

マツ苗にたいするマツキボシゾウムシの 寄生力に関する研究

西口親雄*

A study on the aggressiveness of the pine weevil,
Pissodes nitidus ROELOFS, on pine seedlings

By Chikao NISHIGUCHI*

まえがき

この研究の目的はマツキボシゾウムシ (*Pissodes nitidus* ROELOFS) のマツ苗にたいする寄生力を明確にすることによって、松くい虫による立木被害の発現機構解明への一つの手がかりを得ようとするものである。

ところで、GÄUMANN (1950) は植物病原菌の寄主にたいする広義の病原性を、(1) Aggressiveness すなわち寄主に侵入、定着、進展する能力と (2) Pathogenicity すなわち寄主に病気を起させる能力にわけている。森林昆虫学の分野では、病原性に相当する言葉として、加害性あるいは攻撃力などがあるが、いままでは明確な定義がされないままに使用されてきた。立花・西口 (1968) は病原性の概念を森林昆虫学の分野に導入し、その内容を寄生力と発病力にわけた。すなわち昆虫の寄生力は病原菌の感染力にほぼ相当するものであり、松くい虫でしばしば問題になる一次性か二次性かという問題は、寄生力の問題として考えたいのである。

昆虫の寄生力を問題にする場合、寄主の健全度あるいは衰弱度にたいする表示がなければ意味をなさない。しかし、具体的には何をもちいて健全とするかは容易にきめることができない。そこで、さしあたってそれぞれの立場から健全性の定義づけをしておく必要がある。二次性穿孔虫による立木被害の場合は、寄主の水分欠乏がそれに密接に関連していると考えられるので、この研究では、寄主の水分平衡に異常がみとめられた状態を衰弱として認識したい。

二次性穿孔虫の研究分野では、従来、針葉樹の水分生理状態を表わす方法として、浸透価、蒸散量、樹液流動速度、含水率、樹脂圧などが用いられている。この場合、寄主の生活機能 (たとえば抵抗力) が正常である範囲では一定の値を示すものが指標として適している、と思われる。その意味で、筆者は寄主の水分生理状態の表示法として含水率を採用した。

林木の含水率と二次性穿孔虫の寄生との関係を求めた研究にはつぎのようなものがある。井上 (1954) はキクイムシ類の寄生をうけたエゾマツの辺材含水率を測定し、ヤツバキクイムシ *Ips typographus* はやや乾燥状態を、エゾキクイムシ *Polygraphus jezoensis* はやや湿性状態を好むと報告し、REID (1961) はキクイムシの一種 *Dendroctonus monticolae* の initial attack をうけたロジポールマツについて、その後の辺材含水率の変化を

* 東京大学森林動物学教室 Institute of Forest Zoology, Faculty of Agriculture, Tokyo University, Tokyo.

しらべ、キクイムシの寄生が不成功におわった木では含水率の低下はなく、寄生が成功した木では含水率の急激な低下があったと報告している。これらの報告は、*Ips typographus* や *Dendroctonus monticolae* の寄生が成功する前に、寄主の含水率がすでに低下をはじめているらしいことを暗示している。

一方、SCHWERDTFEGER (1955) はトウヒのヤツバキクイムシによる被害木と健全木の樹皮含水率は異ならなかったと報告し、VITÉ (1961) は人工的処理を加えたボンデロサマツに寄生したキクイムシ *Ips confusus* が内樹皮含水率の高い場合でも正常に繁殖したと報告している。これらの報告は *Ips typographus* や *Ips confusus* が健全木にみられるような高い含水率のもとでも正常に繁殖することを示している。

西口 (1961) はマツ苗の水分状態を灌水でコントロールし、それにカンレイシャの袋をかけ、マツキボシゾウムシを放して産卵せしめ、苗の幹材含水率と樹皮下の幼虫孔の伸長度との関係をしらべた結果、苗の水分欠乏は幼虫孔の伸長をよくすることに関係があると報告している。

これらの報告から明らかなように、寄主の含水率の二次性穿孔虫にたいする意味は二つある。一つは、穿孔虫の繁殖に直接関与する因子としての含水率で、これは内樹皮の含水率であらわされる。SCHWERDTFEGER や VITÉ の報告から、*Ips typographus* や *Ips confusus* は健全木がもっているような高い含水率のもとでも正常に繁殖することがわかる。しかし、このことは直ちに、これらのキクイムシが健全木そのものでも繁殖できることを意味しない。

もう一つは、林木の水分欠乏度すなわち衰弱度の指標としての含水率である。VITÉ は、含水率はキクイムシの寄生の成否判定の指標にはならないと考えているが、前述の報告が示すように、辺材含水率は指標として使える可能性がある。

筆者はこの研究において、マツ苗の含水率の動きを土壌水分との関連のもとに把握し、さらに苗の含水率と枯死との関係を明らかにした。また、寄生実験によって、マツキボシゾウムシの寄生力を明らかにした。

この研究は東京大学北海道演習林森林動物実験室でおこなわれたが、同演習林長高橋延清教授からは絶大なご支援をいただいた。ここに心から感謝の意をささげたいと思う。

水分生理実験

土の乾燥にともなうストロープマツ苗の含水率の変化と枯死に関する実験

筆者はすでに、マツキボシゾウムシの幼虫はストロープマツ苗においては1年生幹材部の含水率が60% (生重比) 以上では正常に発育できず、含水率がそれ以下に減少するにつれて、幼虫孔の伸長も徐々によくなることを報告した。しかし、このような含水率の値が、苗の水分生理状態をあらわすうえにどのような意味をもっているのか、ということは示さなかった。このことはマツキボシゾウムシの寄生力を正しく評価するうえにきわめて重要であると考え、つぎのような実験をおこなった。

鉢植に用いた土の性質

マツ苗の鉢植に用いた土は東京大学北海道演習林育種圃場から採取した砂土に近い砂質壤土である。土壌水分に関して植物に重要なことは、土の含水率ではなく、植物が利用できる水の量である。それは土の留水力 (water retaining power) でよくあらわされる。そこで、1963年に、土の含水率と留水力の関係を HANSEN 法 (1926) でしらべたところ、図-1のような結果を得た。土の留水力 (水分張力) が15気圧のときの含水率が植物にとって永久凋萎点とされている。図-1は、この実験で用いた土の永久凋萎点が含水率12~13%あたりにあるこ

とを示していた。しかし、実測値のばらつきや実験年度のちがいによる供試土壌の多少のちがい(同一場所から採取したとはいえ)などを考慮に入れて、全実験をとおして、供試土壌の永久凋萎点は11~15%の範囲にあらう、と考えたい。

土および苗の含水率の測定方法

土の含水率はつぎのようにして測定された。すなわち、鉢の上層の乾燥した土を除き、苗根の分布する部位の土を攪拌し、2カ所からそれぞれ7~8g採取、105°Cで乾燥させた。含水率は2カ所の値を平均し、乾重比で示した。

苗の含水率はつぎのようにして測定された。すなわち、幹は1年生部分の材部(樹皮を除く)を、針葉は1年生幹の上部に着生しているものを、それぞれ数g採取し、105°Cで乾燥させた。試料採取は午前10時から12時の間におこない、含水率は生重比で示した。

供試苗の準備

実験に用いた苗は苗畑で普通に育苗管理された4年生ストロブマツである。4月上旬か中旬に、素焼の鉢に移植、そのまま野外において降雨のないときは適宜に灌水した。4月下旬か5月上旬に全鉢をガラス室に入れ、それぞれの計画にしたがって灌水した。

実験(1) 土の乾燥にともなう苗の針葉および幹材含水率の変化

方 法

1964年4月20日供試苗40鉢をガラス室に入れ、5月9日まで適正に灌水、10日以後は灌水を停止して乾くにまかせた。5月10日から10日おきに6月29日まで、毎回5鉢ずつ、土と苗の含水率を測定した。

結果と考察

(a) 日数経過にともなう土と苗の含水率の変化

灌水停止後の日数を横軸に、土および苗の含水率を縦軸にとると、それぞれの含水率の変化は図-2のようになった。ただし、各点は5鉢の平均値で示されている。

土の含水率は、灌水停止の翌日には、やく35%であったが、その後は急激に減少した。しかし、日数を経過するにしたがって、減少率は次第に小さくなった。1カ月ほどたつと、含水率は10%を割るようになり、それ以後の減少はわずかであった。

これに反し、苗の含水率は、はじめのうちは減少がめだたないが、1カ月ほどして土の含水率の減少速度がにぶってくるのとは逆に、苗のそれは急激に減少をはじめた。

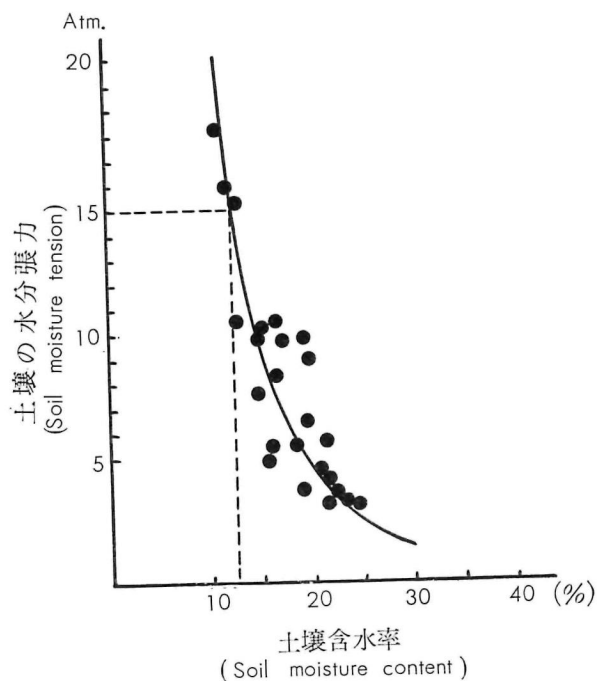


図-1 供試土壌の含水率と水分張力の関係
Fig. 1. Relation between soil moisture content and soil moisture tension.

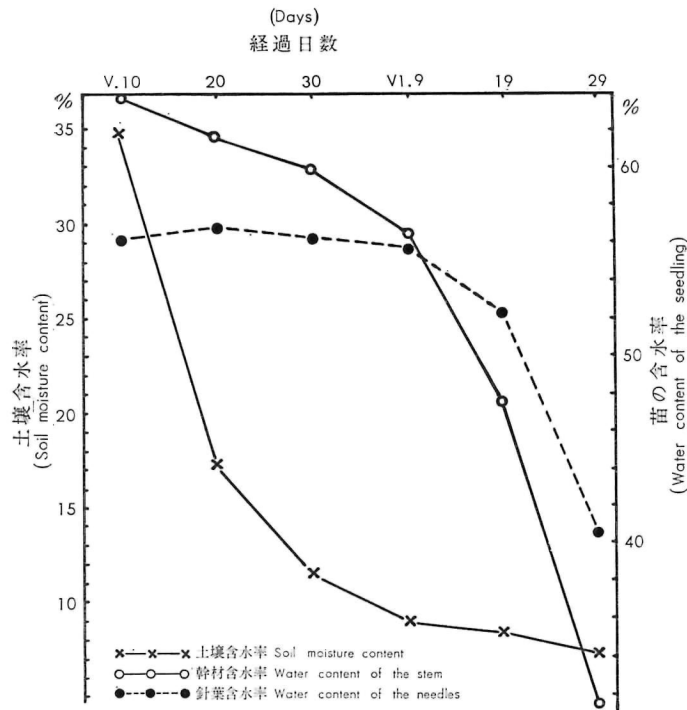


図-2 日数経過にともなう土壌と苗の含水率の変化
 Fig. 2. Changes in water contents of the seedlings and of the soil as time (days) elapsed.

また、はじめのうちは1年生幹材の含水率のほうが針葉含水率よりも高かったが、土の乾燥が進行すると、幹材含水率のほうが早く低下をはじめるので、両者の値に逆転が生じた。

(b) 土の含水率の減少にともなう苗の含水率の変化

日数経過にともなう土および苗の含水率の変化は図-2のとおりであるが、これは5鉢の平均値で、実際には個々の鉢によって乾きかたに遅速がある。そこで、苗の含水率を土の含水率に関連させて、資料をまとめると、図-3*のような結果をえた。

1年生幹材の含水率は、土の含水率の減少が進行しても、はじめのうちはほぼ一定の値(60~66%)を保っていた。しかし、土の含水率が12~13%すなわち永久凋萎点あたりに達したところから急激な低下を示した。

一方、針葉含水率も、はじめのうちは土の含水率の減少にともなわず、ほぼ一定の値(54~58%)を保ったが、土の含水率が9%を割るころから、すなわち幹材のそれよりややおくれて、急激な低下をはじめた。

実験(2) 土の含水率、苗の蒸散量、苗の含水率の三者関係
 ——苗の含水率の低下が意味するもの——

上述の実験が示すように、土の乾燥が進行するにもかかわらず、苗の含水率はかなりの期間にわたってほぼ

* 図-3は図-2と対応させるために、土の含水率を横軸にとり、左から右の方向へ小さくなるように目盛をした。

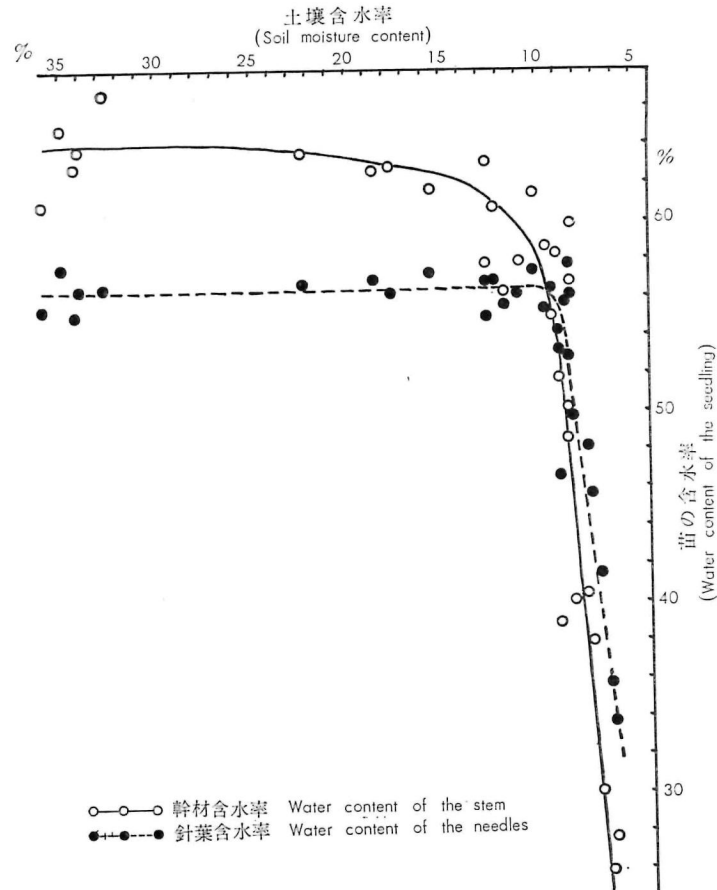


図-3 土壤の乾燥にともなう苗の含水率の変化
Fig. 3. Change in water contents of the seedlings with decreasing soil moisture.

一定の値を維持する。この現象の意味は苗の蒸散を考慮に入れることによって明確になると思われたので、つぎのような実験をおこなった。

方 法

1963年5月9日、やく60鉢をガラス室に入れ、十分灌水したのち、一部はそれ以後の灌水を止め、一部は4日おきに灌水をつづけ、またその一部は5月25日以後に灌水を停止した。このようにして、いろいろな水分状態の苗をつくった。5月24日から4~5日間隔で6月下旬まで、毎回数鉢ずつについて、土の含水率、苗の蒸散量と含水率を測定した(ただし、針葉含水率は途中2~3回測定を休んだ)。

蒸散量の測定方法: 測定はHUBER(切葉)法によった。すなわち、1年生幹の頂部に着生している針葉を4~5束(400~500mg)とり、極細の針金で葉束を結び、トーションバランスで秤量、5分後にふたたび秤量して減量分を蒸散量とした。値は針葉乾重量1g、1分間あたりに換算し、飽差による補正はしなかった。それは、土の乾燥が著しく進行すると、蒸散量は極端にすくなくなり、5分間ではトーションバランスの針が1~2目盛りしか動かず、したがって、測定誤差の割合が大きくなり、そのため測定値を飽差で補正しても、かえって値が不正確

になるおそれがある、という理由による。測定はガラス室内で、午前10時から11時の間、日光や風が直接あたることをさけておこなった。

結果と考察

結果は図-4に示されている。灌水翌日の、まだ水分を十分に保有している土では、土の含水率は35~41%の範囲にあり、その状態で苗の蒸散量は3~5 mg/g·minであった。土の乾燥が進行すると、苗の蒸散量は次第に減少していった。土の乾燥が著しく進行して、その含水率が永久凋萎点に近づくと、苗の蒸散は極端にすくなくなり、いわゆるクチクラ蒸散だけがおこなわれていると考えられる状態になった。

苗の含水率は、前の実験と同じく、土の乾燥が進行しても、しばらくはほぼ一定値を保った。しかし、実は、その間、蒸散量が減少していることは上述のとおりである。すなわち、土の乾燥が進行しても、苗は水分平衡を維持するために、蒸散量を調節していたわけである。

苗の蒸散がクチクラ蒸散だけの状態に近づくにつれてまず幹材含水率の低下がはじまり、永久凋萎点あたりではほとんどの苗が60%を割るようになった(幹材含水率の低下開始点は実験-1)と多少の不一致があった)。しかし、針葉含水率は、この実験段階ではまだ正常値を維持していた。さらに土の乾燥が進行すると、針葉含水率もまもなく減少しはじめるであろうことは実験-1)が示すとおりである。

土の乾燥にともなう林木の蒸散量や含水率の変化に関しては、加藤(1954)、佐藤(1956)、渡辺(1959, 1963)

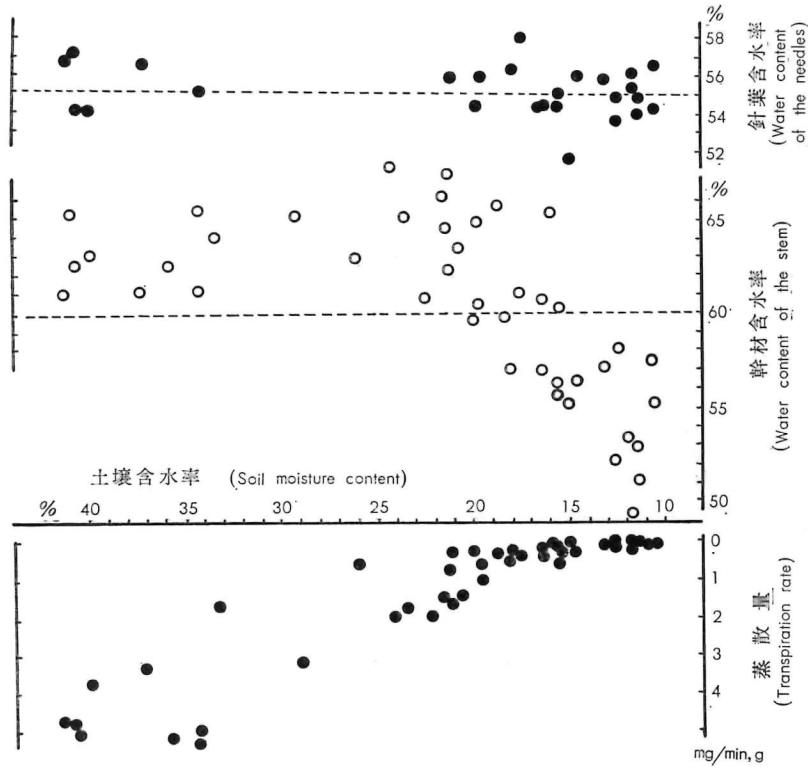


図-4 苗の蒸散量と含水率の関係

Fig. 4. Relation between transpiration rates and water contents of the seedlings.

などの実験がある。筆者の実験結果は、これらと細部では多少の不一致はあるとしても、本質的には一致がみられた。ただ、従来の実験は苗の含水率として、苗全体か、あるいは針葉のみの含水率を測定しているが、筆者は苗の含水率を針葉と幹材にわけて測定し、含水率の動きが両者で異なることを明らかにした。すなわち、1年生幹材の含水率の減少開始は苗の正常な蒸散活動の停止とほぼ同時におこり、苗における水分平衡の乱れをいち早く反映した。これに反し、針葉含水率の減少開始は幹材のそれよりおそかった。このことは、苗の水分平衡の乱れを示す指標として、1年生幹材含水率がより効果的であることをもがたっている。

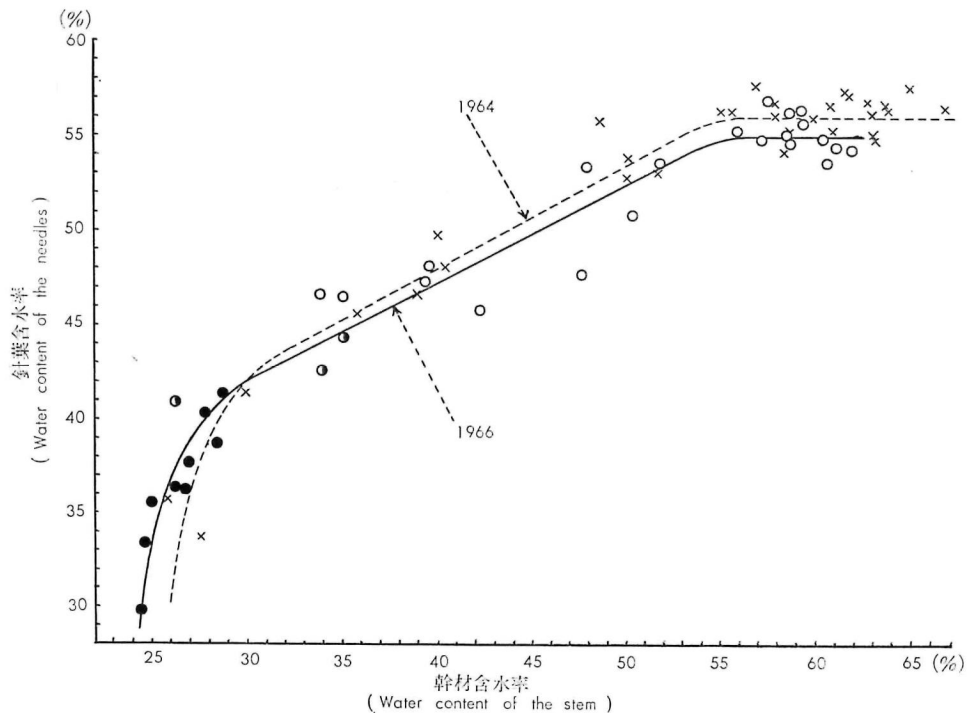
実験(3) 苗の含水率と枯損の関係

昆虫の寄生力を判定する場合、それが健全な状態の寄主に寄生できるかどうか問題になると同時に、それが死物にしか寄生できないのではないかと、ということも問題にしなければならない。

マツが松くい虫の寄生によって枯死した場合、松くい虫の寄生がなくてもそのマツは枯れる運命にあったのではないかと、という疑問が一般の間に存在する。事実、激害地区では松くい虫の寄生なしでマツが枯死する場合もすくなくない。このことは、松くい虫の寄生力を論じる場合、きわめて重要な問題になるので、筆者は含水率などの程度まで減少すればマツ苗は枯死するかを明らかにするために、つぎのような実験を行なった。

方 法

1966年5月10日、やく40鉢をガラス室に入れ、十分に灌水したのち、以後の灌水を停止した。5月24日



○: 生存 alive ◐: 上半部枯死 Upper part dead ●: 枯死 dead
1964年のデータは苗の生死を調べていない Survival was not examined in 1964.

図-5 苗の含水率と生死の関係

Fig. 5. Relation between water contents and survival of the seedlings.

から1週間おきに7月上旬まで、毎回5鉢ずつについて、主幹の1年生部分の基部を切断し、切断材料で苗の含水率を測定するとともに、残りの苗は切断面をツギキ蠟で封じ、土に十分灌水（以後は適正に灌水をつづける）して、その苗がその後生存をつづけるかどうかを、長期にわたって観察した。

結果と考察

幹材含水率と針葉含水率と苗の枯死との関係は図-5に示されている（なお、図には幹材含水率と針葉含水率の関係に関する1964年のデータも補足的に付けた）。ここで、まず幹材含水率と針葉含水率の関連性に注目したい。すなわち、含水率の減少開始は幹材部でさきにはじまるが、それが針葉含水率（ほぼ平均55%）以下になると、針葉含水率もそれにつづいて減少をはじめると、グラフ上に一つの変曲点があられる。その後は両者が互いにひっぱり合うような形で減少していく。ところが、幹材含水率はほぼ30%に達すると減少速度が急ににぶってくるが、針葉含水率はそのまま減少しつづけるので、またそこに一つの変曲点ができる。この幹材における含水率の減少速度のにぶりは、通導組織に自由水がいちじるしく少なくなったことをものがたっているように思われる。

このような含水率の減少過程において、ある時点で再び十分に水分を供給すれば、苗は回復する場合もあるし、そのまま回復せずに枯死にいたる苗もある。この実験では、幹材含水率が35%以下（針葉含水率では45%）に減少しない時点で灌水すれば、すべての苗は正常に回復を示した。これにたいし、幹材含水率が30%以下（針葉含水率では42%）に減少すれば、灌水してもほとんどの苗は枯死した。この枯死の限界点が第二変曲点近辺にあることは大へん興味ぶかい。この点は、上述のように、通導組織における自由水の潤渇を示す点と考えられ、苗がそれ以上に水分を失なうことは死を意味すると思われる。

また、上述の二つの限界含水率の中間帯で半枯れ（上半分が枯れ、下半分のみ回復）苗があらわれたことも興味ぶかい。半枯れ苗はわずか3本しか得られなかったもので、確かなことはいえないが、土に灌水した場合、回復が土に近い部分からはじまることを意味するのであろう。

林木における含水率と生死の関係については多くの報告があるが、マツ苗を扱った佐藤(1956)とSTRANSKY(1963)に注目したい。佐藤によれば、アカマツのマツケ苗では、その含水率が100~110%（乾重比）まで低下すると苗は枯れるという。STRANSKYによれば、*Pinus echinata*と*P. taeda*の苗では、針葉含水率が65~105%（平均85%）の間では、ある苗は枯れ、ある苗は生存するという。筆者の実験では、ストローブマツ4年生苗では、針葉含水率が42~45%（乾重比に換算すると71~82%）の間に生死の限界があった。ただし、実験材料や測定部位が異なるので、これらの数値そのものを比較してその差を論じてあまり意味はないが、筆者の値はSTRANSKYのそれに含まれ、実験結果の一致がみられた。

STRANSKYおよび筆者の実験結果から、針葉含水率はマツ苗の生死の判定にかなり有効であることがわかる。そして、1年生幹材含水率もそれと同様に有効であることはまちがいない。しかも、幹材含水率は、針葉含水率よりも、苗の水分平衡の乱れをいち早く反映するので、健全、衰弱、病態、枯死という苗全体の生理的な動きの指標として、より一そう好適であると思われる。

寄生実験

マツ苗の含水率とマツキボシゾウムシの卵および若齢幼虫期の死亡率に関する実験

二次性昆虫の寄生力は、寄主の生理的条件にたいする考慮なしでは正当に評価することができない。筆者は

マツキボシゾウムシの寄生力を明確にするために、まず寄主であるストロブマツ苗について水分生理学的実験をおこない、1年生幹材含水率が苗の水分平衡のよい指標になることを確認した。

また、前報(西口, 1961)から、含水率の高い健全な苗はマツキボシゾウムシの寄生初期に強い抵抗力を発現することはまちがいないと考えられる。そこで、ゾウムシの寄生力を解明する立場から、苗の含水率と寄生初期の各ステージにおける死亡率の関係に焦点をしばって、つぎのような寄生実験をおこなった。

方 法

供試苗は水分生理実験に用いたものと同じである。1965年4月下旬、全鉢をガラス室に入れ、5月1日から6月12日まで、それぞれ回数をちがえて灌水し、苗の含水率にいろいろの段階ができるように調節した。5月24日から26日の間に、全苗にカンレイシャの袋をかけ、それぞれにゾウムシ2つがいを放し、6月14日まで自然産卵せしめ、6月15日から18日にかけて、苗の含水率は1年生幹材部で測定し、卵・幼虫数および幼虫孔の伸長状況は2~3年生部分でしらべた。

なお、供試ゾウムシ成虫はヨーロッパアカマツ林に設置されたえさぎに飛来したものを実験の直前に採集し

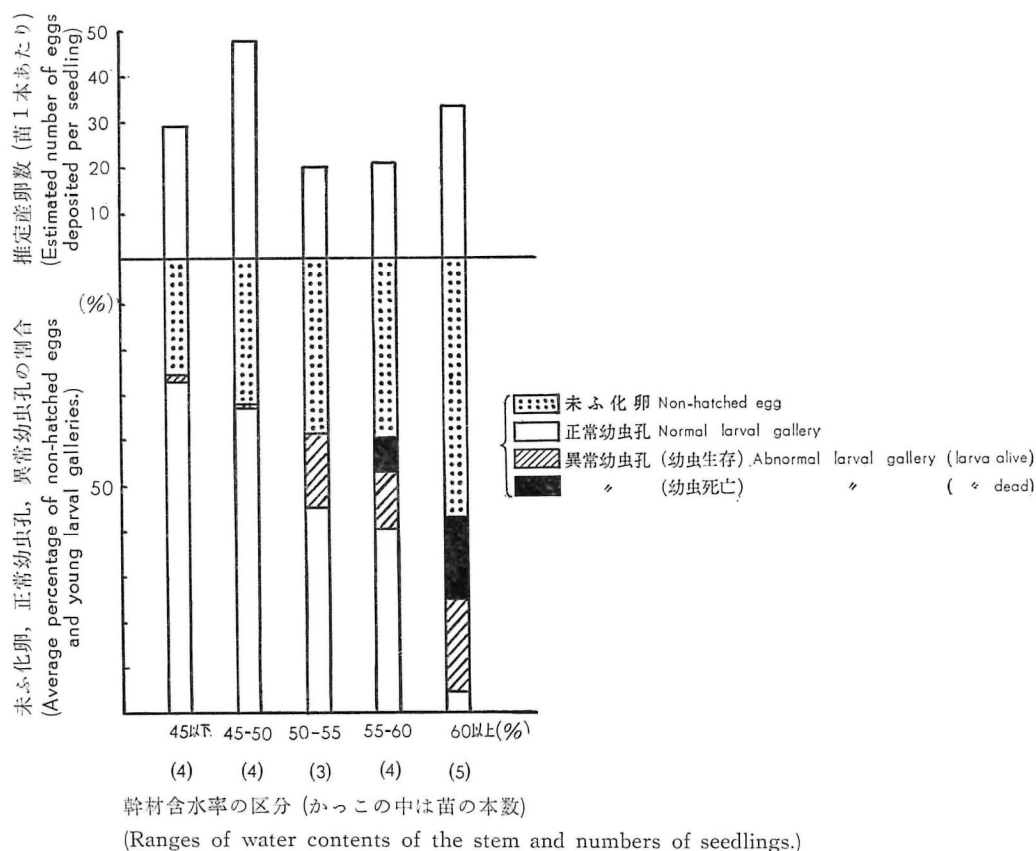


図-6 苗の幹材含水率と1苗あたりの推定産卵数、および未ふ化卵数、若齢幼虫孔数(正常, 異常)の推定産卵数にたいする割合

Fig. 6. Estimated number of eggs deposited per seedling and average percentage of non-hatched eggs, young larval galleries (normal or abnormal) in relation to water content of the seedling.

たもので、この場合、交尾姿勢をとっているものを便宜的に1つがいとした。

結果と考察

苗の水分状態を含水率で5段階にわけ、それぞれの区分で、現存卵数、正常幼虫孔数、異常幼虫孔数の産卵総数(推定)にたいする割合を求めたところ、図-6のような結果を得た。

(a) 苗の含水率と産卵数の関係

調査時点における現存卵数と幼虫孔数の合計をもって産卵数と仮定し、苗の含水率と苗1本あたりの産卵数の関係を求めたところ、図-6に示されているように、産卵数は各区でかなりの変動があつたが、苗の含水率との関係があるとは考えられなかった*。

(b) 苗の含水率と卵の孵化率

調査時点における現存卵数は、含水率60%以上の区でもっとも多く、含水率が減少するにしたがって現存卵数も減少した。このことは、苗の含水率が減少するにしたがって、卵のふ化率がよくなることを示している、と考えられる。しかし、調査時点においてもまだふ化に達しない卵がかなりあるはずで、この実験からはふ化率そのものの値は知ることができない。そこで、各区の卵死亡率を相対的に比較するために、含水率45%以下区の卵死亡率を0%とし、ふ化に達しない卵数を各区とも同じと仮定すれば、各区の卵死亡率は、45~50%区で9%、50~55%区で18%、55~60%区で19%、60%以上区で43%という値がえられた。

この結果から、マツキボシゾウムシは寄主の含水率には無関係に産卵する能力があると考えられるが、卵のふ化率はそれによってかなりの影響をうけることはまちがいない、と考えられた。このように、含水率の高い苗はマツキボシゾウムシの卵のステージで、最初の強い抵抗力を発揮するが、しかし、それでもなお半数以上の卵がふ化しているということに注意しなければならない。

(c) 苗の含水率と幼虫孔の伸長状況

樹皮内あるいは樹皮下で正常に伸長している幼虫孔は、図-7に示されているように、幼虫の糞粒が一つ一つ分離している様子が明瞭で、また孔道の伸長度もよい。一方、孔道内に樹脂流が浸入し、糞粒が樹脂にとけてベタベタしているような幼虫孔は異常といえる。

このような幼虫孔は伸長もわるい。異常幼虫孔をさらに幼虫がまだ生きているものと死亡した**ものに分け、上記三つの幼虫孔数の産卵数にたいする割合を求めた結果が図-6に示されている。

すなわち、60%以上の高い含水率を有する苗では、正常幼虫孔数はきわめてすくなく、ほとんどが異常孔で、孔道の伸長もせいぜい1~5mm程度であった。苗の含水率が減少するにしたがって正常孔の割合も多くなり、また孔道の伸長もよくなった。さらに含水率が50%を割った区では幼虫孔はほとんど正常で、孔道の長さも10~15mmに達するものが多かった。

この実験から、60%(乾重比に換算すると150%)以上の高い含水率を有する苗は、マツキボシゾウムシの寄生にたいして、若齢幼虫のステージではほぼ決定的な抵抗力を発揮すると考えられる。逆に、含水率が50%を割っ



図-7 正常な生育を示す幼虫とその糞の形

Fig. 7. Young larva growing normally and its excrements.

* この実験から直ちに産卵数は苗の含水率と関係がすくない、というには問題があるが、別の産卵数だけを直接しらべた実験でも、やはり苗の含水率との関係がみとめられなかった。ただ、この論文では、産卵以後の問題に主眼があり、したがって、ここでは、この問題は軽くふれておく程度にとどめたい。

** 針でつついて反応のない幼虫を死亡とした。

た苗では、ほとんどの若齢幼虫はほぼ正常な生育をつづけることができる、と考えられた。含水率が50~60%の間では、苗の抵抗力とゾウムシの寄生力が競いあうと考えられ、ゾウムシのある個体は苗の抵抗力に負けて死亡するが、別の個体は発育をつづけるという現象がみられた。

考 察

マツキボシゾウムシの寄生力に関しては野外観察にもとづく推測はあるが、このような問題を推測によって論じても水かけ論におわるであろうことはいままでの研究の歴史が示している。わが国では、このマツキボシゾウムシを含めて、いわゆる松くい虫の寄生力を寄主の健全度との関連のもとに解明しようとした研究は皆無にひとしい。したがって、この問題に関しては、参考すべき他の見解をここにあげることができないのは残念である。

筆者の研究によれば、マツキボシゾウムシは水分平衡の正常なマツ苗には寄生できない、と考えられる。つまり、健全な苗には寄生できないと考えてもよいであろう。すなわち、二次性昆虫の定義に合致する昆虫である。しかしながら、腐生昆虫でないことも確かである。ストロブマツ苗の含水率減少による枯死限界点は、1年生幹材含水率で35~30%あたりにあったが、このゾウムシは苗の含水率が50~40%あたりできわめて正常な生育を示した。結局、マツキボシゾウムシは健全な寄主には寄生できないが、何らかの原因で寄主が水分欠乏を起こして衰弱状態になっているとき、それに寄生することができるといえよう。この場合、寄主は衰弱状態にあるとはいえ、健全な状態に回復できる力のあるものも含まれている。したがって、ゾウムシの寄生がなければ、衰弱から回復して生存をつづけるような寄主が、ゾウムシの寄生のため枯死する結果になる場合もあろう。

筆者は一般に二次性昆虫と考えられている他の松くい虫も、マツキボシゾウムシと同じような性質をもっている、と考えている。したがって、松くい虫によるマツの被害が発生したとしても、松くい虫の寄生以前にマツ自体に衰弱があったと考える。この衰弱が比較的急速に進行すれば、それだけの原因でマツが枯死していくこともある。しかし、実際には、そのような衰弱木には必ずといってよいほど松くい虫の寄生がおこなわれ、マツが枯死したときには、どちらが枯死の主因か判断できない場合が多い。

ま と め

マツキボシゾウムシの寄生力を解明するために、寄主自体の水分生理実験と寄主へのゾウムシ寄生実験が、東京大学北海道演習林で1963年から1966年にかけておこなわれた。

ストロブマツ苗(寄主)の水分平衡は、土壌含水率が永久凋萎点あたりまで減少すると、乱れはじめ、1年生幹材含水率はそのよき指標になる。すなわち、水分平衡が正常に維持されている苗では、その含水率は60% (乾重比に換算すると150%)以上あり、それが60%を割って減少すれば、水分平衡に乱れが生じたことを示す。さらに、30%以下に減少すれば、苗の枯死を意味する。

マツキボシゾウムシは水分平衡の正常なマツ苗、すなわち健全なマツ苗には寄生できないが、苗の含水率が50~40%あたりでは、きわめて正常な生育を示す。すなわち、衰弱してはいるが、健全状態に回復できる力のある苗でも、それに寄生し、枯死させる能力がある、と思われる。

引 用 文 献

- 1) GÄUMANN, E. (1950): Principles of plant infection. London.
- 2) HANSEN, H. C. (1926): The water retaining power of the soil. J. Ecol. 14, 111-119.

- 3) 井上元則 (1954) 北海道の原生林におけるマクイムシの寄生と針葉樹の辺材水分との関係 林試研報 68, 167-180.
- 4) 加藤亮助 (1954) カラマツの水分経済 (予報) 63 回日林講 164-166.
- 5) NISHIGUCHI, C. (1961): Die Anfälligkeit von Weymouthskiefer-Jungpflanzen (*Pinus strobus* L.) gegen Angriffe des Kiefernrüsselkäfers *Pissodes nitidus* ROELOFS. Anz. Schädlingskunde 34, 49-52.
- 6) REID, R. W. (1961): Moisture changes in lodgepole pine before and after attack by the mountain pine beetle. For. Chronicle 37, 368-376.
- 7) 佐藤大七郎 (1956) 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.
- 8) SCHWERDTFEGER, F. (1955): Pathogenese der Borkenkäfer-Epidemie 1946-1950 in Nordwestdeutschland. Schriftenreihe Forstl. Fak. Univ. Göttingen u. Mitt. Niedersächs. Forstl. Versuchsanst. 13/14, 1-135.
- 9) STRANSKY, J. J. (1963): Needle moisture as mortality index for southern pine seedlings. Bot. Gaz. 124, 178-179.
- 10) 立花親二・西口親雄 (1968) 森林衛生学 —森林昆虫学の進むべき道— 地球出版 (近刊)
- 11) VITÉ, J. P. (1961): The influence of water supply on oleoresin exudation pressure and resistance to bark beetle attack in *Pinus ponderosa*. Contrib. Boyce Thompson Inst. 21, 37-66.
- 12) 渡辺 章 (1959) 土の乾燥がアカシヤモリシマのタネの発芽およびマキツケ苗の水分関係におよぼす影響 東大演報 55, 161-169.
- 13) 渡辺 章 (1963) 夏の土壤乾燥がスギ苗の生長 とくに秋伸びに及ぼす影響 東大演報 58, 313-330.

Summary

Pissodes nitidus ROELOFS is one of the most common pine weevils in Japan. It usually attacks the stem with thinner bark and the branch of weakened or fallen pine trees. It occasionally attacks seedlings of various pine species to kill them. This weevil belongs to a so-called secondary insect and will be able to attack the host successfully when weakened by some reasons. Some people consider it one of the most injurious insect pests for pines in Japan, while others regard it as a strongly secondary insect. It, however, has not been tried to find out the conditions under which the weevil will attack the host successfully. This study was undertaken to appreciate its aggressiveness or ability to invade the host and to settle there. In order to determine the aggressiveness the vigor of the host should be represented. The study, therefore, has two parts. One is physiological experiments on the host and the other is an infection experiment of the weevil to the host. The experiments were carried out in the laboratory of the Tokyo University Forest in Hokkaido during 1963 to 1966.

Experiments on the change in water content and transpiration rate with decreasing soil moisture were conducted as follows. By the middle of April of each year a number of 4-year-old seedlings of the white pine, *Pinus strobus*, were transplanted in the pots and were kept in the open air until they were brought into a greenhouse in early May. The water condition of the seedlings was controlled by water supply. Since the disturbance of water balance in the host tree is considered as a cause for the secondary insect infestations, water content and transpiration rate were measured as indicators of the water balance. The water content was determined on the woody part of the 1-year-old stem (bark removed) as well as the needles on the same stem. These data were expressed as percentage of fresh weight. The transpiration rate was determined by HUBER's method. Soil moisture content was expressed as percentage of dry weight. The results were shown in Figs. 1-4. While the transpiration rate gradually declined until the soil moisture decreased near the permanent wilting point, the water content of the seedling did not show any typical change. Near and below this point the transpiration rate showed marked decrease which was supposed as the cuticular transpiration. Corresponding with it the water content of the seedlings began to drop markedly. These experiments indicate that the water

content in the seedling is kept constant by regulating the transpiration as far as water is available in the soil.

An experiment on the determination of the water content of the seedlings at the lethal point was conducted as follows. Critical water content of the seedlings, or the lethal point, below which the seedling could not be alive, was determined by rewatering seedlings which had once lost water to various degrees and by observing whether they were recovered thereafter or not. The result was shown in Fig. 5. It is considered the lethal point is placed between 35% and 30% in the stem and 45% and 42% in the needles.

An experiment on the mortality of the weevil in the egg and young larval stages in relation to water content of the seedlings was conducted as follows. Each of the test seedlings was covered with a gauze cage and two pairs of the weevils were introduced in it which had been captured on the trap log of *Pinus sylvestris*. Afterwards, the number and development of broods in the stem were examined and at the same time water contents were measured on the woody part of the 1-year-old stem. The result is shown in Fig. 6.

Eggs seemed to be deposited independently of the water content of the stem, while egg-hatching was obviously affected by it. The water content, moreover, influenced the larval development and mortality definitely. The larval galleries were scarcely observed in vigorous seedlings where the water contents were generally above 60%. After the water content had decreased below 60%, the galleries began to develop and larval mortality began to be reduced. When the water content was below about 50%, the mortality was negligible and almost all of larvae went on growing normally.

Consideration: From the results of the experiments, it is clear that the seedling which is supplied sufficiently with water and has a normal water balance is capable to resist to the weevil attack but water deficiency makes the seedling susceptible to it. It indicates that the weevil, *Pissodes nitidus*, has a secondary character but has an ability to invade a weakened living tree to kill.