

MICROCLIMA DEL BOSQUE

Por: A. Uribe de Camargo (1)

RESUMEN

Las plantas ejercen una acción sobre el microclima. A medida que crecen, cambian tamaño y forma, afectando el contenido de calor y la humedad del suelo y el aire, debido a la intercepción de la radiación y la precipitación por intermedio de hojas y ramas y también reduciendo las corrientes de aire dentro del bosque.

El bosque tiene un microclima muy diferente con respecto al de las otras clases de vegetación. En el bosque existe un espacio de aire encerrado en el área de troncos, con clima diferente al del área abierta y al del piso del bosque. Dependiendo de muchos factores, tales como: clase de árboles su edad y su estructura, la topografía del área y la naturaleza del suelo, el microclima puede variar en diferentes lugares del bosque o en diferentes bosques.

INTRODUCCION

La mayoría de las comunidades de plantas como los bosques, están compuestos por una agrupación heterogénea de especies que van desde árboles altos hasta hierbas muy pequeñas. Las especies están distribuidas en diferentes patrones y densidades. Evans (1966), considera que el estrato alto del bosque no es una superficie uniforme, sino que en muchos casos está arreglado de tal forma que hay espacios en el follaje a través de los cuales puede penetrar la luz directamente a la superficie del bosque. Se nota también que en bosques naturales hay aperturas más o menos extensas debido a la fuerza del viento que tumba árboles, o a la caída natural de árboles viejos. Estos espacios y aperturas, juegan un papel importante en el ciclo de regeneración del bosque. Se debe considerar también, que esos espacios y aperturas pueden ser producidos por defoliación por insectos o deforestación por el hombre. La presencia de tales aperturas puede afectar el ambiente lumínico permitiendo la penetración de luz, particularmente luz directa del sol, a alturas más bajas de lo que se espera en un bosque no alterado. El tamaño y relaciones espaciales entre las plantas

no son el único factor que ejerce efectos sobre el microclima (clima específico de un área o clima en el cual los animales y las plantas viven) entre y bajo cada espécimen. Tanto la profundidad, naturaleza y distribución de la hojarasca bajo las plantas, como la microtopografía del suelo desarrollada alrededor de cada espécimen, ejercen influencia sobre el microclima. El patrón microclimático sobre el suelo, inevitablemente influye el microclima del suelo (Specht, 1958).

El efecto de las plantas sobre el microclima se incrementa con su tamaño y su número. Hay una interacción entre las plantas (las cuales dependen del clima) y el clima (el cual es parcialmente dependiente de las plantas). El efecto se puede expandir de las dimensiones microclimáticas a las macroclimáticas (Geiger, 1965).

Las plantas están directamente influidas sólo por su inmediato alrededor. Aunque se piense que el follaje de plantas maduras dominantes de una comunidad de bosque vive bajo condiciones que se aproximan muy de cerca al clima general, los árboles jóvenes de los cuales depende la regeneración

(1) Profesor, Depto de Biología, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

de la comunidad viven en ambientes muy diferentes. A 100 m. sobre el nivel del suelo, y a nivel del suelo, el clima será muy distinto de ese a 1 m. El piso de un bosque denso será completamente diferente a lo que es el piso bajo una apertura (Richards, 1952). Un conocimiento del microclima dentro de la comunidad es indispensable para un verdadero entendimiento de las relaciones entre sus miembros y el clima. El microclima es de primordial importancia para el reforestador, puesto que es el clima de las plántulas (Geiger, 1965).

El propósito de este artículo es describir en forma general el microclima en un bosque, particularmente con respecto a la temperatura y la forma como ésta cambia a medida que la estructura del bosque se modifica, debido a deforestación, defoliación y en general algún factor que pueda producir aperturas en el bosque.

Microclima del bosque — Generalidades.

El bosque tiene un clima muy diferente al del clima general o al de otra clase de vegetación. Al considerar el clima del bosque, Geiger (1965), sugiere, que es necesario distinguir los diferentes niveles del mismo (la corona, el tronco y el piso) y compararlos con el clima en un área abierta o en el borde del bosque. Debido a que los climas de los bosques no son todos iguales, se requiere describir la clase de bosque (deciduo o siempre verde de hojas en forma de aguja-coníferas o de hoja ancha), su edad, la estructura (densa o espaciada), la topografía del área (pendiente y orientación) y la clase de suelos. Es importante anotar que las diferencias microclimáticas entre los niveles bajos de un bosque húmedo tropical y el área abierta, podrán ser mucho mayores que las presentadas entre el interior y exterior de un bosque templado (Richards, 1952).

Vientos.

Los movimientos de aire tienen muchos efectos sobre la distribución y crecimiento de las plantas. Regulan en gran parte la evapotranspiración e intercambio gaseoso, incrementan, aunque en forma mínima, la iluminación dentro del bosque al causar movimientos en el follaje y son importantes para algunas especies en la dispersión de polen y semillas. Además, el viento puede causar efectos negativos en los árboles, tales como caída de árboles, rotura de ramas, etc.. Las coronas de los árboles reducen la velocidad de las corrientes de aire. La distribución vertical de la velocidad de las corrientes de aire (perfil de vientos), varía de acuerdo a las condiciones del bosque y a la velocidad misma de ellas (Bannister, 1976). A velocidades altas, las coronas se pueden deformar y ofrecen menos resistencia. Bosques con árboles altos, pero sin vegetación baja, ofrecen menos resistencia al viento que aquellos con vegetación en el área de troncos;

por lo tanto, las corrientes de aire pueden penetrar a mayor distancia dentro del bosque (Spurr & Barnes, 1980). En la Figura 1 se muestra la variación de la velocidad del viento con la altura, por encima y dentro de un bosque denso. El perfil de viento por encima del estrato superior de un bosque es semejante al perfil sobre el suelo en un área abierta. Flemming (1967), dice que dentro del bosque la velocidad del viento decrece exponencialmente y puede llegar a cero, a medida que se avanza hacia el interior en un bosque denso.

La atenuación de los movimientos de aire dentro de la vegetación, ayuda a la estabilidad de la temperatura y el régimen de humedad, de tal forma que el ambiente dentro de la vegetación es menos variable que afuera.

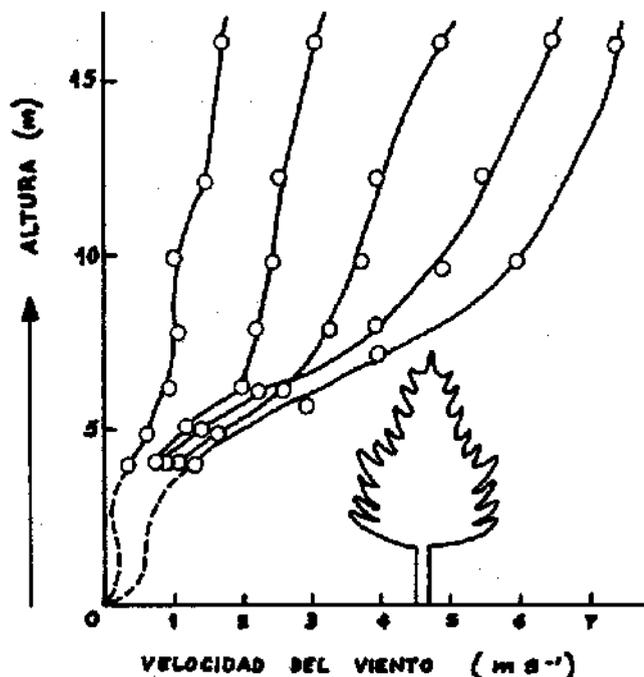


Fig. 1. Variación de la velocidad del viento con la altura por encima y dentro de un bosque. Las cinco curvas muestran la relación a diferentes velocidades de viento. (Tomado de: Bannister, 1976).

Precipitación. (Lluvia y nieve).

Respecto a la precipitación, Yoshino (1975), describe lo que sucede con la lluvia que ha caído en un bosque. Esta es interceptada por el estrato superior, parte se evapora allí, y parte llega al suelo, ya sea a través de los troncos o del aire. Dicho autor dice que la cantidad de precipitación difiere mucho en diferentes puntos del bosque, pero que en general es menor que fuera del bosque. Esto se debe a la interceptación por las coronas de los árboles. Specht (1958), dice que más o menos 70% de la lluvia puede ser interceptada por

hojas y ramas. Una porción de ésta cae a través de los tallos (flujo de tallo) o por goteo foliar; pero máximo 30% de la lluvia incidente se evapora directamente a la atmósfera desde la superficie de las plantas, y aún si se alcanza el suelo, parte de ella será retenida en la hojarasca. El tamaño de las hojas, su configuración, las características de su superficie, el número y orientación, juegan un papel importante en la distribución de la lluvia. Las variaciones en intercepción y distribución de lluvia, producen diferencias en la humedad del suelo.

La cantidad de nieve que cae en un bosque, comparada con la que cae fuera, está gobernada por la clase de árboles y la densidad de la corona. Yoshino (1975), dice que la cantidad de nieve que cae en el bosque disminuye en proporción a la densidad. Por otro lado, en un bosque de árboles deciduos, la cantidad de nieve acumulada es a veces mayor dentro del bosque que en sus alrededores, debido a la influencia del viento.

Radiación.

Durante el día las plantas reciben radiación de longitud corta y larga; durante el día y la noche, las plantas reirradian calor. Parte de la radiación que llega se refleja desde la superficie de las hojas, parte se absorbe y otra parte se transmite (Geiger, 1950; Brunt, 1946; Richards, 1952). Geiger (1950) y Yoshino (1975) asumen que en general un 80% de la radiación incidente se absorbe en la corona, y que menos del 50% alcanza el piso del bosque. Este porcentaje difiere de acuerdo a las condiciones de las coronas (clase de árboles, edad, espaciamiento entre ellos y estado de desarrollo de las hojas) y de acuerdo a si está claro o nublado, (Newton & Blackman, 1970). En la Figura 2 se muestra el efecto de la densidad de las coronas sobre la penetración de la energía solar en un bosque de coníferas. En el piso de un bosque húmedo tropical, la luz que llega es solamente 0.50% o menos de la que toca al exterior del bosque (Dirnhim, 1961; Richards, 1952).

La calidad y cantidad de la luz que llega al piso del bosque, son una función de la geometría de las hojas que componen de follaje así como de sus características de transmitancia (Bannister, 1976). A un lote de vegetación puede penetrar mayor radiación, cuando el ángulo solar es bajo y la luz pasa lateralmente a través de los troncos. Cuando el sol está en su máxima elevación, la luz tiene que pasar directamente a través del estrato superior del bosque, por lo tanto, gran parte de ella es absorbida y reflejada.

Humedad.

La humedad relativa en un bosque está gobernada principalmente por el agua transpirada por las hojas de la corona. El piso del bosque evapora agua hasta cierto punto, dependien-

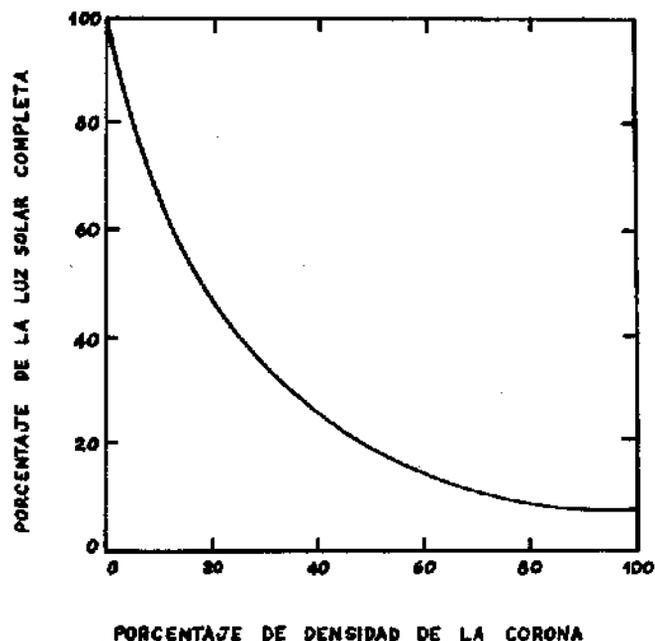


Fig. 2. Efecto de la densidad de la corona sobre la penetración en energía solar en un bosque de coníferas en California (Tomado de: (Spurr & Barnes, 1980).

do del grado de desarrollo de la flora del piso y la apertura del lote. La ausencia de movimientos de aire retiene el vapor de agua, así que lo más característico en el interior de un bosque es una alta humedad, mucho más alta que la del exterior del bosque (Geiger, 1950; Yoshino, 1975). La distribución vertical de la humedad también la describen estos autores, y esa distribución cambia durante el día en relación con la temperatura y el viento.

Evaporación.

La evaporación en un bosque es un factor importante en su renovación, porque se relaciona con el crecimiento de yemas y plántulas a través de la humedad del suelo. La evaporación total de un bosque como lo cita Brunt (1946), se compone de:

- Evaporación del suelo.
- Evaporación de la precipitación que ha sido interceptada en el estrato superior del bosque.
- Transpiración de los árboles.

Esta evaporación está relacionada con la radiación solar, la temperatura del aire, la humedad, y el viento. La diferencia en evaporación, al comparar diferentes bosques, depende de la clase de árboles.

Temperatura.

El estrato superior del bosque, es un absorbente efectivo de energía solar durante el día, y un reirradiador durante la noche, convirtiéndose así, en agente de calentamiento y enfriamiento de la atmósfera en contacto (Hales, 1949). La cobertura de vegetación en un área afecta la temperatura del aire y del suelo. La diferencia en el microclima, al comparar un área cubierta de vegetación con un área desnuda, depende de la clase de vegetación (altura, densidad, espaciamiento etc.). Bosques con un estrato superior no muy denso interceptan más radiación que aquellos con estratos superior denso (Brunt, 1946).

a) Temperatura del aire.

Como lo describe Yoshino (1975), la temperatura máxima dentro del bosque es baja, pero la mínima es relativamente alta. Debido a que las coronas de los árboles previenen la radiación solar durante el día, la temperatura en el interior de un bosque no se eleva en forma rápida y es baja durante el día. La máxima temperatura del aire se encuentra en la parte alta de la corona en las primeras horas de la tarde (Bannister, 1976). En la noche, la temperatura en el interior del bosque es mayor que en el exterior, debido a que el estrato superior impide que mucho del calor proveniente del suelo se irradie hacia el exterior. La temperatura máxima a nivel del suelo se alcanza en altas horas de la tarde (Bannister, 1976). El promedio diario de temperatura es un poco menor en el interior de un bosque que en el exterior. La diferencia en la temperatura del aire entre el interior y el exterior de un bosque es grande cuando el cielo es claro y en la estación de crecimiento, pero esto difiere de acuerdo a la clase, altura y edad de los árboles que componen el bosque. También, como lo anota Richards (1952), las diferencias de temperatura dentro y fuera de un bosque podrán ser mayores en un bosque húmedo tropical que en un bosque de zona templada.

Aunque el bosque tiene generalmente una influencia moderada sobre la temperatura, ocurren excepciones. Por ejemplo, en la región mediterránea, algunos bosques tienen una temperatura promedio en verano, mucho más alta de la que se encuentra en un área abierta (Glesinger, 1962). Se explica esto por el hecho de que una especie en particular no transpira en forma apreciable durante el calor del verano. Por lo tanto, el enfriamiento por transpiración prácticamente se elimina. En latitudes templadas, como lo ejemplifica Glesinger (1962), el haya tiene una mayor tasa de transpiración que el pino escocés; por lo tanto, un bosque de haya es más frío que uno de pino escocés.

b) Distribución vertical de la temperatura en el interior de un bosque.

En general, la distribución vertical de temperatura en un bosque difiere mucho de acuerdo a la clase y altura de los árboles, la densidad y las perturbaciones en el estrato superior del bosque (Bannister, 1976). La máxima temperatura del aire en el día, aparece cerca al nivel más alto del estrato superior del bosque, y el perfil de temperatura entre la parte más baja del estrato superior y la superficie del suelo, muestra inversión, o es neutra si el estrato superior es suficientemente espeso (Yoshino, 1975). Si el estrato superior es delgado (poco denso), o en el caso de árboles sin hojas, la temperatura cerca al piso se eleva y en casos extremos donde el sol alcanza el piso del bosque, la temperatura del aire cerca al piso del bosque es a veces más alta que esa a la misma altura en el exterior del bosque (Spurr & Barnes, 1980). En la noche, la temperatura del aire en un bosque casi no muestra diferencia en el área de troncos, el piso y el estrato superior, aunque a veces se presenta ligeramente más baja en el estrato superior. Yoshino (1975), dice, que hay una inversión en la parte más alta del estrato superior. Si el estrato superior no es lo suficientemente denso, el aire frío baja hacia el piso y la temperatura mínima se observa a nivel del piso. Heckert (1959), hizo observaciones durante dos años en un bosque de robles en Postdam, cuyo estrato superior formaba una capa a una altura de 10 a 15 m. Midió la temperatura del aire a ocho alturas diferentes. De acuerdo a sus resultados, en un día calmado de verano, se observó una inversión de temperatura en el área de troncos durante todo el día.

Raynor (1971), hizo un estudio en un bosque de pino rojo y pino blanco (*Pinus resinosa* y *Pinus strobus*), relacionando temperatura con viento. Se estudiaron tres clases diferentes de vientos ("Gustiness"). El "Gustiness" B₁, es una combinación de turbulencias; es la condición más frecuente durante el día en esta área. Bajo estas condiciones en el interior del bosque, la temperatura aumenta con la altura a nivel del estrato superior y decrece por encima. En áreas abiertas, bajo estas condiciones, la temperatura decrece con la altura aproximadamente al doble de la tasa del lapso adiabático*. La clase Gustiness B₂ es un viento más bajo que B₁, pero produjo resultados similares. En ambos casos las temperaturas bajo el estrato superior del bosque fueron más bajas que en áreas abiertas, pero en la corona fueron más altas. La clase Gustiness D ocurre bajo condiciones estables, con velocidades de viento muy bajas. Estas es la condición más frecuente en la noche. Los datos de Raynor (1971), muestran una inversión marcada de temperatura en áreas abiertas, pero una condición casi isoterma bajo el estrato superior. Las temperaturas dentro y por encima del

* Tasa de lapso adiabático. La temperatura disminuye con la altura, aproximadamente 1°C por cada 100m (en aire seco).

bosque fueron más bajas a todos los niveles que en áreas abiertas.

En general, durante el día, la radiación que llega es interceptada por el follaje, desarrollándose así una capa de aire caliente en la región del estrato superior. Las turbulencias pueden expandir esta capa a niveles más bajos o más altos, pero el área inferior de troncos siempre permanece más fría. Esto indica que el estrato superior del bosque es la superficie de mayor absorción y radiación de calor en el bosque. Durante la noche, el estrato superior irradia calor y su temperatura llega a ser comparable a la del suelo en un área abierta. La región por debajo del estrato superior se enfría con la ayuda del estrato superior más frío, hasta que se forma una condición adiabática ligeramente negativa. Con vientos fuertes lo anterior se inhibe. Baynton y colaboradores (1965), sugirieron que una humedad alta puede modificar este patrón.

c) Temperatura del suelo.

El recurso de calor para el suelo es la radiación solar, y el patrón térmico que produce, es uno de los principales factores controladores del establecimiento de semillas, crecimiento de plantas y distribución. Su influencia no es solamente directa para regulación de temperatura en procesos de plantas, sino también indirecta en cuanto a disponibilidad de humedad, desarrollo del suelo, mineralización y disponibilidad de nutrientes (Rorison y colaboradores, 1975):

El suelo actúa como un reservorio de calor con una temperatura continuamente cambiante en cualquier punto del perfil. Su temperatura variará en amplitud de acuerdo a la estación, topografía, textura (Monteith, 1973), color (Watts, 1975), humedad, cobertura y profundidad. Las medidas de temperaturas en habitats adyacentes con diferente tipo de vegetación, muestran que la temperatura del suelo es menos variable en sitios con una vegetación siempre verde (Shanks, 1956).

Specht (1958), presenta una tabla la cual describe la temperatura del suelo a diferentes profundidades, observada en áreas abiertas y bajo vegetación. Los resultados muestran una temperatura más alta en suelos expuestos, con diferencias mayores entre las superficies de las 2 áreas. Cuando el suelo es desnudo, está sometido a la fuerza total de los rayos del sol. En contraste con otras áreas, cantidades variadas de energía solar se filtran a través de la vegetación.

Factores que afectan la temperatura en el bosque.

La deforestación y otras prácticas que alteran la densidad del lote, causan cambios en la temperatura y humedad del suelo. Estos cambios pueden afectar el desarrollo del lote residual y el establecimiento de nuevos individuos.

Barrett y colaboradores (1962), hicieron un estudio diseñado para observar los efectos de varias prácticas de corte, sobre ciertos factores ambientales y regeneración en un bosque. La reducción del lote por deforestación dio como resultado un aumento en la temperatura del aire durante el verano, por ejemplo 41°C en un lote deforestado y 35°C en uno que no había sido cortado. La cobertura del bosque también afecta la temperatura de la superficie del suelo; en el mismo estudio (Barrett & Col., 1962) reportó un aumento en la temperatura del suelo cuando había deforestación.

El consumo de follaje por animales raramente es lo suficientemente severo para reducir intercepción o evapotranspiración. Pero en caso de ser continuado puede llegar a reducir ambos. Jerusalimov (1973), hizo un estudio en un lote de pino, el cual había sufrido diferentes grados de defoliación (por lo tanto se notaba cierto grado de transparencia en la corona) ésto, como resultado de una infestación de *Dendrolimus pini* en el año anterior, comparando estos resultados con un área que no había sido tocada. Los resultados mostraron que las temperaturas promedias diarias y del medio día en el estrato superior del suelo y del aire inmediatamente en contacto, se incrementaban con la transparencia de la corona, aumentando por lo tanto, la evapotranspiración del suelo.

Con relación a la ladera y su orientación, (Cantlon, 1953), hizo un estudio de vegetación y microclima en laderas al norte y al sur en un bosque decido en New Jersey. Encontró que las diferencias en la cantidad de radiación que se recibe en las dos laderas produce diferentes microclimas. En general, la ladera al sur (de cara al sur) estaba caracterizada por dos tipos de estructura diaria en temperatura del aire. Bajo la sombra, el perfil de temperatura era casi isotérmico a 2 m del suelo. En pequeñas aperturas del follaje y en la estación sin hojas, el perfil de temperatura del aire a esos 2 m se caracterizaba por cambios bruscos. En la ladera al norte, había un decrecimiento en la temperatura del aire hacia el suelo, en las estaciones. Mac Hattie (1961), encontró diferentes respuestas de las plantas a estas diferencias de temperatura en las dos laderas, con respecto a floración, cambios de color en las hojas etc.. Por ejemplo, la floración tendía a ocurrir primero en la ladera al sur.

BIBLIOGRAFIA

1. Bannister, P. *Introduction to Physiological plant ecology*. A Halsted press book. John Wiley & Sons. N.Y., 1976.
2. Barret, J.W., Farnsworth, C.E. and Rutherford Jr., W. "Logging effects on regeneration and certain aspects of microclimate in Northern Harwoods". *J. of Forestry* 60:630-639, 1962.
3. Baynton, H. W., Hamilton Jr. H.L., Sherr, P.E., and Worth, J.J.B. "Temperature structure in and above a tropical forest" *Q.J.R.M.S.* 91:225-232, 1965
4. Brunt, D. "Some factors in microclimatology". *Q.J.R.M.S.* 72:185-188, 1946.
5. Canton, J.E. "Vegetation and microclimates on north and south slopes of Cushtunk mountain in New Jersey". *Ecol. Monogr.* 23:242-270, 1953.
6. Dimhim, I. "Light intensity at different levels". *Trans. Rev. Entom. Soc. London.* 113:270-274, 1961.
7. Evans, G.C. "Model and measurement in the study of woodland light climates" in: *Light as an ecological factor*. A symposium of the British ecological society. Ed. by R. Evans, and O. Rackham. 6:235-247, 1966.
8. Flemming G. "Die drei klimatischen grundfunktionen der kronenschicht des waldess". *Arch. Forstwes* 16:513-577, 1967. Cited by: Yoshino, M.M. 1975. *Climate in a small area*. Univ. of Tokyo Press.
9. Geiger, R. *The climate near the ground*. Harvard University Press. 1950.
10. — *The Climate near the ground*. Harvard University Press, 1965.
11. Glesinger, E. *Forest influences*. F.A.O. Rome, 1962.
12. Hales, W. B. "Micrometeorology in the tropics". *Bull. Amer. Met. Soc.* 30:124-137, 1949.
13. Heckert, I. "Die Klimatischen verhältnisse in laubwaldren". *Zeitsch. Met.* 13:211-233, 1959.
14. Jerusalemov, E. N. "Temperature regime and relative humidity in a stand damaged by *Dendrolimus pini*". *Lesovedent* 6:46-52, 1973.
15. Mac Hattie, L.B. and McCormack, R.J. "Forest microclimate; A topographic study in Ontario". *J. Ecol.* 49:301-323, 1961.
16. Monteith, J. L. *Principles of environmental physics*. Edward Arnold. London, 1973.
17. Newton, S.E. and Blackman, G. E. "The penetration of solar radiation through canopies of different structures". *Ann. Bot.* 34:329-348, 1970.
18. Raynor, G. S. "Wind and temperature structure in a coniferous forest and a contiguous field". *Forest Science*, 17:361-363, 1971.
19. Richards, P. W. *The tropical rain forest. An ecological study*. Cambridge at the University press. 1952.
20. Rolison, I. H. and Sutton, F. "Climate, topography and germination". in: *Light as an ecological factor*. II. The 16th symposium of the British ecological society. Ed. by Evans, G.C., Bainbridge, R. and Rackham, O. 1975.
21. Shanks, R.E. "Altitudinal and microclimatic relationships of soil temperature under natural vegetation". *Ecology*. 37:2-7, 1956.
22. Specht, R. L. "Microenvironment (soil) of a natural plant community". in: *Climatology and Microclimatology*. Proceedings of the Canberra Symposium, 1958, Unesco.
23. Spurr, S.H. and Barnes, B.V. *Forest Ecology*. 3a. Ed. John Wiley and Sons Inc., 1980.
24. Watts, W. R. "Soil reflection coefficient and its consequence for soil temperature and plant growth". in: *Light as an ecological factor*. II The 16th symposium of the British ecological society. Ed. by: Evans, G.C., Bainbridge, R. and Rackham, O. 1975.
25. Yoshino, M. M. *Climate in a small area*. Univ. of Tokyo press, 1975.