

쌀 저장중의 곰팡이와 저곡해충

제 1 보. *Tribolium castaneum* Herbst와 *Aspergillus* species의 저장미에서의 생육

金永培·柳文一

高麗大學校 農科大學
(1982년 11월 10일 수리)

Activities of Molds and Insects during Rice Storage

Part I. Activities of *Tribolium castaneum* Herbst and *Aspergillus* species

Young-Bae Kim and Mun-Il Ryou

College of Agriculture, Korea University, Seoul, Korea

Abstract

To investigate the influences of biological factors on stored rice and their interactions, the activities of red flour beetle (*Tribolium castaneum*) and 2 species of *Aspergillus* was observed during 6 weeks at $28^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$. It was found that the red flour beetle could complete its life cycle on rice in six weeks. Its activity caused the increase of moisture content of rice (max. 1.3%) after 6 weeks, but the number of mold propagule on the surface of stored rice decreased. The growth of red flour beetle showed a stabilizing tendency on rice inoculated with *Asp. repens* while it was retarded with *Asp. niger*.

緒 論

貯藏穀物の 피해는收穫 전과는 달리 그 보상을 기대할 수 없다는 점에서 더 심각하며 따라서 이의 防除는 식량증산 만큼 중요하다 하겠다. 이러한 피해의 주요 원인은 生物的 要因, 즉 곰팡이와 害虫群¹⁾으로서 전 세계적으로 20%, 일부開發途上國家에서는 40~50%의 식량이 손실된다고推算되고 있다.²⁾

*Aspergillus*屬은 우리나라 저장미중 가장 높은

頻度로 발견되는 곰팡이며³⁾ *Tribolium castaneum*은 1947년 이래 健全穀粒을 가해하는 해충으로 알려지고 있다.⁴⁾ 貯穀 곰팡이와 해충은 동일한棲息處에서 생활하므로 이들간의 相互作用은 필연적이다. 이러한 상호작용은 다수의 해충과 곰팡이간에서 보고되고 있으며 특히 해충의 활동결과로 수분함량이 증가되고 곰팡이의 생육이 따라서 활발해지며, 또한 곰팡이는 해충의 영양원이 된다고 하였다.^{5,6,7,8,9)} 더우기 *T. castaneum*은 수종의 곰팡이만으로도 생활할 수 있는 食菌性 昆虫으로¹⁰⁾ 이들간의 상호작용은 다른 종에서보다 활발

할 것으로 생각된다.

그러나 이들 보고는 곰팡이 및 해충생육에 적절한 恒溫, 恒濕하에서 이루어진 것인 바 이들의 상호작용이 불리한 환경을 극복하는 데 補足效果를 가질 수 있는지의 여부는 좀 더 檢討되어야 할 課題로 思料된다. 더우기 *T. castaneum*의 쌀에서의 발생에 관한 보고는 찾을 수 없었다.

본 실험은 비교적 건조한 상태에서 상호작용의 효과가 각자의 생육에 미치는 영향을 검토함으로써 생물적 요인에 의한 쌀의 變質問題를 파악하는 데 기초자료를 제공하고자 시도되었다.

材料 및 方法

1. 수분함량 및 상대습도 : 수분함량은 AOAC

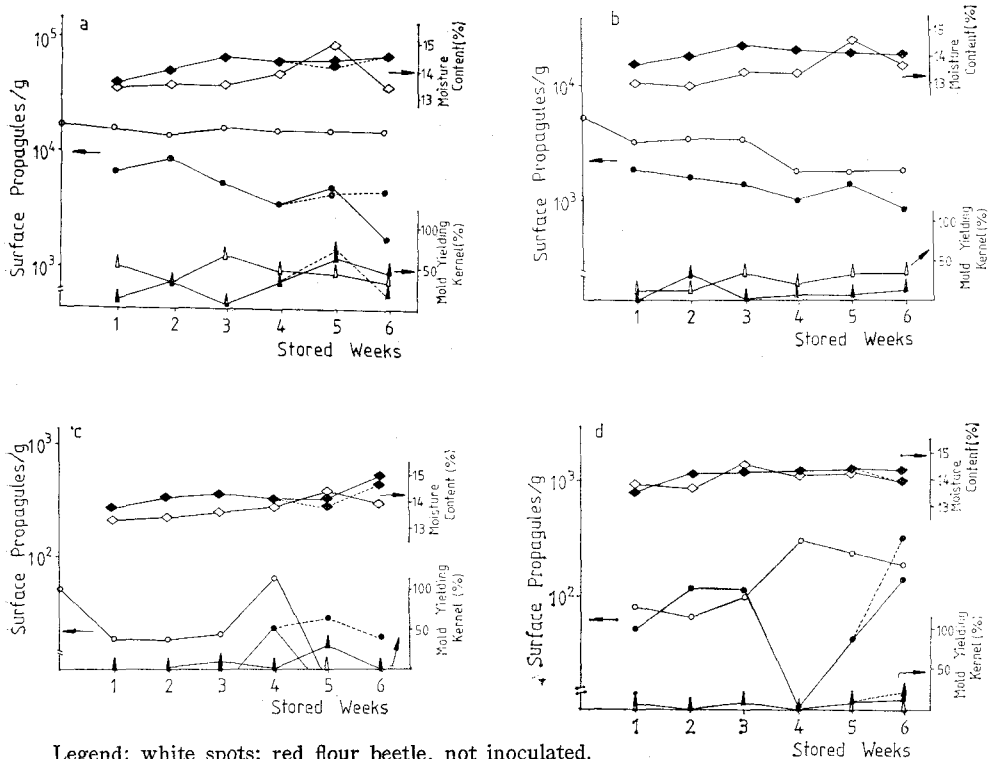
法¹¹⁾에 의하였고 상대 습도는 濕濕度計를 사용하여 측정하였다.

2. 곰팡이의 接種 및 생육의 측정 : 시중에서 구입한 白米를 75% 상대 습도에서 15일간 저장 후 BNL's shipboard irradiator(20,000Ci ⁶⁰Co, 한국 에너지 연구소)를 사용하여 250Krad로 살균하였다. *Aspergillus niger*는 본 대학 보존균주를, *Aspergillus repens*는 쌀에서 분리한 것을 선택하였다. 곰팡이 conidia 현탁액은 崔彥浩 등¹²⁾의 방법으로 제조하여 쌀 1g당 1×10⁴의 conidia가 집중되도록 농도를 조절한 후 0.2ml의 현탁액을 100ml의 삼각 flask에 넣고 곧 20g의 쌀과 잘 혼합하여 섞었다.

쌀 표면의 곰팡이 생육은 반복 시료를 합한 것에서 10g을 취하여 생리적 식염수 25ml씩으로 4

Fig. 1. Changes of number of mold propagule on the surface, moisture content and the rate of mold yielding kernel during the rice storage at 28°±1°C.

- a) inoculated with *Asp. niger* after cold sterilization.
- b) inoculated with *Asp. repens* after cold sterilization.
- c) not inoculated after cold sterilization.
- d) not inoculated, not sterilized.



Legend: white spots; red flour beetle, not inoculated.
 black spots; red flour beetle, inoculated.
 dotted line; red flour beetle, inoculated, but no propagation occurred.

회 연속 수세하여 합천 100ml의 수세액을 적당히 희석하여 한천배양기에 도말하고 28°~30°C에서 10일 배양 후 발생하는 colony를 세었다. 쌀알 속에 침입한 곰팡이는 살균수로 20회 씻은 후 쌀알 15개를 배양기에 놓고 배양하여 곰팡이 생육여부를 살폈다. 배양기는 rose bengal을 첨가한 Czapek 한천 배양기를 사용하였고 특히 *Asp. repens*를 위해서는 설탕의 농도를 20%로 하였다.

3. *T. castaneum*의 발육 및 증식상황 측정 :
*T. castaneum*은 1982년 筆者(金永培)의 집 쌀통서 채집, 28°±1°C에서 쌀로 사육되었다. 供試된 成虫은 羽化後 10~20齡이며 0.1% 次亞鹽素酸 나트리움용액으로 1회 表面殺菌된 것이었다(1회의 表面殺菌을 통하여 *Aspergillus* spp.를 지니지 않는 成虫을 얻을 수 있었으며 이는 van Wyk¹³⁾의 *T. confusum* du Val에 對한 결과와 一致하는 것이었다).

살균 후 곰팡이를 접종한 처리구와 殺菌區 및 無殺菌區의 곰팡이를 접종하지 않은 2개의 對照區를 設定하여 각각 암컷 2頭, 수컷 1頭的 成虫을 접종한 후 gauze로 산 습으로 마개를 하였다. 각 처리는 3반복으로 수행되었으며 28°±1°C로 조절된 항온기내에 저장하면서 6주간 매 1주 간격으로 발육상황을 조사하였다.

結 果

*T. castaneum*이 수분함량 및 곰팡이 생육에 미치는 영향 : 저장기간 중 저장고내의 상대습도는 짧은 기간 동안의 예외를 제외하면 60~70% 범위였다. Figure 1은 저장기간 중 쌀의 수분함량, 표면의 곰팡이 수(colony를 형성하는 단위, propagule) 및 곰팡이의 내부침식상황의 변화를 나타낸 것이다(Fig. 1). 수분함량은 전체적으로 *Tribolium*의 존재로 인하여 증가되었고 6주 후의 그 폭은 0.4~1.3% 범위였다. 그러나 무살균구에서는 차이가 뚜렷하지 않았는데, 이는 살균과정을 거치지 않아 저장중 발생한 바구미 등 접종하지 않은 해충에 의한 것으로 생각된다. *Asp. niger*의 표면균수는 *Tribolium*과 共存時 점차 감소하였고 이러한 경향은 *Tribolium*의 증식에 의하여 더욱 심화되었다. 한편 *Asp. repens*의 경우 표면균수는 *Tribolium*의 존재에 의해 낮게 측정되었으나 감소경향은 *Tribolium*이 없을 때와 동일하게 나타났다. 대조구로서 무살균구에서도 본래 오염된 곰

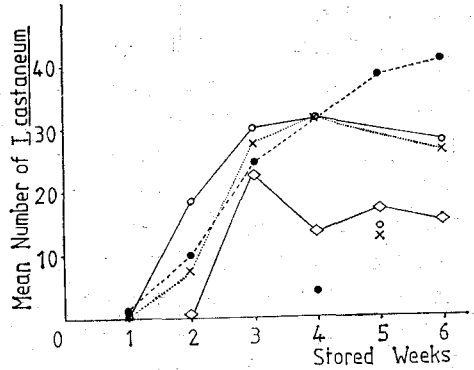


Fig. 2. Changes in mean number of *T. castaneum* in 20g rice during the rice storage.

팡이들이 *Tribolium* 존재시 낮게 나타남을 저장 후기에 볼 수 있었으나, 살균구에서는 오랜 기간 측정한계 이하이거나 그 부근이어서 명확한 경향을 판단하기 어려웠다. 쌀알 내부로의 곰팡이 침식은 *Asp. repens*의 경우 *Tribolium* 존재하에 낮아졌으나 기타의 처리에서는 뚜렷한 차이를 볼 수 없었다.

Aspergillus spp.가 *T. castaneum*에 미치는 영향 : Figure 2는 저장 기간 중 *T. castaneum* 발육의 經時的 變化를 보인 것이다. 各區에서 共同昆蟲의 증식 및 발육현상을 보여 健全穀粒을 加害할 수 있다는 보고들^{4,14)}을 뒷받침하고 있으며, 또한 쌀에서도 피해 가능성을 提示하고 있다.

*Asp. repens*區에서 *T. castaneum*은 1주일 후 平均產卵數 0.7에서 시작하여 계속적인 증가를 보였으며 6주 후에는 平均 40.7個體에 이르렀다. 이에 비하여 다른 區에서는 3~4주에서 最多個體數가 기록되었고(*Asp. niger*; 31.7, 살균구: 31.7, 무살균구; 22.7), 그 후에는 오히려 감소추세를 보여 *Asp. niger*區, 살균구, 무살균구에서 각각 22.7, 26.3, 그리고 15.0의 個體數가 기록되었다. 그러나 이러한 各區의 차이는 統計的 有意性은 보이지 않았다. *Asp. repens* 이외의 경우에서 4주 이후의 감소추세는 老熟幼虫의 出現과 함께 卵 및 幼齡幼虫에 對한 carnivallism에 의한 것으로 추측되나 平均間의 變異가 커서 有意한 해석을 하기가 어렵다.

各區에서의 *Tribolium* 증식의 安定度를 評價하기 위하여 變이계수(S_x/\bar{X})의 경시적 變化를 살피던 바 *Asp. repens*區에서는 지속적인 감소추세를 보였으나 다른 區에서는 일정한 경향성이 없었고 또한 그 변이 폭이 커서 *Asp. repens*區에서 *T.*

*castaneum*의 증식이 다른 구에 비하여 安定되는 것으로 나타났다(Table 1).

Table 1. Changes in coefficient of variation (S_x/\bar{X}) of *T. castaneum* mean numbers during the rice storage.

stored weeks	1	2	3	4	5	6
<i>Asp. repens</i>	200	168.3	141.2	70.0	56.4	10.3
<i>Asp. niger</i>	200	70.1	14.0	123.4	161.5	131.8
Sterilized	200	200	2.5	141.3	145.7	166.9
Non-sterilized	200	200	135.1	141.5	55.9	1.73

6주 후의 年齡分布를 토대로 *T. castaneum*의 발육상황을 비교, χ^2 -test를 통하여 그 正常度를 검정하였고 그 결과를 Table 2에 보였다. *Asp. niger* 區에서 다른 區들에 비하여 발육현상의 지체, 즉 蛹化 및 羽化의 지체 현상을 보였다($X^2=6.731$, $p<0.01$).

Table 2. Results of the X^2 -test for normal development of *T. castaneum* influenced by *Aspergillus* spp. based on the numbers found on the sixth week.

	<i>Asp. repens</i>	<i>Asp. niger</i>	Sterilized	Non sterilized
Egg+ Larvae	99(101.6)	78(69.2)	62(65.8)	35(37.5)
Pupae+ Adults	23(20.4)	5(13.8)	17(13.2)	10(7.5)
X^2	0.398	6.731	1.313	1.000
P	>0.50	<0.01	>0.25	>0.25

The estimated numbers assuming normal development were shown in parenthesis.

考 察

해충에 의한 수분함량의 증가는 여러 학자들에 의하여 수종의 해충에서 보고 되고 있다^{5,8,15,16}. 본 실험에서도 수분함량에 미치는 *Tribolium*의 영향은 다른 해충에서와 같은 추세를 보이고 있으나 실험기간 중 곰팡이의 폭발적인 증식을 誘發하기에 이르지는 않았다. 오히려 곰팡이의 생육은 *Tribolium*에 의하여 저해되고 이런 경향은 *Asp. niger*에서 뚜렷하였다.

*Asp. niger*의 생장은 최저 0.77의 수분활성도를 요구하여 0.71의 *Asp. repens*보다 높으므로¹⁷ 건조한 조건에서 더욱 불리하나 *Tribolium*이 없을 때는 일정한 균수를 유지하므로 건조에 의한 저해는 아닌 것으로 생각된다. van Wyk¹³과 Wirtz¹⁸에 의하면 *Tribolium*속의 수 중에서 2-methyl-1,4-benzoquinone, 2-ethyl-1,4-benzoquinone 그리고 1-pentadecene이 분리되었고 이러한 화합물들은 곰팡이 생육억제 효과를 가진다고 한다. 본 실험에서의 곰팡이 생육저해는 이와 같은 화합물에 의한 것으로 생각된다.

*Asp. niger*는 *Tribolium castaneum*에 의해 현저한 생육저해 현상을 보이고 또한 *T. castaneum*은 *Asp. niger*에 의해 그 생장이 지체되었다. 이러한 사실은 이들 간의 상호작용이 拮抗의임을 나타내는 것이다. 실제로 *T. castaneum*은 *Asp. repens*의 균체만으로 生活環이 완성되거나 *Asp. niger*에 대한 攝食은 거의 없었다는 보고가 있다¹⁰.

곡물의 싸라기에서 양호한 증식을 보인다고 알려졌던 *T. castaneum*은 Birch⁴와 Daniels¹⁴에 의해 健全小麥粒의 加害可能性이 알려졌고 14.2% 수분함량의 소맥에서 6개월 저장 후 3.7%의 손실을 가져 왔다고 한다.

본 실험결과 同害虫은 健全米粒의 加害可能性이 확실히 나타났으며, 특히 12.2%의 낮은 수분함량에서도 발육이 가능하므로¹⁴ 앞으로 쌀에서도 문제해충이 될 가능성을 제시하고 있다. 따라서 同昆虫의 問題는 곰팡이 종류에 따라 달리 나타나는 相互作用과 함께 쌀 저장에 관련하여 더욱 깊은 연구가 요구되는 과제로 생각된다.

抄 錄

*Tribolium castaneum*은 健全米粒에서 완전한 生活環을 完成하여 쌀에 加害可能性을 보였으며 그 活動은 1.3%의 수분함량의 경우는 증가를 초래하였으나 곰팡이의 증식은 오히려 저해하는 경향을 보였다.

*T. castaneum*의 생육은 *Asp. repens*에 의해 安定化되었으나 *Asp. niger*에 의해서는 지체되었다.

謝 意

본 실험 준비에 큰 도움을 준 김성택 전준현 두 분께 감사드리며 한국 원자력 연구소의 협조에

깊이 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Sinha, R.N., Wallace, H.A.U. and Chebib, F.S.: Res. Popul. Ecol. 11(1) : 92(1969)
2. Pimental, D., Dritschlo, W., Krummel, J. and Kutzman, J.: Science 190 : 754(1975)
3. 김영배, 조덕현 : 한국농화학회지, 17 : 54(1974)
4. Birch, L.C.: Ecology, 28 : 322(1947)
5. Agrawal, N.S., Christesen, C.M. and Hodson, A.C.: J. Econo. Ent., 50(5) : 659(1957)
6. Chang, S.S., and Loschavo, S.R.: Can. Entomol., 103(2) : 261(1971)
7. Hyun, J.S.: M.S. Thesis, University of Minnesota(1960)
8. Misra, C.P., Christensen, C.M. and Hodson, A.C.: J. Eco. Ent., 54(5) : 1032(1961)
9. Shinha, R.N., Liscombe, A.R. and Wallace, H.A.U.: Can. Entomol. 34(5) : 542(1962)
10. Shinha, R.N.: Ann. Ent. Soc. Amer., 59(1) : 192(1966)
11. AOAC: Official Methods of Analysis of AOAC, 13th ed.: p.211(1980)
12. 崔彦浩, 金永培, 李瑞來 : 한국식품과학회지, 9(3) : 205(1977)
13. van Wyk, J.H. and Hudson, A.C. and Christensen, C.M.: Ann. Ent. Soc. Amer., 52(4) : 452(1959)
14. Daniels, N.E.: J. Eco. Ent., 49(2) : 244(1956)
15. Christensen, C.M. and Hudson, A.C.: J. Eco. Ent. 53(3) : 375(1960)
16. Hyun, J.S.: Seoul Univ. J.(B) 13 : 77(1963)
17. Troller, J.A. and Christian, J.H.B.: In Water Activity and Food, Academic press Inc., N.Y.(1978)
18. Wirtz, R.A., Taylor, S.L. and Semey, H. G.: Comp. Biochem. Physiol. part C., 61(2) : 187(1978)