

土用干しのコクゾウ駆除効果

吉 田 敏 治
(応用昆虫学研究室)

Received December 1, 1973

Effect of Sun-Drying on the Mortality of Immature Rice Weevils,
Sitophilus zeamais MOTSCH. (Coleoptera, Curculionidae)

Toshiharu YOSHIDA
(Laboratory of Applied Entomology)

In Japan farmers follow the custom of exposing grain to the sun's heat after passing of the rainy season to destroy insect infestation and to preserve it afterwards. The effect of this practice on the mortality was investigated for the various developmental stages of the rice weevil in kernels of naked barley.

The mortality index (D per cent) was calculated as follows :

$$D = \frac{C - Cx}{C} \times 100$$

In this expression C and Cx represented the numbers of adult emerging from the untreated and treated samples respectively. The relationship between calculated percentage mortality index (Y) and amount of insolation (x) received during the period of exposing was found to be expressed in the equation,

$$y = ax^b,$$

where a and b were calculated constants. First to third instar larvae were relatively sensitive to insolation and showed measurable mortality by the shortest exposing of ten minutes, while fourth instar larvae and pupae had no effect of that exposing. All developmental stages of insect were killed by about 100 cal. amount of insolation.

The effect of exposing to sun's heat on germination of naked barley was also investigated. There were no significant differences in gemination among control and experiments including five hours exposing.

ま え が き

人類は、害虫による穀物の被害を軽減するために、その原始の時代から太陽熱を利用してきた (WATTERS, 1965). 熱帯地方では、その米作地帯では穀を広いコンクリートの床に拡げて天日に干し (BRESE, 1962), また、一般に太陽光線を利用してピーナッツ、コーヒー、タピオカ、コブラなどを乾燥させることが行なわれている (BLATCHFORD, HALL, 1954, WILLIAMSら, 1969).

わが国の農家では、収穫時穀物を野外で乾燥させる以外に、梅雨中の高温多湿で被害の進行した麦類を、梅雨あけを待って、いわゆる土用干しと称して直射光線に当て、害虫を駆除し、あるいは、乾燥させて以後の貯蔵の安全を計ることが伝統的に行なわれている。しかし、その

効果についての科学的な調査はいまだに行なわれていない。

そこで、土用干しの害虫駆除効果を確認するために、コクゾウ *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY に加害された裸麦を、農家での土用干しに近い状況下で太陽光線に当て、その死亡率に及ぼす影響を調べ、また、土用干しが麦の品質を悪くしないかどうかを、発芽力への影響を通して調べた。

実験を手伝っていただいた中村英昌氏、ならびに気象の記録資料を貸していただいた宮崎地方気象台の方々に厚く御礼申し上げる。

実 験 方 法

太陽照射実験

土用干しが、コクゾウのいろんな発育令に対し、どのように違った影響を及ぼすかを調べるために、発育令期の違った実験虫を次のようにして準備した。

直径 11.3 cm、高さ 8.5 cm のガラス容器 2 個に、飽和食塩水を用いてデシケーター内であらかじめ含水量を調整しておいた裸麦（宮崎裸）を 375 g ずつ入れた。その各々に羽化後 24 時間以内のコクゾウ 750 匹を入れ、30°C 恒温器内で 5 日間産卵させた。5 日間の産卵を終った成虫は取り除いた。こうして産卵させた裸麦は太陽照射実験の日まで、30°C 恒温器内に置いておいた。太陽照射実験は産卵開始の日から数えてそれぞれ 14 日目、19 日目、24 日目、29 日目に行なった。以下、これらの実験区をこの順に A、B、C、D の記号で示す。実験日の各区のコクゾウの、産卵から数えた日令は、A で 9～13 日令、B で 14～18 日令、C で 19～23 日令、D で 24～28 日令であった。各実験区とも太陽照射実験は同じ日（8 月 14 日）に行なった。従って、上記産卵裸麦はそれぞれの日数だけあらかじめさかのぼって準備した。即ち、A は 8 月 1 日、B は 7 月 27 日、C は 7 月 22 日、D は 7 月 17 日に産卵を開始させた。

太陽照射実験は次のように行なった。同じ日に準備した 2 つの容器の裸麦は一緒にしてよく混ぜ、これを直径 1.9 cm、高さ 18 cm の試験管 75 本に 10 g ずつに分けて入れた。内 5 本は対照区として取り、残り 70 本をそれぞれ 10 本ずつの照射時間の違った 7 つの区に分けて実験を行なった。日陰にならない地面を選び、そこに 2 枚のごぎを敷き、その上に各 10 g ずつの裸麦を粒が重ならないように区分けして一重に並べた。実験は 10 時 30 分に開始した。干し始めて 10 分、20 分、30 分、45 分、60 分、75 分、90 分後に、それぞれ上記試験管 10 本ずつの裸麦を取り入れていった。取り入れの度毎に、他の実験区の裸麦はどの粒にもまんべんなく日が当たるようによく混ぜた。

照射を終った裸麦は、対照区のものと共に、試験管に入れたままその口を薄紙に目の細かい銅網を重ねたものでふさぎ、それをゴムバンドでとめ、30°C 恒温器内に置いた。器内の湿度は水を満たしたバットを入れて保持した以外特別に調節はしなかった。試験管毎に、産卵開始後 26 日目から始めて 5 日おきに、羽化虫数を調べた。この調査は 10 日連続して羽化虫のみられなくなるまで続け、それ以後の調査は打ち切った。

発 芽 実 験

太陽照射の麦の発芽率に及ぼす影響は次のようにして調べた。

裸麦は、あらかじめ二硫化炭素で燻蒸し調湿しておいた宮崎裸を用いた。照射のやり方は前記の殺虫効果を調べたものと全く同じで、ごぎの上に麦を一重に敷き並べて行なった。実験は、裸麦 50 g を対照区とし、各 50 g ずつの照射時間のそれぞれ違った 10 の実験区に分けて行

なった。8月24日の午前9時に実験区全部の裸麦を敷き並べ、30分おきに各区の麦を取り入れていった。最後の麦を取り入れたのは午後2時であった。従って、各実験区の照射時間はそれぞれ30分、1時間、1時間30分、2時間、2時間30分、3時間、3時間30分、4時間、4時間30分、5時間であった。照射の終わった麦は、対照区と共に、各区毎に直径8cm、高さ1.7cmのシャーレ5個（ただし、3、3.5、4、4.5時間の照射区では1個）にろ紙を敷き、その上にそれぞれ100粒ずつ並べ、毎日適量の水をろ紙に含ませ、実験室内に置いた。毎日発芽した麦粒は取り除いていった。こうして、シャーレ毎の総発芽粒数を記録した。

日射量と環境条件の測定

実験日の温湿度の日変化は自記温・湿度計で記録した。照射実験中の気温は8月14日30～31°C、8月24日27.7～31.2°C、湿度は8月14日72～78% R. H.、8月24日72～82% R. H.であった。日射量については、実験場所から約500mの距離にある宮崎地方気象台で測定した、ロビッチ式自記日射計による記録を借用した。

実験結果

殺虫照射実験の場合、発育令期の違った各実験区は日を違えて準備した。従って、区毎に産卵状況、その後の環境条件、特に湿度条件は必ずしも同じではない。この差異を消去し、また、産卵数が不明で羽化虫数しかわかっていないことでの資料から、各実験区の死亡率を推定するために、太陽照射の殺虫効果の評価に、次の死亡率指数を用いた。

$$D = \frac{C - Cx}{C} \times 100$$

Dは死亡率指数、Cは各対照区の平均羽化虫数、Cxは各実験での平均羽化虫数である。この死亡率指数は実験区での羽化虫数が対照区のそれと同じであれば0を示し、実験区の羽化虫が皆無であれば100となる。

また、日射の状況は、途中雲が出たりして刻々変わるので、照射時間はここでの処理の量的度合を正確には反映しない。そこで、日射計での自記記録図から、水平面日射計算表を用いて、各照射実験期間中の累積日射量を算出し、この値を用いて処理の量的度合を表わした。

第1図に殺虫照射実験日の日射量の時間的変化を示す。1時間単位でみた日射量は午前9時頃から午後3時頃まで比較的安定して、ほぼ60 cal. の値を保ち続けている。

コクゾウの各発育令期毎に、受けた日射量と死亡率指数との関係を図示すれば第2図の通りである。両変量とも対数で示してある。Aと黒い四角、Bと白い四角、Cと黒丸、Dと白丸はそれぞれ、産卵開始後14日、19日、24日、29日目に太陽照射した結果を示している。いずれの実験区でも、日射量の対数と死亡率指数の対数の間には有意の高い正の相関が認められる。それぞれの相関係

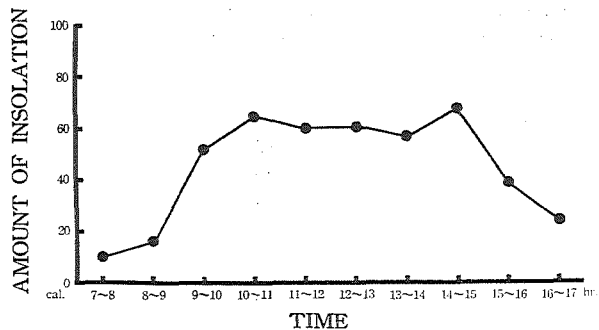


Fig. 1. Change in hourly amount of insolation during sun-drying.

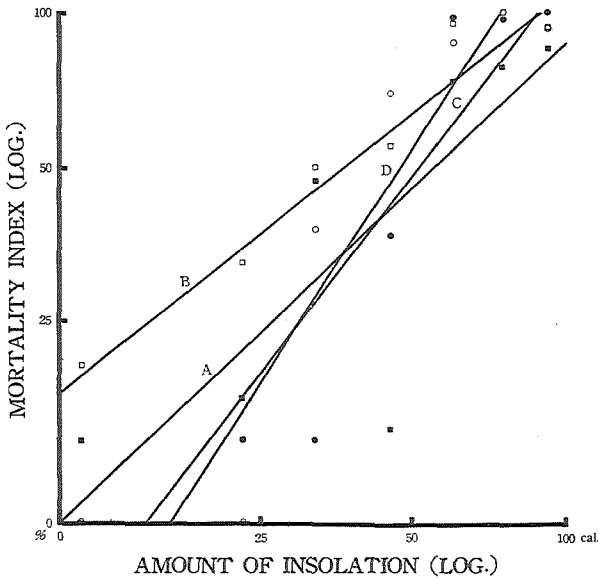


Fig. 2. Relationship between mortality index and amount of insolation.

A and solid squares, B and open squares, C and solid dots, and D and open dots indicate 9- to 13-, 14- to 18-, 19- to 23-, and 24- to 28-day-old stages, respectively.

が、長時間の照射では、いずれの令虫も強い影響を受け、回帰式から計算で求めた値では、Aで114.8 cal., Bで81.8 cal., Cで88.0 cal., Dで74.5 cal. の日射量を浴びると全個体が死亡してしまう。つまり、全個体が死亡するに要する日射量はいずれの場合もほぼ100 cal. で大差なく、従って、回帰直線は发育令の進んだC, Dでより立ってくる。

太陽照射が裸麦の発芽率にどのように響くかの実験結果を第1表に示す。どの区も75%前後の比較的安定した発芽率を示している。実験中最も照射時間の長かった5時間(日射量358

数の値は次の通りである。

- A. 0.8481
- B. 0.9835
- C. 0.7986
- D. 0.9046

図中のA, B, C, Dの直線はそれぞれの回帰直線を示している。各々の死亡率指数Yを日射量xの関数で示せば

- A. $Y = 1.1765 x^{0.9365}$
- B. $Y = 2.7868 x^{0.8129}$
- C. $Y = 0.3135 x^{1.2875}$
- D. $Y = 0.1373 x^{1.5292}$

となる。

コクゾウの发育初期のもの(A, B)は、太陽照射に比較的敏感で、短時間の照射でもその影響を受けてわずかながら死亡する。しかし、老熟すると(C, D)短時間の照射には影響されず、そのための死亡はみられない。ところ

Table 1. Effect of sun-drying on germination.

Drying period (hr.)	Amount of insolation (cal.)	Per cent germination	
		Mean ± S. E.	Range
0.5	23	75.8 ± 7.68	67 ~ 86
1.0	51	77.2 ± 2.48	75 ~ 82
1.5	80	75.0 ± 6.13	63 ~ 80
2.0	100	74.2 ± 5.71	65 ~ 79
2.5	134	76.0 ± 2.97	73 ~ 80
3.0	169	65	—
3.5	223	73	—
4.0	277	82	—
4.5	330	75	—
5.0	358	69.8 ± 7.57	62 ~ 83
Control	—	73.6 ± 5.92	67 ~ 84

cal.) の照射でも発芽率には対照区との間に5%の有意水準で有意な差は認められない。

議 論

太陽光線照射に殺虫効果のあるのは、高温、乾燥、電磁波の諸要因によるものと思われる。この3つの要因のそれぞれについては、自然光によらずに、人工的にこれらの要因を操作して害虫にとって有害な条件を作り出し、防除に役立てようとする試みが広範に行なわれている(WATTERS, 1965, 吉田, 1968)。

貯穀害虫は高温にさらされると体組織の可溶性蛋白が凝固し、あるいは、それより低い温度でもレドクターゼ、オキシダーゼ、カタラーゼの活性が損われて死亡する(SHAFFER, 1915)。COTTON (1920) はコクゾウの高温を利用した防除法にふれ、成虫は46.6°Cに2時間さらすとすべて死亡し、51.1°Cへの2時間のばく露では卵から成虫までのすべての令期のものが死亡すると述べている。BACK と COTTON (1924) は、コクゾウは35°C以上の恒温ではまもなく死に、成虫は35°C~36.7°Cでは9日で全部死に、48.9°Cでは3時間、94.4°Cでは30分以内にすべてが死亡する。産卵は34.4°Cの恒温でみられなくなると述べている。高橋(1931)によれば、コクゾウは33°Cではほとんど繁殖しない。KENAGA と FLETCHER (1943) はコクゾウの卵、幼虫、成虫について26.7°Cから40.6°Cへ64時間にわたって温度を上げると、そのすべてが死亡することを確かめた。REDDY (1953) はコクゾウ成虫の高温抵抗性をくわしく調べた。高温で100%が死亡するまでに要する時間は、穀物の有無、湿度条件で異なり、穀物は有る方が、また、湿度は高い方がより長命であった。穀物の無い場合35°Cで、関係湿度が30%の乾いた条件では48時間ですべてが死亡するが、84%の高湿条件では雄で248時間、雌で296時間経過しないと100%は死亡しなかった。宮崎での晴天の日の地表面の温度は、4月下旬の測定でも40°Cを越していた。以上のコクゾウの高温耐性についての資料から考えて、この実験でのコクゾウの死亡には太陽熱による高温が大きく影響していると思われる。

穀物が乾燥すると害虫の発生は抑制される。天日に干した穀物で羽化虫数の減少した一つの原因は、この処置で穀物が乾燥したことにあると思われる。ただし、この実験では、乾燥した裸麦は再びかなり高湿の恒温器内に戻したので、たとえ乾燥の効果があったとしても、それは大きく軽減されていると思われる。実際の場合、土用干し後の乾燥した麦を乾いた場所に貯えておけば、乾燥効果は長く持続し、ここでみられた以上の高死亡率が期待できるものと考えられる。

太陽光線に含まれる電磁波には、波長の短いγ線から始まって、次第に波長の長くなるX線、紫外線、赤外線、マイクロ波、高周波に至るまで、いずれの線にも殺虫力のあることが認められている(吉田, 1968)。しかし、いずれの場合にも高い死亡率の期待できるのは線量を極度に増した場合で、この実験で電磁波の影響があったとしても、それが死亡の大きな原因であるとは考えられない。

Howe (1952) は、小麦を餌にしてではあるが、ここでの実験に近い30°C、関係湿度70%の条件下で、コクゾウの各令までの発育所要日数を推定している。その値をメディアンで示せば、卵4.5日、1令幼虫8.6日、2令幼虫11.8日、3令幼虫15.5日、4令幼虫23.9日、蛹28.2日であった。ここでの実験では、産卵は5日間にわたって行なわせ、羽化虫数は5日毎にしか調査していない。従って裸麦での産卵から成虫羽化までの発育所要日数については、ここでの資料からは、ごくおおまかな値しか推定できないが、対照区で羽化した合計196匹について

て、各5日の中点をとって計算すると、その平均発育日数は29.5日となる。この値は HOWE の小麦での値とほぼ同じである。従って、裸麦での各令の経過が小麦の場合とほぼ同じであると仮定して、ここでの実験での各実験区の虫の令期はつぎのように推定できる。

- A. 2令幼虫を主とした1~3令幼虫
- B. 大部分が3令幼虫
- C. 大部分が4令幼虫
- D. 4令幼虫と蛹

従って、1~3令の若令幼虫が日射に対して敏感で、短期の照射でも影響を受けると考えられる。特に、3令幼虫の日射に対する感受性が高いようである。

この実験では卵と成虫が太陽光線の照射でどう影響されるかを調べていない。しかし、卵は幼虫と比べて照射にやや強いのではないかと考えられるが、卵期の日射量増加にともなう死亡率の変化の傾向が、幼虫期についてみられた死亡の傾向と、それほど大きくかけ離れるとは考えにくい。

吉田ら(1956)は宮崎で春、コクゾウが訪花吸蜜しているのを観察した。その際、コクゾウは花の上で吸蜜し、体が太陽熱で過熱すると一時花の裏側にかくれて体を冷やすのを見た。土用干しでむしろの上に被害穀物を拡げるとコクゾウ成虫は急いでむしろの下にかくれるか、近くの日陰を求めて逃げる。しかし、干し場が人家などの日陰から十分遠く離れていれば、大部分の成虫は結局は太陽熱で死亡するものと考えられる。

DEAN ら(1936)は高温を使って製粉所内の害虫を駆除することを試み、高温が小麦粉の品質にどう響くかについても調べた。その結果、パン焼きテストでは、60°Cに9時間さらしても、粉の品質に悪化は認められなかった。ホットケーキ粉では54.4°Cに48時間さらしても害はなかった。小麦粉の品質はかなりの高温によっても損われないうである。この実験では、太陽照射の裸麦の品質への影響は、直接には調べなかった。しかし、5時間の照射でも発芽率に何の影響も認められなかったことから考えて、裸麦の品質はかなりの量の日射に対しても安定しているものと思われる。

この実験では麦は一重に敷き並べて干した。しかし、実際の土用干しでは穀物はかなりの厚さに重ねて干される。従って、光線は下になった穀物には当たらないから、この実験で得られた死亡率を期待するには、穀物を何度かかきませ、穀粒にまんべんなく光が当たるようにしなければならない。コクゾウを完全に駆除するには、晴天の午前9時から午後3時頃までの間で2時間の連続照射が必要である。これを土用干しの目安にして干せばよい。

土用干しには未熟期のコクゾウに対する著しい殺虫効果があり、普通行なわれている程度の照射では裸麦の品質に対する悪効果は認められず、土用干しは極めて有効で良好な慣行であると結論できる。

ま と め

土用干しの害虫防除効果を実験的に調べた。裸麦についた1令幼虫から蛹までの4つの発育期の違ったコクゾウを、10分から90分までの7つのいろんな時間太陽光線に当てた。コクゾウの死亡率指数 Y (対照区の死亡率を0とした時の実験区の死亡率)と受けた日射量 x との間には $Y = ax^b$ (a , b は恒数)の関係があった。1~3令の若令幼虫、特に3令幼虫は照射に敏感で、ごく短期の照射にも影響されて、わずかながら死亡した。4令幼虫と蛹は短期照射の影響

響は受けなかった。しかし、いずれの令もほぼ 100 cal. の日射を受けるとすべてが死亡した。実際的にはコクゾウを完全に駆除するには、晴天の午前 9 時から午後 3 時までの間に 2 時間連続照射する必要がある。土用干しの裸麦の品質への影響を発芽率で調べたが、5 時間の太陽照射でも発芽率には何の変化も認められなかった。土用干しは害虫防除に極めて有効な慣行である。

文 献

- 1) BACK, E. A. and R. T. COTTON: J. Agric. Res. 28, 1043—1044 (1924)
- 2) BLATCHFORD, S. M. and D. W. HALL: Trop. Sci. 5, 6—33 (1954)
- 3) BREESE, M. H.: Trop. Agric., Trin. 39, 297—312 (1962)
- 4) COTTON, R. T.: J. Agric. Res. 20, 409—422 (1920)
- 5) DEAN, G. A., R. T. COTTON and G. B. WAGNER: U. S. D. A. Cir. 390, pp. 33 (1936)
- 6) HOWE, R. W.: Ann. Appl. Biol. 39, 168—180 (1952)
- 7) KENAGA, E. E. and F. W. KLETCHER: J. Econ. Ent. 35, 944 (1943)
- 8) REDDY, D. B.: Indian J. Ent. 16, 14—19 (1954)
- 9) SHAFER, G. D.: Michigan Agric. Coll. Exp. Stat. Tech. Bull. 21, pp. 67 (1915)
- 10) 高橋 奨: 米穀の害虫と駆除予防 201ページ, 明文堂, 東京 (1931)
- 11) WATTERS, F. L.: Proc. Ent. Soc. Manitoba 21, 18—27 (1965)
- 12) WILLIAMS, C. N., J. BEENY and B. H. WEBB: Trop. Agric., Trin. 46, 47—54 (1969)
- 13) 吉田敏治: 食品工業 11, 33—39 (1968)
- 14) 吉田敏治・玉村芳信・河野謙二・高橋幸一・宅万敏和・鳥原寿夫: 宮大学芸研究時報 1, 173—178 (1956)