

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

北村 嘉一⁽¹⁾・岩川 幹夫⁽²⁾
原 敏男⁽³⁾・植村 誠次⁽⁴⁾

ま え が き

モリシマ・アカシアは気候的に、適地が暖地に限定されるとはいえ、短期間に大きな成長量を示し、またタンニン資源としてその利用価値が高く、最近、各地とくに九州地方では重要な造林樹種の一つとも考えられるようになってきた。またマメ科の根粒樹木であるところから、根粒形成の条件と、施肥を適切に考慮することにより、禿禿地などの治山施工地の植栽樹種としても十分使用できて、暖地における生産性の低い荒廃地の造林樹種として重要な地位を占めるようになっており、すでに瀬戸内地方の一部ではハゲ山地帯の緑化に導入され、かなり良好な結果が得られている。しかし治山施工地などの瘠悪な土壌では表土が流亡して、多くは露出した未熟土よりなり、肥料成分にも乏しいので、このようなところで良好な生育を期待するためには根粒植物といえども、適切な施肥あるいは追肥が必須の条件であることが、しだいに認識されるようになってきた。

筆者らはさきに行なったモリシマ・アカシアの水耕による栄養生理に関する実験⁵⁾で、各肥料要素による影響を検討して、とくにリン酸施肥の影響の大きなことを明らかにした。さらにリン酸の施肥量について、関東ロームを用いたポット試験で施肥量による影響を検討した結果⁶⁾、関東ローム地帯の心土のように有効リン酸がほとんど皆無で、しかもリン酸吸収係数が2000以上にも達するような土壌での根粒樹木の生育は、相当多量のリン酸の供給により、はじめて良好な成長が期待されることを明らかにした。

また一方、リン酸とともに窒素、カリなど相互の供給量はその生育に及ぼす影響を知ることは、治山施工地で、モリシマ・アカシアなどマメ科樹木の播種あるいは植栽に際しての施肥に関する基礎資料を提供するためにも、ぜひ解明されなければならない問題と思われる。この試験は、モリシマ・アカシア苗の成長について、リン酸と窒素、リン酸とカリの施肥量の関係を試験したものであるが、使用した土壌が比較的特殊な分布をもつ関東ロームの土壌であること、また土壌分析も簡易検定によったので十分とはいえず、かつ苗の分析等の問題も残されており、今後の検討を要する不備な点も少なくないが、一応目的とする成分相互の施用量のいかんが、生育におよぼす影響について2、3の結果を得ることができたので、取りまとめて報告するものである。

(1) 防災部治山科治山第一研究室

(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二研究室

(4) 土壌調査部土壌肥料科土壌微生物研究室長・農学博士

I リン酸と窒素の供給量と成長の関係 (試験—I)

1. 試験方法

土壌は林業試験場見本園内の関東ローム(心土)を用いた。柳田式土壌検定器による分析の結果は第1表のとおりである。この検定結果によると、この土壌は有効リン酸は極端に欠乏していて、リン酸吸収係数は2200という、リン酸に対してはきわめて条件の悪い土壌といえるわけである。窒素はこれまで実施された苗畑心土の窒素量分析の結果から判断して、ほとんど皆無に近いものと考えてよい。

試験に供したポットは素焼植木鉢(上径28cm, 深さで25cm), これに篩でふるった7kgの土壌を充填した。

第1表 供試土壌の性質(柳田式土壌検定器による)

Table 1. 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 | 有効リン酸 | リン酸吸収係数 | 有効カリ |
|-----------------------|----------------|----------------|------------|---------------|------------|---------|-------------|
| 6.0 | p. p. m. 1,600 | p. p. m. 25~50 | p. p. m. 5 | p. p. m. 0~10 | p. p. m. 0 | 2,200 | p. p. m. 30 |

試験区の設計は第2表のとおりで、リン酸は1ポットあたり計算上0~150g/m²(P₂O₅)に相当する量を7つの階級に、窒素は同様0~40g/m²(N)を5つの階級としそれぞれを組み合わせて、35の処理区とし、これを1ブロックとして5組のブロックを設けた。ブロック内の処理の配置は at random に置いた。

第2表 リン酸および窒素の供給量と処理区

Table 2. Combination design of nitrogen and phosphorus levels for experiment I.

| P ₂ O ₅ /m ² \ N/m ² | 0g P ₀ | 10g P ₁ | 25g P ₂ | 50g P ₃ | 75g P ₄ | 100g P ₅ | 150g P ₆ |
|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 0g N ₀ | P ₀ N ₀ | P ₁ N ₀ | P ₂ N ₀ | P ₃ N ₀ | P ₄ N ₀ | P ₅ N ₀ | P ₆ N ₀ |
| 5g N ₁ | P ₀ N ₁ | P ₁ N ₁ | P ₂ N ₁ | P ₃ N ₁ | P ₄ N ₁ | P ₅ N ₁ | P ₆ N ₁ |
| 10g N ₂ | P ₀ N ₂ | P ₁ N ₂ | P ₂ N ₂ | P ₃ N ₂ | P ₄ N ₂ | P ₅ N ₂ | P ₆ N ₂ |
| 20g N ₃ | P ₀ N ₃ | P ₁ N ₃ | P ₂ N ₃ | P ₃ N ₃ | P ₄ N ₃ | P ₅ N ₃ | P ₆ N ₃ |
| 40g N ₄ | P ₀ N ₄ | P ₁ N ₄ | P ₂ N ₄ | P ₃ N ₄ | P ₄ N ₄ | P ₅ N ₄ | P ₆ N ₄ |

使用した肥料はリン酸は過リン酸石灰、窒素は硫酸アムモニアで、またカリは硫酸カリを1ポットあたり計算上25g/m²(K₂O)に相当する量を全ポットに一樣に施用した。施肥は播種の2週間前に行ないポットの上部約10cm くらいの土壌に十分混和した。

種子は4月20日に温湯処理(80°Cに10分間浸漬)の後、恒温器に入れて20°C~23°Cに保温し、4月23日この種子のなかから発根の認められたもの約20粒を1ポットに播き付けた。

根粒菌の接種はこの播き付けに際して行なった。

すなわち別に用意した土壌微生物研究室で分離培養されたアカシア属根粒菌の濃厚な懸濁液中に、上記

の発芽促進処理をした種子を浸漬して接種する方法をとった。

1ポットの苗木本数は7月中旬までに順次間引き、5本に仕立てた。

2. 生育期間の経過と観察

前述したように、すでに初期の発根がみられた種子を播き付けたので4月25日には発芽を開始し、5月上旬に芽が出そろい、本葉の開出が見られ5月15日前後には本葉も出そろった。5月下旬より6月上旬にかけて本葉がおおよそ3~5葉前後になったころには、各処理区に根粒の形成がみられ、処理による成長状態の違いが観察された。とくにリン酸の各系列間は明らかで、多量区ほど成長のよいことがうかがえた。しかし窒素の列間ではそれほど目だった成長状態の相違はみられず、わずかにリン酸の多量区（P₅、P₆系列）のN₀区が、N₂~N₄にくらべてその成長がやや低いようにうかがえた。

7月上旬に至るとリン酸の各系列間での成長差はさらに明らかに観察され、苗長とともに枝葉の量にもよくその傾向がうかがえた。とくにP₀系列では、窒素の供給量のいかんにかかわらずほとんど成長がみられない状態で、葉は暗緑色を呈して明らかにリン酸欠乏症状を示した。またP₁系列でも多少その傾向がうかがわれた。

これまでのあいだに、当初1ポットに20粒を播種したものを適宜間引き、7月中旬に1ポットを5本とした。

7月25日に苗長を測定した結果は第3表のとおりである。この結果からみて、苗長についてはすでにこの時期にリン酸の供給量による効果の差が明らかにみられている。しかし窒素の供給量による差異は、まだ明らかな傾向はうかがわれない。

第3表 苗長 cm（平均値）7月

| P \ N | P ₀ | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P ₅ | P ₆ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| N ₀ | 1.2 | 2.5 | 2.8 | 5.5 | 15.2 | 20.2 | 30.1 |
| N ₁ | 1.5 | 4.1 | 3.5 | 8.7 | 18.9 | 23.8 | 35.6 |
| N ₂ | 1.4 | 2.6 | 3.3 | 5.2 | 15.9 | 22.6 | 37.5 |
| N ₃ | 1.4 | 2.5 | 2.9 | 6.1 | 16.2 | 24.9 | 38.6 |
| N ₄ | 1.4 | 3.2 | 2.8 | 7.5 | 16.4 | 20.6 | 35.8 |

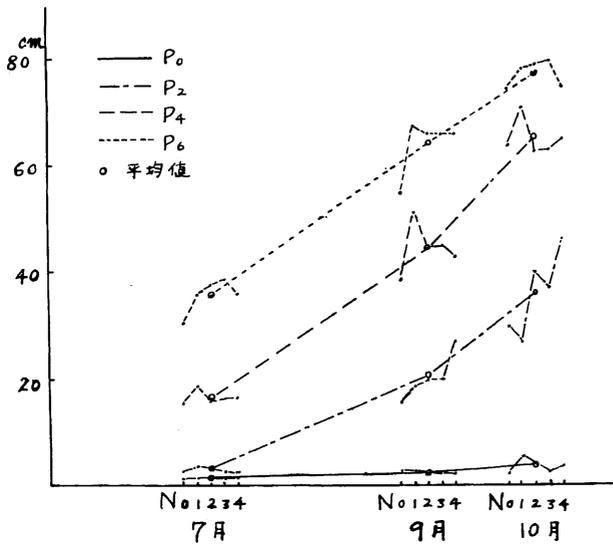
8月は同様な傾向で成長がみられているが、同月下旬、台風による豪雨のためポットの大部分が冠水するとともに、強風による動揺でやや生育が衰え、なかには下葉が黄化落葉するものがみられた。

9月5日の苗長測定の結果を示したのが第4表である。9月には樹勢も回復して生育もふたたび旺盛となり、落葉もみられなくなった。下旬に至り、第5ブロックのポットにはコガネムシの幼虫が繁殖して、

第4表 苗長 cm（平均値）9月

| P \ N | P ₀ | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P ₅ | P ₆ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| N ₀ | 2.2 | 13.4 | 15.8 | 21.1 | 38.5 | 43.9 | 54.4 |
| N ₁ | 2.2 | 20.9 | 18.9 | 26.6 | 50.8 | 54.7 | 67.0 |
| N ₂ | 2.3 | 18.1 | 19.8 | 31.3 | 44.1 | 60.0 | 65.7 |
| N ₃ | 2.3 | 17.6 | 19.8 | 41.0 | 44.8 | 51.7 | 65.3 |
| N ₄ | 2.6 | 23.8 | 27.0 | 33.0 | 42.5 | 42.6 | 65.9 |

根を喰害し、その被害がはなはだしく、10月上旬には多くの落葉をみてほとんど枯死状態を呈したのもみられた。しかし、1~4ブロックにはこのような被害もなく順調な生育を示した。



第1図 月別苗長成長

7月25日、9月5日、および10月20日(掘り取り時)の苗長をリン酸の系列について月別に示したのが第1図である。これからも推測されるように、苗長においては7、9月の測定時において、すでにリン酸の系列間では供給量による成長差が示されているが、窒素の系列間ではN₀系列の成長がやや悪いようになりかえりかえり、一定の傾向が示されていない。

以上生育期間の経過における観察結果によれば、その生育は発芽直後からリン酸の供給量による影響を強く受けていることが推察された。

3. 試験の結果ならびに考察

本試験では当初5ブロックを設定したが、前述したとおり、第5ブロックで試験の終期に至り虫害が発生し、数ポットに根の食害を受け、枯死あるいは葉の一部が落葉し、成長量の検討に不適当と認められたため、第5ブロック全体を除外し第1~4ブロックの成長量について検討した。

10月20日掘り取って調査した際の、4ブロックにおける成長量(1本あたり4ブロックの合計値)は第5表に示すとおりである。

第5表 成長量
(1) 苗長 cm

| P \ N | P ₀ | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P ₅ | P ₆ | 計 |
|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| N ₀ | 9.0 (2.3) | 106.6 (26.7) | 118.6 (29.7) | 164.4 (41.4) | 253.8 (63.5) | 252.0 (63.0) | 296.0 (74.0) | 1200.4 |
| N ₁ | 21.9 (5.5) | 122.3 (30.6) | 106.6 (26.7) | 201.8 (50.5) | 282.0 (70.5) | 298.0 (74.5) | 310.8 (77.7) | 1343.4 |
| N ₂ | 15.4 (3.9) | 118.8 (29.7) | 159.6 (39.9) | 217.6 (54.4) | 248.4 (62.1) | 322.4 (80.6) | 314.0 (78.5) | 1396.2 |
| N ₃ | 9.7 (2.4) | 117.2 (29.3) | 147.4 (36.9) | 230.0 (57.5) | 251.2 (62.8) | 273.6 (68.4) | 317.0 (79.3) | 1346.1 |
| N ₄ | 14.7 (3.7) | 173.8 (43.5) | 183.8 (46.0) | 192.1 (48.0) | 259.6 (64.9) | 244.6 (61.2) | 296.6 (74.2) | 1365.2 |
| 計 | 70.7 | 638.7 | 716.0 | 1005.9 | 1295.0 | 1390.6 | 1534.4 | |

1本あたり、()は4ブロックの平均値。

第5表（つづき）

(2) 根元直径 mm

| P \ N | P | | | | | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| | P ₀ | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P ₅ | P ₆ | 計 |
| N ₀ | 6.7 (1.7) | 15.4 (3.9) | 16.0 (4.0) | 22.5 (5.6) | 31.2 (7.8) | 32.4 (8.1) | 35.9 (9.0) | 160.1 |
| N ₁ | 8.2 (2.1) | 17.3 (4.3) | 16.1 (4.0) | 24.8 (6.2) | 31.9 (8.0) | 35.7 (8.9) | 38.2 (9.6) | 172.2 |
| N ₂ | 7.4 (1.9) | 16.0 (4.0) | 20.2 (5.1) | 26.7 (6.7) | 29.8 (7.5) | 36.8 (9.2) | 37.5 (9.4) | 174.4 |
| N ₃ | 6.2 (1.6) | 16.2 (4.1) | 20.0 (5.0) | 25.6 (6.4) | 30.1 (7.5) | 34.0 (8.5) | 38.1 (9.5) | 170.2 |
| N ₄ | 6.9 (1.7) | 20.1 (5.0) | 22.3 (5.6) | 24.8 (6.2) | 29.9 (7.5) | 31.3 (7.8) | 34.7 (8.7) | 170.0 |
| 計 | 35.4 | 85.0 | 94.6 | 124.4 | 152.9 | 170.2 | 184.4 | |

1本あたり、()はブロックの平均値。

(3) 地上部重量 g (乾燥)

| P \ N | P | | | | | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------|
| | P ₀ | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P ₅ | P ₆ | 計 |
| N ₀ | 0.4 (0.1) | 11.3 (2.8) | 14.6 (3.7) | 31.0 (7.8) | 69.4 (17.4) | 77.0 (19.3) | 111.2 (27.8) | 314.9 |
| N ₁ | 1.4 (0.4) | 16.5 (4.1) | 13.5 (3.4) | 47.5 (11.9) | 90.6 (22.7) | 105.9 (26.5) | 132.6 (33.2) | 408.0 |
| N ₂ | 1.0 (0.3) | 15.1 (3.8) | 24.9 (6.2) | 56.1 (14.0) | 74.2 (18.6) | 108.7 (27.2) | 136.5 (34.1) | 416.5 |
| N ₃ | 0.4 (0.1) | 12.6 (3.2) | 21.7 (5.4) | 50.1 (12.5) | 78.3 (19.6) | 91.9 (23.0) | 139.0 (34.8) | 394.0 |
| N ₄ | 0.8 (0.2) | 24.3 (6.1) | 29.4 (7.4) | 46.1 (11.5) | 77.2 (19.3) | 76.7 (19.2) | 110.9 (27.7) | 365.4 |
| 計 | 4.0 | 79.8 | 104.1 | 230.8 | 389.7 | 460.2 | 630.2 | |

同 上

またこれの分散分析の結果が第6表である。

この結果からみるとブロック間では苗長，地上部重量，総重量に有意差がなく，直径，地下部重量では1%の水準で有意差がみられた。しかし処理ではすべての成長量について1%の水準で有意差が認められた。

さらにリン酸と窒素の要因については，リン酸の単独施用の効果はすべて1%の水準で，また窒素の単独施用の効果は直径を除き1%の水準で有意差がみられた。リン酸と窒素の交互作用の効果は苗長が1%の水準で，総重量が5%の水準で有意差がみられたが，その他の成長量では有意差が認められなかった。またリン酸と窒素の組み合わせられた全処理間における成長量の，4試験区の合計値について，リン酸と

第 5 表 (つづき)

(4) 地下部重量 g (乾燥)

| P \ N | P ₀ | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P ₅ | P ₆ | 計 |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| N ₀ | 0.5 (0.1) | 4.6 (1.2) | 4.7 (1.2) | 9.0 (2.3) | 21.7 (5.4) | 23.3 (5.8) | 27.5 (6.9) | 91.3 |
| N ₁ | 0.8 (0.2) | 4.6 (1.2) | 6.3 (1.6) | 13.9 (3.5) | 26.2 (6.6) | 25.9 (6.5) | 36.4 (9.1) | 114.1 |
| N ₂ | 0.8 (0.2) | 6.2 (1.6) | 9.1 (2.3) | 19.0 (4.8) | 23.0 (5.8) | 31.6 (7.9) | 37.3 (9.3) | 127.0 |
| N ₃ | 0.4 (0.1) | 5.1 (1.3) | 10.0 (2.5) | 16.9 (4.2) | 25.2 (6.3) | 26.2 (6.6) | 33.0 (8.3) | 116.8 |
| N ₄ | 0.6 (0.2) | 5.8 (1.5) | 11.1 (2.8) | 14.3 (3.6) | 25.1 (6.3) | 22.3 (5.6) | 32.2 (8.1) | 111.4 |
| 計 | 3.1 | 26.3 | 41.2 | 73.1 | 121.2 | 129.3 | 166.4 | |

1本あたり、() はブロックの平均値。

(5) 合計重量 g (乾燥)

| P \ N | P ₀ | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P ₅ | P ₆ | 計 |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|
| N ₀ | 0.9 (0.2) | 15.9 (4.0) | 19.3 (4.8) | 40.0 (10.0) | 91.1 (22.8) | 100.3 (25.1) | 138.7 (34.7) | 406.2 |
| N ₁ | 2.2 (0.6) | 21.1 (5.3) | 19.8 (5.0) | 61.4 (15.4) | 116.8 (29.2) | 131.8 (33.0) | 169.0 (42.2) | 522.1 |
| N ₂ | 1.8 (0.5) | 21.3 (5.3) | 34.0 (8.5) | 75.1 (18.8) | 97.2 (24.3) | 140.3 (35.1) | 173.8 (43.5) | 543.5 |
| N ₃ | 0.8 (0.2) | 17.7 (4.4) | 31.7 (7.9) | 67.0 (16.8) | 103.5 (25.9) | 118.1 (29.5) | 172.0 (43.0) | 510.8 |
| N ₄ | 1.4 (0.4) | 30.1 (7.5) | 40.5 (10.1) | 60.4 (15.1) | 102.3 (25.6) | 99.0 (24.8) | 143.1 (35.8) | 476.8 |
| 計 | 7.1 | 106.1 | 145.3 | 303.9 | 510.9 | 589.5 | 796.6 | |

同 上

窒素のそれぞれの階級間、およびリン酸と窒素相互の組合せによる 1% と 5% の水準で有意差のある限界値 D を求めると、第 7 表のとおりである。これからリン酸と窒素の供給量の階級による各成長量についての有意性を示したのが第 8 表である。

この表からみると、リン酸の階級間では各成長量についてその大部分が 1% の水準で有意差がみられたが、P₁ と P₂ の間で成長差の少ないことがうかがわれた。しかし、窒素の階級間では N₀ がその他の階級との間に成長差がみられるが、N₀ を除いた階級間ではほとんど成長差がみられなかった。

第 5 表の (1) および (3) の平均値を図示したのが第 2 図および第 3 図である。また、第 5 表の (3) および (4) の平均値の関係を図示したのが第 4 図 (P₁, P₃, P₅ の階級は図から除いた) であるが、こ

第6表 要因分析表

| 要因 | 苗長 | | | 直径 | | | 地上部重量 | | | 地下部重量 | | | 合計重量 | | |
|-----|-----------|-----|-----------|--------|-----|--------|-----------|-----|----------|----------|-----|--------|-----------|-----|----------|
| | 偏差平方和 | 自由度 | 不偏分散 | 偏差平方和 | 自由度 | 不偏分散 | 偏差平方和 | 自由度 | 不偏分散 | 偏差平方和 | 自由度 | 不偏分散 | 偏差平方和 | 自由度 | 不偏分散 |
| 試験区 | 426.51 | 3 | 142.17 | 11.48 | 3 | 3.83 | 64.10 | 3 | 21.37 | 9.94 | 3 | 3.31 | 115.49 | 3 | 38.50 |
| 処理 | 82,785.95 | 34 | 2,434.88 | 861.92 | 34 | 25.35 | 16,457.06 | 34 | 484.03 | 1,150.52 | 34 | 33.84 | 26,193.60 | 34 | 770.40 |
| N | 816.29 | 4 | 204.07 | 4.30 | 4 | 1.08 | 241.54 | 4 | 60.39 | 24.33 | 4 | 6.08 | 410.87 | 4 | 107.72 |
| | 79,131.68 | 6 | 13,188.61 | 839.48 | 6 | 139.91 | 15,811.43 | 6 | 2,635.24 | 1,097.16 | 6 | 182.86 | 25,189.15 | 6 | 4,198.19 |
| | 2,837.98 | 24 | 118.25 | 18.14 | 24 | 0.76 | 404.09 | 24 | 16.84 | 29.03 | 24 | 1.21 | 593.58 | 24 | 24.73 |
| 誤差 | 5,921.60 | 102 | 58.05 | 66.71 | 102 | 0.65 | 1,057.25 | 102 | 10.37 | 83.32 | 102 | 0.82 | 1,471.54 | 102 | 14.43 |
| 総和 | 89,134.06 | 139 | | 940.11 | 139 | | 17,578.41 | 139 | | 1,243.78 | 139 | | 27,780.63 | 139 | |

** 1%で有意, * 5%で有意。

第7表 処理要因別の成長差の限界値

| 要因 | 水準 | 成長量 | | | | |
|-----|------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | | 苗長 | 直径 | 地上部重量 | 地下部重量 | 合計重量 |
| P | 0.05 | 95.65 | 10.15 | 40.51 | 11.35 | 47.68 |
| | 0.01 | 126.58 | 13.44 | 53.62 | 15.02 | 63.10 |
| N | 0.05 | 113.17 | 12.01 | 47.82 | 13.43 | 56.42 |
| | 0.01 | 149.77 | 15.90 | 59.23 | 17.77 | 74.66 |
| P×N | 0.05 | 42.76 | 4.54 | 18.08 | 5.07 | 21.32 |
| | 0.01 | 56.58 | 6.01 | 23.92 | 6.72 | 28.22 |

第8表 リン酸、窒素の各系列間の成長差の有意性

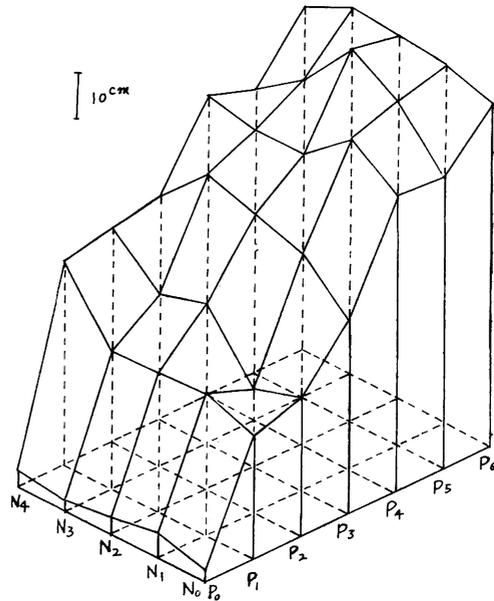
| リン酸の系列 | | | | | |
|--------------------------------|----|----|-------|-------|------|
| 比較列 | 苗長 | 直径 | 地上部重量 | 地下部重量 | 合計重量 |
| P ₀ —P ₁ | ** | ** | ** | ** | ** |
| 2 | ** | ** | ** | ** | ** |
| 3 | ** | ** | ** | ** | ** |
| 4 | ** | ** | ** | ** | ** |
| 5 | ** | ** | ** | ** | ** |
| 6 | ** | ** | ** | ** | ** |
| P ₁ —P ₂ | | | | * | |
| 3 | ** | ** | ** | ** | ** |
| 4 | ** | ** | ** | ** | ** |
| 5 | ** | ** | ** | ** | ** |
| 6 | ** | ** | ** | ** | ** |
| P ₂ —P ₃ | ** | ** | ** | ** | ** |
| 4 | ** | ** | ** | ** | ** |
| 5 | ** | ** | ** | ** | ** |
| 6 | ** | ** | ** | ** | ** |
| P ₃ —P ₄ | ** | ** | ** | ** | ** |
| 5 | ** | ** | ** | ** | ** |
| 6 | ** | ** | ** | ** | ** |
| P ₄ —P ₅ | | ** | ** | | ** |
| 6 | ** | ** | ** | ** | ** |
| P ₅ —P ₆ | ** | ** | ** | ** | ** |

| 窒素の系列 | | | | | |
|--------------------------------|----|----|-------|-------|------|
| 比較列 | 苗長 | 直径 | 地上部重量 | 地下部重量 | 合計重量 |
| N ₀ —N ₁ | * | * | ** | ** | ** |
| 2 | ** | * | ** | ** | ** |
| 3 | * | | ** | ** | ** |
| 4 | ** | | * | ** | * |
| N ₁ —N ₂ | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| N ₂ —N ₃ | | | * | * | * |
| 4 | | | | | |
| N ₃ —N ₄ | | | | | |

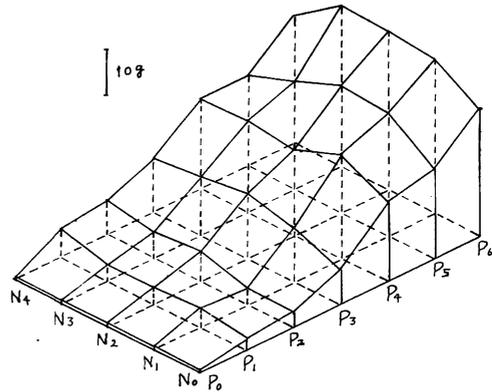
** 1%で有意, * 5%で有意。

れからみると成長量(重量)はリン酸の供給が多いほど、窒素の供給量のいかんにかかわらず増加する傾向が示されたが、窒素では無施肥区でその成長量はやや低いことが示されているものの、その他の階級間では差がほとんど認められなかった。

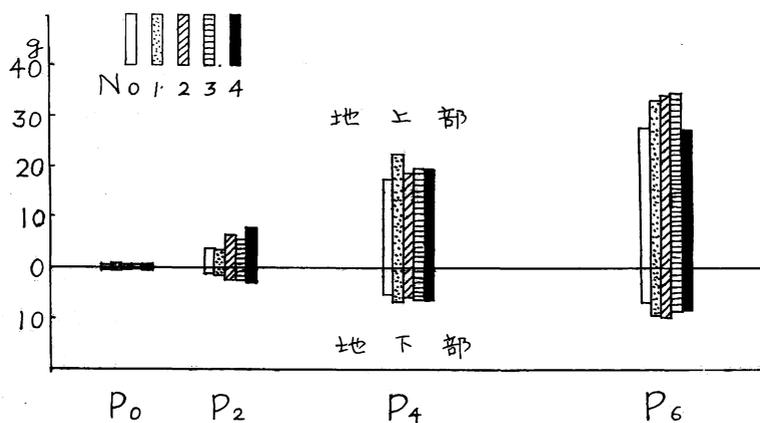
さらにリン酸および窒素の供給量の増加にともなう成長量(合計重量)の変化を、それぞれ供給された最低量(P₁およびN₁)の階級を100とした指数であらわすと、第9表のようになる。この表からリン酸の供給量と成長量の関係を見ると、無施肥であるP₀系列が極端に小さい値を示したが、P₂~P₆と供給量の増加にともなう成長量は増加し、P₆ではP₁の7.5倍にも達する増加をみた。しかし窒素については、無施肥であるN₀系列では明らかに減少を示したが、N₂、N₃ではN₁よりもかえって減少の傾向が示された。以上のように、この試験ではリン酸の供給量が多いほど成長量の増加は顕著であるが、



第2図 リン酸と窒素の相互作用が苗長におよぼす影響



第3図 リン酸と窒素の相互作用が地上部重量におよぼす影響



第4図 苗木乾燥重量

第9表 リン酸および窒素の供給量と成長量（合計重量）の関係

(1) リン酸

| P \ N | P | | | | | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
| | P ₀ | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P ₅ | P ₆ | |
| N ₀ | 5 | 100 | 120 | 250 | 570 | 628 | 868 | |
| N ₁ | 11 | 100 | 94 | 291 | 551 | 623 | 796 | |
| N ₂ | 9 | 100 | 160 | 355 | 458 | 662 | 821 | |
| N ₃ | 5 | 100 | 180 | 382 | 589 | 670 | 977 | |
| N ₄ | 5 | 100 | 135 | 201 | 341 | 331 | 477 | |

(2) 窒素

| P \ N | P | | | | | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
| | P ₀ | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P ₅ | P ₆ | |
| N ₀ | 33 | 75 | 96 | 65 | 78 | 76 | 82 | |
| N ₁ | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| N ₂ | 83 | 100 | 170 | 122 | 83 | 106 | 103 | |
| N ₃ | 33 | 83 | 185 | 109 | 89 | 89 | 102 | |
| N ₄ | 67 | 142 | 202 | 98 | 88 | 75 | 85 | |

第10表 弱さ度（苗長 / 地上部乾重）

| P \ N | P | | | | | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
| | P ₀ | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P ₅ | P ₆ | |
| N ₀ | 23.0 | 9.5 | 8.0 | 5.3 | 3.6 | 3.3 | 2.7 | |
| N ₁ | 13.8 | 7.5 | 7.9 | 4.2 | 3.1 | 2.8 | 2.3 | |
| N ₂ | 13.0 | 7.8 | 6.4 | 3.9 | 3.3 | 3.0 | 2.3 | |
| N ₃ | 24.0 | 9.2 | 6.8 | 4.6 | 3.2 | 3.0 | 2.3 | |
| N ₄ | 18.5 | 7.1 | 6.2 | 4.2 | 3.4 | 3.2 | 2.7 | |

窒素は無施肥を除き、供給量の増加が成長量におよぼす影響は少なく、一定の傾向は示されなかった（写真 1, 2 参照）。

原田¹⁾はさき caramatsu のまきつけ苗をつかって窒素とリン酸の供給量をかえて試験し、窒素、またはリン酸が供給された状態でのリン酸、または窒素の供給増加は苗木の成長をいちじるしく増大したと報告しているが、本試験では、使用した土壌の性質の影響もあるが、caramatsu と、根粒樹木であるモリシマ・アカシアの特性の相違が、窒素およびリン酸の供給量と成長量の関係に、異なる結果をもたらしたものと考えられる。

一方、以上のような苗木の各成長量の比較とは別に、苗木の地上部の質的内容からみた苗木の良否、あるいは強弱をあらわす尺度とされる弱さ度³⁾ (index of slenderness) を示したものが第 10 表である。この表からみれば、窒素の各系列間では多少の差はみられるが、全般的に一定の傾向はうかがえず、これに反しリン酸の各系列間では P₀ がきわめて大きな数値を示して、成長量とともにリン酸を欠いた土壌での生育の困難さが示され、P₁~P₆ と供給量の増加にともないその数値は減少して、苗木の質的内容の向上していることがわかる。この弱さ度が好ましい数値を示す生育は、とくに治山施工地で初期の植栽木の生育に要求される条件の一つと考えられるが、本試験の結果によると、その好ましい数値はリン酸の供給量を増加することにより、ある程度達せられるようである。

以上リン酸と窒素の供給量と生育の関係をとりまとめてみると、この実験の供試土壌のごとくリン酸を欠き、その吸収係数のきわめて大きな土壌で根粒樹木であるモリシマ・アカシアの播き付け、あるいは植栽を行なうには、根粒菌を接種した場合は窒素は僅少な供給ですむが、リン酸は、多量に供給する必要がある、これによって苗木の成長量は増大するとともにその健全性も期待されるものと思われる。

II リン酸とカリの供給と成長の関係 (試験—II)

1. 試験方法

土壌は試験—I と同一場所で採取した関東ロームの心土を用いたが、第 1 表にみられるように有効カリは 30p. p. m. 前後で、カリもきわめて少ない土壌である。

試験に使用したポットは試験—I と全く同様な素焼植木鉢を用い、これに 7kg の土壌を充填した。

試験区の設計は第 11 表のとおりで、リン酸は試験—I の結果から、P₁, P₃, P₅ の系列を除いて、1 ポットあたり計算上 0~150g/m² (P₂O₅) に相当する量を 4 階級に、カリは同様 0~50 g/m² (K₂O) を 3 階級とし、それぞれを組み合わせる 12 の処理とした。

第 11 表 リン酸およびカリの供給量と処理区
Table 11. Combination designs of phosphorus and potassium levels for experiment II (per pot).

| P ₂ O ₅ /m ² K ₂ O/m ² | 0g P ₀ | 50g P ₁ | 100g P ₂ | 150g P ₃ |
|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | 0g K ₀ | P ₀ K ₀ | P ₁ K ₀ | P ₂ K ₀ |
| 25g K ₁ | P ₀ K ₁ | P ₁ K ₁ | P ₂ K ₁ | P ₃ K ₁ |
| 50g K ₂ | P ₀ K ₂ | P ₁ K ₂ | P ₂ K ₂ | P ₃ K ₂ |

これを 1 ブロックとして 5 組のブロックを設けた。ブロック内の処理の配置は at random に置いた。また窒素は全処理一様に、各鉢あたり計算上 10g/m²(N) に相当する量を施用した。

使用した肥料はリン酸は過リン酸石灰、カリは硫酸カリ、窒素は硫酸アムモニアを用いた。

施肥は播き付け前 1 週間くらいに、上記の肥料をポットの上部約 10cm くらいの土壌によく混和した。

モリシマ・アカシアの種子は 4 月 12 日に温湯処理

(80°C10 分間) の後、恒温器内で 22~23°C に保温し、4 月 15 日発根の認められたもの 20 粒を播き付けた。

根粒菌の接種はこの播き付けにさきだてで行なった。すなわち、上記種子をビーカーに入れ、土壤微生物研究室で分離培養したアカシア属根粒菌の濃厚な懸濁液をそそぎ、十分攪拌混和して接種する方法によって行なった。

1 ポットの本数は適宜間引き、7 月下旬までに 4 本に仕立てた。

2. 生育期間の経過と観察

播き付けられた種子は 4 月 18 日ごろからいっせいに発芽を開始した。5 月 1 日ごろにはほとんど芽も出そろい、大部分に本葉の出葉もみられ、引きつづき 2 枚目の本葉の出葉が開始された。

5 月中旬ごろにいたると、P₀ 系列の稚苗は莖葉ともに濃い紅紫色を呈して、P₁~P₃ の系列とは明らかに見分けられた。また、これらリン酸の系列の間では、供給量の多い系列は少ない系列に比べて葉が大きく、枚数も多い傾向が見受けられた。

5 月下旬、本葉の数は、P₀ 系列が 1~2 枚、P₁~P₂ 系列が 2~3 枚、P₃ 系列が 3~4 枚と差が生じ、P₃ の系列では早いものは本葉 5 枚目の出葉もみられて、枝の生ずるものもあった。これに反して、カリの系列間ではほとんど差は観察されなかった。またこの時期には全部のポットに、根粒の形成がみられた。

6 月上旬になると、リン酸の各系列間の成長状態の差は明らかとなり、P₀ 系列では複葉全体が小形で、小葉の数も少ないが、P₂~P₃ 系列では成長がすこぶる旺盛で、枝の発生、伸長もよいことが観察された。しかし、カリの系列間では供給量の差による成長差はまだほとんど観察されなかった。またこの時期には全般的に上長成長がとくによいように見受けられた。

7 月中は全般的に生育は順調で、リン酸の各系列間では供給量の差による成長状態の差、とくに P₀ 系列にリン酸の欠乏症状が明らかにみられるに至ったが、カリの系列では供給量による成長状態の差や、特殊な症状は観察されなかった。

第 12 表 苗 長 cm (平均値)

| 調査月 | P | | | | |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | K | P ₀ | P ₁ | P ₂ | P ₃ |
| 6 月 | K ₀ | 1.2 | 2.3 | 3.9 | 4.6 |
| | 1 | 1.2 | 2.3 | 3.8 | 5.7 |
| | 2 | 1.3 | 2.3 | 3.3 | 5.4 |
| | | | | | |
| 7 月 | K ₀ | 2.5 | 18.7 | 25.3 | 27.6 |
| | 1 | 2.5 | 20.1 | 24.1 | 27.9 |
| | 2 | 2.5 | 18.6 | 22.6 | 29.9 |
| | | | | | |
| 8 月 | K ₀ | 13.0 | 42.7 | 51.6 | 55.6 |
| | 1 | 11.0 | 41.1 | 51.4 | 60.3 |
| | 2 | 10.2 | 39.8 | 52.6 | 63.2 |
| | | | | | |
| 9 月 | K ₀ | 29.7 | 68.7 | 74.3 | 69.7 |
| | 1 | 25.8 | 76.7 | 81.5 | 80.3 |
| | 2 | 26.1 | 64.6 | 82.3 | 87.1 |
| | | | | | |
| 10 月 | K ₀ | 39.4 | 83.5 | 94.1 | 75.8 |
| | 1 | 35.4 | 92.8 | 106.9 | 96.9 |
| | 2 | 33.4 | 79.4 | 103.7 | 107.7 |
| | | | | | |

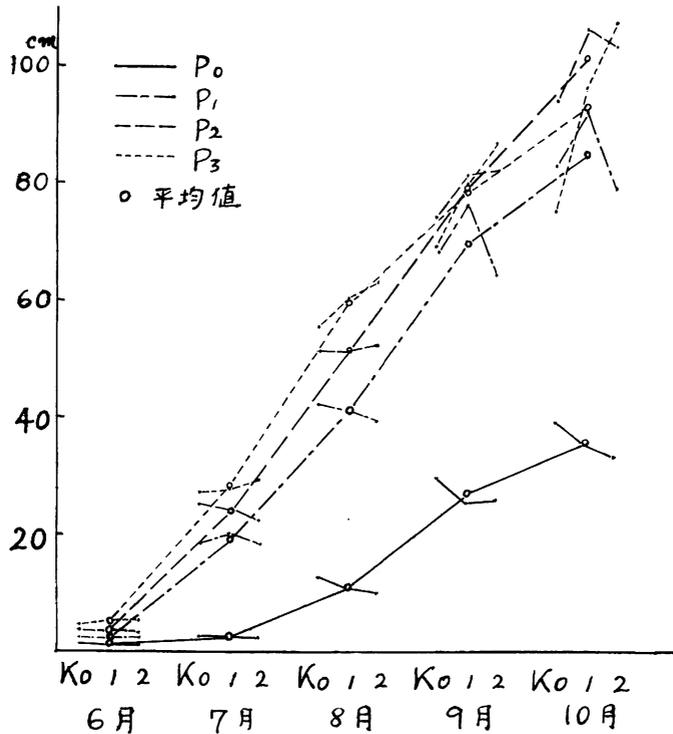
間引きは6月中旬ごろから適宜行ない、7月下旬までに1ポット4本に仕立てた。

8月には全般に葉は濃緑色を呈し、成長はよいように見受けられたが、下旬には下葉が多少黄色を呈し、落葉するものも見受けられた。

モリシマ・アカシアは稚苗時に匍匐状で成長する特性を有するが、9月上旬にはほとんどが直立状になり、成長はさらに旺盛になったように見受けられた。しかし、9月下旬に至り K_0P_3 区では、苗の伸長が不良で枝葉が密生する傾向がみえ、また複葉の先端が枯れてくるのが観察された。このような傾向は K_0P_2 区でも見受けられたが、これはカリ不足の症状とうかがわれた。

生育期間中の成長量は苗長についてのみ測定したが、その結果は第 12 表のとおりである。

この表からリン酸の系列間では成長差が大であるが、カリの系列間ではその傾向は明らかでない。これをリン酸の系列についての、カリの供給量の関係を月別に示したのが第 5 図である。この図からもわかるように、このような土壤ではリン酸の施用は必須であり、またある程度まで多量に供給しなければよい生育は期待できないようである。しかし、カリはその供給量による成長差は少ないよううかがわれた。



第5図 月別苗長成長

3. 試験の結果ならびに考察

10月10日に掘り取った際の、5ブロックの成長量（1本あたり5ブロックの合計値）は第 13 表で、これの分散分析の結果は第 14 表のとおりである。

この結果から、ブロック間ではいずれの成長量においても有意差はみられないが、処理間ではすべての成長量に、1%の水準で有意差が認められた。

さらにリン酸とカリの要因についてみると、リン酸の単独施用の効果では各成長量とも1%の水準で有

第 13 表 成 長 量

(1) 苗 長 cm

| K \ P | P | | | | 計 |
|----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|---------|
| | P ₀ | P ₁ | P ₂ | P ₃ | |
| K ₀ | 197.0 (39.4) | 417.6 (83.5) | 470.4 (94.1) | 378.9 (75.8) | 1,463.9 |
| K ₁ | 176.8 (35.4) | 464.2 (92.8) | 534.4 (106.9) | 484.4 (96.9) | 1,659.8 |
| K ₂ | 166.8 (33.4) | 397.1 (79.4) | 518.3 (103.7) | 538.6 (107.7) | 1,620.8 |
| 計 | 540.6 | 1,278.9 | 1,523.1 | 1,401.9 | |

1本あたり, ()は5ブロックの平均値。

(2) 根元直径 mm

| K \ P | P | | | | 計 |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| | P ₀ | P ₁ | P ₂ | P ₃ | |
| K ₀ | 20.4 (4.1) | 41.0 (8.2) | 49.0 (9.8) | 48.5 (9.7) | 158.9 |
| K ₁ | 20.3 (4.1) | 40.7 (8.1) | 49.7 (9.9) | 60.2 (12.0) | 170.9 |
| K ₂ | 19.1 (3.8) | 35.3 (7.1) | 47.3 (9.5) | 58.8 (11.8) | 160.5 |
| 計 | 59.8 | 117.0 | 146.0 | 167.5 | |

同 上

(3) 地上部重量 g (乾燥)

| K \ P | P | | | | 計 |
|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------|
| | P ₀ | P ₁ | P ₂ | P ₃ | |
| K ₀ | 15.8 (3.2) | 97.0 (19.4) | 171.9 (34.4) | 214.0 (42.8) | 498.7 |
| K ₁ | 14.5 (2.9) | 92.2 (18.4) | 178.1 (35.6) | 306.0 (61.2) | 590.8 |
| K ₂ | 11.7 (2.3) | 72.9 (14.6) | 164.6 (32.9) | 301.1 (60.2) | 550.3 |
| 計 | 42.0 | 262.1 | 514.6 | 821.1 | |

同 上

(4) 地下部重量 g (乾燥)

| K \ P | P | | | | 計 |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| | P ₀ | P ₁ | P ₂ | P ₃ | |
| K ₀ | 7.8 (1.6) | 50.4 (10.1) | 81.2 (16.2) | 79.4 (15.9) | 218.8 |
| K ₁ | 6.8 (1.4) | 45.5 (9.1) | 71.8 (14.4) | 97.1 (19.4) | 221.2 |
| K ₂ | 6.1 (1.2) | 34.7 (6.9) | 72.7 (14.5) | 98.5 (19.7) | 212.0 |
| 計 | 20.7 | 130.6 | 225.7 | 275.0 | |

同 上

第13表 (つづき)
(5) 合計重量g (乾燥)

| P \ K | P ₀ | P ₁ | P ₂ | P ₃ | 計 |
|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | K ₀ | 23.6 (4.7) | 147.6 (29.5) | 252.9 (50.6) | 293.4 (58.7) |
| K ₁ | 21.3 (4.3) | 137.7 (27.5) | 249.9 (50.0) | 403.1 (80.6) | 812.0 |
| K ₂ | 17.8 (3.6) | 107.6 (21.5) | 237.3 (47.5) | 399.6 (79.9) | 762.3 |
| 計 | 62.7 | 392.9 | 740.1 | 1,096.1 | |

同上

第14表 要因分析表

| 要 因 | 苗 長 | | | 直 径 | | | 地 上 部 重 量 | | | 地 下 部 重 量 | | | 合 計 重 量 | | |
|-------|------------|-------|-------------|------------|-------|----------|------------|-------|------------|------------|-------|----------|------------|-------|-------------|
| | 偏 差 平方和 | 自 由 度 | 不 偏 分 散 | 偏 差 平方和 | 自 由 度 | 不 偏 分 散 | 偏 差 平方和 | 自 由 度 | 不 偏 分 散 | 偏 差 平方和 | 自 由 度 | 不 偏 分 散 | 偏 差 平方和 | 自 由 度 | 不 偏 分 散 |
| 試 験 区 | 71.71 | 4 | 17.93 | 3.30 | 4 | 0.83 | 67.88 | 4 | 16.97 | 6.82 | 4 | 1.71 | 113.08 | 4 | 28.27 |
| 処 理 | 42,677.11 | 11 | 3,879.74** | 457.18 | 11 | 41.56** | 23,639.59 | 11 | 2,149.05** | 2,600.49 | 11 | 236.41** | 41,385.95 | 11 | 3,762.36** |
| K | 1,075.25 | 2 | 537.63** | 4.24 | 2 | 2.12* | 213.09 | 2 | 106.55* | 2.27 | 2 | 1.14 | 223.46 | 2 | 111.73 |
| | 39,028.05 | 3 | 13,009.35** | 435.92 | 3 | 145.31** | 22,482.86 | 3 | 7,494.29** | 2,518.29 | 3 | 839.43** | 39,626.54 | 3 | 13,208.85** |
| K × P | 2,573.81 | 6 | 428.97** | 17.02 | 6 | 2.84** | 943.64 | 6 | 157.27** | 79.93 | 6 | 13.32** | 1,535.95 | 6 | 255.99** |
| 誤 差 | 3,769.29 | 44 | 85.67 | 26.50 | 44 | 0.60 | 1,413.98 | 44 | 32.14 | 135.16 | 44 | 3.07 | 1,818.65 | 44 | 41.33 |
| 総 和 | 46,518.11 | 59 | | 486.98 | 59 | | 25,121.45 | 59 | | 2,742.47 | 59 | | 43,317.68 | 59 | |

** 1%で有意, * 5%で有意。

意差がみられたが、カリの単独施用の効果は、1%の水準で有意差がみられたのは苗高のみであり、直径、地上部重量では5%の水準で有意差があったが、地下部重量、合計重量では有意差がみられなかった。またリン酸とカリの交互作用の効果は、すべての成長量とも1%の水準で有意差が認められた。

第 15 表 処理要因別の成長差の限界値

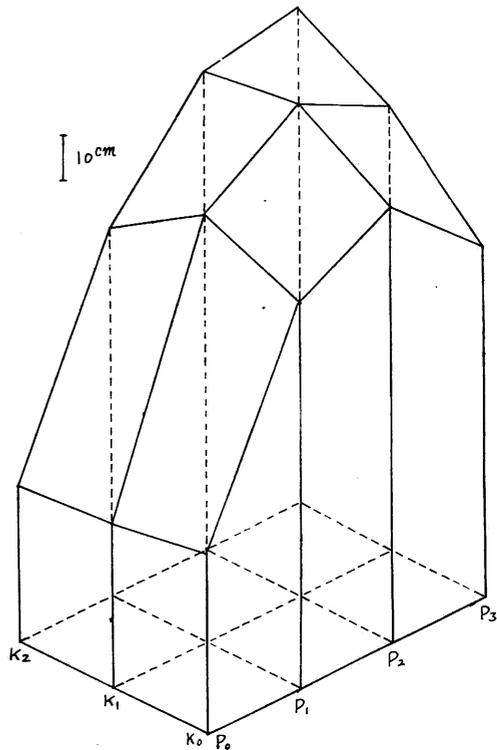
| 要 因 | 水 準 | 成 長 量 | | | | |
|-------|------|--------|-------|-------|-------|--------|
| | | 苗 長 | 直 径 | 地上部重量 | 地下部重量 | 合計重量 |
| P | 0.05 | 102.14 | 8.57 | 62.56 | 19.34 | 70.95 |
| | 0.01 | 136.69 | 11.46 | 83.72 | 25.88 | 94.95 |
| K | 0.05 | 117.95 | 9.89 | 72.24 | 22.34 | 81.93 |
| | 0.01 | 157.83 | 13.23 | 96.67 | 29.89 | 109.63 |
| P × K | 0.05 | 58.97 | 4.95 | 36.12 | 11.17 | 40.96 |
| | 0.01 | 78.92 | 6.62 | 48.34 | 14.94 | 54.82 |

第 13 表の合計値からリン酸とカリのそれぞれの階級間、およびリン酸とカリ相互の組合せによる処理間の成長差について、1%および5%の水準での有意差のある限界値 D を求めると第 15 表のようになる。この表からこれら各要因の階級間での差の有意性をみると、リン酸の各階級間では苗長で $P_1 \sim P_2$ 、 $P_2 \sim P_3$ が 5%の水準で、その他の各成長量の階級間ではすべて 1%の水準で有意差のあることが示された。またカリの階級間では各成長量の差の有意性は少なく、一定の傾向は認められない。これらリン酸とカリの供給量による階級間の各成長量についての有意性を示したのが第 16 表である。

第 16 表 リン酸、カリの各系列間の成長差の有意性
リン酸の系列

| 比較系列 | 苗長 | 直径 | 地上部重量 | 地下部重量 | 合計重量 |
|-------------|----|----|-------|-------|------|
| $P_0 - P_1$ | ** | ** | ** | ** | ** |
| 2 | ** | ** | ** | ** | ** |
| 3 | ** | ** | ** | ** | ** |
| $P_1 - P_2$ | ** | ** | ** | ** | ** |
| 3 | * | ** | ** | ** | ** |
| $P_2 - P_3$ | * | ** | ** | ** | ** |
| カリの系列 | | | | | |
| $K_0 - K_1$ | ** | * | * | | * |
| 2 | * | | | | |
| $K_1 - K_2$ | | * | | | |

** 1%で有意, * 5%で有意。

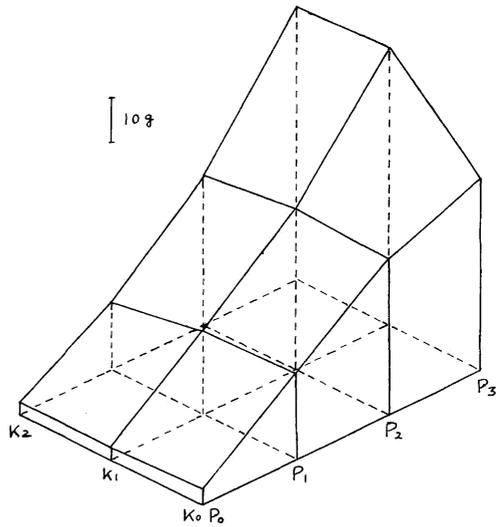


第 6 図 リン酸とカリの相互作用が苗長におよぼす影響

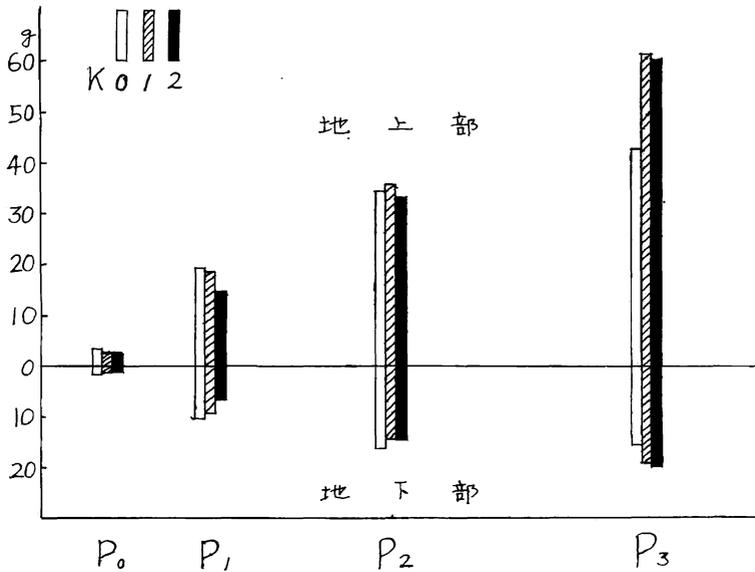
第 13 表 (1) および (3) の平均値を図示したものが第 6 図および第 7 図である。また第 8 図は第 13 表 (3), (4) の平均値を図示したものである。

これらからもわかるように、重量ではリン酸の供給量が増加すると、カリの供給量のいかににかかわらず成長量は増加している。しかし、カリの場合は供給量の増加は各成長量を必ずしも増加せず、むしろ K_1-K_2 間では K_2 に成長量の低下さえみえる。またリン酸の供給量の多い場合のカリの無施肥区 (P_3, K_0) では、カリ不足の症状さえみられて、成長量は P_3K_1, P_3K_2 に対して、大きく低下している。

さらにリン酸およびカリの供給量の増加に



第 7 図 リン酸とカリの相互作用が地上部重量におよぼす影響



第 8 図 苗木乾燥重量

ともない、成長量 (合計重量) の変化をそれぞれ供給された最低量の階級を 100 とした指数であらわすと第 17 表のようになる。この表からみるとカリの供給量と成長量の関係は、無施肥区である K_0 は、リン酸の供給量の少ない系列ではむしろ、 K_1, K_2 より成長量の増加がみられるが、リン酸の供給量の最も多い P_3 系列では低下している。また供給量の多い K_2 系列では全般に K_1 に比べて成長量は低いが、 P_2, P_3 とリン酸の供給量が増加するにつれて成長量も増加し、 K_0 系列とは反対の傾向がみられた。

また、リン酸の供給量と成長量の関係は、 P_0 系列が極端にその値が小さく、 $P_1 \sim P_3$ と供給量が増加す

れば成長量もよく増加していることがわかる。しかし、カリが供給されていない K_0 系列に対し、カリが多く供給された K_2 系列の増加は大きく、リン酸の供給量の多い場合は、カリの供給も増加した方がよい生育を示すようである。

第 17 表 リン酸およびカリの供給量と成長量（合計重量）の関係
(1) リン酸 (2) カリ

| K \ P | リン酸 | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| | P_0 | P_1 | P_2 | P_3 |
| K_0 | 16 | 100 | 171 | 199 |
| K_1 | 15 | 100 | 181 | 293 |
| K_2 | 17 | 100 | 221 | 371 |

| K \ P | カリ | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| | P_0 | P_1 | P_2 | P_3 |
| K_0 | 111 | 107 | 101 | 73 |
| K_1 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| K_2 | 84 | 78 | 95 | 99 |

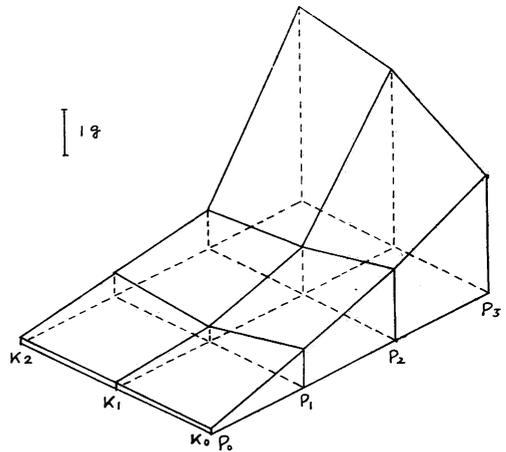
第 18 表は各処理の根粒乾燥重量の 1 本あたりの平均値で、これを図示したものが第 9 図である。カリはその供給量が増加すればわずかに根粒重量も増加しているが、有意の差はみられず、同一系列のリン酸の供給量別にみても一定の傾向はうかがわれぬ。しかし、リン酸ではその供給量が増加すれば根粒重量は増加し、とくに P_3 系列は増加量で大きく、 $P_0 \sim P_2$ 系列に対して 1% の水準で有意差がみられた。

第 18 表 根粒重量 g（乾燥）

| K \ P | 根粒重量 g | | | |
|-------|--------|-------|-------|-------|
| | P_0 | P_1 | P_2 | P_3 |
| K_0 | 0.1 | 0.8 | 1.6 | 2.5 |
| K_1 | 0.1 | 0.3 | 1.0 | 3.8 |
| K_2 | 0.1 | 0.5 | 0.8 | 4.2 |

第 19 表 弱さ度（苗長 / 地上部乾重）

| K \ P | 弱さ度 | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| | P_0 | P_1 | P_2 | P_3 |
| K_0 | 12.5 | 4.3 | 2.7 | 1.8 |
| K_1 | 12.2 | 5.0 | 3.0 | 1.6 |
| K_2 | 14.3 | 5.4 | 3.1 | 1.8 |



第 9 図 リン酸とカリの相互作用が根粒重量におよぼす影響

以上リン酸の供給量の増加は成長量の増大をもたらすが、カリの増加はそれほど成長量に顕著な影響をおよぼさない、むしろリン酸の供給量がやや少ない場合は減少する傾向がみえる。

しかし、リン酸の供給量が多い場合はカリも多く供給することにより、成長量と同時に根粒の着生量が増大するようである（写真 3, 4 参照）。

POSCHENRIEDER, H., SAMMET, K. および FISCHER, R. ら⁴⁾は、大豆の生育に対するカリとリン酸の影響の量的関係の研究をとりあげて、リン酸を増加すると根粒数および重量は増加し、全収量も増加することは、カリの増給の場合よりも顕著であるとしている。本試験でも同様な傾向がみられて、根粒樹木の特性がうかがわれた。

また苗木の質的内容からみた弱さ度を示したのが第 19 表である。この表からみられるようにリン酸の供給量を増すと、弱さ度の値は減少し、質的内容の向上した好ましい苗木といえるが、カリは供給量のい

かんがほとんど弱さ度に影響がみられないようであった。

以上の結果をとりまとめてみると、このような土壌で、モリシマ・アカシアの育成にはリン酸を相当多量に供給することにより、成長量は増大し、根粒の着生量も多く、弱さ度も好ましい値を示して、苗木としての健全性も得られるようである。しかし、カリは一般に少量でよいが、リン酸をとくに多量に供給した場合は、カリも増量する必要があるが、供給量が少なくカリ不足（欠除）の症状がみられるようである。

Ⅲ 総合考察

根粒樹木は比較的瘠悪な土壌にもよく生育し、成長も早く、根葉量も豊富で土壌への有機物の供給が多い。また根粒の共生窒素固定作用にもとづく、窒素の土壌への供給もあり、化学的、物理的に土壌の熟化と肥培を促進するものと考えられる。

これら根粒樹木はマメ科と非マメ科に大別されるが、共にその生育にはリン酸の要求が強いことはしばしば強調されている。しかし、リン酸と窒素、あるいはカリとの関係については、ほとんど研究がなされていない。最近肥料木のなかにも、モリシマ・アカシア、コバハンノキのように経済的価値も考慮された肥料木が登場し、これらの樹種が治山施工地に広く導入されようとしており、したがって、これらの肥料木の導入については、これまでとは違った見地から再検討を要する時期に達しているものとみなされる。

以上のような観点から、筆者らは治山施工地の植栽木として、モリシマ・アカシアの栄養的な特性を知り、植栽あるいは実播などの際の資料をうるとともに、一般マメ科樹木についての特性と、施肥の関係を考察する目的で本試験を実施した。本試験はリン酸と窒素、リン酸とカリについて、それぞれの供給量を変えて、生育期間の経過を観察し、その生育状態と成長量について考察してきたが、さらに総合的に2、3の考察をすると、以下のようである。

1. 根粒樹木の成長とリン酸の関係

リン酸は植物の栄養要素として不可欠であることはもちろんであるが、根粒植物にとっては、根粒菌の増殖を促進させるとともに、根粒の形成を促進し、その数と大きさを増加させ、ひいては植物の成長を増大させる点で、他の栄養成分にくらべて最も重要な要素とされている。

筆者らはさきに肥料木の栄養生理に関する研究で、モリシマ・アカシアと非マメ科の根粒樹木であるオオバヤシャブシについて水耕実験を行ない⁵⁾、また関東ローム土壌を用いてリン酸施肥に関するポット試験を行なった⁶⁾。その結果、リン酸は根粒樹木にとっては、根粒の形成に必須の要素であるとともに、またその成長には比較的多量を要求することが推測された。

本試験においてもリン酸の供給量による影響は、前記の試験と全く同様の傾向が示されて、使用した土壌の性質に影響されるとはいえ、根粒樹木の生育に対する無機養分として、リン酸は最も重要な因子と考えられた。

2. リン酸と窒素の供給量と成長

リン酸の影響は上記のごとく顕著で、根粒植物にとって欠くことのできない要素であるが、窒素については、マメ科の農作物でもその施肥については、特殊な土壌の場合を除いてあまり重視されておらず、また樹木においても普通の土壌で、しかも根粒の形成が十分なら根粒菌との共生により、固定窒素を養料となしうることから、ほとんど考慮の必要がないものとされていた。

しかし、最近では少量の窒素の存在はかえって寄生植物の成長を促進し、ひいては根粒の形成を促すと

され、とくに播種した直後の、根粒が十分形成されず、窒素固定機能が不十分な時期には必要だとされている。また窒素は過多の状態になれば根粒の形成は阻害され、根粒菌の窒素固定を抑圧されて樹木の成長に好ましくないといわれている。

本試験におけるリン酸の供給量の差による影響は、ほとんどの系列間で有意の差がみられて明らかな傾向が示されているが、窒素では供給されない N_0 系列と、供給されたその他の系列間には有意の差がみられたが、供給された $N_1 \sim N_4$ の系列間ではほとんど差がみられず、また一定の傾向もみられなかった。すなわち、関東ロームの心土のごとき無窒素に近いと想像される状態の土壌で、よりよい成長を期待するためには、たとえ根粒菌の接種を行っても、さらに少量の窒素肥料を施すことが必要と考えられる。また多量に施用した場合は、逆にその成長はやや低下するようである。本試験では $N_1 \sim N_3$ 系列の成長がよく、 N_4 ではやや成長が低下し、 N_2 程度が相対的に適当ではないかと想像された。これは根粒の形成には寄主植物体の C:N の関係が大きく影響するといわれ、化合態窒素の供給が多いと植物体中の C:N の値が小となり、これが根粒の形成と窒素の固定を抑圧するとされていることに²⁾、関係があるのではないかと考えられる。

また弱さ度は、 P_6N_1 、 P_6N_2 、 P_6N_3 等リン酸の供給量が多く、窒素の適量が供給された区の数値が小さく、苗木として、質的内容のよいことが示された。しかし、窒素の供給量による影響は、リン酸に比べてはるかに低く、生育期間を通じてその生育状態から、 N_0 系列においてさえ窒素不足のごとき症状は観察されなかったが、これは播種時に十分な根粒菌が接種されたためと思われる。

3. リン酸とカリの供給量と成長

カリは元来植物体内で行なわれる諸種の新陳代謝に対して、一種の触媒作用を有するものであるとされているが、根粒形成とも関係あるものとして重視され、マメ科植物の生育においても必須の要素とされているにもかかわらず、カリの施肥については従来あまり重要視されていなかった。

しかし、筆者らの水耕培養による実験³⁾では、カリを欠除すると、モリシマ・アカシアでは節間がつまって枝条が密になり、幹は匍匐する傾向がみられた。

本試験でリン酸の供給量による影響は、従来の数例の試験にみられると同様に、その供給量の増加はよく成長量を増加している。またカリは、この土壌にはごく少量の存在が認められたが、カリの供給量による影響は、 K_1 系列の成長が最もよく、ついで K_2 、 K_0 系列の順となっている。しかし、その傾向はリン酸ほど顕著な影響はみられなかった。

また弱さ度からみてもリン酸とカリの影響は異なり、カリは $K_0 \sim K_2$ の間でその数値の差は少ないが、リン酸は $P_0 \sim P_6$ の間で明らかな差がみられ、なかんずく P_3K_1 が最もその値が小さく、苗木として健全性の高いことが示されている。しかし、この試験の場合よい成長をしたリン酸の系列で、 P_3 程度の供給がなされた場合は、カリの供給もある程度増加する必要があるようで、 P_3K_0 のごときは明らかにカリ不足の症状と思われる上成長が少なく、節間がつまった匍匐形を示した。

また、根粒の着生量もリン酸では供給量の増加により増加し、とくに P_3 系列ではきわめて多かった。しかし、カリでは供給量による根粒着生量の影響は少なく、一般に成長量と根粒着生量はほぼ平行的な関係が示された。

4. 治山施工地における肥料木（根粒樹木）の施肥について

一般に治山施工地とくに関東ローム、あるいは、これに類似した火山灰質ローム地帯では、土壌中に有

効リン酸が少なく、リン酸吸収係数はきわめて大きく、また窒素、カリも不足している場合が多い。

このような土壌を対象に考慮してこの試験を実施したのであるが、モリシマ・アカシアについて、これらの肥料要素の影響をその生育の面からみれば、成長量および弱さ度においては、窒素、カリにくらべてリン酸の供給量の影響が最も大きく、多量に供給するほど、よりよい結果が得られた。また窒素は供給されなかった N_0 系列が、供給された $N_1 \sim N_4$ 系列との間に成長量について差がみられたが、 $N_1 \sim N_4$ の系列間では供給量が成長量に影響することは少なく、リン酸の供給量による相対的な影響もかわれなかった。しかし、カリでは、リン酸の供給量を増加した場合は、カリの供給量も増加することにより成長量は増加し、リン酸を多く供給し、カリを供給しなかった P_3K_0 区は、リン酸の供給量が多く、カリの供給量も多い P_3K_2 区にくらべて成長量はかなり減少して、カリ欠除の症状がよくあらわれた。またリン酸の供給量が多く、カリの供給量の少ない P_3K_1 区は成長量ではほとんど影響しないが、カリ不足の症状が多少観察されている。

未熟土で瘠せた治山施工地では、従来から植栽に施肥は重要な条件とされているが、植栽木の多くが肥料木であることから、リン酸施肥は特に重要視されるべきであろう。またこのような施工地では、窒素およびカリもきわめて少ないことが想像されるものであり、したがって肥料木の施肥にあたっては、リン酸の施用量に応じて、これらの肥料成分の適量を施すことが必要とみなされる。しかし根粒植物に対し、窒素の過多の施用は根粒の形成を阻害し、成長を低下させることも考えられるので、十分な根粒を形成させるまでの初期の成長に必要な量にとどめることが望ましい。

本試験では関東ローム土壌を用いて、モリシマ・アカシアの播付け苗について、施肥量と成長量について検討し、とくに多量のリン酸の供給により、よりよい成長量が得られているが、このことは根粒植物の特性である多量のリン酸の要求によるものと思われるが、一方土壌に有効リン酸を欠き、リン酸吸収係数がとくに大きかったことも主要な原因であったことが考えられる。

また一般に禿地、瘠悪林地には、根粒菌の分布が不十分であることが明らかにされており、マメ科肥料木の播種あるいは植栽にさいしては、根粒菌の接種もぜひ考慮されるべき問題と考えられる。

なお本試験では、リン酸肥料としては過リン酸石灰を施用したが、このような施用によると腐植の存在がきわめて少なく、吸収力の強い土壌ではその多くが、土壌に吸収固定され、あるいは流亡して、植物根による吸収率の低下することは明らかである。そのため固形、粒状などの複合化成肥料を施用し、また治山施工地では堆肥の施用も通例となっているので、これらと混合して施用することなどにより肥料の流亡を防止するとともに、リン酸の肥効を増進させることが必要と考えられる。

摘 要

1. モリシマ・アカシアについて、窒素とリン酸（試験—I）、リン酸とカリ（試験—II）、の相互作用が、苗木の成長状態と根粒の着生状態におよぼす影響をしらべた。

それぞれの処理は5つのポット（5ブロック）をあて、1ポットには7kgの土壌を入れて、これにアカシア属根粒菌を接種して播種し、調査は播種後約6か月で終了した。使用した土壌は関東ローム（心土）で、この土壌はpH（ H_2O ）4.5、リン酸吸収係数は約2200であって、有効リン酸は極度に欠乏し、窒素もほとんど皆無に近い土壌である。

試験IおよびIIの設計は、それぞれ第2表、第11表のとおりである。

2. 試験—Iでは、リン酸の供給量を増加すると、すべての系列で成長量は増大し、弱さ度は好ましい値を示したが、窒素は量のかんにかかわらず、どの系列においても苗木の成長に対する影響はみられなかった。

3. 試験—Iでは窒素の供給量を増加しても苗木の成長量と根粒の着生量は、リン酸の供給量の増加の場合とは異なり、どの系列においても促進されず、窒素を多量に供給すると大部分の苗木は、かえって成長量が減少した。

4. 試験—IIでは、リン酸の供給量を増加すると、どの系列でも成長量は増加し、弱さ度も好ましい値を示したが、カリは供給量をかえても成長量に差はなかった。しかし、カリを供給せず、リン酸を多量に供給した場合は、ある程度カリ欠乏症状を呈した。

5. 試験—IIでは、リン酸の供給量を増加すると、成長量とともに根粒の着生量はどの系列でも増加したが、カリは供給量による差はみられなかった。なお各系列ともリン酸の供給量の最大のものは、それぞれ根粒の着生量も最大の値を示した。

6. 試験—IおよびIIを通じてみると、根粒の着生量は苗木の成長量と並行的な傾向がうかがわれ、同一の処理をした場合は、苗木の成長のよいものには多量の根粒着生がみられた。

7. リン酸吸収係数が大で、有効リン酸がほとんど無く、窒素も皆無に近い関東ロームのような土壌で、モリシマ・アカシアなどマメ科樹木を育てる場合は、十分なリン酸肥料を供給する必要がある。しかし根粒菌を接種した場合には、窒素肥料は少量の供給でよく、またリン酸を多量に供給した場合はカリの供給も増加する必要がある。

文 献

- 1) 原田 洗：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木の成長と養分吸収に及ぼす土壌中の窒素とリン酸の interaction effects について、林試研報, 108, pp. 83~107. (1958).
- 2) 小西亀太郎：緑肥と根瘤菌の研究, 朝倉書店, p. 137, p. 142 (1949).
- 3) 坂口勝美：育苗, 朝倉書店, p. 128, (1955).
- 4) POSCHENRIEDER, H., K. SAMMET und R. FISCHER : Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Ernährung mit Kali und Phosphorsäure auf die Ausbildung der Wurzelknöllchen und die Tätigkeit der Knöllchenbakterien bei der Sojabohne. Zbl. Bakt. II. 102, 388~395, 425~432 (1940).
- 5) 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, オオバヤシヤ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).
- 6) 植村誠次・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, オオバヤシヤブシのリン酸施肥試験, 第68回日林大会講演集, pp. 298~300, (1958).
- 7) 植村誠次・玉木廉士・松田宗安：マメ科樹木と根粒菌に関する研究 II, 禿地におけるアカシア属の直播造林特に根粒菌接種の効果について, 林試研報, 124, pp. 1~19, (1960).

Experiments of the Fertilizing Trials for Soil Improving Trees. I.

**Interaction effects of fertilizers (nitrogen and phosphorus;
phosphorus and potassium) on *Acacia mollissima* seedlings.**

Kaichi KITAMURA, Mikio IWAKAWA, Toshio HARA and Seiji UEMURA

(Résumé)

1. This report deals with the interaction of nitrogen and phosphorus supply (Experiment I) and of phosphorus and potassium supply (Experiment II) on the growth and nodule formation of *Acacia mollissima* seedlings (0~6 months growth period) respectively.

The seed of *A. mollissima* inoculated with *Acacia Rhizobium* (nodule bacteria) were sown in the soils (7kg per pot) of five pots for each experimental plot, and the final investigation of them was made in about 6 months after sowing. The soil used was Kanto volcanic soil (under soil, red loamy soil) having a pH (H₂O) of 4.5 and the absorption coefficient for phosphorus was about 2200. Phosphorus and nitrogen contents of it were almost absent.

The designs of the experiments I and II are as shown in Table 2 and 11 respectively.

2. In the experiment I, both growth rate and degree of slenderness (Top length/top weight) of the seedlings increased in proportion to the increase of phosphorus supply in every series with different nitrogen supplies, and the seedlings did not show any nitrogen deficiency even in the pots of nitrogen free series.

3. In the experiment I, the increase of nitrogen supply did not accelerate the growth of seedlings and their nodule formation in every series with different phosphorus supplies, and most of the seedlings with the highest nitrogen supply in every series decreased their growth.

4. In the experiment II, both growth rate and degree of slenderness of the seedlings increased in proportion to the increase of phosphorus supply in the pots of every series with different potassium supplies, but among the potassium free series, the seedlings supplied with the highest phosphorus showed a symptom of potassium deficiency in some degree.

5. In the experiment II, both growth rate and nodule formation of the seedlings increased in proportion to the increase of phosphorus supply in every series with different potassium supplies, and in every series the seedlings with the highest phosphorus supply had the highest nodule formation respectively.

6. Through both experiment I and II, it seems that the number of nodules of seedlings runs parallel with the growth rate of them in the case of same treatment.

7. When we bring up the leguminous trees such as *Acacia mollissima* 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; but the supply of nitrogen fertilizer for them is sufficient in a small quantity if the seed were treated with seed inoculation. And it is also necessary that the potassium supply for them be increased in proportion to the increase of phosphorus supply.



P_0N_0 , P_1N_0 , P_2N_0 , P_3N_0 , P_4N_0 , P_5P_0 , P_6N_0

写真 1



P_6N_0 , P_6N_1 , P_6N_2 , P_6N_3 , P_6N_4

写真 2



P_0K_0 , P_1K_0 , P_2K_0 , P_3K_0

写真 3



P_3K_0 , P_3K_1 , P_3K_2

写真 4