

資料

年平均気温および年間降水量がセンダンの成長に及ぼす影響：
文献データを用いた解析*¹森 大喜*²・横尾謙一郎*³・鳥山淳平*²・酒井佳美*²

森 大喜・横尾謙一郎・鳥山淳平・酒井佳美：年平均気温および年間降水量がセンダンの成長に及ぼす影響：文献データを用いた解析
九州森林研究 76：125－128, 2023 国産早生樹として期待が高まっているセンダン (*Melia azedarach*) について、英文誌の文献レビューを行い、気象条件（年平均気温および年間降水量）がセンダンの成長に及ぼす影響について解析を行った。各調査地のランダム効果を仮定した混合モデルによって、気象条件とセンダン成長量の関係を解析した。検討した2種類のモデルのいずれにおいても、センダン成長量と気象条件の間に関連は見られなかった。本研究は、既存の文献データでは、センダンの生育適地と不適地の境界を決定することが困難であることを明らかにするとともに、現在各地で行われているセンダン成長試験の必要性を強く支持した。

キーワード：センダン、国産早生樹、生育適地、文献レビュー

I. はじめに

成長が早く材が良質であるセンダン (*Melia azedarach*) は、通直材を生産するための施業である「芽かき」(横尾, 1997) が開発されたことにより、国産早生樹として期待が高まっている。

センダンは南アジア～西アジア原産であり、熱帯から暖温帯にかけて幅広く分布している。現在、同種が存在する国は111ヶ国に達しているが、その分布範囲の限界は、北緯35°、南緯34°、標高1800 mとされている (CABI, 2019, URL: https://www.cabi.org/isc/datasheet/33144#_REF-DDB-167254, 2020年9月15日利用)。すなわち、日本国内には気象条件についてセンダンの生育適地と不適地の境界が存在する。今後の効率的なセンダン植栽地拡大のためには、この境界を明らかにし、適切な環境への植栽を行うことが不可欠となる。センダンの研究を主導してきた熊本県は、これまで行われた研究データを基に「センダンの育成方法」を発行し、熊本県内にセンダンを植栽する場合は凍害の影響を避けるために標高500 m以下に植栽する事が望ましいと報告している (横尾, 2015)。また、近畿中国森林管理局が行っている調査の経過報告によれば、日本海側気候下でのセンダン成長速度は太平洋岸気候と比較して顕著に低く、枯死率も極めて高かった (近畿中国森林管理局, URL: <https://www.rinya.maff.go.jp/kinki/sidou/gijyutukaihatu/sendan.html>, 2020年9月15日利用)。このように、各地でセンダン植栽適地の探索が進められている。

センダンは、アジア地域を中心として世界中で植栽されており、基礎データが蓄積されている。これら国外の文献を解析することにより、現在国内で進行しているセンダン植栽適地の探索を前進させるための有益な情報を得ることができるとも考えられる。本研究は、英文誌の文献レビューと取得したデータの解析によって、

気象条件（年平均気温および年間降水量）とセンダン成長速度の関係を明らかにすることを目的とした。

II. 材料と方法

Google scholar を用いてキーワード検索 ("*Melia azedarach*" DBH age OR year-old OR "years old" OR precipitation) を行った。検索条件に適合した769件の文献のうち、文献にアクセス可能で、調査地の年間降水量と年平均気温のデータが入手可能であり、林齢が明らかであるもののうち、センダンの胸高直径と樹高のいずれかを報告しているものを解析した。ただし、自然林に生育しているセンダンについては解析対象から除外し、植林地およびアグロフォレストリーにおけるデータを解析対象とした。これは、センダンが陽樹であり、自然林においては、被陰されることによって著しく成長が阻害される可能性があるためである。文献に調査地の年間降水量と年平均気温が記述されていなかった場合には、緯度経度情報とWorldClimate 2 (Fick and Hijmans, 2017) から気象データを取得した。気象データの抽出にはQGISを用いた。また、灌漑を行っているものについてはその情報を記録した。

取得したデータを用いて、気象条件がセンダンの成長に及ぼす影響について解析を行った。灌漑が行われている試験地を除いたデータを使用した混合モデル (モデル1) に加え、灌漑の有無を固定効果に加えて全てのデータを使用したモデル (モデル2) を作成した。いずれのモデルについても目的変数は樹高および胸高直径で、林齢、年間降水量および年平均気温が固定効果、各研究サイトおよび試験における処理 (施肥や植栽密度の違い) が変量効果である点は共通している。各モデルのパラメータは、ベイズ統計学に基づき、マルコフ連鎖モンテカルロ法 (MCMC) によ

*¹ Mori, T., Yokoo, K., Toriyama, J., Sakai, Y. : Impact of mean annual temperature and annual precipitation on growth rate of *Melia azedarach*.

*² 森林総合研究所九州支所 Kyushu Res. Center, For. & Forest Prod. Res. Inst. (FFPRI), Kumamoto 860-0862, Japan

*³ 熊本県林業研究・研修センター Kumamoto Prefecture Forestry Research and instruction Center, Kumamoto prefecture, Kumamoto 860-0862, Japan

て推測した。MCMCの収束判断にはGelman-Rubin統計量(Rhat)を用い、Rhatが1.1以下の場合に収束したと判断した。全ての解析は、R ver. 4.0.2とRstanパッケージおよびbrmsパッケージを用いて行った(R Core Team 2020)。

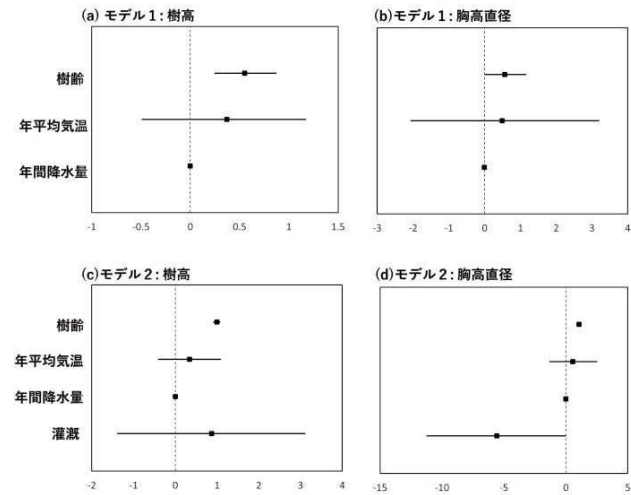


図1. センダンの樹高および胸高直径に対する各変数の影響
モデル1は樹齢、年平均気温および年間降水量を固定効果、各研究サイトおよび試験における処理を変量効果とした混合モデルである。モデル2は、モデル1に灌漑の固定効果(灌漑の有無)を加えたものである。各パラメータについて、MCMCサンプルの中央値と95%ベイズ信用区間が示されている。

III. 結果と考察

検索条件に適合した769件の文献のうち、23件の文献が解析条件に適合した。解析に用いた全159件のデータは、表1に示している。得られた文献は、インドを中心にアジア地域で報告されたものが多かった。

作成した2種類のモデルのいずれにおいても、樹齢のパラメータは、95%ベイズ信用区間にゼロを含まず分布しており、センダンの樹高および胸高直径は樹齢が大きいほど増大したことが示された(図1)。また、年平均気温および年間降水量のパラメータは、全てのモデルで95%ベイズ信用区間にゼロを含んでいた(図1)。すなわち、年平均気温および年間降水量がセンダンの成長に及ぼす影響は有意ではなかった。その一方で、灌漑は胸高直径に対して負の効果を示した(図1d)。灌漑は年間降水量が低い地域で行われる傾向にあるため(図1f)、乾燥による胸高

直径への負の効果(すなわち、降水量の胸高直径に対する正の効果)が、灌漑の見かけ上の負の効果として現れた可能性が考えられた。しかし、モデル2の説明変数から灌漑の効果を取り除いた場合においても降水量が胸高直径に及ぼす影響は有意ではなかったため、この仮説を支持することはできなかった。このように本解析は、センダン成長に及ぼす気象条件の影響を明らかにすることができなかった。

この理由として、各研究サイトでの地力のばらつきが大きかったことによって、気象条件を抽出できなかった可能性が考えられた。施肥によってセンダンの成長が促進されることは先行研究によって報告されている(横尾, 2005; Sing and Gill, 2016; 池本, 2018)。本研究で用いたモデルは、各研究サイトのランダム効果を考慮してはいるが、地力のばらつきを十分に表現できなかった可能性がある。

これに加えて、特に気温に関しては、低温地域のデータが不足していたために気温と成長の関係を検出できなかった可能性が考えられた。実際に、データを取得した研究サイトのほとんどが熱帯および亜熱帯地域に属しており、1点を除いてすべての研究サイトが年平均気温20℃以上の場所にあった。

このように本研究は、既存の文献データでは、センダンの生育と気象条件の関係を十分に明らかにすることができないことを示した。センダン植栽地の拡大に際して、適地と不適地の境界を決定するためには、日本国内でさらなる研究の積み重ねが必要である。本結果は、現在日本各地で行われているセンダンの成長試験の必要性を強く支持した。

IV. 謝辞

本研究は、森林総合研究所基幹課題1ア a1「物質・エネルギーの動態モニタリングによる気候変動影響の評価と予測技術の開発」の一環として行われた。

引用文献

Fick and Hijmans (2017) *Int. J. Climatol.* 37 : 4302-4315
 Singh B *et al.* (2016) *Range Manag Agrofor* 37 : 192-200
 池本省吾 (2018) 日本森林学会学術講演集 129 : P 2-098
 横尾謙一郎 (1997) 熊本県林業研究指導所業務報告 36 : 17-20
 横尾謙一郎 (2005) 熊本県林研指業報 44 : 4
 横尾謙一郎 (2015) センダンの育成方法 H 27 改訂版, 17 pp
 (2022年11月12日受付; 2023年1月7日受理)

表1 収集した文献データ

| 調査地 | 樹齢 | 樹高 (m) | 胸高 直径 (cm) | 年平均 気温 ($^{\circ}$ C) | 年降水量 (mm) | 灌溉 | 土壌・地形等 | 文献 |
|-----|----|-----------|------------------|------------------------------|--------------|----|---------------|----|
| インド | 4 | 5.64 | 12.17 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 5.55 | 9.92 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 5.14 | 8.54 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 5.11 | 7.98 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 5.1 | 7.77 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 4.82 | 6.98 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 4.72 | 6.54 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 4.7 | 6.5 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 4.69 | 6.43 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 4.62 | 6.33 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 4.55 | 6.3 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 4.54 | 6.09 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 4.54 | 6.08 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 4.52 | 6.05 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 4.51 | 6.04 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 4.5 | 5.82 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 4.43 | 5.77 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 4.42 | 5.6 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 4.34 | 5.55 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 4.32 | 5.51 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 4.31 | 5.5 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 4.19 | 5.28 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 4.19 | 5.14 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 4.17 | 5.12 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 4.1 | 5.09 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 4.06 | 4.79 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 4.01 | 4.78 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 4.01 | 4.6 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 3.96 | 4.59 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 3.92 | 4.39 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 3.85 | 4.34 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 3.8 | 4.26 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 3.79 | 4.21 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 3.71 | 4.21 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |

| 調査地 | 樹齢 | 樹高 (m) | 胸高 直径 (cm) | 年平均 気温 ($^{\circ}$ C) | 年降水量 (mm) | 灌溉 | 土壌・地形等 | 文献 |
|-----|----|-----------|------------------|------------------------------|--------------|----|---------------|----|
| インド | 4 | 2.51 | 2.46 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 11.5 | 18.68 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 11.48 | 17.46 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 11.1 | 14.98 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 11.1 | 14.83 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 10.98 | 13.66 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 10.6 | 13.58 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 10.17 | 12.53 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 10.1 | 11.98 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 9.88 | 11.95 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 9.33 | 11.68 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 9.29 | 11.64 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 9.03 | 11.62 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 9 | 11.24 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 9 | 11.09 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 8.98 | 10.98 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 8.96 | 10.91 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 8.88 | 10.51 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 8.79 | 10.43 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 8.75 | 10.42 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 8.5 | 10.2 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 8.42 | 9.98 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 8.38 | 9.88 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 8.33 | 9.68 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 8.17 | 9.63 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 8.08 | 9.62 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 8.04 | 9.55 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 8 | 9.37 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 7.96 | 8.91 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 7.96 | 8.8 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 7.92 | 8.38 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 7.88 | 8.23 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 7.88 | 8.2 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 7.83 | 8.08 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |

| 調査地 | 樹齢 | 樹高 (m) | 胸高 直径 (cm) | 年平均 気温 ($^{\circ}$ C) | 年降水量 (mm) | 灌溉 | 土壌・地形等 | 文献 |
|-------|-----|-----------|------------------|------------------------------|--------------|-----|-------------------|----|
| インド | 8 | 6.5 | 5.87 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 5.08 | 5.64 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 4.48 | 4.8 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 6 | 10.8 | 10.6 | 24.73 | 350 | 1年目 | | 2 |
| インド | 2 | 3.96 | 4.99 | 23.94 | 724 | あり | | 3 |
| インド | 3 | 5.17 | 6.54 | 23.94 | 724 | あり | | 3 |
| インド | 10 | 9 | 29.9 | 23.93 | 846 | | | 4 |
| インド | 10 | 9.3 | 17.52 | 23.57 | 600 | | plain, Inceptisol | 5 |
| インド | 3 | 5.7 | 23.7 | 23.72 | 750 | 初期 | sandy loam | 6 |
| インド | 10 | 7.15 | 14.41 | 23 | 1360 | | | 7 |
| インド | 12 | 9 | 30.75 | 23.93 | 846 | | | 8 |
| インド | 13 | 10 | 20.96 | 24.35 | 386 | あり | | 9 |
| インド | 2.5 | 1.97 | | 23.72 | 697 | | sandy loam | 10 |
| エゾブト | 2 | 0.80 | 1.16 | 21 | 41 | あり | sandy | 11 |
| エゾブト | 3 | 1.01 | 1.80 | 21 | 41 | あり | sandy | 11 |
| エゾブト | 2 | 1.15 | 1.86 | 21 | 41 | あり | sandy | 11 |
| エゾブト | 3 | 1.11 | 2.46 | 21 | 41 | あり | sandy | 11 |
| エゾブト | 2 | 1.13 | 1.74 | 21 | 41 | あり | sandy | 11 |
| エゾブト | 3 | 1.29 | 2.20 | 21 | 41 | あり | sandy | 11 |
| エゾブト | 2 | 1.20 | 1.85 | 21 | 41 | あり | sandy | 11 |
| エゾブト | 3 | 1.32 | 2.51 | 21 | 41 | あり | sandy | 11 |
| エゾブト | 2 | 0.94 | 1.51 | 21 | 41 | あり | sandy | 11 |
| エゾブト | 3 | 1.13 | 2.18 | 21 | 41 | | sandy | 11 |
| エゾブト | 2 | 0.96 | 1.43 | 21 | 41 | あり | sandy | 11 |
| エゾブト | 3 | 1.35 | 1.83 | 21 | 41 | あり | sandy | 11 |
| エチオピア | 3 | 3.2 | 3.07 | 25 | 700 | | flat | 12 |
| エチオピア | 3 | 1.93 | 1.44 | 25 | 700 | | flat | 12 |
| エチオピア | 3 | 3.13 | 2.39 | 25 | 700 | | flat | 12 |
| エチオピア | 2 | 1.3 | 1.1 | 21.95 | 1272 | | Cambisols | 13 |
| タイ | 6 | 7.4 | 3.9 | 28.7 | 1054 | | lateritic | 14 |
| タイ | 6 | 8.7 | 5.2 | 28.7 | 1054 | | lateritic | 14 |
| タイ | 6 | 7.1 | 5.5 | 28.7 | 1054 | | lateritic | 14 |
| タイ | 6 | 9.8 | 9.3 | 28.7 | 1054 | | lateritic | 14 |
| タイ | 6 | 14.1 | 13.1 | 28.7 | 1054 | | lateritic | 14 |

| 調査地 | 樹齢 | 樹高 (m) | 胸高直径 (cm) | 年平均気温 (°C) | 年降水量 (mm) | 灌溉 | 土壌・地形等 | 文献 |
|-------|-----|--------|-----------|------------|-----------|----|--------------------------|----|
| タイ | 6 | 14.1 | 16.9 | 28.7 | 1054 | | lateritic | 14 |
| 台湾 | 8 | 9.43 | 11.86 | 24.45 | 3084 | 数年 | sandy loam | 15 |
| タンザニア | 17 | 10.1 | 18.7 | 23.65 | 700 | | highly eroded | 16 |
| パラグアイ | 12 | 3.76 | 3.32 | 24 | 1500 | | sandy red-yellow podzols | 17 |
| パラグアイ | 19 | 7 | 5.75 | 24 | 1500 | | gently rolling | 17 |
| ハンガリー | 3 | 11.5 | 37.5 | 25.17 | 1464 | | sandy | 18 |
| ハンガリー | 3.5 | 5.54 | 3.81 | 26.06 | 2377 | | alluvium | 19 |
| ハンガリー | 5 | 11.94 | 21.41 | 25.17 | 1464 | | sandy loam | 20 |
| ハンガリー | 6 | 12.71 | 23.06 | 25.17 | 1464 | | sandy loam | 20 |
| ハンガリー | 7 | 13.15 | 25.20 | 25.17 | 1464 | | sandy loam | 20 |
| ハンガリー | 2 | 1.67 | 1.98 | 26.24 | 2987 | | non-calcareous alluvium | 21 |
| ベトナム | 18 | 19.6 | 32.5 | 23.4 | 2000 | | Calcsols | 22 |
| ベトナム | 19 | 21.1 | 32.2 | 23.4 | 2000 | | Calcsols | 22 |
| ベトナム | 17 | 21.4 | 32.5 | 23.4 | 2000 | | Calcsols | 22 |
| ベトナム | 18 | 20.1 | 33.8 | 24 | 1300 | | Ferralsols | 22 |
| ベトナム | 18 | 19.1 | 32.2 | 24 | 1300 | | Ferralsols | 22 |
| ベトナム | 17 | 21.4 | 29.9 | 24 | 1300 | | Ferralsols | 22 |
| 中国 | 3 | 3.8 | 5.7 | 15.4 | 1157 | | loamy | 23 |

| 調査地 | 樹齢 | 樹高 (m) | 胸高直径 (cm) | 年平均気温 (°C) | 年降水量 (mm) | 灌溉 | 土壌・地形等 | 文献 |
|-----|----|--------|-----------|------------|-----------|----|---------------|----|
| インド | 8 | 7.75 | 8.08 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 7.75 | 8.03 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 7.61 | 7.93 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 7.54 | 7.93 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 7.43 | 7.87 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 7.4 | 7.86 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 7.33 | 7.83 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 7.3 | 7.42 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 7.25 | 6.73 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 7.17 | 6.68 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 7.13 | 6.65 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 7.08 | 6.58 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 6.94 | 6.43 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 6.88 | 6.24 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 6.79 | 6.23 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 6.75 | 6.22 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 6.75 | 6.02 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 8 | 6.63 | 5.95 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |

| 調査地 | 樹齢 | 樹高 (m) | 胸高直径 (cm) | 年平均気温 (°C) | 年降水量 (mm) | 灌溉 | 土壌・地形等 | 文献 |
|-----|----|--------|-----------|------------|-----------|----|---------------|----|
| インド | 4 | 3.64 | 4.14 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 3.59 | 4.14 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 3.57 | 4.11 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 3.56 | 3.85 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 3.52 | 3.69 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 3.5 | 3.65 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 3.46 | 3.65 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 3.41 | 3.58 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 3.41 | 3.55 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 3.35 | 3.45 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 3.25 | 3.3 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 3.24 | 3.29 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 3.2 | 3.24 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 3.18 | 3.11 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 3.08 | 3.04 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 3.05 | 2.96 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 2.95 | 2.89 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 2.69 | 2.84 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |
| インド | 4 | 2.63 | 2.75 | 23.57 | 600 | あり | common garden | 1 |

使用したデータの引用文献

1. Chauhan *et al.* (2018) PLoS One 13:1-15.
2. Toky O and Bisht R (1993) India, J Arid Environ 25:315-320.
3. Samra *et al.* (1988). Soil Technol 1:209-222.
4. Sarkar PK *et al.* (2017) The Bioscan 12:1095-1100.
5. Chauhan *et al.* (2019) Range Manag Agrofor 40:77-82.
6. Chauhan *et al.* (2009) Indian For 135:981-993.
7. Singh BK and Oraon PR (2017) Bull Environ Pharmacol Life Sci 6:53-58.
8. Das B. *et al.* (2019) Curr Sci 116:82-88.
9. Singh B and Gill R (2011) Indian J Ecol 38:141-144.
10. Saralch H and Singh T (2011) Indian J Ecol 38:185-187.
11. Khamis MH *et al.* (2013) J For Prod Ind 2:13-19.
12. Mamo D *et al.* (2016) Am J Agric For 4:152-155.
13. Gebremedhin A *et al.* (2020) J Horticult For 12:27-34.
14. Thoranisorn S *et al.* (1991) Tropics 1:35-47.
15. Jhou HC *et al.* (2017) Bot Stud 58:57.
16. Osei AK (2014) Master Thesis. Univ. Saskatchewan 111 pp.
17. Evans SE *et al.* (2012) Biogeochemistry 109:101-116.
18. Chowdhury *et al.* (2007) J Agrofor Environ 1:35-38.
19. Moulia MG *et al.* (2020) J Biosci Agric Res 23:1911-1919. <https://doi.org/10.18801/jbar.230120.235>.
20. Hanif M *et al.* (2014) Proc 5th Int Conf Environ Asp Bangladesh 24-26.
21. Islam SA *et al.* (2016) J Biosci Agric Res 11:930-935.
22. Van Duong D and Matsumura J (2018) J Wood Sci 64:329-337.
23. Cheng *et al.* (2015) IForest 8:431-437.