195

การศึกษาลักษณะของแบคเทอริโอฟาจในดิน

นาย เตชินท์ ตรีวิโรจน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาจุลชีววิทยา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-636-293-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I20438874

CHARACTERIZATION OF BACTERIOPHAGES IN SOIL

Mr. Techin Triwiroj

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Microbiology

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1996

ISBN 974-636-293-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาลักษณะของแบคเทอริโอฟาจในดิน

โดย นาย เดชินท์ ตรีวิโรจน์

ภาควิชา จุลชีววิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.สุรีนา ชวนิชย์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ประกิตติ์สิน สิทนนทน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุรีนา ชวนิชย์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โพธิ์ตานนท์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. วันเพ็ญ ศรีทองชัย)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

เตชินท์ ตรีวิโรจน์ : การศึกษาลักษณะของแบคเทอริโอฟาจในดิน(CHARACTERIZATION OF BACTERIOPHAGES IN SOIL.) อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สุรีนา ชวนิชย์ , 195 หน้า. ISBN 974-636-293-3

ตัวอย่างดิน 31 ตัวอย่างจาก 10 จังหวัดในประเทศไทย ได้ถูกนำมาใช้ในการแยกฟาจของจุลินทรีย์ในกลุ่มแอคติโนมัยซีติส เพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน ด้วยเทคนิคการย้อมสีแบบเนกาทีฟสเตนนิ่ง จุลินทรีย์ในกลุ่มแอคติโนมัยซีติสจากดิน แยกโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อซิวมิค แอซิด วิตามิน อการ์ และถูกชักนำให้เกิดการสร้างสปอร์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ แมนนิทอล มังบีน อการ์ ผลของงานวิจัยนี้สามารถแยกเชื้อในกลุ่มแอคติโนมัยซีติสได้ทั้งหมด 95 สายพันธุ์ ซึ่งนำไปใช้เป็นโฮสท์เซลล์ในการแยกฟาจด้วยวิธีส่งเสริมการเจริญ ฟาจที่แยกได้มีทั้งหมด 18 ชนิด โดยเป็นฟาจของจุลินทรีย์ในจีนัสสเตรปโตมัยซิส ส่วนใหญ่ฟาจที่แยกได้จะมีรูปร่างของส่วนหัวเป็นแบบหกเหลี่ยมถูกบาศก์ มีส่วนหางยาวแต่หดไม่ได้ ฟาจที่แยกได้จะมีความแตกต่างกันไป เช่น ขนาด รายละเอียดของส่วนหัว ความสามารถในการหดตัวของส่วนหาง และชนิดของแผ่นฐาน ตามการจัดจำแนกฟาจโดยอาศัยรูปร่างลักษณะภายนอกของ Bradley ฟาจที่แยกได้เหล่านี้มีลักษณะคล้ายฟาจกลุ่มที่ 4 และกลุ่มที่ 5 จากงานวิจัยนี้พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมที่สุดในการแยกฟาจมีค่าอยู่ในช่วง 6.50-8.50 ยกเว้นฟาจหมายเลข P4(2) ที่ถูกแยกได้จากตัวอย่างดินซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.6 ซึ่งยังไม่เคยมีรายงานการแยกสเตรปโตมัยซิสฟาจ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินต่ำกว่า 5.0 ได้มาก่อน นอกจากนี้ค่าปริมาณน้ำในดินพบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับฟาจที่แยกได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา จุลชีววิทยา ลายมือชื่อนิสิต เตชินท์ ตรีวิโรจน์

สาขาวิชา จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

##C726335 : MAJOR MICROBIOLOGY
KEY WORD: BACTERIOPHAGE / ACTINOMYCETES / ISOLATION / SOIL / CHARACTERIZATION

TECHIN TRIWIROJ : CHARACTERIZATION OF BACTERIOPHAGES IN SOIL. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SURINA CHAVANICH, Ph.D. 195 pp. ISBN 974-636-293-3

Thirty-one soil samples collected from ten provinces of Thailand were used for isolation of actinomycetes phages for the morphological characterization by tranmission electron microscopy (TEM) using the negative staining technique. The isolated actinomycetes from soil were done by using humic acid vitamin agar medium (HV-medium). They were induced for spore forming on mannitol mungbean agar medium (MM-medium). Ninety-five strains of actinomycetes which were isolated from soil were used as host cells for phage isolation by enrichment method. Eighteen type of phages were detected. All phages were isolated from genus Streptomyces. Most of the phages had hexagonal heads and long non-contractile tails. They were different in size, head details and dimension, flexibility of tail and plate type. According to Bradley morphological type classification, these isolated Streptomyces phages were similar to phage group IV and group V. From this study, it was found that the optimal pH for isolation was 6.50-8.50. Exceptionally, phage no. P4(2) was isolated at pH 4.6 to which Streptomyces phages has never been reported from isolated from soil below pH 6.0. In addition the water content was not correlation to the phage isolation.

ภาควิชา Microbiology ลายมือชื่อนิสิต เตชิน ตรีวิโรจน์

สาขาวิชา Industrial Microbiology ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงไป ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ของ รองศาสตราจารย์ ดร.สุรีนา ชวนิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาเป็นที่ปรึกษา ให้คำแนะนำ แนวความคิด และกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นจึง ขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณประธานกรรมการ และคณะกรรมการทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบและแก้ไขต้นฉบับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ คุณรุจิพร ประทีปเสน และคุณศิริเพ็ญ เวชชการันย์ ที่ช่วยให้คำแนะนำและช่วยถ่ายภาพแบคเทอริโอฟาจ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องผ่าน

ขอขอบพระคุณ คุณวิไล บุญทวี บริษัทรัชมอร์ ประเทศไทย ที่ช่วยให้คำแนะนำและช่วยถ่ายภาพเส้นใยเชื้อ ด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัย

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตลอดจน พี่ๆ น้องๆ และเพื่อนๆ ทุกคน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจเป็นอย่างดี ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่น้อง ที่ช่วยสนับสนุนและเป็นกำลังใจอย่างดีเสมอมา จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ฌ
บทที่
1. บทนำ 1
2. อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย 49
3. ผลการวิจัย 58
4. สรุป และวิจารณ์ผลการวิจัย 150
รายการอ้างอิง 162
ภาคผนวก 178
ประวัติผู้เขียน 195

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. การจัดจำแนกไวรัสโดยอาศัยความแตกต่างของขบวนการถ่ายรหัสเป็นเกณฑ์..... 7
2. ตัวอย่างโฮสท์ของฟาจที่แยกได้จากดินด้วยวิธีส่งเสริมการเจริญ..... 33
3. รายละเอียดของตัวอย่างดิน..... 58
4. ค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างดิน..... 77
5. ปริมาณน้ำในตัวอย่างดิน..... 78
6. จุลินทรีย์ที่แยกได้จากดิน..... 79
7. ลักษณะโดยทั่วไปของเชื้อที่แยกได้จากดิน..... 80
8. ฟาจที่แยกได้จากตัวอย่างดิน..... 87
9. ลักษณะของพล๊าคของฟาจที่แยกได้..... 88
10. ค่าความสามารถในการทำให้เกิดพล๊าคของฟาจ..... 137
11. ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของฟาจที่แยกได้..... 139

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1. โครงสร้างโดยทั่วไปของแบคเทอริโอฟาจ..... 3
2. ส่วนประกอบโดยทั่วไปของแบคเทอริโอฟาจ..... 3
3. การจัดเรียงตัวของแคพสิดโปรตีนแบบเหลี่ยมถูกบาศก์..... 5
4. การจัดจำแนกแบคเทอริโอฟาจตามรูปร่างลักษณะภายนอก..... 10
5. แสดงวงจรชีวิตแบบไลติค (lytic cycle) ของแบคเทอริโอฟาจ..... 12
6. ก. ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนของฟาจ..... 13
ข. ขั้นตอนการจับกันอย่างจำเพาะและการส่งถ่ายสารพันธุกรรม
จากฟาจไปสู่ไฮสท์เซลล์..... 13
7. วงจรชีวิตแบบเทมเปอร์เรท (temperate cycle) ของแบคเทอริโอฟาจ..... 20
8. ขั้นตอนการทดสอบฟาจด้วยวิธีเลี้ยงบนอาหารแข็งสองชั้น..... 56
9. ตัวอย่างดินหมายเลข 1..... 61
10. ตัวอย่างดินหมายเลข 2..... 61
11. ตัวอย่างดินหมายเลข 3..... 62
12. ตัวอย่างดินหมายเลข 4..... 62
13. ตัวอย่างดินหมายเลข 5..... 63
14. ตัวอย่างดินหมายเลข 6..... 63
15. ตัวอย่างดินหมายเลข 7..... 64
16. ตัวอย่างดินหมายเลข 8..... 64
17. ตัวอย่างดินหมายเลข 9..... 65
18. ตัวอย่างดินหมายเลข 10..... 65
19. ตัวอย่างดินหมายเลข 11..... 66
20. ตัวอย่างดินหมายเลข 12..... 66
21. ตัวอย่างดินหมายเลข 13..... 67
22. ตัวอย่างดินหมายเลข 14..... 67
23. ตัวอย่างดินหมายเลข 15..... 68

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

24. ตัวอย่างดินหมายเลข 16..... 68
25. ตัวอย่างดินหมายเลข 17..... 69
26. ตัวอย่างดินหมายเลข 18..... 69
27. ตัวอย่างดินหมายเลข 19..... 70
28. ตัวอย่างดินหมายเลข 20..... 70
29. ตัวอย่างดินหมายเลข 21..... 71
30. ตัวอย่างดินหมายเลข 22..... 71
31. ตัวอย่างดินหมายเลข 23..... 72
32. ตัวอย่างดินหมายเลข 24..... 72
33. ตัวอย่างดินหมายเลข 25..... 73
34. ตัวอย่างดินหมายเลข 26..... 73
35. ตัวอย่างดินหมายเลข 27..... 74
36. ตัวอย่างดินหมายเลข 28..... 74
37. ตัวอย่างดินหมายเลข 29..... 75
38. ตัวอย่างดินหมายเลข 30..... 75
39. ตัวอย่างดินหมายเลข 31..... 76
40. จุลินทรีย์กลุ่ม *Actinomycetes* ที่แยกได้จากตัวอย่างดินทั้งหมด..... 84
41. กราฟแสดงจำนวนจุลินทรีย์ที่แยกได้
กับค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน..... 85
42. กราฟแสดงจำนวนจุลินทรีย์ที่แยกได้
กับปริมาณน้ำในดิน..... 86
43. ลักษณะพลาคของฟาจหมายเลข P4(2)..... 89
44. ลักษณะพลาคของฟาจหมายเลข P6(2)..... 89
45. ลักษณะพลาคของฟาจหมายเลข P10(1)..... 90
46. ลักษณะพลาคของฟาจหมายเลข P10(2)..... 90
47. ลักษณะพลาคของฟาจหมายเลข P11(1)..... 91

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

48. ลักษณะพลึกของฟาจหมายเลข P13(1)..... 91
49. ลักษณะพลึกของฟาจหมายเลข P13(2)..... 92
50. ลักษณะพลึกของฟาจหมายเลข P13(3)..... 92
51. ลักษณะพลึกของฟาจหมายเลข P16(1)..... 93
52. ลักษณะพลึกของฟาจหมายเลข P16(2)..... 93
53. ลักษณะพลึกของฟาจหมายเลข P20(2)..... 94
54. ลักษณะพลึกของฟาจหมายเลข P26(1)..... 94
55. ลักษณะพลึกของฟาจหมายเลข P26(2)..... 95
56. ลักษณะพลึกของฟาจหมายเลข P26(4)..... 95
57. ลักษณะพลึกของฟาจหมายเลข P27(4)..... 96
58. ลักษณะพลึกของฟาจหมายเลข P28(1)..... 96
59. ลักษณะพลึกของฟาจหมายเลข P29(2)..... 97
60. ลักษณะพลึกของฟาจหมายเลข P30(1)..... 97
61. ลักษณะพลึกของฟาจหมายเลข P4(2)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 98
62. ลักษณะพลึกของฟาจหมายเลข P6(2)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 98
63. ลักษณะพลึกของฟาจหมายเลข P10(1)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 99
64. ลักษณะพลึกของฟาจหมายเลข P10(2)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 99
65. ลักษณะพลึกของฟาจหมายเลข P11(1)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 100
66. ลักษณะพลึกของฟาจหมายเลข P13(1)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 100

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

67. ลักษณะพลัคของฟาจหมายเลข P13(2)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 101
68. ลักษณะพลัคของฟาจหมายเลข P13(3)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 101
69. ลักษณะพลัคของฟาจหมายเลข P16(1)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 102
70. ลักษณะพลัคของฟาจหมายเลข P16(2)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 102
71. ลักษณะพลัคของฟาจหมายเลข P20(2)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 103
72. ลักษณะพลัคของฟาจหมายเลข P26(1)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 103
73. ลักษณะพลัคของฟาจหมายเลข P26(2)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 104
74. ลักษณะพลัคของฟาจหมายเลข P26(4)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 104
75. ลักษณะพลัคของฟาจหมายเลข P27(4)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 105
76. ลักษณะพลัคของฟาจหมายเลข P28(1)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 105
77. ลักษณะพลัคของฟาจหมายเลข P29(2)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 106
78. ลักษณะพลัคของฟาจหมายเลข P30(1)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า 106
79. ลักษณะของเชื้อหมายเลข S4(2) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส..... 107

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

80. ลักษณะของเชื้อหมายเลข S6(2) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส..... 108
81. ลักษณะของเชื้อหมายเลข S10(1) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส..... 108
82. ลักษณะของเชื้อหมายเลข S10(2) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส..... 109
83. ลักษณะของเชื้อหมายเลข S11(1) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส..... 109
84. ลักษณะของเชื้อหมายเลข S13(1) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส..... 110
85. ลักษณะของเชื้อหมายเลข S13(2) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส..... 110
86. ลักษณะของเชื้อหมายเลข S13(3) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส..... 111
87. ลักษณะของเชื้อหมายเลข S16(1) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส..... 111
88. ลักษณะของเชื้อหมายเลข S16(2) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส..... 112
89. ลักษณะของเชื้อหมายเลข S20(2) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส..... 112
90. ลักษณะของเชื้อหมายเลข S26(1) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส..... 113
91. ลักษณะของเชื้อหมายเลข S26(2) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส..... 113
92. ลักษณะของเชื้อหมายเลข S26(4) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส..... 114
93. ลักษณะของเชื้อหมายเลข S27(4) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส..... 114
94. ลักษณะของเชื้อหมายเลข S28(1) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส..... 115
95. ลักษณะของเชื้อหมายเลข S29(2) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส..... 115
96. ลักษณะของเชื้อหมายเลข S30(1) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส..... 116
97. ลักษณะโคโลนีของเชื้อหมายเลข S4(2) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 116
98. ลักษณะโคโลนีของเชื้อหมายเลข S6(2) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 117
99. ลักษณะโคโลนีของเชื้อหมายเลข S10(1) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 117
100. ลักษณะโคโลนีของเชื้อหมายเลข S10(2) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 118

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

101. ลักษณะโคโลนีของเชื้อหมายเลข S11(1) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า. 118
102. ลักษณะโคโลนีของเชื้อหมายเลข S13(1) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 119
103. ลักษณะโคโลนีของเชื้อหมายเลข S13(2) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 119
104. ลักษณะโคโลนีของเชื้อหมายเลข S13(3) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 120
105. ลักษณะโคโลนีของเชื้อหมายเลข S16(1) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 120
106. ลักษณะโคโลนีของเชื้อหมายเลข S16(2) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 121
107. ลักษณะโคโลนีของเชื้อหมายเลข S20(2) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 121
108. ลักษณะโคโลนีของเชื้อหมายเลข S26(1) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 122
109. ลักษณะโคโลนีของเชื้อหมายเลข S26(2) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 122
110. ลักษณะโคโลนีของเชื้อหมายเลข S26(4) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 123
111. ลักษณะโคโลนีของเชื้อหมายเลข S27(4) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า.. 123
112. ลักษณะโคโลนีของเชื้อหมายเลข S28(1) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 124

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

113. ลักษณะโคโลนีของเชื้อหมายเลข S29(2) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 124
114. ลักษณะโคโลนีของเชื้อหมายเลข S30(1) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป กำลังขยาย 40 เท่า..... 125
115. ลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อหมายเลข S4(2)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไลท์ไมโครสโคป กำลังขยาย 1600 เท่า.. 125
116. ลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อหมายเลข S6(2)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไลท์ไมโครสโคป กำลังขยาย 1600 เท่า..... 126
117. ลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อหมายเลข S10(1)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไลท์ไมโครสโคป กำลังขยาย 1600 เท่า..... 126
118. ลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อหมายเลข S10(2)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไลท์ไมโครสโคป กำลังขยาย 1600 เท่า..... 127
119. ลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อหมายเลข S11(1)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไลท์ไมโครสโคป กำลังขยาย 1600 เท่า..... 127
120. ลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อหมายเลข S13(1)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไลท์ไมโครสโคป กำลังขยาย 1600 เท่า..... 128
121. ลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อหมายเลข S13(2)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไลท์ไมโครสโคป กำลังขยาย 1600 เท่า..... 128
122. ลักษณะของเชื้อหมายเลข S13(3) บนอาหารวุ้นเอ็มเอส
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไลท์ไมโครสโคป กำลังขยาย 1600 เท่า..... 129
123. ลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อหมายเลข S16(1)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไลท์ไมโครสโคป กำลังขยาย 1600 เท่า..... 129
124. ลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อหมายเลข S16(2)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไลท์ไมโครสโคป กำลังขยาย 1600 เท่า..... 130

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

125. ลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อหมายเลข S20(2)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไลท์ไมโครสโคป กำลังขยาย 1600 เท่า..... 130
126. ลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อหมายเลข S26(1)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไลท์ไมโครสโคป กำลังขยาย 1600 เท่า..... 131
127. ลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อหมายเลข S26(2)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไลท์ไมโครสโคป กำลังขยาย 1600 เท่า..... 131
128. ลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อหมายเลข S26(4)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไลท์ไมโครสโคป กำลังขยาย 1600 เท่า..... 132
129. ลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อหมายเลข S27(4)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไลท์ไมโครสโคป กำลังขยาย 1600 เท่า..... 132
130. ลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อหมายเลข S28(1)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไลท์ไมโครสโคป กำลังขยาย 1600 เท่า..... 133
131. ลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อหมายเลข S29(2)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไลท์ไมโครสโคป กำลังขยาย 1600 เท่า..... 133
132. ลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อหมายเลข S30(1)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไลท์ไมโครสโคป กำลังขยาย 1600 เท่า..... 134
133. กราฟแสดงจำนวนฟาจที่แยกได้
กับค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน..... 135
134. กราฟแสดงจำนวนฟาจที่แยกได้
กับค่าปริมาณน้ำในดิน..... 136
135. กราฟแสดงค่าความสามารถในการทำให้เกิดพลัค
ของฟาจหมายเลขต่างๆ..... 138
136. ลักษณะของฟาจหมายเลข P4(2) ย้อมด้วย ยูรานิลอะซิเตด (pH 4.3)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน กำลังขยาย 150,000 เท่า..... 140

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

137. ลักษณะของฟาจหมายเลข P6(2) ย้อมด้วย ยูรานิลอะซิเตด (pH 4.3)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน กำลังขยาย 150,000 เท่า..... 140
138. ลักษณะของฟาจหมายเลข P10(1) ย้อมด้วย ยูรานิลอะซิเตด (pH 4.3)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน กำลังขยาย 150,000 เท่า..... 141
139. ลักษณะของฟาจหมายเลข P10(2) ย้อมด้วย ยูรานิลอะซิเตด (pH 4.3)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน กำลังขยาย 150,000 เท่า..... 141
140. ลักษณะของฟาจหมายเลข P11(1) ย้อมด้วย ยูรานิลอะซิเตด (pH 4.3)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน กำลังขยาย 150,000 เท่า..... 142
141. ลักษณะของฟาจหมายเลข P13(1) ย้อมด้วย ยูรานิลอะซิเตด (pH 4.3)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน กำลังขยาย 150,000 เท่า..... 142
142. ลักษณะของฟาจหมายเลข P13(2) ย้อมด้วย ยูรานิลอะซิเตด (pH 4.3)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน กำลังขยาย 150,000 เท่า..... 143
143. ลักษณะของฟาจหมายเลข P13(3) ย้อมด้วย ยูรานิลอะซิเตด (pH 4.3)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน กำลังขยาย 150,000 เท่า..... 143
144. ลักษณะของฟาจหมายเลข P16(1) ย้อมด้วย ยูรานิลอะซิเตด (pH 4.3)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน กำลังขยาย 150,000 เท่า..... 144
145. ลักษณะของฟาจหมายเลข P16(2) ย้อมด้วย ยูรานิลอะซิเตด (pH 4.3)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน กำลังขยาย 150,000 เท่า..... 144
146. ลักษณะของฟาจหมายเลข P20(2) ย้อมด้วย ยูรานิลอะซิเตด (pH 4.3)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน กำลังขยาย 150,000 เท่า..... 145
147. ลักษณะของฟาจหมายเลข P26(1) ย้อมด้วย ยูรานิลอะซิเตด (pH 4.3)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน กำลังขยาย 150,000 เท่า..... 145
148. ลักษณะของฟาจหมายเลข P26(2) ย้อมด้วย ยูรานิลอะซิเตด (pH 4.3)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน กำลังขยาย 150,000 เท่า..... 146
149. ลักษณะของฟาจหมายเลข P26(4) ย้อมด้วย ยูรานิลอะซิเตด (pH 4.3)
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน กำลังขยาย 150,000 เท่า..... 146

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

150. ลักษณะของฟาจหมายเลข P27(4) ย้อมด้วย ยูรานิลอะซิเตด (pH 4.3) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน กำลังขยาย 150,000 เท่า..... 147
151. ลักษณะของฟาจหมายเลข P28(1) ย้อมด้วย ยูรานิลอะซิเตด (pH 4.3) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน กำลังขยาย 150,000 เท่า..... 147
152. ลักษณะของฟาจหมายเลข P29(2) ย้อมด้วย ยูรานิลอะซิเตด (pH 4.3) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน กำลังขยาย 150,000 เท่า..... 148
153. ลักษณะของฟาจหมายเลข P30(1) ย้อมด้วย ยูรานิลอะซิเตด (pH 4.3) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน กำลังขยาย 150,000 เท่า..... 148
154. ลักษณะของฟาจหมายเลข P26(4) ย้อมด้วย ฟอสโฟทังสติคแอซิด (pH 7.0) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน กำลังขยาย 150,000 เท่า..... 149
155. ลักษณะของฟาจหมายเลข P26(4) ย้อมด้วย ฟอสโฟทังสติคแอซิด (pH 7.0) ที่เติม 0.2 % ซูโครส ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน กำลังขยาย 150,000 เท่า..... 149
156. กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน ยี่ห้อ JEOL รุ่น JEM-200CX..... 185
157. กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป ยี่ห้อ โอลิมปัส รุ่น SZH-10..... 186
158. กล้องจุลทรรศน์ไลท์ไมโครสโคป ยี่ห้อ นิคอน รุ่น LOBOPOT + UFX-II..... 187
159. ชุดกรองสปอร์..... 188

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย