

林試東北支場苗畑における 長期堆肥連用試験

岩崎正明¹⁾・及川伸夫²⁾・佐々朋幸³⁾

Masaaki IWASAKI¹⁾, Nobuo OIKAWA²⁾

and Tomoyuki SASSA³⁾ :

Experiments on long-term, Continuous Application of Straw
Compost in the Nursery of the Tohoku Branch, Forestry
and Forest Products Research Institute

要 旨：苗畑の“土づくり”に必要な不可欠なものとしてワラ堆肥など有機質肥料の使用が挙げられているが、同時にそれらのより効果的使用法開発に向けた研究・調査も大切である。

林業試験場・東北支場では苗畑が造成された1961年以来26年の間一貫して、堆肥連用もたらず土壌の理化学性の変化やスギ、アカマツ苗木を連作した場合の生育状態を調べてきた。この間、必要に応じて土壌線虫の生息数調査、土壌呼吸量測定等も行っている。

その結果、以下のことが明らかとなった。

土壌の理化学性の変化：堆肥施用量の増加に伴って、三相組成のうち固相が減少、気相が増加して膨軟な土壌に変化すると同時に、土壌 pH が高くなり、置換性塩基の量も増加し肥沃な土壌へと変化した。

スギ苗木の生育：当年生、2年生、3年生苗木とも堆肥施用によるプラス効果が認められた。すなわち、生長が良好なばかりでなく、堆肥施用量の多い試験区で育苗された苗木は、乾燥に対する抵抗性も強い傾向がみられた。一方、堆肥無施用区ではしばしば Mg 欠乏症の苗木がみられ Mg 欠乏症の発生率は堆肥施用量の増加に伴い低下した。

アカマツ苗木の生育：当年生、2年生、3年生苗木とも、堆肥施用によるプラス効果はスギのように鮮明でなく、堆肥施用量の多い試験区で育苗された苗木が無堆肥区の苗木より生育状態が悪い年もあった。

I はじめに

健全な苗木を安定的に生産するための必須条件の一つに、苗畑土壌の地力を低下させることなく維持・管理する問題がある。

ところで、ここ数十年を振り返ってみると、苗畑にとって必要不可欠と考えられる有機質肥料、とりわけ稲ワラ堆肥の使用が激減してきており、その第1の理由として、水稻の収穫が完全に機械化されたことによる稲ワラ確保の難しさが挙げられる。そして第2の理由としては、容易に入手・使用できる化学肥料に対する養苗者の過信が考えられる。こうした有機質肥料に対する使用の激減傾向は、過去しばらくの間続いたが、最近になってようやく、そうした傾向こそが地力低下の根源であるとして指摘されるようになってきた。

苗畑地力とは単に土壌の養分面からだけで片づけられる性格のものではなく、土壌の理学的な側面や生物的諸要因によっても、大きく左右されることが明らかにされており、この点で有機質肥料

が土壤の化学性のみならず、理化学性をも高める有力資材として再度脚光を浴びてきている。

林業試験場東北支場が現在の場所に移転してきたのは1960年のことであった。当時その用地は牧草用畑地およびその付属山林の様相を呈していたものである。同年、畑地の一部に林業用苗畑が造成されたが、翌1961年からは堆肥連用試験を通じて、苗木の生育状態^{1-3,5,7,13)}、苗畑土壤の理・化学的变化^{2,3,5-7,11,13)}等を追跡調査することになり、この連続調査も1986年まで実に26年間の長きにわたっている。ここでは、長期間に及ぶこの堆肥連用試験結果について総括的なとりまとめを行うこととした。

II 試験方法

試験に用いた苗畑は、本来、牧草用畑地であった場所に造成されており、苗木生産用の苗畑として使用されるのは初めてのことであった。表層土は岩手山の塩基性黒色火山灰土からなり、土性は微砂質壤土である¹³⁾。試験区は東西12m、南北21m、総面積252m²で、これを十文字に4等分し、A、B、C、D区とした。また、各区界として幅1m、長さ10mの床地をそれぞれ4本づつ設けた(Fig. 1)。

1961年から1968年までの8年をⅠ期、1969年から1978年までの10年をⅡ期、1979年以降をⅢ期とし、それぞれの期間における毎年の堆肥設計はTable. 1のとおりである。Ⅰ期とⅢ期については堆肥以外に一定量の化学肥料を全区に施用した。Ⅱ期はD区を堆肥だけの試験区とし、用いた堆肥に含まれている三要素(N・P・K)を分析した後、他のA、B、C区に対しては施用養分量がD区と同量になるように、それぞれの不足分を化学肥料で補った。つまり、全区の三要素量がほぼ等

Table 1. 施 肥 設 計
Fertilization plan.

(kg/10a)

期 間 Period	試 験 区 Experimental Plot	堆 肥 Compost	硫 安 Ammonium sulfate	過 磷 酸 石 灰 Super phosphate	硫 酸 加 里 Potassium sulfate
Ⅰ 期 1961~1968	A 区	0	38	70	15
	B 区	938	38	70	15
	C 区	1,875	38	70	15
	D 区	3,750	38	70	15
Ⅱ 期 1969~1978	A 区	0	53	60	16
	B 区	1,875	39	58	12
	C 区	3,750	27	55	8
	D 区	7,500	0	50	0
Ⅲ 期 1979~	A 区	0	62	73	15
	B 区	1,000	62	73	15
	C 区	2,000	62	73	15
	D 区	4,000	62	73	15

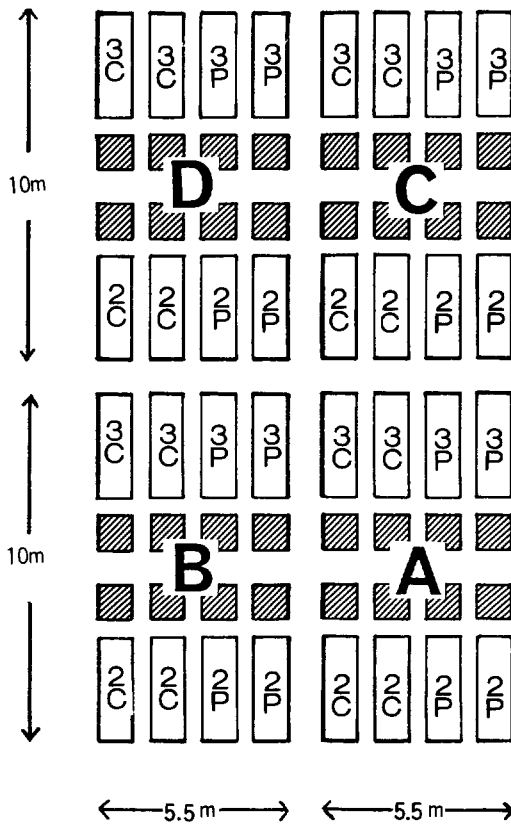


Fig. 1. 試験区配置図

Arrangement of experimental plots.

Note :

- 1) 各区とも 2c, 3c はそれぞれ 2 年生, 3 年生スギ植栽床を意味する
- 2) 各区とも 2p, 3p はそれぞれ 2 年生, 3 年生アカマツ植栽床を意味する
- 3) 斜線部は当年生苗床を意味し, それぞれ右側 4 カ所がアカマツ, 左側 4 所がスギとなっている

Remarks ; 1) 2c and 3c mean the beds of 2-year-old and 3-year-old Sugi seedlings, respectively. 2) 2p and 3p mean the beds of 2-year-old and 3-year-old Japanese red pine seedlings, respectively. 3) Parts with slash marks mean the beds of current-year-old seedlings and the right 4 are for Japanese red pine seedlings and the others are for Sugi in each experimental plots.

しくなるようにしたのである。ただし、リン酸については堆肥でまかないきれないため、D 区に対してもリン酸肥料で補うこととした。なお、この試験で使用された堆肥は、稲ワラを主材料として作られたものであるが、分解促進のため米糠・鶏糞等も若干添加されており、2 年がかりで完熟されたものである。堆肥施用の方法としては床地全面へ堆肥を散布した後、小型トラクターで耕耘・かくはんする方法がとられた。また、併用する化学肥料は基肥として、まきつけ・床替前に施用し追肥は行っていない。

苗木の育成方法としては、スギ、アカマツのまきつけ苗、床替苗を毎年同じ床地に連作することとし、植栽本数については両樹種とも 2 年生で 49 本/m²、3 年生で 25 本/m²、当年生苗木では秋期成立期待本数を 500 本/m²とした。生育休止期に苗木を掘り取り、苗高、根元径、生重量を測り、また土壌の理化学性を調べるため、5 年ごとに土壌のサンプリングを行い常法に従って土壌分析を行った。

Ⅲ 試験結果

1. 土壌の理化学性の変化

堆肥施用量の違いと連年施用が、土壌の物理的性質に及ぼす影響を調べるため、苗畑開始当初の土壌の三相組成を Fig. 2 に、またその後のそれぞれの区の耕耘層の三相組成を Fig. 3 に示した。

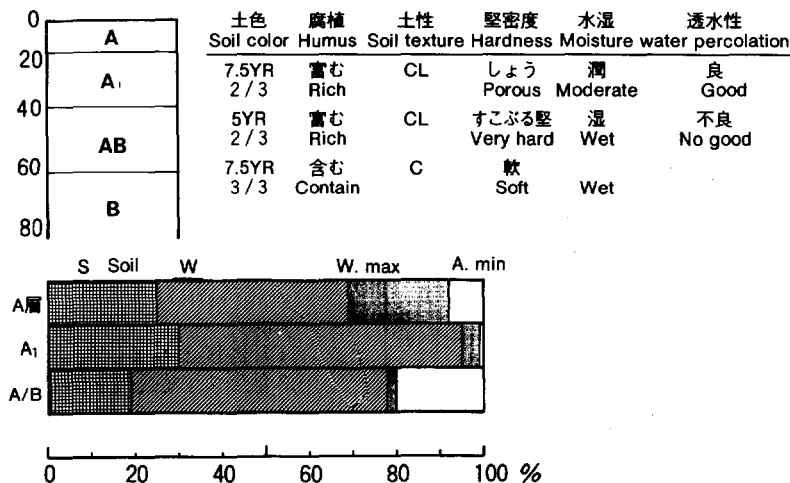


Fig. 2. 試験開始時点における苗畑土壌断面とその理化学性
Soil profile and soil physical property at the start of the experiment.

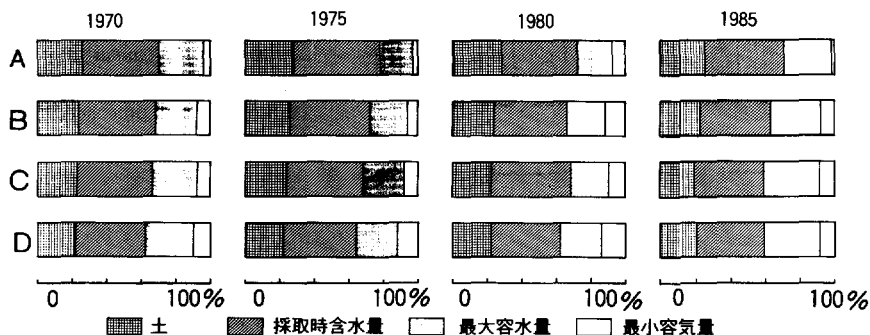


Fig. 3. 5年ごとの各処理区別土壌の理化学性の変化
Changes of soil physical property after every 5 years in each plot.

その結果、試験開始当初の土壌と比較した場合、堆肥を全く施用しなかったA区では時間の経過に伴う変化が特に認められなかった。しかし、堆肥を施用した場合その施用量の多いほど固体容積は減少し、逆に最小容気量が増加するという傾向が認められた。こうした傾向はいつの時点をもてほぼ同様であった。

2. 土壌の化学性の変化

堆肥施用量の違いと連年施用が、土壌の化学的性質に及ぼす影響を調べるため、それぞれの区の耕耘層について土壌養分分析を行い Table. 2 に示した (堆肥の養分含有量を Table. 3 に示す)。

その結果、どの時点における分析値をみても堆肥の施用量が多かった試験区ほど、土壌に含まれる養分の濃度は高く、また、pH も高く置換容量も大きい値を示すことが認められた。一方、置換酸度については堆肥を多量に施用した試験区で小さな値を示した。

なお、物理的性質では試験開始前の状態に比べほとんど変化のなかったA区の土壌は、炭素や窒

素濃度についても大きな変化はない。しかし、カリ濃度は試験の進行とともに高まり、逆にカルシウム濃度とマグネシウム濃度は低くなる傾向が認められた。置換酸度も試験の進行に伴って著しく大きくなっている。その他の傾向として、堆肥施用量の多少にかかわらず試験の経過に伴って、pH (H₂O) と pH (KCl) との差が小さくなること、また、置換容量の値が低くなったことがあげられる。

3. スギ当年生苗木の生長

当試験は、Ⅱ期を中心に苗高と根元径の測定を行った (Fig. 4)。苗高生長に対する堆肥の施用効果をみると、1977年の結果を除けばB区のものC区、D区のものとは比べ全体として劣っているように見える。一方、C区、D区とも年変動がかなり大きいことは否めない。同様なことは根元径の生長についても認められる。

いずれにせよ、堆肥の施用が苗木の生長にプラス効果をもたらすことは明らかであった。しかし、その連年施用の効果の判定はできなかった。

4. スギ2年生苗木の生長

当試験は、全期間を通じて苗高、根元径、地上、地下部生重量の測定を行った (Fig. 5～8)。

Fig. 5の苗高生長に対する堆肥施用の効果は、3期間のうちⅡ期～Ⅲ期初頭において大きかった。また、C区、D区ではB区に比べて全体に施用の効果がたと認められた。Ⅲ期の中～後半については測定回数も少なく、一定の傾向はみられなかった。Ⅰ期では堆肥施用区のもの無堆肥区より劣る年もあったが、全般的にはC区、D区では施用の効果が若干みられる。B区での効果の有無は明らかでない。

Fig. 6の根元径の生長に対する堆肥施用効果をもても、苗高生長の場合とほとんど同様な傾向がみられたが、生長指数は小さかった。

Fig. 7およびFig. 8で示される苗木地上部、地下部の生重量の生長に対する堆肥施用効果について

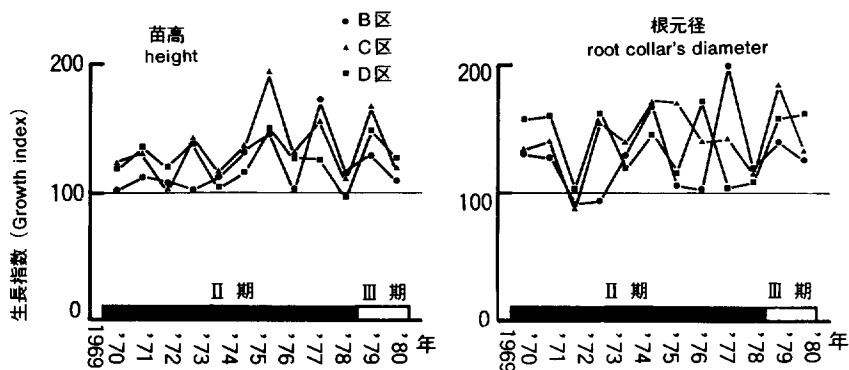


Fig. 4. 対照区を100とした場合の、各堆肥連用区におけるスギ当年生苗木の生長量の指数

Relations between the applied amount of compost and the growth of Sugi seedlings. —current year old
(The values of control plot are always 100).

Table 2. 各処理区別土壌の化学性
Soil chemical properties in each experimental plot.

年 Year	試験区 Experimental plot	pH		置換酸度 Ex. acidity	C(%)	N(%)	C/N ratio	置換性 Exchangeable(me/100g)			置換容量 Ex. capacity (me/100g)	腐植(%) Humus
		H ₂ O	KCl					K	Ca	Mg		
	原土 Original soil	5.7	4.6	1.2	5.8	0.48	12	0.04	6.78	0.57	41.1	10.0
1965	A区	5.6	4.5	1.6	6.2	0.53	12	0.18	3.39	0.13	45.9	10.7
	B区	5.7	4.6	0.9	6.1	0.52	12	0.24	4.23	0.27	47.1	10.5
	C区	5.8	4.8	0.7	7.1	0.55	13	0.42	7.18	0.63	46.4	12.2
	D区	6.1	4.8	0.6	7.2	0.66	11	0.59	8.43	1.05	43.2	12.4
1970	A区	5.1	4.6	2.7	5.3	0.56	9	0.29	2.58	0.08	43.7	9.1
	B区	5.4	4.9	1.3	5.6	0.62	9	0.44	4.77	0.15	45.5	9.7
	C区	5.8	5.2	1.0	5.9	0.66	9	0.61	9.01	0.41	45.6	10.2
	D区	6.2	5.9	0.8	5.9	0.60	10	1.17	14.93	0.93	49.8	10.2
1975	A区	5.0	4.4	4.5	5.9	0.50	12	0.21	0.79	0.04	18.7	10.2
	B区	5.6	4.9	0.9	5.9	0.53	11	0.44	3.14	0.25	23.8	10.2
	C区	6.1	5.4	0.6	6.3	0.59	11	0.63	6.39	0.52	27.1	10.9
	D区	6.8	6.0	0.5	6.3	0.61	11	0.98	9.38	0.88	38.9	11.4
1980	A区	5.2	4.8	—	6.4	0.58	11	0.27	1.49	0.05	22.4	11.0
	B区	5.7	5.4	—	6.6	0.63	10	0.42	4.56	0.26	26.8	11.4
	C区	6.1	5.5	—	7.2	0.65	11	0.68	11.00	0.77	29.5	12.4
	D区	6.3	5.7	—	7.1	0.66	11	0.89	13.12	1.28	33.1	12.2
1985	A区	5.0	4.7	3.6	6.6	0.47	14	0.32	2.03	0.04	25.1	
	B区	5.5	4.9	1.2	7.4	0.57	13	0.52	3.98	0.24	27.6	
	C区	5.9	5.2	0.7	7.4	0.56	13	0.84	7.12	0.62	37.9	
	D区	6.0	5.5	0.5	6.9	0.55	13	1.63	10.80	1.45	40.0	

Table 3. 使用した堆肥の養分濃度(%)
Nutrient concentration in the
used compost.

N	P	K	Ca	Mg
1.4	0.17	0.86	2.9	0.18

でも、前述の二者とほとんど同様な傾向であった。しかし、生長指数は前二者の場合よりかなり増幅された形で現れた。

5. スギ3年生苗木の生長

当試験はⅡ期を中心とし、その前後がⅠ期、Ⅲ期と連続するような期間で苗高、根元径、地上、地下部生重量の測定を行った (Fig. 9~12)。

Fig. 9 より、堆肥施用区での苗木の苗高生長は無施用区のものに比べて、かなり大であるが、ここでも B 区のもは C 区、D 区のものより小さな値を示している。一方、C 区、D 区間の違いについては、明らかでない。全期間を通じた傾向として、試験終期ほど堆肥施用効果が大きくなっていくようであった。Fig. 10 で示される根元径の生長についても、苗高生長の場合とほとんど同様な傾向であった。

Fig. 11 および Fig. 12 で示される苗木の地上、地下部生重量の生長についても、前述の二者とほとんど同様な傾向であった。しかし、生長指数は苗高生長や根元径生長の場合に比べてかなり増幅された形で現れた。

6. アカマツ当年生苗木の生長

当試験はⅡ期、Ⅲ期で苗高と根元径の測定を行った (Fig. 13)。ここで示される苗高生長への堆肥施用効果は1973、1979・1982年以外ではプラスであった。しかし、施用量の違いによる生長差は認められない。

根元径生長への施用効果も、全体としての傾向は苗高生長の場合と近いものであったが、マイナス効果の現れる回数が多い。

7. アカマツ2年生苗木の生長

当試験は、全期間を通じて行われる予定であったが、Ⅰ期後半からⅡ期の前半にかけて、また、Ⅲ期の一部で手違いが生じたため、全体を通じた結果は得られなかった。測定は苗高、根元径、地上、地下部生重量について行った (Fig. 14~17)。苗高生長に対する堆肥施用効果は、Fig. 14 で示されるように全般的にみて若干ではあるが、B 区でプラス効果があったように思われる。

Fig. 15 の根元径の生長に対する効果も、苗高生長の場合と同様なことが言える。しかし、Ⅱ期後半部での C 区、D 区にあっては、明らかにマイナス効果が認められる。

Fig. 16 で示される地上部生重量の生長については、わずかではあるが B 区で施用効果が認められ

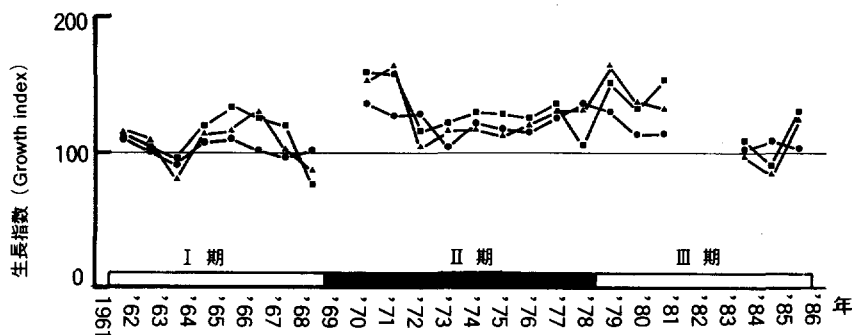


Fig. 5. 対照区を100とした場合の、各堆肥連用区におけるスギ2年生苗木の苗高の指数

Relations between the applied amount of compost and the height of Sugi seedlings. -2 year old

(The values of control plot are always 100).

Note: 記号は図-4 参照

Symbols are the same as those of Fig. 4

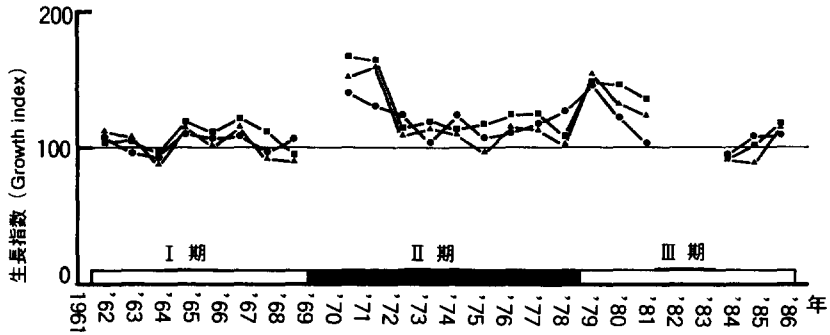


Fig. 6. 対照区を100とした場合の、各堆肥連用区におけるスギ2年生苗木の根元径の指数

Relations between the applied amount of compost and the root collar's diameter of Sugi seedlings. — 2 year old
(The values of control plot are always 100).

Note) 記号は図-4 参照

Symbols are the same as those of Fig. 4

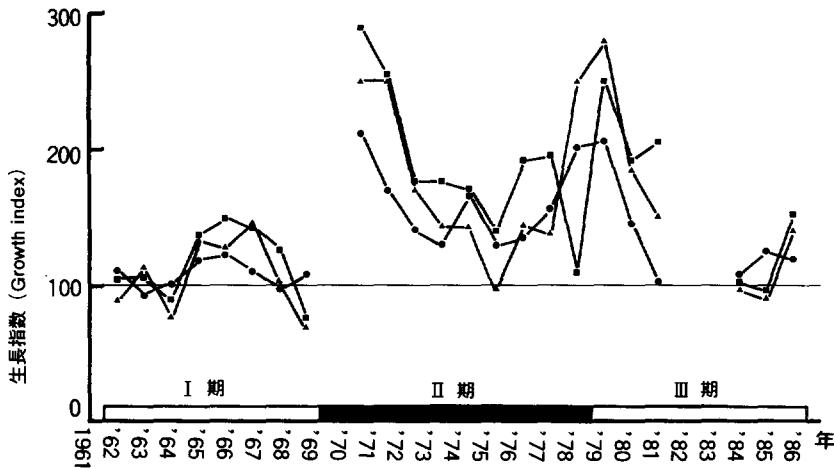


Fig. 7. 対照区を100とした場合の、各堆肥連用区におけるスギ2年生苗木の地下部生重量の指数

Relations between the applied amount of compost and the trunk fresh weight of Sugi seedlings. — 2 year old
(The values of control plot are always 100).

Note) 記号は図-4 参照

Symbols are the same as those of Fig. 4

たが、根元径の場合と同様、II期後半部でのC区、D区では明らかにマイナスであった。同時に、いずれの区にあっても、II期での成績はI期、III期に比べてかなり不良であった。

Fig. 17の地下部生重量の生長に関しても、1976年の成績を除けば地上部の場合とほぼ同様であった。

8. アカマツ3年生苗木の生長

当試験では、II期からIII期前半にかけて苗高、根元径、地上、地下部生重量の測定を行った。

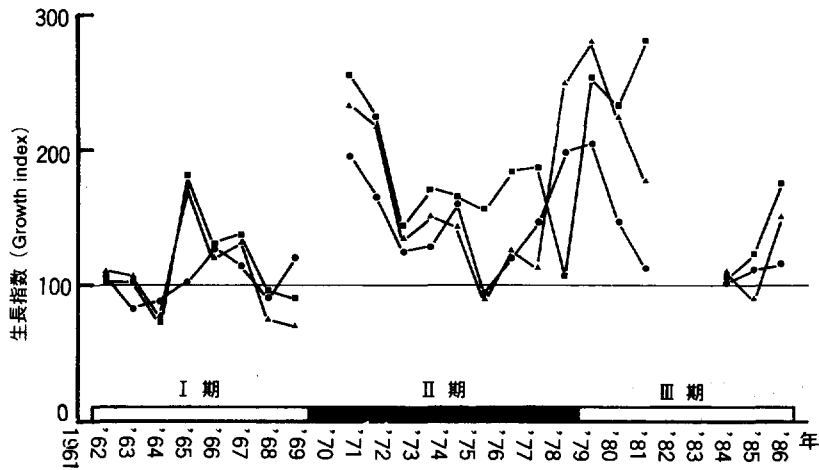


Fig. 8. 対照区を100とした場合の、各堆肥連用区におけるスギ2年生苗木の地下部生重量の指数

Relations between the applied amount of compost and the root fresh weight of Sugi seedlings. —2 year old
(The values of control plot are always 100).

Note) 記号は図-4 参照

Symbols are the same as those of Fig. 4

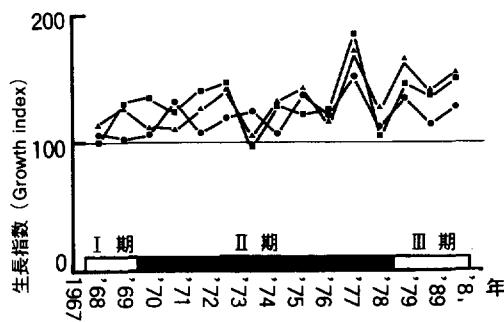


Fig. 9. 対照区を100とした場合の、各堆肥連用区におけるスギ3年生苗木の苗高の指数

Relations between the applied amount of compost and the height of Sugi seedlings. —3 year old

(The values of control plot are always 100).

Note) 記号は図-4 参照

Symbols are the same those of Fig. 4

4

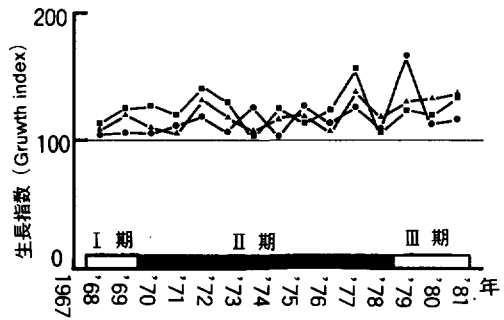


Fig. 10. 対照区を100とした場合の、各堆肥連用区におけるスギ3年生苗木の根元径の指数

Relations between the applied amount of compost and the root collar's diameter of Sugi seedlings. —3 years old
(The values of control plot are always 100).

Note) 記号は図-4 参照

Symbols are the same as those of Fig. 4

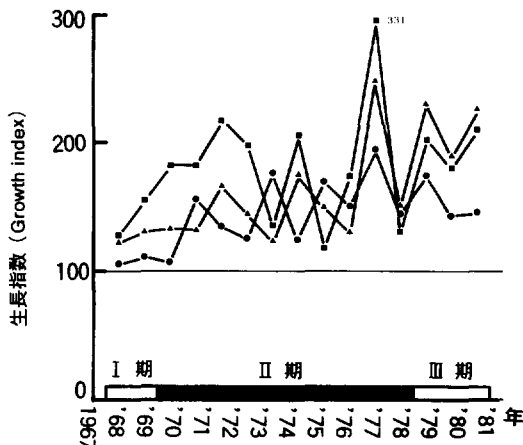


Fig. 11. 対照区を100とした場合の、各堆肥連用区におけるスギ3年生苗木の地上部生長量の指数

Relations between the applied amount of compost and the trunk fresh weight of Sugi seedlings. — 3 year old
(The values of control plot are always 100).

Note) 記号は図-4 参照

Symbols are the same as those of Fig. 4

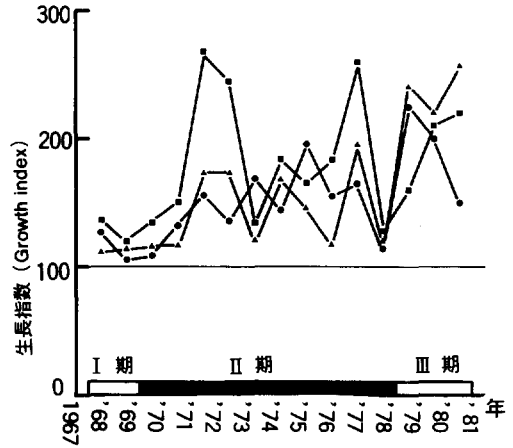


Fig. 12. 対照区を100とした場合の、各堆肥連用区におけるスギ3年生苗木の地下部生長量の指数

Relations between the applied amount of compost and the root fresh weight of Sugi seedlings. — 3 year old
(The values of control plot are always 100).

Note) 記号は図-4 参照

Symbols are the same as those of Fig. 4

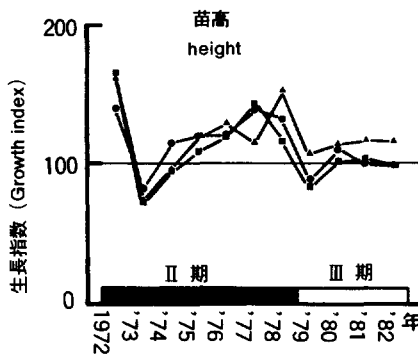
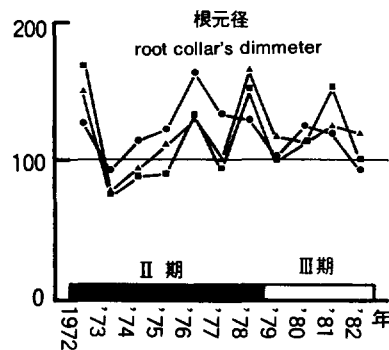


Fig. 13. 対照区を100とした場合の、各堆肥連用区におけるアカマツ当年生苗木の生長量の指数

Relations between the applied amount of compost and the growth of Japanese red pine seedlings. — current year old
(The values of control plot are always 100).

Note) 記号は図-4 参照

Symbols are the same as those of Fig. 4



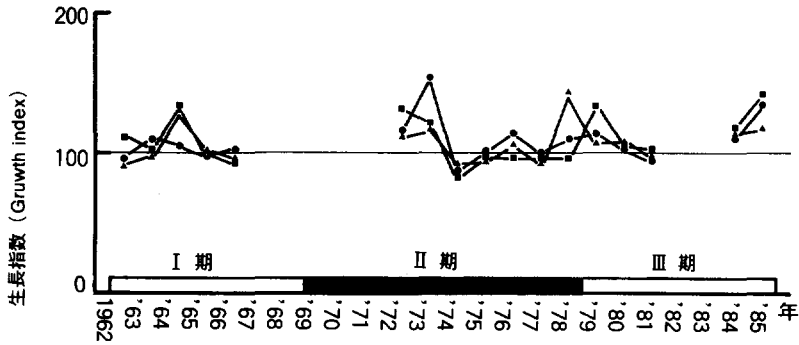


Fig. 14. 対照区を100とした場合の、各堆肥連用区におけるアカマツ2年生苗木の苗高の指数

Relations between the applied amount of compost and the height of Japanese red pine seedlings. — 2 year old (The values of control plot are always 100).

Note) 記号は図-4 参照

Symbols are the same as those of Fig. 4

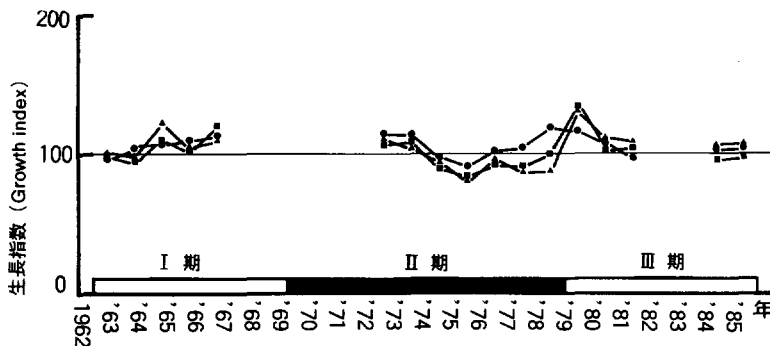


Fig. 15. 対照区を100とした場合の、各堆肥連用区におけるアカマツ2年生苗木の根元径の指数

Relations between the applied amount of compost and the root collar's diameter of Japanese red pine seedlings.—2year old (The values of control plot are always 100).

Note) 記号は図-4 参照

Symbols are the same as those of Fig. 4

(Fig. 18, 19)。

Fig. 18によると苗高および根元径生長への堆肥施用効果は不明瞭である。また、Fig. 19で示される地上、地下部生重量の生長に対する堆肥施用効果についても、前二者に関する傾向とはほぼ同様である。

IV 論議と考察

1. 堆肥施用量の違いと連年施用が土壌の諸性質に及ぼす影響

堆肥施用開始から10, 15, 20, 25年後の土壌の三相組成を経時的に調べてみると、20年後の時

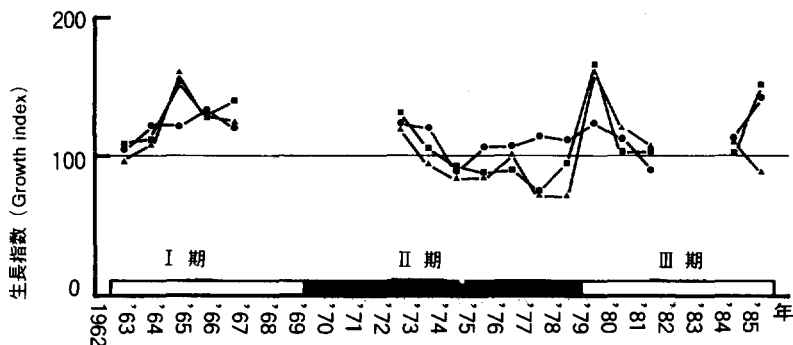


Fig. 16. 対照区を100とした場合の、各堆肥連用区におけるアカマツ2年生苗木の地上部生重量の指数

Relations between the applied amount of compost and the trunk fresh weight of Japanese red pine seedlings. — 2 year old
(The values of control plot are always 100).

Note) 記号は図-4 参照

Symbols are the same as those of Fig. 4

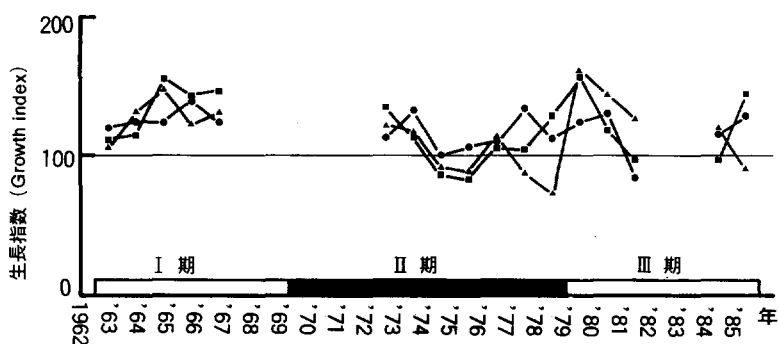


Fig. 17. 対照区を100とした場合の、各堆肥連用区におけるアカマツ2年生苗木の地下部生重量の指数

Relations between the applied amount of compost and the root fresh weight of Japanese red pine seedlings. — 2 year old
(The values of control plot are always 100).

Note) 記号は図-4 参照

Symbols are the same as those of Fig. 4

点における調査結果で気相が多かったことを除けば、A区の土壤の物理的条件は常時開始前のものとはほぼ等しい状態に維持されたと言えよう。したがって、土壤の物理性にだけ着目した場合、A区は常に対照区としての役割を果してきたものと考えられる。

一方、堆肥施用区では土壤容積のうち、固相が減少する反面気相の増加がみられ、しかもこうした傾向は堆肥の施用量が多いほど顕著であった。とはいえ、1975年すなわちII期の時点での堆肥施用量はI期、III期の時点に比べて約2倍であったにもかかわらず、分配率ではほとんど違いがみられず、また、同量施用の他の時点のものと比較した場合（例えば、1975年時のB区と他の時期のC区）その最小容気量は同じかそれ以下であった。こうした現象はI期で施用した堆肥が十分に分解されぬまま土壤中に蓄積していたためとも考えられるが、この点についての原因は不明であり、そ

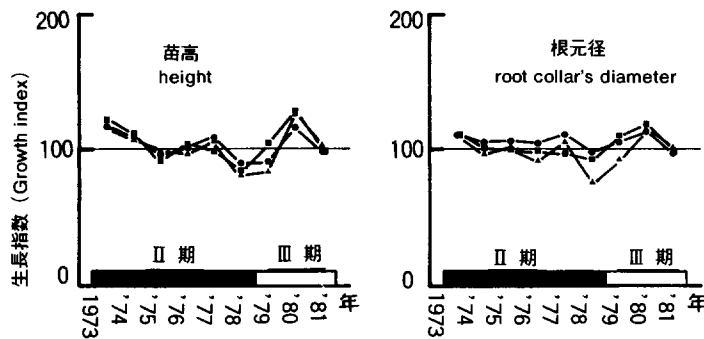


Fig. 18. 対照区を100とした場合の各堆肥連用区におけるアカマツ3年生苗木の生長量の指数

Relations between the applied amount of compost and the growth of Japanese red pine seedlings. — 3 year old
(The values of control plot are always 100).

Note) 記号は図-4参照

Symbols are the same as those of Fig. 4

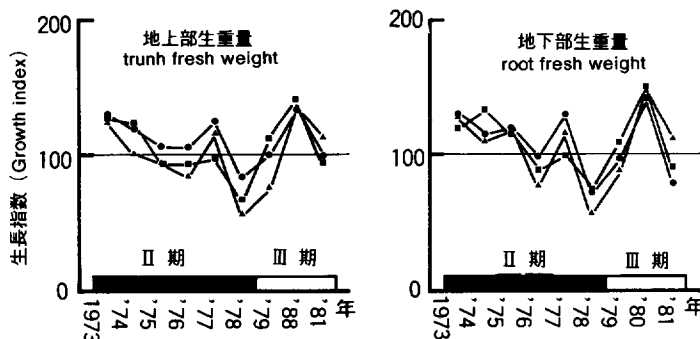


Fig. 19. 対照区を100とした場合の各堆肥連用区におけるアカマツ3年生苗木の生長量の指数

Relations between the applied amount of compost and the growth of Japanese red pine seedlings. — 3 year old
(The values of control plot are always 100).

Note) 記号は図-4参照

Symbols are the same as those of Fig. 4

れ以上の言及は避けたい。

いずれにせよ、こうした理学的変化は施用された堆肥の効果によって土壤の透水性、通気性が良好となったことを意味しており、苗木の生育にとって好ましい膨軟な土壤条件が整えられたと考えられる。

今回の試験に用いたと同じような立地条件下で、堆肥を3年間にわたって連年施用した結果を草葉⁸⁾が報告している。それによると、堆肥の施用が苗畑土壤に及ぼした結果の最も著しいものとして、施用区土壤の色調が無施用区土壤よりはるかに黒色化し、さらに膨軟になったことを挙げている。当試験では色調についての経時的測定をしなかったが、最終時点でのそれを比較すると無施用

区が7.5 YR2/3であることに對し、施用区では10YR2/2となりやはり同様な結果が得られた。

次に、化学性の経時的变化について検討を加える。まず、pHについてみるとA区では試験開始25年経過した後も大きな変化はみられなかったが、堆肥施用区ではいずれも少しずつ中性側に移行し、施用量が最も多いD区でのpHの値は6を超えるまでに至った。これは芝本¹⁵⁾の述べている、スギ苗木の生育に良好なpHの範囲4.0~5.5と比べて高い値であった。一方、堆肥の施用量がI期、III期の2倍近いII期についても特にきわ立った違いは認められなかったが、この点については前述の物理性の場合と同様、原因は不明である。

なお、草葉⁹⁾は堆肥や化学肥料の施用量が、当試験のII期にはほぼ相当する施肥設計下で、施用開始後8年目のpHの値を調べ、多量施用区で5.1、少量施用区で5.0、標準区ではその中間値というように、わずかではあるが施用量の多い区でpHの高い傾向がみられたとしている。そしてこうした値が無施用区での値5.2~5.3に比べて低いものであったともしている。それではこうした矛盾する二通りの結果が、いかなる原因によってもたらされたのであろうか。

草葉¹⁰⁾は、その試験結果について用いた化学肥料由来の土壤酸性化傾向に對し、堆肥の施用がそれを軽減したのだと考察している。しかし、一方、同氏は堆肥施用を通じて置換性カルシウムが増加したとのことも報じており、若干、説明に難がみられる。それに比べて、筆者らの結果では堆肥施用量の増加につれて置換性塩基の量も急増しており、pHでみられる傾向と整合性のあるものであった。こうしたことから、同時施用する化学肥料がpHに對しなんらかの影響をもたらすにせよ、この実験に使用した堆肥が土壤の中性化に大きな役割を果していることは否めない。

なお、堆肥施用の有無と量にかかわらず、pH (H₂O) と pH (KCl) の値の差が試験の経過に伴って小さくなる傾向がみられるが、これは土壤中に塩基類が蓄積することを意味しており、この点からも堆肥の連年施用と苗木の連作についてのより詳細な調査が必要であろう (Table. 2)。

土壤の置換酸度についてみると、堆肥無施用のA区の値が試験の経過とともに大きくなっている。これは、酸性の化学肥料のみを長期間施用した結果と考えられ、pHの値の変化からも明らかである。次に炭素濃度と窒素濃度をみると、両者とも堆肥無施用区に比べ堆肥施用区で高く、さらに施用量が多い区ほどその濃度も高いことが明らかである。

一方、C/N比は全期間を通じて著しい違いが認められず10前後となっており、この値は土壤中の有機物を分解する微生物がもつ炭素率ときわめて近いものであった。置換性のカリ、カルシウム、マグネシウム等についても、堆肥の施用量と経過年数とともに増加している。このことは、苗木によって容易に吸収される可給態の塩基類が堆肥施用によって補給されていることを意味しており、苗畑土壤としてより肥沃な条件がもたらされていると考えてよいであろう。逆に堆肥無施用区では置換性塩基類の量が年数の経過に伴って減少してゆく傾向がみられる。このことが、苗畑土壤のせき悪化を意味するもので、苗木の生育に好ましくないことはいうまでもない。そのうち特にマグネシウムの減少は顕著であるが、土壤中のマグネシウム量が0.05m.e/100g以下になると、スギ苗木は葉緑素の生成を円滑に行えなくなりマグネシウム欠乏症を起すといわれており、^{12,16)}問題である。

土壤の肥沃度を示す一つのパロメーターとして置換容量が挙げられる。そこでこの点についてみると、試験開始5年後では堆肥施用の有無、量について一定の傾向は認められなかったが、それ以

Table 4. 堆肥連用20年目の土壌の化学性
Soil chemical properties after 20 years of continuous application of compost.

試験区 Experimental plot	深さ (cm) Depth	pH (H ₂ O)	C (%)	N (%)	C/N	置換容量(me/100g) Exchangeable capacity	置換性(me/100g) Exchangeable		
							K	Ca	Mg
A 区	10	5.20	6.4	0.58	11	22.4	0.27	1.49	0.05
	25	5.50	6.5	0.59	11	24.7	0.31	4.63	0.16
	40	5.70	4.9	0.43	11	24.6	0.29	5.45	0.27
	60	5.85	2.2	0.23	10	19.6	0.30	5.36	0.33
B 区	10	5.65	6.6	0.63	10	26.8	0.42	4.56	0.26
	25	5.67	6.1	0.56	11	22.8	0.58	4.32	0.25
	40	5.85	4.5	0.37	12	22.6	0.57	5.02	0.36
	60	5.85	2.9	0.30	10	21.2	0.57	4.49	0.36
C 区	10	6.05	7.2	0.65	11	29.5	0.68	11.00	0.79
	25	5.70	4.3	0.34	13	22.7	0.92	5.37	0.63
	40	5.70	3.3	0.28	12	23.6	0.93	6.25	0.67
	60	5.80	2.1	0.20	11	21.0	0.97	5.31	0.32
D 区	10	6.33	7.1	0.66	11	33.3	0.89	13.12	1.28
	25	5.80	4.7	0.44	11	25.1	0.96	5.76	0.96
	40	5.85	3.2	0.32	10	25.1	1.09	5.79	1.00
	60	5.82	3.2	0.20	16	18.1	1.17	4.74	0.35

Table 5. 線虫類生息数

Number of living nematoda.

(生根1g当たり頭数)

(Numbers/1g—fresh weight of roots)

年 Year	試験区 Experimental plot	線虫の種類 Species of nematoda	5月 May	6月 June	7月 July	8月 August	9月 September	10月 October	11月 November	12月 December
1971	A 区	線虫類 Many kinds of nematoda		2,700	3,310	6,580	3,825	2,690	3,840	3,000
	B 区		773	2,020	5,540	3,575	6,030	3,320	4,360	
	C 区		923	2,620	4,430	5,025	4,350	4,160	5,100	
	D 区		520	2,080	3,450	7,680	6,620	7,040	4,560	
1972	A 区	キタネグサレ線虫 <i>Pratylenchus penetrans</i>	17	11	118	32	17	109	67	
	B 区		15	35	102	75	43	154	97	
	C 区		33	25	67	426	80	80	87	
	D 区		0	46	110	87	112	133	93	
197	A 区	キタネグサレ線虫 <i>Pratylenchus penetrans</i>		14	23	42	67	80		
	B 区		38	32	67	51	140			
	C 区		14	19	33	25	15			
	D 区		0	17	47	40	60			

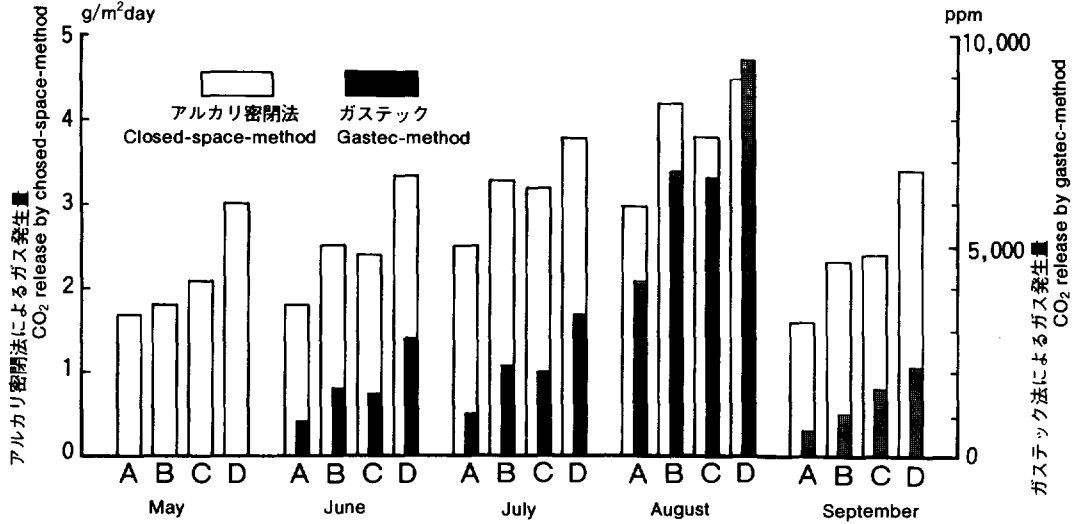


Fig. 20. 苗畑における炭酸ガス発生量
CO₂ release in the nursery.

降の結果からは堆肥施用量が多いほど、値の大きくなることが明らかであった。したがって堆肥が置換容量の値を大きくしており、土壌の肥沃度向上に役立っていることも明らかである。一方、40年、45年時の置換容量は大きく、50年以降その値が極端に低下しているがその原因については不明である。

置換容量は土壌中の腐植や粘土コロイドともきわめて関係が深い。そこで腐植の量について検討すると、堆肥施用量が多いほど値が大きい傾向があるが処理間差は小さい。

以上、堆肥施用量と連年施用が土壌の化学性に及ぼす影響について表層土を中心に論じてきたが、堆肥の施用が土壌の下層部にも少なからず影響を与えていることも考えられる。

そこで試験開始後20年目の時点で、堆肥施用量と連年施用が下層土に与えた影響を調べるため、深さ別に土壌を採取し分析を行った結果は Table. 4 である。土壌の pH について、化学肥料だけの A 区の表層部は 5.2 と酸性化し、堆肥施用区の表層部は 5.65~6.33 と中性化傾向がみられ、その影響は 25cm の深さまでみられた。

堆肥連用区は、化学肥料だけの A 区に比べ炭素、窒素、置換容量、置換性石灰のいずれも表層で高いが下層では一定の明瞭な傾向は認められない。しかし、置換性カリは全層、置換性マグネシウムは 40cm の深さまで明らかに濃度が高い。置換性カリ、マグネシウムは表層から下層への移動があったと考えられる。

なお、以上の土壌の理・化学的性質の調査の外に堆肥連用が土壌に影響を与えているであろう何らかの現象を知るために、試験期間中にセンチウ数の測定²⁾や土壌の炭酸ガス測定⁴⁾を試みた。

センチウの生息密度については草葉¹⁰⁾は堆肥の種類、施用量によってネグサレセンチウの密度が異なり、また密度が低いほど苗木の生長が良好であると報告している。そこで筆者らも 1971 年から 3 年間のスギまきつけ床のセンチウ類を調べた。その結果は Table. 5 であるが、処理別、月別変化も年により異なり一定の傾向はみられなかった。

Table 6. ポット試験に用いた土壌の化学性
Chemical properties of the soil used in container test.

土壌の状態と処理 Soil condition and treatment	試験区 Experimental plot	PH (H ₂ O)	置換酸度 Exchangeable acidity	C (%)	N (%)	C/N	置換性 Exchangeable (m,e/100g)			置換容量 Exchangeable capacity	磷酸吸収 係 数 Phosphrous absorption coefficient	
							K	Ca	Mg			
養 苗 前 Before Planting of seedlings	A 区	5.1	5.0	6.3	0.53	12	0.92	1.97	0.08	26.2	2130	
	B 区	5.4	3.5	6.4	0.58	11	1.40	5.35	0.17	29.6	2116	
	C 区	5.7	2.2	7.0	0.61	12	1.73	10.04	0.33	31.3	2029	
	D 区	6.4	1.2	7.4	0.66	11	2.30	14.17	0.52	33.5	2000	
養苗後 After planting of seedlings	無施肥区 Not fertilized	A 区	5.7	4.1	6.5	0.54	12	0.51	2.12	0.26	27.0	2125
		B 区	5.8	3.0	6.6	0.53	13	0.56	4.05	0.27	27.7	2111
		C 区	6.3	2.2	6.9	0.54	13	0.76	9.21	0.54	31.0	2025
		D 区	6.7	1.5	6.8	0.54	13	0.94	14.42	0.71	32.8	1995
	施肥区 Fertilized	A 区	5.4	6.0	6.2	0.50	12	0.83	2.16	0.34	27.6	2132
		B 区	6.0	3.2	6.5	0.54	11	1.31	4.29	0.93	30.8	2098
		C 区	6.2	1.5	7.0	0.60	12	1.69	8.71	1.23	32.9	1995
		D 区	6.5	1.2	6.9	0.63	11	2.25	14.29	1.44	33.4	1973

Table 7. 苗木の生育状態
Growth condition of seedlings.

処 理 Treatment	試 験 区 Experimental Plot	苗 高 (cm) Height	全乾燥重量(g) Total dry weight	肥 効 (注) Effective
無 施 肥 区 Not fertilized	A 区	3.2	44.1	—
	B 区	3.9	62.4	—
	C 区	4.3	65.1	—
	D 区	5.1	86.5	—
施 肥 区 Fertilized	A 区	5.4	74.0	167
	B 区	7.1	102.2	164
	C 区	7.4	113.1	174
	D 区	8.3	137.5	159

Note 無施肥区供試土壌ごとの全乾物重に対する施肥区での全乾物重の割合

Percentage of total dry weight in fertilized block to that in not fertilized one in each experimental plot.

また、土壌中の炭酸ガス濃度を知るため土壌表面へ発生してくるガスをアルカリ密閉法で、土壌中10cmの深さのガス濃度をガステック（炭酸ガス検知器）を用いて、1976年5月から9月まで測定した。

その結果はFig. 20のとおりでいずれの月も、堆肥施用量の多い区でガス発生量が多かった。この原因は易分解性の有機物添加により微生物活動が活発になったことや、発達した根の呼吸によるも

Table 8. 苗木中の養分
Nutrient in seedlings.

処 理 Treatment	試 験 区 Experimental Plot	養 分 濃 度 (%) Nutrient in seedlings			ポット1鉢あたりの養分含有量(mg) Nutrient amount in seedlings grown in a container		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
無 施 肥 区 Not fertilied	A 区	0.82	0.29	0.95	60.4	21.1	70.2
	B 区	0.86	0.31	0.89	89.4	32.2	92.7
	C 区	0.84	0.32	0.91	91.0	34.9	99.0
	D 区	0.88	0.55	0.99	127.3	79.5	142.9
施 肥 区 Fertilized	A 区	0.89	0.30	1.39	109.7	37.6	170.0
	B 区	0.95	0.38	1.21	161.2	64.7	205.4
	C 区	0.98	0.38	1.41	185.0	70.8	265.0
	D 区	0.99	0.52	1.43	227.9	119.8	328.7

のであろう。なお、月別変化をみると5月から8月にかけて各処理区とも増加しているが9月には低下する。9月低下の原因には気温の低下と9月初旬に実施した苗木の根切りが考えられる。

2. 堆肥施用量の違いと連年施用が、スギ苗木の生長に及ぼす影響

II期を中心に調べた当年生苗木の生長に対し、堆肥施用効果があったことは明らかである。そこで、当年生苗木に対するこうした施用効果について若干掘り下げた解析を試みる。

1972年時点でそれぞれの試験区から採取した供試土壌を径30cm、深さ15cmの4個の素焼鉢に詰め、そのうち2鉢には化学肥料を施用、残る2鉢には施用しなかった。施用量は1鉢あたり窒素790mg、リン酸680mg、カリ660mg (㎡あたり硫酸で56.5g、過石で65g、硫酸で20g)とし、各鉢とも同時期にスギをまきつけた。このまきつけ養苗試験を1972年から1974年の3年間連続して行った。その実験結果のうち、土壌の化学性の変化について示したものがTable. 6である。

土壌 pH ならびに置換酸度をみると、養苗の前後とも堆肥をまったく施用せず化学肥料だけを施用してきた土壌 A で酸性が最も強く、逆に堆肥を多量に施用した土壌 D では中性に近かった。炭素濃度では、養苗前の A, B, C, D 間に差がみられたが養苗を繰り返した後それらの間の差は小さくなり、すべて A の値に近づく傾向が認められた。これは堆肥の多用区ほど腐植の消耗が大きいことを意味している。同様に窒素濃度では、養苗を無施肥で繰り返した結果土壌間に差が全くなりややはり A の値に近づくが、化学肥料を施用した場合には養苗前と大きな違いはなかった。置換容量についても、土壌間における差異が認められたが、養苗前後および養苗時の施肥、無施肥等の処理による変化は認められなかった。置換性カリ濃度は長い間堆肥を全く施用しなかった土壌 A に比べ、毎年堆肥を多量施用してきた土壌 D で著しく高かったが、無施肥の状態で3年間まきつけを繰り返すとカリの量は低下した。置換性カルシウム濃度は土壌 A, B, C, D の順に高くなり堆肥の施用量の順と一致していた。しかし、養苗前後および施肥、無施肥の違いによる差は認められない。

置換性マグネシウムも、カリ、カルシウムと同様な傾向にあるが、養苗試験後の土壤では養苗前のものと比べ明らかに濃度が高く、とりわけ施肥した土壤でそうした傾向が著しかった。

こうした土壤の変化に対応して、それぞれの区での苗木の成績を全平均苗高と3年間に収穫した総乾物重量で示したものが Table. 7 である。表より施用、無施用区ともそれまでの堆肥施用量が多かった土壤ほど、苗木の生長も良好であることが明らかである。そこで次に土壤ごとに施用した化学肥料の肥効を調べたところ、土壤 C の場合が最も高かった。

育成した苗木の養分濃度と含有量を Table. 8 に示す。表より苗木中の N, P_2O_5 濃度は施肥区、無施肥区のいずれも堆肥の施用量が多かった試験区のものほど高かったが、 K_2O 濃度については、

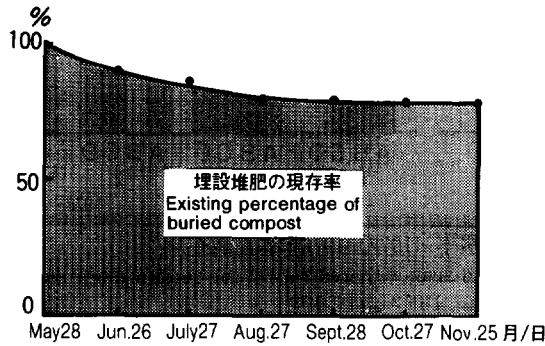


Fig. 21. 苗畑に埋設された堆肥の消長
Fate of buried compost in the nursery.

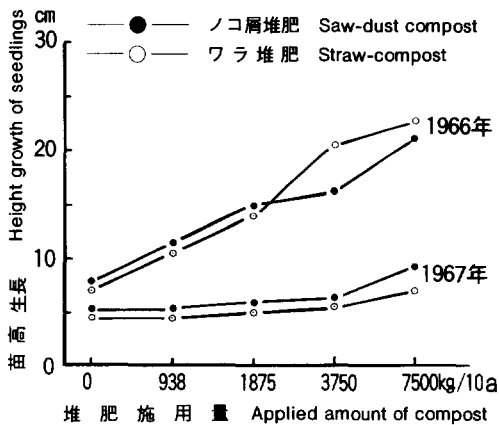


Fig. 22. 堆肥施用量の違いと苗高生長に現れる堆肥の残効の関係
Relations between the applied amount of compost and it's aftereffect appeared in the height of Sugi seedlings.

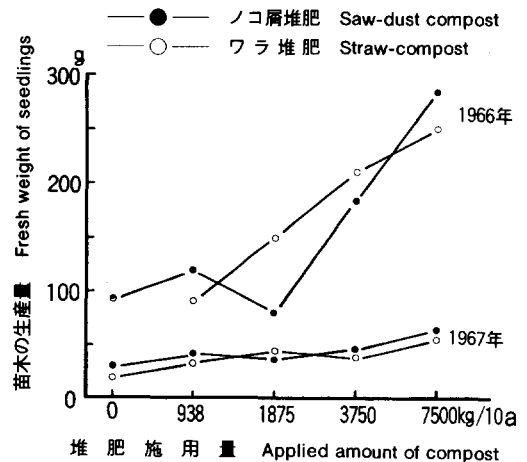


Fig. 23. 堆肥施用量の違いと苗木の生重量に現れる堆肥の残効の関係
Relations between the applied amount of compost and it's aftereffect appeared in the fresh weight of Sugi seedlings.

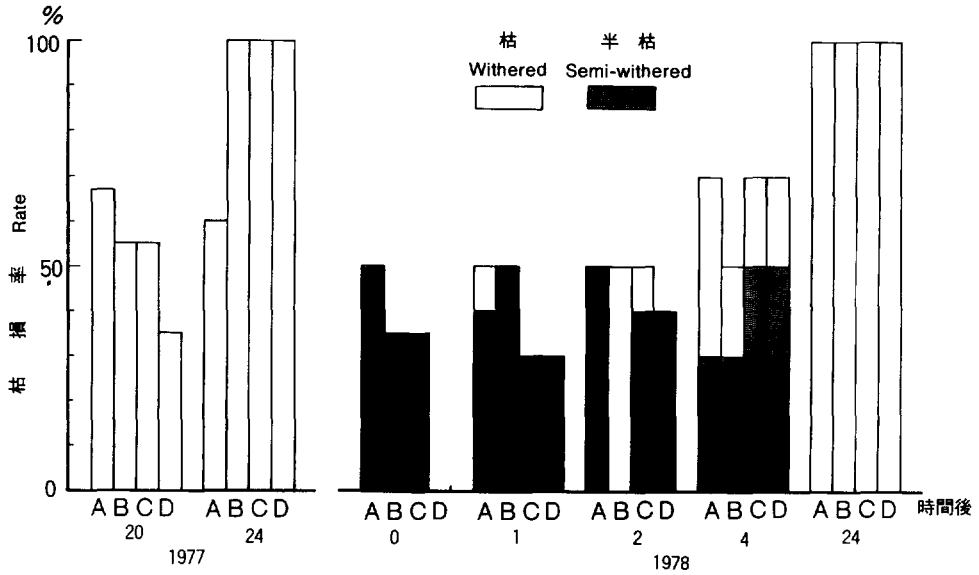


Fig. 24. 乾燥試験枯損率 (1977, 1978年春期調査)
Withered and semi-withered rate of the seedlings left under the sunlight
(In the spring, 1977 and 1978).

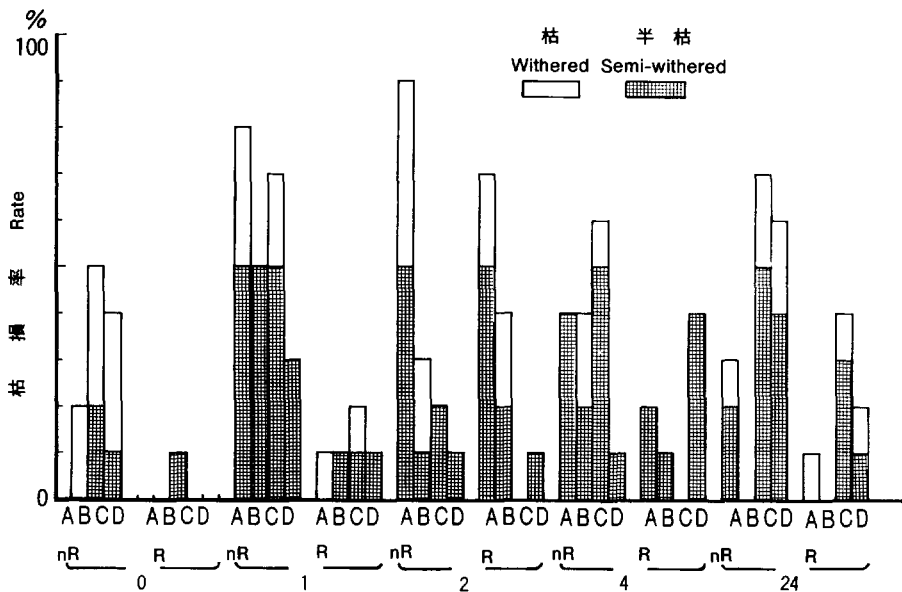


Fig. 25. 乾燥試験枯損率 (1977年秋期調査)
Withered and semi-withered rate of the seedlings left under the sunlight.
Note) R は根切り苗木
nR は根切りをしなかった苗木を示す
"R" means the root cut seedlings and "nR", with normal root system
(In the autumn, 1977)

各土壤間で大きな違いは認められなかった。当然のことながら無施肥区と比べて施肥区で育った苗木の各養分濃度は高い。

なお、土壤Dでは P_2O_5 濃度が特に高かったが、この点については Table. 6 中に示される P_2O_5 吸収係数からも明らかなように、堆肥施用に対応した P_2O_5 の有効化が原因したものと推察した。

苗木体内の養分含有量について Table. 8 をみると、堆肥を全く用いなかった土壤Aで育った苗木の養分含有量は最も少なく、逆に堆肥を多く施用した土壤Dでの苗木の養分含有量は、土壤Aでのものと比べてNで2倍、 P_2O_5 で4倍、 K_2O で2倍と多かった。また、施肥により著しく多くなることは Table. 7 の乾物重量を見ても明らかである。

こうしたポット試験からも、堆肥の施用が苗畑土壤の理化学性を好転させ、苗木の生長や養分吸収に良い影響を与えていることがわかる。また、堆肥施用と同時に適切な肥培管理を通じて、土壤中の養分濃度を高め、ひいては養分濃度の高い優れた苗木生産の可能になることが明らかになった。

いずれにせよ、このポット試験を介して得られた 1) 土壤中の窒素は例えば堆肥施用量が多くとも、3年間程度化学肥料を施用せず育苗すれば無堆肥の状態にもどる。2) 置換性カリは3年間の養苗によって減少するが、堆肥施用量の多いほどその減り方は緩慢である等の傾向は、実苗畑についても同様であろう。

次に全期間を通じて実行した2年生苗木への施用効果について検討する。まずI期の試験開始当初では施用効果はみられない。しかし、1964年から1966年までの3年間では苗高、根元径、地上、

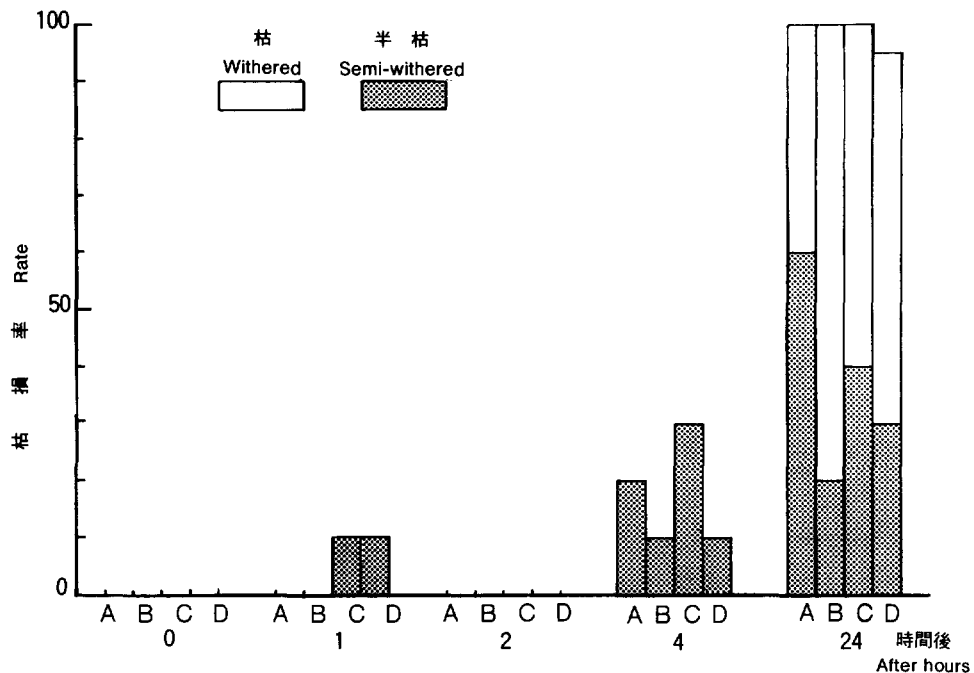


Fig. 26. 乾燥試験枯損率（1978年秋期調査）

Withered and semi-withered rate of the seedlings left under the sunlight
(In the autumn, 1978).

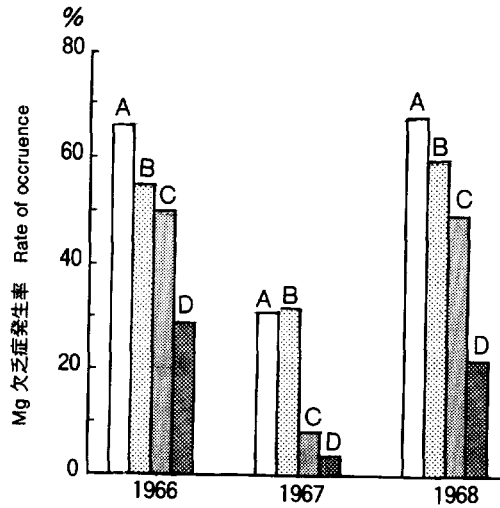


Fig. 27. マグネシウム、欠乏症発生率調査図
Occurrence of Mg-deficiency seedlings.

Table 9. 各処理区で育成された苗木のMg欠乏症率(%)
Percentage of Mg deficiency of seedlings grown in each experimental plot

年 Year	苗 齢* Age of seedlings	A 区	B 区	C 区	D 区
1970	1-2	46	46	21	20
	2-3	0	0	0	0
1975	1-2	47	11	0	0
	2-3	52	10	8	6
1981	1-2	26	15	0	0
	2-3	12	12	10	6
1986	1-2	37	6	0	0
	2-3	7	0	0	0

Note) * "1-2" は1回床替2年生苗木、"2-3" は2回床替3年生苗木を意味する
1-2 means 1 time change of bed, 2-year-old seedlings, and 2-3, 2times, 3-year-old.

地下部の生重量のいずれをとってもかなり効果が現れている。こうしたことは、当苗畑が開設された当初における土壤の物理性の劣悪さや養分欠乏から抜け出し、堆肥連年施用による土壤の物理性の改良と施肥による肥沃化によってもたらされた結果と考えられる。

そこで、施用堆肥の土壤中での分解、蓄積の問題について考察するため次のような実験を行った。すなわち、50-100gのワラ堆肥を10cm四方のサランネット（自然状態を維持できるようなもの）へ封入し、春先に苗畑へ埋設しその後1か月ごとに掘り取りその減損率を調べた。その結果はFig.

21に示されるが、9月頃まではゆるやかに減少し、それ以降はもはや減少することはないようであった。このことは春先に施用した堆肥のうち約80%のものはその年に分解せず、翌年蓄積されることを示している。同様な試験は農業関係の分野でもかなり行われており、ほぼ一致した結果が報告されている。

さらに筆者らは、蓄積された堆肥の残効性についても調べるため以下の試験を行った。この試験は2か年にわたってスギのまきつけ苗を対象に実行された。堆肥施用量が10アール当たり0 kg, 938 kg, 1,875 kg, 3,750 kg, 7,500 kgとなるように各鉢に施した。堆肥以外の化学肥料は一切使用せず、肥効の判定はまきつけ苗の生長量（苗高、生重量）をもってあたることとした。同時にここでは肥効の持続性を調べるため、第1回目の苗木を掘り取った後もそのままの状態に保持し、翌年再びまきつけを行い生長量から肥効の持続性について調査した。試験の結果はFig. 22, 23で示されるとおりで堆肥の肥効は明らかに認められた。一方、堆肥の肥効の持続性についてみると、1967年度は各施用区と無施用区間でほとんど違いがみられない。このことは肥効の持続性が1回目の収穫でほぼ完全に消滅してしまうことを示している。

以上いくつかの試験結果をくらべると、相互に矛盾する点がみられた。しかし、それがポット試験と実苗畑試験の違いによって生じたものなのか、あるいは他の要因によるものなのか、ここではわからない。

さらに筆者らは堆肥連用が苗木に及ぼす影響を調べるため、A, B, C, D区で養苗された山行苗について、掘取り時期である秋季と、植栽直前の春季の2回、裸苗木に対する暴露試験を行った。すなわち、苗木を地表面上へ一定時間放置した後、再びその苗木を苗畑に植栽し、それ以後の枯れの状態を調べた。それによって乾燥に対する苗木の抵抗性の程度を推定できると考えたからである。その結果はFig. 24, 25, 26で示されるが、堆肥の施用量が多いほど抵抗性が強い傾向がみられた。しかし、暴露時間が長くなると逆に堆肥施用量が多い条件で育った苗木はほとんど枯死した。春季と秋季を比較すると、春のものは全般的に乾きに弱く、秋のものは強かった。また、根切り苗木と据置き苗木を比較すると、乾燥に対する抵抗性はFig. 25で示されるように根切り苗木で強かった。

次に1967年から1968年にかけて、また、1970年から1986年にかけてマグネシウム欠乏症を調べた。その結果Fig. 27, Table. 9で示されるように年変動は大きいと全般的に堆肥の施用量が増すと、マグネシウム欠乏症が減少する傾向が認められた。これは塘¹⁶⁾が静岡県下のいくつかの苗畑で調べた結果とも、一致するものであった。苗木のマグネシウム含有濃度を測定したところ、赤変した苗木に含有されるマグネシウムの濃度は0.07%前後で、正常な苗木の含有濃度と比べかなり低い値であった。また、Table. 10で示すように無堆肥区の苗木のマグネシウム濃度は低く、堆肥施用量の多い区で養苗されたものは高い傾向にあった。一般にスギのマグネシウム欠乏症は濃度が0.05%以下になったとき、発病の可能性があるといわれている¹²⁾。こうしたことから、I期後半の肥効低下の原因の一つは苗木のマグネシウム欠乏によるものと考えられる。

II期に入って2年後の1970年から再度養苗を行ったが、1970年、1971年の2年間堆肥施用区で著しい効果があったことが伺える。これは堆肥の施用量が倍増したことによると考えるよりは、化学肥料の施用内容が変わったためと考えた方が妥当かもしれない。

Table 10(a). スギ苗木の養分濃度 (%)
Nutrient concentration of Sugi seedlings.

苗木 Seedlings		試験区 Experimental Plot	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
当年生 Current-year-old	地上部 Above-ground part	A区	0.91	0.35	0.78	0.93	0.11
		B区	0.93	0.41	0.97	1.26	0.12
		C区	1.03	0.35	1.17	1.40	0.15
		D区	1.29	0.48	1.24	1.63	0.17
	地下部 Below-ground part	A区	0.98	0.20	0.45	0.76	0.23
		B区	1.04	0.20	0.46	0.84	0.23
		C区	1.12	0.22	0.66	0.94	0.30
		D区	1.24	0.29	0.88	0.99	0.34
2年生 2-year-old	葉 Leaf	A区	1.05	0.22	0.90	0.95	0.07
		B区	1.18	0.31	1.06	1.12	0.12
		C区	1.06	0.25	1.07	1.29	0.12
		D区	1.18	0.32	1.26	1.48	0.15
	幹 Stem	A区	0.55	0.09	0.53	1.07	0.08
		B区	0.50	0.11	0.55	0.99	0.11
		C区	0.64	0.11	0.62	1.20	0.12
		D区	0.75	0.09	0.71	1.13	0.13
	根 Root	A区	0.83	0.16	0.42	0.82	0.13
		B区	0.95	0.19	0.43	1.05	0.20
		C区	0.99	0.21	0.45	0.98	0.17
		D区	1.04	0.24	0.60	1.06	0.21
3年生 3-year-old	葉 Leaf	A区	0.95	0.24	0.87	1.21	0.08
		B区	0.93	0.35	1.05	1.02	0.13
		C区	1.05	0.37	1.18	1.11	0.13
		D区	1.08	0.31	1.27	1.39	0.13
	幹 Stem	A区	0.39	0.06	0.38	0.99	0.07
		B区	0.36	0.06	0.43	0.99	0.09
		C区	0.43	0.09	0.51	0.99	0.10
		D区	0.58	0.06	0.38	0.92	0.10
	根 Root	A区	0.64	0.16	0.38	0.75	0.13
		B区	0.80	0.20	0.41	0.95	0.16
		C区	0.86	0.19	0.44	0.94	0.18
		D区	0.95	0.23	0.62	1.18	0.20

Table 10(b). アカマツ苗木の養分濃度 (%)
Nutrient concentration of Japanese red pine seedlings.

苗 木 Seedlings		試 験 日 Experimental Plot	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
当 年 生 Current-year-old	地 上 部 Above-ground part	A区	1.39	0.43	0.75	0.59	0.21
		B区	1.54	0.45	0.94	0.63	0.26
		C区	1.47	0.40	0.87	0.70	0.26
		D区	1.71	0.51	0.95	0.77	0.25
	地 下 部 Below-ground part	A区	0.77	0.36	0.66	0.27	0.13
		B区	0.82	0.44	0.66	0.35	0.14
		C区	0.91	0.41	0.72	0.48	0.16
		D区	1.08	0.48	0.65	0.58	0.19
2 年 生 2-year-old	葉 Leaf	A区	1.73	0.38	0.92	0.77	0.22
		B区	1.74	0.39	0.90	0.75	0.25
		C区	1.79	0.35	0.97	0.77	0.27
		D区	1.91	0.36	0.96	0.75	0.23
	幹 Stem	A区	0.85	0.22	0.47	0.43	0.22
		B区	0.74	0.23	0.47	0.48	0.25
		C区	0.99	0.25	0.60	0.62	0.31
		D区	0.93	0.27	0.58	0.52	0.26
	根 Root	A区	0.61	0.29	0.69	0.28	0.13
		B区	0.83	0.31	0.57	0.38	0.14
		C区	0.85	0.29	0.70	0.44	0.16
		D区	0.96	0.31	0.62	0.47	0.16
3 年 生 3-year-old	葉 Leaf	A区	1.51	0.35	1.00	0.77	0.23
		B区	1.72	0.45	0.96	0.72	0.30
		C区	1.78	0.33	1.02	0.71	0.28
		D区	1.78	0.34	0.95	0.75	0.24
	幹 Stem	A区	0.45	0.09	0.50	0.86	0.23
		B区	0.65	0.13	0.38	0.43	0.18
		C区	0.60	0.19	0.39	0.47	0.17
		D区	0.68	0.17	0.35	0.48	0.16
	根 Root	A区	0.39	0.25	0.58	0.38	0.13
		B区	0.88	0.38	0.72	0.44	0.16
		C区	0.73	0.23	0.68	0.37	0.13
		D区	0.77	0.28	0.67	0.47	0.14

1972年以降も施用効果は大であったとみるべきであろう。なお、1984年、1985年については使用苗木に問題があり、これが成績の不鮮明さに現れたと考えられる。

3年生苗木の生長は全期間を通じて良好であった。これは、すでに十分生長をしているこのクラスの苗木は貯蔵養分も多く、吸収機構も整備されているので苗畑土壌の細部条件によるよりは、その理学的性によるところが大であるからと考えられる。

3. 堆肥施用量の違いと連年施用がアカマツ苗木の生長に及ぼす影響

二、三の例外を除けば当年生苗木に対する肥効が認められた。この結果だけで施用量の多少が肥効の程度に直接関連しているとは断言し難いが、全体としてみた場合、少量施用のB区で肥効が大きく、逆に多量施用のD区で小さいようである。その原因として、根系の発育と土壌中での無機態窒素の量、およびpHの影響が考えられるが、今回の調査範囲からは解明できなかった。

2年生苗木については、苗高でのⅡ期中頃を除くと総じて堆肥施用効果はなかったといえることができる。草葉⁸⁾は、同様な試験を行っているが、2年生苗木に関しては堆肥施用の効果はどの測定項目をとり出しても全くみられなかったとし、当試験に近い結論を出している。彼は、その理由として土壌の乾燥について論じているが、同時に堆肥施用区における雑草の発生について検討を加えている。すなわち、ワラ堆肥の施用量と比例して雑草の発生量も増加することを見出し、それが生長低下を導いたとしている。当試験においても雑草の整理には極力心掛けてきたが、ある程度は影響しているかも知れない。また、今回用いた堆肥は製造の過程で鶏糞が添加されていたが、鶏糞中には飼料由来する抗性物質が多く含まれており、これが菌根発達の阻害要因になったとも考えられる¹⁴⁾。

3年生苗木についても、少量施用のB区が他の施用区と比べ若干良好なようであったが、この程度で施肥効果を云々することはできないし、つまるところ当試験からはアカマツ2年生苗木や、3年生苗木に対する堆肥施用効果は不明であったとせざるを得ない。

ここでみられたように、矛盾した結果が出たり、不明であったりするものが本論文で数か所ある。しかし、それは実苗畑での試験の困難さを物語るものであり、今回指摘した幾多の問題点を中心に焦点を絞った調査、研究が今後望まれる。

謝 辞

26年にもわたる一連の試験を続行する過程で、数多くの方々のご協力はもとより貴重なご意見、ご指導等を戴いたことは言うまでもない。

すなわち、

元林業試験場	土壤部長	橋本 与良博士
〃	場長	松井 光瑤 〃
〃		故 森下 義郎 〃
〃	東北支場長	山谷 孝一 〃
〃	東北支場育林部長	古川 忠氏
〃	〃造林第1研究室長	渡辺 操 〃
〃	〃造林第1研究室長	大鹿糠春蔵 〃

林業試験場	土壤部長	原田 洸博士
ク	東北支場長	早稲田 収 ク
ク	東北支場育林部長	三上 進 ク

がその方々であり、ここに心から謝意を表するものである。

引用文献

- 1) 岩崎正明・大鹿糠春蔵：堆肥の施用量が苗畑土壤および生産苗木におよぼす影響（第2報）—堆肥の連用がスギ床替苗におよぼす影響について—，林業試験場東北支場年報，10，206～210，（1969）
- 2) 岩崎正明・及川伸夫：堆肥の連用が苗畑土壤及び苗木に及ぼす影響，24回日林東北支講，25～27，（1972）
- 3) 岩崎正明：堆肥の連用が苗畑土壤および苗木に及ぼす影響，林業試験場東北支場たより，163，1～4，（1975）
- 4) 岩崎正明：堆肥連用土壤における炭酸ガス濃度について（予報），林業試験場東北支場年報，18，100～103，（1977）
- 5) 岩崎正明・及川伸夫：堆肥の施用量が苗畑土壤および生産苗木に及ぼす影響（第3報），林業試験場東北支場年報，20，89～96，（1979）
- 6) 岩崎正明・及川伸夫・渡辺 操：堆肥の施用量が苗畑土壤および生産苗木に及ぼす影響（Ⅳ）—20年間施用の効果について—，94回日林論，431～432，（1983）
- 7) 岩崎正明：苗畑に長期間わら堆肥を施用した場合の2・3の問題点について，林業試験場東北支場たより，269，1～4，（1984）
- 8) 草葉敏郎・堀田成雄：堆肥の連続施用と床替苗木の生長，岩手県林試成果報告，5，1～7，（1973）
- 9) 草葉敏郎：堆肥の連年施肥効果，岩手県林試成果報告，7，1～4，（1975）
- 10) 草葉敏郎：苗畑の連作障害防止について，岩手の林業，315，8～9，（1984）
- 11) 及川伸夫・岩崎正明：堆肥の連年施用が苗畑土壤に及ぼす影響，86回日林論，189～191，（1975）
- 12) 大鹿糠春蔵・佐々木茂：マグネシウム欠乏苗畑における施肥試験，林試青森支場研究だより，54，1～3，（1955）
- 13) 大鹿糠春蔵・岩崎正明・及川伸夫・高橋留八：堆肥の施用量が苗畑土壤および生産苗木に及ぼす影響（第1報），林業試験場東北支場年報，7，62～67，（1966）
- 14) 佐々朋幸：汚泥堆肥施用量の多少がアカマツ苗木の根系生長に及ぼす影響，94回日林論，219～220，（1983）
- 15) 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，53年度研究発表会資料，97～99，（1978）
- 16) 塘 隆男：わが国主要造林樹種の栄養および施肥に関する基礎的研究，林試研報，137，1～158，（1962）

*Experiments on Long-term, Continuous Application
of Straw Compost in the Nursery of Tohoku Branch,
Forestry and Forest Products Research Institute*

Masa'aki IWASAKI⁽¹⁾, Nobuo OIKAWA⁽²⁾ and Tomoyuki SASSA⁽³⁾

Summary

It is most important to carry out nursery practice with accuracy, for reliable production of the best seedlings without a drop in nursery soil fertility. The application of straw compost is indispensable for soil improvement and it is expected to research its most effective use.

Since 1961 when the nursery was settled in our institute, we analysed, every 5 years, the changes in the physical and chemical properties of the soil and measured every year the growth conditions of Sugi seedlings and Akamatsu seedlings grown in the nursery where different amount of compost were used. In this period, checks of soil nematoda, measurement of soil respiration rate and others were also made as the occasion demanded. As the result, we have listed the following 3 topics

1. *Changes of the physical and chemical properties of the soil*

With an increase in the applied amount of compost, the solid phase decreased and the aerial phase increased conversely in the soil. In other words, the soil with compost was porous in comparison with soil without compost. This means the soil physical properties were improved. At the same time, with an increase in the applied amount of compost, the soil pH became higher and the amount of exchangeable bases also increased. This means the soil chemical properties were improved.

2. *Growth conditions of Sugi seedlings*

Application of compost was very effective for the growth of Sugi seedlings. Those grown in the soil with a large amount of compost were very resistant to damage from dryness and Mg deficiency disease. These problems are often found in those grown in soil without compost.

3. *Growth conditions of Akamatsu seedlings*

The effect of compost on this species was not clear in comparison with that of Sugi seedlings. Seedlings grown in the soil with a large amount of compost did not grow well.