

単独もしくは麴菌添加した竹チップの ミヤマクワガタ幼虫飼育飼料としての適応の可能性

愛知教育大理科教育講座 加藤淳太郎
愛知教育大中等理科 平田 瑞貴
愛教大附属高校 長谷川怜輝
愛教大附属高校 伊吹颯矢斗
愛教大附属高校 小島 留嘉
愛教大附属高校 天野日真莉
愛教大附属高校 中塚 航希
愛教大附属高校 船井 裕由

1. 緒言

パンダのエサとして知られる竹は、イネ科タケ亜科に属し日本ではモウソウチク、マダケ、ハチク、メダケなどの種が地下茎からタケノコを発生させ、竹林を形成していくが、工業的にバイオ・エネルギーへの活用も期待される（農林水産省 2013）。

竹チップを堆肥として使用することが農業分野で研究されているが、そのままで使用よりも副資材として混合することで効果を示すという報告もある（中村ら 2016）一方、この竹チップを使ったカブトムシの飼育が近年話題になっている。林野庁のホームページ上にある「森林・山村多面的機能発揮対策交付金」の活動事例集、平成 26 年度内「18 伐採竹に付加価値をつけ再利用に取り組む。団体名：里山を良くする会（愛媛県今治市）」の報告では、自然発酵による堆肥化された竹チップの中にはカブトムシの幼虫が多く含まれており近隣の幼稚園に寄付していることが記載されている（林野庁 2014）。また、2007 年に実用新案として、株式会社サクシードより「竹材によるかぶと虫の産卵飼育床（登録番号：実用新案登録第 3131516 号（U3131516）」登録されており、2016 年には株式会社小林産業より、「カブトムシ飼育床及びその製造方法（公開番号 2016-174572）」の名称で、90℃以上 100℃未満の高温蒸気による熱処理により餌として適するようになった竹粉末に酸素発生剤を混合する技術が登録されており、竹チップをカブトムシもしくはクワガタの飼育床として使用する技術なども研究・特許などの登録が注目されており、竹チップ堆肥を用いたカブトムシの幼虫の飼育が地域のニュースになることがしばしばある。

園芸で使用されるバーク堆肥や腐葉土でカブトムシの幼虫を飼育すると羽化不全がかなり多く発生することがあると著者は以前知人の会合で聞いたことがある。バーク堆肥や腐葉土には、針葉樹で作られたものと広葉樹で作られたものがあり、カブトムシやクワガタの幼虫の飼育に使われるマットもクヌギなどの広葉樹から作られたものを使うのが一般的である。針葉樹マットや針葉樹の削りマットは、針葉樹がダニやコバエの忌避剤となる成分を含むことから、成虫飼育時の不快昆虫類の予期せぬ発生を防ぐことに多く使われる。植物としては、広葉樹は被子植物、針葉樹は裸子植物に分類される。また、広葉樹は、被子植物の双子葉植物に分類されるのに対し、タケは単子葉植物と異なる分類群に属している。

加藤と須藤（2021）は、2019 年度および 2020 年度の 2 年間、愛知教育大学内の雑木林内に設置した産卵木内のクワガタムシの幼虫の種類を調査したが、竹林に移行途中の雑木林内に設置した産卵木からは幼虫を得ら

れておらず、また竹林内でカブトムシやクワガタムシが産卵するということを記載しているものは見当たらない。竹林内には多くの竹の葉や枯れた竹の幹が多いことから、朽木化や腐葉土化は広葉樹と比べると遅いと推測された。また、タケノコで知られるように竹林内は縦横無尽にタケの地下茎が広がっているため、カブトムシやクワガタの幼虫の住処が作りにくい可能性がある。

クワガタムシの産卵場所は、種類によって異なり、オオクワガタなどのようにクヌギなどの限られた広葉樹の朽木に産卵をする種とノコギリクワガタやミヤマクワガタのように産卵場所にマットを好む種がいる。特にミヤマクワガタは、名前に深山という漢字が当てられるように暑さに弱い種であり、飼育をする場合はエアコンで25℃以下に保つことが理想的であるとされる(小島 1996)。朽木で産卵し朽木を主に餌とする種よりも、マットで産卵する種の方が竹チップで飼育できる可能性があると思定されたが、竹チップでカブトムシを飼育したというニュースは見かけるが、クワガタを飼育したという記事を目にすることはない。しかし、少量のクワガタの幼虫を飼育するには市販のマットを使用することで問題はないが、ある程度の頭数の幼虫を飼育するときには、手に入りやすい環境であれば、竹チップを使用する方が経済的であると想定される。

本研究では、愛知教育大学内の複数種類のタケを材料とする竹チップを用い、マット産卵をする種であるミヤマクワガタが飼育可能であるかを検討した。

2. 材料と方法

ミヤマクワガタの幼虫

2021年8月もしくは9月に購入もしくは譲渡された長野県岡谷産の雌雄(OY)および阿智村産ミヤマクワガタ雌(AT)を使用し(図1)、小型水槽内にクワガタマットと赤玉土を混ぜる方法(クワガタ工房虫吉ブログ 2014)により産卵数の多かったOYBもしくはATxOYの組み合わせの卵より孵化した幼虫を用いた。予備実験を始めた11月は卵から孵化してすぐの初令幼虫を使用し、竹チップの米麴、醤油麴、および豆麴処理を検討した実験時には二令幼虫程度に成長が進んだものを使用した(図1)。予備実験では、比較対象として竹チップで成長するカブトムシの二例幼虫についても調査した。



図1 ミヤマクワガタの雌雄(左)と麴処理した竹チップの実験に用いたミヤマクワガタの二令幼虫(右)

竹チップの入手と殺菌処理

予備実験の竹チップは、愛知教育大学自然観察実習園でタケおよび枯れ木をタケチップパーで粉碎し集めたものの最も新しい表層の部分を使用した。麹菌の種類の影響を調査した実験では、12月にチップ化されて1週間程度のものを使用した。これらの竹チップは、他の菌などの影響を排除するためにオートクレーブを用い121℃ 20分加圧殺菌を行なった。

麹菌処理

繊維の目立つ竹チップをカブトムシもしくはミヤマクワガタの幼虫の餌とするために、菌による発酵が必要であることが想定されたので、麹菌による処理を行うことにした。市販の種麹、米麹、麦麹、豆麹、黒麹、醤油麹（株式会社糶屋三左衛門）、を計量スプーンで測り、オートクレーブ殺菌の済んだ竹チップにそれぞれ混ぜ込み、1200mL培養ガラス瓶もしくは400mLプラスチックカップに詰めた。予備実験時は、使用まで1週間室温で維持し、麹菌種類の影響を調べた実験時は、36℃で1週間インキュベートし、その後45℃で2時間処理をしたのちに使用した。

計測方法

幼虫の成長は、予備実験時には毎週、麹菌の種類の影響を調べる実験では1月後に電子天秤で体重の増減を測定した。

3. 結果および考察

麹菌は種類により菌の種が異なる。米麹、麦麹は *Aspergillus oryzae*、豆麹、醤油麹は *A. sojae*、黒麹は *A. luchuensis* とされ、分解産物の特性が異なる。本来、酒、醤油、発酵食品の生産用途で使われるもので、竹チップを用いたときにどのような物質が生産されているかについては、本研究ではその影響が確認されるか否かが不明であり、処理による産物の調査は行わなかった。

カブトムシとミヤマクワガタの幼虫を、無処理竹チップ、米麹処理、麦麹処理、豆麹処理、醤油麹処理、黒麹処理を行なった竹チップの中でそれぞれ1匹ずつ飼育し、10月19日から11月25日までは毎週、その後12月15日に最後の測定を行なった。竹チップで飼育を始めるときのミヤマクワガタ幼虫の体重は、0.045、0.067、0.029、0.028、0.040、0.064 とばらつきがあったので、ミヤマクワガタ、カブトムシ共に、最初の体重を1とした時に何倍に増加したかについて算出しグラフ化した。（図2）

10/19のミヤマクワガタ幼虫の体重を1.0と換算した時に、醤油麹処理した竹チップでの飼育が最も増加率が大きく3.8倍、無処理の竹チップ、米麹処理、麦麹処理が2.8倍とほぼ等しく、黒麹処理が2.2倍であり、豆麹処理のものは3週目の測定時より致死したようであり、それ以降視認することができなかった（図2）。

比較対象としたカブトムシ二令幼虫は、竹チップ飼育前体重が3.6~8.5とばらつきの大きかった。調査開始前の体重を1.0と換算したとき、黒麹処理による竹チップでの飼育が最大で1.9倍、無処理竹チップ、米麹処理、麦麹処理、豆麹処理が1.5-1.7倍となったが、ミヤマクワガタで良い結果となった醤油麹では、全ての週の値が当初の、1.1倍程度と極めて増加率が悪い結果となった（図3）。カブトムシとミヤマクワガタで、体重増加率の良い麹処理が異なる結果となったことから、麹菌で処理した竹チップは、クワガタムシやカブトムシの種類により異なる嗜好性を示す可能性が示唆された。

ミヤマクワガタにおいて、醤油麹処理が最も良く、豆麹では致死するという予備実験の結果を確認するために、増加率の良かった醤油麹と、無処理竹チップ、米麹処理を5匹ずつで比較する実験を行なった。また、豆

麴処理での致死が起こる結果についても再度3匹を用いて調査した。

予備実験では致死した豆麴の処理においては、3頭とも体重が10%以上減少していることが確認された。市販のマットで継続飼育したコントロールでは1.5-2.0倍を超える体重増加を記録したのに対し、竹チップをマットとして与えたものについては、麴菌の処理とは無関係に体重の停滞もしくは減少が見られた。無処理の竹チップでは、5匹中2匹で体重減少、増加した3匹においても最大で1.4倍であった。予備実験で最も増加率の大きかった醤油麴処理をした竹チップ飼育においても5匹中4匹で体重減少となった。増加した1匹は1.3倍であった。一方、予備実験では竹チップとほぼ同じであった米麴処理は5匹全てで減少となった(図4)。

以上の結果より、予備実験で使用した孵化直後の初令幼虫とその後の二令幼虫では異なる結果となった。この違いは、①生育ステージによる違い、②餌の飼育マットから竹チップへの変更の影響、③竹チップの処理に

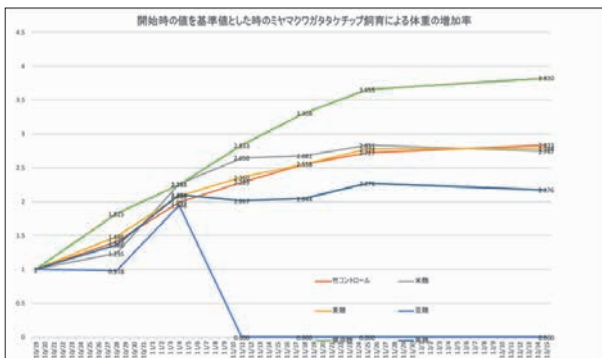


図2 竹チップと麴処理におけるミヤマクワガタ初令幼虫の成長の差異

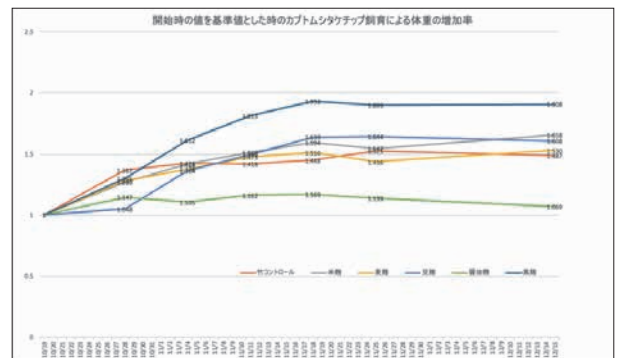


図3 竹チップと麴処理におけるカブトムシ二令幼虫の成長の差異

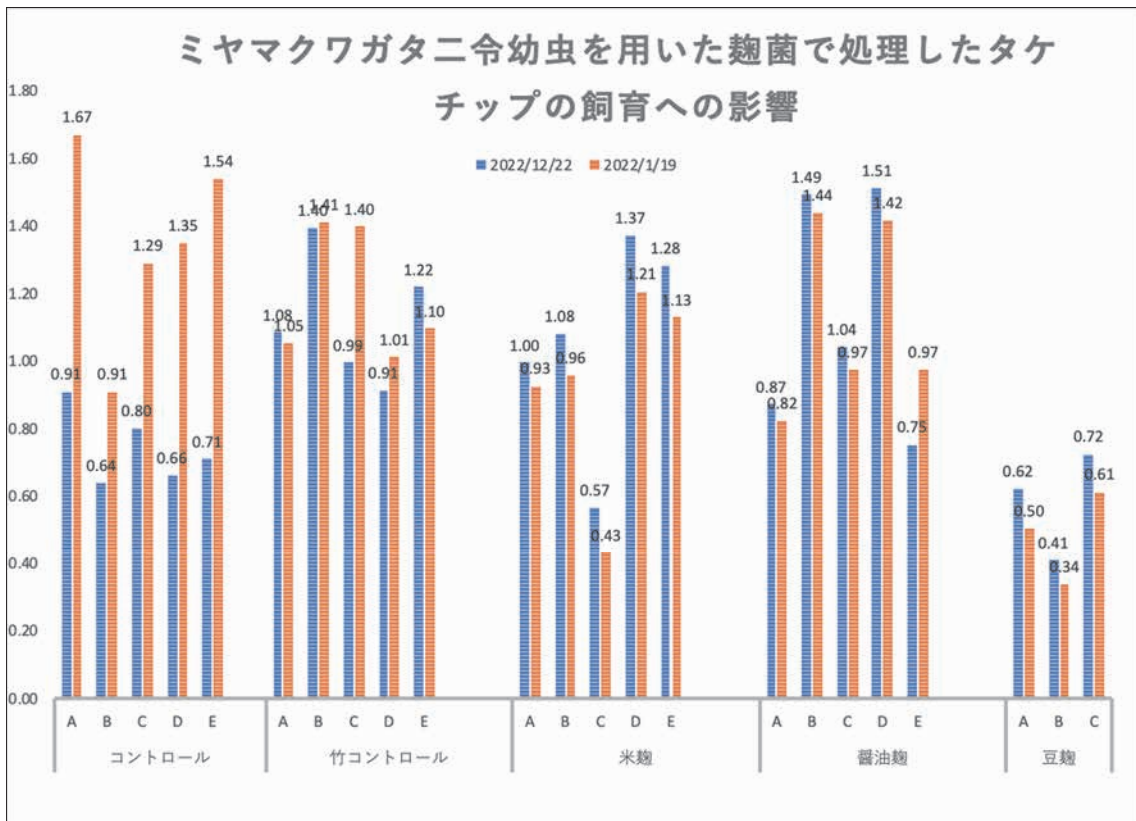


図4 無処理の竹チップと米麴、醤油麴、豆麴麴処理をした竹チップでのミヤマクワガタ二令幼虫の成長の差異。青色グラフ：竹チップ飼育開始時の体重、オレンジグラフ：飼育1月後の体重

よる発酵程度の差異などが考えられる。特に②の餌の変更は、昆虫の腸内細菌叢に与える影響が考えられる。いずれの処理区においても外側から見て、餌を食べている証拠である黒っぽくお腹の中が透けて見えるのは確認されたことから（図1）、少なくとも竹チップを全く食べていないわけではないことが示唆された。竹チップを餌としたときに、麹処理したものよりも無処理の竹チップの方が若干の増加であるが成長度合いが大きかったことは、少なくとも麹菌処理による竹チップから生産される何らかの物質が、ミヤマクワガタ幼虫の生育を阻害している可能性が推測された。

折れたタケが竹林内で長く残ることおよび竹粉に抗菌効果があることが報告されているが（真鍋ら 2011）、麹菌がその抗菌作用に影響されているもしくはミヤマクワガタ幼虫の腸内細菌叢が影響を受けているのであれば、麹処理は全く影響を示さず竹チップコントロールと同じ結果になるもしくは竹チップコントロールとそれ以外に大きく分かれる結果になると想定されることから、ポジティブかネガティブかは別にして麹処理の種類による影響は少なからずあることが示唆された。今後、孵化直後の幼虫以降のさまざまなステージの幼虫の準備、竹チップの完熟度や熱処理の時間などの検討を行ない、マットで産卵するクワガタ類の飼育に竹チップが有効であるか否かを継続して調査していく予定である。また、豆麹処理によるミヤマクワガタの成長抑制、カブトムシ令幼虫における醤油麹処理による成長抑制は、忌避剤としての効果を示す可能性があり、害虫となる他の甲虫類などでの調査も計画する予定である。

本研究は、愛知教育大学子どもキャンパス竹プロジェクトの一部として、また愛知教育大学附属高校の理科課題研究としてその一部を行なった。

謝辞

本研究を行うにあたり、愛知教育大学子どもキャンパス竹プロジェクトのメンバーの皆様、愛知教育大学観察実習園のスタッフの皆様にご協力・ご助言をいただきました。ここに御礼申し上げます。

【文献】

- *加藤淳太郎・須藤慎平（2021）愛知教育大学内クワガタムシ類調査における新規トラップ法の有効性. 自然観察実習園報告. 40, p. 17-23.
- *クワガタ工房虫吉ブログ（2014）赤玉土を用いたミヤマクワガタの産卵セットの割り出し. <https://www.mushikichi.com/blog/2014/11/10/1618/>
- *小島啓史（1996）講和型虫飼育のスーパーテクニック. 月間むし・ブックス1, むし社.
- *中村和久・瀧澤秀明・柳澤淳二（2016）堆肥化副資材としての竹粉の特性. 愛知農総試研報 48: 153-156
- *農林水産省（2013）竹のお話. aff. 2013年1月号. https://www.maff.go.jp/j/pr/aff/1301/spe1_01.html
- *真鍋郁代, 谷本昌太, 橋田 充, 大井辰夫（2011）微細竹粉から開発した竹紙の抗菌・消臭性能および竹紙糸の力学的性質について. 愛媛大学教育学部紀要 第58巻 171～17
- *林野庁（2014）活動事例集（平成26年度）, 森林・山村多面的機能発揮対策交付金・分野別情報, 林業・山村 <https://www.rinya.maff.go.jp/j/sanson/attach/pdf/tamenteki-43.pdf>