

林木施肥に関する研究 第Ⅺ報

肥料要素の形態に関する研究 (4)

柴田 信男・上中 幸治・小倉 政市

Nobuo SHIBATA, Koji UENAKA and Masaichi OGURA

Studies on the Manuring for the Forest Trees (XI)

On the Formation of the Fertilizer.

目 次

I 緒 言	65	C. クロマツに対する肥料要素の形態別試験	71
II 試験方法と実験結果	66	C-1 硫加磷安, 磷安尿素肥料の比較	71
A. スギに対する肥料要素の形態別試験	66	D. スラッシュマツに対する要素の形態別試験	72
A-1 窒素源, 磷酸源, 加里源の検討試験(1)	66	D-1 硫加磷安, 磷安尿素, 神林2号の比較	72
A-2 同上	(2) 67	E. アカシアモリシマに対する肥料要素の形態別試験	73
A-3 硫加磷安, 磷安尿素, 硫安・過石配合肥料の比較	68	E-1 試作肥料 M ₁ と硫安, 過石配合肥料との比較	73
A-4 硫加磷安, 磷安尿素, M ₁ 肥料の比較	69	E-2 固形肥料と硫安・過石配合または尿素, 蛇紋岩過磷酸石灰配合肥料の比較	74
B. ヒノキに対する肥料要素の形態別試験	70	E-3 窒素源及び三要素配合比に関する実験	75
B-1 N-源を尿素とし, P-源を蛇紋岩過磷酸, 溶性磷肥とした試験(試作肥料 M ₂ と M ₃)	70	III 摘 要	76
B-2 硫加磷安, 磷安尿素肥料の比較	70		

I 緒 言

植付けてから伐採, 収穫をあげるまでに数十年の長年月を要することは, 企業の利潤を低め, 造林意慾をはばむ一大欠陥ではあるが, 林業の一つの宿命としてあきらめられて来た。

一方木材の需要の急増と供給の不均衡は, 木材価格の未曾有の高騰を来たし, これではわが国の他の産業の発展上由々しい結果をもたらすものとして, 外材の輸入, 大增伐を強行せざるを得なくなった。この時にあたり林業・林学に関係するものに課せられた重大な使命は, 将来の資源確保のために, 木材の保続的増産, 伐期の短縮, 地力減退の防止などの諸問題に関し緊急に基本的打解策を樹立することである。ところでそれが解決策として林木育種, 早生樹種の導入, 密植造林などが企画実施されているが, これらの対策を通じて共通的に必要であり, かつ既成林地に対しても早急に実行し得るものとして大きな期待をかけられているのは林地肥培である。しかるに我国における林地施肥実施の歴史は新らしく, 組織的な試験研究も少なく, 最近まで肥効の有無に関してすら, 抽象的な論議が交はされていた状態である。合理的な施肥方法の確立によって, 失敗なくより高い肥効をあげられるようになることが望ましい。それには樹種, 土壌, 気候にマッチした肥料を選ぶことが先決である。林地施肥合理化の諸問題のうち, 肥料要素の形態, 施肥の方法(時期など)など未解決の問題が多い。筆者

等はさきに同量の三要素を施してもその要素の形態のちがいが肥効に極めて大きな差を与えることを一部報告したが^{1,2)}、さらにいろいろの実験を続けたのでそれらについて少しく報告したい。

本研究の遂行にあたり、財団法人生活科学研究所から研究費の援助を得たことを特記して謝意を表する次第である。

II 試験方法と実験結果

本研究は和歌山県白浜町立ヶ谷在の京都大学演習林白浜試験地の苗畑で行った。苗畑の実験ではあるが、林地施肥への適用を目標として、供試土壌はなるべく苗畑周辺の林地より新たに客土するようにした。新第三紀層、基岩は砂岩で、有機物は殆どなく重粘質堅密な埴土で、灼熱損量4%内外、全窒素0.1%以下、全リン酸0.04%, 加里0.4%内外という瘠悪地である。

試験は1959年より継続実施しているが、本報告は1961年まで3年間の結果の概要である。この間の気象状況は次報第Ⅻ報の Table 1 にかかげた。試験した樹種はスギ、ヒノキ、クロマツ、スラッシュマツ、アカシアモリシマなどである。

実験の多くは苗畑に1m²の区をラテン方格子に配列し、各数区ずつ繰返し実験を行った。外に1m²または0.5m²のコンクリート枠あるいは土管を用いた場合もある。

施肥設計、経過、実験結果については以下各樹種毎に記載することにした。

本実験に採用した3要素の配合比及びm²当りの要素別基準施肥量は、別に行った三要素適量試験の結果(未発表)から導き出されたものである。

結論を得るにはなお同一実験を数年繰返す必要があるが、ここではまだそれまでに到っていないので一般的傾向を推察する資料に止まることを了承されたい。

A スギに対する肥料要素の形態別試験

スギに対する肥料要素の形態試験は昭和34年度に4件、昭和36年度に2件の実験を行い、その一部については既に報告した。

A—1 窒素源、リン酸源及び加里源の検討試験(1)

昭和34年度 第7苗畑にて実施

実験計画

窒素源を硫酸、尿素、石灰窒素とし、リン酸源を過リン酸石灰、熔性リン肥、蛇紋岩過リン酸石灰、加里源を硫酸加里、塩化加里として、これらを組合せてm²当り各区とも N: 25g, P₂O₅: 20g, K₂O: 18g となるようにした。施肥設計は第1表の通りである。

施肥量計算の基準は、硫酸は N: 21%, 尿素 N: 46%, 石灰窒素 N: 20%, 過リン酸石灰 P₂O₅: 17%, 熔性リン肥 P₂O₅: 19%, 蛇紋岩過リン酸石灰 P₂O₅: 15%, 硫酸加里は K₂O: 48%, 塩化加里は K₂O: 55%としたのである。各区は4回繰返しとした。

昭和34年3月14日施肥し、2週間後の3月28日に均一な1年生スギ苗を選んでm²当り36本ずつ移植した。除草、赤枯病予防などの処置は通常の通りである。

実験結果

昭和34年12月11日、地上部の生育状態につき、また昭和35年2月4日、掘取りの上生重量関係について調査した結果は第2表の通りである。

1) 柴田信男 (1960), 林地施肥に関する研究 (第V報), 肥料の形態と肥効との関係について(1), 第70回日林・大会講, p. 183~186

2) 柴田信男, 上中幸治, 小倉政市 (1961), 石灰窒素の林地、苗畑への適用に関する研究, 京大演習林報告 第三十三号 p. 413~414.

第1表 スギに対する施肥設計 (1) (g/m²)

	肥料名	AA	AB	BA	BB	CA	CB	CC	G
窒素源	硫酸安素 石灰窒素	119.0	119.0	54.4	54.4	125.0	125.0	125.0	無
磷酸源	過磷酸石灰 溶性磷肥 蛇紋岩過磷酸	117.6	117.6	105.0	133.5	105.3	105.3	133.5	肥
加里源	硫酸加里 塩化加里	37.6	32.8	37.6	32.8	37.6	32.8	37.6	料

第2表 肥料の形態とスギ苗の生育状態 (平均の大きさ)

プロット 記号	調査数		根元直径 (mm)	苗高 (cm)	枝数 (本)	枝巾 (cm)	平均生重量* (g)			T/R 比
	プロット 数	本数					地上部	地下部	計	
AA	4	84	3.7	17.6 ± 8.7	10.5	21.6	22.8	4.9	27.7	4.3
AB	4	84	3.8	20.2 ± 9.1	11.6	23.3	29.4	5.5	34.9	5.0
BA	4	84	5.4	31.4 ± 14.0	15.4	30.6	29.6	5.7	35.3	4.9
BB	4	79	5.0	30.3 ± 8.2	13.4	29.7	43.9	7.6	51.5	5.8
CA	4	84	5.0	31.2 ± 14.9	15.2	28.4	41.9	7.8	49.7	6.0
CB	4	84	4.6	28.0 ± 15.2	15.4	25.7	39.2	8.1	47.3	4.8
CC	4	84	4.0	21.7 ± 10.2	13.0	25.0	29.3	5.9	35.2	5.0
G	3	63	3.3	16.8 ± 7.5	12.3	20.4	24.5	4.5	29.0	5.2

* これは各区より5本づつ4区で計20本につき切断して地上部、地下部の生重量を測定したものである。

推察 (結論としては暫らく保留) 以上の結果から次のことが推察出来る。

(i) 従来の硫酸、過石、硫酸または塩加の組合せよりは、窒素源として尿素または石灰窒素を用い、磷酸源を別の組合せによった方が肥効が顕著である。このことは筆者が1959年第8苗畑コンクリート枠内で実験しききに指摘した所と一致する。

(ii) 硫酸・過石の組合せにおいては、加里源は塩化加里の方が大きさ生重量ともに優る。AA<AB

(iii) N-源が尿素の時にはP-源は溶性磷肥より蛇紋過磷酸の方が生重量で肥効が大きい。BB>BA

(iv) N-源が石灰窒素の時にはP-源は蛇紋岩過磷酸より熔磷の方がよい。CA>CB>CC

これを要するに白浜試験地の土壌で、スギの肥培を行う場合には硫酸、過石、硫酸(または塩加)の形態で与えるよりは窒素源は尿素または石灰窒素を用い、これに配するに磷酸源を蛇紋岩過磷酸石灰または溶性磷肥とした方が遙かに肥効が顕著であることを知る。

A-2 窒素源、磷酸源、加里源の検討試験 (2) 昭和34年度 ラインメーターにて実施

記載を省略するが要するに、従来の硫酸・過石の配合よりも尿素、石灰窒素を窒素源とする方が肥効が顕著で、磷酸源としては蛇紋岩過磷酸が有効であることを実証したものである。肥効は特に生重量に現われ、また苗体分析の結果からも肥効が予測されることを明かにした。

蛇紋岩過磷酸や熔磷磷礦粉が農作物や林木にも肥効が高いことは既に報告されている所であって、含有するMgOによるものとも考えられる。

1) 柴田信男(1960) 前掲 第70回日林講 p. 183~186.

2) 農林省振興局研究部監修(1962) 新撰土壌肥料全編 p. 676, 712~714 養賢堂

3) 植 茂二(1955) 林業技術 No. 161, p. 14~19

A-3 硫加磷安, 磷安尿素, 硫安・過石配合肥料の比較

昭和36年度 第10苗畑にて実施

実験方法

これは市販の肥料の中から適当な銘柄を見つけるために行った実験であるが、この場合速効性、緩効性、持続性を勘案する点から硫加磷安系と磷安尿素系の肥料を選び、両者を比較すると同時に、硫安、過石、硫加の配合肥料との比較を試みたのである。用いた肥料は神島化学工業の硫加磷安系と磷安尿素系で前者は三要素配合比が13:12:10であって、その全窒素のうち10%が硫安態で、3%が磷安態で含まれる。また後者は三要素比が15:13:12で、その全窒素のうち7%が尿素態で、6%が硫安態、2%が磷安態であると想定されている。施肥設計は第3表のようである。

第3表 スギに対する施肥設計 (3)

プロット	肥 料 名	施肥量 (g/m ²)	3 要素含有率 (%)			3 要素量 (g/m ²)		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
A	硫 加 磷 安 系*	231	13	12	10	30.0	27.7	23.1
B	磷 安 尿 素 系	200	15	13	12	30.0	26.0	24.1
H	硫安・過石・塩加 配 合 肥 料	351**	21	17	50	30.0	26.0	24.0
G	無 肥 料	—	—	—	—	—	—	—

* この肥料は㊦111号として登録されたとのことである。 ** 硫安 150 g, 過石 153 g, 加里 48 g

この場合なるべく市販の肥料そのままの肥効を比較したいので、A, B区の3要素量に多少のちがいがあってもこれを他の肥料を加えて要素量を補正するようなことをわざとさけたのである。各試験区は5回繰返とした。昭和36年4月4日施肥, 4月18日移植 (m² 当り 36 本), 用いた苗木は苗高 12 ~ 3cm の揃った1年生苗である。

実験結果

昭和36年12月20日, 1成長期を経て, 各区中央より各16本ずつ5回繰返し, 計80本について調査した結果は第4表のようである。

第4表 スギに対する要素の形態別試験結果 (3)

プロット	肥 料 別	根元直径 (mm)	苗 高 (cm)	枝 数 (本)	枝 巾 (cm)	平 均 生 重 量* (g)		
						地上, 地 下の計	地下部	T/R 比
A	硫 加 磷 安	6.1±1.32	30.3±7.41	12±2.9	27.5±4.99	32.8	7.4	3.6±1.07
B	磷 安 尿 素	5.5±1.88	29.3±9.18	11±3.1	27.1±6.09	30.6	6.6	3.9±1.04
H	硫安・過石・配合	5.1±1.34	25.3±8.21	10±3.5	26.3±5.69	28.3	6.3	3.5±0.52
G	無 肥 料	4.2±1.30	21.3±6.80	9±2.9	22.1±5.69	21.4	4.1	4.2±1.07

* 各区より5本ずつ計25本につき切断試験を行った平均値

いまこれらの結果のうち直径及樹高についてA区を基準として他区との平均値の差の有意性を検定した結果は5%以下の危険率で有意であることが判った。

すなわち硫安・過石よりなる配合肥料よりも硫加燐安または燐安尿素が優れており、また燐安尿素よりも硫加燐安系肥料の方がより肥効が早いのではないかとと思われる。(脚註参照)

A-4 硫加燐安, 燐安尿素, M_1 肥料の比較

昭和36年度, 第11苗畑に埋設の土管にて実施

実験方法

本実験は直径 30 cm, 深さ 60 cm の土管を用いて行われたものである。試験の趣旨は大体 A-3 と同様で試験設計は第5表のようである。

第5表 スギに対する要素の形態別試験 (4)

プロット	肥 料 名	3 要素率 (%)			施肥量 (g)	3 要素量 (1 ポット当り)		
		N	P_2O_5	K_2O		N	P_2O_5	K_2O
A	硫 加 燐 安	13	12	10	34.5	4.5	4.1	3.5
B	燐 安 尿 素	15	13	12	30.0	4.5	3.9	3.6
E	M_1	9	13	8	50.0	4.5	6.5	4.0
G	無 肥 料	0	0	0	0	0	0	0

各区4回繰返しとする

E は P_2O_5 において他よりやや多量に含まれているが他の要素はほぼ近似している。

本実験は準備の都合で遅れて実施した。すなわち昭和36年5月29日施肥, 6月6日苗長約13cmの摘った苗を移植。移植は1ポット当り6本とし, 途中で8月に各ポットにつき3本ずつ切りとり調査をなし, 各ポット3本ずつを残してこれは一生長期後に堀取り調査を行うことにした。

実験結果

約2ヶ月を経た8月, 各ポットより3本ずつを剪除し各区ともそれぞれ計12本について調査したが, すでに大体次表と同様な傾向を示していた。

第6次表は12月の調査結果である(各ポットより3本ずつ各区とも計12本の平均)

第6表 スギに対する要素の形態別試験結果 (4)

プロット	根 元 直 径 (mm)	苗 (cm) 長	枝 (本) 数	枝 (cm) 巾	生 重 量 (g) 8月(地上部のみ)
A	5.0+0.73	28.5±5.41	11±1.8	25.6±5.02	8.3±2.75
B	4.3+0.89	29.3±2.97	12±3.5	23.1±3.65	4.4±1.32
E	4.1+1.55	25.1±7.15	10±2.7	23.3±6.47	4.5±2.33
G	3.1+0.44	20.2±3.49	8±0.7	19.1±5.48	3.1±1.60

この実験は調査試料が少ないのではっきりいえないが硫加燐安と燐安尿素では著しい差はないようである。しかし直径・枝巾及び生重量の数値や脚註の実験例から推測すると, 施肥第1年の結果では前者が多少肥効が大きいように考えられる。

註: 別の実験で住友化学の硫加燐安系肥料15:8:8(後に森林肥料一号と銘柄がつけられた)も肥効が顕著なことが判った。これらのことより燐安態だけでなく硫安態のNを多少含むことが肝要であるとも考えられる。

B. ヒノキに対する肥料要素の形態別試験

ヒノキに対してはスギと同様の要素形態別試験を昭和34年度に2件、35年度1件、36年度1件の実験を行った。34年度における実験中に、窒素源として石灰窒素を用い、¹⁾ 磷酸源を熔性燐肥と蛇紋岩過磷酸とした場合の実験結果については既に報告したところであって、¹⁾ 熔性燐肥が僅かに優れるかに見えるがほとんど差がないことが知られた。同じく34年度において窒素源を尿素とし、²⁾ 磷酸源に熔性燐肥と蛇紋岩過磷酸石灰とを用いて実験したのでそれについて報告する。

B-1 N-源を尿素とし、P-源を蛇紋岩過磷酸、熔性燐肥とした実験（試作肥料 M_2 と M_3 の比較）
（窒素源を尿素とし、^{3,4)} 磷酸源を変へた場合）

実験に用いた肥料は、柴田がマツ用肥料として試作を神島化学工業に依頼したものである。これらの肥料はクロマツ、テードマツに試みたところ肥効が顕著であった。以下ヒノキに試みた結果を報告する。

試験方法

試作肥料 M_2 、 M_3 は窒素源にはともに尿素を用いたものであるが、²⁾ 磷酸源として M_2 は蛇紋岩過磷酸石灰を用い、 M_3 は熔性燐肥を用い、かつ苦土欠乏苗畑の多いことを考えて MgO を適量に含ませるように配合したものである。施肥設計は第7表のようである。各区は6回繰返しである。

第7表 ヒノキに対する要素の形態別試験の施肥設計

プロット	肥料名 (試作品)	組 成	要素含有率 (%)					施与量 (g/m ²)	要素施与量 (g/m ²)				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
D	M_2	尿素, 蛇紋岩過磷酸, 塩加, 炭カル	8	10	8	0.4	2.3	313	25.0	31.3	25.0	1.3	7.2
E	M_3	尿素, 熔性燐肥, 硫加	9	11	8	—	2.2	278	25.0	30.6	22.2	—	6.1

昭和34年3月14日施肥, 3月28日移植, 移植苗は苗長約8cmの1年生苗である。

試験結果

昭和34年12月中旬, 各区より16本ずつ計96本につき調査したところ, 両者の間にほとんど差が見られない結果となった。(結果の記載を省略する。) このようにヒノキに対してはN-源として石灰窒素を用いても尿素を用いても, P-源の影響は殆ど認められない。かつ全般的において白浜試験地の苗畑ではヒノキ苗の肥培効果は劣っている感がある。何か根本的な問題が伏在しておるように思われる。

B-2 硫加燐安系と燐安尿素系肥料の比較

昭和36年度実施, 第7苗畑(D区)

本実験は前記スギに対する実験A-3に準ずる趣旨のものである。市販の硫加燐安系と燐安尿素系肥料と配合肥料との比較である。

実験方法

市販肥料をそのまま用いて, なるべく三要素の量を近似的にした。施肥設計は第8表のようである。用いた硫加燐安系, 燐安尿素系肥料の要素の形態はA-3に記載したと同様のものである。試験区は5回繰返しとした。昭和36年3月16日施肥, 3月29日移植(各 m_2 当り36本ずつ移植)

移植したヒノキ苗は苗長10~12cmの均一なものであった。

- 1) 柴田信男, 上中幸治, 小倉政市(1961)前掲 京大演報三十三号 p. 402~404.
- 2) 柴田信男, 坂口道夫(1959)砂防造林達成への基礎的研究(1)砂防植栽木の緑化促進用肥料に対する考察 建設省瀬田川流域砂防調査報告書 其五
- 3) 柴田信男(1962)瘠悪林他における林他肥培の効果 山林 941 p. 10~18.
- 4) 伊佐義郎, 村上温夫, 薬師寺清雄(1960)外国産マツ類の育成に関する研究(第一報)テードマツの肥培に関する基礎的考察 京大演習林報告 二十九号 p. 173~175.

第8表 ヒノキに対する肥料要素の形態別試験 (2)

プロット	肥 料 名	施肥量 (g/m ²)	3要素含有率 (%)			3要素量 (g/m ²)		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
A	硫 加 磷 安*	192.0	13	12	10	25.0	23.1	19.2
B	磷 安 尿 素	166.5	15	13	12	25.0	21.7	20.0
H	配 合 肥 料**	293.0	20	17	50	25.0	21.7	20.0

* これは㊦111号と登録された。

** 硫安 125g 過石 128g 塩加 40g

実験結果

昭和36年12月27日1生長期を経た後で生育状態を調査した所次のようになった。(各区より5本ずつ計25本について調査)

第9表 ヒノキに対する肥料の形態別試験の結果 (2)

プロット	肥 料 名	直 径 (mm ²)	苗 長 (cm)	枝 巾 (cm)	平均の生重量 (1本当りの)(g)		T/R 比
					地上, 地下部の計	地 下 部	
A	硫 加 磷 安	3.0±0.83	20.0±4.40	15.0±4.13	7.5	2.0	2.8
B	磷 安 尿 素	2.7±0.65	17.4±3.05	13.3±3.39	6.5	1.8	2.5
H	硫 安, 過 石 配 合 肥 料	2.5±0.65	18.5±4.58	14.2±4.01	6.8	1.8	3.0

苗長及び地上部・地下部合計の生重量についてA:Bの平均値の差の検定を行った所5%の危険率で有意であった。

すなわち硫加磷安系肥料が磷安尿素よりやや優るといえる。

C クロマツに対する肥料要素の形態別試験

クロマツに対しては昭和34年度に、窒素源として石灰窒素を用い、磷源として蛇紋岩過磷酸または溶性磷肥を用いた場合と、初め窒素源の一部のみ石灰窒素を用い、あとで不足分を尿素で追肥する試験を試み、その結果について報告した。

この結果によるとクロマツには窒素の全量を石灰窒素で基肥に用いるよりは石灰窒素をひかえて尿素で追肥する方がよいこと、また N-源を石灰窒素とする時には P-源は蛇紋岩過磷酸より溶性磷肥の方がよいことが判った。

C-1 硫加磷安系と磷安尿素系の肥料の比較

昭和36年度 第7苗畑にて実施

硫加磷安系肥料と磷安尿素系肥料の比較である。施肥設計は前記ヒノキに対して行った実験 B-2と同様で、第7表に示した通りである。各区5回繰返し、

昭和36年4月3日施肥、4月19日移植、実験に用いたクロマツ苗は当初苗高約6cmのものであった。同年12月14日各区より16本計80本について調査した結果は第10表のようであった。

この実験結果を見ると肥料の形態別の差はなく、また無肥料区がむしろ大きくなっている。これは、

第10表 クロマツに対する要素の形態別試験結果

プロット	肥料名	直径 (mm)	苗高 (cm)	枝 巾 (cm)	1本当りの平均重量(g)		T/R 比
					地上部 地下部	地下部	
A	硫加磷安	5.3±1.35	14.6±3.35	13.4±4.98	20.0	6.7	2.0±0.47
B	磷安尿素	5.5±1.18	14.4±3.03	13.9±2.59	22.7	8.4	1.8±0.44
G	無肥料	5.6±0.97	15.2±2.71	14.8±1.92	26.7	9.2	2.0±0.41

施肥量や施肥の時期、調査の時期、などに当を得なかったものがあるのかも判らない。筆者はかつて林地アカマツに対して施肥試験を行って肥効が殆どなかったことを経験しているが、またクロマツやテダマツなどに対しては極めて顕著な肥効をあげたいいくつかの例を経験している。

アカマツ、クロマツは前年度に貯えられた養分によって早春に一気に伸長をとげるものであるから、当年春、施した肥料はその年内に肥効として大いさに著しく現われないことにあると思われる。クロマツに関しては④固形1号（3要素肥合比6:4:3）、神島化学試作肥料 M_1 などが肥効が顕著であったことから、今後なお肥料の形態や施肥期と組合せて肥効の持続経過を観察する必要がある。

D スラッシュマツに対する肥料要素の形態別試験

D-1 硫加磷安系、磷安尿素、神島林地用肥料2号の比較

テダマツ稚樹の分析結果を見ると、アカマツに比して葉、幹枝、根系ともに灰分及窒素の含有率が低い。また苗体各部の三要素含有比において、Nを100として示す時 P_2O_5 、 K_2O の割合はアカマツよりテダの方が高い。これから見るとテダは無機養分及びNに対する要求度は低いが、同量の窒素に対して P_2O_5 または K_2O を多量に吸収するものの如く察せられる。さて実験に用いたのはスラッシュマツである。スラッシュはテダマツ同様に、内地アカマツ、クロマツとちがって1年に数回伸長を繰返すので、肥効も施肥の第1年にあらわれてくるものと考えられる。スラッシュマツに対する施肥試験の報告を知らないし、また硫加磷安系と磷安尿素系の肥料の比較結果についての報告がないように思われたのでここに実験を試みた次第である。

実験方法

昭和36年度、ライシメーターを用いて実験、ライシメーターは71cm角、表面積0.5m²、深さ60cmである。試験設計は第11表のようである。

第11表 スラッシュマツに対する施肥設計

プロット	肥料名	施肥量* (g/m ²)	3要素含有率 (%)			3要素量 (g/m ²)*		
			N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
A	硫加磷安	184.5	13	12	10	24.—	22.—	18.5
B	磷安尿素	160.0	15	13	12	24.—	20.8	19.2
C	神林2号	200.0	12	8	6	24.—	16.—	12.—
G	無肥料	0	—	—	—	—	—	—

* m² 当りに換算、実際は0.5m²につき上表の $\frac{1}{2}$ 量である。昭和36年4月1日施肥、4月14日移植、苗木は苗高約25cmのものを0.5m²当り16本ずつでA、B区は、3回繰返し、C、G区は2回繰返しとした。

1) 柴田信男(1957)アカマツに対する林地施肥試験の1例、日林、関西支部大会講7号 p. 32~33.

2) 柴田信男、上中幸治、小倉政市(1961)前掲日林、関西支部大会講演集11号 p. 561.

3) 伊佐義郎、村上温夫、薬師寺清雄(1960)前掲 京大演報 二十九号 p. 173~175.

実験結果

調査の結果は第12表のようである。

第12表 スラッシュマツに対する試験結果

プロット	肥 料 名	調査本数	直 径 (mm)	苗 高 (cm)	枝 数 (本)	枝 巾 (cm)
A	硫 加 磷 安	26	10.0±2.57	63.4±16.03	8.6±2.74	34.2±10.46
B	磷 安 尿 素	27	10.3±2.19	64.3±16.45	9.0±2.73	31.7±10.74
C	神 島 林 2 号	17	11.4±2.74	67.2±14.47	9.1±2.33	36.2±10.49
G	無 肥 料	17	6.7±0.95	46.5± 8.56	4.2±1.47	17.6± 5.23

試験の結果によれば

(i) 無肥料区に対して施肥区は肥効が顕著で、直径、苗高で40～55%増、枝数、枝巾では約2倍となっている。

(ii) 硫加磷安と磷安尿素では殆ど差はない。

(iii) 複合肥料の神島林地用2号12:8:6がややすぐれているようである。

E *Acacia mollissima* に対する肥料要素の形態別試験

Acacia mollissima は、成長極めて旺盛で、伐期8～10年と目せられ、早生樹種として注目され、福岡、熊本両県をはじめ各地に造林がすすめられるに至った。瘠悪林地では施肥しなければ生育極めて不良な場合が多いが、肥培よろしきを得れば、播種してから1ケ年で樹高4m余りにも伸長させることが出来る。いうまでもなく、本樹は窒素単用では生育極めて不良であって、¹⁾ 磷酸及加里を併用しなければならない。この場合肥料中の窒素、磷酸の形態が問題となるので2-3の実験を行った次第である。

E-1 試作肥料 M₁ と硫安・過石・硫加配合肥料との比較

M₁ はマツ用肥料として筆者が神島化学工業に依頼して試作したもので、尿素、蛇紋岩過磷酸石灰、磷酸、硫酸加里よりなり、三要素配合比は9:13:8で、この外にMgO 2%を含む。これはクロマツ、^{2,3,4)} テーダマツに適用して肥効が顕著であったことは上述の通りである。その組成上からしてアカシアにも肥効が大きいことを期待したからである。

試験方法

第8苗畑コンクリート枠内にて実験

施肥設計は第13表のようである。

別に無肥料区(N区)を設けて、各区3回繰返しとして、昭和35年3月13日施肥、3月16日これに熱湯処理をしたアカシアを播種、発芽後間引してm²当りなるべく6本づつを生立させた。

実験結果

昭和35年10月18日各区より6本づつにつき生長状態を調査した結果は第14表のようである。

- 1) 柴田信男(1956)各種肥料の単用試験の一端 日林・関西支部大会講6号 p. 28～292.
- 2) 柴田信男, 上中幸治, 大橋照夫(1961)林木肥培試験, 第Ⅶ報 前掲 日林・関西支部大会講演集 No. 11 p. 56
- 3) 伊佐義朗, 村上温夫(1960)外国産マツ類の育成に関する研究 第1報 テーダマツの肥培に関する基礎的考察 第70回 日林大会講 p. 186～188
- 4) 柴田信男(1962)前掲 山林 941 p. 10～18

第13表 試作肥料 M₁ と配合肥料との比較試験施肥設計

プロット	肥 料 名	3 要素含有率 (%)			施肥量 (g/m ²)	3 要素施与量 (g/m ²)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
M	神 島 M ₁	9	13	8	333.0	30.0	43.3	26.6
S*	硫安・過石配合	21	17	50	449.7	30.0	43.3	26.6

* 硫安 142.5g, 過石 254.0g, 硫加 53.2g, ほかに無肥料区 (N区) を設けた。

第14表 モリシマ, アカシアに対する M₁ と配合肥料との肥効比較

プロット	調 査 数		根 元 直 径 (mm)	樹 高 (cm)	枝 巾 (cm)	1 本当りの平均生重量 (g)			
	プロット 数	本 数				枝と葉	幹	枝葉+幹	根*
M	3	18	25.8 ± 5.40	301 ± 45	116 ± 27	660	604	1264	398
S	3	17	24.7 ± 3.47	282 ± 38	133 ± 45	599	452	1051	346
N	4	21	15.1 ± 12.15	118 ± 46	64 ± 21	98	49	147	68

アカシアに対しては施肥の効果は極めて顕著で無肥料区に対して施肥区は直径で60%以上, 樹高は140~155%の増加を示し, 重量では実に7倍に余る生産をあげている。さて試作肥料 M₁ と硫安, 過石の配合肥料との比較では明らかに M₁ が優れていることが知られた。(樹高及び幹と根の生産量についてM:Sの平均値の差の検定を行ったところ5%の危険率で有意であった。)

E-2 固形肥料と硫安・過石配合あるいは尿素・蛇紋岩過磷酸配合肥料との比較

固形肥料は硫安系の肥料であるが, 泥炭とともに処理せられ, Mg, Mn など微量元素を含み, 肥効が顕著で持続性があるとして林地用に広く使用されている。これと硫安, 過石, 硫加の配合肥料, 尿素, 蛇紋岩過磷酸, 硫加の配合肥料との比較を試みた。

試験方法

昭和35年度, 第8苗畑コンクリート枠内にて実験, 施肥設計は第15表のようである。

第15表 アカシアモリシマに対する施肥設計 (2)

プロット	肥 料 名	施肥量 (g/m ²)	3 要素率 (%)			3 要素施与量 (g/m ²)		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
K	㊤ 固 形 肥 料 3 号	1000.0	3	6	4	30	60	40
SB*	硫安, 過石, 硫加配合	575.5	21	17	50	30	60	40
UA**	尿素, 蛇紋岩過磷酸石灰 硫酸加里配合	545.2	46	15	50	30	60	40
N	無 肥 料 区	0.0	—	—	—	—	—	—

* 硫安 142.5g, 過石 353g, 硫加 80g ** 尿素 65.2g, 蛇紋岩過磷酸石灰 400g, 硫加 80g

試験区はK区4回, SB区は2回, UA区は5回, N区は4回繰返しとした。

昭和35年3月13日施肥, 3月16日播種 発芽後次第に間引きして m² 当り6本づつとなるようにした。

試験結果

昭和36年3月調査した結果をとり纏めると第16表のようになる。

第16表 アカシア、モリシマに対する肥料の形態別試験結果 (2)

プロット	調査 本数	直 径 (mm)	樹 高 (cm)	枝 巾 (cm)	1本当りの平均生重量 (g)				T/R 比
					枝と葉	幹	根	合計	
K	24	23.5 ± 6.11	286 ± 69	121 ± 34	580	510	359	1449	3.04
SB	9	25.8 ± 9.50	208 ± 82	112 ± 42	699	422	503	1624	2.21
UA	28	23.4 ± 8.45	252 ± 101	119 ± 44	611	777	378	1766	3.67
N	21	15.1 ± 12.15	118 ± 46	64 ± 21	98	49	68	215	2.16

この実験結果から次のことが要約される。

(i) ④固形肥料は樹高、枝巾の成長において最も優れ、硫安、過石の配合肥料よりも大きい。樹高について見ると5%の危険率で有意である。

(ii) 尿素、蛇紋岩過磷酸石灰の配合肥料は硫安・過石の配合肥料よりも樹高、枝巾などで優れ、特に幹材の重量においてひとときわ優れている。

これを要するに重量生産の点を加味して考えるとアカシア、モリシマに対しては④固形3号または尿素、蛇紋岩過磷酸石灰よりなる肥料を推奨すべきことになる。

E-3 窒素源及び三要素配合比に関する実験

アカシア、モリシマ用肥料には窒素源を如何にすべきかを明らかにするため2-3の実験を行った。

実験方法

昭和35年度 第9苗畑にて実施

窒素源としては硫安 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、硝安 NH_4NO_3 、塩安 NH_4Cl 、尿素 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 、石灰窒素 CaCN_2 を用い、磷酸源は過石、加里源は塩加を用いた。尿素、石灰窒素、過石は肥料用のものを、その他は化学実験用の化合物を用いた。なお基準量区として、 m^2 当りNは10g、 P_2O_5 と K_2O は20g ずつとし、これに対しNだけ2倍量と3倍量区すなわち3要素量を20g : 20g : 20g 区と、30g : 20g : 20g 区とを設けて見た。

施肥設計は第17表のようである。各昭和35年6月1日施肥、6月10日播種

各区の生立本数は m^2 当り約35本で多少の不同があったがそのまま育てた。

試験結果

昭和36年3月20日、約満1年をすぎて各区中央より11本ずつ計21~33本を任意に抽出して調査した結果を平均すると第18表のようで、この結果から次のことが知られる。

(i) 基準量区で見ると、窒素源として硫安よりも尿素または石灰窒素の方が優れている。

(ii) 硫安、硝安、塩安の間では、硫安が¹⁾一番劣り塩安が¹⁾優るように思われる。また硝安がよいのではないかと¹⁾思われる理由も考えられる。

(iii) N-2倍量について見ると硫安区に比して硝安区または石灰窒素区が著しく優れている。(ES < ET の関係は直径、樹高、枝巾とも1%危険率で有意である。)

(iv) N-3倍区についても硫安区よりも石灰窒素区が優れている。(5%で有意)

これを要するにアカシア、モリシマの施肥に際しては窒素源は硫安よりも尿素または石灰窒素²⁾が適当であると確認出来る。その理由に関しては土壌の反応が調整されるためと²⁾考えている。

1) 中山治朗 (1950) 樹木水耕における通気量の影響 京大演習林報告 十八号 p. 97~110.

塘 隆男 (1962) 我国主要造林種の栄養および施肥に関する基礎的研究 林業試験場研究報告 No. 137. p. 9.

2) 柴田・上中・小倉 (1961) 前掲, 京大演習林報告三十三号 p. 408

第17表 アカシア、モリシマに対する N-源と N-量試験の設計

施肥量 区 別	プロット	窒素源化合物名	施 与 量 (g/m ²)			3 要素施与量 (g/m ²)		
			N-源 各化合物	P-源 過 石	K-源 塩 加	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
基 準 量 区	D S	硫 安 Am-sulphate	47.7	118	40	10	20	20
	D N	硝 安 Am-nitrate	57.2	118	40	10	20	20
	D C	塩 安 Am-chlorid	37.9	118	40	10	20	20
	D U	尿 素 Urea	21.8	118	40	10	20	20
	D T	石 灰 窒 素 Ca-cyanamide	59.0	118	40	10	20	20
無肥料区	G	無 肥 料 None				0	0	0
N 2 倍 区	E S	硫 安 Am-sulphate	95.4	118	40	20	20	20
	E N	硝 安 Am-nitrate	114.4	118	40	20	20	20
	E T	石 灰 窒 素 Ca-cyanamide	118.0	118	40	20	20	20
N 3 倍 区	F S	硫 安 Am-sulphate	143.1	118	40	30	20	20
	F T	石 灰 窒 素 Ca-cyanamide	177.0	118	40	30	20	20

第18表 N-源とアカシア、モリシマの成長

施肥量 区 分	プロット	N-源区別	調査区数	調査本数	根元直径 (mm)	樹 高 (cm)	枝 巾 (cm)	1m ² 当り 生重量* (g)	1 本当り の平均生 重量(g)
基 準 量 区	D S	硫 安 区	2	21	9.2	112	36	2100	69
	D N	硝 安 区	3	36	7.9	98	28	4025	104
	D C	塩 安 区	2	25	9.8	116	36	2850	104
	D U	尿 素 区	3	31	10.1	122	35	2900	149
	D T	石 窒 区	3	33	10.0	120	34	3220	87
無肥区	G	無 肥 区	2	22	6.0	51	23	1050	210
N 2 倍 区	E S	硫 安 区	3	33	8.5	100	28	3675	78
	E N	硝 安 区	2	22	12.3	160	43	5250	149
	E T	石 窒 区	2	23	12.5	148	46	5050	139
N倍 3区	F S	硫 安 区	2	21	7.4	136	55	3550	165
	F T	石 窒 区	3	33	12.5	160	46	4550	149

* 生立本数がちがう。

Ⅲ 摘 要

たとえ N, P₂O₅ あるいは K₂O を計算上同量に施しても、それらを構成する化学組成がちがえば肥効の遅速や、程度に差が起るであろうことは当然想像される。またそれは樹種毎に趣きを異にするであろう。これらの関係を究明することは林木施肥の合理化をはかる鍵ともなるものと思われるが、

林木施肥についての歴史の浅い日本ではスギ、ヒノキなどの主要樹種に関しても、この種の比較研究が少ない現状である。そこで、これらの問題に関し、数年来実験を続けて来た。まだいずれも結論には達しないが一応これまでの経過を報告したい。

なおここに報告する実験結果はいづれも苗畑に移植または播種した第1年の成果についてである。林木への肥効試験は数年間にわたって、どの位肥効が持続するかについて観測されてはじめてその肥料の特性が判明するのであるから、この報告だけで森林用肥料としての優劣をきめられるものではないが、少なくとも育苗上にはある指針を与えるものであろう。本研究はスギ、ヒノキ、クロマツ、スラッシュマツ及びアカシアモリシマ、について行われた。

A スギについての実験結果の要約

(i) スギでは硫安・過石の配合肥料よりも N-源として尿素または石灰窒素を、P-源として従来の過磷酸石灰のほかには蛇紋岩過磷酸または熔性磷肥を配したものが肥効が顕著である。

(ii) N-源として尿素を用いる時には過磷酸石灰、塩加を配するがよく、また過磷酸石灰でなく蛇紋岩過磷酸石灰を用いるとこれも肥効が大きい。熔磷より蛇紋岩過磷酸石灰が適當のようである。

(iii) N-源として石灰窒素を用いる時には P-源は熔性磷肥がよい。

(iv) もし硫安・過石を配合する場合には加里源は塩化加里がよい。

(v) 硫加磷安系肥料または磷安尿素系肥料は硫安・過石の配合肥料より肥効が大きい場合が多い。

(vi) 施肥第1年の結果では磷安尿素よりも硫加磷安の方が肥効が大きい(硫加磷安は磷安尿素より速効性であることを示すものであろう。)

B ヒノキに対しての実験結果の要約

(vii) ヒノキでは N-源としては石灰窒素または尿素を用いて、P-源を蛇紋岩過磷酸石灰または熔性磷肥で組合せて見たがその影響は顕著でない。

(viii) 硫加磷安と磷安尿素ではやや前者が優る。(ただしその差は顕著ではない。)

C クロマツに対する実験結果の要約

(ix) N-源が石灰窒素の時には P-源は蛇紋岩過磷酸石灰より熔性磷肥が優るようである。

(x) N-源が尿素で P-源が蛇紋岩過磷酸または熔磷である複合肥料もよく効く。

(xi) 硫加磷安と磷安尿素的差はほとんど認められない。

D スラッシュマツに対する実験結果の要約

(xii) 硫加磷安、磷安尿素系、硫安過石配合肥料の間に、大差はないが、わずかに複合肥料 12:8:6 が優るようである。ただし再検討を要する。テータに対しては尿素、蛇紋岩過磷酸石灰よりなる M₁ 試作肥料が肥効が大きいことは別の試験で明らかにされている。

E アカシア、モリシマに対する実験結果の要約

(xiii) 硫安・過石の配合肥料よりも M₁ 試作肥料が優る。また尿素、蛇紋岩過磷酸石灰、硫加を施肥に際して配合したものも肥効が顕著である。

(xiv) P-源に過磷酸石灰、K-源に塩加を用いる時には N-源は硫安、硝安、塩安のいずれよりも石灰窒素または尿素の方がよい。

(xv) ④固形肥料3号の肥効も顕著である。

(xvi) m₂ 当りの施肥量において、N:P₂O₅:K₂O の配合量が 10:20:20g よりは、20:20:20g あるいは 30:20:20g の方が優れた生産を示した。

今後再検討の要もあるかと思うが一応これまでの実験結果から白浜附近の土壌・気象状態では以上のように推論される。

Studies on the Manuring to Forest Trees (XI)

On the Formation of the Fertilizers

Nobuo SHIBATA, Koji UENAKA and Masaichi OGURA

Résumé

Even if we put the same amount of the three nutritive elements on the young trees, some times there are remarkable difference in the tree growth according to the difference of the formation or composition of the fertilizer.

For that reason, we carried out some experiments to find the most suitable forms or compositions of fertilizer for SUGI (*Cryptomeria japonica* D. Don), HINOKI (*Chamecyparis obtusa* S. et. Z) and *Acacia mollissima* etc.

The kinds of fertilizers we used are as follows:

As Nitrogen source

Am-sulphate, Am-nitrate, Am-chloride, Urea, Ca-cyanamide.

As Phosphorous source

Ca-super-phosphate, Serpentine super-phosphate, Phosphate Rock-Mg-Silicate glass.

As Potassium source

K-sulphate, K-chloride

Compound fertilizers.

K-Am-phosphatic fertilizer (KONOSHIMA MARUMORI No. 111),

Urea-Am-phosphatic fertilizer (KONOSHIMA DIAMOND No. 2).

The combinations of the above fertilizers were changed according to the tree species or the experimented year.

The results were summarized as follows:

A. Conclusion of the experimental results in SUGI

(i) The mixed fertilizer of Urea or Ca-cyanamide, as a Nitrogen source, and Serpentine-super-phosphate or Phosphate Rock-Mg-Silicate glass, as a Phosphorous source, have more remarkable effects than the mixed fertilizer of Am-sulphate, Ca-super-phosphate and K-chloride.

(ii) When Urea is used as a Nitrogen source, mixture of Urea, Ca-super-phosphate and K-chloride shows a best effect. And when Serpentine super-phosphate is used in place of Ca-super-phosphate, we admit a remarkable effect.

(iii) When Ca-cyanamide is used as a Nitrogen source, Phosphate-Rock-Mg-Silicate glass obtains a good effect on the growth of SUGI seedlings.

(iv) In case of mixture of Am-sulphate and Ca-super-phosphate, K-chloride is more suitable than K-sulphate as the source of Potassium.

(v) K-Am-phosphatic fertilizer (KONOSHIMA MARUMORI NO. 111) has a better effect than the mixed fertilizer of Am-sulphate, Ca-superphosphate and K-chloride.

(vi) From the experimental results obtained in the first year, we consider that K-Am-phosphatic fertilizer is a little superior to Urea-Am-phosphatic fertilizer.

B. Conclusion of the of the experimental results in HINOKI Seedlings

(vii) We could not find any remarkable difference in the fertilizing effect among the various combinations of Ca-cyanamide, Urea as the source of Nitrogen, and Serpentine super-phosphate or Phosphate-Rock-Mg-Silicate glass as the source of Phosphorous.

(viii) In a comparison of the fertilizing effects of K-Am-phosphatic fertilizer and Urea-Am-phosphatic fertilizer, the former is superior to the latter, but the difference is not evident.

C. Conclusion of the experimental results in KUROMATSU Seedlings

(ix) When Ca-cyanamide is used as the source of Nitrogen, it seems that Phosphate-Rock-Mg-Silicate glass is more suitable than Serpentine super-phosphate.

(x) There is no remarkable difference between K-Am-phosphatic fertilizer and Urea-Am-phosphatic fertilizer.

D. Results in Pinus Karbia

(xi) There are no great differences in fertilizing effect between K-Am-phosphatic fertilizer (KONOSHIMA MARUMORI No. 111), Urea-Am-phosphatic fertilizer (KONOSHIMA DIAMOND No. 2) and the mixed fertilizer of Am-sulphate, Ca-super-phosphate and K-chloride. We consider that the latter has a slightly superior effect, but a more close examination will be necessary.

E. Conclusion of the experimental results in Acacia Mollissima

(xii) The trial production fertilizer M_1 is more suitable than the mixed fertilizer of Am-sulphate and Ca-super-phosphate. And the mixture of Urea, Serpentine super-phosphate and K-sulphate also has a remarkable good effect.

(xiii) If Ca-super-phosphate as the P-source, and K-chloride as the K-source are used, Ca-cyanamide or Urea is more suitable than one of the Am-sulphate, Am-nitrate or Am-chloride as the Nitrogen source.

(xiv) MARUYAMA solid fertilizer No. 3 has also remarkably good effect.

(xv) At the ratio of the amount of the three nutritive elements ($N:P_2O_5:K_2O$), 20:20:20 g/m² or 30:20:20 g/m², we obtained a better effect than those of 10:20:20 g/m².