รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2534. **มาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย**. ฝ่ายคุณภาพน้ำ กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

ชูชาติ ชัยรัตน์. 2528. **พิษเฉียบพลันและพิษรองเฉียบพลันของปรอทและตะกั่ว และสารละลายผสมของโลหะทั้งสองชนิดที่มีต่อปลากระพงขาว**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โชคชัย ยะชูศรี. 2536. **พิษรองเฉียบพลันของแคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ในสภาพสารละลายเดี่ยวต่อไรแดง**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

นันทนิตย์ วานิชชาชีวะ. 2538. **สถานการณ์ของโลหะหนักตะกั่ว ปรอท แคดเมียม ในแหล่งน้ำในประเทศไทยและผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย**. รายงานวิชาสัมมนา สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นันทพันธ์ ชินะจิตร. 2507. **การเจริญเติบโตและวิธีสืบพันธุ์แบบ Parthenogenesis ของไรน้ำแดง Moina**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะกสิกรรมและสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, สำรวย เสร็จกิจ และ ทัศนีย์ วัชรกรโยธิน. 2532. การเพาะเลี้ยงไรแดง. **เอกสารเผยแพร่ของกองส่งเสริมการประมง** กรมประมง.

เรวัติ วัฒนานุกูลกิจ. 2531. **ความเป็นพิษของสารลดแรงตึงผิวแอนไอออนนิค และนอนไอออนนิคต่อไรแดง** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แววตา ทองระอา. 2525. **พิษเฉียบพลันของสารละลายผสมของสังกะสี และทองแดงที่มีต่อปลาตะเพียนขาว**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

แววตา ทองระอา. 2529. อิทธิพลร่วมของตะกั่วและแคดเมียมที่มีต่อปลากระพงขาว Lates calcarifer Bloch. **เอกสารงานวิจัย** สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเล. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน.

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

สำรวย เสร็จกิจ. 2533. การผลิตไรแดงในบ่อซีเมนต์. **เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 18**. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืดบางเขน กรมประมง.

ภาษาอังกฤษ

Ahsanullah, M., Mobley, M.C. and Rankin, P. 1988. Individual and combined effects of Zinc, Cadmium and Copper on the marine amphipod Allorchestes compressa. **Aust. J. Mar. Freshwater Res.** 39 : 33-37.

APHA, AWWA and WEF. 1992. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 18th edition. U.S.A. : American Public Health Association.

Bodar, C.W.M., et al. 1990. Cadmium Resistance in Daphnia magna. . **Aquatic Toxicology** 16 : 33-40.

Brown, V.M. 1968. The calculation of the acute toxicity of mixtures of poisons to rainbow trout. **Water Research** 2 : 723-733.

Brown, V.M., Mitrovic, V.V. and Stark, G.T.C. 1968. Effects of Chronic Exposure to Zinc on Toxicityof a Mixture of Detergent and Zinc. **Water Research** 2 : 255-263.

Buikema, A.L., Geiger, J.G. and Lee, D.R. 1980. Daphnia Toxicity Test. **Aquatic Invertebrate Bioassays** ASTM STP 715 : 48-69.

Cairns, J.Jr., Niederlehner, B.R. and Pratt, J.R. 1990. Evaluation of Joint Toxicity of Chlorine and Ammonia to Aquatic Communities. **Aquatic Toxicology** 16 : 87-100.

Calamari, D. 1973. The Toxicity of Mixtures of Metals and Surfactants to Rainbow Trout (Salmo Gairdneri Rich.) **Water Research** 7 : 1453-1464.

Calow, P. 1994. Freshwater Invertebrate Toxicity Tests. **Handbook of Ecotoxicology** vol 1. U.K. : Blackwell Sciene Publication.

_____. 1994. Freshwater Invertebrate Toxicity Tests. **Handbook of Ecotoxicology** vol 2. U.K. : Blackwell Sciene Publication.

Dobson, S. 1992. Kinetics and Metabolism. **Cadmium-Environmental Aspects**. Geneva : World Health Organization.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Eaton, J.G. 1973. Chronic Toxicity of A Copper, Cadmium and Zinc Mixture to the Fathead Minnow (Pimephales Promelas Rafinesque). **Water Research** 7 : 1723-1736

Edmondson, W.T. 1959. Cladocera. **Freshwater Biology** U.S.A. : John Willey & Sons.

Eisler, R. and Gardner, G.R. 1973,. Acute Toxicity to an Estuarine Teleost of Mixtures of Cadmium, Copper and Zinc Salts. **J. Fish. Biol.** 5: 131-142.

Enserink, E.L., Maas-Diepeveen, J.L. and Van Leeuwen, C.J. 1991. Combined Effects of Metals ; An Ecotoxicological Evaluation. **Water Research** 6 : 679-687.

Fergusson, J.E. 1990. Chemistry, Environmental Impact and Health Effects. **The Heavy Elements**. U.S.A. : Pergamon Press.

Forstner, U. and Wittmann, G.T.W. 1981. **Metal Pollution in the Aquatic Environment**. 2nd ed. Germany : Spinger-Verlag Berlin Heideberg.

Hamelink, J.L, et al. 1994. Physical, Chemical, and Biological Interactions. **Bioavailability**. U.S.A. : Lewis Publisher.

Hermens, J. , et al. 1984. Joint Effects of a Mixture of 14 Chemicals on Mortality and Inhibition of Reproduction of Daphnia Magna. **Aquatic Toxicology** 5 : 315-322.

Jeffries, M. and Mills, D. 1990. Animal Communities - The Abiotic World. **Freshwater Ecology Principles and Applications**. U.K. : Belhaven Press.

Katakira, D.Li.M. and Sugawara, N. 1995. Improvement of Acute Cadmium Toxicity by Pretreatment with Copper Salt. **Bull. Environ. Contam. Toxicol**. 54 : 878-883.

Krenkel, P.A. 1975. The Effects of Heavy Metals on Fish and Aquatic Organisms. **Heavy Metals in the Aquatic Environment**. U.K. : Pergamon Press.

Lewis, M. 1978. Acute Toxicity of Copper, Zinc and manganese in single and mixed salt solutions to Juvenile Longfin dace, Agosia chrysogaster. **J. Fish. Biol**. 13 : 695-700.

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

Marking, L.L. 1977. Method for Assessing Additive Toxicity of Chemical Mixtures. **Aquatic Toxicology and Hazard Evaluation**, ASTM STP 643 : 99-108.

Moulder, S.M. 1980. Combined effect of the chlorides of mercury and copper in sea water on the euryhaline amphipod Gammarus duebeni. **Mar. Biol.** 59 : 193-200.

Mwangi, S.M. and Alikhan, M.A. 1993. Cadmium and Nickel Uptake by Tissues of Cambarus Bartoni (Astacidae, Decapepod, Crustacean) : Effects on Copper and Zinc Stores. **Water Research** 27 : 921-927.

Newman, C.M. and McIntosh, A.W. 1991. Concepts & Applications. **Metal Ecotoxicology**. U.S.A. : Lewis Publishers, INC.

Nriagu, J.O. 1979. **Toxicity of Copper to Aquatic Biota. Copper in the Environment**. U.S.A. : John Willey & Sons.

_____. 1979. Interactions of Copper with Other Trace Elements. **Copper in the Environment**. U.S.A. : John Willey & Sons.

_____. 1980. Zinc Pollution and The Ecology of The Freshwater Environment. **Zinc in the Environment**. U.S.A. : John Willey & Sons.

_____. 1980. Speciation of Zinc in Natural waters. **Zinc in the Environment**. U.S.A. : John Willey & Sons.

_____. 1981. Metabolism and Toxicity of Cadmium in Animals. **Cadmium in the Environment**. U.S.A. : John Willey & Sons.

Pattanee Saisombat. 1983. **Synergistic Effects of Cadmium and Zinc to Walking Catfish, Clarias macrocephalus Gunther**. Master's Thesis, Environmental Biology, Graduate school, Mahidol University.

Pierce, J.B. 1970. Chemistry of Selected Metals. **The Chemistry of Matter**. U.S.A. : Houghton Mifflin Company.

Prasong Rojlertjanya. 1983. **Acute Toxicity of Copper and Cadmium in Single and Mixed Salt Solutions to Juvenile Giant Freshwater Prawn, *Macrobrachium Rosenbergii* de Man**. Master's Thesis, Environmental Biology, Graduate school, Mahidol University.

Rand, G.M. and Petrocelli, S.R. 1985. **Fundamentals of Aquatic Toxicology**. U.S.A. : Hemisphere Publishing Corporation.

Ravera, O. 1979. Heavy Metal Pollution in Freshwater Ecosystems. **Biological Aspects of Freshwater Pollution**. U.S.A. : Pergamon Press.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Roales, R.R. and Perlmutter, A. 1974. Toxicity of Methylmercury and Copper, Applied Singly and Jointly, to the Blue Gourami, Trichogaster trichopterus. **Bull. Environ. Contam.Toxicol.** 5 : 633-639.

Roberts, S., Vasseur, P. and Dive, D. 1990. Combined Effects Between Atrazine, Copper and pH, on Target and Non Target Species. **Water Research** 4 : 485-491.

Saunders, R.L. and Sprague, J.B. 1967. Effects of Copper-Zinc Mining Pollution on A Spawning Migration of Atlantic Salmon. **Water Research** 1 : 419-432.

Spear, P.A. and Pierce, R.C. 1979. Chemistry, Distribution and Toxicology. **Copper in the Aquatic Environment**. Associate Committee on Scientific Criteria for Environmental Quality. Canada : Conseil National de Recherches.

Spehar, R.L., Leonard, E.N. and DeFoe,D.L. 1978. Chronic Effects of Cadmium and Zinc Mixtures on Flagfish (Jordanella floridae). **Trans. Am. Fish. Soc.** 107(2) : 354-360

Sprague, J.B. and Ramsay, B.A. 1965. Lethal Levels of Mixed Copper-Zinc Solutions for Juvenile Salmon. **J. Fish. Res. Bd. Canada.** 22(2) : 425-432.

Sprague, J.B. 1964. Lethal Concentrations of Copper and Zinc for Young Atlantic Salmon. **J. Fish. Res. Bd. Canada.** 21(1) : 17-26.

Stuhlbacher, A., et al .1992. Induction of Cadmium Tolerance in Two Clones of Daphnia magna Straus. **Comp. Biochem. Physiol.** 101C : 571-577.

Sullivan, J.B. and Krieger, G.R. 1992. **Hazardous Materials Toxicology.** U.S.A. : Williams & Wilkins.

Taylor, E.W. 1996. Physiological, Molecular and Cellular Approaches. **Toxicology of Aquatic Pollution**. U.S.A. : Cambridge University Press.

Tsai, C. and McKee, J.A. 1980. Acute Toxicity to Goldfish of Mixtures of Chloramines, Copper, and Linear Alkylate Sulfonate. **Trans. Am. Fish. Soc.** 109 : 132-141.

Vernet, J. P. 1991. The Regulation of Heavy Metal Concentration in Natural Aquatic Systems. **Heavy Metals in the Envionment**. Amsterdam : Elsevier.

Verripoulos, G and Dimas, S. 1988. Combined Toxicity of Copper, Cadmium, Zinc, Lead, Nickel, and Chrome to the Copepod Tisbe holothuriae. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.** 41 : 378-384.

Viarengo, A. and Nott, J.A. 1993. Mechanisms of Heavy Metal Cation Homeosis in Marine Invertebrates. **Comp. Biochem. Physiol**. 104C : 355-372.

Vijiayram, K. and Geraldine, P. 1996. Regulation of Essential Heavy Metals (Cu, Cr and Zn) by the Freshwater Prawn Macrobrachium malcolmsonii (Milne Edwards). **Bull. Environ. Contam. Toxicol.** 56 : 335-342.

Vouk, V.B., Butler, G. C., Upton, A.C., Parke, D.V. and Asher, S.C. 1987. **Methods for Assessing the Effects of Mixtures of Chemicals, (SCOPE 30).** U.S.A. : John Willey & Sons.

Waterman, T.H. 1960. **The Physiology of Crustacea**. New York : Academic Press.

Yamamura, M., Hatakeyama, S. and Suzuki,K.T. 1983. Cadmium Uptake and Induction of Cadmium-binding Protein in The Waterflea (Moina macrocopa). **Bull. Environ.Contam. Toxicol.** 30 : 298-302.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

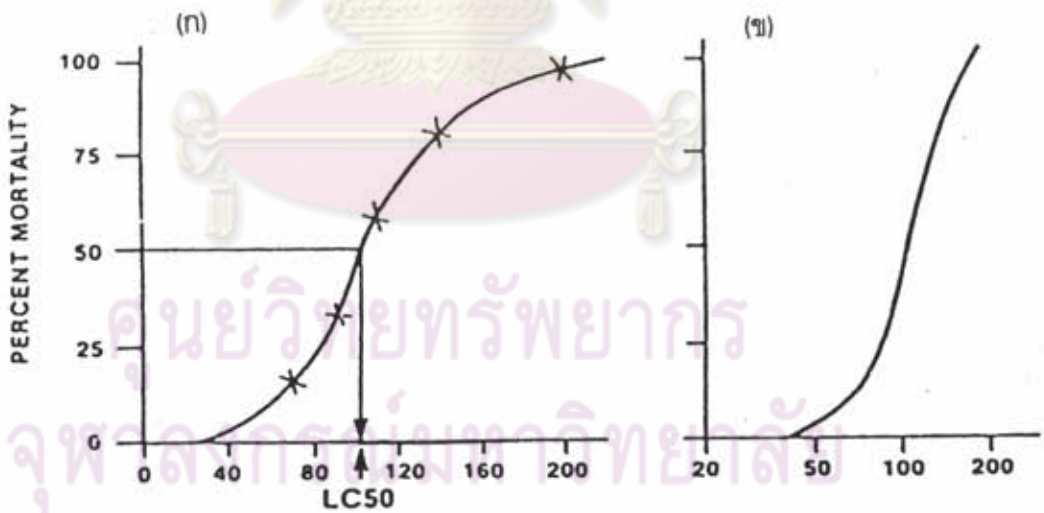
ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การหาค่าความเป็นพิษเฉียบพลัน

วิธีการในทางสถิติที่นิยมใช้ในการหาค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของสารพิษต่อสัตว์ทดลองที่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน คือ วิธีโพรบิต (probit analysis) ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์ที่พัฒนาโดย Finney (1974) โดยให้สิ่งมีชีวิต หรือสัตว์ทดลองได้รับสารพิษ หรือตัวกระตุ้น (stimuli) ชนิดใดชนิดหนึ่ง แล้วจะพบว่าสิ่งมีชีวิตจะตอบสนองต่อตัวกระตุ้นนั้น โดยที่จำนวนของสิ่งมีชีวิตที่แสดงอาการตอบสนอง (response) ต่อสารพิษจะแตกต่างกันที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ซึ่งเรียกการตอบสนองของสัตว์ทดลองนี้ว่า biological variation โดยตัวที่อ่อนแอหรือว่องไวต่อการตอบสนอง (sensitivity) จะแสดงอาการก่อนเมื่อได้รับสารพิษที่ความเข้มข้นระดับต่ำ ๆ ส่วนตัวที่ทนทานต่อสารพิษ จะแสดงอาการเมื่อได้รับสารพิษที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้น ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นหรือปริมาณ (dose) และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิต จะมีลักษณะเป็นเส้นโค้ง ในลักษณะซิกมอยด์ (sigmoid curve) ดังรูปที่ ก-1



รูปที่ ก-1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารพิษ และเปอร์เซนต์การตอบสนองของสัตว์ทดลองมีลักษณะเป็นเส้นโค้งซิกมอยด์(ก) และเปลี่ยนเป็นกราฟล็อค (ข) (Rand และ Petrocelli, 1985)

เมื่อนำความสัมพันธ์ ระหว่างความเข้มข้นของสารพิษ กับการตอบสนองของสิ่งมีชีวิต (dose response relationship) มาแจกแจงความถี่ จะได้แผนภูมิการแจกแจงเป็นรูปโค้งระฆังคว่ำ (normal frequency distribution) ดังแสดงในรูป ก-2 โดยกลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ทางซ้ายสุดของเส้นโค้งนี้ คือ พวกที่ตอบสนองได้ว่องไวที่สุด และพวกที่อยู่ทางขวาสุด คือ พวกที่ทนทานต่อสารพิษ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อมาพิจารณาถึงการแจกแจงประชากรแบบปกติ โดยประชากรในที่นี้ หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่ตอบสนองต่อสารพิษที่ใช้ทดลอง และมีองศาความเท่ากันของประชากร (degree of population homogenity) ก็คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, σ) ซึ่งส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานนี้จะใช้วัดการกระจายของข้อมูลจากค่าเฉลี่ย (mean) สำหรับการทดลองทางพิษวิทยานี้ ค่าเฉลี่ยของการแจกแจงประชากรของสัตว์ทดลอง คือ ค่า log ED_{50} นั่นเอง ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 1

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma(\mu - X)^2}{N-1}} \qquad \text{.....(1)}$$

เมื่อ N คือ จำนวนของสัตว์ทดลอง

μ คือ ค่า log ED_{50}

และ X คือ ค่า log ของระดับความเข้มข้นใด ๆ

ถ้าคำนวณประชากรของสิ่งมีชีวิตภายใต้โค้งแจกแจงความถี่แบบปกติ เมื่อมีค่า $\mu + 1\sigma$, $\mu + 2\sigma$ และ $\mu + 3\sigma$ จะมีค่าเท่ากับร้อยละ 68.3, 95.5 และ 97.7 ของประชากรสัตว์ทดลองดังรูปที่ ก-2 แต่จากค่า ED_{50} ที่จะหาได้จากโค้งซิกมอยด์ตามรูปที่ ก-1 จะมีค่าที่ถูกต้องแม่นยำ จำเป็นต้องมีข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความความเข้มข้น และร้อยละของการตอบสนองจำนวนมาก เพื่อแก้ปัญหานี้ จึงต้องพยายามเปลี่ยนเส้นโค้งให้เป็นเส้นตรง ซึ่งทำได้โดยการเปลี่ยนค่าความน่าจะเป็นในการตอบสนองให้อยู่ในรูปของเทอม normal equivalen deviation (N.E.D.) โดยสมการที่ 2

$$Y^* = \frac{(X - \mu)}{\sigma} \qquad \text{.....(2)}$$

เมื่อ $X = \mu$ จะได้ $Y^* = 0$

Y^* = N.E.D. ของค่า P (probability) ใด ๆ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1

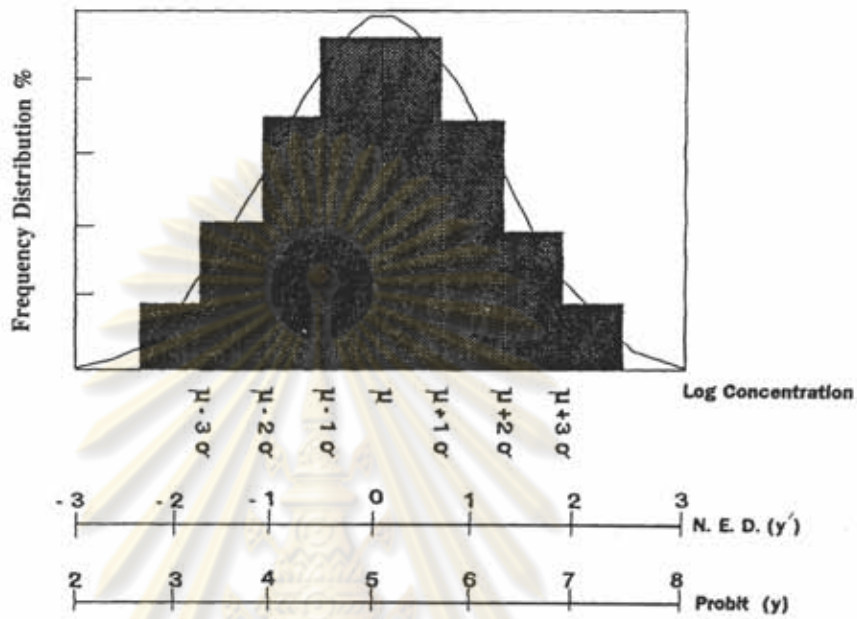
เมื่อ $\mu = 0$ และ $\sigma = 1$

X = ค่า log ของความเข้มข้นใด ๆ ถ้าให้ $b = 1/\sigma$ และ $a = \mu/\sigma$

ดังนั้น ความสัมพันธ์ระหว่างค่า N.E.D. กับค่าความเข้มข้นจะเป็นสมการเส้นตรง คือ

$$Y^* = a + bx \qquad \text{.....(3)}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก-2 การแจกแจงความถี่แบบโค้งปกติของประชากรสัตว์ทดลอง (Rand และ Petrocelli, 1971)

จากสมการที่ 3 จะเห็นว่า Y* จะมีค่าอยู่ระหว่าง $-\alpha$ ถึง α และจะมีค่าเป็นลบ เมื่อ P น้อยกว่า 0.5 ดังนั้น เพื่อความสะดวกในการหาค่าทางสถิติ จึงใช้ค่าโพรบิตแทนค่า N.E.D. โดยใช้

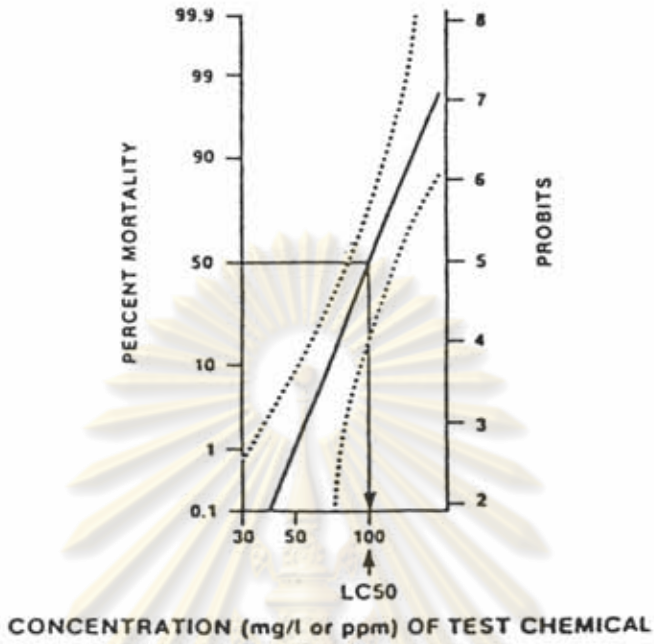
$$\text{probit } (y) = 5 + y^*$$

$$y = 5 + a + bx$$

ถ้าให้ $a^* = 5 + a$

ดังนั้น $y = a^* + bx$ .....(4)

ซึ่งสมการข้างต้นได้รับการเสนอโดย Bliss (1934) แม้ว่าจะเพิ่มค่าคงที่ลงไปเพื่อปรับหน่วยให้มีค่าเป็นบวกเมื่อค่า P น้อยกว่า 0.5 แล้ว แต่สมการที่ 4 ก็ยังเป็นสมการเส้นตรง ด้วยเหตุนี้ การหาค่า ED_{50} จึงหาได้จากกราฟเส้นตรง (probit line) ระหว่างความเข้มข้นและค่าโพรบิต ดังแสดงในรูปที่ ก-3 โดยเปลี่ยนค่าร้อยละของการตอบสนองเป็นค่าโพรบิตเสียก่อน โดยอาจดูจากตารางสำเร็จก็ได้ (Finney, 1971)



รูปที่ ก-3 กราฟเส้นตรงแสดงความเข้มข้นและค่าโพรบิต (Rand และ Petrocelli, 1985)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

วิธีการเพาะเลี้ยงไรแดง

วิธีการเพาะเลี้ยงไรแดงที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ดัดแปลงจากวิธีการเพาะเลี้ยงไรแดงของสถานีประมงน้ำจืด กรมประมง จังหวัดปทุมธานี ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมกับสภาวะห้องปฏิบัติการ โดยมีขั้นตอนการเพาะเลี้ยง ดังนี้

(1) การเตรียมน้ำเพาะเลี้ยงไรแดง

น้ำที่ใช้สำหรับเพาะเลี้ยงไรแดงเป็นน้ำจากแหล่งเดียวกับที่ใช้ในการทดลอง

(2) การเตรียมอาหาร (สาหร่าย)

การเพาะสาหร่ายคลอเรลลา (Chlorella sp.) หรือเรียกว่า น้ำเขียว ใช้หัวเชื้อสาหร่ายจากสถาบันพัฒนาจากสถาบันพัฒนาและค้นคว้าผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ การเพาะสาหร่ายใช้สูตรส่วนผสมซึ่งประกอบด้วย อามิ-อามิ (กากผงชูรส) 2 มิลลิลิตร ปุ๋ยนา N-P-K (สูตร 16-16-0) 0.1 กรัม ยูเรีย 0.1 กรัม ปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟต (P_2O_5) 0.01 กรัม ปูนขาว 0.2 กรัม และหัวเชื้อสาหร่าย 5 มิลลิลิตร ผสมน้ำให้ได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ เติมอากาศและควบคุมแสงสว่างในสัดส่วนกลางวันต่อกลางคืนเป็น 16 ต่อ 8 ชั่วโมง อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 วัน จะได้น้ำเขียวสีเขียวเข้มซึ่งเจริญเติบโตเต็มที่ นำน้ำเขียวที่ได้ไปเจือจางด้วยน้ำในอัตราส่วน 1 : 20 เพื่อใช้เลี้ยงไรแดงต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(3) การเพาะเลี้ยง

คัดเลือกไรแดงอายุไม่เกิน 24 ชั่วโมง เพื่อมาเพาะเลี้ยงในสารละลายอาหารที่เตรียมไว้ โดยให้มีความหนาแน่นของไรแดงประมาณ 100 ตัวต่อลิตร เติมอากาศเพียงเบา ๆ ต่อเนื่องกันเป็นเวลา 2-3 วัน ไรแดงเจริญเป็นตัวเต็มวัยและสามารถให้ลูกไรแดงเพื่อใช้ในการทดลองได้ ส่วนลูกไรแดงที่ไม่ใช้ทดลองนำไปเลี้ยงในสารละลายอาหารในความเข้มข้นเดิมที่เตรียมขึ้นใหม่ จนกระทั่งไรแดงเจริญเติบโตเต็มที่อีกครั้ง

ภาคผนวก ค

การคำนวณค่า MATC

การคำนวณหาค่า MATC (maximum acceptable toxicant concentration) ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นของสารทดลองที่ยอมให้มีได้ในแหล่งน้ำ ตามวิธีการของ Biesinger และ Christensen (1972) โดยใช้ระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัยต่อสัตว์ทดลอง คือ ความเข้มข้นที่มีผลทำให้จำนวนลูกไรแดงลดลงไปน้อยกว่าร้อยละ 16 เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (16 % reproductive impairment) ซึ่งเป็นระดับที่ถือว่าไม่มีผลกระทบต่อการแพร่พันธุ์ของไรแดง มีขั้นตอนการหาค่า MATC ดังนี้ คือ

(1) เลี้ยงไรแดงในสารละลายระดับความเข้มข้นพิษรองเฉียบพลัน 3 ระดับความเข้มข้น และ 1 ชุดควบคุม โดยแยกเพาะเลี้ยงเดียวในหลอดทดลอง

(2) นับจำนวนลูกไรแดงที่เกิดขึ้นในสารละลายที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และกลุ่มควบคุม

(3) คำนวณเปอร์เซนต์ของจำนวนลูกไรแดงที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เทียบกับกลุ่มควบคุม (% reproductive impairment) ดังแสดงในสมการ

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

(4) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % reproductive impairment กับความเข้มข้นของสารที่ระดับต่าง ๆ แล้วลากเส้นตรงจากจุด 16 % reproductive impairment ตัดกับเส้นกราฟที่ได้ และลากเส้นต่อลงมาตัดแกนของความเข้มข้น ซึ่งจุดที่ตัดนี้คือ ค่า MATC ของสารที่ทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

การใช้โปรแกรม SPSS for WINDOWS release 6.1

การวิเคราะห์โพรบิต

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบพิษเฉียบพลันของสารละลายคู่ผสมของแคดเมียม ทองแดง และสังกะสี เพื่อหาค่า LC_{50} ในระยะเวลาต่าง ๆ สามารถหาได้โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ซึ่งการเขียนข้อมูลและคำสั่งต่าง ๆ เป็นไปตามรูปแบบที่กำหนดไว้ในโปรแกรม เมื่อนำข้อมูลเข้าประมวลผลในโปรแกรมแล้ว สามารถแสดงผลออกมาได้ดังตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

* * * * * * * * * * * * PROBIT ANALYSIS * * * * * * * * * * * *

Data Information : Cd:Cu (1:1) 48-hr

5 unweighted cases accepted.

0 cases rejected because of missing data.

0 cases are in the control group.

0 cases rejected because LOG-transform can't be done.

Model Information

Only Normal Sigmoid is requested.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

* * * * * * * * * * * * PROBIT ANALYSIS * * * * * * * * * * * *

Parameter estimates converged after 14 iterations.

Optimal solution found.

Parameter Estimates (PROBIT model: (PROBIT(p)) = Intercept + BX):

	Regression Coeff.	Standard Error	Coeff./S.E.
CONC	42.87567	4.85389	8.83326

Intercept	Standard Error	Intercept/S.E.
-18.01732	2.04414	-8.81412

Pearson Goodness-of-Fit Chi Square = 4.015 DF = 3 P = .260

Since Goodness-of-Fit Chi square is NOT significant, no heterogeneity factor is used in the calculation of confidence limits.

********** PROBIT ANALYSIS **********

Observed and Expected Frequencies

CONC	Number of Subjects	Observed Responses	Expected Responses	Residual	Prob
.34	50.0	.0	.021	-.021	.00043
.38	50.0	4.0	2.156	1.844	.04313
.41	50.0	16.0	20.548	-4.548	.41097
.45	50.0	45.0	43.796	1.204	.87593
.48	50.0	50.0	49.632	.368	.99265

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

********** PROBIT ANALYSIS **********

Confidence Limits for Effective CONC

		95% Confidence Limits	
Prob	CONC	Lower	Upper
.01	2.32255	2.23442	2.38305
.02	2.35680	2.27606	2.41262
.03	2.37879	2.30277	2.43167
.04	2.39547	2.32302	2.44618
.05	2.40912	2.33956	2.45809
.06	2.42081	2.35370	2.46831
.07	2.43110	2.36614	2.47735
.08	2.44035	2.37730	2.48550
.09	2.44879	2.38746	2.49296
.10	2.45659	2.39683	2.49988
.15	2.48914	2.43572	2.52903
.20	2.51532	2.46663	2.55291
.25	2.53800	2.49304	2.57402
.30	2.55854	2.51657	2.59355
.35	2.57772	2.53815	2.61222
.40	2.59605	2.55836	2.63051
.45	2.61392	2.57761	2.64880
.50	2.63162	2.59623	2.66741
.55	2.64944	2.61450	2.68663
.60	2.66767	2.63272	2.70681
.65	2.68664	2.65120	2.72832
.70	2.70678	2.67032	2.75168
.75	2.72869	2.69061	2.77762
.80	2.75329	2.71288	2.80733
.85	2.78225	2.73853	2.84292

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

.90	2.81911	2.77049	2.88902
.91	2.82809	2.77818	2.90036
.92	2.83788	2.78653	2.91276
.93	2.84867	2.79570	2.92649
.94	2.86078	2.80594	2.94194
.95	2.87466	2.81762	2.95972
.96	2.89104	2.83135	2.98079
.97	2.91131	2.84824	3.00699
.98	2.93848	2.87074	3.04228
.99	2.98181	2.90637	3.09896

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาพิษรองเฉียบพลัน นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (Analysis of Variance) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลระหว่างกลุ่มทดลอง โดยวิธีของ Duncan's multiple range test โดยใช้โปรแกรม SPSS for MS WINDOWS release 6.1 ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ดังแสดงในรายละเอียดต่อไปนี้

(1) การทดสอบความแตกต่างระหว่างชุดทดลอง ในแต่ละรุ่นของไรแดง

----- ONEWAY -----

Variable F1

By Variable CONC

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	51838.5500	17279.5167	81.4920	.0000
Within Groups	76	16115.0000	212.0395		
Total	79	67953.5500			

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Multiple Range Tests: Duncan test with significance level .05

The difference between two means is significant if

MEAN(J)-MEAN(I) >= 10.2966 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))

with the following value(s) for RANGE:

Step	2	3	4
RANGE	2.82	2.96	3.06

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

Mean	CONC	G G G G r r r r p p p p 4 3 2 1
42.6000	Grp 4	
67.2000	Grp 3	*
95.8000	Grp 2	* *
108.1000	Grp 1	* * *

Variable F2

By Variable CONC

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	50396.0500	16798.6833	81.8739	.0000
Within Groups	76	15593.5000	205.1776		
Total	79	65989.5500			

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Multiple Range Tests: Duncan test with significance level .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

The difference between two means is significant if

MEAN(J)-MEAN(I) >= 10.1286 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))

with the following value(s) for RANGE:

Step	2	3	4
RANGE	2.82	2.96	3.06

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

Mean	CONC	G G G G r r r r p p p p 4 3 2 1
59.2500	Grp 4	
86.1000	Grp 3	*
105.5000	Grp 2	* *
127.4500	Grp 1	* * *

Variable F3

By Variable CONC

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	60909.1375	20303.0458	89.5999	.0000
Within Groups	76	17221.3500	226.5967		
Total	79	78130.4875			

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Multiple Range Tests: Duncan test with significance level .05

The difference between two means is significant if

MEAN(J)-MEAN(I) >= 10.6442 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))

with the following value(s) for RANGE:

Step	2	3	4
RANGE	2.82	2.96	3.06

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

Mean	CONC	G G G G r r r r p p p p 4 3 2 1
46.6500	Grp 4	
67.6000	Grp 3	*
82.7000	Grp 2	* *
122.1000	Grp 1	* * *

Variable F4

By Variable CONC

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	142206.6375	47402.2125	269.5474	.0000
Within Groups	76	13365.2500	175.8586		
Total	79	155571.8875			

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Multiple Range Tests: Duncan test with significance level .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

The difference between two means is significant if

MEAN(J)-MEAN(I) >= 9.3771 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))

with the following value(s) for RANGE:

Step	2	3	4
RANGE	2.82	2.96	3.06

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

Mean	CONC	G G G G r r r r p p p p 4 3 2 1
10.2500	Grp 4	
42.6500	Grp 3	*
71.4500	Grp 2	* *
125.0000	Grp 1	* * *

Variable F5

By Variable CONC

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	172358.7000	57452.9000	319.8585	.0000
Within Groups	76	13651.1000	179.6197		
Total	79	186009.8000			

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Multiple Range Tests: Duncan test with significance level .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

The difference between two means is significant if

MEAN(J)-MEAN(I) >= 9.4768 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))

with the following value(s) for RANGE:

Step	2	3	4
RANGE	2.82	2.96	3.06

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

		G G G G
		r r r r
		p p p p
		4 3 2 1
Mean	CONC	
.0000	Grp 4	
41.2500	Grp 3	*
62.1500	Grp 2	* *
128.4000	Grp 1	* * *

หมายเหตุ Grp 1 หมายถึง ข้อมูลในชุดควบคุม

Grp 2 หมายถึง ข้อมูลในชุดทดลองที่ระดับความเข้มข้น 1ส่วน 10 ของ 48-h LC_{50}

Grp 3 หมายถึง ข้อมูลในชุดทดลองที่ระดับความเข้มข้น 1ส่วน 6 ของ 48-h LC_{50}

Grp 4 หมายถึง ข้อมูลในชุดทดลองที่ระดับความเข้มข้น 1ส่วน 4 ของ 48-h LC_{50}

(2) การทดสอบความแตกต่างของข้อมูลระหว่างรุ่น F1 ถึง F5 ของไรแดง

----- ONEWAY -----

Variable NUMBER

By Variable ALF

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	4	5453.2400	1363.3100	4.1926	.0036
Within Groups	95	30891.3500	325.1721		
Total	99	36344.5900			

Multiple Range Tests: Duncan test with significance level .05

The difference between two means is significant if

MEAN(J)-MEAN(I) >= 12.7509 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))

with the following value(s) for RANGE:

Step	2	3	4	5
RANGE	2.81	2.96	3.05	3.12

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

		G G G G G
		r r r r r
		p p p p p
		1 3 4 2 5
Mean	ALF	
108.1000	Grp 1	
122.1000	Grp 3	*
125.0000	Grp 4	*
127.4500	Grp 2	*
128.4000	Grp 5	*

หมายเหตุ Grp 1 หมายถึง ข้อมูลของรุ่น F1

Grp 2 หมายถึง ข้อมูลของรุ่น F2

Grp 3 หมายถึง ข้อมูลของรุ่น F3

Grp 4 หมายถึง ข้อมูลของรุ่น F4

Grp 5 หมายถึง ข้อมูลของรุ่น F5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

ตารางบันทึกผลการทดลองพิษรองเฉียบพลัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ-1 จำนวนลูกของไรแดงในแต่ละรุ่น : ชุดทดลอง Cd และ Cu (1:2)

ชุด	จำนวนลูก (ตัว)					ชุด	จำนวนลูก (ตัว)					ชุด	จำนวนลูก (ตัว)					ชุด	จำนวนลูก (ตัว)				
control	F1	F2	F3	F4	F5	1/10	F1	F2	F3	F4	F5	1/6	F1	F2	F3	F4	F5	1/4	F1	F2	F3	F4	F5
1	67	135	127	134	109	1	75	115	63	85	72	1	56	109	64	66	22	1	39	81	37	13	0
2	94	110	135	130	124	2	80	113	83	97	86	2	62	71	98	58	38	2	54	46	40	8	0
3	145	110	98	112	146	3	90	139	73	78	55	3	85	77	62	30	28	3	26	54	42	7	0
4	111	108	101	104	122	4	94	125	67	59	56	4	50	70	65	44	52	4	31	54	51	14	0
5	124	111	93	107	133	5	90	123	61	59	85	5	46	108	54	42	55	5	30	44	46	11	0
6	83	109	122	106	120	6	82	110	59	54	54	6	54	98	55	33	29	6	40	58	36	9	0
7	142	131	120	117	107	7	102	81	91	51	41	7	84	109	85	34	50	7	45	53	50	11	0
8	117	136	148	141	135	8	103	105	98	55	40	8	60	97	72	60	56	8	52	54	46	12	0
9	108	130	122	141	133	9	107	122	89	74	48	9	68	87	87	45	49	9	33	65	37	8	0
10	128	129	142	136	147	10	96	82	65	54	44	10	81	90	82	60	43	10	56	60	46	10	0
11	92	113	150	155	131	11	84	89	78	53	45	11	53	91	62	34	27	11	42	76	40	8	0
12	137	124	98	104	129	12	93	82	96	69	68	12	62	75	76	44	35	12	28	67	59	9	0
13	110	131	174	162	156	13	113	120	82	96	46	13	72	83	63	31	53	13	35	48	37	12	0
14	98	144	122	139	144	14	105	110	79	63	62	14	63	72	58	34	34	14	58	77	63	12	0
15	97	153	110	123	150	15	98	112	100	79	51	15	80	81	56	31	49	15	60	53	59	12	0
16	102	157	128	119	101	16	110	81	102	83	40	16	58	82	55	44	46	16	48	73	57	11	0
17	89	117	105	107	114	17	97	117	93	99	98	17	60	80	56	34	34	17	59	44	55	13	0
18	86	142	99	122	119	18	89	102	81	76	87	18	85	69	89	30	49	18	36	54	48	7	0
19	120	128	132	138	126	19	110	85	99	64	98	19	90	75	64	41	46	19	30	57	47	8	0
20	112	131	116	103	122	20	98	97	95	81	67	20	75	98	49	58	30	20	50	67	37	10	0
Mean	108.10	127.45	122.10	125.00	128.40	Mean	95.80	105.50	82.70	71.45	62.15	Mean	67.20	86.10	68.83	42.65	41.25	Mean	42.60	59.25	46.65	10.25	0
SD	20.69	14.72	20.94	17.81	15.01	SD	10.63	17.37	14.19	15.61	19.5	SD	13.34	13.31	13.93	11.74	10.63	SD	11.36	11.18	8.518	2.149	0

ตารางที่ ฉ-2 จำนวนครั้งในการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศในแต่ละรุ่น : ชุดทดลอง Cd และ Cu (1:2)

ชุด	จำนวนครั้ง (ครั้ง)					ชุด	จำนวนครั้ง (ครั้ง)					ชุด	จำนวนครั้ง (ครั้ง)					ชุด	จำนวนครั้ง (ครั้ง)				
control	F1	F2	F3	F4	F5	1/10	F1	F2	F3	F4	F5	1/6	F1	F2	F3	F4	F5	1/4	F1	F2	F3	F4	F5
1	7	11	10	12	10	1	8	10	6	7	6	1	6	7	5	5	3	1	3	7	3	1	0
2	9	9	12	12	11	2	8	9	9	8	7	2	6	6	8	5	5	2	5	5	3	1	0
3	11	9	8	9	12	3	8	12	9	6	5	3	8	7	5	3	3	3	2	5	4	1	0
4	9	10	9	11	10	4	9	11	8	5	5	4	5	6	6	4	6	4	4	6	5	1	0
5	10	9	8	10	12	5	9	10	5	5	8	5	5	8	4	4	6	5	3	5	4	1	0
6	6	9	10	12	11	6	8	9	5	5	6	6	5	9	4	3	3	6	4	5	3	1	0
7	9	10	9	9	10	7	9	8	8	5	5	7	6	8	7	3	6	7	5	5	4	1	0
8	8	10	13	12	10	8	9	11	9	5	4	8	7	8	8	6	5	8	5	6	4	1	0
9	9	10	9	11	11	9	9	12	8	7	6	9	6	7	7	4	5	9	4	6	3	1	0
10	10	9	13	12	13	10	9	8	6	5	5	10	8	8	7	6	4	10	5	7	4	1	0
11	8	8	13	13	10	11	9	8	7	5	5	11	5	7	5	3	3	11	3	6	4	1	0
12	11	10	7	8	9	12	8	8	8	6	9	12	6	7	5	4	4	12	2	6	4	1	0
13	9	12	14	14	13	13	9	12	7	8	5	13	7	7	6	3	5	13	3	5	4	1	0
14	9	10	9	11	11	14	9	10	6	5	7	14	5	7	5	3	4	14	5	6	4	1	0
15	9	12	9	9	11	15	8	11	9	6	5	15	7	8	5	3	5	15	5	6	4	1	0
16	9	11	10	9	8	16	9	9	9	7	4	16	5	7	6	4	4	16	4	6	5	1	0
17	8	9	9	8	9	17	8	11	8	8	9	17	6	7	5	5	3	17	5	5	4	1	0
18	8	10	8	10	9	18	8	9	7	7	10	18	7	6	8	4	5	18	3	5	3	1	0
19	10	9	11	11	10	19	10	7	8	5	8	19	8	6	6	4	4	19	3	5	4	1	0
20	10	11	10	9	10	20	8	8	7	7	6	20	7	7	5	6	3	20	4	6	4	1	0
Mean	8.95	9.90	10.05	10.60	10.50	Mean	8.60	9.65	7.45	6.10	6.25	Mean	6.25	7.15	5.89	4.10	4.30	Mean	3.85	5.65	3.85	1.00	0
SD	1.234	1.071	1.986	1.698	1.318	SD	0.598	1.565	1.317	1.165	1.743	SD	1.07	0.813	1.268	1.071	1.081	SD	1.04	0.671	0.587	0	0

ตารางที่ ฉ-3 อายุของไรแดงในแต่ละรุ่น : ชุดทดลอง Cd และ Cu (1:2)

ชุด control	อายุ (วัน)					ชุด 1/10	อายุ (วัน)					ชุด 1/6	อายุ (วัน)					ชุด 1/4	อายุ (วัน)				
	F1	F2	F3	F4	F5		F1	F2	F3	F4	F5		F1	F2	F3	F4	F5		F1	F2	F3	F4	F5
1	10	14	13	16	14	1	11	14	9	12	9	1	11	11	9	9	7	1	10	9	7	5	6
2	12	13	17	16	15	2	12	13	15	11	11	2	10	10	12	9	11	2	12	7	7	7	7
3	15	12	12	12	15	3	12	17	14	10	9	3	13	11	8	10	10	3	7	8	9	6	6
4	11	14	15	15	13	4	12	15	12	8	8	4	9	10	10	9	12	4	8	9	8	5	6
5	13	13	12	17	17	5	12	14	8	9	13	5	12	11	8	7	12	5	7	8	7	6	6
6	9	13	14	16	15	6	12	12	8	10	9	6	11	12	8	9	8	6	8	9	9	6	5
7	13	14	11	12	13	7	12	12	12	10	10	7	11	15	11	11	9	7	8	9	7	6	5
8	11	14	18	16	14	8	12	17	14	9	9	8	11	11	13	9	10	8	10	9	9	7	6
9	12	13	13	15	15	9	12	18	11	10	11	9	10	10	10	9	8	9	8	10	9	7	4
10	13	13	17	16	17	10	12	12	9	8	10	10	11	14	9	10	10	10	8	13	7	5	5
11	11	11	18	16	13	11	13	11	10	9	9	11	9	10	10	9	8	11	7	11	8	7	4
12	14	13	12	12	13	12	12	11	11	10	13	12	9	10	9	9	10	12	7	11	9	7	5
13	12	15	18	17	16	13	13	16	10	12	10	13	10	10	9	8	9	13	8	7	7	6	8
14	11	13	13	15	15	14	13	15	10	9	11	14	9	10	9	8	8	14	9	9	7	6	5
15	12	15	12	13	16	15	11	16	13	10	8	15	11	13	7	7	10	15	10	10	9	7	6
16	11	15	13	12	11	16	12	13	12	11	8	16	9	10	10	8	9	16	8	10	8	5	6
17	10	13	13	11	12	17	12	15	11	12	12	17	9	10	9	11	9	17	8	8	9	6	4
18	10	13	11	14	13	18	11	11	11	11	13	18	10	9	13	8	8	18	7	9	8	4	7
19	13	12	14	14	13	19	14	9	12	9	12	19	11	10	10	8	7	19	7	10	8	5	5
20	13	14	13	12	14	20	11	12	10	10	10	20	10	10	8	10	7	20	9	9	7	6	5
Mean	11.80	13.35	13.95	14.35	14.20	Mean	12.05	13.65	11.10	10.00	10.25	Mean	10.30	10.85	9.67	8.90	9.10	Mean	8.30	9.25	7.95	5.95	5.55
SD	1.508	1.04	2.373	1.954	1.609	SD	0.759	2.434	1.944	1.214	1.682	SD	1.129	1.531	1.635	1.119	1.518	SD	1.342	1.41	0.887	0.887	1.05

ตารางที่ ฉ-4 ขนาดความยาวของไรแดงในแต่ละรุ่น : ชุดทดลอง Cd และ Cu (1:2)

ชุด	ขนาดความยาว (มิลลิเมตร)					ชุด	ขนาดความยาว (มิลลิเมตร)					ชุด	ขนาดความยาว (มิลลิเมตร)					ชุด	ขนาดความยาว (มิลลิเมตร)				
control	F1	F2	F3	F4	F5	1/10	F1	F2	F3	F4	F5	1/6	F1	F2	F3	F4	F5	1/4	F1	F2	F3	F4	F5
1	1.300	1.400	1.275	1.275	1.325	1	1.350	1.325	1.400	1.200	1.225	1	1.325	1.300	1.350	1.125	1.175	1	1.250	1.250	1.250	1.200	0.950
2	1.250	1.400	1.275	1.350	1.300	2	1.275	1.325	1.375	1.275	1.275	2	1.250	1.275	1.325	1.125	1.050	2	1.300	1.225	1.350	1.150	1.125
3	1.300	1.250	1.300	1.200	1.250	3	1.275	1.350	1.350	1.275	1.175	3	1.275	1.325	1.300	1.200	1.075	3	1.300	1.250	1.200	1.175	1.250
4	1.250	1.250	1.325	1.325	1.250	4	1.325	1.325	1.325	1.225	1.200	4	1.325	1.275	1.275	1.225	1.125	4	1.275	1.200	1.325	1.250	0.950
5	1.300	1.275	1.375	1.325	1.325	5	1.300	1.250	1.350	1.250	1.200	5	1.325	1.275	1.275	1.200	1.125	5	1.275	1.250	1.325	1.200	1.125
6	1.325	1.325	1.275	1.325	1.325	6	1.325	1.300	1.375	1.325	1.250	6	1.175	1.250	1.275	1.200	1.150	6	1.275	1.175	1.275	1.150	0.950
7	1.325	1.250	1.350	1.250	1.275	7	1.175	1.300	1.325	1.200	1.225	7	1.275	1.325	1.275	1.225	1.125	7	1.200	1.375	1.375	1.225	1.100
8	1.350	1.325	1.300	1.350	1.300	8	1.375	1.275	1.350	1.250	1.250	8	1.250	1.275	1.350	1.200	1.075	8	1.275	1.425	1.250	1.200	1.100
9	1.300	1.275	1.300	1.325	1.375	9	1.275	1.325	1.125	1.275	1.250	9	1.275	1.300	1.325	1.200	1.125	9	1.250	1.250	1.325	1.150	1.000
10	1.250	1.250	1.325	1.275	1.350	10	1.350	1.300	1.175	1.325	1.300	10	1.200	1.350	1.325	1.250	1.100	10	1.275	1.275	1.225	1.200	1.125
11	1.325	1.300	1.325	1.300	1.250	11	1.275	1.300	1.300	1.125	1.175	11	1.375	1.250	1.300	1.175	1.000	11	1.275	1.325	1.325	1.150	1.100
12	1.300	1.325	1.250	1.350	1.300	12	1.250	1.225	1.250	1.300	1.200	12	1.275	1.300	1.325	1.250	1.000	12	1.350	1.250	1.275	1.125	1.000
13	1.300	1.400	1.350	1.225	1.250	13	1.300	1.275	1.250	1.250	1.200	13	1.475	1.275	1.325	1.225	1.000	13	1.350	1.300	1.300	1.200	0.095
14	1.350	1.175	1.375	1.325	1.250	14	1.325	1.325	1.325	1.250	1.225	14	1.275	1.250	1.225	1.200	1.100	14	1.250	1.275	1.275	1.225	0.095
15	1.275	1.275	1.350	1.350	1.250	15	1.350	1.350	1.350	1.150	1.175	15	1.200	1.325	1.375	1.150	1.075	15	1.275	1.350	1.350	1.225	1.175
16	1.300	1.225	1.350	1.225	1.300	16	1.375	1.325	1.275	1.200	1.225	16	1.325	1.300	1.250	1.225	1.150	16	1.275	1.250	1.225	1.225	1.000
17	1.250	1.325	1.325	1.350	1.275	17	1.275	1.300	1.250	1.225	1.200	17	1.325	1.275	1.350	1.175	1.125	17	1.225	1.250	1.300	1.250	1.125
18	1.350	1.400	1.350	1.225	1.325	18	1.250	1.325	1.300	1.250	1.200	18	1.450	1.300	1.300	1.150	1.000	18	1.275	1.325	1.275	1.150	1.100
19	1.300	1.250	1.300	1.250	1.300	19	1.300	1.350	1.275	1.175	1.250	19	1.250	1.350	1.300	1.250	1.125	19	1.350	1.275	1.300	1.200	1.200
20	1.300	1.400	1.325	1.300	1.300	20	1.250	1.325	1.325	1.200	1.200	20	1.300	1.300	1.225	1.175	1.175	20	1.350	1.275	1.250	1.175	1.125
Mean	1.300	1.304	1.320	1.295	1.294	Mean	1.299	1.309	1.303	1.236	1.220	Mean	1.296	1.294	1.303	1.196	1.094	Mean	1.283	1.278	1.289	1.191	0.985
SD	0.032	0.068	0.035	0.05	0.037	SD	0.05	0.033	0.068	0.053	0.034	SD	0.075	0.03	0.041	0.038	0.058	SD	0.041	0.059	0.047	0.037	0.316

ตารางที่ ฉ-5 จำนวนลูกของไรแดงในแต่ละรุ่น : ชุดทดลอง Cd และ Zn (1:1)

ชุด	จำนวนลูก (ตัว)					ชุด	จำนวนลูก (ตัว)					ชุด	จำนวนลูก (ตัว)					ชุด	จำนวนลูก (ตัว)				
control	F1	F2	F3	F4	F5	1/10	F1	F2	F3	F4	F5	1/6	F1	F2	F3	F4	F5	1/4	F1	F2	F3	F4	F5
1	85	139	77	120	97	1	76	135	84	89	96	1	57	115	64	107	29	1	65	41	58	37	0
2	84	88	94	89	96	2	83	127	118	114	84	2	93	95	91	64	5	2	46	75	61	35	0
3	96	86	141	115	107	3	104	126	98	112	97	3	70	71	58	102	40	3	75	57	46	24	0
4	82	113	123	127	100	4	104	123	75	80	99	4	86	90	77	62	8	4	64	52	47	29	0
5	95	105	96	90	101	5	92	108	88	107	95	5	72	98	88	61	9	5	64	43	61	46	0
6	82	132	106	113	113	6	83	131	110	101	70	6	101	61	70	60	12	6	82	45	47	38	0
7	100	139	114	122	132	7	88	128	79	82	62	7	65	117	71	64	15	7	103	44	42	65	0
8	81	123	136	99	112	8	86	118	83	88	66	8	68	107	90	99	6	8	51	51	64	38	0
9	125	137	125	111	107	9	80	127	85	98	100	9	75	112	58	63	49	9	61	70	48	29	0
10	99	92	105	114	123	10	86	130	91	72	68	10	58	94	69	67	26	10	50	45	60	35	0
11	64	85	139	95	128	11	76	142	83	78	65	11	92	85	86	61	22	11	57	68	49	34	0
12	85	98	115	100	118	12	70	119	104	104	62	12	74	70	77	48	18	12	62	41	58	52	0
13	84	102	118	128	96	13	79	120	114	110	94	13	52	74	106	69	10	13	78	57	54	21	0
14	78	104	107	103	105	14	82	108	87	72	72	14	49	70	84	105	17	14	68	64	58	81	0
15	86	127	110	95	130	15	79	95	100	84	78	15	78	64	117	77	35	15	72	51	62	30	0
16	85	128	97	110	126	16	112	122	105	78	85	16	93	114	68	53	27	16	60	79	54	23	0
17	84	126	102	117	99	17	81	102	79	79	102	17	87	68	61	78	30	17	75	65	47	46	0
18	89	123	99	132	97	18	85	98	88	95	88	18	99	62	115	60	24	18	69	41	62	50	0
19	102	107	128	106	110	19	120	112	117	86	69	19	55	75	87	92	11	19	65	68	49	30	0
20	78	118	108	119	120	20	68	97	92	90	79	20	94	68	112	78	19	20	45	71	40	42	0
Mean	88.20	113.60	112.00	110.25	110.85	Mean	86.70	118.40	94.00	90.95	81.55	Mean	75.90	85.50	82.45	73.50	20.60	Mean	65.60	56.40	53.35	39.25	0
SD	12.4	18.07	16.5	12.77	12.29	SD	13.54	13.39	13.38	13.41	14.09	SD	16.56	19.65	18.65	18.07	11.95	SD	13.51	12.65	7.393	14.63	0

ตารางที่ ฉ-6 จำนวนครั้งในการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไรแดงในแต่ละรุ่น : ชุดทดลอง Cd และ Zn (1:1)

ชุด	จำนวนครั้ง (ครั้ง)					ชุด	จำนวนครั้ง (ครั้ง)					ชุด	จำนวนครั้ง (ครั้ง)					ชุด	จำนวนครั้ง (ครั้ง)				
control	F1	F2	F3	F4	F5	1/10	F1	F2	F3	F4	F5	1/6	F1	F2	F3	F4	F5	1/4	F1	F2	F3	F4	F5
1	6	13	6	10	7	1	7	11	7	7	9	1	5	10	6	9	3	1	8	5	6	3	0
2	6	7	8	8	7	2	7	11	9	11	9	2	8	9	8	5	1	2	4	7	6	3	0
3	10	8	9	9	9	3	9	10	7	10	8	3	6	6	5	7	4	3	6	5	5	4	0
4	7	8	10	11	8	4	9	11	6	7	9	4	7	9	7	5	2	4	6	4	5	3	0
5	7	8	7	7	8	5	6	10	5	8	9	5	6	8	7	4	1	5	6	5	6	4	0
6	6	11	7	10	9	6	7	9	9	8	6	6	10	7	6	5	1	6	6	3	5	4	0
7	9	10	9	11	10	7	6	11	7	7	6	7	7	10	8	5	2	7	10	4	5	5	0
8	6	11	11	7	10	8	8	10	6	6	5	8	5	8	7	8	1	8	4	6	5	4	0
9	11	11	10	7	8	9	6	9	7	8	9	9	7	9	6	5	4	9	6	7	7	3	0
10	9	8	9	7	11	10	7	9	8	5	6	10	5	8	7	5	4	10	4	6	5	3	0
11	6	7	11	8	10	11	6	11	6	6	7	11	7	7	9	5	2	11	6	6	4	3	0
12	6	8	9	9	10	12	6	9	8	7	5	12	7	8	7	4	2	12	6	4	6	5	0
13	7	9	9	9	8	13	6	11	10	10	10	13	5	6	8	5	1	13	7	4	8	2	0
14	6	10	9	9	9	14	6	9	8	7	6	14	4	7	7	8	2	14	6	6	5	7	0
15	6	10	9	7	11	15	6	10	8	7	7	15	8	9	9	8	3	15	6	7	6	3	0
16	6	11	8	9	11	16	10	8	9	7	7	16	8	10	7	4	3	16	7	8	6	2	0
17	7	11	9	10	8	17	7	8	7	7	9	17	7	7	6	6	2	17	8	9	9	6	0
18	7	10	8	9	8	18	6	8	8	8	8	18	9	5	9	5	2	18	6	3	5	4	0
19	10	9	10	9	9	19	10	10	10	7	6	19	5	10	7	8	1	19	6	7	5	3	0
20	8	10	9	9	10	20	7	8	7	8	7	20	8	6	8	6	2	20	4	7	4	4	0
Mean	7.30	9.50	8.85	8.75	9.05	Mean	7.10	9.65	7.60	7.55	7.40	Mean	6.70	7.95	7.20	5.85	2.15	Mean	6.10	5.65	5.65	3.75	0
SD	1.625	1.606	1.268	1.293	1.276	SD	1.373	1.137	1.353	1.432	1.536	SD	1.559	1.538	1.105	1.565	1.04	SD	1.483	1.663	1.226	1.251	0

ตารางที่ ฉ-7 อายุของไรแดงในแต่ละรุ่น : ชุดทดลอง Cd และ Zn (1:1)

ชุด	อายุ (วัน)					ชุด	อายุ (วัน)					ชุด	อายุ (วัน)					ชุด	อายุ (วัน)				
control	F1	F2	F3	F4	F5	1/10	F1	F2	F3	F4	F5	1/6	F1	F2	F3	F4	F5	1/4	F1	F2	F3	F4	F5
1	10	18	10	14	11	1	10	14	10	12	12	1	8	14	15	12	9	1	12	8	10	8	5
2	10	11	12	11	11	2	11	17	12	15	12	2	11	13	12	11	8	2	8	16	11	12	4
3	17	12	12	13	14	3	13	14	10	14	13	3	9	8	13	11	7	3	10	12	8	11	4
4	10	13	13	15	11	4	13	15	10	12	12	4	10	13	10	9	10	4	9	7	10	10	4
5	10	12	12	10	11	5	10	15	8	16	12	5	11	15	12	10	9	5	10	10	10	8	4
6	10	16	10	13	14	6	10	15	13	11	10	6	14	12	13	13	10	6	10	7	9	9	4
7	12	14	13	15	14	7	10	16	11	11	12	7	11	17	12	11	9	7	14	8	10	11	8
8	10	16	16	11	14	8	11	14	10	10	9	8	9	14	14	11	12	8	8	9	10	9	4
9	14	15	14	11	11	9	9	12	10	12	13	9	10	13	11	10	9	9	10	10	12	10	4
10	13	11	13	10	14	10	11	15	11	15	9	10	9	13	15	9	9	10	8	10	11	9	5
11	10	11	15	11	14	11	10	15	8	14	11	11	11	12	12	9	8	11	10	9	10	8	4
12	10	12	13	13	14	12	10	12	12	12	9	12	10	12	13	9	9	12	9	10	9	13	6
13	10	11	14	13	11	13	10	15	15	15	14	13	9	10	13	11	7	13	10	7	11	9	5
14	10	13	13	10	12	14	10	13	14	11	11	14	8	11	14	12	7	14	9	10	14	14	4
15	10	14	14	11	13	15	11	14	11	12	10	15	12	14	15	17	10	15	9	12	10	11	4
16	11	15	11	12	13	16	15	11	17	10	10	16	11	15	14	11	10	16	13	14	9	7	5
17	11	15	12	13	11	17	11	11	14	11	12	17	11	11	10	9	8	17	13	15	12	10	5
18	11	15	11	12	11	18	10	11	16	11	11	18	14	8	14	9	9	18	9	7	11	8	5
19	16	12	13	12	12	19	14	13	15	10	9	19	8	13	12	11	7	19	9	12	14	8	6
20	12	13	12	12	13	20	12	11	10	11	10	20	11	9	13	10	10	20	8	13	14	10	6
Mean	11.35	13.45	12.65	12.10	12.45	Mean	11.05	13.65	11.85	12.25	11.05	Mean	10.35	12.35	12.85	10.75	8.85	Mean	9.90	10.30	10.75	9.75	4.80
SD	2.11	2.012	1.531	1.518	1.356	SD	1.572	1.814	2.581	1.888	1.504	SD	1.725	2.346	1.496	1.888	1.309	SD	1.774	2.736	1.713	1.832	1.056

ตารางที่ ฉ-8 ขนาดความยาวของไรแดงในแต่ละรุ่น : ชุดทดลอง Cd และ Zn (1:1)

ชุด control	ขนาดความยาว (มิลลิเมตร)					ชุด 1/10	ขนาดความยาว (มิลลิเมตร)					ชุด 1/6	ขนาดความยาว (มิลลิเมตร)					ชุด 1/4	ขนาดความยาว (มิลลิเมตร)				
	F1	F2	F3	F4	F5		F1	F2	F3	F4	F5		F1	F2	F3	F4	F5		F1	F2	F3	F4	F5
1	1.325	1.300	1.275	1.350	1.325	1	1.300	1.325	1.300	1.300	1.275	1	1.275	1.325	1.325	1.300	1.350	1	1.275	1.250	1.250	1.300	1.025
2	1.250	1.250	1.275	1.350	1.375	2	1.250	1.300	1.275	1.275	1.375	2	1.275	1.250	1.225	1.275	1.300	2	1.250	1.200	1.325	1.275	1.075
3	1.300	1.300	1.350	1.325	1.400	3	1.325	1.350	1.250	1.300	1.400	3	1.275	1.250	1.275	1.300	1.125	3	1.275	1.250	1.250	1.200	0.775
4	1.225	1.350	1.350	1.325	1.375	4	1.325	1.325	1.325	1.300	1.325	4	1.225	1.325	1.250	1.250	1.275	4	1.225	1.275	1.250	1.325	0.975
5	1.250	1.300	1.300	1.325	1.325	5	1.325	1.300	1.300	1.350	1.400	5	1.375	1.250	1.325	1.275	1.325	5	1.250	1.175	1.225	1.250	1.025
6	1.275	1.275	1.225	1.325	1.475	6	1.250	1.300	1.400	1.300	1.250	6	1.350	1.250	1.225	1.375	1.125	6	1.150	1.325	1.300	1.200	1.125
7	1.325	1.300	1.350	1.325	1.400	7	1.425	1.300	1.325	1.350	1.400	7	1.300	1.275	1.375	1.275	1.250	7	1.175	1.250	1.225	1.250	1.000
8	1.250	1.300	1.325	1.375	1.375	8	1.250	1.325	1.375	1.350	1.325	8	1.225	1.225	1.275	1.350	1.200	8	1.250	1.250	1.250	1.250	1.025
9	1.250	1.275	1.250	1.275	1.400	9	1.300	1.300	1.300	1.350	1.400	9	1.250	1.300	1.300	1.225	1.300	9	1.275	1.175	1.275	1.200	0.800
10	1.250	1.325	1.375	1.325	1.425	10	1.300	1.300	1.300	1.300	1.350	10	1.325	1.350	1.300	1.300	1.250	10	1.275	1.200	1.225	1.275	0.975
11	1.325	1.275	1.375	1.275	1.375	11	1.350	1.250	1.275	1.325	1.300	11	1.325	1.275	1.275	1.275	1.225	11	1.275	1.150	1.325	1.200	0.925
12	1.225	1.350	1.350	1.350	1.275	12	1.325	1.300	1.325	1.375	1.225	12	1.300	1.250	1.275	1.250	1.125	12	1.250	1.325	1.225	1.275	0.900
13	1.350	1.350	1.300	1.375	1.375	13	1.250	1.300	1.300	1.250	1.325	13	1.275	1.325	1.300	1.225	1.225	13	1.175	1.325	1.200	1.200	1.000
14	1.250	1.400	1.300	1.350	1.375	14	1.300	1.300	1.300	1.300	1.375	14	1.225	1.300	1.225	1.325	1.275	14	1.250	1.250	1.175	1.300	0.950
15	1.325	1.300	1.325	1.275	1.325	15	1.400	1.300	1.350	1.300	1.325	15	1.375	1.275	1.350	1.200	1.300	15	1.250	1.150	1.275	1.250	0.975
16	1.300	1.300	1.250	1.325	1.425	16	1.250	1.325	1.300	1.300	1.350	16	1.300	1.275	1.275	1.275	1.175	16	1.200	1.275	1.200	1.325	1.125
17	1.325	1.275	1.300	1.375	1.350	17	1.325	1.250	1.250	1.300	1.250	17	1.300	1.250	1.325	1.250	1.350	17	1.325	1.175	1.275	1.225	0.950
18	1.275	1.325	1.275	1.250	1.325	18	1.250	1.225	1.225	1.250	1.300	18	1.225	1.325	1.225	1.200	1.200	18	1.375	1.225	1.150	1.200	0.925
19	1.250	1.275	1.325	1.325	1.300	19	1.225	1.250	1.225	1.300	1.225	19	1.250	1.275	1.250	1.325	1.250	19	1.250	1.200	1.225	1.325	1.000
20	1.300	1.325	1.350	1.275	1.375	20	1.200	1.300	1.325	1.225	1.250	20	1.200	1.225	1.225	1.425	1.275	20	1.250	1.175	1.200	1.300	1.025
Mean	1.281	1.308	1.311	1.324	1.369	Mean	1.296	1.296	1.301	1.305	1.321	Mean	1.283	1.279	1.280	1.284	1.245	Mean	1.250	1.230	1.241	1.256	0.979
SD	0.039	0.035	0.043	0.037	0.047	SD	0.057	0.031	0.045	0.038	0.060	SD	0.051	0.037	0.045	0.057	0.070	SD	0.051	0.057	0.046	0.047	0.089

ตารางที่ ฉ-9 จำนวนลูกของไรแดงในแต่ละรุ่น : ชุดทดลอง Zn และ Cu (2:1)

ชุด	จำนวนลูก (ตัว)					ชุด	จำนวนลูก (ตัว)					ชุด	จำนวนลูก (ตัว)					ชุด	จำนวนลูก (ตัว)				
control	F1	F2	F3	F4	F5	1/10	F1	F2	F3	F4	F5	1/6	F1	F2	F3	F4	F5	1/4	F1	F2	F3	F4	F5
1	109	115	123	130	93	1	117	91	125	130	98	1	91	122	110	133	141	1	119	112	120	141	141
2	85	90	100	129	104	2	85	124	91	127	138	2	118	92	134	121	127	2	78	91	111	137	144
3	88	108	127	113	120	3	109	115	89	94	85	3	101	115	132	114	103	3	78	134	90	116	134
4	97	130	115	114	110	4	93	121	121	89	130	4	93	95	130	138	133	4	115	117	108	143	125
5	93	91	99	87	134	5	110	117	130	142	117	5	121	98	120	142	109	5	109	106	147	101	103
6	115	87	108	94	97	6	77	120	89	85	107	6	86	117	135	131	128	6	86	91	110	126	147
7	100	104	102	101	130	7	90	88	105	135	106	7	122	112	105	117	91	7	112	123	87	134	124
8	82	116	134	115	120	8	104	137	129	93	88	8	104	102	123	84	100	8	86	128	126	118	101
9	86	94	110	122	112	9	139	92	118	107	94	9	106	87	115	125	132	9	99	106	88	134	110
10	117	112	109	98	130	10	105	87	110	104	112	10	102	97	140	145	141	10	123	91	116	102	99
11	88	136	102	103	89	11	89	120	125	99	128	11	108	101	100	105	139	11	91	128	137	98	136
12	105	120	90	110	97	12	97	116	103	107	99	12	112	107	98	98	142	12	130	101	109	100	121
13	94	140	134	132	106	13	109	102	126	110	88	13	92	132	110	101	105	13	110	133	126	94	97
14	93	104	105	90	140	14	98	119	116	90	118	14	99	109	135	95	99	14	111	103	93	92	140
15	120	125	122	89	120	15	120	100	94	100	136	15	110	83	120	107	114	15	86	96	97	110	116
16	115	99	139	110	123	16	92	98	101	122	138	16	124	122	109	120	125	16	103	87	104	123	138
17	109	125	129	119	120	17	88	87	132	132	120	17	96	114	119	102	97	17	92	101	110	117	97
18	110	136	108	128	107	18	79	100	129	113	126	18	87	131	84	96	143	18	88	126	99	108	109
19	98	114	120	111	98	19	102	85	110	126	87	19	107	118	98	128	95	19	126	86	135	142	137
20	108	98	110	95	129	20	83	104	98	104	100	20	112	99	103	140	136	20	98	103	126	135	102
Mean	100.60	112.20	114.30	109.50	113.95	Mean	99.30	106.15	112.05	110.45	110.75	Mean	104.55	107.65	116.00	117.10	120.00	Mean	102.00	108.15	111.95	118.55	121.05
SD	11.84	16.34	13.56	14.45	14.82	SD	15.36	15.28	14.95	17.09	18.06	SD	11.57	13.87	15.4	17.99	18.45	SD	16.09	15.96	17.14	17.27	17.68

ตารางที่ ฉ-10 จำนวนครั้งในการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศในแต่ละรุ่น : ชุดทดลอง Zn และ Cu (2:1)

ชุด	จำนวนครั้ง (ครั้ง)					ชุด	จำนวนครั้ง (ครั้ง)					ชุด	จำนวนครั้ง (ครั้ง)					ชุด	จำนวนครั้ง (ครั้ง)				
control	F1	F2	F3	F4	F5	1/10	F1	F2	F3	F4	F5	1/6	F1	F2	F3	F4	F5	1/4	F1	F2	F3	F4	F5
1	15	13	14	15	8	1	15	9	12	14	8	1	9	13	13	12	14	1	14	10	11	13	12
2	9	9	10	17	9	2	10	13	11	12	14	2	11	11	12	12	11	2	8	11	15	11	13
3	10	10	10	15	12	3	11	11	12	7	8	3	11	10	12	10	9	3	9	13	14	12	14
4	11	14	14	12	10	4	9	12	11	9	9	4	10	8	11	17	13	4	14	11	12	14	12
5	11	11	10	8	12	5	10	11	14	17	10	5	15	9	11	15	13	5	12	9	13	10	12
6	9	8	10	9	10	6	8	12	10	10	9	6	9	10	14	13	12	6	9	8	11	13	14
7	11	9	11	8	13	7	9	9	11	14	9	7	15	11	11	11	7	7	12	12	12	14	14
8	8	12	13	10	11	8	12	13	12	8	8	8	12	9	15	11	8	8	9	14	13	13	9
9	10	9	7	11	10	9	15	11	13	10	8	9	11	8	11	15	13	9	12	12	10	15	11
10	13	15	13	9	14	10	14	12	13	11	10	10	13	10	11	15	14	10	12	10	11	12	9
11	9	14	12	9	7	11	10	10	14	9	12	11	13	9	10	11	14	11	11	12	12	9	12
12	13	13	11	12	8	12	12	13	13	9	11	12	10	9	11	9	10	12	13	12	14	10	12
13	10	12	13	13	10	13	12	9	11	11	8	13	9	13	13	9	9	13	12	12	12	8	10
14	10	9	11	8	14	14	11	10	9	10	12	14	9	12	16	8	9	14	12	10	9	8	15
15	13	13	13	9	12	15	14	9	10	11	13	15	11	8	13	9	10	15	12	9	10	11	10
16	12	9	11	12	11	16	10	10	8	13	15	16	13	14	12	11	12	16	10	8	9	13	12
17	9	12	11	10	14	17	9	9	12	13	12	17	10	11	10	10	8	17	8	10	10	10	10
18	9	13	12	13	9	18	8	9	14	11	12	18	8	12	8	8	13	18	8	11	9	11	9
19	10	12	10	10	8	19	9	10	11	13	9	19	9	10	8	11	9	19	11	9	12	13	13
20	11	8	9	10	11	20	8	11	9	10	9	20	10	11	10	13	12	20	10	11	11	12	9
Mean	10.65	11.25	11.25	11.00	10.65	Mean	10.80	10.65	11.50	11.10	10.30	Mean	10.90	10.40	11.60	11.50	11.00	Mean	10.90	10.70	11.50	11.60	11.60
SD	1.785	2.197	1.773	2.575	2.134	SD	2.285	1.461	1.732	2.382	2.179	SD	2.024	1.759	2.037	2.524	2.271	SD	1.917	1.625	1.732	1.984	1.903

ตารางที่ ฉ-11 อายุของไรแดงในแต่ละรุ่น : ชุดทดลอง Zn และ Cu (2:1)

ชุด	อายุ (วัน)					ชุด	อายุ (วัน)					ชุด	อายุ (วัน)					ชุด	อายุ (วัน)				
control	F1	F2	F3	F4	F5	1/10	F1	F2	F3	F4	F5	1/6	F1	F2	F3	F4	F5	1/4	F1	F2	F3	F4	F5
1	18	15	17	18	10	1	18	12	15	16	10	1	12	16	18	15	17	1	16	13	14	16	15
2	12	11	13	20	11	2	13	16	14	16	17	2	14	13	15	16	16	2	11	14	19	17	16
3	13	13	14	18	15	3	14	14	15	13	10	3	14	13	14	13	11	3	12	16	16	15	17
4	14	17	16	15	13	4	11	15	13	11	11	4	13	11	12	19	17	4	17	13	14	17	16
5	14	12	13	11	14	5	10	14	13	19	13	5	18	12	14	18	17	5	15	11	16	12	15
6	12	11	13	11	12	6	11	17	14	13	11	6	12	13	17	16	15	6	12	10	15	16	16
7	14	12	14	10	16	7	12	11	15	17	11	7	17	14	15	14	10	7	15	16	14	17	16
8	12	15	17	13	14	8	15	18	16	10	11	8	15	12	18	16	10	8	12	17	15	17	11
9	13	11	11	14	12	9	18	16	16	13	10	9	14	11	14	18	18	9	15	16	13	18	13
10	16	18	16	12	17	10	17	16	15	14	14	10	17	13	14	18	18	10	15	13	12	15	12
11	12	17	14	12	9	11	14	12	16	11	15	11	16	12	14	14	17	11	14	14	14	12	15
12	16	16	14	15	10	12	15	17	17	12	14	12	13	12	14	12	13	12	15	14	16	13	16
13	14	12	16	16	18	13	15	12	14	14	10	13	12	16	16	12	12	13	15	15	15	11	13
14	13	12	14	11	15	14	14	13	12	13	15	14	12	15	18	11	12	14	16	13	12	11	18
15	16	16	15	12	14	15	17	12	17	13	18	15	14	11	15	12	13	15	16	12	13	14	13
16	15	12	15	15	16	16	13	13	11	16	18	16	16	17	15	14	15	16	13	11	12	16	15
17	12	15	14	13	18	17	12	12	12	15	16	17	13	14	13	13	11	17	11	13	13	13	12
18	12	16	15	16	11	18	11	12	16	14	16	18	11	15	11	11	16	18	11	14	12	14	13
19	13	16	13	13	10	19	12	13	14	16	12	19	12	13	11	14	12	19	14	12	15	16	16
20	14	11	12	13	15	20	11	14	12	13	12	20	13	14	13	16	15	20	13	14	14	15	12
Mean	13.75	13.90	14.30	13.90	13.50	Mean	13.65	13.95	14.35	13.95	13.20	Mean	13.90	13.35	14.55	14.60	14.25	Mean	13.90	13.55	14.20	14.75	14.50
SD	1.713	2.404	1.593	2.693	2.782	SD	2.477	2.089	1.755	2.235	2.783	SD	1.997	1.755	2.089	2.458	2.731	SD	1.889	1.849	1.765	2.149	1.96

ตารางที่ ฉ-12 ขนาดความยาวในแต่ละรุ่น : ชุดทดลอง Zn และ Cu (2:1)

ชุด	ขนาดความยาว (มิลลิเมตร)					ชุด	ขนาดความยาว (มิลลิเมตร)					ชุด	ขนาดความยาว (มิลลิเมตร)					ชุด	ขนาดความยาว (มิลลิเมตร)				
control	F1	F2	F3	F4	F5	1/10	F1	F2	F3	F4	F5	1/6	F1	F2	F3	F4	F5	1/4	F1	F2	F3	F4	F5
1	1.300	1.300	1.250	1.250	1.300	1	1.275	1.200	1.325	1.150	1.275	1	1.250	1.225	1.300	1.275	1.300	1	1.250	1.225	1.300	1.300	1.225
2	1.275	1.225	1.325	1.350	1.300	2	1.200	1.275	1.300	1.225	1.350	2	1.275	1.250	1.350	1.300	1.400	2	1.275	1.225	1.300	1.300	1.275
3	1.275	1.275	1.350	1.350	1.275	3	1.225	1.225	1.275	1.275	1.300	3	1.225	1.275	1.350	1.250	1.200	3	1.200	1.275	1.250	1.275	1.325
4	1.275	1.250	1.350	1.250	1.275	4	1.200	1.300	1.375	1.375	1.375	4	1.325	1.250	1.350	1.375	1.300	4	1.275	1.250	1.275	1.350	1.250
5	1.250	1.225	1.250	1.275	1.275	5	1.300	1.250	1.300	1.325	1.250	5	1.250	1.300	1.325	1.200	1.275	5	1.250	1.250	1.325	1.325	1.300
6	1.275	1.250	1.325	1.300	1.325	6	1.300	1.250	1.250	1.300	1.250	6	1.250	1.250	1.275	1.325	1.300	6	1.225	1.300	1.300	1.275	1.275
7	1.250	1.275	1.325	1.400	1.300	7	1.250	1.225	1.375	1.325	1.275	7	1.225	1.300	1.300	1.300	1.250	7	1.250	1.225	1.250	1.325	1.375
8	1.300	1.250	1.375	1.325	1.300	8	1.300	1.300	1.275	1.250	1.300	8	1.275	1.275	1.300	1.275	1.375	8	1.250	1.250	1.325	1.375	1.325
9	1.275	1.275	1.250	1.250	1.300	9	1.250	1.200	1.250	1.300	1.275	9	1.375	1.300	1.350	1.250	1.275	9	1.275	1.300	1.250	1.300	1.200
10	1.275	1.225	1.300	1.350	1.350	10	1.250	1.275	1.325	1.300	1.275	10	1.300	1.200	1.300	1.325	1.325	10	1.300	1.275	1.300	1.350	1.250
11	1.300	1.250	1.375	1.275	1.325	11	1.250	1.250	1.325	1.275	1.275	11	1.275	1.225	1.300	1.325	1.275	11	1.250	1.225	1.225	1.350	1.325
12	1.275	1.225	1.350	1.250	1.300	12	1.375	1.200	1.250	1.375	1.400	12	1.275	1.275	1.300	1.375	1.300	12	1.275	1.250	1.250	1.300	1.250
13	1.300	1.250	1.275	1.300	1.375	13	1.250	1.275	1.250	1.175	1.225	13	1.225	1.250	1.350	1.250	1.200	13	1.275	1.250	1.250	1.250	1.300
14	1.275	1.300	1.275	1.275	1.250	14	1.250	1.375	1.275	1.250	1.300	14	1.300	1.225	1.250	1.275	1.275	14	1.250	1.225	1.275	1.250	1.325
15	1.250	1.325	1.325	1.350	1.375	15	1.275	1.275	1.275	1.300	1.300	15	1.225	1.250	1.200	1.300	1.275	15	1.250	1.225	1.325	1.275	1.275
16	1.300	1.300	1.350	1.250	1.300	16	1.250	1.200	1.225	1.325	1.400	16	1.200	1.300	1.275	1.275	1.325	16	1.275	1.275	1.275	1.225	1.275
17	1.275	1.275	1.200	1.325	1.325	17	1.275	1.250	1.250	1.350	1.200	17	1.325	1.325	1.300	1.300	1.350	17	1.275	1.300	1.300	1.300	1.350
18	1.275	1.325	1.325	1.250	1.325	18	1.275	1.325	1.325	1.300	1.250	18	1.275	1.350	1.250	1.325	1.250	18	1.250	1.325	1.275	1.325	1.325
19	1.250	1.275	1.300	1.225	1.300	19	1.250	1.350	1.200	1.300	1.325	19	1.275	1.300	1.275	1.275	1.275	19	1.350	1.275	1.325	1.275	1.275
20	1.300	1.250	1.275	1.375	1.325	20	1.275	1.300	1.275	1.325	1.325	20	1.300	1.250	1.200	1.275	1.300	20	1.225	1.250	1.300	1.250	1.300
Mean	1.278	1.266	1.308	1.299	1.310	Mean	1.264	1.265	1.285	1.290	1.296	Mean	1.271	1.269	1.295	1.293	1.291	Mean	1.261	1.259	1.284	1.299	1.290
SD	0.018	0.032	0.047	0.051	0.032	SD	0.038	0.050	0.046	0.058	0.054	SD	0.042	0.038	0.046	0.042	0.050	SD	0.031	0.031	0.031	0.040	0.043

ประวัติผู้เขียน

นางสาวทรรศนีย์ เจตน์วิทยาชาญ เกิดเมื่อวันที่ 18 พฤษภาคม พ.ศ.2514 ที่จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาระดับอนุปริญญาเคมีปฏิบัติ สถานศึกษาเคมีปฏิบัติ ในปีการศึกษา 2534 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2535 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการศึกษา 2536

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย