

なった(図 45)。蒸散速度は CO_2 濃度が増加するに従って若干減少し、 $800 \mu\text{mol mol}^{-1}$ 以上ではほぼ一定となった(図 46)。

試験⑫ セリバオウレン栽培における光強度の検討

栽培中に葉焼けの症状が生じることも懸念されたが、光強度が強くなるにしたがって、葉がやや黄色味が強くなったり、葉縁部が赤褐色実を帯びたりしたが、葉焼け現象は生じなかった(図 47~50)。栽培終了時の根茎部、地上部及び地下部乾燥重量の測定を行った。根茎部は、光強度 $240 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ が少なくなっているが、他の3区は大きな差は生じていない(図 51)。地上部は光強度が強くなるにしたがって減少し、 $240 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ で大きく減少した(図 52)。地下部は光強度が強くなるにしたがって減少する傾向で、 $210 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ から大きく減少している(図 53)。

D. 考察

試験① 自然光下での収穫適期の探索

調査した全ての薬用成分濃度は5月以降に他の月と比べ上昇する傾向を示し、これは地上部の生育が旺盛となり、光合成産物の地下部への転流量が増加するためと考えられた。よって生育が停滞し始める12月頃まで、あるいは翌年、地上部の生育が十分に回復し葉面積が増加する7月以降に収穫するのが適当と考えられた。

試験② 明期及び光強度の影響

同じ明期で比べるとPPFの低い区でGL及びLG濃度が高まる傾向を示し、同じDLIで比べると明期 24 h d^{-1} の区でLG及びISLG濃度が高まる傾向を示した。よって、光環境により濃度の高まる薬用成分が異なることが示唆された。シロイヌナズナにおいて、光照射下で根のフラボノイドの生合成に関与する酵素の遺伝子発現が促進されることから¹⁾、甘草でも明期 24 h d^{-1} でLG及びISLG濃度が高まったと考えられた。本試験の範囲では、L16-350区の条件で栽培して生育を高めた後

にL24-230区の条件で栽培することで、生育旺盛で薬用成分濃度の高い甘草を得られると考えられた。

試験③ 培養液の温度(液温)の影響

低液温(8-15°C)では根の吸水が抑制されることから²⁾、光合成機能の低下によりT15区でも葉、茎及び細根乾物重が小になったと考えられた。一般に植物体温度が高いほど呼吸速度は大となるため、T30区では光合成産物の蓄積に対する呼吸消耗の割合が大きく、T25区よりも総乾物重が小になったと考えられた。T15区で他の3区と比べて、GL及びLQ濃度は有意に大となり、ISLG濃度は大、LG濃度は小となる傾向がみられた。液温8°C、15 minで、根の細胞壁及び細胞質に活性酸素が過剰に蓄積する³⁾ことが報告されている。フラボノイド類は活性酸素などに対する抗酸化作用を持つことが知られている。Janas *et al.* (2002)⁴⁾は気温10°C、24 hで与えると、25°Cの場合よりもダイズ根のフラボノイド濃度が高まり、これは、地上部の低温処理に伴い、低温となった根で抗酸化物質が蓄積したためと推測している。本試験でも、T15区では低液温で根に蓄積した活性酸素の除去のためにフラボノイド濃度が高まったと考えられた。以上より、液温25°Cで栽培して生育を高め、収穫前の30日間、液温15°Cで処理することによりGL、LQ及びISLG濃度を高められると考えられた。

試験④ 収穫前のUV照射の影響

地上部へのUV-AまたはUV-B照射は地上部の生育を抑制したが、地上部の黄化を確認した時点で照射を停止することで、主根の成長量を維持したまま地下部の薬用成分濃度を高められることが明らかとなった。UV-B照射がフラボノイドの合成酵素を活性化するという報告はあるが、本試験では、どのようなメカニズムで地下部の薬用成分濃度が高まったのか明らかでなかった。

試験⑤ 収穫前の暗期中のUV照射の影響

積算UV照射量は試験④で 456 kJ m^{-2} (76.0

$\text{kJ m}^{-2} \text{d}^{-1} \times 6$ 日間)、本試験では 570 kJ m^{-2} ($57.0 \text{ kJ m}^{-2} \text{d}^{-1} \times 10$ 日間)であったことから、積算UV照射量と葉の黄化の程度との間には一定の関係はみられない。おそらくSunらのUV-Bの蛍光灯に含まれるUV-C域の波長が原因と考えられた。

本試験における積算 UV 照射量は BL 区で 14.2 kJ m^{-2} であり、試験④にある積算 UV 照射量 45.6 kJ m^{-2} より明らかに小であった。試験④、試験⑤では、苗齢や UV 光源の分光分布などが若干異なるものの、供試した甘草の系統や栽培方式、育苗時の栽培環境条件などは同じであり、甘草においても暗期 UV 照射によって明期 UV 照射よりも少ない UV 照射量で薬用成分濃度を高められるものと推察した。以上の結果より、本試験の範囲では 0.33 W m^{-2} の暗期 UV-B 照射では地上部の生育を阻害せず、甘草の根の薬用成分濃度を高められることが示された。

試験⑥ 収穫後の貯蔵・乾燥温度の影響

一般的に、 -80°C ではほとんどの酵素は活性化しないことから、本試験においても収穫時の薬用成分濃度や組成を維持するには -80°C での保存が必要であることが示された。他方、収穫後の貯蔵温度を制御することで、根の薬用成分濃度や組成を目的に応じて変えられることが示唆された。乾燥温度については、これまで甘草に適した温度が不明であったが、本試験の結果から、収穫時の薬用成分濃度を低下させない乾燥温度が明らかとなった。今後、温度によって乾燥期間を最適化する必要があると思われる。

試験⑦ 水耕栽培における水耕液循環量の検討

生育が最大であったのは循環水量 16 L min^{-1} であったが、循環水量が増加することにより、根に供給される酸素や肥料分が増加したためであると考えられる。 17 L min^{-1} 以上の循環量で生育が劣るのは、循環量が大きくなることにより物理的なストレスが掛かり、生育が抑制されたと考えられる。

ウラルカンゾウの生育量と GL 濃度は、同様

の傾向を示した。生育の促進が GL 濃度の増大に繋がることが示唆された。循環量 16 L min^{-1} では、いずれの個体も GL 濃度が 2% 以上となったので、UV 照射など薬用成分含量向上を促す処理を行えば、GL 濃度 2.5% 以上の個体を安定的に得られることが考えられる。

試験⑧ 甘草の実証的な栽培及び収穫後の貯蔵温度の検討

⑧-1 実証的な栽培検討

本試験で用いた水耕栽培装置のように株あたりの培養液量が少ない栽培装置を用いる場合、培養液温度が気温に追従して変化しやすく、また、培養液組成や濃度も変化しやすい。特に、夏季には培養液温度が高くなりやすく、それに伴う酸素欠乏が生じやすい。しかし、細霧冷房などで昇温を抑制しながら行った本試験では、エアポンプにより十分な酸素が供給されており、従来法と同じ期間で培養液の追液と更新を行うことでカンゾウを正常に生育させることができた。H25年度の試験で、温室内の暖房や補光により、カンゾウの生育を冬季も継続可能であることが示されている。したがって、環境制御を適切に行うことで温室でのカンゾウの周年栽培は十分可能と考えられた。

⑧-2 収穫後の低温処理と乾燥方法

カンゾウは生育の程度に個体差が大きいことから、それらを同様に扱うと環境条件などの処理による影響が不明瞭になる。そこで本試験では、栽培した同一の株の根を4分割して貯蔵温度処理を行った。

GL : GL 濃度が 2.5% に達した株は少なく、高濃度系統で根を十分に成長させた場合であっても、栽培条件によっては GL 濃度が 2.5% に満たない場合があることが明らかとなった。GL 濃度は根の生体重や乾物重、あるいは基部根径幅には影響されず、貯蔵や乾燥方法、さらに次亜塩素酸の混入による変動もみられなかった。テルペノイドである GL 濃度は他の薬用成分 (フラボノイド) よりも多量に含まれており、本試験の結果からも、収穫前の

ストレス処理（次亜塩素酸の混入）や収穫後の貯蔵温度や乾燥方法によらず安定していると考えられた。

LQ:LQ濃度は従来法である50℃乾燥では薬用成分の一部が分解するのに対し、凍結乾燥や低温貯蔵後の凍結乾燥では分解が起きず、薬用成分濃度が収穫時の濃度で維持されるものと推察した。また、凍結乾燥のみに比べ、低温貯蔵した後に凍結乾燥した場合にLQ濃度が高くなることもあり、低温貯蔵中にLQが生成されている可能性が考えられた。また、収穫前のストレス処理（次亜塩素酸の混入）によってLQ濃度が顕著に増加することが示唆され、メカニズムは不明だが、地下部への処理でLQ濃度を人為的に増加させられる可能性が考えられた。

LG:LQと同様にフラボノイドであるLGも収穫後の貯蔵温度や乾燥方法によって50℃乾燥による分解を避けることで、LQ濃度が維持または増加することが示唆された。LGやLQ濃度の増加は、テルペノイドであるGL濃度には影響しないことから、GL濃度を低下させずに濃度制御が可能と考えられた。

ISLG:次亜塩素酸混入により地上部が枯死した株の薬用成分が高い傾向はISLGが最も顕著であり、通常の栽培だった株より数倍から十数倍高かった。この反応が再現良く得られるのであれば、収穫前の地下部ストレス処理により、GL濃度を低下させずに薬用成分となるフラボノイド濃度（LQ、LG、ISLG）の絶対量を増加できると考えられた。また、収穫前の地下部ストレスがあった場合、ISLG濃度は同じフラボノイドであるLQやLGとは異なり、従来法に比べ凍結乾燥や低温貯蔵処理で低下した。このことは、ストレス処理によって収穫時のISLGの安定性や性質が通常とは異なることを示唆している。他方、地下部のストレス処理がない通常の状態では、ISLGもLQ、LGと同様に収穫後の貯蔵温度や乾燥方法によって濃度が維持または増加することが示唆された。

試験⑨ 水耕栽培における散気量の検討

⑨-1 生育とGL濃度

冬期に供試苗中の30%以上に相当する8個体が枯死した。IV2系統は半数の5個体が枯死した。冬期に温室で保温・補光を行っても生育が衰退し落葉が生じており、冬期の栽培法については、短期間であるが低温期間を設けるなど生育が衰退しないような工夫をする必要があると考えられる。

カンゾウの地下部（根）乾燥重量とGL濃度は、異なる傾向を示した。また、地下部（根）乾燥重量の大きいIV2は、GL濃度が低いなど根の成長速度が速い個体では高いGL濃度が得られない可能性が示唆された。ただし、逆に根の生体重、乾物重が小さい場合に必ずしも高いGL濃度が得られるわけではなく、根の成長速度が平均的な個体については、それぞれGL濃度を測定する必要があると思われた。以上のことから、高濃度系統IV2系統の苗を十分に成長させた場合であっても、栽培条件によってはGL濃度が2.5%に満たない場合があることが明らかとなった。

⑨-2 収穫後の貯蔵温度・乾燥処理

散気量処理の違いによりGL濃度は大きな差は生じなかったが、LQ、LG濃度は 2 L min^{-1} 、ISLG濃度は 0.5 L min^{-1} 、が最適となった。

しかしながら、試験⑧と比較して1試験区当たりの個体数が少なく、また個体ごとの差が大きいため、今回の結果からだけで判断することは難しく、さらなる検証が必要と考えられる。

試験⑩ セリバオウレンの人工環境下での水耕栽培における肥料濃度の検討

今回実施した試験では水耕液濃度が1/8で最大となったが、より低い濃度で最大となる可能性があり、生産コストを考慮すればより低い濃度の水耕液での生育検討も必要であると考えられる。水耕液濃度はベルベリン含量に影響がないと考えられる。

試験⑪ 人工環境下における様々な環境条

件がセリバオウレンの光合成・蒸散速度に与える影響

気温及び相対湿度を変化させても光合成速度の値はほぼ一定であるが、蒸散速度は気温や相対湿度が小さい方が大きい。蒸散速度が大きいとより水耕液を吸収することが推察されるので、生長速度は、高まることも考えられる。

光強度は $300 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ で最大となったが、このような光強度で長時間照射すると葉焼け現象を起こすことが考えられる。従って高い光強度で栽培する場合は、気温を下げるなど葉焼けを防ぐ処置が必要であると思われる。

CO_2 濃度は、 $1,200 \mu \text{mol mol}^{-1}$ で最大となったが、 $1,000 \mu \text{mol mol}^{-1}$ 以上では大きな差はないので、生産コストも考慮すれば $1,000 \mu \text{mol mol}^{-1}$ で十分であると考えられる。

試験⑫ セリバオウレン栽培における光強度の検討

光強度 $240 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ では生育が抑制されるが、 $150 \sim 210 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以下では、大きな差は生じていない。株が大きくなるにしたがって葉が重なり合い、株の内部では光強度が減衰することを考慮すれば、栽培初期は $150 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ で栽培し、株の成長に合わせて光強度を大きくするのが適当と考えられる。

E. 結論

・ウラルカンゾウ

ウラルカンゾウ (IV1及びIV2) 苗の温室環境下での収穫適期は、7月頃から12月までであることを明らかとした。次いで、人工環境下で栽培し、地上部及び地下部の生育に適した光環境 (例：明期 16 h d^{-1} 、PPF $230\text{--}350 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) 及び培養液温度 (25°C) を明らかとした。さらに、収穫前の明期及び暗期のUV-B照射により薬用成分濃度が増加することが示された。また、暗期のUV-B照射では明期よりも少ないエネルギー量で薬用成分濃度を高められることが示された。

低培養液温度 (15°C)、収穫後の貯蔵 (GLとLQは $-30 \sim -13^\circ\text{C}$ 、LGとISLGは $4 \sim 25^\circ\text{C}$)、乾燥温度 ($30 \sim 40^\circ\text{C}$) によって、主要な薬用成分濃度を高められることを明らかとした。今後、これらを組み合わせることで生育速度を速め、主要薬用成分濃度の高い甘草を得られることが示唆された。

太陽光利用型植物工場 (環境制御型の温室) に設置した水耕栽培装置で夏季から秋季にかけてウラルカンゾウ (IV1) を栽培することができた。H25年度の冬季に行った補光などの環境制御技術を組み合わせることで、ウラルカンゾウの成長を年間を通じて継続でき、栽培期間の短縮が可能と考えられた。ただし、高濃度系統で根を十分に成長させた場合であっても、栽培条件によってはGL濃度が2.5%に満たない場合があることが明らかとなった。

テルペノイドであるGL濃度はフラボノイドである他の主要薬用成分よりも多量に含まれ、収穫前のストレス処理 (次亜塩素酸の混入) や収穫後の貯蔵温度や乾燥方法によらず安定していることが明らかとなった。他方、含有量は少ないものの、フラボノイドであるLQ、LG、ISLGでは収穫前後の処理によって濃度が大幅に変動することが明らかとなり、概して 50°C 乾燥で分解されること、凍結乾燥や低温貯蔵により収穫時の濃度を維持または増加できることが明らかとなった。これらの知見を利用することで、収穫時の薬用成分濃度を高め、収穫後の損失を最小にする技術開発が可能と考えられた。

水耕液循環量 16 L min^{-1} で生育量及びGL濃度が最大となり、薬用成分含量向上を促す処理を行えば、安定的に2.5%以上の個体を得られる可能性が示された。

散気量 2 L min^{-1} で生育量が大きくなる傾向となったが、GL濃度が大きくなる条件は明確とはならなかった。

・セリバオウレン

水耕液濃度 $1/8$ で生育が最大となったが、さらに低い水耕液濃度で最大となる可能性がある。ベルベリン含量は、水耕液濃度にか

かわらず日本薬局方の基準含量よりも高い値となった。

光合成蒸散測定試験の結果を総合的に判断すると気温・相対湿度を低い値に設定し、光強度・CO₂濃度を高い値に設定すると生育を促進できる可能性が高いと考えられる。

セリバオウレンの最適な光強度は、150～210μmol m⁻² s⁻¹で、株の成長に合わせて光強度を大きくしていくことにより、生育促進できると考えられる。

参考文献

- 1) Hemm M. R., Rider, S. D., Ogas, J., Murry, D. J., Chapple, C.: Light induces phenylpropanoid metabolism in Arabidopsis roots, *Plant J.*, 38, 765-778 (2004).
 - 2) Murai-Hatano, M., Kuwagata, T., Sakurai, J., Nonami, H., Ahamed, A., Nagasuga, K., Matsunami, T., Fukushi, K., Maeshima, M., Okada, M.: Effect of low root temperature on hydraulic conductivity of rice plants and the possible role of aquaporins, *Plant Cell Physiol.* 49, 1294-1305 (2008).
 - 3) Lee, S. H., Singh, A. P., Chung, G. C.: Rapid accumulation of hydrogen peroxide in cucumber roots due to exposure to low temperature appears to mediate decreases in water transport, *J. Exp. Bot.*, 55, 1733-1741 (2004).
 - 4) Janas, K. M., Cvikrova, M., Palagiewicz, A., Szafranska, K., Posmyk, M. M.: Constitutive elevated accumulation of phenylpropanoids in soybean roots at low temperature, *Plant Science* 163, 369-373 (2002).
 - 5) T., Yoshimatsu, K., Kawano, N., Inui, T., Kawahara, N.: Effects of post-harvest storage and drying temperatures on four medicinal compounds in the root of Chinese licorice (*Glycyrrhiza uralensis*), *Environmental Control in Biology*, 54, 149-155 (2013).
 - 6) Sun, R., Hikosaka, S., Goto, E., Sawada, H., Saito, T., Kubo, T., Ohno, T., Shibata, T., Yoshimatsu, K.: Effect of UV irradiation on growth and concentration of four medicinal ingredients in Chinese Licorice (*Glycyrrhiza uralensis*), *Acta Horticulturae*, 956, 643-648 (2012).
- ## 2. 学会発表
- 1) Sun, R., Hikosaka, S., Goto, E., Sawada, H., Saito, T., Kubo, T., Ohno, T., Shibata, T., Yoshimatsu, K.: Effect of UV irradiation on growth and concentration of four medicinal ingredients in Chinese Licorice (*Glycyrrhiza uralensis*). 7th International Symposium on Light in Horticulture (ISHS), (2012. 10. 14-18, Wageningen, The Netherlands). p166.
 - 2) 孫蕊, 彦坂晶子, 山本慶子, 後藤英司, 澤田裕樹, 斎藤俊哉, 工藤善, 大野貴子, 柴田敏郎, 吉松嘉代: 培養液の温度および地上部への UV-B 照射が甘草のグリチルリチン濃度に及ぼす影響. 日本生物環境工学会 (2011 年) 年会 (2011.9-6-7, 北海道) 大会講演要旨, p110-111.
 - 3) 彦坂晶子・吉野千里・孫蕊・後藤英司・澤田裕樹・工藤善・大野貴子・早雲まり子・吉松嘉代・河野徳昭・乾貴幸・川原信夫. 温室環境下におけるカンゾウの生育および薬用成分の季節変動と補光効果. 日本生物環境工学会 2013 年香川大会講演要旨, p 118-119 (2013.9.2-5,

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Sun, R., Hikosaka, S., Goto, E., Sawada, H., Saito, T., Kudo, T., Ohno,

香川)

G. 知的財産権の出願・登録状況

- 1) 特願 2013-114417 発明者 澤田裕樹、工藤 善、大野貴子、早雲まり子、後藤英司、彦坂晶子 特許出願人、識別番号(団体名及び弁理士事務所) 鹿島建設株式会社(000001373) 代理人:丹羽 俊輔(100129300) 発明の名称 カンゾウ属植物の薬用成分濃

度向上方法 出願日 平成25年5月30日

- 2) 特願 2014-227008 発明者 工藤 善、澤田裕樹 特許出願人、識別番号(団体名及び弁理士事務所) 鹿島建設株式会社(000001373) 代理人:丹羽 俊輔(100129300) 発明の名称 水耕栽培システム及び水耕栽培方法 出願日 平成26年11月07日

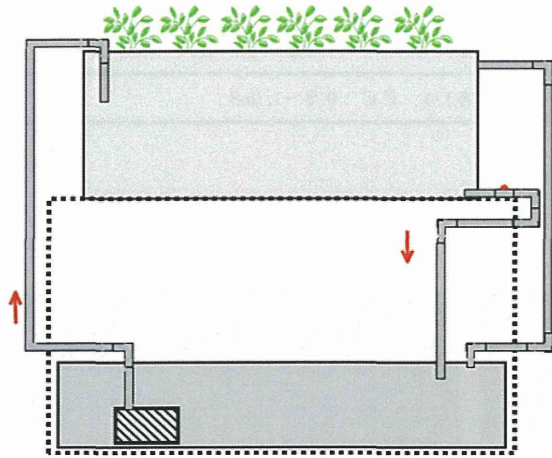


図1. 水耕栽培装置模式図



図2. 水耕栽培装置

表1. 各試験区の溶存酸素量

試験区 (L min ⁻¹)	溶存酸素量 (mg L ⁻¹)	酸素飽和度 (%)	水温 ℃
13	8.01	94.4	22.7
14	7.98	94.5	23.6
16	7.82	93.0	23.1
17	7.84	93.9	23.6
20	7.78	94.4	24.4

表2. 水耕栽培条件

水	調布市水道水 pH : 7.3、EC : 0.3mS
肥料	大塚A処方1/4、EC : 0.8mS
pH	5.5-6.8で管理
交換頻度	1ヶ月に1回、全交換



図3. 水耕栽培装置

表3. 水耕栽培条件

水		千葉大学松戸キャンパス内井戸水 pH:7.8、EC:0.4mS
肥料		大塚A処方1/4、EC:0.8~1.0mS
pH	5.5-6.8で管理	
交換頻度	1ヶ月に1回、全交換	

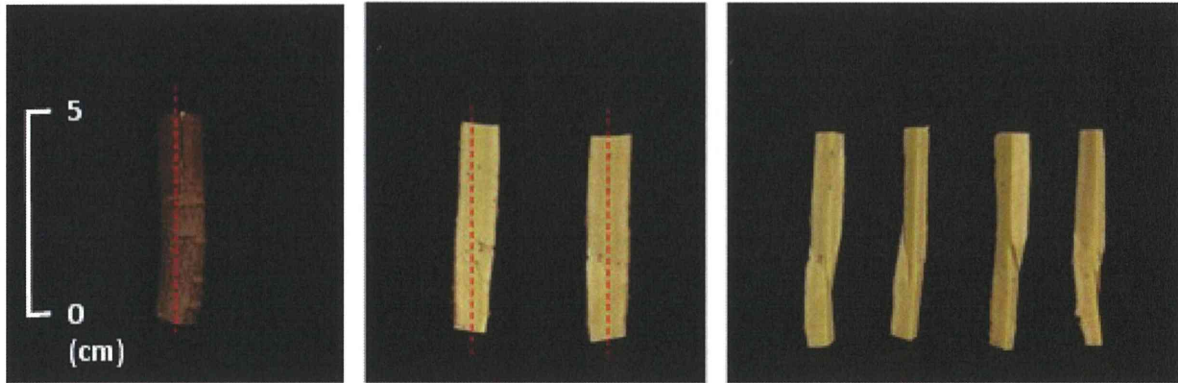


図4. サンプルング時の切り分け方法。基部から1cmを取り除き、写真の左から右の順で5cmの根を縦に4分割した。赤の破線が切り分け位置。

表4. HPLCのグラジエント条件

Time (minute)	Acetonitril (%)
0.00-3.50	22
3.51-8.00	32
8.01-10.00	40
10.01-17.00	40
17.01-19.00	100
19.01-21.00	22
21.01-26.00	22



図5. 水耕栽培装置

表5. 各試験区の溶存酸素量

試験区 (L min ⁻¹)	溶存酸素量 (mg L ⁻¹)	酸素飽和度 (%)	水温 ℃
0	7.65	85.3	21.3
0.5	8.04	89.7	21.6
1.0	8.36	93.2	21.6
2.0	8.46	94.3	21.6
4.0	8.71	97.0	21.9



図6. セリバオウレン水耕栽培装置

表6. セリバオウレン水耕栽培条件

水	調布市水道水 pH : 7.3、EC : 0.3mS
肥料	大塚A処方1/2~1/8、EC : 0.5~1.4mS
pH	5.5-6.8で管理
交換頻度	1ヶ月に1回、全交換



図7. 光合成蒸散測定装置

表7. セリバオウレン光合成蒸散測定
基本条件

気温	20℃
相対湿度	60%
光強度	180 μmol m ⁻² s ⁻¹
CO ₂ 濃度	1,000 μmol mol ⁻¹

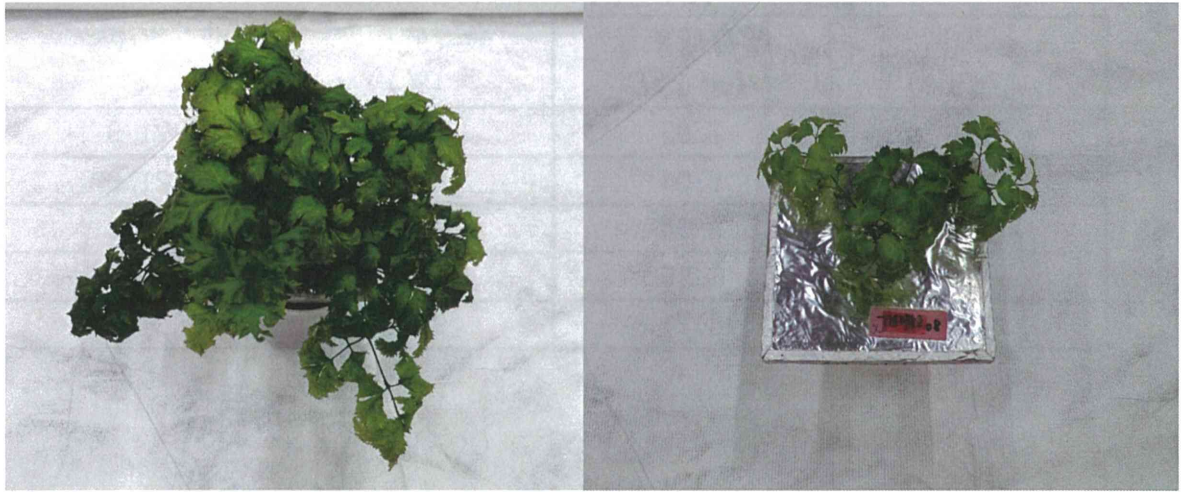


図8. セリバオウレン供試苗 左：養生期間10ヶ月、右：養生1ヶ月



図9. セリバオウレン水耕栽培装置

表 8. セリバオウレン水耕栽培条件

水	調布市水道水 pH : 7.3、EC : 0.3mS
肥料	大塚A処方 1/8、EC : 0.8mS
pH	5.5-6.8で管理
交換頻度	1ヶ月に1回、全交換

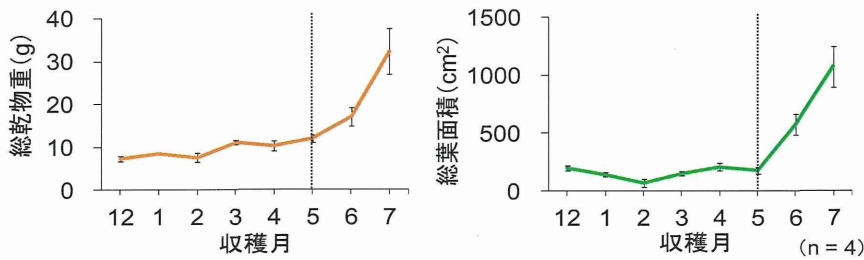


図 9. 温室で栽培した甘草の地上部の生育(試験①)

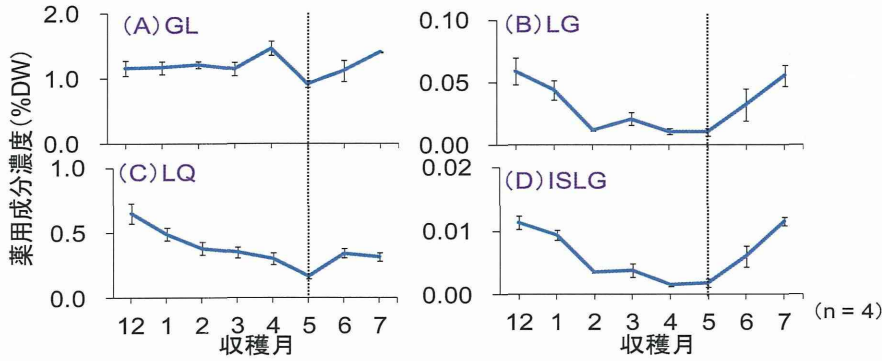


図 10. 温室で栽培した甘草の薬用成分濃度(試験①)

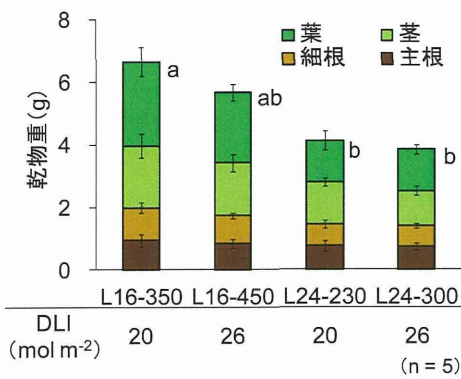


図 11. 光環境が生育(部位別乾物重)に及ぼす影響(試験②)

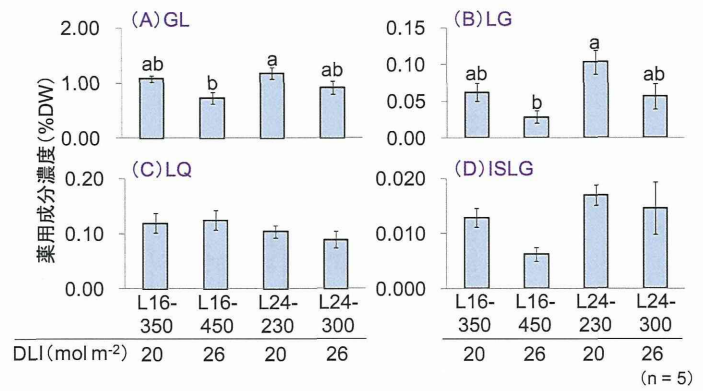


図 12. 光環境が4種の薬用成分濃度に及ぼす影響(試験②)

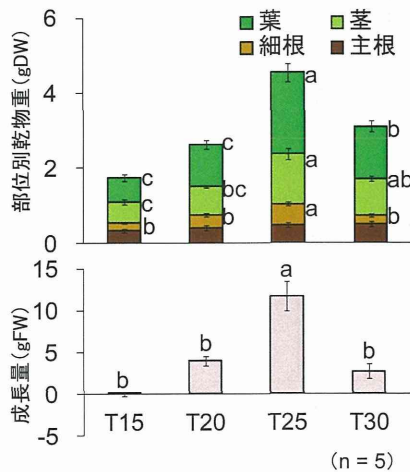


図 13. 培養液温度が生育に及ぼす影響(試験③)

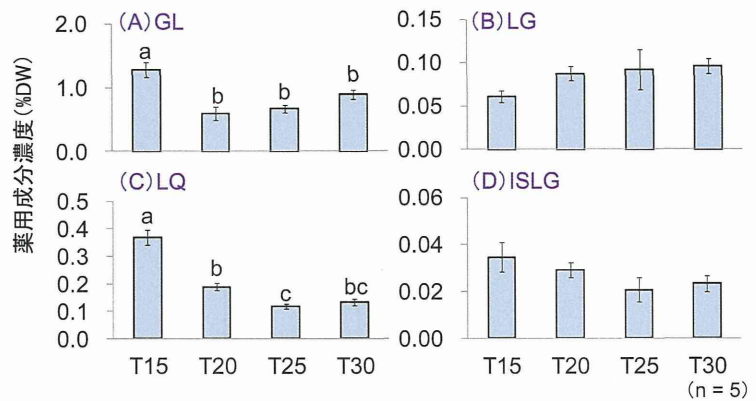


図 14. 培養液温度が薬用成分濃度に及ぼす影響(試験③)

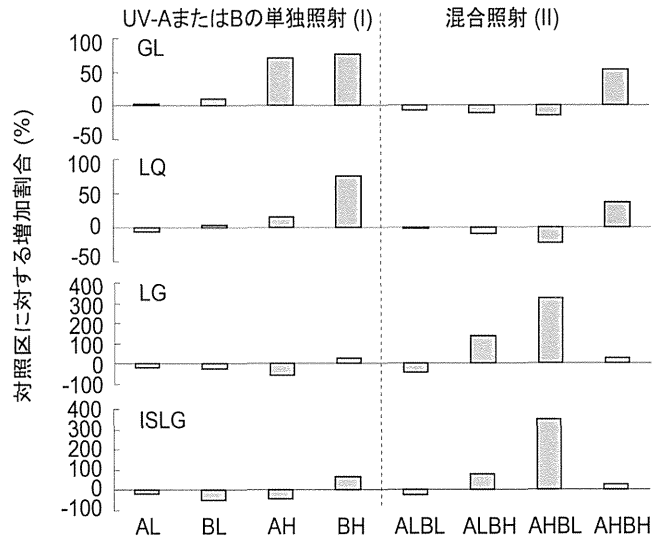


図 15. UV 照射が薬用成分濃度の増加割合に及ぼす影響 (試験④) (n=3-4)

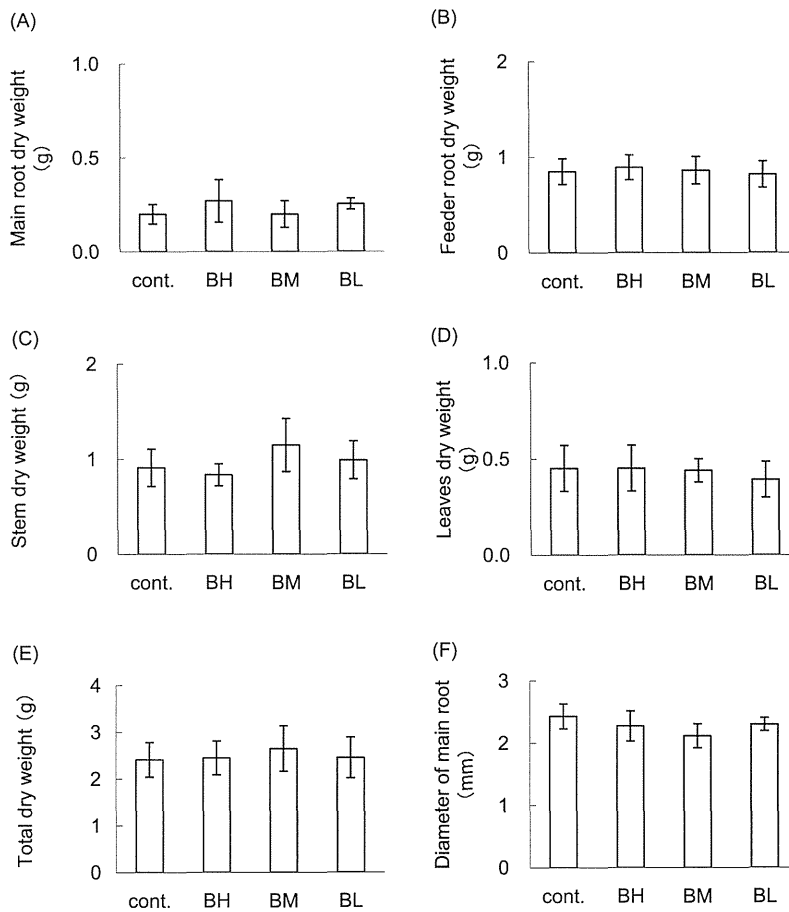


図 16. 暗期における UV-B 照射強度が甘草の生育に及ぼす影響 (試験⑤)。図中のバーは標準誤差を示す (n=5)。

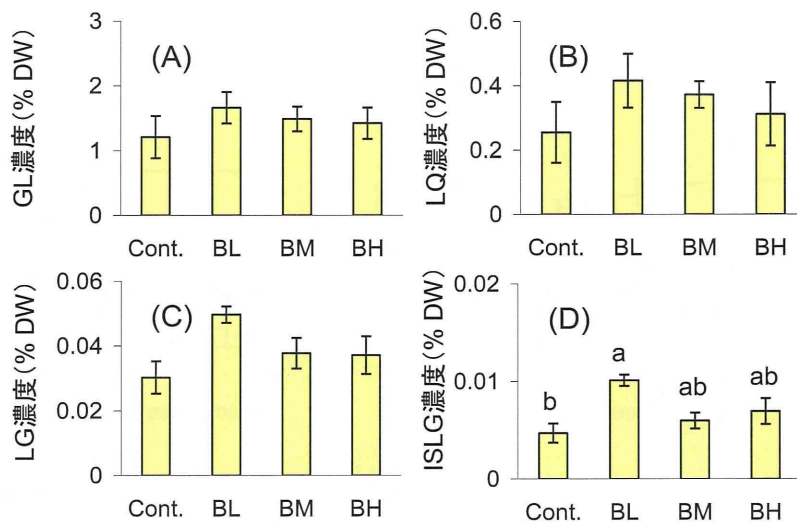


図 17. 暗期における UV-B 照射強度が甘草の生育に及ぼす影響 (試験⑤)

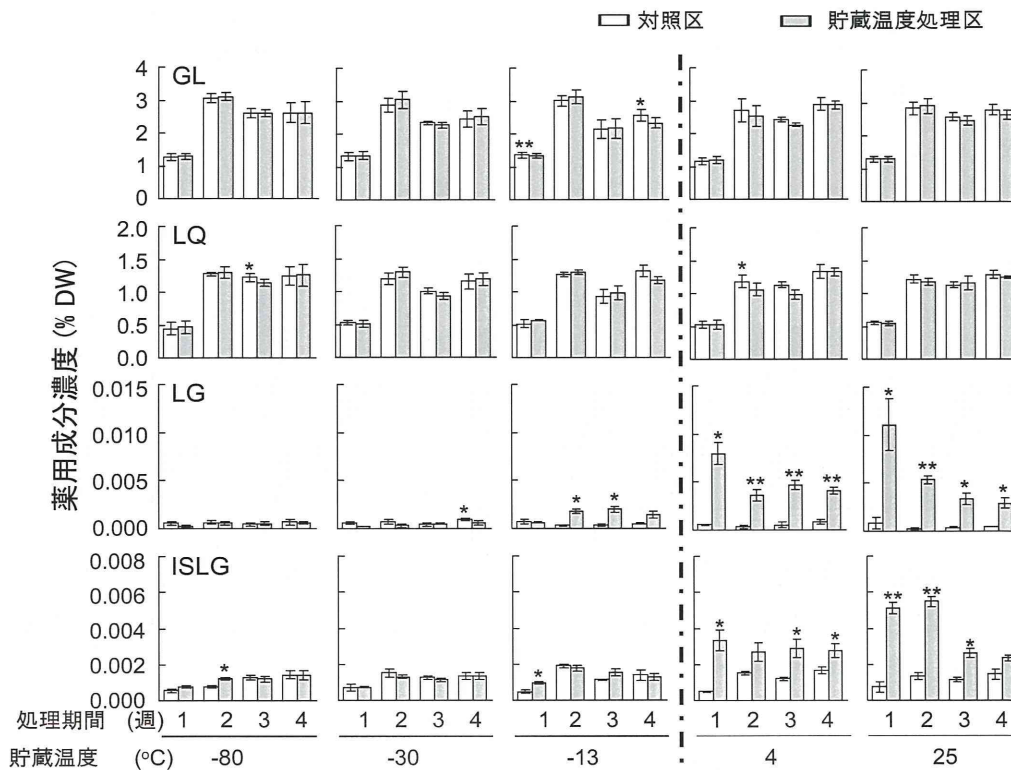


図 18. 収穫後の根の貯蔵温度が薬用成分濃度に及ぼす影響 (試験⑥) (n=3-4)

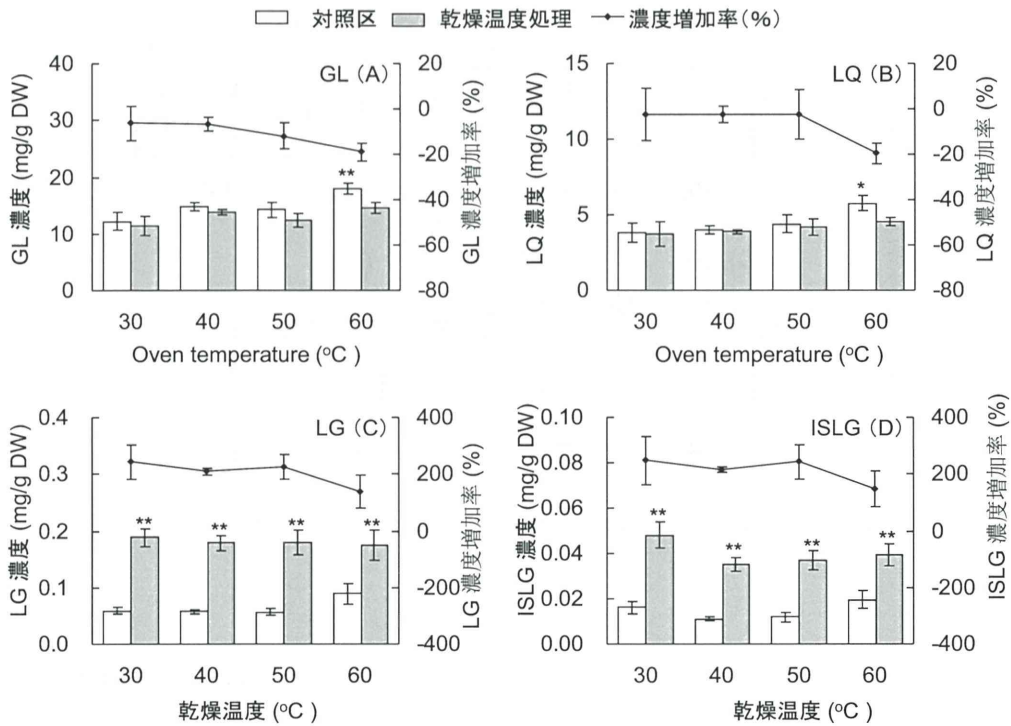


図 19. 収穫後の根の乾燥温度が薬用成分濃度に及ぼす影響 (試験⑥) (n=4-5)

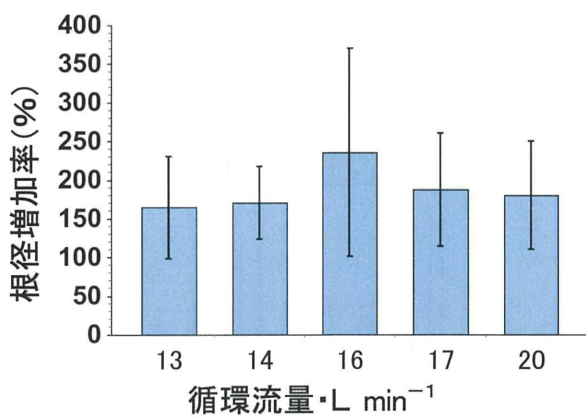


図20. 根頭根径増加率

(バーは標準誤差 (n=3~5))

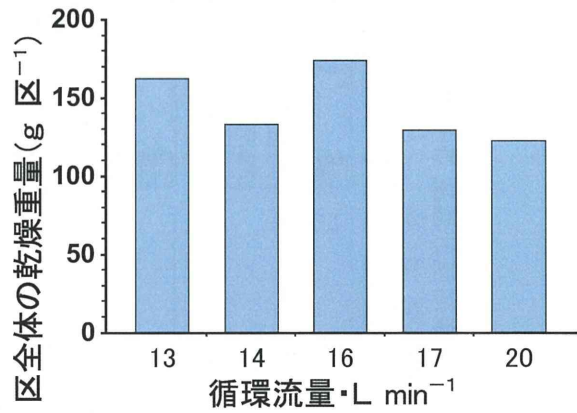


図21. 地下部乾燥重量

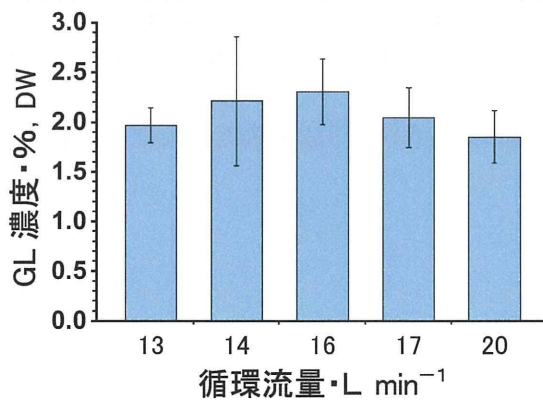


図22. 循環流量がGL濃度に及ぼす影響

(バーは標準誤差 (n=3~5))

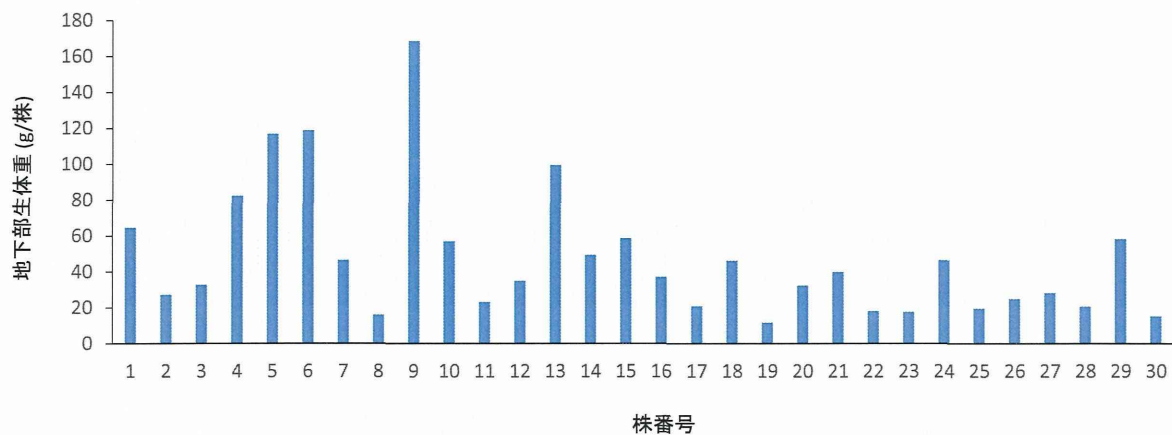


図 23. 分析に用いた株番号と地下部生体重 (試験⑦)

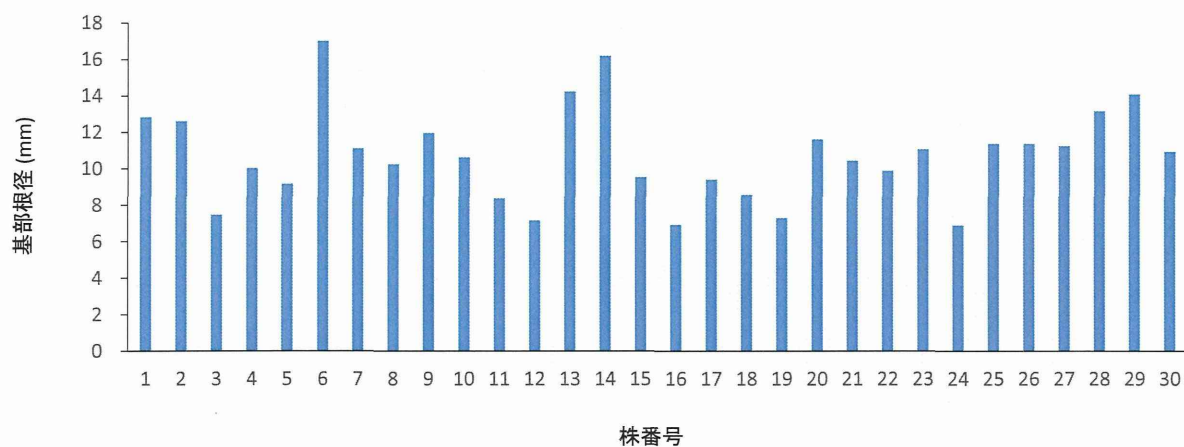


図 24. 分析に用いた株番号と基部根径 (試験⑦)

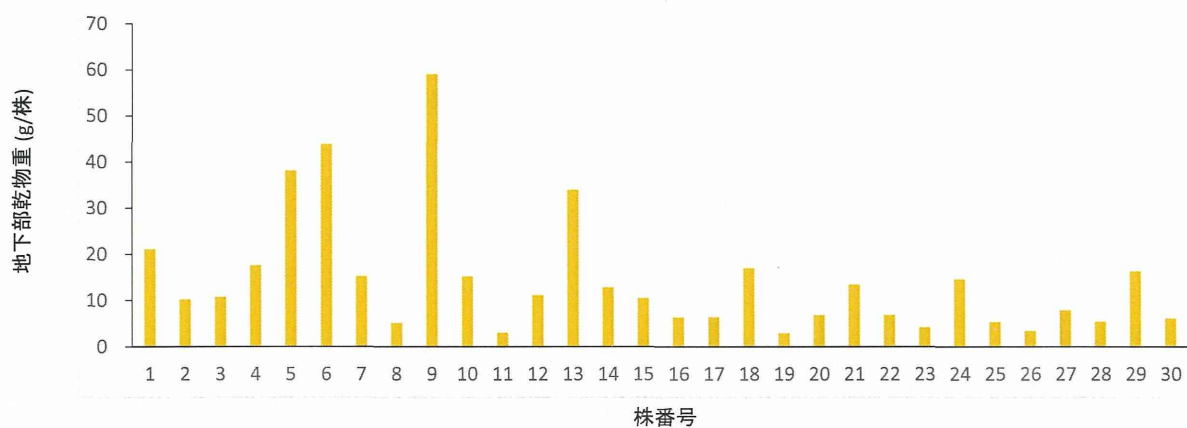


図 25. 分析に用いた株番号と地下部乾物重 (試験⑦)

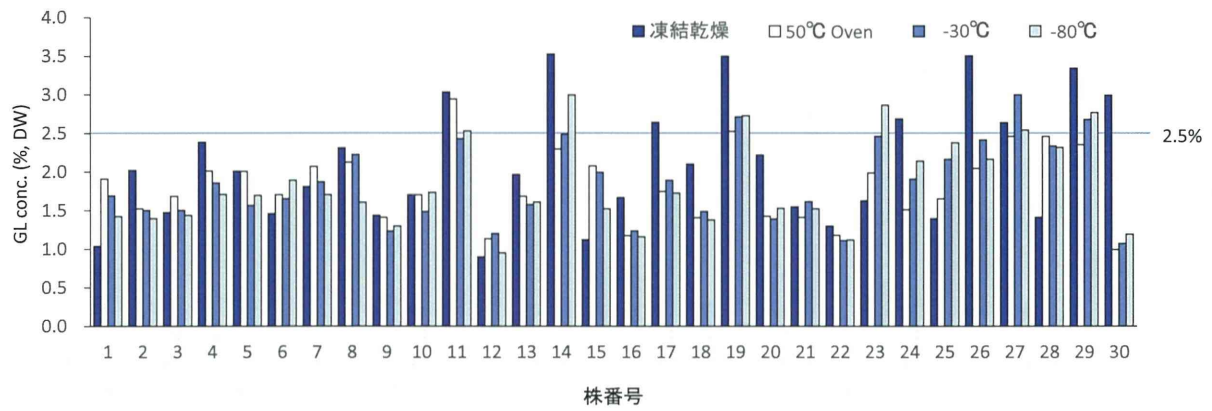


図 26 貯蔵温度と乾燥法がウラルカンゾウの GL 濃度に及ぼす影響 (試験⑦)

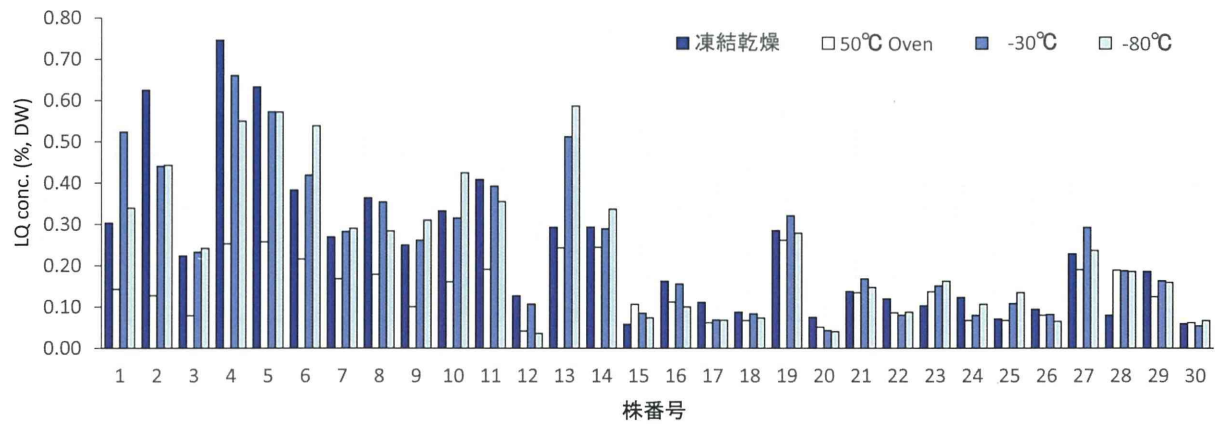


図 27. 貯蔵温度と乾燥法がウラルカンゾウの LQ 濃度に及ぼす影響 (試験⑦)

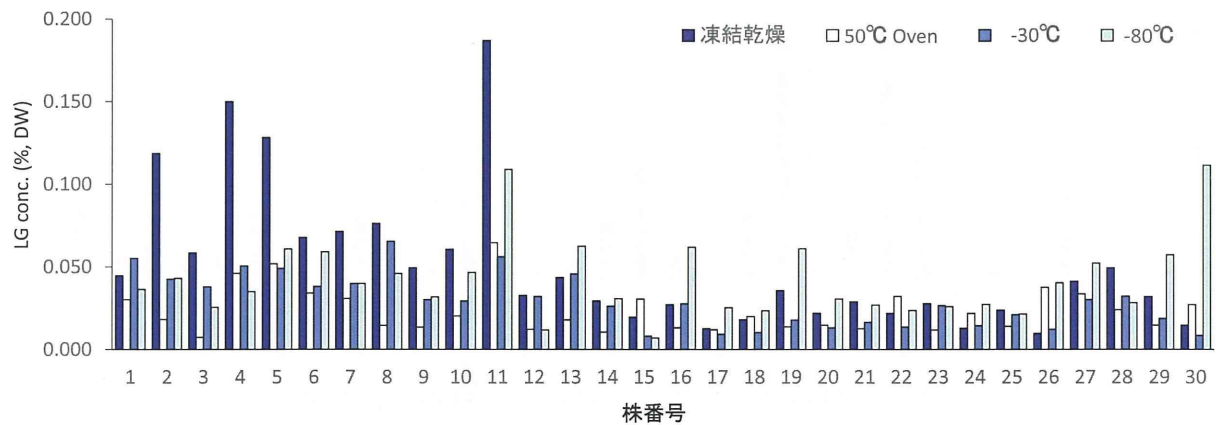


図 28. 貯蔵温度と乾燥法がウラルカンゾウの LG 濃度に及ぼす影響 (試験⑦)

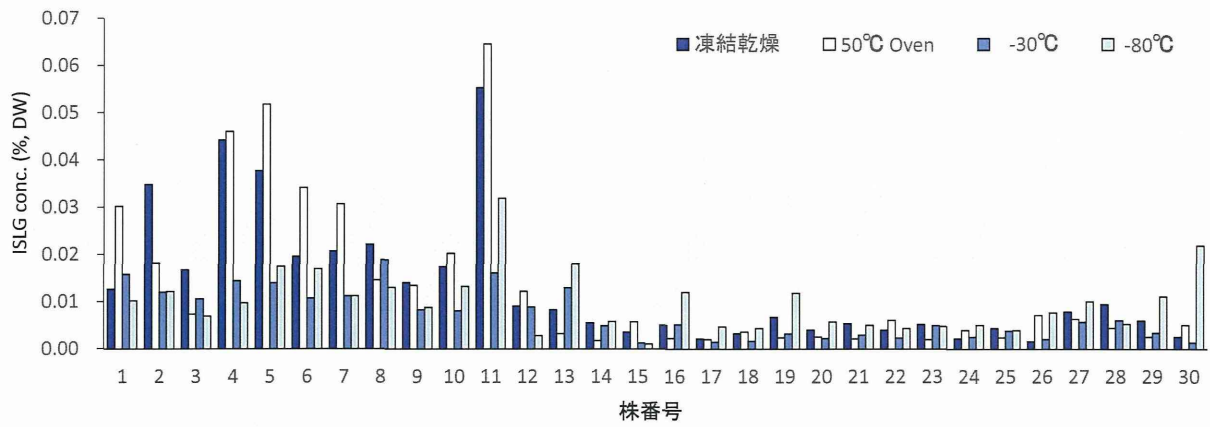


図 29. 貯蔵温度と乾燥法がウラルカンゾウの ISLG 濃度に及ぼす影響 (試験⑦)

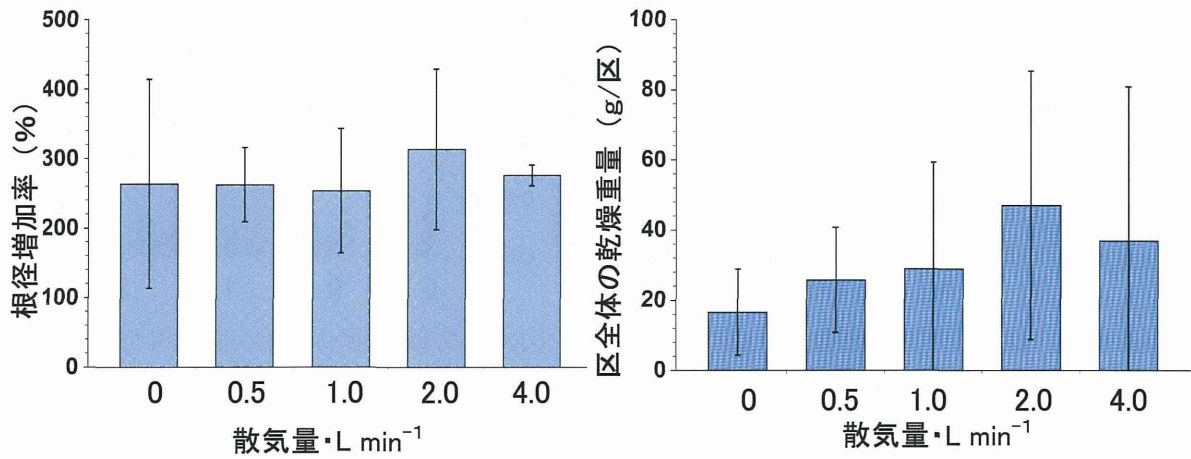


図30. 根頭根径増加率
(バーは標準誤差 (n=3~4))

図31. 地下部乾燥重量
(バーは標準誤差 (n=3~4))

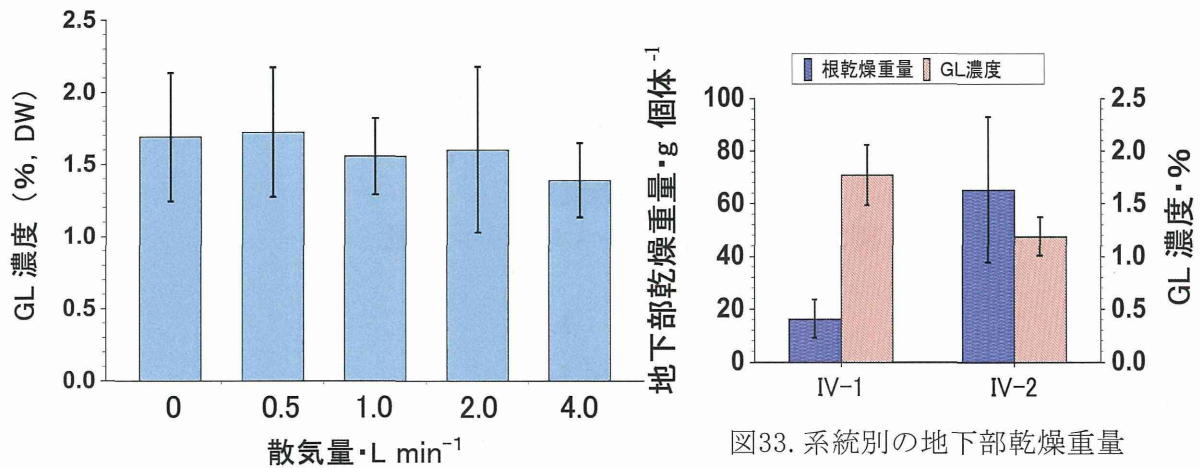


図32. 散気量の違いによるGL濃度
(バーは標準誤差 (n=3~4))

図33. 系統別の地下部乾燥重量
及びGL濃度
(バーは標準誤差 (IV1:n=12、IV2:n=5))

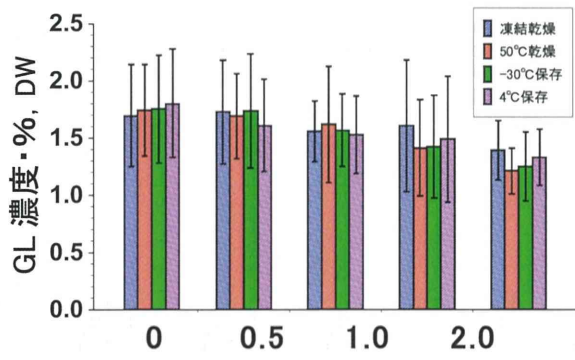


図34. 貯蔵温度・乾燥処理がGL濃度に及ぼす影響

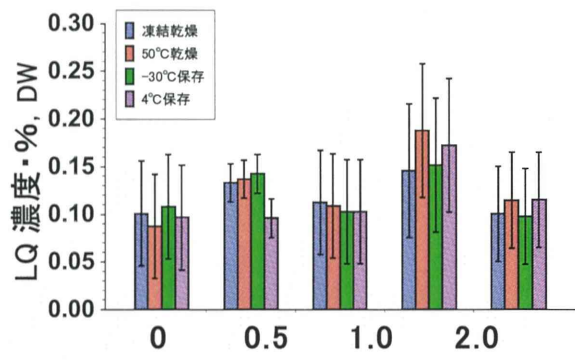


図35. 貯蔵温度・乾燥処理がLQ濃度に及ぼす影響

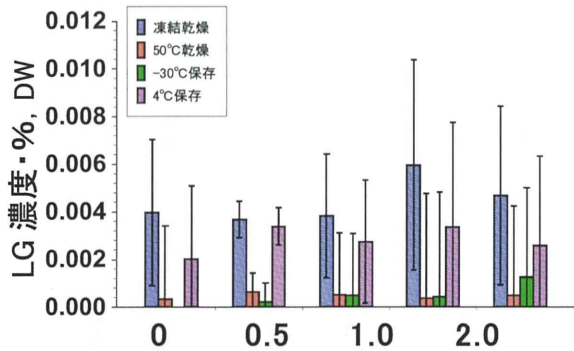


図36. 貯蔵温度・乾燥処理がLG濃度に及ぼす影響

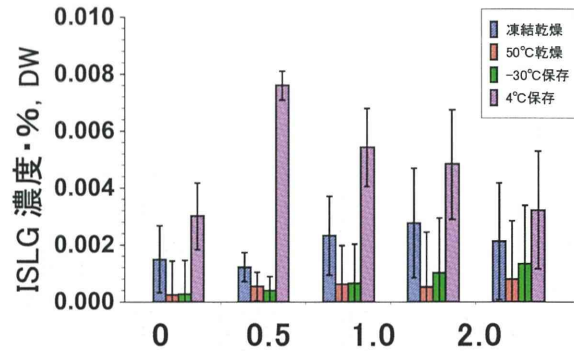


図37. 貯蔵温度・乾燥処理がISLG濃度に及ぼす影響

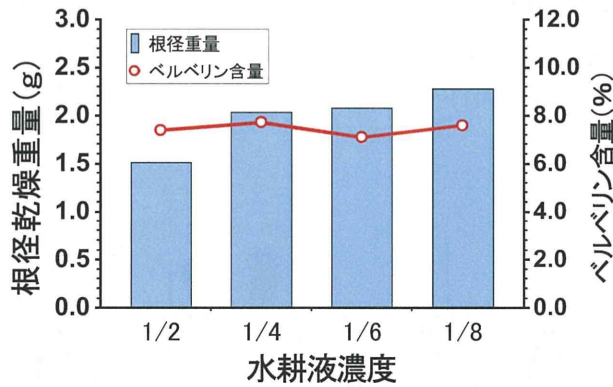


図38. 根径重量とベルベリン含量

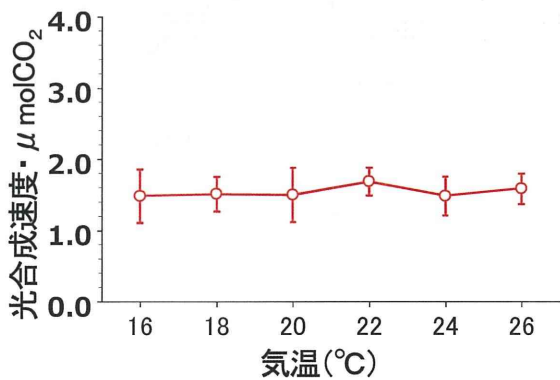


図39 気温変化時の光合成速度

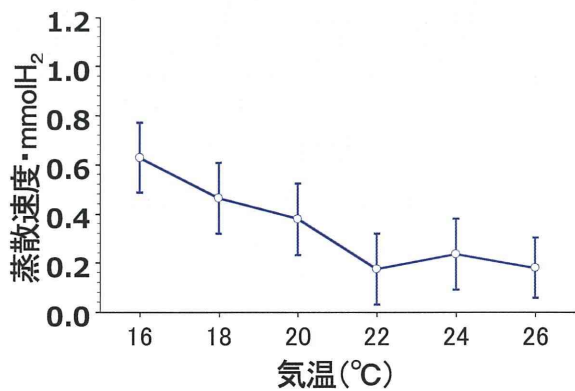


図40 気温変化時の蒸散速度

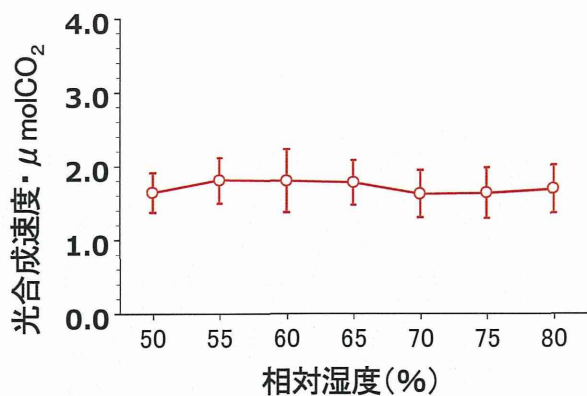


図 41 相対湿度変化時の光合成速度

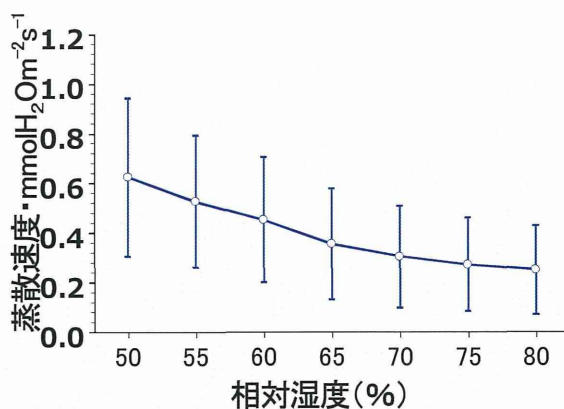


図 42 相対湿度変化時の蒸散速度

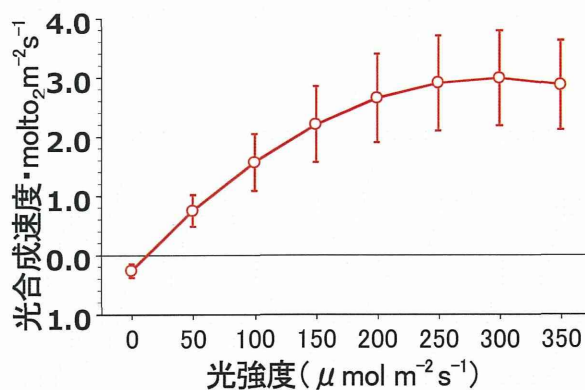


図 43 光強度変化時の光合成速度

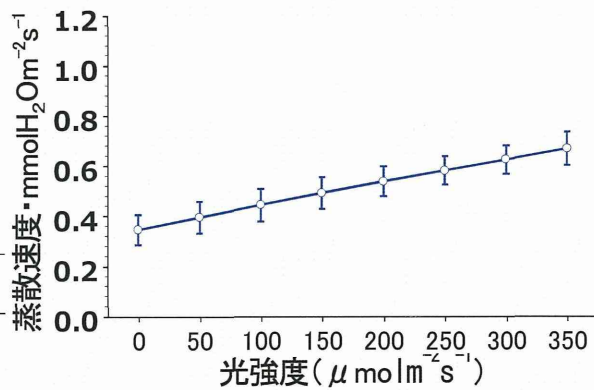


図 44 光強度変化時の蒸散速度

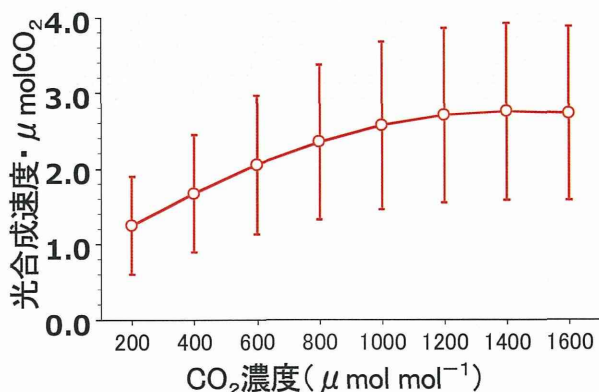


図 45 CO₂濃度変化時の光合成速

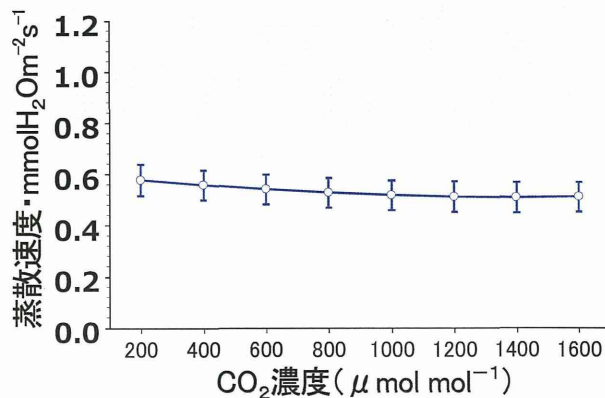


図 46 CO₂濃度変化時の蒸散速度



図47. セリバオウレン供試苗
PPF 150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$



図48. セリバオウレン供試苗
PPF 180 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$



図49. セリバオウレン供試苗
PPF 210 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$



図50. セリバオウレン供試苗
PPF 240 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

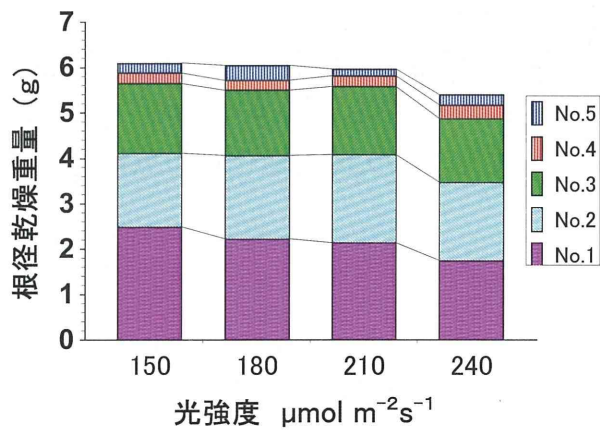


図51. 根径乾燥重量

(No.1~3:養生10ヶ月 No.4~5:養生1ヶ月)

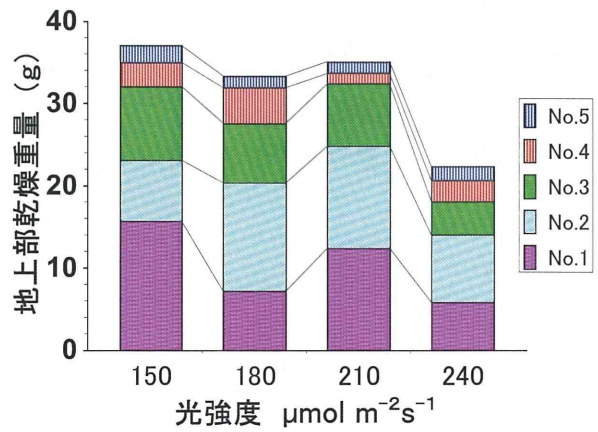


図52. 地上部乾燥重量

(No.1~3:養生10ヶ月 No.4~5:養生1ヶ月)