

マツ科樹木の樹液精油の施用による夏ホウレンソウの生長改善効果

秋本正博¹・森睦²・徳橋和也³・本多博一³

(受付：2015年4月30日，受理：2015年7月28日)

Application of pine sap essential oil improves the yield of summer spinach

Masahiro AKIMOTO¹, Mutsumi MORI², Kazuya TOKUHASHI³, and Hirokazu HONDA³

摘 要

マツ科樹木の樹液精油の施用が、夏ホウレンソウの収量や食味の改善に有効であるかを検証した。試験は2013年に帯広畜産大学実験圃場内のビニルハウスにおいて行った。ハウス内の土壌を3分画し、それぞれに樹液精油を10aあたり0kg(0kg区)、1.5kg(1.5kg区)、3.0kg(3.0kg区)施用した。ホウレンソウ品種「ジョーカーセブン」を育苗し、8月2日に畝間25cm、株間10cmで1点2株になるようそれぞれの区に移植した。移植後の各区の苗をさらに3分画し、それぞれに400ppmの樹液精油を毎週葉面散布する(多散布)、隔週散布する(少散布)、散布しない(無散布)という葉面散布処理を施した。移植31日後にホウレンソウを収穫し、1点あたりの収量を計測した。分散分析の結果、収量に対する土壌施用、葉面散布施用、およびそれらの相互作用の全ての効果が認められた。土壌施用の効果については、1.5kg/10a量以上の樹液精油を施用することによって、無施用の場合よりも収量が高くなることが示された。葉面散布施用の効果については、400ppm濃度の樹液精油を7日おきに葉面散布することで、無散布の場合よりも収量が高くなることが示された。土壌施用と葉面散布施用の組み合わせで最も収量が高かったのは、1.5kg/10a—多散布の組み合わせで、生重量は42.2gと樹液精油を全く施用しなかった0kg区—無散布の28.3gに比べ約5割も高くなった。また、樹液精油の施用によるホウレンソウの葉の成分に及ぼす効果を調べるため、収穫後の葉身の硝酸還元酵素の活性、硝酸イオン含有量、および糖含有量を計測した。硝酸還元酵素の活性は、樹液精油を葉面散布により施用することで低下した。一方、えぐみの原因のひとつとされる硝酸イオンの含有量は、樹液精油を施用しても変化しなかった。糖含有量は葉面散布施用の回数が多いほど高くなった。しかし、この糖含有量の変化は人が味覚として感知できる水準のものではなかった。本研究結果から、夏ホウレンソウの栽培において、マツ科樹木の樹液精油は収量の改善に効果的であると考えられた。

キーワード：夏ホウレンソウ、マツ科樹木、樹液精油、土壌施用、葉面散布

¹ 帯広畜産大学地域環境学研究部門

² 帯広畜産大学環境農学ユニット

³ 大朗物産有限公司

¹ Department of Agro-environmental science, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine

² Agro-Environmental Science Unit, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine

³ Tairo Bussan Limited Company

連絡先：秋本正博、akimoto@obihiro.ac.jp

1. 緒言

ホウレンソウ (*Spinacia oleracea*) はアカザ科の葉野菜で、2011年には我が国で国民ひとりあたり年間約1.2kgが消費されている(農林水産省統計データ URL: <http://www.maff.go.jp/j/tokei/>)。ホウレンソウは生長の適温が15～20℃と比較的冷涼な気候を好むため、その栽培はもっぱら早春か秋に播種することで行う。一般的に25℃を上回る気温では生育が抑制されてしまうことから(小島 1999)、本州以南ではホウレンソウを夏期に栽培することが難しい。そのため、夏期にはホウレンソウの市場への供給量が低下してしまう。一方、北海道では夏の気候が比較的冷涼であるため、例外的に夏期のホウレンソウ生産が行われている。この北海道産の夏ホウレンソウは、供給量との関係で、とても高値で取引されるため、生産者からも注目されている。しかしながら、近年は北海道でも真夏に最高気温が25℃を超える日が続く(帯広測候所 URL: <http://www.jma-net.go.jp/obihiro/>)、北海道の夏期の気候条件が冷涼な環境を好むホウレンソウにとって必ずしも良好とは言えなくなってきた。実際に、夏期の猛暑により北海道においても夏ホウレンソウの収量や品質が低下し、生産が不安定になるという問題がでてきている(大橋 2002)。

植物には自身が作り出す化学物質を放出することで、他の植物の生長を抑制または促進する能力、すなわち他感作用がある。例えば、クレスの種子は発芽にともないレボジモイドを放出する。そのため、混植された周辺植物はこの物質の作用を受け、茎葉部の生長が促進される(松山ら 2005)。また、他感作用の現れ方は、作用する化学物質の濃度や作用を受ける植物の種類によって異なる。例えば、ムクナ (*Mucuna pruriens*) はレドーパを産生し、放出するが、これをトウモロコシが0.1 μMの低濃度で吸収すると、全冠根の伸長が促進され、逆に0.5 μM以上の高濃度で吸収すると、全冠根の伸長が抑制される(松尾ら 2003)。他方、マツ科樹木は、針葉を落下させることで、それに含まれる物質を環境へと放出している。アカマツの落葉を集め、人為的に果樹園の土壌を被覆する

よう散布すると、一年生雑草の発生が抑制され、多年草雑草のチガヤの生育が促進される(松本ら 1999)。これはアカマツの落葉から放出された物質が近隣の雑草種に対して異なる他感作用を及ぼした結果と考えられる。

一方、これまでの研究により、マツ科樹木の樹液から精製される精油を作物に施用することによって、生長促進や食味向上の効果が得られることが明らかになっている。例えば、土壌にマツ科樹木の樹液精油を5kg/10a施用することで、暑夏期に栽培したトマトの糖度をおよそ1%も向上させられるほか、生育量を20%近くも高められた(工藤ら 2009)。また、田植え時の水田にマツ科樹木の樹液精油を1.5kg/10a施用することで、イネの収量を約15%も増加でき、食味に関しても甘みを高めるなどの効果が得られた(岩切ら 2012)。このマツ科樹木の樹液精油を利用することにより、真夏の高温条件下でしばしば生じるホウレンソウの収量や品質の低下を改善できるのであれば、今後北海道における夏ホウレンソウの栽培がより円滑なものになると期待される。そこで、本研究ではマツ科樹木の樹液精油を夏ホウレンソウに施用することで、その後の生長にどのような影響が生じるのか検証した。

マツ科樹木の樹液精油の施用方法には、精油を土壌に混和する土壌施用と、希釈した精油を植物の葉に散布する葉面散布施用の2通りが挙げられる。トマトやイネを用いた上記の先行研究では、マツ科樹木の樹液精油を土壌に施用することにより対象作物へと供給した。しかし、今回供試する夏ホウレンソウは栽培期間が約1カ月と、トマトやイネの栽培期間(4～6ヵ月)に比べて短い。そのため、土壌施用により樹液精油を供給しようとしても、植物体はその成分を十分に吸収できないことが想定される。このことから、本研究ではホウレンソウに対して、マツ科樹木の樹液精油を土壌施用だけではなく、葉面散布施用によっても供給することとした。そして樹液精油の施用方法や施用量の違いにより、夏ホウレンソウの収量や葉の成分がどのように変化するか調査した。なお、本研究は帯広畜産大学と大朗物産有限会社による共同研究(K13021)のもと執り行われた。

2. 材料および方法

2-1. 供試材料

本研究には検定作物として、トキタ種苗のハウレンソウ品種「ジョーカーセブン」を供試した。ジョーカーセブンは耐暑性に優れフザリウム萎凋病に対する耐病性も高い、夏ハウレンソウの代表的な品種である。

マツ科樹木の樹液精油（以降、「樹液精油」と表記）として市販のテレピン油を用いた。なお、このテレピン油は、北アメリカとオセアニアに自生する複数種のマツ科樹木の樹液を混合し、蒸留することで得られた精油である。主成分としては、 α -ピネンを96.6%、 β -ピネンを1.3%、カンフェンを2.0%含んでいる。この樹液精油を効果的に土壤に施用するために、あらかじめ樹液精油を5%比になるようにゼオライトに染み込ませた粒剤を作製した（樹液精油粒剤）。また、葉面散布施用を効果的に行うため、樹液精油を400ppmの濃度になるよう界面活性剤とともに水和希釈した液剤を調製した（樹液精油液剤）。なお、これら粒剤と液剤における樹液精油の含量は、これまでの先行研究を参考に決定した（工藤ら2009；岩切ら2012）。

2-2. 圃場栽培試験

試験は帯広畜産大学の試験圃場に建てたビニルハウス内で行った。夏期にビニルハウス内でハウレンソウを栽培する本来の目的は、降雨による過剰な水分摂取を防ぐためと直射日光を遮光するためである。それをふまえ、本試験では天蓋部のみをポリオレフィンフィルムと50%遮光ネットで被覆したビニルハウスを用いた。

ビニルハウス内の作土は淡色黒ボク土で、試験前の化学性状はpHが6.2、CECが20.5cmol、ECが0.7mS/cmであった。この土壤に基肥として窒素9kg/10a、リン酸15kg/10a、およびカリウム8kg/10aを施用した。また、pH調整剤として炭酸カルシウムを50kg/10a施用した。

ハウレンソウを栽培するビニルハウス内の作土スペースを3つの試験区に分け、それぞれに以下の要領で樹液

精油を土壤施用した。ひとつめの試験区には、ゼオライトを60kg/10a相当量になるよう土壤に混和した。2つめの試験区には、ゼオライトと前出の樹液精油粒剤をそれぞれ30kg/10a相当量になるよう土壤に混和した。そして3つめの試験区には、樹液精油粒剤を60kg/10a相当量になるよう土壤に混和した。この処理により、それぞれの試験区の土壤には樹液精油が0kg、1.5kg/10a、および3.0kg/10a相当量施用されたことになる。以降、それぞれの試験区を便宜上0kg区、1.5kg区、および3.0kg区と表記する。

2013年7月22日に、ジョーカーセブンの種子を、育苗用倍土を充填した15号規格のペーパーポットに播種した。11日後の8月2日、卵形葉展開期の苗を、樹液精油の土壤施用を行った上記の3試験区へ畝間25cm、株間10cmの密度で移植した。そして、移植7日後の8月9日に1株あたり2個体になるよう間引きを行った。収穫予定日を移植31日後の9月2日とし、その間のハウレンソウの栽培管理は慣行法に従った。

栽培期間中、移植した株に対し以下の方法により樹液精油の葉面散布施用を行った。移植した株を試験区ごとにそれぞれ3つの群に分けた。ひとつめの群に対しては、蒸留水を葉面へ散布した。散布を行った日と散布量は、移植翌日の8月3日に100mL/m²、8月10日に250mL/m²、8月17日に300mL/m²、8月24日に350mL/m²、そして8月31日に400mL/m²とした。2つめの群に対しては、樹液精油液剤と蒸留水を交互に葉面へ散布した。樹液精油液剤の散布を行った日と散布量は、移植翌日の8月3日に100mL/m²、8月17日に300mL/m²、そして8月31日に400mL/m²、蒸留水の散布を行った日と散布量は、8月10日に250mL/m²と8月24日に350mL/m²とした。3つめの群に対しては、樹液精油液剤のみを葉面へ散布した。散布を行った日と散布量は、移植翌日の8月3日に100mL/m²、8月10日に250mL/m²、8月17日に300mL/m²、8月24日に350mL/m²、そして8月31日に400mL/m²とした。以降、それぞれの葉面散布施用を行った群を便宜上、無散布、少散布、多散布と表記する。

収穫は、移植点ごとにハウレンソウの主根を地際で切

り取ることにより行った。それぞれの土壌施用法と葉面散布法の組み合わせにつき 16 株ずつ収穫を行った。収穫後 5 分以内に株の生重量を計測することで収量を評価した。

2-3. 葉の硝酸還元酵素活性、硝酸イオン含有量、および糖含有量の測定

収穫時のホウレンソウの葉の硝酸還元酵素活性、および葉身に含まれる硝酸イオン含有量と糖含有量を測定した。それぞれの施用法組み合わせについて収穫した個体から任意に 12 個体を選び、それらの最頂葉を採集した。硝酸還元酵素活性の測定は甲斐と岡崎 (2003)、および前田ら (2009) の呈色法に従い行った。なお、葉からの硝酸還元酵素の抽出は、収穫直後の葉 250mg を抽出緩衝液 (50mM-TrisCl, 3mM-EDTA, 5mM-DTT, 1 μ M-Leupeptin, 1%-Casein, pH7.8) 1ml 中で磨砕し、その上澄液を得ることにより行った。また、本研究における酵素活性量は、硝酸還元酵素が 1 分間に 1 μ M の硝酸を亜硝酸へと還元する触媒力を 1unit とすることにより表した。

硝酸イオン含有量の測定は、Cataldo 法 (Cataldo et al. 1975) に従い行った。また、糖含有量の測定は、デジタル糖度計 PAL-1 (株式会社 アタゴ) を用い brix 値を求めることで行った。なお、両含有量を測定するためのサンプルは、以下の方法に従い調製した。収穫直後の葉をすぐに電子レンジに 3 分かけ、葉細胞内の酵素を失活させた。その後、70°C に設定した通風乾燥器内で乾燥させ、マルチピーズショッカー (安井器械株式会社) で粉砕した。粉砕した葉 5mg に脱イオン水 1ml を加え懸濁させた後、50°C に設定したヒートブロックで 1 時間加温した。この懸濁液を 10000rpm で 5 分間遠心分離し、得られた上澄液を測定のためのサンプル液とした。

2-4. 統計処理

ホウレンソウの収量、硝酸還元酵素活性、硝酸イオン含有量、および糖含有量の測定値の分布は全て正規性を示した。それぞれのデータに対し、樹液精油の土壌施用と葉面散布施用の効果を変動要因とした二元分散分析を

行った。土壌施用あるいは葉面散布施用について、効果が認められた場合には、その変動要因の処理水準間における値の差を最小有意差法により検定した。統計解析には Microsoft Excel 2007 (©Microsoft Office)、および IBM SPSS Statistic Base Ver.22.0 (日本アイ・ピー・エム株式会社) を用いた。

3. 結果および考察

3-1. 樹液精油の土壌施用、および葉面散布施用による収量の変化

ホウレンソウ栽培期間中 (8 月 2 日～9 月 2 日) の平均最高気温は 25.6°C、平均最低気温は 17.6°C、そして日平均気温は 20.8°C であった。帯広市における近年 30 年間の同期間の平均最高気温は 25.2°C、平均最低気温は 16.4°C、そして日平均気温は 20.2°C であることから (帯広測候所 URL: <http://www.jma-net.go.jp/obihiro/>)、今回の栽培試験はおおよそ平年並みの夏期の気候のもとに行えたことになる。なお、本試験では遮光を施したビニルハウス内でホウレンソウの栽培を行った。そのため、実際の栽培は外気の気温よりも 1～2°C 低い環境の中で行ったことになる。この環境のもと、ホウレンソウは良好に生育を行い予定通り 9 月 2 日に収穫を行うことができた。

収穫したホウレンソウの収量を表 1 に表した。ホウレンソウの収量に対する 2 元分散分析の結果、樹液精油の土壌施用、葉面散布施用、および相互作用の全ての効果が認められた。

0kg 区、1.5kg 区、および 3.0kg 区における、すべての葉面散布群を通じた平均収量は、それぞれ 32.2 \pm 9.1g/株、36.0 \pm 9.3g/株、および 36.0 \pm 8.5g/株となった。樹液精油を施用した 1.5kg 区と 3.0kg 区の値が無施用の 0kg 区の値よりも明らかに高かった。1.5kg 区と 3.0kg 区の平均収量の間には大きな差は認められず、それぞれ 0kg 区の値と比較しおよそ 1.1 倍の値であった。葉面散布による施用を行わず、土壌施用のみの手段で樹液精油をホウレンソウに与えた場合 (葉面散布群が無散

表1. 樹液精油の土壌施用、および葉面散布施用によるハウレンソウの収量の変化。最小有意差法による事後検定の結果、5%水準で値に差が認められたもの間には異なる文字を記した。

| 土壌施用 | N | 葉面散布施用 | | | 土壌施用平均 |
|----------|----|--------------|--------------|---------------|--------------|
| | | 無散布 | 少散布 | 多散布 | |
| 0kg区 | 16 | 28.3 ± 7.6 | 31.4 ± 5.9 | 36.8 ± 11.2 | 32.2 ± 9.1 x |
| 1.5kg区 | 16 | 31.7 ± 5.5 | 34.3 ± 6.8 | 42.2 ± 11.6 | 36.0 ± 9.3 y |
| 3.0kg区 | 16 | 36.8 ± 9.3 | 35.8 ± 9.7 | 35.3 ± 6.7 | 36.0 ± 8.5 y |
| 葉面散布施用平均 | | 32.3 ± 8.2 a | 33.8 ± 7.7 a | 38.1 ± 10.3 b | |

布)、施用量が0kg/10a、1.5kg/10a、3.0kg/10aと多くなるに従い収量が高くなった。つまり土壌施用のみを行う場合には、3.0kg/10a量までの範囲でより多くの樹液精油を与えるほど高い生長改善効果を得られることが分かった。

無散布、少散布、および多散布を行った群におけるすべての土壌施用区を通じた平均生重量は、それぞれ32.3 ± 8.2g/株、33.8 ± 7.7g/株、および38.1 ± 10.3g/株となった。多散布の値は、無散布や少散布の値に比べて明らかに高く、無散布の株の値と比較しおよそ1.2倍となった。無散布と少散布の間には平均収量の大きな差が認められなかった。葉面散布のみ的手段で樹液精油をハウレンソウに与えた場合(土壌処理区が0kg区)、無散布、少散布、多散布と葉面散布を行う回数が増えるに従い収量が高くなった。つまり、葉面散布のみを行う場合には、400ppm濃度の液剤を7日おきに散布する施用量までは、より多くの樹液精油を与えるほど高い生長改善効果を得られることが分かった。

土壌施用と葉面散布施用の組み合わせによりハウレンソウの収量を比較すると、全ての組み合わせの中で1.5kg区-多散布の場合に最も高い値(42.2 ± 11.6g)となった。これは樹液精油の施用が全く行われておらず、慣行栽培と同じ条件である0kg区-無散布の値(28.3 ± 7.6g)に比べ約1.5倍も高かった。これに対し、1.5kg区-多散布の処理組み合わせよりも多量の樹液精油を施用した3.0kg区-多散布では、1.5kg区-多散布よりも収量が低くなってしまった。

本研究で用いた樹液精油は成分として α -ピネンを約96.6%含んでいる。山室ら(2010)は、この α -ピネンを単体でトマトに与えることにより樹液精油を施用したときと同様の生長促進効果が得られることを明らかにし、樹液精油の主要な作用物質は α -ピネンであると推測した。ハウレンソウにおいても、樹液精油に含まれる α -ピネンが生長を促進させる作用物質になっていると推測される。一方、 α -ピネンには、高濃度で作用させることによりバクテリアや腫瘍細胞の増殖を抑制する効果がある(da Silva et al. 2012; Aydin et al. 2013)。植物においても、樹液精油を過剰に与えることで却ってその生長量が低下してしまう場合があり(永田 2010)、これも α -ピネンの供給過多による生長抑制効果と考えられている。ハウレンソウに対して樹液精油を3.0kg/10a量の土壌施用と、7日おきの葉面散布の組み合わせにより施用した場合も、結果的に α -ピネンの供給量が生長改善のための最適量を上回ってしまい、却って効果が劣ってしまったのではないかと考えられる。

本研究の試験結果から、ハウレンソウの収量を効果的に改善するには、土壌施用と葉面散布施用の組み合わせで樹液精油を施すのがよいと考えられた。また、土壌施用、あるいは葉面散布施用による単独の処理でもハウレンソウの収量を改善できることが示された。ただし、土壌施用と葉面散布施用の組み合わせで施すか、あるいは単独の手段で施すかにより、それぞれの処理における樹液精油の最適な施用量が異なることも明らかになった。

3-2. ホウレンソウの葉の硝酸還元酵素活性、硝酸イオン含有量、および糖含有量

硝酸イオンは、シュウ酸とともにホウレンソウのえぐみの原因になる物質である。また、多量に摂取した場合に健康を害する可能性があるため、その低減化が求められている。硝酸還元酵素は、硝酸イオンを亜硝酸へと還元するはたらきをもち、植物体内における硝酸態窒素の蓄積を抑制している。したがって、硝酸還元酵素の活性を高めることができれば、ホウレンソウ葉中の硝酸イオンの低減につながると考えられる。

収穫時のホウレンソウの葉における硝酸還元酵素の活性を表2に示した。硝酸還元酵素の活性に対する2元分散分析の結果、葉面散布施用の効果のみが認められた。無散布、少散布、および多散布を行った群におけるすべての土壌施用区を通じた平均値は、それぞれ $4.0 \pm 0.2 (\times 10^{-3})$ unit、 $3.1 \pm 0.5 (\times 10^{-3})$ unit、 $2.6 \pm$

$0.2 (\times 10^{-3})$ unit となり、無散布、少散布、多散布の順に値が低くなった。無散布の値と比較し、少散布と多散布の酵素活性はそれぞれおよそ0.7倍と0.5倍であった。樹液精油を施用することで、却って硝酸還元酵素の活性を低下させてしまう結果となった。一方、ホウレンソウの硝酸イオン含有量に対して2元分散分析を行ったところ、土壌施用、葉面散布施用、およびそれらの相互作用のいずれの効果も認められなかった(表3)。樹液精油の施用により硝酸還元酵素の活性が変化したにもかかわらず、処理間で葉中の硝酸イオン含有量に大きな差は認められなかった。硝酸還元酵素の活性には日周変動があり、光条件や温度条件によってその活性が変化することが知られている(壇ら 2005、2014)。本研究では、すべてのホウレンソウを午前10時に収穫し、分析へと供試した。今後は異なる時間帯に収穫されたホウレンソウの硝酸還元酵素活性や硝酸イオン含有量の測定を行い、樹液精油

表2. 樹液精油の土壌施用、および葉面散布施用によるホウレンソウの硝酸還元酵素活性 ($\times 10^{-3}$ unit) の変化。酵素活性量は、硝酸還元酵素が1分間に1 μ Mの硝酸を亜硝酸へと還元する触媒力を1unitとすることにより表した。最小有意差法による事後検定の結果、5%水準で値に差が認められたもの間には異なる文字を記した。

| 土壌施用 | N | 葉面散布施用 | | | 土壌施用平均 |
|----------|----|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| | | 無散布 | 少散布 | 多散布 | |
| 0kg区 | 12 | 3.7 \pm 1.5 | 2.6 \pm 0.8 | 2.3 \pm 0.8 | 3.8 \pm 0.7 |
| 1.5kg区 | 12 | 4.1 \pm 1.4 | 3.1 \pm 1.3 | 2.7 \pm 0.5 | 3.3 \pm 0.7 |
| 3.0kg区 | 12 | 4.1 \pm 1.3 | 3.6 \pm 1.4 | 2.7 \pm 0.8 | 3.4 \pm 0.7 |
| 葉面散布施用平均 | | 4.0 \pm 0.2 a | 3.1 \pm 0.5 b | 2.6 \pm 0.8 c | |

表3. 樹液精油の土壌施用、および葉面散布施用によるホウレンソウの硝酸イオン含有量 (μ g-N/mg) の変化。

| 土壌施用 | N | 葉面散布施用 | | | 土壌施用平均 |
|----------|----|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 無散布 | 少散布 | 多散布 | |
| 0kg区 | 12 | 1.7 \pm 3.4 | 1.4 \pm 1.9 | 1.7 \pm 1.8 | 1.6 \pm 2.5 |
| 1.5kg区 | 12 | 2.7 \pm 1.4 | 1.6 \pm 1.6 | 2.1 \pm 2.2 | 2.1 \pm 7.9 |
| 3.0kg区 | 12 | 2.6 \pm 7.7 | 1.6 \pm 1.9 | 2.4 \pm 1.4 | 2.1 \pm 4.6 |
| 葉面散布施用平均 | | 2.3 \pm 9.1 | 1.6 \pm 1.7 | 1.9 \pm 1.8 | |

の効果を再検証する必要があると考えられる。

ハウレンソウの葉の糖含有量を表4に示した。ハウレンソウの糖含有量に対する2元分散分析の結果、葉面散布の効果のみが検出された。無散布、少散布、および多散布を行った群におけるすべての土壌施用区を通じた平均糖含有量は $1.1 \pm 0.1\%$ 、 $1.2 \pm 0.1\%$ 、 $1.2 \pm 0.1\%$ となった。少散布と多散布の値は無散布の値と比較して高くなる傾向を示した。少散布と多散布の値は無散布の値と比較しともにおよそ1.1倍であった。

収穫したハウレンソウを用いて帯広畜産大学の学生5名を被験者に食味検査を行ったところ、甘みに関する評価と樹液精油の施用量との間に明瞭な関連性を認めることができなかった（データ不掲載）。樹液精油の葉面散布施行を行うことでハウレンソウの糖含有量を改善できたが、その変化は人が味覚で判断できる水準ではなかった。

4. 結語

本研究の結果から、ハウレンソウに土壌施用、あるいは葉面散布施用によってマツ科樹木の樹液精油を与えることで、夏期の高温条件下においても収量を改善できる可能性が示唆された。マツ科樹木の樹液精油を活用することにより、夏ハウレンソウの高温障害を軽減できるものと期待される。本研究では、おおよそ平年並みの夏期気候条件下で栽培試験を行うことができた。しかし、近年の北海道では夏期の気候が不規則に高温となること

が多い。例えば、2010年の夏は猛暑となり、8月の帯広市の日平均気温は 23.4°C であった。この気温は、ここ20年間の8月の日平均気温 20.2°C と比べ、 3°C 以上も高かった（帯広測候所 URL: <http://www.jma-net.go.jp/obihiro/>）。このような高温下であっても、マツ科樹木の樹液精油がハウレンソウに対して効果的に生長促進作用を及ぼすことができるのか、今後異なる年次で同様の試験を行い確認する必要があると考えられる。また、本研究では強耐暑性品種であるジョーカーセブンを供試した。ジョーカーセブンよりも耐暑性が劣る品種を用いた場合の効果についても検証が必要と思われる。

一方、本研究においては、樹液精油の施用によるハウレンソウの食味改善効果は認められなかった。今後は、収量の改善とともに食味の改善を図れるような樹液精油の施用法を模索していく必要があると考えられる。

参考文献

- Aydin, E., Turkez, H., Geyikoglu, F. 2013. Antioxidative, anticancer and genotoxic properties of alpha-pinene on N2a neuroblastoma cells. *Biologia* (68) 1004-1009
- Cataldo, D. A., Haroon, M., Schrader, L. E., Youngs, V. L. R. 1975. Colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Soil Science and Plant Analysis* (6) 71-80

表4. 樹液精油の土壌施用、および葉面散布施用によるハウレンソウの糖含有量 (Brix%) の変化。最小有意差法による事後検定の結果、5%水準で値に差が認められたもの間には異なる文字を記した。

| 土壌施用 | N | 葉面散布施用 | | | 土壌施用平均 |
|----------|----|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| | | 無散布 | 少散布 | 多散布 | |
| 0kg区 | 12 | 1.0 ± 0.1 | 1.2 ± 0.1 | 1.3 ± 0.1 | 1.2 ± 0.1 |
| 1.5kg区 | 12 | 1.1 ± 0.1 | 1.1 ± 0.2 | 1.2 ± 0.1 | 1.1 ± 0.2 |
| 3.0kg区 | 12 | 1.0 ± 0.2 | 1.1 ± 0.2 | 1.2 ± 0.1 | 1.1 ± 0.2 |
| 葉面散布施用平均 | | 1.0 ± 0.1 a | 1.2 ± 0.1 b | 1.3 ± 0.1 b | |

- 壇和宏、大和陽一、今田成雄. 2005. 光強度および赤色光 / 遠赤色光比の違いがコマツナの硝酸イオン濃度および硝酸還元酵素活性に及ぼす影響. 園芸学研究 (4) 323-328
- 壇和宏、大和陽一、今田成雄. 2014. コマツナの硝酸イオン濃度および硝酸還元酵素活性に及ぼす生育温度の影響. 園芸学研究 (13) 41-46
- da Silva, A. C. R., Lopes, P. M., de Azevedo, M. M. B., Costa, D. C. M., Alviano, C. S., Alviano, D. S. 2012. Biological activities of alpha-pinene and beta-pinene enantiomers. *Molecules* (17) 6305-6316
- 岩切日香里、本多博一、徳橋和也、丸一徹、秋本正博. 2012. マツ科樹液精油の水田施用によるイネの生長・収量改善効果. 日本育種学会・日本作物学会北海道談話会会報 (53) 3-4
- 甲斐尚和、岡崎恵視. 2003. 鍾乳体の生理学的役割—葉における硝酸還元に伴う pH 上昇抑制機能の可能性—. 東京学芸大学紀要. 第4部門 (55) 201-212
- 工藤悠、本多博一、徳橋和也、秋本正博. 2009. マツ科樹木の樹液の施用がトマトの生長と食味におよぼす影響. 日本育種学会・日本作物学会北海道談話会会報 (50) 17-18
- 小島篤志. 1999. 営農の手引き. 大雪地区農業改良普及センター報別冊
- 前田真一、上坂一馬、小俣達男. 2009. 硝酸還元酵素及び亜硝酸還元酵素の活性測定. 低温科学 (67) 175-177
- 松本典子、弦間洋、中谷敬子、藤井義晴. 1999. マツ葉の他感作用のポット試験による検証と果樹園雑草管理への利用. 雑草研究 (38S) 184-185
- 松尾光弘、平井浩二、内田好則. 2003. 南九州において栽培したムクナ (*Mucuna pruriens* (L.) DC. var. *utilis*) のアレロパシー評価. 宮崎大学農学部研究報告 (49) 79-87
- 松山宏美、Jabeen Riffat、長谷川剛、山田小須弥、繁森英幸、長谷川宏司. 2005. アベナ発芽種子から放出される促進的アレロパシー物質. 植物化学調節学会報 (40S) 54
- 永田智子. 2010. マツ科樹木の産生する二次代謝物質が示す他感作用力の検定と作物栽培への応用. 帯広畜産大学修士論文
- 大橋真信. 2002. 春—夏播きホウレンソウ品種. 牧草と園芸 (50) 14-16
- 山室佳央里、本多博一、徳橋和也、秋本正博. 2010. トマトの生育および食味に対する α -ピネンと β -ピネン施用の効果. 日本育種学会・日本作物学会北海道談話会会報 (51) 63-64

Abstract

Effectivity of the application of pine sap essential oil (turpentine) on the yield and eating-quality of summer spinach was tested. Shoots of spinach (var. Joker-Seven) were transplanted to the PVC greenhouse built at the experimental farm of Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine in August-2nd, 2013. The cultivated site in the greenhouse was divided into three plots, to which turpentine was broadcasted to the soil by the rate of 0kg/10a, 1.5kg/10a, and 3.0kg/10a, respectively. Plants in the each plot were further divided into three groups, to which 400ppm turpentine was sprayed on the leaves at no time, 14days intervals, and 7days intervals, respectively. The plants were harvested 31days after transplanting, and then, the yield was recorded by measuring their fresh weight. ANOVA detected the effects of soil broadcasting, foliar spray, and their interaction on the yield of spinach. The yield of spinach tended to be higher when the rate of turpentine application to the soil was more than 1.5kg/10a. Also, turpentine spray in 7days intervals improved the yield effectively. The highest yield was found when the turpentine was applied by soil broadcasting at the rate of 3.0kg/10a along with the foliar spray in 7days intervals. The yield of spinach with this combined application was approximately 1.5 times higher than that of spinach

grown conventionally. Nitrate ion content in the leaves did not change by the application of turpentine. Sugar content in the leaves was increased by the turpentine foliar spray, however, the degree of change was slight and imperceptible to the tongue. Suggestively, application of turpentine is effective in the improvement of the yield in summer spinach.

Keywords : summer spinach, pine, turpentine, soil broadcasting, foliar spray