	.040	ชุดควบคุม	.100	.060	.040	ชุดควบคุม	.100	.060	.040
1	5	4	5	5	9	8	9	9	58	40	64	48	1.25	1.25	1.25	1.25
2	5	5	5	4	9	9	8	8	58	52	62	44	1.25	1.25	1.25	1.25
3	5	4	4	5	9	8	8	9	62	38	44	50	1.25	1.20	1.25	1.25
4	5	5	5	4	9	9	9	8	50	42	50	46	1.25	1.25	1.25	1.20
5	6	5	4	4	9	9	8	8	64	49	46	52	1.20	1.25	1.25	1.25
6	6	3	5	5	9	8	9	9	60	40	52	54	1.25	1.20	1.25	1.25
7	5	4	5	5	9	8	9	9	60	46	48	48	1.20	1.25	1.20	1.20
8	5	4	4	4	9	8	8	8	62	44	42	48	1.25	1.25	1.20	1.25
9	5	4	4	4	9	8	8	8	60	36	44	50	1.20	1.20	1.25	1.25
10	5	4	5	4	9	8	9	8	56	38	46	50	1.20	1.00	1.25	1.25
11	5	5	4	5	9	9	8	8	58	52	42	50	1.20	1.25	1.25	1.20
12	5	4	5	4	9	8	8	8	60	38	54	48	1.25	1.25	1.25	1.25
13	5	4	5	5	8	8	9	9	58	42	50	50	1.25	1.25	1.25	1.25
14	5	3	4	5	9	8	8	9	64	40	44	50	1.00	1.25	1.10	1.25
15	5	4	5	4	8	8	9	8	60	40	50	48	1.25	1.25	1.25	1.00
เฉลี่ย	5.13	4.20	4.60	4.46	8.86	8.27	8.46	8.40	59.73	42.73	49.20	49.06	1.22	1.22	1.23	1.22
S.D.	0.35	0.56	0.51	0.52	0.35	0.48	0.52	0.50	3.84	5.07	6.66	2.73	0.06	0.07	0.04	0.07

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ15 ผลของเชื้อบริสุทธิ์ของสารละลายธาตุอาหารเฮ็ดล่อไรน้ำแดงรุ่น F_5 (รุ่นที่ 5)

ชุดที่	จำนวนครั้งของการจับคู่แบบไม่อาศัยเพศ (ครั้ง)				ระยะเวลา (วัน)				จำนวนลูกทั้งหมด (ตัว)				ขนาด (มิลลิเมตร)			
	ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)				ความเข้มข้น (mg/l)			
	น้ำผสมหาทุน	.100	.060	.040	น้ำผสมหาทุน	.100	.060	.040	น้ำผสมหาทุน	.100	.060	.040	น้ำผสมหาทุน	.100	.060	.040
1	5	5	5	5	9	9	9	9	60	58	58	58	1.25	1.25	1.25	1.25
2	5	4	5	5	9	8	9	9	56	52	58	54	1.25	1.25	1.25	1.25
3	5	5	4	5	9	9	8	9	62	44	56	56	1.20	1.00	1.25	1.25
4	6	5	4	5	9	9	8	9	59	50	46	54	1.20	1.20	1.20	1.25
5	5	5	5	4	9	8	9	9	53	52	56	52	1.25	1.25	1.25	1.25
6	5	4	5	5	9	8	9	9	61	48	56	62	1.10	1.25	1.25	1.30
7	5	4	5	5	9	8	9	9	60	60	56	56	1.20	1.25	1.25	1.25
8	6	5	5	6	9	9	9	10	85	48	52	58	1.25	1.20	1.25	1.25
9	5	5	5	6	9	9	9	9	56	60	50	62	1.25	1.25	1.25	1.25
10	5	4	5	5	9	8	9	9	61	50	56	62	1.25	1.25	1.25	1.25
11	5	5	5	6	9	9	9	10	58	46	62	67	1.25	1.20	1.25	1.25
12	6	4	5	4	9	8	9	9	61	46	56	50	1.25	1.25	1.25	1.25
13	5	5	5	6	9	8	9	9	57	56	60	58	1.20	1.20	1.25	1.25
14	5	5	5	5	9	9	9	9	57	46	52	64	1.25	1.00	1.25	1.25
15	5	5	4	6	9	8	8	9	52	50	54	58	1.25	1.25	1.25	1.25
เฉลี่ย	5.20	4.66	4.80	5.20	9.00	8.47	8.80	9.13	59.86	49.26	55.06	58.06	1.23	1.20	1.24	1.25
S.D.	0.41	0.48	0.41	0.67	0.00	0.52	0.41	0.33	7.55	8.50	3.92	4.66	0.04	0.08	0.01	0.01

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช

การคำนวณค่า MATC

การคำนวนค่า MATC (maximum acceptable concentration) ซึ่งเป็นค่าระดับความเข้มข้นของสารทดลองที่ยอมให้มีได้ในแหล่งน้ำ ตามวิธีการของ Biesinger และ Christensen (1972) ได้แนะนำว่าความเข้มข้นในระดับที่ปลอดภัยที่จะนำมาใช้ได้ คือ ความเข้มข้นที่มีผลทำให้ จำนวนลูกไรน้ำแดงลดลงไปน้อยกว่า 16 เปอร์เซนต์ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (16 % reproductive impairment) วิธีการทดลองมีดังต่อไปนี้

1. เลี้ยงไรน้ำแดงในสารละลายทดสอบ 5 ระดับความเข้มข้น และ 1 กลุ่มควบคุม โดยการแยกเพาะเลี้ยงเดี่ยว

2. นับจำนวนลูกไรน้ำแดงที่เกิดขึ้นในสารละลายความเข้มข้นต่างๆ และกลุ่มควบคุม

3. คำนวณเปอร์เซนต์ของจำนวนลูกไรน้ำแดงในสารละลายความเข้มข้นต่างๆ เทียบกับกลุ่มควบคุม (% reproductive impairment) จากสมการ

$$\% \text{ reproductive impairment} = \frac{\text{จำนวนลูกในกลุ่มควบคุม} - \text{จำนวนลูกในความเข้มข้นใดๆ}}{\text{จำนวนลูกในกลุ่มควบคุม}} \times 100$$

4. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % reproductive impairment กับความเข้มข้นต่างๆ ที่ทำการทดลอง แล้วหาค่า (MATC) โดยการลากเส้นกราฟ จากจุด 16 % reproductive impairment ตัดเส้นกราฟที่ได้ แล้วลากเส้นต่อลงมาตัดแกนของความเข้มข้น ณ จุดนั้น คือ ค่าระดับความเข้มข้นที่ยอมให้มีได้ในแหล่งน้ำ โดยไม่เป็นอันตรายแก่สัตว์ทดลอง

ประวัติผู้เขียน

นายโชคชัย อะชุศรี เกิดเมื่อวันที่ 21 ตุลาคม พ.ศ. 2511 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เมื่อปี พ.ศ.2532 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2533

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย