

未利用資源の有効活用

山本 実奈 佐々木 碧子

1. 概要

竹パウダー、醤油粕は肥料としての利用を示唆されている未利用資源である。それらを肥料として利用するために、植物に対する効果をアブラナ科の植物を用いて調べた。結果、竹パウダー、醤油粕ともに植物に対して成長促進効果があった。竹パウダーは土壌改良剤や元肥として培養土の質量に対して 10%程の量を土に混ぜ込む方法、醤油粕は元肥として培養土の質量に対して 1%程度の量を粗く砕き土に混ぜ込む方法、あるいは、追肥として培養土の質量に対して 1%程度の量を粉末状にし、土の上にかける方法が効果的であると考えた。

2. 研究目的

私たちが 1 年生だった頃、先輩方の研究で竹パウダーの肥料としての利用方法についてのものがあり(参考文献 1)、竹パウダーに興味をもった。竹パウダーについて調べてみると、近年、全国の里山で竹林の拡大により、生物多様性の低下や里山の景観が失われるなどの問題がおこっている。香川県も例に漏れず、モウソウチクを中心とした放置竹林の拡大が問題となっている(参考文献 2)。そのため、竹炭、竹酢液、竹塩などさまざまな方法での利用が期待されている。竹パウダーはその内の 1 つで、良質な竹を選別し切り出した翌日に専用の粉砕機にかけて作られる(参考文献 3)。竹パウダーは、ブドウ科のデラウェアを用いた研究で、土壌の表面に約 3cm 施肥したところ土壌水分の保持に有効であり、果実品質を高める可能性が示唆された(参考文献 4)。プランターや鉢での栽培で使用する場合、土に対して 1 割程度混ぜるだけでよいことが示唆された(参考文献 5)。また、香川県小豆島の特産品は醤油である。醤油の製造過程で必ず出てくる搾りかすの醤油粕は平成 13 年 5 月に施行された食品リサイクル法により、食品廃棄物の減量が義務付けされた。また、醤油粕は、多量の塩類を含んでおり、焼却するとダイオキシンを発生させる恐れがあるため、焼却や投棄によらない処理方法が求められている。醤油粕は醤油屋近隣の農家で肥料として使われている。しかし、醤油粕が作物に対してどのように作用するかはわかっていない。醤油粕については、醤油粕 1g は水分を約 5g 保持する優れた保水効果を持つことが示され、さらに、キク科のサニーレタスを用いた研究では 1/5000a ポットの場合、水洗いした醤油粕 5g あるいは 25g の添加は養分の供給と優れた保水機能をもつことが示唆された(参考文献 6)。

そこで私たちはこの 2 つの資源を肥料として利用するために植物に対する効果を調べることにした。

3. 研究方法

竹パウダー、醤油粕を植物に与え、先行研究では使われていないアブラナ科植物に対しての効果調べた。今回の実験では、個体数を多くするために成長の早いコマツナとラディッシュを使用した。

実験 1

目的

先行研究の竹パウダーと醤油粕の使用法の検証を行った。

仮説

竹パウダー > 醤油粕(水洗い有) > 対照区 > 醤油粕(水洗い無)の順番で大きく成長する。参考文献 5 と同様の使用方法をしたため竹パウダーを与えたコマツナが最も成長する。水洗いしていない醤油粕には塩分が多量に含まれており、成長しない。

実験方法

竹パウダーと醤油粕を使ってコマツナのプランター栽培を行った。

準備物は各肥料 264g (竹パウダー、水洗いした粉末状の醤油粕、水洗いしていない粉末上の醤油粕)、電子天秤、pH メーカー、培養土(赤玉土:バーミキュライト=7:2)、プランター、ミキサー、コマツナの種である。

1. 醤油粕を水洗いし塩分を除去したもの、水洗いをしていないものの 2 種類用意する。水洗いした醤油粕は自然乾燥させる。
2. 肥料の形状をそろえるためにミキサーを使って醤油粕を粉末状にする。
3. 赤玉土とバーミキュライトを体積比 7:2 で混ぜ、それを培養土とする。

4. 各肥料 2 つずつ、培養土のみの対照区は 1 つプランターを用意する。
5. 培養土 2640g に対し質量比 1 割の 264g の肥料を電子天秤で測り、培養土に混ぜ込む。
6. コマツナをプランターに植え、発芽してから 10 日後に間引きをし、各プランターのコマツナを 20 本ずつにそろえる。
7. 8/1~8/25 の 25 日間栽培し、水やりは朝、夕方に 300ml ずつ与えた。
8. 収穫した後、プランターの土の pH を計測した。

実験 1-2 保水力の実験

目的

実験 1 で、醤油粕を与えたコマツナが枯れた理由と醤油粕を与えた土の状態が悪かった原因を調べるために竹パウダー、粉末状の醤油粕、親指の爪の大きさ程度に粗く砕いた醤油粕、培養土の保水力を調べた。醤油粕を粗く砕いた理由は粉末状の醤油粕より保水力が低いと考えたからだ。

実験方法

準備物は各試料 100ml(竹パウダー、粉末状の醤油粕、粗く砕いた醤油粕、培養土)、メスシリンダー、電子天秤、ペットボトルである。

1. メスシリンダーで試料 100mL の量を量る。
2. 電子天秤で試料 100mL あたりの質量を量る。
3. ペットボトルの重さを量る。
4. ペットボトルに試料を入れ、全体の質量を量る。
5. 試料全体がまんべんなく濡れるように水をかける。
6. 水がしたたり落ちてきたら水をかけるのをやめ、水がしたたり落ちなくなるのを待つ。
7. 水がしたたり落ちてこなくなったら、もう一度全体の質量を量る。
8. 実験した後の質量から実験する前の質量を引く。

実験 2

目的

実験 1 の肥料を改良し、醤油粕が肥料として使えるかの検証と、竹パウダーと醤油粕の混合肥料の効果を調査した。

実験方法

準備物は各肥料 30g(竹パウダー、粗く砕いた醤油粕、混合肥料(竹パウダー：醤油粕=1：1))、電子天秤、培養土(赤玉土：バーミキュライト=7：2)、プランター、コマツナの種である。

1. 竹パウダーと醤油粕を質量比 1：1 で混ぜ、混合肥料を作る。
2. 電子天秤で各肥料の質量を測り取る。
3. 各肥料 2 つずつ、培養土のみの対照区は 1 つプランターを用意する。
4. コマツナの本葉が 1 枚出たときに間引きをし、肥料を 15g 与えた。
5. コマツナの本葉が 3 枚出たときに各プランター 10 本に間引きをし、15g の肥料を与えた。
6. 水やりは土の表面が乾いているときのみ、1 日 1 回行った。
7. 9/21~10/30 の 40 日間栽培した。
8. コマツナの本葉の生重量と乾重量を計測した。乾重量は乾燥機を使用し、85℃で 10 時間乾燥させたあと測定した。

実験 3

目的

畑で使用する場合、植物に対してどのような影響がでるか検証を行った。

実験方法

竹パウダー、醤油粕を使ってラディッシュの畑栽培を行った。

準備物は各肥料 45g(竹パウダー、粗く砕いた醤油粕、混合肥料)、電子天秤、畑、ラディッシュの種である。

1. 畑に4畝作り，ラディッシュを播種した。
2. 電子天秤で各肥料の質量を測り取った。
3. 本葉が4枚，5枚出たときに6cm～7cm間隔になるよう間引きし，16本にそろえた。
4. 間引きした後，肥料を与えた。与えた肥料の種類，水やりの仕方は実験2と同じである。
5. 肥料の量は1畝あたり45gとした。
6. 発芽した日を1日目とし，11/6～12/16の40日間栽培した。
7. ラディッシュの生重量，乾重量，葉の長さを測定した(図2，図3)。葉の長さはラディッシュの最も大きかった葉を1個体ずつ計測した。

実験4

目的

肥料としての効果が最も高くなる醤油粕の量を調査するために，ラディッシュのプランター栽培を実施した。

実験方法

準備物は醤油粕，電子天秤，プランター，ラディッシュの種である。

1. 醤油粕の質量を測り，粗く砕いた。
2. 約2640gの土に15g，30g，45g，60gの粗く砕いた醤油粕をかけた。
3. 間引きにより，1プランターに7本のラディッシュを栽培した。
4. 根腐れを防ぐために，水やりは土の表面が乾いているときのみ行った。
5. 生育が遅かったため，栽培期間を延ばし，発芽してから4/18～6/16の65日間栽培した。
6. ラディッシュの根の白いところと葉は切り落とし，実の生重量と乾重量を測定した。葉と根の白いところを切り落とし，ラディッシュの実のみの生重量と乾重量を1個体ずつ計測した。そのデータを元に箱ひげ図を作成した。

実験5

目的

醤油粕の適切な施肥方法を調べるために，施肥方法を変えて，ラディッシュの畑栽培を行った。

実験方法

準備物は醤油粕，電子天秤，畑，ラディッシュの種である。

1. 水洗いしない醤油粕を使用した。手でちぎって粗く砕いた醤油粕と，ミキサーで粉末状にした醤油粕を肥料とした。
2. 次の4つの条件下で実験した。醤油粕は各畝に45gずつ施肥した。
 - ・粉状の醤油粕を土の表面にかける
 - ・粉状の醤油粕を土に混ぜ込む
 - ・粗く砕いた醤油粕を土の表面にかける
 - ・粗く砕いた醤油粕を土に混ぜ込む
3. 土の表面にかける場合は，発芽して本葉が出るまでは土のみで栽培し，ラディッシュの本葉が出てから追肥として与えた。混ぜ込む場合は，種を撒く前に元肥として土に混ぜ込んでおいた。
4. 根腐れを防ぐために水やりは土が乾いているときのみ行った。
5. 1畝につき18本のラディッシュを栽培した。
6. 発芽してから，4/26～5/30の35日間栽培した。
7. 葉と根の白いところを切り落とし，ラディッシュの実のみの生重量と乾重量を1個体ずつ計測した。

4. 結果

実験1-1

竹パウダーを混ぜ込んだプランターのコマツナと対照区のコマツナ40/40，20/20と収穫することができた。竹パウダーを混ぜ込んだ培養土で育てたコマツナは根が長く竹パウダーに絡まっていた。一方，粉状の醤油粕を混ぜ込んだプランターで育てたコマツナは水洗いをしたものも水洗いをしていないものも3/40，11/40と育ちが悪く根腐れを起こしていた。プランターの土は固く，コマツナの根は成長していなかった。培養土のpHは表1に示す通りであった。

表 1 実験 1 結果

	個体数	収穫できた数[個]	土の pH
竹パウダー	40	40	6.5
醤油粕(水洗い有)	40	3	7.0
醤油粕(水洗い無)	40	11	7.3
対照区	20	20	6.3~6.6

実験 1 - 2

結果を表 2 に示した。粉末状の醤油粕の保水力が最も大きかった。粉末状の醤油粕から親指の爪の大きさ程度に荒く砕いた醤油粕に変えることで保水力を土とほぼ同じ程度にまで下げることができるとわかった。次に大きかったのは竹パウダーだった。

表 2 実験 1-2 試料 100g あたりの保水力

	試料 100g あたりの水の質量[g]
竹パウダー	193.0
粉末状の醤油粕	224.9
荒い醤油粕	74.6
培養土	71.3

実験 2

コマツナ 1 本あたりの平均質量を棒グラフ (図 1) に表した。

混合肥料を与えたコマツナの生重量, 乾重量が 4 つのなかで最も大きかった。次いで醤油粕のコマツナが大きかった。竹パウダーを与えたコマツナは対照区と差異がなかった。

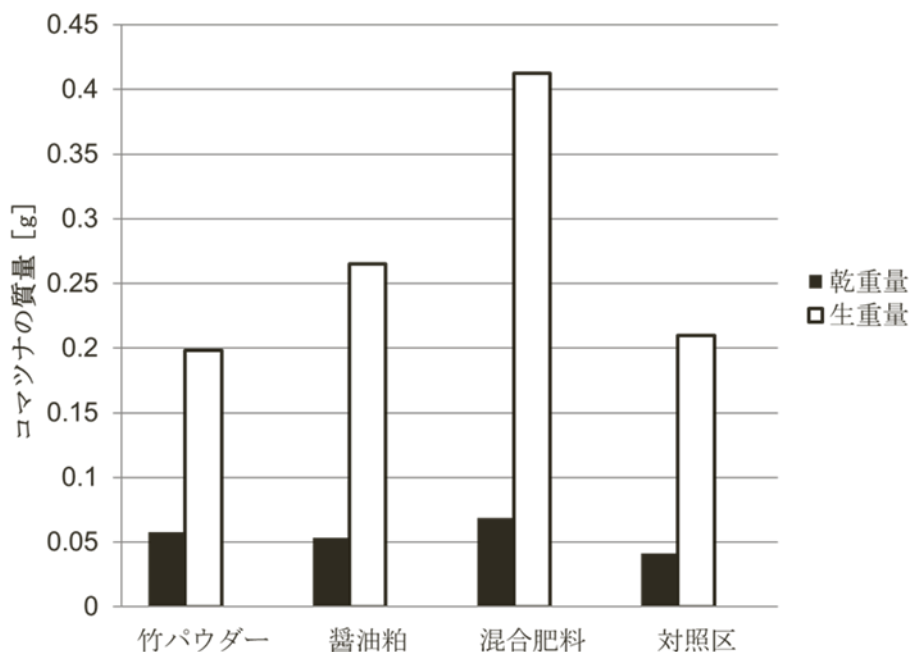


図 1 実験 3 コマツナ 1 本あたりの平均質量の比較

実験 3

ラディッシュの生重量, 乾重量, 葉の長さを測定し, グラフに表した(図 2, 図 3)。ラディッシュは全体的に小さかった。

竹パウダーを与えたラディッシュは葉の長さは対照区と差異がなかった。質量は対照区より小さかった。醤油粕を与えたラディッシュは混合肥料とともに, 対照区と比べて葉の大きさや生重量, 乾重量が大きかった。図 3 でこの 2 つの区画の葉の大きさを比較すると, ほとんど有意差はなかったが, 生重量は醤油粕を与えたものの方が混合肥料のものよりも大きかった。乾重量は差異がなかった。

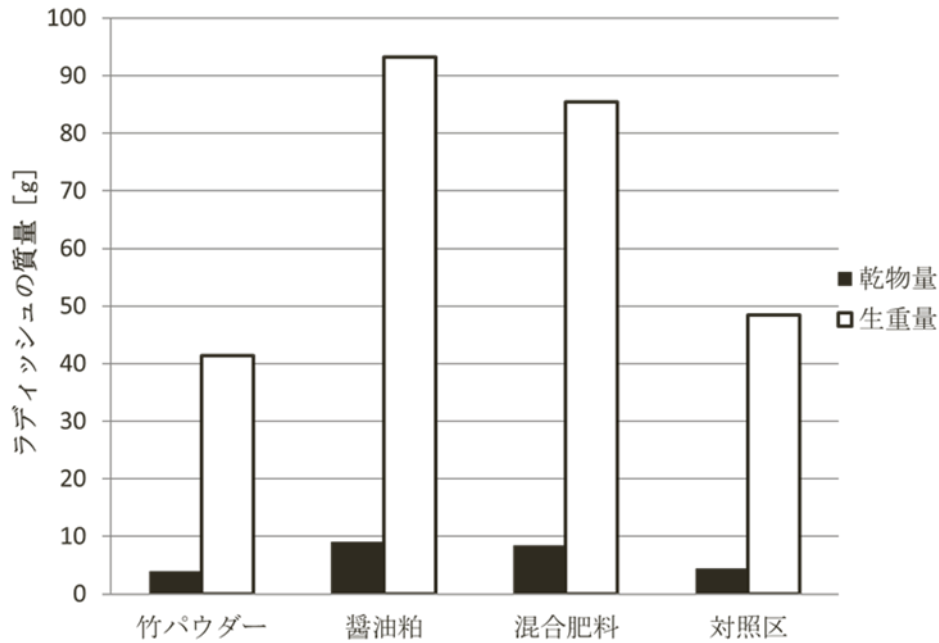


図 2 実験 3 ラディッシュ 16 本合計の質量

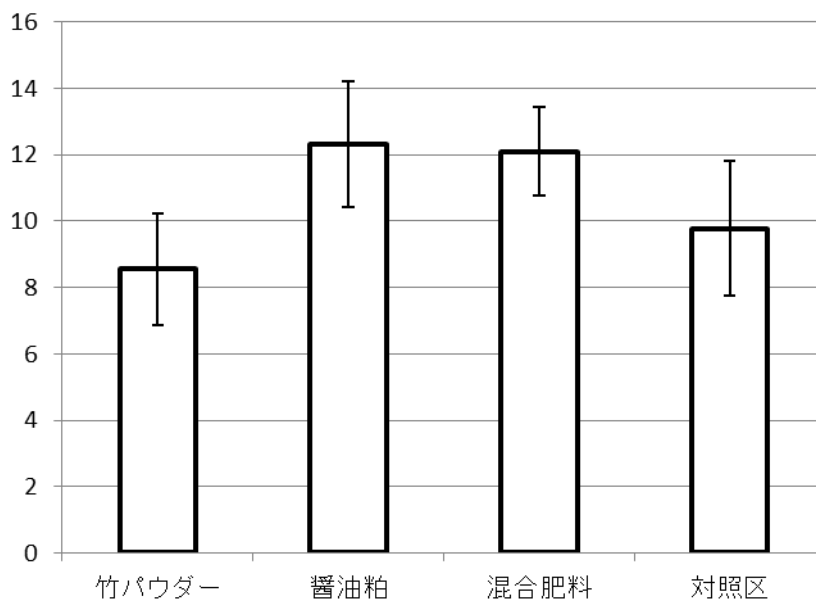


図 3 実験 3 ラディッシュの葉の大きさの平均

実験 4

ラディッシュの生重量と乾重量の各個体の分布を表す箱ひげ図(図 4, 図 5)を作成し, ラディッシュの生重量と乾重量を比較した。図の黒点は, $1Q - (IQR \times 1.5) \sim 3Q + (IQR \times 1.5)$ の範囲外の外れ値である。

45 g を与えたラディッシュの実は全体的に重量が小さいものが多かった。15 g と 60 g では, 値のばらつきに違いはなかった, 中央値は 15 g が大きかった。30 g の醤油粕を与えたラディッシュの実は, 生重量と乾重量の最大値, 最小値共に最も大きくなった。

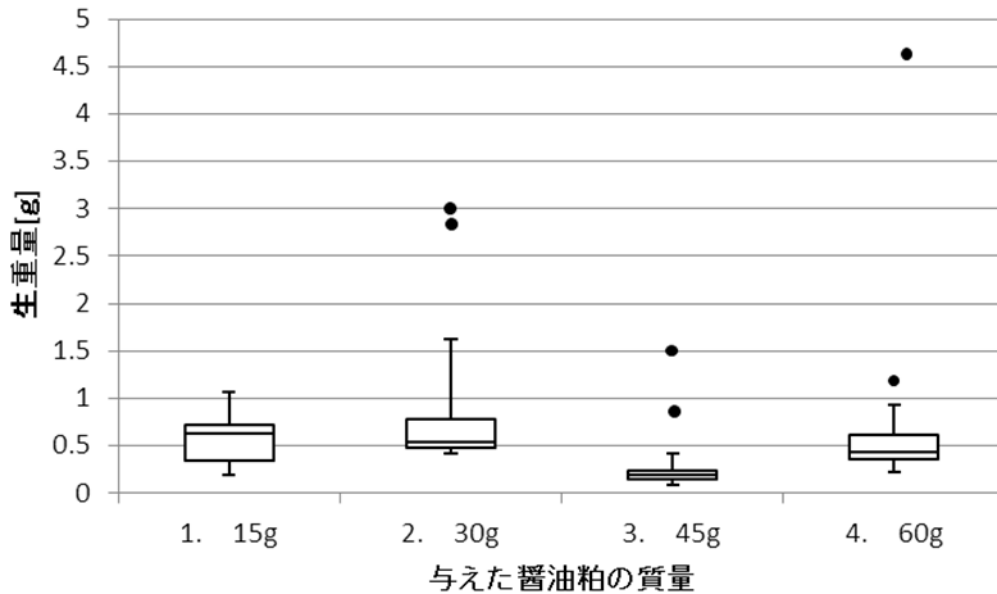


図 4 実験 4 生重量の比較

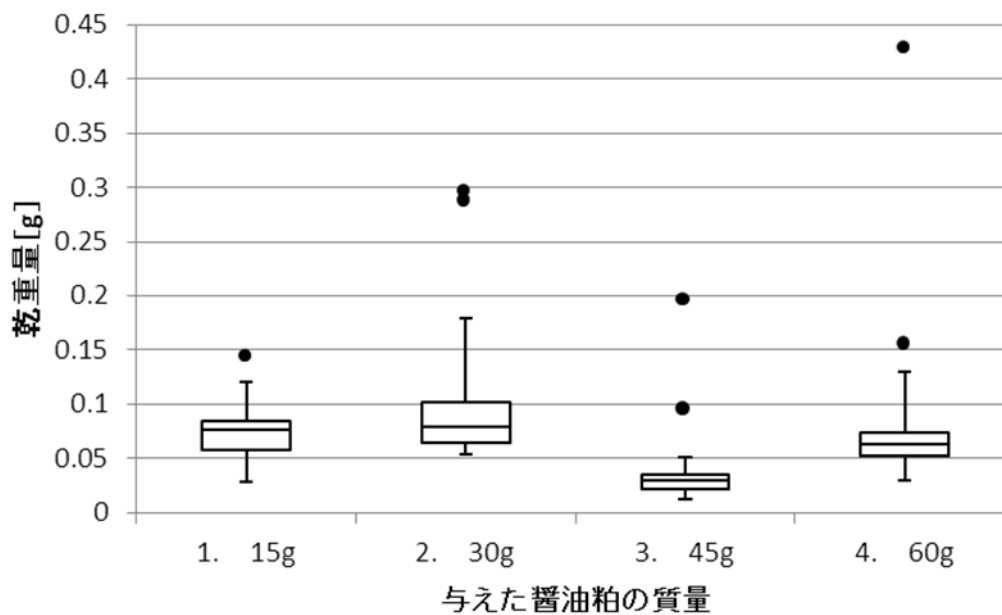


図 5 実験 4 乾重量の比較

実験 5

ラディッシュの生重量と乾重量の各個体の分布を表す箱ひげ図(図 6, 図 7)を作成し、ラディッシュの生重量と乾重量を比較した。図の黒点は、 $1Q - (IQR \times 1.5) \sim 3Q + (IQR \times 1.5)$ の範囲外の外れ値である。

生重量のグラフより、粉状の醤油粕を土に混ぜ込む以外の方法で栽培したラディッシュの最大値はどれも同程度であった。しかし、粗く砕いた醤油粕を土に混ぜ込んで栽培したラディッシュの最小値が最も大きいことから、他の条件と比べて質量が小さい個体数が少なかったとわかる。また、乾重量で比較すると、最小値は粗く砕いて土に混ぜ込む以外の使用方法以外は同程度であるが、中央値を比較すると、粉状の醤油粕を土にかける使用方法は粗く砕いた醤油粕を土に混ぜ込む方法に次いで質量が大きい個体数が多かったと分かった。粉状の醤油粕を土に混ぜ込む使用法は、4つの条件の中で比較すると、グラフが全体的に下にあり、重量が小さい個体が多かった。

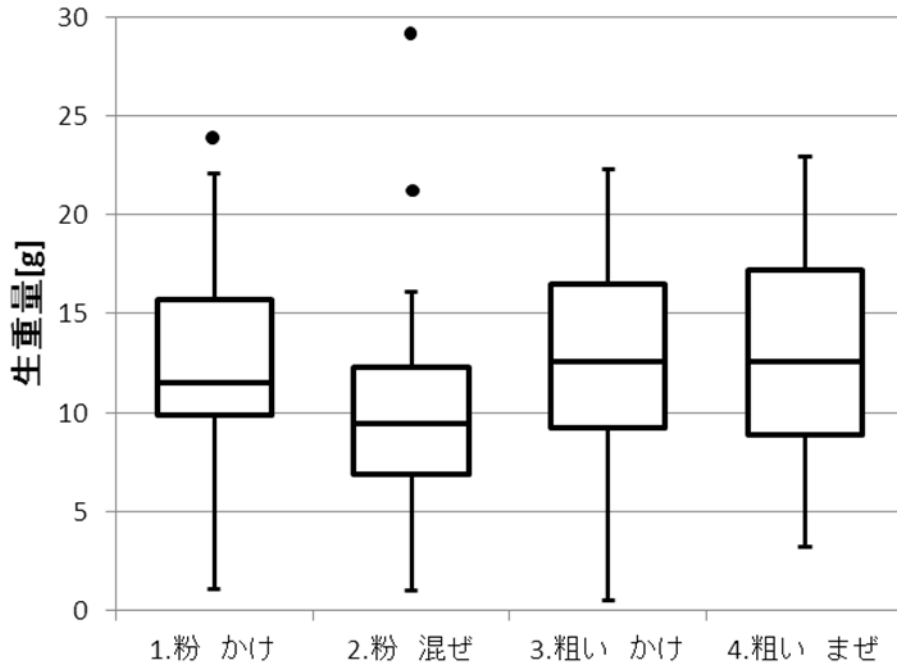


図 6 実験 5 生重量の比較

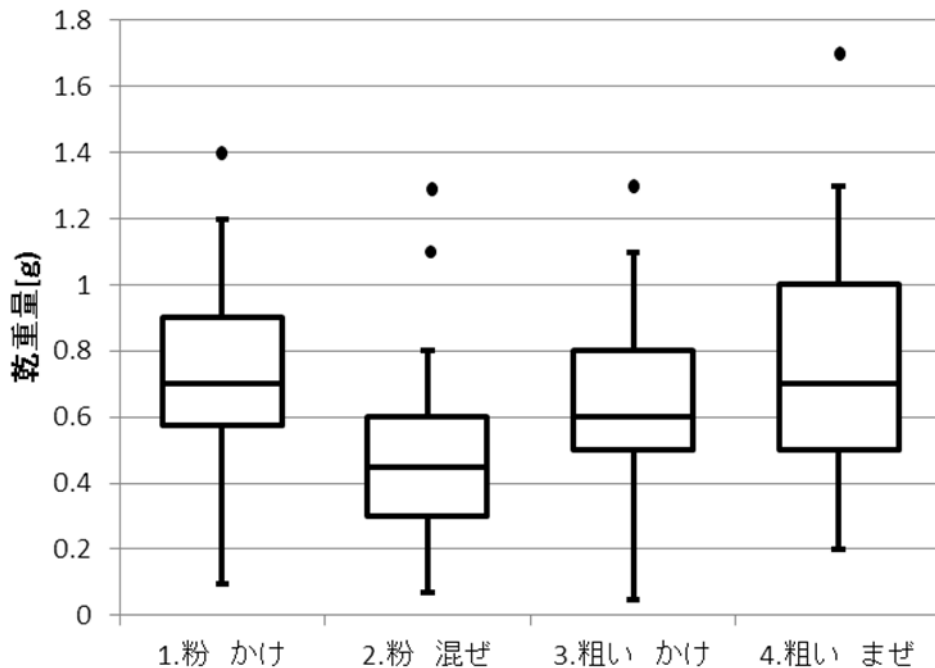


図 7 実験 5 乾重量の比較

5. 考察

竹パウダーは、先行研究と同様に、肥料として使用する場合は土に対して質量 10%程度を土に混ぜ込む方法が効果的であると考えます。肥料としての効果に加えて、土に混ぜ込むことで、通気性が良くなり植物の生育環境を良くしたことも成長促進効果を示したひとつの要因であると考えます。

醤油粕は、先行研究から水洗いをすると塩分を除去できるとわかり、水洗いしたものとしていないもので実験 1 を行ったところ、どちらも枯れてしまったことから、塩分の他にも醤油粕には問題点があると考えました。枯れた原因を調べるために土の状態を観察したところ、竹パウダーと比べて土が硬く、通気性が悪そうであったので、保水力の実験を行った。すると、先行研究と同様に、粉末状の醤油粕には非常に高い

保水力があるとわかった。今回の実験 1 では、この過度な保水力によって植物の成長が阻害されたことが枯れた原因であると考えて。そこで、醤油粕の砕き方を粉末状から粗いものに変えることで保水力を培養土と同じぐらいにまで抑えられると考えて、再度実験を行うと、成長促進効果が見られた。この醤油粕の成長促進効果を高める使用方法を探究するために実験 5 を行ったところ、粗く砕いた醤油粕を土に混ぜ込む方法が最も生長促進効果があった。粗く砕いた醤油粕は粉状のものと違い、過度な保水効果は示さないので、根腐れを引き起こさなかった。さらに、醤油粕が土の中にあることで、効率よく栄養を供給できたため、生長促進効果があったと考える。粉状の醤油粕を土の表面にかけると、水やりや雨の時に、醤油粕の栄養が余すことなく染み出し、土によく吸収されたため、粗く砕いた醤油粕を土に混ぜ込む方法に次いで生長促進効果があったと考える。

先行研究から、醤油粕は、リンやカリウムも含んでいるが、特に植物の葉を大きくする働きがある窒素を多く含んでいるとわかった。ラディッシュの実を大きくしたのは、この窒素による効果が大きいのと考える。実験 2 より、窒素によって成長が促進された葉は、効率よく光合成を行い、その結果ラディッシュの実が大きく成長したと考える。

6. 結論・課題

先行研究と同様に、竹パウダーと醤油粕は、適切に使用すると植物に対して成長促進効果を示す。今回の実験から、その適切な使用方法を次のように提案する。竹パウダーは、実験 1 より、土に対して質量 10% 程度を土に混ぜ込む。醤油粕は、実験 2,3,5 より、元肥として使用する場合は、土に対して質量 1% 程度を粗く砕き土に混ぜ込む。あるいは、追肥として使用する場合には、質量 1% 程度を粉状にして土に撒く。このような使用方法に成長促進効果があると考えて。

醤油粕には、塩分が多量に含まれているが、適切に使用すると成長促進効果があることがわかった。また、成長過程を観察すると、塩害と思われる成長阻害は見られなかったため、醤油粕を使用する際、水洗いして塩類を除去する必要はないと考える。しかし、醤油粕を肥料として使用を続けることによって塩類集積が起こるかは、まだ確認できていないため、これから継続して実験を行い、検討していく必要があると考える。さらに、醤油粕を保存している間に虫が発生することも分かったので、その対策も必要である。

また、肥料としての利用が期待されている醤油粕と竹パウダーを組み合わせると、更なる成長促進効果があると考え、粗く砕いた醤油粕と竹パウダーの混合肥料の効果の検証（実験 2,3）も試みたが、今回の実験では、醤油粕と竹パウダーそれぞれの適した使用方法で組み合わせることができなかったので、今後研究していきたいと考えている。

7. 参考文献

- 1) 大石琴乃, 津野紗也加, 山元ひかり. “竹の有効活用”. 高松第一高等学校 Advanced Science 課題研究論文集 vol.3. 2015.
- 2) 香川県環境森林部みどり整備科. 香川県環境学習プログラム集 竹林を手入れしよう
- 3) NPO 法人竹もりの里. “Activity 竹もりの里 竹パウダー事業 竹パウダー製造過程”. NPO 法人竹もりの里. http://takemori.org/wp/?page_id=143.
- 4) 福田文夫, 近藤毅典, 山本 昭. “鉢植えブドウ‘デラウェア’における竹粉マルチが果実品質に及ぼす影響”. 岡山大学農学部附属山陽圏フィールド科学センター報告. 2013. No.35, p.18-22.
- 5) 土づくり研究所. “竹パウダーについて 竹パウダーの使い方【土壌改良材】”. 竹 100%を原料とした土壌改良の開発 土づくり研究所. http://www.sugoi-tuchi.com/takepowder_1.html.
- 6) 大山卓爾, 長沢義彦. “醤油粕処理と有効利用技術の開発”
- 7) 社団法人 農山漁村文化協会. 竹 徹底活用術 荒れた竹林を宝に変える! (現代農業特選シリーズ). 社団法人 農山漁村文化協会. 2012, 64p, ISBN 9784540121562

8. 謝辞

竹パウダーは、香川県森林センターさんに、醤油粕はヤマロク醤油さんに無償でいただきました。また、新潟大学農学部 大山卓爾先生にご助言をいただきました。ありがとうございました。