

## 7. 耐塩性植物の耐性機作について (No.8911)

加藤 茂 (東京農業大学)

塩生植物の一種であるマングローブは、熱帯・亜熱帯の海水の出入りする感潮河川域に分布している植物群である。沖縄に分布しているマングローブの一種である *Kandelia candel* (和名:メヒルギ) の胎生種子を各種塩濃度の水耕栽培液を用いて人工気象条件下において栽培し、塩類濃度と生育について比較し各種イオンの取り込みとそのメヒルギの反応について検討を試みた。

## 1 試料および方法

メヒルギ胎生種子は、1/2000a ワグネルポットを用い砂耕法によりたえず通気をおこないながら人工環境調節下に栽培を行なった。栽培条件は、人工光グロースキャビネット(小糸製作所製)を使用し昼間30℃、夜間25℃、12時間照明、相対湿度50-70%に調節した。4か月栽培後の各植物体は、特に根を傷めないように注意しながら植物体を丁寧に蒸留水で洗浄し葉(健全生育葉, Leaves)、茎(Rhizophore)および根(Root)の3部分に分け精秤後、蒸留水とともにホモジナイズした。このホモジナイズ調整液について各種無機イオンおよび有機酸の分析を行なった。

## 2 結果および考察

メヒルギ栽培試験の結果、F-20区即ち0.6%NaCl濃度における生育が最も良好で節間伸長、葉の大きさも他の区に比較して優れていた。平均的な海水塩分濃度である3%NaClのF-100区における生育は、発根は認められたが葉の伸長展開は非常に劣っていた。生育し植物体内に取り込まれ蓄積されたイオンは、栽培液中のNaCl濃度上昇とともにNa<sup>+</sup>イオンおよびCl<sup>-</sup>イオンの吸収が増加し植物体内への蓄積濃度も増加した。栽培液中のイオン組成の変化は、特にF-20区においてはK<sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>の各イオンが減少していた。葉内のNa/K比は、栽培液中のNaCl濃度上昇とともにその値も大きくなりF-80区では3.63であった。メヒルギの葉内および根内に分布した主な有機酸としてシュウ酸とリンゴ酸が認められこれら有機酸類は、過剰カチオンと塩を形成して浸透圧調節を行なっていることが推察された。メヒルギの幼苗生産を行なうには、約0.6%NaClの塩分環境下において初期栽培後に移植することによりメヒルギ分布域のマングローブ林の再生が順調に行なうことが可能であることが推察される。



## 6. 耐塩性植物の耐性機作について (No.8911)

加藤 茂 (東京農業大学)

## 1 まえがき

塩生植物の一種であるマングローブは、熱帯・亜熱帯の沿岸および海水の出入する感潮河川域に分布し世代交代を行なっている。これらマングローブ植物の分布については、H. Barthにより詳しく報告されているが<sup>1)</sup>、日本においては南西諸島西表島を中心に6種ではあるが約400haの面積に分布生育している。多くのマングローブ植物の特徴は、高塩濃度(塩濃度約3%~4%)の環境下においても良い生育をすることである。特にマングローブ植物のなかでRhizophoraceae(ヒルギ科)に分類されている種は、樹上において担根体(Rhizophore)を十分に成熟させ高塩濃度の環境にある樹下に落下しそのまま根付くもの、流水に乗って他に移動する種子もあるが、定着すれば速やかに発根を行なうことが可能なViviparous(胎生種子)を形成して世代交代を行なっている。東南アジアのマングローブ繁茂地域では、住民の薪炭用あるいは相次ぐ地域開発による伐採によってマングローブ林の減少が速いスピードで進んでおり、環境保全あるいはエネルギー資源獲得のためマングローブ林再生の施策が振興し始めている。多くの塩生植物の植物生態学的また植物地理学的な調査は行われているが耐塩性の機構についてはまだ十分には行われていない。本報告は、メヒルギ(和名)の胎生種子を用い各種塩濃度環境を設定しそれらの条件における生育とマングローブ稚苗生産の可能性および各種イオンの吸収と生育との関係について検討を行なった。また、根細胞膜のモデルを用いて各種イオンの移行についても併せて検討を試みたものである。

## 2. 試料および方法

### 2.1 供試マングローブ種子と栽培方法

供試マングローブ種子は、Kandelia candel (L.) Druce (和名：メヒルギ) を沖縄県西表島において採集し供試した。メヒルギ胎生種子は、1/ 2000a ワグネルポットを用い砂耕法によりたえず通気をおこないながら人工環境調節下に栽培を行なった。栽培条件は、人工光グロースキャビネット（小糸製作所製）を使用し昼間30℃、夜間25℃、12時間照明、相対湿度50-70%に調節した。基礎栽培液として大塚液肥（大塚化学社製）No.1と No.2 を指定濃度に調整した溶液をF-0 区と設定し、そのイオン組成について表-1に示す。その他の栽培区として表-2に示すようにD.W.、 F-20、 F-50、 F-80、 F-100 をそれぞれ設定した。4か月の栽培期間中2週間ごとにそれぞれの胎生種子（各栽培区、10 個体を用いた。）の節間数を求めた。また、最終週に取り換えた栽培液についてそのイオン組成についても分析を行なった。

### 2.2 分析試料の調整

4か月栽培後の各植物体は、特に根を傷めないように注意しながら植物体を丁寧に蒸留水で洗浄した。葉（健全生育葉, Leaves）、茎 (Rhizophore) および根 (Root) の3部分に分け精秤後、蒸留水とともにホモジナイズした。このホモジナイズ調整液について各種無機イオンおよび有機酸の分析を行なった。

#### 2.2.1 各種無機イオンの分析

各種無機イオンの分析には、ShimadzuイオンクロマトグラフHIC-6A型（島津製作所製）を用いた。1 価陽イオン ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ) の分析には、5mM- $\text{HNO}_3$ （電気伝導度約2500  $\mu\text{Scm}^{-1}$ ）を移動相として使用した。分析用カラムとして、Shimpack IC-C1を用いた。2 価陽イオン ( $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ) 分析には、移動相として 4mM-酒石酸と2mM-エチレンジアミン溶液（電気伝導度約800  $\mu\text{Scm}^{-1}$ ）を使用した。分析用カラムには、Shim-

pack IC-C1を用いた。陰イオン( $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $Br^-$ ,  $SO_4^{2-}$ )の分析には、移動相として1mM p-Hydroxybenzoic acid と1.1 mM Diethylethanolamine溶液(電気伝導度約 $130 \mu S \text{ cm}^{-1}$ )を用いた。分析用カラムとして、Shimpack IC-A1を用いた。これらの移動相の調整および試料調整には、Milli-Q Water Reagent System(日本ミリポア・リミテッド社製)で精製した水を更に脱気処理を行ない使用した。

### 2.2.2 有機酸の分析

有機酸の分析は、試料調整液の一定量を真空凍結乾燥処理を行ない、無水硫酸ナトリウム 1 g、濃硫酸 2 ml、n-ブチルアルコール 10 mlを加え 2時間加熱還流を行なった。反応液は室温まで冷却後 n-ヘキサンにより n-ブチルエステル誘導体を抽出し、この n-ヘキサン層を無水硫酸ナトリウムで脱水乾燥後一定量に濃縮しガスクロマトグラフィー(GC)により定量分析を行なった。GC分析は、Shimadzu GC-7AG型(島津製作所製)を使用した。標品としてはシュウ酸、フマル酸、リンゴ酸、酒石酸、クエン酸のブチルエステル誘導体を用いた。分析条件は、以下のとおりである。

GC分析条件： ガラスカラム 3 mm I.D. x 1 m length；カラム充填剤, Reoplex 400, Chromosorb W (AW-DMCS, 60-80 mesh)；カラム温度、40-200°C (40°C, 8 分間保持、6 °C/min. で昇温)；注入口温度, 240 °C、キャリアーガス,  $N_2$ , 40ml/min., 検出器, FID(水素炎イオン化検出器)。

## 3 結果

### 3.1 メヒルギの栽培結果

植物の生育調査の方法の一つとして節間数を求めた。メヒルギの胎生種子10固体についての総節間数を表-3に示す。4か月栽培後のD.W区では、平均0.6の節間数であった。F-20区の節間数は、平均5.1であった。栽培液中のNaCl濃度が上昇するとと

もに節間数は減少した。F-100 区における4か月間栽培後の節間数は0.9 で全個体からの新葉の展開は認められなかった。D.W 区の根は貧弱な主根のみであり、養分吸収根である細根の形成は殆ど認められなかった。また、葉も小さいものであった。F-20 区の植物体は、節数も多くまた多数の長い主根(支持根)と毛細根の発達が顕著であり他の設定区に比較して葉面積も大きかった。F-100 区の植物体の根はD.W 区に比較して主根は多く形成されてはいたが毛細根の形成は殆ど認められなかった。また、新葉展開のための新芽が枯れている個体が認められた。栽培開始3か月時の交換栽培液について無機イオン分析を行ない栽培液中のイオンの濃度について表-5に示す。D.W 区においては、種子(胎生種子)内に貯蔵する塩類の溶出と見られる $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  が検出された。植物の生育に必要な $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{K}^+$  の各イオンの減少は、特にF-20区で顕著であった。栽培液中のNaCl濃度上昇とともに各種イオンの減少の割合は少なかった。

### 3.2 各種塩濃度栽培後の植物体内の無機イオン濃度

標準栽培液と各種塩濃度での栽培においてメヒルギがどのようなイオンを取り込み利用するかについて検討するために無機カチオンおよびアニオンについて分析を行った。栽培4か月後の植物組織のイオン分析結果を表-4～6に示す。組織内に分布した主カチオンは、 $\text{Na}^+$  イオンであり次いで $\text{K}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ の各イオンであった。アニオンについては、 $\text{Cl}^-$ イオンのみの表記ではあるが $\text{SO}_4^{2-}$  イオンも検出された。葉内の $\text{Na}^+$  イオン濃度は、栽培液中のNaCl濃度上昇とともにその濃度が上昇した。 $\text{K}^+$ イオンは、生育の最も良好であったF-20区(12.30meq)において最も高く次いでF-0 区(10.90meq)が高い値を示した。葉内のNa/K比は、栽培液中のNaCl濃度上昇とともにその値は大きくなりF-80区で3.63であった。2価カチオンであるMgおよびCaともに生育が最も良好であったF-20区が $\text{Mg}^{2+}$ イオン 1.65meq、 $\text{Ca}^{2+}$ イオン 1.24meqで最も大きい値を

示した。葉内に分布した主アニオンは、 $\text{Cl}^-$  イオンであり栽培液中の $\text{NaCl}$ 濃度上昇とともにその値は大きくなりF-80区で30.46meqを示した。

茎内(Rhizophore)の $\text{Na}^+$ イオン濃度は、F-50区において最も大きい値20.00meqを示した。一方、 $\text{K}^+$ イオンは、F-20区が最も大きい値13.45meqを示した。茎内の $\text{Mg}^{2+}$ イオンおよび $\text{Ca}^{2+}$ イオンはともに葉内濃度よりも低い値を示した。茎内(Rhizophore)においても主なアニオンは、 $\text{Cl}^-$ イオンでありF-50区が18.90meqと最も大きい値を示した。栽培液に接して植物の生育に必要な養分の取り込み組織である根中の $\text{Na}^+$ イオン濃度は、F-0区が最も低い値1.40meqを示し、栽培液の $\text{NaCl}$ 濃度上昇とともにその $\text{Na}^+$ イオン濃度は上昇しF-80区では34.10meqの値を示した。

根中の $\text{K}^+$ イオン濃度は、生育の最も良好であったF-20区が18.40meqと大きな値を示した。根中の $\text{Na}/\text{K}$ 比は、D.W区が0.64、F-0区が0.25と小さい値であるが栽培液中の $\text{NaCl}$ 濃度が上昇するとともにその $\text{Na}/\text{K}$ 比は大きな値となりF-100区では4.79の値を示した。根中の $\text{Cl}^-$ イオンもF-20区からF-100区は、30meq以上の高い濃度であった。

### 3.3 各種塩濃度下栽培後の植物体の有機酸について

塩生植物の多くは植物体内に過剰に吸収した無機塩類に対して細胞内の浸透圧を一定に調節し正常な生理機能を維持するためにこれら過剰無機塩類と塩を形成し中和することによりそれらの正常な機能を維持するために有機酸等を造り反応結合していると思ふ。<sup>2)</sup> 各種塩濃度環境下において4か月間栽培後のメヒルギの葉および根中の有機酸類について分析を行ない無機カチオンとの関係について検討した。

メヒルギ葉中および根中の有機酸分析の結果を表-7に示す。自然環境で生育したメヒルギとオヒルギについては既に報告しているが、<sup>3, 4)</sup> 本研究結果においても主な有機酸類としてはシュウ酸およびリンゴ酸であった。最も生育の良好な栽培区であったF-20区においては他の高い塩濃度栽培区(F-50およびF-80区)に比較して低い濃度

であった。リンゴ酸は、F-80 区において15.56meqと最も高い値を示した。

根中の有機酸類は葉内の有機酸類と同じ様にシュウ酸とリンゴ酸が他の有機酸に比較して高い濃度で分布していた。特に、リンゴ酸については栽培液中のNaCl濃度上昇とともにその濃度は上昇しF-80区では22.38meqと大きな値を示した。

## 4 考察

### 4.1 塩濃度とメヒルギの生育

メヒルギ、4か月間の人工環境栽培の下における栽培の結果は、F-20 区即ち NaCl して0.6%の条件で最も生育が良好であった。自然マングローブ林域においては上流からの淡水が常に流入しマングローブ植物が分布している地域の塩分濃度分布は、海水塩分濃度(約3%NaCl)から汽水濃度まで希釈された濃度範囲が認められる。本研究においては各区の塩分濃度を一定とし、潮の干満差による濃度変化の条件を設定はしなかったとはいえ本実験でF-20区における群の生育が良好であったことはメヒルギが生育分布している河川の中流から上流にかけて分布している地域の条件に相似していることが示唆される。栽培後の栽培液のイオン組成から推察すると植物の生育に必要なN、P、Kの各イオンに相当する $K^+$ イオン、 $NH_4^+$ イオン、 $PO_4^{3-}$ イオン、 $NO_3^-$ イオンの濃度は生育の最も良好であったF-20区が最も減少し、栽培液中のNaCl濃度上昇とともにそれらのイオンの減少は漸減していたことから推察し供試マングローブ植物であるメヒルギ生育ために吸収利用されたものと思われる。 $Na^+$ イオン、 $Cl^-$ イオンともに他のイオン種に比較すると高濃度の減少が認められたことは、 $K^+$ イオンを根から吸収する際には優先的に生育に必須である $K^+$ イオンを吸収するものと推察されるが $Na^+$ イオン半径(1.16Å)と $K^+$ イオン半径(1.52Å)の差からみると $Na^+$ イオンがより容易に根の細胞膜を通過するものと思われる。メヒルギの自然マングローブ林での分布域



は、潮の干満の直接影響するマングローブ林の先端域に生育するのではなく少し林内にはいった内陸地域や河川の中上流域に沿って繁茂することから本研究で設定したF-20区(0.6%NaCl)で最も良い生育を示したものと思われる。さらに、栽培液のレベルを実際の塩の干満と同じ様に調節した条件で栽培を行なうとさらに生育についての良好な生育量と最適塩分濃度の関係が明確に判明するものと思われる。

#### 4.2 塩濃度とメヒルギ植物体内のイオン組成

高塩濃度(特にNaCl)の環境下において生育する塩生植物の生理機構について研究が進められている。自然マングローブ林においては、本研究に用いたメヒルギはマングローブ林の先端域には分布しない種であり比較的上流域にそして河川水により塩分が希釈される地域や林内の内陸側で良好な生育をしていることが沖縄県西表島において観察される。また、東南アジアのマングローブ地域においても同様である。メヒルギの根細胞膜を通過し植物体内に吸収され葉内に移送された主なカチオンは $\text{Na}^+$ イオンであった。メヒルギはその生育環境から根内に入ってしまった各種イオンは容易に茎内をへて葉内へ輸送され蓄積されるものと思われる。高塩濃度環境(平均海水塩濃度)の栽培においても $\text{K}^+$ イオンは常に吸収が行なわれていたが、カリウムの植物に対する重要な生理作用には、デンプンの生合成、気孔の開閉、酸化的リン酸化、タンパク代謝、細胞内pHおよび浸透圧調節に関係し植物の生育のうえで必須であるがナトリウムについての植物体内での生理作用について検討されているが目下のところ明らかにされていない。マングローブ植物は、 $\text{C}_3$ 植物に分類されておりこれら $\text{C}_3$ 植物の生育には $\text{C}_4$ 植物に比較して生育のために2倍以上の水を必要とすることから栽培環境中の各種イオンが低濃度で存在していても根からの水の吸収は盛んに行なわれ溶けている各種イオンは葉内に送られ水は蒸散により植物体から失われるが各種イオンはそのまま植物体に留まり蓄積されその濃度が徐々に上昇する。

担根体部は根細胞膜を通過した各種イオンが葉内への通過経路であり、各種イオンは低濃度で分布していた。

根中の各種イオン濃度が低いことは、葉からの蒸散により水分が失われその水分の根からの補給とともに各種イオンが葉内へ容易に移行するものと思われる。一度吸収した各種イオンを葉内に移送後、エネルギーを用いて再び各種イオンを根内へ転流させ蓄積しているか否かについては今後の検討課題である。植物体内に吸収されたカチオンに対する対イオンとしては無機アニオンである $\text{Cl}^-$ イオンが最も有力である。この吸収された $\text{Cl}^-$ イオンの植物体における生理作用には、光合成過程において酸素発生に必要であり、また微量元素であるMnとともに光化学系の水の開裂に関係していることが報告されている。<sup>5, 6)</sup> 吸収された無機アニオン ( $\text{NO}_3^-$ イオン、 $\text{PO}_4^{3-}$ イオン、 $\text{SO}_4^{2-}$ イオン) は、植物体の構成成分として変換利用されていることから細胞内のpHおよび浸透圧、細胞の膨圧を調節するには、吸収された無機アニオンだけでは吸収した全カチオンに対して等しいモル数にならない。多くの塩生植物は高塩濃度環境下で生育すると有機酸類の合成を促進して過剰カチオンと塩を形成し有害性(生理支障の少ない)の低い形に変化(化学的不活性化)させることにより障害をできうるかぎり取り除き生育を可能にしている。メヒルギ栽培の結果、葉内および根内の有機酸とくにシュウ酸とリンゴ酸の濃度は栽培液中の塩濃度が増加するとともにこれら2種の酸の濃度は上昇し過剰カチオンと塩を形成していることが推察される。塩生植物は高塩濃度環境下で生育すると有機酸類のほか植物種にもよるが浸透圧調節物質としてアミノ酸の一種やショ糖等が関与していることから本研究で分析した以外の浸透圧調節に関わる物質について今後検討を加えたい。

## 要約

マングローブは、熱帯・亜熱帯の海岸線や河口域の定期的に海水或は汽水の流入する地域に分布し生育している植物群である。マングローブ林の構成樹種であるメヒルギは、マングローブ林が海水の影響を直接受ける先端域には殆ど分布が見られない種である。メヒルギ栽培試験の結果、F-20区即ち0.6%NaCl濃度における生育が最も良好であった。平均的な海水塩分濃度である3%NaClのF-100区における生育は、発根が認められたが葉の伸長展開は非常に劣っていた。メヒルギ栽培液中のNaCl濃度上昇とともにNa<sup>+</sup>イオンおよびCl<sup>-</sup>イオンの吸収が増加し植物体内蓄積濃度も増加した。メヒルギの葉内および根内に分布した主な有機酸としてシュウ酸とリンゴ酸が認められこれら有機酸類は、過剰カチオンと塩を形成して浸透圧調節を行なっていることが推察された。メヒルギの幼苗生産を行なうには、約0.6%NaClの塩分環境下において初期栽培を行ない伐採後のその地に移植することによりメヒルギ分布域のマングローブ林の再生が順調に行なうことが可能であることが推察される。

文献

1. H.Barth, "Contribution to the Ecology of Halophytes " ed. D.N.Sen and K. S.Rajpurohit,p35, Dr.W.Junk Publishers, London (1982)
2. U.Luttge and A.C.Smith "Salinity Tolerance in Plants " ed. R.C.Staples and G.H.Toenniessen, p125,John Wiley and Sons, New York (1984)
- 3.加藤 茂、矢口 行雄、杉 二郎、日本海水学会誌 Vol.40,No.1, p9 (1986)
- 4.加藤 茂、米盛 重友、桧垣 宮都、中村 武久、杉 二郎、日本海水学会誌 Vol.41,No.4, p205(1986)
5. S.Izawa R.L.Heath and G.Hind,Biochem. Biophys. Acta Vol.180,p388,(1969)
6. C.Critchely,ibid.,Vol.811,p33,(1985)

Table 1 Ion components and concentrations in standard cultural solution

Ion	Concentration
Na	0
NH <sub>4</sub>	33
K	210
Mg	50
Ca	170
Cl	10
PO <sub>4</sub>	45
NO <sub>3</sub>	640
SO <sub>4</sub>	210

(unit : ppm)

Table 2 NaCl concentration in cultural solution

Condition	Fertilizer*	NaCl%	NaCl ratio
D.W.**	-	0	0
F-0	+	0	0
F-20	+	0.6	× 1.0
F-50	+	1.5	× 2.5
F-80	+	2.4	× 4.0
F-100	+	3.0	× 5.0

\* : Ohtsuka liquid fertilizer No.1 + No.2(1 : 1).

\*\* : De-ionized water.

Table 3 Internode number of Kandelia candel (Mehirugi) by various cultural conditions

Month	Condition					
	D.W.	F-0	F-20	F-50	F-80	F-100
0.5	0	0	0	0	0	0
1	0	10	10	10	1	0
2	4	17	23	20	9	4
4	6	48	51	42	33	9

(Internode number : Ten seedlings)

Table 4 Ion components in the leaf of Kandelia candel

Ion	Condition					
	D.W.	F-0	F-20	F-50	F-80	F-100
Na	15.13	17.00	20.33	24.63	33.92	-
K	7.50	10.90	12.30	8.40	6.60	-
Na/K	2.02	1.56	1.65	2.93	3.63	
Mg	1.10	0.83	1.65	1.11	0.82	-
Ca	1.40	0.86	1.24	1.20	1.00	-
Cl	14.58	13.64	25.00	28.90	30.46	-

(unit : meq/100g fresh weight)

Table 5 Ion components in the rhizophore of Kandelia candel

Ion	Condition					
	D.W.	F-0	F-20	F-50	F-80	F-100
Na	9.90	8.10	16.00	20.00	15.23	10.67
K	8.80	6.39	13.45	9.60	9.30	6.10
Na/K	1.12	1.27	1.19	2.08	1.64	1.75
Mg	0.70	0.50	0.62	1.06	0.29	0.21
Ca	0.60	0.60	0.75	0.72	0.52	0.42
Cl	14.55	13.55	17.63	18.90	16.58	13.17

(unit : meq/100g fresh weight)

Table 6 Ion components in the root of Kandelia candel

Ion	Condition.					
	D.W.	F-0	F-20	F-50	F-80	F-100
Na	3.18	1.40	25.00	30.50	34.10	32.30
K	4.96	5.65	18.40	9.26	7.20	6.75
Na/K	0.64	0.25	1.36	3.30	4.73	4.79
Mg	0.60	0.33	1.31	0.16	0.15	0.15
Ca	1.47	0.20	0.60	0.22	0.25	0.20
Cl	3.10	3.55	32.63	35.90	32.46	32.30

(unit : meq/100g fresh weight)

Table 7 Concentrations of organic acids in the leaves and roots of Kandelia candel

Organic acid	Plant part	Condition					
		D.W.	F-0	F-20	F-50	F-80	F-100
Oxalic	leaves	6.96	5.55	4.30	7.70	4.40	N.L.*
	roots	1.64	3.32	4.68	5.55	4.42	5.72
Fumaric	leaves	0.10	1.08	0.15	0.38	0.70	N.L.
	roots	0.95	1.07	0.65	0.53	0.70	1.08
Malic	leaves	8.80	5.60	7.88	9.98	15.56	N.L.
	roots	9.38	4.78	10.87	18.29	22.38	20.60
Tartaric	leaves	-	2.59	0.23	2.81	2.34	N.L.
	roots	-	-	-	1.54	1.98	-
Citric	leaves	-	-	0.69	1.68	1.50	N.L.
	roots	-	0.78	-	-	-	-

\*:No leaves.

(unit : meq/100g fresh weight)

STUDY ON SALT TOLERANCE MECHANISM OF HALOPHYTES

NODAI Research Institute

Tokyo University of Agriculture

Shigeru Kato

Mangrove plants are one of the typical halophytes and distributed at the mouth of rivers and canals and along muddy shores of well protected estuaries in the tropical and sub-tropical areas. Distribution of these mangrove plants were reported by H. Barth <sup>1)</sup>. Kandelia candel (mehirugi) is one of the mangrove species and distributed at not directly affected sea water of mangrove forest. In this study, Kandelia candel was compared under difference water culture conditions. About in-organic ions (anions and cations) and organic acids in leaves, rhizophores and roots parts in each cultured sample was analyzed, respectively. Kandelia candel grew very well at F-20 condition (0.6%NaCl) like a natural growth. Leaf size was large and also thin. In contrary, at high salinity condition (F-80) leaf of Kandelia candel was small and thick. These thick leaves contained high amount of Na and Cl ions. After culturing, ion components of culture solution was also analyzed. The data showed that  $K^+$ ,  $PO_4^{---}$  and  $NO_3^-$  ions in culture solution were decreased or disappeared by absorption for plant growth. These three elements are also important for mangrove growth. Na and Cl ions were also absorbed and translocated to upper parts, then these ion were stored in the leaves. Further more, leaves gradually increase succulences and finally these leaves will fallen down for NaCl excretion. Production of organic acids depends on salinity condition. All leaves, rhizophores and roots contained high amount oxalic acid and malic acid. These dicarboxylic acids are very important for osmotic regulation of halophytes.