



เอกสารอ้างอิง

- กิตติ เอกอำพน "การดูดซึมและการกระจายของตะกั่วและสังกะสีในพืชบางชนิด"
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาพฤกษศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์-
มหาวิทยาลัย 2522.
- วิไลภรณ์ บุญยกิจจินดา "อิทธิพลของธาตุโพแทสเซียมบางอย่างที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชผักบางชนิด"
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาพฤกษศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์-
มหาวิทยาลัย 2523.
- วิไลลักษณ์ อิมอุตม "การศึกษาถึงความปลอดภัยในการบริโภคผักและผลไม้ในประเทศไทย"
ทิศทางการวิจัยของมหาวิทยาลัยเกี่ยวกับอาหาร คณะกรรมการปฏิบัติการวิจัย
อาหาร หน้า 37 - 41 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2525.
- ไววิทย์ พุทธารั, รัชณีกร อุ๋ยตระกูล, รัชณี วีระพลิน และกิตติ เอกอำพน "ความต้าน
ทานต่อพิษตะกั่วและธาตุหนักอย่างอื่นของพืช" เอกสารรายงานความก้าวหน้าการวิจัย
ครั้งที่ 2, 3 ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2522 - 2523.
- สมบูรณ์ อัยรักษ์ "โซดาแอช" สารสิ่งแวดล้อม 7(2), (2523):12 - 15.
- สิรินทร วิโมกข์สันถว, เจมส์ เอ โอลสัน, ยงยุทธ ยุทธวงศ์, สุวิทย์ เพียรกิจกรรม,
สลัก พันธุ์อิม และ มนตรี จุฬารัตนทล ชีวเคมี พิมพ์ครั้งที่ 1 ฉบับปรับปรุงใหม่
หน้า 530 สำนักพิมพ์สมพงษ์ 2521.
- Adams, F. and Wear, J.I. "Manganese Toxicity and Soil Acidity in
Relation to Crinkle leaf of Cotton." Soil Sci. Soc. Am. Proc.
21(1957):305 - 308.

- Adriano, D.C., Paulsen, D.C. and Murphy, L.S. "Phosphorus-iron and Phosphorus-zinc Relationships in Corn (Zea mays L.) Seedlings as Affected by Mineral Nutrition." Agron. J. 63(1971):36 - 39.
- Agarwala, S.C., Bisht, S.S. and Sharma, C.P. "Relative Effectiveness of Certain Heavy Metals in Producing Toxicity and Symptoms of Iron Deficiency in Barley." Can. J. Bot. 55 (1977):1299 - 1307.
- Agarwala, S.C. and Kumar, A. "The Effect of Heavy Metal and Bicarbonate Excess on Sunflower Plants Grown in Sand Culture with Special Reference to Catalase and Peroxidase." J. Indian Bot.Soc. 41(1962):77 - 92.
- Aisen, P. Some Physiochemical Aspects of Iron Metabolism. In Iron Metabolism, pp. 1 - 14 Found. Symp. 51, Amsterdam:Elsevier, 1976.
- Ambler, J.E. and Brown, J.C. "Cause of Differential Susceptibility to Zinc Deficiency in Two Varieties of Navy Beans (Phaseolus vulgaris L.)." Agron. J. 61 (1969):41 - 43.
- _____, "Iron-stress Response in Mixed and Monocultures of Soybean Cultivars." Plant Physiol. 50 (1972):675 - 678.
- Ambler, J.E., Brown, J.C. and Gaugh, H.G. "Effect of Zinc on Translocation of Iron in Soybean Plants." Plant Physiol. 46 (1970): 320 - 323.
- Anderson, I. and Evans, H.J. "Effect of Manganese and Certain other Metal Cation on Isocitric Dehydrogenase and Malic Enzyme Activities in Phaseolus vulgaris." Plant Physiol. 31 (1956):22 - 28.

- Anderson, A.J., Mayer, D.R. and Mayer, F.K. "Heavy Metal Toxicities: Levels of Nickel, Cobalt and Chromium in the Soil and Plants Associated with Visual Symptoms' and Variation in Growth of an Oat Crop." Aust. J. Agric. Res. 24 (1973):557 - 571.
- _____, Effects of the Environment on the Symptom Pattern of Nickel Toxicity in the Oat Plant." Ann. Bot. 43 (1979):271 - 283.
- A.O.A.C. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists." 13th ed., Washington, D.C., 1980.
- Ashida, J. "Adaptation of Fungi to Metal Toxicants." Ann. Rev. Phytopathol. 3 (1965):153 - 174.
- Bacon, J.S.D., De Kock, P.C. and Palmer, M.J. "Aconitase Levels in Leaves in Iron-deficient Mustard Plants." Biochem. J. 80 (1959):64 - 70.
- Barber, S.A. Influence of the Plant Root on Ion Movement in Soil. In the Plant Root and Its Environment, (Carson, E.W. ed.) pp. 525 - 64. Charlottesville: Univ. Press Virginia, 1974.
- Barton, R. "The Production and Behaviour of Phytoferritin Particles during Senescence of Phaseolus Leaves." Planta 94 (1970): 73 - 77.
- Baszynki, T., et al. "Photosynthetic Activities of Cd-treated Tomato Plants." Physiol. Plant. 48 (1980):365 - 370.

- Bates, G.W., Billups, C. and Saltman, P. "The Kinetics and Mechanism of Iron (III) Exchange between Chelates and Transferrin. II. The Presentation and Removal with Ethylenediaminetetraacetate." J. Biol. Chem. 242 (1967): 2816 - 2821.
- Baumeister, W. Encyclopedia of Plant Physiology IV. pp. 543, Springer - Verlag, Berlin, 1958.
- Bazzaz, F.A., Carlson, R.W. and Rolfe, G.L. "The Effect of Heavy Metals on Plants: Part I. Inhibition of Gas Exchange in Sunflower by Pb, Cd, Ni and Tl." Environ. Pollut. 7 (1974 a): 241 - 246.
- Bazzaz, M.B. and Govindjee. "Effect of Cadmium Nitrate on Spectral Characteristics and Light Reaction of Chloroplasts." Environ. Lett. 6 (1974):1 - 12.
- Bazzaz, F.A., Rolfe, G.L. and Carlson, R.W. "Effect of Cadmium on Photosynthesis and Transpiration of Excised Leaves of Corn and Sunflower." Physiol. Plant. 32 (1974 b): 373 - 376.
- Beale, S.I. " δ -Aminolevulinic acid in Plants: Its Biosynthesis, Regulation and Role in Plastid Development." Ann. Rev. Plant Physiol. 29 (1978): 95 - 120.
- Bennett, J.P. "Iron in Leaves" Soil Sci. 60 (1945): 91 - 95.
- Bingham, F.T., et al. "Growth and Cadmium Accumulation of Plants Grown on a Soil Treated with a Cadmium-enriched Sewage Sludge." J. Environ. Qual. 4 (1975): 207 - 211.

- Bittell, J.E., Koeppel, D.E. and Miller, R.T. "Sorption of Heavy Metal Cations by Corn Mitochondria and the Effects on Electron and Energy Transfer Reaction." Physiol. Plant. 30 (1974): 226 - 230.
- Bogorad, L. The Biosynthesis of Chlorophylls. In the Chlorophylls, (Vernon, L.P. and Seely, G.R. eds.) pp. 481 - 510. Academic Press, New York and London, 1966.
- Bolle - Jones, E.W. "The Interrelation of Iron and Potassium in the Potato Plant." Pl. Soil 6 (1955): 129 - 173.
- Brams, E.A. and Fiskell, J.G.A. "Copper Accumulation in Citrus Roots and Desorption with acid." Soil Sci. Soc. Am. Proc. 35 (1971): 772 - 775.
- Brenchley, W.S. Inorganic Plant Poisons and Stimulants. University Press, Cambridge, England, 1914.
- Brooks, R.R., Shaw, S. and Asensimarfil, A. "The Chemical Form and Physiological Function of Nickel in some Iberian Alyssum Species." Physiol. Plant. 51 (1981): 167 - 170.
- Brown, J.C. "Mechanism of Iron Uptake by Plants." Plant Cell Environ. 1 (1978): 249 - 258.
- Brown, J.C. and Ambler, J.E. "Reductants: Released by Roots of Fe-deficient Soybeans." Agron. J. 65 (1973): 311 - 314.
- _____, "Iron Stress Response in Tomato." Physiol. Plant. 31(1974): 221 - 224.

- Brown, J.C. and Jones, W.E. "A Technique to Determine Iron Efficiency in Plants." Soil Sci. Soc. Am. J. 40 (1976): 398 - 405.
- Brown, D.H. and Slingsby, D.R. The Cellular Location of Lead and Potassium in the Lichen Cladonia rangiformis (L.) Hoffm." New Phytol. 71 (1972): 297 - 305.
- Buckingham, D.A. Structure and Stereochemistry of Coordination Compounds. In Inorganic Biochemistry, Vol. 2. 793 pp. New York, Elsevier, 1973.
- Burton, M.A.S., LeSueur, P. and Puckett, K.J. "Copper, Nickel and Thallium Uptake by the Lichen Cladonia rangiferina." Can. J. Bot. 59 (1981): 91 - 100.
- Chaney, R.L., Brown, J.C. and Tiffin, L.O. "Obligatory Reduction of Ferric Chelates in Iron Uptake by Soybeans." Plant Physiol. 50 (1972): 208 - 213.
- Chaney, R.L. and Hornick, S.B. Accumulation and Effects of Cadmium on Crops. In Proc. 1st Int. Cadmium Conf. Metal Bull. pp. 125 - 140 London, 1978.
- Chaney, R.L., White, M.C. and van Tienhoven, M. "Interaction of Cd and Zn in Phytotoxicity and Uptake by Soybean Agron. Abstr. 1976 (1976): 21.
- Chapman, G.W. "The Relation of Iron and Manganese to Chlorosis in Plants." New Phytologist 30 (1931): 266 - 283.
- Chapman, H.D. "Diagnostic Criteria for Plants and Soil" Div. Agric. Sci. 793 pp. Riverside:Univ. California, 1966.

- Christ, R.A. "Iron Requirement and Iron Uptake from Various Iron Compounds by Different Plant Species." Plant Physiol. 54 (1974): 582 - 585.
- Clarkson, D.T. and Hanson, J.B. "The Mineral Nutrition of Higher Plants." Ann. Rev. Plant Physiol. 31 (1980): 239 - 298.
- Conn, E.E. and Stumpf, P.K. Outlines of Biochemistry Ch. 5, John Wiley & Sons, Inc, New York, 1976.
- Crooke, W.M. "Further Aspects of the Relationship between Nickel Toxicity and Iron Supply." Ann. Appl. Biol. 43 (1955): 465 - 476
- Culter, J.M. and Rain, D.W. "Characterization of Cadmium Uptake by Plant Tissue." Plant Physiol. 54 (1974): 67 - 71.
- Daniels, R.R., Struckmeyer, B.E. and Peterson, L.A. "Copper Toxicity in Phaseolus vulgaris L. as Influenced by Iron Nutrition. I. An Anatomical Study." J. Am. Soc. Hortic. Sci. 97 (1972): 249 - 254.
- David, C.N. and Easterbrook, K. "Ferritin in the Fungus Phycomyces." J. Cell Biol. 48 (1971): 15 - 28.
- DeKock, P.C. "Heavy Metal Toxicity and Iron Chlorosis." Anal. of Botany 20 (1956): 77.
- , Fundamental Aspects of Iron Nutrition of Plant. In Proceedings of Conference of Trace Elements in Soil and Crops, pp. 41 - 44, London (1966) H.M. 50, London 1971.

- DeKock, P.C., Commisiong, K., Farmer, V.C. and Inkson, R.H.E. "Inter-relationships of Catalase, Peroxidase, Hematin and Chlorophyll." Plant Physiol. 35 (1960): 599 - 604.
- DeKock, P.C., Hall, A. and Inkson, R.H.C. "Active Iron in Plant Leaves." Ann. Bot. 43 (1979): 737 - 740.
- DeKock, P.C., Hall, A., Little, R.C. and Charlesworth, C. "A Study of Iron Chlorosis in Pear Leaves." An Edafol. Agrobiol. 32 (1974): 101 - 108.
- Dunn, A. and Arditti, J. Experimental Physiology. Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York, 1968.
- Elgala, A.M., Hamdi, H., Omar, M. and Wafiki, I. "Iron and Phosphorus Interaction Calcareous Soils II. Effect on Chlorosis Development and Some Nutrient Element Contents in Soil and Plant." U.A.R.J. Soil Sci. 11 (1971): 259 - 269.
- Epstein, E. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. pp. 412, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1972.
- Ernst, W.H.O. "Physiology of Heavy Metal Resistance in Plants Part I Toxicity Symptoms and Autoradiographic Distribution of Cadmium in Roots, Stems and Leaves." Proc. Int. Conf. Heavy Metals in Eviron. 2 (1) (1977): 97 - 120.
- Fluharty, A.L. and Sanadi, D.R. "On the Mechanism Oxidative Phosphorylation IV. Mitochondrial Swelling Caused Arsenite in Combination with 2,3-dimercaptopropanol and Cadmium Ion" Biochemistry 1 (1962): 276 - 281.



Fortune, W.B. and Mellon, M.G. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 10 (1938):
60 - 63.

Foy, C.D., Chaney, R.L. and White, M.C. "The Physiology of Metal
Toxicity in Plants" Ann. Rev. Plant. Physiol. 29 (1978):
511 - 566.

Garcia - Chuit, C.F. and Boella, C. Mineral What are They 35 pp.
Nestle, Lausanne, 1978.

Gile, P.L. and Carrero, J.O. "Cause of Lime-induce Chlorosis and
Availability of Iron in the Soil." J. Agr. Res. 20 (1920):
33 - 62.

Giordano, P.M. and Mortvedt, J.J. "Effect of Substrate Zinc Level
on Distribution of Photoassimilated ^{14}C in Maize and Bean.
Plant Soil 35 (1971): 193 - 196.

Gordon, W.R., Schwemmem, S.S. and Hillman, W.S. "Nickel and Metabo-
lism. of Urea by Lemna paucicostata-Hegelm. 6746." Planta
140 (1978): 265 - 268.

Gregory, R.P.G. and Bradshaw, A.D. "Heavy Metal Tolerance in Popula-
tions of Agrostis tenuis Sibth and Other Grasses." New Phytol.
64 (1965): 131 - 143.

Guest, P.L. and Chapman, H.D. "Some effect of pH on the Growth of
Citrus in Sand and Solution Culture." Soil Sci. 58 (1944):
455 - 465.

Haghiri, F. "Cadmium Uptake by Plants." J. Environ. Qual. 2 (1973):
93 - 96.

- Hall, D.O., Cammack, R. and Rao, K.K. Non-heme Iron Proteins. In Iron in Biochemistry and Medicine, (Jacobs, A and Wood, M. eds.) pp. 279 - 334. Academic, London, 1974.
- Hampp, R., Beulich, K. and Ziegler, H. "Effect of Zinc and Cadmium on Photosynthetic CO₂ Fixation and Hill Activity of Isolated Spinach Chloroplasts." Z. Pflanzenphysiol. 77 (1976): 336 - 344.
- Hara, T., Sonoda, Y. and Iwai, I. "Growth Response of Cabbage Plants to Transition Elements under Water Culture Conditions. I. Titanium, Vanadium, Chromium, Manganese and Iron., II. Cobalt, Nickel, Copper, Zinc and Molybdenum." Soil Sci. Plant.Nutr. 22 (1976): 307 - 316, 317 - 325.
- Harvey, A.E. Jr., Snart, J.A. and Amis, E.S. "Simultaneous Spectrophotometric Determination of Fe (II) and Total Iron with 1-10 Phenanthroline." Anal. Chem 27 (1955): 26 - 27.
- Hawf, L.R. and Schmid, W.E. "Uptake and Translocation of Zinc by Intact Plants." Plant Soil 27 (1967): 249 - 260.
- Healy, W.B., Cheng, S. and McElroy, W.D. "Metal Toxicity and Iron Deficiency Effects on Enzymes in Neurospora." Arch. Biochem. Biophys. 54 (1955): 206 - 214.
- Hellmers, H. and Machlis, L. "Exogenous Substrate Utilization and Fermentation by the Pollen of Pinus ponderosa." Plant Physiol. 31 (1956): 284 - 289.
- Hewitt, E.J. "Experiments on Iron Metabolism in Plants. I. Some Effects of Metal Induced Iron Deficiency." Long Ashton Res. Stn. Annu. Rep. 1948 (1948): 66 - 80.

- _____, "Metal Interrelationships in Plant Nutrition. 1. Effects of Some Metal Toxicities on Sugar Beet, Tomato, Oat, Potato and Marrowstem Kale Grown in Sand Cultures." J. Exp. Bot. 4 (1953): 59 - 64.
- Howeler, R.H. "Iron-induced Oranging Disease of Rice in Relation to Physiochemical Changes in a Flooded Oxisol." Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37 (1973): 893 - 903.
- Hsu, W.P. and Miller, G.W. Biochem. Biophys. Acta. III (1965): 393.
- Huang, C.Y., Bazzaz, F.A. and Vanderhoef, L.N. "The Inhibition of Soybean Metabolism by Cadmium and Lead." Plant Physiol 54 (1974): 122 - 124.
- Hughes, M.N. The Inorganic Chemistry of Biological Processes. 304 pp. Wiley, London, 1972.
- Hunter, J.G. and Vergnano, O. "Trace Element Toxicities in Oat Plants." Ann. Appl. Biol. 40 (1953): 761 - 777.
- Hyde, B.B., Hodge, A.J., Kahn, A. and Birnstiel, M.L. "Studies on Phyto-ferritin. I. Identification and Localisation." J. Ultrastruct. Res. 9 (1963): 248 - 259.
- Iizuka, T. "Interaction among Nickel, Iron, Zinc in Mulberry Tree Grown in Serpentine Soil." Soil Sci. Plant Nutr. 21 (1975): 47 - 55.
- Imai, I. and Siegel, S.M. "A Specific Response to Toxic Cadmium Levels in Red Kidney Bean Embryos." Physiol. Plant. 29 (1973): 118 - 120.

- Ito, M. and Iimura, K. "The Absorption and Translocation of Cadmium in Rice Plants and Its Influence on their Growth in Comparison with Size." Reprinted from the Bulletin of the Kokuriku National Agricultural Experiment Station, Japan. 1976.
- Iwai, I, Hara, T and Sonoda, Y. "Factor Affecting Cadmium Uptake by the Corn Plants." Soil Sci. Plant. Nutr. 21 (1975): 37 - 46.
- Jackson, T.L., Hay, J. and Moore, D.P. "The Effect of Zn on Yield and Chemical Composition of Sweet Corn in the Willamette Valley." Am. Soc. Hort. Sci. 91 (1967): 462 - 471
- Jacobson, L. "Iron in Leaves and Chloroplast of some Plants in Relation to Chlorophyll Content." Plant Physiol. 20 (1945): 233 - 245.
- _____, "Maintenance of Iron Supply in Nutrient Solutions by a Single Addition of Ferric Potassium Ethylenediamine tetraacetate." Plant Physiol. 26 (1951): 411 - 413.
- Jacobson, L. and Oertli, J.J. "The Relation between Iron and Chlorophyll Content in Chlorotic Sunflower Leaves." Plant Physiol. 31 (1956): 199 - 204.
- Jaffre, T., Brooks, R.R., Lee, J. and Reeves, R.D. "Sebertia acuminata: A Hyperaccumulator of Nickel from New Caledonia." Science 193 (1976): 579 - 580.
- James, P.W. The Effect of Air Pollutants other than Hydrogen fluoride and Sulphur dioxide on Lichens. In Air Pollution and Lichens, (Ferry, B.W., Baddeley, M.S. and Hawksworth, D.L. eds.) pp. 143 - 175. University of Toronto Press, Toronto, 1973.

- Jarvis, S.C. and Jones, L.H.P. "Uptake and Transport of Cadmium by Perennial Ryegrass from Flowing Solution Culture with a Constant Concentration of Cadmium." Plant and Soil 49 (1978): 333 - 342.
- Jarvis, S.C., Jones, L.H.P. and Hopper, M.J. "Cadmium Uptake from Solution by Plants and Its Transport from Roots to Shoots." Plant and Soil 44 (1976): 179 - 191.
- John, M.K. "Cadmium Uptake by Eight Food Crops as Influenced by Various Soil Levels of Cadmium." Environ. Pollut. 4 (1973): 7 - 15.
- _____, "Interrelationships between Plant Cadmium and Uptake of some other Elements from Culture Solutions by Oats and Lettuce." Environ. Pollut. 11 (1976): 85 - 95.
- John, M.K. and Van Laerhoven, C.J. "Differential Effects of Cadmium on Lettuce Varieties." Environ. Pollut. 10 (1976): 163 - 173.
- Jones, R.L., Hinesly, T.D. and Ziegler, E.L. "Cadmium Content of Soybeans Growing in Sewage Sludge Amended Soil." J. Environ. Qual. 2 (1973): 351 - 353.
- Kastori, R.S., Grujic, J.K. and Petrovic, N. Agrochimica XXII (1978): 61 - 66.
- Katyal, J.C. and Sharma, B.D. "A New Technic of Plant Analysis to Resolve Fe Chlorosis." Plant & Soil 55 (1980): 105 - 119.
- Kikuchi, T. "Studies on the Pathway of Sulfide Production in a Copper Adapted Yeast." Plant Cell Physiol. 6 (1965): 195 - 210.

- Koepe, D.E. and Miller, R.J. "Lead Effects on Corn Mitochondrial Respiration." Science 167 (1970): 1376 - 1378.
- Kramer, D., Romheld, V., Landsberg, E. and Marschner, H. "Induction of Transfer-cell Formation by Iron Deficiency in the Root Epidermis of Helianthus annuus L." Planta 147 (1980): 335-339.
- Krause, G.M. and Kaiser, H. "Plant Response to Heavy Metals and Sulphur dioxide." Environ. Pollut. 12 (1977): 63 - 69.
- Lagerwerff, J.V. "Uptake of Cadmium, Lead and Zinc by Radish from Soil and Air." Soil Sci. 111 (1971): 129 - 133.
- Lagerwerff, J.V. and Biersdorf, G.T. Interactions of Zinc with Uptake and Translocation of Cadmium in Radish. Proc. 5th Annu Conf. Trace Subst. Environ. Health, pp. 515 - 522. Univ. Missouri, Columbia, Missouri, 1972.
- Lagerwerff, J.V. and Specht, A.W. "Contamination of Road Side Soil and Vegetation with Cadmium, Nickel, Lead and Zinc." Environ. Sci. & Technol. 4 (1970): 583 - 586
- Lamoraux, R.J. and Chaney, W.R. "The Effect of Cadmium on Net Photosynthesis, Transpiration and Dark Respiration of Excised Silver Maple Leaves." Physiol. Plant. 43 (1978): 231 - 236.
- Lee, K.C. et al. "Effect of Cadmium on Respiration Rate and Activities of Several Enzymes in Soybean Seedling." Physiol. Plant. 36 (1976): 4 - 6.

- Lepp, N.W. "The Potential of Tree Ring Analysis for Monitoring Heavy Metal Pollution Patterns." Environ Pollut. 9 (1975): 49 - 61.
- Lingle, J.C., Tiffin, L.O. and Brown, J.C. "Iron Uptake-Translocation of Soybean as Influenced by other Cations;" Plant. Physiol. 38 (1963): 71 - 76.
- Lucas, R.E. and Knezek, B.D. Climatic and Soil Condition Promoting Micronutrient Deficiencies in Plants. In Micronutrients in Agriculture, (Mortvedt, J.J., Giordano, P.M. and Lindsay, W.L. eds.) pp. 265 - 288. Madison, Wis: Soil Sci. Soc. Am, 1972.
- Machold, O. and Stephan, U.W. "The Function of Iron in Porphyrin and Chlorophyll Biosynthesis." Phytochemistry 8 (1969): 2189 - 2192.
- Malone, C.P., Miller, R.J. and Koeppe, D.E. "Root Growth in Corn and Soybeans: Effects of Cadmium and Lead on Lateral Root Initiation." Can. J. Bot. 56 (1978): 277 - 281.
- Mark, F.V.D., Lange, T.D. and Bienfait, H.F. "The Role of Ferritin in Developing Primary Bean Leaves under Various Light Conditions." Planta 153 (1981): 338 - 342.
- Marschner, H.A., Kalisch, A. and Romheld, V. "Mechanism of Iron Uptake in Different Plant Species. Proc. 7th Int. Colloq." Plant Anal. Fert. Probl. 2 (1974): 274 - 281.

- Mathys, W. "Comparative Investigations of the Uptake of Zinc by Resistant and Sensitive Populations of Agrastis tenuis Sibth." Flora 162 (1973): 492 - 499.
- Mehrotra, S.C., Mehrotra, N.K., Bisht, S.S. and Sharma, C.P. "Resolution of Iron Chlorosis." Geophytology 6 (1976): 282 - 295.
- Mellor, D.P. and Maley, L. "Order of Stability of Metal Complexes." Nature (London) 159 (1948): 370.
- Miller, R.J., Dumford, S.W., Koeppel, D.E. and Hanson, J.B. "Divalent Cation Stimulation of Substrate Oxidation by Corn Mitochondria." Plant Physiol. 45 (1970): 649 - 653.
- Miller, J.E., Hassett, J.J. and Koeppel, D.E. "Uptake of Cadmium by Soybeans as Influenced by Soil Cation Exchange Capacity, pH and Available Phosphorus." J. Environ. Qual. 5 (1976): 157 - 160.
- Miller, R.J., Bittell, J.E. and Koeppel, D.E. "The Effect of Cadmium on Electron and Energy Transfer Reactions in Corn Mitochondria." Physiol. Plant. 28 (1973): 166 - 171.
- Minami, K. and Araki, K. "Distribution of Trace Elements in Arable Soil Affected by Automobile Exhausts." Soil Sci. Plant. Nutr. 21 (1975): 185.
- Moore, D.P. Mechanism of Micronutrient Uptake by Plants. In Micronutrients in Agriculture, (Mortredt, J.J., Giordano, P.M. and Lindsay, W.L. eds.) pp. 171 - 198. Madison: Soil Sci. Soc. Am. 1974.

- Munro, H.N. and Linder, M.C. "Ferritin: Structure Biosynthesis and Role in Iron Metabolism." Physiol. Rev. 58 (1978): 317 - 396.
- Nafziger, E.D. and Koller, H.R. "Influence of Leaf Starch Concentration on CO₂ Assimilation in Soybean." Plant Physiol. 57 (1976): 560 - 563.
- Naiki, N. and Yamagata, S. "Isolation and some Properties of Copper Binding Proteins Found in a Copper-resistant Strain of Yeast." Plant Cell Physiol. 17 (1976): 1281 - 1295.
- Neales, T.F. and Incoll, L.D. "The Control of Leaf Photosynthesis Rate by the Level of Assimilate Concentration in the Leaf: A Review of the Hypothesis." Bot. Rev. 34 (1968): 107 - 125.
- Nelson, D.L. and Kennedy, E.P. "Magnesium Transport in Escherichia coli. Inhibition by Cobaltous Ion." J. Biol. Chem. 246 (1971): 3042 - 3049.
- Nicholus, D.T.D., Lloyd-Jones, C.P. and Fisher, D.J. "Some Problems Associated with Determining Iron in Plant." Plant Soil 8 (1957): 367 - 377.
- Nieboer, E., Puckett, K.J., Richardson, D.H.S., Tomassini, F.D. and Grace, B. Ecological and Physiological Aspects of the Accumulation of Heavy Metals and Sulphur in Lichens. Int. Conf. Heavy Metals Environ., Toronto, 1975.
- Ochiai, E.L. Bioinorganic Chemistry. 515 pp. Allyn & Bacon, Boston, 1977.

- Oertli, J.J. and Jacobson, L. "Some Quantitative Considerations in Iron Nutrition of Higher Plants." Plant Physiol. 35 (1960): 683 - 688.
- Olsen, C. "Iron Absorption and Chlorosis in Green Plants." C.r. Trav. Lab. Carlsberg. Serie 21 (1935): 15 - 52.
- Oserkowsky, J. "Qualitative Relation between Chlorophyll and Iron in Green and Chlorotic Pear Leaves." Plant Physiol. 8 (1933): 440 - 468.
- Page, A.L. Bingham, F.T. and Nelson, C. "Cadmium Absorption and Growth of Various Plant Species as Influenced by Solution Cadmium Concentration." J. Environ. Qual. 1 (1972): 288 - 291
- Patel, G.J., Ramakrishanayya, B.V. and Patel, B.K. "Effect of Soil and Foliar Application of Ferrous sulphate and of Acidulation of Soil on Iron Chlorosis of Paddy Seedlings in Goradu Soil, Nurseries in India." Plant and Soil 46 (1977): 209 - 219.
- Patnaik, S. and Bhadrachalam, A. "Effect of Increased Concentration of Iron and Manganese in the Growth Medium on the Grain Yield and Composition of Indica Rice." Indian J. Exp. Biol. 3 (1965): 149 - 208.
- Perry, H.M., Thind, G.S. and Perry, E.F. "The Biology of Cadmium." Medical Clinics of North America 60 (1976): 759 - 769.
- Pinkerton, A. and Simpson, J.R. "Root Growth and Heavy Metal Uptake by three Gramineous Plants in Differentially Limed Layers of an acid, Minespoil-Contaminated Soil." Environ. Pollut. 14 (1977): 159 - 167.

- Polacco, J.C. "Nitrogen Metabolism in Soybean Tissue Culture. II. Urea Utilization and Urease Synthesis Require Ni." Plant Physiol. 59 (1977): 827 - 830.
- Polson, D.E. and Adams, M.W. "Differential Response of Navy Beans to Excessive Zinc Levels." Agron J. 62 (1970): 557 - 560.
- Price, C.A. "Iron Compounds and Plant Nutrition." Ann. Rev. Plant Physiol. 19 (1968): 239 - 248.
- Puckett, K.J. "The Ecology and Physiology of Lichens with Respect to Atmospheric Pollution." Ph.D. Thesis, Univ. London, London, UK, 1974.
- Puckett, K.J. Nieboer, E., Gorzinski, M.J. and Richardson, D.H.S. "The Uptake of Metal Ions by Lichens: A Modified Ion-Exchange Process." New Phytol. 727 (1973): 329 - 342.
- Rain, D.W. Mineral Metabolism. In Plant Biochemistry, (Bonner, J. and Varner, J.E. eds.) pp. 561 - 597. Academic 925 pp. 3rd. ed. New York, 1976.
- Rauser, W.E. "Zinc Toxicity in Hydroponic Culture." Can J. Bot. 51 (1973): 301 - 304.
- _____, "Early Effects of Phytotoxic Burdens of Cadmium, Cobalt, Nickel and Zinc in White Beans." Can. J. Bot. 56 (1979): 1744 - 1749.
- Rauser, W.E. and Samarakoon, A.B. "Vein Loading in Seedling of Phaseolus vulgaris Exposed to Excess Cobalt, Nickel and Zinc." Plant Physiol. 65 (1980): 578 - 583.

- Robards, A.W. and Robinson, C.K. "Further Studies on Phytoferritin."
Planta 82 (1968): 179 - 188.
- Romheld, V. "Mechanismus der Aufnahme und Verlagerung von Eisenschelaten bei höheren Pflanzen." Ph.D. Thesis, Technische Univ., Berlin, 1979.
- Romheld, V. and Marschner, H. "Iron Deficiency Stress Induced Morphological and Physiological Changes in Root Tips of Sunflower." Physiol. Plant. 53 (1981): 354 - 360.
- Root, R.A., Miller, R.J. and Koeppe, D.E. "Uptake of Cadmium-Its Toxicity and Effect on the Iron Ratio Hydroponically Grown Corn." J. Environ Qual 4 (1975): 473 - 376.
- Rosell, R.A. and Ulrich, A. "Critical Zinc Concentrations and Leaf Minerals of Sugarbeet Plants." Soil Sci. 97 (1964): 152 - 167.
- Rosen, J.A., Pike, C.S. and Golden, M.L. "Zinc, Iron and Chlorophyll Metabolism in Zinc - toxic Corn." Plant Physiol. 59 (1977): 1085 - 1087.
- Ross, I.S. "Some Effects of Heavy Metals on Fungal Cells." Trans. Br. Mycol. Soc. 64 (1975): 175 - 193.
- Roth, J.A., Wallihan, E.F. and Sharpless, R.G. "Uptake by Oats and Soybeans of Copper and Nickel Added to a Peat Soil." Soil Sci. 112 (1971): 338 - 342.
- Saligio, P. "Iron Nutrition of Grapes 1. Test for Inducing Iron Chlorosis with a Combination of Bicarbonate and Orthophosphate in two Strains, one Susceptible the other Resistant." Ann. Physiol. Veg. 11 (1969): 27 - 35.

- Samarakoon, A.B. and Rauser, W.E. "Carbohydrate Levels and Photoassimilate. Export from Leaves of Phaseolus vulgaris Exposed to Excess Cobalt, Nickel and Zinc." Plant Physiol. 63 (1979): 1105 - 1169.
- San Pietro, A., ed. Non-Heme Iron Proteins: Role in Energy Conversion. The Antioch Press, Yellow Springs, 1965.
- Shuman, L.M. and Anderson, O.E. "Interactions of Manganese with other Ions in Wheat and Soybeans." Commun. Soil Sci. Plant Anal. 7 (1976): 547 - 557.
- Silverberg, B.A., Stokes, P.M. and Ferstenberg, L.B. "Intranuclear Complexes in a Copper - tolerant Green Alga." J. Cell. Biol. 69 (1976): 210 - 214.
- Simola, L.K. "The Effect of Lead, Cadmium, Arsenate and Fluoride Ions. on the Growth and Fine Structure of Sphagnum nemoreum in Aseptic Culture." Can. J. Bot. 55 (1976): 426 - 430.
- Simon, E. "Cadmium Tolerance in Populations of Agrostis tenuis and Festuca ovina." Nature 265 (1977): 328 - 330.
- Smith, G.F., Mc Curdy, Jun. W.H. and Diehl, H. "The Colorimetric Determination of Iron in Raw and Treated Municipal Water Supplies by Use of 4:7 - Diphenyl- 1: 10 - Phenanthroline." Analyst 77 (1952): 418 - 422.
- Smith, P.E. and Specht, A.W. "Heavy Metal Nutrition and Iron Chlorosis in Citrus Seedlings." Plant Physiol. 28 (1953): 371 - 382.

- Somers, I.I. and Shive, J.W. "The Iron - Manganese Relation in Plant Metabolism." Plant Physiol. 17 (1942): 582 - 602.
- Spiller, S. and Terry, N. "Limiting Factor in Photosynthesis: Iron Stress Diminishes Photochemical Capacity by Reducing the Number of Photosynthetic Units." Plant Physiol. 65 (1980): 121 - 125.
- Steward, F.C. Plant Physiology Vol. III. 2nd ed. 811 pp. Academic Press, New York and London, 1969.
- Stewart, I. "Chelation in the Absorption and Translocation of Mineral Elements." Ann. Rev. Plant Physiol. 14 (1963): 295 - 310.
- Stiefel, E.I. and Watt, D.G. "Azotobacter Cytochrome $b_{557.5}$ is a Bacterio-ferritin." Nature (London) 279 (1979): 81 - 83.
- Strickland, R.C. and Chaney, W.R. "Cadmium Influence on Respiratory Gas Exchange of Pinus resinosa Pollen." Physiol. Plant. 47 (1979): 129 - 133.
- Szent-Gyorgyi, A. Oxidation and Fermentation. In - Perspectives in Biochemistry (Needham, J. and Green, D.E. eds.) pp. 165 - 174. Cambridge Univ. Press, New York, 1939.
- Tadano, T. "Devices of Rice Roots to Tolerate High Iron Concentrations in Growth Media." Jpn. Agric. Res. Q. 9 (1975): 34 - 39.
- Takijima, Y., Katsumi, F. and Tabezawa, K. "Cadmium Contamination of Soils and Rice Plants Cause by Zinc Mining. II. Soil Conditions of Contaminated Paddy Fields which Influence Heavy Metal Contents in Rice." Soil Sci. Plant Nutr. 19 (1973): 173 - 182.

- Terry, N. "Limiting Factors in Photosynthesis I. Use of Iron Stress to Control Photochemical Capacity in vivo." Plant Physiol. 65 (1980): 114 - 120.
- Tiffin, L.O. "Translocation of Nickel in Xylem Exudate of Plant." Plant Physiol. 48 (1971): 273 - 277.
- _____, Translocation of Micronutrients in Plants. In Micronutrients in Agriculture, (Giordano, P.M. and Lindsay, W.L. eds.) pp. 199 - 229. Madison, Wis: Soil Sci. Soc. Am., 1972.
- _____, The Form and Distribution of Metals in Plants: An Overview In Biological Implications of Metals in the Environment. Proc. 15th Ann. Hanford Life Sci. Symp. pp. 315 - 334. Oak Ridge, Tenn., 1977.
- Turner, M.A. "Effect of Cadmium Treatment on Cadmium and Zinc Uptake by Selected Vegetable Species." J. Environ. Qual. 2 (1973): 118 - 119.
- Tuominen, Y. "Studies on the Strontium Uptake of the Cladonia alpestris Thallus." Ann. Bot. Fenn. 4 (1967): 1 - 28.
- Vallee, B.L. and Ulmer, D.D. "Biochemical Effect of Mercury, Cadmium and Lead." Ann. Rev. Biochem. 41 (1972): 91 - 128.
- Venkat Raju, K., Marschner, H. and Romheld, V. "Studies on the Effect on Iron Supply on Ion Uptake and Release of Organic acid and Riboflavin by Sunflower Plants." Z. Pflanzenernähr. Bodenkd 132 (1972): 177 - 190.

- Vesk, M., Possingham, J.V. and Mercer, F.V. "The Effect of Mineral Deficiencies on the Structure of Leaf Cells of Tomato, Spinach and Maize." Austral. J. Bot. 14 (1966): 1 - 18.
- Vidal, J.L. "Sur les causes intimes de la chlorose spécifique des sols Calcaires." Comp. Rend. Acad. Sci. (Paris) 205 (1937): 1092 - 1094.
- Villafranca, J.J. "The Mechanism of Aconitase Action." J. Biol. Chem. 249 (1974): 6149 - 6155.
- Wainwright, S.J. and Woolhouse, H.W. Physiological Mechanisms of Heavy Metal Tolerance. In the Ecology of Resource Degradation and Renewal, (Chadwicks, M.J. and Goodman, G.T. eds.) pp. 231 - 257. Blackwell, Oxford, 1976.
- Wallace, J.M. "The Influence of High Nutrient Levels of Cobalt, Copper and Molybdenum on Leaf Catalase and Root Peroxidase Activity in Soybean Plants Grown with Different Levels of Iron." Diss. Abstr. 17 (1957): 2398 - 2399.
- Wallace, T. "Investigations on Chlorosis of Fruit Trees II. The Composition of Leaves, Bark and Wood of Current Season's Shoots in case of Lime-induced Chlorosis." J. Pom. Hort. Sci. 7 (1928): 172 - 183.
- Wallace, J.M. and Clark, H.E. "Catalase and Peroxidase Activity in Soybean Seedling Grown at several Levels of Iron with and without Added Cobalt." Plant Physiol. 31 (Suppl) (1956): VI.

- Wallace, A and DeKock, P.C. Translocation of Iron in Tobacco, Sunflower and Bush Bean Plants. In Current Topics in Plant Nutrition, (Wallace, A ed.) pp. 3 - 9 Ann. Arbor:Edward Bros., 1966.
- Wallace, A., Romney, E.M., Alexander, G.V., Soufi, S.M. and Patel, P.M. "Some Interactions in Plant among Cadmium, other Heavy Metals and Chelating Agents." Agron. J. 69 (1977): 18 - 20.
- Watanabe, F.S., Lindsay, W.L. and Olsen, S.R. "Nutrient Balance Involving Phosphorus, Iron and Zinc." Soil Sci. Soc. Am. Proc. 29 (1965): 562 - 565.
- Webb, M. "The Mechanism of Acquired Resistance to Co^{2+} and Ni^{2+} in Gram-positive and Gram-resistant Bacteria." Biochem. Biophys. Acta. 222 (1970): 440 - 446.
- Weinstein, L.H. and Robbins, W.R. "The Effect of Different Iron and Manganese Nutrient Levels on the Catalase and Cytochrome Oxidase Activities of Green and Albino Sunflower Leaf Tissue." Plant Physiol. 30 (1955): 27 - 32.
- Whatley, J.M. "Variations in the Basic Pathway of Chloroplast Development." New Phytol 78 (1977): 407 - 420.
- White, M.C., Chaney, R.L. and Decker, A.M. "Differential Varietal Tolerance in Soybean to Toxic Levels of Zinc in Sassafras Sandy Loam." Agron. Abstr. 1974 (1974): 144 - 145.
- Wickliff, C., Evans, H.J., Carter, K.R. and Russell, S.A. "Cadmium Effect on the Nitrogen Fixation System of Red Alder." J. Environ. Qual. 9 (1980): 180 - 184.

Witham, F.H., Blaydes, D.F. and Devlin, R.M. Chlorophyll Absorption Spectrum and Quantitative Determination: Experiments in Plant Physiology. pp. 55 - 56. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1971.

Wu, L. and Bradshaw, A.D. "Aerial Pollution and the Rapid Evolution of Copper Tolerance." Nature 238 (1972): 167 - 169.

Wu, L. and Antonovic, J. "Experimental Ecological Genetics in *Plantago* II. Lead Tolerance in *Plantagolan ceolata* and *Cynodon dactylon* from a Roadside." Ecology 57 (1976): 205 - 208.

ภาคผนวก ก.

สารอาหารความเข้มข้นปกติตามสูตรของ Hoagland (Dunn and Arditto, 1968)

stock solution*	จำนวนมิลลิลิตรที่ใช้ในการเตรียม
	สารอาหาร 1 ลิตร
1 M. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	5
1 M. KNO_3	5
1 M. $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2
1 M. KH_2PO_4	1
Fe-EDTA **	1
Micronutrients (A_5) ***	1

* สารเคมีที่ใช้ทั้งหมดเป็น Reagent grade จากบริษัท M & B

การเตรียม Fe-EDTA **

ละลาย $\text{Na}_2\text{-EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 33.13 กรัม ในน้ำร้อน 1 ลิตร แล้วเติม $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 24.86 กรัม คนจนละลายแล้วพ่นอากาศลงในสารละลายทิ้งไว้ค้างคืนจะได้สารละลายเป็นสีน้ำตาลเข้ม ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัม Fe / มิลลิลิตร

การเตรียม Micronutrients (A_5) ***

ละลายสารต่อไปนี้รวมกันในน้ำ 1 ลิตร
เป็น Stock solution A₅ จำนวนมิลลิกรัมของ micronutrient
แต่ละธาตุต่อ 1 มิลลิลิตรของ A₅

2.86	กรัม	H ₃ BO ₃	B	=	0.5
1.81	กรัม	MnCl ₂ · 4H ₂ O	Mn	=	0.5
0.22	กรัม	ZnSO ₄ · 6H ₂ O	Zn	=	0.05
0.05	กรัม	CuCl ₂ · 2H ₂ O	Cu	=	0.02
0.025	กรัม	Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	Mo	=	0.01

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ active iron (ตามวิธีของ Katyal & Sharma, 1980)

1-10, O-Phenanthroline solution 1.5%

ละลาย 1-10 o-phenanthroline (Analytical grade, Merck) 15 กรัม ลงในน้ำประมาณ 850 มิลลิลิตร เติม HCl 1N ที่ละลายจนกระทั่งผลึกขึ้นสุดท้าย ละลาย dilute เป็น 1 ลิตร และปรับ pH = 3.0

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ total iron (ตามวิธีของ AOAC, 1980)

Acetic acid 2M

ละลาย HOAc (Reagent grade, M & B) 120 กรัม ด้วยน้ำแล้ว dilute เป็น 1 ลิตร

Ammonium citrate solution 1%

ละลาย NH₄-citrate (Reagent grade, M & B) 1 กรัม ด้วยน้ำ แล้ว dilute เป็น 100 มิลลิลิตร



Bromophenol blue indicator 0.04%

บด bromophenol blue (Reagent grade, M & B) 0.1 กรัม ในโถงบดด้วย NaOH 0.05N 3 มิลลิลิตร เทใส่ใน volumetric flask แล้ว dilute เป็น 250 มิลลิลิตร

Buffer solution

ก. pH 3.5 ผสม NaOAc 2M. 64 มิลลิลิตร กับ HOAc 2M 93.6 มิลลิลิตร แล้ว dilute เป็น 1 ลิตร

ข. pH 4.5 ผสม NaOAc 2M 43 มิลลิลิตร กับ HOAc 2M 57 มิลลิลิตร แล้ว dilute เป็น 1 ลิตร

Hydroquinone solution

ละลาย hydroquinone (Photographic grade) 1 กรัมลงใน buffer pH 4.5 100 มิลลิลิตร แล้วเก็บในที่เย็น (เลิกใช้หากเกิดสี)

1-10, O-Phenanthroline solution

ละลาย 1-10 o-phenanthroline 1 กรัม ลงในน้ำ แล้ว dilute เป็น 400 มิลลิลิตร

Sodium acetate solution 2M

ละลาย NaOAc.3H₂O (Reagent grade, M & B) 272 กรัม ลงในน้ำ แล้ว dilute เป็น 1 ลิตร

Iron standard solution (ตามวิธีของ Smith et al, 1952)

ละลาย 0.0702 กรัม Mohr's salt (ferrous ammonium sulphate hexahydrate) (Analytical grade, Merck) ในน้ำที่กรดซัลฟูริกเข้มข้น 2.5 มิลลิลิตร แล้ว dilute เป็น 1 ลิตร จะได้ standard solution 0.01 มิลลิกรัม Fe²⁺/มิลลิลิตร

ภาคผนวก ข.

ตารางที่ 13 แสดงช่วงเวลาของการศึกษาอิทธิพลของธาตุโลหะหนักทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ สังกะสี แคดเมียม และนิเกิล ต่อผักกาดเขียวทางดั่ง และข้าว

ชนิดพืช	อายุพืชที่เริ่มใช้ทดลอง (วัน)	วันเพาะเมล็ด	วันย้ายปลูก	ระยะเวลาของการทดลอง ให้ธาตุโลหะหนัก
ผักกาดเขียวทางดั่ง	28	18 ก.ย. 25	26 ก.ย. 25	17 ต.ค. 25 - 1 พ.ย. 25
ข้าว	51	17 ก.ค. 25	5 ส.ค. 25	8 ต.ค. 25 - 23 ต.ค. 25

หมายเหตุ อายุรับจากวันห่มสังเพาะเมล็ด

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. วิเคราะห์ผลของปริมาณ chlorophyll, total iron, active iron และ inactive iron ของใบผักกาดเขียวกว้างตั้งและข้าว ที่ลดลงหรือเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการทดลอง 9 วัน และ 15 วัน ปริมาณของค่าต่าง ๆ ที่ลดลงหรือเพิ่มขึ้นในทุกระดับของแต่ละธาตุโลหะหนักมีความแตกต่างจาก control อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดย t - test*

$$t^{**} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{sp \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$$sp = \sqrt{\frac{(n_1-1) SD_1^2 + (n_2-1) SD_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

เมื่อ \bar{x} = ค่าเฉลี่ยของแต่ละ treatment

SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละ treatment ซึ่งหาได้จาก

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad \text{เมื่อ } x = \text{ค่าของ sample ใน treatment}$$

n = จำนวน sample ใน treatment

* เนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่การทดลอง: โต้ะ และ ท่ออากาศ ทำให้จำกัดต่อการใช้วิธี design ต่าง ๆ ในทางสถิติ

** เมื่อค่าความแปรปรวนของประชากรระหว่าง treatment ไม่แตกต่างกันหลังจากได้ทดสอบ F-test แล้ว

นำค่า t ที่คำนวณได้เทียบกับค่า t ในตารางเพื่อดูความแตกต่างตามระดับความเชื่อมั่นที่กำหนดในที่นี้คือ 0.05 และ 0.01

2. หากความสัมพันธ์ระหว่าง active iron, total iron เพื่อดูอัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณหนึ่ง เมื่อค่าต้นแปรของอีกปริมาณหนึ่งเปลี่ยนไป โดยดูความถดถอย และสหสัมพันธ์ (Regression and Correlation)

จากสมการเส้นถดถอยและสัมประสิทธิ์ของความถดถอย (Regression Equation)

$$y = a + bx$$

เมื่อ x, y เป็นค่าต้นแปร 2 ชุด ที่นี้คือ active iron และ total iron

a = ระยะทางระหว่าง แกน x และจุดที่เส้นตัดแกน y (intercept)

b = ความลาด slope หรือค่าที่ y จะมีการเปลี่ยนแปลง เมื่อ x เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย

ซึ่งจะได้ regression line แล้วดูความสัมพันธ์ระหว่างค่าต้นแปรสองชุด คือสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ (Correlation coefficient)

$$r = \frac{\sum xy - (\sum x)(\sum y)/n}{\sqrt{[\sum x^2 - (\sum x)^2/n][\sum y^2 - (\sum y)^2/n]}}$$

เมื่อ $r = +1$ มีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ไปในทางบวก

$r = -1$ มีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ไปในทางลบ

$r = 0$ แสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์กันเลย

ประวัติผู้เขียน

นายสันติ บุญฟ้าประทาน เกิดวันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ. 2500 จังหวัดระยอง
สำเร็จการศึกษาได้รับปริญญาการศึกษาบัณฑิต (เกียรตินิยม) ทางชีววิทยา จากมหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน ปีการศึกษา 2522

เข้าศึกษาต่อหลักสูตรปริญญาโททางวิทยาศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์
ในปีการศึกษา 2523 โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

