

おからを用いた BSF の成長特性評価

長岡技術科学大学大学院 ○ 小林 紗恵 長岡技術科学大学大学院 正会員 渡利 高大
長岡技術科学大学大学院 正会員 幡本 将史 長岡技術科学大学大学院 正会員 山口 隆司

1. 背景および目的

おからは豆腐の製造過程で生成される副産物であり、国内において年間約 80 万 t が排出されている¹⁾。農林水産省農産局穀物課²⁾によると、食用大豆の需要量は増加傾向にあり、豆腐用の大豆使用量は増加見込みである。それに伴い、おからの排出量増加も予測される。おからは含水率が高く腐敗が速いため、飼料等として利用する場合には乾燥を必要とするが、乾燥には多大なエネルギーを要する。また、焼却処理も行われているが、多大なコストと環境負荷がかかり、有効な利用方法が求められる³⁾。

有機廃棄物の処理方法として、昆虫による消化を利用して飼料や肥料に変換する方法は、低コストで温室効果ガスの排出が少ないことから注目されている。特に Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*, 以下、BSF) は他の昆虫種と比較して発育が速く、効率的な有機物変換が可能である。さらに、多様な未利用バイオマスへの適応性を有し、幼虫期は蛋白質を豊富に含むことから広く研究が進められている。BSF 幼虫の飼育時に発生する BSF の排泄物、抜け殻、死骸、および残留飼料の混合物をフラスといい、高い栄養素、特にミネラル含有量を有するため、農業用有機肥料や土壌改良剤として注目されている^{4),5)}。

おからは栄養価が高く蛋白質を豊富に含むため、BSF の飼育に適していると考えられる。そこで、我々の研究グループではおからを基質として BSF を飼育し、そのフラスを利用した農業肥料の開発を検討している。これまでの実験では、おからによる BSF 幼虫の飼育が可能であることが明らかになった。本実験ではフラスを持続的に生産するためのプラント構築を目的に、飼育スケールを拡大しておからを給餌した BSF 幼虫の成長特性を調査した。

2. 実験方法

2.1 幼虫の前飼育と回収

BSF 幼虫は、飼育が容易になる体長 (約 5 mm) まで育てること、及び幼虫の体重、体長、栄養組成等を可能な限り揃えることを目的に前飼育を行った。餌として含水率 60% の鶏餌を添加し、飼育容器の上部には幼虫の脱走防止のため通気性のある布を設置した。前飼育終了後、BSF 幼虫を基質からふるい分け、飼育密度が Paz ら⁶⁾により推奨されている 1.2 匹/cm² となるように 23.9×17.6×9.1 cm のプラスチック容器に投入した。ここで、先行研究で使用していた飼育容器は 8.0×8.0×5.3 cm であり、本実験では飼育面積が約 6.6 倍に拡大した。投入された幼虫を無作為に取り出し、体長測定及び体重測定を実施した。体重測定においては、幼虫 30 匹の合計体重を測定した。

2.2 給餌

基質にはおからを使用し、比較系として BSF に鶏餌を与えた飼育も行った。Diener ら⁷⁾の研究を参考に、給餌量は湿潤重量で 100 mg/(匹・日)、基質の含水率は 60% に調整した。ここで、おから及び鶏餌の調整前の含水率はそれぞれ 13.8% と 4.2% であった。飼育容器に基質を投入して実験を開始し、2, 3 日に 1 回基質を追加した。

2.3 体重と体調の計測

実験期間中、2.1 項と同様に体重測定、及び体長測定を 2, 3 日ごとに実施した。

3. 結果及び考察

図-1 に、各系における BSF 幼虫の体重および体長の経日変化を示す。体重の変化に着目するとおから系では鶏餌系と比較して体重の増加が小さかった。実験開始後 15 日でおから系および鶏餌系の幼虫 30 匹の合計体重はそれぞれ 0.94 ± 0.13 g と 5.58 ± 0.02 g であり、おから系では鶏餌系より割合として 83% 低下した。体長の変化においても、おから系では鶏餌系と比較して増加が小さく、実験開始後 15 日でおから系および鶏餌系

の幼虫の体長はそれぞれ 1.2 ± 0.2 cm と 2.2 ± 0.2 cm であり、おから系では鶏餌系より割合として47%低下した。また、鶏餌系では実験開始後10日で最初の前蛹が確認され、15日で系内の10%が前蛹になったが、おから系では前蛹が確認されなかった。

これらのことから、本実験においては、おからを給餌したBSF幼虫は鶏餌を給餌した幼虫と比較して成長速度が大幅に低く、基質の生体変換が進んでいないことが明らかとなった。この結果は、おからを給餌したBSF幼虫が実験開始後12日で最高体重に達し、蛹化が進行した先行研究結果⁸⁾と異なる。基質の生体変換が不十分な場合、BSF幼虫とそのフラスの持続的な生産は困難である。

図-2は、実験開始後15日における飼育容器内の様子であり、おから系では鶏餌系と比較してカビの増殖が進行していることが視覚的に確認できた。このことから、カビの発生によって幼虫による基質消化が阻害された、または幼虫による消化能力が低いためにカビの増殖が進行したことが推察される。カビの発生に対しては、湿度および温度の制御が必要である。先行研究においては飼育温度を27°Cに設定していたが、本実験では飼育室の設備上、温度を制御できていなかった。幼虫の消化能力を高めるためには、飼育密度を上げることが有効であると考えられる。BSF幼虫の飼育において、最適な幼虫密度は1.2匹/cm²であるとされているが、Fonsecaら⁹⁾の研究では、密度を最大5匹/cm²まで上げても過密状態が発生しないことが明らかになっている。さらに、この範囲においては密度が高いほど幼虫の凝集熱およびアルカリ性排泄物が増加し、基質の消化を促進することが報告されている。本実験の飼育密度1.2匹/cm²は先行研究における飼育密度0.8匹/cm²より高いが、最適な飼育密度は飼育環境と摂食時の幼虫による凝集熱の影響で変化するため、飼育密度の増加も検討の余地がある。

4. まとめ

おからを基質としてBSF幼虫を飼育し、そのフラスを肥料化することを目指し、本実験では先行研究より飼育スケールを拡大しておからを給餌したBSF幼虫の成長特性を調査した。その結果、おからを給餌したBSF幼虫は鶏餌を給餌した幼虫と比較して成長速度が大幅に低く、基質の消化が進んでいない

ことが明らかとなった。この原因としては、カビの発生が考えられた。今後は、飼育室の湿度および温度の制御によるカビの発生抑止、幼虫の飼育密度の増加を実施し、フラスの持続的な生産システムを構築していく。

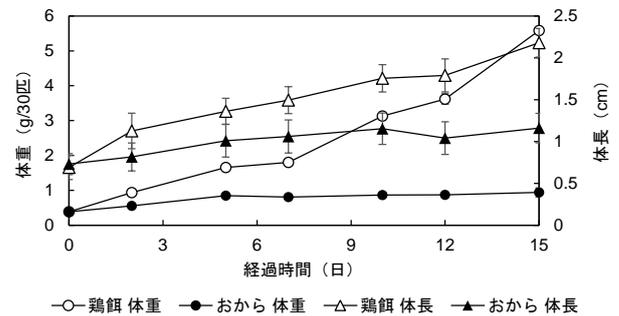


図-1 体重および体長の経日変化



図-2 飼育容器内の様子 (左: 鶏餌, 右: おから)

参考文献

- 1) Kamble, D. B., & Rani, S. (2020). Bioactive components, in vitro digestibility, microstructure and application of soybean residue (okara): a review. *Legume Sci*, 2, 32.
- 2) 農林水産省農産局穀物課. (2022). 大豆をめぐる情勢について. 閲覧日: 2024年10月15日, <https://www.maff.go.jp/kanto/seisan/nousan/daizu/seminar/attach/pdf/220218-5.pdf>
- 3) Li, S., et al. (2013). Soybean Curd Residue: Composition, Utilization, and Related Limiting Factors. *ISRN Industrial Engineering*, 423590.
- 4) Siddiqui, S. A., et al. (2024). Future opportunities for products derived from black soldier fly (BSF) treatment as animal feed and fertilizer - A systematic review. *Environment, Development and Sustainability*, 4-8.
- 5) Beesigamukama, D., et al. (2020). Exploring Black Soldier Fly Frass as Novel Fertilizer for Improved Growth, Yield, and Nitrogen Use Efficiency of Maize Under Field Conditions. *Front. Plant Sci.*, 11, 574592.
- 6) Parra Paz, A. S., et al. (2015). Effects of Larval Density and Feeding Rates on the Bioconversion of Vegetable Waste Using Black Soldier Fly Larvae *Hermetia illucens* (L.), (Diptera: Stratiomyidae). *Waste Biomass Valor*, 6, 1059-1065.
- 7) Diener, S., et al. (2009). Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste Management & Research*, 27(6), 603-610.
- 8) 藤本巧輝, 他. (2022). 地域資源を利用したアメリカミズアブの飼育方法の確立. 第40回 土木学会関東支部新潟会研究調査発表会, 7-312.
- 9) Barragan-Fonseca, K. B., et al. (2018). Influence of larval density and dietary nutrient concentration on performance, body protein, and fat contents of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 166, 761-770.