

チークの小棒型苗貯蔵技術の研究

林 丹 丹

はじめに

チークは広葉樹の中で苗木が貯蔵できる唯一の樹種である。HOCKING と NYLAND は 1971 年からチーク苗の貯蔵技術の研究を始めた。これまでの成功事例として、5 か月間貯蔵したチーク苗による造林活着率は 76~87%, 9 か月間貯蔵したチーク苗による造林活着率は 57% (KAOSA-ARD, 1977) と言われている。

この報告の中のスタンプ苗という言葉は、チーク造林用の根株苗のことであり、この根株苗は約 16 cm 長の主根に約 2 cm の幹部を残したもので形が小棒状をなしている。ここでは、側根を必ずしもすべて除かないこれまでのスタンプ苗と比べるために、小棒型苗と呼ぶことにした。

1. 苗木の貯蔵

1. 貯蔵の原理

貯蔵の基本原理は植物体の休眠を制御することである。例えば、マツの苗木貯蔵は低温で制御して休眠させるが、チークの場合には植物体内の水分を制御して休眠させることになる。土壌が乾燥する乾季には、チーク苗は落葉休眠する。この休眠期に苗木を掘取り、人工制御によって苗木の水分消費を少なくして休眠期間を延ばすことができる。

チークの樹皮は厚く、水分を多量に含んでおり、かつ水分が散逸しにくいので、簡便に実行できる貯蔵技術が可能である。そのほか、苗木の貯蔵養分が多ければ多いほど潜在生命力が強くなり、貯蔵の効果もまた大きくなるので、植物の機能を十分に利用することが必要である。つまり、枝葉を制限して主根を充実させることである。

休眠期間中に植物体内の水分を制御して、休眠期間を延長させるだけでなく、水分の少ない環境下で植物体の養分を主根へ移動させることが大切である。貯蔵効果を高めるためには、苗木養成の時に、密植および灌水と施肥量の調節によって苗木体内の含水量を制御するなどの取扱いが必要である。

2. 貯蔵苗木の養成

1985 年 2 月に海南島の西南部尖峰嶺においてチーク苗の養成を行った。

(1) まき付け

LIN, Dan Dan : Storage of Stick-type Stumps of Teak
中国林業科学研究院熱帯林業研究所

優良な貯蔵苗を養成するためには、高精度の方法でまき付け量を決定することが重要である。

まき付け量は、次の式によって計算した。

$$\text{まき付け量} = \frac{\text{密度}}{\text{発芽率} \times \text{kg 粒数} \times \text{純度}}$$

まき付け床での最適密度は、150~400 株/m² であるが、300~400 株/m² であれば2年に2回掘取りを行い、250 株/m² 以下であれば同年次に全量掘取る。

まき付けは筋まきとし、まき付け幅は8~10 cm、筋の間隔は15~20 cm とした。まき付け時期は、海南島では2~3月、中国南部の大陸では4~5月である。

(2) 灌水・施肥の調節

施肥は行わず、苗高が15 cm に達した時期から灌水を停止した。

(3) 摘枝・摘葉

発芽と成長の旺盛な苗木は梢と葉を採り捨てた。まき付け苗は8か月を経て、根部に近い根元直径が0.4~1.6 cm、主根の最太の部位が0.6~2.5 cm となり、優良な苗木となった。

伝統的なチークの育苗法に比べると、床替、遮光、施肥、砕土などの作業を省略することができた。また、灌水、除草などの労働量も20~30% 下げることができた。

3. 貯蔵の順序と方法

KAOSA-ARD (1977) と1986~1987年にLAURIDSEN の行った貯蔵方法を採用した。

(1) 貯蔵槽

排水がよく、地下水位が低く、交通の便利な場所を選び、2.9×5.4×1.5 (高) m の穴を掘って、煉瓦とセメントで2.5×5.0×1.3 m の槽を築いて仕上げ(4つの槽を一列にする)、陽光の射入、雨水の浸入を防ぐためにチガヤと竹を用いて物置場のように建てあげた。

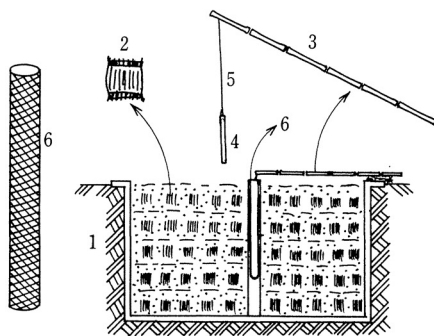


図-1 貯蔵槽の断面図

1. 貯蔵槽
2. 苗束
3. 竹竿
4. 温度計
5. ひも
6. パイプ

通風をよくし、温度を測定するために、槽の中央に、直径8~10 cm、長さ1.3 m のひご製のパイプを1本立てた。このパイプは中に砂が入らないように外側をガゼで巻いた。また、1~50°C の温度計および1.5~1.7 m の竹と1~1.2 m のひもで図-1のとおり組立てた。そのほか苗木埋蔵用のきれいな細砂を準備した。

(2) 苗木の掘取り

まき付け当年の12月か翌年の1月(成長期の終わった頃)に大型機械で苗木を掘取る。苗木は、

枝葉へ風通しをよくし、陽光の直射と雨水の浸入を避けることができる小屋に置く。その場合、苗木を高く積み重ねないように注意することが大切である。

(3) 小棒型苗木の調製

苗木は、根元上部 2 cm のところで切断する。主根から出ている総ての側根を取除いた後、主根部を長さ 15~18 cm の長さに切り揃え、太さによって区分し保存する。優良な小棒型苗木は主根の最太のところが 0.4~1.5 cm のものである。前述したように枝葉を切詰めることは貯蔵・輸送のためになるばかりでなく、休眠期間を延ばすことにもなった。

(4) 消毒と結束

清水で棒型苗を洗って、Methyl 1-2-Benzimidazole carbamate (濃度 ; 6 : 10,000) で消毒し、日かげで乾かしてから揃え、しっかり縛りくる。

(5) 貯蔵槽入れ

埋蔵用砂は日かげで乾かし、日中の高温時を避け、朝か夕方に槽に搬入するのがよい。まず、槽の底に砂を 5~6 cm の厚さに敷き、中央にパイプを立て、結束した苗木を立てて並べる。結束した苗束の上に 5~6 cm の厚さに砂を敷き、その上に苗木を立てて積み上げる。このように順次束を積みあげてゆき、最上層は砂を 20 cm 厚さに敷いてガニーバッグ (麻袋) で覆いパイプの通気口を設けた。槽に埋蔵した苗木は 35,000~45,000 本であった。

(6) 管理

パイプに温度計を入れて、毎日、6、12、18 時の 3 回温度を測定し、35℃ に達したときには、槽から苗木を取出し、広げて並べる。

一般に、発熱する原因は、④ 苗木の含水量が高過ぎる場合、⑤ 砂が湿り過ぎている場合、⑥ 貯蔵槽に入れるときの外気温が高過ぎる場合にあると考えられる。

2. 貯蔵中の苗木含水量の推移

これまでの貯蔵過程における苗木含水量の変化については、研究が行われていない



図-2 チーク小棒型苗 (左) と従来のスタンプ苗 (右) の比較

ことから、苗木の体内水分の消耗を効果的に制御できるように、この面の研究を重点的に行った。

含水量の測定は乾燥器で全乾する方法を採用した。

1. 含水量の特性値の算出

含水量を示す特性値は、㊸ 生体重に占めるパーセント (FWC), ㊹ 乾重量に占めるパーセント (DWC), ㊺ 相対含水量 (RWC) で、それらの計算式は次のとおりである。

$$FWC = \frac{Q_o}{W_f} \times 100\% \quad \text{注. } W_f = \text{サンプルの生体重}$$

$$DWC = \frac{Q_o}{W_d} \times 100\% \quad W_d = \text{サンプルの乾重量}$$

$$RWC = \frac{Q_o}{Q_t} \times 100\% \quad Q_o = \text{サンプルの含水量 (} W_f - W_d \text{)}$$

$$\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad Q_t = \text{サンプルの飽和含水量 (} W_t - W_d \text{)}$$

$$\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad W_t = \text{飽和状態の生体重}$$

まず貯蔵苗のそれぞれの径級、部位および皮層、木質について多くのサンプルを採り、種類毎にサンプルの含水量を測定して、苗木含水量の特性値を算定した。

測定結果では、それぞれの径級 (0.4~1.6 cm), 部位 (0.4~1.6 cm の太さのところ) の生体含水量と相対含水量とは著しい差異はみられなかったが、木質の乾重量については、サンプル毎に木質化の程度が異なるために乾重量に差異がみられた。また、皮層の乾重量は木質の乾重量よりはるかに小さかった。

このため、同一種類の中の各サンプルの乾重量に占める含水量 (DWC) の差異は極めて大きいですが、それに比べて、生体重に占める含水量 (FWC) と相対含水量 (RWC) はそのような傾向がみられない。同じ種類のサンプルの変異係数は小さいので、相対含水量と生体重に占める含水量を主な特性値として貯蔵苗木の水分変化を述べることにする。

2. 貯蔵期間中の苗木水分の変化

1986年1月と1987年1月に貯蔵槽に砂で埋蔵した貯蔵苗木を上・中・下層のそれぞれから45本を抜きとり、そのうち15本については含水量の測定に、残りの30本

表-1 苗木の貯蔵期間と含水量の変化

項目 \ 期間	1986年					1987年						
	1月7日	9.6	10.6	11.6	12.6	1.21	2.11	3.25	4.27	5.28	6.28	7.26
貯蔵日数	10	260	283	314	344	390	425	453	486	517	548	574
相対含水量	7.5	69.4	70.6	71.4	71.7	65.6	63.2	64.5	54.0	60.1	53.2	58.6
変異係数	—	13.9	5.5	10.6	8.9	17.6	10.6	8.6	13.0	16.2	9.0	7.6
生体含水量	66.5	64.5	60.1	74.9	64.2	63.8	—	60.1	56.1	55.1	45.0	56.9
空中湿度	75	82	85	82	86	79	79	73	74	68	75	81
造林活着率	100	100	100	100			100	90	90	70	90	

については植栽試験に使用した。

貯蔵前の苗木の相対含水量は75%で、18か月経過したときの貯蔵苗木の含水量は53%に減少したが、含水量は安全な範囲にあった。含水量が減少していく過程は次の数式で表すことができる。

$$\hat{y} = 19.491 - 0.0445x, \quad r = -0.8602^{**} \quad (t \text{ 検定によれば } 99\% \text{ の信頼性を得た。})$$

この数式による計算結果では、貯蔵期間を更に4~5か月延ばしてはじめて安全含水量に近づくことになる。その回帰係数は極めて小さく ($b = 0.0445$) 自然条件下での脱水回帰係数の3.5%にすぎなかった。このことは、1.3項で述べた貯蔵法によれば、苗木水分の蒸散が有効に抑制されることを明らかにしている。そのほか、貯蔵槽の砂は含水量の変化が極めて小さく、0.8%から0.4%に減少しその後は安定している。また、空気の相対湿度が貯蔵苗と槽内の砂の含水量に与える影響も小さかった。

3. 自然条件と包装・梱包した条件下での苗木の脱水過程

(1) 測定方法

供試材料は室内の実験台上に置いた貯蔵苗300本および輸送用に包装梱包した貯蔵苗木300本のほか対照として圃場から掘り取った苗木300本を用いた。また、苗木の包装・梱包方法は苗木を紙で包んで縛り、ビニール袋(0.01mm厚さのビニールに0.3cmの穴が3~4個ついたもの)に入れて袋口を封じた後、ボール箱に入れる方法を採り、室内に置いた。

以上の材料を2つのグループに分け、各材料別に1回15本の苗木を任意抽出し、1つのグループでは10日毎に、他のグループでは2日毎に苗木の含水量を測定した。また、造林活着率を求めるために、同じ環境条件下に植栽し、大部分の苗木が枯死するまで活着状況を測定した。

(2) 測定結果

測定値を図解法と階差分析法とによって、測定時間(x)と含水量(y)との関係を線形回帰関数で求めた結果

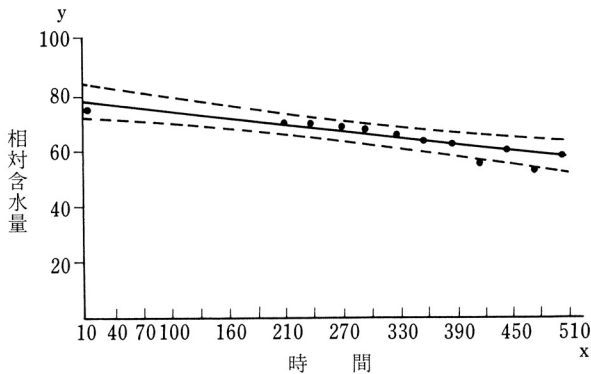


図-3 貯蔵期間の苗木含水量と時間の回帰 (点線は95%の信頼区間)

(I) 貯蔵苗（休眠期）を包装梱包した場合は

$$\hat{y} = 65.265 - 0.2750x, \quad r = -0.8877^{**} \quad (**99\% \text{の信頼性})$$

(II) 貯蔵苗（休眠期）を自然条件下に置いた場合は

$$\hat{y} = 77.2620 - 1.2468x, \quad r = -0.9525^{**}$$

(III) 圃場苗（成長期）を自然条件下に置いた場合は

$$\hat{y} = 105.6080 - 2.8159x, \quad r = -0.9549^{**}$$

となった。回帰係数 b は (I) 式において 0.2750 と最も小さいので、貯蔵苗木を包装梱包すれば水分の蒸散を有効に制御できることが明らかになった。(III) 式の b (2.8159) は (II) 式の b (1.2468) の 2.25 倍であり、成長期の苗木の水分蒸散量は休眠期の貯蔵苗木の水分蒸散の 2.25 倍であった。

4. 安全含水量

安全含水量と最適安全含水量の範囲については、貯蔵苗の含水量の変化と造林活着率との関係で求めた。

安全含水量は最大・最小安全含水量と最適含水量とに分けた。貯蔵期間中、苗木が発熱によって枯死しない最高含水量を最大安全含水量とした。造林活着率が 60% になったときの含水量を最小安全含水量とし、造林活着率が 90% 以上のときの含水量から最大安全含水量までの範囲の含水量を最適安全含水量とした。この含水量の変化過程は二つの段階に分かれるが、含水量が最適安全含水量の範囲にあるとき、環境要

表-2 自然条件と包装梱包した条件下での苗木の脱水過程

(1) 包装・梱包した貯蔵苗（休眠期）

測定日	1986. 9. 21	1986. 10. 1	1986. 10. 11	1986. 10. 21	1986. 10. 31
生体含水量	64.9	56.1	56.0	55.0	51.7
造林活着率	100	100	90	70	20

(2) 自然条件下の貯蔵苗（休眠期）

測定日	1986.													
	9. 6	9. 9	9. 11	9. 13	9. 15	9. 17	9. 19	9. 21	9. 23	9. 25	9. 27	9. 29	10. 1	10. 3
相対含水量	73.9	66.0	68.2	53.7	57.2	56.4	50.8	49.7	50.8	43.5	43.0	43.9	—	38.1
生体含水量	64.5	61.2	59.4	55.0	61.6	58.8	56.3	55.2	52.7	52.8	50.9	48.4	49.1	51.8
造林活着率	100	90	100	100	100	90	90	80	80	20	10	10	30	30

(3) 自然条件下の圃場苗（成長期）

測定日	1986.							
	9. 6	9. 9	9. 11	9. 13	9. 15	9. 17	9. 19	9. 21
相対含水量	92.8	76.4	78.4	60.0	64.8	58.9	55.2	45.8
生体含水量	72.9	71.1	74.1	67.8	67.1	62.7	57.0	52.3
造林活着率	70.0	70.0	80.0	80.0	90.0	60.0	70.0	50.0

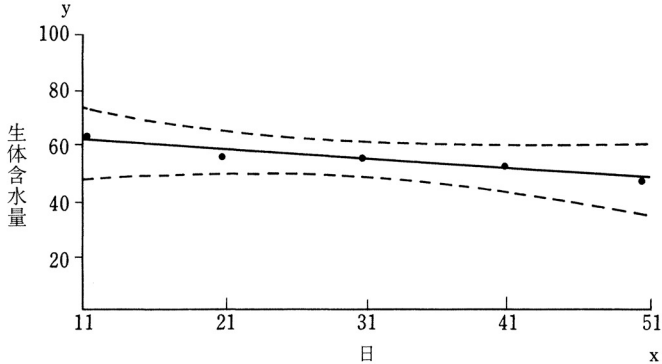


図-4 包装された貯蔵苗の生体含水量と時間の回帰直線（点線は95%の信頼区間）

因の影響を除けば造林活着率は100%に達し、含水量が限界値に下がれば造林活着率は急激に低下することになる。

3. 結果と評価

1. 苗木養成の面

今回紹介した方法によって体積の小さい優良な貯蔵苗を大量に養成することができた

ほか、生産に要した労働量が60%減少し、単位面積当たり苗木生産量は7.5~8.5倍向上した。その結果生産コストは従来の方法の2割以下となった。

更に、土地の利用率は50~100%、生物エネルギーの利用率は2倍向上させることができた。

2. 貯蔵と造林活着率の面

苗木の貯蔵から包装輸送する期間に亘り、苗木含水量の変化していく過程を検討してきたが、その結果、砂槽苗木貯蔵法と苗木のビニール包装法を採用することによって、安全含水量を有効に制御できることが明らかになった。その成果の一例を示すと、苗木の貯蔵

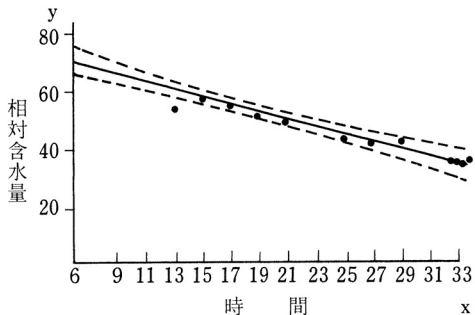


図-5 貯蔵苗の相対含水量と時間の回帰直線

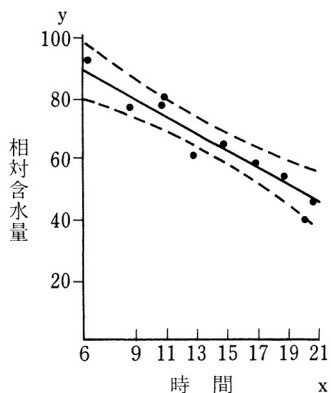


図-6 圃場苗（成長期）の相対含水量と時間の回帰直線

表-3 貯蔵苗の安全含水量の理論値*

(%)

処 理	最大安全含水量		最小安全含水量		最適安全含水量	
	相 対	生 体	相 対	生 体	相 対	生 体
貯 蔵 の 過 程	80.0	70.0	49.6	50.0	80.0~55.7	70.0~55.1
自然の脱水過程			47.2	52.0	80.0~53.3	70.0~55.5
包装された過程			—	52.2	—	70.0~55.3
平均 値	80.0	70.0	48.4	51.4	80.0~54.5	70.0~55.3

* 測定業務は海南島の半乾熱地区で、また乾季(11月~翌年7月)に実施した、その結果表のデータは湿度の高い地区では貯蔵苗の造林のパラメータとすれば、効果が一層いい。

表-4 貯蔵苗の長途運輸と造林試験

年. 月. 日	造林地	運輸距離(km)	貯蔵月数	運輸時間(日)	植栽面積(ha)	造林活着率(%)		当年樹高成長の比較		
						貯蔵苗	対 照	貯蔵苗(cm)	対 照(cm)	相対値(%)
I. 長途の運輸を経て植栽										
1986. 6.	雲南省河口県	2700	5	21	1.4	95~100	—	—	—	—
1986. 6. 20	広 州	1000	5	4	0.1	97.9	89.8	12.7	*	9.5
“ 6. 23	広 州	1000	5	7	0.1	99.0	97.7	10.3	*	7.7
“ 7. 17	広 州	1000	6	8	0.1	95.7	92.9	10.8	**	5.9
1987. 6. 7	広西区宁明県	1080	5	18	2.1	94.2	99.9	21.5	ns	20.5
“ 6. 11	広西区宁明県	1080	18	18	2.3	82.1	—	40.7	—	—
II. 当地植栽(貯蔵は包装して、運輸を経ない)										
1986. 5.	海南島尖峰嶺	—	4	—	0.02	100	—	—	—	—
“ 8. 13	尖峰嶺	—	7	—	1.3	85.3	83.3	27.6	ns	27.1
“ 9. 6~12	尖峰嶺	—	8	2~17	—	93.8	71.3	24.6	**	16.8
“ 6. 26	尖峰嶺	—	6	2~3	0.01	87.2	62.5	31.3	**	23.9
1987. 3. 25	尖峰嶺	—	15	2~3	0.1	100.0	80.0	45.5	**	32.5
“ 6. 29	尖峰嶺	—	18	2~3	0.1	75.0	55.0	22.3	ns	23.0
“ 7. 25	尖峰嶺	—	19	2~3	0.1	90.0	60.0	24.8	**	15.0

注：*は5%水準で有意

**は1%水準で有意，nsは有意差無し

広州の造林地は酸性が強く、チーク造林の不適地である。

対照の苗は従来のスタンブ苗で、海南島尖峰嶺で育成し、植栽前に掘取ったものである。

期間を5か月とし、苗木を包装して輸送に21日間要した場合、または、苗木の貯蔵期間を15か月とした場合の貯蔵苗木による造林活着率は90~100%であった。

また、苗木の貯蔵期間を18か月とし、苗木を包装して輸送に18日間要した場合、

または、苗木の貯蔵期間を19か月とした場合の貯蔵苗木による造林活着率は75～90%であった。このように苗木の貯蔵期間はKAOSA-ARD (1977) の報告より2倍延長しても造林活着率を30%向上することができた。

3. 造林の面

この方法による貯蔵苗の大きさと重さは従来のスタンプ苗よりも著しく小さくなり、苗木の輸送費を減少させることができた。

造林の面では、苗木の貯蔵時に側根を取除いているため、植栽時の植穴掘りを省くことができ、また、造林を雨季あるいは成長期に行った場合、貯蔵苗による活着率と初期成長は表-4のとおり伝統的なスタンプ苗より良好な成績を得た。更に、強酸性(pH値, 5.40～4.75)で乾燥した土壌に造林したときの初期成長はより大きかった。

4. 貯蔵苗の生産効果

この方法によるチーク苗木の生産効果は次のとおりであった。

(1) チーク造林は雨季の期間に速やかに終了させることが必要となるが、この方法により生産した貯蔵苗の使用によって、圃場作業に要する労力と造林に要する労力の競合が解消された。

(2) 高緯度の地域での造林には、造林用苗木を冬季前に貯蔵することができるので、苗木の寒害防止に有効である。

5. チークの造林研究推進への寄与

(1) 産地別に苗木を集中的に養成し、貯蔵しておくことが可能となったため、産地試験を系統的に実施できることになったほか、品種改良、圃場の合理化に寄与することができた。

(2) この研究成果は、他の樹種の苗木生産技術に関する応用試験を開始する端緒となったほか、苗木生産方式の改善に資することができた。

〔参考文献〕 KAOSA-ARD, A. (1977) : Physiological studies of sprouting of Teak (*Tectona grandis* Linn. f.) planting stumps. Ph. D. Thesis, Dept. For., Australian National Univ.

(注. 含水量と活着率の関係について数学的な検討をされた部分がありましたが、一部不明な点があり、著者との連絡がとれないため削除させて頂きました。ご了承下さい。編集委員会)