

異なる飼料類におけるグラナリアコクゾウムシの発育可能性調査

西崎 博則・林 浩司¹⁾・内藤 浩光・赤川 敏幸

横浜植物防疫所調査研究部

Study on the Development Potential of the Granary Weevil, *Sitophilus granarius* L. (Coleoptera: Dryophthoridae), in Various Feed Grains and Feedstuffs. Hironori Nishizaki, Hiroshi Hayashi¹⁾, Hiromitsu Naito, and Toshiyuki Akagawa (Research Division, Yokohama Plant Protection Station, 1-16-10, Shinyamashita, Naka-ku, Yokohama, 231-0801 Japan. ¹⁾ Shimizu substation, Nagoya Plant Protection Station). *Res. Bull. Pl. Prot. Japan.* **52**: 37-43 (2016)

Abstract: Methyl bromide has been conventionally used in the fumigation process for the granary weevil, *Sitophilus granarius* L. Due to the nature of methyl bromide depleting the ozone layer, development of alternative fumigants are needed and ongoing. Although phosphine is a weak candidate as an alternative fumigant because of the low susceptibility of granary weevil pupae, it can be used for some feed grains and feedstuffs, as granary weevils are known not to survive to adulthood in them. As such, the use of phosphine as a fumigant depends on whether or not granary weevils can grow in the relevant feed grains or feedstuffs. In this study, the development of granary weevils was examined by using 12 kinds of feed grains and feedstuffs (corn cob meal, corn gluten feed, cotton seed, flax seed, rapeseed, rapeseed meal, safflower seed, sesame seed, sorghum, soybean, soybean meal, and wheat bran pellets). As a result, it was demonstrated that the next generation of adults occurred in wheat bran pellets and sorghum, but that it did not take place in the other feed grains and feedstuffs (corn cob meal, corn gluten feed, cotton seed, flax seed, rapeseed, rapeseed meal, safflower seed, sesame seed, soybean and soybean meal). The only exception was that it did take place from impurities in corn cob meal, flax seed, and safflower seed. It was also demonstrated that in a single generation, adult granary weevils survived more than 40 days with wheat bran pellets and sorghum, but survived no longer than 20 days with the 10 other kinds of feed grains and feedstuffs.

Key Words: *Sitophilus granarius*, development, feed grain, feedstuff

緒 言

現在、輸入穀類等からグラナリアコクゾウムシが発見された場合、臭化メチルくん蒸を実施している。しかしながら臭化メチル(CH₃Br)は、「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」においてオゾン層破壊物質に指定され、その製造、消費及び貿易が規制されている。現段階では、植物検疫用途の臭化メチルは規制対象から除外されているものの、国際植物防疫条約の植物検疫措置に関する委員会において、植物検疫措置における臭化メチル使用量の削減、代替技術への転換等が求められている(IPPC,2008)。臭化メチルに代わる薬剤としてリン化アルミニウム剤による消毒措置が考えられるが、グラナリアコクゾウムシの蛹はリン化水素に対して感受性が低いことが判っており(森ら:1969)、輸入穀類等検疫要綱(昭和46年45農政第2628号農政局長通達)の消毒基準においてリン化アルミニウム剤による消毒は認められていない。しかしなが

ら、グラナリアコクゾウムシが生育できないと判明しているアルファルファベレット等の一部の飼料では、穀類等の輸入検査において本種が発見された場合、リン化アルミニウム剤による消毒が認められている(高原ら:1997)。

そこで、リン化アルミニウム剤による消毒の可能性について検討するため、好適な寄主植物とはされていないものの、輸入検査においてグラナリアコクゾウムシが発見された事例のある飼料及び飼料として利用される可能性のある作物12品目を対象に、本種の発育の可否について調査を行ったのでその結果を報告する。

材料及び方法

1. 供試飼料類

調査区にはアマ(子実、第1図:カナダ産)、コーングルテンフィード(トウモロコシを粉碎し、外皮繊維質を乾燥したも

¹⁾名古屋植物防疫所清水支所

の、第2図：中国産)、コーンコブミール(トウモロコシの穂軸を乾燥して粉碎したもの、第3図：タイ産)、ゴマ(子実、第4図：タンザニア産)、コムギフスマペレット(コムギのふすまを圧縮してペレット状にしたもの、第5図：インドネシア産)、ダイズ(子実、第6図：アメリカ産)、ダイズ粕(ダイズを搾油後、乾燥したもの、第7図：中国産)、ナタネ(子実、第8図：カナダ産)、ナタネ粕(ナタネを搾油後、乾燥したもの、第9図：国産)、ベニバナ(子実、第10図：アメリカ産)、モロコシ(子実、第11図：アルゼンチン産)及びワタ(綿実)(子実、第12図：オーストラリア産)の12品目の飼料を、対照区には国産コムギ(子実、第13図：国産)を供試した。

2. 供試虫

2000年にイギリスから独立行政法人食品総合研究所に導入され、2002年に当所調査研究部に分譲され25℃、60%RH、16L8Dの条件で飼育されているグラナリアコクゾウムシ *Sitophilus granarius* L. (農林水産省指令12横植第336号)の成虫を使用した。

3. 発育調査

飼育容器(プラスチック製角型容器：280×215mm、深さ100mm)に供試飼料200gを入れ、ここに羽化後10日以上経過した成虫を1容器当たり250頭放飼し、飼育条件下で7日間保管後成虫を取り除いた。宮ノ下ら(2010)によれば、堅果類を用い本種と同属のコクゾウムシの発育調査を実施し、シラカシでは羽化初日までの平均日数が69日、最大で78日と報告している。このため、本調査においては、発育の遅延を考慮し調査期間を90日間とした。成虫を取り除いた日から60日間はそのまま保管を続け、定期的に観察を行い次世代成虫の有無を確認し、成虫が認められた場合はカウントして除去した。60日経過後、供試飼料を半分(100g)に分け、一方を-30℃で凍結後、実体顕微鏡下で切開又は観察して飼料内部への寄生状況を確認した。残りの100gは引き続き30日間飼育条件下25℃で保管し、成虫の有無を確認した。対照区のコムギについても調査区と同様に扱った。

なお、本調査は8回に分けて実施し、各調査においてコムギを対照区としたことからコムギは8回、モロコシは2回、その他の品目は各3回調査した。

4. 生存調査

飼育容器(プラスチック製丸型容器：直径156mm、深さ91mm)に供試飼料40gを入れ、ここに羽化後10日以上経過した成虫を1容器当たり50頭放飼し、飼育条件下で40日間保管して生存虫数を調査した。なお、供試飼料は羽化してくる次世代成虫との混同を避けるため、20日目に一度交換を行った。対照区のコムギについても調査区と同様に調査した。調査は、2回行った。

結 果

1. 発育調査

90日間の発育調査期間中の12品目飼料類及びコムギにおけるグラナリアコクゾウムシの成虫数を第1表に、60日目に凍結し飼料内部への寄生状況を観察した結果を第2表に示す。

対照区としたコムギでは、31日目から成虫が認められ、31から40日にピークとなった。その後、71～80日の間成虫は認められなかったが、89日に成虫が認められた。コムギにおける本種の発育期間は、当所での飼育条件下で約35日であり、70日以降に認められた成虫は、3世代目の可能性が高いことから、合計から除外した。この結果、調査期間中に平均1940頭の成虫が確認された。本種はコムギ1粒中から1頭しか羽化しない(Kirkpatrick and Wilbur, 1965)こと及びコムギ200gの平均粒数が6596粒であったことから、約30%のコムギ粒で産卵から成虫まで発育したことがわかった。60日後の寄生状況を見ると、平均で幼虫約46頭、蛹約11頭、成虫約31頭が認められ、虫体が新鮮であったことから、これらのほとんどが60日目の凍結時生存していたものと考えられた。

モロコシでは、34日目から成虫が認められ、41から50日にピークとなった。その後、61～70日の間成虫は認められなかったが、73日及び90日に2頭の成虫が認められた。モロコシにおける本種の成虫までの発育期間は、コムギに比べ4日程度長かった。また、成虫数の平均は197頭、モロコシ200gの平均粒数は9452粒であったことから、2%のモロコシ粒で産卵から成虫まで発育した。これらの結果から、モロコシはコムギと比較すると寄生数が少なく発育しにくい飼料であることがわかった。60日後の寄生状況を確認した結果、平均で幼虫19頭、蛹約3頭、成虫約93頭の寄生が確認されたが、ほとんどの虫体が乾燥、変色しており、60日目の凍結時すでに死亡していたものと考えられた。

コムギフスマペレットでは、3回の調査において6頭の成虫が認められ、60日後の寄生状況の調査でも凍結時生存していたと考えられる幼虫13頭、成虫2頭を確認した。この結果、本種は、コムギフスマペレットにおいても卵から成虫まで発育可能と考えられたが、90日間の成虫数はコムギの約1/1000と少なかった。また、寄生状況の調査の際、ペレット内にコムギの粒が混入しており、ペレット表面にコムギ粒が露出しているものを確認した。このため、本種は、この露出したコムギに産卵し、成虫まで発育することが考えられたことから、追加調査(第3表)を1回行った。追加調査では、コムギの粒が表面に露出しているペレットを50g選別し、ここにグラナリアコクゾウムシの成虫50頭を放飼、発育調査と同様の条件下で3日間産卵後成虫を取り除いた。引き続き42日間保管後-30℃で凍結処理し、実体顕微鏡下で切開してコムギ粒内部への寄生状況を確認した。この結果、コムギの粒内に幼虫5頭、蛹2頭、成虫2頭の寄生を確認したものの、これ以外の部分に寄生は認められなかった。以上のことから、コムギフスマペレットでは、ペレットに混入しているコムギ粒において成虫が発育することが判明した。

コーンコブミールでは、1回目の調査で3頭の成虫を確認したものの、60日後の寄生状況の調査においては、本種の寄生は見られなかった。しかしながら、この際、トウモロコシの欠片が混入していることを確認したため、2及び3回目の調査では、成虫を放飼後コーンコブミールとトウモロコシの欠片を選別し別々に保管した。2及び3回目の調査では成虫は認められず、60日後の調査でも本種の寄生は確認されなかった。しかし、CABI (2013) によればトウモロコシは好適ではないものの寄主植物とされていることから、トウモロコシの欠片を取り除いたコーンコブミール 50g 及びコーンコブミールから取り除いた大きめのトウモロコシの欠片 50g について追加調査 (第4表) を1回行った。それぞれにグラナリアコクゾウムシの成虫 50 頭を3日間放飼後、成虫を取り除き90日間飼育条件下で保管し、成虫の有無を確認した。この結果、トウモロコシの欠片を取り除いたコーンコブミールから成虫の発生はなかったが、トウモロコシの欠片からは53頭の成虫を確認した。以上のことから、コーンコブミールにおける本種の発生原因は、混入し

ていたトウモロコシの欠片によることが判明した。

ダイズでは、1回目の調査で1頭の成虫及び60日目の寄生状況調査で2頭の幼虫を確認したものの、幼虫は乾燥し変色していたためグラナリアコクゾウムシの幼虫かどうか同定できなかった。また、2及び3回目の調査では、成虫は認められず、内部への寄生も確認されなかった。そこで、ダイズ 200g にグラナリアコクゾウムシの成虫 600 から 700 頭を3日間放飼後、90日間保管する追加調査 (第4表) を2回行った。この結果、2回ともに成虫の発生は確認されなかった。

アマには、コムギ粒が混入していたため、成虫を放飼除去後アマとコムギ粒を選別し別々に保管して調査を行った。3回の調査においてアマから2頭、コムギ粒から2頭の成虫を確認したものの、60日後の寄生状況の調査においては、本種の寄生は見られなかった。そこで、コムギを除去したアマ 200g にグラナリアコクゾウムシの成虫 600 から 700 頭を3日間放飼後、90日間保管する追加調査 (第4表) を2回行った。この結果、2回ともに成虫の発生は確認されなかった。

第1表 12品目飼料類におけるグラナリアコクゾウムシ次世代成虫の脱出状況

品目	調査回数	調査開始後日数別の脱出成虫数 (平均±標準誤差)							脱出成虫の合計
		21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	
コムギ (対照区)	8	0	1343.6 ± 70.4	555.1 ± 38.6	39.6 ± 11.5	1.6 ± 0.5	0	2.9 ± 1.5 ※1	1940.0 ± 64.2
モロコシ	2	0	68.5 ± 18.5	95.5 ± 21.5	33.0 ± 2.0	0	0.5 ± 0.5 ※1	0.5 ± 0.5 ※1	197.0 ± 42.0
コムギフスマベレット	3	0	0	1.0 ± 0.6	0.7 ± 0.7	0.3 ± 0.3	0	0	2.0 ± 0.6
ダイズ	3	0	0.3 ± 0.3	0	0	0	0	0	0.3 ± 0.3
コーンコブミール	3	0	0	0	1.0 ± 1.0 ※2	0	0	0	1.0 ± 1.0 ※2
アマ	3	0	0	0	0.7 ± 0.3 ※2	0	0	0	0.7 ± 0.3 ※2
コーングルテンフィード	3	0	0	0	0	0	0	0	0
ゴマ	3	0	0	0	0	0	0	0	0
ダイズ粕	3	0	0	0	0	0	0	0	0
ナタネ	3	0	0	0	0	0	0	0	0
ナタネ粕	3	0	0	0	0	0	0	0	0
ベニバナ	3	0	0	0	0	0	0	0	0
ワタ (綿実)	3	0	0	0	0	0	0	0	0

※1 3世代目の脱出成虫と推定されることから、合計に含めず。

※2 夾雑物から脱出したと推測される成虫数。

第2表 12品目飼料類におけるグラナリアコクゾウムシの寄生状況

品目	調査回数	60日後の寄生状況 (平均頭数±標準誤差)			合計
		幼虫	蛹	成虫	
コムギ (対照区)	8	45.9 ± 6.7	11.4 ± 2.4	30.5 ± 3.7	87.8 ± 8.6
モロコシ	2	19.0 ± 5.0	2.5 ± 1.5	92.5 ± 9.5	114.0 ± 6.0
コムギフスマベレット	3	4.3 ± 2.3	0	0.7 ± 0.7	5.0 ± 2.1
ダイズ	3	0.7 ± 0.7 ※	0	0	0.7 ± 0.7 ※
コーンコブミール	3	0	0	0	0
アマ	3	0	0	0	0
コーングルテンフィード	3	0	0	0	0
ゴマ	3	0	0	0	0
ダイズ粕	3	0	0	0	0
ナタネ	3	0	0	0	0
ナタネ粕	3	0	0	0	0
ベニバナ	3	0	0	0	0
ワタ (綿実)	3	0	0	0	0

※乾燥し変色していたためグラナリアコクゾウムシの幼虫と同定できず。

第3表 コムギフスマペレットにおけるグラナリアコクゾウムシの寄生状況

品目	調査回数	42日後の寄生状況			合計
		幼虫	蛹	成虫	
コムギフスマペレット※	1	5	2	2	9

※コムギ粒が表面に露出しているもの。

第4表 コーンコブミール、トウモロコシの欠片、ダイズ、アマにおけるグラナリアコクゾウムシ次世代成虫の脱出状況

品目	調査回数	調査開始後日数別の脱出成虫数					脱出成虫の合計
		41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	
コーンコブミール※	1	0	0	0	0	0	0
トウモロコシの欠片	1	18	20	7	8	0	53
ダイズ	2	0	0	0	0	0	0
アマ	2	0	0	0	0	0	0

※トウモロコシの欠片を除去したもの。

コーングルテンフィード、ゴマ、ダイズ粕、ナタネ、ナタネ粕、ベニバナ及びワタ（綿実）は90日間、3回の調査の結果、成虫は確認されなかった。また、飼料内部への寄生も確認されなかった。なお、ベニバナはアマと同様に夾雑物としてコムギ粒が含まれていたため、成虫放飼後別々に保管し調査したところ、コムギ粒からのみ成虫が確認され、ベニバナでは成虫は認められず、飼料内部への寄生も確認されなかった。

2. 生存調査

調査結果を第5表に示す。対照区のコムギでは、放飼したグラナリアコクゾウムシの成虫97%が40日以上生存した。供試飼料では、モロコシで成虫の60%が40日以上生存し、コムギ

フスマペレットでは、成虫の73%が40日以上生存した。アマ、ゴマ、コーンコブミール、コーングルテンフィード、ダイズ、ダイズ粕、ナタネ、ナタネ粕、ベニバナ及びワタの10品目については、短くて11日、長くて19日以内に成虫全頭が死亡した。また、プラスチック製容器に成虫のみを入れた絶食状態での生存日数は14日であったことから、ゴマ、ダイズ、ダイズ粕、ナタネ粕、ベニバナ及びワタ（綿実）の6品目については、ほとんど摂食せず、ほぼ絶食状態で死亡したと考えられた。

この結果、モロコシ及びコムギフスマペレットは同飼料を餌として生存することが可能であり、第1表の次世代成虫の調査でも同飼料では次世代成虫が確認されていることから個体数を増やす可能性があると考えられた。

第5表 飼料類におけるグラナリアコクゾウムシ成虫の生存調査

品目	調査回数	1回当たりの供試成虫数	放飼後経過日数毎の平均生存率(%)							
			5日後	10日後	15日後	20日後	25日後	30日後	35日後	40日後
コムギ(対照区)	2	50	100	100	99	97	97	97	97	97
コムギフスマペレット	2	50	99	97	97	95	88	85	74	73
モロコシ	2	50	99	94	92	85	79	73	67	60
コーンコブミール	2	50	100	62	2	0	-	-	-	-
コーングルテンフィード	2	50	100	64	3	0	-	-	-	-
アマ	2	50	95	82	3	0	-	-	-	-
ナタネ	2	50	94	70	1	0	-	-	-	-
ワタ(綿実)	2	50	100	77	0	-	-	-	-	-
ゴマ	2	50	100	53	0	-	-	-	-	-
ナタネ粕	2	50	98	48	0	-	-	-	-	-
ダイズ	2	50	98	40	0	-	-	-	-	-
ベニバナ	2	50	96	56	0	-	-	-	-	-
ダイズ粕	2	50	96	22	0	-	-	-	-	-
飼料なし(絶食状態)	2	50	99	47	0	-	-	-	-	-

考 察

本調査の結果、モロコシはグラナリアコクゾウムシが産卵し成虫まで発育が可能であり、成虫はモロコシを餌として40日以上生存することが可能であった。また、コムギと比較して成

虫数が約1/10と少ないものの、CABI(2013)によれば成虫は7~8か月生存し、雌成虫は通常150卵産卵するとされていることから、自然条件下ではモロコシを餌とした場合でも個体数を増加させる可能性が十分あると考えられた。モロコシで頭数が少なかった理由として、外皮がコムギの外皮よりも硬かった

ことにより産卵がしづらかったためと考えられた。さらに、モロコシで認められた成虫の体長はコムギで認められた成虫よりも有意に小さかった ($P < 0.01$, t 検定: 第6表)。新垣ら (1982) によればコクゾウムシ (*Sitophilus zeamais*) は餌が充分にないときは、摂食量を減らして、体を小さくすることにより餌不足に対処することができるかと報告している。モロコシ1粒の可食部重量は寄主であるコムギと比較して少ないことから同属であるグラナリアコクゾウムシについても、餌と成虫の体長に関しコクゾウムシと同様の傾向を有し、同様の理由で小さくなったと推察された。

第6表 コムギ及びモロコシから脱出したグラナリアコクゾウムシの体長 (平均体長 ± 標準偏差)

品 目	調査数	脱出成虫の体長 (mm) ※1
コムギ (対照区)	50	3.3 ± 0.2 ※2
モロコシ	50	2.8 ± 0.3 ※2

※1 腹部と胸部の体長のみ計測。

※2 有意差あり t 検定 $P < 0.01$ 。

コムギフスマペレットは、モロコシと同様にグラナリアコクゾウムシが産卵し成虫まで発育が可能であり、成虫は当該ペレットを餌として40日以上生存することが可能であった。しかし、コムギと比較して成虫の頭数が約1/1000と極端に少ないのは、ペレット内にコムギ粒が含まれていないと成虫まで発育できないことが理由と考えられた。

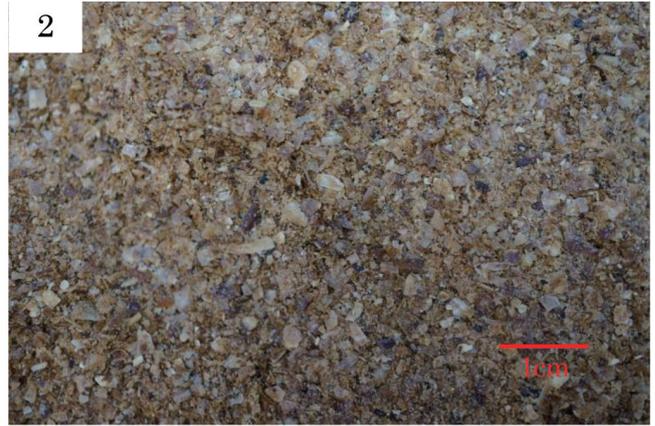
コーンコブミール、アマ及びベニバナは、飼料内部の寄生状況調査で発育過程が確認できないこと及び生存調査で放飼した成虫が20日以内に全頭死亡していることから、今回の試験ではこれらの飼料からグラナリアコクゾウムシの発育は難しいと考えられる。しかし、製造工程でコーンコブミールはトウモロコシの欠片、アマ及びベニバナはコムギが夾雑物として混入しており、こうした夾雑物からグラナリアコクゾウムシが確認されていることから、輸入された飼料作物の夾雑物中に寄主植物が混入している場合に、グラナリアコクゾウムシが発育する可能性がある。

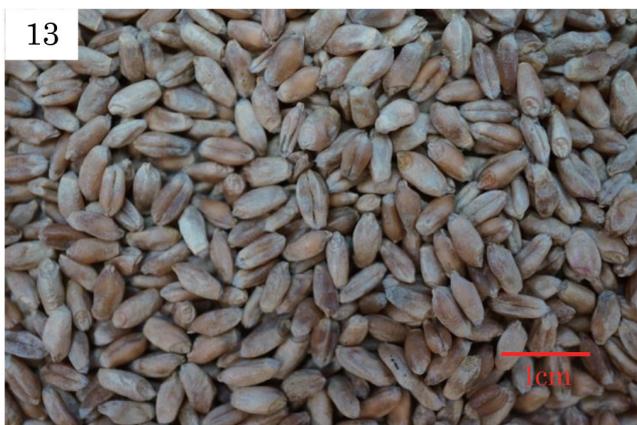
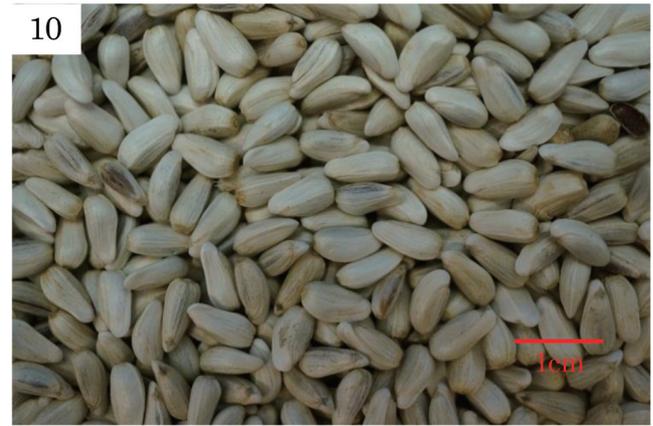
ダイズは3反復の調査で1頭の成虫が確認されたが、発育調査において生きた幼虫及び蛹が確認できなかったこと、その後の追加調査においても発生が認められなかったこと、生存調査で成虫が20日以内に全頭死亡していること、飼料内部の寄生状況調査で発育過程が確認できないことから、グラナリアコクゾウムシがダイズで成虫まで発育し増殖することはきわめて困難と思われる。

以上から、コーングルテンフィード、ゴマ、ダイズ、ダイズ粕、ナタネ、ナタネ粕及びワタの7品目は輸入検査において、グラナリアコクゾウムシの成虫が発見された場合でも、同幼虫及び蛹の生存の可能性は考えられないことから、現行の輸入穀類等検査要綱の消毒基準においてリン化アルミニウム剤による消毒措置の適用対象植物になると考える。

引用文献

- 新垣則雄・高橋史樹 (1982) 米粒中におけるコクゾウの幼虫個体数制御機構. 昆虫 **50(4)**: 588-598.
- CABI(2013) *Sitophilus granarius*. In: Crop protection Compendium. Wallingford, UK: CAB International. <<http://www.cabi.org/cpc/>>, (accessed 2013-07-03)
- IPPC (International Plant Protection Convention) (2008) Report of the third session of the Commission on Phytosanitary Measures. Appendix 6. Recommendation for the implementation of IPPC. IPPC recommendation. Replacement or reduction of the use of methyl bromide as a phytosanitary measure. 10pp.
- Kirkpatrick, R. L., and D. A. Wilbur (1965) The development and habits of the granary weevil, *Sitophilus granarius* within the kernel of wheat. *J. Econ. Ent.*, **58**: 979-985.
- 宮ノ下明大・小畑弘己・真邊彩・今村太郎 (2010) 堅果類で発育するコクゾウムシ. 家屋害虫 **32(2)**: 59-63.
- 森武雄・池上雍春・楯谷昭夫 (1969) 燐化水素に対するコクゾウ蛹の感受性. 植防研報 **7**: 67-70.
- 森武雄・川本登 (1966) 燐化アルミニウム剤の性状と効果に関する研究. 植防研報 **3**: 24-35.
- 高原伸一・小野直徳・土屋芳夫・鈴木浩之 (1997) ソイビーンハルペレットにおけるコクゾウムシ類の生育調査. 植防研報 **33**: 107-109.





第1図 アマ、第2図 コーングルテンフィード、第3図 コーンコブミール、第4図 ゴマ、第5図 コムギフスマペレット、第6図 ダイズ、第7図 ダイズ粕、第8図 ナタネ、第9図 ナタネ粕、第10図 ベニバナ、第11図 モロコシ、第12図 ワタ（綿実）、第13図 コムギ

