

溫도와 濕도가 벼멸구의 生育에 미치는 影響에 關한 研究

朴 品 圭* · 玄 在 善**

Effects of Temperatures and Relative Humidities on the Development of Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens*(Stål)

Chung Gyoo Park* and Jai Sun Hyun**

ABSTRACT

The newly hatched nymphs of brown planthopper(BPH) were reared individually for two generations in test tubes, where young rice seedling was planted on agar solution, at 30°C, 25°C and 20°C with 95%, 75%, 65% and 35% R.H.

Effects of 30°C on the development of BPH when compared with those of 25°C are followings. Egg period, nymphal period, and adult longevity were shortened. Nymphal mortality was increased and the number of oviposited eggs was decreased. Hatchability was zero per cent because the eggs were either unfertilized or died before finishing the development.

At the low temperature of 20°C, in comparision with 25°C, the developmental period of nymphs and eggs was considerably lengthened, and adult longevity was shortened, the number of oviposited eggs was decreased.

The nymphal mortality was higher at high relative humidity (above 75% RH) than that at low relative humidity(under 65% RH). Under the condition of high relative humidities, the adult longevity was shortened, and the number of oviposited eggs was decreased.

緒 論

벼멸구(*Nilaparvata lugens* Stål)는 分布地域이 廣 範圍하며 韓國과 日本에서는 越冬하지 못하고 中國南方 · 필리핀 諸島 등에서 低氣壓 氣流를 타고 飛來하는 害虫이다.

벼멸구는 増殖力이 높고 高密度에 耐性이 強하며 突 發的으로 發生하는 所謂 γ -strategic pest로서 각종 抵抗性 水稻品種에 適應하여 現在 Biotype 3까지 發生되

어 있으며 高密度 狀態에서 hopper-burn을 일으키는 水稻의 重要한 害虫이다. 이 害虫이 最近에 와서 크게 發生하는 原因으로는 統 一系 品種의 普及率增加로 인한 栽培品種의 單純化 · 空素肥料 施用의 增加로 인한 寄主의 生理的 狀態와 벼멸구의 生殖力의 増大 · 密植과 草冠部 늘폐도의 增加에 따르는 棲息處의 微氣象 特別히 光線 · 溫度 · 濕度 等的 變化를 생각할 수 있다.

벼멸구는 벼의 基部 水面上 10cm以內에 棲息하고 있는데 여기의 微氣象 條件은 벼멸구와 같이 一 段 定着 後에 移動性이 적은 害虫에 있어서는 大端히 重要한

*경상대학교 농과대학 식물보호학과(Dept. of Plant Protec., Coll. of Agri., Gyeong Sang National Univ.)

**서울대학교 농과대학 농생물학과(Dept. of Agricultural Biol., Coll. of Agri., Seoul National Univ.)

것으로 直接的으로 벼멸구의 生育에 影響을 미칠 뿐 아니라 天敵에의 影響을 통한 2次的인 影響도 있을 것으로 생각된다²⁰⁾.

濕度 및 降雨가 벼멸구에 미치는 影響으로서 Mochida & Dyck¹⁷⁾는 관개가 적당할 때는 낮은 濕度가, 관개가 부족할 때는 높은 濕度가 벼멸구의 發生에 좋다고 한 反面 Bae & Pathak³⁾, Fernando²⁾, Leel Park¹⁵⁾은 건조기 동안에 벼멸구의 個體群이 增加한다고 하였다 Hinkley는 벼멸구 個體群에 미치는 降雨의 影響을論 하였고 Abraham & Nair¹⁸⁾는 상대습도 80%가 벼멸구의 增殖에 有利하다고 하였고 Dyck 등⁶⁾은 상대습도 75~85%가 適當하다고 한 反面 IRR¹⁰⁾에서는 29°C의 恒溫과 40~80% 사이의 各 濕度水準에서 벼멸구를 3~4世代 飼育한 結果 濕度가 50~60%일 때 가장 많은 若虫이 發育했으며 80%의 恒濕條件은 個體群 成長에 有利하다고 하였다.

本 研究는 室内條件 下에서 溫度和 濕度가 벼멸구에 미치는 生物學的 影響을 調査하여 이 害虫의 發生生態 研究에 必要한 基礎的인 資料를 얻고자 遂行되었다.

材料 및 方法

供試虫은 서울대학교 農科大學 農生物學科 內的 耐虫性研究室(以下 飼育室; 23~27°C, 24時間照明)에서 巢代飼育 중인 虫을 使用하였으며 試驗은 10W 螢光燈 24時間 照明 下에서 實施하였다.

1. 溫·濕度の 調節

處理溫도는 30, 25, 20°C의 恒溫條件이었으며 溫度에 따라 濕度は ±5%程度의 變異가 있었다. 濕度調節을 위하여 RH 95%는 증류수를, RH 75%와 65%는 各 各 NaCl과 Ca(NO₃)₂·4H₂O의 飽和溶液을 使用하였다. 그 方法은 1000ml의 비이커에 500ml 程度로 飽和溶液을 만든 다음 空氣펌프를 利用하여 空氣가 飽和溶液의 表面을 스쳐서 고무판을 통해 acryl製의 供試虫 飼育箱子(30×25.5×20cm)內로 들어가도록 하였으며 飽和溶液의 表面에서 蒸發되는 水分은 約 2日 間격으로 補充하였다. 飼育箱子 內的 空氣를 流通시킨 理由는 試驗管 內的 agar表面에서 蒸發되는 水分이 空中濕度에 미치는 影響을 最少化시키기 爲해서였다. RH 35%는 CaCl₂의 結晶을 飼育箱子 밑받침에 깔고 반창고로써 箱子를 完全히 密閉시켰으며 週期的으로 濕度를 測定하면서 試藥을 交替해조였다.

2. 飼育方法

① 若虫

試驗管(15×3cm) 안에 振興 2~3葉期의 幼苗를 1%의 agar에 1本씩고 24時間 以內에 孵化한 若虫을 1마

리씩 接種하여 飼育하면서 每日 一定한 時刻에 死亡한 虫과 脫皮殼을 調査·除去하고 羽化했을 때는 翅型과 性·羽化日을 記錄하였다. 供試頭數는 50頭였다.

② 成虫

若虫試驗에서 當日 羽化한 암컷 成虫을 振興幼苗가 2本 씩겨진 試驗管(11.3×2.5cm)에 수컷과 함께 1雙씩 넣고 2日 間격으로 새로운 試驗管에 옮겨 產卵시켰고 1~2日 間격으로 死亡虫을 調査하였다.

③ 卵

產卵된 幼苗에서 每日 一定時刻에 孵化若虫數를 調査·除去하였고 連 4日이 지나도록 孵化虫이 없으면 7倍의 解剖顯微鏡 下에서 幼苗를 解剖하여 未孵化卵數를 調査하였고 未孵化卵 中에서 眼點까지 發育한 것은 胚子期致死(Figure. right)로 眼點까지 發育하지 못한 卵을 無精卵(Figure. left)으로 判定하였다. 第2世代의 虫은 1世代의 卵에서 24時間 以內에 孵化한 若虫을 取하여 1世代와 같은 條件 下에서 飼育하였다.



Fig. 1. Unhatched eggs exposed at 30°C, RH 65% for 18 days. Left: Unfertilized egg, Right: Embryonic death

結果 및 考察

1. 若虫期에 미치는 影響

① 若虫期間

여러가지 溫度和 濕度條件을 달리하여 飼育하였을 때 第1世代의 若虫期間은 Table 1과 같다.

全體若虫期間을 볼 때 同一한 濕度에서는 溫度에 따라 12.6~23.9日이었으며 30°C와 25°C 間에는 큰 差가 없으나 20°C에서는 顯著히 길어졌다. 이러한 傾向은 各 齡期에서도 마찬가지였다. 若虫期間은 一般的으로 그 齡期가 가장 짧고 5齡期가 가장 길었으며 中央値와 平均値를 比較하여 보면 30°C에서는 그 差가 0.77~0.85日인데 反하였 25°C와 20°C에서는 0.51~0.61日로 30°C에서는 發育遲延現象이 推測된다. 第1

Table 1. Developmental periods of nymphs of brown planthopper reared at different temperatures and relative humidities in the first generation.

Instar	RH	30°C				25°C				20°C		
		95%	75%	65%	35%	95%	75%	65%	35%	95%	75%	35%
I	\bar{X}	2.19 ^{a)}	2.10	2.31	2.17	2.98	2.92	3.17	3.15	4.20	4.83	5.09
	SD	$\pm 0.41^b)$	± 0.31	± 0.53	± 0.38	± 0.51	± 0.49	± 0.43	± 0.47	± 0.78	± 0.59	± 0.78
	median	1.62 ^{c)}	1.56	1.70	1.60	2.48	2.45	2.61	2.60	3.65	4.37	4.57
II	\bar{X}	1.81	1.93	2.06	2.15	2.33	2.26	2.10	2.28	3.73	3.97	3.91
	SD	± 0.49	± 0.46	± 0.49	± 0.36	± 0.53	± 0.45	± 0.37	± 0.50	± 0.58	± 0.32	± 0.52
	median	1.35	1.46	1.54	1.59	1.72	1.68	1.56	1.71	3.38	3.48	3.44
III	\bar{X}	2.19	2.21	2.09	2.50	2.48	2.53	2.45	2.37	3.74	4.20	4.05
	SD	± 0.40	± 0.50	± 0.29	± 0.71	± 0.51	± 0.51	± 0.54	± 0.49	± 0.44	± 0.23	± 0.57
	median	1.62	1.61	1.55	1.81	1.95	2.05	1.94	1.79	3.33	3.64	3.52
IV	\bar{X}	2.65	2.59	2.74	2.70	2.63	2.78	2.85	2.16	4.52	4.60	4.24
	SD	± 0.70	± 0.57	± 0.51	± 0.68	± 0.49	± 0.48	± 0.89	± 0.61	± 0.59	± 0.81	± 0.57
	median	2.15	2.11	2.29	2.29	2.21	2.35	2.27	1.60	3.95	4.13	3.66
V	\bar{X}	3.74	4.00	3.51	4.00	3.86	3.49	3.83	4.11	5.92	6.27	6.07
	SD	± 0.63	± 0.54	± 0.61	± 0.71	± 0.52	± 0.51	± 0.44	± 0.66	± 0.58	± 0.58	± 0.93
	median	3.62	3.50	2.92	3.28	3.40	2.97	3.39	3.57	5.45	5.67	5.59
Overall	\bar{X}	12.56	12.90	12.74	13.50	14.25	13.94	13.92	14.07	22.09	23.86	23.31
	SD	± 1.46	± 1.32	± 1.24	± 1.50	± 0.98	± 0.85	± 0.86	± 0.77	± 1.00	± 1.04	± 1.52
	median	11.71	12.06	11.97	12.73	13.71	13.41	13.38	13.52	21.56	23.31	22.60

a): average b): standard deviation c): median

Table 2. Developmental periods of the nymphs of brown planthopper reared at different temperatures and relative humidities in the 2nd generation.

Instar	RH	25°C				20°C		
		95%	75%	65%	35%	95%	75%	35%
I	\bar{X}	3.25 ^{a)}	2.87	3.06	2.96	4.55	6.13	4.46
	SD	$\pm 0.62^b)$	± 0.50	± 0.43	± 0.49	± 0.55	± 1.31	± 0.65
	median	2.67 ^{c)}	2.41	2.54	2.47	4.05	5.56	3.83
II	\bar{X}	2.47	2.30	2.28	2.09	3.80	4.83	3.62
	SD	± 0.57	± 0.51	± 0.46	± 0.29	± 0.46	± 0.64	± 0.57
	median	1.89	1.73	1.70	1.55	3.37	4.38	3.14
III	\bar{X}	2.31	2.60	2.36	2.57	3.70	3.52	3.98
	SD	± 0.47	± 0.49	± 0.55	± 0.60	± 0.59	± 0.51	± 0.49
	median	1.73	2.18	1.81	2.05	3.27	3.05	3.49
IV	\bar{X}	2.28	2.52	2.74	2.57	4.26	3.51	4.48
	SD	± 0.46	± 0.59	± 0.56	± 0.51	± 0.63	± 0.51	± 0.59
	median	1.70	1.96	2.29	2.13	3.74	3.00	3.95
V	\bar{X}	3.63	3.85	4.00	4.38	5.90	4.95	7.07
	SD	± 0.49	± 0.36	± 0.74	± 0.50	± 0.54	± 0.44	± 0.65
	median	3.20	3.41	3.50	3.81	5.41	4.46	6.50
Overall	\bar{X}	13.94	14.15	14.46	14.57	22.24	22.74	23.57
	SD	± 1.01	± 0.92	± 1.01	± 0.90	± 0.73	± 1.06	± 1.47
	median	13.27	13.54	13.71	14.19	21.67	22.22	22.79

a): average, b): standard deviation, c): median

세대와 同 條件 下에서 飼育하였을 때 第2世代의 若虫期間은 Table 2와 같다. 30°C에서는 孵化若虫을 얻지 못하여 除外하였다.

全體 若虫期間과 各齡期間은 1세대와 같은 傾向이었으나 大體的으로 若干 길어지고 있다. 同一한 濕度에서는 25°C와 20°C에서 各各 13.94~14.57日 22.24~23.57日로 濕度가 낮아질수록 길어졌다. 中央値와 平均値 間의 差는 25°C에서는 0.38~0.75日로 1세대

그것보다 커지고 있으며 20°C에서는 差가 없다.

濕度가 若虫의 發育에 미치는 影響에 關한 報告^{4,9, 12, 23, 24)}를 綜合해보면 20°C, 25°C, 30°C에서 各各 20~27日, 14~15日, 12~19日로서 本 實驗結果와 大差 없는데 報告者에 따라 若干의 差가 있는 것은 食餌의 質과 種類, 日長·飼育密度 等の 影響때문이라고 생각된다^{15, 24)}. 齡期間은 低溫短日(17°C, 10時間照明)에서는 1.5齡期가 길고 高溫에서는 4.5齡期가 길어진다고

Table 3. Mortalities of nymphs reared at different temperatures and relative humidities in the first generation.

Instar	RH 95%			75%			65%		35%		
	30°C	25°C	20°C	30°C	25°C	20°C	30°C	25°C	30°C	25°C	20°C
I	4	0	8	4	6	9.3	4	0	12	0	6.25
II	4	0	2	8	4	0	10	2	6	0	2.08
III	16	2	2	12	0	6.98	10	0	4	4.08	0
IV	4	2	0	0	4	2.33	6	0	2	0	2.08
V	6	8	0	12	8	0	0	0	4	0	0
Total	34	12	12	36	22	18.61 (43)	30	2	28	4.08 (48)	10.41

Percentages of 50 replications of individual rearing except special notes.

Numbers in parenthesis indicate the number of tested insects.

Table 4. Mortalities of nymphs reared at different temperatures and relative humidities in the 2nd generation.

Instar	25°C				20°C		
	RH 95%	75%	65%	35%	RH 95%	75%	35%
I	13.63	4	11.11	0	8.33	2	4
II	0	0	0	0	4.17	4	2
III	4.54	2	2.77	0	2.08	0	0
IV	2.27	2	0	0	0	6	4
V	0	0	0	0	0	2	2
Total	20.44(44)	8	13.88(36)	0(23)	14.58(48)	14	12

Percentages of 50 replications of individual rearing except special notes.

Numbers in the parenthesis indicate the number of tested insects.

한 Sucnaga²²⁾의 報告와 一致하는 傾向이었다.

② 若虫期 致死率

處理期間 中の 1世代와 2世代의 若虫期 致死率은 Table 3, 4와 같다.

全體若虫期間 中の 致死率은 同一溫度 內에서는 30°C의 高濕인 때 顯著히 높았고 世代나 溫度에 關係없이 RH 75% 以上の 多濕條件인 때에 致死率이 높았다.

Bae & Pathak³⁾은 벼멸구 若虫은 33°C 以上에서 致死率이 顯著히 높았고 濕度와 함께 溫度의 上昇은 致死率을 增加시킨다고 하였다. 또 Noda^{21, 22)}는 벼멸구 若虫을 高濕(33°C)에서 飼育하면 致死率이 높고 脫皮하는 동안에 죽는 경우가 있다고 하였는데 이러한 高濕의 影響은 昆蟲의 生理에 직접적인 것이 아니라 별구類나 麥菌類의 脂肪體에 있는 yeastlike symbiote (yeastlike microorganism or mycetome)를 破壞하기 때문인 것으로 推測되는데 이 symbiote의 기능은 發育에 必要한 充分한 sterol을 供給하는 등 멸구 麥菌類의 生理에 重要한 役割을 한다고는 하지만^{19, 22)} 아직

充分한 資料가 없다.

齡期別 致死率을 보면 30°C에서는 3齡期의 致死率이 높으며 20°C에서는 1齡期의 致死率이 높고 25°C에서는 齡期別 致死率에 別로 差가 없다. 이와같은 사실은 20°C와 같은 低溫이 벼멸구 若虫의 生理에 直接的인 不利益을 주는 것으로 생각된다. 反面 2世代에 있어서의 致死率은 溫濕度條件과 關係없이 1齡期의 致死率이 높아지고 있다.

2. 成虫에 미치는 影響

① 翅型과 性比

各 處理區에서 羽化한 成虫의 長短翅型 出現數와 性比는 Table 5와 같다.

處理區別로 各 翅型의 總數를 比較해 보면 全體의 으로 長翅型이 많았는데 20°C의 多濕條件과 30°C의 65% 區에서는 反對로 되었다. 成虫의 性比는 翅型에 따라 顯著的 差가 있어서 短翅型은 거의 全部가 암컷인데 反하여 長翅型은 거의가 수컷이었다^{11, 13, 14, 15, 23)}.

2世代에서 羽化한 成虫의 翅型과 性比는 Table 6과

Table 5. Mortalities of nymphs reared at different temperatures and relative humidities in the first generation.

Instar	30°C				25°C				20°C		
	RH 95%	75%	65%	35%	RH 95%	75%	65%	35%	RH 95%	75%	35%
I	4	4	4	12	0	6	0	0	8	9.3	6.25
II	4	8	10	6	0	4	2	0	2	0	2.08
III	16	12	10	4	2	0	0	4.08	2	6.98	0
IV	4	0	6	2	2	4	0	0	0	2.33	2.08
V	6	12	0	4	8	8	0	0	0	0	0
Total	34	36	30	28	12	22	2	4.08(48)	12	18.61(43)	10.41

Percentages of 50 replications of individual rearing except special notes.

Numbers in parenthesis indicate the number of tested insects.

Table 6. Numbers of adults emerged when newly hatched nymphs were reared individually at different temperatures and relative humidities in the 2nd generation.

	R.H. %	Brachypterous			Macropterous			Total	
		Female	Male	Total	Female	Male	Total	Emerged adults	Percentages of females
25°C	95	19	0	19	0	16	16	35	54.29
	75	19	2	21	2	23	25	46	45.65
	65	17	2	19	0	12	12	31	56.67
	35	6	1	7	0	16	16	23	26.09
20°C	95	22	3	25	0	16	16	41	53.66
	75	21	4	25	0	18	18	43	48.84
	35	23	0	23	0	21	21	44	52.27

같다.

1세대와는 달리全體적으로 短翅型이 많았는데 25°C의 RH 75% 35%區에서는 反對로 되었다. 性比는 1세대와 같이 翅型에 따라 顯著的 差가 있어서 短翅型이 많은 處理區에서는 암컷의 比率이 높았다.

Mori & Kiritani¹⁸⁾는 벼멸구를 高密度 狀態(試驗管當 10個體)로 第8世代까지 果代飼育하면서 各世代에서 孵化한 若虫을 뽑아내어 個體飼育했을 때 長翅型암컷이 F₂의 17.6%에서 F₇의 90.0%로 世代를 지남에 따라 그 比率이 크게 增加한다고 하면서 長翅型암컷의 出現은 密度的 累積效果임을 報告하였다. 本實驗에서 1세대의 長翅型이나 長翅型암컷의 出現頻도가 2세대보다 높게 나타난 것은 前世代를 飼育室에서 集團飼育했기 때문인 듯하다²⁵⁾.

② 壽命

各 處理區에서 羽化한 成虫의 壽命은 Table 7과 같다.

成虫壽命은 25°C에서 24~35일로, 가장 길었으며

30°C에서 顯著히 短縮되었다. 25°C에서는 濕度の 뚜렷한 影響을 볼 수 없으나 30°C와 20°C에서는 RH 75%以上일때 壽命이 短縮되었다.

Andrewartha와 Birch²²⁾에 依하면 吸汁性이나 吸血性 昆蟲은 過度한 水分을 吸收하므로 餘分の 水分을 除去해야 한다고 하였으며, Buxton과 Lewis²³⁾는 높은 濕度에서는 昆蟲의 器官에 水分이 蓄積되어 해롭다고 하였다. 本實驗의 結果 濕도가 높을 때 壽命이 短縮되는 것은 이와같은 現象이라고 할 수 있으나 溺死에 依한 死亡도 있을 것으로 생각된다. 그러나 濕도와 關聯하여 벼멸구의 水分平衡 問題에 對해서는 더 깊은 研究가 있어야 될 것이다. 그리고 20°C 第2세대에서의 壽命은 25°C에서 보다 길어지고 變異係數도 작아진 것으로 보아 前世代에서 淘汰現象이 있었을 것으로 推測된다.

③ 産卵數

各 處理區에서 羽化한 成虫 암컷의 産卵數는 Table 8과 같다.

Table 7. Longevities of the emerged adults reared at different temperatures and relative humidities.

	RH %	Pre-reproductive period			Reproductive period		Post-reproductive period		Overall		
		n	$\bar{X} \pm SD$	C.V.	$\bar{X} \pm SD$	C.V.	$\bar{X} \pm SD$	C.V.	n	$\bar{X} \pm SD$	C.V.
20°C 1 Gen.	95	(5)	2.00±0.00	(0.00)	8.00±4.24	(53.00)	0.80±1.79	(223.75)	(28)	10.39±7.67	(73.76)
	75	(8)	2.25±0.71	(31.43)	7.25±3.01	(41.54)	1.50±1.77	(118.19)	(31)	10.94±6.27	(57.30)
	65	(10)	2.00±0.00	(0.00)	17.00±5.83	(34.29)	0.40±0.84	(210.00)	(24)	19.33±8.53	(44.12)
	35	(11)	2.18±0.61	(27.75)	11.09±7.66	(69.07)	1.09±1.38	(126.05)	(34)	13.88±9.28	(66.87)
25°C 1 Gen.	95	(18)	0.56±0.92	(164.3)	29.44±6.71	(22.79)	1.55±1.62	(104.52)	(38)	34.95±11.93	(34.12)
	75	(14)	1.14±1.03	(89.87)	27.86±12.04	(43.21)	1.71±1.73	(100.85)	(32)	27.31±14.32	(54.25)
	65	(19)	1.37±1.16	(84.67)	26.47±8.57	(32.38)	0.63±0.96	(152.38)	(39)	33.56±7.14	(21.28)
	35	(8)	1.25±1.04	(82.81)	27.00±12.28	(45.49)	1.00±1.07	(106.90)	(37)	24.03±12.38	(51.53)
20°C 1 Gen.	95	(12)	4.67±2.46	(52.68)	8.33±8.52	(102.3)	0.83±1.34	(161.45)	(39)	18.46±13.27	(71.90)
	75	(12)	4.50±1.24	(27.56)	20.50±10.59	(51.66)	1.17±1.34	(114.53)	(25)	26.04±15.58	(59.82)
	35	(16)	2.93±1.03	(35.12)	22.93±7.00	(30.53)	0.67±0.98	(146.27)	(42)	30.76±14.72	(47.86)
20°C 2 Gen.	95	(17)	4.12±2.28	(55.26)	32.18±11.62	(36.11)	1.65±1.77	(107.21)	(35)	37.49±15.05	(40.14)
	75	(18)	2.67±1.19	(44.56)	25.56±11.14	(43.58)	1.56±1.29	(83.16)	(39)	35.95±13.74	(38.22)
	35	(19)	3.26±1.19	(36.50)	35.26±1.19	(3.37)	1.26±1.19	(94.44)	(41)	40.73±14.64	(35.93)

Table 8. No. of eggs laid by females at different temperatures and relative humidities.

The females were emerged at the respective conditions.

	R.H. %	No. of females	Eggs/female			Eggs/female/day				
			\bar{X}	+	SD	CV	\bar{X}	+	SD	CV
30°C (1 Gen.)	95	5	106.60	±	79.57	(74.64)	9.36	±	5.54	(59.23)
	75	8	104.50	±	63.97	(61.22)	8.97	±	5.07	(56.51)
	65	10	340.80	±	162.95	(47.81)	17.24	±	4.54	(26.34)
	35	11	191.00	±	181.51	(95.03)	10.37	±	6.60	(63.64)
25°C (1 Gen.)	95	18	637.94	±	170.15	(26.67)	20.25	±	3.42	(16.91)
	75	14	646.43	±	302.13	(46.74)	23.72	±	8.34	(35.16)
	65	20	670.16	±	220.56	(32.91)	22.38	±	6.15	(27.49)
	35	8	676.75	±	344.26	(50.87)	22.04	±	7.29	(33.07)
20°C (1 Gen.)	95	12	53.50	±	80.49	(150.45)	3.11	±	2.07	(66.62)
	75	11	173.60	±	133.68	(77.99)	6.17	±	2.59	(41.91)
	35	15	263.53	±	106.20	(40.30)	9.63	±	1.85	(19.22)
20°C (2 Gen.)	95	16	307.31	±	156.84	(51.03)	8.16	±	2.51	(30.76)
	75	17	367.24	±	189.95	(51.72)	11.94	±	3.61	(30.21)
	35	18	489.72	±	206.56	(42.18)	12.69	±	2.55	(20.08)

30°C의 고온에서 産卵數가 顯著히 적은 理由는 若虫 閉, 特히 卵母·精母細胞가 分裂·成熟하기 始作하는 3~4齡期에 高溫의 影響을 크게 받아 虫體內에서 卵母 및 精母의 形成이 不良하고 産卵期間이 짧아졌기 때문 인 듯하다²⁴⁾.

雌虫當 平均 産卵數는 25°C에서 640~670個 程度로 서 30°C나 20°C에서보다 約 2~12倍 程度 많았다. 20°C 第2世代에서는 第1世代보다 雌虫當産卵數가 1.9~5.7倍 程度, 日當産卵數가 1.3~2.6倍 程度 增加 하고 있는 것은 興味있는 일이며 變異係數가 작아진 것으로 보아 低溫에 依해 弱한 個體가 淘汰된 듯하나 他溫度와 比較 研究함으로써 더욱 明確한 結論을 내릴 수 있을 것이다.

溫度別로 보면 30°C에서는 RH 65%에서 가장 많았 고 25°C와 20°C에서는 濕度가 낮을수록 産卵數가 많 아서 30°C와는 對照的이다. 濕度에 따라 産卵數에 상 당한 差가 있는 것은 濕度가 産卵期間이나 成虫의 壽命에 影響을 미쳤기 때문으로 생각된다.

3. 卵에 미치는 影響

① 孵化率

各 處理區에서 羽化한 成虫이 낳은 卵의 孵化率은 Table 9와 같다.

孵化率은 25°C에서 相當히 높아지는 傾向이었고 30°C에서는 0%였으며 他溫度에 比較 胚子期致死率은 2~6倍, 無精却의 比率은 1.5~2.5倍 程度 높았으며 胚子期 致死率이 無精卵의 比率보다 뚜렷이 높았다.

Table 9. Hatchabilities at different temperatures and relative humidities. The eggs were laid by the females which had been reared at the respective conditions.

	R.H. %	Hatched(%)				Embryonic death				Unhatched(%) Unfertilized				Overall			
		\bar{X}	+	SD	CV	\bar{X}	+	SD	CV	\bar{X}	+	SD	CV	\bar{X}	+	SD	CV
30°C (1 Gen.)	95			0		53.33	±	29.63	(53.55)	44.67	±	29.63	(66.33)	100			
	75			0		57.36	±	28.74	(50.10)	42.64	±	28.74	(67.39)	100			
	65			0		63.47	±	15.08	(23.76)	36.53	±	15.08	(41.29)	100			
	35			0		45.80	±	32.48	(70.93)	54.20	±	32.48	(59.93)	100			
25°C (1 Gen.)	95	70.50	±	9.56	(13.56)	9.15	±	4.19	(45.73)	20.35	±	9.31	(45.75)	29.50	±	9.56	(32.41)
	75	72.34	±	13.99	(19.34)	9.40	±	8.79	(93.56)	18.26	±	11.04	(60.47)	23.66	±	13.99	(50.57)
	65	61.29	±	8.96	(14.63)	14.54	±	6.40	(44.05)	24.17	±	6.23	(25.77)	39.71	±	8.96	(22.56)
20°C (1 Gen.)	35	45.93	±	14.06	(30.61)	22.26	±	7.43	(33.37)	31.83	±	16.47	(51.75)	54.07	±	14.06	(26.00)
	95	52.22	±	25.85	(48.54)	28.85	±	19.86	(68.86)	18.93	±	15.52	(82.01)	47.78	±	25.85	(54.41)
	75	54.58	±	18.83	(34.50)									45.42	±	18.83	(41.46)
20°C (2 Gen.)	35	56.20	±	11.90	(21.18)	16.76	±	7.05	(42.07)	27.05	±	9.76	(36.07)	43.80	±	11.90	(27.17)
	95	61.88	±	18.93	(30.59)	17.08	±	16.21	(94.92)	21.04	±	13.85	(65.81)	38.12	±	18.93	(49.66)
	75	74.56	±	12.44	(16.68)	7.46	±	6.13	(82.25)	17.98	±	9.81	(54.52)	25.44	±	12.44	(48.90)
	35	53.44	±	11.38	(21.29)	17.16	±	4.90	(28.58)	29.45	±	11.18	(37.95)	46.56	±	11.38	(24.44)

Table 10. Hatchabilities at different temperatures and relative humidities. The eggs were laid by the females obtained from stock room.

	R.H. %	Hatched(%)				Embryonic death				Unhatched(%) Unfertilized				Overall			
		\bar{X}	+	SD	CV	\bar{X}	+	SD	CV	\bar{X}	+	SD	CV	\bar{X}	+	SD	CV
30°C	95	35.71	±	21.09	(59.07)	45.78	±	20.87	(45.60)	18.51	±	20.24	(109.35)	64.29	±	21.09	(32.80)
	75	71.05	±	20.87	(29.37)	11.04	±	10.80	(97.89)	17.91	±	18.63	(104.00)	28.95	±	20.87	(72.09)
	65	60.06	±	18.09	(30.12)	16.02	±	11.38	(71.04)	23.92	±	13.54	(56.61)	39.94	±	18.09	(45.29)
	35	43.80	±	16.33	(37.28)	35.89	±	14.16	(39.46)	20.31	±	12.49	(61.48)	56.20	±	16.33	(29.06)
25°C	95	80.19	±	12.46	(15.53)	12.25	±	9.09	(74.18)	7.55	±	10.85	(143.73)	19.81	±	12.46	(62.89)
	75	83.23	±	17.00	(20.43)	4.58	±	6.16	(134.66)	12.19	±	15.53	(127.40)	16.77	±	17.00	(101.37)
	65	80.20	±	13.82	(17.23)	8.01	±	11.68	(145.80)	11.80	±	8.20	(69.54)	19.80	±	13.82	(69.89)
	35	68.35	±	13.50	(19.75)	16.27	±	9.42	(57.89)	15.37	±	8.59	(55.93)	31.65	±	13.50	(42.65)

이와같이 30°C에서 無精卵의 比率이 높게 나타난 것은 高溫下에서 수컷의 精子的 數가 減少하고 附屬腺의 活動이 抑制되기 때문인 듯하며²⁴⁾ 胚子期 致死率이 他溫度에 비해 顯著히 높게 나타난 것은 高溫條件下에서는 成虫의 에너지 消耗이 많고 體軀가 작아져서 卵으로 移轉되는 營養物質이 不足했기 때문이라고 생각된다. 또한 胚子期 致死率이 無精卵의 比率보다 높은 것으로 봐서 30°C의 高溫은 卵의 受精에도 크게 影響을 미치지만 그보다는 卵의 發育이나 孵化 自體에 더 큰 影響을 미치는 것 같다. 濕度別로 보면 胚子期 致死率은 25°C에서 濕도가 낮아질수록 커졌으며, 無精卵의 比率은 RH 75% 以上の 多濕條件에서 낮아지는 傾向이다.

20°C 第2世代는 第1世代보다 孵化率이 增加하였다.

30°C에서 羽化한 第1世代 成虫이 낳은 卵은 孵化가 전혀 없었다. (Table 9參照) 따라서 高溫이 孵化에 미치는 直接的인 影響을 알기 위하여 飼育室에서 羽化한 成虫이 낳은 卵을 産卵後 24時間 以內에 30°C와 25°C의 各·濕度에 處理하였다(Table 10).

그 結果는 Table 9와 같은 傾向이어서 卵에 對한 高溫의 惡影響이 뚜렷하다. 그러나 成虫의 飼育條件의 差異로 因하여 Table 9의 結果에 比較하여 孵化率이 顯著히 높았다.

② 卵期間

各 處理區에서 羽化한 成虫이 낳은 卵의 發育期間은

Table 11. Egg periods at different temperatures and relative humidities. The eggs were laid by the females which had been reared at the specific conditions.

	R.H. %	Mean±SD	CV
25°C (1 Gen.)	95	12.70±1.04	8.15
	75	10.32±0.47	4.55
	65	9.85±0.47	4.74
	35	9.59±0.32	3.35
20°C (1 Gen.)	95	17.03±1.69	9.90
	75	15.57±0.48	5.78
	35	17.55±0.48	2.73
20°C (2 Gen.)	95	16.63±0.92	5.55
	75	16.91±0.44	2.62
	35	14.69±0.48	3.28

Table 11과 같다.

25°C에서 20°C보다 5~8일 정도 짧았다. 25°C에서는 습도가 낮아질수록 짧아져서 RH 35%와 95%에서의 차는 약 3일이었다. 20°C에서는 습도간에 1-貫性을 찾을 수 없으며 第2世代에서 第1世代보다 짧아지는 傾向이었다.

變異係數는 어느 온도에서나 습도가 낮을수록 작아지는 傾向이었다. Table 12는 飼育室에서 얻은 卵의

Table 12. Egg periods at different temperatures and relative humidities. The eggs were laid by the females obtained from stock room.

	R.H. %	Mean±SD	CV
30°C	95	8.17±1.42	17.37
	75	6.51±0.21	3.29
	65	6.38±0.23	3.52
	35	6.56±0.57	8.70
25°C	95	8.41±1.13	13.47
	75	8.02±0.33	4.10
	65	8.70±0.57	6.57
	35	7.24±0.82	11.28

孵化률을 조사할 때 (Table 10參照) 얻어진 30°C와 25°C에서의 卵期間이다.

Table 11과 12의 各 온도 內에서 습도가 95%일 때 變異係數가 뚜렷이 높은 것으로 보아 過濕條件에서는 卵의 發育이 遲延됨을 알 수 있다.

卵期間에 미치는 溫도의 影響으로는 Hirao⁹⁾, Kim¹²⁾의 報告가 있으며 本實驗의 結果와 大差없었다. Suenaga는 벼멸구의 卵은 28°C 附近에서 最大發育速度를 나타내고 溫度가 그 以下나 以上이 될수록 점차 減少한다고 하였다.

摘 要

溫·濕도가 벼멸구(*Nilaparvata lugens* stal)의 生育에 미치는 影響을 알아보기 爲하여 30, 25, 20°C의 各水準의 溫度區 內에 濕도를 95, 75, 65, 35%의 各水準으로 하여 2世代까지 個體飼育한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 25°C에서 벼멸구의 發育과 比較해 볼 때 30°C에서는 卵期間, 若虫期間, 成虫壽命이 短縮되었고 若虫의 死亡率은 增加하였으며 產卵數는 크게 減少하였다. 또한 產卵된 卵은 受精이 되지 않았거나 胚子發育도중 죽음으로서 孵化가 전혀 이루어지지 않았다.

2. 25°C와 比較하여 20°C의 低溫에서는 卵과 若虫 發育期間이 상당히 遲延되었고 成虫壽命이 짧아졌으며 產卵數가 크게 減少하였을 뿐 아니라 孵化率도 減少하였다.

3. 若虫의 致死率은 RH 75% 以上의 比較적 높은 濕度條件에서 높았으며 또한 多濕條件에서는 成虫의 壽命이 短縮된 結果 產卵數가 크게 減少하였다.

引用 文獻

1. Abraham, C.C. and M.R.G.K. Nair. 1975. The brown planthopper outbreaks in Kerala, India. Rice Entomol. Newsl. 2 : 36.
2. Andrewarthan, H.G. and L.C. Birch. 1954. The distribution and abundance of animal. The University of Chicago Press. 736pp.
3. Bae, S.H. and M.D. Pathak. 1968. Effectiveness of egg-nymphal predation by mirid bug, *Cyrtorhina lividipennis* REHTER, for control of the brown planthopper. Kor. J. Pl. Prot. 5(6) : 55-68.
4. _____, _____. 1970. Life history of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) and susceptibility of rice varieties to its attacks. Ann. Ent. Soc. Am. 63(1) : 149-155.
5. Buxton, P.A. and D.J. Lewis. 1934. Climates and tsetse flies: Laboratory studies upon *Glossina submorsitans* and *G. tachinoids*, Phil. Trans. Roy. Soc. London. B. 224 : 175-240. (Cited from Andrewartha and Birch. 1954).
6. Dyck, V.A., B.C. Misra, S. Alam, C.N. Chen. C.Y. Hsieh and R.S. Rejesus. 1979. Ecology of

- the brown planthopper in the tropics. Brown Planthopper-Threat to rice production in Asia IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines. pp. 369 : 61-97.
7. Fernando, H.E. 1975. The brown planthopper in Sri Lanka. Rice Entomol. Newsl. 2 : 34-36.
 8. Hincley, A.D. 1963. Ecology and control of rice planthoppers in Fiji. Bull. Entomol. Res. 54(3) : 467-481.
 9. Hirao, J. 1972. Bionomics of the two injurious planthoppers in a paddy field and suitable timing of insecticide application. (in Japanese). Chugoku Agric. Res. E7 : 19-48.
 10. IRRI. 1975. Brown planthoppers and green leafhoppers. IRRI Annual Report for 1975. Los Banos, Laguna, Philippines: p. 235.
 11. John, S. 1963. Analysis of the density effect as a determining factor of the wing-form in the brown planthopper *Nilaparvata lugens*. (in Japanese). Jap. J. Appl. Ent. Zool. 7(1) : 45-48.
 12. Kim, Y.H., J.O. Lee and J.S. Park. 1978. Studies on the life history of brown planthopper (*Nilaparvata lugens* S.) in the laboratory. (in Korean). The Research Report of O.R.D. (Office of Rural Development). 20 : 133-118.
 13. Kisimoto, R. 1956a. Factors determining the wing-form of adult, with special reference to the effect of crowding during the laval period of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stal. Studies on the polymorphism in the planthoppers (Homoptera: Araeopidae). (in Japanese). Oyo Kon-tsu 12(3) : 105-111.
 14. _____. 1956b. Effect of crowding during the laval period on the determination of the wing-form of an adult planthopper. Nature 178 : 641-642.
 15. _____. 1965. Studies on the polymorphism and its role playing in the population growth of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* (in Japanese). Bull. Shikoku Agric. Exp. Stn. 13 : 1-10.
 16. Lee, J.O. and J.S. Park. 1977. Biology and control of the brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) in Korea. Sym. Brown Planthopper (ASPAC): 199-212.
 17. Mochida, O. and V.A. Dyck. 1977. Bionomics of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. Sym. Brown planthopper (ASPAC): 192 : 198.
 18. Mori, A. and K. Kiritani. 1971. Accumulative effect of laval density on the determination of wing form in the brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål). (in Japanese). Jap. J. Ecol. 21(3, 4) : 146-152.
 19. Nasu, S. 1963. Studies on some leafhoppers and planthoppers which transmit virus disease of rice plant in Japan. (in Japanese). Bull. Kyushu Agric. Exp. Stn. 8(2) : 153-349.
 20. Nishida T. 1975. Causes of brown planthopper outbreaks. Rice Entomol. Newsl. 2 : 38.
 21. Noda, H. and T. Saito. 1979a. Effects of high temperature on the development of *Laodelphax striatellus* (Homoptera: Delphacidae) and on its intracellular yeastlike symbiotes. Appl. Ent. Zool. 14(1) : 64-75.
 22. _____, _____. 1979b. The role of intracellular yeastlike symbiotes in the development of *Laodelphax striatellus* (Homoptera: Delphacidae). Appl. Ent. Zool. 14(4) : 453-458.
 23. Okumura, T. 1965. Temperature relationships of the development and the mortality of eggs and larvae of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, when their parent was conditioned with different environmental conditions. (in Japanese). Jap. J. Ecol. 15(6) : 237-242.
 24. Suenaga, H. 1963. Analytical studies on the ecology of two species of planthoppers, the white back planthopper (*Sogatella furcifera* Horvath) and the brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stal), with special reference to their outbreaks. (in Japanese). Bull. Kyushu Agric. Exp. Stn. 8(1) : 1-153.
 25. Takagi, M. 1972. Effects of the wing forms of females and the condition under which adult females were reared, on the progeny generation in the brown planthopper. (in the brown planthopper. (in Japanese). Jap. J. Ecol. 22(3) : 118-124.
 26. Watanabe, N. 1967. The density effect on the appearance of two wing forms in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, and smaller brown planthopper, *Laodelphax striatellus*. (in Japanese). Jap. J. Appl. Ent. Zool. 11 : 57-61.