

쌀바구미의 生育에 미치는 *Aspergillus* spp.의 影響

*玄 在 善 · *柳 文 一

A study on the effects of the storage molds on the biology of the rice weevil, *Sitophilus oryzae* L.

*Jai Sun Hyun · *Moon Il Yu

(접수 6.24일)

Abstract

A study was conducted to investigate the relationships between the rice weevil and associated storage molds. The results are as follows;

1. All of the developmental stages of the rice weevils are carrying some storage molds in their bodies, and the order of magnitude in the number was the adult, larva and pupa.
2. The molds persist in the body of the rice weevil for 10 days when they were fed on the mold free wheat, and the most persistent mold species was *A. candidus*.
3. When the mold free weevils were reared on the pure culture of the molds on the wheat, the number of eggs laid by the weevil were the greatest for *A. candidus*, following *A. ruber*, and the least number were obtained with *A. niger*.
4. The rice weevil could complete in the pure mold culture on the wheat except for *A. niger* where the larvae had developed by 2nd or 3rd instars.
5. The shortest developmental periods was obtained with *A. candidus* and the first adult emerged in 4th week.
6. The unfavorable effects of *A. niger* on the development of the rice weevil might be associated with the fast growth of the mold together with some unknown effects.
7. There seems to be a proto cooperative interaction between these two organisms having been developed through the long evolutionary course in common habitat.

緒 論

貯穀害虫은 直接 穀物을 加害하여 被害를 줄 뿐 아니라 微生物을 體内外에 付着시켜 傳播를 도우며 發熱, 含水量의 增加를 助하여 微生物의 活動을 도와 變質 乃至는 腐敗를 促進시키기도 한다. Agrawl(1957) 등은 *Sitophilus granarius*가 *Aspergillus*類의 傳播를 도우며 *A. restrictus*와는 特別 密接한 關係가 있다고 하였다. Van Wyk(1959) 등은 *Tribolium confusum*은 Bacteria를 接種한 小麥粉中에서 飼育할 때 無菌小麥粉中에서 보다 生育이 良好하다고 하였다.

Hyun(1960)은 민다드미벌레(*Liposcelis divinatorius*)가 곰팡이類만을 먹고 자랄 수 있으며 生育은 곰팡이 種에 따라 다르다고 보고 하였다. 또 쌀바구미를 穀類

에 接種하였을 때 穀類의 含水量이 增加되며, 이 昆虫은 곰팡이類를 體内外에 가지고 다닌다고 報告한 바 있다(1963, 1964).

Griffiths 등(1959)은 응애類인 *Acarus siro*와 *Tyrophagus castenalii* 등이 곰팡이 胞子를 體内外에 運搬하고 *A. glaucus*群에 對하여 選好性을 가지고 있다고 報告한 바 있다.

本 研究는 貯穀害虫中 가장 重要한 쌀바구미와 穀類 變質의 重要原因이 되는 *Aspergillus*屬 곰팡이 數種間의 關係를 調査하여 被害의 本質을 究明하고 共通된 條件下에서 進化한 두 生物群間의 相互作用을 解析하려고 行해졌다.

本 研究는 文敎部의 研究助成費에 依한 것으로 研究를 遂行할 수 있게 配慮해 주신 當局에 깊은 謝意를 表하는 바이다.

*서울대학교 농과대학. Coll. of Agr., Seoul Nat. Univ., Suwon.

I. 材料 및 方法

本實驗에 使用된 供試虫은 서울大學校 農科大學 昆蟲 生態學 教室에서 Hard red winter 系 小麥을 飼料로 28 \pm 2 $^{\circ}$ C의 恒溫下에서 累代 飼育한 것이었다.

體外 菌類의 除去를 爲하여는 0.1% Sodium hypochlorite 溶液中에 供試虫을 넣고 1分30秒間 흔들어 洗滌한 後 다시 殺菌水로 씻었다.

貯藏中 菌類培養은 7.5% Malt Salt Agar를 利用하였고 菌數 調査를 爲하여는 Agrawl 等(1957)이 使用한 方法에 依하여 接種 4日後에 計數하고 菌의 同定은 7~10日後에 行하였다.

쌀바구미의 産卵數 調査는 Acid fuchsin法을 利用하였으며 幼虫은 頭幅을 測定하여 發育 進展狀況의 參考로 하였다.

쌀바구미의 飼育은 28 \pm 2 $^{\circ}$ C의 恒溫下에서 飽和食鹽水를 넣은 데시케타 내에서 行하였고 小麥의 含水量은 14.5%로 調節하였다.

그 밖의 詳細한 方法은 各項에서 說明하려 한다.

II. 結果 및 考察

1. 虫體內 菌類

쌀바구미의 各種 虫態에 內存하는 菌類를 알기 爲하여 各 虫態의 것을 0.1% Sodium hypochlorite 溶液으로 表面殺菌하고 10個의 培養基에 各各 5頭式을 接種하고 10日後 出現한 곰팡이 種類와 그 數를 보면 Table 1과 같다.

Table 1. Average number of mold colonies per agar plate isolated from different developmental stages of the rice weevils.

Molds	A. candidus	A. repens	A. ruber	A. restrictus	A. amsterodami	Total
Larvae	2.6	1.8	0.5	0.2	0	5.1
Pupae	0.6	0.7	0.2	0.8	0.1	2.4
Adults	5.8	2.0	2.6	0	0	10.4
Total	9.0	4.5	3.3	1.0	0.1	17.9

全體적으로 菌總數에 있어서 成虫이 平均 10.4로 가장 많았고 다음이 5.1의 幼虫이며 가장 적은 것은 蛹으로 2.4였다.

成虫은 穀粒外에서 求食活動을 하고 幼虫은 穀粒內에서 生活하고 있는 故로 菌類에 接觸 機會가 幼虫이 成虫보다 적을 것이며, 蛹에서 가장 적은 數의 곰팡이가 發見된 것은 攝食을 않는 것과 關係있는 것으로 생각된다.

이와 같은 關係는 優占度指數를 算出하여 보면 全體로 0.35였고, 幼虫이 0.39, 蛹이 0.05, 그리고 成虫이 0.41 等으로 成虫과 幼虫에서는 비슷하였으나 蛹에서는 極히 낮은 優占度指數를 나타내고 있는 것으로도 알 수 있다.

다음에 分離된 곰팡이의 種類를 보면 A. candidus가 9.0으로 가장 많으며 A. repens·A. ruber·A. restrictus·A. amsterodemi의 順이었다. 이와 같은 關係는 虫態에 關係없이 일어나고 있으며 蛹의 境運에 있어서는 그리 明白하지 않다.

Hyun(1960)은 민다드미벌레 (*Liposcelis divinatorius*)가 A. amsterodami를 除外한 A. glaucus群의 곰팡이에 選好性을 갖고 있으며, 純粹培養基內에서 同昆蟲의 成長과 生殖을 促進함을 報告한 바 있으며, Thomas 等(1971)은 응애의 1種 *Acarus siro*가 A. flavus·A. repens·*Rhizopus nigricans* 등의 抽出物에 誘因되며 이들 곰팡이는 응애 個體群 增殖에 適切한 먹이가 된다고 하고 곰팡이와 응애는 原始的 協同關係에 있다고 報告한 바 있다.

2. 無保菌 成虫

實驗 1에서 보는 바와 같이 쌀바구미는 體外뿐 아니라 體內에 곰팡이類를 갖고 있음을 알 수 있다.

곰팡이 種類와 쌀바구미의 生育과의 關係를 調査하려면 于先 無菌成虫을 얻어야겠으므로 羽化後 1~4日된 成虫(小麥中の 成虫을 完全 除去後 4日間에 羽化한 成虫을 말하며 이렇게 함으로써 成虫의 年令을 均一하게 할 수 있다)을 表面殺菌하고 無菌 小麥으로 飼育하였다. 이러한 成虫을 2日間隔으로 새 無菌小麥에 옮겨주고 每回 成虫 5頭(4反覆)를 培養基上에 接種하여 殘存菌類의 種類와 數를 調査하여 Table 2, Table 3과 같은 結果를 얻었다.

Table 2. Average number of the rice weevils pertaining storage molds when surface disinfected adults were transferred every other day.

Blocks	Days after first surface disinfection					
	2	4	6	8	10	12
1	1.25	2.75	1.75	0	0	0
2	3.25	1.25	0.75	0.50	0	0
3	1.50	0.25	0	0	0	0
4	4.25	2.25	2.25	0.25	0	0
5	1.25	1.00	1.00	0.75	0	0
6	2.50	0.50	0.50	0	0	0
7	4.50	0.50	0.75	0.75	0	0
8	1.75	1.00	1.00	0.75	0	0
Average	2.53	1.19	0.69	0.38	0	0

Table 3. Change in numbers of species of *Aspergillus* spp. isolated from the surface disinfected adult rice weevils during the experimental periods.

Days	Molds	Blocks								Index of dominance
		1	2	3	4	5	6	7	8	
2	can.	5	2	2	0	0	10	8	7	0.368
	rep.	0	11	0	0	5	0	0	0	
	rub.	0	0	4	17	0	0	0	0	
4	can.	11	4	0	7	1	2	2	3	0.676
	rep.	0	0	0	0	3	0	0	1	
	rub.	0	0	1	2	0	0	0	0	
6	can.	7	2	0	1	3	1	3	3	0.835
	rep.	0	0	0	0	0	0	0	0	
	rub.	0	1	0	0	0	1	0	0	
8	can.	0	2	0	0	0	0	3	0	1.000
	rep.	0	0	0	0	0	0	0	0	
	rub.	0	0	0	0	0	0	0	0	

※can : *A. candidus* rep : *A. repens* rub : *A. ruber*

Table 2에서 볼 때 쌀바구미 體內의 곰팡이類는 時日이 經過함에 따라 漸次로 減少되며 10日後에는 完全히 除去되었으며 이들 곰팡이類는 쌀바구미의 體內에 存在하나 體組織과 結合되어 있는 것이 아님을 말해 주고 있다.

Musgrave 等(1961)은 *Sitophilus granarius*의 Mycotope內 微生物은 Methyl bromide處理로 11世代까지는 持續된다고 하였고 Van Wyk 等(1959)은 *Tribolium confusum*의 消化管內에 곰팡이는 없었으나 細菌類는 殘存하였음을 報告하였고 Hyun(1960)은 前記 *L. divinatorius*에 對하여 6日間 蒸기후 體外殺菌後 無菌小麥에 數次 옮겨줌으로 體內 곰팡이類를 完全 除去하였음을 報告한 바 있었다.

Table 2에서 볼 때 保菌成虫의 數는 第 4日부터 急激한 減少가 있음을 알 수 있다.

Table 3에서 日別 菌種을 보면 *A. candidus*가 가장 많고 또 오래 持續되고 있음을 알 수 있어 다른 種이 6日後에는 完全 除去되는데 反하여 8日後에도 殘存하였다. 調査日別 優占度指數를 보면 2日後 0.368, 4日後 0.676, 6日後 0.835, 그리고 8日後에는 1.000으로 日數의 經과에 따라 優占度指數는 增大하여 結局 *A. candidus*가 最後까지 體內 殘存하고 있음을 말해 주고 있다.

Hyun(1963)은 쌀바구미를 玄米內에서 飼育할때 時日의 經過에 따라 곰팡이類의 遷移現象이 있었고 全體의 所以로 *A. candidus*는 優占種이었고 特히 1個月後부터는 *A. candidus*의 優占性이 뚜렷해졌음을 報告한 바 있다.

3. *Aspergillus* spp.가 쌀바구미의 生育에 미치는 影響
곰팡이類가 쌀바구미의 生育에 미치는 影響을 調査하

기 爲하여 殺菌된 小麥 10g(含水量 : 14.5%)을 小型 硝子管(直徑 2.4cm, 높이 8.5cm)에 넣고 代表的菌種인 *A. candidus*, *A. ruber*, *A. niger* 等を 接種하였다. 接種後 7日이 지난 다음 無菌 쌀바구미를 各 硝子管當 10 雙式 넣고 處理區마다 15個의 硝子管을 準備하였다. 無殺菌 小麥에서 飼育한 同齡 成虫을 넣은 것을 對照區로 하였다.

調査는 每週 3個의 硝子管을 擇하여 其中에서 60粒의 小麥粒을 取하여 行하였고 實驗은 5週間 繼續하였다.

但 *A. ruber*區는 恒溫器 故障으로 3週間 하였다.

i. 産卵數에 미치는 影響

Table 4는 計算에 依하여 推定된 産卵數이다. 即 産卵數는 調査週에 出現한 總虫數에서 前週까지의 累積虫數를 除한 것으로 하였다.

이것은 每週 同一區를 調査함으로써 생기는 他菌種의 汚染을 막기 爲하여 새로운 硝子管을 調査하였기에 不得已한 일이었다.

Table 4. Calculated number of eggs in 60 wheat grains when 10 pairs of rice weevil were infested.

Treatment	Week					Average
	1	2	3	4	5	
Control	13.0	6.0	10.3	9.7	1.7	8.1
<i>A. candidus</i>	16.5	0*	28.3	7.2	0*	10.4
<i>A. ruber</i>	11.0	16.0	7.5	—	—	—
<i>A. niger</i>	7.6	1.6	0.1	3.3	0*	2.5

* : negative value.

위의 Table에서 보는 바와 같이 産卵數는 大體로 接種

後 4週까지로 끝나는데 이것은 實際로 羽化後 38~42日 이 經過한 成虫으로 쌀바구미의 生殖期間이 約 40日인 을 말해주고 있다.

4週까지의 平均 産卵數를 比較해 볼때 *A. niger*區를 除外하고는 顯著한 差는 없었다.

ii. 幼虫의 生育에 미치는 影響

實驗中 各虫態의 數의 變動狀況을 보면 Table 5와 같다.

Table 5. Change in numbers of the various developmental stages of the rice weevils.

Week	Control			<i>A. candidus</i>			<i>A. ruber</i>			<i>A. niger</i>		
	L	P	A	L	P	A	L	P	A	L	P	A
1	0	0	0	3.0	0	0	3.0	0	0	0.3	0	0
2	7.3	0	0	7.0	0	0	16.0	0	0	3.7	0	0
3	16.0	0.3	0	35.0	2.7	0	10.0	0	0	3.5	0	0
4	22.0	4.3	0	28.0	9.0	5.0	—	—	—	8.0	0	0
5	28.0	8.0	1.7	4.0	7.0	19.0	—	—	—	2.5	0	0

L: Larva P: Pupa A: Adult

Table 6. Changes in the width of head capsule of the larvae during the experimental periods.

Treatment	Week	1	2	3	4	5
Control		—	2.84±1.94	4.79±1.53	5.31±1.29	5.35±1.20
<i>A. candidus</i>		1.82±0.12	2.91±1.23	4.47±1.47	5.09±1.61	4.65±2.06
<i>A. ruber</i>		1.87±0.22	2.47±0.95	4.45±1.91	—	—
<i>A. niger</i>		2.0±0	2.50±0.96	3.08±1.26	2.93±1.49	3.8±1.14

各 處理區에서의 蛹化狀況 및 羽化狀況은 Table 7, 8 과 같다.

여기서 蛹化率은 調査時 蛹數의 幼虫과 蛹의 總數에 對한 百分率이고 羽化率은 蛹數와 成虫數의 合計에 對한 成虫數의 百分率이다.

Table 7. Effects of the storage molds on the pupation rate of the rice weevil. (%)

Treat.	Weeks	1	2	3	4	5
Control		0	0	2.1	16.3	35.4
<i>A. candidus</i>		0	0	11.1	34.9	86.7
<i>A. ruber</i>		0	0	0	—	—
<i>A. niger</i>		0	0	0	0	0

Table 9. Changes in number of colonies of the storage molds (×1,000)

Treat.	Weeks.	0	1	2	3	4	5
Control		8.5	76.3	655	1,150	3,633.3	3,800
<i>A. candidus</i>		58.8	2,167.5	125	9,557.5	10,397.5	155,400
<i>A. ruber</i>		30.5	393.3	115.0	616.7	—	—
<i>A. niger</i>		31,248.5	29,229.0	75,787.5	39,133	82,025	—

*A. candidus*區에서 成虫은 第 4週부터 出現하여 生育 이 가장 빨랐었고 對照區에서는 第 5週에 成虫이 羽化 하였다.

*A. niger*區에서는 蛹化한 個體는 없었고 全體의으로 *A. candidus*와 *A. ruber*區에서 生育이 빨랐다.

Table 6은 幼虫의 平均頭幅의 變動狀況이다.

*A. niger*를 除外한 모든 實驗區에서 幼虫의 生育은 正常的이었고 *A. niger*區의 幼虫은 2~3슴으로 보였다.

*A. candidus*區에서 第 5週의 頭幅 減少는 蛹化 또는 羽化에 依한 老熟幼虫數의 減少를 意味하는 것으로 생각된다.

*A. niger*區에서는 後述하는 바와 같이 菌의 旺盛한 生育으로 쌀바구미의 活動이 억크려진 菌絲로 因하여 抑制된 듯하며 發育을 完成하지 못하는 理由는 穀物의 變質 또는 不明한 原因이 있는 듯하며 앞으로 깊은 調査가 이루어져야 할것으로 생각된다.

iii. 蛹化 및 成虫 羽化에 미치는 影響

Table 8. Effects of the storage molds on the emergence rate of the rice weevil. (%)

Treat.	Weeks	1	2	3	4	5	sex ratio
Control		0	0	0	0	22.3	0.83
<i>A. candidus</i>		0	0	0	33.5	73.5	0.44
<i>A. ruber</i>		0	0	0	—	—	—
<i>A. niger</i>		0	0	0	0	0	—

前述한 바와 같이 *A. niger*區에서는 蛹化個體를 發見 할 수 없었으며 *A. candidus*區와 對照區에서는 第 3週 부터 蛹化가 일어났고 *A. candidus*區에서는 第 5週에 85%이상 이 蛹化하였으며 羽化率도 73.5%의 良好한 生育을 나타내고 있다.

iv. 實驗中 곰팡이 數의 變動

實驗中 곰팡이數를 보면 Table 9와 같다.

無處理區에서는 곰팡이數의 變動은 比較的 緩慢하다.

*A. niger*區를 除外하면 第3~4週에 急激한 增加를 나타내고 있는데 이것은 쌀바구미의 幼虫이 老熟하는 것과 關係가 있는 것으로 생각된다.

玄(1964)은 麥類에서 含水量은 接種 3~4週에 急激히 增加하며 이에 따라 微生物數도 急激히 增加함을 報告한 바 있다.

以上の 結果를 綜合해 보면 쌀바구미는 體內에 곰팡이類를 갖고 있으나 無菌 小麥中에 飼育함으로써 無菌化시킬 수 있는 點으로 보아 組織과 結合된 것은 아니며, 親和度는 *Sitophilus granarius*의 Mycetome과 같이 깊은 것은 못된다고 볼 수 있다. 그러나 *Aspergillus*屬의 곰팡이類間에는 親和度에 差가 있어 *A. candidus* > *A. ruber* > *A. repens* > *A. restrictus* > *A. niger*의 順으로 낮아지고 있다.

이와같은 關係는 體內 곰팡이 除去試驗과 生育試驗에서 모두 같은 傾向을 나타내었다.

그런데 이들 곰팡이類의 生育 最適 穀物 含水量은 *A. ruber*가 代表하는 *glaucus*群은 14~15%, *A. candidus*群은 15~16%, 그리고 *A. niger*가 代表하는 *flavus*群은 16~17%이며 쌀바구미의 生育 最適含水量은 14.5~15.5%로 곰팡이類의 生育 最適含水量과 쌀바구미의 生育 最適含水量이 一致하는 兩 生物間에 密接한 關係가 있음을 나타내고 있다.

Hyun(1960)은 *L. divinatorius*의 生育은 *A. glaucus*群인 *A. ruber*, *A. amsterodami*, *A. repens*, *A. restrictus* 등에서 가장 良好하였고 *A. candidus*가 그 다음으로 좋았으며 *A. flavus*나 *A. ochraceous*에서는 不良하였음을 報告하면서 이 害虫의 生育에 最適인 含水量이 14~15%로 곰팡이類와 害虫의 生育에 一致性을 指摘한 바 있다.

이와 같은 貯穀中の 害虫과 微生物間의 收斂的 進化는 이들이 비슷한 條件下에서 進化過程을 通하여 이룩된 共進化 現象이라고 볼 수 있어 興味있는 事實이다.

摘 要

1. 쌀바구미類는 成虫>幼虫>蛹의 順으로 體內에 곰팡이를 많이 갖고 있었다.
2. 無菌小麥에서 飼育하면서 體內 菌類의 殘存狀況을 調査한 바 10日後에는 完全히 除去할 수 있었고, 가장 오래 殘留하는 것은 *A. candidus*였다.
3. 곰팡이類의 産卵數에 미치는 影響은 *A. candidus*

區가 가장 많았고 *A. ruber* 그리고 對照區의 順이고 *A. niger*區가 가장 적었다.

4. 幼虫의 生育은 *A. candidus* > *A. ruber* > 對照區의 順으로 良好하였고 *A. niger*區에서는 2~3습까지 밖에 發育을 하지 못하였다.

5. 生育이 가장 빠른 것은 *A. candidus*區로 第3週에 蛹化個體를 볼 수 있었고 第4週에 成虫 羽化를 볼 수 있었다. 對照區에서도 同一한 傾向을 볼 수 있었으나 生育은 약간 늦었다.

6. *A. niger*區에서 生育이 不良한 것은 旺盛한 菌生長으로 쌀바구미의 活動이 阻害되는 것과 同時에 不明의 原因이 있는듯 하였다.

7. 貯穀中の 쌀바구미와 곰팡이類間에는 進化過程을 通하여 原始的 協同作用이 있었다.

引用文獻

1. Agrawl, N.S. · C.M. Christensen · A.C. Hodson. (1957). Grain storage fungi associated with the granary weevil. Jour. Eco. Ent. 50; 659~663.
2. Griffiths, D.A. · A.C. Hodson · C.M. Christensen. (1959). Grain storage fungi associated with mites. Jour. Eco. Ent. 52(3); 514~518.
3. Hyun, Jai Sun. (1960). A study on the ecology of the book louse, *Liposcelis divinatorius* (Muller). Thesis paper.
4. _____. (1963). Development of storage fungi in polished rice infested with the rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. Seoul univ. J. (B) 13; 77~86.
5. _____. (1964). 貯藏中の 麥類에 미치는 쌀바구미의 影響. 植物保護 3; 27~30.
6. Musgrave, A.J. · H.A.U. Munro. E. Uptis. (1961). Apparent effect on the mycetomal microorganism of repeated exposure of the host insect *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera), to methyl bromide fumigation. Can. Jour. Microbiol. 7; 280~281.
7. Thomas, Corinne M. · Robert J. Dicke. (1971). Response of the grain mite, *Acarus siro* (Acarina; Acaridae), to fungi associated with stored food commodities. Ann. Ent. Soc. Amer. 64(1); 63~68.
8. Thom, Charles. Raper, K.B. (1949). A manual of Aspergilli. The Williams & Wilkins Company.
9. Van Wyk, A.J. · A.C. Hodson · C.M. Christensen. (1959). Microflora associated with the confused flour beetle, *Tribolium confusum*. Ann. Ent. Soc. Amer. 52 (4); 452~463.