

솔잎혹파리가 소나무生長에 미치는 影響에 關한 研究(III)¹

— 直徑生長阻害 —

朴 基 南² · 玄 在 善³

Studies on the Effects of the Pine Needle Gall Midge, *Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye, on the Growth of the Red Pine, *Pinus densiflora* S. et Z. (III)¹

— Radial Growth Impact —

Ki Nam Park² · Jai Sun Hyun³

要 約

過去에 솔잎혹파리被害를 받은 바 있는 忠淸南道 舒川郡 庇仁과 被害를 받지 않은 忠淸南道 洪城郡 長谷에 自生하고 있는 13年生內外 소나무의 年輪을 Duff와 Nolan(1953)의 方法으로 比較한 바 다음과 같은 結果를 얻었다. 1)健全한 소나무年輪의 斜線系列에서 하나의 生長 Pattern이 發見된다. 그러나 垂線系列을 爲 始한 各系列에서 나무가 成長함에 따라 年輪幅이 점차 增加하는 傾向도 볼 수 있었다. 2)솔잎혹파리로 因한 年輪生長阻害는 樹幹基部의 水平線系列에서는 發見되지 않았으나 其他系列에서는 모두 쉽게 識別해낼 수 있었다. 3)輕微한 被害를 받았을 때나 生長阻害가 發生하는 初年度를 判斷하기 위하여는 斜線系列이 가장 有用할 것으로 考察되었다.

ABSTRACT

Using the Duff and Nolan's method, the annual ring growth patterns of the red pine in the natural stands were examined at two locations; Seocheon, Chungnam-do where the stand had been infested with the pine needle gall midge, *Thecodiplosis japonensis*, during the years from 1975 to 1978, and Hongsong, Chungnam-do where had been no incidence of the insect damage. The results obtained are as follows: 1) With the normal red pine of 13 year old, the growth pattern in the oblique sequence indicates that the annual growth rates are maximum at the few terminal internodes, and decrease gradually with the downward internodes. Such characteristic of the growth pattern is not clear in the horizontal sequence of annual rings. 2) The indications of the radial growth reduction of the pine tree due to the pine gall midge infestation could be examined with any of three series at the crown level internodes; horizontal, vertical and oblique series. For the basal internodes, however, the horizontal series appeared to be inadequate for the analysis of the damage impact because it seemed to be masked by various factors other than direct effects of the damage. 3) Of the three ways of radial growth analyses, oblique sequence seems to be the most useful, especially for the detection of the impact

¹接受 7月7日 Received July 7, 1984.

²林業試驗場 Forest Research Institute, Seoul, Korea.

³서울大學校 農科大學 College of Agriculture, Seoul National University, Suweon, Korea.

on growth caused by incipient or light infestation.

Key words : Thecodiplosis japonensis; Pinus densiflora; ring growth pattern; growth impact; radial growth analysis.

緒 論

樹木의 直徑生長은 樹木自體의 規則的인 生長 Pattern과 林分條件, 立木度 等의 環境要因 그리고 偶發的으로 變하는 氣象狀態 및 病虫害 等 外的 影響에 依하여 매우 複雜하게 變化하는 것이다. 따라서 害虫 等이 直徑生長에 미치는 影響을 正確하게 알려면 적어도 樹木自體의 生長Pattern을 分離除去하는 方案이 要求되게 된다.

Duff와 Nolan(1953)은 *Pinus resinosa*의 生長特性을 研究하면서 年輪幅生長을 分析하는데 세 가지 年輪幅系列을 使用하였고 Mott 等(1957)과 Stark 等(1957)은 이 方法을 害虫加害로 因한 樹木被害를 分析하는데 처음으로 利用하기 始作하였다. 日本에서는 吉田 等(1978 a, b)이 편백나무와 곰솔의 生長Pattern을 이 方法으로 分析報告하였는데, 特히 곰솔의 경우에는 솔나방의 針葉加害로 因한 影響도 아울러 調査하였다.

이와 같이 害虫 等으로 因한 樹木生長阻害의 모습이 年輪上에 어떻게 나타나는가를 아는 것은 앞으로 被害許容密度를 設定하기 위한 被害解析研究에 基礎가 되는 勿論, 生存木의 年輪에 나타난 그 害虫의 特徵的 年輪阻害相을 通하여 害虫의 過去發生歷史라던가 被害의 擴散經過 等 生態學的 調査까지도 可能하며 殘存하고 있는 伐根 또는 原木의 年輪을 生存木의 年輪과 比較하여 그 伐採年度를 推定하는데까지도 活用될 수 있을 것이다.

材料 및 方法

I 및 II報(朴과 玄, 1983 a, b)에서 이미 記述한 忠淸南道 舒川郡 洪城郡間에 設定된 10個 調査地中에서 솔잎혹파리가 1970年頃에 侵入하여 1976年頃에 그 被害最盛期를 지내고 現在 回復段階에 있는 舒川郡 調査地와 이와 對照的으로 1981年에 솔잎혹파리가 侵入하였으나 아직 이렇다할 被害를 받지 않고 있는 洪城郡 調査地에서 自然生 소나무를 供試木으로 選定, 比較調査하였다. 兩地域 모두 北向林地에서 各 6本의 供試木을 1982年 4月에 伐採

하였는데 樹高가 3m內外인 것으로 可及的 樹冠이 正常的으로 發達된 것을 擇하였다. 供試木의 樹令은 12~14年生으로 1~2年의 差異가 있었다.

伐採된 供試木은 各 節間의 中央部에서 圓板이 採取되었고 年輪幅은 實體顯微鏡下에 Micrometer 로 0.1mm單位까지 測定되었는데 各 圓板의 年輪幅은 3方向으로 測定, 平均하였다.

이들 年輪幅은 그림 1과 같이 Duff 等이 提案한 3方向의 系列로 檢討되었다. 즉 斜線系列(oblique sequence)은 어느 特定年度의 年輪幅을 主幹의 節別로 上部에서 下部로 連結한 것으로 同一年輪 生長量의 節間 特性은 나타나며 水平系列(Horizontal sequence)은 年輪調査에 慣行的으로 使用되고 있는 方法으로 어느 特定節의 年輪幅을 髓(Pith)로부터 始作하여 樹幹의 外側으로 向하여 連結시켜 본 것으로 同一節內에서의 年間生長量은 比較한 것이다. 그리

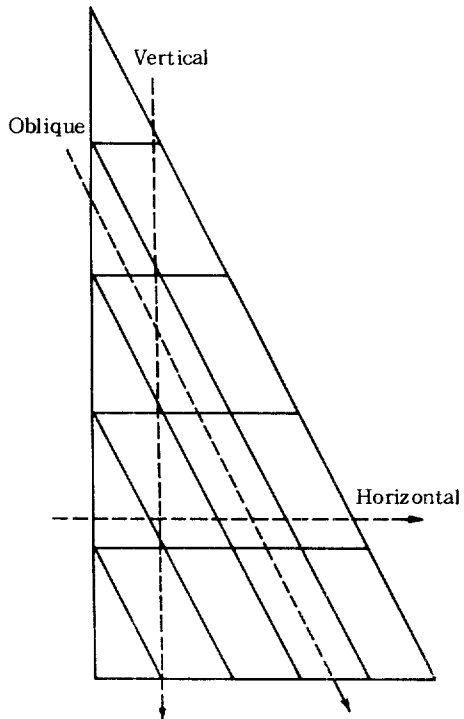


Fig. 1. Vertical section of tree stem indicating oblique, horizontal and vertical sequences.

고 垂直系列(Vertical sequence)은 各節마다 髓로부터 同一한 位置에 있는 年輪을 擇하여 樹幹의 上部로부터 下部로 連結된 것이다. 따라서 最上端의 年輪이 最近年度의 直徑生長量을 나타내며 바로 아래 節은 그 前年度의 直徑生長에 該當되는 것으로 나무의 生長에 따르는 各節의 特定年度에서의 生長Pattern을 나타낸다.

結果 및 考察

1. 健全木의 直徑生長

솔잎혹파리被害가 없는 洪城郡 調査地에서 伐採된 供試木의 6個年의 年輪幅을 斜線(Oblique) 方向으로 본 것이 그림 2-A이다.

여기서 年輪의 髓로부터의 年齡(Years from origin of the internode)이라고 하는 것은 어떤 年輪의 各節間에 있어서의 髓로부터 形成年數를 말하는 것으로 그 年輪의 髓로부터의 位置로 알 수 있다. 즉 어떤 年輪에 있어서 最上端節의 年輪은 髓로부터 첫 번째에 位置하며 그 節에서 1年次에 形成된 것이며 第2節에서는 髓로부터 2番째에 位置하고 2年次에 形成된 年輪이 되는 것이다.

이와 같이 그림 2-A의 各 年輪을 年齡順 즉 最上端節에서부터 보면 1974年度 年輪을 除外하고 第1節의 年輪幅들은 平均 2.5~3.4mm內에 있고 第2節은 2.6~3.7mm, 第3節은 2.8~3.8mm로 그 幅이 점차로 增加하여 3節에서 最大値를 나타내었다가 第4節에서 2~3.3mm, 第5節은 1.9~3.1mm, 第6節은 1.9~2.7mm 등으로 다시 서서히 減少되는 傾向이 있어 Duff 등이 *P. resinosa*에서 報告한 것과 같은 生長上的 한 Pattern이라 할 수 있는 것이 있었다.

Mott等(1957)도 발삼젓나무, 미국낙엽송 그리고 lodgepole소나무에서 樹幹의 上端으로부터 2~6節의 年輪幅이 第1節보다 越等하게 增加하는 Pattern을 認定하였는데, 이 소나무의 경우는 Mott 등이 조사한 것과 같이 뚜렷한 모양이라 할 수는 없는 것이었다.

吉田等(1978b)이 調査한 곰솔의 경우를 보면 第1節의 年輪幅이 오히려 높았다가 第2節에서 다시 낮아지는 特異한 모양이나 이것은 第1節의 年輪幅에 髓의 幅을 包含시켰기 때문에 그렇게 된 것이므로 이 點을 勘案하고 보면 이 곰솔의 경우가 本詞 調査結果와 매우 가까운것 같다.

또한 年輪幅은 氣象條件이라던가 木間競爭 등으로 해마다 變異가 생기게 마련이지만 그림 2-A에서는 各 年度의 年輪幅이 해를 거듭함에 따라 점차로 增加하는 規則的인 모습을 나타내고 있어 吉田 등이 곰솔에서 指摘한 것과 一致하고 있다.

그리고 1974年度의 年輪은 各節의 年輪幅이 모두 2mm未滿으로 거의 水平狀態로 다른 年度의 年輪과 그 生長程度나 節間 年輪幅의 變動樣相에 있어서나 매우 特異함을 보이고 있는데 어떤 外的 影響에 의한 것이라기 보다는 소나무의 어린時節의 生長特性이 아닌가 生覺된다.

같은 供試木을 가지고 樹幹基部와, 樹幹上端으로부터 第8節에서 各各 採取한 2個의 圓板에서 年輪幅을 水平系列로 본 것이 그림 2-B이다.

여기서는 어떤 生長上的 規則性을 볼 수 없었고 다만 樹冠部位의 年輪系列에서 年輪幅이 經年的으로 增加하는 듯한 모습을 엿볼 수 있을 뿐이다. 斜線系列에서 第1節의 年輪幅보다 第2~3節의 年輪幅이 增加하였다가 다시 서서히 減少하는 Pattern이 있다면 당연히 水平系列에서도 髓로부터 첫 번째 年輪幅보다 다음 몇 개의 年輪幅이 增加하고 樹皮쪽으로 갈수록 減少되는 Pattern이 發見되어야 할 것이다. 그러나 이러한 傾向性을 볼 수 없는 것은 위에서 말한 經年的인 年輪幅增加가 이를 壓倒하였기 때문에 模糊해진 것이 아닌가 考察된다.

또 樹冠部位에 該當하는 圓板을 採取함에 있어 對照區가 되는 舒川郡 調査地가 1975~1978年間에 솔잎혹파리被害를 받았으므로 그 生長沮害의 全貌를 나타내어 比較하려고 兩地域에서 모두 樹冠部의 中央部에서 圓板을 採取하지 않고 意圖的으로 樹冠의 下端部라 할 수 있는 第8節에서 採取하였다. 그러나 역시 上部쪽의 年輪幅水準은 2~3mm로서 基部의 2mm未滿보다 上位에 있어 樹幹上端쪽의 年輪生長이 보다 旺盛하다는 斜線系列에서의 結果와 一致하고 있었다.

그림 2-C는 同一供試木의 年輪幅을 垂直系列(Vertical sequence)로 본 것이다. Duff 등에 依하면 이 垂直系列에서는 本質的으로 어떤 Pattern이 發見되지 않고 偶發的인 外部環境要因에 依한 變動만이 나타난다고 하였으며 이러한 까닭으로 Graham(1963)과 Kulman(1971)은 害虫으로 因한 生長沮害를 分析하는데 이 系列이 가장 有用할 것이라 하였다. 그런데 그림 2-C에서 보면, 垂直系列에서도 上記한 經年的 年輪幅增加現象이 세계의 年輪系列에서 모두

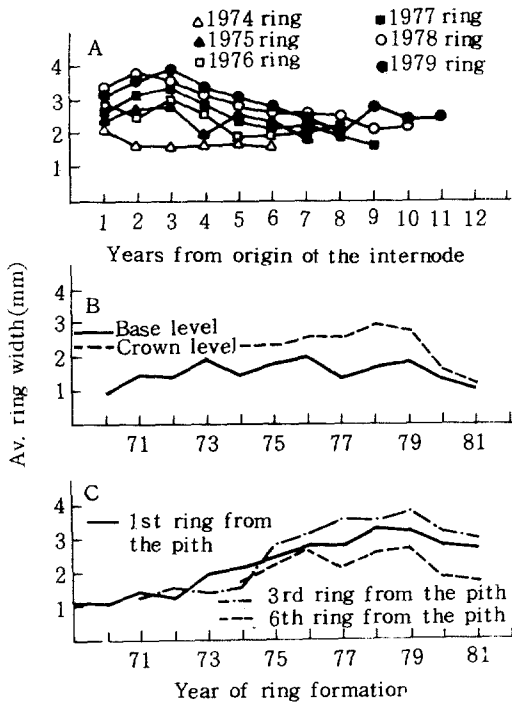


Fig. 2. Curves of radial growth in young healthy red pines at Jang-gog, Hongseong. A; the oblique sequence for the 1974, 75, 76, 77, 78, and 1979 growth rings. B; the horizontal sequence at the base and crown levels. C; the vertical sequence for the 1, 3 and 6-year rings.

똑똑하게 나타나고 있다.

그러나 髓로부터의 位置別 年輪系列間에 年輪幅이 規則적으로 높아지거나 낮아지는 것 같지는 않아 年輪의 年齡에 따라 生長狀況에 差異가 없음을 말하지만 단지 3個의 年輪系列만을 가지고 斷言할 수는 없을 것이다.

끝으로 最近 1980年 및 1981年의 年輪幅生長은 水平系列이나 垂直系列에서 모두 극히 低調하였음을 볼 수 있는데 이는 어떤 環境의 偶發的 變化에 基因하는 것인지 또는 樹木이 成長함에 따라 木間競爭이 甚해져서 그러한지 原因은 分明치 않다.

2. 被害木의 直徑生長

그림 3-A는 솔잎혹파리被害를 받은 舒川郡調查地에서 年輪幅을 斜線系列로 본 것이다.

여기에서도 1974年度 年輪은 健全木에서와 같이 第1節의 幅이 3.2mm였으나 마지막 節에와서는 1.4mm

로 점차 減少한 特異한 曲線이었고 1975年 年輪에 있어서는 第1節의 幅이 1.8mm임에 比하여 第2節은 1.6mm로 더 낮고 第5節이 2mm로 다시 높아지기는 하였으나 各節의 年輪幅은 1.5~2mm 範圍內에서 水平線을 나타내고 있어 그림 2-A에서 본 健全木의 年輪幅系列曲線과는 相異한 모양이었다.

1976年度 年輪에서는 第1節의 年輪幅이 1.6mm로 1974 및 1975年度에 比하여 낮아졌을 뿐만 아니라 第2節의 幅은 1.4mm 第3節은 0.8mm, 第4節은 1.1mm로 健全木과는 正反對의 曲線으로 나타난 다음 第6節부터 다시 增加하였다. 1977年度 年輪幅曲線도 1976年度 年輪曲線과 매우 類似한 모양이나 다만 幅의 水準이 약간 낮았다.

1978年度 年輪은 1976 및 1977年度보다 그 幅이 높은 水準으로 增加되어 1975年度의 것과 比等하여 졌고 그 모양에 있어서도 1975年度 年輪幅曲線과 매우 類似하여 졌으며 1979年度에 이르러서는 年輪幅 水準이 樹冠部位에 該當하는 節에서는 2mm를 超過하게 되고 健全木에서와 같은 모양의 曲線을 나타내고 있었다.

그런데 이와 같이 樹幹上端部の 年輪幅들은 年輪의 年度間에 甚한 差異를 보이고 있으나 樹幹基部쪽의 年輪幅은 相互間에 별로 큰 差異를 보이고 있지 않아 注目된다.

이러한 斜線系列을 통하여 본 舒川郡調查地의 1975~1978年間의 年輪幅曲線이 洪城郡調查地의 것과 매우 다른 것은 I, II報에서 이미 記述한 이 地域의 솔잎혹파리發生沿革과 견주어 보아 솔잎혹파리被害로 인한 生長阻害가 1975年度에 顯著하게 나타나기 始作하였고 1976 및 1977年度에는 매우 極甚하였으며 1978年度에는 多少 回復되었고 1979年度에는 거의 正常에 가까운 生長을 되찾는 過程임이 明白하며 그 阻害는 樹幹上部의 年輪에서 特히 뚜렷하고 樹幹基部로 갈수록 模糊해 진다는 事實을 말하는 것이라 考察된다.

그림 3-B는 舒川郡調查地의 같은 供試木을 水平系列로 본 것이다.

먼저 樹冠部位의 年輪系列을 보면 1974年度의 年輪幅이 3.3mm로 比較的 높았으나 1975年度에는 1.4mm로 急激히 낮아지고 1976년에는 0.9mm로 最下位를, 1977년에는 0.95mm로 매우 낮은 水準에 머물렀으며 1978년에는 1.6mm, 1979년에는 2.5mm로 다시 上昇하였다가 1980 및 1981년에 다시 減少되는 經過를 나타내고 있었다. 이러한 生長阻害現象은 上記

한 斜線系列에서와 아주 一致하고 있다.

이와 對照의 으로 樹幹基部의 年輪에서는 1980 및 1981年度 年輪幅만은 이미 指摘하였듯이 顯著하게 減少되었으나 그 밖의 年輪幅은 큰 起伏이 없이 솔잎혹파리로 因한 生長阻害라고 指目할 만한 흔적을 찾아볼 수 없었다. 이것 역시 害虫 等으로 因한 生長阻害가 樹幹上部의 年輪에서 特別 敏感하게 나타나는 것을 立證하는 것이다.

그림 3-C는 같은 供試木에서의 垂直系列로서 1975년부터 1978년까지의 生長阻害모습이 斜線系列이나 水平系列의 樹冠部에서와 같이 뚜렷하게 나타나 있었고 髓로부터 첫번째에 位置하는 年輪系列은 3 및 6番째 年輪系列과 多少 다른 모양의 曲線을 나타내고 있어 吉田等(1978 b)의 곰솔의 경우와 같이 年輪의 年齡에 따라 害虫 等 外部環境에 對한 敏感度가 多少 다른 것이 아닌가 하는 推理를 남겨도 하지만 이를 뒷받침하기 위해서는 앞으로 보다 많은 年輪이 調査되어야 할 것이다.

지금까지 소나무의 年輪幅生長에 나타나는 Pattern과 솔잎혹파리加害로 이것이 變型되는 樣相을 보아 왔다.

솔잎혹파리加害로 因한 소나무의 直徑生長阻害가 斜線系列, 垂直系列 및 樹冠部年輪의 水平系列에서는 明瞭하게 識別되지만 樹幹基部年輪의 水平系列에서는 發見되지 않는다는 것은 우리가 害虫 等으로 因한 樹木被害를 解析함에 있어 慣行的으로 胸高部位에서 生長錐로 年輪을 調査한다던가 또는 單一한 圓板만을 調査하는 것은 매우 危險한 것으로 반드시 主幹의 各節別로 圓板을 採取, 調査하던가 적어도 樹冠部에서 採取한 年輪을 分析하여야 함을 말하는 것이다.

다음으로 어떤 生長Pattern이 나타나지 않는 것으로 알려진 垂直系列에서 年輪幅이 經年的 增加現象이 나타나고 있는데 本調査에서는 이러한 經年的 年輪幅增加에도 불구하고 솔잎혹파리에 因한 生長阻害가 比較的 잘 나타났지만 萬一 生長阻害가 輕微한 것이라면 이 經年的인 年輪幅增加 때문에 生長阻害가 隱蔽되고 말 公算이 크다. 斜線系列에서는 年輪幅의 經年的 增加現象은 各年輪系列의 年輪幅水準이 그 年輪의 形成年度에 따라 規則的으로 上昇하는 모양으로 表現되는데 害虫 等으로 因한 生長阻害가 있게 되면 該當年度의 年輪系列水準은 異常的으로 低下될 뿐만 아니라 樹幹上部쪽의 年輪生長도 典型的인 生長Pattern에서 벗어나 變型을 일으키게 될 것

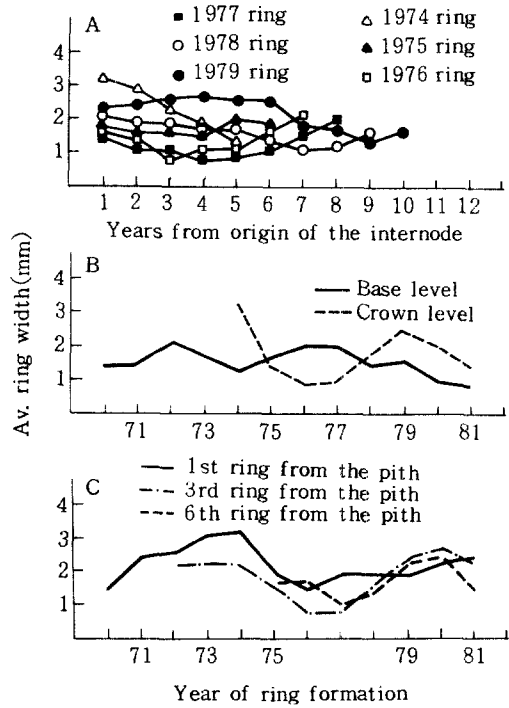


Fig. 3. Curves of radial growth in infested young red pines at Biin, Seocheon. A; the oblique sequence for the 1974, 75, 76, 77, 78, and 1979 growth rings. B; the horizontal sequence at the base and crown levels. C; the vertical sequence for the 1, 3, and 6-year rings.

이다. 따라서 이 變型된 年輪幅曲線은 健全木이나, 같은 나무에서도 被害받은 前後年度의 年輪幅曲線들과 相互比較되어 容易하게 識別될 수 있을 것이다. 이러한 見地에서 보면 斜線系列法이 가장 有用한 方法이 될 수 있을 것 같고 害虫 等에 依한 生長阻害問題 뿐만 아니라 施肥 等의 效果를 定性的으로 分析하는 데에도 活用될 수 있다고 본다.

引用 文 獻

1. Duff, G. H. and N. J. Nolan. 1953. Growth and morphogenesis in the Canadian forest species. 1. The controls of cambial and apical activity in *Pinus resinosa* Ait. Can. J. Bot. 31:471-513.
2. Graham, K. 1963. Concepts of forest entomology. Reinhold, New York. 388 pp.
3. Kulman, H. M. 1971. Effects of insect defolia-

- tion on growth and mortality of trees. Ann. Rev. Ent. 16: 289-324.
4. Mott, D. G., L. D. Nairn and J. A. Cook. 1957. Radial growth in forest and effects of insect defoliation. For. Sci. 3(3):286-304.
 5. Park, K. N. and J. S. Hyun. 1983a. Studies on the effects of the pine needle gall midge, *Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye, on the growth of the red pine, *Pinus densiflora* Siebold et Zuccarini (I)-Changes in gall formation rate. Jour. Korean For. Soc. 61:20-26.
 6. Park, K. N. and J. S. Hyun. 1983b. Studies on the effects of the pine needle gall midge, *Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye, on the growth of the red pine, *Pinus densiflora* Siebold et Zuccarini (II)-Growth impact on red pine. Jour. Korean For. Soc. 62:87-95.
 7. Stark, R. W. and J. A. Cook. 1975. The effects of defoliation by the lodgepole needle miner. For. Sci. 3(4):276-285.
 8. Yoshida, T. and K. Kanamitsu. 1978a. Growth patterns appearing in annual ring width at different heights of *Chamaecyparis obtusa* Endl. J. Jap. For. Soc. 60(5): 169-172.
 9. Yoshida, T. and K. Kanamitsu. 1978b. Growth patterns appearing in annual ring width at different heights in young *Pinus thunbergii* Parl. and effects of defoliation by *Dendrolimus spectabilis* Butl. J. Jap. For. Soc. 60(6): 216-220.