

貯藏中 벼, 玄米 및 白米에서의 마디발動物 群集의 遷移*

Ecological Successions of Arthropod Communities in Stored Rough Rice, Polished Rice and Brown Rice

柳 文 一¹ · 趙 惠 媛¹ · 金 永 培²

Mun Il Ryoo¹, Hye Won Cho¹, and Young Bae Kim²

ABSTRACT Storage ecosystems of rough rice, brown rice and polished rice were analyzed from Feb. 1987 to Nov. 1988 to investigate structures and ecological successions in the arthropod communities as well as changes in energy of the systems. The changes in temperature of stored rice showed high degree dependence on the temperature of storage room with time lag of about four weeks. Moisture contents of rough rice, brown rice and polished rice during the period were in the range of 12.7 ± 0.4 , 13.1 ± 0.4 and $13.5 \pm 0.3\%$, respectively. The arthropod communities in rough rice, brown rice and polished rice were qualitatively and quantitatively different. In rough rice, dominant species changed from *Leptinotus reticulatus* Endlein to *Liposcelis entomophilus* Endlein, while in brown rice from *Pyralis farinalis* L. to *Sitophilus oryzae*(L.), unidentified parasitic wasps, *Anisopteromalus calandrae* Howard and *Tribolium castaneum* Herbst and finally to *S. oryzae*. In polished rice, the arthropod community showed an ecological succession similar to that in brown rice except for a transient dominance of two psocid species. Thearthropod community in rough rice was rather simple and unstable in comparison with those in brown rice and polished rice. The 1000 kernel weight of brown rice decreased slightly during the period when the arthropods were active(summer season), while that of rough rice and polished rice remained at the similar level. However, the ash content per unit volume of brown rice as well as rough rice and polished rice showed no increase during the period.

KEY WORDS stored rice, arthropoda, community ecology

抄 錄 벼, 玄米 및 白米를 室內에 貯藏하면서 貯藏生態系의 構成, 群集의 遷移 및 이에 따르는 群集의 에너지 變換 樣相을 1987年 2月부터 1988年 11月까지 調査하였다. 穀物의 溫度 變化는 約 4週간의 時差를 두고 貯藏室의 溫度 變化에 따랐다. 벼, 玄米, 白米의 含水量은 室內 相對濕도가 39~90%의 範圍에서 變化하였음에도 각각 12.7 ± 0.4 , 13.1 ± 0.4 , 및 $13.5 \pm 0.3\%$ 로 安定된 水準에 있었다. 마디발動物의 群集遷移는 벼, 玄米, 白米에서 각각 다르게 나타났다. 벼의 경우 優占種이 가루민다드미벌레에서 어물다드미벌레로 遷移하였다. 玄米 및 白米의 경우에는 밀가루줄명나방에서 쌀바구미, 未同定 寄生蜂, *Anisopteromalus calandrae* Howard와 거짓쌀도독의 優占으로, 다시 쌀바구미로 遷移하였다. 그러나 白米에서는 玄米와는 달리 다드미벌레目 2種의 一時的인 優占 現象이 觀察되었다. 대체적으로 벼에서의 群集은 玄米나 白米에서의 群集에 비해 單純하게 構成되었으며 不安定하였다. 千粒重의 變化는 벼와 白米의 경우에는 觀察할 수 없었으나 玄米의 경우 마디발動物의 活動이 活潑했던 時期에 다소 減少하였다. 그러나 灰分含量은 玄米, 白米 및 벼에서 公히 增加한 자취를 볼 수 없어 貯藏期間 中 穀物生態系의 에너지의 損失은 微微하였던 것으로 判斷되었다.

檢 索 語 貯藏米穀, 마디발動物, 群集生態

1 고려 대학교 농과대학 농생물학과(Department of Agricultural Biology, College of Agriculture, Korea University, Seoul 136-701, Korea)

2 고려 대학교 농과대학 식품공학과(Department of Food Technology, College of Agriculture, Korea University, Seoul 136-701, Korea)

* 본 연구는 한국 학술진흥재단의 1986년도 연구비 지원에 의해 수행되었음

貯穀生態系는 그 特性상 合成된 에너지를 利用하는 生物群集과 物理的 環境으로 構成되는 生態系이다. 이는 다시 말해서 貯穀生態系에서 이루어지는 에너지의 需給은 이미 合成된 에너지의 消耗에 의해서만 이루어지며 에너지의 消費速度에 따라 生態系의 壽命이 決定됨을 의미한다. 一般生態系와는 달리 에너지의 流入이 없는 만큼, 이러한 特性은 穀物の 貯藏이란 側面에서 重要的 의미를 지니게 된다. 즉 生物群集에 의한 에너지의 消費패턴 및 이의 經視的 變化는 貯藏중 穀物被害의 極小化를 追究하는데 있어 가장 먼저 檢討되어야 하는 문제가 되는 것이다.

貯穀生態系를 構成하는 주요 生物群集은 *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp.를 주로 하는 곰팡이群과 화랑곡나방(*Plodia interpunctella*(Hubner)) 쌀바구미(*Sitophilus oryzae*(L)) 등의 昆蟲, 가루응애(*Acarus siro* L.) 등의 응애 및 이들의 天敵을 주로 하는 마디발動物群으로 생각할 수 있다. 이들은 貯藏에너지라는 共同 資源을 消費하기 때문에 群集내 個體群간에 直接的인 相互作用 發展이 必然의이며 동시에 각 個體群의 活動에 의한 生態系의 物理的인 環境 變化를 誘發함으로서 間接的인 相互關係를 가지게 된다.

貯穀生態系의 群集을 形成하는 각각의 個體群은 그들의 分布 및 生育이 가능한 物理的 限界因子, 특히 濕度の 影響을 받게 되므로, 群集의 活動에 의한 物理的 環境의 變化는 必然的으로 群集의 遷移를 일으키며, 이에 隨伴되어 에너지 消耗의 經時的 變化를 초래하게 될 것이다. 따라서 貯穀生態系에서의 遷移 現象을 究明하는 것은 穀物の 長期貯藏시에 일어나는 穀物の 量的, 質的 被害를 極小化하는 側面에서의 貯藏 시스템 開發에 必須的인 前提가 된다. 동시에 각 段階에서의 生態的 指標生物을 抽出함으로써 貯藏중 穀物の 狀態를 파악할 수 있는 기틀을 마련할 수도 있게 된다.

현재까지 貯藏穀物の 保護라는 側面에서 각종 貯穀害蟲의 生活史 및 防除效果에 대한 研究가 꾸준히 進行되어 왔으며(Baur 1984 參照), 이와 關聯하여 곰팡이와의 相互作用을 통한 穀物の 腐敗에 대한 問題도 상당한 研究進陞을 보이고 있으나(例, 金 등 1985) 이를 研究들은 다만 個體

群 水準에서의 論議에만 그치고 있어 貯藏穀物의 綜合的 管理라는 側面에서의 接近이 現實的으로 불가능하다. 이를 타개하기 위하여 시뮬레이션(simulation)을 통한 管理의 合理化가 論議되고 있으나 이에 必要한 群集차원에서의 研究가 稀少하여(Coombs & Woodroffe 1963, 1968, 1973, Hunter 1965, Sinha et al. 1969, Arbogast & Mullen 1988), 現實化하기가 어려운 實情에 있다.

본 研究는 米穀의 貯藏形態에 따른 貯穀生態系의 群集의 構造와 遷移를 살피고, 穀物の 狀態를 推定할 수 있는 指標를 얻기 위한 調査의 하나로 遂行된 것의 일부이다.

材料 및 方法

貯穀生態系의 構成

1986년도에 全北 高敞地方에서 生産된 쌀(品種: 밀양 23호)을 버 60 kg, 현미와 백미는 각각 80 kg씩 일반에서 使用하는 합성수지대에 넣어, 1986년 12월 下旬부터 高大 害蟲學 實驗室내에 設置된 貯藏臺(높이 60 cm, 가로 80 cm, 세로 180 cm)위에 保管하였으며, 群集은 마디발動物의 自然的인 傳搬(dissemination)에 의해 이루어 지도록 하기 위해 人爲的인 接種을 하지 않았다. 그러나 동일 實驗室내에 쌀바구미의 飼育을 위한 飼料 供給源으로 白米가 保管되고 있는 쌀통이 있었고 여기에 쌀바구미, 가루응애, 2種의 다드미벌레 및 2種의 쌀바구미좀벌이 존재하고 있었으므로 初期 群集形成에 影響했을 것으로 생각된다.

穀物の 物理, 化學的 特性 調査

穀物の 溫度는 1987년 2月 中旬부터 1988년 12月 初旬까지 每週 1回 Testoterm(Technoterm 7300)을 합성수지대의 5標本 抽出點(上右, 上左, 中央, 下右, 下左)에 插入해서 測定하였다. 穀物의 水分 含量은 Kett 赤外線 水分計(F-1A)을 使用하여 동일 期間중 동일 間隔으로 測定하였으며, 실내 溫度와 相對濕度는 自記溫濕度計(Thrmohydrography)를 使用하여 日間중 每日 記錄하였다. 調査期間중 매 2週 間격으로 穀物의 千粒重과 灰分含量의 變化를 測定하여 間

接的으로 穀物의 에너지 變化를 推定하고자 하였다. 이 調査들을 위해 각 標本抽出點에서 穀物 20 g 썩을 抽出하여 混合하였고 이를 材料로하여 推定하였다. 灰分含量은 AACC法 (AACC 1983)에 따라 行하였다.

마디발動物相 調査

1987年 2월 18일부터 88년 11월 23일까지 每週 1回 각 標本 抽出點(上右, 上左, 中央, 下右, 下左)에서 穀物 抽出기구를 使用하여 50 g 썩 250 g 을 抽出하여 標本에 존재하는 動物의 種類와 數를 記錄하였다. 解剖顯微鏡하에서 調査하였으나 알(卵)은 調査의 어려움에 따른 不正確性으로 인하여 調査 對象에서 除外하였다. 다른 蟲態의 數와 알의 數는 密接하게 關聯되어 있을 것이므로 이 경우에도 調査 目的에 蹉跌을 招來하지는 않는다고 생각했기 때문이다. 조사가 끝난 標本들은 다시 원래의 합성수지대로 되돌려졌다. 繼續的인 標本の 抽出로 貯藏米穀의 量이 變化하고, 이로 인해 貯藏生態系의 變化를 招來할 可能性을 最少化하고자 하기 위함이었다.

資料의 分析

群集의 生物相은 調査期間중 나타난 種類와 數를 記錄하여 이를 土臺로 優占度指數(Index of Dominance), 種豐富度 (Species richness), 均等度(Evenness Index)를 각각 다음과 같이 算出(Odum 1871), 群集의 特性을 分析하였다. 貯藏 形態에 따라 나타나는 群集의 現象을 比較하기 위하여 主要素分析 (principal component analysis) (Laudwig & Reynolds 1988)을 遂行하였다.

優占度 $C = \sum(n_i/N)^2$

$n_i = i$ 번째 種의 個體數, $N =$ 總 個體數

均等度 $e = H/\log_e S$

$H =$ Shanon 指數 $(-\sum(n_i/N)\log_e(n_i/N))$,

$S =$ 種數, $n_i = i$ 번째 種의 數, $N =$ 總 個體數

種豐富度 $d = (s-1)/(\log_e N)$

제 1 년차와 제 2 년차에서의 群集의 活動상에

서의 差異를 比較하기 위하여 活動이 컸던 期間(87년 8, 9월과 88년 8, 9월)의 個體數를 對象으로 分散分析을 行하였다.

結果 및 考察

物理的 環境의 變化

1987년 2월 8일 부터 1988년 11월 24일까지 測定된 室溫과 穀物의 溫度變化는 그림1에 提示되었다. 穀物의 溫度는 溫室과 密接한 相關을 보이면서 變化하였으나 室溫에 비해 4週 가량의 遲滯現象을 보였다. 이러한 現象은 穀物의 溫度變化가 室溫의 變化에 反應하는데 상당한 期間이 所要됨을 보이는 것으로 室溫에 의한 穀物 溫度의 推定 및 生物群集의 活動樣相을 把握하는데 있어 반드시 考慮되어야 할 因子인 것으로 생각된다. 이 結果로 穀物의 溫度는 제 21 주 (87年 6月 下旬)부터 제 41 주 (87年 11月 中旬)까지, 그리고 제 78 주 (88年 8月 中旬)부터 제 92 주 (88年 11月 初旬)까지 室溫 보다 높은 樣相을 보였다. 室溫과의 密接한 相關 現象으로 보아 動物 群集의 活動에 의한 溫度의 變化는 期間중 微微하였던 것으로 判斷된다. 벼, 白米 및 玄米의 變化樣相에서의 差異는 認定되지 않았다.

그림 2에서 보인 바와 같이 室內에서의 週間 平均 相對濕度の 幅은 最低 39%에서 最高 90%의 範圍에서 變化를 보였으며 여름이 다른 季節에 비해 높은 傾向을 보였다. 이에 비해 穀物의 含水量은 벼, 玄米, 白米에서 각각 11.6~14.0, 11.4~14.4, 12.3~14.7%의 範圍에서 變化하여 變化幅이 크지 않았다. 期間 중 平均值와 標準偏差는 각각 12.7 ± 0.4 , 13.1 ± 0.4 , $13.5 \pm 0.3\%$ 로 季節의 인 差異나 貯藏形態간의 差異는 統計的인 有意性이 認定되지 않았다. 穀物의 含水量이 室內의 相對濕度和 平衡을 이루기 위해서는 相當한 期間이 必要하며 따라서 相對濕度에서의 큰 幅의 變化에도 불구하고 穀物의 含水量은 比較的 安定된 狀態를 維持했던 것으로 생각된다. Arbogast와 Mullen (1988) 역시 옥수수 貯藏시 含水量의 變化를 觀察하지 못하였다. 그들은 이를 動物 群集에 의한 發熱 效果가 貯藏臺의 表面積이 커서 外部와의 平衡이 빨랐던 탓이었

Table 1. Arthropod fauna of the rice in straw bags (80kg) stored for 2 years(Feb. 1987~Nov. 1988)

Order	Family	Species
Acarina	Acaridae	<i>Acarus siro</i> L.
	Pyemotidae	<i>Pyometes tritici</i> L. F. & M.
	Cheyletidae	unidentified 1
		unidentified 2
Psocoptera	Liposcelidae	<i>Leptoscelis entomophilus</i> Endlein
	Atropidae	<i>Leptinotus reticulatus</i> Endlein
Lepidoptera	Pyralidae	<i>Pyralis farinalis</i> L.
Coleoptera	Curculionidae	<i>Sitophilus oryzae</i> (L.)
	Tenebrionidae	<i>Tribolium castaneum</i> Herbst
	Cucujidae	<i>Cryptolestis ferrugineus</i> Stephens
Hymenoptera	Pteromalidae	<i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard)
		<i>Lariophagus distinguendus</i> Förster
	Chalcidoidea	unidentified

다고 생각하였다. 본 調査의 경우 含水量의 安定現象은 動物群集보다는 平衡의 遲延으로 봄이 妥當하다고 생각된다. 群集의 活動이 微微한 季節에도 含水量에서의 低下現象을 볼 수 없었기 때문이다.

마디발동물의 群集 構造와 輕時的 變化

마디발동물의 種類: 기간중 벼, 玄米, 白米에서 調査된 마디발동물의 種類 및 나타난 時間은 差異를 보이지 않았는데 이것은 동일한 貯藏臺위에서 貯藏되었으므로 當然한 結果라고 생각된다. 기간중 調査된 마디발동물은 2綱 5目 10科 13種으로 表 1에 提示된 바와 같았으며, 우리나라의 貯藏穀物에서 報告된 것이었다(Paik 1982, 吳 등 1984, 金 등 1988).

玄米에서의 動物群集

群集의 經時的 變化: 그림 3에서 보인 바와 같이 마디발동물의 總數는 季節的인 週期성을 띄면서 變化하였다 (變化範圍 13~112頭/250 g). 調査가 시작된 이후 제 22週째(87년 7월 初)에 나타난 動物群은 尙적인 增加를 보이면서, 제 29週부터 32週(8월 下旬~9월 中旬)에 가장 活動이 커서 標本당 93~112頭가 記錄되었다. 이러한 現象은 88년에도 類似하여 5월 中旬부터 動物群의 活動이 始作되어 繼續的인 增加를 보이면서 82주째에 最高值에 이르러 63頭가 記錄되었다. 그러나 88년에는 87년에 비해 動物群의 活動이

낮아진 樣相을 보여 時間의 經過에 따라 群集 活動에서의 差異를 보여 주었다(F 檢定, $P < 0.0003$). 玄米에의 定着 初期와 그 이후의 群集의 調整機能의 差異에서 起因된 것으로 생각된다.

營養段階별로 動物群을 類別하여, 害蟲群과 天敵群의 尙적 變化 樣相을 보았을때, 87년의 경우 害蟲群에 비해 天敵群이 나타난 時期는 3주 가량 遲滯되었으나 그 增加 速度가 빨라 29週 이후(8월 下旬)부터는 높은 活動相을 보였다. 88년에는 87년에 비해 天敵群 활동에서의 安定相을 보였으며, 天敵群의 比率도 낮은 水準에서 維持되었다. 이것은 害蟲群 構成의 變化에 따라 天敵群의 構成에도 變化가 일어났으며, 이것이 群集의 調整機能에 影響하여 87년과 88년의 群集의 活動에 差異를 보이게 했던 것으로 생각된다(그림 4 참조)

期間중 群集을 構成하고 있었던 主要種들의 比重(n_i/N)의 輕時的 變化를 살펴본 結果를 그림 4에 提示하였다. 玄米에서의 動物 群集에 最初로 登場한 種은 밀가루줄명나방(*Pyralis farinalis*(L.)) 成蟲이었으며 이후 幼蟲과 번데기가 優占을 維持하다가 27週(87년 8월 中旬) 이후에는 쌀바구미(*Sitophilus oryzae*(L.))와 밀가루줄명나방의 寄生蜂(未同定)으로, 그리고 쌀바구미, *Anisopteromalus calandrae*(Howard), 거저쌀도둑(*Tribolium castaneum* Herbst), 명나방 寄生蜂의 過渡期를 거쳐 46주(87년 10월 初旬)부터 쌀바구미 優占으로 群集의 遷移 經過

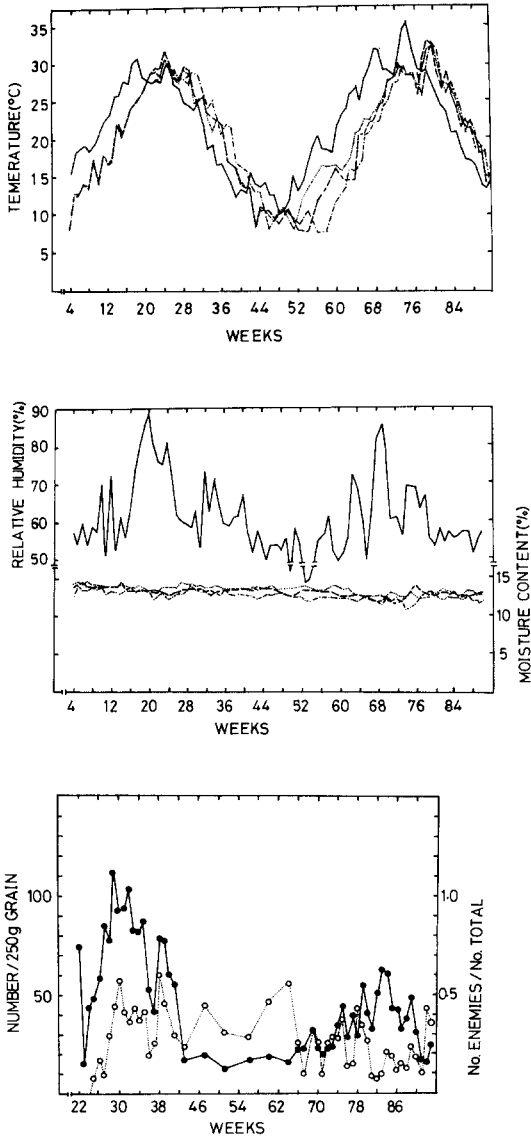


Fig. 1. Changes in temperatures of stored rough rice (·-·-·), brown rice(- - -), polished rice (· · ·) and storage room(——).

Fig. 2. Changes in relative humidity of storage room (——) and moisture contents of stored rough rice (- - -), brown rice(· · ·) and polished rice(· · ·).

Fig. 3. Changes in total number of arthropods (●-●) and proportion of natural enemies(○-○) in the brown rice with storage time.

를 보였다.

定着 후 수주간 初期 群集에서 優占種이었던 밀가루줄명나방은 쌀바구미가 優占으로 定着된 이후에는 그 活動이 微微하였다. 이러한 現象은

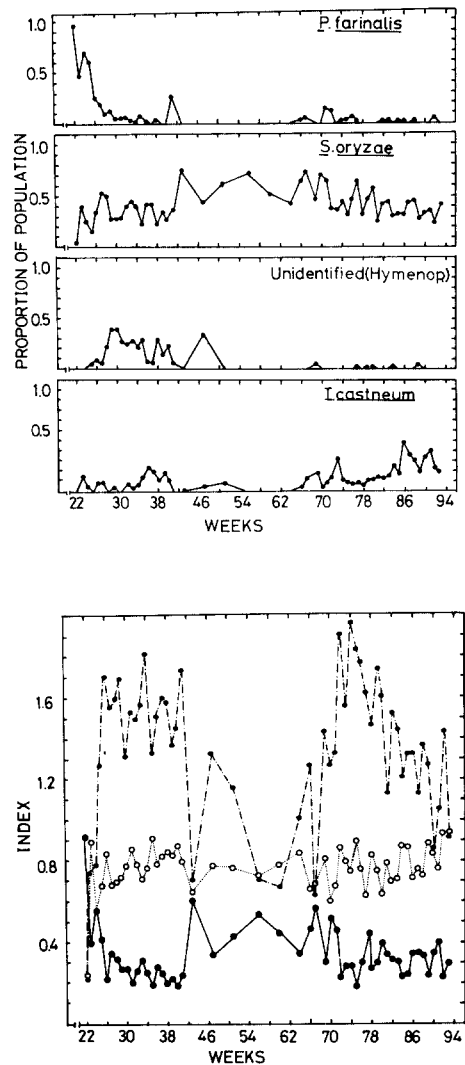


Fig. 4. Changes in proportion of the major arthropods in the brown rice with storage time.

Fig. 5. Changes in the dominance(●-●), evenness(○-○), and richness indices(●-·-·-●) of the arthropod community in the brown rice with storage time.

그림 3에서 보는 바대로 나방의 天敵인 寄生蜂의 旺盛한 活動의 結果로 생각된다. 寄生蜂의 旺盛한 活動에 따라 나방의 活動이 현저히 減少한 點, 調査 後期인 47주(88년 1월 初旬) 이후에는 나방과 天敵의 活動이 두드러지지 않았던 事實이 이를 뒷받침하고 있다. 앞으로 밀가루줄명나방과 寄生蜂간의 關係는 그러므로 나방의 生

物的 防除 側面에서 考慮되어야 할 것이다.

밀 貯藏시에 나타나는 群集의 遷移는 그라나리아바구미 (*Sitophilus granarius*(L.))의 優占 群集으로부터 Australian spider beetle (*Ptius tectus* Boield)로, 다시 Fur beetle(*Attagenus pellio*(L.)) 優占群集으로 經過하였다(Coombs & Woodroffe 1963). 옥수수 貯藏의 경우 보리나방(*Sitotraga cerealella* (Oliver)) 優占群集으로부터 톱가슴머리대장(*Oryzaephilus surinamensis* L.)으로, 다시 갈색머리대장(*Cryptolestis ferrugineus* Stephens)으로, 잇따라 *Sitophilus zeamais* Motsuhulsky로, 그리고 *Anisopteromalus calandrae*를 거쳐 거릿쌀도둑의 優占群集으로 遷移 하였다고 報告되었다(Arbogast & Mullen 1988). Huter(1965)는 閉鎖된 밀방앗간의 動物相이 그라나리아바구미, Australian spider beetle, 그리고 Fur beetle의 順으로 遷移하였다고 報告하였다. 이 報告들은 穀物의 種類와 貯藏 場所에 따라 群集의 造成과 遷移에 差異가 있음을 보여주는 것이다. 그러나 나방류의 優占 群集에서 딱정벌레류의 優占 群集으로 옮겨 가는 것은 본 調査에서도 나타난 特性으로 貯穀 生態系의 遷移過程에서의 共通的인 現象으로 볼 수 있을 듯하다. 이것은 또한 最初 定着種이 되는 나방류는 移動성이 強하나 競爭力은 相對的으로 弱하며, 나방류에 비해 移動성이 弱한 딱정벌레류는 相對的으로 競爭力이 強하여 이들의 相互作用의 結果 遷移가 誘發됨을 暗示하고 있다. 이에 비해 Coombs와 Woodroffe(1968)는 相異한 結果를 보고하였다. 그들은 밀 500 kg을 濕한 環境에서 10년간 貯藏하면서 7種의 貯穀害蟲을 接種하고 이의 遷移 過程을 調査 한 바 있는데, 前期 4年 동안은 *S. granarius*와 톱가슴머리대장의 優占 現象을 보였으나 이후에는 *Hofmanophila pseudospretella*(Stainton), 이어서 *Endrosis sarcitrella*(L.) 그리고 *Niditinea fuscipunctella* (Haworth)등 나방류의 優占으로 遷移하였다고 하였다. 이 結果는 資源의 劣惡化로 인한 딱정벌레류의 消滅과 이에 따라 抑制되었던 나방류의 優占으로 遷移하였던 것으로 判斷되며, 種간의 競爭이외에도 物理的 環境과 生物的 環境의 相互作用이 資源의 變質과 이에 따른 群集의 遷移

過程의 變化를 招來할 수 있음을 보여주는 것이라고 생각된다(이들의 研究가 濕한 環境에서 이루어져 害蟲이외에도 곰팡이 細菌등에 의한 腐敗가 다른 研究들에서 보다 濕著하게 促進되었을 可能性이 있다). 그러나 이러한 問題에 대한 研究가 稀少하여 전반적인 結論을 내리기에는 未洽하므로 앞으로 계속 追究되어야 하리라고 思料된다.

群集 構造의 輕時的 變化: 玄米群集의 構造를 보기 위하여 算出한 優占度, 均等度 및 種豐富度는 그림 5에 보였다. 優占度는 밀가루줄명나방이 定着한 제 22 주(87년 7월 初旬)에서 0.92를 나타내었으며 季節的인 週期성을 보이는 傾向이 있었으나 全般的으로 安定되어 기간중 0.33 ± 0.11 였으며 變異係數는 33.3%였다. 種豐富도와 均等도는 대체로 優占도와 逆의 關係를 보여 기간중 각각 1.36 ± 0.34 (變異係數 25.1%), 0.78 ± 0.09 (變異係數 11.5%)를 보였다. 調査 期間 중 群集 構成 種들의 變化에도 불구하고 기간중 群集 指標들이 비교적 安定狀態를 維持한 것은 玄米에서 期間중 群集의 收容力과 niche의 數가 一定하게 維持되었으며, 따라서 可用資源의 質的, 量的 變化가 크지 않았음을 意味하는 것이다.

白米에서의 動物群集

群集의 輕時的 變化: 白米에서의 마디발動物 總數의 經時的 變化는 그림 6에 보였다. 그림에서 보는 바와 같이 動物의 總數는 玄米에서와 마찬가지로 季節的인 週期성을 明白히 보여 주었으며 그 變化 程度는 玄米에서의 群集에 비해 커서 變化의 範圍가 1~69頭였다. 제 22 주(87년 7월 初旬)째에 나타난 밀가루줄명나방의 定着으로 始作된 群集은 제 43 주(87년 12월 初旬)에 이르기까지 비교적 安定되어 13~34頭的 範圍에서 變化하였으나 겨울을 經過하여 群集의 活動이 活潑해지는 60주(88년 4월 初旬)에 이르기까지에는 1~8頭的 範圍에 있었다. 60주 이후의 活動 期間중 總數의 變化는 調査 前記(87년)에 비해 振動的 幅이 커서 玄米에서의 後期 安定化 趨勢와는 다른 樣相을 보였다(變化 範圍 10~65頭). 이것은 그림 7에 提示된 바와 같이 어물다드미

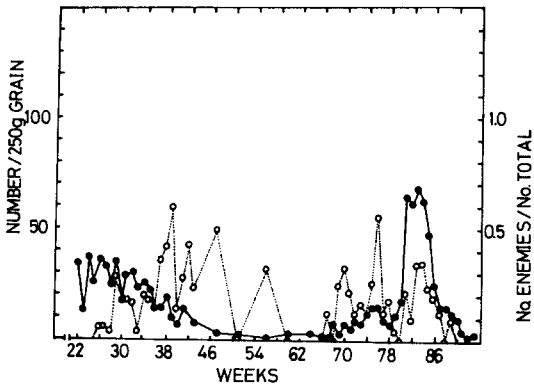


Fig. 6. Changes in total number of arthropods (●—●) and proportion of natural enemies (○····○) in the polished rice with storage time.

벌레의 顯著한 增殖에 의한 결과였다.

營養段階별로 構成種들을 類別하였을때(그림 6) 天敵群의 出現은 害蟲群에 비해 3주 가량 遲滯되었으며, 29주(87년 8월 下旬)부터는 높은 活動相을 보였다. 調査 後期인 88년에도 天敵群의 活動은 前記(87년)와 類似한 樣相을 보였다.

期間중 群集을 構成하고 있었던 主要種들의 比重의 經時的 變化를 살펴 본 結果는 그림 7에 提示되었다. 群集에 最初(제 22 주째)로 登場한 種은 玄米에서 처럼 밀가루줄명나방 成蟲이었으며 27주(87년 8월 下旬)이후에는 쌀바구미로 優占種이 交替되었고 34주(87년 9월 下旬)부터 거깃쌀도둑, 쌀바구미, 밀가루줄명나방의 寄生蜂이 主要種으로 되었다. 쌀바구미의 優占 現象은 이후에도 繼續되었다. 그러나 玄米에서와는 달리 80 주(88년 8월 下旬) 이후 85주(88년 9월 下旬)에 이르기까지 어물다드미벌레(*Liposcelis entophilus* Endlein)와 關聯되어 이의 天敵으로 생각되는 捕食性 응애의 該當 期間중 優占化는 特異하였다. 어물 다드미 벌레의 一時的 우점 現象은 이種이 機會的인 種임을 나타내는 것이라고 생각되며, 玄米에서와는 달리 다른 害蟲 個體群들의 成長이 낮아 相對的으로 現實的 niche가 擴大되었던 데서 起因된 것이라고 생각된다. 동일 時期에 個體群들의 成長이 컸던 玄米에서는

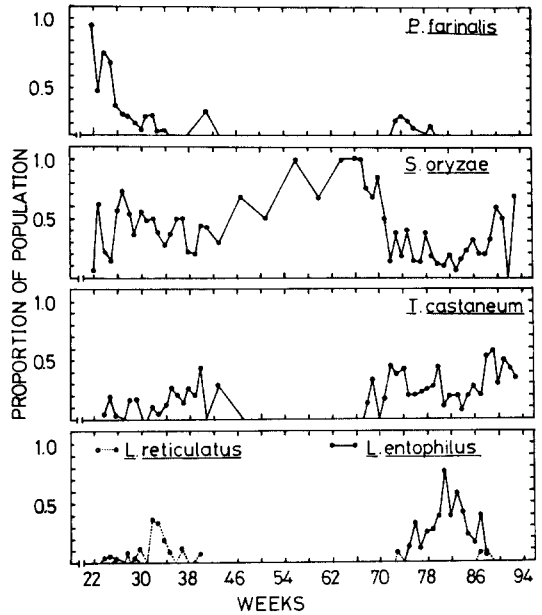


Fig. 7. Changes in proportion of the major arthropods in the polished rice with storage time.

Fig. 8. Changes in the dominance(●—●), evenness(○····○) and richness indices(●—●) of the arthropod community in the polished rice with storage time.

이 現象을 觀察할 수 없었기 때문이다.

다드미벌레目 중에서 가루민다드미벌레(*Lepitotus reticulatus* Endlein)로 부터 어물다드

미벌레로의 다드미벌레내에서의 交替現象은 玄米에서도 나타났던 것으로 이들간의 相互作用의 效果가 棼을 暗示하고 있다.

群集 構造의 經時的 變化: 群集의 優占度, 均等度 및 種豐富度の 輕時的 變化는 그림 8에 提示되었다. 玄米에서와 같이 初期 群集에서의 밀가루줄명나방의 群集 支配와 이후 群集 活動期에서의 낮은 優占度, 높은 均等度 및 種豐富도를 보였다. 그러나 非活動期인 40주~60주(87년 11월~88년 4월)의 期間중에는 쌀바구미의 絶對 優占現象을 보여 불리한 環境하에서 適應能力이 큰 種의 群集 支配 現象이 玄米에서 보다 두드러졌다. 이 影響으로 인하여 期間중 優占度は 0.44 ± 0.22 의 幅으로 變化하여 50%의 變異 係數를 나타내었고 均等度 및 種豐富度は 각각 0.48 ± 0.22 (變異 係數 45.8%), 1.13 ± 0.45 (變異 係數 39.8%)의 變化幅을 보여 玄米에서의 群集에 比해 相對的으로 不安定함을 나타내었다. 80주(88년 8월 下旬)에서의 이후의 一時的 優占度的 上昇은 그 原因이 어물다드미벌레의 顯著的한 成長에 의한 것으로 이 種이 機會的 種이라고 할 경우, 이 時期의 上昇은 白米에서의 典型的인 現象이라기 보다는 偶然的인 것이었다고 봄이 妥當할 것으로 생각된다.

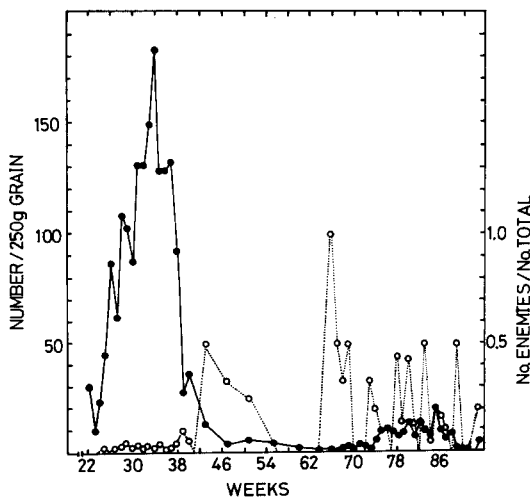


Fig. 9. Changes in total number of arthropods (●—●) and proportion of natural enemies (○···○) in the rough rice with storage time.

벼에서의 動物 群集

群集의 經時的 變化: 그림 9에서 보인 바와 같이 제 22주(87년 7월 初旬)에 밀가루줄명나방의 登場으로 群集이 造成된 것은 玄米와 白米에서의 群集과 동일한 樣相을 보였으나 그뒤의 經過는 量的, 質的으로 顯著히 상이하였다. 動物의 總數에 있어서 群集이 造成된 이후 密度가 빠르게 增加하여 34주째(87년 9월 下旬)에 最高值에 이르면서 標本당 184頭가 記錄되었고 이후 다시 빠르게 減少하여 심한 密度의 振動을 보였다. 調査 後期인 88년에는 前期와 달리 낮은 密度 水準에서 安定되는 現象을 보였다.

營養段階별로 動物群을 類別하여, 害蟲群과 天敵群의 숫적 變化 樣相을 보았을때, 群集이 造成된 初期에 天敵群의 定着은 3주 가량 遲滯되었으며, 그의 活動도 玄米 및 白米에서의 群集에 比해 弱했다. 天敵群의 比重이 0.5以上으로 높았던 경우에도 天敵의 活動增加에 의한 것이기 보다는 害蟲群의 活動이 낮았던 데서 起因된 것이었다.

期間중 群集을 構成하고 있었던 主要種들의 比重(n_i/N)의 輕時的 變化는 그림 10에 보였다. 調査(前期 87년)의 定着期를 除外하고는 어물다드미 벌레와 가루민다드미벌레의 優占을 經過하여 어물 다드미 벌레의 優占 群集이 形成되었다. 다드미벌레내에서의 遷移現象은 玄米 및 白米에서의 現象과 同一하였으나 쌀바구미, 거릿쌀도둑 등 딱정벌레類의 增殖을 觀察할 수 없어 나방類에서 딱정벌레類로의 遷移가 이루어진 밀, 옥수수, 玄米와 白米에서의 樣相과는 相異한 것이었다. 群集의 非活動期(87년 12월~88년 4월 初旬)에서의 높은 優占度は 다드미벌레의 活動이 微微하여 쌀바구미의 比重이 相對的으로 커진 것에 기인된 것으로 쌀바구미의 活動이 增加된 結果는 아니었다. 벼는 쌀바구미 등의 딱정벌레類의 棲息과 增殖에 適合하지 않으므로(Sittiusuang & Imura 1987, Cho et al. 1988) 나타난 結果라고 생각되며 벼에서의 群集은 다드미벌레의 特性에 의해서 決定된다고 判斷된다. 이것이 또한 天敵群의 構成에도 影響하여, 다드미벌레의 天敵으로 생각되는 捕食性 응애의 1種이 調査 後期(88년)에 天敵群의 主要種으로 登場하게 하

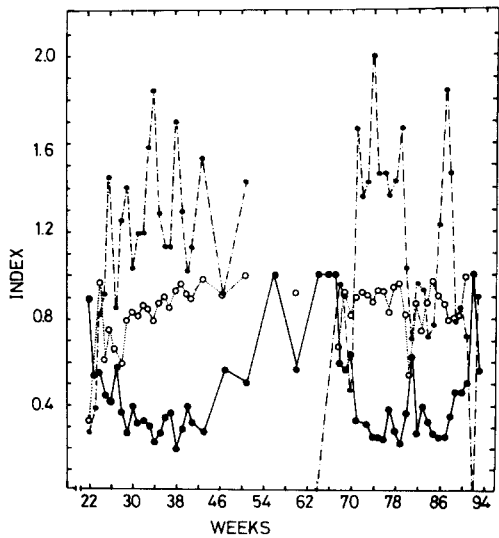
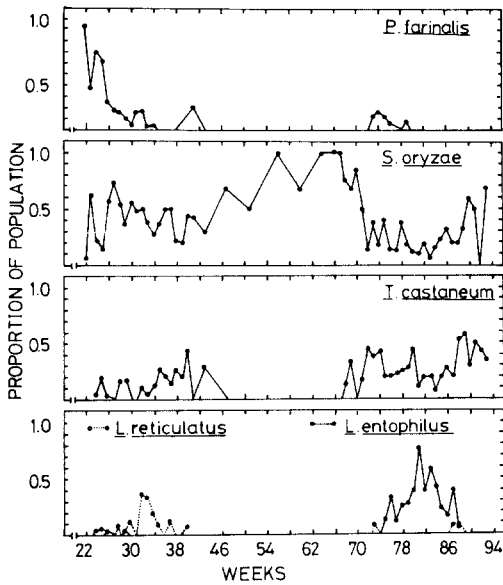


Fig. 10. Changes in proportion of the major arthropods in the rough rice with storage time. **Fig. 11.** Changes in the dominance(●—●), evenness(○··○) and richness index(●—·—●) of the arthropod community in the rough rice with storage time.

였을 것이다. 調査 後期의 다드미벌레의 숫적 安定의 原因은 確實하지 않으나, 이들이 機會의 種

이라는 點과 活動 初期부터 捕食性 응에에 의해 抑制되었을 可能性이 있어 보다 자세한 調査가 이루어 져야 하리라고 생각된다.

群集 構造의 經時的 變化: 그림 11은 期間중 벼에서의 群集의 優占度, 均等度, 種豐富도를 보인 것이다. 윗節에서 言及된 벼와 같이 가루민다드미 벌레와 어물다드미벌레의 優占 群集으로 이들의 活動 特性에 따라 構造의 特性이 決定되는 單純한 群集의 樣相을 보였다. 調査 前期인 87 년의 경우에서 群集의 活動期에 優占도가 낮아지는 現象을 보였으나 均等도와 種豐富도도 같이 低下되어 優占도의 低下가 群集내 種들의 平衡 回復이나 種數의 增加에 의한 것이 아님을 보여준 것에서 잘 나타나고 있다. 또한 調査 後期인 88년에 다드미벌레의 活動이 낮은 水準에서 維持될 경우 他 動物群의 活動 增加를 보이지 않았음에도 均等도와 種豐富도가 上昇한 것이 이를 뒷받침 하고 있다. 벼는 이를 資源으로 하는 動物群에게 不適合하며, 따라서 이들의 niche가 成立되기 어려우므로 벼 보다는 곰팡이類를 資源으로 할 수 있는 다드미벌레類(Hyun 1960 參照)에 의해 群集이 主導되며, 여기에 그들의 生物的, 物理的 環境에 의해 調節이 이루어지는 群集이 벼에서 形成됨을 暗示하고 있다. 따라서 벼에서의 에너지는 주로 곰팡이類 →다드미벌레類→捕食性 응에類로 이루어지는 먹이 사슬을 통해 流轉된다고 할 수 있을 것이다. 이러한 群集의 單純性은 優占度, 均等도와 種豐富度에서 期間중 變異係數가 각각 40.0%, 28.2%, 및 46.1%로 時間的으로 變異幅이 큰 要因으로 作用했으리라고 생각된다.

벼, 玄米, 白米에서의 動物 群集의 比較

각 群集에서 群集 活動에 있어 季節的인 週期性이 잘 나타나고 있어 각 群集에서 中心이 되는 物理的 要因이 溫度 條件이었음을 明白히 보여 주었다. 群集의 多樣度 指數를 土臺로 하였을 때, 時間的으로 玄米에서는 比較的 安定된 樣相을 보였으나 벼와 백미에서는 相對的으로 不安定하여, 季節的으로 活動 樣相에서 變異가 큼을 나타내었다. 資源의 質的 特性이 群集의 安定에 影響력이 크다는 事實을 보여 준 것으로 생각된다.

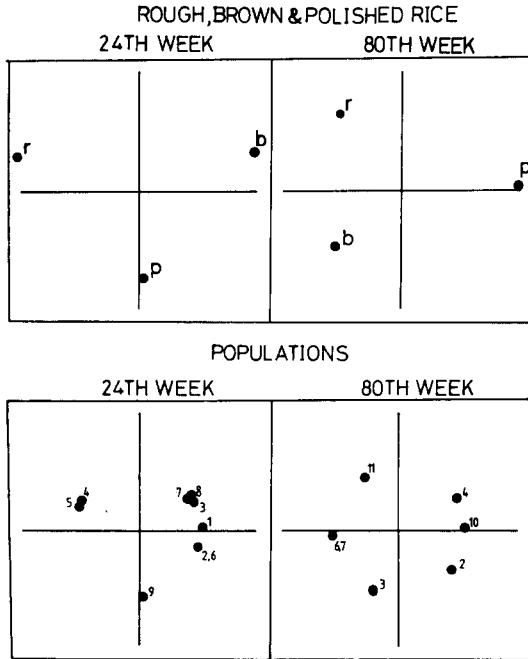


Fig. 12. Principal components ordination of the three storage communities(upper fig.)and arthropod populations(lower fig.) in the time when the communities were in active states. b, p and r indicate brown rice, polished rice and rough rice, respectively. The numbers in lower figure indicate populations: 1 *P. farinalis*; 2 *T. castaneum*; 3 *S. oryzae*; 4 *L. entomophilus*; 5 *L. reticulatus*; 6 *L. distinguendus*; 7 *A. calandreae*; 8 Unidentified parasitoid; 9 *A. siro*; 10 *P. tritici*; 11 unidentified Cheyletidae.

다. 玄米, 白米 그리고 벼를 資源으로 쌀바구미의 生活史를 調査했던 Cho 等(1988)은 玄米에서 쌀바구미의 增殖이 가장 컸으며, 벼에서는 增殖이 거의 이루어질 수 없었다고 報告하였다. 趙(1989)는 벼, 白米, 玄米를 混合해서 提供하였을 경우, 利用 정도는 玄米가 주가 되었고 白米는 玄米의 1/2水準이었으며 벼는 利用되지 않았다고 하였다. 또한 産卵을 尺度로 하였을 경우 이 差異는 9:1의 水準이었다고 하였다. Arakaki와 Takahashi(1982)도 類似한 報告를 한 바 있었다. 쌀바구미의 資源의 利用을 他 動物까지 一般化함에 問題가 있으나, 玄米, 白米와 벼의 米動物群集에 대한 資源으로서의 效用에 差異가

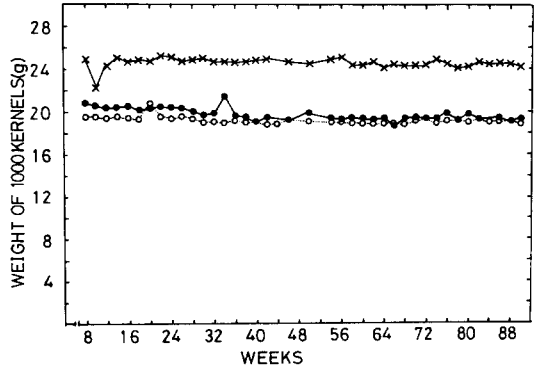


Fig. 13 Changes in dry weight of 1000 kernels of rough rice(x-x), brown rice(●-●), and polished rice(○-○) with storage time.

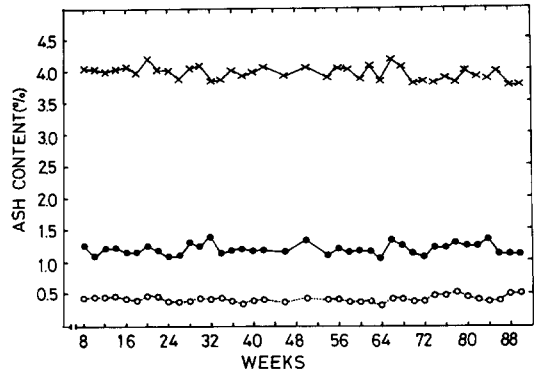


Fig. 14. Changes in ash content(%) of rough rice (x-x), brown rice(●-●) and polished rice (○-○) with storage time.

있음은 分명한 事實이다.

벼에서의 群集은 다드미벌레目的의 活動이 주가 되었고, 他 動物群의 活動은 미미하였다. 이것은 벼에서 動物 群集의 niche가 玄米, 白米에 비해 單純하게 構成되고 있음은 보여 주는 것이다. 따라서 玄米와 白米에서는 밀가루줄명나방의 優占으로 出發하여 過渡期를 거쳐 쌀바구미의 優占으로 進行되는 遷移를 거쳤으나, 벼에서는 다드미벌레외에는 活動이 微微하여, 다드미벌레의 遷移외에 玄米, 白米에서 보인 過程이 觀察될 수 없었다.

玄米에서의 群集은 白米에서와 定性的 側面에

서 同質性을 보였으나, 群集의 活動이 活潑하여 白米에서의 群集에 比해 種간의 相互作用이 重要할 것이라는 可能性을 보였다. 이것은 특히 다드미벌레의 動態에서 推定될 수 있다. 다드미벌레의 活動은 調査後期(88년)에 白米에서 活潑하였는데 이것은 白米에서 다른 個體群들의 活動이 작았으므로, 種간의 相互作用이 玄米에서에 比해 작았으며 따라서 다드미벌레의 現實의 niche가 擴張될 수 있었던 탓으로 解釋될 수 있기 때문이다.

며, 玄米, 白米에서의 群集의 構成과 進行에서의 위에 敘述된 差異는 主要素分析(Principal Component Analysis)으로 綜合되어(그림 12), 調査前期(87년)와 調査後期(88년)에서 群集의 活動이 活潑하였던 時期에 이들이 2 主要素 座標상에서 明白히 分離되었다. 前期와 後期の 關係 變化는 群集내 種간의 相互作用과 遷移過程에서 일어난 것이다(그림 12).

千粒重과 灰分含量的 變化

그림 13과 14는 期間中 며, 玄米, 白米에서의 千粒重의 變化를 보인 것이다. 그림에서 보인 것처럼 며와 白米에서는 記錄될 程度의 變化가 觀察되지 않았다. 며에서는 다드미벌레외에는 活動이 微微하였으며, 白米에서는 玄米와 定性的인 類似性을 보였으나 活動이 적었으므로 나타난 結果로 생각된다. 이에 반해 群集의 活動이 相對的으로 活潑하였던 玄米에서는 그들의 活動이 強化된 26주(87년 8월 中旬) 이후 微弱하나 千粒重에서 減少를 보여 에너지의 損失이 서서히 일어났음을 보였다. 그러나 玄米에서의 이러한 減少도 灰分含量的 增加를 일으킬 程度는 아니었다. 米穀 貯藏중 害蟲에 의한 被害가 定量的인 側面에서 나타나기 위해서는 害蟲의 密度가 상당히 높아야 하며, 이를 통한 貯藏生態系의 物理的인 變化가 隨伴되어야 함을 暗示하는 現象으로 생각된다.

引 用 文 獻

AACC. 1983. Cereal laboratory methods 08-01(8th ed.).
 Arakaki, N. & F. Takahashi. 1982. Oviposition pre-

ference of rice weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky(Coleoptera : Curculionidae), for unpolished and polished rice. Jap. J. appl. Ent. Zool. 26 : 166~171(in Japanese with English abstracts).
 Arbogast, R. T. & A. Mullen. 1988. Insect succession in a stored-corn ecosystem in Southeast Georgia. Ann. Entomol. Soc. Am. 81 : 899~912.
 Baur, F.(ed.). 1984. Insect management for food storage and processing. AACC, St. Paul.
 趙惠媛. 1989. 食餌 組合이 쌀바구미(*Sitophilus oryzae* (L.))(Coleoptera : Curculionidae)의 生活史, 個體 群動態 및 쌀바구미 좀벌(*Lariophagus distinguendus* Forster)(Hymenoptera : Pteromalidae)과의 相互 作用에 미치는 影響. 高麗大 大學院 碩士學位 論文.
 Cho, K. J., M. I. Ryoo & S. Y. Kim. 1988. Life table statistics of the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.)(Coleoptera : Curculionidae) in relation to the preference for rough, brown and polished rice, Korean J. Entomol. 18 : 1~6.
 Coombs, C. W. & G. E. Woodroffe. 1963. An experimental demonstration of ecological succession in an insect population breeding in stored wheat. J. Anim. Ecol. 32 : 271~279.
 Coombs, C. W. & G. E. Woodroffe. 1968. Changes in the arthropod fauna of an experimental bulk of stored wheat. J. Appl. Ecol. 5 : 563~574.
 Coombs, C. W. & G. E. Woodroffe. 1973. Evaluation of some of the factors involved in ecological succession in an insect population breeding in stored wheat. J. anim. Ecol. 42 : 305~321.
 Hunter, F. A. 1965. The fate of the insect and mite fauna in a derelict flour mill in the England Midlands. Proc. XII Int. Congr. Ent. London(1964) 1 : 644~646.
 金奎眞, 金善坤, 崔賢順. 1988. 米穀 貯藏 害蟲의 分類 同定 및 發生 最盛期 調査 研究-全南 地方 中心-. 韓應昆誌. 27 : 117~124.
 金振城. 1986. 貯穀 害蟲의 分類. '국립 식물 검역소(편 집) 植物 檢疫 技術 워크샷(86. 11. 14~11. 15)' pp. 5~78.
 Ludwig, J. A. & J. F. Reynolds. 1988. Statistical ecology. John Wiley and Sons, New York.
 Mullen, M. A. & R. T. Arbogast. 1984. Low temperature to control stored product insects. In 'F. Baur(ed.) Insect management for food storage and processing', pp. 255~264. AAC, St. Paul.
 Odum, E. P. 1971. Fundamentals of ecology(3rd ed.). W. B. Saunders Co., Philadelphia.
 吳明熙, 金相奭, 夫庚生. 1984. 권련벌레살이주머니응애의 형태와 생활사에 관한 연구. 韓植保誌. 24 : 15~18.
 Paik, W. H. 1982. Study on granary insect pests

- of Korea. Seoul Nat'l Univ., Coll. of Agric. Bull. 7 : 119~14.
- Sinha, R. N., H. A. U. Wallace & F. S. Chebib. 1969. Canonical correlations between groups of acarine, fungi and environmental variables in bulk grain ecosystems. Res. Popul. Ecol. 11 : 92~104.
- Sittisuang, P. & O. imura. 1987. Damage of rough and brown rice by four stored-product insect species. Appl. Ent. Zool. 22 : 585~593.
- Takahashi, F. & H. Mizuno. 1982. Infestation of rice weevils in rice grain in relation to drying procedure after harvest and the form of the grain at different stages in the milling process. Environ. Control in Biol. 20 : 9~16.

(1990년 2월 21일 접수)