

## 干瀉地 土壤의 鹽度勾配와 植物群落의 連續分布 樣相에 關하여

張 楠 基

서울大學校 師範大學 生物教育科

## A Continuum Distribution of Plant Communities on the Salt Gradient of the Tidal Land

Chang, Nam-Kee

Dept. of Biology Education, Seoul National University

### ABSTRACT

The distribution of salt plant communities is conditioned by the gradient of salt concentration in the tidal land. The quantitative analyses of the salt vegetation were made to investigate the continuum in different stands of the tidal land in Namdong, Incheon City. The order in which the leading dominances are arranged is decided by the gradient of salt concentration. Leading dominant species, from the high level to the low level of the salt gradient, were *Salicornia herbabacea*, *Sueda maritima*, *Limonium tetragonum*, *Aster tripolium*, *Atriplex tatarica*, *Calystegia soldonella*, and *Lathylus japonica*. These species form a continuum on the tidal land depending upon salt concentration.

**Key words:** Continuum distribution, Salt gradient, Leading dominance.

### 緒 論

干瀉地에 나타나는 植物群落들이 海水의 境界面으로부터 內陸으로 向하여 分布하는 양상이 다르다. 이에 관한 연구는 仁川市 朱安지방을 중심으로한 研究(朴, 1970)와 木浦지방을 중심으로한 金(1971)의 연구가 보고되었다. 이들의 보고에서는 干拓地 토양에 含有되어 있는 鹽分 농도에 따라 葉生식물로부터 시작하여 中生식물에 이르는 植被가 연속적으로 규칙적으로 分布한다는 사실을 밝혔다.

본 연구에서는 海岸植物의 鹽度勾配에 따라 식물군락의 분포가 연속적으로 변화하는 順序를 仁川市 南洞에 존재하는 干瀉地를 조사 대상으로 선정하여 1975년과 1995년에 정량적으로 조사 분석하여 그 結果를 재확인하였다.

### 調査地所 및 方法

#### 1. 調査地所

本 研究에서 調査地所로 選擇한 京畿道 仁川市 南區 南洞에 있는 干瀉地의 地理的 概況은 Fig. 1에서 보는 바와 같다.

現地調査와 分析은 1972年 8月 1日부터 1973年 7月 31日까지 실행하였다. 그리고 1994年 8月 1日부터 1995年 7月 31日까지 확인 조사를 실시하였다.

#### 2. 群落調査

海岸에서 陸地를 向하여 line transect tape를 느리고 0.25~1.00m의 quadrat을 連續하여 設置하고 各 quadrat에 나타나는 植物種에 對한 密度, 被度 및 頻度を 調査하고 比較密度, 比較被度, 比較頻度を 計算하여 各 構成種의 重要值를 算定하여 評價하였다.

#### 3. 土性分析

Kühn method에 依하여 clay, silt, fine sand 및 coarse sand를 分析하여 土性을 決定하였다.

#### 4. 土壤分析

1. 土壤試料는 各 quadrat에서 表層으로 부터 10cm의 깊이에서 약 1kg씩 採取하여 비닐봉지

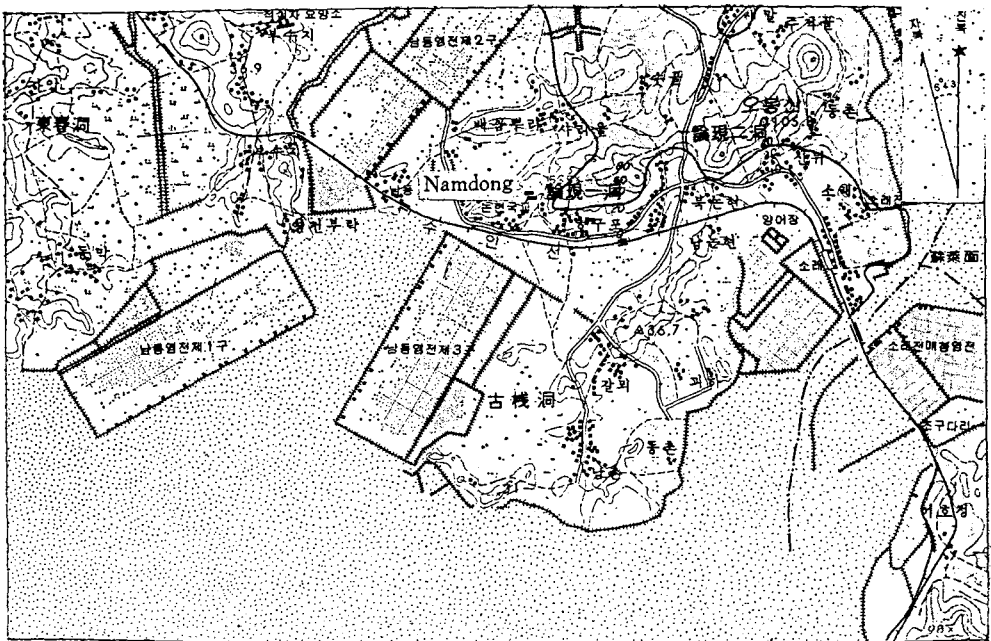


Fig. 1. Map of study area(Inchon City).

- 에 넣어 實驗室로 運搬 陰乾시킨 다음 直徑이 2mm인 체로 쳐서 土壤의 化學分析에 使用하였다.
2. 土壤含水量은 陰乾하기 前에 新鮮한 土壤試料에서 一定量을 取하여 110℃로 乾燥시킨 다음 測定하였다.
  3. 土壤 pH는 土壤試料과 물을 1:2.5의 比率로 증류수를 加하여 懸濁液을 만든 다음 pH meter로 測定하였다.
  4. 土壤有機物은 muffle爐를 使用하여 灼熱消失量으로 計算하였다.
  5. 全窒素量은 micro-Kjeldahl法에 依하여 定量하였다.
  6. NaCl量은  $K_2CrO_4$ 를 指示藥으로 하여  $AgNO_3$ 로 沈澱시켜 溶量分析하였다.
  7. 有效磷酸量은 土壤試料에서 0.002N  $H_2SO_4$ 로 抽出하여 ammonium molybdate sulphuric acid를 加하고 stannous chloride solution으로 發色시켜 光電比色計로 決定하였다.
  8. Ca, Mg는 EDTA와 EBT를 使用하여 chelate法과 원자흡광분광기(A.A. Model 303)로 기기분석하였다.
  9. K는 20% sodium cobaltinitrite로 沈澱시켜 比色的으로 定量하고 火焰分광기로 기기분석하여 비교 定량하였다.
  10. 置換性 水素, 置換性 鹽基는 Brown(1943)法에 依하여 測定하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 干瀉地의 植被構成

仁川 朱安地方의 干拓地에 나타나는 總 植物種類는 31種 (朴, 1970), 木浦의 三鶴島와 갯바위 (笠岩山)를 連結하는 干拓地內에서는 總 28種(金, 1971)이라고 보고한바 있다.

干瀉地에 나타나는 植物은 地方에 따라 一定치 않으나 仁川 南洞 干瀉地에서는 1973년의 조사 결과나 1994년의 확인 실험결과나 통통마디(*Salicornia herbacea*), 갯나문재(*Sueda maritima*) 및 갯질경이(*Limonium tetragonum*)가 바다로 부터 內陸을 向하여 連續的으로 群落을 이루고 있다. 이보다 좀더 內陸方向이 되면 갯개미취(*Aster tripolium*), 갯는장이(*Atriplex tatarica*)의 群落이 있으나 이들은 그 連續順位가 일정치 않으며 그 以上の 內陸이 되면 갯맷꽃(*Calystegia soldanella*), 갯완두(*Lathylus japonica*) 등의 多肉性인 鹽生植物과 고들빼기(*Ixeris sonchifolia*), 다닥냉이(*Lepidium macrocarpum*), 벌노랭이(*Lotus corniculatus*), 쑥(*Artemisia asiatica*), 겨이삭(*Agrostis masumurae*) 등의 中性植物이 混生하면서 多元的으로 植物群落을 形成하고 있어 mosaic pattern을 이루고 있으므로 Table 1과 2에서 보는 바와 같이 本 調査地域에서는 사철쑥(*Artemisia capillaris*)과 잔디(*Zoysia japonica*)가 출현빈도로 보아 높았으므로 *Zoysia*군락을 代表로하여 表示하였다. 이러한 植物帶는 別써 中性植物帶에 屬한다고 생각된다.

本 조사에서 特記할만한 것은 갈대(*Phragmites longivalvis*)는 곳에 따라 통통마디가 나는 곳 깊숙이까지 分布하는 것으로 보아 耐鹽性이 가장 강한 植物이며 참방동산이(*Cyperus diria*), 골풀(*Juncus decipiens*) 등은 水分이 充分한 곳에서부터 갯개미취의 群落이 存在하는 곳까지도 生育이 可能한 것을 관찰할 수 있었으나 다소 水分含量이 적은 곳에서는 사철쑥이 갯는장이 群落과 同一한 次元에서 形成하기도 한다.

**Table 1.** Average importance value of salt plants in stands with given species as leading dominances

| Leading dominant species       | <i>Salicornia herbacea</i> | <i>Sueda martima</i> | <i>Limonium tetragonum</i> | <i>Aster asiatica</i> | <i>Atriplex tatarica</i> | <i>Calystegia soldanella</i> | <i>Lathylus japonica</i> | <i>Artemisia capillaris</i> | <i>Zoysia japonica</i> |
|--------------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 18 <i>Salicornia herbacea</i>  | 185                        | 44                   | 3                          | 4                     |                          |                              |                          |                             |                        |
| 29 <i>Sueda martima</i>        | 61                         | 243                  | 30                         | 18                    | 12                       |                              |                          |                             |                        |
| 14 <i>Limonium tetragonum</i>  | 2                          | 59                   | 182                        | 75                    | 10                       | 4                            |                          |                             |                        |
| 13 <i>Aster asiatica</i>       |                            | 16                   | 48                         | 145                   | 63                       | 12                           | 2                        | 1                           |                        |
| 10 <i>Atriplex tatarica</i>    |                            | 5                    | 3                          | 82                    | 109                      | 43                           | 13                       | 9                           | 3                      |
| 6 <i>Calystegia soldanella</i> |                            | 1                    | 2                          | 18                    | 59                       | 98                           | 49                       | 14                          | 7                      |
| 14 <i>Lathylus japonica</i>    |                            |                      |                            | 1                     | 27                       | 60                           | 89                       | 85                          | 20                     |
| 12 <i>Artemisia capillaris</i> |                            |                      |                            | 1                     | 6                        | 7                            | 57                       | 101                         | 49                     |
| 11 <i>Zoysia japonica</i>      |                            |                      |                            |                       |                          |                              | 14                       | 72                          | 118                    |

**Table 2.** The gradient of salt concentration of soils in the stands of leading dominant species in the tidal land in Namdong

| Species                      | NaCl(%) |
|------------------------------|---------|
| <i>Salicornia herbacea</i>   | 7.5     |
| <i>Sueda martima</i>         | 5.4     |
| <i>Limonium tetragonum</i>   | 3.8     |
| <i>Aster asiatica</i>        | 2.9     |
| <i>Atriplex tatarica</i>     | 2.3     |
| <i>Calystegia soldanella</i> | 1.5     |
| <i>Lathylus japonica</i>     | 0.9     |
| <i>Artemisia capillaris</i>  | 0.7     |
| <i>Zoysia japonica</i>       | 0.3     |

ing dominance는 통통마디, 갯질경이, 갯개미취, 갯는장이, 갯맷꽃, 갯완두, 사철쭉, 잔디로 나타나며 植物群落의 平均鹽度는 Table 2에서 표시한 바와 같다. 鹽度勾配에 따른 主要構成植物의 重要值의 變化를 比較한 結果는 Fig. 2에서 보는 바와 같다.

### 3. 鹽度勾配에 따른 植物群落의 連續的 變化

이것은 植物의 耐鹽度を 나타내는 것으로 干瀉地에 있어서는 바다로부터 內陸으로 向하여 鹽度は 大概 7.5~0.3%로 變化하며 이에 따라 植物群落은 鹽生植物, 鹽生~中性植物로 變化하며 그 자세한 식물군락의 變化를 鹽度の 濃度を X軸으로 하고 重要值을 Y軸으로하여 나타내면 Fig. 3과 같다. 이 결과에 있어서는 朴(1970)이나 金(1971)의 조사결과와 대개 일치하나 中性植物의 경우는 차이점이 發見되는데 이것은 地域의 環境條件이 다르기 때문에 일어난다고 생각된다.

바다에서 陸地로 向하는 植物의 pioneer는 1973년과 1994년의 인천 남동 干瀉地 조사결과에 있어서 통통마디나 나문재類라는 것을 알 수 있으며 이보다 鹽度が 減少하는 順位로 갯질경이, 갯개미취, 갯는장이, 갯맷꽃, 갯완두, 사철쭉, 잔디의 順序로 나타난다.

## 2. 鹽度勾配와 植物群落

干瀉地의 主要한 特性은 鹽度이므로 이곳에서 生育하는 植物은 耐鹽性이 強하여야 한다. 이러한 곳에서는 鹽分의 濃도가 植物의 生育을 制限하게 되며 耐鹽性의 順位에 따라 植物群落이 形成된다. 그러므로 本 研究에서는 Curtis(1956), Gemborys and Hidgkins(1971) 및 朴(1970)이 使用한 adaptation number 대신에 鹽分의 濃度を 自變數로 하여 各構成植物의 重要值의 變化를 土壤에 있어서 鹽分의 含量이 高濃度로부터 低濃度로 變化할 때 植物群落의 連續變化를 調査한 결과

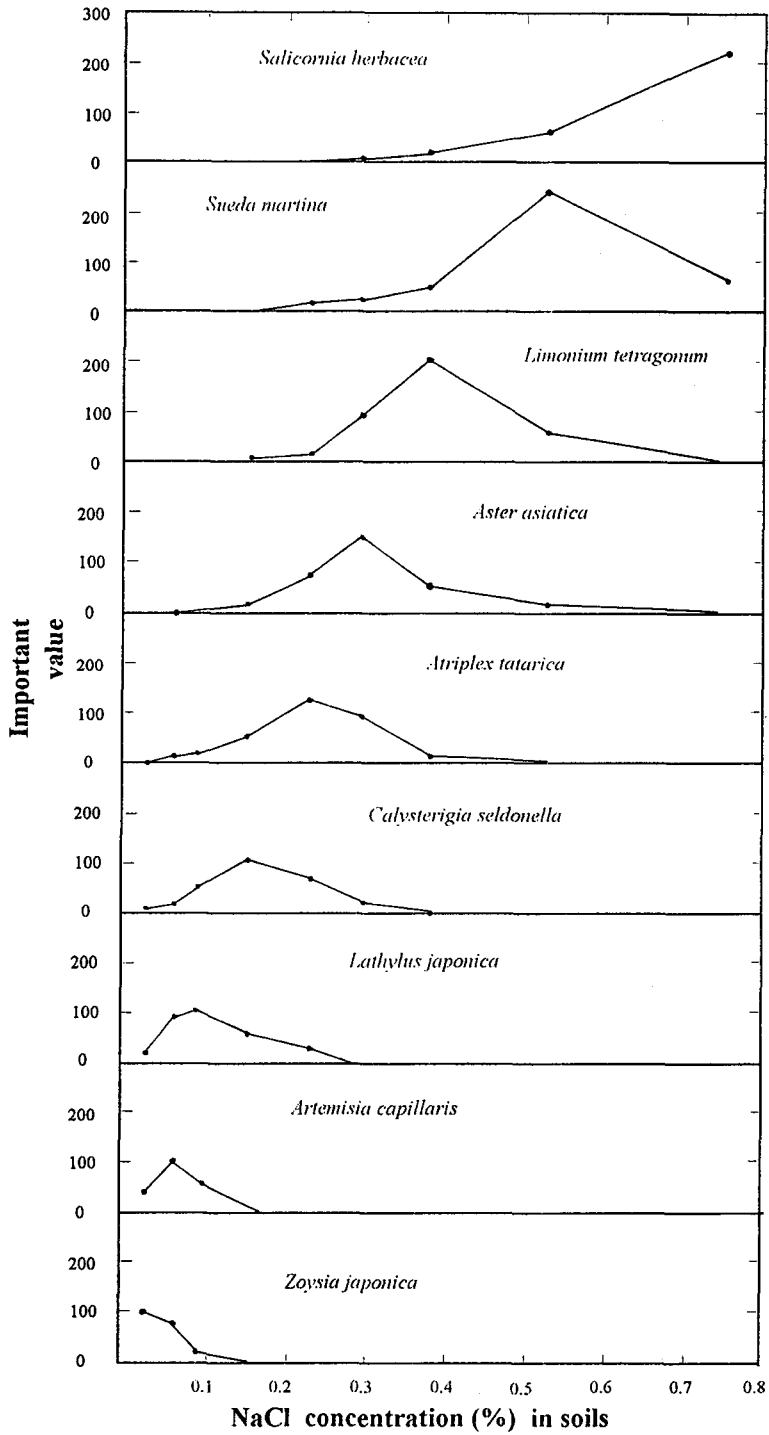


Fig. 2. The relationship between leading dominant species and the salt gradient.

**4. 鹽分勾配에 따른 植物群落의 正規分布 理論**

환경요인의 勾配에 따른 植物群落의 分布變化는 불연속적이 아니라 連續的이다. 각각의 식물 군락은 優點種의 重要值인 數度(abundance)의 定量的 變化가 正規分布를 나타낸다는 것이다. 이것을 식물군집의 正規分布說(normal distribution theory)이라고 하며 金과 張(1973)에 의하여 제창되었다.

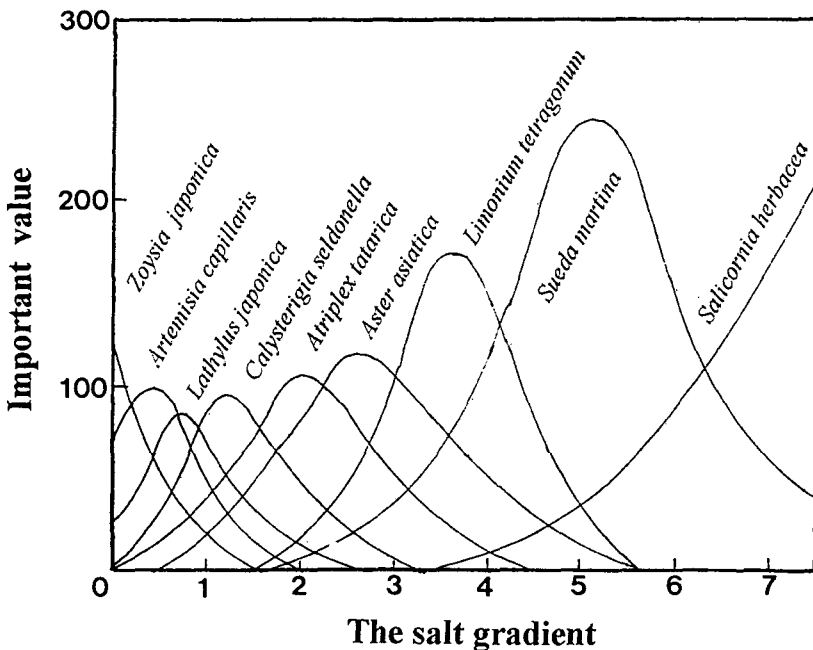
또한 限定要因이 되는 環境要因의 勾配에 따라 優點種들은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 數度로 평가되는 정규분포곡선의 極大點이 一定한 順序로 연속되는 分布를 한다는 것은 Curtis and McIntosh(1951), Brown and Curtis(1952), Whittaker(1951, 1956, 1967), 張 등 (1973), 金과 張(1973) 등 많은 學者들에 의하여 보고되었다.

이러한 자료를 環境要因의 구배분석을 하면 限定要因(limiting factor)의 구배에 따라 우점종의 數度が 정규분포곡선을 나타낸다. 그 極大值는  $\mu$ 에서 나타나고 표준편차  $\rho$ 의 두 변수로 표시하면 우점종의 最適環境을 추정할 수 있다.

염도 구배의 경우는 edaphoordination의 경우로 金과 張(1973)에 의하면

$$a = f(Sa) = \sum_{s=1}^n \frac{A}{\sigma_s \sqrt{2\pi}} \left[ -\frac{(S_{as} - \mu_s)^2}{2\sigma_s^2} \right]$$

로 표시된다. 이 식에서  $A$ 는 수도의 상한치이고,  $Sa$ 는 염도를 나타내며 해안식물에 있어서는 한



**Fig. 4.** Soil textures of the stands of leading dominance in the tidal land in Namdang.

정요인으로 된다. S는 군락을 구성하고 있는 종을 나타내며 n은 種數를 표시한다.

Fig. 3에서 보는 바와 같이 極大點은 우점종을 나타내며 n은 연속분포를 하는 우점종의 순위를 말한다.

**5. 干瀉地의 土性**

干瀉地의 土性은 各 植物群落的의 全 土壤試料의 物理的 分析을 行하고 獨逸에서 使用하는 土性의 類型表를 적용한 結果는 Fig. 4와 같다. Fig. 4에서 나타난 바와 같이 干瀉地 土양은 砂土, 壤質砂土, 砂壤土, 砂質植壤土, 壤土 等に 屬하나 大部分은 砂壤土에 屬한다.

**6. 鹽度 勾配와 無機養分**

海岸植物群落이 干潮線으로부터 內陸으로 向하여 連續的으로 變化하는 것은 干瀉地 土壤의 鹽度와 關係가 있다는것을 이미 論한바 있으나 이 이외의 無機養分의 變化를 검토한 結果를 보면 Fig. 5와 같다.

干瀉地土壤의 pH는 Fig. 5에서 나타나는 바와 같이 거의 中性이고 內陸에 가까운 土壤은 弱酸性이다. 有效磷酸, 置換性 Ca과 Mg은 이곳 干瀉地에서 植物의 分布와 아무런 關係가 없음을 알 수 있다.

灼熱消失量과 K는 鹽度가 낮을수록 그 含量이 낮았다. 이중 주목할만한 事實은 보통 有機物은 全窒素의 含量과 正相關이 있으나 干瀉地 土양에서는 유기物의 含量은 높으나 內陸土양에 비하

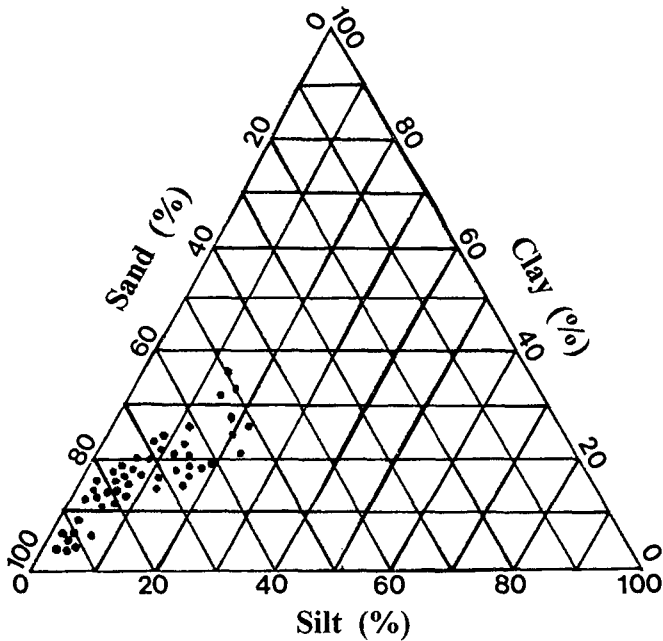


Fig. 4. Soil textures of the stands of leading dominance in the tidal land in Namdang.

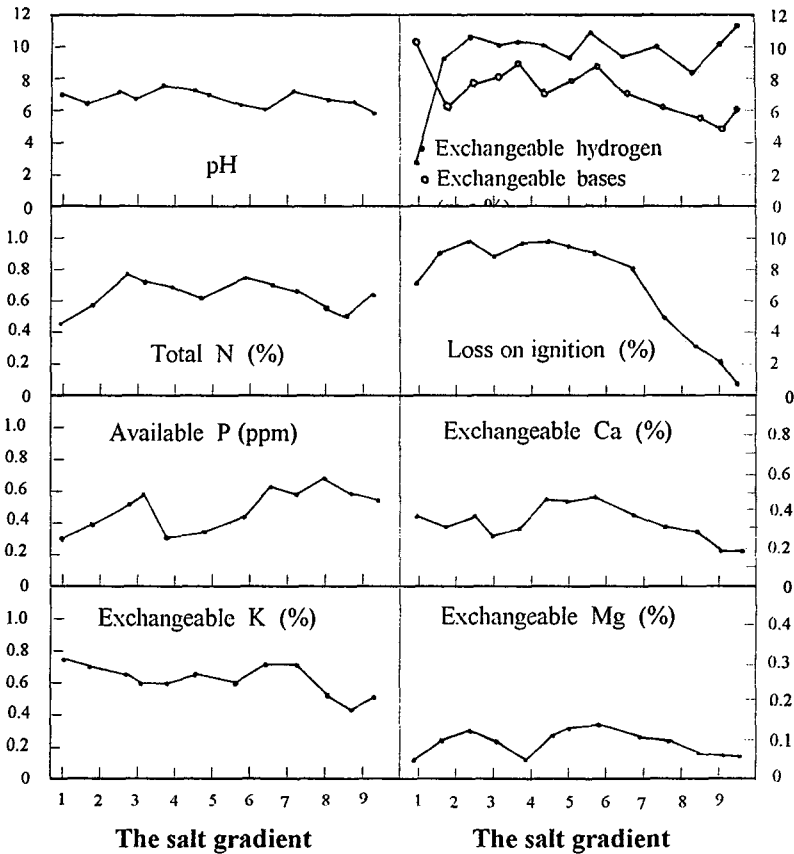


Fig. 5. The relationship between chemical properties of soils and the salt gradients in tidal land in Namdong.

여 전질소의 함량이 낮다는 것이다.

灼熱消失량이 干瀉地에서 많다는 것은 NaCl의 영향으로 分解가 느린데 원인이 있는 것으로 생각되며 內陸의 土壤은 灼熱消失량이 간사지 토양보다 낮으나 比例적으로 全窒素의 함량이 높았다. 이것은 Oohara *et al.*(1971)에 의하여 보고된 바와 같이 단백질의 分解가 다른 有機物質의 分解보다 늦어 그 有機物中の 단백질의 含量비가 相對적으로 높아지는데 原因이 있는 것 같다.

置換性 鹽基는 鹽分의 含量이 減少함에 따라 減少하며 置換性 水素는 등등마디 群落의 7.5%의 NaCl 域을 除外하고는 거의 變動이 없었다.

따라서 鹽基置換能은 干瀉地 土壤이나 內陸土壤에서 別差異가 없으나 鹽基포화도는 내륙으로 갈수록 鹽度가 낮아짐에 따라 낮게 나타났으나 이것은 NaCl의 Na<sup>+</sup>이온의 영향도 중요한 하나의 原因이 되는 것으로 생각된다.

이러한 調查結果로 鹽分을 除去하면 充分히 中性植物의 生育이 可能하며 점차 鹽分의 濃度가 낮아짐에 따라 식물의 群落도 變化하여 群落의 遷移가 점차적으로 進行되게 된다.



## 摘 要

本 研究는 仁川市 南洞에 存在하는 干瀉地를 對象으로 하여 海岸植物의 鹽度勾配에 따른 植被의 變化를 1973년과 1994년에 調査하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 바다로 부터 內陸으로 향하여 통통마디, 갯나문재 및 갯질경이의 群落이 連續적으로 分布하고 좀더 內陸方向이 되면 갯개미취, 갯는장이 군락을 볼 수 있고 이 以上の 內陸이 되면 갯멧꽃, 갯완두 등의 群落이 mosaic pattern을 이루고 있다.
2. Adaptation number대신에 鹽分濃度의 勾配에 따른 各 構成植物의 重要值의 變化를 鹽分의 高濃度로 부터 低濃度 順으로 評價할 때 leading dominance는 통통마디, 갯질경이, 갯개미취, 갯는장이, 갯멧꽃, 갯완두, 사철쭉, 잔디로 나타났다.
3. 바다에서 陸地로 向하는 植物의 pioneer는 干瀉地에 있어서 통통마디나 나문재類의 鹽生植物이다.
4. 干瀉地의 土壤 pH는 거의 中性이고 內陸에 가까울수록 弱酸性이며 有效磷酸, 置換性 Ca 및 Mg의 含量은 植物의 分布와 無關하였다.
5. 土壤有機物과 置換性 K의 含量은 鹽度가 낮을수록 그 含量이 낮았다. 內陸土壤에 比하여 有機物의 含量은 높으나 全窒素의 含量은 낮았다.

## 引用文獻

1. Curtis, J. T. 1956. A prairie contintinum in Wisconsin. Ecology 32(3):476-496.
2. Gemborny, S. R., and E. J. Hodgkins. 1971. Forest of small stream bottoms in the oastal plain of South-western Alabama. Ecology 52(1):70-83.
3. 金喆洙. 1971. 干拓地 植物群落形成過程에 關한 研究 14(4):27-33.
4. 金遵敏, 張楠基. 1973. 韓國에 있어서 植物群集의 分布樣相과 生産能에 關하여. 1. 環境要因의 勾配에 따른 植物群集의 正規分布. 한국학술원논문집 12:97-113.
5. Oohara, H., N. Yoshida, K. Ataku, and N. K. Chang. 1971. Balance of Producers and Decomposers in a grassland ecosystem in Obihiro II. Variation of nutrititive values due to the decomposition of litter. J. Japan. Grassl. Sci. 1791):19-27.
6. 朴仁根. 1970. 宋安海岸의 鹽生植物群落的 연속구조에 關한 研究. 서울대학교 教育대학 원논문집 8:199-204.

