

クスの造林学的基礎研究 (第10報)*

土壤の乾燥が苗木の生育におよぼす影響

教授 渡 辺 資 伸**

Sukenaka WATANABE

Silvicultural Studies on Kusu (*Cinnamomum Camphora* SIEB.) (X)

Influence of Soil Drying on Growth of Seedlings of Kusu

目 次

I. まえがき	51	IV. ま と め	59
II. 実験方法	51	V. 文 献	60
III. 結果ならびに考察	53	Résumé	61

I. ま え が き

移植した苗木の根が出て、旺盛な生育をはじめたとき、これを完全に活着したということが出来る²¹⁾。土壤水分の異なる場所に植えたばあいと、植付けた直後土壤水分が自然に乾燥していつたばあい、活着にどんな影響をあたえるかについてはすでに述べたが²⁵⁾²⁶⁾、本実験では一度活着したものがその後の土壤の乾燥でどのような生育をするかをしらべた。

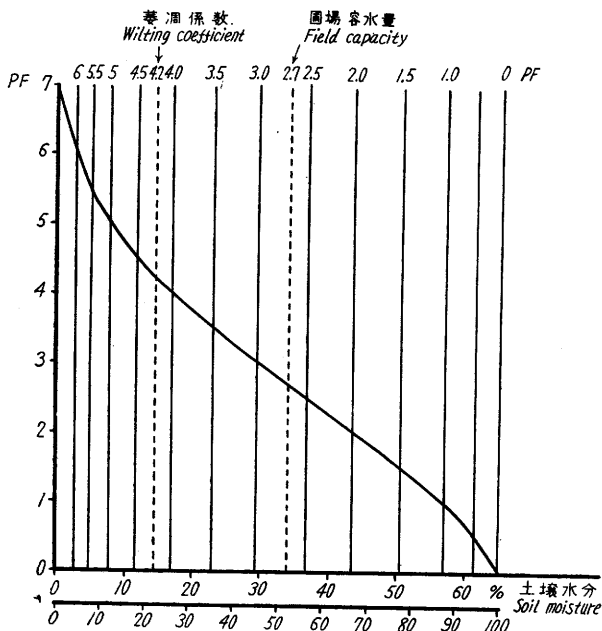
II. 実 験 方 法

本実験もこれまでの実験と同様に樹芸研究所の苗畑で仕立てた満1年生の苗木を地上部 0.5 cm, 地下部 15 cm に切りつめてもちいた。植付けは 1953 年 3 月下旬に直径 17 cm, 深さ 17 cm の磁器製のポットに、1 ポットに 2 本ずつやや粘質の土壤をもちいて植えた。これにもちいた土壤の性質を示すにあたり、土壤水分の少ない方の土壤の留水力を測定するのに HANSEN の方法により¹⁾²⁷⁾、いろいろの含水率の土壤をそれぞれの 100 cc 広口瓶につめ、この瓶の中に各種の濃度の蔗糖溶液をしめした濾紙を 1 枚ずつつるし、この濾紙にしめした蔗糖液の重量の増減から土壤の留水力を求め、水分の多い方の土壤についてはテンションメーターを使用し²⁾、また圃場容水量は直径 20 cm, 高さ 60 cm の土円柱を作り、これに上部から十分灌水して 1~2 屋

* 樹芸研究所報告 第 19 号

** いまのつとめさき 千葉県演習林

夜放置し、後土円柱の上部から 10 cm おきに土壌をとつて秤量して含水率を求め、各部の含水率がおなじになったとき、この含水率をもつて圃場容水量とし、3 種類の値から土壌の性質を示す留水力を求め、さらにこれを PF であらわしこれを第 1 図に示した²⁰⁾。



第 1 図

Fig. 1.

はじめ 38 コのポットに植付け、土壌水分をほぼ 45% (最大容水量の 70%) にたもたせて十分に活着させ、その後も十分に生育ができるように土壌水分を 45% にたもたせるため、毎日失われた水分量だけポットの中程までさしてあるガラス管を通して灌水し、これらのポットをガラス室において実験の準備をし、植付けてから 3 カ月半後の 7 月 15 日から実験をはじめた。

5 コのポットを対照区として、実験を打切るまで土壌水分を 45% にたもたせ 2 日おきに上長生長の測定をした。

8 コのポットについては灌水して 64.4% (最大容水量で 100%) まで土壌水分を高め、その後は自然乾燥にまかせた。このポットの苗木についても 2 日おきに上長生長を測り、生長がとまつたと思われる 8 月 14 日で生長量の測定を打切つた。

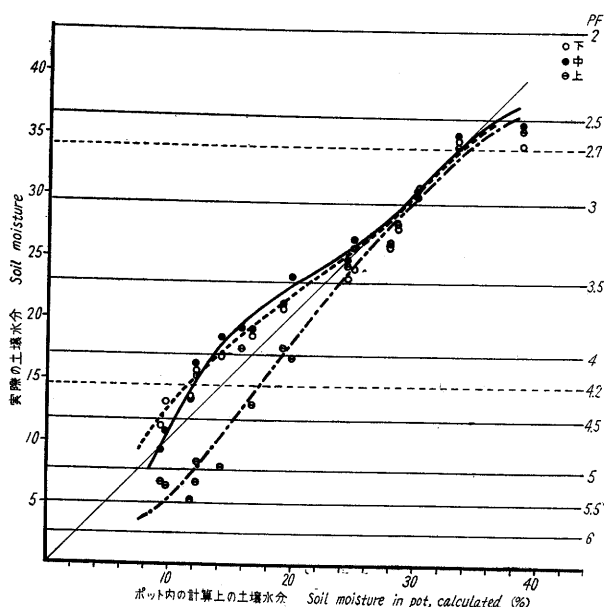
17 コのポットについては、土壌水分がおよそ 40%, 30%, 25%, 20%, 15%, 10% に達したとき、それぞれ 2~7 コのポットの苗木について蒸散量を測り、また掘取つて地下部の様子もしらべ、かつ苗木の各部の含水率をもとめた。

残りの 8 コのポットについては枯死寸前まで乾燥させ、その時の葉の含水率をしらべて後、灌水して回復するかどうかをみた。

蒸散量は葉を切りとつてトーションバカリで4分間の重量の減りかたを秤り、それを葉面積 100 cm^2 、1分間、飽差 20 mmHg の値になおして蒸散力としてあらわした。また含水率は 105°C で乾燥してもとめた。

III. 結果ならびに考察

土壤の乾燥と苗木の生育との関係を述べる前に、ポット内の計算上の土壤水分と実際の土壤水分との関係を知っておく必要があるので、実験が終了して苗木を掘取るたびに、ポットの上部、中部、下部の3カ所から試料をとつて水分を測り、ポット内の水分の分布の様子をしらべると共に、計算上の土壤水分と実際の土壤水分との補正用にした。その結果を第2図に示す。



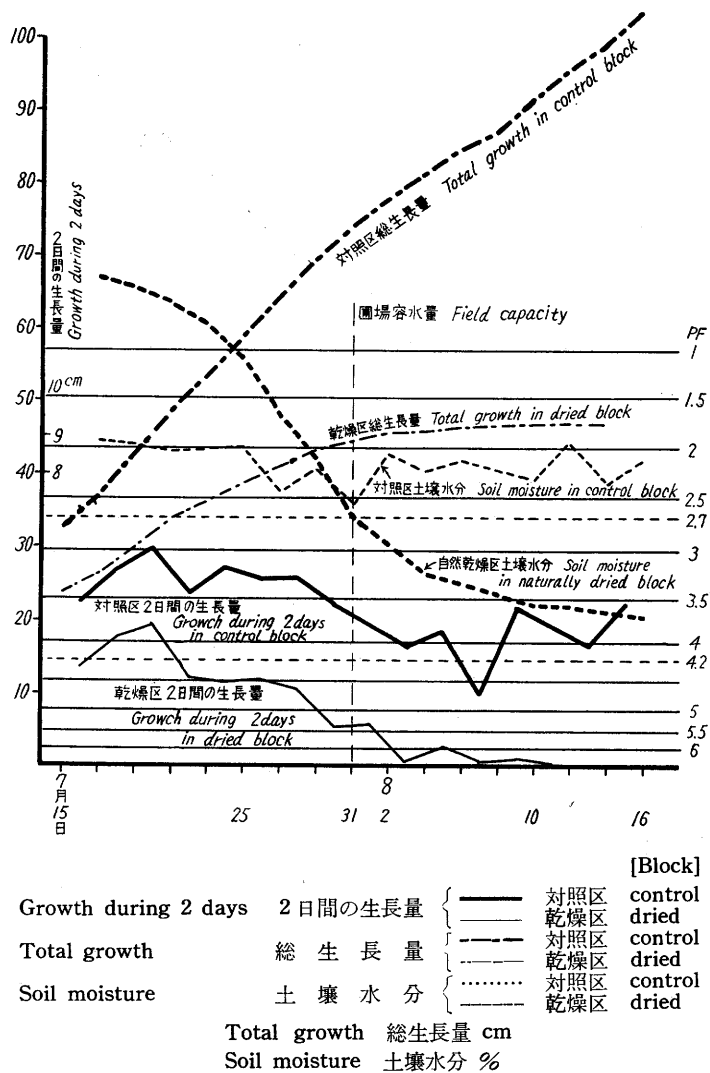
第 2 図

Fig. 2.

すなわち土壤の水分含有率が $28.5\sim 32.0\%$ (留水力 $1.1\sim 0.6$ 気圧, PF $3.1\sim 2.8$) のときは、ポット内の水分の分布状態は上部、中部、下部によつて差がなく、また計算上の土壤水分と実際の土壤水分とはよく一致していた。乾燥がひどくなるにしたがつて上部の土壤水分は計算上のものより少なくなり、計算上の土壤水分が $12\sim 13\%$ (留水力 $29.5\sim 20.5$ 気圧, PF $4.5\sim 4.3$) のとき実際には約 $7\sim 8\%$ で、このときがその差が一番大きく、その後はまた計算上の数値に近くなるようである。下部、中部の土壤水分は計算上の値より大体において多い。そして計算上の土壤水分が 12.5% (留水力 25.1 気圧, PF 4.4) 附近まではポットの中部の土壤水分が一番多く、下部はかえつて少ない。これは水を吸う根が下部に多いため、下部の水分が中部の水分よりも植物に多く利用されたためか、あるいは最初にガラス管を通してポットに注いだ水が下

までしみこまないためか、あるいは両方が原因していたためかもしれない。さらに乾燥が進んでくると下部よりも中部の方が乾燥してくるが、これは上部の乾燥の影響がしだいに下の方におよんできたためと思われる。つぎに根が吸いあげる水は、新しく出た細根の附近にある水分が主であり、そしてまたこの新しい細根はクスノキのぼあい根の先端すなわち下部の切口の附近に多く出ることから^{25) 28)}、ポットの中、下部の土壤水分の状態をもととして乾燥と生育との関係を考えて方がよいので、以下に報告する土壤水分については、一応実際の土壤の状態として中、下部の土壤水分の平均の数値をもちいた。したがってここに報告するポットの土壤水分の値は計算上のものでなく中部、下部の平均した、すなわち修正した値である。

さて土壤水分の自然乾燥が上長生長におよぼす影響は第3図に示すように、土壤水分が大体21

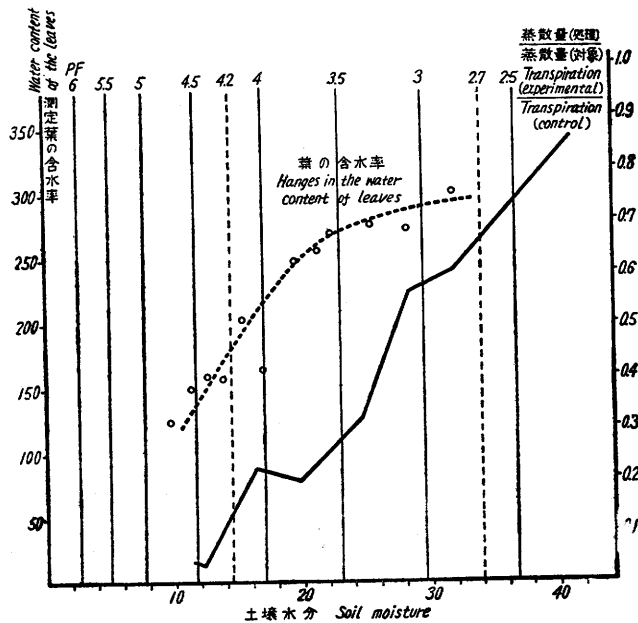


第3図
 Fig. 3.

% (留水力 4.9 気圧, PF 3.7) になると生長がとまる。

実験をはじめた7月15日には両区の苗木の大きさがおなじでなければならないのだが自然乾燥区の方が小さい。これは調査本数が少ないので出た差と思われる。なおその後の日々の生育も自然乾燥区の方が対照区より悪い。これは適湿状態で育ててきた苗木に対し、急激に水分をあたえて土壌水分を飽和状態(含水量の100%)にまで高めたため、このようなばあい田添¹⁸⁾は突然の飽和に近い水分の増加は根端細胞に影響をあたえ、時間の経過にもないついに枯死すると述べ、また大島¹¹⁾は湛水することによつて翌日には根の伸長が停止し、地上部の生長が徐々におとろえていくと述べているように、本実験でも灌水の悪影響があらわれ、生長がおとろえてきたのであろう。そしてこの水分の増加にもとづく生長の不良が、水分が少なくなつて生長が回復する暇もないうちに土壌水分が急に減つていつたので、そのまま乾燥による生育不良にうつつたのではあるまいか。なお対照区の平均生長量も7月20日を最高としてまたさがつている。これは一般に苗木の年間の生育には週期があるように、クスノキにも生長に週期があり²³⁾、本実験の7月20日附近は第1回の上長生長の山にあつていたと思われる。したがつて乾燥区も対照区も7月20日頃から生長がおとろえているのはそのためだろう。乾燥区の生長も以上のような週期にあつていているところに、土壌水分が不足したためさらに生長がおとろえたのだろう。そしてこの生長は第3図から土壌水分が21% (留水力 4.9 気圧, PF 3.7) に近づくると停止した。土壌水分と生育との関係については、果樹で森田・米山⁷⁾⁸⁾⁹⁾、小林⁴⁾、大畑¹²⁾、定盛・村上¹⁴⁾、などによつて研究されているが、土壌の性質がちがうのでこれら相互間の比較も、またこれらと本実験との比較もむずかしいが、小林・中川⁵⁾が果樹でおこなつた実験では、大体圃場含水量より上の土壌水分で伸長が停止していると述べ、松本⁶⁾も柑橘の砧木で実験したところ、圃場含水量より上の土壌水分で伸長が停止することを報告している。また玉井・岩隈¹⁹⁾は煙草で砂土及び粘土で実験した結果、何れも水分当量或はそれよりやや高い点で生長抑制が始まり、水分当量或は水分当量と萎凋係数の間で生長がとまることを観察している。本実験でも第3図から土壌水分が圃場含水量(土壌水分 34%, 留水力 0.5 気圧, PF 2.7)に達するくらいになると、上長生長がかなりおとろえてきてはいるがまだ生長がとまることはなく、さらに土壌水分が少なくなつて21% (留水力 4.9 気圧, PF 3.7) でとまつていることがわかる。すなわちクスノキ苗木の上長生長は土壌水分が圃場含水量と永久凋萎含水率(土壌水分 14.5%, 留水力 15 気圧, PF 4.2)の間でとまつている。

つぎに土壌がいろいろの程度に乾燥したばあい、土壌の乾燥が蒸散作用や苗木の各部の含水率にあたえる影響についてしらべた結果について述べる。土壌水分が蒸散作用および葉の含水率におよぼす影響については、蒸散量は毎回1~2本の苗木から4枚の葉をとつてトーションパカリで4分間の重さの減りかたからもとめ、これを飽差20 mmHgのときの値になおして蒸散力としてあらわしたが、飽差を考慮にいれても日によつて測定値の差がかなりはげしいので²²⁾²⁴⁾、対



第 4 図
Fig. 4

照区と乾燥区との蒸散力の比をもちいて蒸散力の減りかたをあらわしこれを第 4 図に示した。

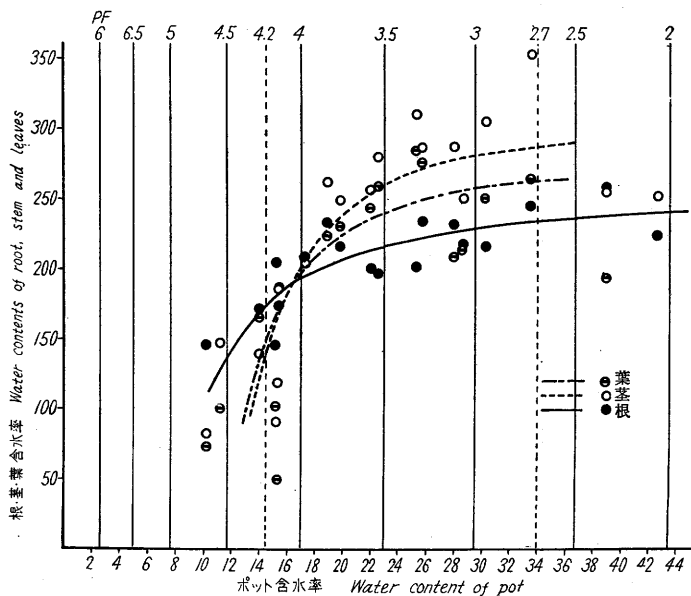
すなわち図から、土壤がどの程度に乾燥すると蒸散力が減りはじめるかはこの実験からはわからないが、40%ぐらいになるとすでに減りはじめており、その後土壤が乾燥するにつれて減っていき、土壤水分が 20% (留水力 5.9 気圧, FP 3.8) から 16% (留水力 11.7 気圧, PF 4.1) の間で多少停滞し、そのあとさらに減り 12.5% (留水力 25.1 気圧, PF 4.4) でとまっている。多くの実験では、土が乾くにつれての蒸散量の減りかたは土の含水率が野外容水量と永久凋萎含水率のあいだのある点までさがるると蒸散量は急激に減りはじめるると報告している¹⁰⁾¹⁶⁾¹⁷⁾。さらに佐藤¹⁵⁾は土が乾き永久凋萎含水率のあたりまでさがるるといづれのばあいにも蒸散量はきわめて少くなり、それ以上乾いてもほとんど変らなかつたと報告している。また大山¹³⁾はモクマオウでおなじような実験をし、土壤の留水力が 16~17 気圧になると蒸散量がもはや減らないことを報告している。本実験では実験資料が少ないので確定的のことはいえないが、前述のように蒸散力は急激に減ることがなく、はじめから大体おなじ早さで減り 25.1 気圧 (PF 4.4) ぐらいでとまった。したがって以上のことからクスノキ苗木では他の樹種とことなり蒸散力が減らなくなるまでには、すなわちクチクラ蒸散に達するまでには土壤水分がよほど乾燥しなければならないことが想像される。

つぎに蒸散量を測定した葉をもととして測つた葉の含水率と土壤水分との関係は第 4 図に示すように、土壤水分 21% (留水力 4.9 気圧, PF 3.7) 前後までは比較的葉の含水率の減りかたが

少ないが、それ以上に乾燥してくると急激に葉の含水率が減ってくる。生長も土壤水分が 21% (留水力 4.9 気圧, PF 3.7) になるととまと述べたが、すなわち徐々にでも生長しているうちは葉の含水率の減りかたも少ないが、生長がとまると含水率の減りかたが早くなる。以上のように葉の含水率の減りかたが早くなるのと生長の停止とはともに土壤水分が 21% (留水力 4.9 気圧, PF 3.7) ぐらいになるとおこるようである。

葉の含水率と蒸散力との関係は、土壤水分が 40% ぐらいになるとすでに蒸散力が減りはじめ、なお減りかたがおなじ早さで減り、そして 12.5% (留水力 25.1 気圧, PF 4.4) ぐらいでとまったと述べたが、含水率ははじめきわめて徐々に減り土壤水分が 21% (留水力 4.9 気圧, PF 3.7) ぐらいになると減りかたが早くなる。これは佐藤¹⁵⁾が述べているように、クスノキのばあいも土壤が乾燥し、水のとりいれが減つたのに応じて蒸散量が調節されるので含水率があまり影響を受けず、さらに水のとりいれが減ると含水率もさがるのである。

つぎに苗木全体の葉と根と茎の含水率を掘取つた苗木によつてしらべたものを第 5 図に示す。



第 5 図

Fig. 5.

葉の含水率は蒸散量を測つた葉でもとめたものと同様であり、茎の含水率は一番多く、根の含水率は、はじめは他にくらべてひくく、そして土壤の乾燥による減りかたも他と比較して一番少ない。また土壤水分が 21% (留水力 4.9 気圧, PF 3.7) 近くに減り、生長がとまるころから葉、茎の含水率の減りかたが急激になり、根の含水率は土壤水分が 18% (留水力 8.5 気圧, PF 3.9) 附近になると減りかたが多くなる。そして 16.5% (留水力 11.1 気圧, PF 4.0) 以下になると根の含水率ははじめと逆に葉や茎の含水率より多くなる。これは根が土壤中にあるから、

第 1 表
Table 1.

調査月日 Date	ポットと 苗木番号 Seedlings	ポット含水率 Water content of the soil	修正したポット の含水率 Corrected water content of the soil	葉の含水率 Water content of leaves	対照区の葉の 含水率 Water content of leaves in control block	両者の葉の 含水率の比 Ratio of water content of the experiment to the control	灌水後の生死 Survival or death after watering	備 考 Remarks
9. 8	5-1	13.38%	15.8%	149.8%	220.1%	68.05%	地上部 死 top dead	9.7 にまきこみはじめ, 9.8 に灌水
9.11	36-1	11.82	14.0	50%以下			地下部 生 root alive	10.11 に地下から萌芽
9.15	21-2	11.26	13.1	153.9	213.1	72.25	死 dead	9.8 にまきこみはじめ
9.22	18-1	10.50	12.5	153.6	213.1	72.09	地上部 死 top dead	9.11 に灌水
9.22	18-2	10.50	12.5	157.9	213.1	74.09	地下部 生 root alive	9.15 にまきこみはじめ
9.22	30-2	10.79	13.0	161.8	213.1	75.95	生 alive	9.15 灌水したが10.20 地下から萌芽 葉が垂れたがまきこまない
9.28	28-1	9.90	12.2	114.3			生 alive	9.22 に灌水
9.28	28-2	9.90	12.2	79.2			死 dead	同上
							死 dead	同上
							死 dead	9.27 にまきこむ
							死 dead	9.28 に灌水
							死 dead	9.26 にまきこむ
							死 dead	9.28 に灌水

空気中に露出されている葉や茎より乾燥しにくいことと、また葉や茎が乾燥のため組織にいたみを生じ、そのため吸水の機能が低下するので、根から葉や茎への水分の移行が相対的に少なくなつたためだ。いずれにしても葉、茎、根の含水率とも土壤水分が 17~15% (留水力 9.7~13.9 気圧, PF 4.0~4.1) になるとすなわち土壤水分が永久凋萎含水率に達しない前に含水率が急に減つてくる。佐藤¹⁵⁾は苗の含水率は土が永久凋萎含水率または、そのすこし上までかわくまではほとんど変わらず、さらに土が乾くと含水率はさがりはじめたと報告している。したがつてこの含水率という点からみればあい、土壤水分がまだ永久凋萎点に達しないうちから含水率が急に減るといふことは、クスノキはスギ、ヒノキ、アカマツなどにくらべて早く水分を失いやすい性質の木であるということがいえると思う。

つぎに葉の枯れこむときの、土壤と葉の含水率についてしらべたが、測定した木の数は少ないが、およその見当はつくと思うのでその結果を第 1 表に示す。

第 1 表から葉の枯れこむときの土壤水分含水率は 15~12.5% (留水力 13.9~25.1 気圧, PF 4.1~4.4) でそのときの葉の含水率がおよそ 150% であり、そのときの対照区の葉の含水率に対する割合は 70~75% である。したがつて葉の含水率が正常の葉の 75% 以下になると葉はまきこんでくる。このときに十分に灌水してその後の様子を見ると、まきこんだものは灌水しても回復せず地上部は枯れていく。しかしこの地上部の枯れこんだものに、完全に枯れたものと、地上部だけ枯れたものとある。これは渡辺²⁴⁾がすでに報告したのとおなじである。地上部だけ枯れたものは後に地中から芽が出てきた。しかし土壤水分がおなじような状態になつても、まだ葉がまきこまないばあいには、これは灌水すると地上部が枯れこむこともなく、苗木は回復してくる²⁴⁾。すなわち土壤水分が永久凋萎含水率 (留水力 15 気圧, PF 4.2) に達すると苗木によつては葉がまきこむものも出てくるが、しかしさらに水分がなくなつて留水力が 25.1 気圧 (PF 4.4) ぐらゐになつてはじめて葉のまきこむものなどがあることから、クスノキ苗木が土壤の乾燥で枯死するとき、その土壤の乾燥の程度には幅があるようである。もちろんこれは苗木自体の強弱にも影響されることと思う。土壤の乾燥と苗木の枯死との関係についてはさらに実験をくりかえす必要があると思う。

IV. ま と め

移植後十分に活着したクスノキ 1 年生の苗木が、その後の土壤の乾燥でどのような生育をするかをしらべた。

(1) クスノキ苗木の上長生長は土壤水分が圃場容水量 (土壤水分 34.0%, 留水力 0.5 気圧, PF 2.7) と永久凋萎含水率 14.5% (留水力 15 気圧, PF 4.2) の間 21% (留水力 4.9 気圧, PF 3.7) でとまつた。

(2) 土壤水分と蒸散量との関係はよくわからなかつたが、クスノキ苗木では蒸散力が減らな

くなるまでには、すなわちクテクラ蒸散に達するまでにはよほど乾燥しなければならないようである。

(3) 土壤の乾燥による葉の含水率の減りかたは、はじめは徐々に減り、苗木の生長がとまるくらい (PF 3.7) になると含水率の減りかたが早くなる。

(4) 葉、莖、根の含水率の減りかたをみると、葉、莖の含水率は生長のとまるころ (PF 3.7) から急に減りはじめ、根の含水率の減りかたの早くなるのは、それよりさらに乾燥してからであったが、いずれも土壤水分がまだ永久凋萎点に達しないうちから含水率が急に減っている。

(5) 苗木の葉の枯れこむときの土壤水分は大体 15~12.5% (PF 4.1~4.3) であつて、その時の葉の含水率は正常な葉に対し 70~75% である。

(6) 土壤水分が非常に減つても、苗木の葉がまだまきこまないうちは、これに灌水すると大低回復するが、まきこみはじめたものに対しては灌水しても回復せず地上部は枯れる。

(7) 地上部が枯れても、灌水によつて地下部から萌芽するものと、萌芽せず完全に枯死するものとあつた。

V. 文 献

- 1) HANSEN H. C.: The water retaining power of the soil. J. Ecol., 14: 111~119 (1926)
- 2) 長谷川新・中川恭二郎: テンシオメーターによる土壤水分張力の測定, 農及園, 32: 1441~1446 (1957)
- 3) 倉田 隆・山田 保昭: クス育種の基礎研究 (第Ⅲ報) 日林誌 35: 298~301 (1953)
- 4) 小林 章: 土壤湿度が葡萄の葉の同化作用枝梢の伸長作用に及ぼす影響, 園学誌 16: 172~180 (1947)
- 5) 小林 章・中川 昌一: 果樹の耐乾性に関する研究 [I], 農及園 24: 467~468 (1948)
- 6) 松本 和夫: 枳殻と枳の耐乾性並に耐水性の比較, 京大園芸研究集録 5: 65~68 (1951)
- 7) 森田 義彦・米山 寛一: 果樹の生育に及ぼす土壤の物理的組成の研究, 土壤水分と植生との関係, 園学誌 18: 155~165 (1949)
- 8) 森田 義彦・米山 寛一: 果樹の生育に及ぼす土壤の物理的組成の研究, 土壤水分と植生との関係, 園学誌 19: 185~194 (1950)
- 9) 森田 義彦・米山 寛一: 果樹の生育に及ぼす土壤の物理的組成の研究, 土壤水分と植生との関係, 園学誌 20: 153~157 (1951)
- 10) 根岸賢一郎・佐藤大七郎: 土のカワキがアカマツのナエの同化, 呼吸, 蒸散, 貯蔵炭水化物, 生長にあたる影響, 日林誌 36: 66~71 (1954)
- 11) 大島 利通: 土壤水分の多少が桑樹の同化作用並びに地上地下部の伸長度に及ぼす影響, 日蚕糸誌 21: 118 (1952)
- 12) 大畑 徳輔: 枳殻, 柚, 臭橙実生の生育に及ぼす土壤水分の影響, 園学誌 18: 95~100 (1949)
- 13) 大山 保表: 土が乾燥するにつれてモクマオウ属 (6 樹種) のマキツケ苗の水分関係はどうかわるか, 琉球大学農家政学部学術報告 3: 183~192 (1956)
- 14) 定盛 昌助・村下 兵衛: りんごの砧木に関する研究, 土壤水分が砧木の生育に及ぼす影響, 園学誌 21: 107~112 (1952)
- 15) 佐藤大七郎: スギ, ヒノキ, アカマツのマキツケナエの耐乾性, とくに樹種のあいだのチガイにつ

- いて, 東大演報 51: 1~108 (1956)
- 16) 佐藤大七郎・名村 二郎: 土がかわくにつれてアカマツのマキツケ苗の水分関係はどうかわるか, 日林誌 35: 71~73 (1953)
 - 17) 田崎 忠良: 防潮林の生態学的研究 (V) クロマツ当年生稚苗の生育について, 東大立研報 7: 20~25 (1951)
 - 18) 田添 元: 根端表皮細胞に対する土壤水分急増の影響に就て, 日林誌 19: 314~319 (1937)
 - 19) 玉井虎太郎・岩隈 台: 煙草の生長と土壤水分, 農及園 18: 155~161 (1943)
 - 20) 戸荻 義次他 4 名: 作物の生理生態 258~274 (1955)
 - 21) 上原 敬二: 応用樹木学 上巻 290 (1942)
 - 22) 渡辺 章: 移植してしばらくのあいだのアカシヤモリシマの苗の水分関係, 東大演報 52: 69~74 (1956)
 - 23) 渡辺 資仲: クスの季節的發育相について, 東大演報 52: 53~60 (1956)
 - 24) 渡辺 資仲: クスノキ苗木を移植してからしばらくの間の蒸散力と活着, 東大演報 54: 19~25 (1958)
 - 25) 渡辺 資仲: クスノキ苗木を移植した後, その土壤の乾燥が苗木の活着に及ぼす影響, 東大演報 54: 31~36 (1958)
 - 26) 渡辺 資仲: 湿度を異にした土壤に植付けたクスノキ苗木の活着, 東大演報 54: 37~42 (1958)
 - 27) 山田 登: 濾紙片に浸した溶液による土壤留水力の測定, 農及園 18: 1187~1188 (1943)
 - 28) 吉田三八郎: 樟山出後に於ける根の発生並に生長の状況に就て, 日林誌 170~174 (1941)

Résumé

Height growth of one-year-old seedlings stopped at about 21% of soil moisture (soil moisture tension 4.9 atmosphere, pF 3.7) the influence of decreasing soil moisture on transpiration was not so clear. Water content of leaves and stems decreased with decreasing soil moisture gradually at first, and then the decrease was accelerated when soil moisture decreased so much as the height growth stopped, but rapid decrease in water content of roots did not occur until the soil became more dry. Anyway these rapid decrease of water content of plant occurred when soil moisture was above permanent wilting percentage (14.5%). Leaves began to roll up when water content decreased to 70—75% of normal leaves, soil moisture in this case was 15—12.5% (pF 4.1—4.3). Most seedlings did not die if irrigated before the leaves rolled up, but the tops of them died when the leaves rolled up, even if irrigated. After the death of the tops, some sprouted from the stocks if irrigated.