スギ植栽木の樹高成長に及ぼす期首サイズと周辺雑草木の影響

山川 博美^{*1}・重永 英年^{1,3}・荒木 眞岳²・野宮 治人¹

スギ植栽木の樹高成長に及ぼす期首樹高および周辺雑草木の影響を明らかにし、下刈りの要否を決める簡易な判断基準を検討するため、3年次の下刈りが省略された4年生のスギ人工林において、植栽木の樹高、当年伸長量および雑草木との競争関係を個体ベースで調査した。スギ植栽木の樹高成長は、スギ樹冠に対する側方からの被圧より上方からの被圧の影響を強く受けており、植栽木の梢端部が周辺の雑草木に覆われなければ、樹高成長の低下は小さいと考えられた。また、梢端部が周辺雑草木によって覆われた植栽木では、期首樹高が低くなるほど樹高成長量が小さくなっていた。一方、期首樹高の高い植栽木では、梢端部が覆われていても、覆われていない個体と同程度の成長量を示し、成長量のばらつきも小さかった。したがって、スギ植栽木が良好な樹高成長を保つためには、植栽木の個体サイズが小さな間は、樹冠全体が覆われるような被圧は避けた方がよいと考えられた。具体的な個体サイズの指標については検討する必要があるが、期首樹高と、植栽木と雑草木の相対的な競合関係の組み合わせは下刈り要否を判断する有効な指標と考えられた。

キーワード：低コスト再造林・下刈り省力化・競合状態・初期成長・先駆性木本種

Hiromi Yamagawa,^{*1} Hidetoshi Shigenaga,^{1,3} Masatake G. Araki,² Haruto Nomiya¹ (2016) Effects of Initial Size and Surrounding Weed Trees on Height Growth of Planted Sugi (*Cryptomeria japonica*) Trees in Kyushu, Japan. J Jpn For Soc 98: 241–246 To clarify the effects of initial height and surrounding weed trees on the height growth of 107 planted sugi (*Cryptomeria japonica*) trees, we investigated competition between weed trees and the sugi trees in a four-year-old plantation. In this plantation, weeding was conducted when trees were one and two years old, but was not conducted when they were three years old. The height growth of sugi was more strongly influenced by vertical suppression than lateral suppression of the crown. Height growth decreased when the top of the crown was covered by surrounding weed trees. Additionally, we found a significant positive correlation between initial size and height growth for the sugi trees whose top of crown was covered by weed trees. On the other hand, height growth of the taller sugi trees did not change regardless of the cover by weed trees, and variation in their height growth was relatively low. These results indicate that it is better to conduct weeding at the initial stage after planting to favor growth of planted sugi. Our study showed that the height of sugi and vertical competition between sugi and weed trees are useful indices to effective decision making in weeding management.

Key words: low-cost vegetation management, weeding, competition index, initial growth, pioneer trees

I. は じ め に

日本国内の人工林は主伐可能な8齢級以上の林分が7割を超えており、森林資源の循環利用および偏った齢級構成の平準化の推進から、主伐・再造林の動きが加速している(林野庁 2015)。しかしながら、木材価格は低迷が続いており、林業経営を維持するためには生産コストの削減が必須となっている。伐採搬出作業については、路網の整備や高性能林業機械の普及によって低コスト化が大きく進んでいる(例えば、高井 2012)。また、地拵や植栽といった作業はコンテナ苗の利用や伐採時の林業機械を活用する一貫作業システムの導入が検討され、低コスト化が進められている(例えば、今富 2011; 岡 2014)。しかしながら、初期保育コストの4割弱を占める下刈りは肉体的にも負担が大きいにも関わらず(今富 1994; 山田 1999)、低コスト化が遅れている。また、林業従事者の数は近年下げ止まりの兆しがあるものの長期的に見て減少傾向であり

(林野庁 2015)、下刈りは費用の面でも労働力の面でも主伐・再造林の促進を律速する要因となりうる。そのため、人工林施業において下刈りの省力化は最も重要な課題の一つとなっている。

一般に、下刈りは植栽後5~6年間、年1~2回の頻度で一樣に実施されており、下刈りの回数を減らすことができれば、下刈りの省力化につながる。下刈りの省力化については、坪刈りや筋刈りなどの下刈り方法の検討や下刈り回数の削減、除草剤の利用など、これまで多くの研究が行われてきたが(谷本 1980a, b)、一般に普及するには至っていない。これには、戦後の拡大造林期が終焉し造林面積が減少したことにより下刈りが必要な林地が減少したことも影響していると考えられるが、林地によって立地や伐採後に発生する雑草木の違いなど植栽木の成長を左右する様々な要因が存在し、一般化が難しいことも影響しているだろう。そのため、谷本(1982, 1983)は、雑草木のタイプを分類し、植栽木と雑草木の競争関係から下刈りの省略につ

*連絡先著者 (Corresponding author) E-mail: yamaghy@affrc.go.jp

¹ 国立研究開発法人森林総合研究所九州支所 〒860-0862 熊本県熊本市中央区黒髪 4-11-16 (Kyushu Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI), 4-11-16 Kurokami, Chuo-ku, Kumamoto, Kumamoto 860-0862, Japan)

² 国立研究開発法人森林総合研究所植物生態研究領域 〒305-8687 茨城県つくば市松の里 1 (Department of Plant Ecology, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI), 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki 305-8687, Japan)

³ 現所属：林野庁森林整備部研究指導課 〒100-8952 東京都千代田区霞ヶ関 1-2-1 (Forest Research, Extension and Protection Division, Private Forest Department, Forestry Agency, 1-2-1 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8952, Japan)

(2016年2月10日受付、2016年8月2日受理)

いて議論している。さらに、植栽木の成長と個体サイズとの関係についても議論し、個体サイズが小さいほど被圧の影響が大きいことを示唆している（谷本 1982）。また、このように生態学的な競争メカニズムから下刈りと成長量の関係について議論したものは幾つか報告されているが（例えば、尾方・長友 1971；丹下ら 1993；平田ら 2012；平岡ら 2013；Hirata *et al.* 2014），下刈りの具体的な判断基準まで言及したものは少ない。

本研究では、3年次に下刈りが省略された4年生のスギ人工林において、植栽木と周辺雑草木の競争関係に着目し、雑草木による被圧が樹高成長に及ぼす影響について個体ベースで解析を行った。その際に、植栽木の個体サイズによって被圧の影響度合いが異なる可能性があることから、植栽木の樹高を考慮して解析を行った。さらに、下刈りの省力化を実現させるためには、林地で下刈りの要否を判断できる簡便な指標が必要であることから、雑草木との競争関係に基づいた簡易な判断基準についても検討した。

II. 調査地と方法

1. 調査地

調査地は、熊本県水俣市小津奈木（N 32° 12′，E 130° 27′）のスギ人工林（約3 ha）である。調査地の標高は約380 m，年平均気温および年降水量はそれぞれ13.7℃および2,358 mmであり（気象庁 2014），ブナ科およびクスノキ科が優占する常緑広葉樹林帯に属する。

スギは2007年に裸苗が植栽され、2010年の調査時点で4年生であった。正確な植栽密度は不明であるが、林地の状況から判断して本地域の一般的な植栽密度である2,500～3,000本ha⁻¹と考えられた。また、調査時点でスギ植栽木の樹冠同士は接触していなかった。植栽後の下刈りは、2007年（1年生）および2008年（2年生）に実施され、2009年（3年生）は実施されていない。すなわち、植栽3年目に下刈りが1回省略された4年生の林分である。

2. 現地調査

調査地では2010年6月末に下刈りが予定されていたため、調査は下刈り直前の2010年6月17日および18日に行った。スギ植栽木と競合する木本植物の種組成、密度および樹高を明らかにするため、調査地内に5m×5mの方形区を2カ所に設置し、出現するすべての種名および樹高を記録した。

スギ植栽木に及ぼす周辺雑草木の影響を把握するため、調査林分全域から植栽木の樹高と雑草木との競争関係が分散するように植栽木107個体を選び、競合状態、上方被圧および側方被圧を記録した。競合状態は、現場で簡易な判断基準となるように植栽木と雑草木の垂直的な競争関係に基づいて、C1～C4の四つのカテゴリに分類した（図-1：C1、植栽木の樹冠が周辺の雑草木から半分以上露出している；C2、植栽木の樹冠が周辺の雑草木から半分未満露出している；C3、植栽木と雑草木の梢端が同じ位置にある；およびC4、植栽木が雑草木に完全に覆われている）。

図-1. 植栽木と雑草木の競合状態の模式図

C1は植栽木の樹冠が周辺の雑草木から半分以上露出している、C2は植栽木の梢端が周辺の雑草木から露出している、C3は植栽木と雑草木の梢端が同じ位置にある、C4は植栽木が雑草木に完全に覆われている。

上方被圧は、植栽木の梢端を中心とする半径約1 mの範囲で梢端部より上方が周辺雑草木に覆われている水平投影面積の割合を目視観察によって10%単位で記載した（上方被覆率）。側方被圧は、植栽木の樹冠に雑草木が接している割合を目視によって10%単位で記載した（側方被覆率）。

植栽木については、調査時点の樹高および節の観察から主軸の当年伸長量を測定し、これを樹高成長量とした。また、調査時点の樹高から当年伸長量を引いた値を植栽木の期首樹高とした。なお、本調査は6月中旬に実施したため、樹高成長量は生育期の途中の値である（図-5を参照）。しかしながら、一般に本地域におけるスギ樹高の生育期は4～9月であること、加えて年枝の観察から測定した調査前年（2009年）の平均樹高成長量は50 cmで、調査当年の平均成長量は35 cm程度であることから（図-3を参照）、少なくとも生育期間の半分程度の成長をしていると考えられる。また、前年に下刈りが省略されたことで雑草木が繁茂し、スギが雑草木に被圧されがちな状況から当年の生育期間がスタートしていることから、雑草木による被圧がスギの樹高成長に及ぼす影響を相対的に評価するうえでは十分であると判断した。

3. 解析方法

植栽木の樹高成長に影響を与える要因として、植栽木の期首樹高と雑草木との競争関係に着目して解析を行った。なお、植栽木と雑草木の競争関係についても期首の状態を評価した方が好ましいと考えられるが、調査の都合上、調査時点の値を用いた。樹高成長量と上方被覆率、側方被覆率および期首樹高の関係については、ピアソンの積率相関係数を求め、無相関の検定を行った。樹高成長量の競合状態による違いについてBonferroni法による多重比較を行った。また、各競合状態において期首樹高と樹高成長量の関係について、ピアソンの積率相関係数を求め、無相関の検

定を行った。その際に、期首樹高のサイズ範囲を揃えるため、期首樹高が100~200 cmの範囲で相関係数を計算した。すべての解析は統計パッケージ R 3.2.0 (R Core Team 2015) で行った。

III. 結 果

1. 雑草木群落の種組成

植栽木の競争相手である木本植物は17種（個体密度28,800本 ha^{-1} ）が出現し、その多くはアオモジ、アカメガシワおよびカラスザンショウなど落葉性の先駆性樹木であった（表-1）。これらの木本植物の樹高（2008年の下刈り後から調査時点までの約2生育期間の成長量）は、平均で137 cm、最大で377 cmであった（表-1）。

2. 樹高成長と周辺雑草木および期首樹高の関係

樹高成長量は上方被覆率と有意な負の相関（ $r = -0.473$, $p < 0.05$, $n = 107$ ）および期首樹高と有意な正の相関（ $r = 0.341$, $p < 0.05$, $n = 107$ ）が得られたが、側方被覆率とは有意な相関（ $r = 0.316$, $p > 0.05$, $n = 107$ ）が認められなかった（図-2）。

図-3. 各競合状態における樹高成長量

グラフ中のアルファベットは競合状態間での多重比較の結果を表す (Bonferroni 法, $p < 0.05$)。

図-2. 樹高成長量と上方被覆率 (A), 側方被覆率 (B) および期首樹高 (C) の関係

表-1. 調査地に出現した木本植物の密度と樹高

種 名	生活型	調査本数	個体密度 (ha^{-1})	平均樹高 (cm)	最大樹高 (cm)
アオモジ	落葉	32	6,400	194	360
アカメガシワ	落葉	30	6,000	137	257
カラスザンショウ	落葉	20	4,000	126	377
クサギ	落葉	16	3,200	149	237
イヌビワ	落葉	7	1,400	108	202
エノキ	落葉	6	1,200	98	130
ヌルデ	落葉	6	1,200	50	90
イヌザンショウ	落葉	4	800	112	127
クスノキ	常緑	4	800	87	110
クマイチゴ	落葉	4	800	112	122
ゴンズイ	落葉	4	800	79	116
クマノミズキ	落葉	3	600	125	199
アオキ	常緑	2	400	36	38
タブノキ	常緑	2	400	123	138
ハマクサギ	落葉	2	400	88	115
アオダモ	落葉	1	200	215	215
ニワトコ	落葉	1	200	248	248
合 計		144	28,800	137	377

図-4. 競合状態別の期首樹高と樹高成長量の関係

図中の相関係数は各競合状態におけるサイズ範囲を揃えるため期首樹高 100~200 cm の範囲（灰色部）で算出した。

競合状態間で樹高成長量を比較すると、競合状態が C4 の際に有意に小さかった（図-3；Bonferroni 法， $p < 0.05$ ）。また、各競合状態における平均樹高成長量（±標準偏差）は、C1 で 33.7 ± 9.7 cm，C2 で 35.0 ± 8.1 cm，C3 で 33.2 ± 7.7 cm および C4 で 24.7 ± 11.5 cm であった。各競合状態において、期首樹高と樹高成長量の関係を比較すると、競合状態 C1（ $r = 0.115$ ， $p > 0.05$ ），C2（ $r = 0.329$ ， $p > 0.05$ ）および C3（ $r = 0.079$ ， $p > 0.05$ ）では有意な相関はなく、競合状態 C4 で有意な正の相関（ $r = 0.396$ ， $p < 0.05$ ）が得られた（図-4）。また、競合状態 C4 で期首樹高が 160 cm 程度を超えると樹高成長のばらつきが小さくなり、競合状態 C1~3 と同程度成長している傾向がみられた（図-4）。

IV. 考 察

1. 樹高成長に与える期首樹高と被圧の影響

植栽木に対する周辺雑草木の影響は雑草木のタイプで異なり、常緑樹と落葉樹で比較すると、常緑樹に被圧された場合の方が影響の程度が大きい（平田ら 2012）。また、アカメガシワなどの高木性木本種、キイチゴ類などの低木性木本種、またはイワヒメワラビなどのシダ類といった造林地に優占する雑草木タイプの違いによって植栽木が覆われる度合いが異なることが報告されている（北原ら 2013）。

調査地には、アオモジ、アカメガシワおよびカラスザンショウなどの落葉性の先駆性木本種が優占しており（表-1）、九州地域における針葉樹人工林伐採後の典型的な植生（長島ら 2011）であった。なお、アオモジは九州の西側に広く分布する（初島・新 1956；中西 1996）先駆性木本種である。本地域において多くの落葉樹は 4 月には展葉が完了することが知られており、これらの樹木は調査時点で完全に展葉が完了し成長が始まっていた。すなわち、これらの落葉性の先駆性木本植物が本調査地におけるスギ植栽木の主な競争相手であった。

一般に、スギ幼齢木の樹高成長は期首の樹高に依存する（例えば、重永ら 2013）。下刈りを省いた際には、植栽木と周辺に発生する雑草木との垂直的な位置関係が植栽木の成長に強く影響する（谷本 1983；丹下ら 1993；平岡ら 2013）。本調査地において、スギ植栽木の樹高成長は、期首樹高および上方被覆率と有意な相関を示し、側方被覆率とは有意な相関は検出されなかった（図-2）。つまり、樹高成長に対する周辺雑草木の影響は上方被圧が強く関係していると考えられた。ヒノキ幼齢林においても、樹高成長に対して側方被圧よりも植栽木の梢端を覆う上方被圧の影響が強いことが報告されている（平田ら 2012）。植栽木と雑草木の垂直的な位置関係を簡易に観察した指標である「競合状態（図-1）」でみると、植栽木が完全に雑草木に覆

われたとき（競合状態，C4）で顕著な樹高成長の低下がみられた（図-3）。高知県の1年生スギ人工林においても，競合状態C4のときに顕著な樹高成長の低下が認められている（北原ら 2013）。つまり，植栽木の樹高成長は，測定時点で樹冠の梢端部が覆われていなければ顕著な成長低下はないと考えられた。

さらに，競合状態ごとに期首樹高と樹高成長量の関係を比較すると，植栽木の梢端部が周辺の雑草木から露出している状態（競合状態，C1～3）では期首樹高の影響を受けておらず（図-4），平均で35 cm程度成長していた。一方，スギ植栽木の梢端部が覆われていた状態（競合状態，C4）では，期首樹高が低い個体ほど樹高成長量も小さくなる傾向がみられた（図-4）。苗畑でスギの2年生苗を用いた被陰試験では，被陰の程度が大きいほど，樹高成長に対するサイズ依存性が大きくなることが報告されている（山下・金塚 1998）。すなわち，被圧が強い状態では，期首サイズの大きな個体と小さな個体の樹高成長量の開きが大きくなると考えられる。谷本（1982）は，スギ植栽木の樹高成長量では樹高1.3 m程度および直径成長量では樹高1.5～1.8 mまでは個体の葉量の増加とともに成長量が増加することを報告している。さらに，これらの樹高未満では個体の成長に対してすべての葉が十分に機能していなければならず，これらの樹高以上の個体より被圧を受けたときの影響が大きいと示唆している（谷本 1982）。本研究においても，競合状態C4の際に期首樹高160 cm程度以上で樹高成長量のばらつきが小さくなり競合状態C1～3と同程度の成長量となっている傾向が観察された（図-4）。また，期首樹高の違いによって，同じ競合状態や上方被圧の程度で覆われていたとしても，期首樹高が低い方が植栽木と雑草木との垂直的な高さの差が大きくなり，より強い被圧の影響を受けている可能性がある。さらに，今回の調査方法

では，競合状態C4でも比較的期首樹高の高い個体では期首には植栽木の梢端部が雑草木から露出していた可能性もある。したがって，今回調査した競争相手として落葉広葉樹が優占する林地において，良好な樹高成長を保つためには，測定時点で植栽木の梢端部が雑草木から露出していたことが重要であり，植栽木の個体サイズが小さいほど雑草木からの影響を受けやすいといえるだろう。したがって，特に個体サイズの小さなうちに樹冠全体が覆われるような被圧は避けた方が良くと考えられた。

2. 下刈り要否の判断基準と課題

スギ植栽木の樹高成長は，樹冠の梢端部が周辺雑草木によって覆われていなければ顕著な低下はなかった。また，樹冠の梢端部が覆われたことによる影響は個体サイズ（期首樹高）が大きくなるにつれて緩和された。つまり，スギ植栽木の樹高（絶対高）と，植栽木と雑草木の相対的な競争関係は，下刈りの要否を判断する有効な指標であると考えられた。なかでも，競争関係を表す指標として用いた「競合状態（C1～4，図-1）」は，現場で目視によって簡便に植栽木と雑草木の垂直的な競争関係を把握することが可能であり，有効な指標となりうるだろう。

直径成長については梢端部が覆われていない状態でも樹冠側方からの被圧によって，雑草木による影響を樹高成長より早い段階で受ける（丹下ら 1993；平岡ら 2013）。また，側方被圧は樹冠の水平方向の拡大を阻害し，樹冠量の低下がその後の樹高成長の低下を引き起こす可能性がある（平田ら 2012）。したがって，無下刈りなどのように長期間植栽木が雑草木からの被圧を受け続けているような場合では，競合状態以外に形状比や樹冠幅なども考慮して判断が必要であると考えられる。一方，毎年下刈りや隔年下刈りなど定期的の下刈りが実施され著しい直径成長や樹冠幅拡大の低下が起こっていないければ，植栽木の樹高成長の低下を最小限に抑えることを条件とした場合，競合状態，とりわけ，植栽木の樹冠全体が雑草木に覆われる（競合状態，C4）かどうか，その年々の下刈り要否を判断するうえでは有効な指標となると考えられた。

さらに，現場に対してより有効な判断指標を示すためには，下刈り実施時期とその年の下刈り要否を判断する時期を考慮しなければならない（図-5）。一般に下刈りは6～8月の夏場に行われており，その年の下刈りの要否の決定は，それ以前の成長開始前の期首または下刈りの直前に判断することになる。今回の結果から，期首から下刈り直前の間の段階で競合状態C4であれば当然下刈りが必要であると判断できるが，下刈を実施しない場合には生育期の途中で植栽木が雑草木に覆われることも考えられる。そのため，今後，期首または下刈り直前の競合状態とその後の成長について調査解析を進める必要がある。その際には，期首樹高のサイズ範囲ごとに下刈り要否を決める競合状態を提示することが必要であろう。具体的には，ある期首樹高までは競合状態に関係なく下刈りが必要であるが，ある期首樹高の範囲では競合状態C2で下刈りが必要だといった

図-5. 植栽木および雑草木の生育期と下刈りの実施時期

地域によって時期が多少前後するが一般的な概念図として作図した。下刈り要否の判断時期については，生育期首以前から下刈り実施の直前までが想定される。

判断基準の提示である。そのためには、各林地における植栽木の成長量や競争相手となる雑草木の成長量を予測することが重要となる。さらに、植栽木や雑草木の成長量は一つの造林地の中でも違いがある(福本ら 2015)。本研究での判断基準は個体ベースで解析したもので、実際の下刈り現場で判断する際は、異なる地形や雑草木パッチが複雑に広がり成長量も異なる林地でどのように下刈り要否の判断をするかが今後の研究の重要な視点である。

本研究を始めるにあたり水俣芦北森林組合の柏木氏には調査地の選定において多大な協力を頂いた。ここに厚く感謝申し上げる。なお、本研究は農林水産省の新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業(課題番号: 21020)および農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センターが実施する「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業(うち産学の英知を結集した革新的な技術体系の確立)」の補助を受けて実施した。

引用文献

- 福本桂子・寺岡行雄・金城智之・山下盛章・加治佐剛・鶴川 信・芦原誠一・岡 勝(2015) 南九州における斜面位置の違いによる無下刈りスギ幼齢木と侵入広葉樹との競合. 森林計画誌 49: 43-49
- 初島住彦・新 敏夫(1956) 九州西海岸に特殊な分布をする植物について. 植物地理・分類 16: 98-100
- 平岡裕一郎・重永英年・山川博美・岡村政則・千吉良 治・藤澤義武(2013) 下刈り省略とその後の除伐がスギ挿し木クロウンの成長に及ぼす影響. 日林誌 95: 305-311
- 平田令子・伊藤 哲・山川博美・重永英年・高木正博(2012) 造林後5年間の下刈り省略がヒノキ苗の成長に与える影響. 日林誌 94: 135-141
- Hirata R, Ito S, Araki MG, Mitsuda Y, Takagi M (2014) Growth recovery of young hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) subsequent to late weeding. J For Res 19: 514-522
- 今富裕樹(1994) 林業における作業の特質. (高齢化林業社会における適正作業. 今富裕樹・奥田吉春編, 林業科学技術振興所). 8-22
- 今富裕樹(2011) スギ再造林の低コスト化を目指した技術開発—伐採・地拵え・植栽の一貫作業による低コスト化. 現代林業 542: 52-55
- 気象庁(2014) メッシュ平年値 2010. 国土交通省国土数値情報ダウンロードサービス <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/> (参照: 2015-9-2)
- 北原文章・渡辺直史・光田 靖・山川博美・酒井 敦・垂水亜紀(2013) スギ植栽木の成長と下刈り対象木の競合状態との関係. 森林応用研究 22: 1-6
- 長島啓子・大本健司・吉田茂二郎(2011) 九州地方における再造林放棄地の植生回復パターンとその要因—再造林放棄地の管理にむけて. 日林誌 93: 294-302
- 中西弘樹(1996) 九州西廻り分布植物: 定義, 構成, 起源. 植物分類・地理 47: 113-124
- 尾方信夫・長友安男(1971) 林地におけるススキ群落の生態的特性と抑草目標について. 雑草研究 12: 52-54
- 岡 勝(2014) 低コスト化に向けた一貫作業システムの構築に向けて: 伐出から地拵え, 植栽まで. 山林 1566: 35-44
- R Core Team (2015) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing <https://www.R-project.org/>
- 林野庁(2015) 森林・林業白書平成 27 年版. 全国林業改良普及協会
- 重永英年・野宮治人・荒木眞岳・山川博美(2013) 裸普通苗とポット大苗の初期成長の比較. 森林総合研究所九州支所年報 25: 7-8
- 高井秀章(2012) 高性能林業機械による生産効率化. 建設機械 48 (8): 1-6
- 丹下 健・鈴木祐紀・八木久義・佐々木恵彦・南方 康(1993) 雑草木の刈り払い方法が植栽木の成長に与える影響. 日林誌 75: 416-423
- 谷本丈夫(1980a) 林業における雑草木の防除に関する研究の展開 (I) —戦前期の研究概要と問題点. 雑草研究 25: 79-87
- 谷本丈夫(1980b) 林業における雑草木の防除に関する研究の展開 (II) —戦後期の研究概要と問題点. 雑草研究 25: 165-172
- 谷本丈夫(1982) 造林地における下刈, 除伐, つる切りに関する基礎的研究 (第1報) スギ幼齢造林地におけるスギと雑草木の生長. 林試研報 320: 53-121
- 谷本丈夫(1983) 造林地における下刈, 除伐, つる切りに関する基礎的研究 (第2報) スギ幼齢木の生長と雑草木との相互関係の解析とその応用. 林試研報 324: 55-79
- 山田容三(1999) 下刈り作業の現状について. 林業と薬剤 150: 12-18
- 山下多聞・金塚 洲(1998) 異なる光環境と施肥強度のもとで栽培されたスギとヒノキの2年生実生の成長. 島根大生資研報 3: 47-52