

Rhizosphere와 海水에 있어서의 *Azotobacter*의 分布

洪淳佑 · 崔榮吉

(서울대 文理大 微生物學科)

Distribution of *Azotobacter* in Rhizosphere and Sea

HONG, Soon-Woo, and Yong-Keel CHOI

(Dept. of Microbiology, Seoul Natl. University)

ABSTRACT

This experiment has been carried out with a view to elucidating the distribution of *Azotobacter* and their population size in rhizosphere and sea and designed to compare the results with some environmental factors. Results of the experiment are summarized as follows:

- 1) It was observed that the population sizes of *Azotobacter* were decided upon the moisture content of soil and that the soil pH was one of the most important factors influencing the distribution of *Azotobacter*.
- 2) Population sizes of *Azotobacter* in rhizosphere were changed in accordance with the kinds of vegetation on soil: The rhizosphere where bamboo, corn, legume, and oak inhabit showed the largest population size of *Azotobacter*.
On the other hand, rhizosphere of ginseng revealed no *Azotobacter*. However, the largest population of general fungi were measured at the rhizosphere.
- 3) Comparing the population sizes of general microbes in rhizosphere with those of non-rhizosphere, the population sizes of microbes in rhizosphere are larger than those of non-rhizosphere.
- 4) In coastal environments, population sizes of *Azotobacter* in surface water of sea are similar to those of the soil(mud) of tidal land. But the sizes are generally smaller than those of terrestrial soils.

緒 論

일찌기 土壤微生物學者인 Winogradsky (1925)는 土壤微生物群을 生態의으로 大別하여 autochthonous species와 zymogeneous species로 나눈바 있었는데 前者는 일종의 土着種으로서 土壤內的 有機物을 포함한 各種의 營養源의 量에 關係없이 거의 一定한 population size를 가지는 微生物群을 意味하며, 後者는 醱酵種으로서 土壤의 物理, 化學的 條件 및 有機物의 供給量에 따라서 그 數의

인 消長을 보여주는 土壤微生物群이다. 窒素固定細菌의 하나인 *Azotobacter*는 後者에 屬하는 土壤微生物의 하나라고 볼 수 있는데, 그까닭은 *Azotobacter*의 分布에 있어서 絶對적으로 영향을 미치는 土壤의 pH와 利用可能한 有機物의 量이 이들 細菌의 窒素固定能과 生長 및 分布와 直接的인 關係가 있기 때문이다.

*Azotobacter*는 토양의 pH가 6.0 이상인 곳에서 주로 發見이 되며 glucose, sucrose 와 같은 利用可能한 有機物이 充分히 공급

되어야만 窒素固定能(固氮能)이 높아지는 細菌인 것이다(Norris, 1968). 이러한 分布上의 制約으로 因하여, 어느 窒素固定生物보다도 窒素固定能(固氮能)이 높은 微生物임에도 불구하고 酸性化한 土壤에서는 거의 發見되지 않으며 또한 그러한 土壤에서는 이들 細菌의 應用이 매우 어렵다.

우리나라 농경지의 土壤은 비교적 많은 양으로 因한 mineral 成分의 leaching 現象과 無計劃的인 化學肥料의 施肥로 因하여 酸性度가 매우 높으므로 *Azotobacter*의 실제적 응용이 어려운 것으로 생각되고 있으나 우리나라 土壤의 광범위한 조사연구에서 우리나라 土壤條件에 알맞는 *Azotobacter*의 strain을 찾을 수도 있으며, 土壤에서 分離한 *Azotobacter*의 adaptation을 유도하는 可能性도 있다고 생각된다.

著者들은 1971년부터 우리나라의 여러 지역의 土壤 및 海水를 채집하여 *Azotobacter*를 分離, 同定하였고 그 結果를 發表한 바 있는데(洪·崔, 1973), 이어서 著者들은 우리나라 根圈土壤(rhizosphere) 및 海水에 있어서의 數的인 分布를 general bacteria, general fungi, actinomycetes의 population size와 비교하였으며 土壤의 경우는 植生과의 關聯도 아울러 검토하여 그 結果를 정리하였다.

材料 및 方法

1. 土壤의 採集

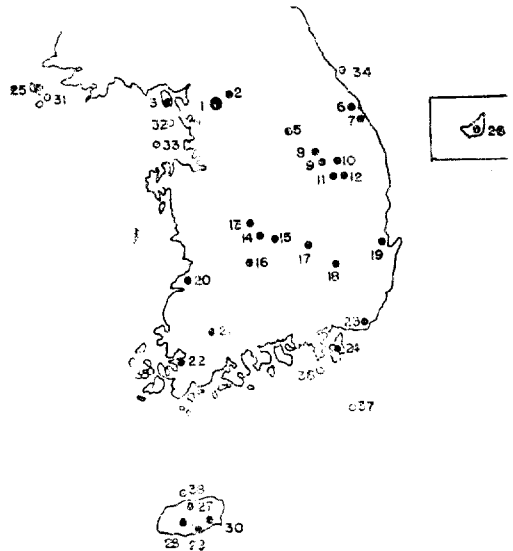
금년도의 6월과 9월말 사이에 걸쳐서 우리나라 各地域의 토양을 植生의 특징에 따라서 10cm以內의 表層土壤을 採集하였는데 한 地域에서 無作爲로 10곳 以上을 채집하여 혼합한 후 vinyl 봉지에 넣어서 실험실로 운반하였다. 土壤의 채집지는 Fig.1에서 보는 바와 같다(참조 Fig.1).

2. 海水의 採集

멸균된 cap tube로서 海水의 表層水를 채집하였는데 채집범위는 대략 陸地로부터 1km以內로 하였으며 採集지는 Fig.1과 같다.

Fig. 1. Map of Korea. The numbers in map are sites where the authors collected soil(●) and sea water(⊙) for experiment.

1: Seoul, 2: Kumkok, 3: Kangwha Isl., 4: Inchon, 5: Wonseung(Wonju), 6: Kyungpodae, 7: Mookho, 8: Jechun, 9: Danyang, 10: Mt. Sobaik, 11: Poongki, 12: Youngju, 13: Taejun, 14: Kumsan, 15: Mooju, 16: Chunju, 17: Kimchun, 18: Taegu, 19: Pohang, 20: Buan, 21: Yungsan river, 22: Mokpo, 23: Pusan, 24: Kerje Isl., 25: Paikryung Isl., 26: Woolnung Isl., 27: Cheju, 28: Mt. Hanra, 29: Chunje Fall, 30: Posun, 31: Paikryung Isl., 32: Kwangyang, 33: Duckjuck Isl., 34: Sockcho, 35: Mokpo, 36: Choongmoo, 37: Hong Isl., 38: Cheju Isl.



3. Population count

Microflora의 population size를 측정하기 위하여 2mm 以下의 particle을 가진 土壤試料 10g을 flask에 넣고 멸균증류수에 10倍로 희석하여 15分동안 shaking한후 멸균증류수로 10^{-4} 의 dilution이 되도록 하였으며, 海水의 경우는 sodium chloride를 3%가 되도록 증류수에 용해하여 멸균한 dilution blank를 사용하여 10^{-3} 배로 희석하여 접종에 사용하였다.

General bacteria, general fungi 및 actinomycetes를 위한 培地는 洪等(洪, 河, 崔, 1969)이 사용하였던 選擇培地를 이용하였으며 海水의 경우는 그 各各의 培地에 海

水和 비슷한 농도의 sodium chloride(3%)를 첨가하여 菌을 接種하여 incubation (30°C) 한 후에 agar plate에 나타난 colony 數를 count하였다. General bacteria는 接種後 第3日, general fungi와 actinomycetes는 接種後 第7日째에 colony를 count하였다.

한편 *Azotobacter*의 colony를 count하기 위하여 Brown(1962) 등이 사용한 培地와 方法을 따랐는데 다음과 같다.

| | |
|--------------------------------------|--------|
| Glucose | 5g |
| MgSO ₄ ·7H ₂ O | 0.2g |
| FeSO ₄ ·7H ₂ O | 0.04g |
| Na ₂ MoO ₄ | 0.005g |
| CaCl ₂ | 0.15g |
| Agar | 15g |
| Dist. H ₂ O | 1000ml |

上記의 조성을 가진 용액을 솜마개를 하여 멸균하고, 따로 K₂HPO₄용액(0.8g/l)을 다른 容器에 넣어서 멸균하여 그 각각을 42°C정도로 cooling하여 혼합함으로써 培地를 준비하였다. 따로이 멸균하는 것은 glucose의 캐라멜화를 방지함과 calcium의 침전을 피하기 위한 조치이다. 이 培地의 pH는 멸균 K₂HPO₄ 용액으로 조정하여 6.8~7.0 사이로 하였다. 이 nitrogen-free의 培地로 준비된 Petri-dish에 土壤 및 海水의 dilution을 0.1ml씩 inoculation하여 멸균된 三角 glass-rod로서 spreading하여 incubation하였다. 이때에도 海水의 dilution을 위한 培地에는 sodium chloride가 3%정도가 되도록 첨가하였다.

Inoculation이 완료된 Petri-dish는 30±1°C가 유지되는 incubator에 넣어서 Petri-dish의 cover를 반쯤 열어놓은 채로 overnight 함으로서 Petri-dish의 內面 및 agar plate위의 과잉의 moisture를 건조시킨 후 다시 cover를 덮고 5일동안 incubation하였다. Incubation후 agar plate위에 1~2mm 혹은 그 이상의 크기와 cream 혹은 mucilaginous colony를 count하였다.

4. pH의 測定

土壤: 멸균증류수를 1:1로 섞어서 10분 동안 shaking 한후 suspension을 filter한 다음 그 여과액을 Colman 28C type의 electrode로서 測定하였다. 海水의 경우는 여과 후 測定하였다.

5. Moisture content(%)

土壤試料 100g을 weighing하여 dry-oven에 넣어서 110~130°에서 2時間동안 건조시킨 후 室温에서 overnight 시키고 건조중량을 구하여 moisture content를 算出하였다.

6. Soil texture의 檢定

採集土壤의 texture는 美國農務省의 Soil Survey에서 규정한 基準表에 依해서 分類하였다(Russell, 1961).

結果 및 考察

土壤內의 microflora에 대한 研究는 外國의 경우에는 오랜 年월을 가지고 있음을 文獻을 通하여 알 수 있으나 우리나라의 경우에는 몇몇 生態學者에 依해서 대략 1960年代부터 部分的으로 研究가 있어왔다. 그중에도 *Azotobacter*의 分布에 관련된 文獻은 全無한 形편에 놓여 있어서 著者들은 부득이 外國에서 수행된 研究結果와 本實驗의 結果를 比較, 검토할 수 밖에 없었다.

*Azotobacter*는 토양 bacteria 중 흔히 dominant group에 屬하는 Eubacteriales에 屬하기는 하나 數의으로 劣勢한 種類이며 그의 수직분포는 表層土로부터 10cm以內에 主로 分布하는데 그 以下에서는 거의 發見되지 않는다(Waksman, 1952). 다만 sandy soil에서는 20cm以下의 깊이에서도 相當數가 발견이 되는데 그 까닭은 sandy soil이 aeration이 어느 土壤보다도 良好한 때문에 생각되는 것이다.

Table 1은 우리나라의 농경지가 아닌 山野 및 海岸의 sand 혹은 clay soil에 있어서의 microflora를 각 미생물군의 個體數로 나타낸 것이며 아울러 microflora(Table 1)에 관계가 있는 몇가지 要因을 記錄하였다.

著者들은 *Azotobacter*의 分離 및 同定에

Table 1. Distribution of *Azotobacter* in soil

| Locality | Soil Texture | Moisture (%) | pH | Cover | No. of Microbes(10 ³)/g soil | | | | |
|----------------------------|---------------------|----------------|------|-------------|--|---------------|---------------|---------------|-----|
| | | | | | <i>Azotobact.</i> | Fungi | Bact. | Actino. | |
| Seoul(Bewon) | 1. loam | 20.1 | 6.8 | maple | 36 | 150 | 163 | 146 | |
| | 2. " | 18.4 | 6.9 | " | 20 | 110 | 196 | 135 | |
| | 3. sandy clay loam | 10.4 | 6.9 | pine | 18 | 167 | 107 | 101 | |
| | 4. loam | 9.3 | 6.6 | zelkova | 33 | 63 | 132 | 140 | |
| | 5. " | 14.6 | 6.5 | cherry | 78 | 85 | 132 | 109 | |
| | 6. " | 12.4 | 6.8 | grass | 41 | 167 | 220 | 723 | |
| | 7. " | 10.2 | 6.8 | " | 21 | 226 | 234 | 453 | |
| | 8. " | 11.4 | 6.8 | " | 46 | 775 | 677 | 674 | |
| | 9. " | 22.8 | 6.6 | zelkova | 57 | 126 | 907 | 600 | |
| | 10. " | 17.9 | 6.7 | cherry | 37 (1) | 191 (5.29) | 110 (7.38) | 211 (8.44) | |
| Kyungki Do (Kumkok) | 1. silt loam | 34.5 | 6.3 | tomato | 588 | 1,649 | 2,366 | 397 | |
| | 2. " | 54.5 | 6.8 | corn | 1,010 | 2,187 | 3,846 | 1,010 | |
| | 3. sandy loam | 12.3 | 6.0 | soy bean | 176 | 346 | 176 | 275 | |
| | 4. silt loam | 15.0 | 5.7 | rubus | 58 | 265 | 576 | 195 | |
| | (Inchon) | 1. marine clay | 60.1 | 7.5 | (tidal zone) | 38 | 251 | 305 | 501 |
| | | 2. " | 57.9 | 7.7 | " | 34 | 2,850 | 212 | 238 |
| (Kangwha Isl.) | 1. " | 29.1 | 6.8 | " | 35 | 219 | 11,001 | 889 | |
| | 2. " | 21.4 | 6.9 | " | 6 | 337 | 146 | 76 | |
| | 3. " | 20.0 | 6.5 | " | 12 | 194 | 106 | 119 | |
| | 4. " | 19.6 | 7.1 | " | 18 | 106 | 118 | 243 | |
| | 5. " | 20.9 | 7.0 | " | 6 | 101 | 162 | 133 | |
| | 6. " | 26.7 | 6.9 | " | 9 (1) | 211 (4.4) | 205 (9.6) | 150 (2.1) | |
| Choongbuk (Danyang) | 1. silty clay loam | 6.1 | 7.1 | grass | 11 | 389 | 288 | 69 | |
| | 2. clay(paddy) | 32.3 | 6.9 | rice | 14 | 462 | 484 | 392 | |
| | 3. silty loam | 21.2 | 7.0 | quercus | 6 | 603 | 604 | 338 | |
| | 4. silty loam humus | 26.7 | 7.2 | biota | 82 | 771 | 539 | 484 | |
| | 5. sandy loam | 6.3 | 6.8 | onion | 154 | 715 | 362 | 390 | |
| (Jechun) | 1. silt | 17.2 | 6.9 | grass | 13 | | | | |
| | 2. " | 17.7 | 6.8 | rice | 6 | | | | |
| Kangwon Do (Kyungpodae) | 1. sandy loam | 1.9 | 5.2 | grass | 1 | 219 | 204 | 122 | |
| | 2. " | 1.8 | 5.1 | grass | 0 | 316 | 249 | 249 | |
| (Wonseung) | 1. silt | 13.6 | 5.9 | pine | 35 | 150 | 399 | 434 | |
| | 2. loam | 7.0 | 6.1 | grass | 81 | 199 | 403 | 489 | |
| | 3. silt | 16.9 | 6.2 | legume, oak | 102 | 120 | 680 | 505 | |
| (Mookho) | 1. silty loam | 8.2 | 5.2 | grass | 15 (1) | 863 (5.7) | 543 (10.5) | 401 (9.4) | |
| Kyungbuk (Mt. Sobaik) | 1. silty loam | 44.4 | 6.6 | grass | 12 | 265 | 137 | 655 | |

| Locality | Soil Texture | Moisture (%) | pH | Cover | No. of Microbes(10 ³)/g soil | | | |
|-----------------------------|------------------------|--------------|-----|---------------|--|---------------|---------------|---------------|
| | | | | | <i>Azotobact.</i> | Fungi | Bact. | Actino |
| | 2. silt, humus | 62.9 | 6.6 | lichens | 46 | 889 | 647 | 404 |
| | 3. " | 60.6 | 6.9 | pine | 8 | 431 | 811 | 500 |
| | 4. silty loam | 38.5 | 6.8 | quercus | 16 | 119 | 476 | 613 |
| (Poongki) *1. | sandy clay | 18.2 | 5.8 | ginseng | 0 | 2,469 | 49 | 31 |
| (Taegu) 1. | loam silty | 12.9 | 5.7 | setaria | 0 | 809 | 873 | 1,320 |
| | 2. " | 4.7 | 6.9 | malus | 5 | 1,317 | 729 | 771 |
| (Pohang) *1. | sandy loam | 29.4 | 7.3 | bamboo | 191 | 120 | 198 | 304 |
| | 2. fine sand | 0.8 | 6.6 | pine | 20 | 71 | 655 | 514 |
| | 3. sand, humus | 0.8 | 6.6 | pine,acacia | 5 | 65 | 222 | 237 |
| (Kimchun) 1. | sandy loam | 28.3 | 6.6 | oak forest | 49 | 98 | 725 | 453 |
| | *2. " | 22.5 | 7.3 | bamboo | 129 | 239 | 671 | 723 |
| (Woolnung Isl.) 1. | sandy loam | 7.9 | 6.8 | beech, pine | 16 | 58 | 494 | 179 |
| | 2. silty loam | 11.3 | 6.8 | corn, soybean | 28 | 253 | 1,020 | 1,043 |
| | 3. loam, humus | 27.6 | 6.4 | beech | 13 | 180 | 8,425 | 9,447 |
| (Youngju) 1. | sandy loam | 3.2 | 6.5 | poplar | 15 (1) | 294 (13.1) | 692 (30.2) | 697 (32.1) |
| Kyongnam (Kerje Isl.) 1. | loam | 16.6 | 6.3 | acacia | 24 | 384 | 306 | 438 |
| | 2. silty clay loam | 26.8 | 6.1 | legume | 6 | 109 | 601 | 622 |
| | 3. silty loam | 15.5 | 5.8 | pine | 6 | 36 | 272 | 343 |
| | 4. " | 15.0 | 6.5 | clover | 65 | 200 | 1,471 | 805 |
| Pusan 1. | " | 26.2 | 5.3 | pine | 10 (1) | 657 (6.8) | 867 (15.8) | 271 (12.2) |
| Choongnam (Kumsan) 1. | loam | 14.8 | 5.3 | alnus | 41 | 329 | 246 | 147 |
| | 2. sandy loam | 16.3 | 5.5 | quercus | 66 | 579 | 484 | 341 |
| | 3. " | 11.3 | 5.3 | alnus | 5 | 384 | 916 | 555 |
| | 4. loam | 22.9 | 5.8 | zoysia | 19 | 1,348 | 473 | 1,037 |
| (Taejun) 1. | " | 10.8 | 5.3 | pine | 16 (1) | 736 (19.4) | 267 (22.2) | 611 (25.1) |
| Chunbuk (Mooju) 1. | silty loam humus | 38.5 | 6.8 | lilium | 593 | 724 | 2,000 | 1,569 |
| | *2. " | 34.5 | 6.1 | bamboo | 1,061 | 862 | 1,122 | 801 |
| (Buan) 1. | silty loam | 16.4 | 5.6 | " | 24 | 161 | 454 | 580 |
| | 2. marine clay | 9.5 | 6.7 | — | 39 | 17 | 116 | 55 |
| (Chunju) 1. | loam, humus | 19.0 | 5.4 | alnus | 31 (1) | 710 (1.4) | 438 (2.3) | 327 (1.9) |
| Chunnam (Hyungsan river) 1. | sandy loam | 9.2 | 6.6 | tidal land | | 1,101 | 2,379 | 964 |
| | 2. loam | 13.7 | 7.1 | portulaca | 12 | 834 | 1,147 | 643 |
| Cheju Do (Cheju) 1. | loam | 5.3 | 7.0 | grass | 280 | 1,320 | 11,109 | 338 |
| | (Posun) 1. loam, humus | 27.8 | 7.9 | sweet potato | 256 | 720 | 706 | 2,298 |
| (Chunje Fall) 1. | sandy loam | 21.0 | 6.6 | shrub | 335 | 399 | 1,076 | 411 |
| (Mt. Hanra) 1. | silt, humus | 60.6 | 6.3 | " | 330 | 609 | 508 | 306 |
| | 2. " | 62.9 | 6.3 | " | 243 | 522 | 1,591 | 629 |

| Locality | Soil texture | Moisture (%) | pH | Cover | No. of Microbes(10^3)/g soil | | | |
|---------------------------------|--------------|--------------|-----|-------|----------------------------------|--------------|-----------------|----------------|
| | | | | | <i>Azotobact.</i> | Fungi | Bact. | Actino |
| (Sungpanak) 1. | silt loam | 44.4 | 7.2 | " | 189 (1) | 701 (2.6) | 2,291 (10.5) | 4,663 (5.3) |
| Whanghae Do (Paikryung Isl.) | 1. silt | 19.7 | 5.7 | grass | 12 | 149 | 399 | 523 |
| | 2. " | 9.0 | 5.8 | " | 49 (1) | 170 (5.1) | 538 (15.1) | 665 (18.8) |

關한 實驗에서(洪·崔, 1973) 우리나라에서 發見되는 種으로서는 現在까지 알려진 6種 가운데 5種이 나타남을 報告한 바 있는데 soil에서는 主로 *Azotobacter chroococcum*, *A. vinelandii*, *A. beijerinckii*와 *A. insignis*가 발견이 되고 水棲性으로는 *A. agilis*와 *A. insignis* 및 *Azotomonas* sp.가 海水, 논 및 습한 지역에서 나타나고 있는 것이다.

Table 1을 검토하면 토양의 채집지가 몇 例를 제외하고 比較的 pH가 높으며 또한 土壤의 含水量도 높았다. Anderson(1958)의 연구결과에 의하면 *Azotobacter*는 土壤의 pH는 6.3 以下에서는 pH value에 따라서 population size에 큰 영향을 주지만 그 以上에서는 別다른 영향을 발견하지 못하였고, 오직 土壤의 moisture content가 *Azotobacter*의 population과 相關關係가 있음을 報告한 바 있다. 또한 그는 土壤의 type (texture)도 *Azotobacter*의 population에 영향을 주는 要因이 되지 못함을 報告한 바 있는데, Table 1의 moisture content를 3계급으로 나누어 볼때 다음과 같이 *Azotobacter*의 count가 증가함을 알 수 있다.

Table 2. Mean values of *Azotobacter* population at different moisture content

| Moisture content | Mean of <i>Azotobacter</i> count/g soil |
|------------------|---|
| 0-19% | 40×10^3 |
| 20-39% | 157×10^3 |
| 40-49% | 212×10^3 |

Soil texture의 영향은 Anderson(1958a)에 의하면 moisture의 retention에 관계가 있으며 保水能이 높을수록 可溶性 有機物을

비롯한 inorganic nutrient를 가질 수 있는 가능성이 많으며, 이로서 *Azotobacter*의 population에 간접적인 영향을 행사하는 것으로 해석된다.

한편 本실험의 pH측정値는 全北 金山, 강원도 경포대 인근토양을 비롯한 몇지역에서 5.2~5.8을 나타내는 반면, 강화도, 경기도 인천동지의 潮干帶의 토양과, 경북 포항의 연안토양등은 6.5以上을 나타내는데, *Azotobacter*의 population은 오히려 後者の 地域에서 보다 많이 나타나는 까닭은 salt tolerancy와 관련이 있을 것으로 보며, 또한 *Azotobacter*의 microcyst 형성은 비록 pH가 낮은 토양이라 하여도 건조지에서와 마찬가지로 능히 survival 할 수 있는 것으로 판단된다(Wyss *et al.*, 1968). 그리고 서울의 秘苑을 비롯한 各 地域의 토양에서 나타난 *Azotobacter*의 population의 數的인 차이는 pH要因 以外에도 可溶性 有機物의 含量(Anderson, 1958b), 다른 계통의 antagonistic 微生物의 分布 및 地上의 vegetation에 따라서(Brown *et al.*, 1969) 나타나는 현상으로 풀이된다.

Strzelczyk(1961)의 報文에 依하면 *Azotobacter*는 rhizosphere를 形成하는 植物의 種類에 따라서 population size를 달리하는데, 일반적으로 *Azotobacter*는 窒素化合物과 植物의 生長物質(Vancura, 1961)을 植物에게 공급함으로써 植物의 生長을 促進시키며, 한편 植物로부터는 root로부터 분비되는 水分과 糖類, 아미노산, 有機酸, toxin 등에 영향을 받는 것으로 알려지고 있다(Ruinen, 1970; Rovira, 1956a).

Ruinen(1970)의 報文은 植物中에서 grass

sheath를 가진 植物의 root apical과 intercalary meristematic tissue, leave의 부근에는 400~10,000ppm 범위의 糖類가 存在함을 확인하였고 비록 少量이기는 하지만 5~400ppm 정도의 amino酸과 soluble protein이 sheath에 存在함을 측정하고 아울러 식물의 root에 의해서 形成되는 rhizosphere에는 gram-negative rod의 bacteria와 yeast, coryneform bacteria가 dominant임을 관찰한 바 있었다.

Table 1에서의 결과를 고찰할전대 sheath를 가진 vegetation 중에서 bamboo forest의 土壤에서—全北 무주의 1곳, 부안의 1곳, 경남 포항의 1곳, 경북 김천의 1곳—가장 많은 *Azotobacter*의 population을 나타내 주었는데 그 원인이 bamboo의 rhizosphere에 있어서의 糖類, amino酸, soluble protein의 함량이 다른 어느 vegetation보다 풍부한데 기인하는 것으로 지적된다(Ruinen, 1970). 그런데 부안의 bamboo forest는 다른 bamboo forest지역에 비하여 훨씬 적은 숫자를 나타내는데 그것은 土壤의 낮은 pH에 基因한 것이 아닌가 보여지며, bamboo forest의 전체에 걸쳐서 general bacteria, general fungi, actinomycetes의 population도 매우 큰 사실은 Patel(1969)의 報告와 一致하고 있다. Sheath型과 유사한 植物로서 corn과 onion을 Table 1에서 찾을 수 있으며 *Azotobacter*의 population도 bamboo forest에 다음가는 size이며 강원도 원성군의 legume 및 oak의 plant community에서도 그에 相當하는 *Azotobacter*의 population이 존재함과(Rovira, 1956b) 아울러 다른 계통의 微生物群도 數의으로 증가하는 현상으로 보아 *Azotobacter*는 population size가 아무리 커도 dominant genus가 아닌 것으로 판단되고 있다(Strzelczyk, 1961).

한편 이와는 대조적으로 경상북도 풍기의 人蔘재배밭의 토양의 경우는 *Azotobacter*가 나타나지 않았으며 또한 general bacteria와 actinomycetes의 population size가 매우 적은 反面에 general fungi의 population

size는 경기도 인천의 潮干帶土壤의 다음으로 대단히 큰 population을 보여주는데 이는 ginseng root로 부터의 alkaloid의 成分이 bacteria와 actinomycetes의 colonization을 억제한 때문이 아닌가 보여진다. 人蔘은 *Fusarium* 따위와 같은 fungi에 쉽게 attack되어 병적 증상을 나타내는 점으로 보아 fungi의 生長에는 無害한 物質成分이 있는 것으로 해석된다.

Katznelson(1961) 등의 研究結果는 植生이 存在하는 rhizosphere內的 *Azotobacter*와 植生이 存在하지 않는 non-rhizosphere(control soil)內的 *Azotobacter*의 數를 測定한 결과 그 比率를 報告한바 있는데 대부분의 vegetation의 경우 control soil에서 보다 더 많은 *Azotobacter*의 population을 확인할 수 있었으며, rye, oat, wheat, barley, corn, buckwheat, poppy 등의 rhizosphere內的 *Azotobacter*의 數는 control soil에서 보다 5배 以上の population이 나타난 것이다. 그러므로 bamboo forest, corn, 인삼재배밭 이외의 Table 1에 표시된 vegetation의 rhizosphere에는 그 各各이 植生이 없는 地域의 土壤보다는 더 많은 數의 *Azotobacter*가 存在하는 것으로 생각된다.

土壤環境에 있어서 *Azotobacter*의 population size 및 分布는 actinomycetes와 fungi와 같은 antagonistic한 微生物群의 population과도 밀접한 관계를 갖는다(Brown, 1969).

*Azotobacter*의 antagonistic microbes에 관한 연구는 Yogina(1958), Pavlovich(1960) 등에 의하여 수행되었는데 fungi 중에는 주는 *Penicillium* 屬이 이에 屬하며, bacteria의 경우는 sporogeneous bacteria, 예컨대 *Bacillus subtilis*, *Bacillus mesentericus*, *Bacillus cereus* 등이 이에 속하며 actinomycetes 중에서는, *Act. globisporus*, *Act. griseus*, *Act. ruber* 등으로 알려져 있다.

Strzelczyk(1961)의 研究結果는 root가 存在하는 地域의 土壤은 대체로 actinomyce-

Table 3. Distribution of *Azotobacter* in the coastal sea of Korea (1)

| Locality | pH | No. of Microbes(10^3)/1ml | | | | |
|-------------------|----|-------------------------------|------------|---------------|--------------|----------|
| | | <i>Azotobacter</i> | Gen. Fungi | Gen. Bacteria | Actinomycets | |
| Sockcho | 1 | 6.55 | 4 | 100 | 640 | 40 |
| | 2 | 7.35 | 2 | 60 | 195 | 25 |
| | 3 | 7.37 | 2 | 20 | 20 | 20 |
| | 4 | 7.4 | 4 | 120 | 67 | 13 |
| Kwang Ryangman | 1 | 8.6 | 6 | 100 | 330 | 70 |
| | 2 | 8.67 | 3 | 130 | 200 | 200 |
| Paikryung Isl. | 1 | 8.1 | 5 | 850 | 50 | 50 |
| | 2 | 7.7 | 5 | 500 | 100 | 50 |
| | 3 | 7.3 | 5 | 350 | 150 | 150 |
| | 4 | 7.2 | 14 | 150 | 650 | 100 |
| | 5 | 7.8 | 9 | 500 | 650 | 50 |
| | 6 | 7.75 | 12 | 900 | 115 | 150 |
| | 7 | 7.75 | 7 | 850 | 1,700 | 400 |
| | 8 | 7.75 | 13 | 1,800 | 100 | 650 |
| Cheju Prov. | 1 | 8.0 | 6 | 1,900 | 3,100 | 100 |
| | 2 | 6.6 | 5 | 2,600 | 150 | 50 |
| | 3 | 7.3 | 1 | 4 | 17 | 1 |
| | 4 | 7.9 | 1 | 5 | 11 | 2 |
| | 5 | 7.8 | — | 16 | 12 | 7 |
| | 6 | 7.5 | 5 | 13 | 13 | 6 |
| | 7 | 7.9 | 1 | 4 | 12 | 1 |
| Mokpo | 1 | 7.8 | 4 | 14 | 11 | 2 |
| Hong Isl. | 1 | 8.1 | 1 | 6 | 12 | 2 |
| | 2 | 8.3 | 1 | 6 | 11 | 4 |
| | 3 | 8.2 | 1 | 9 | 11 | 5 |
| Choongmoo | 1 | 8.3 | — | 5 | 10 | 3 |
| | 2 | 7.9 | 11 | 10 | 25 | 5 |
| | 3 | 8.2 | 8 | 12 | 21 | 22 |
| Duckjuck Isl. | 1 | 7.3 | — | 4 | 5 | 3 |
| | 2 | 7.7 | 6 | 45 | 45 | 97 |
| | 3 | 7.9 | 4 | 24 | 16 | 27 |
| | | | (1) | (79.55) | (60.59) | (16.515) |

tes, bacteria, fungi의 數的增加를 유도한다는 報告를 한바 있는데 Table 1에서 인천과 강화도의 潮干帶地域과 같은 vegetation이 없는 地域에서 *Azotobacter*, general fungi, general bacteria, actinomycetes의 數的 비율은 1 : 4.4 : 9.64 : 2.12로서 비교적 낮은데 反하여 植生이 있는 rhizosphere

에서의 이들의 비율은 Table 1에서 볼 수 있는 바와 같이 그 비율이 대단히 높음을 알 수 있다. 이러한 事實은 rhizosphere는 non-rhizosphere 보다도 *Azotobacter*에 대한 antagonistic microbes를 더 많이 함유하고 있다고 해석할 수 있는데, 文獻에 依하면 (Brown *et al.*, 1969) rhizosphere 內의 an-

tagonistic microbes는 총 출현균수의 20~25% 정도가 된다는 事實로서 뒷받침되며 antagonistic microbes로 여겨지는 *Streptomyces*는 오히려 *Azotobacter*의 窒素固定 능력을 촉진한다는 報告가 있는 것이다 (Godgil, 1960).

Table 3는 우리나라전안, 속초, 광량만, 백령도, 제주도, 목포, 홍도, 충무, 덕적도 등의 海水에서 나타난 *Azotobacter*, general fungi, general bacteria, actinomycetes의 population count이다. 採水時期는 대체로 8~9월 사이에 해당하며 海水의 pH는 土壤에 比하여 比較的 높았다.

海水에서 나타난 *Azotobacter*는 6종의 species中에서 주로 水棲性인 *Azotobacter agilis*, *Azotobacter insignis*와 土壤과 물에도 나타나는 *Azotobacter vinelandii* 및 *Azotobacter chroococcum*이었다.

海水에 있어서의 nitrogen cycle은 육지에서와 유사한 것으로 생각하고 있으나 이 方面의 연구는 물론이고 窒素固定生物의 分布에 關한 연구는 세계적으로도 매우 稀少하다. 현재까지 알려진 바에 의하면 *Azotobacter* 以外에도 sulfate-reducing bacteria, purple bacteria가 mud와 같은 곳에서 anaerobic한 질소고정을 행하고 있는 것으로 報告되며 (Allen), 그 이외에도 blue green algae도 海洋에 있어서의 nitrogen cycle에 중요한 역할을 행하고 있는 것으로 보인다. 黑海에서 행한 *Azotobacter*의 分布 및 生態的 研究結果는 (Pshenin) *Azotobacter*가 "O₂-Zone"과 "H₂S-Zone"에서 모두 발견되었으며 계절에 따른 消長關係를 나타낸다는 것이다. 즉 겨울철에는

open sea에서는 매우 적으며 여름철에는 phytoplankton 10,000個體當 數百에서 數千에 이르는 colony를 측정할 바 있는데 zooplankton의 먹이로 적당치 않은 phytoplankton이나 유기물로부터 carbon source를 利用하여 질소고정을 행하는 것으로 결론을 짓고 있다. 海洋에 있어서 海水보다는 mud에 더 많은 *Azotobacter*가 分布한다고 報告되어 있으나 본 실험의 결과는 mud에 比하여 數的인 우열을 나타내지 않고 대체로 유사한 population size를 보여준다. 그러나 一般土壤에서의 경우보다는 1/20~1/100 정도의 population size를 가지는 것으로 나타나는데 그 까닭은 아마도 high salt concentration과 available carbon source의 利用에 있어서 不利한 여건 때문으로 보인다.

한편 general fungi, general bacteria, actinomycetes와의 비율은 土壤의 경우보다도 매우 높은데 (1 : 79.55 : 60.59 : 16.5) 그 중에서도 actinomycetes의 population size가 *Azotobacter*의 population size 보다 크지만 제일 적게 나타난 것이 매우 특징적이다. 본 실험의 결과는 비교적 육지에서 가까운 거리에 있는 coastal sea에서 채집한 試料의 分析值인데 文獻(Pshenin)에 의하면 wind, river와 같은 要因에 의하여 육지로부터 쉽게 영향을 받을 수 있는 거리에 있었으므로 海水에 있어서의 *Azotobacter*의 分布는 채수지역을 확장하여 좀더 研究되어야 할 필요를 느끼며, 또한 海水에 있어서 窒素固定을 행하는 生物群中에서 優點種의 위치를 규명해야 할 필요가 있다고 판단된다.

摘 要

우리나라의 各地域 土壤 및 연안海水에 있어서의 *Azotobacter*의 分布와 population size를 몇가지 環境要因과 植生과의 關係를 가지고 比較 검토한 결과 다음과 같이 정리할 수 있었다.

1) 土壤의 경우에 있어서 함수량의 증가는 *Azotobacter*의 數的 증가와 一致하며 土壤 pH도 *Azotobacter*의 分布에 있어서 중대한 要因으로 판단된다.

2) Vegetation에 따라서 rhizosphere의 형성은 *Azotobacter*의 population size를 달리하는데 bamboo forest, corn, legume+oak의 rhizosphere에서 최대의 population size를 보여주며 인삼재

배 발의 경우는 *Azotobacter*를 검출할 수 없는 반면 general fungi의 population이 최대로 나타났다.

3) General fungi, general bacteria, actinomycetes의 population size와 비교할때 rhizosphere의 토양에서는 non-rhizosphere에서보다 더욱 큰 것으로 나타난다.

4) 海水에 있어서 *Azotobacter*의 population은 潮干帶土壤 (mud)에서의 경우와 유사하며 population size는 土壤에 比하여 매우 낮다.

引用文獻

- Allen, M.B., Nitrogen-fixing microorganisms in the sea. Abstracts of symposium on marine microbiology.
- Anderson, G.R., 1958a. Ecology of *Azotobacter* in soils of the Palouse Region: I. Occurrence. *Soil Science*, **86**(2).
- Anderson, G.R., 1958b. Ecology of *Azotobacter* in soils of the Palouse Region: II. Response to environmental changes. *Soil Science*, **86**(3).
- Brown, M.E., and Patel, J.J., 1969. Interaction of *Azotobacters* with rhizosphere and root-surface microflora. *Plant and Soil*, **XXXI**(II).
- Brown, M.E., Burlingham, S.K., and Jackson, R.M., 1962. Studies on *Azotobacter* species in soil, I. Comparison of media and techniques for counting *Azotobacter* in soil. *Plant and Soil*, **XVII**(III), 309—319.
- Godgil, P.D., and Bhide, V.P., 1960. Nitrogen fixation by *Azotobacter* in association with some associated soil microorganisms, *Proc. Nat. Inst. Sci. India*, **26 B**, 60—63.
- Hong, S.W., Hah, Y.C., and Choi, Y.K., 1969. Some Effects of fire on vegetation, soil and soil microflora adjacent to DMZ in Korea. *Kor. J.Bot.*, **12**(1).
- Hong, S.W., and Choi, Y.K., 1973. Isolation and identification of some *Azotobacters* in Korea. *Seoul Nat. Univ. Faculty Papers*.
- Norris, J.R., and Chapman, H.M., 1968. Classification of *Azotobacters*. Identification methods for microbiologists, 19—27.
- Pavlovich, D.Y., 1960. Inter-relation of *Azotobacter* with other group of soil microorganism. *Trudy Inst. Microbiol. Akad. Nauk. Latv.*, **8**, 127—143.
- Pshenin, L.N., Distribution and Ecology of *Azotobacter* in the Black Sea. Abstracts of symposium on marine microbiology.
- Rovira, A.D., 1956a. Plant root excretions in relation to the rhizosphere effects, I. The nature of root exudate from oats and peas. *Plant and Soil*, **VII**(II).
- Rovira, A.D., 1956b. Plant root excretions in relation to the rhizosphere effects, II. A study of the properties of root exudate and its effects on the growth of microorganisms isolated from the rhizosphere and control soil. *Plant and Soil*, **VII**(II).
- Ruinen, J., 1970. The phyllosphere, V. The grass sheath, a habitat for nitrogen-fixing microorganisms. *Plant and Soil*, **33**, 661—671.
- Russel, E.W., 1961. Soil conditions and plant growth. John Wiley & Son's Inc., p.74.
- Strzelczyk, E., and Katznelson, H., 1961a. Studies on the interaction of plant and free-living nitrogen-fixing microorganisms, I. Occurrence of *Azotobacter* in the rhizosphere of crop plants. *Can. J. Microbiol.*, **7**, 437—446.
- Strzelczyk, E., 1961b. Studies on the interaction of plant and free-living nitrogen-fixing microorganisms, II. Development of antagonists of *Azotobacter* in the rhizosphere of plant at different stages of growth. *Can. J. Microbiol.*, **7**, 507—512.
- Vancura, V., 1961. Detection of gibberellic acid in *Azotobacter* cultures. *Nature*, **192**, 88—89.
- Waksman, S., 1951. Soil Microbiology. John Wiley & Sons Inc., p.40.
- Winogradsky, S., 1925. *Ann. Inst. Pasteur*, **39**, 299—354.
- Wyss, O., and Goldschmidt, M.C., 1968. Effects of ion concentration on the rupture and survivals of *Azotobacter* cyst. *Applied Microbiol.*, pp. 871—876.
- Yogina, Z.I., 1958. The correlation between toxic properties of the soils of the Kola Peninsula and quantity of microbes antagonists against the *Azotobacter*. *Microbiologiya*, **27**, 460—464.