

海邊 鹽生植物群集에 對한 生態學的 研究(Ⅲ)

仁川 干拓地의 土地環境, 種의 多樣性 및 鹽類循環에 對하여

金俊鎬·閔丙未
(서울대학교 自然科學大學 植物學科)

Ecological Studies on the Halophyte Communities at Western and Southern Coast in Korea (Ⅲ)

On the Soil Properties, Species Diversity and Mineral Cyclings in Reclaimed Soil in Incheon

Kim, Joon Ho and Byeong Mee Min
(Department of Botany, Seoul National University, Seoul)

ABSTRACT

Physicochemical properties of soil, mineral cyclings, production of plants, and relationship between sodium(Na) content and progresses of plant communities were studied in a coastal salt marsh in Incheon.

Contents of Na, available phosphorus(A-P) and value of electric conductivity of soil decreased in order of *Salicornia herbacea*, *Limonium tetragonum*, *Phragmites communis* and *Zoysia sinica* communities, but contents of organic matter, total nitrogen(T-N) and calcium(Ca) of soil were *vice versa*. Species diversity index decreased with increase of Na content of soil with correlation coefficient of -0.82 . The aboveground biomass of plant communities were $2,981 \text{ g-dw/m}^2$ in *P. communis*, $1,471 \text{ g-dw/m}^2$ in *Z. sinica*, 189 g-dw/m^2 in *S. herbacea* and 71 g-dw/m^2 *L. tetragonum*, respectively. Seasonal changes of contents of inorganic nutrients per unit land area coincided with those of biomass of plant communities, however, the maximum contents of K occurred earlier than the maximum biomass. Amounts of inorganic nutrients absorbed by plant were directly proportion to its biomass and it was true to reverse in restored amounts of them to soil. In turnover times of nutrients of the communities, it took the shortest

time for P but the longest for Ca and *P. communis* community took the shortest but *L. tetragonum* the longest. For example, in *P. communis* turnover time of P took one year and that of Na 1,440 years. Lack of P element, therefore, was expected in this study area.

緒 論

鹽分濃도가 높은 土壤에서 生育하는 鹽生植物(Halophyte)의 吸收, 發芽, 生長에 대한 生理的 研究가 이루어졌을 뿐만 아니라(Shive, 1916; Skou, 1964; Pollak, 1967; Poljakoff-Mayber and Meiri, 1969; Pitman, 1970; Waisel, 1972) 生態的 研究도 활발하게 進行되어 왔다(Ranwell, 1972; Poljakoff-Mayber and Gale, 1975; Dykyjová and Květ, 1978; Pomeroy and Wiegert, 1981). 특히 鹽濕地는 많은 生態學者들의 研究對象이 되어 왔으나 研究方法上의 問題로 어려움을 겪어 왔다(Pomeroy and Wiegert, 1981). 한편 鹽濕地는 陸上, 淡水 및 海水의 物理的, 生物的 作用이 多様하며 다른 生態界와 마찬가지로 生産성이 높은 것으로 알려져 있다(Poljakoff-Mayber and Gale, 1975).

韓國에서는 Kim(1958)에 의하여 鹽分土壤과 알칼리土壤에서 栽培한 植物의 有機營養分 含 量에 關한 研究가 이루어진 이래 Im(1967, 1969), 洪 등(1970)은 간척지에서 植物을 調査하였고, 吳(1970), 金(1975), 金 등(1975), 金 등(1982)은 河口生態界에서 鹽生植物群落의 構造와 生産性を 研究한 바 있다.

한편, 鹽類循環에 關하여 Barbour *et al.* (1980)은 森林에 比하여 鹽濕地 生態界는 開放되어 있고 降雨보다 海水의 影響이 크며, 無機營養素의 pool은 土壤이라고 主張하였고, Whitney *et al.* (1975)은 鹽濕地生態界에서 窒素와 燐의 經濟를 보고한 바 있다. 그리고 Dykyjová and Květ(1978)은 鹽生植物群落에서 無機營養素의 吸收, 移動, 蓄積에 關하여 研究를 하였고 Min and Kim(1983)은 韓國에서 鹽生植物의 無機營養素의 植物體內 分布와 鹽類循環에 關한 研究를 한 바 있다.

본 研究의 目的은 仁川의 海岸 鹽濕地에서, 海水의 浸水程度의 差異로 인하여 土壤의 鹽分濃도가 다른 土壤에서 形成된 純鹽生植物로부터 中生植物(Glycophyte)에 이르는 4개의 群落을 選定하여 群落間 土壤環境과 無機營養素 動態 및 그 循環을 比較하는 데 있다.

調査地 概況

本 研究의 調査地는 仁川市 北區 白石洞(37°35'N, 126°40'E)에 所在하는 干拓地로서 약 30년전에 堤防을 築造한 地域이다(Fig. 1). 堤防의 바닷쪽은 넓은 低位 干潟地로, 堤防 안쪽의 一部는 鹽田으로, 다른 一部는 農耕地로 利用되며 나머지는 放置되어 있는 地域인데 本 調査는 이 放置되어 있는 場所에서 이루어졌다. 이 地域은 不完全한 水門이 設置되어 있어 滿潮時 海水가 水路를 따라 流入되어 低地는 海水에 잠기지만 高地는 海水의 影響을 전혀 받지 않는다. 따라서 地形의 高低에 따라 鹽分濃度の 勾配가 이루어져 低地에는 鹽生植物이, 高地에는 中生植物이 侵入하여 patch 狀의 純群落을 이루고 있다. 즉, 低地에는 칠면초, 퉁퉁마디 등이, 水路변에는 갈대, 지치, 천일사초 등이, 鹽田과 接한 곳에는 갯게미

취, 통통마디, 칠면초, 비쭉, 갯질경 등이, 海水의 影響을 받지 않는 습한 地域에는 띠, 갯잔디 등이, 海水의 影響이 없는 高地에는 산조풀, 강아지풀, 사대풀, 잔디, 수크령, 자귀풀 등 中生植物이 群落을 形成하고 있다. 이 地域의 植生分析을 한 結果 代表的 군총은, 칠면초-통통마디, 비쭉-갯질경, 갈대, 갯잔디, 띠, 산조풀 및 混生 中生植物 군총으로 分類되었다. 이 중 칠면초, 비쭉, 산조풀군총에 關한 것은 前報(金 및 吳, 1982)에서 發表하여 여기에서는 통통마디, 갯질경, 갈대, 갯잔디 群落에 대하여만 研究하였다.

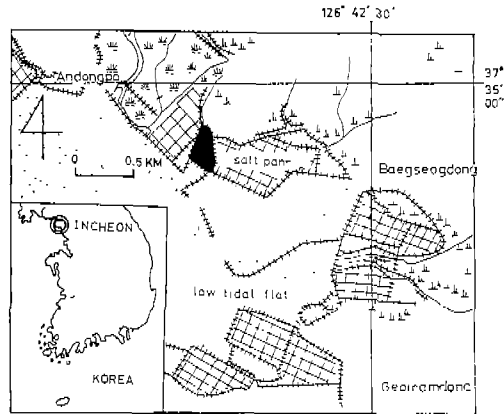


Fig. 1. Map showing location of the study area (stipple area).

材料 및 方法

材料의 採集. 1982. 3. 15~1982. 10. 18 사이에, 植物은 方形區(20×20 cm)로 한 群총에서 5 개씩의 方形區로 표집하였고, 土壤은 地表 2 cm 를 除外하고 15 cm 까지 採取하였다. 植物體는 地上部, 地下部 및 落葉으로 區分하였는데, 다만 갯잔디群落만은 綠色部分, 枯死部分 및 地下部로 區分하였다. 植物材料는 水洗한 後 80°C 乾燥機에서 72 時間 乾燥시켜 乾量을 秤定하였다. 植物體는 粉末로 만들어 0.5 mm 체로 쳤고, 土壤은 2 週間 陰乾시킨 後 0.5 mm 체로 쳐서 이들을 유리병에 넣어 密閉하여 分析할 때까지 保管하였다.

現存量의 推定. 植物體의 現存量은 單位 面積當(m^2)으로 換算하였는데 다만 갈대의 地下部는 Fiala *et al.* (1968)에 의한 地下部/地上部 比에 따라 地上部 最大 現存量을 2.5 배 하여 推定하였다.

土壤 및 植物體의 分析. 土壤의 水分含量을 測定하기 위하여 이것을 비닐봉지에 密閉하여 採取한 直 後 105°C 乾燥機에서 72 時間 乾燥시킨 後 測定하였다. 土壤의 pH와 電氣傳導度의 測定은 陰乾燥土壤: 蒸溜水=1:5 로 하여 各各 pH meter (Fisher 230A)와 電氣傳導度計 (DM 35)로 測定하였다. 土壤의 有機物含量은 600°C 電氣爐에서 4 時間 灼熱 後 灼熱損失量으로 計算하였다. 窒素量은 土壤 및 植物體試料을 micro-kjeldahl 法으로 測定하였고, 土壤의 可溶性 磷量은 0.002 N H_2SO_4 로, 30 分間 振盪시켜 抽出하였고, 植物體 粉末은 0.5 N $Mg(NO_3)_2$ 를 加하여 灰化시킨 後 0.2 N H_2SO_4 로 抽出하여 이들의 抽出液을 Stannous-reduced Molybdophosphoric Blue Color 法에 의하여 發色시켜 spectrophotometer (Beckman 24)로 660 nm 에서 比色하였다. 土壤의 有效加里, 나트륨 및 칼슘은 1 N CH_3COONH_4 로 抽出하였고 植物體는 0.2 N HCl 로 抽出하여, 가리와 나트륨은 flame photometer (Coleman 51)로, 칼슘은 atomic absorption spectrophotometer (IL 251)로 측정하였다.

結果 및 考察

土壤의 物理化學의 特性. 土壤의 物理化學의 特性을 3月부터 10月사이에 測定한 季節變化는 Fig. 2와 같다. 土壤의 含水量은 3月부터 6月까지 減少하다 7月以後에 增加하고 8月부터 다소 減少되었다. 群落別로 본 土壤의 含水量은 갈대群落의 높고 갯잔디, 통통마디, 갯질경 群落順으로 낮았다. 含水量은 降雨量 및 蒸發散量과 關係가 있었을 것이다.

土壤의 pH는 7.1~7.7의 알칼리성을 나타냈고 月別變化는 갯잔디와 갈대群落의 6월에 급격히 낮았고 그 이외는 變化가 적었다. 土壤의 電氣傳導度(EC)는 갯잔디群落을 除外하고 나머지 3群落은 5~7월에 낮고 그以後에 增加하였는데, 특히 통통마디群落은 10월까지 계속 增加하였다. 이와 같은 月變化는 脫鹽의 정도, 海水의 侵入 및 蒸發散量과 關係가 있는 것으로 생각된다.

土壤의 有機物(OM)含量은 갯잔디와 갈대群落에서는 6월부터, 통통마디群落에서는 7월부터 增加하였지만 갯질경群落은 變化가 적었다. 土壤의 全窒素(T-N)含量은 갯잔디群落의 높은 값을 나타내며 나머지 3群落은 5~6월까지 減少하고 다시 增加하였다. 可溶性磷(A-P)의 月變化는 갯잔디와 갈대群落에서는 一定한 값을, 통통마디群落에서는 6月以後의 減少를, 갯질경群落에서는 8월에 最高값을 보였다. 土壤의 가리(K)含量은 적어서 0.4~0.5 mg/g·dw의 범위 안에 있었고 月變化는 커서 통통마디群落에서는 4월에, 갈대群落에서는 8월에 最低值를 보였다. 나트륨(Na)含量은 대체로 EC의 月變化와 類似한 傾向을 나타냈다. 칼슘(Ca)含量은 갈대와 통통마디群落에서 5월에 急減되고 8~9월에 增加되었으며, 나머지群落은 큰 變化가 없었다.

群落別 土壤의 物理化學의 特性의 年평균 値는 통통마디, 갯질경, 갈대 및 갯잔디群落에서, pH는 각각 7.17, 7.10, 7.40 및 7.46이었고, EC는 각각 3.85, 1.93, 1.37 및 0.38 mmho(100:50:36:10)이었으며, Na含量은 각각 3.29, 2.40, 1.95, 및 1.08 mg Na/g·dw(100:73:59:33)으로서 EC와 비슷한 傾向이었다. OM含量은 각각 2.9, 3.3, 4.1, 4.3%(100:114:141:148)이었으며 T-N含量은 각각 0.65, 0.71, 0.84 및 1.80 mgN/g·dw(100:109:129:277)이었고, A-P含量은 각각 1.16, 0.97, 0.67 및 0.45 ppm(100:84:58:39)이었으며, K含量은 각각 0.44, 0.43, 0.46 및 0.49 mgK/g·dw(100:98:105:111)이었고, Ca含量은 각각 0.452, 0.457, 0.653 및 0.703 mgCa/g·dw(100:101:144:156)이었다. 이 結果들은 金 및 吳(1982)나 Min and Kim(1983)의 結果 범위와 대체로 一致한다.

本 調査地에서 測定한 土壤 pH 값은 Waisel(1972)이 干濕地에서 測定한 pH7.0~8.5의 範圍에 속하였고, 金 등(1975), 金 및 吳(1982), Min and Kim(1983)의 結果와 비슷하였지만 趙(1983)의 低位干濕地에서 測定한 값보다 낮았다. 本 調査地에서 pH 값은 통통마디, 갯질경, 갈대, 갯잔디群落의 順序에 따라 높아졌는데, 이 順序가 土壤의 脫鹽에 따라 形成된 群落의 順序라고 假定하면, 鹽濕地에서 植生이 形成됨에 따라 土壤의 pH가 낮아진다는 Croker and Major(1955)의 主張과는 矛盾이 된다.

그러나 土壤의 EC와 Na含量은 통통마디, 갯질경, 갈대, 갯잔디群落의 順序로 減少되는 점으로 보아 土壤의 脫鹽에 따라 群落은 위의 順序에 따라 出現하였다고 생각된다. 그래서

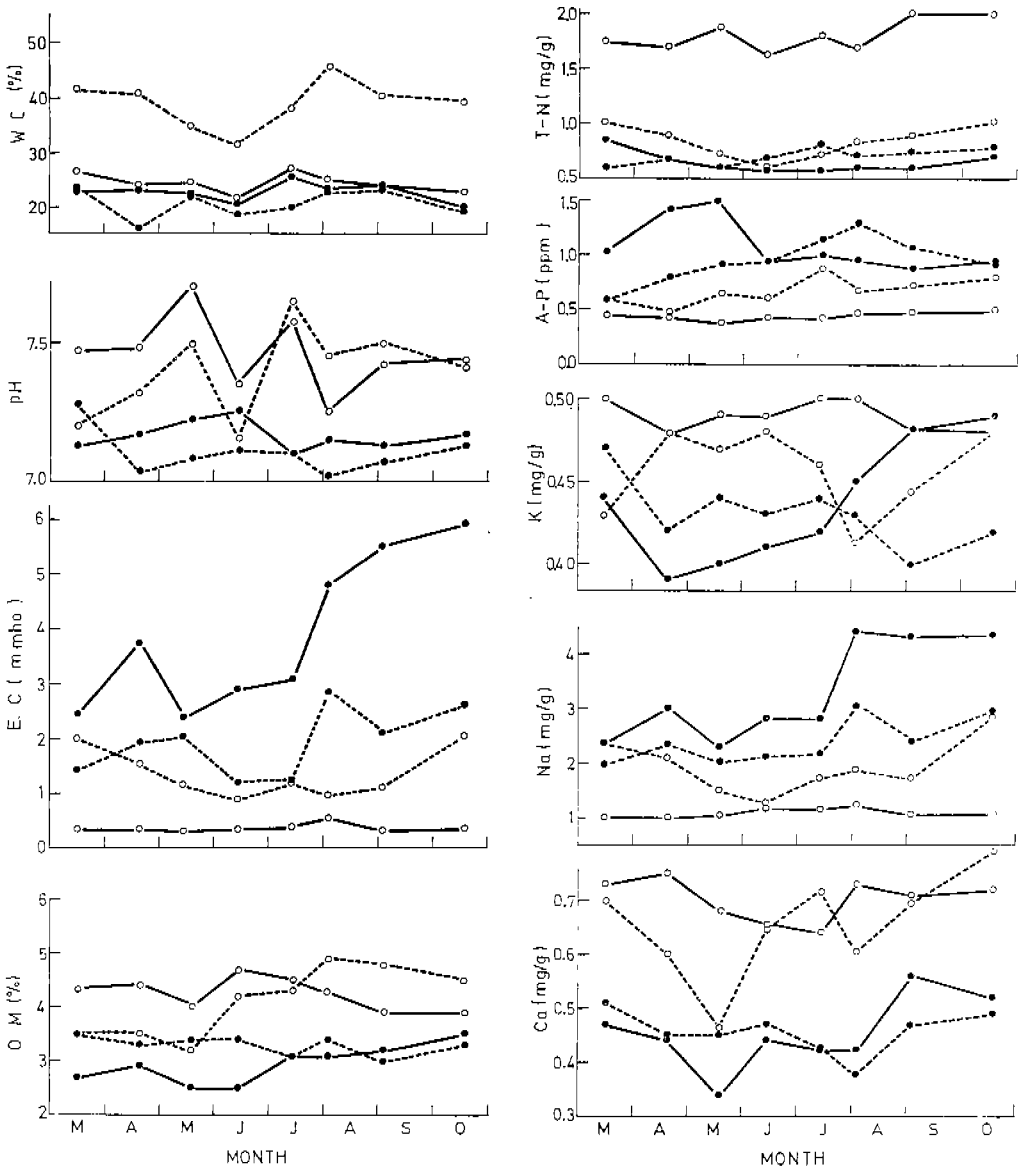


Fig. 2. Seasonal changes of soil properties in plant communities. ●—●, *Salicornia herbacea*; ●---● *Limonium tetragonum*; ○—○, *Zoysia sinica*; ●---●, *Phragmites communis*; WC, water content; pH, pH value; EC, electric conductivity; OM, organic matter; T-N, total nitrogen; A-P, available phosphorus; K, potassium; Na, sodium; Ca, calcium.

後述하는 바와 같이, 土壤이 脫鹽됨에 따라 群落의 生産量이 높아지므로써 OM, T-N, K 및 Ca는 통통마디群落의 土壤에서 적고 갯잔디群落으로 갈수록 增加되었다. 다만 缺乏되기 쉬운 A-P만은 海水가 侵入하는 통통마디群落에서 많고, 갯잔디群落으로 갈수록 減少되었다(金 및 吳, 1982).

툽툽마디群落에서 갯잔디群落으로 갑에 따타 T-N, K 및 Ca 가 增加하는 原因은 土壤에 OM 이 蓄積되는 때문일 것이다.

草地에서 地下部의 有機物 循環率은 25%(Dahlman and Kucera, 1965) 내지 50%(Sims

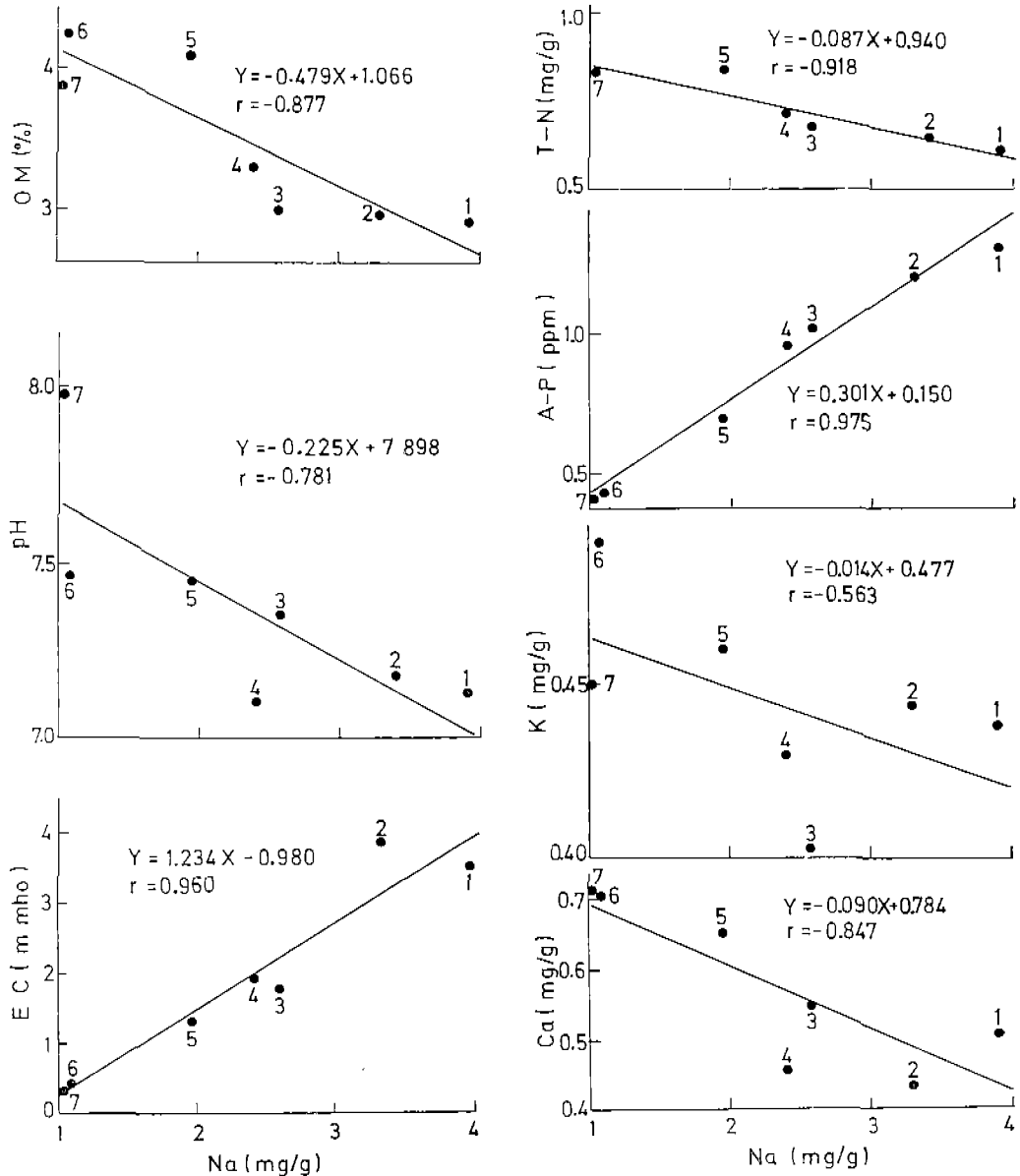


Fig. 3. Relationship between sodium content of soil and some other soil properties in the plant communities. 1, *Suaeda japonica*; 2, *Salicornia herbacea*; 3, *Artemisia scoparia*; 4, *Limonium tetragonum*; 5, *Phragmites communis*; 6, *Zoysia sinica*; 7, *Calamagrostis epigeios*. See for legend Fig. 2.

and Singh, 1971)인데, 本 調査地의 통통마디 및 갯잔디群落은 地上部가 地下部보다 土壤의 有機物含量에 크게 影響을 미쳤고 갯질경 및 갈대群落은 그 반대이었을 것이다.

土壤의 T-N 含量이 5~6 월에 減少하는 理由는 植物이 生長함에 따라 吸收되기 때문이며 (Kim and Mun, 1981; 金 등, 1982), 그 以後 增加하는 理由는 落葉과 枯死體의 腐敗와 土壤微生物의 窒素固定에 原因이 있을 것이다(Pomeroy and Wiegert, 1981).

土壤의 EC나 Na 含量이 減少됨에 따라 植物의 遷移가 進行된다고 假定하면 本 調査地所에서는 통통마디→갯질경→갈대→갯잔디 群落의 順으로 進行될 것이며 金 및 吳(1982)의 結果까지 合하여 遷移系列을 나타내면 칠면초→통통마디→미쭉→갯질경→갈대→갯잔디→산조풀 群落으로 進行될 것으로 생각된다. 그 증거로서 전술한 바와 같이, OM, T-N, K, Ca의 量은 遷移가 進行될수록 많아지며, A-P의 量은 적어진다(Fig. 3).

土壤의 水分含量 및 Na 含量과 植物의 分布. 本 調査地의 土壤의 水分(H₂O)含量과 Na 含量의 關係는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 H₂O는 平均 22.3%(8.9~47%)를 中心으로 分散되었고 Na는 平均 1.73 mg·Na/g·dw(0.38~4.30 mgNa/g·dw)의 넓은 폭의 分散을 나타내었다. 土壤의 H₂O와 Na 量의 相關係數는 r=0.5845로서 H₂O가 많으면 Na도 다소 높은 傾向이었

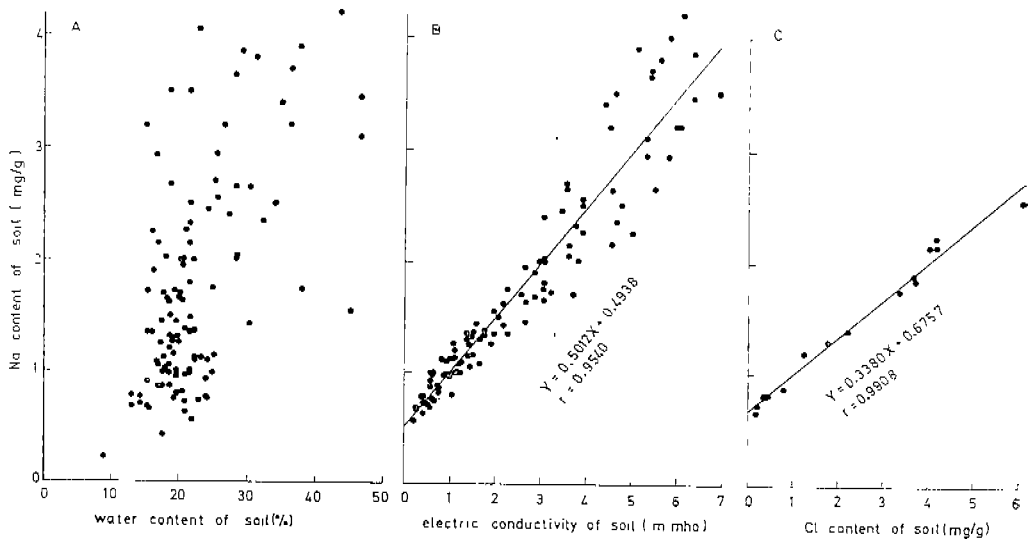


Fig. 4. Relationships between sodium content and water content(A), electric conductivity(B) or chlorine content(C) of soil in the study area.

다. 土壤의 EC와 Na 量과의 關係는 높은 相關(r=0.954)을 나타내었고, 또 Na 含量과 Cl의 量은 正比例(r=0.991)하는 것으로 보아 鹽濕地土壤의 EC는 Na과 Cl 濃度에 의하여 決定되고 있었다. Lunt(1966)와 Eaton(1966)도 鹽濕地의 鹽度에 影響을 미치는 것은 Na과 Cl이라고 지적하였고 Donahue *et al.*(1977)은 土壤의 EC를 測定함으로써 土壤의 鹽分度를 計算할 수 있다고 하였다.

1982. 10. 15. ~10. 20. 方形區(1×1 m) 120 개를 무작위로 설치하여 조사한 種造成과 各種의 個體數를 Shannon-Wiever index에 따라 種 多樣性을 計算한 結果는 Fig. 5와 같다.

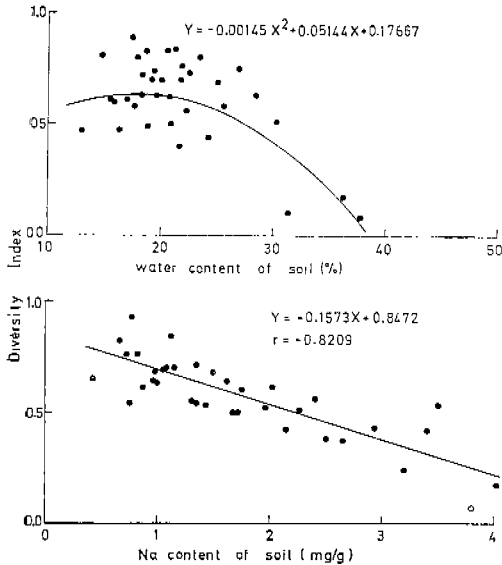


Fig. 5. Relationships between β -diversity index of plants and water content or sodium content of soil in the study area.

갯질경, 갈대, 천일사초는 H₂O 함량이 20~24%, Na 함량이 1.5~1.7 mgNa/g·dw 에서 group 을 形成하는데, 특히 적은 H₂O 에서는 비쭉, 갯질경, 갯개미취가, 높은 H₂O 에서는 갈대와 천일사초가 分布하였다.

Na 함량이 比較的 적은 土壤에서는 갯잔디, 락, 물골풀, 사데풀, 산조들, 강아지풀, 포아풀이 group 을 形成하고, Na 함량이 더 적어지면 벌노랑이와 자귀풀이 분포하였다. 干拓地의 植物分布는 水路변에 生育하는 지채를 除外하고, 土壤의 H₂O 함량은 18~25% 의 좁은 範圍에, Na 함량은 0.7~2.3 mgNa/g·dw(지채는 3.3 mgNa/g·dw)의 넓은 範圍에 分布하였다. 또 土壤의 Na 함량을 지표로 植物群落을 區分하면 지채군, 칠면초-통통마디군, 갈대-비쭉-갯질경-갯개미취-천일사초군, 락-갯잔디-물골풀-사데풀-강아지풀-산조들-포아풀군 및 벌노랑이-자귀풀군 등 5군으로 區分되었다. 金 등 (1975)은 土壤의 鹽分濃度가 높은 곳에서 낮은 곳으로 감에 따라 통통마디→칠면초→

種 多樣性은 土壤의 水分含量이 약 20%에서 높았고 H₂O 함량이 많을수록 낮았지만 相關은 적었다($r = -0.650$). 이와 對照的으로 種 多樣性和 Na 含量은 높은 逆相關($r = -0.821$)을 보였다. 이들 結果는 Pomeroy and Wiegert(1981)가 鹽濕地의 種多樣性指數는 낮고, 특히 水分이 많을수록 낮아서 單一種으로 된다는 主張과 一致한다.

土壤의 H₂O 含量과 Na 含量이 本調査地에 生育하는 鹽濕地 植物의 分布를 決定하는 樣相을 Fig. 6 에 종합하였다.

지채는 Na 含量과 H₂O 含量이 가장 높은 環境에서 生育하며, 칠면초와 통통마디는 H₂O 含量(22~25%)과 Na 含量(2.2~2.3 mg Na/g·dw)이 비슷한 土壤環境에서, 비쭉,

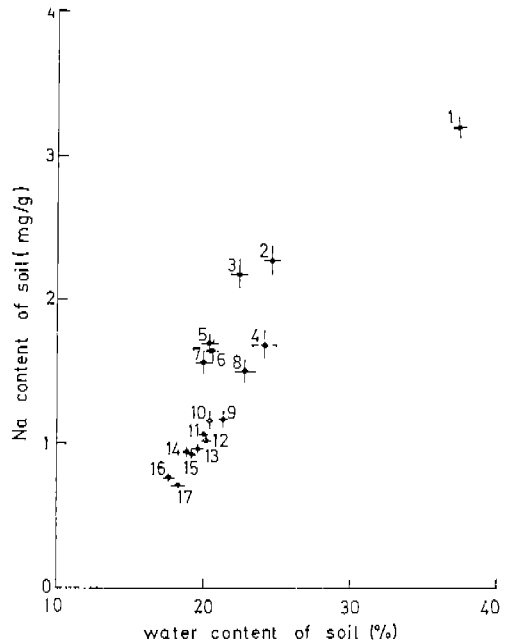


Fig. 6. Effects of contents of sodium and water on distribution of plant species. 1, *Triglochin maritimum*; 2, *Suaeda japonica*; 3, *Salicornia herbacea*; 4, *Phragmites communis*; 5, *Artemisia scoparia*; 6, *Limonium tetragonum*; 7, *Aster trifolium*; 8, *Carex scabrifolia*; 9, *Imperata cylindrica* var. *koengii*; 10, *Zoysia sinica*; 11, *Juncus grasillimus*; 12, *Sonchus brachyotus*; 13, *Setaria viridis*; 14, *Calamagrostis epigeios*; 15, *Poa sphondyloides*; 16, *Lotus corniculatus* var. *japonicus*; 17, *Aeschynomene indica*.

갯개미취 → 갯논장이 → 갯메꽃 → 사철쭉 → 잔디順으로 변한다고 하였는데; 本 調査의 結果와는 部分的으로 差異가 있었다.

植物의 生産性. 本 調査地의 植物의 生産性은 Fig. 7 에 나타난 바와 같다.

통통마디와 갯질경群落은 9 월에 最大 現存量을 나타내며 그 값은 $216 \pm 72 \text{ g} \cdot \text{dw}/\text{m}^2$ (지상부 190 ± 35 , 지하부 $26 \pm 9 \text{ g} \cdot \text{dw}/\text{m}^2$) 과 $195 \pm 63 \text{ g} \cdot \text{dw}/\text{m}^2$ (지상부 71 ± 35 , 지하부 $124 \pm 78 \text{ g} \cdot \text{dw}/\text{m}^2$) 이었다. 本地所와 인접한 地所에서 金 및 吳(1982)가 통통마디와 갯질경群落을 調

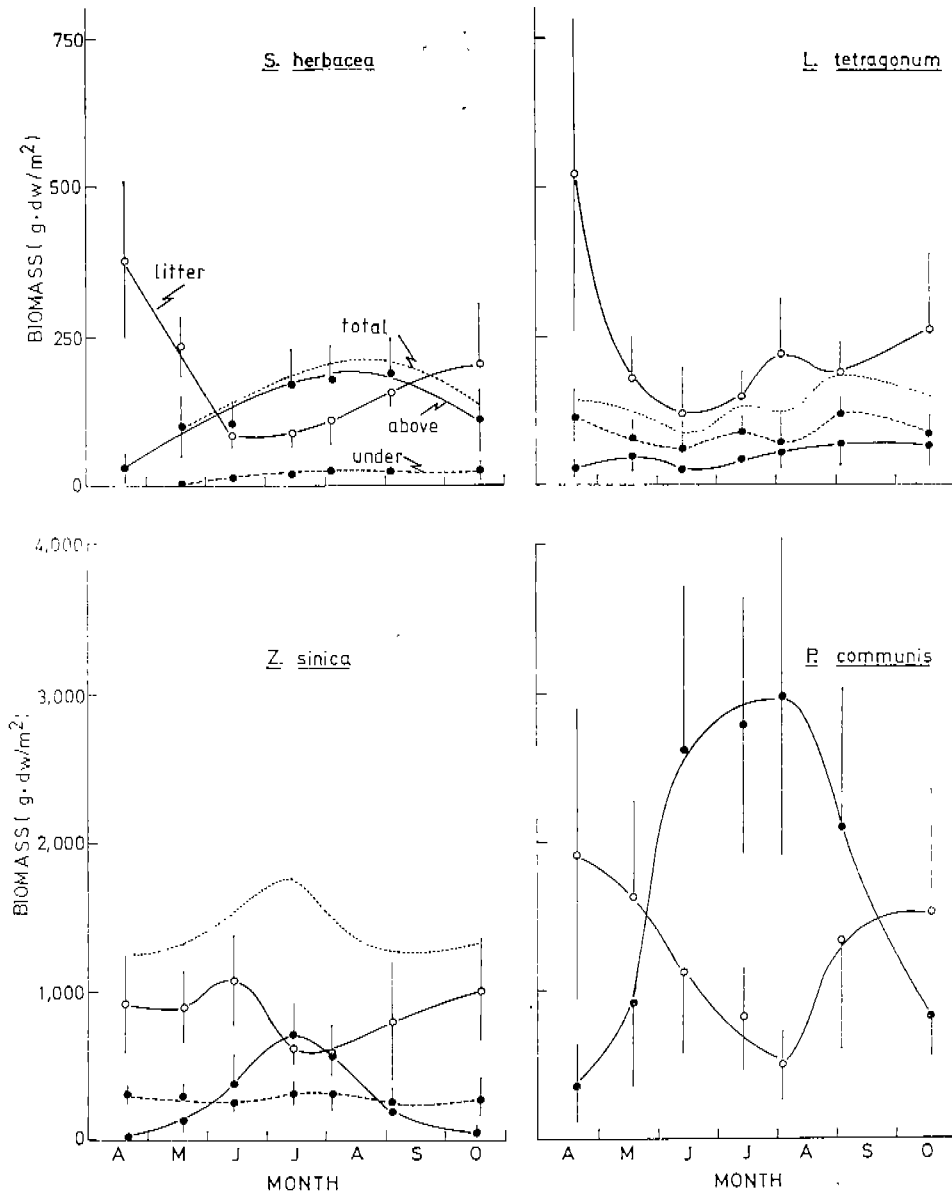
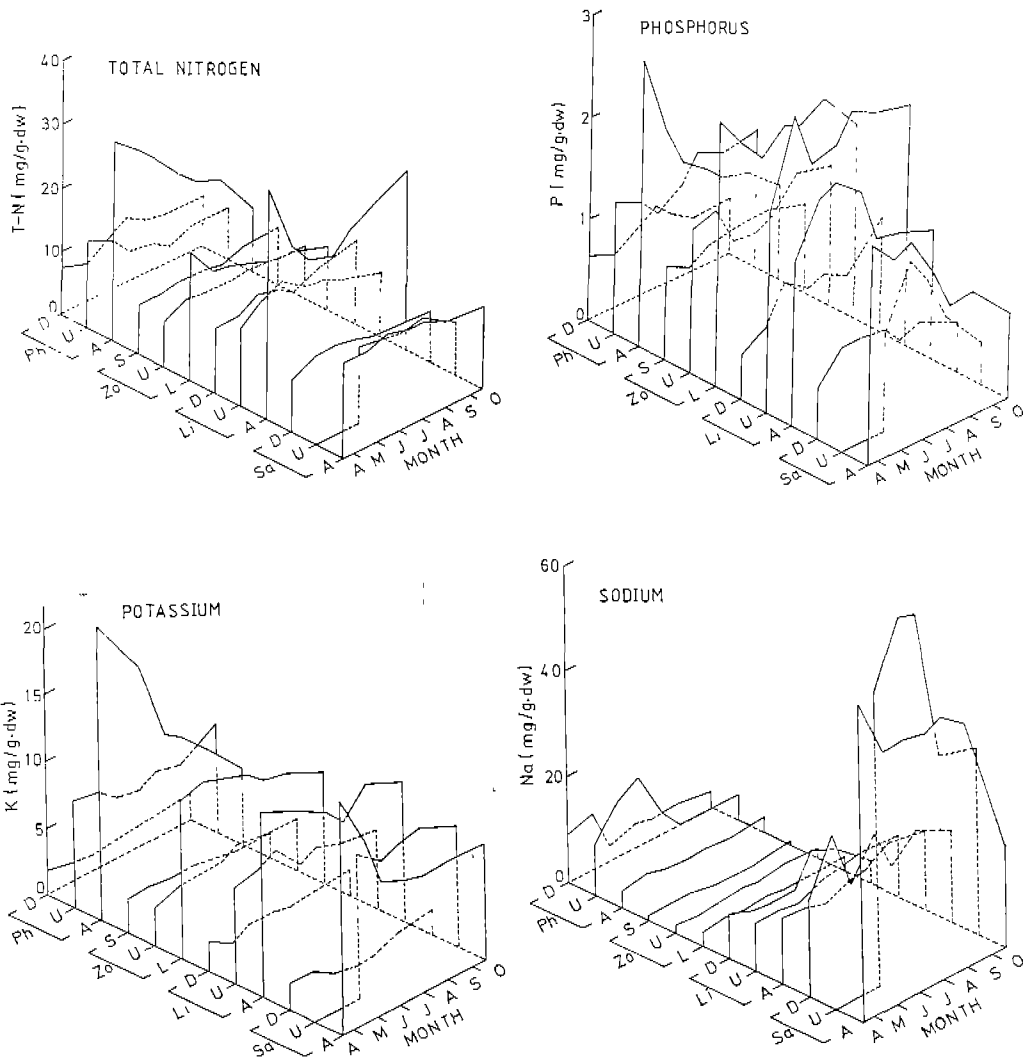


Fig.7. Seasonal changes of biomass in plant communities.

査한 결과는 본 조사 결과보다 낮았다. 갯잔디群落은 最大 現存量이 7월에 나타났으며 그 生産量은 $1,617 \pm 398 \text{ g} \cdot \text{dw}/\text{m}^2$ (綠色葉 725 ± 213 , 줄기와 枯死葉 615 ± 102 , 地下部 $318 \pm 83 \text{ g} \cdot \text{dw}/\text{m}^2$) 이었다. 갯잔디의 키는 약 30 cm로 크지 않지만 많은 現存量으로 인하여 土壤의 OM 및 T-N 含量을 높히는데 다른 3群落보다 크게 공헌하고 있었다(Fig. 2). 갈대의 地上部 現存量은 8월에 最大値를 나타내며 그 값은 $2,981 \pm 1,087 \text{ g} \cdot \text{dw}/\text{m}^2$ 로서 金 및 吳(1982)의 結果($248 \pm 76 \sim 1147 \pm 1167 \text{ g} \cdot \text{dw}/\text{m}^2$)나 Min and Kim(1983)의 그것보다도 높았지만 낙동강에서 얻은 結果(吳, 1970; 金 등, 1982)보다는 훨씬 작았다.

植物體의 無機營養素 含量과 循環. 植物體의 地上部, 地下部 및 落葉의 單位 g 당 無機營養素 含量의 月變化는 Fig. 8 과 같다.

모든 植物의 T-N 含量은 地上部가 地下部보다 많았다. 地上部の T-N 含量은 통통마디, 갯잔디 및 갈대群落에서는 4월에 最高値를 보이고 時間이 經過함에 따라 減少하였다. 生育



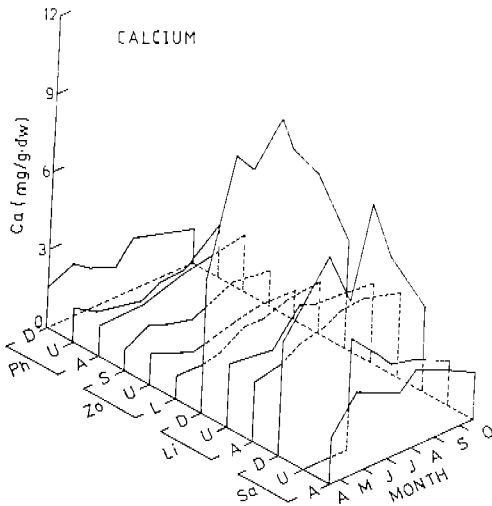


Fig. 8. Seasonal changes of inorganic nutrients of biomass in mg per g dry weight. Sa, *Salicornia herbacea*; Li, *Limonium tetragonum*; Zo, *Zoysia sinica*; Ph, *Phragmites commnis*; A, aboveground; U, underground; D, litter; L, alive leaves.

初期에는 갈대, 갯잔디, 통통마디群落順으로 낮았지만 10월에는 3群落이 거의 같은 양을 보였다. 다만, 갯질경群落은 7월까지 減少하다 그以後 增加하였는데 그 까닭은 이 植物이 2年生이므로 여름에 發芽하여 어린 個體가 생기기 때문일 것이다. 地下部の T-N 含量은 地上部보다 變化가 적었다. 落葉은 生體보다 T-N 含量이 적으며 年中의 變化가 적었다.

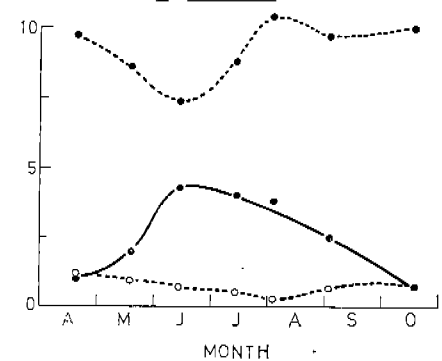
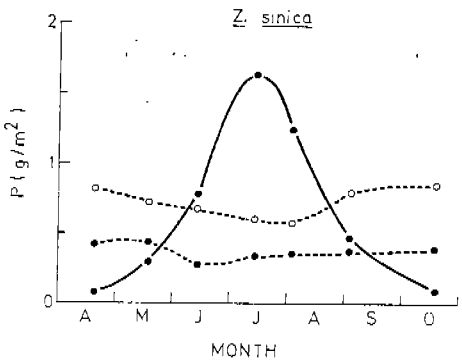
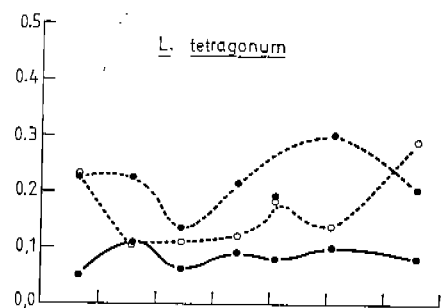
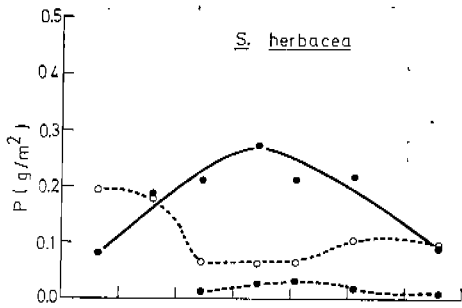
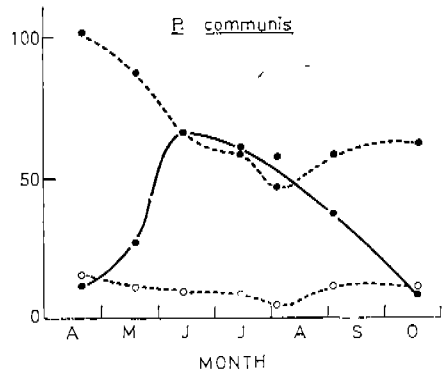
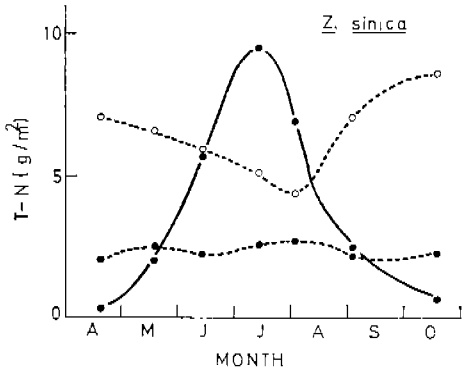
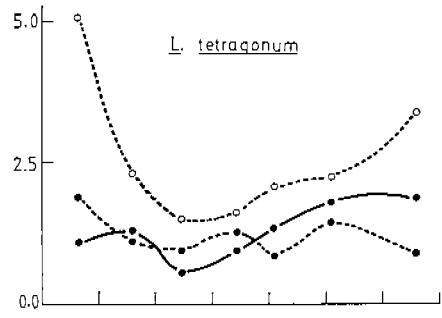
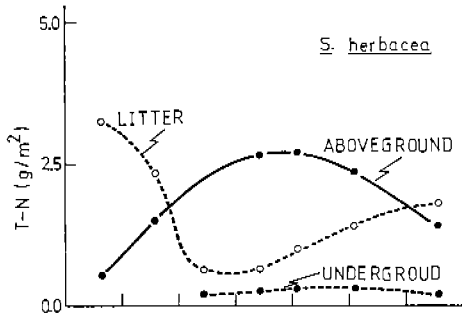
植物體의 P 含量은 갯질경群落을 除外하고 다른 3群落에서는 地上部가 地下部보다 많았고 地上部는 4~6월에 最高値를 보인 以後는 減少하며, 地下部는 갈대와 갯잔디群落에서 4월부터 6~7월까지 減少한 後 增加하였다. 그러나 갯질경群落은 地上部보다 地下部の P 含量이 많았고 4월부터 계속 增加하였다.

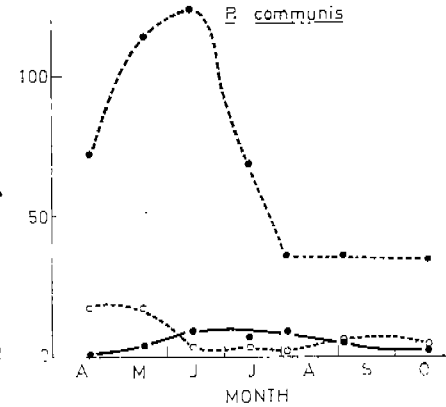
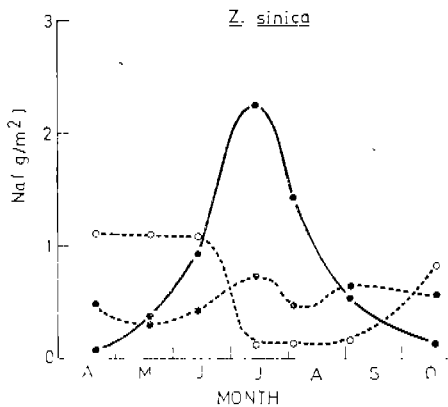
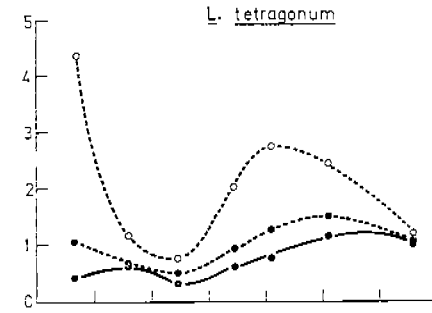
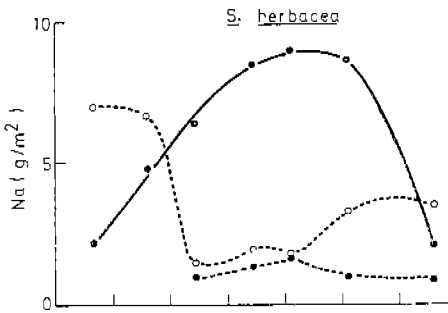
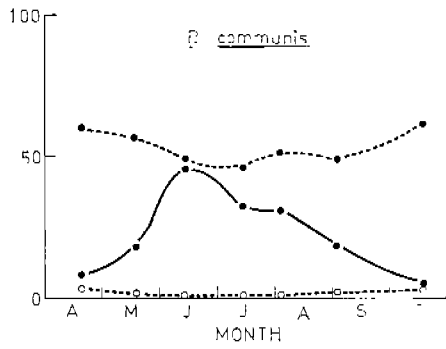
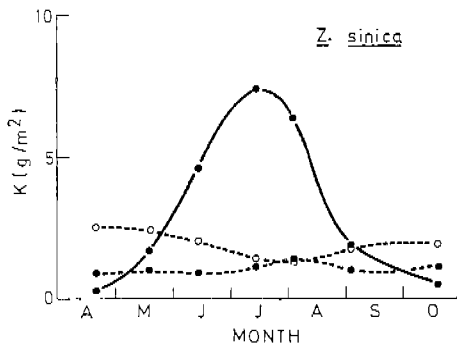
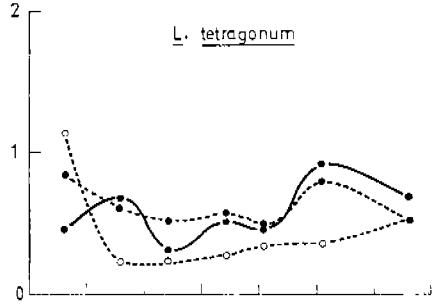
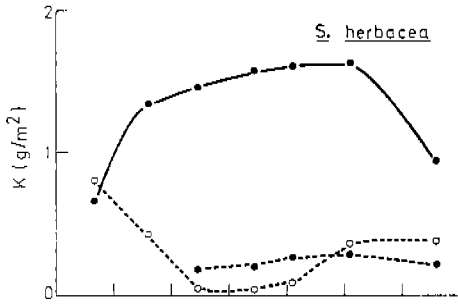
K 含量은 地上部가 地下部보다 많으며 4월에 最高値를 記錄한 後 時間이 經過함에 따라 減少하였는데, 특히 갈대와 통통마디群落에서는 크게 減少되었다. 落葉의 K 含量은 生體의 그것보다 훨씬 적었다.

Na 含量은 통통마디群落이 다른 3群落보다 훨씬 많았다. 통통마디와 갈대군락에서는 地下部가 地上部보다 많으며 生育後기로 감에 따라 減少되었다. 그러나 갯잔디와 갯질경群落은 그와는 반대이었다.

植物體의 Ca 量은 生體보다 落葉에 많았는데 통통마디와 갯질경群落에서는 地上部和 地下部の 差가 적었지만 갈대와 갯잔디群落에서는 前者가 後者보다 많았다. 地下部는, 통통마디群落에서는 生育初期에는 減少하지만 나머지 3群落에서는 7월以後에 增加하는 傾向을 나타냈다. 한편, Ca 量은 쌍자엽植物이 단자엽植物보다 다소 높은 傾向이었는데 Fitter and Hay(1981)도 grass 보다 herb가 N, P, K 및 Ca의 含量이 높다는 것을 지적하고 있다.

植物群群落의 單位 地面積當 植物體內의 營養鹽類의 月變化는 Fig. 9에 나타낸 바와 같다. 無機營養素의 最大 現存量은 乾物量의 最大 現存量의 時期와 대체로 一致하는 傾向이 있었지만 T-N, P, K 및 Na 含量은 다소 빠른 시기에, Ca 은 늦은 시기에 나타났었다.





(continued)

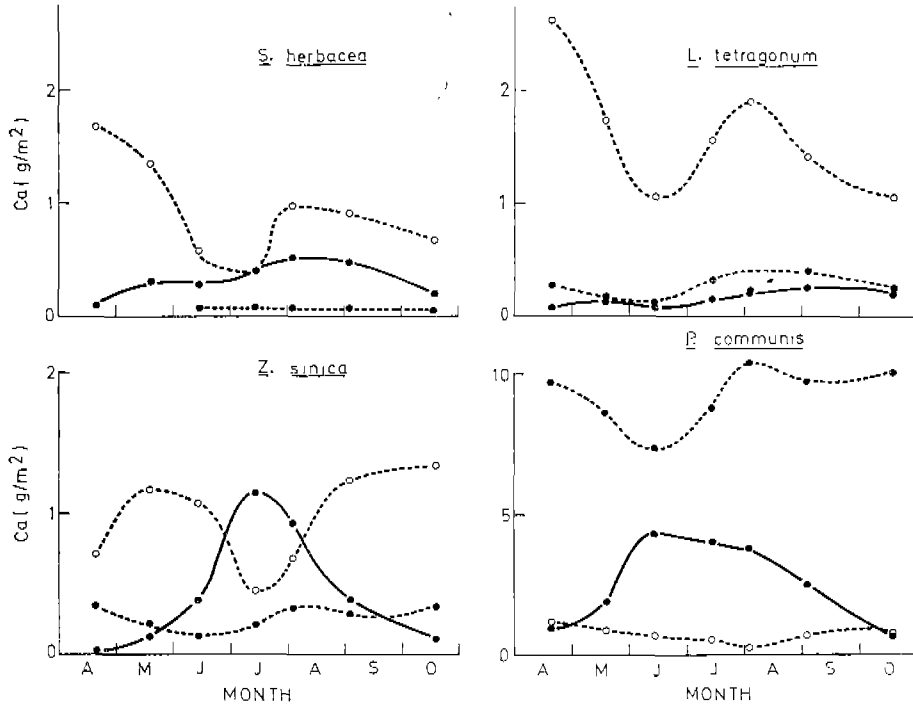


Fig. 9. Seasonal changes of inorganic nutrients of biomass in g per unit land area(g/m^2).

Fig. 10 은 1982년 4월부터 10월까지 群落의 T-N, P, K, Na 및 Ca의 無機營養素 循環에 關하여 土壤內의 含量(g/m^2), 植物에 의한 吸收量(g/m^2), 土壤內 含有量에 대한 吸收량의 比(%) 및 吸收量에 대한 落葉에 의하여 土壤으로 환원되는 量의 比(回收率, %)를 計算한 結果를 나타낸 것이다. 吸收量 및 吸收率은 갈대, 갯잔디, 갯질경, 통통마디 群落順으로 작는데, 이 順序는 群落의 最大 現存量의 順序와 일치하였다. 土壤으로의 回收率은 갯질경 群落이 가장 크고 통통마디, 갯잔디, 갈대 群落 順序로 작았다. 특기할 現象은, P는 吸收率은 크고 回收率은 작아서 앞으로 P의 缺乏이 豫상된다. Fig. 11은 4 群落內에서 無機營養素의 移動을 나타낸 것이다. Pomeroy *et al.*(1972)은 鹽濕地에서 P는 많기 때문에 植物生長에 制限要素가 되지 않는다고 하였지만 韓國의 海岸에서는 P의 부족이 顯著하다 (Min and Kim, 1983). 또 Deevey(1970)도 鹽濕地에서 P가 부족하여 植物生長에 制限要素가 된다고 보고한 바 있다. 이와 반대로 Na와 Ca는 吸收量은 적고 回收率이 많아서 土壤 속에는 항상 많은 量이 存在하여 植物에 해로운 影響을 주고 있다(Waisel, 1972). 특히 Ca는 海水의 影響을 많이 받는 통통마디와 갯질경 群落에서 吸收量보다 回收率이 많았는데 이것은 海水에 의한 공급, 土壤의 風化 및 降雨에서 유래되었을 것이다(Ranwell, 1972; Bormann and Likens, 1979; Pomeroy and Wiegert, 1981). Barbour *et al.*(1980)은 鹽濕地에서 대부분의 無機營養素는 海水로부터 供給받고 그들의 循環이 이루어지기 때문에 比較的 安定하고 특히 N과 P는 無機態보다 生物體內에 包含된 有機態로 더 많은 量이 存在한다고 하였다. 그러나 本 調査地에서 植物群集을 出入하는 無機營養素의 input와 output

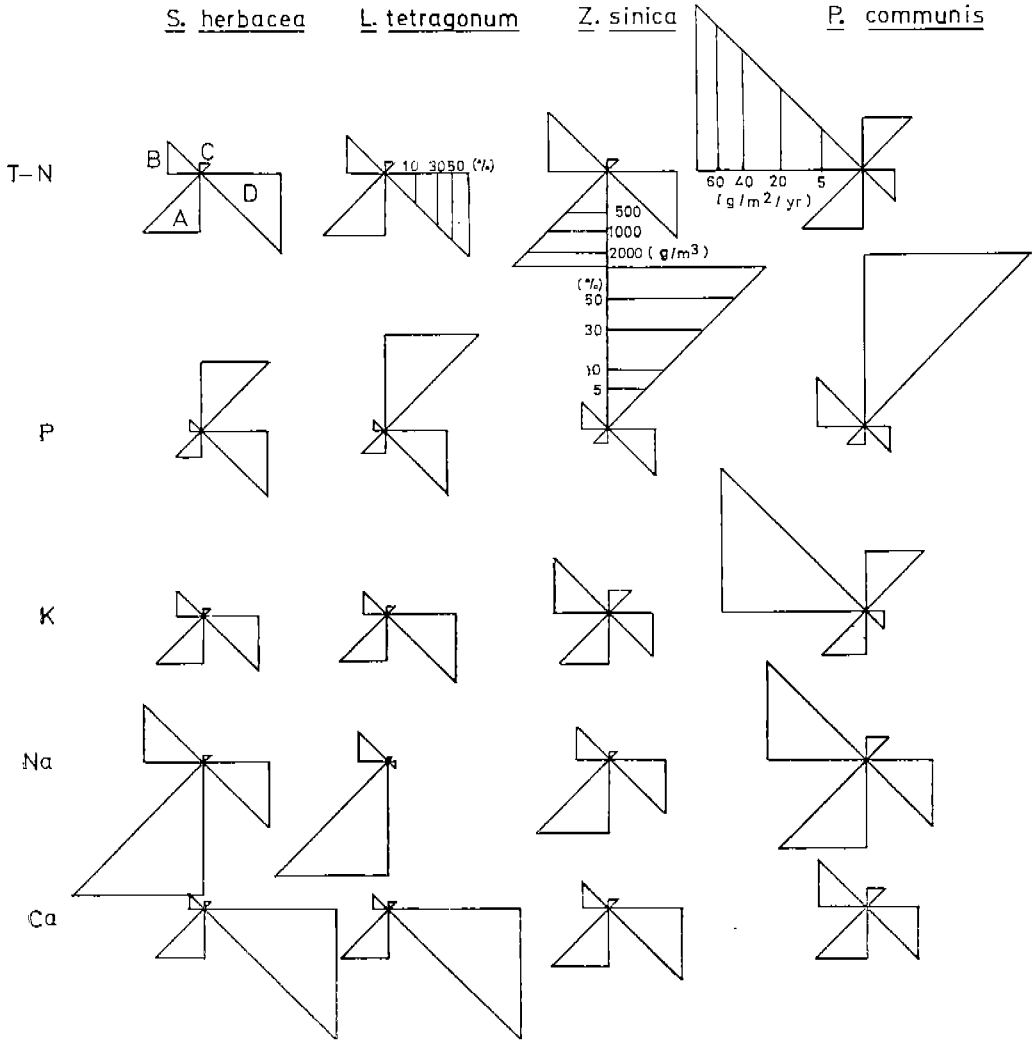


Fig. 10. Contents of inorganic nutrients of soil in $g\ per\ m^3$ (A) and absorbed amounts by plant in $g\ per\ m^2\ per\ year$ (B), and ratios of amounts absorbed by plant to contained soil (C) and of amounts restored to soil to absorbed by plants(D).

는 安定하다고 할 수 있으나 各 元素의 平衡은 매우 불안정하다고 생각된다.

Table 1 은 各 群落의 各 元素循環에 있어서 回轉時間(turnover time)을 計算한 結果이다. 이 結果는 土壤內의 存在量과 植物에 의한 年吸收量으로부터 計算하였다. 元素別로는 Ca 이 가장 늦고 P가 가장 빠르다. 群落別로는 갈대群落이 가장 빠르고 퉁퉁마디群落이 가장 느리게 나타났다. 그런데 降雨에 의한 세탈과 地下部에 의한 환원량을 고려한다면 실제로 計算한 時間보다는 빠른 것으로 생각된다(Fitter and Hay, 1981).

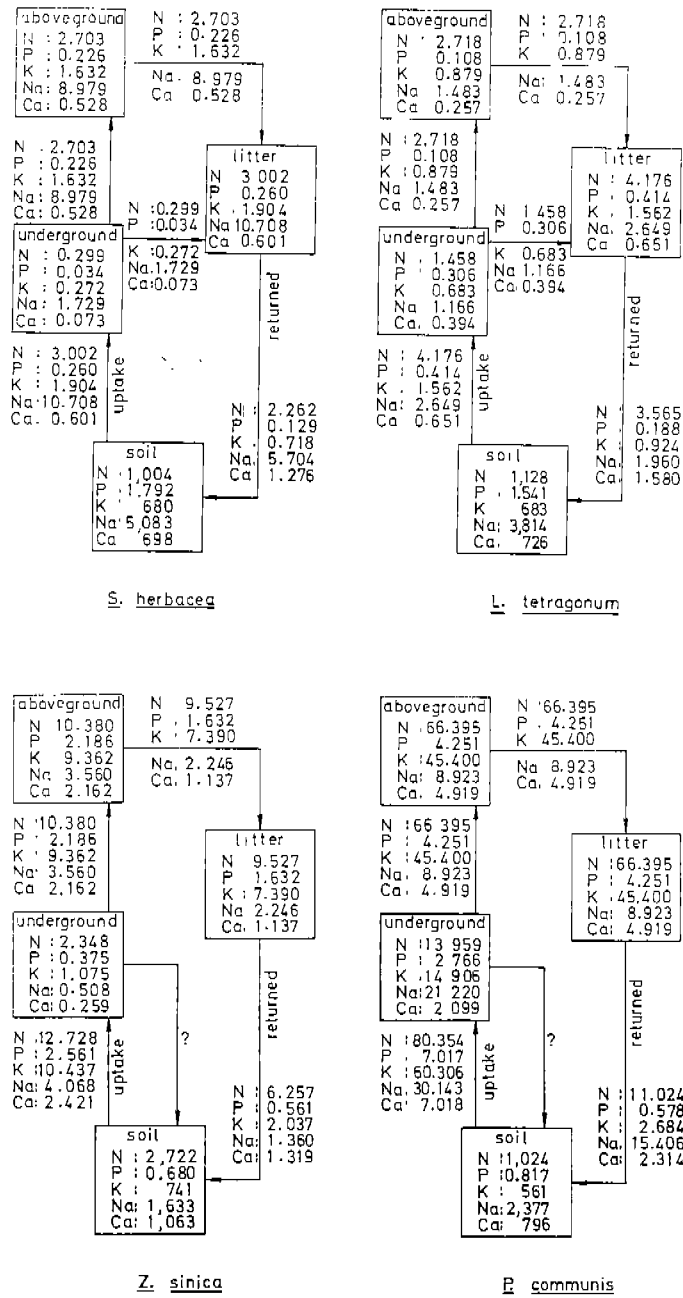


Fig. 11. Flow chart showing distribution of inorganic nutrients in plant communities. Units are g/m³ in soil and g/m²/yr in plant materials. Numbers on arrow indicate the flux quantities and those in compartments indicate the maximum quantities.

Table 1. Turnover times of in organic nutrients in plant communities(years)

communities	minerals				
	T-N	P	K	Na	Ca
<i>Salicornia herbacea</i>	334	7	357	475	1161
<i>Limonium tetragonum</i>	270	4	437	1440	1115
<i>Zoysia sinica</i>	262	1.4	79	459	492
<i>Phragmites communis</i>	13	1.1	9	79	113

摘 要

仁川 海岸 鹽濕地 土壤의 物理化學的 性質, 토양의 나트륨(Na)함량과 植物群落的 形成過程 및 無機 營養素 循環을 조사하였다.

토양의 Na 함량, 전기전도도 및 인(P)함량은 통통마디, 갯질경, 갈대 및 갯잔디群落的 順으로 각각 100 : 73 : 59 : 33, 100 : 50 : 36 : 10 및 100 : 84 : 58 : 39 로 감소하였지만, 토양의 有機物量은 각각 67 : 77 : 95 : 100, 전질소(T·N)량은 36 : 39 : 47 : 100 및 칼슘(Ca)량은 64 : 65 : 93 : 100 으로 증가하였다. 土壤의 Na 함량이 증가됨에 따라 種의 多樣性指數는 높은 逆相關($r = -0.82$)을 가지고 낮아졌다. 地上部의 最大 生物量은 갈대, 갯잔디, 통통마디 및 갯질경群落에서 각각 2,981, 1,471, 189 및 71 g·dw/m² 이었다. 식물체의 단위 중량당 T·N, P 및 K 함량은, 갯질경群落을 제외하고, 生育初期에 많고 시간이 경과함에 따라 감소하였는데 Na 및 Ca 함량은 群落的 종류에 따라 달랐다. 단위 지면적당 무기영양소함량의 시간경과에 따른 변화는 대체로 생물량의 변화와 일치하였지만 K 함량은 후자의 변화를 앞질러 나타났다. 植物群落에 의한 무기영양소의 흡수량은 생물량에 비례하였지만 토양으로의 회수율은 통통마디, 갯질경, 갯잔디 및 갈대群落 順으로 작았다. 무기영양소의 회전시간(turnover time)은 영양소 별로는 P가 가장 빠르고 Ca가 가장 느리며, 군락 별로는 갈대군락이 가장 빠르고, 갯질경군락이 가장 느렸는데, 특히 전자의 P회전시간은 약 1년, 후자의 Na는 1,440년으로 推定된다. 이 조사지에서 P는 결핍이 예상되는 영양소이다.

參 考 文 獻

- Barbour, M. G., J. M. Burk and W. D. Pitts. 1980. Terrestrial plant ecology. The Benjamin/Cummings Publ. Co., Menlo Park. 604 pp.
- Bormann, F. H. and G. E. Likens. 1979. Pattern and process in a forested ecosystem. Springer-Verlag, Berlin. 253 pp.
- 趙京濟. 1983. 仁川 低位干潟地 底生 藻類의 種構造 및 一次 生産. 碩士學位論文 서울大學校 43 pp.
- Crocker, R. L. and J. Major. 1955. Soil development in relation to vegetation and surface age at Glacier Bay, Alaska. *J. Ecol.* 43 : 427~448.
- Dahlman, R. C. and C. L. Kucera. 1965. Root productivity and turnover in native prairie. *Ecology* 46 : 84~89.
- Deevey, E. S. Jr. 1970. Mineral cycles. *Sci. Amer.* 223 : 148~160.
- Donahue, R. L., R. W. Miller and J. C. Shickluna. 1977. An introduction to soils and plant growth. Prentice-Hall, New Jersey. 142 pp.

- Dykyjová, D. and J. Květ. 1978. Pond littoral ecosystem. Springer-Verlag, Berlin. 464 pp.
- Eaton, F. M. 1966. Chlorine. *In* Diagnostic criteria for plants and soils, H. D. Chapman(ed.), pp. 98~135. Div. Agr. Sci., Univ. California, Berkeley.
- Fiala, K., D. Dykyjová, J. Květ and J. Šbovoda. 1968. Methods of assessing rhizome and root production in reed-bed stands. USSR Academy of Science. International Symposium USSR.
- Fitter, A. H. and R. K. M. Hay. 1981. Environmental physiology of plants. Academic Press, London. 355 pp.
- 洪淳佑·河永七·崔榮吉. 1970. 高鹽度土壤에 있어서 몇가지 鹽生植物의 生態에 對하여. 韓植誌 13 : 25~32.
- Im, H. B. 1967. Study on the salt tolerance of rice and other crops in reclaimed soil areas. MOST-USAID Rept.
- _____. 1969. Study on the salt tolerance of rice and other crops in reclaimed soil areas. 2. On the salt tolerance of Chinese cabbage and cabbage in various salty conditions. *Korean J. Bot.* 12 : 8~14.
- Kim, C. M. 1958. Effect of saline and alkaline salts on the growth and internal components of selected vegetable plants. *Physiol. Planta.* 11 : 441~450.
- 金遵敏·張楠基·李性圭·禹澤根. 1975. 仁川南洞 海岸에 있어서 干潟地 土壤의 鹽度勾配와 植物分布에 關한 研究. 金遵敏 博士回甲記念 論文集 pp.150~157.
- 金喆洙. 1975. 갈대 군락의 現存量과 環境要因에 關한 研究. 韓植誌 18 : 129~134.
- 金俊鎬·金薰洙·李仁圭·金鍾元·文炯泰·徐桂弘·金元·權道憲·劉順愛·徐榮倍·金永相. 1982. 洛東江 河口 生態界의 構造와 機能에 關한 研究. 서울大學校 자연과학대학 논문집 10 : 121~164.
- Kim, J. H. and H. T. Mun. 1981. Ecological studies on the montane grassland of Mt. Soback in Korea. I. Environmental factors and vegetation analysis. *Korean J. Ecology* 4 : 1~7.
- 金俊鎬·吳桂七. 1982. 韓國 西海岸 干潟地 生態界의 構造와 機能에 關한 研究. 서울大學校 自然科學綜合研究所. 98 pp.
- Lunt, O. R. 1966. Sodium. *In* Diagnostic criteria for plants and soils, H. D. Chapman(ed.), pp. 409~432. Div. Agr. Sci., Univ. California, Berkeley.
- Min, B. M. and J. H. Kim. 1983. Distribution and cyclings of nutrients in *Phragmites communis* communities of a coastal salt marsh. *Korean J. Bot.* 26 : 17~32.
- 吳桂七. 1970. 洛東江下流 陸地 生態界의 定量生態學의 分析. 韓國自然保存研究會 調查報告. No. 2 : 59~78.
- Pitman, M. G. 1970. Active H⁺ efflux from cells of low salt barley roots during salt accumulation. *Plant Physiol.* 45 : 787~790.
- Poljakoff-Mayber, A. and A. Meiri. 1969. The response of plants to changing salinity. Final Tech. Rept. U.S. Dept. Agr. Proj. A10-SWC-7.
- _____. and J. Gale. 1975. Plants in saline environments. Springer-Verlag. New York. 213 pp.
- Pollak, G. 1967. Autecology of *Aeluropus litoralis*(Willd) Parl. M. Sc. Thesis. Tel-Aviv Univ. Tel-Aviv.
- Pomeroy, L. R., L. R. Shenton, R. D. H. Jones and R. J. Reimold. 1972. Nutrient flux in estuaries. *In* Nutrients and eutrophication, G.E. Likens(ed.), pp. 274~291. Amer. Soc. Limnol. Oceanogr. Spec. Symp. 1.
- _____. and R. G. Wiegert. 1981. The ecology of a salt marsh. Springer-Verlag, New York. 271 pp.

- Ranwell, D. S. 1972. Ecology of salt marshes and sand dunes. Chapman and Hall, London. 258 pp.
- Schrader, H. A. 1809. Über Palla's Halophyta mit besonderer Rücksicht an die Gattungen *Salsola* und *Suaeda*. *Schrad. Neues J. Bot.* 3 : 58~92.
- Shive, J. W. 1916. The effect of salt concentration on the germination of seeds. N. J. Agr. Exp. Sta. Ann. Rept. pp. 455~457.
- Sims, P. L. and J. S. Singh. 1979. Herbage dynamics and net primary production in certain ungrazed and grazed grasslands in North America. In Preliminary analysis of structure and function in grasslands, N. R. French (ed.), pp. 59~124. Range Sci. Ser. No. 10. Colorado State Univ., Fort Collins.
- Skou, J. C. 1964. Enzymatic aspects of active-linked transport of Na^+ and K^+ through the cell membrane. *Progr. Biophys. Mol. Biol.* 14 : 131~166.
- Waisel, Y. 1972. Biology of halohyte. Academic Press, New York. 395 pp.
- Whitney, D. E., G. M. Woodwell and R. W. Howarth. 1975. Nitrogen fixation in Flax Pond: a Long Island salt marsh. *Limnol. Oceanogr.* 20 : 640~643.

(1983. 6. 2. 接受)