
論 文

保水材利用による乾燥地の造林に関する基礎的研究

段 克 勤*

田 中 一 夫**

奥 村 武 信**

Basic Research on Reforestation in Arid Area with Water-holding Substances

DUAN Ke-qin*

Kazuo TANAKA**

Takenobu OKUMURA**

Summary

Survival of trees planted in semi-arid sandy regions depends on laborious watering. The present report outlines green house experiments on such labor-saving plantation methods as planting in beds mingled with water-absorbent polymer, seeding by means of soluble capsules containing fertilized soil, and molded peats.

The effects of mixing water-absorbent polymer in the bed soil were determined to be as follows :

(1) In case of sufficient and frequent watering, the mere presence of absorbent polymer is significant. In conditions of insufficient watering, mixing polymer at a higher component (examined at 0.05, 0.1 and 0.2% contents in weight) can stimulate seedling growth.

The possibility of damage from too much mixing still remains, however. Research is needed to determine the maximum dose.

(2) In individual tests, the polymer showed better influence on seedling growth than fertilizer. The effects of fertilizer were strengthened by mixing polymer.

(3) As expected, the use of polymer increases the soil moisture available. In addition, polymer mixed in the sand moderates the range of earth temperature. These effects become stronger

* 鳥取大学農学部 連合農学研究科 (中華人民共和国青海大学)
Student at the United Graduate School of Agricultural Science, Tottori University
(Qing-hai University, China)

** 鳥取大学農学部 農林総合科学科 生存環境科学講座
Dep. of Environmental Sci., Fac. of Agriculture, Tottori University

over time.

In the semi-arid sandy regions of China, a great number of seedlings are withering away. Polymer is not expensive, if plantation is successful with a higher survival rate.

I 緒 言

現在、土地の砂漠化は地球規模で進行している重要な環境問題の一つであり、乾燥地における緑化が緊急な課題となっている。

中国の砂漠面積は広く、国土面積の約13.6%は砂漠及びゴビに覆われ、砂漠化の面積は急増している。その分布は新疆省、内蒙古自治区など9省区に及んでいる。これに対して、中国の森林率は国土面積のわずか12.7%を占めるにすぎない。中国での砂漠あるいは乾燥地帯の緑化は、飛砂防止・砂丘固定の点から見ても急務である。中国政府も最近乾燥地の緑化を重視するようになり、保護林の造成、荒漠草原と草原地区の植被の回復の施策が精力的に行われている。植物的・物理的（防砂垣、ワラなどを敷く）・化学的（飛砂防止剤など）対策で砂漠を治め、空中播種で砂漠の被覆を進めている。毎年大規模の造林が行われるが、いずれの乾燥地でも造林に対しては多くの困難な事項や問題点を残しているのが現状である。

本研究は、得られた成果を中国の乾燥地帯における実用的研究と応用に移すための基礎的な研究である。

さて、砂漠はつぎのいくつかの共通点がある。

- ① 降雨が少なく蒸発量が大きく、乾燥が著しい。降雨量は50~400mmで、多い地域でもその大部分は6~9月に集中的に降る。
- ② 雲が少ないため日照時間が長く、太陽エネルギー資源が豊富で無霜期が長いけれども、温度差が大きい。日温度較差は10~20°Cを越え、地表での変動が最も激しい。
- ③ 風は主に乾燥した強風である。そのため、乾燥地では樹木の群生は殆ど見られない。

このように、天水及び灌漑水の不足・高温・乾燥・強日射・昼夜温度の較差などが、植物に対し多くの障害を与えている。

かかる乾燥地で緑化を進める場合人間に可能なことは、この環境に適合した樹種を造出・選抜・導入することと、樹木の活着・成長に必要な水を確保することであろう。当面急がれ実現性のあるのは、乏しい天水を有効に利用し灌漑水を節約する手段を見出すことと考える。

本研究は、天水の有効利用及び節水造林を目標として幾つかの試験を実施したものである。

すなわち II では、乾燥地での作物栽培に有効的に使用される高分子保水剤の林木への適応性を論じる。苗木植栽時の床土への保水剤混合が、少量の貴重な降水・灌漑水の植物根群域外への浸透流失を減少させ、乾燥時に保持水分を植物に利用させることによって、植栽苗の枯損防止・成長増進が可能であるはずである。効果的・能率的に土壤の保水性を向上させることは、労力と経費を節約する上で非常に有利であると考えられる。

ところで、中国では毎年大規模の空中播種造林が行われている。人の少ない交通不便な乾燥地での大面積造林における空中播種造林は省力的で効率が高いが、種子だけを散布する方法では未だ成

否が不安定な状況である。種子のほか肥沃土・肥料を薬用カプセルに入れ空中散布することが乾燥地における播種造林に適用できないかと考えて行ったのが、III 1. の実験である。

また中国には、馬糞を団子状にしたものの中に草木種子を埋め斜面に張りつけ、あるいは砂中に放置する「馬糞団子造林」という乾燥地での造林方法がある。日本では成型ピートが野菜の育苗期間短縮に良い効果を現している。ピートは中国の乾燥地でも多くある。これを適当な形に成型して、その保水性を利用することで発芽難の問題を解決できれば乾燥地緑化に役立つと考え、III 2. に述べる実験を実施した。

これらの方法も、省力的に乾燥地緑化の速度を早める手段ではないかと考える。

保水剤の利用については、鳥取大学砂丘利用研究施設の竹内芳親教授から貴重な助言をいただいた。森林生産学講座の橋詰隼人教授、生存環境科学講座の吉田 勲教授等には研究を進めるうえで協力をあおいだ。試験の実施にあたっては、林学科砂防工学研究室の大学院生と専攻生に終始協力してもらった。ここに記して、深く感謝の意を表する。

II 高分子保水剤利用による植栽造林に関する試験

本試験は、用土への高分子保水剤混合による、わずかな天水および灌漑水の有効利用をはかる節水造林を目的としたものである。すなわち、用土への保水剤利用により、貴重な少量の水を有効に利用し成長を改善することを考え幾つかの試験を実施し、保水剤の影響と林木の成長に及ぼす効果を明らかにすることができた。

石油から製造される高分子樹脂のある種のもものが自重の数百～千倍を超す水を吸収可能であることが米国イリノイ州 Peoria にある農務省試験場において発見され、その後多種の保水剤が開発され、工業用脱水剤・増粘剤・汚泥凝固剤などへの広い応用が実用化されている⁹⁾。衛生材料の吸液向上剤としても多く使用されている。

土壌保水剤としての利用については、砂地農業開発とくに園芸分野で従来多くの研究がされている。たとえば、竹内・遠山らは種々の特性をもつ保水剤を利用してハウレンソウ⁶⁾・コカブ⁷⁾ほかの冬野菜の生育⁹⁾やシャリンバイ・ヤマモモなどの緑化樹木の活着¹⁰⁾に関する試験結果を報告した。また、中村は⁴⁾高分子保水剤添加の鹿沼土でのサシキが、無添加用土でのものより枯死に至る日数が著しく延長すると報告している。

このような報告は、土壌保水剤の利用が乾燥地造林においてもきわめて有効であることを示唆するものである。

1. 試験の内容

1988年4月から10月にかけて、鳥取大学付属演習林苗圃にあるガラス室内で、砂丘砂を使用したポット試験を実施した。

(1) 試験材料

供試保水剤は日本触媒化学工業株式会社の産品である合成高分子アクリル酸ナトリウムを主要成

分とする『アクリホープ (ACRYHOPE)』であり、次の特性をもつ。⁵⁾

- ① 平均粒径150~300 μm の白色顆粒で、仮比重は0.5~0.6であって、混合時の飛散が少なく、土壤に直接容易に均一混合することが出来る。
- ② 200~250倍の高い吸水率と膨潤倍率をもっており、土壤中の保水量と空気量を増大させる。
- ③ 吸水時に形成される膨潤ゲルのサイズが大きいため、土壤中で目づまりを起こしたり止水層を形成することがない。また膨潤ゲルが土壤中で長時間安定を保つよう、ゲル強度が設計されている。
- ④ pHは7.0 \pm 0.5とほぼ中性の範囲にあるので、植物に生理上殆ど悪影響はないであろう。
- ⑤ 耐熱性が大きく、腐敗等の恐れがなく、無毒で極めて安全性の高いことが確認されている。

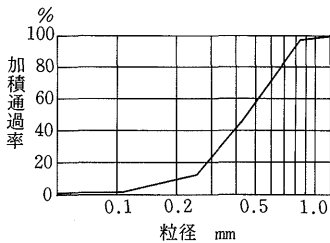


図1 供試砂の粒度

アクリホープのもつ優れた保水・吸水能は、土壤混合時に高い保水性と保肥性を発揮するとともに、吸水膨潤ゲルが土壤の三相組成改善に寄与する効果が期待されている。

供試苗は、乾燥地に比較的強く瘦地にも適応できる樹種であるといわれ、日本の砂丘地における造林で従来から多く使用されてきているクロマツ (*Pinus thunbergii* Parl) の1年生苗である。植栽時に20本の標準苗を取って計測した平均的な特性値は、苗長：28.8cm(苗高：9.0cm, 根長：19.8cm),

根元直径：2.9mm, 地上部乾燥重量：2.95g, 地下部乾燥重量：0.48gであった。

使用した砂の粒径加積曲線を図1に示すが、95%以上が粗砂(1.2~0.25mm)で、粒径1.0~0.15mmのものが殆ど大部分を占めている。真比重は2.67, pHは7.4である。

(2) 培土の種類と植栽及び灌水

試験条件を表1に総括する。

表1 試験条件

保水剤混合比	基 肥	灌 水 条 件
0 %	施 肥	3日間隔・10mm
0.05		7日間隔・20mm
0.1	無 施 肥	14日間隔・20mm
0.2		

培土に対する保水剤の使用量は4段階とし、それぞれについて施肥の効果を比較するため10a当たり40kg相当量の「くみあい尿素入りIB-4号」(N:P:K=15:4:15)を基肥として混合した培土も準備した。

保水剤と基肥をよく混合した培土3.3kgを直径27cmの素焼き鉢に充填し、植え付け前に灌水して、混合した保水剤に十分吸水させた。

4月4日に、各鉢にクロマツ1年生苗を4本ずつ定植した。各試験条件について5鉢を準備した。定植後の苗木はガラス室外に置き活着まで適宜灌水養生し、苗木がほぼ完全に活着したとみなされ

た5月2日にガラス室に運び込んで水のコントロールを始めた。灌水は如雨露で定時に行った。

(3) ガラス室内の環境

試験期間中のガラス室内の気温と湿度の半月変動を図2に示す。最高気温は、5月中旬から下旬にかけて38、39°Cと2回のピークが出て、6月初頭の約27°Cから次第に高くなり、8月中旬には約40°Cまで達した。最低気温の推移は5月始めの約8°Cから次第に高くなり、8月には24°Cまで上昇した。平均気温の推移も最低気温と同傾向は同じで、5月初めの18°Cから8月には29°Cまで上昇した。8月はかなり高温になっていた。

図3には、ガラス室内の日最大日射量の5日平均値と水面蒸発量の5日積算値の変動を示した。日射量は、梅雨期の6月下旬から7月中旬にかけては低く、最低は約10kW/m²であり、最高は34kW/m²でしかない。ガラス室内で実施されている他の試験との関係でガラス室天井部を寒冷沙で覆っていたためであり、この点で本研究で仮想する乾燥地の状態とはかなり異なることになった。5月下旬、6月中旬と7月下旬、8月上旬は気温、日射量が高かったために水面蒸発量も多かった。梅雨期と8月下旬からは減少した。

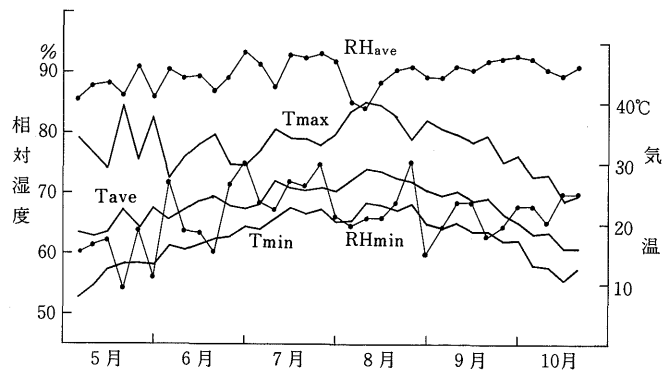


図2 ガラス室内の気温及び湿度

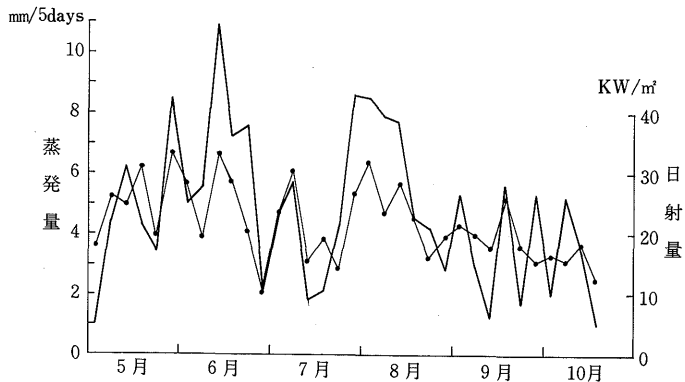


図3 ガラス室内の半月平均日最大日射(・)及び半月積算水面蒸発

2. 生育状況と生産量

定量の定時灌水を開始して1週間後の5月6日から同年10月21日までの5カ月間、2週間ごとに苗高及び当年葉の伸長について毎苗木測定した。

各灌水方法毎に苗高伸長を示したものが、図4である。クロマツは春（5月の間）に急激に伸長するが、いずれの灌水方法においても、保水剤混合によってこの期の成長がよくなっている。9月以降の二次伸長の場合は、定期成長を検討しても保水剤混合や肥培の成長に対する効果に一定の傾向は見られなかった。

3日間隔10mm灌水の場合、保水剤混合によって無混合の場合より成長が顕著に良くなるが、保水剤混合量の間での差は、さほど明確ではない。水条件がよい場合、保水剤を少量でも混合すれば成長は促進できるようなのである。保水剤無混合の場合は施肥の効果はあまり明確でないが、保水剤を混合すれば施肥の効果は明らかになってくる。とくに混合比0.1%の場合のそれが際立っている。

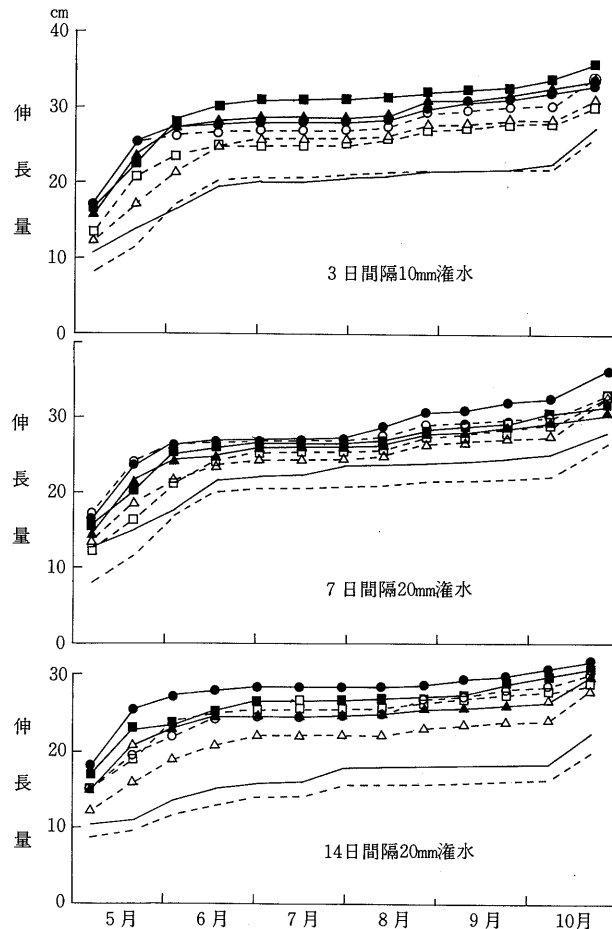


図4 各条件におけるクロマツ苗の伸長成長

実線：施肥，破線：無施肥

保水剤用量：○；0.2%，□；0.1%，△；0.05%，-；0%

水条件が比較的良好な7日間隔20mm灌水の場合の保水剤混合による成長促進の程度は、混合比によって漸移的である。保水剤混合量の間で比較すると、0.05%、0.1%の混合比間の差は余りないが、混合比0.2%において顕著となる。全ての混合比において、基肥を施したものは無施肥より成長がよいようである。

水条件が一番悪い14日間隔20mm灌水の場合、保水剤の効果が最も顕著に現われている。保水剤混合量が多い程成長はよく、基肥を施与したものは、どの保水剤混合比においても、無施肥より成長がよい。

図5は、当年葉の連期伸長を各灌水方法ごとに示したものである。

どの灌水方法でも保水剤混合により葉の伸長はやはり良好で、保水剤混合比0.2%の場合成長が一番よいようである。保水剤を混合すれば、基肥の効果も見られる。

3日間隔10mm灌水の場合、保水剤を混合していないものは7月の初めに2.7~2.9cmで、秋までは6.3~6.7cmの伸長であるが、保水剤を混合したものは7月の初めで3.2~4.8cm、秋までには7.0~9.4cmまで伸びた。保水剤混合によって、葉の伸長は著しく促進される。葉の伸長に対する基肥の効果は、苗高伸長の場合に似た傾向を示す。

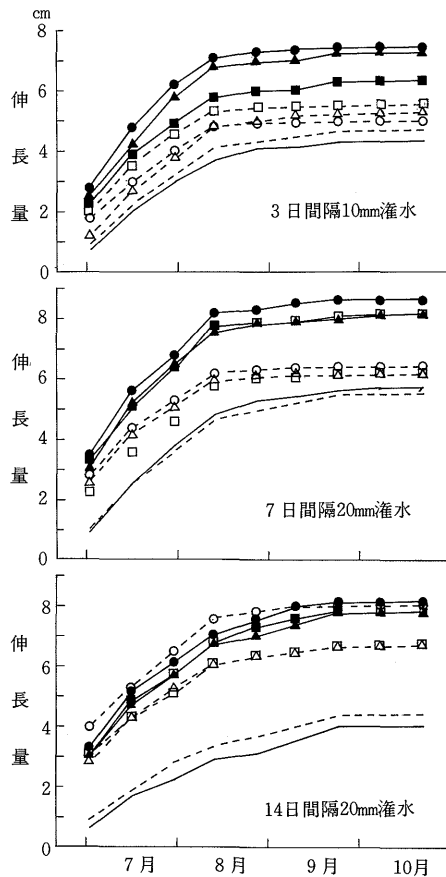


図5 クロマツ当年葉の成長における差異線の種類及びプロットの示す意味は図4と同じ

7日間隔20mm灌水の場合、保水剤を混合していないものは7月の初めに1.9~2.0cmで、秋までは6.5~6.7cmであるが、保水剤を混合したものは、7月の初めに3.3~4.4cmで、秋までは7.2~9.6cmまでも伸びた。基肥の効果も著しく見られる。

14日間隔20mm灌水の場合、保水剤を混合していないものはわずか0.6~0.9cmで、秋までは4.0~4.4cmまでしか伸びなかった。しかし、保水剤を混合した場合には、7月の初めでも2.8~4.0cmで、秋までには6.8~7.1cmまでも伸びた。基肥の効果は保水剤混合比0.05%、0.1%の場合にはみられるが、混合比0.2%の場合には現われていない。また、保水剤を混合していない場合は、逆に無施肥の方が施肥したものより成長がややよいようである。

3. 保水剤混合比の成長量に及ぼす影響

総成長に対する保水剤混合量間の差異や基肥の効果などについて、考察する。図6は、総成長に関する掘取調査結果をまとめたものである。乾燥重量は、80°C、48時間乾燥後の重量である。

保水剤混合比の成長量に及ぼす影響を考察するために、2つの水条件における無施肥の場合の諸成長量を比較する。各条件での苗の状況を写真1に示す。

図7は、水条件が最悪の14日間隔20mm灌水の場合と水条件が良好な3日間隔10mm灌水の2条件における、苗長、根元直径及び総乾燥重量の総生産量と保水剤混合比の関係を示したものである。ま

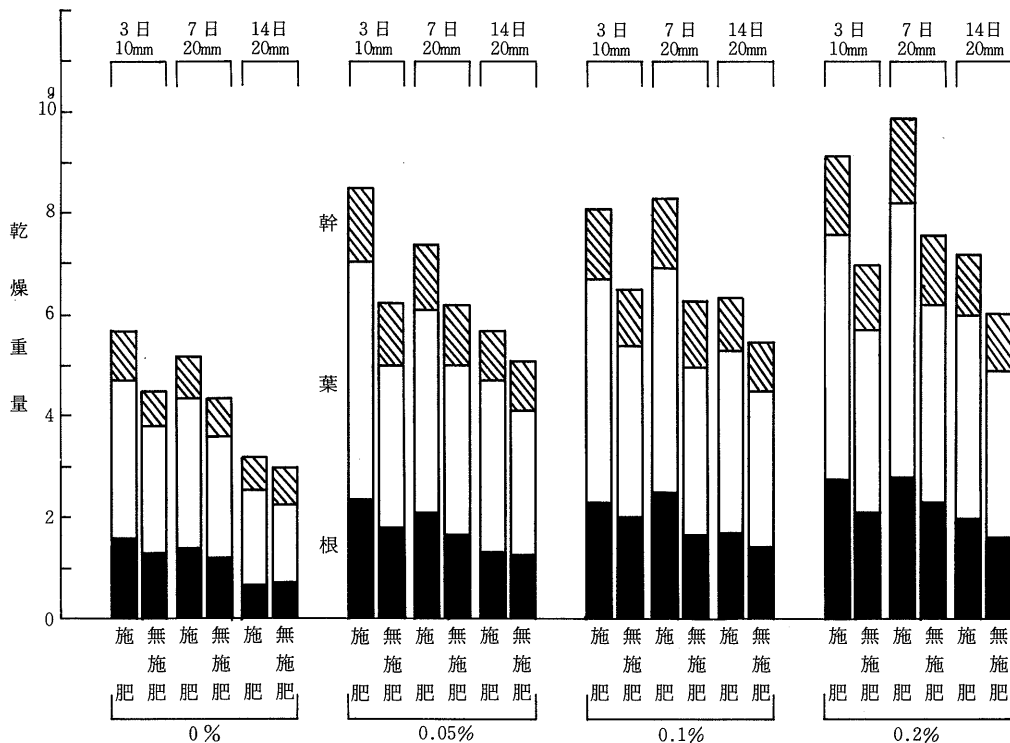


図6 各条件における収穫量の比較

た、各灌水条件における保水剤混合比の生産量に対する有意性をF検定により検討した結果が、表2である。苗長、根元直径、総乾燥重量のほか、地上部乾燥重量、地下部乾燥重量、乾燥葉重量についても検定した。

14日間隔20mm灌水の場合、苗長、根元直径、乾燥重量全ての点において、保水剤混合により成長

表2 保水剤混合比による成長量の有意差検定結果

混 合 比	14日間隔・20mm灌水				3日間隔・10mm灌水			
	0.2%	0.1%	0.05%	0%	0.2%	0.1%	0.05%	0%
総乾燥重量	6.04±1.82	5.44±1.69	5.08±1.77	3.00±1.05	6.98±2.20	6.49±2.17	6.24±1.77	4.49±1.70
混合比	****	****	****		****	****	****	
0								
0.05	*							
0.1								
0.2								
地上部乾燥重量	4.45±1.31	4.04±1.29	3.83±1.44	2.28±0.81	4.88±1.59	4.49±1.51	4.46±1.32	3.16±1.18
混合比	****	****	****		****	****	****	
0								
0.05	*							
0.1								
0.2								
地下部乾燥重量	1.59±0.56	1.40±0.65	1.25±0.41	0.72±0.29	2.10±0.67	2.00±0.70	1.78±0.59	1.33±0.55
混合比	****	****	****		****	****	***	
0								
0.05	***				*			
0.1								
0.2								
葉乾重	3.32±1.04	3.06±1.02	2.83±1.03	1.55±0.57	3.62±1.17	3.39±1.14	3.18±0.79	2.45±0.89
混合比	****	****	****		****	****	***	
0								
0.05	****				*			
0.1								
0.2								
根元直径	4.4±0.69	4.2±0.50	4.1±0.67	3.6±0.65	4.7±0.70	4.7±0.71	4.6±0.60	4.0±0.59
混合比	****	****	***		****	****	****	
0								
0.05	*							
0.1					*			
0.2								
苗長	52.7±8.40	50.7±5.47	49.8±6.54	36.4±6.61	52.1±7.16	48.7±7.46	48.0±5.86	46.9±8.90
混合比	****	****	****		***			
0					**			
0.05								
0.1								
0.2								

*危険率20%で有意差あり
 **危険率10%で有意差あり
 ***危険率5%で有意差あり
 ****危険率1%で有意差あり

量が著しく大きくなっている。保水剤なしと保水剤混合の間には95%以上の高い信頼率で有意差が認められる。混合比の増加とともに若干生産量が大きくなるようであるが、F検定の結果では保水剤混合比0.05%と0.1%の間にはいずれの点でも信頼率80%以上の有意差は認められない。混合比0.05%と0.2%の間では、総乾燥重量、地上部乾燥重量および根元直径で信頼率80%の有意差が、また地下部乾燥重量と乾燥葉重量で信頼率95%以上の有意差が認められる。苗長においては、混合比間の有意差は認められない。

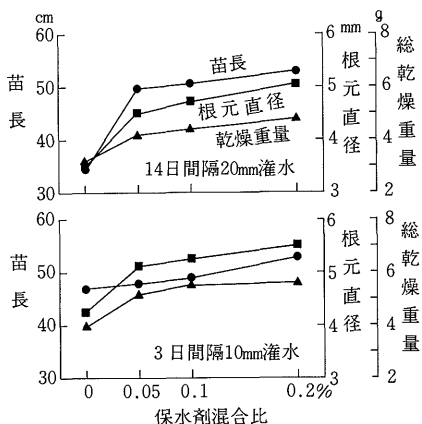


図7 保水剤混合比の差による苗総成長量の比較

効果が現われる。14日間隔20mm灌水の場合のように水の条件が悪い場合も保水剤の効果が明らかであり、とくに0.2%の高混合比において顕著な差が現われる。

4. 保水剤効果と肥培効果の比較

乾燥地で植栽造林を実施する場合に、砂地への保水剤混入と基肥施与といずれが効果的であるかを考察する。

施肥はするが保水剤混合なしの条件における生産量と、無施肥で保水剤混合比0.05%の条件における生産量と、無施肥・無保水剤の条件での生産量の差異を、各灌水方法ごとに比較したのが、図8である。各灌水方法における苗長・根元直径・総乾燥重量・地上部乾燥重量・地下部乾燥重量・乾燥葉重量・T/R率(地上部乾燥重量/地下部乾燥重量)に対する保水剤混合比による差異を、無施肥で保水剤混合なしという条件を基準としてF検定を行った結果を表3に示す。無施肥で保水剤混合比0.1%の場合と施肥・無保水剤の場合の掘り取り直前の状態を、写真2に示す。

保水剤混合なしで施肥の場合、3日間隔10mm灌水と水条件が良好な時、総乾燥重量・地上部乾燥重量・地下部乾燥重量・苗長において、80%の信頼率で有意差が認められる。しかし、7日間隔20mm灌水・14日間隔20mm灌水と水条件が厳しくなると、その程度の有意差も認められなくなる。なお、

水条件の良好な3日間隔10mm灌水の場合、図7から見ると、総乾燥重量と根元直径に対して保水剤混合の影響は明らかであり、混合量が多いほど成長量が大きくなるようである。F検定の結果は、保水剤の混合と保水剤無施与間に95%以上の高い信頼率で有意差が認められるが、混合比間の有意差は認められない。苗長においては、混合比0.2%の場合が他より成長量がよく、0.1%以下の混合比ではあまり差異がないようである。F検定の結果も、この傾向を明確に示すものである。

総合的に見ると、水の条件がよい場合には、保水剤を少量でも混合すれば成長量を高め、保水剤の効

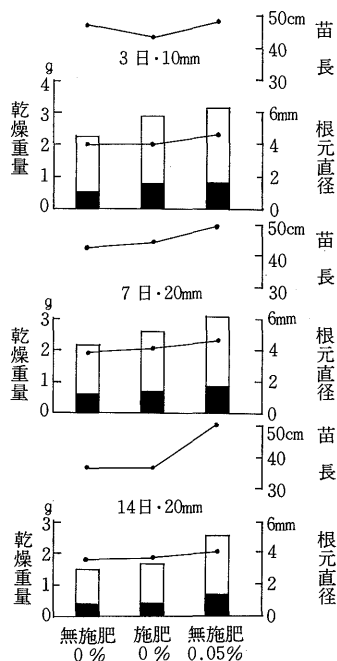


図8 肥培効果と保水剤効果の比較

表3 保水剤効果と肥培効果の有意差検定結果

	3日間隔 10mm灌水	7日間隔 20mm灌水	14日間隔 20mm灌水
総乾燥重量 (g)			
無施肥・無保水剤	4.49±1.70	4.26±1.92	3.00±1.05
無施肥・保水剤0.05%	6.24±1.77****	6.19±2.27****	5.08±1.77****
0.1	6.49±2.17****	6.26±2.53****	5.44±1.69****
0.2	6.98±2.20****	7.16±1.99****	6.04±1.82****
施肥・無保水剤	5.68±2.71*	5.21±2.47	3.23±1.15
地下部乾燥重量 (g)			
無施肥・無保水剤	1.33±0.55	1.16±0.48	2.70±0.60
無施肥・保水剤0.05%	1.78±0.59***	1.64±0.64***	2.89±0.76****
0.1	2.00±0.70****	1.65±0.78***	2.94±0.72****
0.2	2.10±0.67****	2.27±0.83****	2.56±0.69****
施肥・無保水剤	1.62±0.80*	1.40±0.65	0.69±0.26
地上部乾燥重量 (g)			
無施肥・無保水剤	3.16±1.18	3.10±1.48	2.28±0.81
無施肥・保水剤0.05%	4.46±1.32****	4.45±1.72****	3.83±1.44****
0.1	4.49±1.51****	4.61±1.85****	4.04±1.29****
0.2	4.88±1.59****	5.34±1.31****	4.45±1.31****
施肥・無保水剤	4.06±2.02*	3.81±1.87	2.54±0.92
葉乾燥重量 (g)			
無施肥・無保水剤	2.45±0.89	2.32±1.10	1.55±0.57
無施肥・保水剤0.05%	3.18±0.79***	3.37±1.33***	2.83±1.03****
0.1	3.39±1.14****	3.26±1.28***	3.06±1.02****
0.2	3.62±1.17****	3.95±1.00****	3.32±1.04****
施肥・無保水剤	2.99±1.31*	2.97±1.54*	1.91±0.76*
苗長 (cm)			
無施肥・無保水剤	46.9±8.00	42.4±7.76	36.4±6.61
無施肥・保水剤0.05%	48.0±5.86	50.2±5.94****	49.8±6.54****
0.1	48.7±7.46	50.7±5.07****	50.7±5.47****
0.2	52.1±7.16***	50.7±7.10****	52.7±8.40****
施肥・無保水剤	43.1±7.17*	44.5±5.81	35.6±7.00
根元直径 (mm)			
無施肥・無保水剤	4.0±0.59	3.8±0.70	3.6±0.65
無施肥・保水剤0.05%	4.6±0.60****	4.6±0.80****	4.1±0.67****
0.1	4.7±0.71****	4.6±0.87****	4.2±0.50****
0.2	4.7±0.76****	5.0±0.64****	4.4±0.69****
施肥・無保水剤	4.0±0.75	4.1±0.86	3.7±0.54
T / R 率			
無施肥・無保水剤	2.46±0.41	2.70±0.60	3.35±1.01
無施肥・保水剤0.05%	2.66±0.69	2.89±0.76	3.08±0.76
0.1	2.30±0.35	2.94±0.72	3.12±0.81
0.2	2.32±0.33	2.56±0.69	2.90±0.54*
施肥・無保水剤	2.58±0.64	2.74±0.55	3.92±0.77**

* 危険率20%で有意差あり

** 危険率10%で有意差あり

*** 危険率5%で有意差あり

**** 危険率1%で有意差あり

乾燥葉重量・根元直径については、どの灌水方法においても有意差が認められない。

ところが、無施肥であっても少量の保水剤を混合すれば、全ての点において信頼率95%以上で有意差が認められる。

このように、施肥よりも保水剤混合の方が、苗木の成長に強い効果を与えている。図6に見られる各保水剤混合比において施肥苗が無施肥苗より成長がよいという肥培の効果も、保水剤により砂中に保持される水があって初めて現われてくるものとする。

図6の乾燥重量で示した収穫量において、保水剤混合の有無に関係なく、水条件の厳しい程施肥と無施肥の間の差が小さくなっているのも、肥培効果の発現には水条件が大きく影響していることを示唆している。また、同じ水条件では、保水剤の混合比が高い程収穫量の施肥・無施肥間の差が大きくなる傾向がある。これは、保水剤の混合比が大きい程、多量の水を土中に保持することにより、肥培効果がより強く発現したことを如実に示すものとする。

5. 土壌含水量及び土壌温度変動に対する保水剤混合の影響

保水剤混合によって実際どれほど土壌含水量が増加するかを検討する。

一番乾燥する時期を選んで、灌水後の土壌含水率の経日変化を深さ5~8cmで調べた結果を、各灌水方法ごとに図9(a)に示す。また、pF1.5~4.0の水分を有効水分と考え、各保水剤混合比における土壌有効水分を比較したものが表4である。保水剤混合により有効水分が増加することは明らかである。

さて、どの灌水方法においても、保水剤混合によって土壌水分は無混合より著しく増加している。3日間隔10mm灌水の場合では、保水剤なしでも灌水3日後にはpF4.0に相当する含水状態になり、

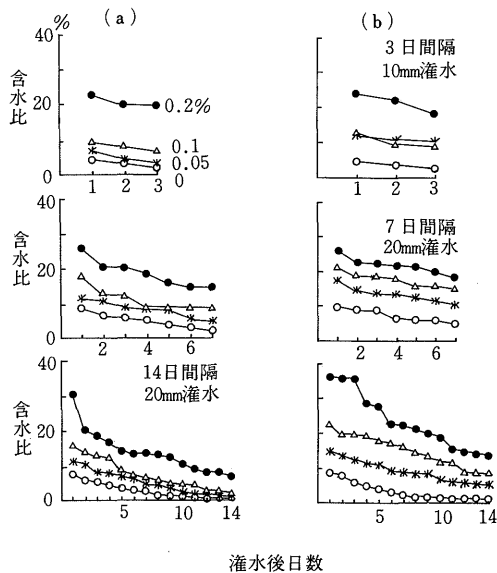


図9 灌水後の土壌含水量の変動

(a) 植栽あり, (b) 植栽なし

表4 保水剤混合による有効水分の差異

保水剤 混合比 %	含 水 比		有効水分 %
	pF=1.5	pF=4.0	
0	28.1	2.5	25.6
0.05	30.9	2.8	28.1
0.1	40.0	5.7	34.3
0.2	49.2	3.1	46.1

0.05%の保水剤混合比でわずかに pF4.0を越えるに過ぎない。7日間隔20mm灌水の場合、灌水量が多だけに保水剤なしでも8.6%の含水比であるが、1週間後には pF4.0より厳しい2.17%の含水比になってしまう。保水剤混合比0.05%では1週間後でも約5%の含水比を保ち有効水分は十分ありそうだ。水条件が一番厳しい14日間隔20mm灌水の場合では、2週間後の含水率は保水剤混合比0, 0.05, 0.1%のそれぞれにおいて0.7, 1.4, 2.4%と pF4.0の含水量より大きく低下してしまうが、混合比0.2%のときは含水比7.1%と未だ植物に有効な水分を保持している。保水剤無混合と混合比0.05%の場合、2週間後には水分量は萎凋係数に達した。このことは保水剤無混合の場合の苗の枯死率が20%であったことに如実に現われていた。

このことから、乾燥の厳しい砂地造林においては、かなり高い混合比にする必要があると考える。なお、苗を植えていない鉢の含水比は、図9(b)のような経過を示した。苗木による水消費がない分だけ高い含水比を示している。

さて、乾燥地の土壤がもつ条件の特徴の一つに、土壤温度の顕著な変化がある。砂は他の土壤に比較して、粒子は粗く容水量は著しく少ない。そのため熱容量は少なく、熱伝導率は大きい。このため、日中地温が高く夜間は低下しやすく、地温の日較差は比較的大きい。春先の地温上昇の早いことから、植物の成長に適しているが、保水・保肥力が弱く、灌水することが大事なこととなる。

表5 保水剤混合による地中温度の降下

月 日	灌水後 日 数	最高気温 (°C)	最 高 地 中 温 度 (°C)				
			保 水 剤 混 合 比 (%)				
			0	0.05	0.1	0.2	
8	4	3	41.7	33.3	31.7	30.9	30.0
	5	4	40.7	34.1	33.9	33.1	32.2
	6	5	44.1	36.0	35.2	34.6	33.6
	7	6	40.8	35.4	34.6	34.2	33.2
	8	0	41.2	33.1	33.3	32.6	31.6
	9	1	40.2	30.0	31.7	30.1	29.5
	11	3	41.9	33.4	32.6	31.7	31.1
	15	0	44.3	36.3	35.0	35.1	33.8
	17	2	43.8	33.3	32.4	32.5	31.2
	20	5	40.0	31.8	31.9	30.9	30.4
	30	6	43.0	33.8	32.2	32.9	32.0
	31	7	40.2	31.1	30.9	30.9	30.3

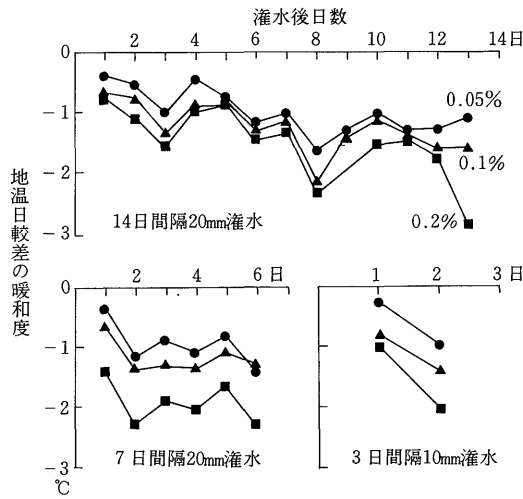


図10 保水剤混合による地温日較差の緩和

しかし、乾燥地では、毎日灌水するのは不可能な現状である。保水剤の混合は土壌中の含水量を増加させ、そのことにより土壌水分が地温の上下変動を少なくする緩衝作用をもつと考えられる。

クロマツ生育期間の培土中 8cm深さでの地温を測定した。表5に、ガラス室内の日最高気温が40℃以上の日における、各比率で保水剤を混合した培土の地中温度の最高値を示す。保水剤混合によって地温が若干低下することが認められる。乾燥地において出現する更に高温の場合に、これは植栽苗の高温による生育障害を避けるうえで大きな効果を発揮することが期待される。

保水剤混合時の地温日較差と混合なしの場合の地温日較差との差を地温較差緩和度と考え、灌水から次の灌水迄の毎日の地温較差緩和度を図10にまとめた。何回か繰り返し測定したので、ここではその平均値を示している。

図10をみると、保水剤混合によって地温日較差は明らかに小さくなっている。そして、保水剤混合比の増加とともに日較差は小さくなる。3日間隔10mm灌水の場合、灌水後2日目では混合比0.05, 0.1, 0.2%の時の日較差は無混合時よりそれぞれ1.0, 1.4, 2.0℃小さくなっている。7日間隔20mm灌水の場合、保水剤混合比が0.2%と多いと、灌水後1週間を経ても日較差は無混合より2.3℃も小さい。14日間隔20mm灌水の場合次の灌水日までにはかなり乾燥となるが、それでも保水剤混合によって日較差は、混合比0.05, 0.1, 0.2%においてそれぞれ1.1, 1.6, 2.8℃小さくなっている。しか

表6 各種培土のpH

保水剤 混合比	施 肥	無施肥
0 %	6.2	7.4
0.05	6.5	7.6
0.1	7.4	7.7
0.2	7.4	7.8

も、いずれの場合も灌水翌日より翌々日からの地温日較差緩和の程度が大きいことは、興味がある。このような地温の極端な上昇・低下を緩和する作用も、乾燥地の緑化に対して有効と考える。試験終了時に、各条件の試験区において深さ5～8cmの所から採取した培土のpHは表6のようであった。

III 薬用カプセル及び成型ピート保水材利用による播種造林に関する試験

前述のように、中国では毎年大規模の空中播種造林が行われ、一部の地区においては良好な成果を挙げているけれども、成否が不安定な状況である。ところで田中らは²⁾、日本の降雨の条件のもとで薬用カプセルを利用した播種実験を行い非常によい結果が得られたと報告している。この方法は、カプセルの中に種子のほか肥沃土・肥料を入れるので草木の成長に都合がよい。また、重量もあるので風に飛ばされることもなく、鳥類による害も少ないので、乾燥地における播種造林に適用できるのではないかと考えた。

また、日本で野菜育苗に使われ良好な成績をおさめている成型ピート材を利用することで、中国の乾燥地造林方法の1つである「馬糞団子造林」における発芽難の問題を解決できれば、乾燥地緑化に役立つと考えた。

少雨条件でのこれらの方法の適用性を検討するために、IIに述べた試験の前年1987年5月から10月にかけて試験を行った。

1. 薬用カプセルの播種造林への利用について

幾種かの木本種子を肥沃土・肥料とともに薬用カプセルに封入し、IIで使用した保水剤を混合した砂中に埋め、適当な日数間隔で一定量の灌水を繰り返しながら種子の発芽状況を観察することが、本試験の大略である。

(1) 試験方法

使用したカプセルは日本薬局方のNo000であり、直径1.0cm、長さ3.0cmの大きさで、殻の厚さは0.1mmである。

1個のカプセルの内容物は、種子3個、肥料約0.1g、肥沃土1.5gで、総重量は約1.9gとなった。供試種子としては、クロマツ (*Pinus thunbergii* Parl), エニシダ (*Cytisus scoparius* Link), メドハギ (*Lespedeza guneata* G. Don), イタチハギ (*Amorpha fruticosa* Link) の4種を使った。クロマツは乾燥地・痩悪地に比較的強い樹種である。他の3種は全てマメ科植物で根瘤菌をもついわゆる肥料木であり、その成長繁茂は土壤肥沃度を増し、主要樹種の生育を改善するものと考えられる。発芽率は全て90%以上であった。

肥料は「くみあい尿素入りIB-4号」(N:P:K=15:4:15)で、肥沃土として鳥取大学演習林苗圃のクロボク土を使用した。

粗砂が88.93%、粒径0.5～0.15mmのものが大部分を占める真比重2.67、pH5.8の砂に、砂重量に対して0, 0.05, 0.1%の割合でIIの試験で使用した保水剤を混入したものを直径27cmの素焼き鉢に入

れ、砂中に混合した保水剤が十分吸水するまで灌水した後、鉢1個あたり20個ずつのカプセルを埋め、約5mmの覆土を施した。クロマツについては、カプセル播種と対照するためにそれぞれ同種の床土に播穴を掘り、3個ずつ種子を埋めた。播き付け後鉢をガラス室に運び、3日間隔で10mm、7日間隔で20mm及び14日間隔で20mm相当の水を如雨露で散水しながら、発芽状況を観察した。発芽率の高いものについては、地上部の連期伸長量を測定した。

(2) 試験結果及び考察

表7 カプセル封入種子の発芽状況

灌水方法	保水剤 混合比	ク ロ マ ツ			
		発 芽 開 始 日		発 芽 率	
		カプセル	対 照	カプセル	対 照
3日間隔 10mm	0 %	14日	13日	17.0%	53.0%
	0.05	16	14	11.0	38.0
	0.1	14	13	22.0	43.0
7日間隔 20mm	0 %		12	0	45.0
	0.05	21	12	5.0	52.0
	0.1	21	12	1.6	32.0
14日間隔 20mm	0 %		12	0	40.0
	0.05		12	0	42.0
	0.1		13	0	20.0

灌水方法	保水剤 混合比	イ タ チ ハ ギ		エ ニ シ ダ		メ ド ハ ギ	
		発芽開始日	発 芽 率	発芽開始日	発 芽 率	発芽開始日	発 芽 率
3日間隔 10mm	0 %	13日	87.5%	14日	13.3%	21日	3.0%
	0.05	13	55.0	17	8.3	21	4.0
	0.1	13	37.5	21	13.3	21	2.0
7日間隔 20mm	0 %		0	25	15.3	50	4.0
	0.05	17	10.0	27	5.0	50	5.0
	0.1	18	5.0	25	13.3	50	4.0
14日間隔 20mm	0 %		0		0		0
	0.05	14	12.5	2ヵ月後	3.3	3ヵ月後	1.0
	0.1	3ヵ月後	2.5		0		0

各試験条件ごとの発芽状況を表7に示す。

クロマツは、水条件のよい3日間隔10mm灌水の場合、カプセルに封入した種子の発芽開始はカプセルを使用しないものより1～2日遅れる程度であるが、発芽率はかなり低下する。7日間隔20mm灌水になると、カプセル封入種子の発芽率はせいぜい5%で、それらの発芽開始は約10日も遅れる。カプセルを使用しないものは、水条件の最も厳しい14日間隔20mm灌水の場合でも発芽開始の遅れは殆どなく、平均して35%近い発芽率であるが、カプセルに封入した種子はまったく発芽しなかった。

その他の樹種では、イタチハギだけは水条件のよい3日間隔10mm灌水の場合、2週間後に発芽を開始し、かなり高い発芽率で秋までの成長も非常によかった。その状態を写真3に示す。しかし、

7日間隔20mm灌水と14日間隔20mm灌水の場合、保水剤無混合では発芽は見られず、保水剤を混合しても発芽はかなり遅れ、発芽率も低い。

エニシダとメドハギは、水条件のよい場合でも発芽率がきわめて低く、水条件の厳しい場合には発芽が殆ど見られない。これらの種子が小粒であることも一因であろう。

本試験を通じて、カプセルを使用した場合、もし十分の水がなければカプセルは溶解せず発芽が難しく、種子が小さいととりわけ発芽が難しいことが判った。種子の発芽には、水・酸素・温度の3つの外界条件が絶対に必要である¹⁾。乾燥地では、種子の発芽に対して最も重要な条件は水である。中国の砂漠地帯での空中播種は夏期の降雨期前に行われており、その成否は播種直後に適当な降雨があるかどうかにかかっているとされる。³⁾

カプセルに種子を封入して散布する場合、このカプセルの溶解にさらに多くの水が必要である。乾燥地の降雨は比較的集中的なものであり、本試験での水条件よりも良好な期間は必ずあるはずである。播種日と降雨日の間が比較的長期間になることがあっても、カプセルを利用することによりその期間内に風で飛ばされてしまう危険性を減少できるはずである。適当な降雨のあるまで種子を砂地表面に残置させる意味で、カプセルを使用した播種は有意義であると考えられる。集中した降雨の期待できる時期のかなり以前に草木を播種しておけばよく、一旦発芽すればカプセル中の養分の効果もあって植物の成長はいいと考える。

現地でカプセル利用の播種を実行する場合、現在市販のカプセルより薄い殻のものを作って溶解し易くするとか、一部に穴を開け発芽に必要な水分が得られるよう工夫することも考えられよう。それに何よりも、空中散布に使用するだけ多量の種子をカプセル封入することの困難性の問題がある。適当な量の水で溶解し種子の発芽に無害な素材で、種子・肥料・肥沃土さらには保水剤を顆粒状に形成できれば、最も好ましい空中散布が可能になると考える。

2. 成型ピート材利用による播種造林について

何種類かの木本種子を成型ピート材に埋め込み、砂中に置き、水コントロールをしながら種子の発芽状況を観察することが、本試験の大略である。

本試験に使ったピート材は、『ジフィーナイン』の商品名で坂田種苗株式会社から市販されているものである。

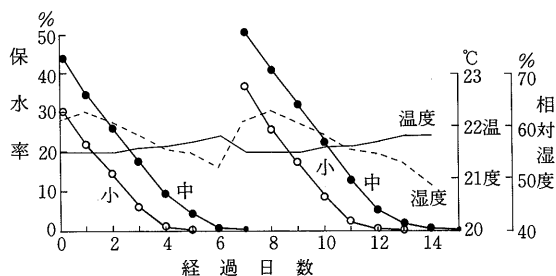


図11 ジフィーナインの保水率の変動

ジフィーナインは、吸水すると自身の体積の2倍以上に膨潤し、一定の保水能力をもつ。直径5cm、厚さ1.2cmの“中”規格と、直径3.5cm、厚さ1.0cmの“小”規格のものを使った。それらの飽和後の保水率の経日変化を温度約22°C、湿度約55%のほぼ定常な条件の下で測定した結果を、図11に示す。最大保水率は“中”が“小”より大きい。1週間を経た後もわずかの保持水がある。また、最大保水率は二次飽和でも一次飽和の時より減退しないことが確認された。

(1) 試験方法

ジフィーナイン1個の穴にそれぞれ3粒の本種子を入れ、泥でつめた。供試した種子は、やはりクロマツ、エニシダ、メドハギ、イタチハギの4種である。

十分に水分を飽和したジフィーナインを1.の試験と同様に砂を入れた鉢に埋めた。鉢1個に“中”は8個を、“小”は15個を、その頂面が砂面と同じになるように埋めた。灌水は他の試験と同じく、3日間隔10mm、7日間隔20mm及び14日間隔20mmの3条件とした。

砂中埋設後各樹種の発芽状況を記録し、地上部伸長量を2週間ごとに測定した。また枯死状況も調べた。10月2日に各条件の鉢より5本の標準苗を掘り取り、最終苗長・根元直径・乾燥重量を測定した。

試験期間のガラス室内の気温の半旬平均値及び日射量の半旬累積値の変動を図12に示す。種子発芽期の5月下旬から6月上旬の平均気温は25°C前後であり、発芽に適当である。その時の日射量もそんなに大きくなかった。

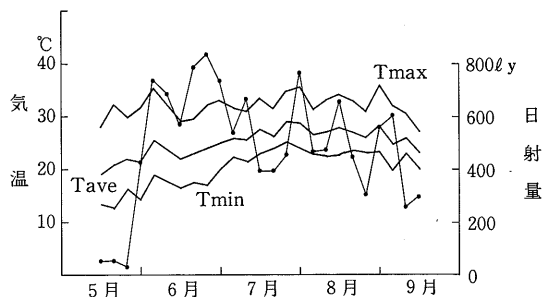


図12 ガラス室内の気温及び日射量

(2) 発芽と生存状況

各灌水方法における発芽開始日と発芽率及び生育期間の最終生存率を、表8に総括する。

クロマツは、9～15日目に発芽が始まった。しかし、水条件の厳しい14日間隔20mm灌水の場合の発芽率は約45%であり、夏の乾燥に耐えられず全部枯死した。ほかの灌水方法の場合は100%の発芽率であり、生存率もかなり高い。

エニシダは各条件において10日目に発芽が始まり、発芽率が高く生存率も高い。

メドハギは、最も早い6日目で発芽が始まり、発芽率も高い。保水材“中”での生存率はどの灌水方法でも100%であるが、“小”では厳しい水条件の下で生存率が低く、14日間隔20mm灌水の場合全部枯死した。

イタチハギは、水条件のよい3日間隔10mm灌水の場合発芽開始が早く、発芽率は100%であり生存

表8 成型ピート保水材使用による発芽・生存状況

樹種	灌水方法	保水材規格	発芽開始日	発芽率	生存率
ク	3日間隔	小	13日	100%	86.7%
	10mm	大	15	100	100
ロ	7日間隔	小	9	100	58
	20mm	大	9	100	75
ツ	14日間隔	小	15	40	0
	20mm	大	15	50	0
エ	3日間隔	小	9	100	100
	10mm	大	10	100	87.5
ニ	7日間隔	小	10	100	53
	20mm	大	10	100	40
シ	14日間隔	小	10	73.5	100
	20mm	大	10	37.5	100
メ	3日間隔	小	6	100	80
	10mm	大	6	100	100
ド	7日間隔	小	6	100	26.7
	20mm	大	6	100	100
ハ	14日間隔	小	6	80	0
	20mm	大	6	75	100
ギ	3日間隔	小	9	100	93
	10mm	大	9	100	62.5
イ	7日間隔	小	17	40	100
	20mm	大	2カ月後	12.5	100
タ	14日間隔	小	—	—	—
	20mm	大	—	—	—

率も高い。しかし、水条件の最も厳しい14日間隔20mm灌水の場合は、発芽しなかった。

以上の結果から見ると、成型ピート保水材を利用すると、かなり高い発芽率が得られる。乾燥地の播種造林において、相当の成功率が得られるものと期待できる。

保水材“中”を使用した方が“小”より成長がよい傾向が見られる。この差は、水条件がよいほど顕著に現われる。特に、エニシダとメドハギは、3日間隔10mm灌水と14日間隔20mm灌水の時、保水材“中”と“小”における伸長量の差は約20cmにも達した。

掘り取り調査の結果を、図13に示す。

14日間隔20mm灌水のエニシダを除くと、いずれの樹種・灌水方法においても、総乾燥重量・苗長・根元直径の全ての点において、保水材“中”を使用したものは“小”を使用した場合より成長量が大きく、7日間隔20mm灌水の時はこの差異が最も顕著に現われている。これは保水材が集中的に多量に与えられた水を吸収する保水能力の差によると考えられる。前述した実験における一次飽水時の保水量は、“小”では18gであるのに対して、“中”では28gにもなっていた。

乾燥地において、播種時期は植物の発芽・生育に密接に関係するが、集中した降雨のある時期を狙って成型ピート保水材を使用して播種することは、乾燥地の緑化によい結果をもたらすと考える。

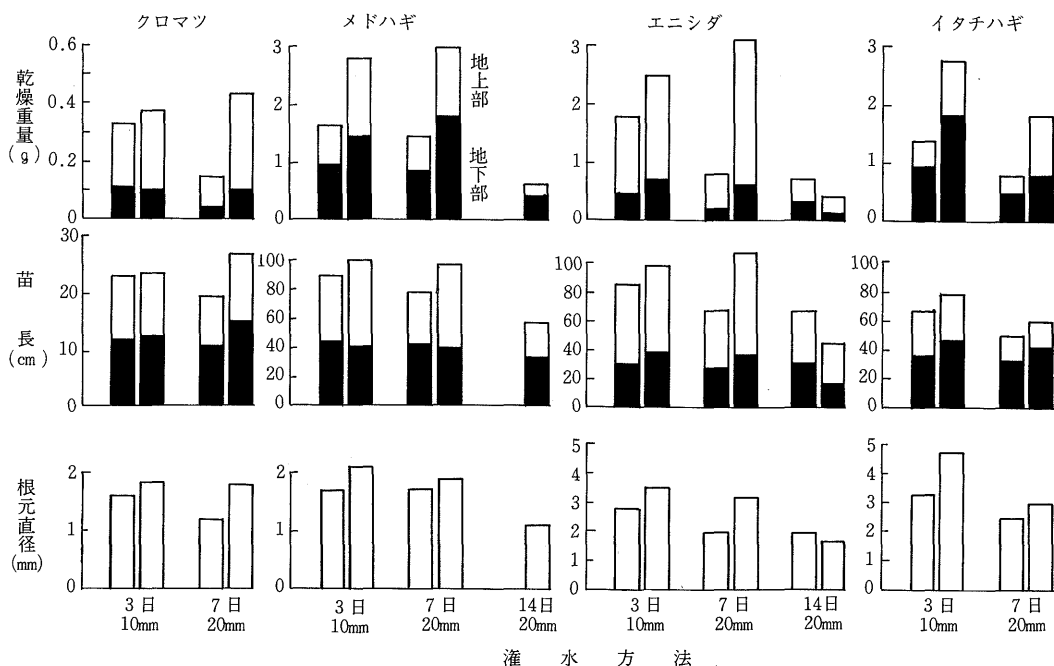


図13 ピート保水材を使用した発生苗の収穫量

各灌水条件における左側はジフィーナイン“小”，
右側が“中”を使用したもの

IV 結 論

乾燥地造林に関する基礎的研究として、高分子保水剤を砂に混入した植栽造林の試験、カプセル及び成型ピート保水材を利用した播種造林試験を行った。得られた結果を総括すると、次の通りである。

(1) 保水剤アクリホープを重量比0, 0.05, 0.1及び0.2%で砂に混合し、クロマツ1年生苗の植栽試験を行った。水条件のよい場合には、保水剤の混合比によってクロマツ成長量に有意な差は見られず、保水剤を少量でも混合すれば生育・収穫量に対する保水剤の効果が現われた。水条件の悪い場合には、0.2%の高い混合比で保水剤の効果が顕著に現われた。試験室(ガラス室)内の環境は乾燥地とはかなり相違するものであるから、この使用量を参考にして乾燥地での適当な混合量を求めることや、植物の生育に悪影響を与えない範囲の混合比を検討することが、今後更に必要である。

(2) 保水剤混合は、施肥よりも苗木の成長により効果を与える。保水剤を基肥と同時に使用すれば成長をより増進する効果をもつことは勿論である。肥培効果は水条件によって大きく影響され、水条件の厳しいほど施肥・無施肥の場合の成長差は小さくなるが、保水剤混合量が多い程この差を維持できる。

乾燥地の造林に際して保水剤を混合すれば、土壤保水性を高めるばかりでなく肥料の効果を増強する作用ももつことが明らかになった。

(3) 乾燥地における地温の日較差の大きさは植物の生育に好ましくない影響を与えるが、保水剤

混合は地中温度の変動を緩和する作用がある。この作用はやはり保水剤混合量が多い程大きく現われ、特筆すべき事は灌水後の日経過に従ってその効果が若干大きくなることである。

(4) 薬用カプセルは十分の水がなければ溶解しにくく、種子があまり小さいと発芽しにくい。これを利用して播種造林を行うには、今後カプセルを溶解できる水量及び乾燥地の水条件で溶解できるカプセル材料を考究すること、あるいは水の浸入を可能にする工夫など、更に試験を行う必要がある。

(5) 成型ピート保水材利用による播種造林の場合、かなり高い発芽率・生存率が期待できる。保水材は大きい程多量の水を保つから種子の発芽・成長がよく、その差異は水条件がよいとき程顕著に現われる。

高分子保水剤の利用は乾燥地における植栽造林に効果的であり、播種造林には成型ピート保水材が有効であり、中国乾燥地での利用の実現性もあると考える。

写真4は、クロマツ苗の根系に保水剤が付着している状況を示す。保水剤ゲルは、根瘤のように根にからみついている。保水剤が根に付着するというよりは、根が保水剤を貫通している。保水剤ゲルの保持水を利用するために、ゲル中に毛細根を発達させている状況がよく判る。

保水剤利用により砂中の有効水分が多くなることが植物の生育により効果を与えることが確かめられた。造林樹種の活着に対してもよい効果を与えると考えられる。この面については、今後、現地において更に検討する必要がある。

引用及び参考文献

- 1) 北京林業大学：造林学，中国林業出版社，(1981)
- 2) 原 勝・田中一夫ら：砂丘地におけるカプセル使用によるクロマツの実播造林について，鳥取農学会報 11(2) 125—130 (1957)
- 3) 小橋澄治：内蒙古自治区毛烏素砂漠緑化利用の状況，緑化工技術 11(3) 15—22 (1986)
- 4) 中村守男：高吸水性樹脂『アクアキープ』の特性と用途について，製鉄化学工業(株)
- 5) 日本触媒化学工業(株)：緑化・農・園芸用高性能保水剤アクリホープについて
- 6) 竹内芳親・遠山柁雄ら：保水剤利用による乾燥地緑化に関する研究(第一報)，砂とアクリル系吸水性高分子物質混合によるハウレンソウの生育，砂丘研究 30(2) 262—269 (1983)
- 7) 竹内・遠山ら：保水剤利用による乾燥地緑化に関する研究(第五報)，4種の保水剤混合によるコカブの生育，砂丘研究 31(2) 100—112 (1984)
- 8) 遠山柁雄：保水剤の農業分野への利用 [I]，農業及び園芸 61(8) 973—978 (1986)
- 9) 遠山・竹内ら：保水剤利用による乾燥地緑化に関する研究(第四報)，7種の保水剤混合による冬野菜の生育と灌漑効率，砂丘研究 31(1) 51—68 (1984)
- 10) 遠山・竹内ら：保水剤利用による乾燥地緑化に関する研究(第二報)，砂地無灌水下でのアクリル系吸水性高分子物質混合による緑化樹種の活着，砂丘研究 30(2) 270—275 (1983)

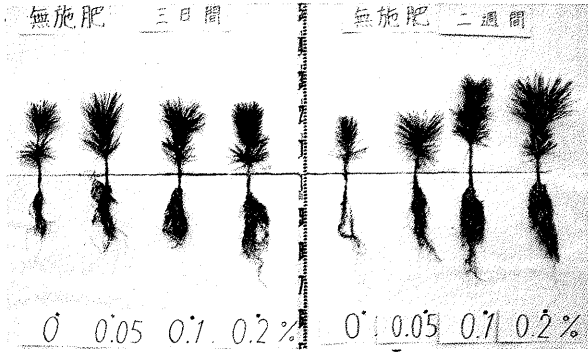


写真1 保水剤混合比による成長状況の差異

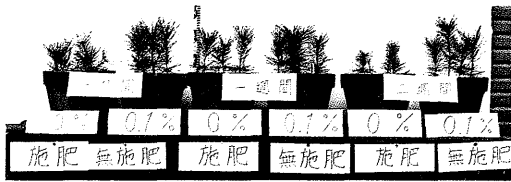


写真2 肥培苗と保水剤混合床苗の比較

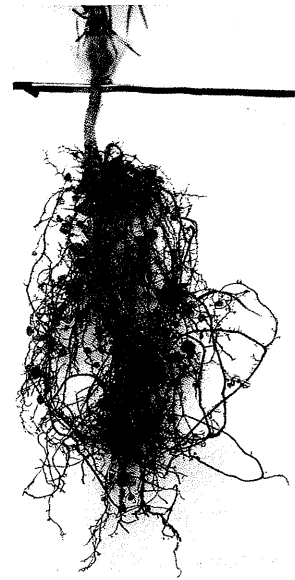


写真4 高分子保水剤ゲルを貫通する吸収根系



写真3 カプセル播種したイタチハギの成長
3日間隔10mm灌水の場合