

治山用樹種（肥料木）の施肥試験 II

オオバヤシャブシにたいする窒素とリン酸の interaction effect について

原 敏 男⁽¹⁾・岩 川 幹 夫⁽²⁾
北 村 嘉 一⁽³⁾・植 村 誠 次⁽⁴⁾

I は し が き

治山用樹種の大部分は、経済性に乏しいため、補助木あるいは捨木的に取り扱われる場合が多く、したがってこれらの樹種の合理的な導入方法、とくに施肥に関する研究は、これまであまり行なわれなかった。

これらの樹種は、いずれも肥料成分に乏しい禿瘠地か瘠悪地を対象として、植栽あるいは播種造林されているが、その多くは栄養生理的に特殊な条件を有する肥料木（根粒樹木）に属しており、したがってその施肥のいかんは、成長ならびに造林の成否を左右する重要な因子を占める場合が少なくない。

これまでに筆者らは、オオバヤシャブシ、モリシマ・アカシアを対象として、水耕培養による栄養生理試験^①およびポットを用いた2, 3の施肥試験^{②③}を実施し、リン酸肥料がこれらの樹種の根粒の形成ならびに成長に著しい影響のあることが了解された。引きつづき筆者らは、モリシマ・アカシアについて、畑地土壌を用いたポット試験により、これらの苗についての窒素とリン酸ならびにリン酸とカリの interaction effects について試験^④を行ない、その結果を取りまとめて発表した。

さらに1959~1960年度には、同様の方法でオオバヤシャブシにつき、リン酸と窒素についての interaction effect を検討した。

本報告は、その結果を取りまとめたものであるが、内容が苗木の外部形態、重量などの観察、測定にとどまり、苗木各部の養分含有量の分析を実施するまでに至らなかったが、リン酸が欠乏しかつリン酸吸収係数の大きい瘠悪な土壌において、オオバヤシャブシなどの現地実播あるいは養苗にさいして、施肥上考慮されるべき2, 3の知見が得られたので報告する次第である。

II 試 験 方 法

試験は1959年（実験—I）および1960年（実験—II）の2回にわたって、ほぼ第1報に準じた方法により実施したが、その概要は次のようである。

1. 施 肥 設 計

実験—I, IIの各試験区における施肥量は第1表に示すとおりである。すなわち実験—I（1959年）は

-
- (1) 防災部治山科治山第二研究室
 - (2) 防災部治山科治山第二研究室長
 - (3) 防災部治山科治山第一研究室
 - (4) 土壌調査部土壌肥料科土壌微生物研究室長・農学博士

第 1 表 リン酸および窒素の施肥量

Table 1. Combination design of nitrogen and phosphorus levels.

P ₂ O ₅ /m ² N/m ²	実 験—I Experiment—I					実験—II Experiment—II		
	0 g P ₀	25 g P ₁	50 g P ₂	100 g P ₃	200 g P ₄	50 g P ₂	100 g P ₃	200 g P ₄
0 g N ₀	P ₀ N ₀	P ₁ N ₀	P ₂ N ₀	P ₃ N ₀	P ₄ N ₀	—	—	—
5 g N ₁	P ₀ N ₁	P ₁ N ₁	P ₂ N ₁	P ₃ N ₁	P ₄ N ₁	P ₂ N ₁	P ₃ N ₁	P ₄ N ₁
10 g N ₂	P ₀ N ₂	P ₁ N ₂	P ₂ N ₂	P ₃ N ₂	P ₄ N ₂	P ₂ N ₂	P ₃ N ₂	P ₄ N ₂
15 g N ₃	—	—	—	—	—	P ₂ N ₃	P ₃ N ₃	P ₄ N ₃
20 g N ₄	P ₀ N ₄	P ₁ N ₄	P ₂ N ₄	P ₃ N ₄	P ₄ N ₄	P ₂ N ₄	P ₃ N ₄	P ₄ N ₄
40 g N ₅	P ₀ N ₅	P ₁ N ₅	P ₂ N ₅	P ₃ N ₅	P ₄ N ₅	P ₂ N ₅	P ₃ N ₅	P ₄ N ₅

(注) N源には硫酸アンモニア, P₂O₅ 源には過リン酸石灰を施用。

カリ (K₂O) は各処理区とも 25 g/m² とし硫酸カリを施用した。

リン酸 (P₂O₅) 0~200 g/m², および窒素 (N) 0~40 g/m² を 5 階級ずつに分け, それぞれを組み合わせ 1 ブロック 25 の処理区を設け, 5 回のくりかえしで合計 125 個のポットを用意した。実験—II (1960年) は実験—I の結果から, リン酸無施肥区および 25 g/m² 区は生育が不良であったため試験区から除き, リン酸施肥量は 3 階級とした。また実験—I の結果で, 窒素施肥量別の影響が判然としなかったので, 実験—II は生育不良な無窒素区を除いて 5 階級に分け, それぞれを組み合わせ 1 ブロック 15 の処理区を設け, 4 回のくりかえしとし合計 60 個のポットにより試験を行なった。なお, カリ (K₂O) は実験—I および実験—II とも各処理区一様に 25 g/m² とした。

試験に用いた肥料は硫酸アンモニア, 過リン酸石灰, 硫酸カリで, 播種 1 週間前に上記の肥料をポットの土壌上部約 10cm によく混和した。なお実験—I および実験—II ともくりかえしごとのブロック内の各処理区は任意に配置した。

2. 供試ポットならびに土壌

試験に使用したポットは素焼の植木鉢 (内径 28cm, 深さ約 25cm) を用い, 林業試験場本場内の関東ロームの心土 (深さ約 1.5m の赤土) の粗粒土壌 (粒径 2~5mm) 1 kg をポットの下部 (厚さ約 5cm) に, また細粒土壌 (粒径 2 mm 以下) 6 kg をその上部 (厚さ約 20cm) に充てんし, 1 ポットあたり合計 7 kg とした。なお, 土壌を柳田式土壌検定器で調べた結果は第 2 表のとおりで, 有効リン酸が極端に欠乏している土壌である。

第 2 表 供試土壌の性質 (柳田式土壌検定器による)

Table 2. Chemical properties of the soil (Tested by YANAGIDA's rapid soil tester).

pH (H ₂ O)	置換性 Ca	置換性 Mg	置換性 Mn	可溶性 Al	有 リ ン 酸	リン酸 吸収係数	有効カリ
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm		ppm
6.0	1,600	25~50	5	0~10	0	2,200	30

3. 供試種子ならびに播種方法

種子はいずれも静岡県加茂郡，東大付属樹芸研究所から送付を受けた，前年度産のオオバヤシャブシ (*Alnus Sieboldiana* MATSUMURA) を使用し，両試験とも4月中旬に1ポット300粒あて播種し薄く覆土した。

根粒菌の接種方法は次のようにした。第1回目は5月中旬，まきつけ後1か月，発芽後約2週間目に当場内の苗畑で養成した生育良好なオオバヤシャブシの2～3年生苗から新鮮な根粒を採取し，水道水および石鹼水で十分洗浄後，少量の水を加えて乳鉢でよくすりつぶした上澄液の適量を稚苗の根もとに接種した。根粒の着生を早くまた確実にさせるために，実験—Iでは播種後約50日目，実験—IIでは約70日目に第2回目の根粒菌接種を同様な操作で行なった。なお発芽後適宜間引を行ない実験—Iでは1ポットあたり6本，実験—IIでは5本仕立とした。

4. 管 理

播種後ポットの約2/3を土中にうめ込み，ポットの表面が乾燥した場合のみ灌水を行なった。その後稚苗の根系がポット外に伸長するのをさけるため，8月上旬にポットを土中より掘りあげ，試験終了まで素焼の受皿（内径約30cm，深さ約8cm）に入れ，適宜灌水を行ない乾湿による成長量の差を少なくするように管理した。

なお試験期間は，実験—Iおよび実験—IIとも4月中旬から10月中旬までの約190日間である。

III 経過ならびに結果

試験期間中は，稚苗の地上部における生育状態を常時観察記録するとともに，成長量（苗高）は1か月ごとに測定し，また間引苗により根粒の着生および根系の発育状況を調べた。

1. 実 験—I

オオバヤシャブシの種子を4月13日に播種したが，約2週間後から発芽がみられるようになり，しだいに数を増し3週間後にはほぼ発芽が出そろった。播種後約1か月（5月15日）ころ，多くの稚苗に第1葉の出葉が認められた。

播種後80日目（6月30日）ころには2～5葉に成長し，施肥量別による成長の違いが外観的に観察されるようになった。リン酸P₀系列の成長は，P₁～P₄系列にくらべて劣り，葉は小さく着葉数は2～3葉で子葉は脱落したものが多くみうけられたが，P₁～P₄系列の着葉数は3～5葉で葉も大きく，子葉の脱落はみられなかった。窒素系列ではまだ成長状態の違いは観察されなかった。

播種後100日目（7月20日）ころからP₀系列に萎縮が目立ち，葉はリン酸欠乏症にみられる特有の暗緑色を呈した。P₁～P₄系列は鮮緑色の大きな葉をつけ良好な生育を示したが，リン酸施肥量の増加による成長の差はわずかで，P₄，P₅系列間ではその差はほとんど認められなかった。また窒素系列ではN₀系列が小さく，N₁～N₅系列は窒素施肥量の増加にともないわずかながら生育は良好となった。

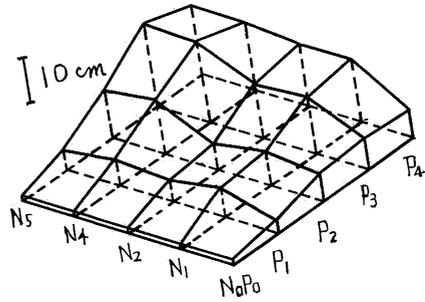
播種後135日目（8月24日）ころからは特にリン酸の各系列間に違いがあらわれた。すなわちP₀系列は窒素供給量に関係なく，ほとんど成長は停止状態となり，葉は2～3葉でリン酸欠乏症状の暗緑色を呈し萎縮した。その後もP₀系列は成長が認められず，試験終了のころにはほとんど枯死状態となった。

8月24日の苗長調査の結果を，第3，4表，第1図によってみると，リン酸施肥量が多くなるほど成長が良好で，P₃～P₄系列間に有意な差が認められなかったほかは，リン酸各系列間でそれぞれ1%の水

第 3 表 各系列間の成長（苗長）比較（実験—I）
（播種後 135日：8月24日）

リン酸の系列		窒素の系列	
P ₀ —P ₁	**	N ₀ —N ₁	**
P ₂	**	N ₂	**
P ₃	**	N ₄	**
P ₄	**	N ₅	**
P ₁ —P ₂	**	N ₁ —N ₂	
P ₃	**	N ₄	**
P ₄	**	N ₅	*
P ₂ —P ₃	**	N ₂ —N ₄	**
P ₄	**	N ₅	**
P ₃ —P ₄		N ₄ —N ₅	

**：1%の水準で有意，*：5%の水準で有意。



第 1 図 苗長成長におよぼすリン酸と窒素の相互作用の影響（実験—I）
（8月24日）

第 4 表 月 別 成 長 量（実験—I）

（苗長：cm）

測定時期	処 理 区	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
7 月	N ₀	1.0	2.2	2.9	2.7	2.6
	N ₁	1.0	3.4	3.6	5.0	5.1
	N ₂	1.0	2.7	3.8	4.5	5.1
	N ₃	—	—	—	—	—
	N ₄	1.0	3.8	5.3	6.3	6.9
	N ₅	1.0	3.1	5.6	7.7	6.7
8 月	N ₀	1.0	4.2	6.7	7.6	7.1
	N ₁	1.0	7.0	7.9	13.4	14.0
	N ₂	1.0	4.9	7.3	10.4	13.6
	N ₃	—	—	—	—	—
	N ₄	1.0	6.7	13.3	17.9	15.5
	N ₅	1.0	4.8	11.8	19.1	15.9
9 月	N ₀	1.0	7.6	14.7	20.6	18.1
	N ₁	1.0	14.1	17.5	27.4	29.5
	N ₂	1.0	10.5	12.5	22.7	27.8
	N ₃	—	—	—	—	—
	N ₄	1.0	12.2	21.6	30.3	26.9
	N ₅	1.0	8.6	18.8	30.7	28.6
10 月	N ₀	1.4	8.2	18.4	27.4	24.8
	N ₁	1.4	17.6	21.2	31.7	35.5
	N ₂	1.5	13.1	14.2	28.6	35.6
	N ₃	—	—	—	—	—
	N ₄	1.4	15.1	23.2	37.1	32.7
	N ₅	1.3	9.8	22.8	34.8	37.2

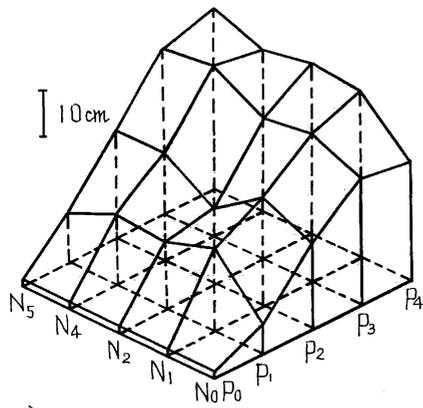
準で有意差が認められた。また窒素においても施肥量の多い区が成長が良好となった。N₁~N₂, N₄~N₅ 系列間では有意な差が認められなかったが、N₁~N₅ 系列間では5%の水準で、その他の系列間ではすべて1%の水準で有意な差が認められた。N₂ 系列は虫害をうけたポットがあったため低い生育となっている。なお、苗長の月別成長経過は第4表のとおりである。

10月20日（約190日間養成）に掘取り調査を行なったが、各成長量は第5表および第2, 3図、写真1~3に示すとおりである。これらの平均値を分散分析した結果によると、苗長、直径、地上部重量、地下部重量、根粒重量および総重量とも1%の水準で有意な差が認められた。リン酸と窒素の要因については、リン酸および窒素とも施用の効果は1%の水準で有意な差が認められ、リン酸と窒素の交互作用の効果は苗長、直径が5%の水準で、地上部重量、地下部重量、根粒重量および総重量は1%の水準で有意な差が認められた。

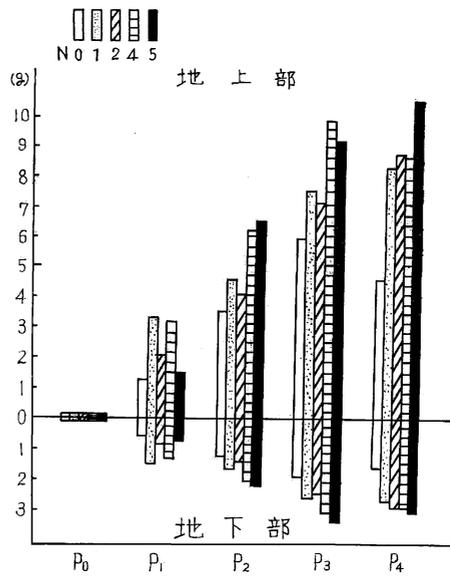
第5表 成長量調査表（実験—I）

（1本あたり平均値：10月20日）

事 項	P		P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
	N						
苗 長 (cm)	N ₀		1.4	8.2	18.4	27.4	24.8
	N ₁		1.4	17.6	21.2	31.7	35.5
	N ₂		1.5	13.1	14.2	28.6	35.6
	N ₃	—	—	—	—	—	—
	N ₄		1.4	15.1	23.2	37.1	32.7
	N ₅		1.3	9.8	22.8	34.8	37.2
直 径 (mm)	N ₀		0.9	3.7	5.4	6.6	5.8
	N ₁		1.0	5.2	6.2	6.9	7.2
	N ₂		0.9	4.2	4.7	6.8	7.4
	N ₃	—	—	—	—	—	—
	N ₄		1.0	5.3	6.2	7.5	7.5
	N ₅		1.0	3.9	6.2	7.2	7.7
地上部重量 (乾燥 g)	N ₀		0.06	1.29	3.55	6.05	4.64
	N ₁		0.04	3.35	4.67	7.65	8.46
	N ₂		0.04	2.05	3.06	7.23	8.86
	N ₃	—	—	—	—	—	—
	N ₄		0.03	3.25	5.31	9.96	8.77
	N ₅		0.03	1.59	5.60	9.26	10.68
地下部重量 (乾燥 g)	N ₀		0.07	0.61	1.24	1.83	1.59
	N ₁		0.04	1.45	1.64	2.57	2.71
	N ₂		0.03	0.81	1.35	2.34	2.89
	N ₃	—	—	—	—	—	—
	N ₄		0.03	1.31	2.05	3.02	2.92
	N ₅		0.03	0.67	2.15	3.27	3.00
根 粒 重 量 (乾燥 g)	N ₀		0.00	0.08	0.21	0.34	0.29
	N ₁		0.00	0.23	0.27	0.47	0.49
	N ₂		0.00	0.15	0.18	0.38	0.50
	N ₃	—	—	—	—	—	—
	N ₄		0.00	0.22	0.29	0.48	0.52
	N ₅		0.00	0.07	0.31	0.53	0.50
総 重 量 (乾燥 g)	N ₀		0.13	1.90	4.99	7.88	6.23
	N ₁		0.08	4.79	6.32	10.22	11.17
	N ₂		0.08	2.87	4.42	9.57	11.76
	N ₃	—	—	—	—	—	—
	N ₄		0.07	4.56	7.36	13.03	11.69
	N ₅		0.06	2.26	7.76	11.74	13.68



第 2 図 苗長成長におよぼすリン酸と窒素の相互作用の影響 (実験-I) (10月20日)



第 3 図 地上部および地下部の成長量 (実験-I) (10月20日)

第 6 表 各系列間の成長比較表 (実験-I)

(10月20日)

比較系列	苗長	直径	地上部重量	地下部重量	根粒重量	総重量
P ₀ -P ₁	**	**	**	**	**	**
P ₂	**	**	**	**	**	**
P ₃	**	**	**	**	**	**
P ₄	**	**	**	**	**	**
P ₁ -P ₂	**	**	**	**	**	**
P ₃	**	**	**	**	**	**
P ₄	**	**	**	**	**	**
P ₂ -P ₃	**	**	**	**	**	**
P ₄	**	**	**	**	**	**
P ₃ -P ₄						
N ₀ -N ₁	**	**	**	**	**	**
N ₂			*	**	*	**
N ₄	**	**	**	**	**	**
N ₅	**	**	**	**	**	**
N ₁ -N ₂	*	*			*	
N ₄						
N ₅						
N ₂ -N ₄	*	**	**	**	**	**
N ₅		*	**	*		*
N ₄ -N ₅						

** : 1%の水準で有意, * : 5%の水準で有意。

リン酸および窒素の各系列間の比較を第6表によってみると、リン酸においては苗長、直径、地上部重量、地下部重量、根粒重量および総重量ともP₃~P₄系列間を除いたほかはすべて1%の水準で有意な差が認められた。窒素においてはN₀系列の生育は劣り、苗長、直径、総重量で他のN系列間と1%の水準で差がみられたが、N₁以上の系列間では窒素施肥量を多くしても生育は促進されなかった。

リン酸および窒素の施肥量増加にともなう成長増加を、苗長および総重量について指数であらわすと第7表のとおりである。

苗木の地上部の質的内容をあらわす1つの尺度として弱さ度（苗木の地上部の長さを、地上部の風乾重量で除す）⁹⁾を計算したものが第8表で、窒素およびリン酸の施肥量の増加にともなう苗木の弱さ度の値が小となり好ましい傾向が認められた。

根粒の調査は間引苗によって行なったが、播種後約70日目（6月23日）の調査によると、P₀系列では根粒の形成は認められず、それ以外ではすべて根粒の形成が認められたが、リン酸および窒素の各系列間の着生数にはまだ差はみられなかった。根粒の形成場所は、最初主根の地表面から1~3cmの間に多く形成され、しだいに側根にも形成されることが観察された。しかし播種後約125日ころ（8月17日）に

第7表 リン酸および窒素の施肥量別成長割合（実験—I）

（10月20日）

		リン酸（P ₃ 系列を100とした場合）					窒素（N ₁ 系列を100とした場合）				
		P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄
苗長	N ₀	5	30	67	100	91	100	47	87	86	70
	N ₁	4	56	69	100	112	100	100	100	100	100
	N ₂	5	46	50	100	125	107	74	67	90	100
	N ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	N ₄	4	41	63	100	88	100	86	109	117	92
	N ₅	4	28	66	100	107	93	54	108	100	105
総重量	N ₀	2	24	63	100	79	163	40	79	77	56
	N ₁	1	47	62	100	109	100	100	100	100	100
	N ₂	1	30	46	100	123	100	60	70	94	105
	N ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	N ₄	1	35	57	100	90	88	95	116	127	104
	N ₅	1	19	66	100	117	75	47	123	114	122

第8表 苗木の弱さ度*（実験—I）

（10月20日）

N \ P	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
N ₀	23.7	6.4	5.2	4.5	5.3
N ₁	36.3	5.3	4.5	4.1	4.2
N ₂	33.2	6.4	4.6	4.0	4.0
N ₃	—	—	—	—	—
N ₄	40.6	4.7	4.4	3.7	3.7
N ₅	40.0	6.2	4.1	3.8	3.5

* 苗長/地上部乾重

第 9 表 窒素施肥量別の根粒着生量および地上部重量との割合 (実験-I)

(8月17日)

	根粒 (生重量)	地上部 (生重量)	根粒重量 地上部重量
N ₀	0.23 g	8.3 g	2.77 %
N ₁	0.43	16.3	2.64
N ₂	0.34	14.9	2.28
N ₃	—	—	—
N ₄	0.28	25.1	1.12
N ₅	0.27	29.8	0.91

は根粒の着生状態に差がみられ (第 9 表), 窒素を与えた N₁~N₅ 系列間の, 根粒の着生重量は N₁ 系列が最も多く, ついで N₂, N₄ N₅ 系列となり, 窒素施肥量とまったく逆になった。また地上部重量と根粒重量との割合について比較すると, 窒素系列においては N₀ 系列が最も大きく, 窒素の増加にともなって根粒の着生割合は

少ない傾向が認められ, 窒素養量の不足している区では根粒形成が促進されていることがうかがえる。なおリン酸系列間の根粒着生量の差は, 6月23日の調査結果とほとんど変わらなかった。

根粒着生量は試験後期にいたるとしだいに差が少なくなり, 9月20日の調査では N₀ 系列は最も早く根粒を形成したにもかかわらず, 根粒の着生数は他系列に比較して少なく, また N₁~N₅ 系列間ではほとんど差は認められなくなった。またリン酸施肥量による違いは P₁~P₄ 系列では, リン酸の増加にともない根粒の増加が認められた。しかし, P₀ 系列では試験終了までまったく根粒の形成は認められなかった。

2. 実 験-II

4月13日に播種したオオバヤシャブシは, 約2週間後から発芽がみられ, 約1か月後には第1葉がほとんど出そろった。

播種後90日目(7月10日)ころから稚苗の成長に違いが観察されるようになり, 特にリン酸系列間では P₂ 系列は P₃, P₄ 系列にくらべ葉が小さく, また, 苗長でも P₂ 系列は P₃~P₄ 系列にくらべて劣った。窒素系列では N₁~N₃ 系列で成長に差は認められなかったが, 施肥量の多い N₄~N₅ 系列では N₁~N₃ 系列にくらべ生育は良好となり, オオバヤシャブシは根粒の形成がおそいため生育初期には窒素があるていど多いほうが良い傾向がみられた。

播種後約60日目(6月11日)の間引苗の調査では, 根粒数は N₁ 系列が最も多く, N₂~N₅ 系列では窒素量の増加にともなって根粒の着生数は少ない傾向がみられ, 前回の場合と同様窒素の施用が過多の場合は根粒の形成が抑制されるようである。なお同一リン酸施肥系列の間では, 窒素の施肥量による根粒着生数には差は認められなかった。また約80日目(6月28日)の調査も6月11日とほとんど違いはみられなかった。

播種後約115日目(8月5日)の間引苗による調査は第10表のとおりであるが, リン酸量が多いほど生育も良好となり苗長, 根粒重量, 総重量とも P₄ 系列が最も大きく, P₃, P₂ 系列の順となった。また窒素においては苗長, 総重量は施肥量が多いほど良好な生育を示した。しかし根粒重量はあきらかな傾向は認められなかった。

播種後約140日目(8月30日)の苗長調査は第11表および第4図のとおりである。これによるとリン酸系列の P₂~P₃・P₄ 系列で1%の水準で有意の差が認められたが, P₃~P₄ 系列間では 差は認められなかった。また窒素系列は N₂ 系列以上では施肥量増加による効果はあまり認められなかった。

播種後約170日目(9月30日)の観察では, リン酸系列間においては7, 8月ころの観察と同様 P₂

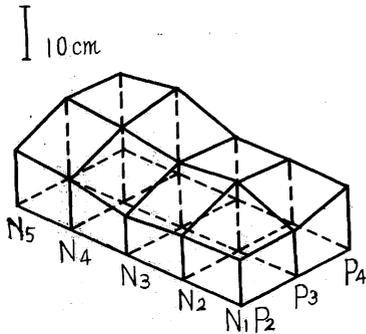
第10表 成長量調査表（実験一Ⅱ）
（1本あたり平均値，8月5日）

事 項	P		P ₂	P ₃	P ₄
	N				
苗 長 (cm)	N ₁		4.2	5.8	6.3
	N ₂		5.4	6.0	6.6
	N ₃		4.4	7.4	6.0
	N ₄		6.3	7.0	8.3
	N ₅		6.7	10.6	11.8
根 粒 重 量 (生重量 g)	N ₁		0.04	0.05	0.08
	N ₂		0.06	0.10	0.09
	N ₃		0.03	0.10	0.08
	N ₄		0.05	0.06	0.10
	N ₅		0.03	0.09	0.10
総 重 量 (生重量 g)	N ₁		0.9	1.4	1.8
	N ₂		1.3	1.7	2.1
	N ₃		1.1	2.1	1.6
	N ₄		1.4	1.8	2.3
	N ₅		1.7	3.0	3.8

第11表 各系列間の成長（苗長）
比較（実験一Ⅱ）
（8月30日）

P ₂ -P ₃	**
P ₄	**
P ₃ -P ₄	
N ₁ -N ₂	**
N ₃	
N ₄	**
N ₅	**
N ₂ -N ₃	*
N ₄	
N ₅	
N ₃ -N ₄	**
N ₅	**
N ₄ -N ₅	

** : 1%の水準で有意
* : 5% //



第4図 苗長成長におよぼすリン酸と窒素の相互作用の影響（実験一Ⅱ）
（8月30日）

系列の成長は悪く，P₃，P₄系列は良好な生育を示した。窒素系列間では窒素の施肥量の違いによる成長量の差は明らかではなかった。なお，苗長の月別成長経過は第12表のようである。

播種後約190日目（10月17日）に試験を終了し各成長量を測定した。その結果は第13表および第5，6図，写真4～6のとおりである。

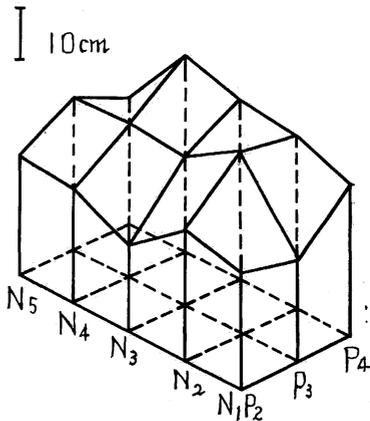
第13表の平均値を分散分析した結果は第14表に示すとおりで，リン酸の各系列間ではほとんどの区で有意な差が認めら

第12表 月別成長量（実験一Ⅱ）
（苗長：cm）

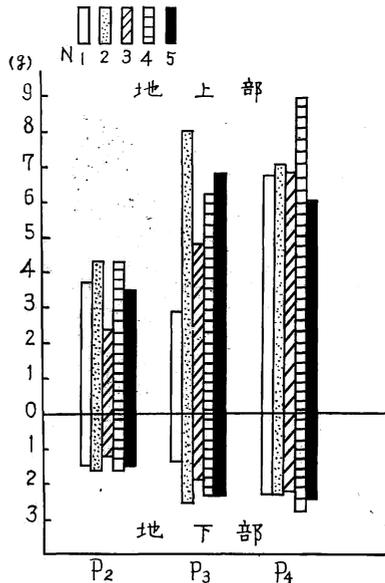
測定時期	処理区	P ₂	P ₃	P ₄
7 月	N ₀	—	—	—
	N ₁	4.1	4.0	4.5
	N ₂	4.6	5.2	5.1
	N ₃	3.9	5.4	4.4
	N ₄	5.2	6.8	6.9
	N ₅	5.4	9.0	8.8
8 月	N ₀	—	—	—
	N ₁	8.9	8.5	11.7
	N ₂	9.5	13.7	12.1
	N ₃	7.6	11.6	11.4
	N ₄	9.2	13.4	15.0
	N ₅	9.8	15.0	13.6
9 月	N ₀	—	—	—
	N ₁	19.9	16.4	26.5
	N ₂	22.1	30.4	28.3
	N ₃	14.3	24.7	30.0
	N ₄	20.6	27.1	38.5
	N ₅	20.9	27.6	23.2
10 月	N ₀	—	—	—
	N ₁	21.7	17.3	28.4
	N ₂	24.3	33.6	31.2
	N ₃	15.0	26.3	32.7
	N ₄	22.1	28.7	36.1
	N ₅	22.5	29.1	24.0

第13表 成長量調査表(実験-II)
(1本あたり平均値, 10月17日)

事 項	P		P ₂	P ₃	P ₄
	N				
苗 長 (cm)	N ₁		21.7	17.3	28.4
	N ₂		24.3	33.6	31.2
	N ₃		15.0	26.3	32.7
	N ₄		22.1	28.7	36.1
	N ₅		22.5	29.1	24.0
直 径 (mm)	N ₁		5.2	4.7	6.4
	N ₂		5.4	6.9	6.3
	N ₃		4.4	5.4	6.3
	N ₄		5.4	6.2	7.0
	N ₅		5.0	6.2	6.0
地上部重量 (乾燥 g)	N ₁		3.7	2.9	6.7
	N ₂		4.3	8.0	7.1
	N ₃		2.4	4.8	6.8
	N ₄		4.3	6.2	9.0
	N ₅		4.0	6.8	6.1
地下部重量 (乾燥 g)	N ₁		1.5	1.4	2.3
	N ₂		1.6	2.5	2.3
	N ₃		1.2	1.9	2.2
	N ₄		1.6	2.3	2.8
	N ₅		1.5	2.3	2.4
根 粒 重 量 (乾燥 g)	N ₁		0.3	0.1	0.4
	N ₂		0.3	0.5	0.6
	N ₃		0.1	0.4	0.7
	N ₄		0.2	0.4	0.5
	N ₅		0.4	0.4	0.4
総 重 量 (乾燥 g)	N ₁		5.2	4.3	9.0
	N ₂		6.0	10.4	9.4
	N ₃		3.5	6.7	9.0
	N ₄		6.0	8.5	11.8
	N ₅		5.5	9.1	8.5



第5図 苗長成長におよぼすリン酸と窒素の相互作用の影響(実験-II)(10月17日)



第6図 地上部および地下部の成長量(実験-II)(10月17日)

れた。窒素の各系列間では、N₁系列は施肥量の多い系列にくらべて効果が少ない傾向が認められるが、N₂系列以上では各系列間に差がみられず、N₅系列では施肥量が過多のようにみられる。

リン酸および窒素の増加にともなう成長の増大を指数であらわすと第15表のとおりである。

苗木の弱さ度をあらわしたものが第16表であるが、リン酸および窒素の施肥量の増加にともなって苗木の弱さ度の値が小さくなり好ましい傾向が認められた。

IV 考 察

根粒樹木は瘠悪な土壤にもたえてよく生育し、落葉および根系によって土壤への豊富な窒素の還元、供

第14表 各系列間の成長比較表（実験—II）

（10月17日）

比較系列	苗 長	直 径	地上部重量	地下部重量	総 重 量
P ₂ —P ₃	*	*	**	**	**
P ₄	**	**	**	**	**
P ₃ —P ₄		*	*		**
N ₁ —N ₂	*	*	**		**
N ₃					
N ₄	*	*	**	*	**
N ₅					
N ₂ —N ₃		**	**		**
N ₄					
N ₅					
N ₃ —N ₄		**	**	*	**
N ₅					
N ₄ —N ₅					

**：1%の水準で有意，*：5%の水準で有意。

第15表 リン酸および窒素の施肥量別成長割合（実験—II）

（10月17日）

		リン酸 （P ₃ 系列を100とした場合）			窒素 （N ₂ 系列を100とした場合）		
		P ₂	P ₃	P ₄	P ₂	P ₃	P ₄
苗 長	N ₁	125	100	164	89	51	91
	N ₂	72	100	93	100	100	100
	N ₃	57	100	123	62	78	105
	N ₄	77	100	126	91	85	116
	N ₅	77	100	82	93	87	77
総 重 量	N ₁	121	100	209	87	41	96
	N ₂	58	100	90	100	100	100
	N ₃	52	100	134	58	64	96
	N ₄	71	100	139	100	82	126
	N ₅	60	100	93	92	88	90

第16表 苗木の弱さ度（実験—II）

（10月17日）

N	P			
		P ₂	P ₃	P ₄
N ₀		—	—	—
N ₁		5.9	6.0	4.2
N ₂		5.7	4.2	4.4
N ₃		6.3	5.5	4.8
N ₄		5.1	4.6	4.0
N ₅		5.6	4.3	3.9

給が行なわれ、化学的、物理的、微生物的に土壌の熟化を促進するものと考えられているが、根粒樹木にとってリン酸は根粒形成に必須の要素であり、その生育には他の成分にくらべて多量に要することが過去の筆者らの試験結果によっても十分認められてきた。前回の報告³⁾では、マメ科肥料木のひとつであるモリシマ・アカシアについて、リン酸吸収係数が高く、窒素やカリも著しく不足した関東ロームの心土(赤土)を用い、リン酸の施肥量を多くした場合の、リン酸と窒素およびリン酸とカリに関する interaction effects について検討し、関東ロームあるいはこれに類似した火山灰質土壌における現地実播、あるいは養苗の際の資料をうることを目的とした。今回は引きつづいて、樹種を非マメ科肥料木の代表的種類であるオオバヤシャブシを対象として、リン酸と窒素の供給量をそれぞれかえ、播種当年(6か月)における生育状態について調査を行なった。本試験でもモリシマ・アカシアの場合とほぼ同様な傾向がみとめられたが、総合的に2、3の考察を加えるとつぎのようである。

1. 播種後6か月目の最終調査結果からみると、リン酸吸収係数の大きい土壌においてリン酸が皆無または少量の場合には、いかに窒素を与えても稚苗の生育は著しく劣り、正常な生育成長は望めないことが明らかで、根粒菌が十分接種されても根粒の着生は認められなかった。

鏑木²⁾は高鳥の試験をとりあげ、ヤシャブシおよびヒメヤシャブシを用いた試験において、過リン酸石灰を施肥すれば着葉数を増し葉面積を拡大し伸長を促進するとして、その肥効を強調しているが、本試験においてもリン酸を多く与えた場合ほど成長が良好となる傾向を示し、枝葉数および葉面積も増大したがリン酸系列の 200 g/m² (P₂O₅) 施用区と 100 g/m² 施用区の間では、その成長にほとんど差異が認められなかった。

2. 窒素系列では無窒素区または少量施肥の場合は他のN系列にくらべて発芽当初の成長は劣ったが、根粒が形成されはじめたころからは生育が促進されることが認められ、試験後期には成長がかなり良好となった。このように無窒素区でも根粒が十分形成されない間の生育はおくれるが、根粒から窒素養料の供給をうけはじめれば、窒素の施用がなくとも良好な成長が得られた。

3. リン酸はかなり多量に供給しても、成長量は増加した。しかし窒素の供給量を増加しても顕著な効果は認められず、リン酸量の少ない区ではかえって生育が悪い傾向が認められ、またリン酸が多く供給された場合には窒素量を多くしてもほとんど効果は認められなかった。

原田¹⁾がカラマツのまきつけ苗によりリン酸の欠乏している土壌で試験した結果によれば、窒素を供給しなかった区ではリン酸を供給しても、またリン酸を供給しなかった区では、窒素を供給しても成長は増加せず、ある場合にはむしろ減少し、養分吸収量も増加していないが、窒素またはリン酸の供給された状態で、リン酸または窒素の供給量を増加した場合は成長を著しく増大し、養分の吸収量も増加したと報告し、窒素およびリン酸はいずれも十分な施用が必要であるとしている。これに対し根粒樹木の場合、本試験では 200 g/m² (P₂O₅) 区を除いて、リン酸施用量は多いほどその成長量も増加したが、窒素量の増加は成長量に及ぼす影響は少なく、本試験の土壌では N₂ 区よりも多い施用量では施肥量がふえても効果は認められなかった。これはオオバヤシャブシは根粒から十分な窒素養料の供給を受けたためで、カラマツと根粒植物の本質的特性の違いを示していることがうかがわれた。

苗木の弱さ³⁾は、モリシマ・アカシアの場合と同じようにリン酸の施肥量の増加にともなって小さい値となる(苗木として好ましいもの)傾向を示したが、窒素供給量による影響は少なかった。

4. 根粒の着生状態は、試験ポットの間引苗で調査したが、6月下旬ころから形成が認められ、初めは

地表面から 1~3cm のところの主根に形成され、漸次側根に及んだ。

リン酸施肥量と根粒形成の関係についてみると、P₀ 系列は試験終了までその形成はまったく認められなかったが、リン酸施肥区ではすべて着生し、試験後期には P₁~P₄ 系列では、施用量の増加にしたがい根粒の着生量も増加した。

窒素施用量との関係では、生育初期には無窒素あるいは少量施肥の系列に根粒形成が多く、窒素施用量が多くなるにしたがって根粒は少なくなる傾向がうかがわれ、窒素の供給量と根粒の着生量とは逆の関係がみられた。しかし、ヤシャブシ類はマメ科樹木にくらべると初期の生育が緩慢で、ことに発芽後の稚苗に根粒が形成されるまでは約 2 か月ていどの期間を要し、モリシマ・アカシアは 1 か月ころにはすべて着生しているにくらべると、かなりおそい。したがって窒素無施肥の場合の成長量は、窒素を供給した試験区にくらべて根粒が十分形成されるまでの間の生育におくれが目立ち、初期の生育促進のためには、窒素の施用はマメ科樹木の場合よりもいっそう望ましいものと思われた。しかし、リン酸施用量のいかんにかかわらず窒素は比較的少量（5 g/m² ていど）の供給で十分であると考えられた。

小西⁴⁾は WILSON のマメ科植物の根粒についての研究をとりあげて、植物体にはある一定比率の Ch : N 値があり、窒素固定はこの値よりある程度まで大きい時にのみ行なわれ、これに反し窒素が過剰となり、この値に達しないと固定はまったく進まないとしているが、非マメ科根粒植物のオオバヤシャブシにおいてもほぼ同様の傾向があるのではないかと類推された。

5. 以上の結果から本試験に使用した土壌のようなリン酸吸収係数（2,200 内外）が大きく、かつ有効リン酸に欠乏したところで播種する場合は、リン酸の施用量が 50 g/m²（P₂O₅）以下では、オオバヤシャブシの生育はほとんど望まず、100 g/m²（P₂O₅）ていどまたはこれ以上を供給しなければ十分な生育は期待し得ないものと考えられた。また窒素施用量の増加による差は、根粒菌を接種して播種養成したため、一定の傾向は認められなかったが、本土壌の場合は、根粒菌を接種すればリン酸供給量の多少にかかわらず 5 g/m²（N）程度の施用で十分のように推察された。

なお、この試験では、リン酸肥料としては過リン酸石灰をそのまま施用したが、腐植質のきわめて少ないこのような土壌では、土壌に吸収固定され、あるいは流亡によって、植物に対する肥効が低下することはあきらかで、このため堆肥その他の有機質肥料等の混用や、化成肥料等の施用によってリン酸の肥効の増進と流亡を防止させることが必要と思われる。

V 摘 要

1. オオバヤシャブシについて窒素とリン酸の相互作用が、苗木の成長状態と根粒の着生に及ぼす影響をしらべた。

試験の設計は第 1 表のとおりであるが、実験—I では 5 回のくりかえしで合計 125 個、また実験—II では 4 回のくりかえしで合計 60 個のポットにより試験を行なった。

使用した土壌は関東ロームの心土で pH（H₂O）は 4.5、リン酸吸収係数は約 2,200 で、有効リン酸は極度に欠乏し、窒素も皆無に近い土壌である。

1 ポットには 7 kg の土壌を入れ、これにオオバヤシャブシの根粒をすりつぶして接種し、調査は播種後約 6 か月で終了した。

2. 播種後約 80 日目ころから施肥量による成長の違いが観察されるようになり、リン酸無施肥系列の

成長はリン酸施肥系列にくらべて劣り、特に葉面積が小さく、また子葉の脱落が目立ち着葉数も少なくなつた。

播種後約100日目ころから無リン酸系列はリン酸欠乏症状があらわれ、葉は暗緑色を呈し、その後も成長はみられず枯死状態となつた。

3. 窒素無施肥系列は窒素施肥系列にくらべ初期の成長が劣つた。しかし、しだいに成長は良好となつた。窒素の同量施肥の系列ではリン酸を多量に施肥したものの成長は良好であつた。

4. 無リン酸系列では根粒は形成されなかつたが、その他の系列では播種後約60日目ころから認められた。

無窒素あるいは少量の窒素施肥系列では根粒の形成が多く、窒素を多量に施肥した系列では根粒の形成は少なかつた。

5. 苗木の質的内容(弱さ度:苗長/地上部乾重)は、無リン酸系列の場合は別として、リン酸の施肥量の増加にともなつて良好となり、健全で優良な苗が得られた。なお窒素の施肥量の増加もわずかではあるが、同様な傾向がうかがわれた。

6. リン酸吸収係数が大で、有効リン酸や窒素がほとんどない関東ロームのような土壌でオオバヤシャブシなどを実播する場合、リン酸肥料は、成分量にして少なくとも 100 g/m^2 (P_2O_5) 程度施肥する必要がある。また根粒菌の接種を行なえば窒素肥料は成分量にして 5 g/m^2 (N) 程度の少量施肥で十分である。

文 献

- 1) 原田 洸: 苗木の成長と養分吸収に及ぼす土壌中の養分状態の影響(第2報), カラマツ まきつけ苗の成長と養分吸収に及ぼす土壌中の窒素と燐酸の interaction effects について, 林試研報, 180, pp. 83~113, (1958)
- 2) 鍋木徳二: 森林肥料論, 日本評論社, p. 30, (1932)
- 3) 北村嘉一・岩川幹夫・原 敏男・植村誠次: 治山用樹種(肥料木)の施肥試験 I, モリシマ・アカシアにたいする窒素とリン酸ならびにリン酸とカリの interaction effects について, 林試研報, 186, pp. 91~112, (1966)
- 4) 小西亀太郎: 緑肥と根粒菌の研究, 朝倉書店, pp. 137~142, (1955)
- 5) 坂口勝美: 育苗, 朝倉書店, p. 128, (1955)
- 6) 植村誠次・岩川幹夫・北村嘉一・原 敏男: 肥料木の栄養生理に関する研究 I, 栄養条件を異にするモリシマ・アカシア, オオバヤシャブシの水耕培養に関する二, 三の実験, 林試研報, 99, pp. 1~24, (1957)
- 7) ———・渡辺隆司・岩川幹夫・北村嘉一・原 敏男: 肥料木の栄養生理に関する研究 II, モリシマ・アカシア, オオバヤシャブシの燐酸施肥試験, 第68回日林大会講演集, pp. 298~300, (1958)
- 8) ———・—————・—————・—————: 肥料木の栄養生理に関する研究 III, モリシマ・アカシアの燐酸と窒素の施肥試験, 第69回日林大会講演集, pp. 438~441, (1959)

Experiments of the Fertilizer Trials for Soil Improving Trees. II
Interaction effect of fertilizers (nitrogen and phosphorus) on
***Alnus Sieboldiana* seedlings.**

Toshio HARA, Mikio IWAKAWA, Kaichi KITAMURA
and Seiji UEMURA

(Résumé)

1. This report deals with the interaction effect of phosphorus and nitrogen supply on the growth and nodulation of *Alnus Sieboldiana* seedlings in a 0~6 months growth period. The similar experiments were carried out in 1959 (Experiment I) and in 1960 (Experiment II) respectively.

In both experiments, the seeds of *A. Sieboldiana* were sown in the soil (7 kg per pot) in the middle of April, and the final investigations of them were made 6 months after sowing. The soil used is Kanto volcanic soil (under soil, loamy red soil) having a pH (H₂O) of 4.5 and the absorption coefficient for phosphorus is about 2,200. Phosphorus and nitrogen are almost absent. All the sprouting seeds were inoculated with the crushed nodules.

The design of the experiments is as shown in Table 1. In the experiment I, the number of pots for each experimental plot were 5 and 125 in total and in the experiment II, those for each experimental plot were 4 and 60 in total.

From both experiments, the following results were obtained.

2. In about 80 days after sowing, the visible differences between the seedlings in each experimental plot were noticed, and the growth of seedlings of phosphorus free series were inferior to those in the plots of phosphorus supplied series. The seedlings of the former were smaller in their size and number of leaves compared with those of the latter seedlings. In about 100 days, the former seedlings showed the apparent phosphorus deficiency and their leaves changed into dark green color; they were gradually blighted without showing any further growth from that time.

3. With the exception of the phosphorus free series, the growth of the seedlings of nitrogen free series was inferior to that of nitrogen supplied series at first, but the former seedlings gradually recovered their growth as good as the latter seedlings by the end of the experiment.

4. Though the nodules did not yield on the seedlings of phosphorus free series, the seedlings of the other series (phosphorus supplied ones) began to produce their nodules in about 60 days after sowing. Generally speaking, the seedlings decreased the number of their nodules in inverse proportion to the increase of nitrogen supply on them. On the contrary, the increase of phosphorus supply for them increased the weight of nodules of seedlings in every series with different nitrogen supplies.

5. With the exception of the phosphorus free series, the slenderness (top length/top weight) of seedlings decreased in proportion to the increase of phosphorus supply, and also to the increase of nitrogen supply in some degrees.

6. When we bring up the seedlings of Alder species (*A. Sieboldiana* etc.) in such loamy soil as Kanto loam with high absorption coefficient for phosphorus and with low nitrogen and phosphorus contents, it is necessary to give them a full phosphorus fertilizer (over 100 g of P₂O₅/m²). However, the supply of nitrogen fertilizer to them is sufficient in a small quantity (5 g of N/m²) if the seeds were treated with seed inoculation.



$P_0N_0, P_1N_0, P_2N_0, P_3N_0, P_4N_0$

写真 1 (実験-I)



$P_0N_4, P_1N_4, P_2N_4, P_3N_4, P_4N_4$

写真 2 (実験-I)



$P_0N_5, P_1N_5, P_2N_5, P_3N_5, P_4N_5$

写真 3 (実験-I)



P_2N_1 , P_3N_1 , P_4N_1

写真 4 (実験一Ⅱ)



P_2N_3 , P_3N_3 , P_4N_3

写真 5 (実験一Ⅱ)



P_2N_4 , P_3N_4 , P_4N_4

写真 6 (実験一Ⅱ)