

樹木の栄養と施肥に関する研究(第2報)

造林植物の根のカチオン置換容量と究極 PH の測定, 特に他の植物との比較について

柘植利久*, 川村三郎**

Studies on the nutrition and fertilizings of trees. (Part 2)

On the determinations of Cation-exchange capacities and ultimate PH in seedling roots of afforestation trees, especially in comparision with other plants.

Toshihisa TSUGE and Saburo KAWAMURA.

Summary.

The cation exchange capacities (C. E. C) and ultimate pH (pHu) were determined on root of gymnosperms, and the same experiments were practiced to a root of angiosperms.

For gymnosperms is used an afforestation plants as Japan cedar, Japan cypress, Japan red pine and Japan black pine, and on the angiosperms is choosed a diffent plant species to dicotyledon and monocotyledon.

The C. E. C. of roots on afforestation plants show to range between 21.03 and 24.54 meq. for 100g. oven dry matter of roots, and its pHu are recorded to range between 3.4 and 3.6.

In general, the C. E. C. value of roots of gymnosperms are much higher than for angiosperms, and the root C. E. C. value of dicotyledons are indied a slightly high tendency to compaed with its monocotyledons.

Moreover, the relations between C. E. C. and pHu on fresh excised roots were Considered.

Generally, for a given weight of H⁺ roots, there is a tendency for the pHu to be lower when the C. E. C. is high and to increase with decreasing C. E. C.

I 緒 言

植物の根にカチオン置換性のあることは 1916 年仏国化学者 Devaux によって発見せられこれが

* 農学部農芸化学科, 土壤肥科学研究室
(Soil & Fert. Res. Lab., Dept. of Agricultural Chemistary, Faculty of Agriculture)

** 農学部農芸化学科, 農業分析学研究室
(Lab. of Agricultural Analytical Chemistry, Dept. of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture)

根の Pectose に起因するものと考えたがその後植物の根に土壤コロイドと同様にカチオン置換性のあることが多くの研究者⁴⁾⁶⁾⁷⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾によって明かにせられた。土壤コロイドと植物根のコロイド系におけるカチオン交換反応は根の表面におけるカチオンの蓄積に至大の関係を有するものと考ええる。かくして根のカチオン置換容量とイオン吸着の強弱は根における養分の供給量に関連し植物栄養上注意すべき問題である。

一般にカチオン置換容量は CO₂ 発生量の多い植物根において大きくまた粗大な根の植物は概して根の置換容量は大きく、2価カチオンを比較的多く吸収するが繊細な根の植物においてはその置換容量は小さく、1価カチオンを比較的多く吸収する性質を有すると称せられる。なお荳科植物の如き双子葉植物は禾本科作物や牧草の如き単子葉植物に比して根のカチオン置換容量は大きくカチオンの結合エネルギーは大であるといわれる。¹⁾²⁾³⁾⁹⁾ かくして根のカチオン置換容量は植物の Species や根の形態によって異なり又根におけるカチオンの親和力や吸着性に関する結合のエネルギーはカチオンの種類や原子価によって異なるものと考ええる。

植物の根のカチオンの置換性はそのコロイドの特質に関連するものであるがかかる根のカチオン置換容量を知ることは作物栽培上肥料の種類、施肥量の決定又は作物の品種やその作付順位の選定或は混作物の組合せ等に示唆をあたえ、その生産性の向上、品質の改善に対する可能性を大ならしめる。

植物根のカチオン置換容量に関しては従来作物、そさい、果樹等について多くの研究が発表せられた。¹⁾⁵⁾⁸⁾⁹⁾¹²⁾

著者は前報¹⁴⁾において新植した造林木苗木の生育に対する施肥の効果を明かにし又肥料養分の吸収性を検したのであるがさらに造林樹木における根のカチオン置換容量を測定し、山野に自生する木本性又は草本性の多年生植物と一年生作物の根のコロイドに吸着せられた水素イオンのカチオン置換性と比較した。

又上記植物の根につき究極 pH を検定した。

以下にその概要を述べて参考に供する。

II 実 験 方 法

本研究においては 桧 (*Chamaecyparis obtusa*)、杉 (*Cryptomeria japonica*)、赤松 (*Pinus densiflora*)、黒松 (*Pinus thumbergii*) 等の造林用植物 (以上 Gymnosperm) のほか 稲 (*Oryza sativa*)、人蔘 (*Daucus corota*)、大根 (*Raphanus sativa*)、とうもろこし (*Zea mays indentata*)、大豆 (*Glycine Max*) 等の一年生植物と山野に自生するつつじ (*Rhododendron indicum*)、栗 (*Castanea crenata*)、笹 (*Sasa Makino et Sibata*)、すすき (*Miscanthus sinensis*) 等の多年生植物 (以上は単子葉又は双子葉でいずれも Angiosperm) を供用した。

桧, 杉, 松等の植林用植物と水稲, 人参, 大根, とうもろこし, 大豆等の一年生植物については石英砂ベツト上で発芽生育せしめた幼根を実験に供した。つつじ, 笹, 栗, すすき等の野生の宿根性植物は自生地において採集したものでいずれも根の先端に近い若い組織を供試した。

根組織のカチオン置換容量 (C. E. C) の測定については根を中性塩又は酸性液中に浸漬して吸着せられたカチオン又は H⁺ を置換浸出する方法¹⁵⁾, 根を生のまま電気透析した後一定量の N-KCl を加えて pH. 7 まで適定する方法¹⁰⁾, その他種々の方法²⁾⁵⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹³⁾¹⁵⁾ が提案せられているが本研究においては根の乾燥試料を用い次の要領に従って測定した。

即ち採集した根の組織はよく水洗, 乾燥 (60°C) したのち粉碎 (60 mesh 以下) しその 0.2 g をとり 8 g の石英砂とよく混合して, これを下底に脱脂綿をつめたカラムに充填する。これに 0.05 N-HCl 40cc を注ぎ, ついで 100cc の水で洗滌したのち 80cc の 0.02 N-醋酸カルシウム液を通じて試料に Ca を飽和せしめる。過剰の Ca は水 (80—120cc) を注いで洗滌した。

かくして根組織に吸着せられた Ca はこれを 0.05-HCl で浸出しその一定量にアンモニア緩衝液を注ぎ BT 指示薬を添加して EDTA で Ca を滴定した。

究極 pH については Mattson が土壤膠質のアシドイドの測定に用いた方法を採用した¹¹⁾。即ち電気透析せられた試料の N-KCl 中における pH を電極法で測定した。

III 実 験 結 果

測定せられた各植物の根のカチオン置換容量 (C. E. C) とその究極 pH (pHu) を表示すると次表の如くである。

Experimental results on the Cation-exchange capacities and ultimate pH in plant roots.

| | Plant species * | pHu** | C. E. C*** meq./100 g dry matter | Remarks **** | |
|------------|----------------------|---|--|--------------|---------------------------------------|
| Perennials | afforestation plants | Japanese cypress (<i>Chamaecyparis obtusa</i>) | 3.4 | 24.52 | Gymnospermae, Cupressaceae. |
| | | Japanese cedar (<i>Cryptomeria japonica</i>) | 3.4 | 24.52 | Gymnos. , Taxodiaceae. |
| | | Japanese red pine (<i>Pinus densiflora</i>) | 3.6 | 21.03 | Gymnos. , Pinaceae. . |
| | | Japanese blackpine (<i>Pinus thunbergii</i>) | 3.6 | 22.03 | Gymnos. , Pina. . |
| | Other plants | Azalea (<i>Rhododendron indicum</i>) | 3.0 | 27.03 | Angiospermae, Dicotyledon, Ericaceae. |
| | | Chestnut (<i>Castanea crenata</i>) | 3.8 | 18.53 | Angios. , Dicoty. , Fagaceal. |
| | | Bamboo grass (<i>Sasa Makino et Sibata</i>) | 4.6 | 13.55 | Angios., Monocotyledon, Gramineae. |
| | | Japanese pampas grass (<i>Miscanthus sinensis</i>) | 4.0 | 18.02 | Angios. , Monocoty., Gramin. . |
| | | L. S. D. [0.01] | — | 8.44 | |
| | | [0.05] | — | 3.66 | |

| | | Plant species* | pH _u ** | C. E. C.*** meq./100 g drymatter | Remarks**** |
|---------|-------|---------------------------------------|--------------------|--|---|
| annuals | Crops | Paddy rice (<i>Oryza sativa</i>) | 4.0 | 18.03 | Angiospermae, Monocotyledon, Gramineae. |
| | | Corn (<i>Zea mays indentata</i>) | 3.6 | 21.53 | Angios. , Monocoty. , Gramin. . |
| | | Carrot (<i>Daucus carota</i>) | 4.4 | 16.02 | Angios. , Dicotyledon , Umbelliferae. |
| | | Radish (<i>Raphanus sativa</i>) | 3.4 | 27.54 | Angios. , Dicoty. , Cruciferae. |
| | | Soybean (<i>Glycine Max</i>) | 4.6 | 12.52 | Angios. , Dicoty. , Leguminosae. |
| | | L. S. D. [0.01] | — | 6.75 | |
| | | [0.05] | — | 2.93 | |

- Notice. * Italic types in parentheses shows a scientific name of plants.
 ** Ultimate pH (PH_u) given in estimation values by Mattson's procedure.
 *** Cation exchange capacities (C. E. C) given in milliequivalent (meq.) per 100g oven dry weight of plant root tissues.
 **** Botanical classifications for various plants is recorded.

IV 考 察

根のカチオン置換容量その他カチオンの交換性は生の根と乾燥粉碎した試料で相違することは予想せられるところである。

生きている完全な植物の根の置換性塩基は植物の生育環境殊に生育温度、生育期間、植物体無機成分含量のほか根の部位によって異なり一般に温度の上昇、生育期間の延長、長期間にわたる養分欠除は根におけるカチオン置換容量を大ならしめ又根端に近いほど水素イオン(H⁺)の吸着量が増加しカチオン置換容量を増大せしめるものとする¹⁾²⁾³⁾

根におけるカチオンの交換性はその表層のペクチン質による acidoid (コロイド) に起因するものとせられるが特に根端部におけるカチオン置換容量の増大は根端における acidoid の活性が強いためであろうと推定せられる。

かくして植物の根のカチオン置換容量は植物の生育環境により又根の部位により異なり、なおまた測定方法によって相違するものを考えるが本実験において測定せられた根の乾物 100g 当りのカチオン置換容量 (meq.) は裸子植物に属する一般造林用樹種について、桧は 24.54、杉 24.52、赤松 21.03、黒松 22.03 である。被子植物で野生の永年生植物であるつつじは 27.3、栗 18.53、笹 13.55、すすき 18.02 である。又同じく一年生植物である大根では 27.54、とうもろこし 21.53、稲 18.52 であった。

かくして 桧、杉、赤松、黒松等の裸子植物の根のカチオン置換容量は根の乾物 100g に対して 21.03—24.54 meq. (平均 23.03 meq.) の範囲にあり樹種間における有意差をみとめなかつた。

被子植物については根の置換容量は 12.52—27.03 meq. (平均 19.46 meq.) の範囲にありて, Species により相違するが一般に裸子植物に比して低いものとする。なお単子葉植物と双子葉植物についてみるとまたその Species により或は一年生と永年生の別によって根のカチオン置換容量を異にするが, 単子葉植物においては 13.55—21.53 meq. (平均 17.78 meq.) で双子葉植物にありては 12.54—27.03 meq. (平均 21.13 meq.) の値を示し平均的にみて一般に双子葉植物は単子葉植物に比してその根のカチオン置換容量は大きいものと推定せられる。

究極pHは植物根における acidoid (Colloid) の強さを示す指標と考えられるがその測定値は裸子植物 3.1—3.6 (平均 3.50), 単子葉植物 3.6—4.6 (平均 4.05), 双子葉植物 3.0—4.6 (平均 3.84) で根のカチオン置換容量との間に関連性のあることがみとめられる。即ち根のカチオン置換容量が減少するとその究極 pH は増大しこれに反してカチオン置換容量が高くなるとその究極 pH を低下する傾向がみとめられる。

究極 pH は植物の根部コロイド中の酸性物質の濃度に関係しその pH の低下は根における酸性物質の多いことを示すものとする。

かくして造林用植物 (裸子植物) の根 (Root colloid) は一般に他種植物に比して多量の置換性水素 (H⁺) を吸着していることが示唆せられる。

V 摘 要

杉, 桧, 赤松, 黒松等の造林用植物について根 (Root colloid) のカチオン置換容量とその究極 pH を検した。又被子植物に属する野生の永年生植物と一年生作物についても同様の測定をおこなった。

根のカチオン置換容量は植物の Species により又生育状態 (一年生, 永年生等) によって相違するが造林用樹木においては根の乾物 100 g 当りのカチオン置換容量は 21.03—24.54 meq. でまたその究極 pH は 3.4—3.6 であった。

なお杉, 桧, 赤松, 黒松等の裸子植物の根のカチオン置換容量は被子植物に比較して一般に大きい値を示し又被子植物につき双子葉植物と単子葉植物を比較すると前者における根のカチオン置換容量は後者に比して一般に大なる傾向がみとめられる。

又根のカチオン置換容量と究極 pH の関係については, 一般に置換容量の減少は究極 pH を増加せしめ, カチオン置換容量が高くなると究極 pH は低下する傾向がみとめられた。

文 献

- 1) Bear, F. E., "Chemistry of the Soil" (1956).
- 2) Crooke, W. A., Knight, A. H., and Macdonald, I. R., *Plant & Soil*, **13**: 123 (1960)
- 3) Drake, M., Vengris, J., and Colby, W. G., *Soil Science*, **72**: 139—147 (1951).
- 4) Elgabaly, M. M., and Wiklander, L., *Ibid.*, **67**: 419—424 (1949).
- 5) 位田, 他, 日本土壤肥料科学雑誌, **29**: 259—262 (1958).
- 6) Jenny, H., and Ouerstreet, R., *Soil Science*, **47**: 257—272 (1939).
- 7) Jenny, H., and Ayers, A. D., *Ibid.*, **48**: 443—459 (1939).
- 8) 森田, 日本土壤肥料科学雑誌 **28**, 36 (1957).
- 9) McLean, E. O., and Marshall, C. E., *Soil Sei. Soc. Am. Proc.*, **13**: 179—182 (1948).
- 10) Mattson, S., *Ann. Agr. Coll. Swed.*, **15**: 308—316 (1948).
- 11) Mattson, S., et al., *Ibid.*, **16**: 457—484 (1948).
- 12) Mitsui, S., and Ueda, M., *Soil Sci. Plant Nutr.*, **9**: 6—12; 43—48 (1963).
- 13) Smith, R. L., and Wallace, A., *Soil Science*, **82**: 165—172 (1956)
- 14) 柘植, 近畿大学農学部紀要 第4号 (1971).
- 15) Williams, D. E., and Coleman, N. T., *Plant & Soil*, **2**: 243—256 (1950).