

高知県におけるホソバオケラの栽培研究

松野 倫代

高知県立牧野植物園植物研究課

はじめに

植物の葉となる部位をそのまま乾燥あるいは蒸す・湯通しなどの調製を行ってから乾燥したものを生薬と呼び、漢方薬原料などに用いる。生薬「蒼朮（ソウジュツ）」はキク科のホソバオケラ *Atractylodes lancea*, *A. chinensis* またはそれらの雑種の乾燥した根茎を指す(図1)。蒼朮には発汗並びに利尿作用があり、体内の水分の調節を行う目的で補中益気湯、加味逍遙散などの使用頻度の高い漢方薬に処方されている。日本漢方生薬製剤協会が2年おきに行っている原料生薬使用量等調査報告によると2008年度に504トンであった蒼朮の日本での年間使用量は、2018年度には1000トンまで増加しており、甘草（カンゾウ）、芍薬（シャクヤク）と並び、生薬使用量上位5位である。しかしながら国内生産は行われておらず、中国からの輸入に100%依存している(山本ら2021)。近年、中国産生薬は価格が高騰する一方で、品質の低下が著しく、供給の安定性についても問題が生じている。このため重要生薬の原料植物を国内生産することへの努力が求められている。



図1. 掘りあげたホソバオケラ。

高知県立牧野植物園が位置する高知県は森林面積の占める割合が85%と高く、全国1位である。地形も急傾斜地に位置する中山間地が多く、平地が少ないため、大型機械を使用する大規模農業の実施は困難な状況にある。そのため中山間地域の農業振興策の一つとして漢方

薬原料作物の栽培に期待が寄せられている。高知県立牧野植物園では2006年にサドオケラ系統のホソバオケラの根茎を導入し、高知県内のいくつかの地域で予備的試験栽培を開始した。その結果、高知県下の環境においてホソバオケラの栽培は可能であり、生産された根茎は日本薬局方の規定を満たしていることが明らかになった。一方で、栽培圃場によってはシカによる食害や、生育過程において枯死する個体の割合が高く、十分な根茎収量が得られないことも観察されている。このような結果を踏まえて、高知県下でのホソバオケラの栽培に適した条件を明らかにするための検討に着手した。

なお遮光条件ならびに栽培土壌試験の結果はすでに学術論文に投稿・掲載されている(松野ら2016, 松野ら2018)。

1. 遮光条件の検討

ホソバオケラの栽培については1995年に厚生省薬務局監修の栽培指針(薬用植物栽培と品質評価 part 4)が出版されており、北海道で行われた栽培方法が報告されている。本栽培指針によると遮光は必要ないと記載されているが、高知県は北海道と違い温暖で日照量も多いため、遮光条件の検討を行った。

(1) 材料

植え付けに用いた種イモは、2006年に福田商店(奈良県桜井市)から購入し、当園で増殖したホソバオケラ(サドオケラ系統)の2年生植物の根茎を1個あたりの生重量が50-60gになるように分割して調製した。

栽培には市販の赤玉土を用いた。

(2) 方法

1) 試験栽培

試験区として縦120cm×横120cm×高さ30cmの枠を18個作成し、各枠内に深さ20cmになるように赤玉土を入れた。基肥として2.5トン/10aの堆肥(バィムキン

グ、高橋建材興行、高知市)を混入し、追肥は行わなかった。市販のシルバー遮光ネットを利用して、遮光率75%、遮光率30%、遮光率0%の3実験区を各6枠設置した。2013年11月に各試験区にホソバオケラの根茎を9個ずつ植えた。各種イモは、個体ラベルを行い、植えつけ前の重量ならびに写真を記録した。灌水は行わなかった。収穫は2014年10月に実施した。

2) 生育調査

各試験区のホソバオケラの株は出芽日を記録し、2週間おきに草丈並びに茎の数を調査した。収穫後は土ならびに根を除去してから重さを測定し、根茎重量の増加率を求めた。

3) 根茎の精油含量ならびに精油成分の定量

精油含量測定ならびにHPLC分析に用いた試薬は和光純薬工業(大阪市)から購入した。精油含量の測定は第18改正日本薬局方に基づいて行った。精油成分として β -eudesmolとatractylodinの定量はHPLCを用いて行った。粉末にしたサンプルの約250mgを正確に秤取りし、5mLのメタノールで30分間超音波抽出を行い、5分間遠心して得た上清を試験液とした。

HPLCの条件:

カラム: COSMOSIL Cholesterol 4.6 mmI.D. \times 150 mm (Nacalai Tesque, 京都市); 移動相: A: 0.05% formic acid, B: acetonitril, 0-35min (B: 50% -100%), 35-38min (B:100%), 38-39min (B:100%-50%), 39-40min (B: 50%); 流量: 1.0 mL/min; カラム温度: 40°C; 検出波長: 195 nm (β -eudesmol), 336 nm (atractylodin).

4) 統計処理

平均値の多重比較はTukey-Kramer法を用いて行った。統計計算には、Statcel3(柳井2011)を用いた。

(3) 結果

1) 遮光による生育への影響

2013年11月に植えた根茎からは3月3日から3月23日までの期間にほとんどの株で地上部への出芽が観察された。出芽が観察されなかった根茎は出芽前に腐っていたため除去した。遮光率の違いにより、地表温度に影響が出て出芽時期や出芽率に影響が出ることが予測されたが、平均出芽日、出芽率ともに遮光率の影響は見られなかった(表1)。出芽した地上茎は直線的に伸長し、6月以降はプラトーに達した(図2)。遮光率75%環境下では遮光0%環境下と比較して草丈が有意

に伸長した(図3A)。しかし茎の数には遮光率の違いによる影響は見られなかった(図3B)。

表1. 遮光栽培下でのホソバオケラの根茎の出芽に及ぼす影響。

遮光率 (%)	出芽日 ^{a)}	出芽率 (%)
0	3月11日 \pm 4日 (n=54)	100
30	3月12日 \pm 4日 (n=49)	91
75	3月11日 \pm 6日 (n=51)	94

a) 平均値 \pm 標準偏差

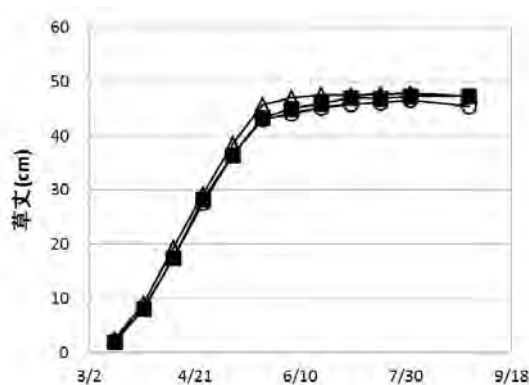


図2. 遮光栽培下でのホソバオケラの地上部の伸長。

○: 遮光率0% (n=46-54), ■: 遮光率30% (n=39-53), △: 遮光率75% (n=35-52).

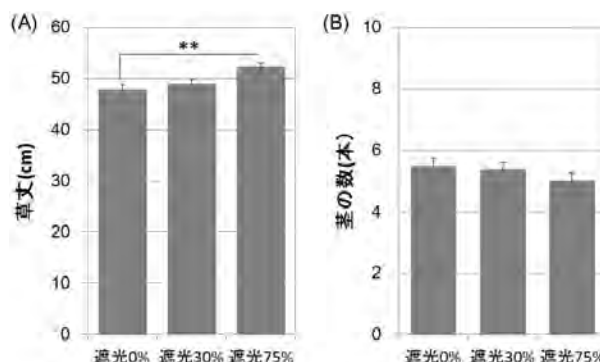


図3. 遮光栽培下でのホソバオケラの地上部の生育。

(A) 草丈の比較(7月18日測定), (B) 茎の数の比較(7月18日測定)。遮光率0% (n=51), 遮光率30% (n=49), 遮光率75% (n=48)。データは平均値 \pm 標準誤差。**: P<0.01 by Tukey-Kramer法。

2) 遮光による根茎の増殖率への影響

1年生株を10月に掘りあげて根を除去した後、薬用部である根茎の新鮮重量を測定して根茎の増殖率を求めた。遮光率を0%から30%、75%と変えることでホソバオケラの根茎重量の増殖率は影響を受け、遮光0%では約2.1倍、遮光30%で1.8倍、遮光75%で1.5倍と増殖率が低くなった(図4)。各試験区において根茎の増殖率が50%以下の個体は欠株とみなした。各試験区において欠株数は8~11個の範囲で試験条件による有意な差は認められなかった。

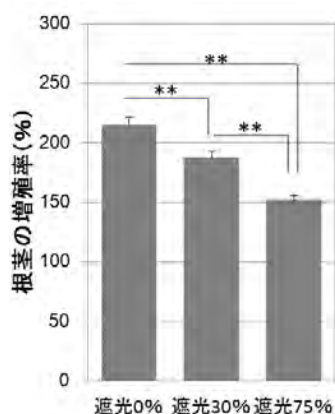


図4. 遮光栽培化でのホソバオケラの根茎の増殖率。遮光率 0% (n=45), 遮光率 30% (n=46), 遮光率 75% (n=43)。データは平均値±標準誤差。**: P<0.01 by Tukey-Kramer 法。

3) 遮光の精油に及ぼす影響

各試験区のサンプルから一部を採取し、日本薬局方記載の測定法に基づき、精油含量を測定した結果、各試験区とも基格値の 0.7mL を満たしていた。遮光率の違いによる精油含量への影響は確認されなかった。また遮光率の違いによる β -eudesmol や atractyloidin 含量への影響も確認されなかった (表2)。

表2. 遮光栽培下でのホソバオケラ根茎の精油含量と β -eudesmol および atractyloidin 含量 (%)^{a)}

遮光率 (%)	精油含量 (mL/50g)	β -eudesmol (%)	atractyloidin (%)
0	2.01±0.10	0.81±0.13	0.15±0.01
30	1.98±0.06	0.63±0.14	0.11±0.01
75	1.92±0.10	0.64±0.05	0.12±0.02

a) 平均値±標準誤差 (n=6)

2. 土壌消毒の検討

作物を同じ場所で栽培すると徐々に生育が悪くなり収量や品質に影響を与えることが報告されている。この現象をイヤ地あるいは連作障害と呼び、キャベツからナス、ネギなど多岐にわたる作物で報告されており、土壌病害が主要な要因とされている (駒田 1985)。ホソバオケラの栽培においても連作によるものと思われる生育不良が観察されている。そこで、連作に用いた圃場を土壌消毒することによるホソバオケラの生育への影響を検討した。

(1) 材料

当園で増殖したホソバオケラ (サドオケラ系統) の 2 年生植物の根茎を種イモとして用いた。種イモは遮光条件の試験と同様に調製した。栽培には当園敷地内圃場の赤色土を用いた。

(2) 方法

1) 試験栽培

試験用のホソバオケラの増殖に用いた圃場に畝を立て、土壌消毒区 (消毒区) と未処理区 (連作区) を設定し、隣接する未使用の区画に新規植え付け区 (新規区) を設置した。土壌消毒区には市販のクロルピクリン酸を用い、添付の説明書に従って 1 錠/30cm² の濃度で使用した。基肥として 2.5 トン/10a の堆肥 (バウムキング, 高橋建材興行, 高知市) を混入した。追肥は行わなかった。2015 年 2 月に各試験区に種イモを 25 個体植え付けた。各種イモは、個体ラベルを行い、植えつけ前の重量並びに写真を記録した。灌水は行わなかった。収穫は 2015 年 10 月 (1 年生株), 2016 年 10 月 (2 年生株) に実施した。

2) 生育調査

遮光の影響を検討した試験栽培と同様に出芽日、草丈、茎の数を調査した。収穫後は土並びに根を除去してから重さを測定し、根茎重量の増加率を求めた。

3) 根茎の精油含量ならびに精油成分の定量

精油含量測定並びに HPLC による成分分析は遮光の影響を検討した試験栽培と同様に行った。

4) 統計処理

遮光の影響を検討した試験栽培と同様に行った。

(3) 結果

1) 土壌消毒による生育への影響

2015 年 2 月に植えつけた根茎からは 3 月 6 日から 3 月 16 日までの期間にすべての株で地上への出芽が観察された。また、栽培 2 年目の 2016 年にはすべての株で 3 月 7 日に出芽が観察された (表3)。

連作区、消毒区、新規区において出芽した地上茎は植え付けから 1 年目も 2 年目も 4 月から 6 月にかけて伸長し、6 月中旬以降にはプラトリーに達した (図5)。2 年生株について草丈の比較と茎の数の比較を行ったが、いずれの試験区も草丈並びに茎の数において有意な差は観察されなかった (図6)。

表3. 土壌消毒によるホソバオケラの根茎の出芽に及ぼす影響。

試験区	1年目		2年目	
	出芽日 ^{a)}	出芽率 (%)	出芽日	出芽率 (%)
連作区	3月6日±1.4日 (n=25)	100	3月7日 (n=13)	100
消毒区	3月8日±2.9日 (n=25)	100	3月7日 (n=12)	92
新規区	3月7日±2.5日 (n=25)	100	3月7日 (n=13)	100

a) 平均値±標準偏差

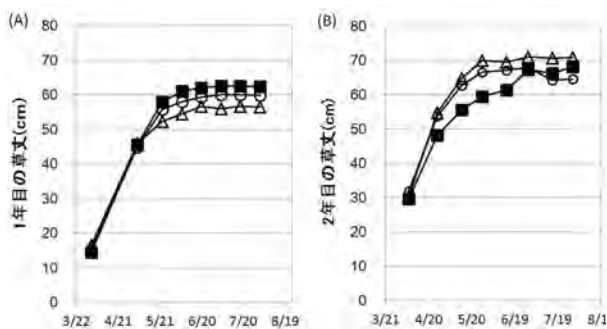


図5. 土壤消毒によるホソバオケラの地上部の伸長。
(A) △:連作区 (n=20-25), ■:消毒区 (n=23-25), ○:新規区 (n=22-25).
(B) △:連作区 (n=13), ■:消毒区 (n=12), ○:新規区 (n=13).

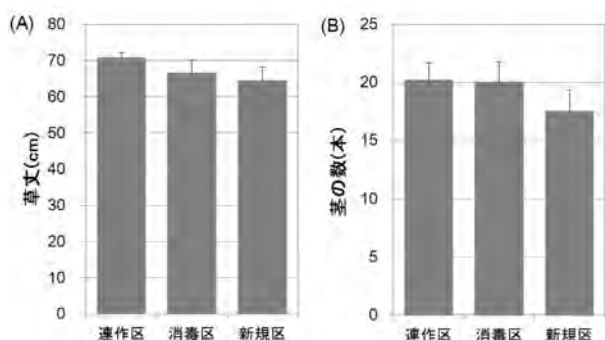


図6. 土壤消毒によるホソバオケラ2年生株の生育。
(A) 草丈の比較 (7月15日測定):連作区 (n=13), 消毒区 (n=12), 新規区 (n=13). (B) 茎の数の比較 (7月15日測定):連作区 (n=13), 消毒区 (n=12), 新規区 (n=13). データは平均値+標準誤差.

2) 土壤消毒による根茎の増殖率への影響

1年生株, 2年生株を10月に地下部を掘りあげて根の除去後, 根茎の新鮮重量を測定し, 根茎の増殖率を求めた(図7). 新規区, 連作区で植え付け時のそれぞれ約4.2倍, 約4.5倍に増殖していた一方で, 消毒区では約5.4倍に増殖していた. ただし, 統計解析による有意な差は得られなかった.

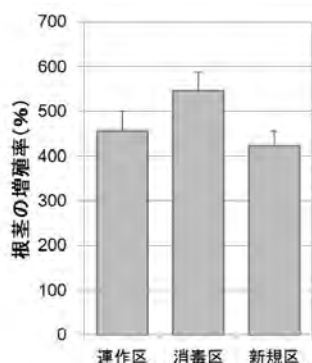


図7. 土壤消毒によるホソバオケラの根茎の増殖率.
連作区 (n=13), 消毒区 (n=11), 新規区 (n=11). データは平均値+標準誤差.

各試験区において根茎の増殖率が50%以下の個体は欠株とみなした. 各試験区において欠株数は各2個のみで試験条件による有意な差は認められなかった.

3) 土壤消毒による精油への影響

2年生株の根茎を用いて精油含量並びにβ-eudesmolおよびatractylodinの含量を測定した(表4). 精油含量は, 測定したすべての試料で第18改正日本薬局方の規格(0.7 mL/50 g以上)を満たしていた. また, 連作区の精油含量の平均値が1.14 mL/50 gに対し, 消毒区においては平均値1.39 mL/50 gを示し, 有意に高かった. しかし, β-eudesmol含量とatractylodin含量はいずれの試験区でも差は認められなかった(表4).

表4. 土壤消毒によるホソバオケラ根茎の精油含量とβ-eudesmolとatractylodin含量^{a)}への影響.

試験区	精油含量 (mL/50g)	β-eudesmol (%)	atractylodin (%)
連作区 (n=13)	1.14±0.05	1.50±0.12	0.24±0.01
消毒区 (n=11)	1.39±0.04	1.88±0.10	0.29±0.01
新規区 (n=11)	1.25±0.06	1.59±0.13	0.26±0.01

a) データは平均値±標準誤差. **:P<0.01by Tukey-Kramer法.

3. 6種の土壤の検討

高知県内に分布する農耕地土壌から水田として利用される代表的な土壌である灰色低地土ならびに畑地として利用される土壌の中から分布面積と分布地域を考慮して褐色森林土, 砂丘未熟土, 赤色土, 黒ボク土を選び(高知県農業振興部2012), 生育への影響を調べた.

(1) 材料

当園で増殖したホソバオケラ(サドオケラ系統)の2年生植物の根茎を種イモとして用いた. 種イモは遮光条件の試験と同様に調製した. 栽培に用いた灰色低地土は高岡郡中土佐町, 褐色森林土は長岡郡大豊町, 砂丘未熟土は南国市十市, 赤色土は高知市五台山, 黒ボク土は南国市後免で採取した. コントロールとして市販の赤玉土((株)大張, 栃木県鹿沼市)を用いた.

(2) 方法

1) 栽培

当園敷地内の試験栽培圃場に, 縦120 cm×横120 cm×高さ30 cmの木枠を設置し, 圃場栽培の畝高にあわせて各枠内に深さ25 cmになるように試験土壌を入れた. 基肥として1試験区(120 cm×120 cm)あたり3.6

kgの堆肥（バィムキング，高橋建材興行，高知市）を混入した（2.5 t/10 aに相当）．追肥としてCDU（ジェイカムアグリ，東京都）を，栽培1年目は6月に窒素として4 kg/10a相当量，栽培2年目は4月と6月の2回に分けて窒素として8 kg/10a相当量となるように混入した．

斜面になった試験圃場の上段，中段，下段に各試験土壤について1枠を設置し（各試験土壤について計3枠），2015年2月に各試験区に種イモ9個を植えた．

2) 生育調査

遮光の影響を検討した試験栽培と同様に出芽日，草丈，茎の数を調査した（栽培1年目は各土壤あたり27個体，栽培2年目は栽培1年目で収穫した個体と枯死した個体を除く13～15個体）．2015年10月に試験区あたり4個体を（1年生株），2016年10月に試験区あたり残り全個体（最大で5個体）を収穫し（2年生株），収穫後は土並びに根を除去してから重さを測定し，根茎重量の増加率を求めた．

3) 根茎の精油含量ならびに精油成分の定量

栽培2年目に収穫した根茎について，精油含量および精油成分の定量のために，各試験区から原則として3個体の根茎をランダムに選んだ（各土壤について計9個体）．灰色低地土では枯死したために計6個体しか測定できなかった．精油含量測定並びにHPLCによる成分分析は遮光の影響を検討した試験栽培と同様に行った．

4) 統計処理

遮光の影響を検討した試験栽培と同様に行った．二元配置の分散分析により，試験区の設置位置（上段，中段，下段）と試験土壤の間に交互作用がないことを確認した．

(3) 結果

1) 土壤の種類による生育への影響

2015年2月に植えたホソバオケラは砂丘未熟土において3月11日に発芽が観察され，他の土壤においても3月19日から発芽が観察された．もっとも遅い根茎からの発芽日は3月27日であった．2年目は砂丘未熟土において3月7日から発芽が観察され，3月28日まですべての土壤で発芽が観察された．砂丘未熟土においてほかの土壤より1週間ほど早い発芽が観察されたが，1年目，2年目ともに平均発芽日，発芽率に与える土壤の影響は見られなかった（表5）．

表5. 土壤の種類によるホソバオケラの根茎の出芽に及ぼす影響.

土壤の種類	1年目		2年目	
	出芽日 ^{a)}	出芽率 (%)	出芽日 ^{a)}	出芽率 (%)
灰色低地土	3月21日±2.7日 (n=27)	100	3月16日±4.3日 (n=15)	100
褐色森林土	3月21日±2.6日 (n=27)	100	3月15日±2.9日 (n=15)	100
砂丘未熟土	3月19日±2.8日 (n=27)	100	3月13日±3.6日 (n=15)	100
黒ボク土	3月23日±2.1日 (n=27)	100	3月16日±3.8日 (n=13)	86
赤色土	3月22日±2.5日 (n=27)	100	3月14日±2.5日 (n=15)	100
赤玉	3月22日±2.6日 (n=27)	100	3月19日±3.9日 (n=15)	100

a) 平均値±標準偏差

黒ボク土において1年生株のうちに2個体枯死し，欠株となった．褐色森林土，田土では2年目の7月下旬までは順調に生育していたものの秋の収穫前に前者は白絹病，後者は株が跡形もなくなる現象や生育不良が見られた（表6）．

1年生株並びに2年生株ともに草丈は5月下旬まで伸長し続け，6月上旬にはプラトーに達した（図8）．草丈の平均値は1年生株においては赤色土，灰色低地土，砂丘未熟土において高い傾向が見られたが，2年生株では土壤の種類による草丈の差は観察されなかった．

表6. 土壤の種類によるホソバオケラの生育に及ぼす影響.

土壤の種類	欠株	2年生株 (n=15)	
		生育不良 (増殖率100%)	計
灰色低地土	6	4	10
褐色森林土	3	0	3
砂丘未熟土	0	0	0
黒ボク土	2	0	2
赤色土	0	0	0
赤玉	0	2	2

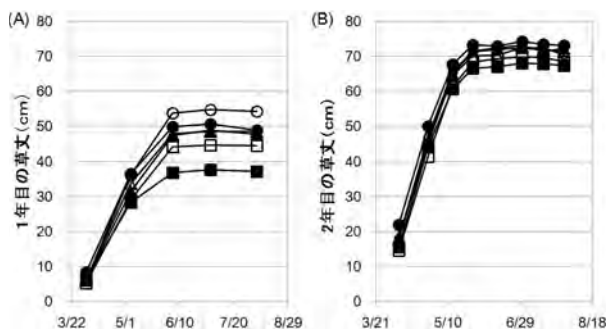


図8. 各種の土壤で栽培したホソバオケラの草丈の伸長．(A) 栽培1年目（2015年）○：赤色土（n=27），●：砂丘未熟土（n=27），△：灰色低地土（n=27），▲：褐色森林土（n=27），□：黒ボク土（n=27），■：赤玉土（n=27）．(B) 栽培2年目（2016年）○：赤色土（n=15），●：砂丘未熟土（n=15），△：灰色低地土（n=15），▲：褐色森林土（n=14），□：黒ボク土（n=13），■：赤玉土（n=15）．

土壌の種類における出芽数は1年生株において砂丘未熟土と灰色低地土において褐色森林土、黒ボク土、赤玉土より多い傾向が見られ、2年生株になると赤色土>砂丘未熟土>褐色森林土の順に出芽数が高い傾向が見られた(図9)。

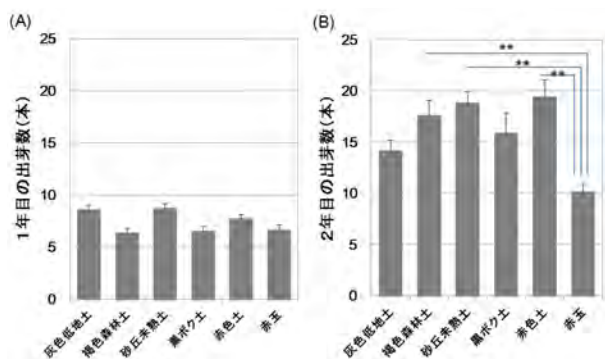


図9. 各種の土壌で栽培したホソバオケラの茎の数。(A) 栽培1年目(2015年6月5日測定)(n=27)。(B) 栽培2年目(2016年6月13日測定)(n=13-15)。データは平均値±標準誤差。**: P<0.01 by Tukey-Kramer法。

2) 土壌の種類による根茎重量の増殖率への影響

1年生の根茎の平均増殖率は灰色低地土(田土)2.5倍、褐色森林土2.4倍、砂丘未熟土2.2倍、黒ボク土2.0倍、赤色土2.4倍、赤玉土(コントロール)1.3倍とコントロールを除き、5種類の土壌間での増殖率の有意な差は得られなかった(図10A)。2年生株では根茎の平均増殖率が灰色低地土(田土)2.7倍、褐色森林土4.7倍、砂丘未熟土5.4倍、黒ボク土5.3倍、赤色土6.6倍、赤玉土(コントロール)4.4倍を示した(図10B)。増殖率が5倍を超えた個体は赤色土が最も高く15個中10個あった。また砂丘未熟土では14個中7個、黒ボク土、褐色森林土ではそれぞれ13個中5個、12個中5個あった。コントロールの赤玉土でも15個中6個は5倍以上の増殖率を示した。これらの結果より根茎重量の増殖率が良い土壌は赤色土>砂丘未熟土>黒ボク土>褐色森林土>赤玉土(コントロール)>灰色低地土(田土)の順番になることが明らかとなった。

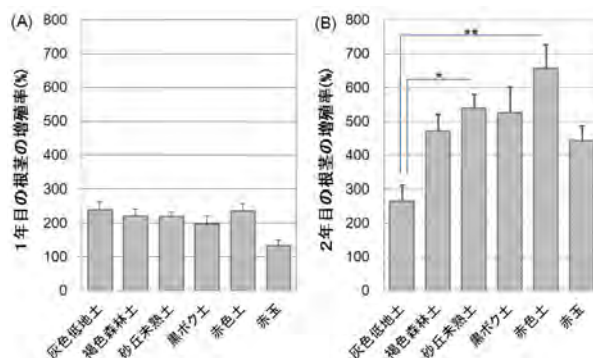


図10. 各種の土壌で栽培したホソバオケラの根茎の増殖率。(A) 栽培1年目(2015年)。(B) 栽培2年目(2016年)。データは平均値±標準誤差(n=6-9)。**: P<0.01, *: P<0.05 by Tukey-Kramer法。

3) 土壌の種類による精油への影響

ホソバオケラの各個体あたりの平均精油含量は灰色低地土(田土)1.77mL/50g、褐色森林土1.48mL/50g、砂丘未熟土1.31mL/50g、黒ボク土1.58mL/50g、赤色土1.52mL/50g、赤玉土1.63mL/50gを示した。灰色低地土(田土)の平均精油含量が最も高く、平均精油含量の最も低かった砂丘未熟土より優位に高かった。いずれのサンプルも日本薬局方の規格を満たしていた。ホソバオケラの指標成分であるβ-eudesmolは各土壌において有意な差は得られなかった。同じく指標成分であるatractylodinにおいては褐色森林土で最も高く、灰色低地土(田土)と赤色土の精油組成より優位に高かった(表7)。

表7. 土壌の種類によるホソバオケラ根茎の精油含量とβ-eudesmolおよびatractylodin含量^{a)}

土壌の種類	精油含量 (mL/50g)	β-eudesmol (%)	atractylodin (%)
灰色低地土	1.77±0.10	2.50±0.20	0.28±0.01
褐色森林土	1.48±0.09	2.56±0.26	0.41±0.04
砂丘未熟土	1.31±0.08	2.57±0.14	0.36±0.02
黒ボク土	1.58±0.06	2.60±0.30	0.32±0.03
赤色土	1.52±0.10	2.26±0.15	0.28±0.01
赤玉土	1.63±0.06	2.61±0.26	0.32±0.02

a) データは平均値±標準誤差で示した(n=6~9)。

*: P<0.05 by Tukey-Kramer法。

4. 畦高とマルチングの検討

畦高やマルチング処理によって排水性の確保や除草の手間が減るなどの効果があることが知られているが、ホソバオケラの栽培において畝高の違いやマルチング処理の有無による生育への影響を調べた。

(1) 材料

当園で増殖したホソバオケラ（サドオケラ系統）の2年生植物の根茎を種イモとして用いた。種イモは遮光条件の試験と同様に調製した。粋栽培には灰色低地土、畝を用いた試験には赤色土（圃場の土壌）を用いた。

(2) 方法

1) 栽培

粋栽培 / 灰色低地土 / マルチ無区 :

高知県高知市五台山に位置する試験栽培圃場に、縦120cm × 横120cm × 高さ40cmの木枠を設置し、各枠内に深さ15cm, 25cm, 35cmになるように灰色低地土を投入した。粋栽培に用いた灰色低地土は高岡郡中土佐町で採取した。基肥として1試験区(120cm × 120cm)あたり4.3kgの堆肥(おおのみ有機, 大野見農産企業組合, 高岡郡中土佐町)を混入した(3t/10aに相当)。追肥として1試験区あたり栽培1年目は6月に窒素, リン酸およびカリウムを各4.3g, 栽培2年目は4月と6月の2回に分けて窒素, リン酸およびカリウムを各8.6g混入した。

露地栽培 / 赤色土 / マルチ処理無区あるいはマルチ処理有区 :

当園の敷地内にある圃場に畝立てを行い、畝高15cm, 25cm, 35cmの畝を1区画として、各6区画設置し、各3区画はマルチングなし(畝幅0.8m × 3m)、各3区画は市販の黒マルチを用いてマルチング処理した(畝幅0.8m × 4m)。ケイカル200kg/10a投入した。2016年1月に各区画に株間30cmになるように根茎を6個ずつ植えた。植えた根茎ごとに、個体ラベルを行って重量を記録した。試験期間中の灌水は行わなかった。

基肥として堆肥(おおのみ有機, 大野見農産企業組合, 高岡郡中土佐町)を3t/10a混入した。追肥として栽培1年目は6月に窒素, リン酸およびカリウムを各3kg/10a, 栽培2年目は4月と6月の2回に分けて窒素, リン酸およびカリウムを各6kg/10a混入した。

2) 生育調査

遮光の影響を検討した試験栽培と同様に萌芽日、草丈、茎の数を調査した。2016年10月に試験区あたり2個体を(1年生株)、2017年10月に試験区あたり残り全個体(最大で4個体)を収穫し(2年生株)、土と根を除去してから新鮮重量を測定した。収穫後の各根茎の新鮮重量と植え付け時の重量から根茎重量の増加率を求めた。

3) 根茎の精油含量ならびに精油成分の定量

粋栽培 / 灰色低地土 / マルチ無区 :

栽培2年目に収穫した根茎について各個体の精油含量と精油成分について測定した。

露地栽培 / 赤色土 / マルチ処理無区あるいはマルチ処理有区 :

栽培1年目は各試験区から2個体収穫して、各個体の精油含量と精油成分について測定した。栽培2年目は残りの株について各個体の精油含量と精油成分について測定した。精油含量の測定と成分分析は他の試験区と同様に行った。

4) 統計処理

遮光の影響を検討した試験栽培と同様に行った。

(3) 結果

1) 畦高とマルチングによる生育への影響

2016年1月に植えた根茎からは畝高、マルチング処理に関わらず、灰色低地土/マルチ無、赤色土/マルチ無、赤色土/マルチ有のいずれの試験区においても3月11日から3月28日までの期間にすべての株で地上への出芽が観察された。また、栽培2年目の2017年には灰色低地土/マルチ無の試験区では3月8日から3月28日までにすべての出芽が観察できた。赤色土/マルチ無あるいは有の試験区でも3月2日から3月21日までにで出芽が観察された(表8)。平均出芽日は灰色低地土/マルチ無の試験区では畝高15cm区で3月20日、畝高25cm区で3月21日、畝高35cm区で3月16日だった。各試験区で有意な差は認められなかった。赤色土/マルチ無区では畝高15cm区の平均出芽日は3月12日、畝高25cm区で3月9日、畝高35cm区で3月7日、赤色土/マルチ有区では畝高15cm区の平均出芽日は3月7日、畝高25cm区で3月5日、畝高35cm区で3月4日と、マルチング処理のない場合に比べて出芽日が高い傾向が観察されたが、試験区内で有意な差は認められなかった(表8)。

灰色低地土/マルチ無区において出芽した地上茎は5月下旬まで直線的に伸長し、6月に入るとプラトーに達した(図11)。赤色土/マルチ処理区においても畝高・マルチングの有無にかかわらず、地上茎は6月まで直線的に伸長し6月以降においてプラトーに達した(図12)。

表8. 畦高とマルチング処理によるホソバオケラの根茎の出芽に及ぼす影響.

土壌の種類	畦高	1年目		2年目	
		出芽日 ^{a)}	出芽率 (%)	出芽日 ^{a)}	出芽率 (%)
灰色低地土 マルチ無	15cm	3月10日±2.0日 (n=9)	100	3月20日±4.2日 (n=9)	100
	25cm	3月9日±4.2日 (n=9)	100	3月21日±6.1日 (n=9)	100
	35cm	3月10日±2.5日 (n=9)	100	3月16日±4.7日 (n=9)	100
赤色土 マルチ無	15cm	n.d.	100	3月12日±7.2日 (n=11)	91
	25cm	n.d.	100	3月9日±3.8日 (n=12)	100
	35cm	n.d.	100	3月7日±5.0日 (n=12)	100
赤色土 マルチ有	15cm	n.d.	100	3月7日±5.2日 (n=12)	100
	25cm	n.d.	100	3月5日±3.1日 (n=12)	100
	35cm	n.d.	100	3月4日±5.6日 (n=12)	100

^{a)} 平均値±標準偏差

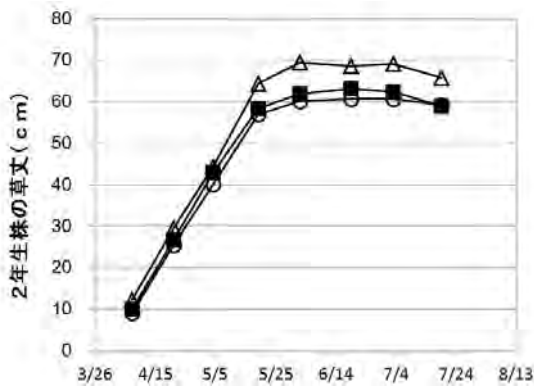


図11. 灰色低地土を用いた畝高の違いによる2年生株の草丈の伸長. ○: 畝高15cm (n=9), ■: 畝高25cm (n=9), △: 畝高35cm (n=9).

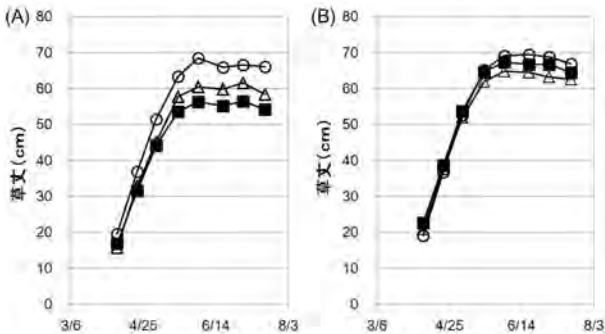


図12. 赤色土を用いた畝高及びマルチング処理の有無による2年生株の草丈の伸長.

(A) マルチング処理無区 ○: 畝高15cm (n=11), ■: 畝高25cm (n=12), △: 畝高35cm (n=12). (B) マルチング処理有区 ○: 畝高15cm (n=12), ■: 畝高25cm (n=12), △: 畝高35cm (n=12).

栽培2年目の灰色低地土/マルチ無区において畝高35cmの試験区の草丈が畝高15cmの試験区と比較して有意に高かった(図13A). 一方で茎数においては畝高15cm, 25cm, 35cmと高くなるにつれ増加する傾向が見られた. ただし, 統計処理による有意な差は得られなかった(図13B).

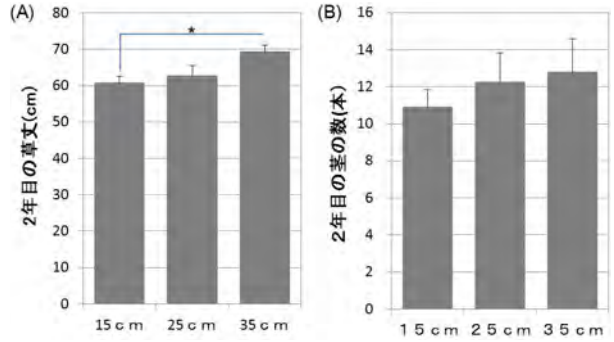


図13. 灰色低地土を用いた畝高の違いによるホソバオケラ2年生株の草丈と茎の数.

(A) 草丈の比較(7月18日測定): 畝高15cm, 畝高25cm, 畝高35cm. (B) 茎の数の比較(7月18日測定): 畝高15cm, 畝高25cm, 畝高35cm. データは平均値+標準誤差(n=9). *: P<0.05 by Tukey-Kramer法.

栽培2年目の赤色土/マルチ無区と赤色土/マルチ有区においてマルチ無/畝高25cmの試験区がマルチ無/畝高15cm, マルチ有/畝高15cm, マルチ有/畝高25cmの試験区に対して草丈が有意に低い結果が得られた(図14). 一方で, 栽培2年目の赤色土/マルチング処理区における茎数は畝高15cmにおいてマルチ無よりマルチ有の試験区で茎数が多い傾向が見られたが, 有意な差は得られなかった(図15).

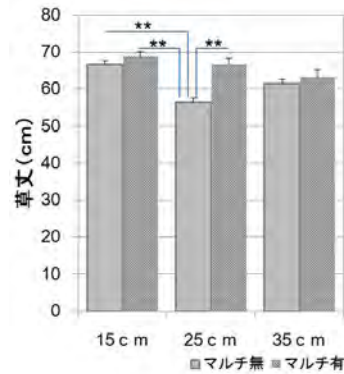


図14. 赤色土を用いた畝高とマルチング処理の違いによるホソバオケラ2年生株の草丈

草丈の比較(7月3日測定). マルチング処理無区: 畝高15cm (n=11), 畝高25cm (n=12), 畝高35cm (n=12). マルチング処理有区: 畝高15cm (n=12), 畝高25cm (n=12), 畝高35cm (n=12). データは平均値+標準誤差. **: P<0.01 by Tukey-Kramer法.

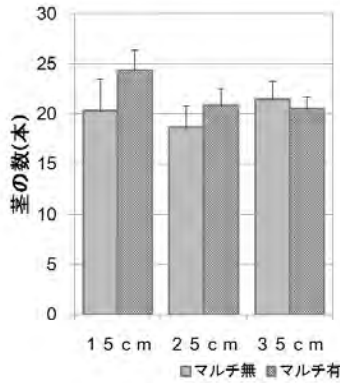


図 15. 赤色土を用いた畝高とマルチング処理の違いによるホソバオケラ 2 年生株の出芽数

茎数の比較 (7 月 15 日測定).

マルチング処理無区: 畝高 15cm (n=11), 畝高 25cm (n=12), 畝高 35cm (n=12). マルチング処理有区: 畝高 15cm (n=12), 畝高 25cm (n=12), 畝高 35cm (n=12). データは平均値+標準誤差.

2) 畦高とマルチングによる根茎増殖率への影響

根茎の増殖率については灰色低地土/マルチ無区において 15cm < 25cm < 35cm と畝高が高くなるにつれ有意に増殖率が高くなる結果が得られた (図 16). このことは茎数に関して, 畝高が高くなるにつれ多くなる傾向が観察されたことと相関している.

赤色土/マルチ無の試験区では畝高 15cm の試験区では平均 4.9 倍, 畝高 25cm の試験区では平均 4.7 倍, 畝高 35cm の試験区では平均 3.9 倍の増殖率だった (図 17). 畝高が高くなるにつれ根茎の増殖率の平均値が下がっていく傾向が見られたが, 有意な差は見られなかった. 一方で赤色土/マルチ有の試験区では灰色低地土の結果とは反して 15cm > 25cm > 35cm と畝高が高くなるにつれ増殖率が低くなる傾向が得られ, 畝高 15cm の試験区では平均 6.4 倍の増殖率だったのに対し, 畝高 35cm の試験区では平均 4.1 倍の増殖率だった (図 17).

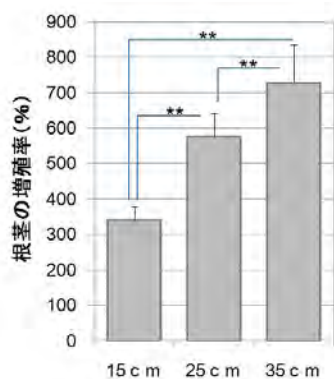


図 16. 灰色低地土を用いた畝高によるホソバオケラ 2 年生株の根茎の増殖率.

畝高 15cm (n=8), 畝高 25cm (n=8), 畝高 35cm (n=6). データは平均値+標準誤差. **:P<0.01, *:P<0.05 by Tukey-Kramer 法.

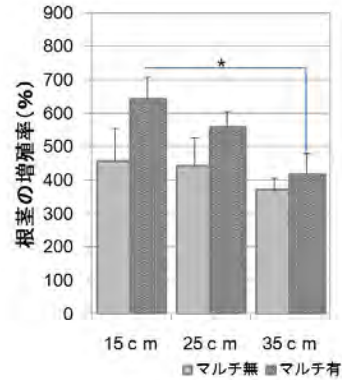


図 17. 赤色土を用いたマルチング処理と畝高によるホソバオケラ 2 年生株の根茎の増殖率.

マルチング処理無区: 畝高 15cm (n=11), 畝高 25cm (n=11), 畝高 35cm (n=11). マルチング処理有区: 畝高 15cm (n=12), 畝高 25cm (n=12), 畝高 35cm (n=12). データは平均値+標準誤差. *:P<0.05 by Tukey-Kramer 法.

3) 畦高とマルチングによる精油への影響

1 年生株, 2 年生株を用いてそれぞれ精油含量を測定した. 灰色低地土/マルチ無区の 2 年生株においてでホソバオケラの各個体あたりの平均精油含量は畝高 15cm の場合 1.31mL/50g, 畝高 25cm の場合 1.32mL/50g, 畝高 35cm の場合 1.12mL/50g を示した. 畝高による精油含量への影響は見られなかった (表 9). 赤色土/マルチ処理区において 1 年目の精油含量において畝高による影響は見られなかった. 2 年目において赤色土/マルチ無区におけるホソバオケラの各個体あたりの平均精油含量は畝高 15cm の場合 1.22mL/50g, 畝高 25cm の場合 1.05mL/50g, 畝高 35cm の場合 0.93mL/50g を示し, 畝高 15cm > 25cm > 35cm と高くなるにつれ精油含量が低くなる傾向が得られた (表 9). 赤色土/マルチ有区におけるホソバオケラの各個体あたりの平均精油含量は畝高 15cm の場合 1.10mL/50g, 畝高 25cm の場合 1.07mL/50g, 畝高 35cm の場合 1.03mL/50g を示し, マルチ有区でも畝高 15cm > 25cm > 35cm と高くなるにつれ精油含量が若干低くなる傾向が得られたが, 有意な差は得られなかった (表 9).

精油含量は, 測定したすべての試料で 0.7 mL/50 g 以上を示し, 第 18 改正日本薬局方の規格を満たしていた.

表9. 畦高とマルチング処理によるホソバオケラ根茎の精油含量.

試験区		1年株	2年株
		精油含量 (mL/50g) ^{a)}	
灰色低地土 マルチ無	15cm	n.d.	1.31±0.03 (n=7)
	25cm	n.d.	1.32±0.06 (n=8)
	35cm	n.d.	1.12±0.05 (n=6)
赤色土 マルチ無	15cm	0.92±0.21 (n=4)	1.22±0.10 (n=11)
	25cm	1.18±0.11 (n=6)	1.05±0.05 (n=11)
	35cm	1.11±0.15 (n=6)	0.93±0.05 (n=11)
赤色土 マルチ有	15cm	0.91±0.09 (n=4)	1.10±0.04 (n=12)
	25cm	1.02±0.10 (n=5)	1.07±0.05 (n=12)
	35cm	0.98±0.10 (n=4)	1.03±0.06 (n=11)

a) データは平均値±標準誤差で示した (n=4-12)

*: P<0.05 by Tukey-Kramer法

6. 考察

高知県に適したホソバオケラの栽培方法を検討するために、遮光、土壤消毒、適した土壤、畝高、マルチング処理による生育への影響を調べた。いずれの試験区でも3月中に出芽が観察され、5月末から6月にかけて草丈がプラトーに達することが確認された。出芽日が3月初めでも3月末でも草丈がプラトーに達する時期は変化しなかった。このことは高知におけるホソバオケラの地上部の成長は遮光あり、なしまたは土壤の種類は畝高、マルチング処理などに関わらず、一定して6月初旬にはプラトーに達することが明らかとなった。草丈においては遮光率を高くするにつれて高くなる傾向が得られた。他の条件においては畝高や土壤の種類において草丈に影響を及ぼすことが考えられるが、有意な差は得られなかった。茎数においては栽培2年目の条件において土壤の種類や畝高、マルチによって影響を受けることが明らかとなった。

特に灰色低地土で畝高35cmの条件と畝高15cm、赤色土、15cmの条件でマルチ有とマルチ無の比較において灰色低地土出畝高35cmの条件、赤色土、15cmでマルチ有の条件で茎の数が有意に多くなった。またその結果は根茎の増殖率にも影響を与えた。これらの結果より、ホソバオケラの栽培には遮光は必要ない、またクロルピクリン酸による土壤消毒をすることで連作地でも生育状況を改善することが出来る。土壤の種類は赤色土並びに砂質土壤が望ましいことが明らかとなったが、畝高やマルチング処理をすることで、灰色低地土や赤色土の生育をより改善することが可能であることが明らかとなった。

まとめ

高知県でのホソバオケラの栽培普及を念頭に遮光・土

壤消毒・栽培土壤の種類・畝高とマルチングの検討をおこなった。市販の遮光ネットを用いて遮光率の違いによる生育への影響を調べたところ、出芽日、出芽率への影響は見られなかった。また、精油含量や β -eudesmolやatractylodinへの影響は見られなかった。一方、遮光栽培化で根茎の増殖率が有意に低下することが明らかとなった。クロルピクリン酸による土壤消毒を行うことで生育への影響を調べたところ、出芽日や出芽率、地上部への伸長、茎の数などいずれも違いは見られなかった。ただし、精油含量は連作区に対して土壤消毒区の方が有意に高い結果が得られた。根茎の増殖率も土壤消毒区において高い傾向が観察されたが統計解析による有意差は得られなかった。栽培土壤の比較検討では、高知県内に分布する灰色低地土、褐色森林土、砂丘未熟土、赤色土、黒ボク土を選び、赤玉土をコントロールとして生育への影響を調べたところ、1年目は顕著な違いは観察されなかったが、2年目は赤色土>砂丘未熟土>褐色森林土>黒ボク土>灰色低地土の順で茎の数が少なる傾向が観察された。また根茎の増殖率も赤色土と砂丘未熟土が高く、灰色低地土が低い結果が得られた。2年生株における欠株数、生育不良の株数も、灰色低地土で多い結果が得られた。一方で精油含量は灰色低地土が高かった。畝高とマルチングによる生育への影響を調べたところ、灰色低地土を入れた枠栽培では畝高35cmの条件で、草丈が高く並びに茎の数も多く、根茎の増殖率も高かった。一方で当園敷地内にある赤色土土壤の圃場での露地栽培では、マルチング処理無区では畝高の違いは生育への影響がほとんど見られなかったのに対し、マルチング処理をした条件では畝高が15cmの試験区で根茎の増殖率が高い結果が得られた。これらの結果から、ホソバオケラの生育において土壤消毒、遮光なし、マルチング処理を行うことで根茎の増殖率及び精油含量が高くなる結果が得られた。栽培土壤の種類は赤色土や砂丘未熟土において欠株数が少なく、生育状況が良い結果が得られたが、畝の高さを高くすることで灰色低地土でも根茎の増殖率を上げることが明らかとなった。

謝辞

本研究の実施にあたり、多大なるご支援、ご指導をいただいた牧野植物園・前園長水上元博士、東京生薬協会顧問の岡田稔博士に深謝申し上げます。また、栽培・収穫・分析を行うにあたり、当園前職員吉見仁志氏、宮本

拓氏に協力いただいたことをこの場を借りて感謝いたします。本研究は、高知県薬用事業として、岩本直久班長、幾井康仁主幹とともにを行い、研究の一部は、JSPS 科研費 JP16K08316, 17H00545 の助成を受けて実施した。

引用文献

- 厚生省薬務局監修. 1995. ホソバオケラ. 薬用植物 栽培と品質評価 Part4. pp. 39–50. 薬事日報社.
- 厚生労働省. 2021. ソウジュツ. 第18改正日本薬局方 1983. 東京.
- 高知県農業振興部. 2012. “県内における土壌の分布. こうち農業ネット1–2” <http://www.nogyo.tosa.pref.kochi.lg.jp/info/dtl.php?ID=2826>(2021年12月閲覧).
- 駒田旦. 1985. 作物の連作障害(イヤ地)とは. 農業土木学会誌 53: 27–34.
- 松野倫代, 岩本直久, 水上元. 2018. 高知県に分布する種々の土壌を用いたホソバオケラの栽培試験. 生薬学雑誌 72: 81–86.
- 松野倫代, 岩本直久, 幾井康仁, 水上元. 2016. ホソバオケラの生育, 根茎増殖, 精油生産に及ぼす遮光栽培の影響. 薬用植物研究 38: 17–22.
- 柳井久江. 2011. 4Steps エクセル統計. 307 pp. オーエムエス出版 東京.
- 山本豊, 笠原良二, 平雅代, 武田修己, 樋口剛央, 山口能宏, 白鳥誠, 佐々木博. 2021. 日本における原料生薬の使用量に関する調査報告(2). 生薬学雑誌 75: 89–105.