เอกสารอ้างอิง

เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง, "ข้อมูลปริมาณไนโตรเจนในดินในประเทศ," กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 1983.

สมศักดิ์ วังใน, "การตรึงไนโตรเจนไรโซเบียม-พืชตระกูลถั่ว," พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 1982.

อธิป ลิขิตลิลิต, "การศึกษาศักยภาพในการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียม จาโปนิคัม สายพันธุ์ 122 และสายพันธุ์ใหม่," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาชีวเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 1981.

Allen, O.N. and E.K. Allen, The Leguminosae. The University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin 53715, USA., 1981.

Autoun, H., L.M. Bordelean, D. Provest and R.A. Lachance, "Absence of a Correlation between Nitrate Reductase and Symbiotic Nitrogen Fixation Efficientcy in Rhizobium melilti," Canadian Journal of Plant Science 60 (1980): 209-212.

Breed, R.S., E.G.D. Murrey and N.R. Smith, Bergey's Manual of Determination Bacteiology. 7th ed. pp. 1094, Baltimore, Williams and Wilkins, 1957.

Bryan, B.A., Physiology and Biochemistry of Denitrifications. in Denitrification, Nitrification, and Atmospheric Nitrous Oxides. pp. 67, John Wiley & sons, New York, 1981.

Butz, R.G. and W.A. Jackson, "A Mechanism for Nitrate Transport and Reduction," Phytochemistry 16 (1977): 409-417.

Campbell, W.H., and J. Jr. Smarrelli, Biochemical Basis for Plant Breeding. vol. 3 (Neyra, C. ed.), pp. 1-45, CRC Press, Boca Raton, FL, 1984.

Chaudhry, G.R., and C.H. MacGragor, "Escherichia coli Nitrate Reductase Subunit A: Its Role as the Catalytic site and Evidence for Its MOdification," Journal of Bacteriology 154 (1983): 387-394.

CHI-YING HUANG, " Effects of Ammonium Nitrate on the Activity of Nitrogen Fixing and Assmilatory Enzymes in Nodules," Republic of China 6 (1) (1982): 326-330.

Coombs, J. and Doltall, Fixation and Assimilation of Nitrogen from Atmosphere and Combined Sources. in Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis. pp. 128, Pergamon International Library, 1st edition, 1982.

Daniel, R.M. and Appleby, C.A., "Anaerobic-nitrate, Symbiotic and Aerobic Growth of Rhizobium japonicum: Effect on Cytochrome P_{450}, Other Haemoproteins, Nitrate and nitrite Reductase," Biochimica et Biophysica Acta 275 (1972): 347-354.

Daniel, R.M., et.al., "Anaerobic Growth and Denitrification by Rhizobium japonicum and other Rhizobia," Journal of General Microcrobiology 120 (1980): 517-521.

Delwiche, C.C. and B.A. Bryan, "Denitrification," Annual Review of Mi Microbiology 30 (1976): 241-262.

Demoss, J.A., J.C. Cox, and E.S. Edwards, "Resolution of Distinct Selenium containing Formate Dehydrogenase from E. Coli," Journal of Bacteriology 145 (1981): 1317-1324.

Dilworth, M.J. and C.A. Applyby, Leghaemoglobin and Rhizobium Haemoproteins. in A treatise on Dinitrogen Fixation, Section III, pp. 651-764 edited by R.W.F. Hardy and R.C. Bruns, New York: John Wiley, 1979.

Elkan, G.H., Taxonomy of Rhizobiaceae. in Biology of the Rhizobiaceae. (Gile, K.L. and Atherly, A.G. eds.) pp. 1-14, Academic Press, New York, 1981.

Enoch, H.G. and R.L. Lester, "Difficulties in Purify Enzyme have been Due in Part to Its Oxygen Sensitivity," Journal of Biological Chemistry 250 (17) (1975): 6693-6705.

Farnden K.J.F. and J.G. Robertson, Methods for Studying Enzymes Involved in Metabolism Related to Nitrogenase. in Methods for Evaluating Biological Nitrogen Fixation., pp. 273, John Wiley & Sons Ltd., 1980.

Gallop R. and Y. J. Avisar, "The Expression of Nitrate Reductase in Free-Living Rhizobium sp." Canadian Journal of Microbiology 30 (1984): 890-893.

Gibson, A.H. and J.D. Pagan, "Nitrate Effect on the Nodulation of Lequmes Inoculated with NR-Deficient Mutans of Rhizobium," Planta. 134 (1977): 17-22.

Giordano, G., et.al., "Characterization of the Membrane-Bound Nitrate Reductase Activity of Aerobically-Grown Carbohydrate-Sensitive Mutants of E. coli K_{12}," FEBS letters 95 (1978): 290-294.

Giordano, G., et.al., "Molybdenum-Limitted Growth Achived Either Phenotypically or Genotypically and Its Effect on the Synthesis of Formate Dehydrogenase and Nitrate Reductase by E. coli K_{12}," FEMS Microbiology letters. 9 (1980): 229-235.

Guerrero, M.g., J.M. Vega, and M. Losada, "The Assimilatory Nitrate-Reducing System and Its Regulation," Annual Reviews of Plant Physiology. 32 (1981): 169-204.

Haratyunyan, E., et.al., Leghaemoglobin and Cytochromes. Current Perspectives in Nitrogen Fixation, Proceeding of the 4th International Symposium on Nitrogen Fixation. Canberra, Australia, pp. 363-369, 1980.

Harper J.E., "Soil and symbiotic nitrogen requirements for optimum soybean production," Crop Science 14 (1974): 255-260.

Henzell, E.F. and I. Wallis, Transfer of Nitrogen Between Legumes and Other Crops. in Biological Nitrogen Fixation in Forming Systems of the Tropics. Wiley, Chichester, England, 1977.

Hewitt, E.J. and B.A. Notton, Molydenum and -Molybdenum-Containing Enzymes. (Cougnlan, M., ed.) pp. 275-325, Pergamon Press, New York, 1980.

Ingledvo, W.J. and R.K. Poole, "Respiratory Chain of E. coli. " Microbiology Reviess 48(3) (1984): 222-271.

Kay, C.J. and M.J. Barber, "Assimilatory Nitrate Reductase from Chlorella," Journal of Biological Chemistry 261 (30) (1986): 14125-14129.

Keister, D.L., "Acetylene Reduction by Prue Cultures of Rhizobia," Journal of Bacteriology 123 (1975): 1265-1268.

Kennedy, I., J. Rigaud, and J.C. Trinchant, "Nitrate Reductase from Bacteroids of Rhizobium japonicum: Enzyme characteristics and lossible Interaction with Nitrogen Fixation," Biochimica et Biophysica Acta 397 (1975): 24-35.

Kurz, W.G.W., and T.A. LaRue, "Nitrogenase Activity in Rhizobia in Absence of Plant Host," Nature 256 (1975): 407-408.

Laane, C., H. Haaker, and C. Veeger, European Journal of Biochemistry 87 (1978): 147-153.

Lester, R.L. and J.A. DeMoss, "Effect of Molybdate and Selenite on Formate and Nitrate Metabolism in E. coli," Journal of Bacteriology 105 (1971): 1006-1014.

Lowry, O.H., et.al., "Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent," Journal of Biological Chemistry 193 (1951): 265-275.

MacGragor, C.H., C.A. Schanaitman, and D.E. Normansell, "Purification and Properties of nitrate Reductase from E. coli K_{12}," Journal of Biological Chemistry, 249 (16) (1974): 5321-5327.

MacGragor, C.H., "Anaerobic Cytochrom b_1 in Escherichia coli.: Association with and Regulation of Nitrate Reductase," Journal of Bacteriology 121 (3) (1975): 1111-1116.

Manhart, J.R. and P.P. Wong, "Nitrate Reductase Activities of Rhizobia and Correlation Between Nitrate Reduction and Nitrogen Fixation," Canadian Journal of Microbiology 25 (1979): 1169-1174.

Manhart, J.R. and P.P. Wong, "Nitrate Effect on Nitrogen Fixation (Acetylene Reduction)," Plant Physiology 65 (1980): 502-505.

Michael W.W., Adams and C.E. Mortenson, "Effect of Cyanide and Ferricyanide on the Activity of the Dissimilatory Nitrate Reductase of E. coli," Journal of Biological Chemistry 257 (4) (1982): 1791-1799.

Michael J. MC Pherson, et.al., "Respiration Nitrate Reductase of Escherichia coli, Sequence Identification of the Large Subunit Gene," FEBS letter 177 (2) (1984): 260-164.

Nicholas, D.J. and Nason, Determination of Nitrate and Nitrite. in Methods in Enzymology. vol. III, pp. 982, 1952.

Pagan, J.D., J.J. Child, W.R. Scowcroff, and A.H. Gibson, "Nitrogen Fixation by Rhizobium Cultured on Defined Medium," Nature 256 (1979): 406-407.

Pascal M.C., M. Chippaux, A. Abon-Jaoude, H.P. Blahkowshi, and J. Knappe, "Mutants of Escherlchia coli K-12 with Defects in Anaerobic Pyravate Metabolism," Journal of General Microbiology 124 (1981): 35-42.

Payne, W.J., "Reduction of Nitrogenous oxides by Microorganism," Bacteriological Reviews 37 (4) (1973): 409-452.

Payne, W.J., Denitrification, New York, John Wiley, 1981.

Pierre Forget, "The Bacterial Nitrate Reductase Solubilization, purification and properties of the enzyme of E. coli K-12," 42 (1974): 325-332.

Sawada M.T. and M. Ishimoto, "Proton Translocation Coupled to Nitrite Reduction in Anaerobically Grown E. coli," Journal of Biological Chemistry 97 (1985): 205-211.

Scholl, R.L., J.E. Horper and R.H. Hageman, "Improvements of the Nitrite Color Development in assays of Nitrate Reductase by Phenazine Methosulfate and Zinc acetate," Plant Physiology 53 (1974): 825-828.

Shaumuyan, et.al., "Biological Nitrogen Fixation," Annual Reviews of Plant Physiology, 29 (1978): 263-76.

Showe M.K. and J.A. De Moss, "Localization and Regulation of Synthesis of Nitrate Reductase in Escherichia coli," Journal of Bacteriology 95 (1968): 1305-1313.

Stephen B.D. and C.A. Neyra, "Nitrate and nitrite Reduction in Relation to Nitrogenase Activity in Soybean Nodules and Rhizobium japonicum Bacteroids," Plant Physiology 71 (1983): 731-735.

Stouthamer A.H., J. Van't Reit, and R.J. Planta, "Regulation of Nitrate Assimilation and Nitrate Respiration in Aerobacter aerogenes," Journal of Bacteriology 96 (1968): 1455-1464.

Streeter J.G., "Synthesis and Accumulation of Nitrite in Soybean Nodules Supplied with Nitrate," Plant Physiology 69 (1982): 1429-1434.

Streeter J.G., "Nitrate Inhibition of Legume Nodule Growth and Activity. Short term Studies with High Nitrate Supply," Plant Physiology 77 (1985): 325-328.

Rainbird, R.M., W.D. Hitz, and R.W.F. Hardy, "Experimental Determination of the Respiration Associated with Soybean/Rhizobium Nitrogenase Function, Nodule Maintenance, and Total Nodule Nitrogen Fixation," Plant Physiology 75 (1984): 49-33.

Rigaud, J., F.J. Bergersen, G.L. Turner and R.M. Daniel, "Nitrate Dependent Anaerobic Acetylene-reduction and Nitrogen-Fixation by Soybean Bacteroids," Journal of General Microbiology 77 (1973).

Ruiz-Herrera, J. and J.A. Demoss, "Nitrate Reductase Complex of E. coli K-12: Participation of Specific Formate Dehydrogenase and Cytochrome b_1 compounents in Nitrate Reduction," Journal of Bacteriology 99 (3) (1969): 720-729.

Ryle, G.J.A., C.E. Powell and A.J. Gordon, "The Respiratory Costs of Nitrogen Fixation in Soyben, Cowpea and White Clover, Comparisons

of the Cost of Nitrogen Fixation and the Respiration of the nodulated root," J. Exp. Bot 30 (1979): 135-144.

Taniguchi, S., and E. Itagaki, "Solubilization and Purification of Particulate Nitrate Reductase of Anaerobically grown Escherichia coli," Biochimica et Biophysica Acta 31 (1969): 294-295.

Thipayathasana, P., "Isolation and Properties of Escherichia coli ATPase Mutants with Altered Divalent Metal Specificity for ATP Hydrolysis," Biochimica et Biophysica Acta 408 (1975): 47-59.

Vance, C.P., G.H. Heichel, D.K. Barnes, J.W. Bryon, and L.E. Johnson, "Nitrogen-Fixation, Nodules Development, and Vegetative Regrowth of Alfalfa (Medicago sativa L.) following Harvest," Plant Physiology 64 (1979): 1-8.

Vasconcelos, L.D., L. Miller, and C.A. Neyra, "Free living and Symbiotic Chacracteristics of Chorate resistant mutants of Rhizibium japonicum," Canadian Journal of Microbiology 26 (1980): 338-342.

Vincent, J.M., A Manual for the Practical Study of the Root Nodule Bacteria. Oxford & Edinburgh: Blackwell Scientific Publications, 1970. in Hand Book, No. 15.

Yordy, D.M., and K.L. Ruoff, Dissimilatory Nitrate Reduction to Ammonia. in Denitrification, Nitrification, and Atmospheric Nitrous Oxides. pp. 171, John Wiley & Sons, New York, 1981.

Zablotowicz, R.M., and D.D. Focht, "Denitrification and Anaerobic, Ni Nitrate-dependent Acetylene Reduction in Cowpea Rhizobium," Journal of General Microbiology 111 (1979): 445-448.

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก 1 การวิเคราะห์ทางสถิติของน้ำหนักปมสด โดยวิธี F'test แบบแผน Completly Randomized Design (จำนวนข้อมูลไม่เท่ากัน)

ตารางที่ 1.1 ข้อมูลน้ำหนักปมสด (กรัม) จากตารางที่ 8

จำนวนข้อมูล	ไม่มีไนเตรต	มีไนเตรต	
		2 มิลลิโมลาร์	6 มิลลิโมลาร์
1	2.42	1.09	0.72
2	1.46	0.76	0.50
3	2.35	0.86	0.60
4	1.46	0.16	0.54
5	1.88	0.58	0.44
6	1.82	0.96	0.24
7	2.08	0.84	0.48
8	1.62	0.78	0.70
9	3.0	0.64	0.53
10	2.32	0.43	0.52
11	2.38	0.78	0.56
12	3.33	1.25	0.72
13	2.06		0.68
14	1.58		0.75
15	1.98		0.55
16	2.04		0.45
รวม (T.j)	33.78	9.12	8.98
ค่าเฉลี่ย	2.11	0.76	0.56

T = 51.88

ผลรวมทั้งหมด, T = 33.78 × 9.12 × 8.98 = 51.88

$$\frac{T^2}{n} = \frac{(51.88)^2}{44} = 61.17$$

ผลบวกกำลังสองทั้งหมด $(SS_{total}) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k} x_{ij}^2 - \frac{T^2}{n}$

$$= [(2.42)^2 + (1.46)^2 + \ldots + (0.45)^2] - 61.17$$

$$= 27.385$$

ผลบวกกำลังสองระหว่างกลุ่ม $(SS_{treatment}) = \sum_{j=1}^{n} \frac{T.j^2}{n_j} - \frac{T^2}{n}$

$$= \frac{(53.78)^2}{16} + \frac{(9.12)^2}{12} + \frac{(8.98)^2}{16} - 61.17$$

$$= 22.119$$

ผลบวกกำลังสองภายในกลุ่ม $(SS_{residual}) = SS_{total} - SS_{treatment}$

$$= 5.266$$

ตารางที่ 1.2 การวิเคราะห์ค่าแปรปรวน (ANOVA) แผนแบบ randomized complete block design ของน้ำหนักปมสด (กรัม)

แหล่งความแปรปรวน (source of variation)	องศาอิสระ (degree of freedom)	ผลบวกกำลังสอง (sum of square)	กำลังสองของค่าเฉลี่ย (mean square)	อัตราส่วนค่าแปรปรวน (F-ratio)
ระหว่างกลุ่ม (treatment)	2	21.119	10.559	82.49
ภายในกลุ่ม (residual)	41	5.266	0.128	
ทั้งหมด (total)	43	27.385		

กำลังสองของค่าเฉลี่ย = ผลบวกกำลังสอง/องศาอิสระ

อัตราส่วนค่าแปรปรวน = $\frac{\text{กำลังสองของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม}}{\text{กำลังสองของค่าเฉลี่ยภายในกลุ่ม}}$

ตั้งสมมุติฐาน : ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มค่าเฉลี่ยของน้ำหนักปมสด

เปิดตาราง F ที่อันตรภาคความเชื่อมั่น 95% และองศาอิสระ (2, 41) = 3.226

ค่าอัตราส่วนค่าแปรปรวน 82.49 > 3.226

มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของน้ำหนักปมสด ระหว่างปมรากถั่วเหลืองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปตัสเซียมไนเตรตความเข้มข้น 2, 6 มิลลิโมลาร์ และไม่มีโปตัสเซียมไนเตรต ($p > 0.005$)

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี Duncan's new multiple range test เพื่อดูว่าคู่ใดของข้อมูลที่มีความแตกต่างกัน

standard error of mean, $S_{\bar{x}}$ = error mean square/r_i

$$\text{error mean square}/r_i = \sum_{j=1}^{k} \left[\sum_{i=1}^{n} X_{ij}^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} X_{ij} \right)^2}{r_i} \right] / r_i$$

$$= (2.42)^2+(1.46)^2+\ldots+(2.04)^2- \frac{(33.78)^2}{16}/16$$

$$+\ldots+ (0.72)^2 + (0.50)^2+\ldots+(0.45)^2 -$$

$$\frac{(8.98)^2}{16} /16$$

$$= 0.3488$$

$$S_{\bar{x}} = \frac{0.3488}{41}$$

$$= 0.092$$

เปิดตารางStudentized Range ที่อันตรภาคความเชื่อมั่น 95%, องศาอิสระความผิดพลาด (d.f. of error) = 41 ได้ค่าดังตาราง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จำนวนค่าเฉลี่ยที่ทดสอบ (P)	2	3
significant studentized ranges (SSR)	2.858	3.438
Least significant range (LSR) = SSR x $S\bar{x}$	0.262	0.316

เรียงลำดับค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากค่าน้อยไปมาก

ภาวะที่เลี้ยง	ไนเตรต 6 มิลลิโมลาร์ (6 mM)	ไนเตรต 2 มิลลิโมลาร์ (2 mM)	ไม่มีไนเตรต ($-NO_3^-$)
ค่าเฉลี่ย	0.56	0.76	2.11

ตารางที่ 1.3 การวิเคราะห์ทางสถิติของค่าเฉลี่ยน้ำหนักปมสดแต่ละคู่ข้อมูล ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test

คู่ของข้อมูล	ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย	P	LSR	การแปรผล
- NO_3^- : 6 mM	1.55	3	0.316	(+)
- NO_3^- : 2 mM	1.35	2	0.262	(+)
2 mM: 6 mM	0.2	2	0.262	(-)

(+) : มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

(-) : ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ภาคผนวก 2 การวิเคราะห์ทางสถิติของจำนวนฟมโดยวิธี F'test แผนแบบ Completely Randomized Design (จำนวนข้อมูลไม่เท่ากัน)

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลจำนวนฟม จากตารางที่ 8

จำนวนข้อมูล	ไม่มีไนเตรต	ไนเตรต 2 มิลลิโมลาร์	ไนเตรต 6 มิลลิโมลาร์
1	67	39	38
2	58	27	32
3	97	31	43
4	55	8	34
5	68	22	25
6	81	34	18
7	63	3q	38
8	72	28	49
9	111	23	36
10	76	16	45
11	126	28	41
12	117	42	37
13	73		46
14	101		39
15	93		24
16	63		33
= T.j	1321	328	578
	82.56	27.33	36.125

T = 2227

ผลรวมทั้งหมด , $T = 1321 + 328 + 578 = 2227$

$$\frac{T^2}{n} = \frac{(2447)^2}{44} = 112716.568$$

ผลบวกกำลังสองทั้งหมด $(SS_{total}) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k} X_{ij}^2 - \frac{T^2}{n}$

$$= [(67)^2 + (58)^2 + \ldots + (53)^2] - 112716.568$$

$$= 35590.432$$

ผลบวกกำลังสองระหว่างกลุ่ม $(SS_{treatment})$ $= \sum_{j=1}^{n} \frac{T^2_{.j}}{n_j} - \frac{T^2}{n}$

$= \frac{(1321)^2}{16} + \frac{(328)^2}{12} + \frac{(578)^2}{16} - 112716.568$

$= 26194.077$

ผลบวกกำลังสองภายในกลุ่ม $(SS_{residual})$ $= SS_{total} - SS_{treatment}$

$= 9396.355$

ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์ค่าแปรปรวน (ANOVA) แผนแบบ randomized complete block design ของจำนวนปม

แหล่งความแปรปรวน (source of variation)	องศาอิสระ (degree of freedom)	ผลบวกกำลังสอง (sum of square)	กำลังสองของค่าเฉลี่ย (mean square)	อัตราส่วนค่าปรวนแปร (F-ratio)
ระหว่างกลุ่ม (treatment)	2	26194.077	13097.038	57.147
ภายในกลุ่ม (residual)	41	9396.355	299.179	
ทั้งหมด (total)	43	35590.432		

กำลังสองของค่าเฉลี่ย = ผลบวกกำลังสอง / องศาอิสระ

อัตราส่วนค่าแปรปรวน = $\frac{\text{กำลังสองของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม}}{\text{กำลังสองของค่าเฉลี่ยภายในกลุ่ม}}$

สมมุติฐาน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มค่าเฉลี่ยจำนวนปม

เปิดตาราง ที่อันตรภาคความเชื่อมั่น 95% และองศาอิสระ (2, 41) = 3.226

ค่าอัตราส่วนค่าแปรปรวน $57.147 > 3.226$

มีความแตกอย่างมีนัยสำคัญของจำนวนปมระหว่างปมรากถั่วเหลืองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปตัสเซียมไนเตรตความเข้มข้น 2, 6 มิลลิโมลาร์ และไม่มีโปตัสเซียมไนเตรต ($p < 0.005$)

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อดูว่า คู่ใดของข้อมูลที่มีความแตกต่างกัน ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test

$$\text{standard error of mean, } S\bar{x} = \text{error mean square}/r_i$$

$$\text{error mean square} / r_i = \sum_{j=1}^{k} \left[\sum_{i=1}^{n} X_{ij}^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} X_{ij} \right)^2}{r_i} \right] / r_i$$

$$= (67)^2 + (58)^2 + \ldots + (63)^2 - \frac{(1321)^2}{16} \quad /16 + \ldots +$$

$$(38)^2 + \ldots + (33)^2 - \frac{(578)^2}{16} \quad /16$$

$$= 607.41$$

$$S\bar{x} = \frac{607.41}{41}$$

$$= 3.84$$

เปิดตาราง Studentized Range ที่อันตรภาคความเชื่อมั่นที่ 95% และองศาอิสระความผิดพลาด (d.f. of error) = 41 ได้ค่าดังนี้

จำนวนค่าเฉลี่ยที่ทดสอบ (P)	2	3
significant studentized ranges (SSR)	2.858	3.428
least significant range (LSR) (LSR = SSR x $S\bar{x}$)	10.974	13.201

เรียงลำดับค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากน้อยไปมาก

ภาวะที่เลี้ยง	ไนเตรต 2 มิลลิโมลาร์ (2 mM)	ไนเตรต 6 มิลลิโมลาร์ (6 mM)	ไม่มีไนเตรต
ค่าเฉลี่ย	27.33	36.125	82.56

ตารางที่ 2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติของค่าเฉลี่ยจำนวนปมแต่ละคู่ข้อมูล ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test

คู่ของข้อมูล	ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย	P	LSR	การแปรผล
- NO_3^- : 2 mM	55.23	3	13.201	(+)
- NO_3^- : 6 mM	46.44	2	10.974	(+)
6 mM : 2 mM	8.795	2	10.974	(-)

(+) : มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

(-) : ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก 3 การวิเคราะห์ทางสถิติของแอคติวิตีของอะเซทิลีนรีดักชัน โดย F'test แผนแบบ Completely Randomized Design (จำนวนข้อมูลไม่เท่ากัน)

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลแอคติวิตีของอะเซทิลีนรีดักชัน (นาโนโมลต่อชั่วโมงต่อกรัมน้ำหนักปม) จากตารางที่ 8

จำนวนข้อมูล	ไม่มีไนเตรต	ไนเตรต 2 มิลลิโมลาร์	ไนเตรต 6 มิลลิโมลาร์
1	0.085	0.184	0.027
2	0.063	0.231	0.065
3	0.067	0.005	0
4	0.034	0.027	0.024
5	0.147	0.011	0.024
6	0.034	0.020	0.018
7	0.0432	0.437	0.027
8	0.059	0.012	0.008
9	0.197	0.024	0.077
10	0.118	0.044	0.022
11	0.180	0.169	0.026
12	0.073	0.014	0.055
13	0.047		0.010
14	0.007		0.009
15	0.038		0.042
16	0.064		0.026
รวม (T.j)	1.256	1.178	0.46
ค่าเฉลี่ย	0.078	0.098	0.028

T=2.894

ผลรวมทั้งหมด, $T = 1.256 + 1.178 + 0.46 = 2.894$

$$\frac{T^2}{n} = \frac{(2.894)^2}{44} = 0.190$$

ผลบวกกำลังสองทั้งหมด $(SS_{total}) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k} x_{ij}^2 - \frac{T^2}{n}$

$$= [(0.085)^2 + (0.063)^2 + \ldots + (0.026)^2] - 0.190$$

$$= 0.348$$

ผลบวกกำลังสองระหว่างกลุ่ม $(SS_{treatment}) = \sum_{j=1}^{k} \frac{T_{.j}^2}{n_j} - \frac{T^2}{n}$

$$= \frac{(1.256)^2}{16} + \frac{(1.178)^2}{12} + \frac{(0.46)^2}{16}$$

$$= 0.0374$$

ผลบวกกำลังสองภายในกลุ่ม $(SS_{residual}) = SS_{total} - SS_{treatment}$

$$= 0.3105$$

ตารางที่ 3.2 การวิเคราะห์ค่าแปรปรวน (ANOVA) แผนแบบ randomized complete block design ของแอคติวิตีของอะเซทิลีนรีดักชัน

แหล่งความแปรปรวน (source of variation)	องศาอิสระ (degree of freedom	ผลบวกกำลังสอง (sum of square)	กำลังสองของค่าเฉลี่ย (mean square)	อัตราส่วนค่าแปรปรวน (F-ratio)
ระหว่างกลุ่ม (treatment)	2	0.0374	0.0187	2.49
ภายในกลุ่ม (residual)	41	0.3106	0.0075	
ทั้งหมด (Total)	43	0.348		

กำลังสองของค่าเฉลี่ย = ผลบวกกำลังสอง / องศาอิสระ

อัตราส่วนค่าแปรปรวน = $\frac{\text{กำลังสองของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม}}{\text{กำลังสองของค่าเฉลี่ยภายในกลุ่ม}}$

สมมติฐาน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มค่าเฉลี่ยของแอคติวิตีของอะเซทิลีนรีดักชัน

เปิดตาราง F ที่อันตรภาคความเชื่อมั่น 95% และองศาอิสระ (2, 41) ได้ค่า = 3.226

ค่าอัตราส่วนค่าแปรปรวน 2.49 < 3.226

ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของแอคติวิตีของอะเซทิลีนรีดักชันระหว่างปมรากถั่วเหลืองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปตัสเซียมไนเตรตความเข้มข้น 2, 6 มิลลิโมลาร์ และไม่มีโปตัสเซียมไนเตรต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก 4 การวิเคราะห์ทางสถิติของแอคติวิตีของไนเตรตรีดัคเทสโดยวิธี t-test

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลแอคติวิตีของไนเตรตรีดัคเทส (หน่วย/มก) ในส่วนแบคทีรอยด์ของปมรากถั่วที่เลี้ยงในภาวะต่าง ๆ

ภาวะที่เลี้ยงต้นถั่ว	แอคติวิตีจำเพาะของไนเตรตรีดัคเทส (หน่วย/มก.)
ไม่มีไนเตรต	1.22 ± 0.14
ไนเตรต 2 มิลลิโมลาร์	1.57 ± 0.14
ไนเตรต 6 มิลลิโมลาร์	2.26 ± 0.17

เปิดตาราง Standard Normal Curve ที่ $= 0.05$; $Z_{\alpha/2}$ two-sided test $= \pm 1.96$

สมมติฐานไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ 2 ประชากร

สำหรับไม่มีไนเตรตและไนเตรต 2 มิลลิโมลาร์

$n_1 = 16$; $n_2 = 12$

$$z_c = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}$$

$$= \frac{1.22 - 1.57}{\frac{(0.14)^2}{16} + \frac{(0.14)^2}{12}}$$

$$= -\frac{0.35}{0.0534} = 6.55$$

ค่า $z_c > z_{\alpha/2}$

มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของแอคติวิตีของไนเตรตรีดัคเทสของปมรากถั่วที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปตัสเซียมไนเตรต 2 มิลลิโมลาร์ และไม่มีโปตัสเซียมไนเตรต ($p < 0.004$)

สำหรับไม่มีไนเตรตและไนเตรต 6 มิลลิโมลาร์

$n_1 = 16; \qquad n_2 = 16$

$$z_c = \frac{2.26 - 1.22}{\frac{(0.17)^2}{16} + \frac{(0.14)^2}{16}}$$

$$= 18.909$$

ค่า $z_c > z_{\alpha/2}$

มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของแอคติวิตีของไนเตรตรีดัคเทส ของปมรากถั่วเหลืองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปตัสเซียมไนเตรต 6 มิลลิโมลาร์ และไม่มีโปตัสเซียมไนเตรต ($p < 0.0004$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก 5 การวิเคราะห์ทางสถิติของน้ำหนักต้นแห้ง โดยวิธี t test

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลน้ำหนักต้นแห้ง (กรัม) จากตารางที่ 8

จำนวนข้อมูล	ไม่มีไนเตรต	ไนเตรต 6 มิลลิโมลาร์
1	4.592	11.168
2	2.637	7.451
3	3.808	9.416
4	2.714	11.6
5	3.20	10.566
6	2.987	11.061
7	3.842	10.588
8	3.008	8.442
9	5.117	9.774
10	3.509	7.6
11	3.855	10.796
12	5.654	7.838
13	3.717	11.7
14	2.80	12.35
15	3.324	10.92
16	3.58	12.433
ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	3.646	10.231
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($_{n-1}$)	0.855	1.641

$n_1 = 16$; $n_2 = 16$; $\alpha = 0.05$

เปิดตาราง Standard Normal Curve $Z_{\alpha/2}$ two-sided test = $\pm$ 1.96

สมมติฐาน : ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ 2 ประชากร

$$Z_c = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}$$

$$= \frac{10.231 - 3.646}{\frac{(1.641)^2}{16} + \frac{(0.855)^2}{16}}$$

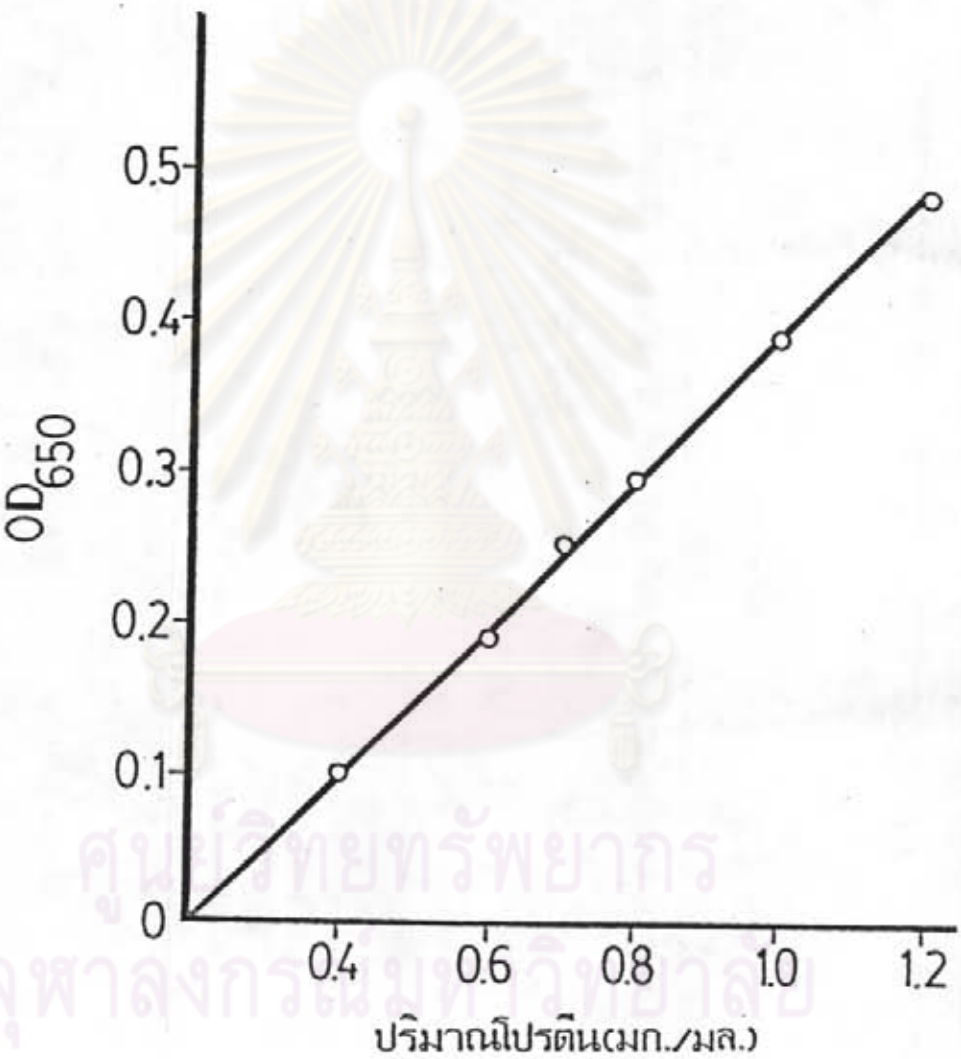
$$= \frac{6.585}{0.4626} = 14.23$$

$Z_c > Z_{\alpha/2}$

มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักต้นแห้งของปมรากถั่วเหลืองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปตัสเซียมไนเตรต 6 มิลลิโมลาร์ และไม่มีโปตัสเซียมไนเตรต

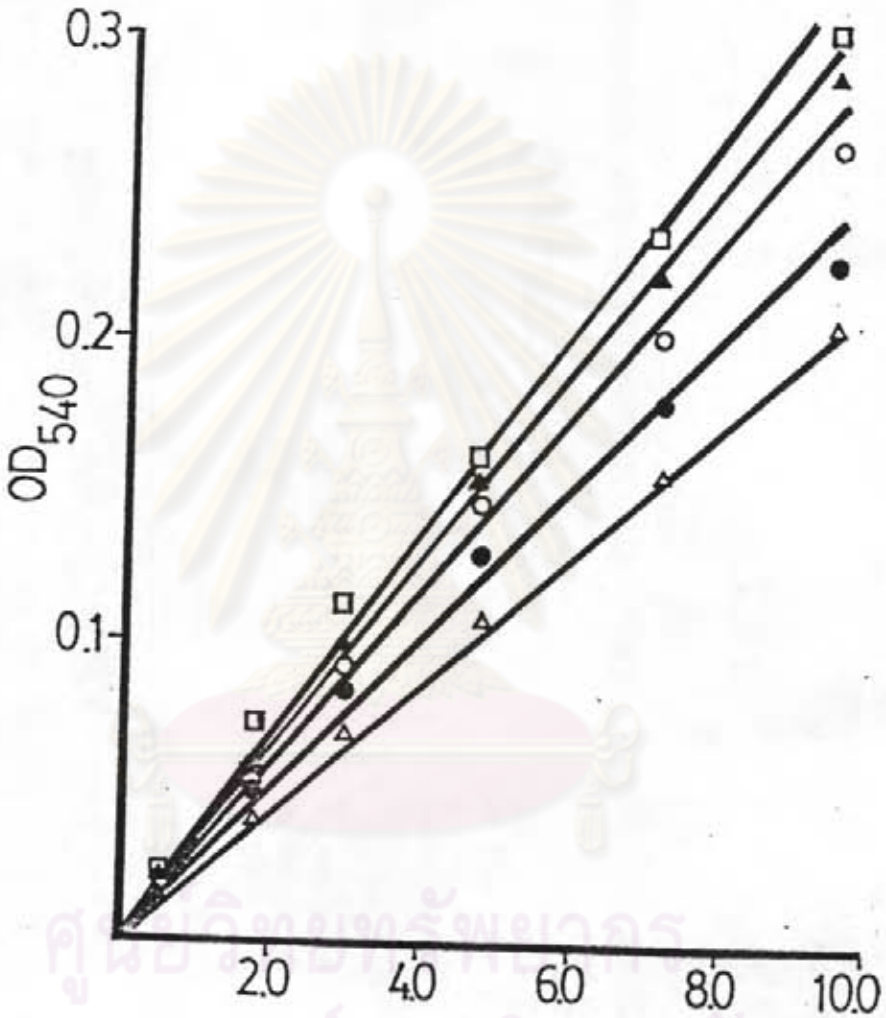
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก 6 กราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณโปรตีนโดยวิธีลอรี (Lowry และคณะ, 1957)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก 7 กราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณไนไตรต์ เมื่อใช้ตัวให้อิเลคตรอนต่าง ๆ



สัญญลักษณ์: โซเดียมซัคซิเนตความเข้มข้น 12.5 มิลลิโมลาร์

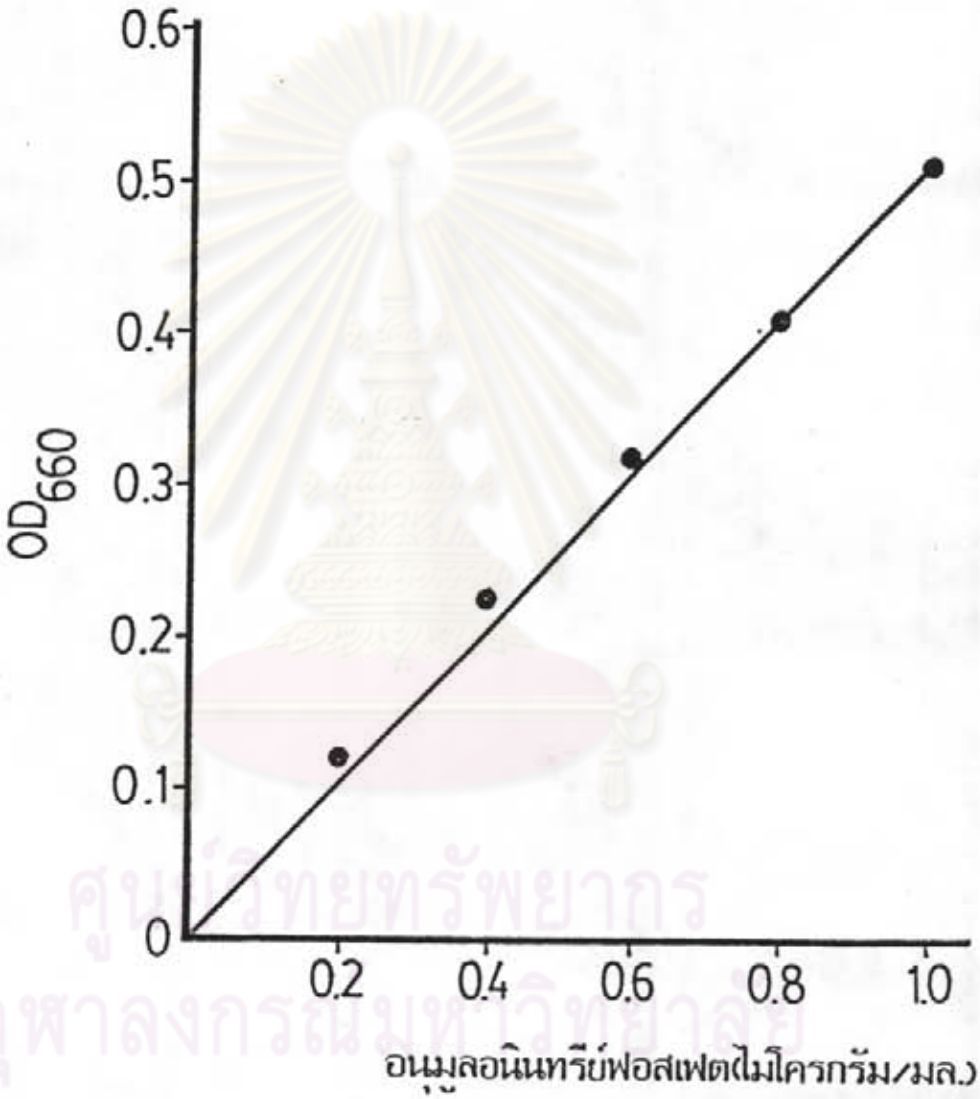
NADH ความเข้มข้น 0.3 มิลลิโมลาร์ และเติม PMS ความเข้มข้น 0.005 มิลลิโมลาร์

เมทธิวไวโอโลเจน ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์

เบนซิลไวโอโลเจนความเข้มข้น 0.05 มิลลิโมลาร์

โซเดียมฟอร์มเมต ความเข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์

ภาคผนวก 8 กราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณอนุมูลอนินทรีย์ฟอสเฟต



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาวเนาวรัตน์ ศรีวงค์พานิช เกิดวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2505 ณ จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคนิคการแพทย์ จากคณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล เมื่อปี พ.ศ. 2525

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย