

피아골 極相林內 林床의 土壤微生物 群集의 動態

崔 榮 吉 · 李 榮 河*
(漢陽大學校 生物學科 · *忠南大學校 生物學科)

The soil microorganisms of the forest floor of the climax forest of Piagol valley in Mt. Chiri

by

Choi, Yong-Keel and Young Ha Rhee*

(Dept. of Biology, Hanyang Univ., *Dept. of Biology, Chungnam natl. Univ.)

Abstract

Soil microbes of the climax forest of Piagol valley was studied in relation to soil environment.

The average pH value of the soil was more than 7.0 and the NO_3^- , PO_4^{-3} , Mg^{+2} , $\text{Fe}^{+2,3}$ and H_2O content of surface soil were higher than those of lower layer.

The ratio of total soluble sugar/organic matter increased toward climax forest.

17 Kinds of free amino acid were detected in this study area. The amounts of many soil microbes were different in the number of each species.

The rate of soil respiration and the activity of soil enzyme, in contrast with mycelium extension, were noticed becoming higher toward climax forest soil as compared with grass and shrub communities.

緒 論

우리나라의 경우 土壤微生物에 관한 報文들은 一般的으로 어떤 특정지역에 대한 土壤微生物의 分布(洪等 1969a, 1975), 窒素固定 微生物의 分布와 固定能, 生態(崔 1975, 洪等 1974)에 관한 연구, 土壤內 유기물의 分解速度(金等 1967), 섬유소 분해균류의 土壤內 分布(洪等 1982), 一般 菌類의 土壤內 分布(李 1972, 閔 1981), 그리고 田畚土壤을 중심으로한 植物性 病原菌類에 관한 연구(李 1972, 1973, 1974) 등으로 大別 할 수 있다. 그리고 近來에 우리나라의 西海에 위치한 德積群島 토양의 土壤環境과 土壤微生物에 관한 研究(崔 1982)와 莞島 南端 隣近 落島에 관한 유

사한 研究(洪等 1982)가 있었으나 極相林 生態系의 土壤環境과 土壤微生物의 작용을 遷移過程에 있는 生態系의 그것과 비교함으로써 極相林 生態系의 平衡機作的 한 단면을 土壤微生物에 依한 生態的 機能에서 해석을 시도한 報文은 현재까지도 全無하였다.

그리하여 著者들은 智異山 피아골地域의 極相林 土壤을 표본지역으로 선정하여 根圈土壤(soil of rhizosphere) 내의 微生物群集의 규모(population size of soil microbes)와 토양의 物理化學的 環境要因을 측정함과 아울러 각종 土壤微生物 群集의 土壤內 作用을 測定하고 環境要因과 土壤微生物間의 相互關係를 遷移過程에 있는 森林土壤의 그것과 비교 검토함으로써 生態系의 發達에 따르는 土壤微生物의 生態的 機能의 차이와 pattern을 규명하고자 본 실험을 실시하였다. 이는 곧 생물적 요인과 무생물적 요인의 總和가 生態系로 表現 될 때 極相 生態系의 평형원리를 이해하는 하나의 方法으로서의 가능성을 논의하였다.

材料 및 方法

1) 실험지역의 선정

智異山 피아골의 극상림 토양의 3지역과 비교구로서 현재 遷移過程 중에 있는 2지역을 선정하였으며 (Fig. 1 참조), 실험 대상 지역의 생태적 특성은 다음과 같다.

Site 1 : 서나무(*Carpinus*) 원시림

Site 2 : " "

Site 3 : 草地(grass land)

Site 4 : 木本原始林(wood land)

Site 5 : 草本 및 灌木林(grass and shrub forest)

Site 1, 2, 4는 실험 대상지로서, 그리고 3과 5는 비교지역으로 선정하였으며 다음의 Fig. 1과 같다.

2) 試料의 採集

토양시료는 금년도(1982) 7, 8, 9월의 3회에 걸쳐서 현지 출장하여 채집하였으며 각 site마다 무작위로 小分區를 10區 선정하여 表層土 및 20cm 깊이의 下層土를 채집하여 혼합한 후에 上下층 토양을 각각 15kg씩 채집하였다.

3) 土壤環境의 測定

채집한 토양시료는 실험실에 운반하여 음진한 후에 2mm의 sieve로서 친 후 10g을 평량하여 flask에 넣고 Morgan(Thomas 1960)씨 용액 50ml와 active carbon을 가한 후 30分間 shaking 하였다. 그리고 진탕액을 여과하고 그 여과액을 다음과 같은 방법으로 성분을 분석하였다.

K⁺ 이온의 함량 : 상기의 토양침출액을 sodium cobaltnitrite로 처리한 후에 電光比色儀를 이용하여 580nm의 파장에서 측정하였다.

PO₄⁻³의 함량 : Morgan씨 토양침출액을 ammonium molybdate로 발색시키고 660nm의 파장에서 전광비색계로 측정하였다.

NO₃⁻의 함량 : 토양침출액을 2.5% brucine sulfate로 발색시킨 후 470nm의 파장에서 전광비색계

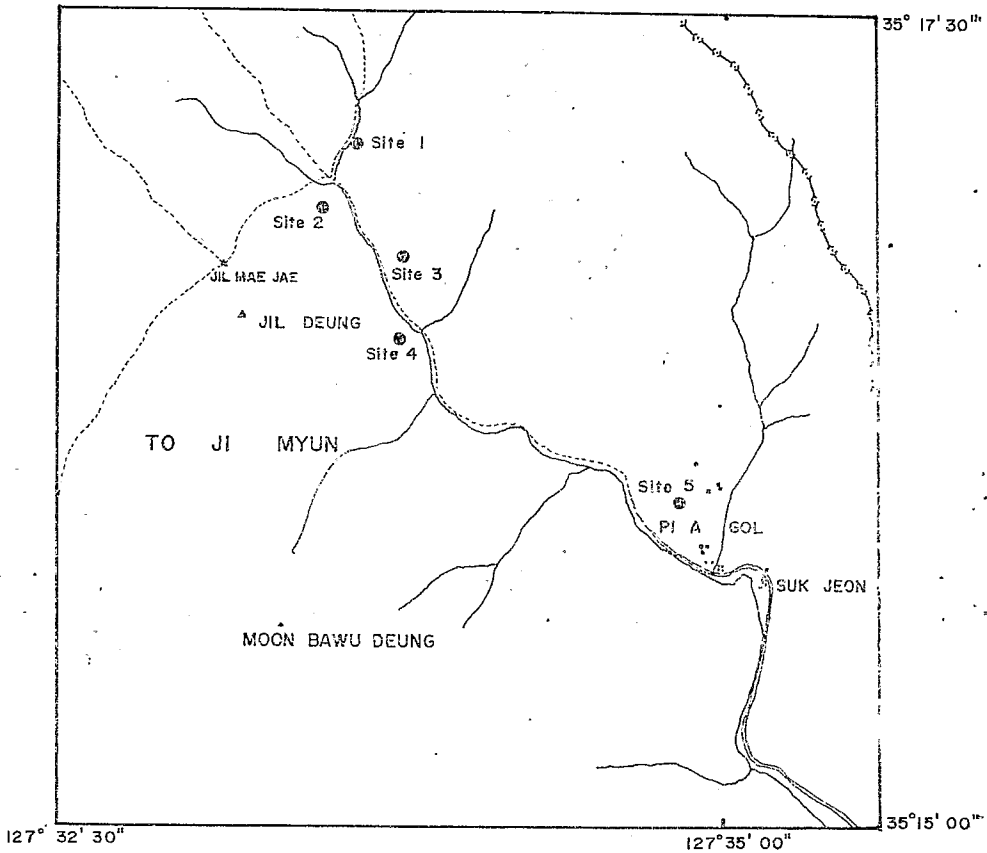


Fig. 1. Map of study area.

를 이용하여 측정하였다.

Fe^{2+,3+}의 함량: 토양침출액을 o-phenanthroline으로 발색시킨 후 525nm의 파장에서 광전비색계를 이용하여 측정하였다.

Mg⁺²의 함량: 토양침출액을 Thiazole yellow를 지시약으로 처리한 후 525nm의 파장에서 전광비색계로 측정하였다.

水溶性 糖類: 토양침출액을 Anthrone의 방법으로 반응시키고 625nm의 파장에서 함량을 측정하였다(glucose 기준치로 환산함).

總有機物量: 음건토양 1g을 평량하여 Walkley씨의 방법으로 wet digestion한 후에 그 가수분해액을 625nm의 파장에서 전광비색계를 사용하여 함량을 측정하였다(sucrose 기준치로 환산함).

Free amino acids의 함량: Gilbert 등(1966)의 방법을 이용하였다. 즉, 음건토양 30g을 20% ETOH로 침출한 후 그 침출액을 농축시키고 자동아미노산 분석기(Beckman, Model BL 118 AAA)를 이용하여 그 함량을 분석하였다.

그리고 토양의 온도는 地中溫度計를 사용하여 현지에서 측정하였으며 토양의 함수량은 실험실에서 토양건조법(崔 1969a)에 의하여 함량을 측정하고 백분율(%)을 구하였다. 그리고 土壤의 pH는 토양과 중성화 증류수를 1:2로 희석하여 여과한 후 pH meter로 측정하였다.

4) 土壤微生物 群集의 測定

토양미생물의 군집의 규모는 一般細菌(*general bacteria*), 一般菌類(*general fungi*) 및 放線菌類(*actinomycetes*)의 總個體數로 측정하였으며 이들 중 유기물 분해능이 있는 개체군의 규모를 알아보기 위하여 미생물의 분리배지에서 水溶性 糖類대신 CMC(*carboxyl methyl cellulose*)를 첨가하여준 배지에서 성장한 섬유소 분해 미생물의 균체수를 별도로 측정하였다. 상기의 3종의 미생물 군집을 측정하기 위한 분리배지의 조성과 배양조건은 다음과 같다.

一般細菌 : 증류수 1l에 dextrose(혹은 CMC) 10g, NaNO_3 1g, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1g, KH_2PO_4 0.9g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5g, KCl 0.5g, Yeast extract 0.5g, agar 20g을 혼합 멸균하여 배지를 준비한 후 토양현탁액 ($10^{-4} \sim 10^{-5}$) 0.1ml와 함께 pour plate의 방법으로 접종하고 $24 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 항온기에서 48시간 배양한 후 colony를 셈하였다.

一般菌類 : 증류수 1l에 dextrose(혹은 CMC) 20g, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 2.8g, K_2HPO_4 1g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5g, KCl 0.5g, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.01g, agar를 혼합하여 멸균한 후 배지가 60°C 정도로 될 때 까지 방치시키고 oxgall 5g과 세균 억제제로서 chloramphenicol 1.5g을 처리한 다음 한천평판을 준비한다. 그리고 멸균증류수에 희석된 토양현탁액 0.1ml을 streaking하여 접종하고 $27 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 항온기에서 7일간 배양한 후 colony를 셈하였다.

放線菌類 : Jensen씨 기본배지를 이용하였다. 즉 dextrose 15g(혹은 CMC 15g), casein 0.2g, K_2HPO_4 0.5g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.2g, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ trace, agar 20g을 증류수 1l에 혼합하여 멸균한 다음 한천평판을 만들고 상기의 균류의 접종 방법과 배양조건을 같이한 후 성장한 colony수를 셈하였다.

5) 土壤微生物 群集의 作用

Mycelial extension : 각 site의 토양을 petri-dish에 담고 멸균한 다음, 각 site에서 공통적으로 출현하는 *Aspergillus niger*와 *Trichoderma* spp.의 spore 현탁액을 0.1ml를 취하여 petri-dish 중앙에 접종하고 $24 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 항온기에서 48시간 배양하였다. 배양 후에는 별도로 준비한 Czapeck씨 배지에 replica를 이용하여 토양 내 배양균류를 재접종하여 접종된 토양 내에서의 菌絲體의 발달(*mycelial extension*)을 관찰하였다.

Respiration rate of total soil microbes : 각 site의 토양을 0.5g 취하여 Warburg manometer의 flask에 주입하고 phosphate buffer(pH 7.0) 2ml, NaOH(20%) 0.4ml, 그리고 side arm에 glucose 용액 0.5ml를 넣은 다음 20°C 에서 1시간 측정하였다. side arm의 glucose 농도는 Table 1에서 측정한 水溶性糖類의 수준으로 조절하였다.

Soil enzymes and decomposition of organic matter : 각 site의 토양을 2mm의 sieve로 친 후 건조 토양 5g에 해당하는 wet soil을 평량하여 0.1M acetate buffer(pH 5.8) 10ml와 1% CMC 10ml를 혼합하여 40°C 에서 24시간 진탕반응을 실시하였다. 24시간 반응 후 작용을 중지시키고 반응액을 원심분리 하고 상층액 1ml를 취하여 생성된 환원당량을 Somogyi-Nelson의 방법으로 540nm에서 흡광도로 측정하였다.

結果 및 考察

智異山 피아골 極相林 토양환경과 비교지역에서의 環境要因 측정치는 Table 1과 같다. 토양의

온도는 8月 출장시에 측정한 값으로서 전지역이 表層이 下層보다 높은데 이러한 경향은 一般的인 현상이며 다만 비교지역이 표본지역보다 높은 사실은 삼림생태계의 발달과정에 따르는 현상으로 해석 할 수 있다. 토양의 pH는 극상림 토양의 표층의 경우 7.2~7.4, 하층을 7.2~7.5의 범주이

Table 1. Environmental factors in the soil of Piagol valley

Site	Soil	Temp. (°C) (on August)	pH	Mois- ture content (%)	NO ₃ ⁻ μg/g dried soil	K ⁺ μg/g dried soil	PO ₄ ⁻³ μg/g dried soil	Mg ⁺² μg/g dried soil	Fe ^{+2,3} μg/g dried soil	Sugars μg/g dried soil	organic matter μgmg/g dried soil
1	Surface	15.5	7.3	60.7	255	145	82.5	47.5	40	725	168
	20cm depth	15.0	7.5	64.0	225	45	120	2.5	58	1,100	348
2	Surface	17.0	7.2	30.1	180	80	trace	52.5	103	360	188
	20cm depth	16.0	7.4	30.8	200	15	trace	1.3	75	320	188
3	Surface	21.0	7.4	20.9	65	275	95.2	52.5	16.5	52.5	172
	20cm depth	20.0	7.3	19.8	52.5	87.5	100.3	42.5	30	52.5	156
4	Surface	20.0	7.2	29.2	110	50	5	72.5	42.5	250	392
	20cm depth	18.0	7.2	23.1	140	37.5	30	0.1	85	310	178
5	Surface	26.0	7.4	15.4	50	30	trace	22.5	39	182.5	128
	20cm depth	24.0	7.4	20.8	55	12.8	77.5	0.6	42.5	170	122

며 이 값은 현재까지 조사된 토양의 pH값 중에서도 비교적 높은 수치이다. 根圈의 類型에 따라서 (崔 1974, 1978), 혹은 竹林土壤(崔 1975) 등에서는 7.0 이상을 상회하는 경우가 많으나 근년에 西海의 德積群島에서 조사된 삼림토양의 평균 pH는 6.8이었으며(崔 1982), 莞島 隣近 落島 생태계 토양의 평균 pH는 6.3이었던 바(洪等 1982) 그 값 보다는 높은 수치이다. Broadbent(1954)는 lignin 같은 목질소의 분해가 carboxyl content를 증가시킴으로써 cation exchange capacity를 증가시킨다는 사실을 보고한 바 있으며 極相林 토양에 퇴적된 lignin 같은 유기물질의 분해와 광물화 작용에 기인한 현상으로 해석된다. 한편, 피아골 표본지역 외의 비교지역도 7.3~7.4의 범주인데 현지 조사에 의하면 二次遷移(secondary succession)가 進行중인 생태계로 판명되었으며 極相시기의 유기물 퇴적과 분해 잔존물에 의한 영향으로 보인다.

토양의 함수량은 극상림 토양이 上下層 토양을 막론하고 천이과정에 있는 토양보다도 높다. 극상림 토양은 표층의 경우 29.2~60.7%, 하층은 23.1~64%의 범주이며 천이과정 중의 토양은 표층이 15.4~20.9%, 하층이 19.8~20.8%로서 유사한 시기에 조사된 측정치 즉 德積群島의 평균함수량 22.1%(崔 1982), 莞島 隣近 落島 토양의 21.0%(洪等 1982)의 수준보다 높다. 이는 삼림생태계의 발달 정도에 따른 차이로 해석 할 수 있으며 裸地(naked area)로부터 極相시기에 이르기까지 토양의 함수량은 퇴적된 유기물의 축적효과로서 증가하는 것으로 해석된다. 토양의 함수량은 일반적으로 50~75%의 수준이 유지되는 토양환경에서 최대의 생물학적 작용이 유지되는 것으로(Alexander 1961) 보고되어 있으며 細菌數와 菌絲體(hyphal)가 증가되는데에 기인한타는 것을 지적하고 있다.

생물체에 직접 흡수될 수 있는 질소형태의 하나인 NO₃⁻ 이온의 함량은 극상림 토양의 표층의 경우 110~255μg equivalent/g soil, 하층도는 140~225 범주이며 천이과정의 토양은 표층 50~65, 하층 52.5~55의 수준으로서 극상림 토양의 함량수준이 훨씬 높음을 알 수 있다. 裸地에 해당하는

山火地의 경우는 1.0이하의 수준이며 (洪等 1969) 生態系의 붕괴과정에 해당하는 竹林 土壤은 최대 10.7(崔 1975), 莞島 隣近 落島 토양의 평균값은 175(洪等 1982), 西海의 德積群島 토양의 평균값은 371(崔 1982)로서 이로 미루어 보건대 德積群島의 삼림생태계도 極相시기에 이른 상태임을 짐작케 한다. NO_3^- 의 함량은 주로 *Nitrobacter*의 세균에 의하여 좌우되는 바 피아골 극상림 토양에도 이들 세균의 population size가 대단히 큰 것으로 예견된다.

토양중의 K^+ 이온의 함량은 극상림 토양 표층의 경우 50~145 μg equivalent/g soil, 하층은 15~45의 범주이며 천이과정의 토양에서는 표층 30~275, 하층 12.8~87.5의 수준으로 극상림 토양과 비교지역간에 유의한 차이를 인정하기 어렵다. 그러나 공통적인 현상은 표층토의 함량이 높다는 사실은 표층토의 생물학적 작용에 있어서 생체막의 막(模)투과 기능에 기여하는 환경요인으로서 작용할 수 있다는 점이다. 竹林 土壤에서는 trace~161(崔 1975), 山火地에서는 1.0이하(洪等 1969), 덕적군도 토양의 평균값 107(崔 1982), 莞島 隣近 落島 토양에서의 268(洪等 1982) 등의 측정치는 생태계의 발달과정에 따른 상관관계를 찾아보기 힘든 환경요인의 하나로 해석되며 추후 좀더 연구해 보아야 할 과제의 하나로 생각된다.

토양 중의 PO_4^{3-} 이온은 전적으로 유기체의 분해에서 유래된 성분으로서 humus와 같은 잔존량과 관계 깊은 성분이다. 피아골 극상림 토양의 표층토의 경우 trace~82.5 μg equivalent/g soil, 하층이 trace~120의 범주이며, 천이과정의 토양중 함량은 표층 trace~95.2, 하층 77.5~100.3으로서 수준의 차이가 심하며 극상림 토양과 천이과정 토양간의 유의한 차이의 경향을 찾기 힘들다. 다만 토양미생물에 의하여 이용되기 어려워면서 礦物化(mineralization)가 진행되는 깊이에서 농축됨으로 인해서(Alexander 1961) 하층 토양의 함량이 높은 것으로 해석된다. 竹林 토양의 최대치 9.07(崔 1975), 山火地의 1.0이하(洪等 1969), 연안 도서 생태계 토양의 평균치 1.57~15.7(崔 1982, 洪等 1982)의 측정치는 천이과정중의 생태계 토양의 평균수준으로 생각된다.

알칼리토금속의 하나인 Mg^{2+} 이온은 토양의 경우 落葉의 축적과 분해과정에서 그 함량의 증가를 나타내는 환경요인 중의 하나이다. 극상림 토양의 표층토의 경우 47.5~72.5 μg equivalent/g soil, 하층 토양에서는 0.1~2.5의 수준으로 상층 토양에서의 함량이 높다. 그리고 천이과정의 생태계 토양에는 표층토에 22.5~52.5, 하층토에 0.6~42.5의 수준으로서 역시 동일한 경향을 보여주지만 극상림 토양에서의 함량이 높다. 이는 표층토에서 낙엽과 같은 유기체의 미생물학적 분해작용이 활발하다는 간접적인 증거가 될 수 있다. 즉 德積群島 생태계 토양의 평균함유량은 1.8이며(崔 1982) 莞島 隣近 落島 토양의 평균함유량 2.5(洪等 1982), 山火地의 최대치 19.0(洪等 1969)임을 보아서 추론해 볼 수 있다.

토양중의 Fe^{2+} , Fe^{3+} 의 총량은 극상림 토양의 표층토의 경우 40~103 μg equivalent/g soil, 하층의 함량은 58~85의 수준이다. 그리고 비교지역은 표층토 16.5~39, 하층토 30~42.5의 범주로서 Mg^{2+} 의 함량에서 논의하였던 경향과 동일하다.

토양미생물의 炭素源으로서 직접 이용 할 수 있는 형태인 水溶性糖類의 토양중 함유량은 극상림 토양과 비교지역간에 함유량의 차이는 크지만 토양의 상하층간에는 경향성이 나타나지 않았다. 水溶性糖類의 토양내의 근원은 植物性 多糖類—starch, cellulose, hemicellulose, lignin, gum 등 —가 토양미생물에 의하여 분해 됨으로 유리되는 물질로서 그 함유량은 전적으로 토양에 퇴적된 유기물의 함량과 토착성 토양미생물(auto-cthonous soil microbes)의 군집규모에 의하여 좌우되는 것으로 알려져 있다(Gray et al. 1971). 그러므로 극상림 토양과 비교지역인 천이과정의 토양에 함유된 총유기물량과의 상대적 함량을 고찰해 볼 필요가 있다. Table 1에서 극상림 토양의 표본지역인 site 1, 2, 4의 上下층토에 함유된 수용성 당류의 평균값은 511 μg equivalent/g soil, 비교지역인 site 3, 5의 上下층의 평균값은 115로서 4.4 : 1의 함량 차이를 보여준다. 한편 site 1, 2, 4, 의 上

下층 토양에 함유된 총 유기물량은 243,600 μ g equivalent/g soil이며 비교지역 site 3,5의 그것은 144,000으로서 약 1.7:1의 비율을 나타내 주고 있다. 그리고 수용성 당류와 총 유기물량을 비교해 보면 극상림 토양의 경우 1:477이며 비교지역의 그것은 1:1252의 비율을 나타내고 있다. 德積群島 삼림 토양에서의 수용성 당류의 평균값은 100.3이며 총 유기물량의 평균값은 104,000으로서 그 비율은 1:1036인 반면에(崔 1982), 莞島 隣近 落島 토양에서의 그것은 각각 32.5와 95,000으로서 그 비율은 1:2923으로 계산 되었다(洪等 1982). 그러므로 총 수용성당류(total soluble sugar)와 총 유기물량(total organic matter)의 비를 S/O ratio로 표시할 때 S/O ratio의 값이 높으면 높을수록 극상림 토양환경을 나타낼 수 있는 parameter로서 활용 할 수 있지 않을까 사료된다.

Table 2. The amount of amino acids in the surface soil of Piagol valley forest

Amino acid	Stand				
	1	2	3	4	5
Aspartic Acid	0.696	0.496	0.495	1.484	1.116
Threonine	0.558	0.624	1.344	8.412	1.518
Serine	10.494	1.592	2.658	8.312	6.648
Proline	0.750	—	trace	2.916	0.468
Glutamic Acid	4.074	3.348	2.952	7.876	3.84
Glycine	10.02	4.148	5.496	13.576	4.002
Alanine	32.49	9.116	5.01	29.784	—
Valine	21.192	5.08	4.287	5.476	13.335
Cysteine	0.732	8.524	1.371	2.84	0.213
Methionine	2.712	14.648	0.768	3.516	0.036
Isoleucine	5.664	2.684	3.585	10.068	3.336
Leucine	14.382	3.768	5.094	19.404	4.881
Tyrosine	0.504	0.304	0.504	2.776	0.36
Phenylalanine	3.12	1.28	1.239	5.064	1.599
Lysine	1.386	1.156	0.651	0.172	0.609
Histidine	0.636	1.152	0.462	0.576	0.288
Arginine	0.756	0.168	0.126	0.668	0.336

(unit: n mol/g dried soil)

위의 Table. 2는 극상림 토양과 비교지역에서의 free amino acid의 종류와 농도를 나타낸 것이다. 토양 중의 amino acid의 定性, 定量的 연구는 다수의 報文(崔 1975, Sowden 1955, Stevenson 1954)이 있으나 토양에 함유된 유기체를 加水分解한 후 측정된 data이므로 토양 중에 현존하는 free-amino acid의 분석치는 아니었다. 본 실험에서는 Gilbert et al.(1966)의 방법에 따라 20% ethanol로 추출하여 분석한 定性, 定量的 분석치이다. 우리나라 竹林 土壤을 대상으로 측정한 amino acid의 종류는 총 15종이었으며(崔 1975), 외국의 경우 Podzol과 Prairie 토양(Sowden 1955), 그리고 Silt loam soil(Stevenson 1954)에서 19종의 amino acid가 검출되었음이 보고된 바 있는데 본 실험의 결과는 총 17종의 아미노산이 검출된 것이다. 竹林 土壤의 경우에 비교하면 methionine과 arginine이 추가로 검출된 셀이며 Sowden(1955)과 Sterenson(1954)의 data와 비교할 경우는 β -alanine과 γ -aminobutyric acid가 검출되지 않은 것이다. 이러한 定性的인 차이는 생태계의 植生에 따른 근권토양의 구성이 다른점에서 기인함을 보고한 바 있는데 Schmidt와 Putnam(1959)은 토양의 유기물까지를 가수분해하여 측정한 총 아미노산의 함량은 토양 gram당 2~387mg의 수준

임을 발표하였고 주로 valine과 leucine과 같은 aliphatic amino acid와 acidic amino acid인 glutamic acid와 aspartic acid가 양적으로 우세함을 보고하였다. 본 실험의 결과는 총 아미노산의 함량 수준이 기존 발표된 報文의 수준에는 미치지 못하는데, 그 원인은 토양을 가수분해하지 않고 free amino acid의 추출 분석에 따른 방법의 차이로 해석된다. 그러므로 우리나라 근권토양에서의 amino acid의 정성적 분석은 근권의 유형에 따라서 약간의 차이가 보여질 것으로 전망된다.

한편, 극상림 토양과 비교지역 토양에서 검출된 아미노산을 화학적 특성에 따른 유형별로 각각 구분하여 나타난 주요 특징을 살펴보면 아미노산 총 함량면에서 극상림 토양인 site 1, 2, 4는 비교지역인 site 3, 5에 비하여 1.7~3.3배 높았다.

또한, site 2를 제외한 전 실험구에서 aliphatic amino acid가 56.3~71%로서 최대의 점유 비율을 나타내며 site 2의 그것도 34.1%의 비교적 높은 수준을 나타내는 점으로 보아, 피아골 일대의 근권토양의 amino acid 분포의 pattern으로 해석 할 수 있으리라고 사료된다. 그러나 Putnam과 Schmidt(1959)의 연구결과와 비교할 때 acidic amino acid는 5.6~13.8%로서 적어도 피아골 삼림 생태계 토양에서는 표정적인 성분이 아님을 알 수 있다. 그리고 aliphatic amino acid의 量的 우세가 토양의 pH에 영향을 준 것으로도 해석된다.

Fig. 2는 극상림 토양과 비교지역 토양에서의 一般細菌, 一般菌類 및 放線菌類의 population size와 그 각각에 있어서 섬유소 분해 미생물群과 섬유소를 분해하지 못하는 미생물군의 분포비율을 나타낸 것이다. 토양환경에 있어서 유기물의 대증은 식물성 섬유소가 양적으로 우세하므로(Gray

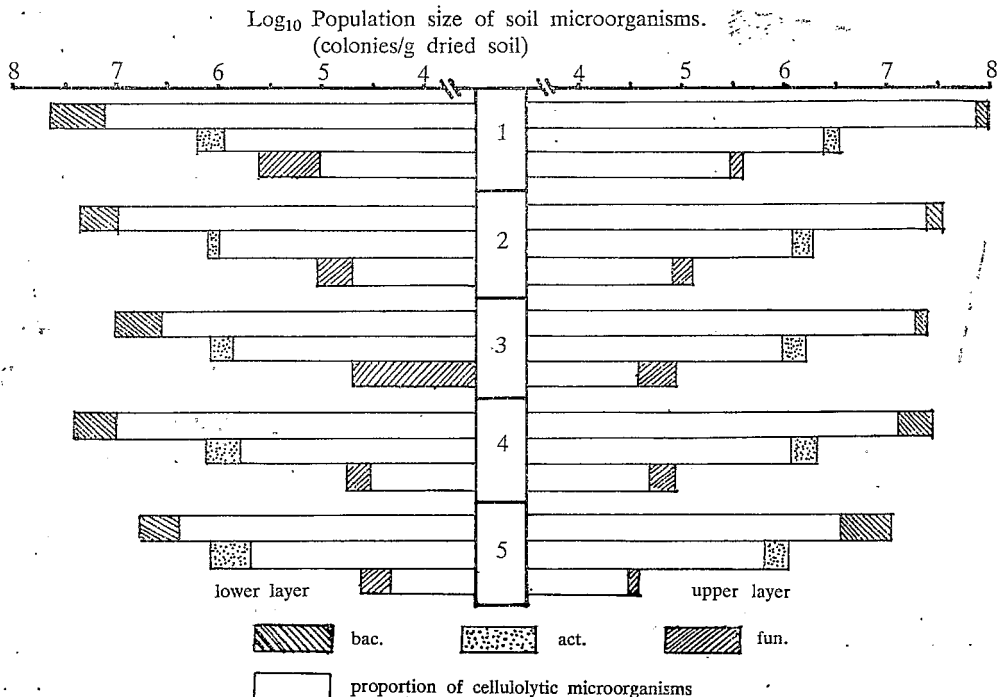


Fig. 2. Population size of soil microbes in Piagol valley at Mt. Chiri; soil microbes were divided into 3 groups, such as general bacteria, general fungi, and actinomycetes. And each group was subdivided into the non cellulolytic microbes and the cellulolytic microbes for comparing the population size between them.

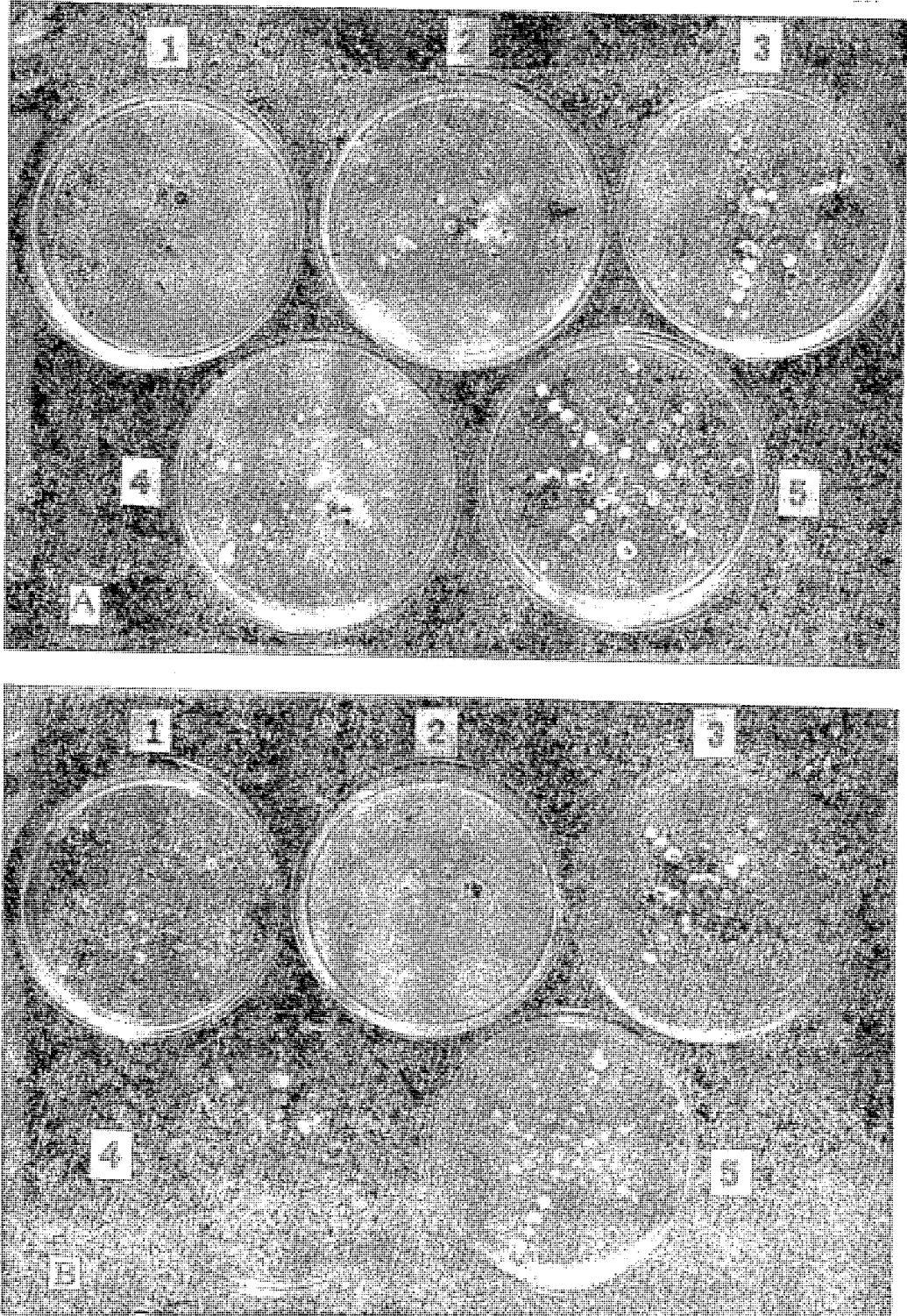


Fig. 3. Mycelial extensions of *Aspergillus niger*(A) and *Trichoderma* spp.(B) growing on sterilized soil. The number indicates the site.

et al. 1971) 토양미생물의 population size의 비교는 토양환경의 물질순환에 기여하는 미생물群의 population size를 포함시켜야 할 필요가 있다(Robert 1982, Steubing 1974). Fig. 2를 참조하면, 극상림 토양과 비교지역 토양에서의 모든 토양미생물 군집의 규모를 비교할 때 극상림 토양에서 숫적으로 우세함을 파악 할 수 있고 이는 각 site내에서의 수직적 분포에서도 경향성을 찾아 볼 수 있다. 즉, 표층토에서 토양미생물 군집의 규모가 비교적 크다. 이러한 사실은 Wicklow et al.(1974)와 Okada(1938)의 유사한 연구결과에서 지지받을 수 있는데 이들은 고등식물의 植生과 토양미생물 群集의 규모는 밀접한 관계가 있음을 보고하였고 비근권토양에 비하여 근권토양에서 토양미생물의 군집의 규모가 큰 것은 일반화된 상식에 속한다(Gray et al. 1971). 이는 곧 삼림생태계의 발전에 따라서 토양미생물의 개체군 규모는 성장한다는 의미로 해석할 수 있다. 한편, 토양미생물을 일반세균, 일반균류, 방선균류로 대별해 볼 때 일반세균은 전체 개체수의 84.6~96.2%로서 극상림 토양이 비교지역의 토양에서보다 더 많은 분포를 나타내고 있고 모든 site에서, 그리고 수직적 분포에서도 우세하다. 전반적으로 토양미생물은 그 군집의 규모에 있어서 그 크기는 일반세균, 방선균류 그리고 일반균류의 順이며 섬유소 분해 미생물의 군집의 규모도 역시 동일하였다. 이는 곧, 피아골 생태계에 있어서 극상림 토양이나 천이과정의 토양환경을 막론하고 유기물 분해에 기여하는 미생물학적 작용도의 순위는 일반세균, 방선균류, 그리고 일반균류임을 의미하는 것이다. 또한 토양미생물의 대부분이 섬유소 분해 능력이 있음을 분석결과 알 수 있다. 위와 같은 경향성은 德積群島 토양과 竹林 土壤의 분석결과(崔 1975, 1982)와 莞島 隣近 落島 토양의 분석결과(洪等 1982)와 同一한 pattern임을 보여주고 있으며 토양의 pH가 酸性조건이 아닌한 일반균류는 우점종이 될 수 없다는 미생물의 遷移현상에 관한 報文들(Alexander 1961)의 내용과 일치한다. 다만 기존 문과의 차이점은 미생물 군집의 규모상의 차이가 인정되는데 이는 고등식물의 植生の 종류, 발달 정도에 따른 현상으로 해석 할 수 있다 (Wicklow et al. 1974).

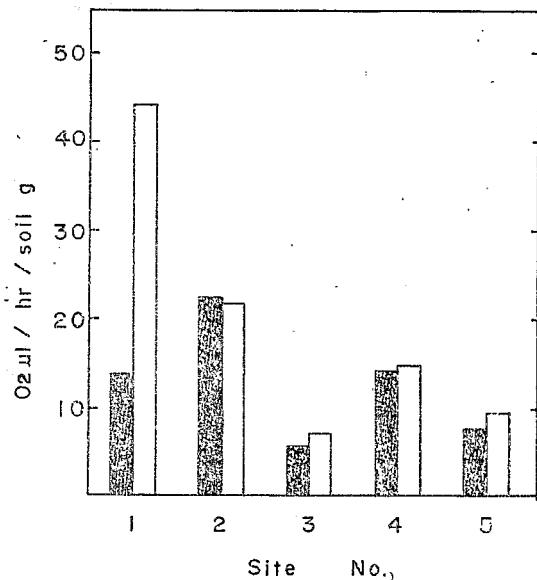


Fig. 4. The rates of soil respiration. Glucose was added to flask as the substrate at level of natural concentration in Table 1. (black-surface soil, white-soil of lower layer)

Fig. 3의 A와 B는 섬유소 분해 능력이 있는 균류의 2균주(*Aspergillus niger*와 *Trichoderma* sp.)를 각 site의 멸균된 토양에 접종시키고 48시간 배양시켰을 때의 mycelial extension의 정도를 replica plate의 방법을 통하여 확인한 결과이다. 실험 결과는 극상림 토양보다 천이과정의 토양(3과 5)에서 2균주의 mycelial extension의 발달이 현저함을 알 수 있는데 현재로서는 그 이유가 분명하지 않다. 다만 2균주 모두가 obligate aerobes이므로 수분함량이 적은 site 3과 site 5(Table 1 참조)의 토양에서 O₂의 이용공간이 용이한 환경에서 菌絲體 발달이 촉진된(Alexandere 1961) 것인지, 또는 actinomycetes나 bacillus와 같은 土着性이면서 antagonistic한 미생물에 의한 성장 억제물질의 축적농도가 낮은 때문(Soulides 1965)인지 명확하지 않으므로 더 추적해 보아야 할 과제의 하나이다.

Fig. 4는 실험대상지 토양을 재료로 토양에 존재하는 모든 토양 미생물에 의한 호흡을 측정하는 것이다. 토양의 호흡을 측정하는 것은 통상 유기물의 분해 속도를 측정하고자 할 경우에 사용하는 방법의 하나이다.

Fig. 4를 참조하면 극상림 토양의 호흡이 천이과정의 토양보다 호흡율이 월동함을 보여준다. 토양의 상하층간에는 유의한 차이는 없는 것으로 보이며 site 1의 하층 토양의 경우는 특이한 一例로 보인다. 극상림 토양의 호흡율은 토양의 pH가 중성에 가까운 토양을 시료로 실험한 報文의 분석치 수준이며(Rovira 1953), 비교지역의 그것은 토양미생물 군집의 규모에 따른 차이로 해석된다. 그러므로 극상림 토양내에서의 유기물 분해 속도가 천이과정 중의 그것보다 빠른 것으로 판단된다.

위의 Fig. 5는 세포 밖으로 분비되는 extracellular enzyme의 하나인 soil cellulase의 activity를 나타낸 것이다. soil enzyme의 activity를 측정하는 목적은 enzyme의 기능에 따라 생태계의 물질 순환의 속도를 측정하거나 토양의 fertility를 나타내는 “biological index”(Casida 1977)로서의 활용이 그것이다. 본 실험에서는 피아골과 같은 극상림 생태계의 토양에 퇴적되는 유기물의 대부분이 섬유소 계통으로 보고 극상림 토양과 천이과정 중의 토양에 분비되어 있는 cellulase의 activity의 비교에서 토양미생물 군집간의 유기물 분해능의 차이를 확인하기 위하여 분석한 것이다. Fig. 5를 참조하면 그 경향성은 Fig. 4의 토양 호흡율과 유사한 것을 알 수 있다. 극상림 토양의 cellulase activity는 천이과정 토양의 그것보다 높다. 그러나 토양의 상하층의 차이는 site 1을 제외하고는 표층토에서 activity가 높은 사실은 토양의 호흡율과는 대조적인 바, 이러한 사실은 토양미생물의 유기물 분해의 생화학적 mode가 fermentation과 같은 기질수준의 인산화반응(substrate level phosphorylation)인 때문으로 해석할 수 있다(Gray 等 1971).

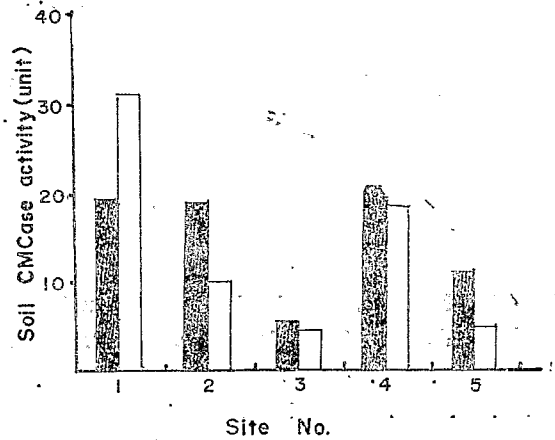


Fig. 5. The activities of soil enzyme(CMCase, cellulase), One unit of CMCase activity was defined as the amount of enzyme releasing 1.0 μ g of glucose (or glucose equivalent) in 1hr under the standard assay condition. (black-surface layer, white-lower layer)

摘 要

智異山 피아골 일대의 極相林에서 土壤微生物의 群集의 크기와 動態에 관한 研究를 실시하였다. 極相林 土壤의 pH는 7.0 이상을 상회하며 水溶性糖類, 有機物量을 제외한 NO_3^- , PO_4^- , Mg^{+2} , $\text{Fe}^{+2,3}$ 의 含量은 一般的으로 下層土에서 보다 表層土에서 높았으며 천이 진행 중의 토양의 그것보다 높았다.

S/O ratio(total soluble sugar/total organic matter)는 遷移가 進行되어 極相時期에 도달하기 까지 점차 增加하여 1.0에 가까워짐을 확인하였다.

free amino acid는 총 17種이 檢출되었으며 극상림 토양이 천이과정의 토양보다도 함량이 1.7~3.3배 높았으며 aliphatic amino acid가 量的으로(56.3~71%) 우세하였다. 토양미생물의 군집은

극상림 토양이 천이과정의 토양에서보다 크며 하층토보다 표층토에서 크다. 또한 類型別로 보면 general bacteria, actinomycetes, general fungi의 순으로 군집의 크기가 확인되었으며 극상림 토양내의 유기물 분해에 기여하는 토양미생물의 작용도에 있어서도 그 순위가 同一하였다.

토양호흡율, 토양호소(soil cellulose)의 작용은 극상림 토양이 천이과정의 토양에 비하여 높았으나 균사체의 발달 속도는 오히려 극상림 토양에서 낮았다.

引 用 文 獻

Alexander, M., 1961. Introduction to soil microbiology. Jhon Wiley & Sons Inc.

Broadbent, F., 1954. Soil Science Soc. Am. Proc. 18 : 165-169.

Casida, L. E., 1977. Appl. Environ. Microbiol. 34 : 6

Choi, Y. K., 1982. Soil and soil microbes in the soil of Deogjeog-archipelago. (under published)

—, 1975. Ecology of *Azotobacter* in bamboo forest soil. Kor. Jour. Microbiol. 13 : 1-23.

—, 1978. Distribution of *Rhizobium* and development of useful strain. Hanyang University Faculty Paper Vol. 12.

Gray, T. R. G. and S. T. Williams, 1971. Soil microorganisms. Liverpool University Review

Hong, S. W. and K. Y. Chang, 1982. Soil and soil microbes in southern islands of the Wando. (under published)

Hong, S. W., Y. C. Hah and Y. K. Choi, 1969. Some effects of fire on vegetation, soil, and soil microflora adjacent to DMZ in Korea. Kor. Jour. Bot. 12 : 9-20.

Hong, S. W. and Y. K. Choi, 1975. On the distribution of soil microbes near the DMZ. Bureau of Cultural Property, Ministry of Culture and Information. The report on the scientific survey of near the DMZ.

Hong, S. W. and Y. K. Choi, 1974. Distribution of *Azotobacter* in rhizosphere and sea. Kor. Jour. Microbiol. 12 : 15-24.

Kim, C. M and N. K. Chang, 1967. On the decay rate of soil organic matter and changes of soil microbial population. Kor. Jour. Bot. 10 : 1.

Lee, J. Y., 1972. Soil mycoflora in larch forest in Sugadaira. Bull. of the Sugadaira Biological Lab. Tokyo Kyoiku Univ. 5.

Lee, M. W., 1972. Studies on the ecology of dry root rotting bacteria in ginseng cultivation soil. Dongguk Univ. Jour. Res. 2 : 105-109.

—, 1973. Studies on the ecology of root rot of microorganisms in ginseng cultivation soil. Dongguk Univ. Jour. Res. 3 : 201-210.

—, 1974. Studies on the root rot of ginseng(III)—Distribution of bacterial population and environmental influences. Kor. Jour. Microbiol. 12 : 153-158.

Nelson, F. E., 1982. Occurrence of *Trichoderma* in douglas-fir soil. Mycologia 74 : 280-284.

Putnam, H. D. and Schimidt, E. L., 1959. Studies on the free amino acids fraction of soils. Soil Sci. 87 : 22-27.

Richard G. Gilbert and J. Altman, 1966. Ethanol extraction of free amino acid from soil. Plant and Soil. XXV No.2.

Robert, L. W. and D. B. Schroeder, 1982. In vitro production of pectolytic and cellulolytic enzymes by *Fusarium tricinctum*.

Rovira, A. D., 1953. Nature 172 : 29-30.

- Steubing, L., 1974. Soil flora: studies of the number and activity of microorganisms in woodland soil.
- Soulides, D. A., 1965. Antibiotics in soil. *Soil Sci.* 100 : 200-206.
- Sowden, F. J., 1955. Estimation of amino acids in soil hydrolysates by the Moore and Stein methods. *Soil Sci.* 8 : 181-188.
- Stevenson, F. J., 1954. Ion exchange chromatography of the amino acids in soil hydrolysates. *Pro. Soil Sci. Soc. Am.* 18 : 373-375.
- Thomas, G. and M. Peech., 1960. Chemical soil test. *Bull. of Cornell Univ. Agricultural Experimental Station.*
- Wicklow, D. T. and F. W. Whittingham, 1974. Soil microfungus changes among the profiles of disturbed conifer-hardwood forest. *Ecology.* 55 : 3-16.
- Yonesuke Okada, 1938. On the distribution of *Trichoderma* in the soil of various type of vegetation on Mt. Hakkoda. Science report of the Tohoku Imperial Univ. 4th series, Biology. Vol. XIII. No.3.