รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ชัชชัย สิมะสาธิตกุล. 2521. การตรึงไนโตรเจนโดยสิ่งมีชีวิตในนาข้าว วัดด้วยวิธีอะเซทีลีนรีดักชั่น. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เย็นใจ วสุวัติ และ นันทกร บุญเกิด. 2535. การใช้เชื้อไรโซเบียมเพื่อเพิ่มผลผลิตให้แก่พืชตระกูลถั่ว. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตร.

สมศักดิ์ วังใน. 2541. การตรึงไนโตรเจน:ไรโซเบียม-พืชตระกูลถั่ว.กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไสว พงษ์เก่า. 2534. พืชเศรษฐกิจ ,เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาษาอังกฤษ

Beck, D.P., and Vangnai, S. 1985. Performance of rhizobia under adverse condition, 141-146. *In* Blair, G.L., Ivory, D.A. and Evans, T.R. (Eds.). Forages in southeast asia and south pacific agriculture.Proceeding of an International Workshop. 19-23 August 1985. Cisarua, Indonesia.

Bergenson, F.J. 1963. Physiological chemistry of symbiotic nitrogen fixation by legume. *In* J.R. Postgate(ed.). The Chemistry and biochemistry of nitrogen fixation. Plenum Press. London, New York :191-244.

Brouzes, R., and Knowles, R. 1973. Effects of temperature on bacterial activity. Soil. Biol. Biochem. 5 :223-229.

Burns, R.C., and Hardy, R.W.F. 1975. Nitrogen fixation in bacteria and higher plants. Springer-Verlag, Berlin : 189.

Dilworth, M.J. 1966. Acetylene reduction by nitrogen-fixing preparations from *Clostridium pasteurianum*. Biochim. Biophys. Acta. 127 :285-294.

Dixon, R.A., and Postgate, J.R. 1971. Transfer of nitrogen-fixation genes by conjugation in *Klebsiella pneumoniae*. Nature 234 :47-48.

Egeraat, A.W., and Van, S.M. 1972. Pea-root exudates and their effect upon root nodule bacteria. Meded Landbouwhogesch, Wageningen.

Fottrell, P.E. 1968. Recent advances in biological nitrogen fixation. Science Progress, Oxford 56 :541-555.

Giller, K.E., and Wilson, K.S. 1991. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. C.B.A.International, Wallingford . 313 p.

Hardy, R.W.F., and Knight, E. 1966. Reduction of N_2O by biological N_2 fixing systems. Biochem. Biophys. Res. Commun. 23 :409-414.

Hardy, R.W.F., and Burns, R.C. 1972. Applications of acetylene-ethylene assay for measurement of nitrogen fixation. Soil. Biol. Biochem. 5 :47-81.

Hardy, R.W.F., Burns, R.C., Herbert, R.R., and Holsten, R.D. 1971.Biological nitrogen fixation: A key to world protein. Plant and Soil (special volume) :561-590.

Hardy, R.W.F., Holdten, R.D., Jackson, E.K., and Burns, R.C. 1968. The acetylene-ethylene assay for N_2-fixation: laboratory and field evaluation. Pl. Physiol. 43 :1185-1207.

Harris, D., and Dart, P.J. 1973. Nitrogenase activity in the rhizosphere of *Stachys sylvatica* and some other dictyledonous Plants. Soil Biol. & Biochem. 5 :277-279.

Jergensen, M.F., and Davey, C.B. 1971. The effect on growth of *Azotobacter* sp. Plant. Soil. 34 :341-356.

Kennedy, I.R. 1970. Kinetics of acetylene and cyanide reduction by the N_2-fixing system of *Rhizobium lupini*. Biochem. Biophys. Acta. 223 :86-104.

Kennedy, I.R. 1970. Properties of nitrogenase from legumes. Proc. Austr. Biochem. Soc.3 :11.

Kim, J., and Rees, D.C. 1994. Nitrogenase and biological nitrogen fixation. Biochemistry. 33(2) :389-397.

Koch, B., Evans, H.J., and Russel, S.A. 1967. Properties of the nitrogenase system in cell-free extracts of bacteroids from soybean root nodules. Proc. Nat. Acad. Sci.3 :1343-1350.

Krieg, N.R. 1984. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, Vol.1 .Williams & Wilkins, New York.

Kubo, T., and Boersma, L. 1971. Soil water suction and root temperature effects on nitrogen fixation in soybeans. Argon. J. 63 :901-904.

Leaf, G., Gardner, I.C., and Bond, G. 1959. Introduction to soil microbiology. John Wiley and Sons, Inc., New York , London.

Leigh, G.J. 1971. A Biological fixation of molecular N. *In* J.R. Posgates(ed.) The chemistry and biochemistry of N-fixation. Plenum Press., London, New York.

McKee, T., and McKee, J.R. 1999. Biochemistry: An Introduction. McGraw-hill, New York. 619 p.

Mishustin, E.N., and Shilnikova, V.K. 1969. The biological fixation of atmospheric nitrogen by free-living bacteria. *In* Soil Biology, Reviews of Research,: 82-109, UNESCO, Paris.

Mortenson , L.E., and Jeng, D.Y. 1967. Recent advances in biological nitrogen fixation. Science Progress, Oxford 56 :541-555.

Nester, E.W., Roberts, C.E., and Nester, M.T. 1995. Microbiology: A Human perspective.W. C. Brown Publishers, Boston. 812 p.

O'Toole, P., and Knowles, S.R. 1973. Effects of addition of carbon sources in the culturing. Soil. Biol. Biochem. 5 :789-797.

Pratt, D.C., Bergad, P.L., and Ham, G.E. 1971. Nitrogenase activity in a strain of *Rhodopseudomonas sp.* containing bacteriochlorophyll b. Bacteriol. Proc. 139 p.

Quispel, A. 1974. The biology of nitrogen fixation. North-Holland Publishing : Amsterdam.

Ruinen, J. 1974. Nitrogen fixation in the phyllosphere. *In* A. Quispel (ed.), The biology of nitrogen fixation. North-Holland Publishing Co., Amsterdam :121-165.

Schollhorn, R., and Burris, R.H. 1966. Study of intermediates in nitrogen fixation. Federation Proc. 25 :710.

Shanmugan, K.T., and Valentine, C. 1975. Molecular biology of nitrogen fixation. science. 187 :919-924.

Shende, S.T., Apte, R.G., and Singh, T. 1977. Influence of *Azotobacter* on germination of rice and cotton seeds. Curr. Sci. 46 :675.

Silver, W.S. 1977. Foliar association in higher plants.*In* R.W.F. Hardy and W.S. Silver (Eds.), A treatise on dinitrogen fixation. John Wiley and Sons., New York. :153-184.

Sprent, J.I. 1979. The biology of nitrogen-fixing organisms. McGraw-Hill Book Co.Ltd., London :1-45.

Stayermark, A.L. 1951. Quantitative organic analysis; Microdetermination of nitrogen by the kjeldahl method. The Blakiston Company. Newolene.134-153 p.

Subba Rao, N.S. 1979. Crop response to microbial inoculation. In cited of recent advance biological nitrogen fixation. Oxford & IBH Publishing CO., New Delhi, Bombay. :406-420.

Turkey, H.B. 1970. The leaching of substances from plants. Ann. Rev. Pl. Physiol., 21:305-324.

Voet, D., and Voet, J.G. 1990. Biochemistry. John Wiley & Sons, Inc., New York.876 p.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

สูตรและวิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. อาหารเหลวสูตรที่ปราศจากไนโตรเจน (nitrogen-free medium) ใน 1 ลิตร ประกอบด้วย

แมกเนเซียมซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต	0.20	กรัม
เฟอรัสซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต	0.005	กรัม
กลูโคส	10.00	กรัม
แคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต	0.10	กรัม
โซเดียมโมลิบเดตไดไฮเดรต	0.00024	กรัม
น้ำกลั่น	500	มิลลิลิตร
ฟอสเฟตบัฟเฟอร์	500	มิลลิลิตร

ปรับพีเอชเป็น 7.0±0.2 นึ่งฆ่าเชื้อที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

2. สูตรอาหาร nutrient broth ใน 1 ลิตร ประกอบด้วย

สารสกัดจากเนื้อ	3.0	กรัม
เปปโตน	5.0	กรัม
น้ำกลั่น	1,000	มิลลิลิตร

ปรับพีเอชเป็น 6.8-7.0 นึ่งฆ่าเชื้อที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

3. สูตรอาหาร Motility medium (semi-solid medium) ใน 1 ลิตร ประกอบด้วย

ทริปโตส	10.0	กรัม
โซเดียมคลอไรด์	5.0	กรัม
agar	5.0	กรัม
น้ำกลั่น	1,000	มิลลิลิตร

แล้วปรับพีเอชเป็น 7.2±0.2 นึ่งฆ่าเชื้อที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

4. สูตรอาหาร Starch agar

Soluble starch	2.0 กรัม
Nutrient agar	1,000 มล.

ปรับพีเอชเป็น 6.8-7.0 นึ่งฆ่าเชื้อที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

สารเคมี และวิธีเตรียม

1. Gram stain

1.1 Crystal violet

สารละลาย A ประกอบด้วย

crystal violet(85% dye)	2.0 กรัม
Ethyl alcohol 95%	20 มล.

ละลายสีในแอลกอฮอล์จนหมด

สารละลายB ประกอบด้วย

Ammonium oxalate	0.8 กรัม
น้ำกลั่น	80 มล.

ผสมสารละลาย A กับ สารละลาย B ถ้ามีตะกอนกรองก่อนใช้

1.2 Safranin O

Safranin O	2.5 กรัม
Ethyl alcohol 95%	100 มล.

ถ้าจะใช้ในการย้อมให้เจือจางเป็น 1:10

1.3 Gram's iodine solution(mordant)

Iodine	1.0 กรัม
potassium iodide	2.0 กรัม
น้ำกลั่น	300 มล.

ละลายiodine และpotassium iodide ในขวดน้ำกลั่นปริมาณน้อย ๆ ก่อน แล้งเติมน้ำให้ครบ เก็บไว้ในขวดสีชา

1.4 Alcohol acetone(decolorizer)

Ethyl alcohol 95%	250 มล.
Acetone	250 มล.

2. รีเอเจนท์สำหรับทดสอบไนเตรท ประกอบด้วย

Diphenylamine	0.7 กรัม
กรดซัลฟุริกเข้มข้น	60.0 มล.
กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น	11.3 มล.
น้ำกลั่น	28.8 มล.

ละลายdiphenylamine ในกรดซัลฟุริกเข้มข้น แล้วค่อย ๆเติมน้ำกลั่นลงไป ทำให้เย็น แล้ว ติมกรดเกลือเข้มข้นลงไป ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ค้างคืน

3. รีเอเจนท์สำหรับทดสอบไนไตรท์ ประกอบด้วย

สารละลาย A	
ซิงค์คลอไรด์	100 มล.
Starch	4.0 กรัม
ซิงค์ไอโอไดด์ หรือ โพแทสเซียมไอโอไดด์	2.0 กรัม
สารละลาย B	
กรดซัลฟุริกเข้มข้น	1 ส่วน
น้ำกลั่น	3 ส่วน

ต้มสารละลายซิงค์คลอไรด์ 100 มล. และละลายแป้งในน้ำกลั่น 150 มล. ค่อย ๆเติมสารละลายซิงค์คลอไรด์ที่ร้อนลงในน้ำแป้ง แล้วให้ความร้อนต่อ เพื่อให้แป้งละลายมากที่สุด จนได้สารละลายเกือบใส เจือจางส่วนผสมของสารละลายซิงค์คลอไรด์ และน้ำแป้งด้วยน้ำกลั่น เติมซิงค์ไอโอไดด์ หรือ โพแทสเซียมไอโอไดด์ ลงไป 2 กรัม เติมน้ำให้ครบ 1,000 มล. กรอง แล้วเก็บไว้ในขวดสีชา ในที่มืด

4. อินดิเคเตอร์สำหรับหาปริมาณไนโตรเจน ด้วยวิธี Kjeldahl ประกอบด้วย

เมธิลีนบลู (methylene blue)	0.1 กรัม
เมธิลเรด (methyl red)	0.1 กรัม
เอทธานอล	150 มิลลิลิตร

ภาคผนวก ค

1. การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Kjeldahl

วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน (nitrogen content) ตามวิธีของ Stayermark (1951) โดยนำตัวอย่างดินมา 10.-1.5 กรัม ใส่ในขวดวิเคราะห์ kjeldahl ขนาด 300 มล. เติมซอลท์ มิกเจอร์(Salt mixture) 7 กรัม ซึ่งประกอบด้วยไดโพแทสเซียมซัลเฟต และคอปเปอร์ซัลเฟต ในอัตราส่วน 19:1 ค่อย ๆเติมกรดซัลฟุริกเข้มข้นปริมาตร 15 มล. ลงไป จากนั้นนำไปย่อยบนเตาย่อย (digester) ในตู้ควันจนได้สารละลายใส นำมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วจึงค่อย ๆเติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มล. และสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 37 % (น้ำหนักต่อปริมาตร) ปริมาตร 50 มล. ลงไป จากนั้นนำไปกลั่นบนเตากลั่น โดยดักจับก๊าซแอมโมเนียที่เกิดขึ้นด้วยกรดบอริก เข้มข้น 4 % (น้ำหนักต่อปริมาตร) ปริมาตร 100 มล. ซึ่งมีอินดิเคเตอร์ (ภาคผนวก ข) ผสมอยู่ 3 หยด กลั่นจนสารละลายบอริกมีปริมาตร 200 มล. จึงนำสารละลายที่ได้มาไตเตรทกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนแล้ว คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนทั้งหมด} = \frac{\text{ปริมาตรกรดHCl(มล.)} \times \text{ความเข้มข้นของกรดHCl} \times 1.4}{\text{ปริมาณสารตัวอย่าง(g)}}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

1. ระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าวพันธุ์ กข1

การเจริญเติบโตของต้นข้าวพันธุ์ กข1 หลังจากการเพาะเมล็ด สามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ

1.ระยะแตกกอ (Active Vegetative phase)

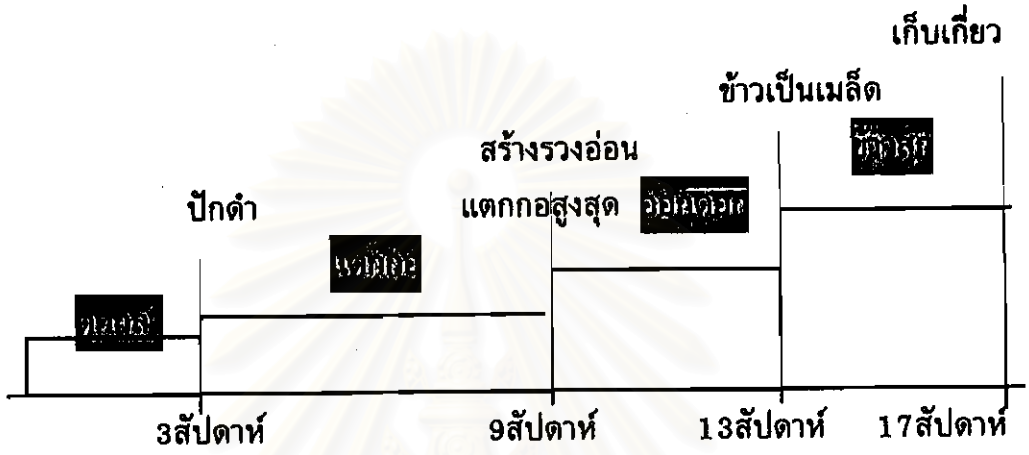
โดยนับตั้งแต่เริ่มปักดำ (Transplanting) จนถึงระยะแตกกอสูงสุด (Maximum Tillering) โดยหลังจากปักดำได้ประมาณ 2 สัปดาห์ ต้นข้าวจะเริ่มฟื้นตัวและเริ่มแตกกอ การแตกกอของต้นข้าวพันธุ์ กข1 จะขึ้นอยู่กับปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน เมื่อต้นข้าวอายุได้ 6 สัปดาห์ จะเป็นระยะที่แตกกอเต็มที่

2. ระยะออกดอก (Reproductive phase)

หลังจากต้นข้าวหยุดแตกกอแล้วก็จะเริ่มสร้างรวงอ่อน (Panicle initiation) ขึ้นภายใน ต่อมาจึงเจริญเข้าสู่ระยะออกดอก (Flowering) ซึ่งในระยะนี้ลำต้นของต้นข้าวจะอ้วน และหลังจากข้าวออกดอกแล้วจะมีการผสมเกสรเกิดขึ้น ซึ่งรวมใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 4 สัปดาห์

3. ระยะข้าวสุก (Rippening phase)

ในระยะนี้หลังจากข้าวออกดอก ดอกข้าวจะเริ่มกลายเป็นเมล็ด (Heading) เติบโตเต็มที่และสุก (Ripening) พร้อมสำหรับการเก็บเกี่ยว (Harvesting) ซึ่งรวมใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 4 สัปดาห์ ดังแสดงในรูปภาคผนวกที่ 1



รูปภาคผนวกที่ 1 แสดงระยะการเจริญของข้าวพันธุ์ กข1 (*Oryza sativa* L.RD1)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางผลการทดลอง

ตารางภาคผนวกที่ 1 น้ำหนักเซลล์แห้ง และความสามารถในการตรึงไนโตรเจนของแบคทีเรียสายพันธุ์ที่ 2 ที่เจริญในอาหารเหลวที่ปราศจากไนโตรเจน โดยที่แปรผันแหล่งของคาร์บอน คือ กลูโคส ซูโครส และแมนนิทอล โดยทำการเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง

อาหารเหลวที่ปราศจากไนโตรเจนและมีแหล่งคาร์บอน									
ชั่วโมง	กลูโคส			ซูโครส			แมนนิทอล		
	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μ mole/mg. cell dry. wt /hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μ mole/mg.cell dry.wt/hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μ mole/mg.cell dry.wt /hr)
0	0.2	0.00	0.00	0.2	0.00	0.00	0.1	0.00	0.00
12	0.9	304.79	0.0238	0.8	272.18	0.0238	0.4	6.55	0.0114
24	1.7	987.72	0.0406	1.5	824.18	0.0384	0.6	8.16	0.0095
36	2.3	1405.37	0.0427	2.1	1187.51	0.0395	0.5	7.21	0.0100
48	2.8	1741.23	0.0435	2.5	1429.12	0.0398	0.6	7.92	0.0092
60	2.9	1874.21	0.0452	2.7	1514.35	0.0392	0.4	7.03	0.0123
72	2.8	1828.75	0.0457	2.6	1492.07	0.0401	0.3	6.84	0.0159

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางภาคผนวกที่ 2 น้ำหนักเซลล์แห้ง และความสามารถในการตรึงไนโตรเจนของแบคทีเรียสายพันธุ์ที่ 6 ที่เจริญในอาหารเหลวที่ปราศจากไนโตรเจน โดยที่แปรผันแหล่งคาร์บอน คือ กลูโคส ซูโครส และแมนนิทอล โดยทำการเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง

ชั่วโมง	อาหารเหลวที่ปราศจากไนโตรเจน และมีแหล่งคาร์บอน								
	กลูโคส			ซูโครส			แมนนิทอล		
	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μ mole/mg.cell dry wt/hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μ mole /mg.cell dry .wt/hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μ mole/mg. cell dry. wt /hr)
0	0.1	0.00	0.00	0.2	0.00	0.00	0.1	0.00	0.00
12	0.7	231.69	0.2315	0.4	107.18	0.0357	0.9	296.35	0.2300
24	1.5	745.28	0.3475	1.0	475.32	0.3324	1.9	957.84	0.3526
36	2.4	1143.69	0.3333	1.5	674.36	0.3144	2.8	1642.71	0.4103
48	2.8	1649.40	0.4120	1.8	842.19	0.3272	3.0	1810.23	0.4220
60	2.6	1411.05	0.3796	1.8	793.89	0.3085	2.6	1584.51	0.3577
72	2.5	1245.87	0.3485	1.5	687.25	0.3054	2.6	1329.67	0.4262

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางภาคผนวกที่ 3 น้ำหนักเซลล์แห้ง และความสามารถในการตรึงไนโตรเจนของแบคทีเรียสายพันธุ์ที่ 12 ที่เจริญในอาหารเหลวที่ปราศจากไนโตรเจน โดยแปรผันแหล่งคาร์บอน คือกลูโคส ซูโครส และ แมนนิทอล โดยทำการเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง

ชั่วโมง	อาหารเหลวที่ปราศจากไนโตรเจน และมีแหล่งคาร์บอน								
	กลูโคส			ซูโครส			แมนนิทอล		
	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μ mole/mg.cell dry.wt/hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μ mole/mg.cell dry. wt /hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μ mole/mg.cell dry. wt/hr)
0	0.2	0.00	0.00	0.1	0.00	0.00	0.1	0.00	0.00
12	0.9	134.73	0.1047	0.7	102.22	0.1021	0.3	32.11	0.0749
24	1.7	583.55	0.2401	1.5	505.08	0.2355	0.5	54.05	0.0756
36	2.4	974.42	0.2761	2.2	841.25	0.2674	0.8	124.77	0.1091
48	2.9	1258.76	0.2731	2.5	1047.68	0.2931	0.8	102.65	0.0897
60	2.7	1054.21	0.2756	2.5	1062.34	0.2808	0.5	71.55	0.0818
72	2.5	984.26	0.3036	2.3	923.39	0.2972	0.3	35.08	0.1001

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางภาคผนวกที่ 4 การเจริญ และความสามารถในการตรึงไนโตรเจนของแบคทีเรียสายพันธุ์ที่ 2 ที่เจริญในอาหารเหลวที่ปราศจากไนโตรเจน ภายใต้อุณหภูมิ 20, 30 และ 40 องศาเซลเซียส โดยเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 72 ชั่วโมง

ชั่วโมง	อุณหภูมิที่ใช้ปมเชื้อ								
	20°ซ			30°ซ			40°ซ		
	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μmole/mg.cell dry.wt/hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μmole/mg.cell dry.wt/hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μmol/mg cell dry.wt/hr)
0	0.1	0.00	0.00	0.2	0.00	0.00	0.1	0.00	0.00
12	0.9	287.61	0.2235	1.2	393.62	0.2294	0.6	127.06	0.1481
24	1.7	903.25	0.3716	2.0	1137.03	0.3976	1.1	215.36	0.1369
36	2.2	1285.03	0.4085	2.8	1730.81	0.4323	1.7	328.14	0.1350
48	2.4	1417.54	0.4131	3.0	1942.36	0.4528	1.8	351.46	0.1366
60	2.4	1479.92	0.4313	2.9	1962.04	0.4732	1.9	389.01	0.1465
72	2.2	1268.52	0.4033	3.0	1890.11	0.4406	1.7	285.43	0.1174

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางภาคผนวกที่ 5 การเจริญ และความสามารถในการตรึงไนโตรเจนของแบคทีเรียสายพันธุ์ที่ 6. ที่เจริญในอาหารเหลวที่ปราศจากไนโตรเจนภายใต้อุณหภูมิ 20, 30 และ 40 องศาเซลเซียส โดยเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 72 ชั่วโมง

อุณหภูมิที่บ่มเชื้อ									
ชั่วโมง	20°ซ			30°ซ			40°ซ		
	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μmole/mg. cell dry. wt/hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μmole/mg .cell dry. wt/hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μmole/mg .cell dry. wt/hr)
0	0.2	0.00	0.00	0.1	0.00	0.00	0.1	0.00	0.00
12	0.4	103.99	0.1818	0.8	238.41	0.2084	1.0	295.20	0.2065
24	1.2	493.07	0.2754	1.7	718.22	0.2955	1.9	647.59	0.2384
36	1.8	817.28	0.3175	2.9	1231.74	0.3191	2.9	1421.84	0.3429
48	2.2	1064.21	0.3383	2.9	1481.75	0.3574	3.2	1688.51	0.3671
60	2.0	994.55	0.3478	2.5	1205.41	0.3012	3.1	1472.31	0.3322
72	2.1	1025.81	0.3416	2.2	947.33	0.3574	2.9	1230.16	0.3429

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางภาคผนวกที่ 6 การเจริญ และความสามารถในการตรึงไนโตรเจนของแบคทีเรียสายพันธุ์ที่ 12 ในอาหารเหลวที่ปราศจากไนโตรเจนภายใต้อุณหภูมิ 20, 30 และ 40 องศาเซลเซียส โดยเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 72 ชั่วโมง

ชั่วโมง	อุณหภูมิที่บ่มเชื้อ								
	20°ซ			30°ซ			40°ซ		
	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μ mole/mg. cell dry. wt/hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μ mole/mg .cell dry. wt/hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μ mole/mg. cell dry.wt/hr)
0	0.2	0.00	0.00	0.2	0.00	0.00	0.1	0.00	0.00
12	0.5	87.59	0.1225	1.0	196.55	0.1375	0.6	96.03	0.119
24	0.8	162.34	0.1419	1.9	479.88	0.1766	0.9	178.55	0.1387
36	0.8	265.88	0.2324	2.7	715.38	0.2060	1.2	337.11	0.1965
48	1.2	411.70	0.2399	3.0	1376.58	0.3089	1.9	641.04	0.2350
60	1.2	397.11	0.2314	2.9	1207.54	0.2912	2.0	698.21	0.2410
72	1.1	352.79	0.2243	2.8	1113.69	0.2782	1.7	547.08	0.2251

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางภาคผนวกที่ 7 การเจริญ และความสามารถในการตรึงไนโตรเจนของแบคทีเรียสายพันธุ์ที่ 2 ในอาหารเหลวที่ปราศจากไนโตรเจนที่แปรผันความเป็นกรด-ด่างให้มีค่าเป็น 5, 6, 7, 8 และ 9 ที่อุณหภูมิห้อง โดยเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 72 ชั่วโมง

ค่าความเป็นกรด-ด่างในอาหารเหลวที่ปราศจากไนโตรเจน															
ชั่วโมง	5			6			7			8			9		
	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μ mole/mg. dry cell / hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μ mole/mg .dry. cell wt /hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μ mole/mg.dry. cell wt/hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μ mole/mg .dry.cell wt /hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μ mole/mg dry cell wt /hr)
0	0.1	0.00	0.00	0.1	0.00	0.00	0.2	0.00	0.00	0.2	0.00	0.00	0.1	0.00	0.00
12	0.9	0.00	0.00	1.1	297.15	0.1889	1.4	468.62	0.2341	1.2	357.26	0.2082	1.0	172.23	0.1204
24	1.3	0.00	0.00	1.6	549.87	0.2404	2.3	1262.51	0.3839	2.0	1105.87	0.3867	1.9	332.48	0.1224
36	2.2	0.00	0.00	2.2	721.46	0.2296	3.1	1922.68	0.4338	2.9	1802.94	0.4348	2.7	469.65	0.1216
48	2.4	0.00	0.00	2.5	874.58	0.2447	3.5	2268.57	0.4533	3.3	2074.28	0.4396	3.0	721.62	0.1682
60	2.4	0.00	0.00	2.6	915.01	0.2461	3.6	2429.92	0.4721	3.4	2185.93	0.4497	3.1	718.34	0.1621
72	2.3	0.00	0.00	2.7	906.37	0.2348	3.6	2403.76	0.4670	3.4	2097.03	0.4313	3.0	682.19	0.1590

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางภาคผนวกที่ 8 การเจริญ และความสามารถในการตรึงไนโตรเจนของแบคทีเรียสายพันธุ์ที่ 6 ในอาหารเหลวที่ปราศจากไนโตรเจนที่แปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างให้มีค่าเป็น 5, 6, 7, 8 และ9 ที่อุณหภูมิห้อง โดยเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 72 ชั่วโมง

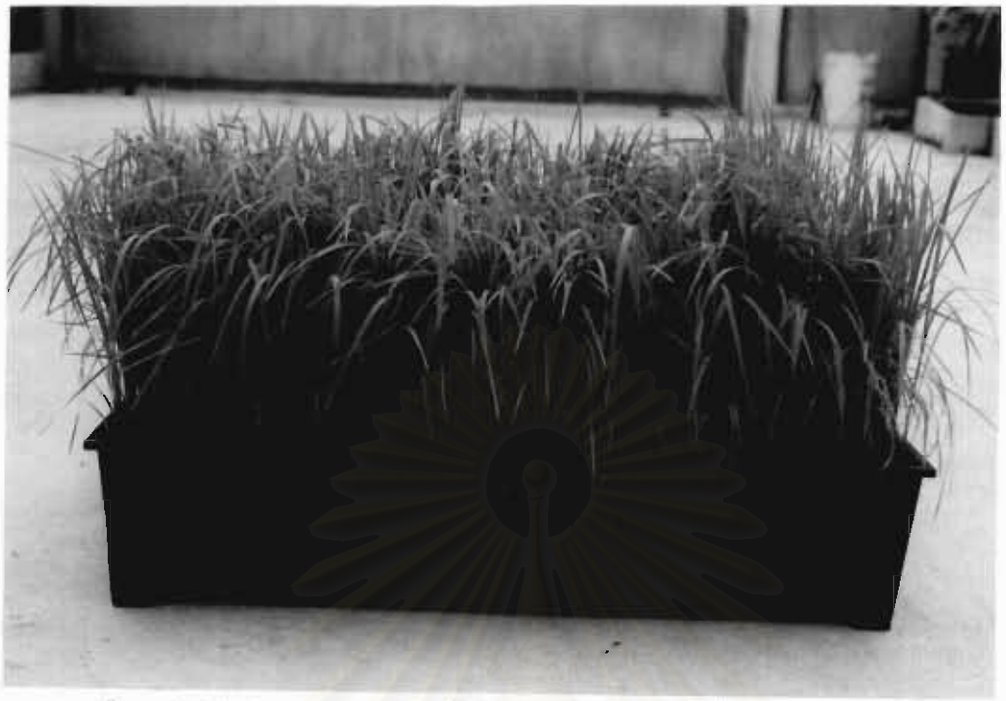
ค่าความเป็นกรด-ด่างในอาหารเหลวที่ปราศจากไนโตรเจน															
ชั่วโมง	5			6			7			8			9		
	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μ mole/mg. dry cell wt/hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μ mole/mg .dry. cell wt /hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μ mole/mg.dry.cell wt /hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μ mole/mg .dry.cell wt /hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μ mole/mg dry cell wt /hr)
0	0.1	0.00	0.00	0.2	0.00	0.00	0.2	0.00	0.00	0.2	0.00	0.00	0.2	0.00	0.00
12	0.4	65.11		0.7	239.42	0.1293	0.9	239.42	0.1960	0.7	148.76	0.1486	0.4	71.22	0.1245
24	0.9	181.62	0.1411	1.4	795.32	0.2793	2.0	795.32	0.2781	1.8	438.85	0.1705	1.2	255.68	0.1490
36	1.2	287.55	0.1676	1.9	1454.22	0.3390	3.0	1254.22	0.3390	2.5	945.16	0.2644	1.6	374.11	0.1635
48	1.4	342.09	0.1709	2.3	1684.77	0.3553	3.2	1384.77	0.3682	2.7	1280.28	0.3316	1.8	544.23	0.2112
60	1.2	271.84	0.1584	2.3	1483.59	0.3269	3.2	1483.59	0.3242	2.4	1021.54	0.2977	1.4	428.15	0.2139
72	1.1	243.79	0.1500	2.1	1254.31	0.3266	3.0	254.31	0.2924	2.2	874.61	0.2695	1.1	219.66	0.1396

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางภาคผนวกที่ 9 การเจริญ และความสามารถในการตรึงไนโตรเจนของแบคทีเรียสายพันธุ์ที่ 12 ในอาหารเหลวที่ปราศจากไนโตรเจน ที่ทำการแปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างเป็น 5, 6, 7, 8 และ9 เมื่อเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 72 ชั่วโมง

ค่าความเป็นกรด-ด่างในอาหารเหลวที่ปราศจากไนโตรเจน															
ชั่วโมง	5			6			7			8			9		
	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μmole/mg dry. cell wt /hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μmole/mg. dry. cell wt /hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μmole/mg .dry.cell wt/hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μmole/ mg .dry.cell wt/hr)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/media 10 ml)	C_2H_4 (ppm)	C_2H_4 (μmole/ mg.dry .cell wt /hr)
0	0.2	0.00	0.00	0.2	0.00	0.00	0.1	0.00	0.00	0.2	0.00	0.00	0.1	0.00	0.00
12	0.5	0.00	0.00	0.6	81.35	0.0711	0.9	142.54	0.1107	0.7	87.61	0.0875	0.4	52.66	0.0921
24	0.8	0.00	0.00	1.3	276.59	0.1488	1.6	352.40	0.1540	1.2	183.85	0.1071	0.9	157.42	0.1223
36	0.8	0.00	0.00	1.8	445.69	0.1732	2.0	673.19	0.2354	1.7	324.50	0.1335	1.3	225.19	0.1211
48	0.7	0.00	0.00	2.4	764.12	0.2227	2.7	976.43	0.2529	2.2	649.17	0.2064	1.6	324.28	0.1417
60	0.6	0.00	0.00	2.2	703.54	0.2237	2.5	917.30	0.2566	2.4	804.37	0.2344	1.3	243.87	0.1312
72	0.4	0.00	0.00	2.1	674.11	0.2152	2.5	847.41	0.2371	2.1	607.33	0.2023	1.4	125.71	0.1078

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



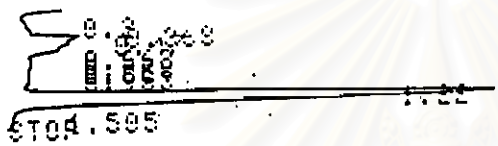
รูปภาคผนวกที่ 2 ต้นข้าวในระยะตกกล้า ที่มีอายุ 22 วัน พร้อมที่จะนำไปปักดำต่อไป

รูปภาคผนวกที่ 3 ต้นข้าวพันธุ์ กข1 ในระยะแตกกอ เมื่อมีอายุ 2 เดือน

รูปภาคผนวกที่ 4 ต้นข้าวพันธุ์ กข1 เมื่อเข้าสู่ระยะการสร้างรวงอ่อน

รูปภาคผนวกที่ 5 ต้นข้าวพันธ์ กข1 เมื่อเข้าสู่ระยะข้าวสุกโดยข้าวเริ่มเป็นเมล็ด

START 1



STOP 1.505

PKNO	TIME	RRT	AREA	MK	IDNO	CONC	NAME
9	1.22	1	14133	Y	1	0.9392	C2H4
		TOTAL	14133			0.9392	

รูปภาคผนวกที่ 6 พีคมาตรฐานของการฉีดก๊าซเอทิลีนมาตรฐาน 1 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธีอะเซติลีน รีดักชั่น เทคนิค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาว จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ เกิดวันที่ 16 มีนาคม พ.ศ. 2516 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2537 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาจุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2538

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย