

コクヌストモドキ成虫の飛翔方向に対する

LED光源の影響

辻 英 明

環境生物研究会

〒607-8345 京都市山科区西野離宮町 2-1, F-409

The effect of a single LED light source on the flight direction of red flour beetles

Tribolium castaneum Herbst

Hideakira Tsuji

KSK Institute for Environmental Biology,

F-409, 2-1 Nishino-Rikyu-cho, Yamashina-ku, Kyoto 607-8345, Japan

Abstract. The effect of a single LED light source on the flight direction of red flour beetles was examined in a plastic cage under natural temperature conditions in a living room. When a white LED was used, both starved over-wintered and starved F1 beetles tended to fly to the LED side, although they did not fly directly to the LED itself. Similar results were obtained with F1 beetles by using a blue, UV, or IR LED, suggesting that starved beetles initiate flying to the open side responding outer light. The response to IR LED also suggests that the beetles respond to a range of heat rays in relation to their requirement for high temperature.

Key words: flight direction, *Tribolium castaneum*, white LED, blue LED, UV LED, IR LED

はじめに

コクヌストモドキは、製粉工場をはじめ穀類の粉体を扱う食品工場や一般家庭でも発生が認められる害虫で（三井，1990；吉田ら，1989），時に野外から家屋に向かって多数の飛来が推定されるケースが報告され（富岡・柴山，2002；富岡，2008），飛翔による移動の詳細や方向性が問題となっている．辻（2007）は，本種成虫がプラスチックカップの床面から飛翔開始ができない条件下でも，紙製のタワー与えればそれに登り大多数が尖端から水平気味に飛び出しカップ外に降下することを示した．Coxら（2007）もコーンの先端からの飛翔開始を観察しているが，30℃で15%と低率で，飛び去る方向についてはふれていない．辻（2007）はタワーの先端が約1メートルの高さであれば，降下の途中で水平あるいは上昇飛行に転じ飛び去ることを示し，その際の室内で見られた5例の飛び去り方向は必ずしも真南にあるガラス戸の方向ではないが，おおむね南西～南東と明るい方向であった．その後2008年の観察（辻，2010）で，アリーナ（プラスチック容器）内で実験を行い，通常の気温ではタワーの先端からの飛び出した成虫がいったん降下することを利用

して、アリーナ床面に並べたトラップ群内に降下した成虫を捕らえ、その位置から飛び出しの方向を明らかにしようと試みた結果、越冬成虫にも当年羽化成虫にも、給餌条件が劣悪なほど明るい方向に飛翔を開始する傾向が認められた。同様の装置を用いて、今回は全体的な明るさに対する反応ではなく、白色LEDを用いて点光源に対する反応を調べ、その他、青色、UV、IRの各LED光源に対する反応を調べた結果を報告する。

材料と方法

供試昆虫と餌

使用したコクヌストモドキ成虫は2005年に大阪府下の穀物倉庫で採取した後、室内で累代飼育しているものである。飼育および行動実験中に用いた餌は、市販の小麦粉（日清フラワーR薄力小麦粉、日清フーズ株式会社）と乾燥酵母粉末（日本薬局方、エビオス®、アサヒビール株式会社、田辺製薬株式会社）を重量比9:1とし、よく混合したものである。

前報（辻，2010）の結果にかんがみ、実験には明るい方向に飛翔するとみられる（空腹が想定される）成虫を用いた。すなわち、越冬成虫は、前年の9月から餌を更新せずに汚染餌で越冬した成虫で、越冬後の5月にシェルターに付着していたものをそのまま（新しい餌を与えずに）使用し、当年羽化した成虫は7月に羽化した成虫で、やはり汚染餌上のシェルターに付着していたものをそのまま（新しい餌を与えずに）8~9月に使用した。

実験容器その他

飼育カップ：

通常の飼育には透明のプラスチックカップ（口径90mm，底面径80mm，深さ50mm）に餌10gを入れ、その上に（餌から自発的に出ている成虫の静止場所として）カートン紙をW字型に折り曲げたシェルターを載せて使用した。

アリーナ： 室内で成虫の飛翔開始方向を観察するために、大型（底面310×170mm，上部口辺340×200mm，深さ210mm）のプラスチック容器をアリーナとして用いた。中央に放虫カップを置き、その周囲を取り囲むように捕獲用のトラップを配置した（Fig.1）。アリーナは、その長辺が南北と平行になるように室内に設置した。

放虫カップ：

成虫の出発点として、飼育カップと同じ透明のプラスチックカップを用いた。前報（辻，2007）と異なり、その中にはシェルターを入れず成虫のみを入れた。この放虫カップの側壁を成虫が登ることは不可能で、ペーパータワーを立てると登って先端から飛翔を開始した。

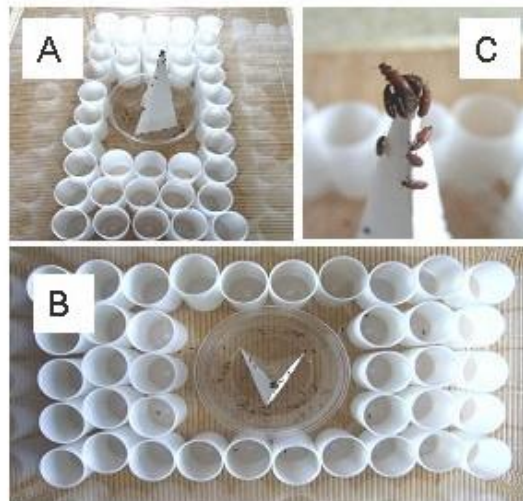


Fig. 1 Views of the arena (plastic cage)

- A. B. Arrangements in the arena, showing the release cup surrounded by the traps.
- C. Red flour beetles before leaving the top of the paper tower.

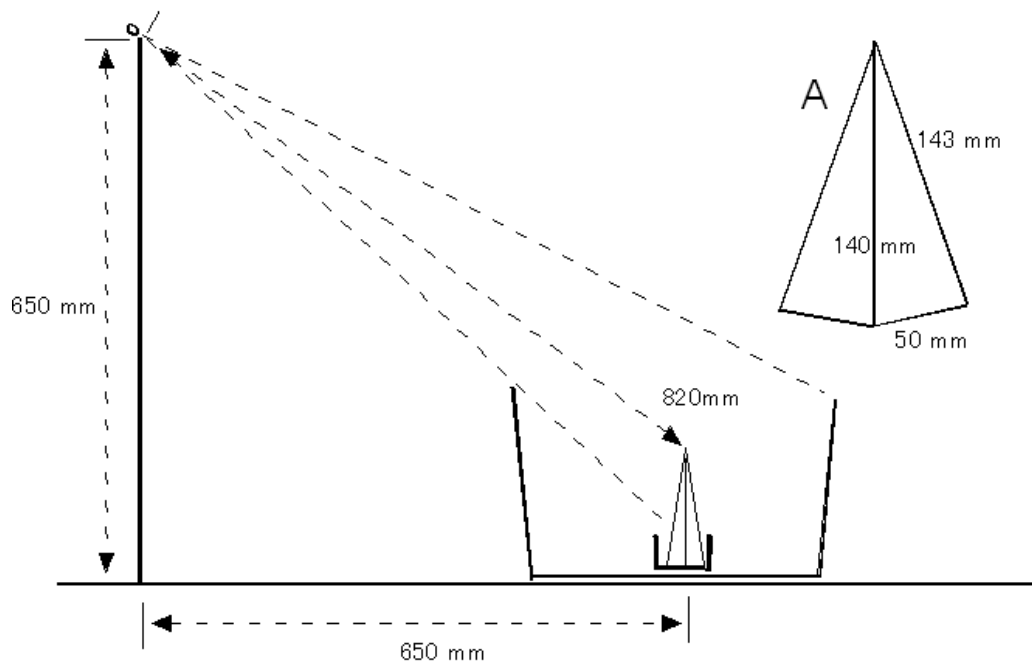


Fig. 2. Positioning of the LED light source to the cage and tower in the release cup

The position of LED was determined so as to avoid the effect of light reflected from or passing through the plastic wall on beetles leaving the top of the tower as much as possible. A: The development figure of the tower.

カップ内のペーパータワー：

放虫カップ内に、カップの深さの3倍近い(135mm)高さのカートン紙製タワーを立てて成虫を自由に登らせ、その先端から飛翔を開始させた。タワーはカートン紙を Fig. 2 右上展開図のように四辺形にカットし、最長の対角線で縦折りにしたものである。長い三角形の先端が頂点となり、それがカップの中央の真上になるようにタワーを立てて使用した (Fig. 2)。タワーはカートン紙を Fig. 2 右上展開図のように四辺形にカットし、より長い方の対角線で縦折りにしたものである。長い三角形の先端が頂点となり、それがカップの中央の真上になるようにタワーを立てて使用した (Fig. 2)。

トラップ：

飛翔降下した成虫を、その位置で捕獲する目的で、放虫カップの周囲にプラスチック製の小型の円筒型ケース(市販フィルムケース、口径30mm、底面径29mm、深さ50mm)をトラップとして配置した (Fig. 1)。このトラップの中に降下した成虫は、壁面を登ることも飛翔して脱出することもできない。

光源：

使用したLEDは、白色、青色、UV(紫外線)、IR(赤外線)の4種で、それらの規格と実使用時の直流電圧は Table 1 の通りである。LEDと実験容器との位置関係は Fig. 2 の通りで、実験容器の壁を通過する光線と、反対側の容器壁から反射する光線をなるべく少なくするように配置した。

Table 1. Specific characters of the LEDs used (Made in Taiwan)

Light		ϕ (mm)	Angle(°)	Intensity(mcd)	Voltage range	Amperage(mA)	Voltage used
White	OSPW511A	5	15	30000	3.0~3.4	20	3.2
Blue	OSUB511A	5	15	10000~32000	3.0~3.2		3.1
UV		5			3.2~3.4	20	3.2
IR	OSIR5113A	5			1.2~1.8	20	1.5

実験場所と操作

実験は2009年5~9月の夜間に、各設定について2回の繰り返しを行った。場所は南側にガラス戸のある一室で、ガラス戸側はレースと厚手のカーテンでカバーしたが隙間があり、夜間も南側の不完全な遮蔽を感じる状態であった。したがって、結果的に成虫の飛翔方向は南側に向かってややバイアスがかかっているが、そのバイアスと逆転(あるいは相殺)するか同調(あるいは相乗)するかの傾向によってLEDの効果を判断した。

日没後、アリーナの北側あるいは南側に設置したLEDを点灯し、あらかじめ成虫を入れた放虫カップをアリーナ中心に置き、その中にペーパータワーを立てることで実験を開始し、トラップ内に降下した成虫数、トラップ同士の隙間床上に落下した成虫、および放虫カップ内に残留していた成虫の数を翌朝調査した。各区は2回の繰り返し実験を行い、

成虫が落下したトラップの南北位置に従って成虫数を集計し、成虫の南北への飛翔傾向をしらべた。なお、トラップ同士の間隙に落下した成虫は、落下後に床上を歩行移動して位置を変えるので、今回の飛翔方向調査のデータとはしなかった。

結果と考察

1. 全体の処理と経過

全体の処理経過と結果グラフを示す図の番号を Table 2 に示す。飛翔方向については、トラップ内に落下捕獲された個体数をグラフに表して判断した。すでに空腹成虫が明るい方向への飛翔開始することは判明している（辻，2010）、白色LEDについては北側に点灯した場合と点灯しなかった場合を比較し、点光源にも反応するかどうかを調べた。その結果反応することが明らかとなったので、他のLEDについては北側に点灯した場合と南側に点灯した場合を比較して、点灯と無点灯の差より大きいと予想される差によって判断しようとした。もちろん白色LEDの無点灯時の結果も他のLEDの結果に対する対照区となり得るものである。

2. 越冬成虫に対する白色LEDの効果

越冬成虫を用いて5月にLEDを点灯した場合と点灯しなかった場合とを比較した結果を Fig. 3 に示す。無点灯の場合、成虫の飛翔方向がやや南側に偏ったのに対し、北側に点灯した場合には北側に偏る傾向を認められた。したがって、点光源であってもそちらの方向に反応して飛翔することがわかった。

3. 当年羽化成虫に対するLED4種の効果

白色LEDの効果：

越冬成虫のF1に相当する当年羽化成虫について、白色LEDを用いて8月に調べた結果を Fig. 4 に示す。無点灯の場合は明らかに南側に偏った飛翔をみせたが、北側に点灯した場合には南側への偏りは打ち消され、むしろ北側に偏る飛翔傾向が認められた。

青色LEDの効果：

青色LEDの影響を調べた結果を Fig. 5 に示す。LEDを南側に点灯した場合は成虫の飛翔方向は南側に偏り、北側に点灯した場合には北側に偏る結果が得られた。青色の点光源も、その方向に飛翔を開始させるとみられる。

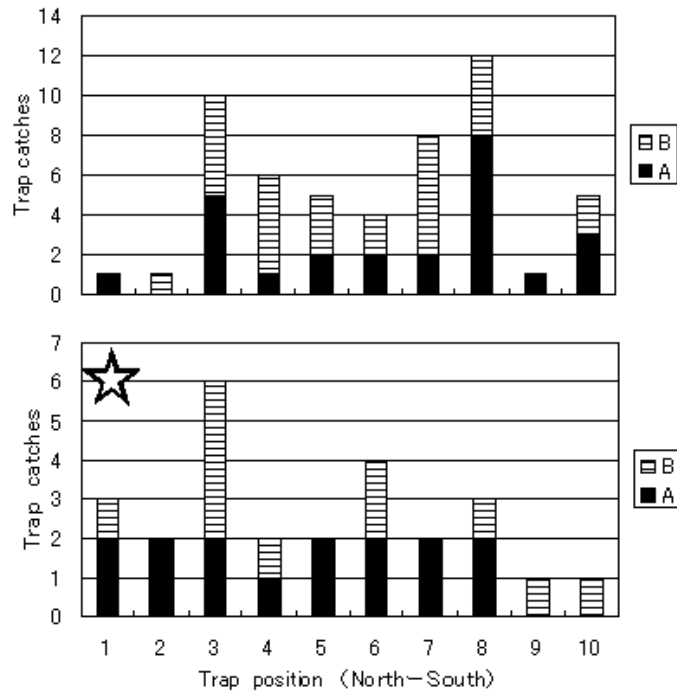


Fig. 3 The effect of a white LED on the flight direction of overwintered beetles in May 2009
The star mark shows the side where the LED was turned on.

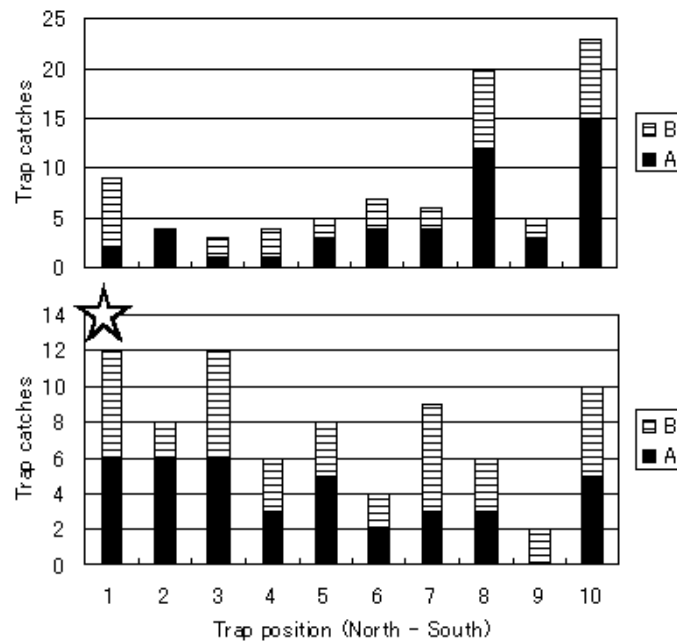


Fig. 4 The effect of a white LED on the flight direction of F1 beetles in August 2009

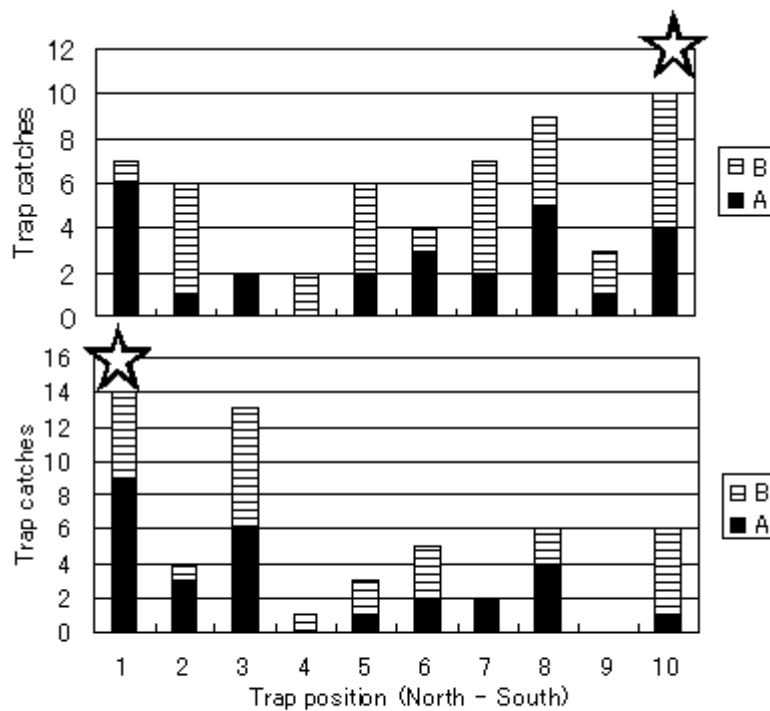


Fig. 5 The effect of a blue LED on the flight direction of F1 beetles in August 2009

UV 用 LED の効果 :

UV 用 LED の影響を調べた結果を Fig. 6 に示す. この場合も南側に点灯した場合に成虫の飛翔方向が明白に南側に偏り, 北側に点灯した場合はその偏りが消されたので, UV の点光源も成虫の飛翔方向として影響するとみられる. ただし, この LED を点灯した場合, 人間の目にもごく微弱な紫色の点として認識でき, わずかの可視光線を放射していることがわかるが, 前記の白色 LED や青色 LED のように, タワー先端を明瞭に照らし出すほどの明るさはなかった.

IR 用 LED の効果 :

IR 用 LED の効果を 8 月に調査した結果を Fig. 7 に示す. この LED は通電を確認しても可視光線を発生することはなかった. この LED では UV 用と同様に, 南側に点灯した場合には成虫の飛翔方向は南側に偏り, 北側に点灯した場合は南側への偏りが消される結果となった.

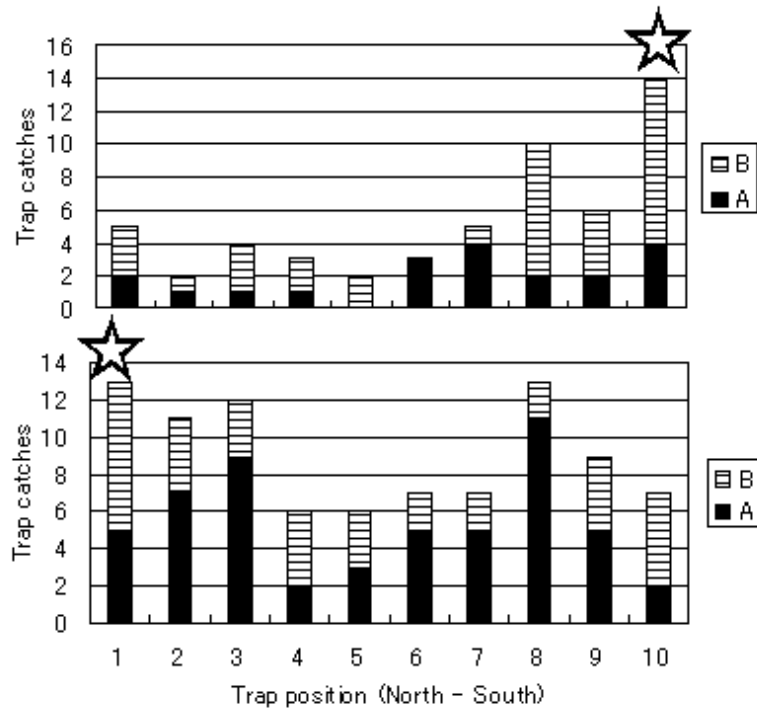


Fig. 6 The effect of a UV LED on the flight direction of F1 beetles in August 2009

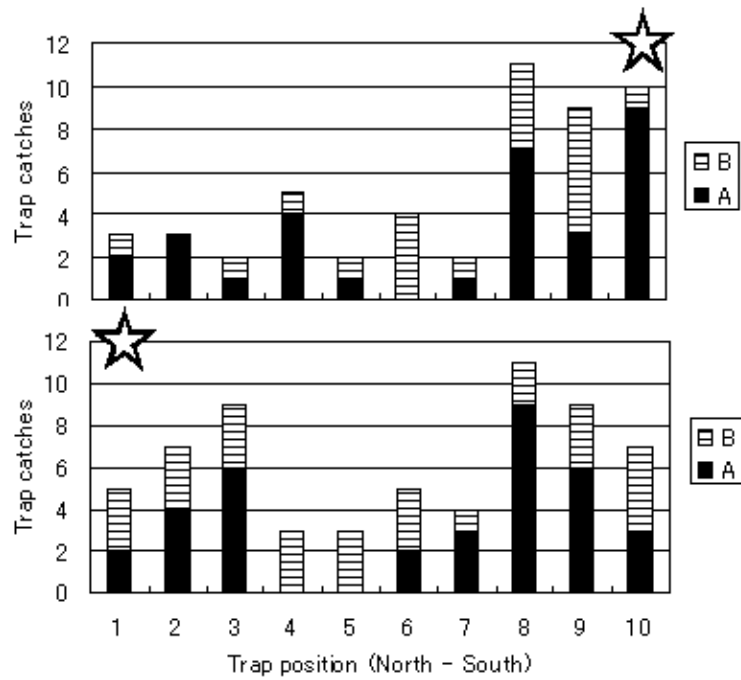


Fig. 7 The effect of an IR LED on the flight direction of F1 beetles in August 2009

4. 全体の考察と結論

昼の自然光条件下の室内で、成虫の飛翔が明るい南側（ガラス戸側）に向かう傾向が明らかにされているが（辻, 2010）、今回の夜間の LED 無点灯の場合でも南側（ガラス戸側）の僅かの明るさに反応して飛翔方向が南側に偏る傾向がみられた（Fig.3,4）。この南側へのバイアスは、点光源と見なせる白色 LED を北側に点灯することによって明らかに相殺し、飛翔方向をむしろ北側に変更できた（Fig.3,4）。したがって、白色 LED 程度の明るさの点光源でも成虫の飛翔方向に十分影響を与え得ると言える。いっぽう、点灯する位置を南側と北側と交代させた場合の飛翔方向の変化をみると（Fig. 5, 6, 7）、青色 LED、UV 用 LED、および IR 用 LED でも白色 LED 同様に成虫の飛翔方向に影響することが示されている。

空腹のコクヌストモドキ成虫が LED の微弱な明るさや点光源側に向かって飛翔することは、開けた方向に向かって移動を開始することを意味し、それは新しい環境への移動に適した行動と考えられる。その誘引光源として白色、青色、UV 線（Fig.1~6）だけでなく、IR 線（赤外線）が含まれている（Fig.7）ことは興味深い。これは本種が飛翔のために比較的高温を必要とする（Cox ら 2006）ことと関係があるかも知れない。

摘 要.

昼間部屋に置かれたケージ内で、コクヌストモドキ成虫が尖塔の先端から飛翔を開始する場合、越冬成虫も年内羽化成虫も餌を数日間以上与えない状態が続くと、明るい方向（南側のガラス戸の方向）に飛び出す傾向がみられる。そこで、夜間に 82 cm離れた位置に白色 LED を点灯し、弱い点光源に対する反応を調べると、光源側に飛び出す傾向が見られたが、点光源そのものを目指しているような鋭い方向性ではなかった。点光源とし白色、青色、紫外線、赤外線、のいずれの LED も類似の効果を示した。これらの反応は、成虫が飛翔を開始する際、光線に反応して開けた外部に向かうことや、熱線にも飛翔反応することを示唆する。

引用文献

- Cox, P. D., M. E. Wakefield, and T. A. Jacob (2007) The effects of temperature on flight initiation in a range of moths, beetles and parasitoids associated with stored products. *J. Stored Prod. Res.*, 43: 111 – 117.
- 三井英三 (1990) 食品工業と害虫—混入異物としての虫. 240 pp. 光琳, 東京.
- 富岡康浩, 柴山 淳 (2002) 家屋に大量出現するコクヌストモドキについて. 日本家屋害虫学会, 第 23 回年次大会研究発表要旨集, 7 頁.

- 富岡康浩 (2008) 新築家屋におけるコクヌストモドキの大量発生. しろあり, 第 150 号
(2008. 7): 6-10.
- 辻 英明 (2007) コクヌストモドキ成虫の飛翔条件, 家屋害虫, 29: 39-47.
- 辻 英明 (2009) コクヌストモドキ成虫の日周活動と歩行移動の実験的観察.
ペストロジー, 24: 55-60.
- 辻 英明 (2010) コクヌストモドキ成虫の飛翔方向と着陸後の歩行方向に関する実験.
投稿中 (家屋害虫)
- 吉田敏治, 渡辺 直, 尊田望之 (1989) 図説貯蔵食品の害虫—実用的識別法から防除まで. 268 pp. 全国農村教育協会, 東京.