

塩素酸ソーダが苗木の根端の呼吸能に与える影響

齋 藤 明⁽¹⁾Akira SAITO : Influences of NaClO_3 on Respiratory
Functions of Root-Apices of Seedlings

要 旨：苗木に対する各種の処理が除草剤に対する抵抗性にどのような影響を与えるかを検討するために、追肥とかその他の処理をほどこして育成したスギ、ヒノキ、クロマツの床替え苗の根端の呼吸能、ならびにこれらの苗木の根系を NaClO_3 液に浸漬処理した場合の処理後の根端の呼吸能を、ワールブルグ検圧計（測定温度、 33°C ）を用いてしらべ、次の諸点をあきらかにした。

- 1) スギ、ヒノキとも、根端の呼吸能が低いものほど NaClO_3 液処理による呼吸能の障害が少ない。
- 2) 追肥はヒノキ苗の根端の呼吸能に影響を与え、カリ (15 g/m^2) が呼吸能を促進する傾向にあるが、スギ苗に対しては大きな影響を与えない。
- 3) スギ、ヒノキとも、苗木に対する苦土石灰と肥料3要素の追肥量のバランスが、根端の呼吸能の NaClO_3 液処理による障害の程度に大きく影響を与える。
- 4) ボルドー液を散布した苗木は、 NaClO_3 液処理による根端の呼吸能の障害が大きい。また、地上部の NaClO_3 液噴霧処理によっていちじくしい落葉をみとめるようになる。

は じ め に

造林地の地ごしらえ、下刈りまたは苗畑での除草の省力化のために、除草剤の使用が盛んに行なわれてきた。また一方では、生産力増強のために植栽木に対する肥培、あるいは健苗育成のための施肥が行なわれている。このような肥培林地の地ごしらえ、下刈りまたは施肥を行なった苗畑で除草剤を用いるときには、肥料と除草剤の拮抗作用とか相乗作用などによって、肥料の種類が植栽木とか苗畑の除草剤による薬害に、大きく影響を与えることが考えられる。

さらに今日では、除草剤の使用に対する批判が大きい。したがって、これからは除草剤の使用量をごく少量にとどめるとか、あるいは全く新しい、人畜に毒性のない除草剤の開発などに期待するところが大きい。

本報告では、苗畑とか造林地での施肥とか、除草剤以外の農薬の散布が、苗木の除草剤による障害にどのように影響するかを知るために、主として苗木の根端の呼吸能から検討した。

本実験は四国支場在動中に行なったもので、この実験の遂行に際してご援助いただいた林試四国支場の安藤 貴造林研究室長、またこの研究のとりまとめに際して、貴重など助言をいただいた林試九州支場の吉本 衛育林部長、大山浪雄育林第一研究室長、尾方信夫育林第二研究室長、また鹿児島大学徳重陽山教授に深くお礼申し上げる。

I NaClO_3 が追肥をほどこした苗木の根端の 呼吸能に与える影響

林地用除草剤には、その作用特性が非選択的な性質をもつものが多い。そのために地ごしらえ用としては使用できても、造林地の下刈り用として用いるときには、植栽木に対する薬害を考慮しなければならない。とくに土壤中での移行性が大きい除草剤とか、残効性のいちじるしい除草剤では、根部接触あるいは吸収移行による薬害が問題である。しかし、大林ら⁸⁾は、ササ生地にスギ、ヒノキを植栽し、その翌年に下刈り用として塩素酸ソーダ除草剤を散布した場合に、散布後 2～3 か月間は軽い薬害が現われたが、やがて回復したことを報告している。 NaClO_3 に関するかぎり、造林木に対する薬害をそれほど問題になくともよい場合も考えられる。

一般に、薬害を最少限におさえるためには、薬剤との接触をさけたり、粉剤よりは粒剤を用いたり、造林木の樹種品種の選択などがあげられるが、一方では林地に対する除草剤と肥料の混用がある。すなわち、除草剤による生育阻害を施肥によって成長促進し、補完しようとするものである。須崎⁹⁾¹⁰⁾は、 NaClO_3 と $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ の混用は、その効果がすぐれており、とくに当年生のアヤスギに対するスポット散布の効果がいちじるしく、下刈り区に比べて 3 倍近くも成長を促進したことを報告している。

ここでは、 NaClO_3 が苗木の呼吸能に障害を与えるものと考え、あらかじめ各種の施肥をおこなって育成したスギ、ヒノキの床替苗について、その根端の呼吸能の除草剤による障害に、どのように肥料の施用が関与するかを調べた。なお、実際に除草剤を除草目的に用いるときには、 NaClO_3 の地中における酸化還元のプロセスを無視できないが、ここでは苗木の根系または根端に直接 NaClO_3 液の処理を行なったものを中心にして述べる。

I-1. 肥料の種類による違い

I-1-1. 実験目的と実験方法

各種の追肥をほどこして育成したスギ、ヒノキの床替苗について、ワールブルグ検圧法でその根端の呼吸能を比較するとともに、 NaClO_3 液の処理が根端の呼吸能におよぼす影響を比較した。

林試四国支場の苗畑で、Table 1 に示した施肥条件下で育苗したスギ、ヒノキの 1 回床替苗を実験に用いた。なお、床替え時の基肥として、オガクズ堆肥 $5,000 \text{ g/m}^2$ 、リン安カリ ($\text{N} : \text{P}_2\text{O}_5 : \text{K}_2\text{O} = 10 : 14 : 13$) 37 g/m^2 を施した。本報告中、苗畑で育苗したものはすべてこの方法に準ずる。

上記の苗木を、1968 年の 8 月から 9 月初旬にかけて掘り上げ、その根端の呼吸量を調べた。

呼吸量の測定方法の概要は次のとおりである。供試苗木は、少なくとも測圧開始の 24 時間前に掘り上げて根系をよく洗い、水道水につけた。この際、十分に空気を送りこんだ。また、根端を測定容器内で、はじめて除草剤液に浸漬処理する場合をのぞいて、他はこの水道水につけたあとに、所定濃度の除草剤液に一定時間苗木の根系を浸漬処理した。

苗木の根端を 1 cm 長さに切りとり、その生重 1 g 相当量を秤量、これをワールブルグ測定容器の主室に脱イオン水 2.0 ml とともに入れ、 CO_2 の吸収剤として 0.3 ml の 20% KOH 液を副室に、側室には除草剤液に根端が接触した直後の呼吸の変化を調べるときに、所定濃度の除草剤液 1.0 ml を入れ（必要のないときには、1.0 ml の脱イオン水を入れる）、 33°C の温度条件で測圧した。測圧は容器を恒温水槽に入れ、モーターを始動させたあと少なくとも 10 分経過してから開始した。

Table 1. 実験用 1 回床替苗の育成
Fertilizer treatments of sample transplanted seedlings
(2 years-old SUGI and HINOKI seedlings)

追肥区別* Fertilizer treatments on 17, May, 1968	追肥量 Amounts g/m ²				供試個体数 Numbers		備考 Notes
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	$\frac{\text{MgO}}{\text{CaO}+\text{MgO}}$	SUGI	HINOKI	
(a) 無追肥の苗木 Unfertilized					63	84	苗畑育苗 Nursery practice スギ：宇和島 3 号 精英樹クローン
(b) カリ単用の苗木 Fertilized with K			15		56	56	ヒノキ：実生苗
(c) 苦土石灰施用の苗木 Fertilized with only Magnesia lime				$\frac{13\sim33}{52\sim68}$	56	56	播種：1967.3 サンキ 床替：1968.3
(d) 肥料 3 要素施用の苗木 Fertilized with N, P, K	12	17	16		56	56	供試：1968.8~9

* 表層土と混和。

実験は各追肥区ごとに 3 個体について行ない、その平均値をその追肥区の呼吸量とした。

なお、根端を生重で 1.0 g 相当量とったが、測圧終了後絶乾にし、絶乾重量 1 mg あたりの呼吸量 (μl) として表示した。

I-1-2. 実験結果

a) NaClO₃ 液無処理苗の根端の呼吸

追肥条件の違いによる根端の呼吸能は、Table 2, 3 に示した値を得た。呼吸の推移は、少なくとも測圧開始後 60 分間は単位時間あたり一定であった。

Table 2 から、スギの呼吸量は追肥の種類によって異なり、多いものから順にあげると、 $\text{N}+\text{P}_2\text{O}_5+\text{K}_2\text{O}(\text{d}) > \text{K}_2\text{O}(\text{b}) > \text{無追肥}(\text{a}) > \text{MgO}+\text{CaO}(\text{c})$ であった。しかし、分散分析の結果、5% 水準で有意差が認められない程度の違いであった。ヒノキでは、 $\text{K}_2\text{O}(\text{b}) > \text{MgO}+\text{CaO}(\text{c}) > \text{N}+\text{P}_2\text{O}_5+\text{K}_2\text{O}(\text{d}) > \text{無追肥}(\text{a})$ であって、無追肥区と追肥区間および追肥区相互間に 5% 水準で有意差が認められた。また樹種間では、肥料 3 要素追肥区 (d) で違いがほとんどなかったが、他の追肥区 (a~c) では相対的にヒ

Table 2. 無処理苗の根端の呼吸
Respiration by root-apices of 2 years-old seedlings of
SUGI and HINOKI (in case of normal oxygen level)

追肥区別 Fertilizer treatmens	呼吸量 Respiratory amount ($\mu\text{l}/\text{mg}/\text{hr}$)							
	スギ SUGI				ヒノキ HINOKI			
	1	2	3	Means	1	2	3	Means
(a) 無追肥の苗木 Unfertilized	0.60	0.81	0.64	0.68	0.70	0.69	0.72	0.70
(b) カリ単用の苗木 Fertilized with only K	0.51	0.63	0.69	0.61	0.96	0.98	0.94	0.96
(c) 苦土石灰施用の苗木 Fertilized with Magnesia lime	0.56	0.49	0.48	0.51	0.82	0.67	0.92	0.80
(d) 肥料 3 要素施用の苗木 Fertilized with N, P, K	0.69	0.68	0.79	0.72	0.66	0.75	0.76	0.72

Table 3. 呼吸についての分散分析
Analysis of variance of respiration

要 因 Factor	自 由 度 d. f.	平 方 和 Sum of squares	平 均 平 方 Mean square
ス ギ SUGI			
反 復 Repetition	2	100.17	50.09
処理間 Between treatments	3	772.22	257.41
対 照 Control—追肥 Fertilizers	1	110.35	110.35
追肥間 Between fertilizers	2	661.87	330.93
誤 差 Error	6	428.53	71.43
全 体 Total	11	1300.92	
ヒ ノ キ HINOKI			
反 復 Repetition	2	87.50	43.75
処理間 Between treatments	3	1224.25	408.08*
対 照 Control—追肥 Fertilizers	1	404.69	404.69*
追肥間 Between fertilizers	2	819.56	409.78*
誤 差 Error	6	302.50	50.42
全 体 Total	11	1614.25	

* Significant at 5% level.

ノキの呼吸が高い傾向にあった。

b) 根系を NaClO_3 液に浸漬した場合の根端の呼吸

Table 1 のスギ、ヒノキの苗木の根系を、地上部をつけたままの状態では 3.00% の NaClO_3 液に浸漬してから、3 時間、17 時間、66 時間経過ごとに葉液からとり出してよく水洗し、各追肥区ごとに根端の呼吸量を調べた。この場合にも測定容器の側室には、 NaClO_3 液を入れていない。

スギ、ヒノキの各追肥区ごとに

$$\frac{\text{処理個体の呼吸量 } (\mu\text{l/mg/hr})}{\text{無処理個体の呼吸量 } (\mu\text{l/mg/hr})} \times 100$$

によって、根端の呼吸能の葉液処理による影響を示したのが Fig. 1 である。タテ軸に根端の呼吸量の指数、ヨコ軸に葉液浸漬処理時間をとってある。

苗木の根系を 3.00% NaClO_3 液に浸漬処理すると、処理時間が 17 時間までは比較的すみやかに根端の呼吸能が阻害されるが、その後ゆるやかに進行するようだ。ただし、66 時間での供試個体はすべて針葉が退色し、葉害がみとめられた。そのなかで、葉液処理による根端の呼吸能の阻害率のいちじるしいものからあげると、スギでは $\text{N} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O}(\text{d}) > \text{無追肥}(\text{a}) > \text{K}_2\text{O}(\text{b}) > \text{MgO} + \text{CaO}(\text{c})$ であり、ヒノキでは $\text{K}_2\text{O}(\text{b}) > \text{MgO} + \text{CaO}(\text{c}) > \text{無追肥}(\text{a}) > \text{N} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O}(\text{d})$ であった。

葉液処理直後の呼吸能の推移を調べる必要から、測定容器の側室に最終処理液濃度が 0.50% となるように 1.50% の NaClO_3 液 1.0 ml を入れて、測定容器内ではじめて根端を葉液で処理した場合の、処理直後 60 分間の呼吸能の推移を調べたのが、Fig. 2, 3 である。 NaClO_3 液を入れたブランクの圧変化を調べた結果、 NaClO_3 液を入れないブランクの圧変化と同じであったので、各測定値は NaClO_3 液を入れないブランクの圧変化で補正して、それぞれの呼吸量とした。

スギ (Fig. 2) では、呼吸量が葉液処理によって一時的に各追肥区とも無処理のレベル (100) よりも低下するが、その後しだいに高進し、とくに苦土石灰追肥区では、20 分あるいは 30 分経過後に無処理のレ

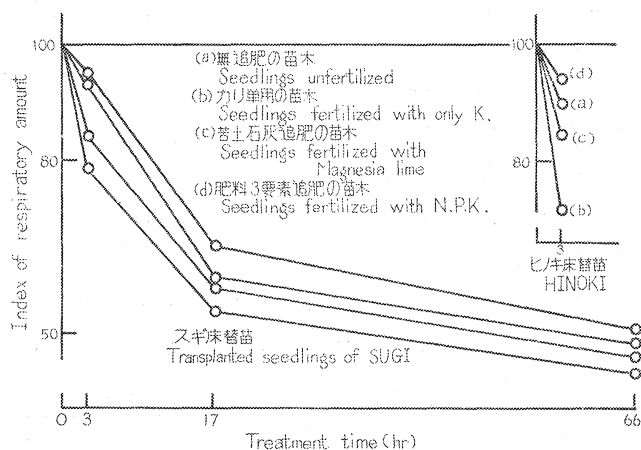


Fig. 1 根端の 3.00% NaClO_3 液処理による呼吸の変化
Changes of respiration of root-apices following 3.00% NaClO_3 solution treatment.

Fig. 2 スギ床替苗の根端の 0.50% NaClO_3 液処理による呼吸の変化
Changes of respiration following 0.50% NaClO_3 solution treatment in root-apices of SUGI seedlings.

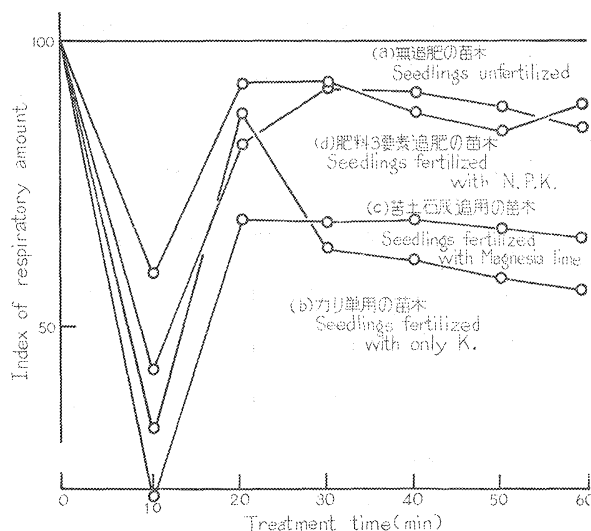
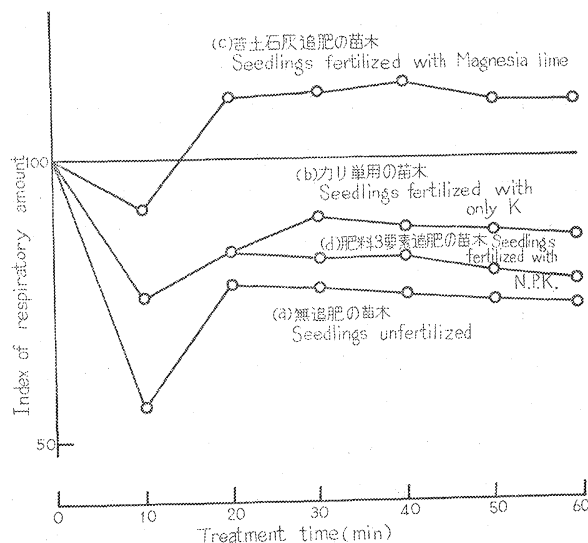


Fig. 3 ヒノキ床替苗の根端の 0.50% NaClO_3 液処理による呼吸の変化
Changes of respiration following 0.50% NaClO_3 solution treatment in root-apices of HINOKI seedlings.

ベルよりも高進する時期があり、その後ゆるやかに低下しはじめる傾向を示した。そのなかで、経時的に処理直後の抑制期での低下の程度がいちじるしく、しかも高進期での高進の程度が少ないものからあげると、無追肥(a) > N+P₂O₅+K₂O(d) > K₂O(b) > MgO+CaO(c) であった。一方、ヒノキ (Fig. 3) でも、処理による呼吸量の推移は、スギ (Fig. 2) の場合と類似した傾向を示したが、薬液添加直後の低下の程度がスギよりもいちじるしい傾向にあった。また高進期においては、スギよりも低い。呼吸が安定するのは、30分経過してからで、この時点での呼吸量を阻害率のもっともいちじるしいものからあげると、K₂O(b) > MgO+CaO(c) > N+P₂O₅+K₂O(d) > 無追肥(a) であった。

薬液処理直後の呼吸の低下が、はたして真に呼吸の低下を意味するのか、それとも NaClO₃ が根端などの有機物にふれることにより分解し、O₂ を発生したのか、KOH に吸着されないその他のガス発生があったのか、または呼吸に無関係の CO₂ の発生があったかどうかが問題であった。そこで、スギ、ヒノキの苗木の根端 1g 相当量を一夜 80℃ で乾燥したものについて、上記と同様の方法で薬液処理を行ない、処理直後の圧変化を調べた。その結果、処理直後 2～3 分内に 35 μl/mg (乾重) 程度の急激な圧の高まりがあったが、処理後 8 分程度経過するとブランクとほぼ同じ程度に回復した。その後は、30 分間に 10 μl/mg 程度の圧の減少をみとめた。したがって、薬液処理直後に KOH 液とか脱イオン水に吸着されるような、ある種のガスの急激な放出があったものと考えられる。

なお、Table 1 の各苗木の供試年の伸長量は、Table 4 に示すとおりであった。有意性の検定を行っていないが、スギの苦土石灰追肥の苗木(c)、肥料3要素追肥の苗木(d)で成長が旺盛であるといえるようだ。

I-1-3. 考 察

スギ、ヒノキの苗木に、NaClO₃ 液を処理すると、根端の呼吸能が処理直後に低下するが、直ちに回復し、その後また低下しはじめる傾向を示した。

追肥の種類を MgO+CaO(c) と K₂O(b) のグループ、N+P₂O₅+K₂O(d) と無追肥(a) のグループに大別するとき、前者のグループは後者のグループより、3.00% 液により長時間処理 (Fig. 1) しても、また最終処理液濃度 0.50% 液による処理直後 (Fig. 2, 3) でも、常に高い呼吸量を示す傾向がみられる。このことは、処理直後の呼吸量の順位が、処理時間を延長しても大きくは変わらないことを暗示している。したがって、処理後 60 分間の呼吸量の推移から、NaClO₃ に対する低抵抗性の比較がある程度可能で

Table 4. 苗木の伸長量
Mean height growth of 2 years-old seedlings of SUGI and HINOKI

追 肥 区 別 Fertilizer treatments	平 均 伸 長 量 Mean height growth from 5, June to 5, Aug., 1968 (cm)	
	ス ギ SUGI	ヒ ノ キ HINOKI
(a) 無追肥の苗木 Unfertilized	19.7 (100)	11.9 (100)
(b) カリ単用の苗木 Fertilized with only K	22.1 (112)	11.4 (96)
(c) 苦土石灰施用の苗木 Fertilized with Magnesia lime	25.4 (130)	12.3 (104)
(d) 肥料3要素施用の苗木 Fertilized with N, P, K	25.3 (129)	11.4 (96)

あるかもしれない。さきにのべたように、KOH とか脱イオン水に吸着されるような、呼吸に由来しないガスの発生が問題であるが、薬液処理直後の呼吸阻害の程度が軽く、しかもその後の回復期で指数 100 (無処理のレベル) に近い推移を示す苗木が、 NaClO_3 の影響をうけにくい場合が考えられる。したがって、この実験に関するかぎり、スギでは $\text{MgO} + \text{CaO}$ か K_2O を施した苗木 (c, b), ヒノキではこれと逆に $\text{N} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O}$ を施した苗木 (d) か無追肥の苗木 (a) で、 NaClO_3 による呼吸阻害をうけにくいといえるかもしれない。

この樹種間のちがいは、スギよりもヒノキの方が、土壤酸性に対する抵抗性が強い¹²⁾ことと関係があるのかもしれない。また、スギでは、 MgO をある程度要求する¹⁴⁾が、ヒノキはこれをそれほど要求しないことを意味するのかもしれない。

NaClO_3 液処理によって常に無処理のレベルに近い呼吸の推移を示す追肥区の苗木は、Table 2 に示した NaClO_3 液無処理の場合の呼吸量が少ない。こういったことも、一つの側面としてあげられるようだ。

NaClO_3 を苗木の根系に処理すると、2% 濃度の処理で 24 時間を過ぎたあとに、はげしく呼吸量が低下するという報告¹⁴⁾がある。しかし、この実験では 2~3 時間で呼吸量の低下がみられる。薬液処理による呼吸増がそれほどあきらかでなく、除草剤で枯死するまでの間に、その前段階として呼吸増がみとめられるという報告とは幾分か違った傾向にあったが、 NaClO_3 液の濃度が 3.00% (Fig. 1) と高いことに起因するのかもしれない。

I-2. 肥料 3 要素の施用量による違い

I-2-1. 実験目的と実験方法

NaClO_3 液処理による苗木の根端の呼吸阻害が、追肥の種類によってその程度がことなり、とくに肥料 3 要素を追肥した苗木と苦土石灰だけを追肥した苗木でいちじるしい違いを認めたので、ここではとくに肥料 3 要素に焦点をしばって、その追肥量をいろいろと変えた場合の呼吸量の違いについて検討した。

林試四国支場の苗畑で、Table 5 に示した要領で育成したスギ、ヒノキの 1 回床替苗のうち、その (a) (d) (g) の苗木をこの実験に用いた。これらの苗木を 1969 年の 9 月に掘りとりて供試した。

I-2-2. 実験結果

a) NaClO_3 液無処理苗の根端の呼吸

NaClO_3 で処理しなかった個体の根端の呼吸量を、各追肥区ごとに 60 分間の呼吸量として示したのが Table 6 である。

スギの呼吸量は、追肥区間に 5% 水準で有意差が認められなかった。また樹種間の違いもあきらかでない。なお、肥料 3 要素倍量追肥を行なったヒノキの苗木 (g) は、夏の気温上昇とともに立枯れ状態となり、供試できなかった。

b) NaClO_3 液に浸漬処理した根端の呼吸

ついで、同じく Table 5 の (a) (d) (g) のスギ、ヒノキの苗木についてその根端だけを測定容器内で各種濃度の NaClO_3 液にそれぞれ浸漬処理し、その処理直後 60 分間の呼吸量の推移を調べた。スギの苗木の結果を Fig. 4, 5, 6 に、ヒノキの苗木の結果を Fig. 7, 8 に示した。

苦土石灰、肥料 3 要素追肥のスギの苗木 (Table 5 の a) の根端に最終濃度 0.25, 0.50, 1.00% 液処理を行なった場合、処理後の呼吸量の推移 (Fig. 4) をみると、0.25% 液処理で無処理のレベルにもつ

Table 5. 実験用 1 回床替苗の育成
Fertilizer treatments of sample transplanted seedlings
(2 years-old SUGI and HINOKI)

追肥区別 Fertilizer treatments N, P, K : 23, May, 1969 Magnesia lime : 10, May, 1969	追肥量 Amounts of fertilizer g/m ²				除草剤の散布量 Treatment of herbicide, NaClO ₃ (10, Aug., 1969) g/m ²	備考 Notes
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	$\frac{\text{MgO}}{\text{CaO} + \text{MgO}}$		
(a) 3要素, 苦土石灰施用の苗木 Fertilized with N, P, K and Magnesia lime	9	13	12	$\frac{29 \sim 51}{117 \sim 153}$	0	苗畑育苗 Nursery practice
(b) "	9	13	12	$\frac{29 \sim 51}{117 \sim 153}$	5	ヤナセスギ (実生) Yanasesugi
(c) "	9	13	12	$\frac{29 \sim 51}{117 \sim 153}$	7.5	ヒノキ(実生) Hinoki
(d) 肥料 3 要素施用の苗木 Fertilized with N, P, K	9	13	12		0	播種 : 1968.3
(e) "	9	13	12		5	床替 : 1969.3
(f) "	9	13	12		7.5	供試 : 1969.9
(g) 肥料 3 要素倍量施用の苗木 Fertilized with double N, P, K	18	26	24		0	供試個体数 : 90×9
(h) "	18	26	24		5	
(i) "	18	26	24		7.5	

Table 6. 無処理苗の根端の呼吸
Respiration by root-apices of 2 years-old seedlings of
SUGI and HINOKI (without the herbicide treatment)

追肥区別 Fertilizer treatments	呼吸量 Respiratory amount (μl/mg/hr)							
	スギ SUGI				ヒノキ HINOKI			
	1	2	3	Means	1	2	3	Means
(a) 3要素, 苦土石灰施用の苗木 Fertilized with N, P, K and Magnesia lime	0.69	0.81	0.69	0.73	0.58	0.76	0.70	0.68
(d) 肥料 3 要素施用の苗木 Fertilized with N, P, K	0.64	0.64	0.71	0.66	0.70	0.72	0.73	0.72
(g) 肥料 3 要素倍量施用の苗木 Fertilized with double N, P, K	0.65	0.58	0.85	0.69				

とも近い。0.50% 液処理となると一様に高進し、1.00% 液処理でもっとも呼吸能の阻害がいちじるしかった。肥料 3 要素追肥のスギ苗 (Table 5 の d) について調べた結果 (Fig. 5) では、Fig. 4 と比べて 1.00% 液処理でも呼吸の低下が認められず、逆にもっとも高進し、肥料 3 要素倍量追肥のスギ苗 (Table 5 の g) の結果 (Fig. 6) でも、同様に処理液濃度の違いによって呼吸の低下を認めたものがなかった。このように、各追肥区とも、処理後の呼吸量の低下あるいは促進の程度が、処理薬液の濃度によってかなり変化することがあきらかである。

ヒノキ苗の苦土石灰、肥料 3 要素混用区 (Table 5 の a) の呼吸の推移 (Fig. 7) は、どの薬液濃度でも処理後に呼吸が高進しなかった。さらに薬液濃度のちがいによる変化の幅が小さい。肥料 3 要素追肥の

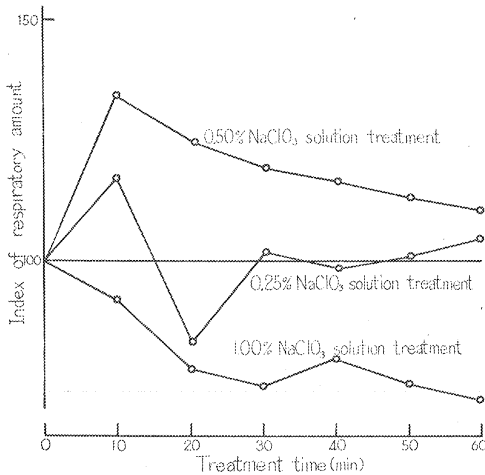


Fig. 4 苦土石灰, 肥料3要素追肥のスギ苗 (Table 5 の a) の根端の NaClO_3 液処理による呼吸の変化

Changes of respiration following NaClO_3 solution treatment in root-apices of SUGI seedlings (a in Table 5) fertilized with N, P, K and Magnesia lime.

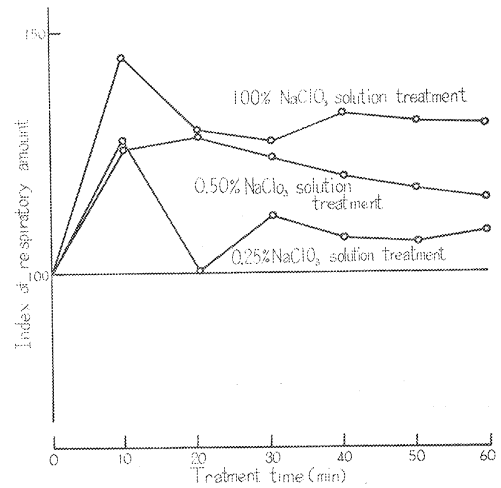


Fig. 5 肥料3要素追肥のスギ苗 (Table 5 の d) の根端の NaClO_3 液処理による呼吸の変化

Changes of respiration following NaClO_3 solution treatment in root-apices of SUGI seedlings (d in Table 5) fertilized with N, P, K.

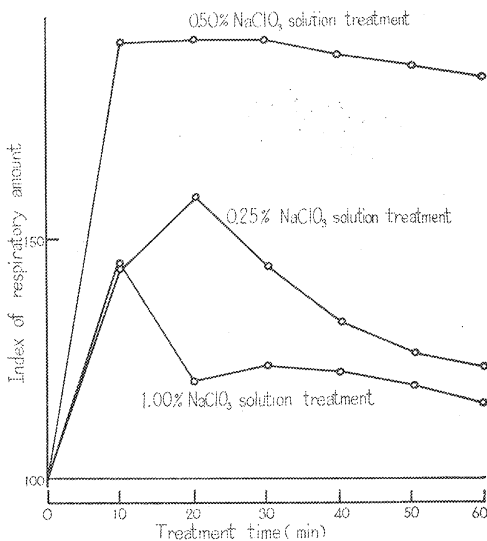


Fig. 6 肥料3要素倍量追肥のスギ苗 (Table 5 の g) の根端の NaClO_3 液処理による呼吸の変化

Changes of respiration following NaClO_3 solution treatment in root-apices of SUGI seedlings (g in Table 5) fertilized with double N, P, K.

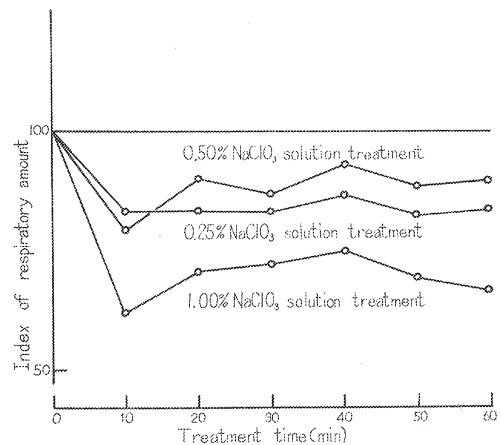


Fig. 7 苦土石灰, 肥料3要素追肥のヒノキ苗 (Table 5 の a) の根端の NaClO_3 液処理による呼吸の変化

Changes of respiration following NaClO_3 solution treatment in root-apices of HI-NOKI seedlings (a in Table 5) fertilized with Magnesia lime and N, P, K.

ヒノキ苗 (Table 5 の d) の結果 (Fig. 8) では、0.25% 液処理で異常と思えるほどのいちじるしい呼吸の高進があった。

I-2-3. 考 察

スギでは 0.50% 程度の薬液処理で呼吸が高進するが、一方のヒノキでは一定の傾向が認められない。すなわち、肥料 3 要素追肥の苗木 (d) では、0.25% 程度の薬液処理でいちじるしい呼吸量の高進が認められるが、苦土石灰、肥料 3 要素混用の苗木 (a) では、薬液濃度間の違いがあきらかでない。

樹種ごとに追肥の種類による違いを比較検討すると、次のようになる。スギについては、Fig. 4 ~6 から、肥料 3 要素追肥の苗木 (d) と苦土石灰、肥料 3 要素混用の苗木 (a) は、0.25% 液処理と 0.50% 液処理で 3 要素倍量追肥の苗木 (g) に比べ、比較的無処理のレベルに近いが、1.00% 液処理となると、(d) の苗木は幾分高進し、(a) の苗木は処理直後から直ちに阻害をうける傾向にある。肥料 3 要素倍量追肥の苗木 (g) は、低濃度での高進がいちじるしい。したがって、肥料 3 要素追肥の苗木 (d) で、 NaClO_3 による影響をうけにくいことが考えられる。さきの Table 1 の材料で行なった実験結果と一致しない。一方、ヒノキの苗木については、苦土石灰、肥料 3 要素混用の苗木 (a) は常に指数 100 よりも低下しているが、0.25% 液処理と 0.50% 液処理では、指数 80 前後のところにとどまっている。それが 1.00% 液処理となると、さらに低下を示す。肥料 3 要素追肥の苗木 (d) は、0.25% 液処理でもっともいちじるしい高進があり、ついで濃度が増すにつれて、しだいに低下し、障害が認められるようになる。したがって、低濃度処理で異常な高進をみせなかった苦土石灰、肥料 3 要素混用の苗木 (a) が、比較的 NaClO_3 液によって影響をうけにくい場合であると考えられる。この結論は、Table 1 を材料とした Fig. 3 の結果と一致しない。

樹種間の違いについては、塘¹²⁾があきらかにした養分の年間吸収量の違いとも関連するものと考えられる。

I-3. 苦土石灰の施用量による違い

I-3-1. 実験目的と実験方法

前項で、肥料 3 要素の追肥量を変えた場合の苗木について、 NaClO_3 液処理による処理後の根端の呼吸量の推移をあきらかにしたので、ここでは肥料 3 要素の追肥量を一定とし、一方の苦土石灰の施用量をいろいろと変えた場合に、各追肥区の呼吸量が NaClO_3 処理でどのように変化するかを調べた。

林試四国支場の苗畑で育成したスギの 1 回床替苗を、1969 年 3 月に 2 万分の 1 のポットに 2 個体ずつ移植し、Table 7 に示した施肥条件下で育成した 2 回床替苗を用いて、実験を行なった。ポットは、温室の

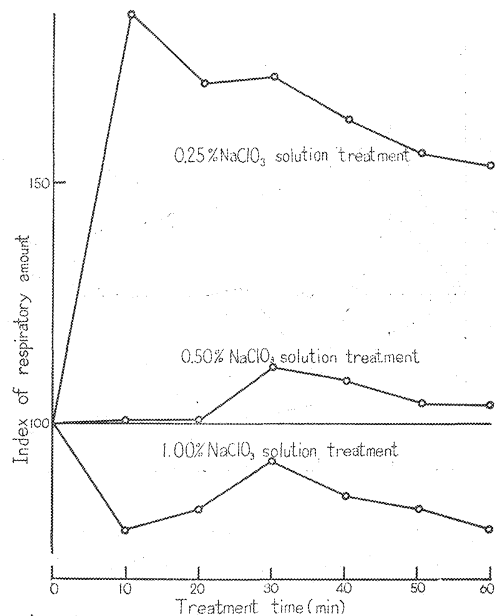


Fig. 8 肥料 3 要素追肥のヒノキ苗 (Table 5 の d) の根端の NaClO_3 液処理による呼吸の変化
Changes of respiration following NaClO_3 solution treatment in root-apices of HINOKI seedlings (d in Table 5) fertilized with N, P, K.

Table 7. 実験用 2 回床替苗の育成
Fertilizer treatments of sample transplanted seedlings
(3 years-old SUGI)

追肥区別 Fertilizer treatments N, P, K : 23, May, 1969 Magnesia lime : 10, May, 1969	追肥量 Amount of fertilizer g/pot				ボルドー液の葉 面散布 Top dressing of Bordeaux mixture (5 times, May- Sep., 1969)	備考 Notes
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO CaO+MgO		
(a) 肥料 3 要素施用の苗木 Fertilized with N, P, K	3	4	4	0		1/20000 pot
(b) 3 要素, 苦土石灰施用の苗木 Fertilized with N, P, K and Magnesia lime	3	4	4	$\frac{2\sim3}{8\sim10}$		2本/pot
(c) "	3	4	4	$\frac{3\sim4}{12\sim16}$		ヤナセスギ Yanasesugi
(d) "	3	4	4	$\frac{4\sim7}{17\sim21}$		ポット育苗 Potted seedlings
(e) "	3	4	4	$\frac{5\sim9}{21\sim27}$		播種: 1967.3 床替: 1968.3
(f) "	3	4	4	$\frac{6\sim11}{25\sim33}$		1969.3
(g) 肥料 3 要素施用の苗木 Fertilized with N, P, K	3	4	4	0	5 times	供試: 1969.9 供試個体数: 26×7

Table 8. 無処理苗の根端の呼吸
Respiration by root-apices of 3 years-old seedlings of SUGI
(without the herbicide treatment)

追肥区別 Fertilizer treatment	苦土石灰の追肥量 Amounts of Magnesia lime g/pot	呼吸量 Respiratory amount $\mu\text{l}/\text{mg}/\text{hr}$			
		1	2	3	Means
(a) 3 要素施用の苗木 Fertilized with N, P, K	0	2.22	2.19	1.44	1.95
(b) 3 要素, 苦土石灰施用の苗木 Fertilized with N, P, K and Magnesia lime	8~10	2.52	2.58	1.92	2.34
(c) "	12~16	2.46	2.22	1.80	2.16
(d) "	17~21	1.74	1.86	2.82	2.14
(e) "	21~27	1.68	1.62	1.92	1.74
(f) "	25~33	2.28	1.92	2.76	2.32
(g) ボルドー液散布の苗木 Sprayed with Bordeaux mixture	0	1.86	2.10	2.16	2.13

Table 9. 呼吸についての分散分析
Analysis of variance of respiration

要因 Factor	自由度 d. f.	平方和 Sum of squares	平均平方 Mean square
反復 Repetition	2	217.00	108.50
処理間 Between treatments	5	7886.50	1577.30
誤差 Error	10	19649.00	1964.90
全体 Total	17	27752.50	

(Note) Analysis of variance of oxygen consumption in seedlings fertilized with N, P, K and Magnesia lime from (a) to (f) of Table 8.

中で週 2 回の灌水を行なった。5 月初旬に苦土石灰の追肥、5 月下旬に肥料 3 要素の追肥を行なった。

なお、ポット移植に際しては、元肥を与えていないが、高知県土佐郡土佐村笹ヶ谷のスギ皆伐あと地の表層土を用いてある。この表層土は有機質が比較的多い。これらの苗木を、1969 年の 9 月に掘り上げて供試した。

I-3-2. 実験結果

a) NaClO_3 液無処理苗の根端の呼吸

最初に、各追肥区の根端の呼吸能が、苦土石灰の追肥量の違いによってどのように変化するかを調べた。その結果を Table 8, 9 に示した。なお、Table 7 のボルドー液散布個体についての結果は、II-1. の項で述べることにする。

呼吸量の多少の順位は、苦土石灰の追肥量ごとに列記すると、(b) $8 \sim 10 > (c) 12 \sim 16 > (a) 0 > (f) 25 \sim 33 > (d) 17 \sim 21 > (e) 21 \sim 27$ (g/ポット) となり、とくに $21 \sim 27$ g/ポット追肥区の (e) でもっとも少なかった。しかし、Table 9 からあきらかなように、5% 水準で有意差が認められない程度の違いであった。

b) NaClO_3 液に浸漬処理した根端の呼吸

ついで、Table 7 の施肥条件で育成したスギの苗木について、その根端を測定容器内で各種濃度の NaClO_3 液に浸漬処理した場合の、処理直後の呼吸量の推移を追肥区ごとに調べた。その結果が、Fig. 9 ~ 14 である。

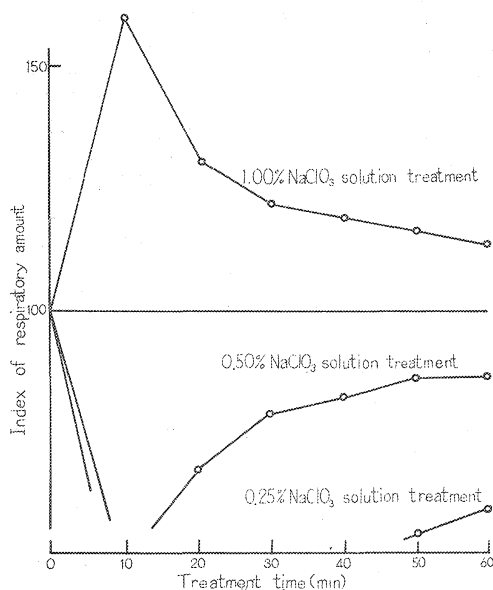


Fig. 9 肥料 3 要素追肥のスギ苗 (Table 7 の a) の根端の NaClO_3 液処理による呼吸の変化

Changes of respiration following NaClO_3 solution treatment in root-apices of SUGI seedlings (a in Table 7) fertilized with N, P, K.

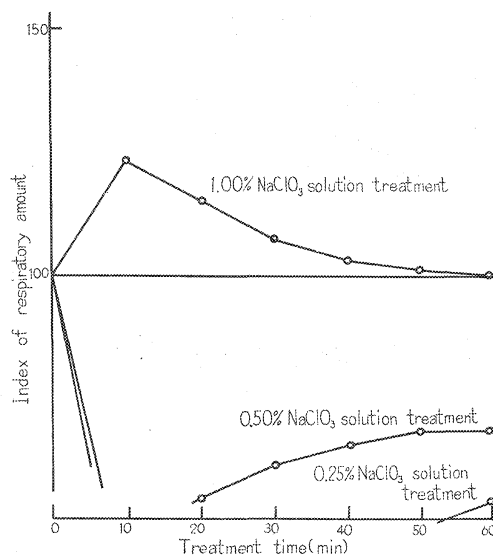


Fig. 10 苦土石灰 (8~10 g/pot), 肥料 3 要素追肥のスギ苗 (Table 7 の b) の根端の NaClO_3 液処理による呼吸の変化

Changes of respiration following NaClO_3 solution treatment in root-apices of SUGI seedlings (b in Table 7) fertilized with Magnesia lime (8~10 g/pot) and N, P, K.

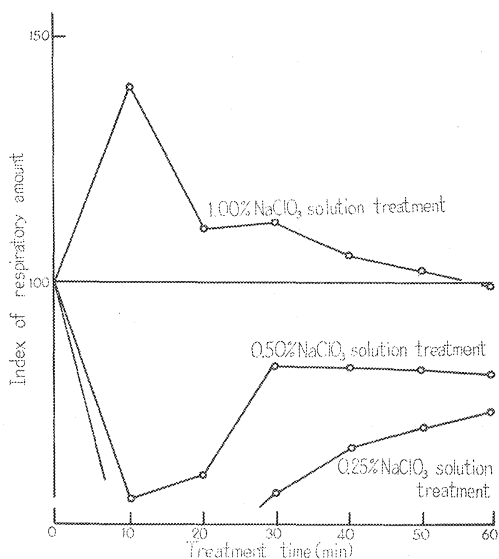


Fig. 11 苦土石灰 (12~16 g/pot), 肥料3要素追肥のスギ苗 (Table 7 の c) の根端の NaClO_3 液処理による呼吸の変化

Changes of respiration following NaClO_3 solution treatment in root-apices of SUGI seedlings (c in Table 7) fertilized with Magnesia lime (12~16 g/pot) and N, P, K.

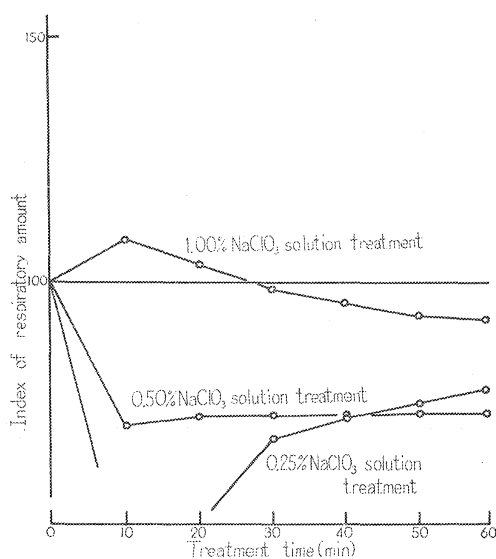


Fig. 12 苦土石灰 (17~21 g/pot), 肥料3要素追肥のスギ苗 (Table 7 の d) の根端の NaClO_3 液処理による呼吸の変化

Changes of respiration following NaClO_3 solution treatment in root-apices of SUGI seedlings (d in Table 7) fertilized with Magnesia lime (17~21 g/pot) and N, P, K.

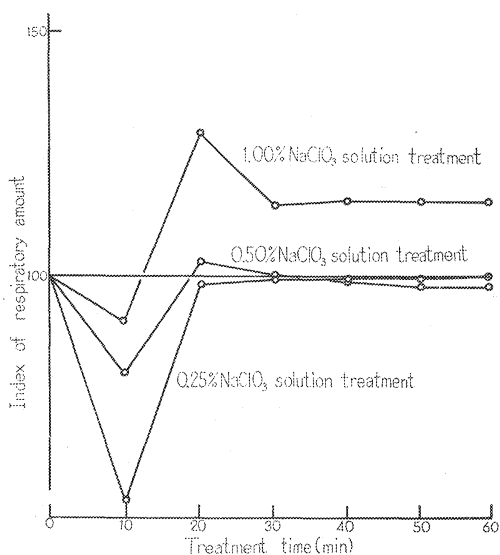


Fig. 13 苦土石灰 (21~27 g/pot), 肥料3要素追肥のスギ苗 (Table 7 の e) の根端の NaClO_3 液処理による呼吸の変化

Changes of respiration following NaClO_3 solution treatment in root-apices of SUGI seedlings (e in Table 7) fertilized with Magnesia lime (21~27 g/pot) and N, P, K.

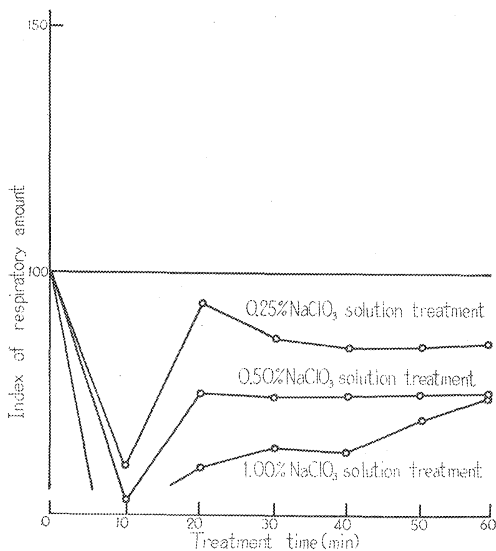


Fig. 14 苦土石灰 (25~33 g/pot), 肥料3要素追肥のスギ苗 (Table 7 の f) の根端の NaClO_3 液処理による呼吸の変化

Changes of respiration following NaClO_3 solution treatment in root-apices of SUGI seedlings (f in Table 7) fertilized with Magnesia lime (25~33 g/pot) and N, P, K.

Table 10. 苗木の平均伸長量
Mean height growth of 3 years-old seedlings of SUGI

追 肥 区 別 Fertilizer treatments	苦土石灰の追肥量 Amounts of fertilizer g/pot	平均伸長量 Mean height growth from 22, May to 9, Sep. cm
(a) 3要素施用の苗木 Fertilized with N, P, K	0	9.96
(b) 3要素, 苦土石灰施用の苗木 Fertilized with N, P, K and Magnesia lime	8~10	9.92
(c) "	12~16	11.13
(d) "	17~21	11.25
(e) "	21~27	13.71
(f) "	25~33	9.45
(g) ボルドー液散布の苗木 Sprayed with Bordeaux mixture	0	10.92

Table 11. 成長量についての分散分析
Analysis of variance of height growth of
transplanted seedlings in Table 10

要 因 Factor	自 由 度 d. f.	平 方 和 Sum of square	平均平方 Mean square
処理平均 Mean value of treatments	6	287.81	47.97**
個 体 Individuals	161	1380.67	8.58
全 体 Total	167	1668.48	

$F=47.97/8.58=5.59$ ** Significant at 1% level.

0.25% 液処理では、まず(e)と(f)などの苦土石灰多用区で、処理後の呼吸の抑制後に無処理のレベルにすみやかに回復した。ついで 0.50% 液処理でも、処理直後にすみやかに無処理のレベルまで回復をみたのは(e)であった。ただし、苦土石灰の追肥量が比較的少ない(c)とか、苦土石灰欠の(a)においても、50分経過すると割合に無処理のレベルに近づくようになった。1.00% 処理となると、総体的に濃度の低い薬液処理の場合よりも呼吸が高進し、無処理のレベルよりも高進するものが多くなっている。そのなかでも、薬液処理によってなお処理直後に一時的な呼吸量の低下が認められるのは、苦土石灰多用区の(e)(f)にしばられた。なかでも、この呼吸の低下後の回復がすみやかであったのは、(e)であった。したがって、各濃度の薬液処理によって処理後の呼吸能のレベルが、常に指数 100 に近いのは(e)ということになる。さらに、苦土石灰を少量しか施肥しなかった苗木は、1.00% 液処理での呼吸量の高進がいちじるしいが、逆に苦土石灰多用の苗木は、0.25% 液処理でもっとも無処理のレベルに近いパターンを示した。

なお、Table 7 の苗木の供試年における成長量は、Table 10 に示すように、(e)の苦土石灰 21~27 g 施用の苗木でもっともすぐれていた。その程度は Table 11 に示すように、1% 水準で有意であった。

I-3-3. 考 察

さきの I-2. の実験 (Fig. 4~8) と同様、処理後の呼吸能の推移が、薬液の濃度の違いによっていちじるしく違った。このことは、呼吸量から苗木の NaClO_3 による影響を比較検討する場合に、濃度のこと

なる薬液処理での処理後の推移を、比較する必要があることを暗示する。

苗木の NaClO_3 液による影響は、肥料3要素の施用量と苦土石灰の施用量のバランスによって、違いが生じることがわかった。さきの I-2. の実験でえられた結果とも一致する。スギの苗木に与える肥料3要素の施用量を変えた場合には、また違った結果をうることが考えられる。

(e) の苦土石灰 21~27 g/pot 施肥の苗木で、Table 8 に示した無処理の場合の呼吸量をもっとも少なかったのは、I-1, I-2 の実験結果とも一致する。ただし、Table 8 に示した無処理の根端の呼吸量は、さきに述べた結果 (Table 2, 6) と比べて多くなっているが、その理由はあきらかでない。

土壌の中性化は逆に他のいろいろ障害をもたらす¹⁸⁾ので、おのずと Ca の施用量には限界がある。したがって、いかなる場合にも塘¹⁹⁾が指摘するような、苗畑施肥における石灰必要量の算定に関する注意が必要である。

一般に、造林地では Ca が落葉落枝によって還元されるために、苗畑よりは多い。したがって、造林地では Ca をそれほど必要としない。スギの造林地に対する NaClO_3 と $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ の混用で、除草剤に対する抵抗性がおとろえない⁹⁾のは、こういった事情によると考えられる。あるいは、スポット散布によつたために、除草剤による生育阻害が軽度であつて、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ による効果がすぐれていたためなのかもしれない。

I-4. Ca 添加による違い

I-4-1. 実験目的と実験方法

苗木の根端の呼吸能に対する NaClO_3 液処理の影響が、追肥の種類でことなり、なかでも苦土石灰が重要な位置を占めていることがあきらかとなった。さらにここでは、処理時の NaClO_3 液に一定量の Ca イオンをあらかじめ添加しておいた場合に、その処理後の呼吸量が、Ca イオンの共存によってどの程度の影響をうけるかを調べた。

用いた材料は、すでに I-2. の実験で、その苗木の根端の呼吸が処理によって、どの程度の影響をうけるかを調べた Table 5 の (a)(d)(g) のスギ1回床替苗である。

I-4-2. 実験結果

Table 5 の (a)(d)(g) のスギ床替苗について、その無処理の苗木の根端の呼吸量については、すでに Table 6 に示してある。

これらのスギの苗木の根端を 0.50% 濃度の Ca 液 ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 使用) に浸漬したのち、その Ca 液に各種濃度の NaClO_3 液を加えて処理した場合の、処理直後 60 分間の呼吸量の推移を調べた。その結果を Fig. 15, 16, 17 に示す。さきの Fig. 4 のパターンが、Ca イオンの添加処理で Fig. 15 になり、Fig. 5 のパターンが Fig. 16 になり、Fig. 6 のパターンが Fig. 17 になったことになる。

Ca イオンを添加しない場合の処理による、呼吸量の推移で認められるレベルが、Ca イオンの添加処理でいちじるしく抑制されたのは、苦土石灰、肥料3要素混用区 (a) と肥料3要素倍量追肥区 (g) であった。一方の肥料3要素追肥区 (d) では、0.25% 液処理と 0.50% 液処理の低濃度処理の場合にかぎって、逆に Ca イオンの存在でいちじるしい高進を示した。

Ca イオンを添加しなかった場合 (Fig. 4~6) の処理後の呼吸量の指数が、常に高位にあるものから順にあげると、おおむね $2(\text{N} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O}) > \text{N} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O} > \text{N} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O} + \text{MgO} + \text{CaO}$ であったが、これが Ca イオンの添加処理によって $\text{N} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O} > 2(\text{N} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O}) > \text{N} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O} + \text{MgO} + \text{CaO}$

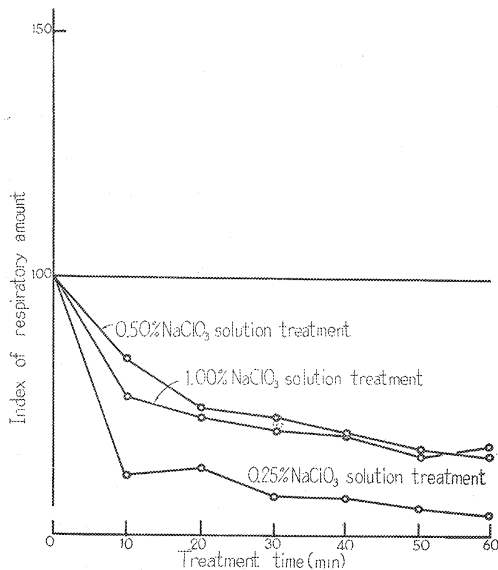


Fig. 15 苦土石灰, 肥料 3 要素混用のスギ苗 (Table 5 の a) の根端の Ca イオン添加 NaClO_3 液処理による呼吸の変化

Changes of respiration following NaClO_3 solution treatment added Ca ion in root-apices of SUGI seedlings (a in Table 5) fertilized with Magnesia lime and N, P, K.

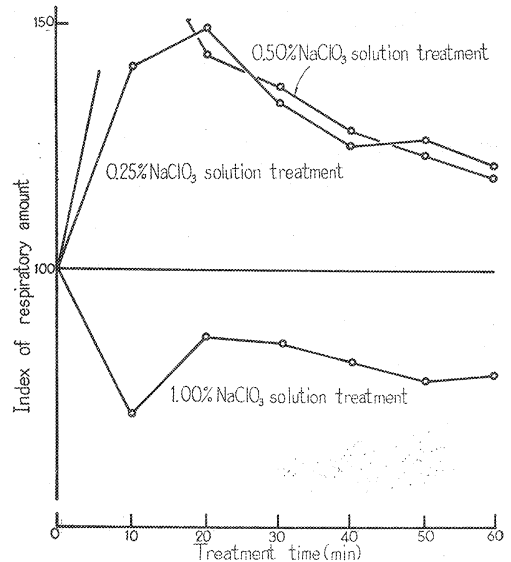


Fig. 16 肥料 3 要素追肥のスギ苗 (Table 5 の d) の根端の Ca イオン添加 NaClO_3 液処理による呼吸の変化

Changes of respiration following NaClO_3 solution treatment added Ca ion in root-apices of SUGI seedlings (d in Table 5) fertilized with N, P, K.

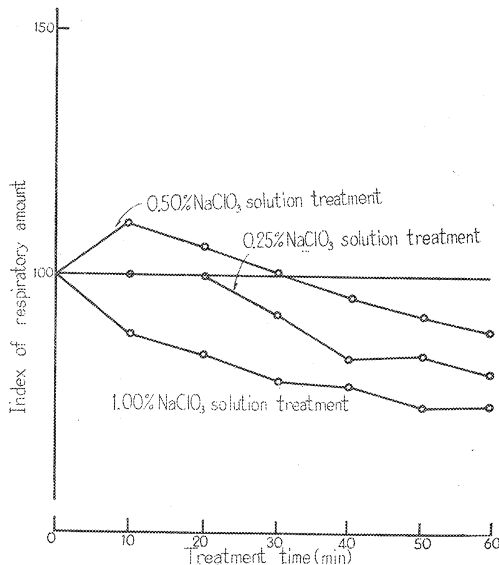


Fig. 17 肥料 3 要素倍量追肥のスギ苗 (Table 5 の g) の根端の Ca イオン添加 NaClO_3 液処理による呼吸の変化

Changes of respiration following NaClO_3 solution treatment added Ca ion in root-apices of SUGI seedlings (g in Table 5) fertilized with double N, P, K.

となり, 肥料 3 要素追肥の苗木 (d) と肥料 3 要素倍量追肥の苗木 (g) の順位がことになった。

I-4-3. 考 察

このように, 苦土石灰, 肥料 3 要素混用の苗木 (a), 肥料 3 要素追肥の苗木 (d) ならびに 肥料 3 要素倍量追肥の苗木 (g) の, Ca イオン無添加処理による処理後の呼吸量の推移が, 0.50% 濃度の Ca イオン添加処理によって 3 者 3 様の变化を示した。

苦土石灰, 肥料 3 要素混用の苗木 (a) は, Ca の添加処理によって, 低濃度 (0.25%) ですでに呼吸が阻害されるようになった。これは, Ca の過剰による障害であるかもしれない。

肥料 3 要素追肥の苗木 (d) は, 低濃度 (0.25%) 処理でも阻害されことなく, 逆に呼吸の高進が低濃度 (0.25%, 0.50%) 処理でとくにいちじるしくなった。この場合は, Ca の添加

が呼吸に障害を与えたことは事実であるが、この高進が何を意味するのかはこの実験だけでは判断できない。Ca が幾分過剰気味であったとも考えられる。

ついで、Ca を添加しなかった場合にいちじるしく高進を示した 肥料 3 要素倍量追肥の苗木 (g) は、Ca の添加処理で指数 100 にまで呼吸がもっとも接近する 傾向を示した。これは、Ca の添加が好結果を与えた場合であると考えられる。

この Ca の添加処理で、Ca がなんらかのかたちで、苗木の根端の NaClO_3 による呼吸阻害の程度に関与していることがあきらかとなった。Ca は、量的に多いと呼吸を阻害し、適当な濃度では NaClO_3 処理による呼吸阻害を緩和したり、呼吸を調節する一つの要因であると思われる。

I-5. 除草剤を土壌表面に散布した場合

I-5-1. 実験目的と実験方法

測定容器内で苗木の根端を NaClO_3 液で処理したときの、処理後の呼吸能の推移は、追肥の種類によっていちじるしくことになったが、苗木の除草剤に対する抵抗性を、根端の呼吸能からあきらかにするには、実際に苗床に除草剤の散布をし、除草剤の土壌表面散布が苗木の根端の呼吸能に与える影響をしらべ、比較検討する必要がある。

このような目的から、Table 5 の施肥条件で育成したスギ、ヒノキの 1 回床替苗について、1969 年 8 月 10 日に除草剤（クサトール 50 粉剤、 NaClO_3 50% 含有）の土壌表面散布を行なった。散布後約 1 か月してから、苗木を掘り上げて供試した。Table 5 の NaClO_3 の散布量は、 NaClO_3 の成分量として示してある。なお、除草剤の散布に際しては、除草剤が苗木にかからないように注意した。

I-5-2. 実験結果

Table 5 のように育成したスギ、ヒノキの苗木について、追肥の種類ごとに、また除草剤の散布量ごとに根端の呼吸量を調べたのが Table 12, 13 である。

スギの苗木では、除草剤を散布しない苗木よりも呼吸量が低下したのは、肥料 3 要素と苦土石灰混用区 (b, c) だけで、3 要素施用区 (e) をのぞいた他の追肥区はすべて高進した。Table 13 から、追肥の種類間に 1% 水準で有意差が認められているが、除草剤の散布量間には有意差が認められていない。一方のヒノキの苗木では、除草剤の散布により呼吸量はどの追肥区も高進した。除草剤の散布量間に 1% 水準で有意差がみとめられている。

除草剤を m^2 あたり 5 g 散布したときに、無散布個体の呼吸量に比較的近い値を示したのは、スギの肥料 3 要素追肥区 (e) であった。さらに、除草剤の散布量を増して m^2 あたり 7.5 g とすると、スギの肥料 3 要素と苦土石灰の混用区 (c)、ヒノキの肥料 3 要素と苦土石灰の混用区 (c) および肥料 3 要素施用区 (f) において、除草剤の散布による呼吸能への影響が少なかった。

I-5-3. 考 察

スギ、ヒノキの苗床に除草剤を散布すると、一般に苗木の根端の呼吸能をいちじるしく促進し、とくに肥料 3 要素を過剰に施用したスギの苗木でいちじるしい。この呼吸の促進は、除草剤が土壌中を移行し、根系に接触した結果であると考えられる。一方、スギの苗床にある程度の苦土石灰をあらかじめ施用しておく、Table 12 のスギの (b)(c) の呼吸能の低下から判断できるように、除草剤による薬害を回避できるものと考えられる。ヒノキの苗床では、逆に苦土石灰よりは肥料 3 要素の追肥が除草剤による影響を少なくすることが期待できるようだ。

Table 12. 除草剤散布による根端の呼吸の変化
Changes of respiration by root-apices of 3 years-old seedlings of
SUGI and HINOKI after herbicidal treatment to nursery soil

追肥区別 Fertilizer treatment	除草剤の散布量 Treatment of herbicide, NaClO ₃ g/m ²	呼 吸 量 Respiratory amount (μl/mg/hr)							
		ス ギ SUGI				ヒ ノ キ HINOKI			
		1	2	3	Means	1	2	3	Means
(a) 3要素, 苦土石灰施用の苗木 Fertilized with N, P, K and Magnesia lime	0	0.69	0.81	0.69	0.73	0.58	0.76	0.70	0.68
(b) "	5	0.79	0.48	0.65	0.64	0.98	0.86	1.00	0.95
(c) "	7.5	0.57	0.51	0.53	0.54	0.81	0.62	0.89	0.85
(d) 3要素施用の苗木 Fertilized with N, P, K	0	0.64	0.71	0.64	0.66	0.70	0.72	0.73	0.72
(e) "	5	0.63	0.64	0.70	0.66	1.01	0.83	0.87	0.85
(f) "	7.5	0.99	1.04	0.87	0.97	0.84	0.74	0.88	0.85
(g) 3要素倍量施用の苗木 Fertilized with double N, P, K	0	0.65	0.85	0.58	0.69				
(h) "	5	0.92	0.89	1.16	0.99				
(i) "	7.5	0.92	0.73	0.97	0.87				

Table 13. 呼吸についての分散分析
Analysis of variance of respirations

要 因 Factor	自 由 度 d. f.	平 方 和 Sum of squares	平 均 平 方 Mean square
ス ギ SUGI			
処理効果			
追肥 Fertilizer	2	2132.67	1066.34**
除草剤 Herbicide	2	440.67	220.34
追肥×除草剤	4	3342.66	835.67**
誤差 Error	18	2971.00	165.06
全 体 Total	26	7878.00	
ヒ ノ キ HINOKI			
処理効果			
追肥 Fertilizer	1	9.39	9.39
除草剤 Herbicide	2	1552.45	776.23**
追肥×除草剤	2	76.44	38.22
誤差 Error	12	986.00	82.17
全 体 Total	17	2624.28	

** Significant at 1% level.

これらの結果は、さきの I-2. の肥料3要素が苗木の呼吸能におよぼす影響の項であきらかにした結果とも一致しているようだ。

苗木の根端の呼吸をしらべた荻住ら⁴⁾の報告によると、スギの呼吸量は、6～7月にはば 1.70 (μl/mg 乾重/hr) といわれる。この実験でえられた値は、これよりも総体的に低い。これは、かれらが pH 6.0

のリン酸緩衝液で根端を浸漬して呼吸を調べていること、実験時期の違いなどによるものであろう。あるいは苗木を掘り上げてから、呼吸量を調べるまでの時間に違いがあるのかもしれない。

I-6. 総 括

NaClO_3 による苗木の根端の呼吸能障害が、苗木に対する追肥の種類と量によってどのような影響を受けるかを調べた。その結果、次のような諸点を明らかにできた。

I-6-1. 肥料の種類

1) Table 1 の施肥条件で育成したスギ、ヒノキの苗木の 60 分間の呼吸能をしらべたところ、Table 2, 3 の結果をえた。

2) Table 1 のスギ、ヒノキの苗木の根系あるいは根端を NaClO_3 液に浸漬処理し、処理後の呼吸能の推移を調べたところ、Fig. 1~3 の結果をえた。 NaClO_3 の影響をうけにくいものからあげると、スギでは $\text{MgO} + \text{CaO} > \text{K}_2\text{O} > \text{無追肥}$ または $\text{N} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O}$ で、ヒノキでは無追肥が $\text{N} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O} > \text{MgO} + \text{CaO} > \text{K}_2\text{O}$ であった。スギとヒノキでは逆の関係になった。

3) スギ、ヒノキとも、 NaClO_3 液に処理しなかった場合の呼吸能が低いものほど、 NaClO_3 による影響が少ない傾向を示した。

I-6-2. 肥料 3 要素の施用量

4) Table 5 のように育成したスギ、ヒノキの苗木について、その無処理個体の呼吸能は、Table 6 に示すとおりであった。

5) Table 5 の (a)(d)(g) のスギ、ヒノキの苗木について、その根端を各種濃度の薬液にそれぞれ浸漬処理した場合の、処理後の呼吸の推移を示したのが、Fig. 4~8 である。

6) スギでは比較的濃度の高い薬液の処理によって呼吸能が高進するが、ヒノキではこのような傾向が認められなかった。したがって、スギの方がヒノキよりも NaClO_3 による影響が少ない。

7) Table 5 の苗木のなかでは、スギの場合には、肥料 3 要素追肥の苗木 (d)、ヒノキの場合には苦土石灰、肥料 3 要素混用の苗木 (a) で NaClO_3 による影響が少ない。

8) スギ、ヒノキとも、肥料 3 要素の追肥量、ならびに苦土石灰と肥料 3 要素の追肥のバランスが苗木の NaClO_3 による影響の程度を決定するようである。

I-6-3. 苦土石灰の施用量

9) Table 7 のスギの苗木の根端の呼吸能が、苦土石灰の追肥量の違いによってどのように変化するかを調べたところ、Table 8, 9 のような結果をえた。呼吸能は、苦土石灰 21~27 g 追肥区 (e) でもっとも少なかったが、5% 水準で有意差が認められない程度の違いであった。

10) Table 7 のスギの苗木の根端を各種濃度の薬液に浸漬処理すると、その処理後の呼吸能の推移は、Fig. 9~14 に示すような結果をえた。もっとも NaClO_3 による影響が少なかったのは、(e) の苦土石灰 21~27 g 追肥の苗木であった。

11) したがって、無処理個体の呼吸能が低い 21~27 g 追肥の苗木で、もっとも NaClO_3 による影響が少ないという結果をえた。

I-6-4. Ca の添加処理

12) Table 5 の (a)(d)(g) のスギの苗木について、その根端を 0.50% 濃度の Ca イオン添加薬液で処理すると、その処理後の呼吸能の推移は、Fig. 15~17 となった。

13) Ca イオンを添加しない場合の処理による呼吸能の推移 (Fig. 4~6) と比べると, (d) の肥料 3 要素追肥の苗木をのぞいて他の苦土石灰, 肥料 3 要素追肥の苗木 (a) ならびに肥料 3 要素倍量追肥の苗木 (g) では, Ca イオンの添加処理によっていちじるしく呼吸能が低下した。

14) Ca は, NaClO_3 処理による呼吸能障害を少なくする作用をもっているようだ。

I-6-5. NaClO_3 除草剤の土壌表面処理

15) Table 5 のようにして育成したスギ, ヒノキの苗木について, 追肥の種類ごとに, また除草剤の散布量ごとに根端の呼吸能を調べたところ, Table 12, 13 のような結果をえた。

16) スギで, 除草剤を散布しなかった苗木よりも呼吸能が低下したのは, (b, c) の肥料 3 要素と苦土石灰混用の苗木だけで, 他の追肥区では高進した。一方, ヒノキの苗木ではどの追肥区とも高進した。

17) 苗床に対する除草剤の散布は, 苗木の呼吸増をまねき, 影響を与える。しかし, 苦土石灰を追肥した苗木に対しては, それほど大きな影響を与えなかった。

II NaClO_3 , AMS が他の農薬を散布した苗木の 根端の呼吸能に与える影響

苗木の育成の過程で重要なのは, 施肥設計と病害防除のための各種農薬の散布である。したがって, 除草剤に対する苗木の抵抗性を問題にする場合には, この両者との関連を検討しなければならない。施肥についてはすでに前項で明らかにしたので, ここでは病害防除農薬と除草剤の関連について検討した。

苗畑で散布回数の多い農薬にボルドー液がある。松島⁶⁾, 松島ら⁷⁾は, このボルドー液を温州ミカンに散布したあと亜硫酸ガスにさらすと, その後の降雨を境にしていちじるしい落葉現象を生ずることを明らかにした。松島⁶⁾によると, この現象はボルドー液散布個体で亜硫酸ガスと雨によって銅が遊離し, これが葉中に侵入し, 銅過剰による銅の薬害と亜硫酸ガスの両者の作用によって, 落葉がいちじるしく助長されるからであるという。これは, 亜硫酸ガスの直接害と銅による間接害の相乗作用を意味する。こういった銅そのものの影響もさることながら, ボルドー液には多量の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が使われるが, その一部は硫酸銅と結合して各種の沈でんを作り, 残りはそのままのかたちで存在するといわれる⁶⁾。したがって, 福田ら²⁾が明らかにしたように, ボルドー液中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ は, その一部は樹体各部から内部に吸収され, 組織中の Ca イオンのレベルを高める可能性もある。

一方, ブドウの葉にジベレリンを処理すると, 処理直後には呼吸の異常が認められるが, 処理後 3 日目には回復することが報告されている²⁾。この処理直後の異常呼吸は, ジベレリンがリンゴ酸脱水素酵素の活性を阻害したために生じた現象であるらしい。ジベレリンの散布をくりかえすときには, 体内成分とくに有機酸の含有量にある種のかく乱をおこしうものと考えられる。さらに, 賀田³⁾によって, ジベレリンが放射線による障害に対して, 拮抗的に働くことも明らかにされている。したがって, ジベレリンの散布によるこのような生体内のかく乱が, 薬剤に対する抵抗性の場合ではどのように関与するのか, 一つの問題点としてあげられるようだ。

ここでは, ボルドー液とかジベレリン液を苗木に葉面散布した場合に, その苗木の根端の呼吸量が除草剤液処理によってどのような影響をうけるかを検討した。

II-1. ボルドー液散布苗木について

II-1-1. 実験目的と実験方法

ボルドー液の葉面散布を行なった苗木について、その根端の呼吸能を調べるとともに、その根端に各種濃度の NaClO_3 液処理を行なった場合に、その呼吸能が処理によってどのような影響を受けるかを調べた。

林試四国支場の苗畑で育成したスギの1回床替苗を、1969年3月に2万分の1のポットに2個体ずつ移植し、Table 7 に示した要領で育成した2回床替苗(g)について、実験を行なった。5月下旬にポットあたり肥料3要素を N 3 g, P_2O_5 4 g, K_2O 4 g 施用した。

また、ボルドー液(4-4式)の葉面散布は、1969年の5月から8月までの間に2週間おきに5回行なった。散布は、地上部がしっとりとぬれる程度に行なった。

II-1-2. 実験結果

a) NaClO_3 液無処理苗の根端の呼吸

苗木の根端の呼吸能が、ボルドー液の葉面散布でどの程度の違いを示すかを調べた。その結果、Table 7 のボルドー液の葉面散布個体(g)では、さきの Table 8 に示したように $2.13 \mu\text{l}/\text{mg}/\text{hr}$ であり、一方の対照区として用意した Table 7 の肥料3要素施用のボルドー液を散布しない苗木(a)では $2.21 \mu\text{l}/\text{mg}/\text{hr}$ という値を示した。Table 7 に示した各苗木について、その根端の呼吸量をしらべた結果(Table 8)と比べると、ボルドー液散布苗木の示した値はなんら特異的な存在ではなかった。

b) NaClO_3 液で浸漬処理した場合の根端の呼吸

ついで、Table 7 のボルドー液散布苗木(g)の根端を各種濃度の NaClO_3 液で処理し、その処理直後60分間の呼吸量の推移を調べたのが、Fig. 18 である。

低濃度の0.25%液処理によって呼吸量がいちじるしく高進し、ついで0.50%液処理となると常は無処理のレベルよりも低下するようになり、これが高濃度の1.00%液処理では0.50%液処理のレベルよりも高進し、無処理のレベルにもっとも接近する傾向を示した。

処理後に呼吸量が一時的に低下したのは、高濃度の0.50%液処理と1.00%液処理においてであった。

II-1-3. 考 察

このボルドー液散布個体でえられた結果は、各種の追肥を行なって育成したスギの苗木に対する処理後の呼吸能の推移を調べた一連のパターンと違い、特異的な存在であると

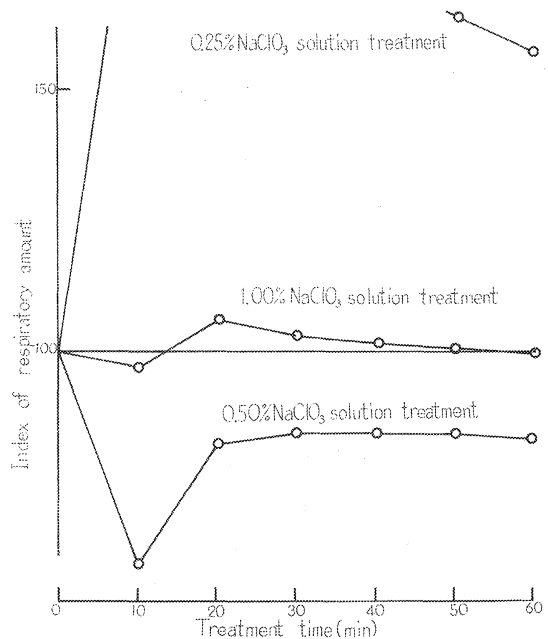


Fig. 18 ボルドー液散布スギ苗の根端の NaClO_3 液処理による呼吸の変化

Changes of respiration following NaClO_3 solution treatment in root-apices of SUGI seedlings sprayed Bordeaux mixture.

いえるようだ。この特異性は、とくに低濃度の 0.25% 液処理での呼吸増である。Fig. 18 に示したパターンは、ヒノキの Fig. 7~8 での (d) の肥料 3 要素追肥の苗木でえられたパターンと比較的類似している。

0.50% 液処理と 1.00% 液処理では、処理直後に呼吸能の一時的な減退期が認められ、しかもその後の高進の程度が無処理のレベルまで回復する傾向を示しているが、低濃度の 0.25% 液処理でいちじるしい呼吸増が認められるからには、ボルドー液の散布は NaClO_3 による呼吸障害を助長するものと考えられる。その原因については、この実験だけでは明らかにすることができないが、I-3. の実験結果から、ボルドー液の葉面散布によって、根端の Ca 含有量がいちじるしく高められた場合であるとは考えられないので、松島⁶⁾が指摘するような銅による間接害に類似した現象があるのかもしれない。

そこで、この現象をさらに検討するために、次のような実験を行なった。林試九州支場の苗畑で、1971 年の 10 月下旬にヒノキの 1 回床替苗に対して、3% 濃度の $\text{Ca}(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$ 液とボルドー液 (4-4 式) の葉面散布を行ない、その散布の翌日に高濃度の 6.00% NaClO_3 液を葉面散布し、その後の葉害の現われ方を観察した。Ca 液を散布した苗木は、針葉全体がすみやかに黄化し、葉液の散布後 2 日目には褐変した斑点が出現した。ついで葉害が現われるのが早かったのは、ボルドー液を散布した苗木で、この場合には針葉に褐変した斑点が出現しないで、葉液の散布後 7 日めごろになると、下部葉がいちじるしく褐変し、その後落葉するのを認めた。 NaClO_3 液だけ散布した苗木は、もっとも葉害が現われる時期がおそく、葉液の散布後 14 日めごろに、Ca 液散布苗木で認めた針葉の褐変斑紋の出現というかたちで現われた。苗木の枯死は、Ca 液散布区でもっとも早く、ついでボルドー液散布区で、 NaClO_3 液だけ散布したものがもっともおそかった。葉液処理後 40 日目にはすべての苗木が枯死した。この追加実験によって、ボルドー液を散布すると、亜硫酸ガスに接触することによって、いちじるしい落葉があるという松島⁷⁾らの報告と類似した現象が、ボルドー液を散布したヒノキの苗木にも認められることがわかった。ボルドー液が NaClO_3 液による呼吸障害の場でマイナスに作用することは、これであきらかとなったものと考えられる。

II-2. ジベレリン液散布苗木について

II-2-1. 実験目的と実験方法

ジベレリン液を葉面散布したスギの床替苗ならびにクロマツの床替苗について、その根端の呼吸能に対するジベレリン液散布の影響、またその根端に NaClO_3 液、スルファミン酸アンモニウム系除草剤 (ショーマート水和剤 97%) (AMS) 液を処理した場合の、呼吸能阻害に対するジベレリン液散布の影響を調べた。

Table 14. 実験用 2 回床替苗の育成
Foliage applications of sample transplanted seedlings
(3 years-old SUGI)

葉 面 散 布 区 別 Foliage applications on 5, May, 1968	備 考 Notes
(a) 無散布の苗木 No spraying	山地植栽 Field practice ヤナセスギ Yanasesugi
(b) 50 ppm ジベレリン液散布の苗木 Sprayed with 50 ppm gibberellin solution	播種: 1966.3 床替: 1967.3, 1968.3
(c) 100 ppm ジベレリン液散布の苗木 Sprayed with 100 ppm gibberellin solution	供試: 1968.8~9 供試個体数: 10×3

Table 15. 実験用2回床替苗の育成
Foliage applications of sample transplanted seedling
(3 years-old KUROMATSU)

葉 面 散 布 区 別 Foliage applications on 17, May, 1968	備 考 Notes
(a) 無散布の苗木 No spraying	苗木育苗 Nursery practice クロマツ (実生苗) KUROMATSU (<i>Pinus Thunb.</i>) 播種: 1966.3 床替: 1967.3, 1968.3 供試: 1968.8~9 供試個体数: 24×3
(b) 50 ppm ジベレリン液散布の苗木 Sprayed with 50 ppm gibberellin solution	
(c) 100 ppm ジベレリン液散布の苗木 Sprayed with 100 ppm gibberellin solution	

1968年の3月に、林試四国支場の実験林に植栽してから、Table 14の要領でジベレリン液の葉面散布を行なったスギの2回床替苗、同じく四国支場の苗木で2回目の床替えをしたあと、Table 15の要領でジベレリン液の葉面散布を行なったクロマツの2回床替苗を実験に用いた。これらの苗木を、1968年の8月から9月にかけて供試した。なお、これらの苗木には、追肥を行なわなかった。ジベレリン液の葉面散布は、地上部がしっとりとぬれる程度に5月に1回行なった。

II-2-2. 実験結果

a) スギ

Table 14のようにジベレリン液を葉面散布したスギの苗木について、その根端の呼吸能がジベレリンの葉面散布によって、どのように変化するかを調べたのが Table 16 である。呼吸量の多いものからあげると、100 ppm 液散布 > 50 ppm 液散布 > 無散布の順であった。このように、ジベレリン液の葉面散布は根端の呼吸能を促進したが、5% 水準で有意差は認められない程度の違いであった。

ついで、Table 14のスギの苗木について、その根端を測定容器内で 0.50% 濃度の NaClO_3 液に浸漬処理し、処理直後60分間の呼吸量の推移を調べたのが Fig. 19 である。ジベレリン液の葉面散布を行なわなかった苗木は、Fig. 2に示した無追肥の苗木のパターンと同様に、処理後10分に無処理の呼吸能よりも抑制される時期があって、その後高進して、30分経過後に無処理のレベルに接近する傾向を示した。一方、ジベレリン液を葉面散布した苗木は、ジベレリン液の濃度とは無関係に、すべて処理後の抑制期がなく、逆に処理後10分経過した時点でもっともいちじるしい高進を示し、その後しだいに無処理のレベルに接近する傾向を示した。

Table 16. 無処理苗の根端の呼吸
Respiration by root-apices of 3 years-old seedlings of SUGI
(without the herbicide treatment)

葉 面 散 布 区 別 Foliage applications	呼吸量 Respiratory amount $\mu\text{l}/\text{mg}/\text{hr}$			
	1	2	3	Means
(a) 無散布の苗木 No treatment	0.72	0.44	0.36	0.51
(b) 50 ppm ジベレリン液散布の苗木 Sprayed with 50 ppm gibberellin solution	0.56	0.56	0.88	0.67
(c) 100 ppm ジベレリン液散布の苗木 Sprayed with 100 ppm gibberellin solution	0.56	0.92	1.12	0.87

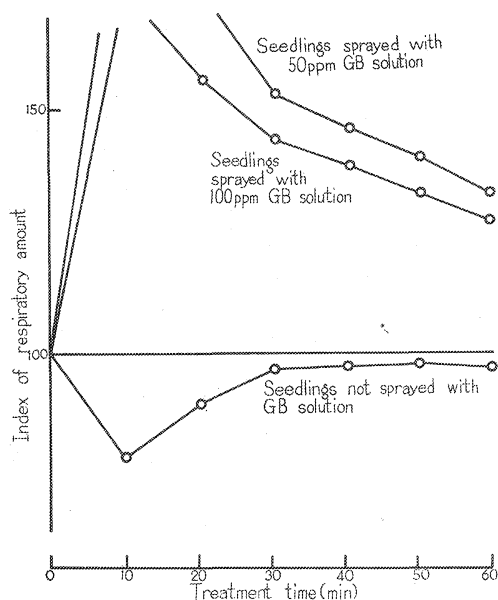


Fig. 19 ジベレリン液散布スギ苗の根端の 0.50% NaClO_3 液処理による呼吸の変化
Changes of respiration following 0.50% NaClO_3 solution treatment in root-apices of SUGI seedlings sprayed with gibberellin solution.

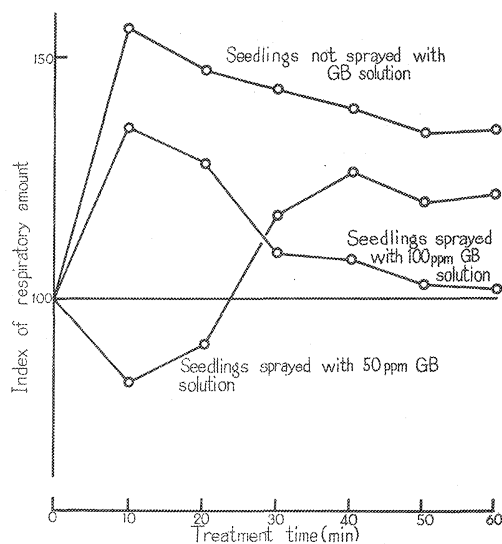


Fig. 20 ジベレリン液散布クロマツ苗の根端の 0.50% AMS 液処理による呼吸の変化
Changes of respiration following 0.50% AMS solution treatment in root-apices of KUROMATSU seedlings sprayed with gibberellin solution.

b) クロマツ

Table 15 のジベレリン液の葉面散布をしたクロマツの苗木について、その根端の呼吸能を調べたのが、Table 17 である。呼吸量の多いものからあげると、50 ppm 液散布 > 100 ppm 液散布 > 無散布であった。ジベレリン液の葉面散布は、根端の呼吸能に影響を与えなかった。

ついで、Table 15 のクロマツの苗木について、その根端を測定容器内で 0.50% 濃度のスルファミン酸アンモニウム系除草剤（ショーメート水和剤，97% 含有）液に浸漬処理し、処理後 60 分間の呼吸量の推移を調べたのが、Fig. 20 である。さきのスギの場合（Table 17）と違って、ある種の違いが認められた。すなわち、処理直後に無処理のレベルよりも低下し、そのあとさらに高進する傾向を示したのは、ジベレ

Table 17. 無処理苗の根端の呼吸
Respiration by root-apices of 3 years-old seedlings of KUROMATSU (without the herbicide treatment)

葉 面 散 布 区 別 Foliage applications	呼吸量 Respiratory amount $\mu\text{l}/\text{mg}/\text{hr}$			
	1	2	3	Means
(a) 無散布の苗木 No treatment	0.54	0.68	0.72	0.65
(b) 50 ppm ジベレリン液散布の苗木 Sprayed with 50 ppm gibberellin solution	0.69	0.77	0.77	0.75
(c) 100 ppm ジベレリン液散布の苗木 Sprayed with 100 ppm gibberellin solution	0.77	0.66	0.69	0.71

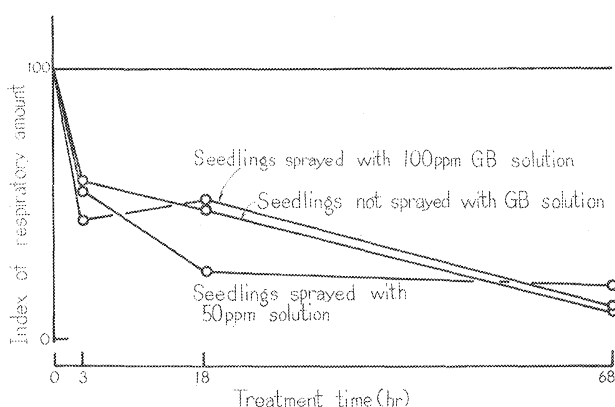


Fig. 21 ジベレリン散布クロマツ苗の根端の 3.00% AMS 液処理による呼吸の変化

Changes of respiration following 3.00% AMS solution treatment in root-apices of KUROMATSU seedlings sprayed with gibberellin solution.

Table 18. 苗木の平均伸長量
Mean height growth of 3 years-old seedlings of KUROMATSU

葉 面 散 布 区 別 Foliage applications	平 均 伸 長 量 Mean height growth from 4, April to 5, Aug., 1968 (cm)
(a) 無散布の苗木 No spraying	18.4 (100)
(b) 50 ppm ジベレリン液散布の苗木 Sprayed with 50 ppm gibberellin solution	16.1 (88)
(c) 100 ppm ジベレリン液散布の苗木 Sprayed with 100 ppm gibberellin solution	18.5 (101)

リン 50 ppm 液の散布を行なった苗木だけで、他の 100 ppm 液の散布苗木と無散布の苗木では、処理による呼吸量の低下がなく、さきのスギのジベレリン液散布苗木で認めたパターン (Fig. 19) と同様、処理 10 分後にいちじるしい異常高進を示した。

Table 15 のジベレリン 50 ppm 液の散布個体で認められたこの特異的なパターン (Fig. 20) が、どのような意味を有するかについて検討するために、Table 15 の苗木について、その根系を地上部をつけたままの状態 で 3.00% ショーメート水和剤に浸漬し、3 時間、18 時間、68 時間経過ごとにその葉液からとり出して水洗し、各散布区ごとに根端の呼吸量を調べた。60 分間の呼吸量として、その推移を示したのが Fig. 21 である。これにより、ジベレリン 50 ppm 液散布苗木で、18 時間処理のものでは、処理後の呼吸量の低下がもっともいちじるしいが、その後はほとんど呼吸量の低下が認められず、68 時間処理のものとなると、呼吸量の低下を認めているなかでもっとも無処理のレベルに近い存在となっている。ただし、処理時間が 68 時間の供試個体はどの追肥区も針葉の褪色がいちじるしく、葉害が現われた。

なお、クロマツの苗木の平均伸長量は、Table 18 に示したように 50 ppm のジベレリン液を散布した苗木で、比較的低い値を示した。

II-2-3. 考 察

Table 14 のスギの苗木に対する NaClO_3 液処理によってえられた特異的なパターン (Fig. 19) は、

Fig. 18 のボルドー液散布個体でえられたものとよく類似し、スギの苗木にジベレリン液を散布することは、 NaClO_3 液による呼吸障害を高める可能性がある。

こういったスギの床替苗についてえられた傾向と違って、クロマツの苗木 (Table 15) ではジベレリン液の濃度の違いが大きく薬液処理による呼吸能障害を左右した (Fig. 20, 21)。50 ppm のジベレリン液を散布した苗木は、除草剤による呼吸障害を少なくするものと判断される。

一般に、ジベレリンは、植物体の各種の有機成分にも影響を与えることが報告されている²⁾ので、こういった樹体内の成分の変化がもたらした結果であるかもしれない。

供試除草剤が違ったので、樹種間の違いまで検討できなかったが、一つの興味ある事実を提供できよう。

II-3. 総 括

苗木に対する各種の葉面散布が、 NaClO_3 あるいは AMS による苗木の根端の呼吸能障害に、どのように影響するかを調べた。その結果、次のような諸点を明らかにできた。

II-3-1. ボルドー液散布

1) Table 7 のスギのボルドー液散布苗木について、その根端の呼吸能を調べたところ、 $2.13 \mu\text{l}/\text{mg}/\text{hr}$ で、ボルドー液の散布による影響はみとめられなかった。

2) この苗木の根端を各種濃度の NaClO_3 液で処理し、その処理後の呼吸能の推移を調べたところ、Fig. 18 の結果をえた。低濃度 (0.25%) 液処理で、いちじるしく高進し、ボルドー液の散布は、 NaClO_3 による呼吸障害を高めると判断された。

3) ヒノキの床替苗について、ボルドー液を散布し、その直後に 6.00% の NaClO_3 液を散布したところ、下部葉のいちじるしい褐変落葉を認めた。

4) ヒノキの床替苗に Ca 液を葉面散布し、その直後に 6.00% の NaClO_3 液を散布すると、薬害を促進した。

II-3-2. ジベレリン液散布

5) Table 14 に示したスギのジベレリン液散布個体について、その根端の呼吸能を調べたところ、Table 16 の結果をえた。

6) これらの苗木の根端を 0.50% の NaClO_3 液に浸漬処理し、処理後の呼吸能の推移を調べると、Fig. 19 のようになった。スギの苗木にジベレリン液を葉面散布することは、除草剤による呼吸障害を高めるものと判断された。

7) Table 15 の要領でジベレリン液の葉面散布を行なったクロマツの床替苗について、その根端の呼吸能を調べたところ、Table 17 の結果をえた。

8) これらのクロマツの床替苗について、その根端を AMS 系除草剤 0.50% 液に浸漬処理すると、処理後の呼吸能の推移は Fig. 20 に示すような傾向を示した。ジベレリン液の低濃度 (50 ppm) 液の散布によって除草剤による呼吸障害を弱める可能性が考えられた。

III 総合的考察

除草剤の利用は、造林木の生産費低減をもたらすことにある。また除草剤に殺虫剤とか殺菌剤などの農薬あるいは肥料、成長調節剤などを同時に混合して散布した場合には、より一層の省力化を期待できる¹⁾ものと考えられる。このような混合効果は、共力効果でなければならない。この共力効果は、目的によっ

拮抗作用, 相加作用, 相乗作用などあって, 除草目的には相乗効果の発現が期待され, 薬害軽減のためには拮抗効果の発現が期待される。

さきにのべたように, 今日では除草剤の使用に対しては批判が大きいので, このような相乗効果の発現を検索し, 除草剤の使用量をごく少量にとどめることが一つの打開策として考えられる。

III-1. 薬害軽減のための拮抗効果の発現

除草剤に肥料をまぜることにより, 薬害が軽減され, しかも除草効果が低下しない場合が考えられる。

スギの苗木には, とくに適度の苦土石灰を施用し, ヒノキの苗木には肥料3要素をやりすぎないようにして育苗した場合に, 除草剤による影響を弱めることが明らかである。

III-2. 薬害軽減のための相乗効果の発現

ついで, 除草効果を高めることによって, 除草剤の使用量を減らして除草目的をはたす場合が考えられる。

これには, NaClO_3 と Ca 液, ボルドー液との併用がある。スギ, ヒノキともに苦土石灰の過剰追肥, Ca 液とかボルドー液の葉面散布は, いちじるしく苗木の根端の呼吸能をかく乱し, 除草剤による障害を高める。このような現象がススキとか広葉雑草にもあるかもしれない。この相乗効果の発現を期待するときには, とくに薬害が出ないように除草剤の使用量を減らすことに注意する必要がある。

今後の課題として, 各種薬剤の共力効果の検索を行なうことが必要かと考えられる。

文 献

- 1) 近内誠登: 除草剤の共力効果に関する研究とその問題点, 植物の化学調節, 5, 1, 9~8, (1970)
- 2) 福田 照・黒田喜佐雄・福島忠昭・山村 宏: ブドウの葉の呼吸代謝に及ぼすジベレリンの影響, 園学雑, 37, 4, 297~304, (1968)
- 3) 賀田恒夫: 放射線あるいは類似作用を受けた生物に対する2~3の植物ホルモンの影響, 植物の化学調節, 2, 1, 42~47, (1967)
- 4) 菊住 昇・寺田正男: 林木の根の呼吸について, 第70回日林講集, 209~211, (1960)
- 5) 清藤盛正・長井晃四郎: リンゴの葉, 果実および枝幹表面からの $^{45}\text{CaCl}_2$ と $^{45}\text{Ca}(\text{OH})_2$ の吸収と分布について, 園学雑, 39, 4, 291~297, (1970)
- 6) 松島二良: 農林作物におよぼす大気汚染 (1), 農及園, 46, 10, 1391~1394, (1971)
- 7) 松島二良・原田 学: 果樹の亜硫酸ガスによる煙害, 第3報, 園学雑, 34, 4, 272~276, (1965)
- 8) 大林弘之介・古池末之: 除草剤塩素酸ソーダの造林木の成長におよぼす影響について, 林業技術, 281, 8, 31~33, (1965)
- 9) 須崎民雄: 除草剤に関する試験 第4報, 林地に対する除草剤と肥料の混合施用の効果 (2), 第73回日林講集, 184~187, (1962)
- 10) 須崎民雄・中島公望: 除草剤に関する試験 第5報, 林地に対する除草剤と肥料の混合施用の効果 (3), 第18回日林九支講集, 16, 119~121, (1962)
- 11) 須崎民雄: 造林場面における除草剤の利用に関する研究, 九大演報, 42, 99~233, (1968)
- 12) 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)
- 13) 塘 隆男: 苗畑施肥と林地肥培, 94 pp., 地球出版, (1971)
- 14) 横田志朗・下野園 正・岩川雄幸: 土じょうの可給養分量とスギ苗木の養分吸収 (1), 苦土および加里の量とスギ養分吸収, 第82回日林講集, 117~119, (1971)

Influences of NaClO_3 on Respiratory Functions of Root-Apices of Seedlings

Akira SAITO⁽¹⁾

Summary

Studies on the antagonistic and synergistic joint actions of NaClO_3 with fertilizers and others are reported in this paper.

I Influences of NaClO_3 upon Respiratory Functions of Root-Apices of Fertilized Seedlings

The influences of additional fertilizers and others upon the respiratory injuries following NaClO_3 treatment to root-apices of transplanted seedlings of SUGI (*Cryptomeria japonica*) and HINOKI (*Chamaecyparis obtusa*) were studied.

The respiratory rates ($\mu\text{l/mg/hr}$) at 33°C of root-apices were investigated by means of using Warburg Constant Volume Manometer.

I-1. Influences of Different Additional Fertilizers

In this section, the actions of NaClO_3 solutions at 0.50 and 3.00% to each normal respirations of root-apices of seedlings unfertilized (a) and fertilized with only K (b), Magnesia Lime (c) and N, P, K (d) as shown in Table 1 were investigated with SUGI and HINOKI and discussed.

The respiratory rates of sample root-apices not treated with NaClO_3 solution are shown in Table 2. The respiratory rates of root-apices of sample seedlings treated with NaClO_3 solution at 3.00% to root-system are shown in Fig. 1. The influences following the treatment with NaClO_3 solution at 0.50% upon respiration of the excised root-apices are shown in Fig. 2~3. The solid lines in these figures indicate the changes in ratios of the respiratory rates of sample root-apices treated with NaClO_3 solutions to those (100) of untreated ones. It was found that the respiratory functions of root-apices treated with NaClO_3 solution at 0.50% were generally forced to reduce rapidly within 10 min after the NaClO_3 treatment, but some seedlings had a tendency to be restored to the level (100) of untreated ones at 20 min after the treatment (Fig. 2~3).

The recovery from the abnormal respiration immediately after the NaClO_3 treatment to the normal level was faster in seedlings fertilized with Magnesia Lime (c), only K (b) and N, P, K (d) or unfertilized (a) order in SUGI. On the contrary, the recoverable function in the case of HINOKI was greater in seedlings unfertilized (a) or fertilized with N, P, K (d), Magnesia Lime (c) and only K (b) order. These differences mean marked variations correlating with influence of NaClO_3 treatment to fertilized seedlings. It seems that the fertilization of elements (N, P, K) promoted definitely the abnormal respiration following NaClO_3 treatment to root-apices of SUGI but controlled the respiration of HINOKI.

Whether SUGI or HINOKI, it was recognized that the respiratory function of root-apices

Received July 31, 1972

(1) Silviculture Division

became more injurious following NaClO_3 treatment when the function of root-apices of seedlings not treated with NaClO_3 solution was raised with a fertilization on soil surface became more injurious following NaClO_3 treatment.

I-2. Influences of N, P, K

It was investigated what influences NaClO_3 solutions at 0.25, 0.50 and 1.00% had upon normal respirations of excised root-apices of the transplanted seedlings of SUGI and HINOKI fertilized with N, P, K and Magnesia Lime (a), N, P, K (d) and twice (g) of N, P, K (d) as shown in Table 5.

The respirations of root-apices not treated with NaClO_3 solution are shown in Table 6. The changes of respirations following the NaClO_3 treatments to those (100) of untreated root-apices are shown in Fig. 4~8. These results show that the respiratory functions of root-apices treated with NaClO_3 solution at 1.00% were more vigorous in SUGI than in HINOKI. The respirations were more vigorous in HINOKI than SUGI, on the contrary, when the NaClO_3 solution used to the treatment was thinner. This being so, it may be considered that SUGI was less susceptible to the influence of NaClO_3 toxicity than HINOKI. It seems that the fertilizations of N, P, K (d) on SUGI and N, P, K and Magnesia Lime (a) on HINOKI controlled relatively the influences following NaClO_3 treatment, but the seedlings of both SUGI and HINOKI supplied an excess of N, P, K (g) easily receive greater influence of the NaClO_3 toxicity. The influence following NaClO_3 treatment was more remarkable in HINOKI than in SUGI.

I-3. Influences of Magnesia Lime

The actions of NaClO_3 solutions at 0.25, 0.50 and 1.00% upon the respirations of root-apices in the seedlings of SUGI fertilized with both a constant amount of N, P, K and different amounts of Magnesia Lime as shown in Table 7 were investigated.

The respiratory rates of sample root-apices not treated with NaClO_3 solution are shown in Table 8. The changes of respiratory amounts following the NaClO_3 treatment on sample root-apices are shown in Fig. 9~14. The decreasing ratio of respiration was the smallest in seedlings fertilized with Magnesia Lime of 21~27 g/pot and N, P_2O_5 , K_2O of 3, 4, 4 g/pot (e).

I-4. Respiration of Root-Apices Treated with NaClO_3 Solution Added Ca Ion

The actions of NaClO_3 solutions at 0.25, 0.50 and 1.00% added Ca of 0.50% to respirations of root-apices of seedlings fertilized in the manner shown in Table 5 were investigated with SUGI.

The changes of respiratory rates following NaClO_3 treatments are shown in Fig. 15~17. The treatment with NaClO_3 solution added Ca ion to root-apices of seedlings fertilized with N, P, K and Magnesia Lime (a) and twice (g) of N, P, K (d) excepting ones fertilized with N, P, K (d) showed the changes of respiratory rates close to normal level as compared with the accelerated values (Fig. 4~6) of respiratory rates of root-apices treated with NaClO_3 solution without Ca ion.

It seems that Ca ion has an action that lowers the accelerated respiration of root-apices treated with NaClO_3 solution.

I-5. Soil Surface Application of NaClO_3 Herbicide

In this section, the abnormal respirations of root-apices of seedlings resulting from the practical use of herbicidal applications on nursery soil are investigated and discussed.

The respirations of root-apices of SUGI seedlings fertilized with N, P, K and Magnesia

Lime (a~c), N, P, K (d~f) and twice (g~i) of N, P, K (d~f) as shown in Table 5 were investigated a month after the applications of NaClO_3 herbicide of 0, 5, 7.5 g/m² on nursery soil.

The results obtained are shown in Table 12.

The root-apices of seedlings (b, c) fertilized with Magnesia Lime in addition to N, P, K showed no abnormal respiratory function following the herbicidal application to the soil surface of nursery. Therefore, it seems that the fertilization of Magnesia Lime may be useful for the avoidance of herbicidal injury to root-apices.

These results mean that the respirations of root-apices are influenced by herbicide as well as fertilizer.

II Influences of NaClO_3 upon Respiratory Functions of Root-Apices of Seedlings Sprayed with Bordeaux Mixture and Gibberellin Solution

The present studies were carried out to ascertain the influences of the sprays of Bordeaux Mixture and others upon abnormal respiration following NaClO_3 treatment to root-apices of seedlings of SUGI, HINOKI and KUROMATSU (*Pinus thunbergii*).

II-1. Influences of Bordeaux Mixture Spray on Seedlings

In this section, the actions of NaClO_3 solutions at 0.25, 0.50 and 1.00% to the respiration of root-apices of seedlings (g) fertilized with N, P, K and sprayed with Bordeaux Mixture as shown in Table 7 were investigated with SUGI and discussed.

The results obtained are given in Fig. 18.

The application of Bordeaux Mixture to seedlings failed to induce any retarding effect on abnormal respiration resulted from NaClO_3 treatment. The respiratory functions of seedlings sprayed with Bordeaux Mixture which contains an excess of Lime were raised markedly following NaClO_3 solution.

The respirations of root-apices were more vigorous when the NaClO_3 solution was thinner. It may be considered that the seedlings having leaves sprayed with Bordeaux Mixture easily receive the influence of NaClO_3 toxicity.

II-2. Influences of Spray of Gibberellin Solution on Seedlings (Studies on SUGI)

In order to investigate the influence of foliage spraying of gibberellin aqueous solution on the abnormal respiration of root-apices treated with NaClO_3 solution, the changes of respiratory function immediately after the treatments with NaClO_3 solutions at 0.25, 0.50 and 1.00% to root-apices of seedlings previously not sprayed (a) and sprayed leaves with 50 ppm (b) and 100 ppm (c) gibberellin aqueous solutions, as shown in Table 14, were observed with SUGI.

The respirations of the excised root-apices of the test seedlings not treated with NaClO_3 solutions in Table 14 are shown in Table 15. The changes of respirations following the NaClO_3 treatment on the excised root-apices of the seedlings shown in Table 14 are shown in Fig. 19. In the case of sample seedlings sprayed with gibberellin aqueous solutions, the respirations within 10 min after the treatment showed marked increases. It was recognized that the spray of gibberellin aqueous solution promoted the development of the abnormal respiration of root-apices treated with NaClO_3 solution.

(Studies on KUROMATSU)

The actions of Ammonium Sulfate (AMS) solutions at 0.50 and 3.00% on the respiration of root-apices of seedlings previously not sprayed (a) and sprayed leaves with 50 ppm (b) and 100 ppm (c) gibberellin aqueous solution, as shown in Table 15, were investigated with KUROMATSU and discussed.

The respirations of the excised root-apices of the sample seedlings not treated with AMS solution in Table 15 are shown in Table 17. The differences of respirations in the excised root-apices of seedlings having the attached root-system treated with AMS solution at 3.00% for the fixed hours are shown in Fig. 21. The varieties of respirations in the excised root-apices of seedlings treated with AMS solution at 0.50% are shown in Fig. 20.

In the case of the sample seedlings (b) sprayed with 50 ppm gibberellin aqueous solution, the respiration at 10 min immediately after the treatment showed a decrease, but the abnormal respiration was restored within 30 min. The seedlings not sprayed (a) and sprayed with gibberellin aqueous solution at 100 ppm (c) showed not a decrease at 10 min after the treatment, but a marked increase was recorded.

From these results, it seems that the application of gibberellin aqueous solution at 50 ppm to seedlings inhibit the raised respiration following the AMS treatment.

III Synthetic Consideration

In view of the above facts, the most reasonable conclusion to be drawn from the available data is as follows :

III-1. Antagonistic Joint Actions of Herbicides with Fertilizers

The silvicultural use of herbicide should be harmless for objective trees. From this point of view, it is proposed in practice to introduce the fertilization of Magnesia Lime on SUGI and of a little N, P, K on HINOKI before the herbicidal application.

III-2. Synergistic Joint Actions of Herbicides with Bordeaux Mixture and Others

It seems that the foliage spraying with an excess of Ca ion, gibberellin and Bordeaux Mixture on seedlings have actions causing higher abnormal respiration of root-apices following NaClO_3 treatment. These phenomena mean the synergistic joint actions of NaClO_3 with others. It was considered in these cases that the amount of herbicide must be made considerably thinner than a standard amount.