



Title	水中培養による樹苗の生育と窒素源及水素イオン濃度との関係
Author(s)	佐藤, 義夫; 山口, 千之助
Citation	北海道帝國大學農學部 演習林研究報告, 11(1), 1-45
Issue Date	1939-03
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/20646
Type	bulletin (article)
File Information	11(1)_P1-45.pdf



[Instructions for use](#)

演習林研究報告 第十一卷第一號

1

水中培養による樹苗の生育と 窒素源及水素イオン濃度との關係

林學博士 佐藤 義夫
山口 千之助

Ueber das Wachstum jünger Holzpflanzen bei Wasserkultur
im Zusammenhang mit der Stickstoffquelle und der Wasser-
stoffionenkonzentration

von

Yoshio Sato und Sennosuke Yamaguchi

目 次

I 緒 言	2
II 媒質水素イオン濃度と樹苗の生育との關係	3
III 窒素源の種類と水素イオン濃度の變化	7
IV 窒素源の種類と樹苗の生育との關係	19
V 總 括	23
VI 實驗結果	25
VII 引用文献	42
VIII 圖版説明及圖版	45

I 緒 言

植物の生育と窒素源との關係に就いての營養生理學的の研究は僅な例¹⁾を除いては、細菌、菌類、高等植物特に農作物²⁾を實驗材料として行はれたものが大部分である。研究上にも實際上にも窒素源として廣く用ひらるるものはアムモニア性窒素鹽類と硝酸性窒素鹽類にして、此等兩鹽は無機窒素源としての代表的なものであつて、從來の研究によれば此等兩窒素鹽類は其種類、組合せ、濃度、實驗方法、植物の種類、生育の程度等の異なるにつれ植物の生育に種々の差を生ずるものである。例へば窒素源種類の異なる事は、植物の種類、實驗方法の如何に拘らず常に植物の生育に多大の差を與へる (Loo, (1927, 1931), Fukaki (1927), Yamaguchi (1929, 1935))。

窒素源の營養價値を論ずるに當つて、窒素源種類の差異に伴ふ培養媒質の反應の變化、及窒素源と同時に存するカチン或はアニオンの種類とは共に等閑に附し得ない重大點である (Reed and Haas (1924), Salinas (1932), Yamaguchi, (1937))。斯くの如く窒素營養問題に關する農作物を對照とせる研究の歴史は古く、従つて多くの研究業績を有する農學方面に於ても、猶今後一層の研究を要すべき幾多の未解決の問題を有す。而して林學及林業方面に於て窒素營養問題を取り扱ふに當つて、窒素源の種類或は媒質の水素イオン濃度等と樹苗の生育との關係に就いての研究は極めて少く、且その研究の深度と範圍とに於て到底他の方面の夫に比肩すべくもない現状である。只僅に水素イオン濃度と林木種子の發芽、樹苗の生育、又は對酸抵抗等に關する研究があるに過ぎない (守屋 (1925), Schmidt (1927), 大政 (1929, 1935), Wilde (1934), Süchting, Jessen und Maurmann (1935))。且又トドマツ、エゾマツ、アカエゾマツ等に就いての此種研究報告には未だ接しない。而も叙上樹種は北海道以北本邦寒帯林の主要樹種にして、林業上重要價値を有するものである。従つてその稚齡期の生育に關する基礎的研究は實地林業上に資する處極めて大なるものがある。

翻つて高等植物營養生理の研究方法を見るに、其方法は一般に水中又は砂耕培養法によるも、更に一層正確を期する場合には無菌培養法による。以上の方法は植物の生育に必要な種々の外界因子を、比較的簡便に且正確に調節する事可能なるため、他の圃場試驗等に比し完全な研究結果を與ふる事勿論である。然るに前記方法は自然状態にて行はるる土壤又は圃場栽培による培養條件と

- 1) Mothes, K. (1927, 1929, 1931), Howell, J. (1932), Addoms, R. M. (1937)
Süchting, H., Jessen, W. und Maurmann, G. (1937).
- 2) Prianischnikow, P.N. (1926, 1929), Metzger, W. H. and Janssen, G. (1928), Mevius, W. (1928, a, b),
Mevius, W. und Engel, H. (1929), Mevius, W und Dikussar, J. (1930), Fukaki, S. (1927),
Prschle, K. (1929, a, b. 1931), Dittich, W. (1930), Loo, T. I. (1931), Mothes, K. (1931),
Yamaguchi, S. (1935, 1937), Marthaler, H. (1937), Bauer, J. (1938).

は多くの點に於て異なる (Hoagland and Martin (1923), Yamaguchi (1935))。従つて榮養生理の研究を行ふに當つて、實驗材料の如何によつては水中培養を行ふ事は困難或は時に不可能な場合を生ずることなきを保し難い。特に林木稚苗の如きは、水稻の如き一種の沼澤植物と看做し得るものとは大いに趣を異にするが故に、樹苗の水中培養を行ふ事は實際に於けるその生育状態とは相當に著しい差のある事自明の理である。然るに水中培養聊困難と看做さるる樹苗に就いて、特に水中培養法を採用實驗を試みたるは、蓋此方法の榮養生理學研究上に於ける重要度に鑑みたるものであつて、之によつて本研究は 1. 窒素榮養問題の研究, 2. 實地應用に資すべき樹苗の養成撫育上に於ける基礎的事項, 3. 樹苗水中培養の能否, 等を闡明せんとするを目的とするものである。而して之がためには 1. 媒質水素イオン濃度と樹苗の生育, 2. 窒素源の種類と水素イオン濃度の變化, 3. 窒素源の種類と樹苗の生育との關係, の三項目に分ち實驗を進むる事にした。

本研究を草するに當りその一部を補助研究せる林學士佐々木信夫君に深謝し、同時に研究補助費を與へられたる王子製紙株式會社並研究上常に多大の便宜を與へられたる本學演習林長中島博士に感謝の意を表す。

II 媒質水素イオン濃度と樹苗の生育との關係

生物の生理現象の研究に水素イオン濃度が重大な影響を及ぼす事に就いての研究は動植物、醫學、農學方面に於て頗多い。今問題を植物學方面特に高等植物の榮養生理の範圍に限定するも多數の研究¹⁾がある。殊に農學方面に於ては特殊土壤たる酸性土壤、泥炭 (Yamaguchi, 1937) 又は只單に土壤の反應と農作物の生育との關係に就いては既に實地應用上の必要から種々の研究がなされつつある。此水素イオン濃度が植物の生理作用に及ぼす作用には、直接又は間接に、或は直間接の作用が同時に影響を及ぼす場合がある。而して林木或は樹苗の生育と cH とに就いての研究は極めて少い。特に樹苗の或一定期間に於ける生育と cH との關係の如き研究は一層乏しく、従つて樹苗の生育と cH との關係に就いては今後の研究を俟つて解決を要すべき點が多い。而も cH と林木稚苗の生育との關係に就いては明快なる解釋が與へられてゐない現状である。即 Lang (1926) の如きは林木の生育に對する水素イオン濃度の意義を殆ど認めない。併し Krauss (1924), Schmidt (1927), Wilde (1934) 及其他の諸氏は cH は林木又は樹苗の生育と關係ありと述べた。Dengler (1935) は cH

1) Arrhenius, O. (1926), Haas, A.R.C. (1927), Mevius, W. (1927), Kappen, H. (1929), Pirschle, K. (1929, a, b, 1931 a, b), Yamaguchi, S. (1929, 1935, 1937), Russel, E.J. (1932), Wieler, A. (1932), Clark, H.E. (1936).

(4)

は林地の雑草、土壤中の微生物の棲息に關係を有するものであつて、林木の生育には直接の影響を與へてゐないと。現時此問題に就いての實驗的研究は林學方面に於ては、他の部門の研究に比し、比較的僅少なるため斷定的の結論を與へ難い状態と看做すのが至當であらう。併し他の部門に於ける業績並に一部林學者の研究より見るに、稚齡期にある樹苗に於て水素イオン濃度が其生育に何等かの影響を與ふるものと考へらる。著者等は樹苗生育の基礎的研究をなすに當り、先づ水素イオン濃度が樹苗の生育に如何なる影響を與ふるものなりや、又その影響の作用並に機轉等を明ならしむる目的を以て本實驗を行ふに至つた。

實驗方法及材料

實驗用樹種はトドマツ (*Abies sachalinensis*), エゾマツ (*Picea jezoensis*), アカエゾマツ (*Picea Glehnii*), カラマツ (*Larix Kaempferi*), ヤマナラシ (*Populus Sieboldii*), アメリカヤマナラシ (*Populus nigra*) 等の樹苗にして、培養器物には磁器製容器又は硬質硝子製短試験管を用ひた。培養液はクノツプ氏液の $\frac{1}{20}$ 濃度のものを用ひ、夫に種々 pH 價の磷酸曹達混合液の一定量を加へて、實驗の初めに所要の pH 價を有する培養液を調製 (一定日數毎に培養液を更新) した。培養液の pH は培養の初めと終りに比色法 (Clark and Lubs) によつて測定し、その間樹苗特に根部の生育状況を觀察した。此等の實驗は總て硝子室及網室に於て行つた。培養液の組成は次の如し。

クノツプ氏培養液 ¹⁾	50cc
磷酸曹達混合液 ³⁾ M/5	50cc
水を加へて	1000cc

此培養液はクノツプ氏培養液の $\frac{1}{20}$, 又磷酸曹達の濃度は $\frac{M}{100}$ にして、培養液の pH は 2.5 乃至 9.0 の範圍内のものとなし各樹種によつて夫々の階梯に分つた。實驗中の硝子室の温度は次の如し。

6月1日～6月15日	5°—28.6°C	6月16日～6月30日	8°—23.5°C
7月1日～7月15日	13.8°—27°C	7月16日～7月31日	17°—30.8°C
8月1日～8月15日	20°—32°C	8月16日～8月31日	20°—31.4°C
9月1日～9月15日	12.5°—28°C	9月16日～9月30日	10.5°—23.5°C

1) クノツプ氏の $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{30}$ 濃度のものを夫々 K/10, K/20, K/30 と記す。

2) 硝酸カルシウム ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) 1.00g
 第一磷酸加里 ($\text{K}_2\text{H}_2\text{PO}_4$) 0.25g
 硫酸マグネシウム ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 0.25g
 鹽化加里 (KCl) 0.13g
 鹽化鐵 ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) (0.483g H_2O 100cc トナス) 0.4cc
 H_2O 1000cc

3) $\text{H}_3\text{PO}_4^{\text{M}/5}$, $\text{Na}_2\text{H}_2\text{PO}_4^{\text{M}/5}$, $\text{Na}_2\text{HPO}_4^{\text{M}/5}$, $\text{NaOH}^{\text{N}/10}$, $\text{HCl}^{\text{N}/10}$ 等を用ひて所定の pH 液を調製。

10月1日～10月15日 4.9—19°C 10月16日～10月30日 -1.8—19.6°C
 11月1日～11月15日 -2.5—17°C 11月16日～11月30日 -9.1—11.1°C

實驗 I 及 II (トドマツ)

昭和13年5月發芽せるトドマツ稚苗を圃場より注意深く掘り取り水洗、更に水道水のみにて一定期間培養せるものの内可及的大さの一様なるものを實驗に供した。此等の實驗結果(第1,2表及第一圖版A、B)を見るに、トドマツ稚苗は培養液の水素イオン濃度の異なるにつれ根部の發育は可なりの影響を受けた。即 cH の小なるアルカリ側及 cH の大なる酸性側にては共に發育は不良にして側根は少く、根部全體の發育も頗不良であつた。之に伴ひ葉色も黄味を帯び多少のクロロシスを起せるが如き状態を示した。併し大體に於て pH4.5—6.0 の範圍にては根部及地上部の發育は相當に良好であつた。

實驗 III 及 IV (エゾマツ)

實驗に用ひたエゾマツ稚苗は昭和13年6月發芽せるものにして、圃場より掘り取り水洗後、一定期間水道水のみにて豫備培養を終つたもの内から一様の大さのものを撰んで實驗に供した。此等の實驗結果は第3,4表及第二圖版A、Bに示す如くであつて、その生育狀況を見るに、エゾマツもトドマツの場合と同様に或範圍の pH 帯にて根部及地上部の發育は最良好である。之に反し極端なる強酸性側及アルカリ側に於ては根部及地上部の發育は、pH 5.0 附近に於けるものの發育に比し頗劣れるを見る。即生育の良好なるものにては、根部の主根は長く、側根は多く、根全體としての發育は極めて良い。又地上部特に葉色は著しく cH の差によつて異なる。

實驗 V 及 VI (アカエゾマツ)

實驗に用ひたアカエゾマツ稚苗は昭和13年5月初旬圃場に播種6月初旬發芽せるものにして、エゾマツ稚苗と同様に前處理を行つて供試した。この結果を第5,6表及第三圖版A、Bに就いて見るに、生育の最良好なる pH 帯は pH4.0 乃至 5.5 の範圍内である。pH 3.5 以上の酸性側及 pH 6.0 以上の弱酸性及アルカリ側に於ける根部の發育は頗不良にして根全體として貧弱な外觀を示した。特に pH 2.5 乃至 pH 3.0 附近に於ては根は高い酸度のために有害作用を受けたるが如き型狀を現はした。pH 8.5 附近に於ても強酸性の場合と同じく根は有害作用を受けたるが如きもその被害狀況は強酸性の場合とは多少異なる。

實驗 VII (カラマツ)

昭和13年5月初旬圃場に播種6月初旬發芽せる稚苗を掘り取り、水洗、水道水にて前培養後實驗に供した。この結果(第7表及第四圖版A)を見るに、pH 4.0 乃至 6.0 の範圍にて根部の生育は良好、強酸性及 pH 6.0 以上の弱酸性側にては生育は可なり不良であつた。併し各 pH 階の何れに於

(6)

でも大體根部の發育は正常でなかつた。猶著者等の實驗(未發表)によればカラマツ稚苗はトドマツ、エゾマツ等の如き樹種に比し水中培養には不適當であるらしい。

實 驗 VIII (ヤマナラシ)

稚苗は北海道網走郡呼人國有林産(昭和13年6月1日採取)の種子をペトリーシャーレ内の濾紙上にて發芽生長せしめ、更に硝子室にて其儘培養せるものを實驗に用ひた。その結果は第8表に示す通りであつて pH3.8—pH5.5 の範圍にて培養せる稚苗の葉色は綠色、形は大きく、又根部の發育も非常に良好であつた。猶この pH 價附近にては供試苗の枯損數も少かつた。併し強酸性側及アルカリ側にては枯損せる稚苗の本數多く、又地上部及根部の發育も貧弱であつた。

實 驗 IX (アメリカヤマナラシ)

アメリカヤマナラシ種子は北海道帝國大學農學部實驗苗圃内の該樹より昭和13年6月16日採種せるものにして、ヤマナラシと同様の方法にて稚苗を養成し實驗に供した。その結果(第8,9表第三圖版 B. C)を見るに根部及地上部の發育は pH3.5—4.5 附近にて最良好にして特に根部の發達の如きは、水邊に自然に生育せるものの夫とよく類似し、又葉色の如きも綠色大型にして發育の良好なる事が窺はれた。pH2.5 附近及 pH5.0 以上の酸性側又はアルカリ側にては第8及9圖に示す如く發育は pH4.0 附近のものに比すると可なり劣る。

上記實驗 I—IX の結果を通覽するに、培養液の pH の異なるにつれ各樹種稚苗根部の發育は著しい差を示した。即トドマツは pH4.0—6.0 の範圍にて葉は綠色を呈し外觀頗強健にして發育の良好なるを示し、エゾマツは pH5.0 附近、アカエゾマツは pH4.0—5.5 附近にて共に最良であつた。又ヤマナラシ、アメリカヤマナラシにては生育の最良なる pH 帯は pH4.5 及 pH4.0 附近にあつた。今この結果から見るにヤマナラシ、アメリカヤマナラシの二潤葉樹稚苗生育の良好なる pH 帯は針葉樹の夫に比しより酸性側にある事が認められる。要するに本實驗の結果は水素イオン濃度の差によつて樹苗發育程度の異なる事を明示するものである。林木の生育と土壤酸性問題特に土壤活性酸度との關係に就いての從來の研究を見るに、Barker(1925)、Lang(1926) は水素イオン濃度と林木の生育とは無關係なりとし、Dengler(1935) は直接的の意義を認めざる事既述の如し。又重大なる意義を認めざるまでも或程度の關係を是認する人々に Sampson(1912)、Wherry(1922)、Kraus(1924)、Nemec und Kvapil(1924)、Baker(1925)、守屋(1925)、大政(1929, 1931)、Howell(1932)、Nemec(1932)、Wieler(1932)、Süchting、Jessen und Maurmann(1935) 等がある。以上の人々は夫々の實驗に於て森林土壤の酸度と林木又は樹苗の生育とに相當の關係を認めた。この他 Wieler(1932)の如きは煙害の本質を土壤の活性酸度の増大に歸した。又林地の石灰問題に關する Silva(1934)の研究によれば土壤の水素イオン濃度は嫌石灰植物に重大な意義を有すと。此等研究の大部分には何故に土壤の

水素イオン濃度が林木の生育に無関係であるか、或は如何にして影響を與ふるかに就いては記す處少い。勿論水素イオン濃度の變化が植物の生育に及ぼす影響は實に複雑な現象であつて、之を學理的に解釋するには尙幾多の研究を要すべきの現状である。然るに或は周到精密なる實驗的研究によらずして、この水素イオン濃度と林木の生育とは無関係なりと結論し、或は單に關係ありとし、その因果關係未だ不鮮明なるを免がれぬ。

尙土壤酸度と林木又は樹苗の生育とが關係ありと報告せる人々の實驗結果も、水素イオン濃度が林木の生育上に意義なしとの説を充分に批判するに足りない感がある。天然林に於ける森林土壤の反應は大體pH4.5→5.5→6.0附近のものが多し (Nemec und Kvapil (1924, 1935), Nemec (1935), Krauss (1924), Hartmann (1925), Scharrer und Schropp (1935), 森田 (1937), Okada (1938))。

本實驗の結果によれば、稚苗は大體pH4.0→6.0の範圍にて生育は頗良好である。本結果及前記諸氏の研究による森林土壤のpH價とを考ふる時は、林木は水素イオン濃度に關する限り大體己に自己の生育に好都合なる土壤状態に生活するものと認めらるるものにして、即現存の林木は、何れも自己の生育に最適の水素イオン濃度の帯内に生育せる稚苗が、良好なる生育を遂げて森林を形成せるに至れるものと考へらる。而して此等稚苗は己に生育に良好なるpH帯内にあるを以て甲乙兩地間に或程度のpH價の變異(pH1.0以内)があつても、その兩地間の樹種生育の間に優劣の差を現はさざりし結果、恰も水素イオン濃度そのものが林木の生育には關係なしとの結論を下せるに至りしものとも思惟せらる。

III 窒素源の種類と水素イオン濃度の變化

植物の培養に當り媒質の水素イオン濃度は培養中に常に變化する。このpH變化の著しい例は植物の水中培養にては頗明瞭に認められる (Jones and Shive (1922), Davidson and Wherry (1924), Loo (1927, a, b), Fukaki (1929), Yamaguchi (1929, 1935))。この媒質水素イオン濃度の變化は主として、培養液中の鹽類イオンの不平等吸収に基くものである事は一般に認められてゐる。而してこの變化の程度は培養方法の如何に拘らず常に與へたる榮養鹽類の種類と濃度及此等の組合せとによつて異なる。特に液中にて緩衝的に作用する物質の存在する場合はこのものによつてpHの變化は相當に左右せられる。又之と同様にpHの變化を起すものは窒素源として與へらるる窒素榮養鹽類である。この窒素榮養鹽類が反應上の變化から生理的酸性、生理的中性、及生理的アルカリ性窒素肥料等に分類せらるるものは全く此等窒素源の二次的反應變化を考慮してなされた分類である事は勿論の事である。而して此水素イオン濃度は前實驗(實驗I—IX)に述べた如くトドマツその他樹苗

(8)

の發育上に至大の影響を及ぼす。そこで問題はこの窒素源は、一方栄養源として植物の生育に役立つ、他方第二次的には媒質の反應の變化を起して植物に相當大なる影響を與へる。従つて窒素鹽類は此二つの原因が兩々相俟つて植物の生育を支配するものである事は從來の研究によつて相當認められつつある事實¹⁾である。仍て種々の窒素源を施與し樹苗を水中培養せる場合にその媒質の pH が如何に變化するかを見るために本實驗を行つた。

實驗方法及材料

實驗植物としてはトドマツ²⁾ エゾマツ³⁾ アカエゾマツ⁴⁾ 等の圃場に生育せる稚苗を掘り取り水洗、更に水道水にて一定期間前培養を行ひたる後實驗に用ひた。培養液はクノツブ氏培養液を基とし、その濃度はクノツブ氏のものの $1/10$ 及 $1/30$ の二種となし、窒素源としては $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NaNO_3 , NH_4NO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ の四種を用ひ、その各鹽類中の窒素量が當量になる様にした。又硝酸カルシウムのカルシウムは、鹽化カルシウム ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) を以て當らしめその量を殊に $1/10$ となした。その絶對量とカルシウムの量を減ぜし點とに就いては水素イオン濃度と樹苗の生育との關係の部に既述した。培養液の組成は次の如し。

I. 鹽類液

第一磷酸加里 (KH_2PO_4)	0.25g
硫酸マグネシウム ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0.25g
鹽化加里 (KCl)	0.12g
鹽化鐵 ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ⁵⁾	0.4cc

II. 窒素源

(1) 硝酸カルシウム ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)	1.0g
(2) 硝酸曹達 (NaNO_3)	1.0362g
(3) 硝酸アムモニア (NH_4NO_3)	0.9053g
(4) 硫酸アムモニア ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)	0.4877g

III. 鹽化石灰 ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	0.0089g
---	---------

上記 I, II 中の何れか一種、更に硝酸カルシウム以外の窒素源を用ふる場合には之に III の鹽化石灰を加へて 1 立の水にて溶解し種々の培養液を調製した。

1) Fukaki, S. (1929), Loo, T. L. (1931), Yamaguchi, S. (1929, 1935), Pirschle, K. (1931), Mevius, W. (1928), Mevius, W. und Engel, L. (1929), Clark, H. E. (1936).

2) トドマツ：北海道帝國大學天鹽第二演習林昭和12年産種子，昭和12年秋播又ハ同13年春播。

3) エゾマツ：同上天鹽第一演習林昭和11年及12年産種子，昭和12年又ハ同13年春播。

4) アカエゾマツ：同上天鹽第二演習林昭和11年又ハ12年産種子，昭和12年又ハ同13年春播。

5) 0.483gを水にとかして 100ccとなす。

實驗は硝子室及網室にて行つた。培養には内容 400cc 及 850cc 入の磁器製容器を用ひ、樹苗の培養を行ひ、その液の pH は毎日 Clark 及 Lubs 氏の比色法によつて測定し、不足せる水分は毎日注加した。(實驗中の氣温は實驗 I の部参照)。

實驗の結果は次の如し。

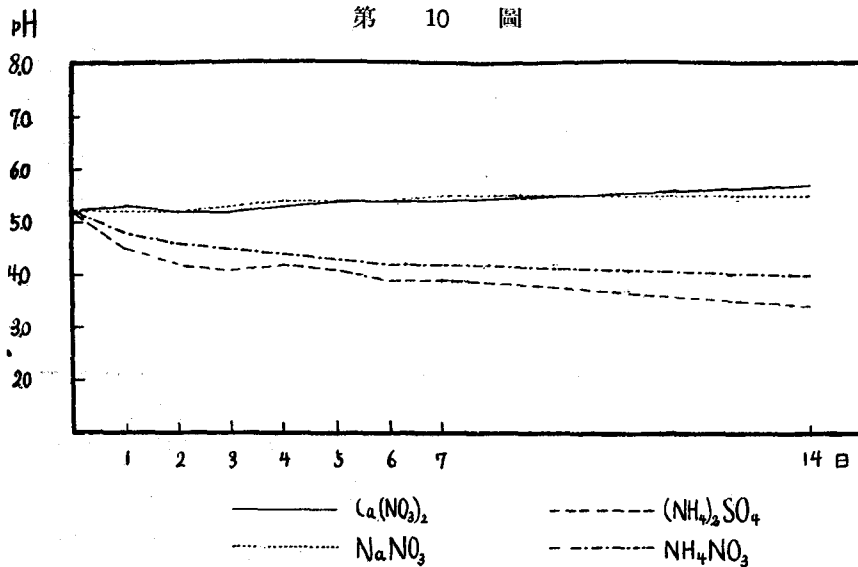
實驗 X, XI.

トフマツ：稚苗は昭和13年春播春發芽，實驗期間昭和13年7月27日—8月10日，培養液 400cc，稚苗 3 本植付け。

第 10 表 (トフマツ, K_{10})

窒素源	in pH	pH							
		1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	14日
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	5.2	5.3	5.2	5.2	5.3	5.4	5.4	5.4	5.7
NaNO_3	5.2	5.2	5.2	5.3	5.4	5.4	5.4	5.5	5.5
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	5.2	4.5	4.2	4.1	4.2	4.1	3.9	3.9	3.4
NH_4NO_3	5.2	4.8	4.6	4.5	4.4	4.3	4.2	4.2	4.0

第 10 圖

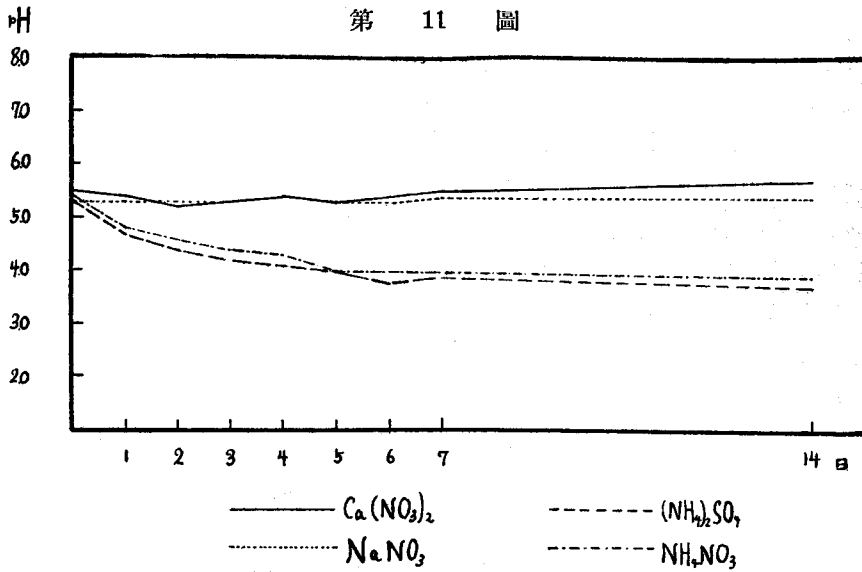


1) 實驗期間，培養液量，稚苗數は第11表乃至15表及19表，20表に共通。

(10)

第 11 表 (トフマツ, K/30)

窒素源	in pH	pH							
		1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	14日
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	5.5	5.4	5.2	5.3	5.4	5.3	5.4	5.5	5.7
NaNO_3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.4	5.3	5.3	5.4	5.4
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	5.3	4.7	4.4	4.2	4.1	4.0	3.8	3.9	3.7
NH_4NO_3	5.4	4.8	4.6	4.4	4.3	4.0	4.0	4.0	3.9



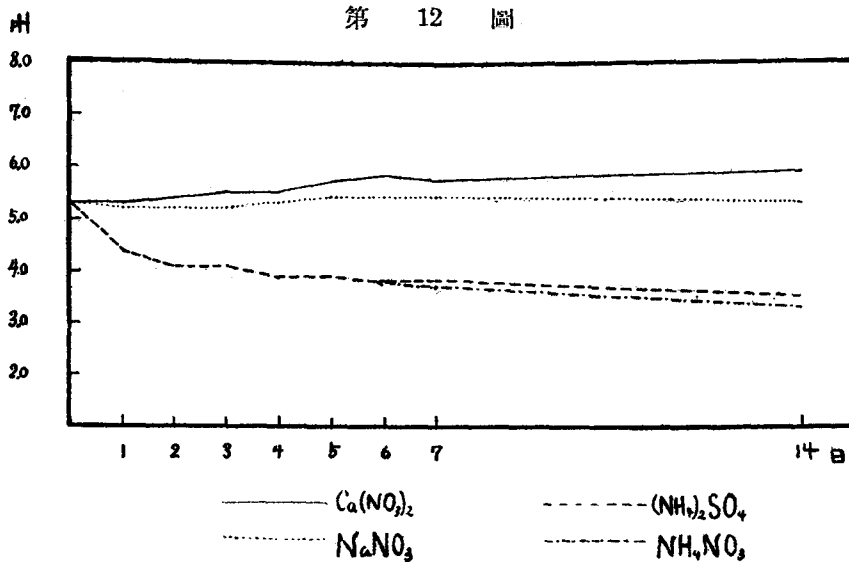
実験 XII, XIII.

トフマツ：稚苗は昭和12年秋播13年春發芽。

第 12 表 (トフマツ, 秋播, K/10)

窒素源	in pH	pH							
		1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	14日
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	5.3	5.3	5.4	5.5	5.5	5.7	5.8	5.7	5.9
NaNO_3	5.3	5.2	5.2	5.2	5.3	5.4	5.4	5.4	5.3
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	5.3	4.4	4.1	4.1	3.9	3.9	3.8	3.8	3.5
NH_4NO_3	5.3	4.4	4.1	4.1	3.9	3.9	3.8	3.7	3.3

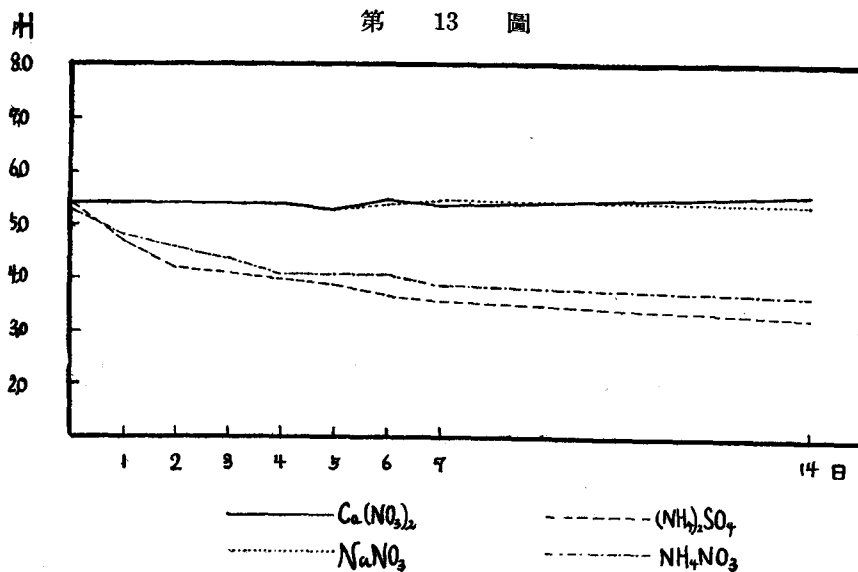
第 12 圖



第 13 表 (トフマツ, 秋播, $\text{K}/_{30}$)

窒素源	in pH	pH							
		1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	14日
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.3	5.5	5.4	5.6
NaNO_3	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.3	5.4	5.5	5.4
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	5.4	4.7	4.2	4.1	4.0	3.9	3.7	3.6	3.3
NH_4NO_3	5.3	4.8	4.6	4.4	4.1	4.1	4.1	3.9	3.7

第 13 圖



(12)

實驗 X—XIII の結果を見るに、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 或は NaNO_3 を窒素源としてトドマツ稚苗を水中培養せる場合、その培養液の反應は酸性低下し $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ には大體 pH5.9, NaNO_3 には pH5.4 附近となつた。又 NH_4NO_3 或は $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ を窒素源とせるものにては培養液の反應は酸性向上した。即 NH_4NO_3 には pH3.7 附近に、又 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ には pH3.3 となつた。反應變化の度は秋播種子による稚苗の方春播種子による稚苗を培養せる場合よりも常に大であつた。以上 4 種の窒素源を與へた場合の反應變化の程度は要するに稚苗生育の程度と、培養液の濃度とによつて種々の場合を生じた。即秋播にて春季早々發芽し生育の良好なるものは、春季晩く發芽せるものより變化を起す度は強く、又培養液の濃度の低いものにては高いものよりも反應變化の度は小であつた。

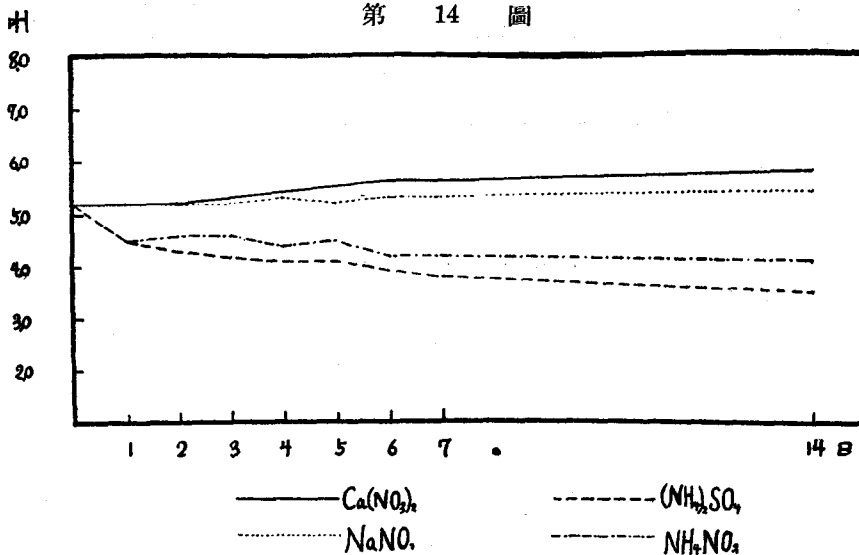
實驗 XIV, XV.

エゾマツ：稚苗は昭和13年春播春發芽。

第 14 表 (エゾマツ, K_{10})

窒素源	in pH	pH							
		1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	14日
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	5.2	5.2	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.6	5.8
NaNO_3	5.2	5.2	5.2	5.2	5.3	5.2	5.3	5.3	5.4
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	5.2	4.5	4.3	4.2	4.1	4.1	3.9	3.8	3.5
NH_4NO_3	5.2	4.5	4.6	4.6	4.4	4.5	4.2	4.2	4.1

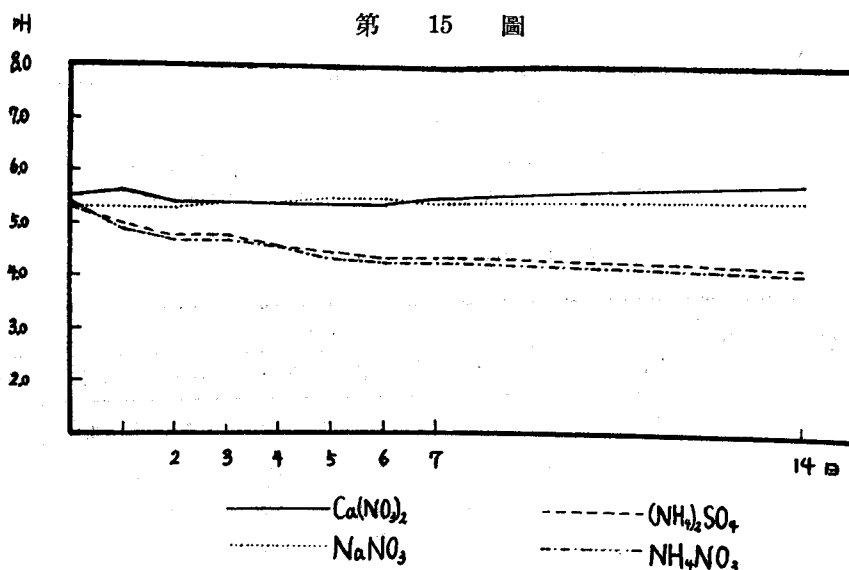
第 14 圖



第 15 表 (エゾマツ, K/30)

窒素源	in pH	pH							
		1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	14日
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	5.5	5.6	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.5	5.8
NaNO_3	5.3	5.3	5.3	5.4	5.4	5.5	5.5	5.4	5.5
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	5.3	5.0	4.8	4.8	4.6	4.5	4.4	4.4	4.2
NH_4NO_3	5.4	4.9	4.7	4.7	4.6	4.4	4.3	4.3	4.1

第 15 圖



実験XVI, XVII.

エゾマツ：稚苗は昭和12年春播同年春發芽，實驗期間昭和13年7月30日—8月13日，培養液400cc，稚苗3本植付け。

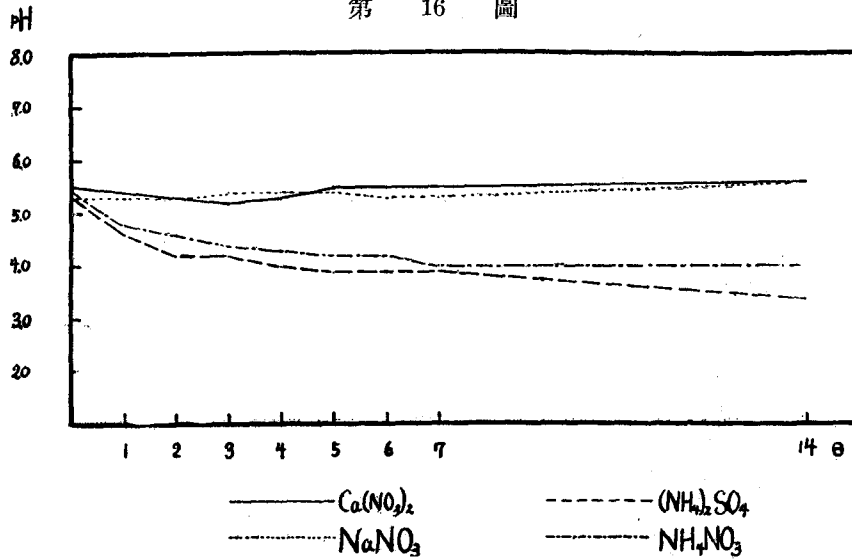
第 16 表 (エゾマツ, K/10)

窒素源	in pH	pH							
		1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	14日
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	5.3	5.6	5.5	5.7	6.0	6.0	6.2	6.2	6.2
NaNO_3	5.3	5.6	5.7	5.7	6.1	6.1	6.4	6.4	6.7
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	5.3	3.9	3.8	3.7	3.4	3.4	3.2	3.2	3.0
NH_4NO_3	5.3	4.4	4.3	4.1	3.9	3.9	3.9	3.8	3.5

1) 實驗期間其他は17表, 18表, 20表及21表に共通。

(14)

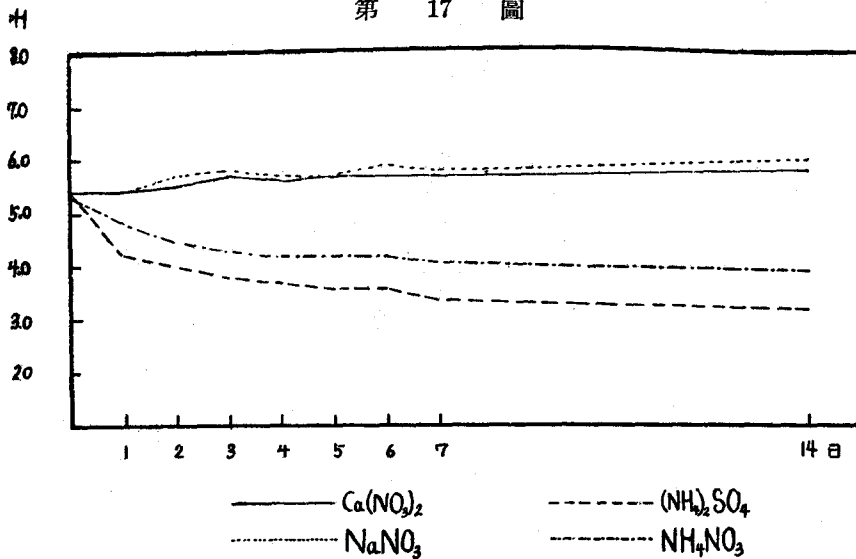
第 16 圖



第 17 表 (エゾマツ, $\text{K}/30$)

窒素源	in pH	pH							
		1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	14日
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	5.4	5.6	5.7	5.8	6.0	6.0	6.1	6.1	6.0
NaNO_3	5.4	5.4	5.7	5.9	5.8	6.0	6.0	6.2	6.1
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	5.4	4.1	3.9	3.6	3.5	3.3	3.2	3.2	3.2
NH_4NO_3	5.3	4.2	4.2	4.0	4.0	3.9	4.0	3.9	4.3

第 17 圖

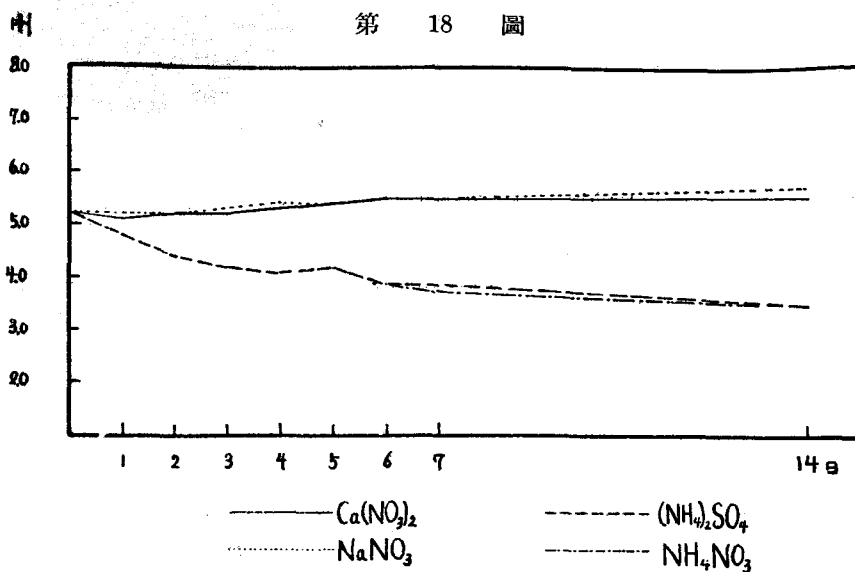


實驗XVIII, XIX.

アカエゾマツ：稚苗は昭和13年春播春發芽。

第 18 表 (アカエゾマツ, K/10)

窒素源	in pH	pH							
		1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	14日
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	5.2	5.1	5.2	5.2	5.3	5.4	5.5	5.5	5.5
NaNO_3	5.2	5.2	5.2	5.3	5.4	5.4	5.5	5.5	5.7
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	5.2	4.8	4.4	4.2	4.2	4.2	3.9	3.9	3.5
NH_4NO_3	5.2	4.8	4.4	4.2	4.1	4.2	3.9	3.8	3.5

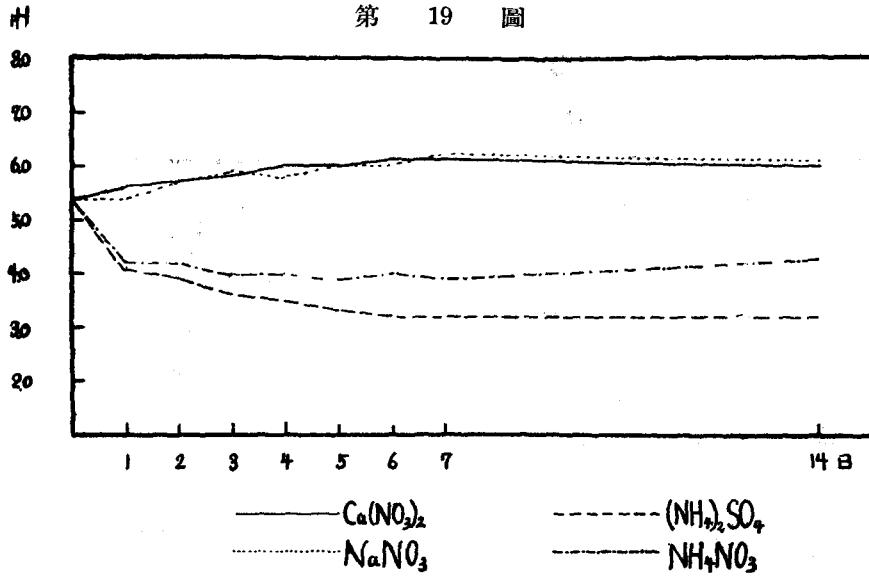


第 19 表 (アカエゾマツ, K/30)

窒素源	in pH	pH							
		1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	14日
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	5.5	5.4	5.3	5.2	5.3	5.5	5.5	5.5	5.6
NaNO_3	5.3	5.3	5.3	5.4	5.4	5.4	5.3	5.3	5.6
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	5.3	4.6	4.2	4.2	4.0	3.9	3.9	3.9	3.4
NH_4NO_3	5.4	4.8	4.6	4.4	4.3	4.2	4.2	4.0	4.0

(16)

第 19 圖



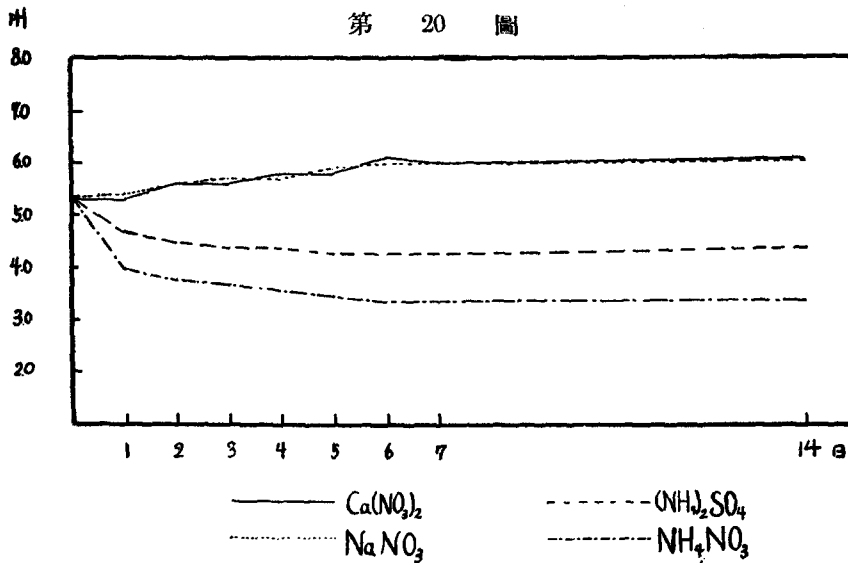
實驗 XX, XXI.

アカエゾマツ：稚苗は昭和12年春播同年春發芽。

第 20 表 (アカエゾマツ, $\text{K}/_{10}$)

窒素源	in pH	pH							
		1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	14日
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	5.3	5.3	5.6	5.6	5.8	5.8	6.1	6.0	6.1
NaNO_3	5.3	5.4	5.6	5.7	5.7	5.9	6.0	6.0	6.1
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	5.3	4.7	4.5	4.4	4.4	4.3	4.3	4.3	4.4
NH_4NO_3	5.3	4.0	3.8	3.7	3.6	3.5	3.4	3.4	3.4

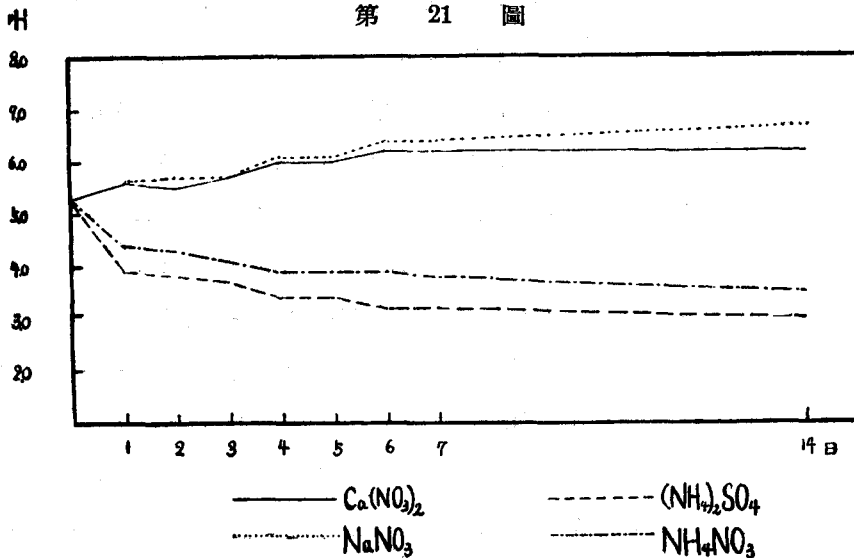
第 20 圖



第 21 表 (アカエゾマツ, $K/30$)

窒素源	in pH	pH							
		1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	14日
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	5.4	5.4	5.5	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.8
NaNO_3	5.4	5.4	5.7	5.8	5.7	5.7	5.9	5.8	6.0
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	5.4	4.2	4.0	3.8	3.7	3.6	3.6	3.4	3.2
NH_4NO_3	5.3	4.8	4.5	4.3	4.2	4.2	4.2	4.1	3.9

第 21 圖



上記実験結果(第14—17表及第14—17圖)を見るに、 NaNO_3 及 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ を窒素源とせるものの培養液の反応変化は何れも酸性低下し、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ にてはpH5.8—6.2、 NaNO_3 にてはpH5.5—6.7附近となりしも、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ にてはpH3.0—4.2、 NH_4NO_3 にてはpH3.5—4.0附近となり後の兩者共酸性は向上した。而して反応変化の程度はトドマツの場合と同じく、培養液の濃度の高きものにては低きものよりも変化の度は大きく、又稚苗の年齢の大なるものにては小なるものよりも反応変化の度は大である。

次にアカエゾマツ稚苗を培養せる場合の反応変化の実験結果(第18—21表及第18—21圖)を見るに培養液反応変化の傾向はエゾマツの場合と全く同様である。

実験X—XXIの結果(第10—21表及第10—21圖)を綜合觀察するに、トドマツ、エゾマツ、アカエゾマツの三樹種共生程度の如何に拘らず、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 、 NaNO_3 を窒素源とせる時は培養液の反応は酸性低下し、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 又は NH_4NO_3 の時は酸性は向上せし事は前述の如くである。培養中に

於ける培養液の斯くの如き反應の變化に就いては林木以外の種々の高等植物を用いた實驗報告¹⁾既に多く、斯かる反應變化は培養液中より植物根による NH_3 , NO_3 の吸収量又は他のイオンの吸収量が異なるために或は液中に於ける NO_3/NH_3 の比の大小によつて起るものであると解釋せらる (Loo (1927 a, b, 1931), Trelease, S. F. and Trelease, H. M. (1935)). 又反應變化の他の一原因としては植物根による酸又はアルカリ或は他のイオンの浸出が問題となる。併し著者の一人 (山口) の實驗によるも實驗的に證明し得る物質の根部からの浸出は認められなかつた。

偕て本實驗に於ける反應變化の度を見るに、稚苗の年齢の大なるものは小なるものより變化の程度は大きい。此の反應變化から考ふるに一年生又は生育のより少ない稚苗と、二年生のものにては、 NO_3 と NH_3 の吸収比 (NO_3/NH_3) が異なるに非ざるかと考へらる。Trelease, S. 及 Trelease, H. M. (1935) の小麥による實驗によれば、小麥の生育初期に NH_4^+ は NO_3^- よりもよく吸収せられ、その結果酸性は向上するも、數週間後には NH_4^+ と NO_3^- の吸収は逆となり、反應變化の方向も逆となると。而して NH_3 と NO_3 の吸収量が植物の生育程度によつて異なるのは、恐らく根部細胞の原形質状態が生育の初期と後期にては異なり従つて、 NH_3 又は NO_3 に對する原形質膜の透過性の如きものが變化しその結果吸収量は異なり、従つて液の反應も夫々の方向に向つて進むものと考へらる。此等の點に就いては今後の研究に俟つ。一方培養液の反應變化は窒素源の種類、濃度等によつて異なるものである事は本實驗結果 (實驗 X—XXI) より明である。即培養液の濃度の高きものの pH の變化は、低きものの夫よりも大であつた事は、液中に吸収せらるるものの多量に存在するがために、吸収による變化が培養液に與ふる影響の大なる事を意味するものである。深城 (1929) は水稻の實驗にて之と同様の事實を報告した。此點に於ては本實驗結果が樹苗を用いたものであつても、よく同氏の結果と一致する。結局培養液濃度の高低によつて反應變化の異なる事は液中の溶質の量的關係に基因するものと考へらる。

要するに本實驗に於ける培養液の pH 變化は 1. 培養液濃度及植物の生育程度によつて pH の變化の程度の異なる點, 2. 從來の研究結果, 3. 健全状態にては根部により液中に物質を浸出せざる事, 等から綜合考察するに、培養液中の鹽類イオンの不平等吸収によつて惹起せらるるものと看做す事が出来る。

1) Loo, T.L. (1927 a, b), Fukaki, S. (1939), Yamaguchi, S. (1929, 1935), Clark, H. E. and Shive, J.W. (1934), Jones, L.H. and Shive, J.W. (1923).

IV 窒素源の種類と樹苗の生育との関係

植物に施與せる窒素源がアムモニア態なるか、硝酸態なるか又は有機態なるかに因つて植物の生育は非常に異なる (Nagaoka (1904), Willis and Carrero (1923), Fukaki (1927), Loo (1927 b, 1928), Metzger and Janssen (1928), Yamaguchi (1935), Marthaler (1937), Bauer (1938))。而も此場合植物の種類及生育程度の如何によつて植物の生育に及ぼす窒素源の影響は勿論異なる。以上は農作物に就いての研究結果である。而して樹苗の生長と栄養との関係を見るに、樹苗の生育経過と農作物の夫とは著しき差があり、且養分要求度の大なりと看做さるる稚齡期に於てさえ一般には施肥を受くる事なく、天然の栄養分によつてのみ生育するのである。一方從來の肥料試験を見るに施與せらるる肥料分は徒に濃度の高い傾向にあつて、天然状態に於ける實際の栄養分との関係を考慮する點に於て充分とは云ひ難い。要するに林木は長期間に亙り生長するものであり、且天然には栄養分に頗乏しい状態に生育するものである事は、林木の生育と栄養源との関係が農作物の場合とは何等かの相違を有するものに非ざるかを考慮するの餘地がある。宜しくその栽培條件等に就いて充分吟味すべきである。特に北海道以北寒帯林の最主要林木たるトドマツ、エゾマツ、アカエゾマツに就いては此種研究極めて乏しい。仍て窒素栄養に對する此等三樹種の特性を知るために本實驗を行つた。

實驗方法及材料

實驗植物にはトドマツ、エゾマツ、アカエゾマツ稚苗¹⁾を用ひた。培養液はクノツブ氏培養液を基に調製せるものにして、その濃度はクノツブ氏液の $\frac{1}{10}$ 及 $\frac{1}{30}$ にして、培養液の組成及調製法等は前述の窒素源の種類と水素イオン濃度の變化の部に記述せるものと全く同様なり。實驗は硝子室及網室にて行ひ、培養器物としては内容 400cc 及 850cc 入の磁器製容器を用ひた。培養液は夫々一定期間毎に更新し又液の pH は Clark 及 Lubs 氏の比色法にて測定し、不足水分は時々注加した。實驗中の気温は實驗 I の部に記せり。實驗結果は次の如し。

實驗XXII, XXIII.

トドマツ：稚苗は昭和13年春播春發芽，培養液濃度 $\frac{K}{10}$, $\frac{K}{30}$ ，實驗期間昭和13年6月29日—11月2日，培養液 400cc，一容器3本宛植付け。(第22表, 23表, 第五圖版, A. B)

實驗XXIV, XXV.

トドマツ：稚苗は昭和12年秋播昭和13年春發芽，培養液濃度 $\frac{K}{10}$, $\frac{K}{30}$ ，實驗期間昭和13年6月9日—9月24日，培養液 400cc，一容器3本宛植付け。(第24表, 25表, 第五圖版, C. D)

1) 前述の II 水素イオン濃度の變化の部に記載せるものと同様なり。

上記の結果(第22表—25表, 第五圖版, A. B. C. D)を見るに培養液の濃度 $K/_{10}$ 及 $K/_{30}$ の場合秋播及春播トマツ稚苗の生育を乾燥量及外觀を基準に綜合考察するに $(NH_4)_2SO_4$ にて生育最良, $NaNO_3$ にて最劣, $Ca(NO_3)_2$ 及 NH_4NO_3 にては前兩者の中間である。即 $Ca(NO_3)_2$ 及 $NaNO_3$ を窒素源とせる時は葉色は黄綠色にしてクロロシスを起し葉は小形, 根部は灰黑色を呈し, 植物全體としての生育は頗不良である。之に反し $(NH_4)_2SO_4$ 及 NH_4NO_3 を窒素源とせるものにては葉は濃綠色にして大形, 根部は褐色にして多數の側根を有し, 特に $(NH_4)_2SO_4$ によるものは全體としての發育は最良好であつた。根部の生育は第五圖版 C. D を見るに $NaNO_3$ を窒素源とせるもの最不良である。又根色と根型とを見るに $(NH_4)_2SO_4$ 又は NH_4NO_3 を窒素源とせるものの根は自然に土壤に生育せるものの夫に極めて近似せるも, $Ca(NO_3)_2$ を窒素源とせる稚苗にては之と全く異なる型を示した。次に培養液の濃度と稚苗生育との關係を見るに培養液の濃度 $K/_{10}$ のものは $K/_{30}$ のものよりも乾燥量は大にして生育の良好なりし事を示す。併し窒素源の相違によつて現はれたる葉色, 根色, 根型等の變化の特徴は培養液濃度の高低に關係なく常によく現はれた。猶培養中の液の pH は $(NH_4)_2SO_4$, NH_4NO_3 にては大體 pH5.2—3.5 附近に, 又 $NaNO_3$, $Ca(NO_3)_2$ は pH5.2—5.9 附近であつた。

實驗 XXVI.

トマツ：稚苗は昭和12年春播同年春發芽, 培養液の濃度 $K/_{10}$, 實驗期間昭和13年6月8日—11月24日, 培養液400cc, 1本宛植付け。(第26表及第六圖版, A. B)

實驗結果(第26表)を見るに窒素源として $(NH_4)_2SO_4$ を用ひたるものの葉色は濃綠にして, その形も大きく發育は全體的に頗良好であつたが, $Ca(NO_3)_2$, $NaNO_3$ 等を用ひたるものにては葉緑は可なり淡く多少黄味を帯びてゐた。又根部の發育を見るに $NaNO_3$ 又は $Ca(NO_3)_2$ にては白色にして根全體として頗細長く且根冠附近に黑色の部多い。 $(NH_4)_2SO_4$ 又は $NaNO_3$ にては根部は短小にして大體太い傾向がある。水道水又は自然の土壤中に生育せるものの根は細長い。併し根全體の外觀は水道水に培養せるものはその發育は頗貧弱である(第六圖版, A)。 $(NH_4)_2HPO_4$ にては根組織は軟化の傾向があつて正常の生育状態にあるとは認められなかつた。窒素源の種類と根部の生育とを第六圖版, A. B に就いて見るに, 大體根部の外觀は水道水のもの自然の土壤に生育せるものに近く, $(NH_4)_2SO_4$, NH_4NO_3 等にては短い傾向があり, $Ca(NO_3)_2$, $NaNO_3$ にては細長となる。この點から見るに根型及根の太さ, 側根の出方等は榮養鹽類の種類によつて非常に異なる事が認められる。

實驗 XXVII, XXVIII.

エゾマツ：稚苗は昭和13年春播春發芽, 培養液濃度 $K/_{10}$, $K/_{30}$, 實驗期間昭和13年6月29日—11月2日, 培養液850cc, 一容器3本植付け。(第27表, 28表, 第七圖版, A. B)

實驗 XXIX, XXX.

エゾマツ：稚苗は昭和12年春播同年春發芽，培養液濃度 $K/10$, $K/30$ ，實驗期間昭和13年6月9日—9月24日，培養液400cc，一容器3本植付け。(第29表，30表，第七圖版，C)

實驗27—28の結果(第27，28表，第七圖版，A. B)によれば，エゾマツ一年生稚苗は培養約2ヶ月にして窒素源の差によると看做さるる外觀上の差異を明瞭に現して來た。即窒素源として $(NH_4)_2SO_4$ を用ひたるものの葉は濃綠色頗強く葉形も大きく約1.5—1.0cmであつた。之に反し $NaNO_3$ によるものの葉色は黄綠色にして多少クロロシスを起し，又葉も小形にして其最大針葉にても0.8—0.5 cm餘である。根系の發育は培養液の濃度 $K/10$ にては $(NH_4)_2SO_4$ 最良，次で NH_4NO_3 ，最劣れるは $NaNO_3$ によるものであつた。併し培養液の濃度 $K/30$ にては NH_4NO_3 によるものの生育は最良 $(NH_4)_2SO_4$ は第2位， $NaNO_3$ によるものは最不良であつた。培養液の反應變化はその濃度 $K/10$ 及 $K/30$ 共に $Ca(NO_3)_2$ ， $NaNO_3$ は酸性低下し， $(NH_4)_2SO_4$ ， NH_4NO_3 は酸性向上した。併しこの反應變化の度は培養液の濃度 $K/10$ の方が $K/30$ よりも常に大であつた。次に培養液の濃度と生育との關係を見るに，窒素源の如何に拘らず $K/10$ のものは $K/30$ よりも常に生育は良好であつた。この事は培養中の窒素その他の營養鹽類の多少によつて結果せるもの，即營養に富めるものは生育良く，營養分に不足せるものは生育劣れるものと解釋すべきである。要するに乾燥量より稚苗の生育を考ふるに，稚苗の生育は酸性向上を來たす $(NH_4)_2SO_4$ 及 NH_4NO_3 にて良好にして，酸性低下を來たす $NaNO_3$ 及 $Ca(NO_3)_2$ にては不良であり，而も此傾向は培養液の濃度の如何に拘らず常に同一であつた。

次に實驗29及30の結果(第29，30表及第七圖版，C)に就いてエゾマツ二年生稚苗の生育を乾燥量及外觀を基に見るに，窒素源として $(NH_4)_2SO_4$ 又は NH_4NO_3 を用ひたるものよりも $NaNO_3$ 又は $Ca(NO_3)_2$ を用ひたる場合は遙に良好であつた。而も此等の場合培養液水素イオン濃度の變化の傾向等は全くエゾマツ1年生稚苗の場合と同一である。然るに本實驗29及30に於ける稚苗の生育と窒素源との關係は1年生の場合の夫とは全く異なる。斯くの如く窒素源の種類と稚苗の生育との關係が1年生の場合と2年生の場合とにて全く異なる事は培養液濃度の如何によつて左右せられなかつた。

實驗XXXI, XXXII.

アカエゾマツ：稚苗は昭和13年春播同年春發芽，培養液濃度 $K/10$, $K/30$ ，實驗期間昭和13年6月29日—11月2日，培養液400cc，一容器3本宛植付け。(第31表，32表，第八圖版，A. B)

實驗XXXIII, XXXIV.

アカエゾマツ：稚苗は昭和12年春播春發芽，培養液濃度 $K/10$, $K/30$ ，實驗期間昭和13年6月9日—9月24日，培養液400cc，一容器3本宛植付け。(第33表，34表，第八圖版，C)

實驗31，32の結果を見るに稚苗の生育は $(NH_4)_2SO_4$ ， $Ca(NO_3)_2$ ， NH_4NO_3 を窒素源とせる場合

非常に良好 NaNO_3 を用いた場合は最不良であつた。(第31表, 32表及第八圖版, A. B) 即 NaNO_3 を窒素源とせる稚苗の葉色は黄綠色, 根は黒味を帯び發育は頗不良なりしも, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 及 NH_4NO_3 にては葉色は濃綠色, 根は褐色にして, 葉も頗大であつた。

培養液の濃度 $\text{K}/_{10}$ の場合アカエゾマツ二年生稚苗の生育状況を第33表及第八圖版Cとに就いて見るに NH_4NO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ にては良好, NaNO_3 及 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ にては不良であり, 又根部の生育は硝酸鹽の場合良好, アムモニア鹽にては劣る結果を得た。液の濃度 $\text{K}/_{30}$ の場合を第34表にて見るに, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 及 NH_4NO_3 を窒素源とせるものにては實驗植物の枯死せるもの多く, NaNO_3 によるものの葉は綠色を呈し而も實驗植物は全部よく生育した。此場合培養液の pH は $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 及 NH_4NO_3 にありては pH3.3 附近となり, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NaNO_3 にては pH5.8 附近であつた。曩に述べた水素イオン濃度と稚苗の生育との實驗結果 (第5, 6表) を見るに pH4.3—6.0 の範圍にてアカエゾマツの根部は最良の生育を示し, pH3.0—3.5 附近にては生育が可なり不良であつた。此水素イオン濃度と稚苗生育との實驗結果と本實驗の結果 (第33, 34表及第33圖) とを彼我考察するに NaNO_3 又は $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ を與へたる場合に二次的に起つた液の pH の變化は稚苗の生育に好都合の範圍にありしも, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 又は NH_4NO_3 の場合の pH 範圍は生育に好都合でなかつたものと考へらる。猶 NaNO_3 と $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ との場合を比較するに譬へ液の pH は兩窒素鹽共に生育に好都合の範圍であつたにせよ, NaNO_3 鹽中の Na イオンの作用が Ca イオンの夫よりも植物根部の生育に悪影響を及ぼし, その結果發育は $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 > \text{NaNO}_3$ となりしものと看做さる。

實驗1—34の結果を通覽するに 1. 窒素源の差は植物の生育を異ならしめ, 2. 窒素源の差は培養液の水素イオン濃度の變化を異ならしめ, 3. 液の水素イオン濃度の差は稚苗の生育を左右する等の結果を得た。この三つの事實は程度の差こそあれ, トドマツ, エゾマツ, アカエゾマツの3種に共通な現象であつた。併し此等樹苗の生育と窒素源の種類との關係と順序とは共通的に一致せるものではなく, 特に稚苗の生育の差, 年齢の相違等によつて著しく相互に異なる場合を生じた。例へばトドマツ, エゾマツ, アカエゾマツの1年生にては稚苗全體の生育は $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 最良, NaNO_3 は最不良であつたが, 此等2年生稚苗の生育と窒素源との關係は全然之と異なり, NaNO_3 又は $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ を窒素源とせる場合生育は頗良好であつた。この關係は培養液の濃度が $\text{K}/_{10}$ か $\text{K}/_{30}$ かに拘らず常に兩濃度の場合共同様であつた。之が原因につき考ふるに發芽當年の稚苗にては培養液の水素イオン濃度の増減の影響を受け易く, 而も此等稚苗の生育に好都合の pH 帯は可なり酸性側にありと看做さる。之に反し2年生稚苗即相當に生育せるものにては培養液の水素イオン濃度の影響を受くる事は1年生のものよりも少く, 相當擴範圍の pH 帯にてよく生育し得ると同時に, 而もその好都合の pH 帯が相當中性又は弱酸性の側にあるものと考へらる。この水素イオン濃度と同時に NaNO_3

中の N_a イオンの作用が稚苗の生育に又可なり役割を演ぜしものであらう。即 N_aNO_3 を窒素源として1年生トドマツ、エゾマツ、アカエゾマツ稚苗を培養せる場合に液の pH は、 $Ca(NO_3)_2$ を用ひた場合の pH と殆ど同一なりしに拘らず、稚苗の生育が $Ca(NO_3)_2$ によるものが N_aNO_3 によるものより著しく良好であつた事は全く N_a イオンの作用が稚苗の生育に不適當なる作用を及ぼしたるものと考へざるを得ない。山口 (1937) の研究によれば水稻にても之と同様な場合が見られたからである。Salinas (1932) は硝酸鹽にては NO_3^- と同時に存するカチオンが植物の生育に至大の關係を及ぼすものと報告した。硝酸鹽は水稻の窒素源としては不適當であつて、その原因は硝酸鹽の還元により生ずる亞硝酸の有害作用によるものとの報告がある (Nagaoka (1904) 大工原及今關 (1907))。仍て本實驗にては硝酸鹽を用ひたる培養液に就き亞硝酸の檢出を行ひたるも之を證明する事は出来なかつた。猶 Mevius 及 Dikussar (1930) によれば亞硝酸鹽はその濃度が或程度以下ならば植物の生育上に好窒素源なりと。此等の點より見るも本實驗に於て N_aNO_3 を與へたる場合の1年生稚苗の生育不良なりし原因を亞硝酸の有害作用に歸する事は出来ない。

之を要するに樹苗の生育は窒素源の種類によつて異なり、而も其差は、窒素源其物の相違、窒素源の差に基づく水素イオン濃度の二次的の變化、及窒素源中の窒素源以外のイオン作用等の諸因子の綜合的結果により左右せらるるものであり、而も此等因子の綜合作用が植物に及ぼす影響の程度は稚苗の生育程度によつて異なるものと看做す事が至當と考へらる。同一窒素源にても1年生と2年生稚苗にて生育の異なる前述の實驗結果は之に依つて解釋し得らるるであらう。

硝酸性窒素鹽類を與へたるものの稚苗葉色がアムモニア性窒素源を與へたるものの夫と著しく異なり可なり黄味を帯びたる事は、植物葉のクロロシスの問題と密接の關係がある可く、而もこの現象は液の水素イオン濃度、窒素營養問題及他の鹽類例へば鐵鹽等と密接複雑な關係にあるものである。従つて本文に於ては只單に硝酸鹽を用ひた場合のトドマツ其他樹苗葉色の帶黄現象出現に就いての事實報告をなすに止む。

V 總 括

1. トドマツ、エゾマツ、アカエゾマツ、カラマツ、ヤマナラシ、アメリカヤマナラシ稚苗の水中培養を行ひ、液の水素イオン濃度及窒素源の種類と此等稚苗の生育との關係に就いて實驗した。
2. トドマツその他の稚苗の生育には夫々最適の pH 帯あり、その範圍はヤマナラシ、アメリカヤマナラシ等は相當の酸性側にあり、トドマツ、エゾマツ、アカエゾマツ等の針葉樹にては中位の酸性帯 (pH4.0—6.0) にある事を證明した。

(24)

3. 窒素源として $C_a(NO_3)_2$, N_aNO_3 を用ひし時液の反應は酸性低下, $(NH_4)_2SO_4$, N_aNO_3 の時は酸性は向上し, その變化の程度は樹苗の年齢と液の鹽類濃度等によつて異なつた。
4. 窒素源として $(NH_4)_2SO_4$ を用ひたるものにては, トドマツ, その他の1年生稚苗の生育は良好, N_aNO_3 , 又は $C_a(NO_3)_2$ にては生育は不良であつた。この關係は2年生の稚苗にては全く異なる事が認められた。
5. 樹苗の生育に對する窒素源の營養價が, その鹽類種類により異なりしは, 窒素源そのものの差及夫の量, 同時に存するイオンの作用, 及二次的に變化する水素イオン濃度の増減等によつて起りしものなるべし。
6. 樹苗の生育程度が異なる時は同一窒素源にても同一樹種の稚苗に同様な營養價を與へなかつた。この事は液の水素イオン濃度, 他の鹽類イオン及窒素量の多少等に對する稚苗の感受性が稚苗の年齢の進むと共に漸次變化する事に基因するものならん。

VI 實驗結果

第 1 表

トフマツ：稚苗は昭和13年5月發芽，實驗期間昭和13年7月14日—9月23日，培養液は 30cc，液3日毎に取換。

pH 帶	培養別	生 育 狀 況				外 觀	
		新 根 (8/VII)	新 根 (15/VII)	新根數 (23/IX)	新根生重量 (mg)(23/IX)	葉	新 根
2.6~2.8	1	—	枯	—	—	—	—
" ~ "	2	—	枯	—	—	—	—
" ~ "	3	—	枯	—	—	—	—
3.3~3.6	1	++	++	7	9.1	葉江綠	白
" ~ "	2	++	++	5	4.1	"	"
" ~ 3.7	3	++	++'	7	7.8	"	"
3.8~4.2	1	++'	++++	9	21.0	黑 綠	"
" ~ 4.1	2	++'	++++	11	23.2	"	"
" ~ 4.2	3	++'	++++	7	15.8	"	"
4.2~4.7	1	++'	++++	4	11.9	"	根 江 褐 白
" ~ 4.6	2	++'	+++++	8	15.0	"	"
" ~ 4.8	3	++'	++++	8	13.0	"	"
4.7~5.4	1	++	++'	7	9.5	黑 綠	根 江 褐 白
" ~ 5.2	2	++	枯	—	—	—	—
" ~ 5.3	3	++	++'	7	7.8	黑 綠	根 江 褐 白
5.2~5.5	1	+'	+''	8	12.2	—	根 冠 稍 黑
" ~ 5.5	2	+''	++'	9	15.2	—	"
" ~ 5.4	3	+''	++'	7	11.2	—	"
5.8~6.1	1	+''	++++	7	10.2	—	細 長
" ~ "	2	++	++++	5	12.1	—	"
" ~ "	3	++	++++	7	4.3	—	側 根 多
6.2~6.5	1	+''	++	7	3.6	—	根 冠 黑 細 長
" ~ 6.4	2	+''	++	7	7.9	—	"
" ~ 6.5	3	+''	++''	7	1.9	—	"
6.8~6.9	1	+''	+''	7	2.5	—	發 育 不 良
" ~ "	2	+'	+'	5	—	—	"

pH 帯	培養別	生 育 状 況				外 観	
		新 根 (8/Ⅳ)	新 根 (15/Ⅴ)	新根数 (23/Ⅹ)	新根生重量 (mg)(23/Ⅹ)	葉	新 根
6.8~6.9	3	+	枯	—	—	—	—
7.4~7.6	1	枯	—	—	—	—	—
〃~7.4	2	+	+	6	2.5	—	發 育 不 良
8.3~7.8	1	+	+	2	2.0	—	〃
〃~7.9	2	+	+	3	0	—	〃
8.6~8.0	1	—	—	0	1.1	—	〃
〃~8.1	2	枯	—	0	—	—	〃

第 2 表

トドマツ：稚苗は昭和13年5月發芽，實驗期間昭和13年8月22日—10月10日，培養液は1300cc
一容器に3本植付け，液は15日又は20日毎に取換。

pH 帯	個體別	生 育 状 況					
		地 上 部 長 cm		根 長 cm		根 外 觀	新根生重量 mg(11/Ⅹ)
		初	終	初	終		
2.5~2.7	1	2.6	枯	7.0	枯	—	—
〃	2	2.3	枯	6.3	枯	—	—
〃	3	2.6	4.0	9.2	9.5	褐	0
3.0~3.1	1	1.7	3.2	4.2	4.5	黃	2.5
〃	2	1.5	1.5	3.9	9.5	〃	—
〃	3	1.5	2.1	3.6	5.0	〃	—
3.5~3.9	1	2.2	8.1	2.6	6.0	黃 褐	3.0
〃	2	2.3	8.0	3.0	11.0	〃	—
〃	3	2.3	5.1	4.3	11.0	〃	—
3.5~4.2	1	1.4	5.6	3.5	5.5	〃	2.7
〃	2	2.6	5.4	3.5	10.4	〃	—
〃	3	1.5	5.4	3.1	12.5	〃	—
4.0~4.2	1	2.0	2.5	5.1	10.0	〃	—
〃	2	1.5	3.1	6.1	8.0	〃	—
〃	3	2.3	3.5	3.6	7.8	〃	3.9
4.0~4.3	1	1.3	3.5	5.6	8.0	〃	3.3
〃	2	2.3	3.2	5.6	9.0	〃	—
〃	3	2.1	3.8	6.6	12.0	〃	—
4.5~4.9	1	1.5	3.8	4.6	11.0	〃	—

pH 帶	個體別	生 育 狀 況				根 外 觀	新根生重量 mg(11/X)
		地 上 部 長 cm		根 長 cm			
		初	終	初	終		
4.5~4.9	2	1.5	3.1	5.7	12.0	黃 褐	—
"	3	1.5	3.0	5.8	7.9	"	2.6
4.5~4.8	1	1.5	1.9	4.8	14.0	"	—
"	2	2.2	2.3	3.8	6.0	"	—
"	3	1.7	3.5	4.5	8.0	"	3.1
5.0~5.3	1	3.0	4.2	5.5	12.5	"	—
"	2	1.5	3.0	8.0	8.5	"	—
"	3	1.5	3.0	5.5	8.5	"	3.4
5.0~5.3	1	1.5	2.3	5.5	15.0	"	—
"	2	2.0	—	4.5	—	"	—
"	3	1.6	2.5	3.1	3.5	"	0
5.5~5.6	1	1.8	3.2	5.5	10.0	"	—
"	2	1.6	3.8	6.5	15.0	"	—
"	3	1.9	2.5	5.1	8.0	"	3.8
5.5~5.5	1	2.1	2.7	6.6	10.0	"	—
"	2	1.6	3.1	4.8	8.0	"	—
"	3	1.9	2.5	4.9	7.5	"	2.7
6.0~6.2	1	2.3	4.0	6.0	12.5	"	—
"	2	1.6	2.8	5.6	11.5	"	—
"	3	1.9	2.5	5.5	9.5	"	3.7
6.0~6.1	1	2.0	3.0	6.0	7.0	"	—
"	2	1.8	3.6	6.6	10.0	"	—
"	3	2.0	2.8	7.0	6.8	"	1.4
6.5~6.6	1	2.1	3.8	6.6	16.0	"	—
"	2	1.7	2.3	4.9	11.5	"	—
"	3	2.2	2.3	4.5	6.5	"	1.4
7.5~7.5	1	2.0	2.0	3.8	6.3	"	1.2
"	2	1.6	3.4	4.3	13.5	"	—
"	3	1.6	1.6	5.2	6.0	"	—
8.5~8.0	1	3.1	3.5	4.9	4.5	"	0.1
"	2	1.5	2.3	5.4	10.0	"	—
"	3	1.8	2.0	3.2	3.5	"	—
9.5~8.0	1	2.0	2.5	4.0	6.7	"	—

pH 帯	個體別	生 育 状 況					
		地 上 部 長 cm		根 長 cm		根 外 観	新根生重量 mg(11/X)
		初	終	初	終		
〃	2	1.5	2.0	3.0	5.0	〃	—
〃	3	1.3	1.4	3.0	3.0	〃	0
比較 4.9~5.8	1	1.6	2.5	6.0	—	〃	—
〃	2	3.0	3.3	5.1	10.5	〃	—
〃	3	1.6	3.0	4.0	8.3	〃	0.3

第 3 表

エゾマツ：稚苗は昭和13年6月發芽，實驗期間昭和13年7月15日—9月9日，培養液30cc，液は3日又は4日毎に取換。

pH 帯	培養別	生 育 状 況					
		地 上 部 cm		主 根 cm		新根生重量 (mg)	
		初	終	初	終		
2.5~2.8	1	2.0	2.5	2.5	2.5	0	
〃	2	1.8	枯	7.0	枯	0	
3.0~3.1	1	1.8	2.7	4.3	4.5	1.1	
〃~2.9	2	2.5	3.0	3.6	7.4	—	
3.5~3.7	1	2.0	2.6	4.6	6.3	2.4	
〃~3.8	2	1.8	2.5	4.7	7.2	—	
4.0~4.5	1	2.0	2.7	4.7	5.3	3.5	
〃~4.7	2	2.0	2.5	6.5	13.5	—	
4.5~5.1	1	1.6	2.6	5.0	5.5	1.2	
〃~5.0	2	1.9	3.0	6.0	11.7	—	
5.0~5.2	1	2.2	2.8	5.0	8.3	1.8	
〃~5.3	2	2.5	2.7	5.0	12.4	—	
5.5~5.6	1	2.3	2.6	5.1	6.5	1.9	
〃~5.7	2	1.8	2.5	6.5	6.8	—	
6.0~6.2	1	1.5	2.2	3.5	5.2	1.0	
〃~6.3	2	1.7	3.1	5.6	11.6	—	
6.5~6.7	1	1.8	6.0	3.0	5.6	2.9	
〃~〃	2	2.0	4.5	2.5	12.9	—	
7.5~7.4	1	2.0	2.6	4.5	4.1	1.1	
〃~7.3	2	2.0	2.8	4.5	4.0	—	

pH 帯	培養別	生 育 状 況				新根生重量 (mg)
		地 上 部 cm		主 根 cm		
		初	終	初	終	
8.5~7.6	1	2.0	2.7	5.0	5.2	1.3
〃 ~ 7.6	2	2.5	3.0	6.0	9.7	—
9.5~7.8	1	2.0	3.0	3.3	4.5	0
〃 ~ 7.7	2	1.5	枯	5.0	—	—
比較 5.2~6.2	1	1.5	2.7	4.5	4.5	0.4
〃 ~ 〃	2	1.6	2.6	6.5	6.8	—

第 4 表

エゾマツ：稚苗は昭和13年6月發芽，實驗期間昭和13年7月15日—9月9日，培養液は30cc，液は3日又は4日毎に取換。

pH 帯	個體別	生 育 外 觀		生 育 状 況 (9/Ⅹ)			
		根 (8/Ⅷ)	根 (15/Ⅷ)	地上部長 cm	全 根 長 cm	新根生重量 mg	葉 色
2.8~3.0	1	+	枯	枯	—	—	—
〃 ~ 〃	2	+	枯	枯	—	—	—
3.3~3.8	1	+/	++	3.4	9.1	0.2	濃 綠 色
〃 ~ 〃	2	+/	++	2.8	7.2	1.3	〃
3.8~4.1	1	++	++/	3.0	7.7	1.6	〃
〃 ~ 4.3	2	++	++/	2.3	6.8	1.8	〃
4.2~4.6	1	+++	+++/	3.0	12.0	2.4	〃
〃 ~ 4.7	2	+++	+++/	1.5	8.6	4.8	〃
4.7~5.0	1	+/	+/	1.7	9.1	5.2	〃
〃 ~ 5.1	2	++	++	2.5	5.0	0.3	〃
5.2~5.4	1	+	+	2.3	8.6	1.4	〃
〃 ~ 5.6	2	+/	+/	—	—	—	—
5.8~6.0	1	+/	++	2.4	7.7	1.9	—
〃 ~ 〃	2	+	枯	—	—	—	—
6.2~6.4	1	+	+	1.8	14.7	1.2	黃 褐 色
〃 ~ 6.5	2	+	—	—	—	—	〃
6.8~6.9	1	/	+/	2.1	7.8	1.9	〃
〃 ~ 7.0	2	/	—	—	—	—	〃
7.4~7.5	1	/	+	3.0	6.4	0	〃
〃 ~ 7.6	2	枯	—	—	—	—	—
8.5~7.9	1	枯	—	—	—	—	—
〃 ~ 〃	2	枯	—	—	—	—	—

第 5 表

アカエゾマツ：稚苗は昭和13年6月發芽，實驗期間昭和13年7月14日—9月9日，培養液30cc，

液は3日又は4日毎に取換。

pH 帯	培養別	生 育 外 觀		生 育 状 況		
		根 (8/VIII)	根 (15/VIII)	全 根 長 cm	新 根 数	新根生重量 mg
2.6 ~ 2.9	1	發生セズ	枯	—	—	—
〃 ~ 2.8	2	—	〃	—	—	—
〃 ~ 〃	3	—	〃	—	—	—
3.4 ~ 4.1	1	+	+	—	—	—
〃 ~ 3.7	2	++	++	8.2	6	4.2
〃 ~ 3.8	3	++	++	9.0	6	2.4
3.8 ~ 4.4	1	+++	+++	7.5	3	5.2
〃 ~ 4.5	2	+++	+++	—	—	—
〃 ~ 4.7	3	++	++	4.9	6	1.6
4.2 ~ 4.7	1	++	++	—	—	—
〃 ~ 4.5	2	+	++	9.5	6	5.0
〃 ~ 4.7	3	++	++	9.5	6	2.1
4.7 ~ 5.1	1	+	+	—	—	—
〃 ~ 5.2	2	+	枯	9.2	3	3.4
〃 ~ 5.3	3	++	+++	8.5	2	2.0
5.2 ~ 5.6	1	+	+	9.6	3	2.9
〃 ~ 5.7	2	+	枯	—	—	—
〃 ~ 5.6	3	++	+++	10.5	4	3.0
5.8 ~ 6.2	1	++	++	—	—	—
〃 ~ 6.3	2	++	++	13.4	3	1.2
〃 ~ 6.2	3	++	++	10.8	4	3.8
6.2 ~ 6.6	1	+	+	7.0	3	1.1
〃 ~ 〃	2	++	++	6.0	3	2.8
〃 ~ 6.7	3	枯	—	—	—	—
6.8 ~ 6.9	1	+++	枯	—	—	—
〃 ~ 7.0	2	++	++	—	—	—
〃 ~ 7.1	3	+	枯	—	—	—
7.4 ~ 7.5	1	+	—	—	—	—
〃 ~ 7.6	2	/	枯	—	—	—
〃 ~ 〃	3	/	〃	—	—	—
8.3 ~ 8.4	1	/	〃	—	—	—
〃 ~ 8.1	2	/	〃	—	—	—
〃 ~ 8.0	3	枯	—	—	—	—
8.8 ~ 8.1	1	/	枯	—	—	—
〃 ~ 〃	2	/	〃	—	—	—
〃 ~ 8.0	3	/	〃	—	—	—

第 6 表

アカエゾマツ：稚苗は昭和13年6月發芽，實驗期間昭和13年8月22日—9月22日，培養液は30cc，液は3日又は4日毎に取換。

pH 帯	培養別	生 育 状 況				
		地 上 部 長 cm		主 根 長 cm		新根生重量 (22/Ⅸ) mg
		初 (22/Ⅶ)	終 (23/Ⅹ)	初 (22/Ⅷ)	終 (22/Ⅸ)	
2.5~2.8	1	2.5	2.5	5.0	5.0	0.2
〃 ~ 〃	2	2.5	—	6.0	—	枯
3.0~3.1	1	2.2	2.3	5.2	7.7	2.1
〃 ~ 〃	2	2.0	2.8	5.5	6.3	—
3.5~3.7	1	2.5	2.5	6.5	12.0	3.2
〃 ~ 〃	2	1.8	3.0	5.1	6.6	—
4.0~4.4	1	2.8	3.5	5.4	9.5	6.5
〃 ~ 4.3	2	2.9	3.5	8.0	8.8	—
4.5~5.0	1	2.7	3.5	8.1	15.0	2.2
〃 ~ 5.1	2	2.4	3.2	7.8	13.7	—
5.0~5.3	1	2.6	3.5	8.6	13.0	4.0
〃 ~ 5.2	2	2.2	3.5	6.8	6.0	—
5.5~5.7	1	2.8	2.6	3.5	7.0	5.5
〃 ~ 〃	2	1.9	2.4	4.7	14.5	—
6.0~6.1	1	2.0	3.2	4.8	6.3	—
〃 ~ 〃	2	2.0	2.6	4.8	8.5	5.0
6.5~6.5	1	2.4	3.0	4.9	5.5	3.1
〃 ~ 6.6	2	2.5	3.3	6.2	13.5	—
7.5~7.2	1	2.5	3.5	5.9	7.0	2.4
〃 ~ 7.3	2	2.2	2.7	5.5	9.2	—
8.5~7.5	1	2.4	4.2	5.3	7.9	1.3
〃 ~ 7.4	2	2.1	2.6	4.9	7.5	—
9.5~7.7	1	2.3	2.7	5.0	5.6	0
〃 ~ 7.8	2	2.5	—	6.5	—	—
比較 5.4~6.0	1	2.0	3.0	4.6	4.7	1.2
〃 ~ 〃	2	2.2	2.3	5.0	8.5	—

第 7 表

カラマツ：稚苗は昭和13年6月發芽，實驗期間昭和13年8月15日—9月22日，培養液は 30cc，液は3日又は4日毎に取換。

pH 帯	培養別	生 育 状 況				新根生重量 mg
		外 觀		長 cm		
		(8/VII)	(15/VII)	幹 長	根	
2.8~2.9	1	—	枯	—	—	—
〃 ~ 〃	2	枯	—	—	—	—
3.3~3.6	1	++	++' 側根	4.0	4.3	0.2
〃 ~ 〃	2	++	++' 束生	3.8	6.7	4.0
3.8~4.3	1	+++	+++	5.7	3.7	10.9
〃 ~ 4.4	2	+++	+++	3.6	8.5	7.0
4.2~5.1	1	+++'	+++'	3.9	4.5	13.7
〃 ~ 5.0	2	+	枯	—	—	—
4.7~5.1	1	++	++	3.9	7.5	3.9
〃 ~ 5.3	2	++'	++'	4.0	6.0	2.0
5.2~5.5	1	++'	++'	3.0	5.5	1.0
〃 ~ 5.6	2	—	枯	—	—	—
5.8~6.0	1	+	+	5.0	3.0	0
〃 ~ 6.1	2	++	++'	—	—	—
6.2~6.4	1	+	+	3.8	4.5	0
〃 ~ 6.3	2	—	+	2.5	4.0	0
6.8~6.9	1	—	枯	—	—	—
〃 ~ 6.8	2	—	〃	—	—	—

第 8 表

ヤマナラシ：稚苗は昭和13年6月26日發芽，實驗期間昭和13年7月4日—8月3日，培養液は 60cc，液は3日毎に取換。

pH 帯	生 育 状 況 (19/VII)				
	全體的外觀	生 (本)	枯 (本)	葉	根
2.6~2.9	—	0	20	—	—
3.3~3.6	+	15	5	黄 綠	不 良
3.8~4.6	+++''	18	2	綠	白色發育良
4.2~5.1	+++'	20	0	〃	〃

pH 帯	生 育 状 況 (19/VII)				
	全體的外觀	生 (本)	枯 (本)	葉 色	根
4.7~5.6	+++	20	0	綠	白發育良
5.2~5.7	++	20	0	〃	〃
5.8~6.1	++	20	0	〃	〃
6.2~6.5	++	18	0	黃 綠	短ク發育不良
6.8~6.9	+'	18	2	〃	〃
7.4~7.3	+	19	1	〃	〃
7.7~〃	+	14	6	〃	〃
8.3~7.5	+	19	1	甚ク黃綠	發育最不良
8.8~7.7	/'	0	20	〃	〃
9.4~8.0	/'	9	11	〃	〃

第 9 表

ポプラ：稚苗は昭和13年7月31日發芽，實驗期間昭和13年8月13日—10月10日，培養液 850cc，液は5日又は10日毎に取換。

pH 帯	個體別	生 育 状 況			幹乾燥量 mg	根乾燥量 mg
		外 觀	幹長 cm	根長 cm		
2.5~2.8	1	+'	2.0	9.1	15.2	2.0
〃	2	+'	2.5	7.6	0	0
〃	3	+'	2.5	7.6	10.2	4.0
3.5~3.5	1	++++	4.3	18.6	42.7	2.2
〃	2	++++	2.9	7.2	—	—
〃	3	++++	3.0	7.0	—	—
4.0~4.5	1	+++'	—	—	67.0	63.0
〃	2	+++'	5.6	15.5	61.0	59.0
〃	3	+++'	7.1	21.0	—	—
4.5~5.0	1	+++	2.8	26.2	51.9	22.4
〃	2	+++	5.0	41.0	64.0	82.0
〃	3	+++	1.8	10.5	—	—
5.0~5.4	1	++	2.5	20.5	18.7	7.8
〃	2	++	3.4	9.5	44.0	37.0
〃	3	++	5.0	20.0	23.0	22.0
5.5~6.1	1	++'	4.0	12.4	45.7	12.3
〃	2	++	2.9	9.5	20.0	22.0

(34)

pH 帶	個體別	生 育 狀 況			幹 乾 燥 量 mg	根 乾 燥 量 mg
		外 觀	幹 長 cm	根 長 cm		
5.5 ~ 6.1	3	+'	4.6	9.0	38.0	30.0
6.0 ~ 6.2	1	+'	2.3	13.0	33.4	16.4
"	2	+	2.5	6.0	41.0	25.0
"	3	+'	6.2	7.5	—	—
6.5 ~ 6.6	1	+	3.7	11.8	22.9	9.1
"	2	+	4.6	13.5	1.6	1.7
"	3	+	3.6	6.5	6.0	6.0
7.5 ~ 7.5	1	/	2.2	4.6	16.3	0.13
"	2	/	3.5	5.0	7.0	8.0
"	3	/	3.0	17.0	6.0	15.0
8.5 ~ 7.8	1	/	2.6	7.3	21.0	5.1
"	2	/	2.7	9.0	10.0	13.0
"	3	/	3.0	6.0	4.0	6.0
9.5 ~ 8.2	1	/	1.1	5.5	8.9	7.2
"	2	枯	—	—	—	—
"	3	"	—	—	—	—

第 22 表 (トドマツ一年生, $K/10$)

窒素源	pH 帯		生育状況 (20/Ⅷ)				長さ (cm)		乾燥量 (mg)							
			地上部			根 部		幹 長	根 長	幹 部	根 部					
	初	中	終	外 観	葉色	葉の 大小 cm	外 観					色				
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	5.3	5.4	5.5	++	黄緑	1.5	+++	帯黒褐	3.8 4.1 3.3	3.7	15.2 7.0 8.3	13.5	45.6 34.0 30.2	36.6	26.6 22.5 17.0	25.4
NaNO_3	5.3	5.4	5.5	+	黄緑	1.0	++	褐	3.3 3.6 4.3	3.7	5.5 4.1 2.6	4.1	25.2 34.2 48.6	36.0	12.8 13.1 10.2	12.0
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	5.3	3.8	3.4	+++	濃緑	2.0	++	褐	3.3 4.4 4.0	3.9	7.0 11.5 6.8	8.4	37.6 92.4 82.1	70.7	20.2 23.0 29.4	24.2
NH_4NO_3	5.3	4.1	3.5	++	濃緑	1.5	不整形	褐	3.5 3.2 3.5	3.4	6.1 6.1 3.0	5.1	67.9 40.1 28.3	45.4	30.9 21.1 14.8	25.6

第 23 表 (トドマツ一年生, $K/30$)

窒素源	pH 帯		生育状況 (20/Ⅷ)				長さ (cm)		乾燥量 (mg)							
			地上部		根 部		幹 長	根 長	幹 部	根 部						
	初	中	終	外 観	葉色	外 観					色					
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	5.5	5.5	5.6	+	黄緑	++ 主根一本のみ	++	帯黒褐	3.0 3.0 3.5	3.2	6.5 18.9 28.3	17.9	16.2 24.5 35.4	28.0	15.2 16.9 35.4	22.5
NaNO_3	5.4	5.4	5.5	+'	黄緑	+	+	褐	3.5 3.0 3.2	3.2	3.1 2.9 4.8	3.6	19.1 30.5 18.3	22.9	4.7 5.5 8.1	6.1
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	5.4	3.9	3.6	++'	濃緑	+'	+	褐	3.2 3.0 3.6	3.3	8.8 8.6 9.4	8.9	31.6 58.0 69.9	53.1	15.7 21.9 35.6	24.4
NH_4NO_3	5.4	3.9	3.4	+++	濃緑	+	+	褐	2.9 3.6 2.6	3.0	8.1 5.5 13.0	8.9	24.8 75.3 49.9	50.0	13.9 26.6 26.6	22.4

第 24 表 (トドマツ二年生, K/10)

窒素源	pH 帯			生育状況 (22/Ⅷ)				長さ (cm)		全乾燥量 (mg)					
				地上部		根部		幹長	根長						
	初	中	終	外觀	葉色	外觀	色								
Ca(NO ₃) ₂	5.3	5.6	5.7	生正	長常	綠	+++	褐	5.3	9.7	65.3				
									4.1	4.6		9.3	10.5	71.7	66.2
									4.5			12.4			
NaNO ₃	5.2	5.3	5.4	生異	長常	綠	/	褐	4.5	5.5	34.8				
									3.7	4.2		4.3	4.8	25.6	34.9
									4.5			4.7			
(NH ₄) ₂ SO ₄	5.4	4.0	3.7	生正	長常	綠	+	褐	4.0	8.6	60.2				
									3.4	4.0		17.1	11.0	40.0	53.1
									4.6			7.3			
NH ₄ NO ₃	5.3	4.1	3.8	生正	長常	綠	+++	褐	5.4	12.3	63.0				
									4.5	5.1		13.5	10.8	83.0	71.6
									5.3			6.5			

第 25 表 (トドマツ二年生, K/30)

窒素源	pH 帯			生育状況 (22/Ⅷ)				長さ (cm)		乾燥量 (mg)						
				地上部		根部		幹長	根長	幹部	根部					
	初	中	終	外觀	葉色	外觀	色									
Ca(NO ₃) ₂	5.4	5.4	5.6	生正	長常	綠	+	褐	3.0	8.9	26.4	13.5				
									2.6	3.2	4.3	7.2	19.3	25.8	9.0	12.4
									4.0		8.5		31.6		14.7	
NaNO ₃	5.4	5.4	5.5	生正	長常	綠	+	褐	3.0	3.6	18.0	5.0				
									3.0	3.3	4.9	4.4	14.8	19.6	5.0	5.8
									4.0		4.6		26.1		7.6	
(NH ₄) ₂ SO ₄	5.4	3.8	3.4	生正	長常	綠	+++	褐	4.0	5.4	39.6	18.6				
									5.2	4.7	19.5	10.8	102.9	59.3	42.0	24.5
									5.0		7.5		35.4		12.9	
NH ₄ NO ₃	5.3	3.9	3.6	生正	長常	綠	+++	褐	4.7	6.2	33.2	15.1				
									3.5	4.1	4.0	7.4	32.3	38.0	15.8	18.5
									4.0		11.9		48.6		24.7	

第 26 表

トドマツ：稚苗は昭和12年春播同年春發芽，實驗期間昭和13年6月8日—11月24日，培養液400cc，1本宛植付け。

窒素源	培養別	pH 帯	生育状況 (24/XI)			外 観 (10/X)			
			幹長生長 cm	主根長生長 cm	新根乾量 mg	根 色	根	側 根	葉
$C_6(ON_3)_2$	1	5.0 ~ 6.0	—	—	—	根冠黒	++	++'	綠
〃	2	〃 ~ 6.1	2.0	15.0	93.3	〃	+++	++'	〃
〃	3	〃 ~ 〃	1.7	11.5	74.6	〃	++	—	〃
$NaNO_3$	1	4.9 ~ 6.0	—	—	—	〃	+++	++''	〃
〃	2	〃 ~ 6.1	1.6	14.5	75.7	〃	+++	++''	〃
〃	3	〃 ~ 6.0	2.1	11.9	63.3	〃	++'	—	〃
NH_4NO_3	1	4.9 ~ 3.3	—	—	—	褐	+++	+++	〃
〃	2	〃 ~ 3.2	1.6	4.9	68.4	〃	++'	+++'	〃
〃	3	〃 ~ 〃	2.6	3.4	121.8	〃	+++'	—	〃
$(NH_4)_2SO_4$	1	4.8 ~ 3.2	—	—	—	赤 黄	++	++	黒 綠
〃	2	〃 ~ 〃	1.4	13.4	68.5	〃	++	++	〃
〃	3	〃 ~ 3.0	2.7	9.9	86.1	〃	++	—	〃
$(NH_4)HPO_4$	1	4.9 ~ 3.3	—	—	—	黒, 根ふくれる	++	++	綠
〃	2	〃 ~ 3.2	1.3	14.8	83.4	〃	+'	++	〃
〃	3	〃 ~ 〃	2.0	8.3	108.7	〃	+++	—	〃
水道水	1	7.0 ~ 5.3	2.9	10.35	9.5	+	+	+	薄 綠
〃	2	〃 ~ 5.4	1.3	1.6	32.0	++	++	+	〃
〃	3	〃 ~ 〃	—	—	—	++	++	+	〃

1) $(NH_4)_2HPO_4$ は 0.805g を 1000cc の水に溶解す。

第 27 表 (エゾマツ一年生, K_{10})

窒素源	pH 帯	生育状況 (20/VIII)				長さ (cm)		乾燥量 (mg)						
		地上部		根部		幹 長	根 長	幹 部	根 部					
	初	中	終	外 観	葉 色					外 観	色			
$C_6(NO_3)_2$	5.3 5.5 5.6	+	+	黄緑	+++	褐	2.9	9.7	23.7	11.7				
							1.4	2.4	5.4	7.5	11.0	17.6	7.2	9.5
							3.0		7.5		18.0		9.6	
N_8NO_3	5.3 5.4 5.4	+	+	黄緑	++	褐	2.0	4.2	8.7	4.3				
							2.6	2.5	2.1	3.2	8.5	12.0	3.2	4.5
							2.8		3.3		18.8		6.1	
$(NH_4)_2SO_4$	5.3 3.8 3.4	++++	+	濃緑	++'	褐	5.5	6.1	88.3	31.2				
							3.5	4.6	7.8	7.5	64.0	83.5	12.4	27.2
							4.9		8.7		98.2		38.7	
NH_4NO_3	5.3 4.3 4.0	++	+	濃緑	+++	褐	3.5	5.6	66.9	21.4				
							3.5	3.6	11.1	8.2	28.3	50.0	3.8	16.9
							3.7		8.0		54.7		25.5	

第 28 表 (エゾマツ一年生, K_{30})

窒素源	pH 帯	生育状況 (20/VIII)				長さ (cm)		乾燥量 (mg)						
		地上部		根部		幹 長	根 長	幹 部	根 部					
	初	中	終	外 観	葉 色					外 観	色			
$C_6(NO_3)_2$	5.5 5.5 5.6	+	+	黄緑	++	褐	3.0	2.8	13.1	4.8				
							2.0	2.4	5.8	3.8	25.3	16.9	9.0	6.8
							2.1		2.7		12.2		6.6	
N_8NO_3	5.4 5.4 5.5	+	+	黄緑	+	褐	1.3	3.2	6.4	1.8				
							2.5	1.9	1.6	2.6	6.0	5.2	0.6	1.3
							2.0		2.4		3.3		1.4	
$(NH_4)_2SO_4$	5.4 4.6 4.3	+	+	濃緑	++	褐	2.7	3.9	24.6	7.7				
							2.1	2.2	4.3	3.5	23.5	21.0	10.1	9.0
							1.8		2.3		14.9		6.1	
NH_4NO_3	5.4 4.3 4.0	++	+	濃緑	+	褐	3.1	7.2	36.7	13.6				
							3.4	3.1	3.9	5.2	47.4	35.7	23.0	15.9
							2.8		4.4		23.0		11.2	

第 29 表 (エゾマツ二年生, K/10)

窒素源	pH 帯			生育状況 (22/VIII)				長さ (cm)			全乾燥量 (mg)		
				地上部		根 部		幹 長	根 長				
	初	中	終	外 観	葉 色	外 観	色						
Ca(NO ₃) ₂	5.3	5.8	6.1	生 正	長 常	濃 緑	+++	褐	8.4	8.5	13.0	10.9	253.7
									8.2		11.8		312.1
									9.0		8.0		320.5
NaNO ₃	5.2	5.9	6.3	生 正	長 常	濃 緑	+++	褐	6.2	6.4	15.2	16.1	265.5
									7.1		17.5		375.7
									6.1		15.6		239.1
(NH ₄) ₂ SO ₃	5.4	4.1	3.3	生 正	長 常	緑	++	褐	7.6	7.1	10.0	9.3	235.7
									6.5		7.5		209.6
									7.3		10.5		141.9
NH ₄ NO ₃	5.4	4.2	3.8	生 正	長 常	緑	++	褐	枯死	6.4	枯死	10.3	枯死
									6.5		6.2		119.3
									6.4		14.4		260.8

第 30 表 (エゾマツ二年生, K/30)

窒素源	pH 帯			生育状況 (22/VIII)				長さ (cm)			乾燥量 (mg)		
				地上部		根 部		幹 長	根 長	幹 部	根 部		
	初	中	終	外 観	葉 色	外 観	色						
Ca(NO ₃) ₂	5.4	5.7	6.0	正 常	緑	+	褐	7.2	7.2	11.4	15.0	175.3	94.0
								7.0		13.6		166.3	172.1
								7.3		20.1		183.2	84.2
NaNO ₃	5.4	5.9	6.0	正 常	緑	+++	褐	6.5	6.7	22.2	16.7	208.0	62.5
								7.7		13.3		130.5	146.4
								6.0		14.6		100.6	82.9
(NH ₄) ₂ SO ₄	5.4	3.7	3.4	正 常	濃 緑	+++	褐	枯死	8.1	枯死	10.0	枯死	枯死
								7.7		9.0		227.4	251.8
								8.5		11.1		276.3	68.3
NH ₄ NO ₃	5.3	4.0	3.9	正 常	濃 緑	+++	褐	6.0	5.6	5.6	6.6	140.6	86.8
								5.5		6.6		152.3	148.4
								5.5		7.8		152.2	105.2

第 31 表 (アカエゾマツ一年生, $K/_{10}$)

窒素源	pH 帯	生育状況 (20/10)					長さ (cm)		乾燥量 (mg)	
		地上部			根部		幹長	根長	幹部	根部
	初	中	終	外観	葉色	葉の大きさ cm				
$C_a(NO_3)_2$	5.3 5.4 5.5	++'	黄緑	1.0	+++	褐	3.2	11.4	36.0	28.7
							2.8	11.1	35.3	22.2
							3.0	9.7	23.0	17.3
$NaNO_3$	5.3 5.4 5.6	++	黄緑	1.0	++ 主根著短	褐	2.9	3.8	27.2	8.0
							2.5	4.2	20.0	3.3
							2.4	6.3	25.8	9.2
$(NH_4)_2SO_4$	5.3 3.7 3.3	++++	濃緑	1.5	++++	淡褐	3.8	11.2	55.3	37.3
							4.9	15.2	85.7	34.4
							4.8	14.6	113.4	53.0
NH_4NO_3	5.3 3.8 3.4	++++	濃緑	1.5	++++	淡褐	3.6	14.6	66.0	37.8
							3.3	11.8	61.2	45.0
							4.0	16.6	80.2	50.1

第 32 表 (アカエゾマツ一年生, $K/_{30}$)

窒素源	pH 帯	生育状況 (20/10)					長さ (cm)		乾燥量 (mg)	
		地上部			根部		幹長	根長	幹部	根部
	初	中	終	外観	葉色	外観				
$C_a(NO_3)_2$	5.5 5.5 5.6	+'	黄緑	++	褐	2.3	8.2	29.4	21.9	
						2.3	4.6	21.4	9.1	
						2.3	3.3	25.0	7.2	
$NaNO_3$	5.4 5.4 5.6	+	黄緑	+	褐	1.7	4.0	17.3	4.2	
						2.5	3.7	20.0	3.1	
						1.9	3.6	11.7	2.4	
$(NH_4)_2SO_4$	5.4 3.7 3.3	+'	濃緑	++	褐	4.0	10.6	104.4	49.4	
						4.0	7.0	89.2	46.0	
						2.9	12.8	60.1	38.4	
NH_4NO_3	5.4 4.3 4.1	++	濃緑	+	褐	3.0	3.2	41.7	14.3	
						3.0	1.9	33.6	4.3	
						2.8	3.8	37.9	15.2	

第 33 表 (アカエゾマツ二年生, K/10)

窒素源	pH 帯			生育状況 (22/Ⅷ)				長さ (cm)		全乾燥量 (mg)				
				地上部		根部		幹長	根長					
	初	中	終	外觀	葉色	外觀	色							
Ca(NO ₃) ₂	5.3	5.7	5.8	生正	長常	濃綠	+++	褐	7.7	10.2	348.5			
									枯死	7.8	枯死	16.0	枯死	378.2
									8.0		21.8		407.9	
NaNO ₃	5.2	5.6	5.8	生正	長常	黃綠	+	褐	5.6	10.0	149.8			
									5.6	5.5	8.6	8.4	142.0	155.1
									5.3		6.4		173.5	
(NH ₄) ₂ SO ₄	5.3	4.4	4.0	生正	長常	黃綠	+	褐	7.4	11.5	189.7			
									7.2	7.2	7.1	7.9	198.5	167.9
									7.0		5.1		115.5	
NH ₄ NO ₃	5.4	4.0	3.6	生正	長常	綠	+	褐	6.3	7.2	212.6			
									6.0	6.2	12.8	8.5	242.6	211.7
									6.2		5.4		179.8	

第 34 表 (アカエゾマツ二年生, K/30)

窒素源	pH 帯			生育状況 (22/Ⅷ)				長さ (cm)		乾燥量 (mg)						
				地上部		根部		幹長	根長	幹部	根部					
	初	中	終	外觀	葉色	外觀	色									
Ca(NO ₃) ₂	5.4	5.7	5.8	生正	長常	黃綠	+	褐	6.5	8.7	140.7	64.3				
									8.2	7.1	6.1	9.1	176.8	150.5	70.3	80.9
									6.5		12.5		134.2		108.2	
NaNO ₃	5.4	5.7	5.9	生正	長常	綠	+	褐	6.0	9.2	87.1	47.2				
									6.4	6.0	3.8	10.8	141.4	114.3	70.7	64.8
									5.5		19.4		114.4		76.6	
(NH ₄) ₂ SO ₄	5.4	3.9	3.3	生正	長常	綠	+	褐	枯死	枯死	枯死	枯死				
									6.0	7.0	204.7	101.4				
NH ₄ NO ₃	5.3	4.2	3.6	生正	長常	綠	+	褐	枯死	枯死	枯死	枯死				
									7.2	5.3	196.5	73.9				
									枯死	枯死	枯死	枯死				

VII 引用文献

- Addoms, R. M.* (1937). Nutritional studies on loblolly pine. *Plant Physiol.* **12**.
- Arrhenius, O.* (1936). Kalkfrage, Bodenreaktion und Pflanzenwachstum. Leipzig.
- Baker, F. S.* (1935). Character of soil in relation to the reproduction of western yellow pine. *Jour. Forest.* **23**.
- Bauer, J.* (1938). Beiträge zur Physiologie der Rudealpflanzen. *Planta.* **28**.
- Clark, W. M.* (1938). The determination of hydrogen ions. 3rd ed. Baltimore.
- Clark, H. E. and Shive, J. W.* (1934). The influence of the pH of a culture solution on the rate of absorption of ammonium and nitrate nitrogen by the tomato plant. *Soil Sci.* **37**.
- Clark, H. E.* (1936). Effect of ammonium and of nitrate nitrogen on the composition of the tomato plant. *Plant Physiol.* **11**.
- 大工原銀太郎, 今關常次郎. (1907). 智利硝石ノ水田肥料トシテ不適當ナル所以ヲ論ズ。農商務省農事試験場報告. **34**.
- Davidson, J. and Wherry, E. T.* (1924). Changes in hydrogen-ion concentration produced by growing seedlings in acid solutions. *Jour. Agr. Res.* **27**.
- Dengler, A.* (1935). Waldbau auf ökologischer Grundlage. II Auflage. Berlin.
- Dürrich, W.* (1930). Zur Physiologie des Nitratumsatzes in höheren Pflanzen. *Planta.* **12**.
- 深城貞義. (1929). 稻ノ水中培養ニ於ケル窒素源トシテノアムモニア及硝酸鹽ノ栄養價値ニ就テ. 九州帝大農学部學藝雜誌. Vol. **3**.
- Haas, A. R. C.* (1927). Effect of reaction of solution on growth of alfalfa. *Bot. Gaz.* **83**.
- Hartmann, F. K.* (1925). Untersuchungen zur Azidität märkischer Kiefern- und Buchenstandorte unter Berücksichtigung typischer Standortsgewächse als Weiser. *Zeit. Forst. u. Jagd.* **57**.
- Hocland, D. R. and Martin, J. C.* (1923). A comparison of sand and solution cultures with soils as media for plant growth. *Soil Sci.* **16**.
- Howell, J.* (1932). Relation of western yellow pine seedlings to the reaction of culture solution. *Plant Physiol.* **7**.
- Jones, L. H. and Shive, J. W.* (1922). Influences of wheat seedlings upon the hydrogen ion concentration of nutrient solutions. *Bot. Gaz.* **73**.
- Kappen, H.* (1929). Die Bodenazidität. Berlin.
- Krauss, G.* (1924). Zur Aziditätbestimmung in Waldboden. *Forstw. Centralbl.* **4**.
- Lang, R.* (1926). Forstliche Standortlehre. Berlin.
- Loo, T. L.* (1927, a). The influence of hydrogen ion concentration on the growth of the seedlings of some cultivated plants. *Bot. Mag. Tokyo.* **41**.
- Loo, T. L.* (1927, b). On the mutual effects between the plant growth and the change of reaction of the nutrient solution with ammonia salts as the nitrogen. *Jap. Jour. Bot.* **3**.
- Loo, T. L.* (1931, a). Studies on the absorption of ammonia and nitrate by the root of *Zea Mays*-seedlings, in relation to the concentration and actual acidity of culture solution. *Jour. Fac. Agri. Hokkaido Imp. Univ.* **30**.

- Loo, T. L.* (1931. b). Further studies on the absorption of ammonia and nitrate by the root system of the higher plants. Bull. Depart. Biol. Coll. Sci. Sun Yatsen Univ. No. **10**.
- Marthaler, H.* (1937). Die Stickstoffernährung der Rudealpflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot. **85**.
- Metsger, W.* and *Jaussen, G.* (1928). The relation of sodium nitrate and certain other nitrogen carriers to the development of chlorosis in Rice. Jour. Agri. Res. **37**.
- Mevius, W.* (1927). Reaktion des Bodens und Pflanzenwachstum. Freising-München.
- Mevius, W.* (1928, a). Die Wirkung der Ammoniumsalze in ihrer Abhängigkeit von der Wasserstoffionenkonzentration. Planta. **6**.
- Mevius, W.* (1928, b). Bedeutung der Reaktion für die Wirkung der Ammoniumsalze auf das Wachstum von Zea Mays. Zeit. Pflanzener. Düng. u. Bodenkde, (A). **10**.
- Mevius, W.* (1929). Die Wirkung der Ammoniumsalze in ihrer Abhängigkeit von der Wasserstoffionenkonzentration. Planta. **9**.
- Mevius, W.* und *Dikusar, I.* (1930). Nitrite als Stickstoffquellen für höhere Pflanzen. Ein Beitrag zur Frage nach der Assimilation des Nitratstickstoffs. Jahrb. f. wiss. Bot. **73**.
- 森田 桂次. (1937). 高山植物ノ生育ト pH 價トノ關係, 雜草ノ培養試驗. 生態學研究. **3**.
- 宇屋 重政. (1925). 酸性土壤ニ對スル樹種ノ抵抗ニ就テ. 林學會雜誌. **28**.
- Mothes, K.* (1927). Ueber den N-Stoffwechsel der Coniferen. Ber. d. Deut. Bot. Ges. **45**.
- Mothes, K.* (1929). Physiologische Untersuchungen über das Asparagin und das Arginin in Coniferen. Ein Beitrag zur Theorie der Ammoniakentgiftung im pflanzlichen Organismus. Planta. **7**.
- Mothes, K.* (1931). Zur Kenntnis des N-Stoffwechsels höherer Pflanzen. 3. Planta. **12**.
- Nagaoka, M.* (1904). On the behaviour of the rice plant to nitrates and ammonium salts. Bull. Coll. Agri. Tokyo Imp. Univ. Japan. **6**.
- Nemec, A.* und *Kvapil, K.* (1924). Biochemische Studien über die Azidität der Waldböden. Zeit. Forst. u. Jagd. **54**.
- Nemec, A.* (1935). Ergebnisse von Düngungsversuchen in Forstgärten. Ernähr. d. Pflanze. **31**.
- Okuda, Y.* (1938). On the distribution of Trichoderma in the soils of various types of vegetation on Mt. Hakkoda. Sci. Rep. Tōhoku Imp. Univ. Biol. **13**.
- 大政 正隆. (1929). 千葉縣演習林ニ於ケルスギ及ヒノキノ生長試驗地土壤ノ酸度並有機酸ニ就テ. 東大農學部演習林報告. 第8號.
- 大政 正隆. (1935). スギ人工林土壤ノ酸性並ニ鹽基飽和度ニ就テ. 帝室林野局試驗報告. 第三卷.
- Pearsall, W. H.* (1938). The soil complex in relation to plant communities. II. Characteristic woodland soils. Jour. Ecol. **21**.
- Pirschle, K.* (1929, a). Nitrate und Ammonsalze als Stickstoffquellen für höhere Pflanzen bei konstanter Wasserstoffionenkonzentration. Ber. d. Deut. Bot. Ges. **47**.
- Pirschle, K.* (1929, b). Nitrate und Ammonsalze als Stickstoffquellen für höhere Pflanzen bei konstanter Wasserstoffionenkonzentration. Planta. **9**.
- Pirschle, K.* (1931, a). Nitrate und Ammonsalze als Stickstoffquellen für höhere Pflanzen bei konstanter Wasserstoffionenkonzentration. III. Planta. **14**.

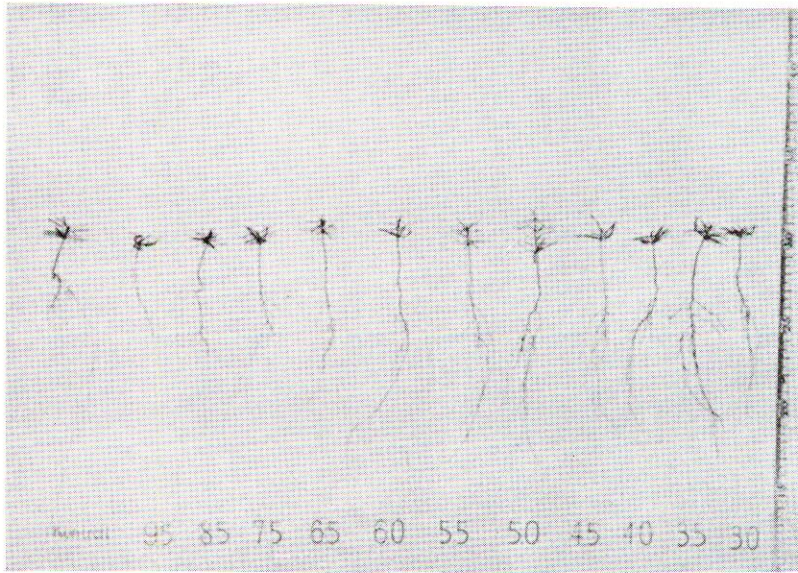
- Pirschle, K.* (1931, b). Nitrate und Ammonsalze als Stickstoffquellen für höhere Pflanzen bei konstanter Wasserstoffionenkonzentration. IV. Zeit. f. Pflanzener. Düng. u. Bodende. (A). **22**.
- Prianischnikow, D. N.* (1926). Ammoniak, Nitrate und Nitrite als Stickstoffquellen für höheren Pflanzen. Ergebnisse der Biologie. **1**. Berlin.
- Prianischnikow, D. N.* (1929). Zur Frage der Ammoniakernährung höherer Pflanzen. Biochem. Ztschr. **207**.
- Reed, H. S. and Haas, A. H. C.* (1924). Some effects of certain calcium salts upon the growth and absorption of citrus seedlings. Amer. Jour. Bot. **11**.
- Salinas, B.* (1932). Comparative effects upon young rice plants of different nitrate salts in complete solutions. Philippin Agri. **21**.
- Sampson, A. W.* (1912). The relation of soil acidity to Plant societies. Proc. Soc. Amer. For. **7**.
- Scharrer, K. und Schropp, W.* (1935). Der Einfluss der Nährstoffversorgung auf das Pflanzenwachstum bei höher Bodenazidität. Zeit. Pflanzener. Düng. Bodenk. **39**.
- Schmidt, W.* (1927). Reaktionsempfindlichkeit von Keimlingen. Zeit. f. wiss. techn. Forst. **3**.
- Silva, De.* (1934). The distribution of "calcicole" and "calcifuge" species in relation to the content of the soil in calcium carbonate and exchangeable calcium and to soil reaction. Jour. Ecology. **22**.
- Süchting, H. Jessen, W. und Maurmann, G.* (1937). Untersuchungen über die Ernährungsverhältnisse des Waldes. III. Wuchsleistung und Nährstoffaufnahme junger Holzpflanzen in Abhängigkeit von Bodenreaktion und Düngung. Bodenkunde und Pflanzenernährung. **5**.
- Trelease, S. F. and Trelease, H. M.* (1935). Changes in hydrogen-ion concentration of culture solutions containing nitrate and ammonium nitrogen. Amer. Jour. Bot. **22**.
- Wieler, A.* (1932). Ein Beitrag zum Verständnis des Wesens der aktuellen Bodenazidität und ihres Einflusses auf das Wurzelwachstum. Jahr. f. wiss. Bot. **76**.
- Wilde, S. A.* (1934). Soil reaction in relation to forestry and its determination by simple tests. Journ. Forest. **32**.
- Willis, L. G. and Carrero, J. O.* (1923). Influence of some nitrogenous fertilizers on the development of chlorosis in rice. Jour. Agr. Res. **24**.
- Wherry, E. T.* (1922). Soil acidity preference of some eastern conifers. Jour. Forest. **20**.
- 山口千之助. (1929). 植物體ニヨル尿素ノ吸收並ニ窒素源トシテノ其ノ肥効ニ就テ. 札幌農林學會報. 第21卷.
- Yamaguchi, S.* (1935). Comparative studies on the water, sand and soil cultures of rice plant, with special reference to the nitrogen source and hydrogen ion concentration. Jour. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ. Ser. V. **4**.
- Yamaguchi, S.* (1937). Physiological studies of the growth of the paddy rice plant in peat culture, with special reference to the peat conditions and the nitrogen source. Jour. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ. Ser. V. **4**.

VIII 圖 版 説 明

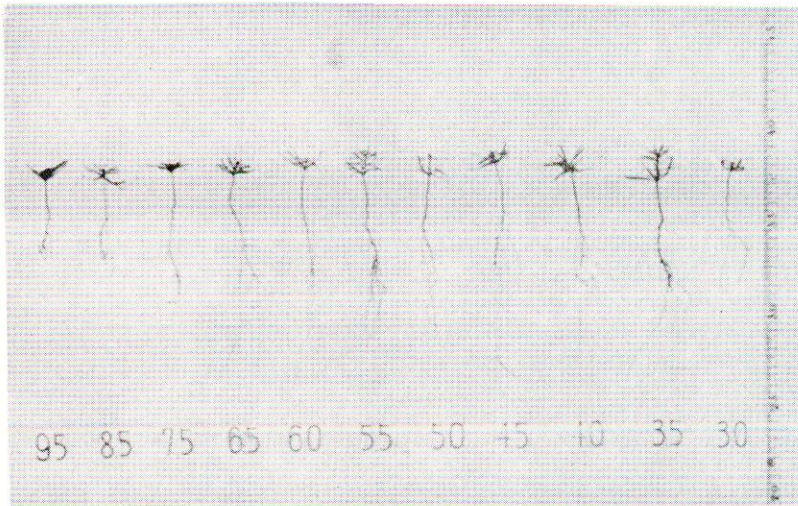
- 第一圖版** A. B. 各異 pH 階の培養液によるトドマツ一年生稚苗根の生育
- 第二圖版** A. B. 各異 pH 階の培養液によるエゾマツ一年生稚苗根の生育
- 第三圖版** A. B. 各異 pH 階の培養液によるアカエゾマツ一年生稚苗根の生育
- 第四圖版** A. 各異 pH 階の培養液によるカラマツ一年生稚苗根の生育
B. C. 各異 pH 階の培養液によるアメリカヤマナラシ一年生稚苗の生育
- 第五圖版** A. トドマツ一年生稚苗（春播）の生育と窒素源の種類との関係，培養液濃度 $K/10$
B. トドマツ一年生稚苗（春播）の生育と窒素源の種類との関係，培養液濃度 $K/30$
C. トドマツ一年生稚苗（秋播）の生育と窒素源の種類との関係，培養液濃度 $K/10$
D. トドマツ一年生稚苗（秋播）の生育と窒素源の種類との関係，培養液濃度 $K/30$
- 第六圖版** A. トドマツ二年生稚苗の生育と窒素源の種類との関係，培養液濃度 $K/10$
B. トドマツ二年生稚苗根の生育と窒素源の種類との関係，培用液濃度 $K/10$
1. 土壌中に生育せるもの
 2. 水道水中に生育せるもの
 3. $(NH_4)_2HPO_4$ 中に生育せるもの
 4. $(NH_4)_2SO_4$ 中に生育せるもの
 5. NH_4NO_3 中に生育せるもの
 6. $NaNO_3$ 中に生育せるもの
 7. $Ca(NO_3)_2$ 中に生育せるもの
- 第七圖版** A. エゾマツ一年生稚苗の生育と窒素源の種類との関係，培養液濃度 $K/10$
B. エゾマツ一年生稚苗の生育と窒素源の種類との関係，培養液濃度 $K/30$
C. エゾマツ二年生稚苗の生育と窒素源の種類との関係，培養液濃度 $K/30$
- 第八圖版** A. アカエゾマツ一年生稚苗の生育と窒素源の種類との関係，培養液の濃度 $K/10$
B. アカエゾマツ一年生稚苗の生育と窒素源の種類との関係，培養液の濃度 $K/30$
C. アカエゾマツ二年生稚苗の生育と窒素源の種類との関係，培養液の濃度 $K/10$

演習林研究報告第十一卷第一圖版

A



B

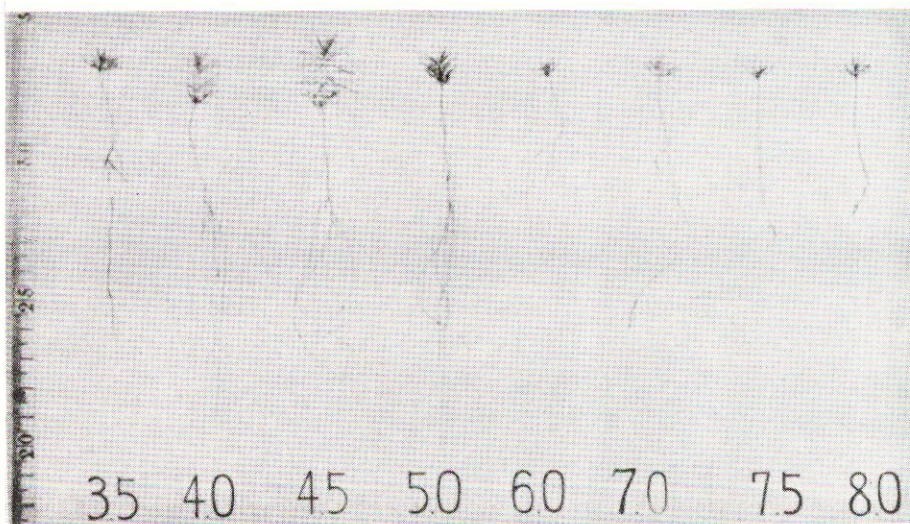


演習林研究報告第十一卷第二圖版

A

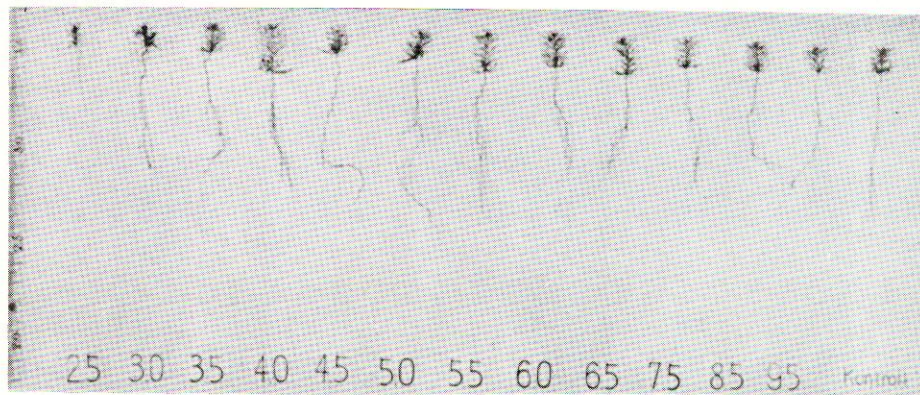


B

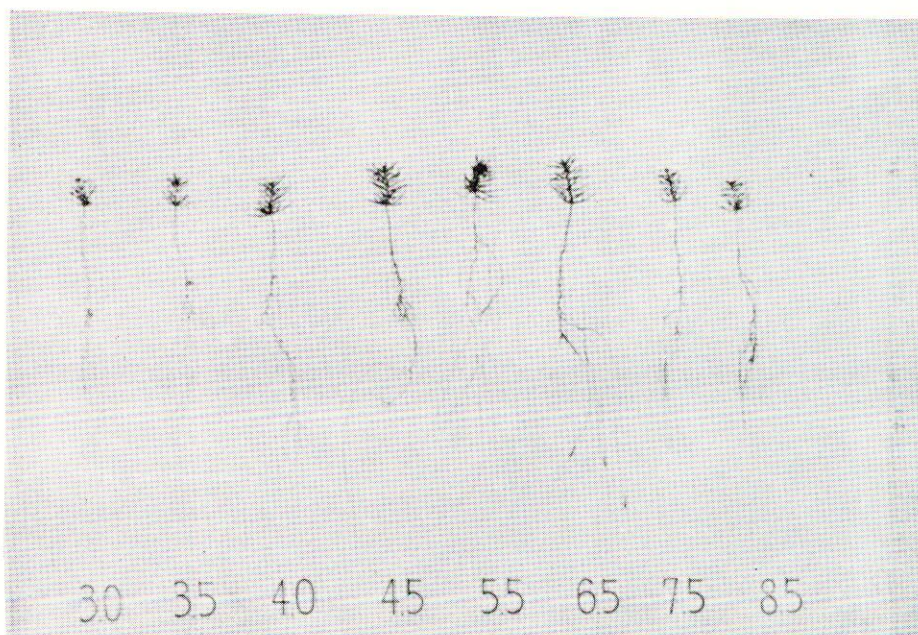


演習林研究報告第十一卷第三圖版

A

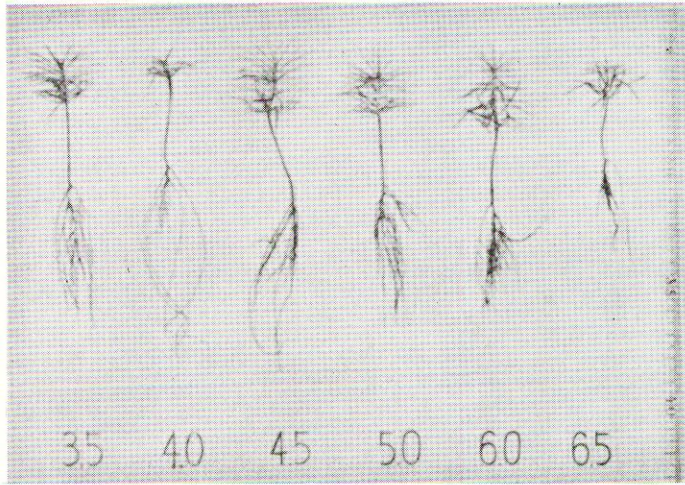


B

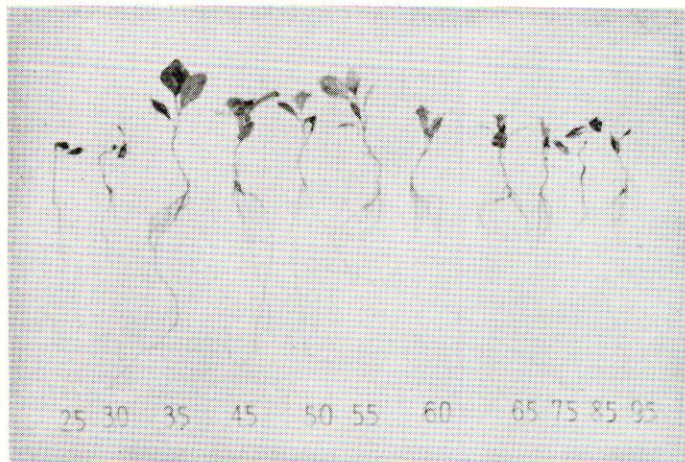


演習林研究報告第十一卷第四圖版

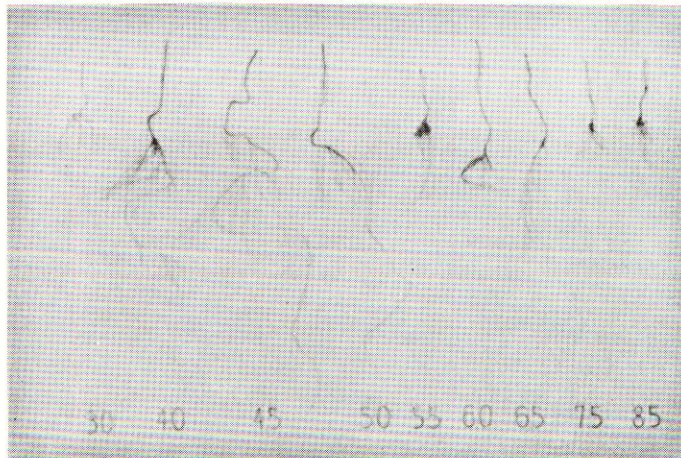
A



B

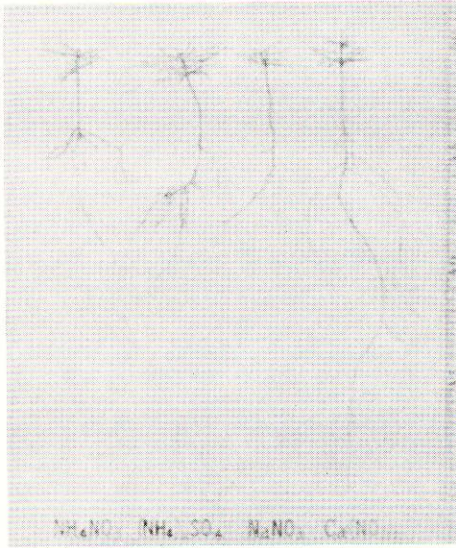


C

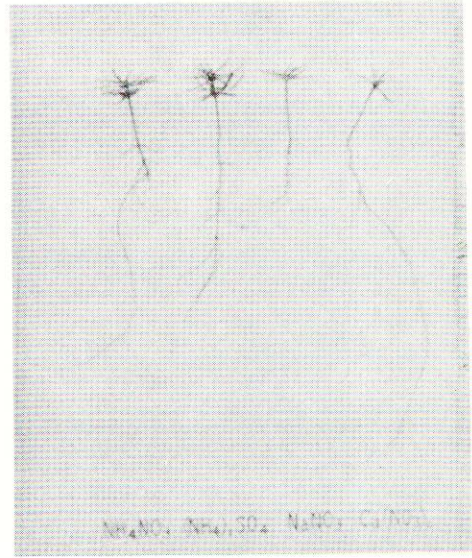


演習林研究報告第十一卷第五圖版

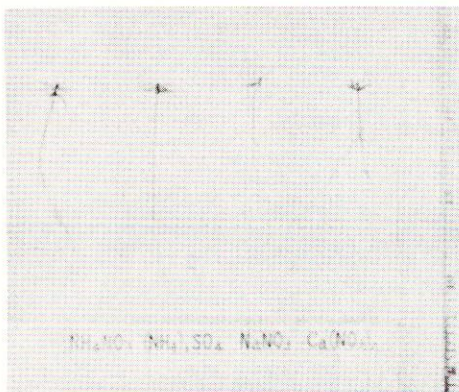
A



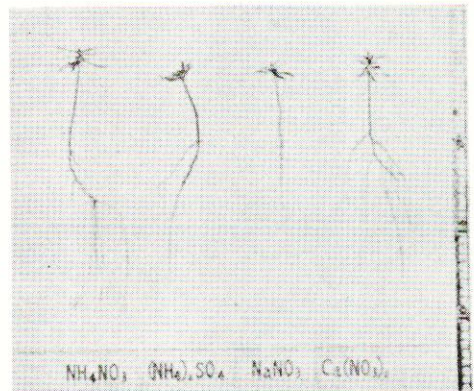
B



C

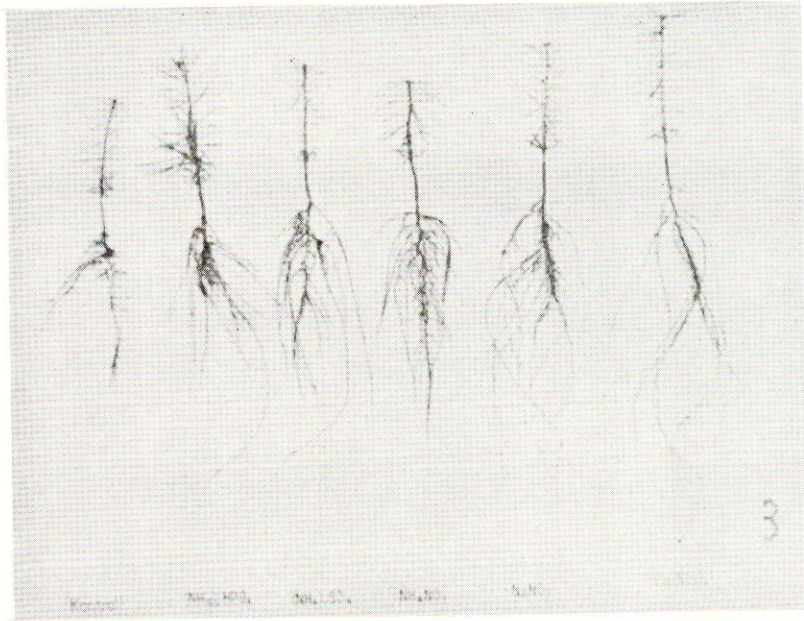


D



演習林研究報告第十一卷第六圖版

A

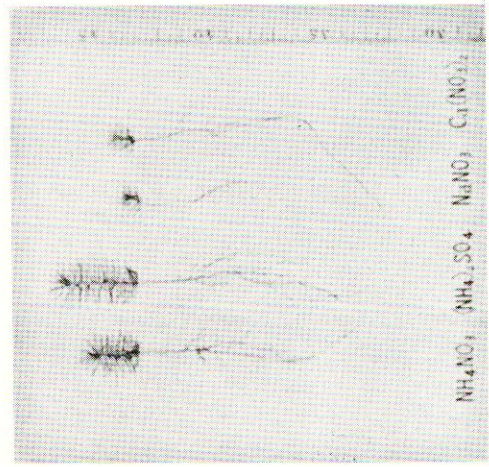


B

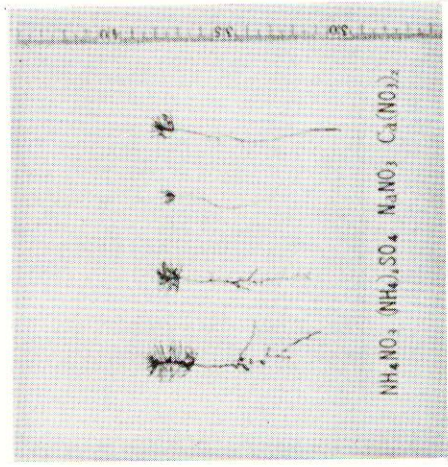


演習林研究報告第十一卷第七圖版

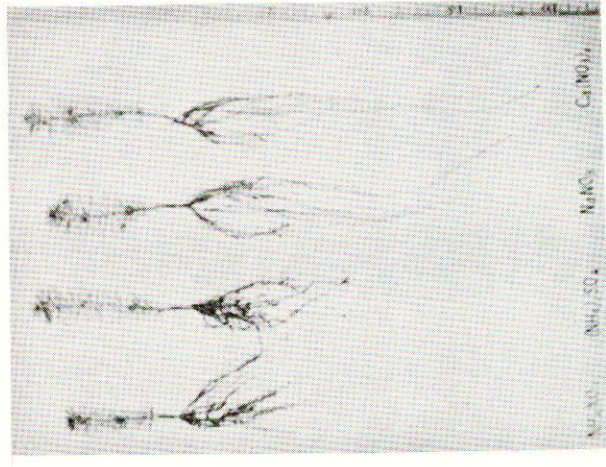
A



B

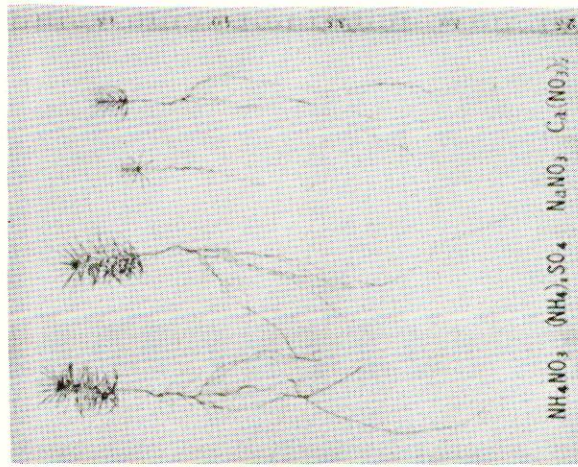


C



演習林研究報告第十一卷第八圖版

A



B



C

