

コクヌストモドキの餌としてのライ小麦粉の特性 —ライ麦粉, 小麦粉との比較において—

牛頭夕子^{1)*}・梶山知代¹⁾・安藤真奈実¹⁾・田辺堅太郎¹⁾・義平大樹²⁾・佐々木均^{1,2)}

1) (株) フジ環境サービス 関東支店
〒334-0011 埼玉県川口市三ツ和3丁目4-4
2) 酪農学園大学
〒069-8501 北海道江別市文京台緑町582

キーワード: コクヌストモドキ, 餌, ライ小麦粉, ライ麦粉, 小麦粉, エピオス末

(受領: 2021年5月20日; 掲載決定: 2021年8月23日)

Value of triticale flour as feed for the red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae)

Yuko GOZU,^{1)*} Chiyo KAJIYAMA,¹⁾ Manami ANDO,¹⁾ Kentaro TANABE,¹⁾
Taiki YOSHIHARA²⁾ and Hitoshi SASAKI^{1,2)}

* Corresponding author: gozu@fujikankyo.com

1) Kanto Branch, Fuji Environmental Service, Inc.,
4-4, Mitsuwa 3, Kawaguchi, Saitama 334-0011, Japan

2) Rakuno Gakuen University,
582 Bunkyo-dai-Midorimachi, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

Abstract: Recently, triticale flour has come to be used in the human diet rather than solely as animal feed, in foods such as bread, pasta, and cookies. However, the value of triticale flour in the diet of stored grain insects has not yet been fully determined. Therefore, the growth of the red flour beetle *Tribolium castaneum* was investigated to evaluate the dietary value of triticale flour compared with wheat flour and rye flour. The results of this investigation showed that among beetles feeding on the examined flours, the triticale flour group developed a higher total number of *T. castaneum* larvae and pupae compared to beetles feeding on the other flours, indicating that triticale flour is a suitable feed for this insect. Future research is needed to establish appropriate measures to protect triticale flour from such grain insects.

Key words: red flour beetle, diet, triticale flour, rye flour, wheat flour, brewer's yeast.

緒 言

コクヌストモドキ *Tribolium castaneum* (Herbst) は、鞘翅目ゴミムシダマシ科に属する重要な穀粉害虫の一つとされ、世界中に分布し (原田, 1971), 穀粉とその加工品を食害する (桐谷, 1957; Via, 1991; 松崎, 武衛, 1993; Wong and Lee, 2011). 加えて, 本種は, 製粉工場で製品残渣などを発生源とすることから, 異物混入, 製造ロスあるいはカビの発生など多岐にわたる被害をおよぼしている (Bekon and Fleurat-Lessard, 1992). そのため, 本種の発育に関して小麦粉などの穀粉とその加工品を飼料とした研究は多い. (Hamed and Khattak, 1985; Shafique et al., 2006; Fabres et al., 2014). ライコムギ × *Triticosecale* Wittmack は, 1876年, スコットランドの A.S. Wilson によって, コムギ

Triticum sp. とライムギ *Secale* sp. という属の異なる2種の作物を掛け合わせて作られた属間雑種であるが (Dodge, 1989), これまで食用にあまり利用されず, 大部分が茎葉をサイレージや青刈り等の粗飼料として, あるいはライコムギの子実をそのまま濃厚飼料として家畜に給与されてきた (安宅ら, 1996). そのためか, ライ小麦粉等穀粉を餌としてコクヌストモドキに給与した場合の, 幼虫体重を比較した Vohra et al. (1978), 産卵数を比較した White and Loschiavo (1988), 産卵数や寿命を比較した Naseri et al. (2017) などの研究があるもののそれほど多くはない. ライコムギの子実を粉にしてパン, パスタ, クッキー, 麺などに加工しての食用利用が増えてきたことから (Leon et al., 1996; 瀬口ら, 1997; 宇野ら, 1998; Oliete et al., 2010), 国産ライ小麦粉を給与した場合のコクヌストモドキの発育

を、小麦粉やライ麦粉を給与した場合と比較した実験を、本種を飼育する場合に添加されることの多いビール酵母エビオス末の添加の有無によっても行い、国産ライ小麦粉がコクヌストモドキの餌として好適か否かを評価する事を目的として飼育実験を行った。

材料および方法

供試虫

コクヌストモドキは、川口市で採集した個体をもとに（株）フジ環境サービス関東支店で米ぬかを飼料として継代飼育している個体群から、無作為に抽出した蛹を雌雄に分けて飼育した中から同一日に羽化した個体を供試した。

供試飼料

ライ小麦粉とライ麦粉は、酪農学園大学圃場で栽培し、全粒粉とした2017年度産のものを、薄力小麦粉（日本製粉株式会社）と全粒小麦粉（株式会社パイオニア企画）は市販品を用いた。

飼育実験

直径45 mm、高さ28 mmのプラスチック容器に薄力小麦粉、全粒小麦粉、ライ小麦粉、ライ麦粉それぞれを10 g（単体区）とそれぞれの穀粉9.5 gとエビオス末（アサヒグループ食品（株））0.5 gを入れた区（エビオス末添加区）そしてエビオス末のみの合計9区を用意し、一容器あたり雌雄各5個体（親世代）を放飼し、温度センサー付き電気ヒーターを入れた室内で飼育した。飼育室内の温度は20～25℃の範囲で、湿度は測定しなかった。実験は1月から2月に行った。また、放飼10日後に親世代成虫を、それぞれの飼料を入れた別容器に移し飼育し、放飼30日後に生存個体を数え記録した。なお、エビオス末は、コクヌストモドキを累代飼育する際に一般的に小麦粉飼料に添加されるビール酵母である（井村、1989）。実験結果の記録は、幼虫は、体長3 mm未満を若齢、3～6 mmを中齢、6 mm以上を老齢幼虫、蛹および新成虫の個体数を放飼30日後に数え記録した。実験は10反復行った。得られた飼料区ごとの、各発育段階の個体数をSteel-Dwass法（大阪大学

MEPHAS）による多重比較法で検定し、飼料によって発育に違いがあるか比較した。

結 果

実験開始30日後のすべてのステージを合わせた平均総個体数では、エビオス末無添加区の中ではライ小麦粉区が205.8個体と一番多かったが、エビオス末添加区では全粒小麦粉区が359.2個体で一番多かった（表1）。Steel-Dwass法による多重比較検定の結果、エビオス末を加えた試料区間では、全粒小麦粉区が他の3穀粉区に比べて有意に多く、ライ麦粉区が他の3穀粉区に比べて有意に少なかった（ $p<0.05$ ）。一方、無添加の4区では、薄力小麦粉区で、幼虫が6 mm以上まで発育した個体がなく、他の3穀粉区に比べて有意に少なかった（ $p<0.05$ ）。さらに、各穀粉に添加することによって総個体数を増加させたエビオス末は、単体ではコクヌストモドキが発育しなかった。蛹以上に発育した個体はエビオス末を添加した4穀粉区であった。放飼した親世代成虫の生存率は、エビオス末区とライ麦粉区では低かったが、他の飼料区では75 %以上と高かった（表1）。

老齢幼虫以上に成虫した個体数は、エビオス末添加区でエビオス末無添加区に比べて多かった。エビオス末添加のライ小麦区では、エビオス末添加の薄力小麦粉区よりも有意に少なかったが、エビオス末添加の全粒小麦粉区とは有意差が見られなかった（ $p>0.05$ ）。エビオス末を添加しなかった全粒小麦粉、ライ麦粉、ライ小麦粉3区間では、個体数に違いが見られたものの有意差は認められなかった（ $p>0.05$ ）（表2）。

考 察

エビオス無添加区でもっとも優れた発育を示した飼料区はライ小麦粉区であったが、飼育開始30日後の平均総個体数はエビオス末を添加したライ麦粉区、薄力小麦粉区およびライ小麦粉区に有意な差はなかった。エビオス末無添加区のライ小麦粉区が他の3穀粉のエビオス無添加区に比べて平均総個体数が多く、かつ体長6 mm以上の成虫段階

表1 各飼料区における次世代個体数と親世代成虫の生存率（平均±標準偏差）

飼料区	幼 虫			蛹	新 成 虫	総個体数	親世代成虫 生存率(%)
	～3mm(若齢)	3～6mm(中齢)	6mm～(老齢)				
ライ麦粉+E*	49.1 ± 29.9b	158.8 ± 39.4a	46.6 ± 20.8c	13.3 ± 15.9a	0	267.8 ± 41.5b	78.0 ± 10.3b
ライ小麦粉+E	21.5 ± 14.5b	152.8 ± 49.2a	91.0 ± 27.5b	35.9 ± 22.4a	0.1	301.3 ± 50.9ab	96.0 ± 7a
全粒小麦粉+E	67.2 ± 28.1ab	190.4 ± 38.9a	91.3 ± 57.3bc	10.3 ± 9.1a	0	359.2 ± 55.4a	95.0 ± 9.7ab
薄力小麦粉+E	23.2 ± 12.8b	86.1 ± 30.0b	188.6 ± 37.1a	23.1 ± 10.3a	0	321.0 ± 44.9ab	92.0 ± 10.3a
エビオス末	2.2 ± 2.6c	0	0	0	0	2.2 ± 2.6f	33.0 ± 20.2c
ライ麦粉	78.6 ± 21.1ab	60.3 ± 29.5b	2.9 ± 5.3d	0	0	141.8 ± 40.9d	44.0 ± 21.7b
ライ小麦粉	96.2 ± 31.3ab	93.4 ± 21.9ab	16.2 ± 22.5cd	0	0	205.8 ± 19bc	80.0 ± 23.1ab
全粒小麦粉	113.4 ± 26.1a	55.8 ± 18.9b	2.6 ± 2.2d	0	0	171.8 ± 38.7cd	98.0 ± 4.2a
薄力小麦粉	41.2 ± 22.1ab	11.8 ± 10.1c	0	0	0	53.0 ± 28.1e	89.0 ± 8.8ab

*: +Eは、飼料中に5%エビオス末を含むことを示す

**：同一列中の同一文字が付いている平均値間にはSteel-Dwass法において有意差が存在しない（ $p<0.05$ ）

表2 老齢以上に育成した個体数

飼料区	個体数(平均±S.D.)
ライ麦粉+E*	59.9 ± 35.7c
ライ小麦粉+E	127.0 ± 35.2b
全粒小麦粉+E	101.6 ± 60.7bc
薄力小麦粉+E	211.7 ± 41.6a
エビオス末	0
ライ麦粉	2.9 ± 5.3d
ライ小麦粉	16.2 ± 22.5d
全粒小麦粉	2.6 ± 2.2d
薄力小麦粉	0

*: +Eは、飼料中に5%エビオス末を含むことを示す

**: 同一文字が付いている平均値間にはSteel-Dwass法において有意差が存在しない ($p < 0.05$)

の進んだ個体の割合が高かったという結果は、ライ小麦粉が小麦粉に比べてコクヌストモドキの飼料としてすぐれているとした報告 (Vohra et al., 1978; Naseri et al., 2017; Plasnar-Bielak et al., 2017; White and Loschiavo, 1988; Vohra et al., 1978) と一致する。エビオス末の添加は本種の生育に顕著な効果があり、すべての飼料区で添加によって発育が促進された。添加効果の強さは飼料区によって異なり、無添加の飼料区と比較してもっとも差が大きかった薄力小麦粉区では添加により平均総個体数が6倍に増加した。一般にコクヌストモドキの飼育には、米ぬかや小麦ふすまを飼料として用いるが、小麦粉を用いる場合にはエビオス末を添加することが勧められている (井村, 1989)。本研究でも同様の結果が得られた。

また、本実験の期間内 (成虫接種30日後) に蛹まで発育した飼料区はエビオス末を添加した穀粉区だけであった。このことは、Fraenkel and Blewett (1943) が、パントテン酸など数種のビタミン成分を欠く人工飼料では、ヒラタコクヌストモドキ *Tribolium confusum* の成育が、全てのビタミン成分を含む飼料や全粒小麦粉に比べて遅延するとした報告を裏付けている。

本研究の結果、コクヌストモドキが国産ライ小麦粉でも発育が可能と判断され、それ故、今後はライ小麦やライ小麦粉を扱う製粉工場や食品工場でも、他の穀粉と同様に、コクヌストモドキの食害や混入等に注意を払う必要があると考えられた。

摘 要

国産ライ小麦粉を給与した場合のコクヌストモドキの成育を、小麦粉やライ麦粉を給与した場合と比較し、国産ライ小麦粉のコクヌストモドキの餌としての適性を評価する事を目的として、小麦粉、全粒小麦粉、ライ麦粉、ライ小麦粉と、それらにエビオス末を加えたもの (エビオス末添加区)、およびエビオス末のみの9飼料区を設定して、飼育実験を行った。その結果、平均総個体数では、エビオス末無添加区の中ではライ小麦粉区が一番多かったが、エビオス末添加区では全粒小麦粉区が一番多かった。また、老熟幼虫以上に育成した個体数および、蛹以上の個体は、エ

ビオス末添加区のみで見られた。また、親世代成虫の生存率は、エビオス末区とライ麦粉を除く全ての穀粉区で75%以上と高率であった。以上のことから、国産ライ小麦粉は、コクヌストモドキにとって全粒小麦粉とともに好適な餌となると判断できた。

引用文献

- 安宅一夫, 相馬義樹, S. Yun, I. Choe, 義平大樹, B. Waite (1996) ライコムギの飼料成分とサイレージの特性. 酪農大紀要, 21 (1): 93-96.
- Bekon, A.K. and F. Fleurat-Lessard (1992) Assessment of Dry Matter Loss and Frass Production in Cereal Grain Due to Successive Attack by *Sitophilus Oryzae* (L.) and *Tribolium Castaneum* (Herbst). Int. J. Trop. Insect Sci., 13: 129-136.
- Dodge, B.S. (1989) 2 History. "Triticale: A promising addition to the world's cereal grains" (ed. F.R. Ruskin) pp. 8-13., National Academy Press, Washington D.C.
- Fabres, A., J.C.M. da Silva, K.V.S. Fernandes, J. Xavier-Filho, G.L. Rezende and A.E.A. Oliveira (2014) Comparative performance of the red flour beetle *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) on different plant diets. J. Pest Sci., 87: 495-506.
- Fraenkel, G. and M. Blewett (1943) The vitamin B-complex requirements of several insects. Biochem. J., 37: 686-692.
- Hamed, M. and S.U. Khattak (1985) Red flour beetle: development and losses in various stored food stuffs. Sarhad J. Agric., 1: 97-101.
- 原田豊秋 (1971) 食糧害虫の生態と防除. 526pp. 光琳書院, 東京.
- 井村 治 (1989) 貯穀 (貯蔵食品) 害虫の飼育法. (2) 飼育の実際. 家屋害虫, 11: 140-164.
- 桐谷圭治 (1957) 貯穀害虫の種類構成の調査 II. 貯穀の種類と害虫の種類相. 応動昆, 1: 8-14.
- Leon, A.E., A. Rubiolo and M.C. Anon (1996) Use of triticale flours in cookies: Quality factors. Cereal Chem., 73: 779-784.
- 松崎沙和子, 武衛和雄 (1993) コクヌストモドキ. 54-55pp. 都市害虫百科. 朝倉書店, 東京.
- Naseri, B., E. Borzoui, S. Majd and S.M. Mansouri (2017) Influence of different food commodities on life history, feeding efficiency, and digestive enzymatic activity of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Econ. Entomol., 110: 2263-2268.
- Oliete, B., G.T. Pérez, M. Gómez, P.D. Ribotta, M. Moiraghi and A.E. León (2010) Use of wheat, triticale and rye flours in layer cake production. Intl. J. Food Sci. Tech., 45: 697-706.
- 大阪大学 (2021) 医薬学データ用統計解析プログラム MEPHAS. <http://www.gen-info.osaka-u.ac.jp/MEPHAS/> (2021.6.10確認)
- Plasnar-Bielak, A., K.R. Woch, M.A. Malszycki, A.T.H. Alkhawlan, A. Holysz, J.F. Assis Correia, N. Truk, M. Ugrin, P. Kramarz and Z.M. Prokop (2017) Larval and adult nutrition effects on reproductive traits in the red flour beetle. J. Zool., 302: 79-87.
- 瀬口正晴, 阿部 誠, 義平大樹 (1997) 小麦粉製パン性に与えるトリテケール (ライ小麦) の影響とその製パン性に於けるトリテケールの役割の基礎研究. 飯島記念食品科学振興財団年報 (1997年度): 259-264.
- Shafique, M., M. Ahmad and M.A. Chaudry (2006) Feeding preference and development of *Tribolium castaneum* (Herbst) in wheat products. Pakistan J. Zool., 38: 27-31.
- 宇野豊子, 山本 携, 奥村幸広, 本堂正明 (1998) ライ小麦を麴原料に用いた新規味噌の開発. 道食加研報, 3: 33-38.
- Via, S. (1991) Variation between strains of the flour beetle, *Tribolium castaneum* in relative performance on five flours. Entomologia exp. appl., 60: 173-182.
- Vohra, P., G. Shariff, D.W. Robinson, C.D. Qualset and G.A.E. Gall

- (1978) Nutritional evaluation of triticale, wheat and rye grain using red flour beetle (*Tribolium castaneum*) larvae and chickens. Nutrition Reports Int. 18: 289-300.
- White, N.D.G. and S.R., Loschiavo (1988) Oviposition and larval development of the red flour beetle and the rusty grain beetle on ground and ball-milled kernels of various cereal cultivars. Can. J. plant Sci. 68: 617-626.
- Wong, N., and C.-Y. Lee (2011) Relationship between population growth of the red flour beetle *Tribolium castaneum* and protein and carbohydrate content in flour and starch. J. Econ. Entomol., 104: 2087-2094.