

窒素・磷酸・加里の給与および欠除時期が スギ稚苗の生育に及ぼす影響について

宮 崎 榊⁽¹⁾
佐 藤 亨⁽²⁾
及 川 恵 司⁽³⁾

I は し が き

優良苗木育成の一因子として合理的施肥の問題がある。稚苗の生育期間中のある時期に給与した肥料は稚苗によく吸収されて苗体を作る上に欠くことのできない要素となるが、他のある時期に給与された肥料成分は、たとえこれが吸収されたとしても、苗体を作る上になにも有効でない要素となることがある。このようなことから施肥の合理化の研究を行うことは、はなはだ重要であり、育苗技術の一要素を究明するものと考えられる。農業方面では BRECHLEY²⁾, JSAO⁵⁾ が大麦その他について、磷酸の給与時期の研究、また春日井⁶⁾, 石塚¹⁾ 等が水稻・小麦について窒素・磷酸・加里その他の成分の給与時期について研究し、その他幾多の実験結果があるが、林木稚苗については、佐藤・武藤^{7) 10)} のカラマツ・ヒバおよびトウヒ属と芝本¹³⁾ のスギ・アカマツについての窒素・磷酸・加里の給与時期に関する研究があるにすぎない。

そこで著者等は以上のような点から栄養生理に基く合理的施肥法的一端を究明すべく、水耕法によつてスギの育苗を行い、窒素・磷酸・加里について、

1. 稚苗の正常な生育のためには、いかなる時期まで必要か。
2. 生育のいかなる時期まで欠除しても生育にさしつかえないか。

の試験を行つた。

しかしながら、本実験はすべて苗木の外部形態の観察測定を主としてすすめたもので、はなはだ心もとないが、一応とりまとめて報告する。

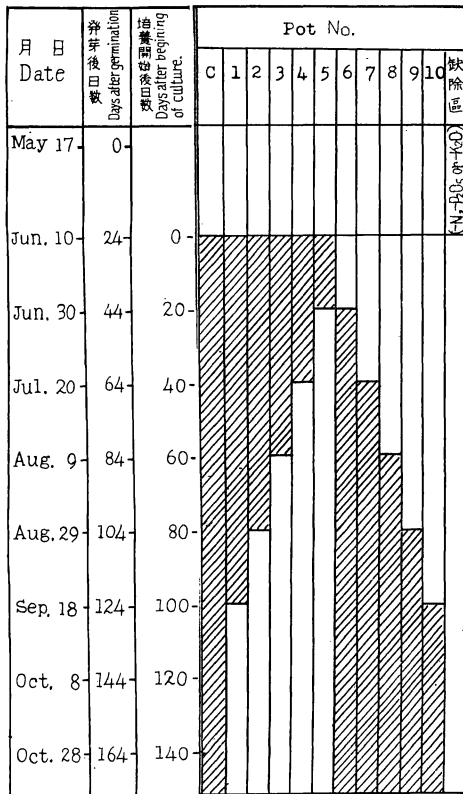
本試験の実行にあたり、種々ご配慮を賜つた林業試験場好摩分場長吉田藤一郎氏に厚くお礼申し上げます。

II 実験方法および材料

1. 実験計画

第1図に示した実験計画にもとづいて実験した。すなわち、各要素に対して No. 1 より No. 10 までの Pot を用意し、各要素の時期的な給与・欠除は図に示したように行い、6月より10月までの約140日間にわたつて、スギ稚苗を培養してその生育に及ぼす各要素の影響をみた。

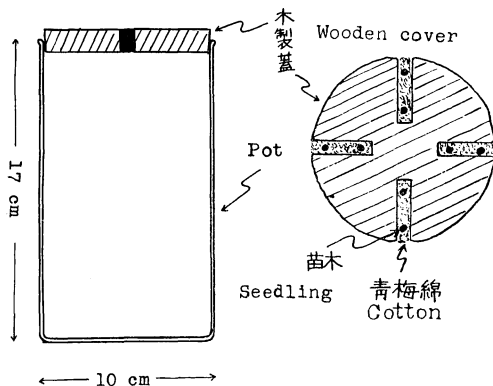
- 1) 1号より5号までの Pot では、いかなる時期まで標準培養液で培養されることを必要とするか。換言すれば生育のいかなる時期まで各要素を必要とするか。
- 2) 6号より10号までの Pot では、いかなる時期まで標準培養液で培養されることを必要としないか。換言すれば生育の初期いかなる時期まで各要素を欠除しても生育に支障ないか。



斜線の部分は標準培養液により、他の部分は欠除培養液による培養を示す。

第1図 実験計画

Fig. 1 Design of experiments.



第2図 培養容器

Fig. 2 Pot for culture.

り培養液による培養を開始した。

この期間におけるスギ稚苗は、本葉が多少出はじめている程度であつた。

6. 培養液

稚苗の培養に使用した培養液は第1表に示すような組成で、この培養液作成にあつては前記脱塩水で

について知ろうとした。このほか対照のため全生育期間を標準培養液で培養した標準区と、全生育期間中それぞれの要素を欠いた培養液で培養した無窒素区・無磷酸区・無加里区を設けた。

以上の計画に基づき、各試験区2個ずつのPotを用いて、いわゆる2連制として実施した。なお、以下Potの番号をもつて、そのPotに培養された稚苗の番号として取り扱うこととする。

2. 供試種子

岩手県森林組合採取にかかる昭和28年産スギ種子。

3. まきつけおよび発芽

種子は十分に浸水した後、ウスプルン800倍液に8時間浸漬殺菌を行い、催芽処理を施してから、石英砂を盛つたバットへ5月10日にまきつけた。しかして、5月14日ごろより発芽しはじめ、最盛期は5月17日ごろであつたので以後この5月17日を発芽日として取り扱うこととする。

4. 培養容器および稚苗の取りつけ

5月24日に至り、播種したバットより発芽した稚苗を抜きとり、網目2×2mmの金網に挿し込んで、水中培養に馴化せしめるため根部を浸水して6月4日まで静置した。6月4日これらの稚苗より大きさの一様なものを選んで、第2図に示すような容器に取りつけた。すなわち、容器は内径10cm、深さ17cm、内容積約1300ccの鉄製ホーロー引きのPotで、これに4コの切目をつけた木製蓋を取りつけ、その切目に稚苗を2本ずつ、1Pot当り8本の稚苗を挿入し、青梅綿で根元付近の茎を押える方法をとつた。

5. 培養開始

6月4日より6月10日までダイヤイオン交換樹脂による脱塩水⁷⁾で培養し、6月10日より

稀釈した。

第1表 培養液の養分組成および成分量
Table 1. The mineral composition and the amounts of the culture solution.

培養液の種類 Kinds of solution 組 成 Composition	標準培養液 Complete nutrient solution	可験要素を欠く培養液 Partially complete nutrient solutions		
		無窒素培養液 Nutrient solution minus nitrogen	無磷酸培養液 Nutrient solution minus phosphorus	無加里培養液 Nutrient solution minus potassium
NH ₄ NO ₃	57.1mg	0.0mg	114.3mg	114.3mg
KCl	42.3 "	63.3 "	63.3 "	0.0 "
KH ₂ PO ₄	38.3 "	0.0 "	0.0 "	0.0 "
Na ₂ HPO ₄ · 12H ₂ O	0.0 "	100.9 "	0.0 "	100.9 "
MgSO ₄ · 7H ₂ O	244.4 "	244.4 "	244.4 "	244.4 "
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	168.4 "	0.0 "	0.0 "	0.0 "
CaCl ₂ · 2H ₂ O	0.0 "	104.8 "	104.8 "	104.8 "
6% FeCl ₃ · 6H ₂ O	0.282 cc	0.282 cc	0.282 cc	0.282 cc
MnSO ₄ · H ₂ O	2.26 mg	2.26 mg	2.26 mg	2.26 mg
H ₃ BO ₃	0.88 "	0.88 "	0.88 "	0.88 "
CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.06 "	0.06 "	0.06 "	0.06 "
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0.07 "	0.07 "	0.07 "	0.07 "
蒸留水 Dist. water	1,000.0cc	1,000.0cc	1,000.0cc	1,000.0cc

標準培養液は春日井氏の畑作物用水耕液⁶⁾に準じ、これにマンガン・硼素その他の微量元素を加えたものである。この培養液の要素量はN……40・P₂O₅……20・K₂O……40・MgO……40・Fe₂O₃……5・Mn₂O₃……1.5・B₂O₃……0.5・CuO……0.02・ZnO……0.02 p.p.m. である。また、無窒素培養液・無磷酸培養液・無加里培養液は、標準培養液よりそれぞれ窒素・磷酸・加里の各要素を除いたものである。

7. 培養管理

培養は屋外で行った。深さ 18cm の木製の箱を土中 18cm の深さに埋めて、箱の上端を土壌面と同一にし、この箱の中に Pot を並べた。したがって、Pot の木製蓋と土壌面とが同一面にあるようにした。しかして、箱の中に適時冷水を流入して、Pot 中の培養液の温度上昇を防いだ。また、雨水を防ぐために、地上 120cm の高さにビニール障子をおおい、さらにヨシズで陽光の量を調節した。

培養液の更新は 4～5 日に 1 回の割合で行い、その他特別の管理はしなかつた。

Ⅲ 実験成績

1. 要素欠除に由来するスギ稚苗の成育状態の差異

窒素・磷酸・加里各要素を欠く場合、スギはいかなる生育を示すかを知るために、全生育期間中、無窒素培養液・無磷酸培養液・無加里培養液で培養した。無窒素区・無磷酸区・無加里区と対照の標準区の生育状態は写真 1 に示すとおりであり、それぞれについて実測した結果は第 2 表・写真 1 および第 3 図のとおりである。

標準区 培養当初より葉色は鮮緑色で、普通苗畑で生育せるものとほとんど差異を認めることができず、幹の成長は 10 月上旬までつづけられ、10 月中・下旬にいたつて衰えた。根は 9 月下旬まで伸長するようで、他の区に比してはなほだしく、側根の発生伸長が良好である。枝はその数 10 本強になり、生重量も 8.7g に達している。この苗木を苗畑提要¹⁾における、スギまき付当年生苗品等別形態に適合させ

第2表 標準区および各要素欠除区のスギ稚苗
Table 2. The growth of Sugi seedlings in control and depriving each element

Pot	供試苗数 Numbers of sample	苗 丈 Height of stem cm	根 長 Length of root cm	根元直径 Groundline diameter mm	生重量 Fresh weight g	枝 数 Numbers of branch 本	枝長合計 (苗木1本当) Total length of branch of branch per a (seedling) cm	
標準区 Control	I	7	17.2	17.0	3.5	8.1	73.3	
	II	8	17.8	17.2	3.5	9.3	83.0	
	平均		17.5	17.1	3.6	8.7	10.35	78.15
無窒素 区 -N	I	8	4.2	31.8	1.0	0.9	4.7	
	II	8	3.5	36.5	1.0	1.0	4.5	
	平均		3.85	34.15	1.0	0.95	2.2	4.6
無磷酸 区 -P	I	7	2.2	19.6	1.0	0.5	1.3	
	II	8	2.1	21.1	1.0	0.5	1.0	
	平均		2.15	20.35	1.0	0.5	1.2	1.15
無加里 区 -K	I	8	8.7	17.8	2.7	3.6	29.8	
	II	7	7.7	13.9	2.2	2.8	24.3	
	平均		8.2	15.85	2.45	3.2	6.1	27.1

れば、苗高 16cm の 1 級苗に当る。

無窒素区 培養開始後 20 日間ほどは標準区と大差ない成長をするが、30 日目ごろより以後は窒素欠乏の徴候を示し、幹の成長は標準区・無加里区に比してはるかに劣り、葉色も漸次黄色を帯びてくる。また 9 月上旬に至れば子葉付近の針葉は多少枯死の徴候を示し、実験終了時は多少枯死状態を示した。枝の発生はきわめて少なく、平均 2 本強であつた。

根の伸長は培養開始後 20~30 日間は標準区とほとんど変わらないが、その後側根の発生と伸長はほとんどみられず、漸次褐色を帯びる。主根は標準区とことなり同じ時期まで伸長をつづけるが、その長さは実に標準区の約 2 倍 199% に達する。しかしながら、根は標準区・無加里区より著しく細く、先端にいたるもあり太さの変化がないことなどが特徴のようである。これらの苗木は前述の品等別形態によれば小苗以下である。

無磷酸区 無磷酸区の成長は培養開始後 20~30 日ぐらいで、標準区より急激に劣つた。しかして、無窒素区・無加里区は全生育期間中僅少なが成長をつづけるが、無磷酸区は培養開始後 40 日ぐらいで幹の成長がとまり、その後は葉色が漸次暗緑色を呈し、実験終了時においては、葉色は古銅色となり、若干の稚苗は枯死状態にあつた。枝の発生は平均 1 本強で、長さは 1cm 程度であつた。

根の成長状態・色などは、無窒素区に類似してきわめて細く、しかも暗褐色を呈して側根の発生が少ない。これらの苗木は無窒素区の苗木同様に前述の品等別形態¹⁾の小苗にも達しない。

無加里区 この地上部の成長は無窒素・無磷酸区よりまさり、培養開始後 50 日ぐらいで標準区と差が認められた。成長停止期は標準区同様 10 月下旬であるが、この時の幹の成長は標準区の 46% 程度である。葉色は標準区に類似するも、やや濃緑色を示す。枝の発生は平均 6 本である。

根の発生は側根の発生および肥大成長ともに良好で標準区に比して大差なく、根の伸長量は標準区の 92% を示す。無加里区の苗木は品等別形態の中苗 8cm の 1 級にあたる成長を示した。

苗丈および生産量について統計的に吟味した結果は次のとおりである。すなわち、苗丈についての各試験区間には 0.1% Point で有意の差が認められ、試験区相互間の差は、標準区は各要素欠除区に対して

きわめてすぐれた成長をなしており (0.1% Point), 無窒素区は無リン酸区よりややまさり (5% Point), 無加里区より劣る (0.1% Point) 成長をなし, また無リン酸区が無加里区より劣る (1% Point) 成長をなしていることが認められた。生重量についても同様に試験区間に 1% Point で有意差が認められ, 各試験区相互間の差においては標準区は各要素区よりきわめてすぐれた成長をなし, 無窒素区と無リン酸区との間に差が認められず, 無加里区は無窒素・無リン酸区よりややすぐれていることが認められた。

上述の結果より標準区は他のいずれの区よりもはるかにすぐれており, 無加里区は無窒素・無リン酸区よりすぐれた結果を示した。無窒素区は無リン酸区に対して幹の成長はわずかにすぐれているが, 生重量については有意の差が認められない。これらのことは他の測定した要素, すなわち根元直径・枝数や枝長合計についてもいえることであつて, 標準液で培養したものは, はなはだ良好な苗が得られた。ただし根の長さについては以上のことと全く趣を異にしている (写真 1 参照)。

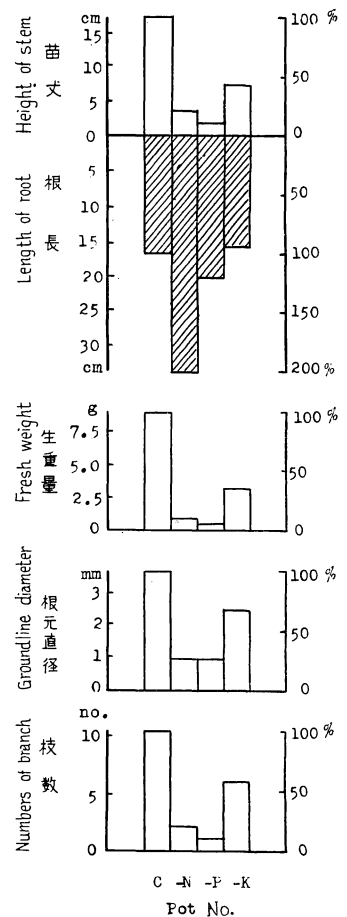
2. 窒素試験

(1) 生育のいかなる時期まで窒素を必要とするか。

1号より5号にいたる Pot によつて, 生育のいかなる時期まで必要であるかについて行つた実験結果は第3表・第4図および写真2のごとくである。

1号より5号までの Pot について観察するに, 稚苗はすべて標準培養液による培養打ち切り後, すなわち無窒素培養液による培養が開始されてから, 1号では 20~25 日, 2号および3号では 15 日, 4号・5号では 10~15 日くらいで幹の成長が急激に衰え, これより数日おくれて葉色も変化して黄色が濃くなつてくる。苗丈は培養開始後 100 日間だけ窒素を与えた1号および 80 日間窒素を与えた2号は標準区の 83~84% であまり劣つてないが, 3号にいたつてかなり劣つて 60% しか成長せず, 4号・5号はそれぞれ 39, 25% としだいに窒素の給与量に比例して成長も衰えている。しかしながら, 5号は 26% であつて, 全生育期間中窒素を給与しなかつた無窒素区より, 多少成長がまさっているにすぎない。生重量についても苗丈とまったく同様の傾向を示している。

根の状態についてみれば1号は標準区とあまり変りない成長をして側根の発生もかなりみられたが, 2・3号にいたつてその傾向は減じ, 4・5号では無窒素区の根の状態に近くなり, 側根の発生はきわめて少なく, 長さのみ増加して細かつた。根長は1号より5号まで順に, 標準区の 120・140・140・180・210 % と増加する傾向が認められ, 側根の量は1号より5号にむかつて少なくなり, 大きさもまた1号より5号にむかつて細くなるようである。なお, 1号 Pot は2個とも培養開始数日後に多少根の腐敗をみ, その後の成長にすくなからず影響したようである。



第3図 標準区および各要素欠除区のスギ稚苗
Fig. 3 The growth of Sugi seedlings in control and depriving each element.

第 3 表 標準区, N-1 ~ N-5 区および無窒素区のスギ稚苗
Table 3. The effects of nitrogen on the growth of Sugi seedlings.

Pot No.	供試苗数 Numbers of sample	苗 丈 Height of stem cm	根 長 Length of root cm	根元直径 Groundline diameter mm	生重量 Fresh weight g	枝 数 Numbers of branch 本	枝長合計 (苗木 1 本当) Total length of branch of branch (per a seedling) cm
標準区 Control C	I	7	17.2	17.0	3.5	8.1	73.3
	II	8	17.8	17.2	3.7	9.3	83.0
	平均		17.5	17.1	3.6	8.7	78.15
N-1	I	6	14.4	21.1	2.9	7.1	72.0
	II	8	14.7	21.1	2.9	6.3	62.1
	平均		14.55	21.1	2.9	6.7	67.05
N-2	I	8	14.3	22.9	2.6	4.9	47.8
	II	8	15.2	26.7	2.5	4.9	48.2
	平均		14.75	24.8	2.55	4.9	48.0
N-3	I	6	11.6	24.6	2.2	4.2	32.2
	II	8	9.5	25.6	2.1	3.5	31.2
	平均		10.55	25.1	2.15	3.85	31.7
N-4	I	7	7.9	28.4	1.8	2.9	24.2
	II	7	6.0	34.2	1.5	1.9	11.6
	平均		6.95	31.3	1.65	2.4	17.9
N-5	I	8	5.3	33.4	1.1	1.2	11.2
	II	8	3.7	38.4	1.1	1.1	4.9
	平均		4.5	35.9	1.1	1.15	8.05
無窒素 区 -N	I	8	4.2	31.8	1.0	0.9	4.7
	II	8	3.5	36.5	1.0	1.0	4.5
	平均		3.85	34.15	1.0	0.95	4.6

根元直径についてみれば, 1号は標準区の 80% を示しているが, 2, 3号の順に漸次減少し, 5号は標準区のわずか 30% を示すにすぎない。しかして, 5号は無窒素区より多少太いようである。枝数および枝長合計についても根元直径と同様の傾向が認められる。

第 3 表の結果より苗丈・生重量について統計的な吟味を行った結果, 苗丈については試験区間には 0.1 % Point で有意の差が認められ, 標準区は 1号より 5号まで, および無窒素区に対して有意差が認められた。つまり, 標準区に対して他の各区は非常に劣っていることが認められた。また, 無窒素区に対して 5号 Pot は差が認められないが, 1号から 4号の Pot はすぐれた成長をしていることがわかった。

生重量についても苗丈同様に 0.1% Point で試験区間に有意差が認められ, 標準区に対して 1号より 5号まで, および無窒素区は非常に劣っており, また無窒素区に対しては 5号 Pot 以外はすぐれた成長をしていることが認められた。

上述の結果より, 各処理間にはきわめて有意の差が認められ, 苗丈・生重量ともに標準区より劣った成長量を示しているが, 5号 Pot では無窒素と比べて, 苗丈・生重量ともに有意差のないことが知られた。

(2) 生育の初期いかなる時期まで窒素を欠いても影響ないか。

スギ稚苗の生育にいかなる時期まで窒素を欠除しても生育に支障をきたさないかを知るために, 6号より 10号までの Pot で行った実験結果は第 4 表・第 4 図および写真 2 のとおりである。

6号より 10号にいたる Pot について観察すれば, 6号を除いた他の区は標準区に比して著しく劣った。6号 Pot にあつては初期 20 日間の窒素欠除で葉色は多少黄色を帯びるも, 20 日以後の窒素の給与で, すなわち標準培養液に変更後, 10 日ぐらいて鮮緑色に変つた。7号 Pot にあつては初期 40 日間の窒素欠除で成長は著しく減退するも, 標準培養液に変更後 15 日ぐらいて著しく成長回復し, 葉色も鮮緑

第4表 標準区、N-6～N-10 区および無窒素区のスギ稚苗
Table 4. The effects of nitrogen on the growth of Sugi seedling.

Pot No.	供試苗数 Numbers of sample	苗 丈 Height of stem cm	根 長 Length of root cm	根元直径 Groundline diameter mm	生重量 Fresh weight g	枝 数 Numbers of branch 本	枝長合計 (苗木1本当) Total length of branch (per a seedling) cm
標準区 Control C	I	7	17.2	17.0	3.5	8.1	73.3
	II	8	17.8	17.2	3.7	9.3	83.0
	平均		17.5	17.1	3.6	8.7	78.15
N - 6	I	7	16.4	20.5	3.1	8.3	61.6
	II	8	18.2	18.9	3.2	9.3	70.4
	平均		17.3	19.7	3.15	7.2	66.0
N - 7	I	7	13.6	19.5	2.7	6.0	43.7
	II	8	14.9	21.7	2.4	4.0	46.4
	平均		14.25	20.6	2.55	5.0	45.05
N - 8	I	7	11.5	21.4	2.2	3.3	32.9
	II	8	13.8	24.8	2.3	3.9	36.9
	平均		12.65	23.1	2.25	3.6	34.9
N - 9	I	7	8.8	23.4	1.6	2.4	20.2
	II	7	8.2	30.3	1.6	2.0	18.2
	平均		8.5	26.85	1.6	2.2	19.2
N - 10	I	8	5.2	37.2	1.2	1.3	8.4
	II	8	4.7	31.6	1.1	1.2	10.4
	平均		4.95	34.4	1.15	1.25	9.4
無窒素 区 -N	I	8	4.2	31.8	1.0	0.9	4.7
	II	8	3.5	36.5	1.0	1.0	4.5
	平均		3.85	34.15	1.0	0.95	4.6

色に変わる。しかし培養開始後 60・80・100 日間を無窒素培養液で培養された 8・9・10 号 Pot では成長も悪く、また葉色も急激に変化することなく、10 号 Pot ではほとんど葉色の変化をみることなく、多少成長したのみであつた。

苗丈についてみると、標準区に比して 6 号 Pot は 99% の成長を示したが、7 号以下は漸次成長が悪くなり、9 号では 49%、10 号では無窒素区に近い 28% しか成長していない。根長についてはこれとまったく反対に、標準区に比していずれも長く、6 号より 10 号に順次長くなる傾向にあり、10 号 Pot では標準区の 2 倍以上の長さには達しているが、色は褐色を帯びて側根はほとんど伸長せず、無窒素区に近い状態である。

このほかの生重量・根元直径・枝数などについては苗丈におけると同様の傾向で、6 号 Pot では標準区に近いが、7・8・9・10 号の順に無窒素に近い傾向を示す。

第4表より苗丈・生重量について統計的吟味からすると、苗丈・生重量ともに処理間（各 Pot の間）にはきわめて有意差が認められた。各 Pot と標準区の差をみれば、苗丈に関しては、6 号 Pot ではまったく有意差が認められないが、7 号 Pot 以下では有意差が認められ、また生重量に関しても苗丈同様 6 号 Pot では差が認められなかつたが、7 号以下の Pot ではきわめて有意の差が認められた。また、無窒素区に対する各区の差は、苗丈については 10 号 Pot は有意差が認められず、他の Pot はすべてすぐれた成長を示した。また、生重量については 9・10 号 Pot は有意差が認められず、他の区は無窒素区よりすぐれた成長を示したことが認められた。

3. 磷酸試験

(1) 生育のいかなる時期まで磷酸を必要とするか。

第5表 標準区、P 1～P 5区および無磷酸区のスギ稚苗
Table 5. The effects of phosphorus on the growth of Sugi seedlings.

Pot No.	供試苗数 Numbers of sample	苗 丈 Height of stem cm	根 長 Length of root cm	根元直径 Groundline diameter mm	生重量 Fresh weight g	枝 数 Numbers of branch 本	枝長合計 (苗木1本当) Total length of branch (per a seedling) cm
標準区 Control C	I	7	17.2	17.0	3.5	8.1	73.3
	II	8	17.8	17.2	3.7	9.3	83.0
	平均		17.5	17.1	3.6	8.7	78.15
P-1	I	6	16.5	18.6	3.3	8.3	71.2
	II	7	18.1	21.1	2.6	7.4	61.9
	平均		17.3	19.85	2.95	7.85	66.55
P-2	I	7	15.7	19.0	3.1	7.3	64.5
	II	8	16.3	19.2	2.8	5.7	60.2
	平均		16.0	19.1	2.95	6.5	62.35
P-3	I	8	15.7	22.4	3.1	5.1	61.8
	II	7	15.9	20.4	2.9	5.2	50.2
	平均		15.8	21.4	3.0	5.15	56.0
P-4	I	8	9.6	23.7	2.1	3.2	27.6
	II	7	8.2	25.6	1.9	2.6	19.3
	平均		8.9	24.65	2.0	2.9	23.45
P-5	I	8	4.1	26.4	1.1	0.9	4.9
	II	8	3.4	27.0	1.0	1.0	4.0
	平均		3.75	26.7	1.05	0.95	4.45
無磷酸 区 -P	I	7	2.2	19.6	1.0	0.5	1.3
	II	8	2.1	21.1	1.0	0.5	1.0
	平均		2.15	20.35	1.0	0.5	1.15

いかなる時期まで磷酸を必要とするかを知るために、1号より5号の Pot で行つた実験結果は第5表・第5図のごとくである(写真3参照)。

1号より5号 Pot にいたる Pot について観察すれば、磷酸の欠除によつて葉色が判然と標準区と異なつた呈色をなすことが特色のようである。すなわち、標準区は葉色が鮮緑色より濃緑色を呈するに對して、無磷酸区が呈したように磷酸の欠除によつて緑色より暗黄緑色、さらに暗緑褐色を呈するにいたつた。この傾向は5号 Pot より4号・3号・2号・1号の順に強くなつた。

5号において6月30日磷酸欠除開始後10～15日で磷酸欠乏の症状を現わし、苗丈の伸びも急にぶる。4号 Pot では標準培養液より無磷酸培養液に変更して25日後まではほとんど葉色にvarietyないが、その後は急激に葉色が変化し、成長も急に衰えた。しかして3号・2号・1号の Pot は、それぞれ標準区の90・91・99%の成長を行い、葉色の変化もまた4・5号 Pot の稚苗に比して非常におそくなるようである。また生重量・根元直径・枝数などについても、苗丈の伸と同じような傾向がみられる。

これに對して根長は標準区に比していずれの Pot でも長く、5号 Pot では最も長く標準区の156%、4号では144%になつてゐる。そして肥大成長はあまりしないで側根の發生・伸長もあまりみられなかつた。なお、根の色は磷酸を欠除することによつて、白色よりしだいに暗褐色を呈するようになり、5号 Pot ではほとんど無磷酸区のそれに近く、1号の根は標準区のそれに近いようである。

第5表の結果より苗丈・生重量について、統計的に吟味すれば次のごとくである。すなわち、苗丈・生重量ともに試験区間に0.1% Pointで有意差が認められた。しかして、標準区に對する各 Pot の差をみれば、苗丈の伸びについては1号 Pot・2号 Pot とともに有意の差が認められないが、3号 Pot にいたつてわずかに有意差が認められ、4・5号 Pot では無磷酸区と同様にきわめて有意の差が認められた。また、

生重量については標準区に対して1号 Pot は差が認められないが、2号 Pot はすでに1% Point で差が認められ、3・4・5号 Pot はきわめて有意な差がみられた。無リン酸区と各 Pot の成長状態については、苗丈・生重量ともに1号 Pot より4号 Pot まではすぐれており、5号 Pot では有意の差は認められなかった。

(2) 生育のいかなる時期までリン酸を欠いても影響ないか。

生育の初期いかなる時期までリン酸を欠除しても、スギ稚苗の生育に影響を与えないかを知るために6号より10号にいたる Pot で実験した成績は第6表・第5図および写真3のごとくであった。

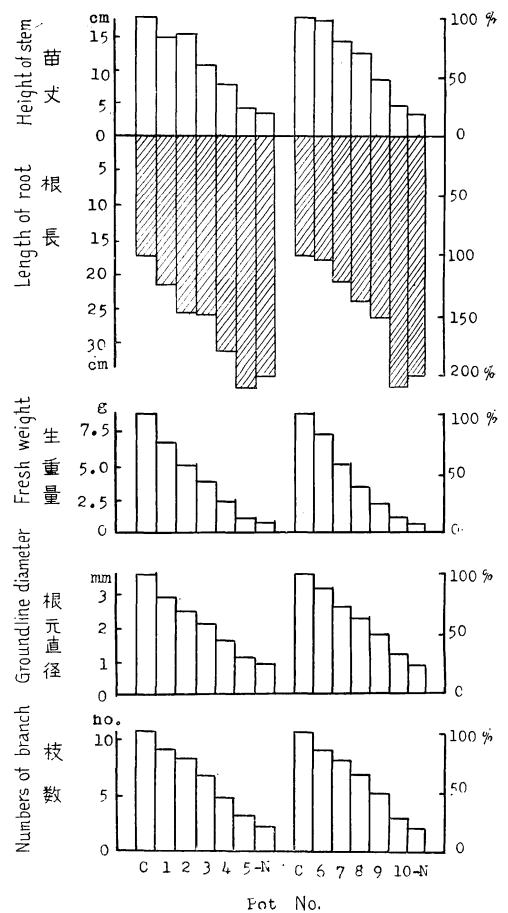
6号より10号までの Pot のスギ稚苗の生育をみるに、6号 Pot においては初期20日間リン酸を欠除し、その後標準培養液で培養しても標準区に比して劣った成長を示すが、葉色はほとんど標準区のそれに近くなる。

7号 Pot では初期40日間のリン酸欠除によって葉色も著しく暗緑褐色を呈し、40日以後リン酸を給与すれば葉色も標準区に近くなり、成長もある程度回復する。しかし、その回復の度合は6号よりも長時間を要するようである。8・9・10号 Pot では生育が非常に劣っており、10号 Pot の稚苗は無リン酸区に比して大差ない状態である。

苗丈についてみれば標準区に対して6号はすでに85%の生育しか示さず、7・8・9・10号の順にそれぞれ77・61・39・18%と非常に悪い生育しか示さなかった。また生重量・根元直径・枝数などについても苗丈とほぼ類似の傾向があり、初期リン酸欠除日数の長いものほど少ない数値を示した。

これとは逆に根は細長くなる傾向を示し、8・9号において根長が最大で標準区の140%で、6号は無リン酸区とほぼ同じであり、10号はこの両者の中間で、7号は無リン酸区よりやや短い。根の色は無リン酸培養液で培養している間は暗褐色であるが、標準培養液に変更後はやや淡褐色となり、新しく発生したものは白色のやや太い根を出す。この傾向は欠除期間が短いものほど強いが、全般的には細くて側根の発生は少ない。

第6表のうち苗丈および生重量について統計的に吟味して次の結果になった。すなわち、試験区間には0.1% Point で有意な差のあることが認められた。苗丈についてみれば、標準区に対して6号 Pot では1% Point で、またその他の区ではそれぞれ0.1% Point で有意差を有し、各 Pot とともに苗丈の伸びが標準区よりきわめて劣っていることが認められた。逆に無リン酸区に対しては10号 Pot 以外の Pot は



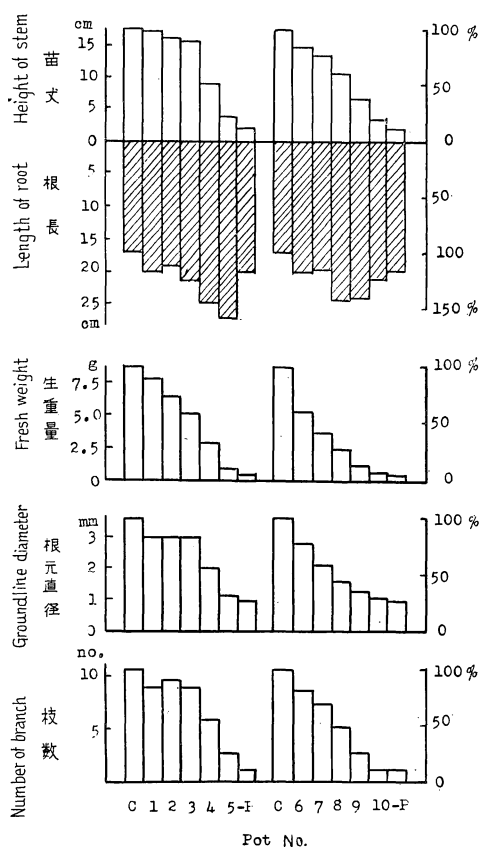
第4図 窒素試験におけるスギ稚苗
Fig. 4 The effects of nitrogen on the growth of Sugi seedlings.

第6表 標準区、P-6~P-10区および無磷酸区のスギ稚苗
Table 6. The effects of phosphorus on the growth of Sugi seedlings.

Pot No.	供試苗数 Numbers of sample	苗 丈 Height of stem cm	根 長 Length of root cm	根元直径 Groundline diameter mm	生重量 Fresh weight g	枝 数 Numbers of branch 本	枝長合計 (苗木1本当) Total length of branch of branch (per a seedling) cm
標準区 Control C	I	7	17.2	17.0	3.5	8.1	73.3
	II	8	17.8	17.2	3.7	9.3	83.0
	平均		17.5	17.1	3.6	8.7	78.15
P - 6	I	6	14.5	19.2	2.9	5.2	52.7
	II	7	15.5	21.4	2.7	4.7	49.2
	平均		15.0	20.3	2.8	4.95	50.95
P - 7	I	7	14.2	20.1	2.2	3.8	39.2
	II	8	13.1	19.4	2.0	3.4	36.4
	平均		13.65	19.75	2.1	3.6	37.8
P - 8	I	8	10.4	21.5	1.7	2.2	22.6
	II	7	11.2	26.4	1.5	2.6	26.2
	平均		10.8	23.95	1.6	2.4	24.4
P - 9	I	8	6.3	22.2	1.1	0.9	7.4
	II	7	7.4	25.7	1.4	1.2	9.8
	平均		6.85	23.95	1.25	1.05	8.6
P - 10	I	8	3.4	20.7	1.0	0.5	2.0
	II	8	2.9	21.4	1.1	0.6	1.7
	平均		3.15	21.05	1.05	0.55	1.85
無磷酸 区 -P	I	7	2.2	19.6	1.0	0.5	1.3
	II	8	2.1	21.1	1.0	0.5	1.0
	平均		2.15	20.35	1.0	0.5	1.15

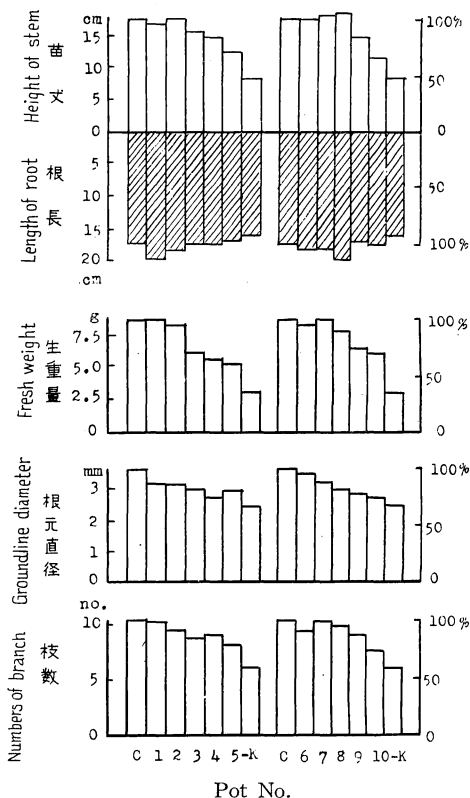
第7表 標準区、K-1~K-5区および無加里区のスギ稚苗
Table 7. The effects of Potassium on the growth of Sugi seedlings.

Pot No.	供試苗数 Numbers of sample	苗 丈 Height of stem cm	根 長 Length of root cm	根元直径 Groundline diameter mm	生重量 Fresh weight g	枝 数 Numbers of branch 本	枝長合計 (苗木1本当) Total length of branch of branch (per a seedling) cm
標準区 Control C	I	7	17.2	17.0	3.5	8.1	73.3
	II	8	17.8	17.2	3.7	9.3	83.0
	平均		17.5	17.1	3.6	8.7	78.15
K-1	I	5	17.3	17.5	3.3	9.0	83.9
	II	7	16.7	21.1	3.1	8.7	71.1
	平均		17.0	19.3	3.2	8.85	77.5
K-2	I	5	17.9	18.5	3.2	8.6	75.4
	II	7	17.4	17.7	3.2	8.0	65.8
	平均		17.65	18.1	3.2	8.3	70.6
K-3	I	7	17.2	16.8	3.2	6.4	65.7
	II	7	14.6	17.6	2.8	5.7	54.5
	平均		15.9	17.2	3.0	6.05	60.1
K-4	I	7	15.4	17.6	2.7	4.9	54.3
	II	8	14.6	17.5	2.8	6.1	59.5
	平均		15.0	17.55	2.75	5.5	56.9
K-5	I	7	12.9	16.2	3.0	5.9	53.5
	II	6	12.6	16.8	2.7	4.6	47.3
	平均		12.75	16.5	2.85	5.25	50.4
無加里 区 -K	I	8	8.7	17.8	2.7	3.6	29.8
	II	7	7.7	13.9	2.2	2.8	24.3
	平均		8.2	15.85	2.45	3.2	27.05



第5図 磷酸試験におけるスギ稚苗

Fig. 5 The effects of phosphorus on the growth of Sugi seedlings.



第6図 加里試験におけるスギ稚苗

Fig. 6 The effect of potassium on the growth of Sugi seedlings.

すぐれた成長をしていることが認められた。

生重量についてみれば標準区に対して、6～10号 Pot のそれぞれが 0.1% Point で有意差が認められ、無磷酸区に対しては9・10号 Pot の稚苗は有意差が認められないが、6・7・8号 Pot は無磷酸区よりややすぐれていることがわかった。

4. 加里試験

(1) 生育のいかなる時期まで加里を必要とするか。

スギ稚苗の生育のいかなる時期まで加里を必要とするかについて1号より5号までの Pot について試験した結果は第7表・第6図および写真4のとおりである。

これらの生育経過を観察するに、培養開始後 40 日目ごろまではほとんどすべて同じような成長経過を示すが、その後4・5号 Pot は成長がやや衰えた。1・2・3号 Pot では標準区とほとんど変りない成長経過で成長した。4・5号 Pot の葉色は他のものよりも無加里区のそれに近く、濃暗緑色を示す。実験終了時における苗丈は、標準区に対して1・2・3号では、それぞれ 97・100・90% を示して大差なく、4号・5号 Pot では 85・72% とやや成長が悪い。しかしながら、根元直径については、これとはやや趣を異にし、1号・2号 Pot において標準区の苗木の 88% を示し、加里欠除による影響が大きいよう

である。生重量は3号 Pot 以下においては標準区より非常に劣っている。

根についてみれば、前述の窒素および燐酸欠除の場合と異なり、標準区の根に近く、太くて側根の発生多く、白色を呈する。根長はほとんど標準区と大差がない。

統計的吟味の結果、苗丈についてみれば試験区間に 0.1% Point で有意差が認められた。また、標準区と各区との有意差は1号・2号・3号においてはなく、4号にいたつてはじめて認められる。無加里区は他のいずれの区よりも劣るようである。生重量についてみれば試験区間に有意差 (1% Point) で認められ、また標準区と各区の間では1・2号が有意差が認められなかったが、他の Pot は標準区よりも劣っていることがわかった。なお生重量においても無加里区は、苗丈におけると同様の Pot よりも劣っていることが知られた。

(2) 生育のいかなる時期まで加里を欠いても影響がないか。

スギ稚苗の生育について初期いかなる時期まで、加里を欠除しても生育に支障ないかを知るために、6号より10号までの Pot により行つた実験の結果は第8表および写真4のごとくである。

これらの稚苗の成長経過をみれば、6号・7号 Pot では生育初期20日・40日間加里を欠除したにもかかわらず、標準区と大差のない成長経過を示し、成長後期においては標準区より苗丈が大となつた。また、8号 Pot では初期60日の加里の欠除で多少生育が劣えたが、標準液培養に変更後10日間ぐらいで生育を回復しはじめ、次後旺盛に成長して実験終了時の苗丈は標準区のそれよりも大であつた。9号および10号 Pot においても加里欠除のうちは、やや生育が悪かつたが、加里給与後10日ぐらいで成長を回復しはじめた。しかし、加里給与期間が短いため充分な生育を示さないうちに成長を停止した。

実験終了時の苗丈は、6・7・8号では標準区より大でそれぞれ102・108・111%を示したが、9・

第8表 標準区、K-6、K-10区および無加里区のスギ稚苗
Table 8. The effects of Potassium on the growth of Sugi seedlings.

Pot No.	供試苗数 Numbers of sample	苗 丈 Height of stem cm	根 長 Length of root cm	根元直径 Groundline diameter mm	生重量 Fresh weight g	枝 数 Numbers of branch 本	枝長合計 (苗木1本当) Total length of branch (per a seedling) cm
標準区 Control C	I	7	17.2	17.0	3.5	8.1	73.3
	II	8	17.8	17.2	3.7	9.3	83.0
	平均		17.5	17.1	3.6	8.7	78.15
K - 6	I	8	17.9	18.6	3.6	7.9	67.0
	II	8	18.1	18.0	3.3	8.5	72.5
	平均		18.0	18.3	3.45	8.2	69.75
K - 7	I	7	19.0	15.7	3.3	8.1	74.7
	II	6	19.1	20.2	2.9	9.5	78.3
	平均		19.05	17.95	3.1	8.8	76.5
K - 8	I	8	19.9	18.6	3.1	7.9	79.8
	II	6	19.1	19.8	3.0	7.8	72.8
	平均		19.5	19.2	3.05	7.85	76.3
K - 9	I	6	14.8	18.4	2.8	7.4	67.4
	II	6	15.2	14.8	2.8	5.8	58.3
	平均		15.0	16.6	2.8	6.6	62.85
K - 10	I	7	11.5	15.2	2.8	6.3	53.2
	II	6	11.8	18.9	2.6	6.1	53.2
	平均		11.65	17.05	2.7	6.2	53.2
無加里 区 -K	I	8	8.7	17.8	2.7	3.6	29.8
	II	7	7.7	13.9	2.2	2.8	24.3
	平均		8.2	15.85	2.45	3.2	27.05

10 号は逆に小さく、それぞれ 85%・66% を示した。次に無加里区は標準区の 46% しか生育していない。

生重量は 6・7・8 号 Pot は 90% 以上示したが、9・10 号 Pot ではそれ以下であつた。根元直径については 90% 以上示すのは 6 号 Pot のみで他は 7 号以下順に劣る。

根の長さについては、6・7・8 号 Pot はともに標準区よりもすぐれ、根の状態、すなわちその太さおよび側根の発生、伸び具合など標準区と大差がないようである。しかし 60・80 日間加里を欠除した 9・10 号 Pot では標準区より劣るようである。

統計処理の結果より苗丈についてみれば、試験区間に差が認められ、また、標準区に対しては 6 号 Pot は差はないが、7・8 号 Pot では標準区より大きい生育をしたことが認められ、9・10 号 Pot では劣るようである。また、無加里に対しては各区ともすぐれた成長を示した。

生重量に関しては試験区間に非常に有意の差が認められ、標準区に対しては 6・7・8 号 Pot は有意の差が認められなかつたが、9・10 号にいたつて成長が劣つていることがわかつた。また、無加里区は 6～10 号 Pot より非常に劣つた成長をしたことが認められた。

Ⅳ 考 察

生育期間中でスギ稚苗生育のために最も効果が現われるような施与時期に関する実験をも行わず、各要素の施与量に対する吸収量などについても触れなかつたのであるが、一応結論的なものをだしてみたいと思う。以下述べる各要素の必要および欠除可能期間の限界は 5% Point における標準区と各試験区との有意差の認められない点とする（第 7 図参照）。

1. 窒素について

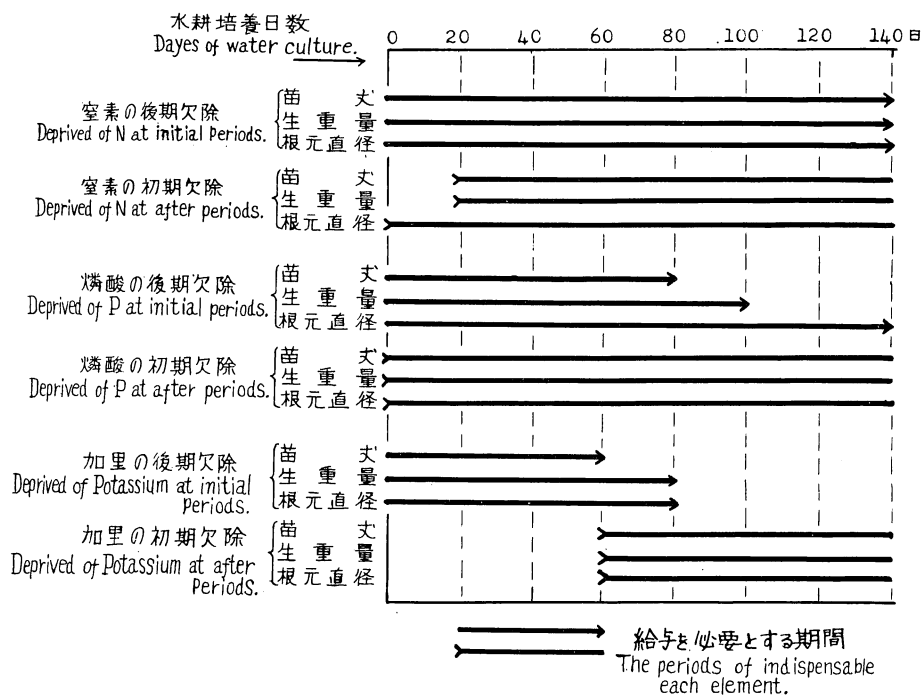
前述したごとく、窒素試験中 1 号 Pot が 2 個ともに生育初期において稚苗の根を傷め、その後の生育に影響した点が大いように思われたが、取りまとめの結果に基けば、窒素は培養開始後全期間を通じて給与を受けることを必要とするようで、初期 100 日間の窒素の給与では苗丈・生重量・根元直径において標準区よりも劣る（しかし生育後期の窒素量は少なくともよいようである⁸⁾）。この結果は芝本の報告¹³⁾と傾向を一にするが、後期に欠除した場合に標準区とはすこぶる劣つた成長を示した点で多少趣を異にした。佐藤⁹⁾ はヒバについては「培養開始後 40 日の給与で充分である」としている。

つぎに生育初期一定期間を無窒素培養液で培養し、その後標準培養液で培養した場合のスギ稚苗の生育は、初期 20 日間欠除したものは、その後の窒素の給与によつて苗丈・生重量は、標準区と差が認められないまでに生育するが、初期 40 日以上窒素を欠除したものは、その後の給与によつて標準区に近い生育はしなかつた。しかし、根元直径においては初期 20 日間の欠除ですでに標準区より劣る。つまり、苗丈・生重量の生育には初期 20 日間窒素を欠いても十分な生育をなすが、根元直径の成長には全生育期間給与することが必要である。

2. リン酸について

発芽後 24 日の稚苗を、初期一定期間標準培養液で培養した実験では、苗丈の伸びには初期 80 日間の給与で充分であり、生重量の最大生育には 100 日の給与を必要とする。根元直径の生育には 100 日以上の間、リン酸の給与を必要とする。しかして、だいたいにおいて生育初期 80～100 日間のリン酸の給与で充分のようである。

つぎに、初期或る期間無リン酸培養液で培養し、その後標準培養液に変更培養したものは、全般的に標準



第7図 各要素の給与必要および欠除可能期間

Fig. 7 The periods of the indispensable and the dispensable of each element for the growth of Sugi seedlings.

区よりも非常に劣つた成長を示した。すなわち、初期20日間にわたつて磷酸を欠除した稚苗においても、苗丈・生重量・根元直径ともに標準区より非常に劣つた生育を示した。40日以上にわたつて生育初期に磷酸を欠いたものはさらに著しく劣る。このことは生育初期の磷酸の給与の重要さがうかがわれ、生育初期に磷酸が欠除すると満足な生育を期待することができないようである。BRENCHLEY²⁾は193年大麦の成長期に対する磷酸の影響を研究し、「磷酸は生育の初期6週間にて充分の吸収をすべく、ために全乾量に対し最高の含量に達せしめ得るが、生育初期にこれを欠くときは磷酸吸収は著しく劣る」と発表した。その後多くの研究結果がこの傾向にあるようである。

次にスギ稚苗の磷酸についての結果は芝本¹³⁾の報告とよく一致しているが、ヒバ⁹⁾については多少趣を異にしている。

3. 加里について

加里に関しては、種子発芽後24日より標準培養液で一定期間培養し、その後無加里培養液で培養した場合は、苗丈の伸びには初期60日間、生重量・根元直径の生育には、80日間の加里給与で充分である。だいたいにおいて生育初期60～80日で充分であることが知られた。

また、生育期間の初期を無加里培養液、後期を標準培養液で培養した場合の稚苗の生育についてみれば、苗丈・生重量・根元直径ともに60日間加里を欠除しても、その後の給与で充分な生育を示すことが知られた。

加里についてはヒバについて行われた佐藤の報告⁹⁾と傾向を同じくするも、初期に給与する場合はスギ稚苗の場合は多少長期間必要とするようである。また、スギについて芝本の報告¹¹⁾とほぼ一致するごとく

である。ただしここに一考を要することは、ECKSTEIN³⁾ がのべているごとく、Na および Ca イオンは、加里の或る種の機能を代行するとの点からして、本培養液のごとく、石灰を充分含有するものでは、加里を欠除してもその影響があらわれないとも考えられる点で、この加里問題については今後研究問題が残されている。以上述べてきたところを図示すれば第7図のごとくである。

以上のことから、窒素は生育の末期まで給与することが必要であるが、磷酸・加里については一定期間以後の給与を打ち切つても、2の外観的には全生育期間を通じて給与した場合となんら変らない生育を示していることが知られた。

次に生育の初期に一定期間要素を欠除した試験結果より、磷酸を欠除すれば充分な生育をせず、また窒素もやはり重要のようである。加里は初期 60 日間の欠除によつて全期間を通じて給与したものよりかえつて大きな苗を生産したことはなほだ興味をひくものである。しかしながら、いかほど数量的には良好な成長を行つたにしても耐寒性・耐旱性などの面から考えるならば給与の量および時期などを考察にいれてさらに実験を重ねた上に検討さるべき問題と考えられる。

V 摘 要

窒素・磷酸・加里の給与および欠除の時期がスギ稚苗の生育に及ぼす影響を水耕法により実験した。その方法は、

- 1) 生育のいかなる時期まで給与を必要とするか。
- 2) 生育のいかなる時期まで欠除しても生育に支障ないか。

の2点に関してである。

スギ種子は 1954 年 5 月 10 日石英砂にまきつけ、得られた稚苗を 6 月 4 日容量 1.3 l の Pot に 1 Pot 当たり 8 本の稚苗をとりつけ、6 月 10 日培養液による培養を始め培養期間は 10 月 28 日まで 140 日間とした。得たる結果は次のようである。

(1) 窒素について——培養開始後 100 日間以上の給与で完全な生育を遂げ、それ以前に打ち切つた場合には生育は劣つた。また、生育初期 20 日間欠除しても生育に影響を示さなかつたが、40 日以上欠除は悪影響を与えた。

(2) 磷酸について——培養開始後 80 日間の給与で苗丈は充分な生育をなすが、生重量は 80 日以下で打ち切つた場合不十分な生育を示した。また、培養開始後 20 日間欠除したものはすでに標準区より著しく劣つた生育を示し、磷酸の初期における効果はなほだ大きいことを知つた。

(3) 加里について——培養開始後 60 日間の給与で苗丈は充分な生育を示し、根元直径、生重量の生育には 80 日間の給与で充分である。また、生育初期 60 日間までの欠除は、その後の給与により充分な生育をなしたが、それ以上の欠除では生育に支障を与えた。

文 献

- 1) 青森営林局：苗畑提要、(1949) p. 226
- 2) BRENCHELEY, W. E.: The phosphate requirement of barley at different periods of growth. *Annals of Bot.* 18, (1929) p. 89~110
- 3) ECKSTEIN, O., BRUNO, A., TURKENTINE, J. W.: Potash deficiency symptoms. (1937) p. 68~70
- 4) 石塚喜明：小麦の生育と養分の吸収及び利用に関する肥科学的基礎研究、*寒地農学* 1, 1 (1946) p. 1~92 1, 2 (1947) p. 129~194
- 5) JSAO, T. H., ROBIIDEAN, S.: The phosphorus uptake of *andropogon* at various stages of

development. Plant Physiology. 25, 4. (1948)

- 6) 春日井新一郎：水耕法に関する研究，日土肥誌，13 (1939) p. 669~882
- 7) 木内知美：イオン交換性合成樹脂による脱塩水の水耕法への応用，日土肥誌，22, 3 (1952) p. 197~198
- 8) 宮崎 楠・大鹿糠春蔵：栄養素の施与変更がスギ苗木の發育並に耐寒性に及ぼす影響，第 3 回林試研究発表会記録，林試青森支場 (1950)
- 9) 佐藤義夫・武藤憲由：カラマツ及びヒバに関する栄養生理学的基礎研究，北大演習林報告，15, 1 (1951) p. 1~62
- 10) 佐藤義夫・武藤憲由：タウヒ属に関する栄養生理学的基礎研究，(第 1 報) 北大演習林報告，16, 2 (1953) p. 205~227
- 11) 佐藤義夫・武藤憲由：樹苗の耐寒性に影響する種々の因子に就いて 加里的影響，北大演習林報告，15, 1 (1954) p. 81~96
- 12) 芝本武夫：林木稚苗の水耕法に関する研究，東大演習林報告 36, (1948) p. 63~92
- 13) 芝本武夫：スギ，ヒノキ，アカマツの栄養並びに森林土壤の肥沃度に関する研究，林野庁，(1953)

On the Effects of the Supplying and Depriving of N, P₂O₅, K₂O for Various Periods on the Growth of *Cryptomeria japonica* D. DON (Sugi) Seedlings.

Sakaki MIYAZAKI, Tôru SATÔ and Keiji OKAWA

(Résumé)

For the purpose of studying the effects of supplying and depriving of the following elements such as nitrogen, phosphorus and potassium on the growth of seedlings of *Cryptomeria japonica* D. DON (Japanese cedar) for various periods at the beginning and the ending stages of their growing season, this experiment was carried out.

The methods employed were as follows:

(1) The seeds of *Cryptomeria japonica* D. DON were sown on May 10, 1954, in vessels having in them quartz sand, with and on June 4, eight seedlings of them were transplanted separately in water cultural pots having 1.3 litre capacity which were filled up with nutrient-free water.

(2) The water cultures of the seedlings with different nutrients were started on June 10, when the seedlings were 24 days old, and were terminated on October 28.

(3) Two different methods were employed in carrying out the experiments.

a) At first, the seedlings were brought up in complete nutrient solution for various periods, and then they were cultured in different conditions without one of the three elements, or with complete nutrients.

b) At the beginning, the seedlings were brought up for various periods in different conditions without one of the three elements or with complete nutrients, and after that they were cultured in complete nutrient solution.

(4) The detailed plans of experiment are as shown in figure 1. The nutrient solution of each pot was renewed at intervals of four or five days.

The results obtained were as follows (See Fig. 7):

(1) On nitrogen.....Seedlings supplied with nitrogen for more than 100 days at the beginning stage of culture, made a normal growth in nitrogen free condition after then, and the deprivation of nitrogen for 20 days at the beginning did not affect the normal growth of seedlings.

(2) On phosphorus....Seedlings supplied with phosphorus for 80 days at the beginning stage of culture, made a normal height growth in phosphorus free condition after then, but to make the normal growth in fresh weight, the seedlings needed to receive the supply of phosphorus for 100 days.

With the deprivation of phosphorus for 20 days at the beginning stage of culture, the top growth of seedlings was extremely depressed, and it is made clear by this result that the supply of phosphorus to the seedlings in their early stage is indispensable to make their growth normal.

(3) On potassium....Seedlings supplied with potassium for 60 days at the beginning stage of culture, made a normal height growth in potassium free condition after then, but to make the normal growth in fresh weight and diameter, the seedlings needed to receive the supply of potassium for 80 days at the beginning.

The deprivation of potassium for 20 days at the beginning did not affect the normal growth of seedlings.



写真1 標準区と各要素欠除区のスギ稚苗

上段・下段ともに左より 標準区，無窒素区，無磷酸区，無加里区

Phot. 1 The growth of Sugi seedlings in control and depriving each element.
on control, N-free, P₂O₅-free, K-free (from left-side to right-side in upper and lower)

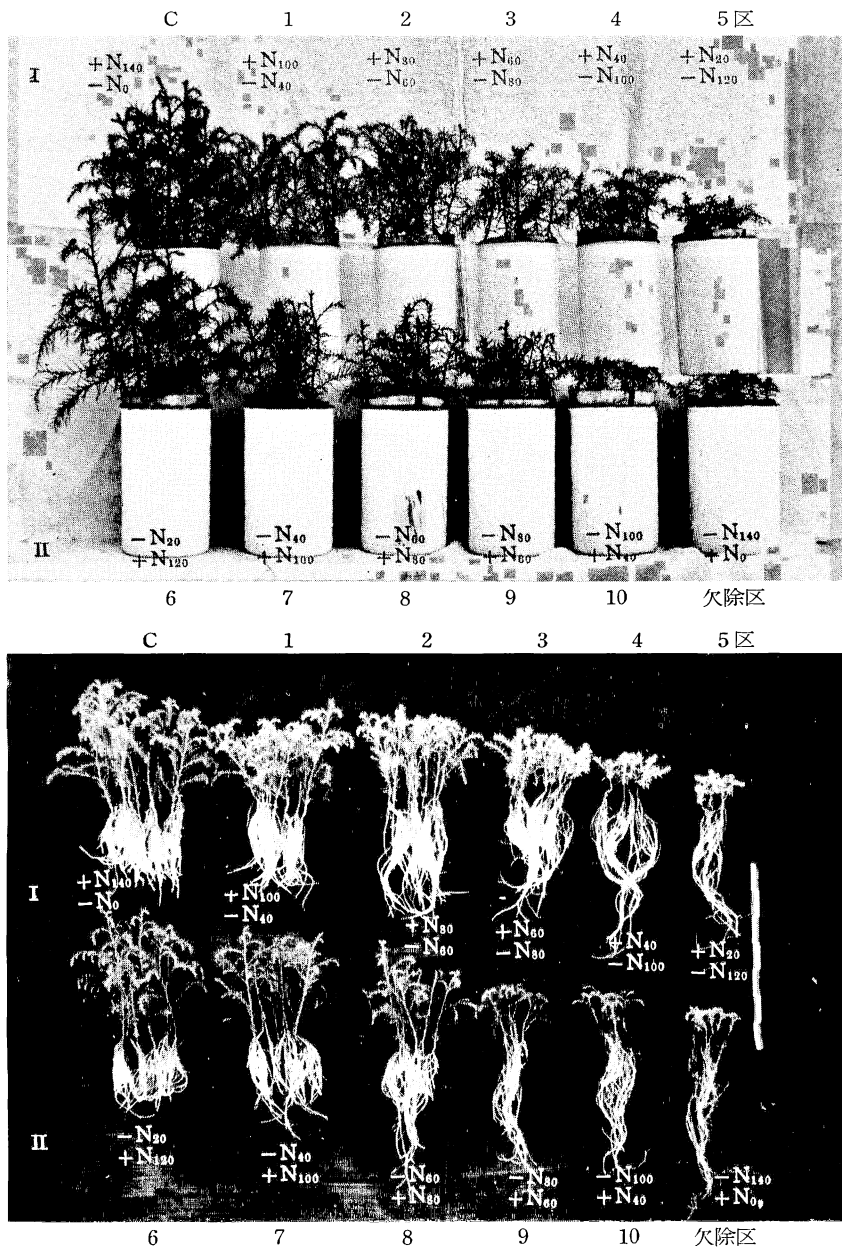


写真2 各種の生育時期に窒素を給与または欠除した場合のスギ苗の生育
Phot. 2 Sugi seedlings grown with and without Nitrogen at various periods.

I 初期給与し、後期欠除す

上段の文字 +N は初期窒素給与を示す。数字は日数を示す。

下段の文字は -N 後期窒素欠除を示す。

Upper line figures +N indicates initial time with Nitrogen.

Under line figures -N indicates later time without Nitrogen.

II 初期欠除し、後期給与。

上段の文字 -N は初期窒素欠除を示す。

下段の文字 +N は後期窒素給与を示す。

Upper line figures -N indicates initial time without Nitrogen.

Under line figures +N indicates later time with Nitrogen.

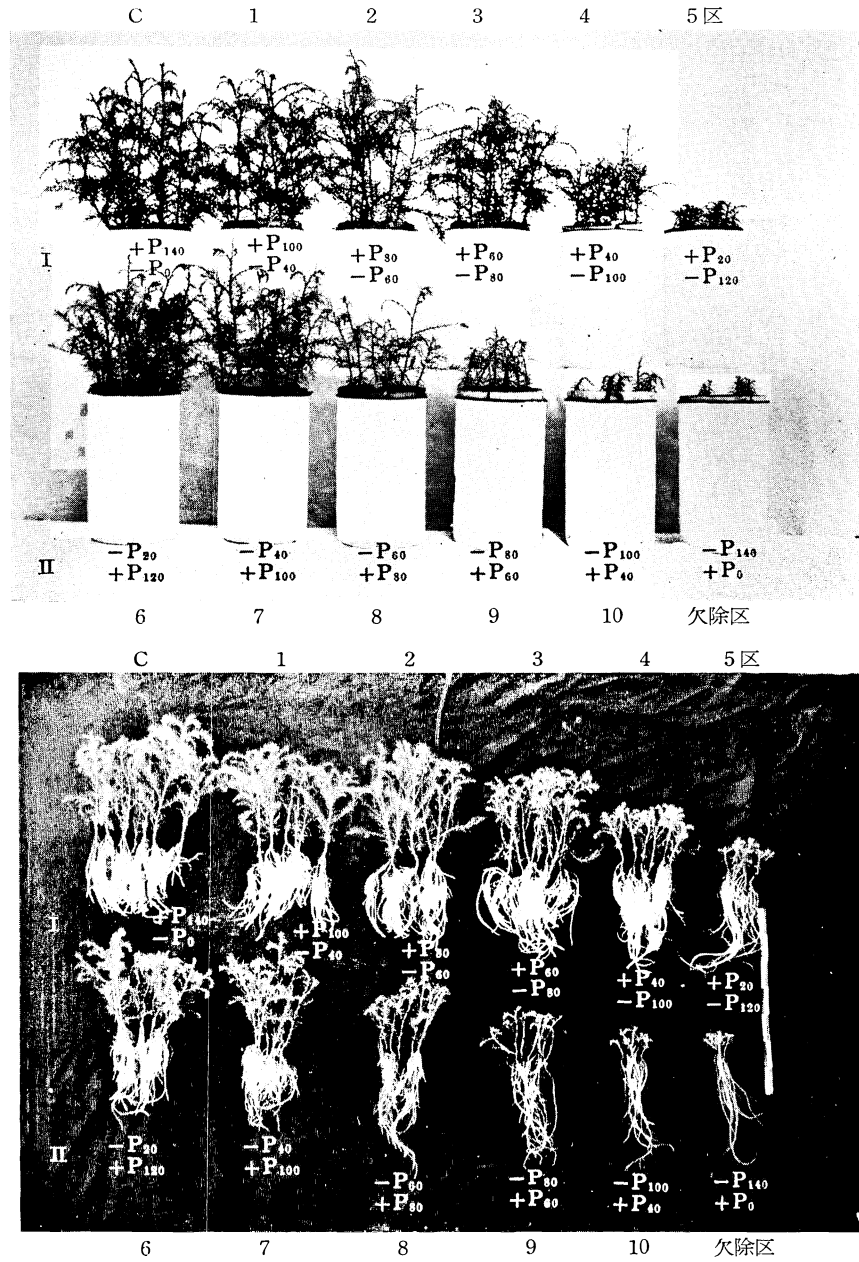


写真3 各種の生育時期に磷酸を給与または欠除した場合のスギ苗の生育
Phot. 3 Sugi seedlings grown with and without Phosphate at various periods.

I 初期給与し、後期欠除す

上段の文字 +P は初期磷酸給与を示す。数字は日数を示す。

下段の文字 -P は後期磷酸欠除を示す。

Upper line figures +P indicates initial time with Phosphate.

Under line figures -P indicates later time without Phosphate.

II 初期欠除し、後期給与

上段の文字 -P は初期磷酸欠除を示す。

下段の文字 +P は後期磷酸給与を示す。

Upper line figures -P indicates initial time without Phosphate.

Under line figures +P indicates later time with Phosphate.

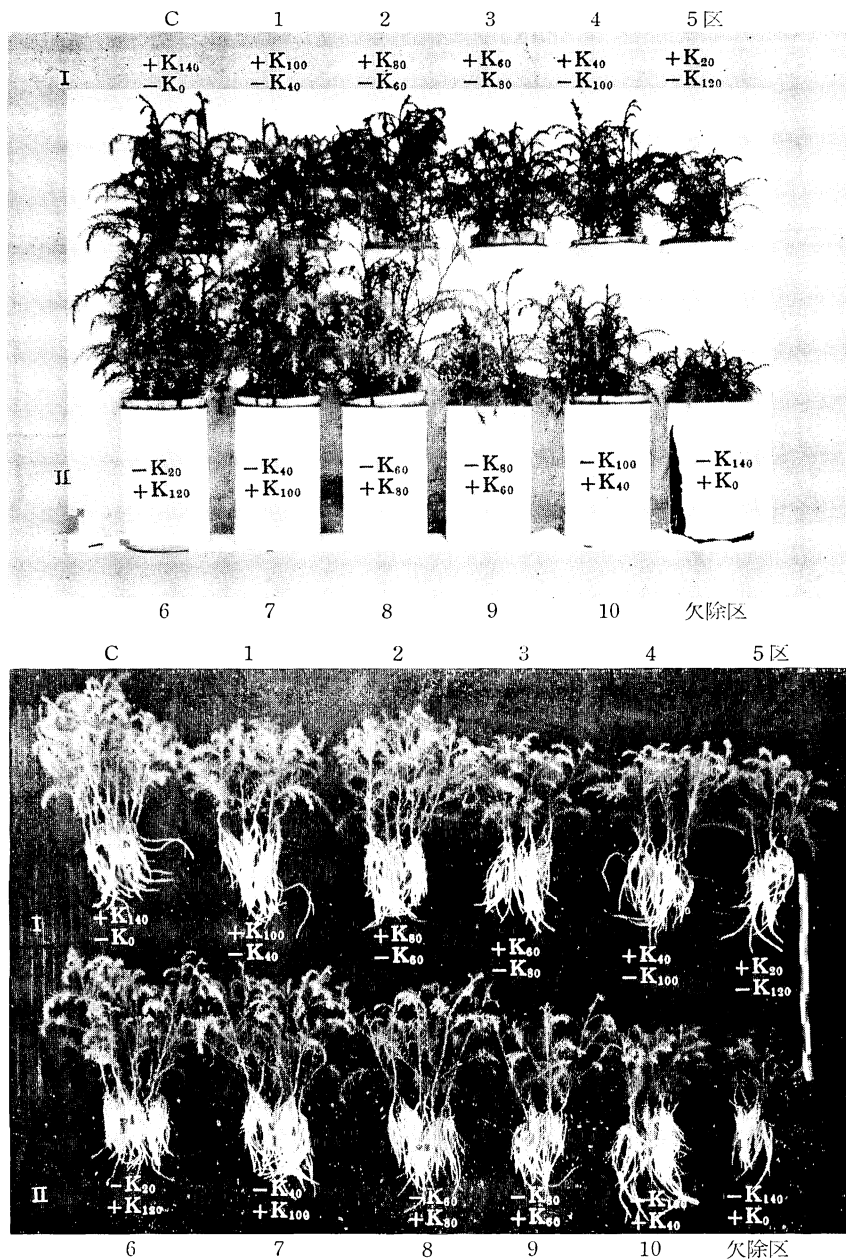


写真4 各種の生育時期に加里を給与または欠除した場合のスギ苗の生育
Phot. 4 Sugi seedlings grown with and without Potassium at various periods.

I 初期給与し、後期欠除す

上段の文字 +K は初期加里給与を示す。数字は日数を示す。

下段の文字 -K は後期加里欠除を示す。

Upper line figures +K indicates initial time with Potassium.

Under line figures -K indicates later time without Potassium.

II 初期欠除し、後期給与

上段の文字 -K は初期加里欠除を示す。

下段の文字 +K は後期加里給与を示す。

Upper line figures -K indicates initial time without Potassium.

Under line figures +K indicates later time with Potassium.