

氣象環境과 病害虫 發生 및 그 对策

玄 在 善*

Meteorological Condition and Pest Management

Hyun, Jai Sun*

ABSTRACT

The effects of climatic factors on organisms are variable and complex, and it, however, can be interpreted in terms of those on the distribution and those on the population densities.

The distribution of an organism may largely be determined by the temperatures, except some temporal organisms which are depended on the air mass movements. Population density of an organism is determined by various climatic factors, such as previous winter temperature, temperature of growing season and rainfall.

The start of growing season of the rice plants has been shifted to earlier since last decade in Korea. This may mean that the overall climatic condition during the growing season might be considerably different from those in past years, and such a difference in climatic conditions might have close relation with the recent status of the diseases and insect pests through direct effects on the physiology and population dynamics of the organisms, as well as through on the biotic associations of the pest organisms.

The white back planthopper and brown planthopper have become the key insect pests in Korea in recent years. They are migratory and have high reproductive potentials and more generations than average residential insects. The synchronization of the migrants and physiological condition of the rice plants seems to be the important factors in relation to the recent outbreaks of these insects; the high reproductive rate can be obtained with the growth stage of rice being 30-50 days after transplanting. The modification of the microclimate associated with high plant density and some other introduced new cultural techniques also have some relation with the outbreak.

The key diseases of the rice are the blast disease, sheath blight and the bacterial leaf blight. For the rice blast, the seedling blast and leaf blast during the early growing season and the neck blast, have become more serious, the former may be related to hotbed nursery and the later may be related to the high humidity in early August, and synchronization of the heading time which has been shifted to early part from middle or late part of August.

In general, for the rice diseases, the development of the new races have been the most serious which are largely resulted from the introduction of the new varieties, but it also seems to be related with the prolonged periods of the favorable condition associated with the shifted growing seasons.

In general, the diseases and insect pest problems have become much more variable and complex, and control measures should be based on the thorough knowledge of the ecology of the pest organisms, that is, effects of various environmental factors on the disease cycle; spore release, spore deposition, infection, colonization

* 서울대학교 農科大學

* Professor, Dept. of Agricultural Biology, Seoul National University, Suwon 170, Korea.

and sporulation of the disease organisms, and those on the development, reproductive potentials, dispersal, age specific responses of the insects.

The well organized real-time pest management systems, such as alfalfa weevil management system developed at the Purdue University in U.S., is the prime importance for the implementation of the pest management principles.

緒 言

“病虫害의 발생이란病菌이나害虫의寄生에 의하여 생기는作物收量の減少나品質低下로 생기는經濟的損失”을 뜻하는 것으로病菌이나害虫의發生狀況은勿論이고寄主人作物의生育狀況이나遺傳的特性等 여러가지要因이關與하는極히複雜한內容을內包하고 있다.一般的으로作物이 받는經濟的損失即被害의程度는作物의經濟性,病虫害의發生量即密度,加害時期,加害部位,作物의生理的條件,加害樣相,其他等에依하여決定된다.

따라서氣象環境과病虫害發生과의關係는病菌이나害虫의發生에 미치는影響은勿論作物의生育에 미치는影響을 통한“病虫害”과作物의相互作用樣式에 미치는影響까지를包含하고 있다 하겠다.

氣象環境은病菌이나害虫에 대하여個體水準에서는生理作用과行動에影響을 미치며個體群水準에서는出生率,死亡率,分散率,分布樣式,年令分布等に直接的으로關係가 있을 뿐 아니라 이들의寄主人作物이나二次消費者群即寄生物,捕食動物,病原微生物과 같은天敵類 그리고 같은一次消費者中共棲하는競爭者等に影響을 미쳐間接的으로는生物群集水準에서의影響을 생각할 수 있다.

氣象環境과病虫害發生과의關係를全搬에 걸쳐論議한다는 것은制限된紙面으로 보거나本人의能力으로 보아不可能한 일이라 생각되어 여기서는最近 우리나라에서問題가 되고 있는主要病虫害의發生相의一般的特性을 살펴보고 이와 같은特性이最近導入된栽培技術 특히作期變動에 따르는作物生育期間中的氣象條件과病虫害發生과의關係를水稻를中心으로論하려 한다.

本論에 들어가기 전에 여러가지資料를快히提供하여 주신農村振興廳農業技術研究所朴重秀昆虫科長,李升燦植物病理科長 그리고植物病理分野에關하여助言을 아끼지 않은李淳炯,崔鏞哲,金章圭諸研究官에게 깊은謝意를表하는 바이다.

1. 우리나라水稻病虫害發生의最近動向

解放直後の混亂과六·二五動亂의慘狀에서 벗어나1960年代에 들어 서면서忠肥,湖肥,韓肥 등이建立되면서肥料의供給이圓滑해짐과同時に社會가安定되면서農業發展의기틀이 잡혔다. 특히1971年IR667(統一系統)이育成되어 처음으로栽培되었고1972年以後農家に普及되면서水稻栽培技術은크게變化하였다.

即保温育苗,早期栽培,多肥密植,穗肥中心施肥,病虫害雜草의徹底한防除,灌溉排水施設의改善等 여러가지面에서多收穫을 위한 새로운栽培技術이導入되었으며 그結果病虫害의發生相에 많은變化가 일어나게 되어1975年以後病虫害問題는水稻栽培에 있어서重要な局面을 맞고 있다. 即1975, 1977, 1979年의멸구類の大發生, 1978年以後의稻熱病의 창궐 등은 그一面을 말해주고 있다.

水稻害虫에서는過去에크게問題가되었던慢性的害虫인 이화명나방의發生은1970年代中半以後에 급격히減少하였고 번개메미충은 거의 그 자취를 감춰버렸다. 반면過去에도問題가 되지 않은 것은 아니나 그 빈도나發生量이 커진 것으로는 흰등멸구, 벼멸구, 흑명나방 등이고 벼굴파리類나 벼잎벌레와 같은冷温性害虫의發生이 많아지고 있다.

水稻病害에 있어서는日本系品種을侵犯하는日本型稻熱病菌에 대한統一系品種의 강한抵抗性으로1976年頃까지는 별問題가 없었으나1976年以後統一系品種을侵犯하는 새로운統一型變異菌의分化로 그후每年問題가 되고 있으며 특히목도열병의發生이問題가 되고 있고紋枯病과白葉枯病역시新菌系の分化와發生의增加가問題가 되고 있다.

最近의病虫害發生相變遷에 있어서의特徵은害虫에 있어서는멸구, 메미충類나 흑명나방과 같은海外에서 비래하는害虫으로一世대를經過하는데要하는期間이 짧고年間世代數가 많은害虫이나品種에 대한選好性이 크고冷温性인 굴파리類와 벼잎벌레類의發生이며病에 있어서는栽培品種의變遷에 따르는新菌系の分化로抵抗性品種이罹病化하는 것이問題가 되고 있다고 할 수 있다.

2. 病害蟲 發生에 미치는 氣象環境의 影響概觀

病害蟲 發生에 미치는 氣象條件의 影響은 多樣하나 窮極的으로는 病害蟲의 分布나 密度의 變動에 미치는 영향이라는 두가지 側面에서 理解할 수 있을 것이다.

特定 地域을 中心으로 생각할 때 生物의 定住性인 것과 一時的 居住者로 大別할 수 있으며 定住者인 土着生物의 分布限界는 그 生物이 先天的인 氣象條件에 대한 耐性範圍에 依하여 決定되겠으며 限界線에 가까운 地域에서의 分布範圍는 해에 따라 季節에 따라 달라질 것이다. 예를 들면 감자나방은 여름철이면 分布限界가 北部地方까지 擴大되나 越冬이 可能한 地域은 一月平均 最低氣溫이 -8°C 以上인 地域에 限하고 있다. 一時的 棲息者 中에는 철새類와 같은 回歸運動을 하는 것도 있으나 벽멸구와 흰등멸구와 같이 여름철에 增殖하다 가을철에 死滅하는 것도 있다.

어떤 地域을 中心으로 생각할 때 個體群의 密度增加는 다음과 같이 表現할 수 있다.

$$N_t = N_0 \cdot e^{(b-d)t} + I_t - E_t$$

N_t = t시간 後의 密度

N_0 = 初期의 密度

b = 出生率

d = 死亡率

I_t = 移入數

E_t = 移住數

e = 自然對數의 基數

式에서 $b-d$ 를 個體群의 自然增加率이라고 하며 r 로 表示하는데 r 의 값에 따라 個體群은 增加, 減少 또는 均衡 等の 過程을 밟는다고 一次的으로 생각할 수 있다.

($b-d$) 即 r 의 값은 生物의 失天의 特性과 氣象條件을 包含한 여러가지 環境條件에 따라 變動하는 것이나 r 의 값에 극히 적은 差가 있어도 t 가 크면 現實의 密度에는 큰 差가 생길 수 있다.

이러한 點에서 年間 一世代를 거치는 生物과 數世代를 거치는 生物에 있어서는 環境條件이 약간만 有利하다 하여도 가을철의 密度에는 큰 差가 생기게 된다. 特히 病原菌과 같이 Turn over time이 時間單位인 生物에 있어서는 數週日 내지 數個月을 要하는 害蟲類에 比하여 一段 環境의 好條件을 맞았을 때 結果에 엄청난 差가 생길 것이다.

또 病原菌은 環境의 好條件의 影響이 直刻的으로 示顯되나 害蟲類에서 그 結果는 當該 世代에서 나타나

기 보다는 出生率과 生存率의 增加를 通하여 次世代에 나타나는 時間的 遲延現象이 심하다.

以上에서 보는 바와 같이 生態學的으로는 病原菌이나 害蟲이 모두 一次消費者群이나 生態學的 過程에 差가 있는 故로 防除라는 側面에서의 對策樹立에 있어서 이러한 差는 充分히 考慮되어야 하겠다. 即 病發生問題와 關聯하여 環境條件의 좋고 나쁜 것 그리고 그러한 條件의 持續時間問題는 害蟲의 그것에 比하여 보다 重要한 意義를 갖게 되며 害蟲問題에 있어서는 當該世代의 環境못지 않게 前世代의 그것에 대한 研究가 重要한 意義를 갖고 있다.

I_t 와 E_t 는 分散率에 관한 것으로 $I_t = E_t$ 일때는 移動量이 많다 하여도 個體群 密度의 變動은 없으며 病原菌은 바람이나 물과 같은 物理的 要因에 依한 被動的 移動을 하며 害蟲은 自力에 依한 能動的 移動이 主가 되나 被動的인 移動도 重要한 意義를 갖는 수가 많다.

3. 水稻作期變動에 따르는 氣象條件의 變動概況

多收를 위하여 導入된 새로운 栽培技術中 氣象條件과 가장 密接한 關係를 갖고 있는 것은 早植栽培이며 現在 벼의 作期는 大體로 10~15日 程度 앞당겨지게 되었다. 이에 따라 벼의 生育期間中의 氣象條件은 相當한 變化를 가져왔으며 特히 벼의 重要 生育段階가 接하게 되는 氣溫과 濕度 關係는 過去와 달라지고 있으며 몇개 代表의 地域의 氣溫과 濕度を 보면 表 1과 같다.

表의 氣象條件을 벼의 生育段階와 關聯시켜 살펴볼 때 育苗期間인 5月 中旬까지는 平均 最低氣溫이 15°C 以下로 벼의 生育에 影響을 미칠 수 있는 低溫이며 그 變異係數도 釜山을 제외한 다른 地域에서는 20%를 넘고 있고 空中濕度는 平均 70% 以下로 乾燥하다. 그러나 平均 最高氣溫은 20°C 를 넘고 있어 病原菌의 發育을 可能케 하고 있으며 特히 保溫을 爲한 비닐 못자리를 생각할 때 溫度나 濕度는 모도열병 發生에 큰 問題가 없을 것으로 생각되며 特히 幼苗의 弱한 生理的 條件과 外界의 變溫 stress는 병에 對한 感受性을 크게 하였을 것으로 推測되어 最近의 못자리 後期の 도열병과 그와 連關된 本畝初期 翌도열병 發生의 原因으로 생각된다.

早植栽培로 出穗期는 過去 8月 中旬~下旬이던 것이 8月 上旬~中旬으로 앞당겨지고 있는데 이때는 高溫이며 空中濕度는 80% 內外이나 8月 上旬~中旬이 日交差가 적고 多濕狀態이고 變異係數가 적다.

Table 1. Major Meteorological data(1971 ~ 1979).

	May			June			July			August		
	E	M	L	E	M	L	E	M	L	E	M	L
Suwon Ave. Temp	14.07	15.92	18.17	19.46	21.04	22.23	25.61	24.46	26.47	25.61	24.96	23.81
C. V.	16.12	13.85	11.82	9.85	7.00	6.89	4.87	7.99	6.66	4.87	8.89	9.58
Max.	20.28	21.96	24.32	25.05	26.37	27.05	29.81	28.62	30.76	29.81	29.50	28.66
C. V.	16.46	15.95	12.40	11.28	8.38	8.70	7.08	8.68	7.93	7.08	10.05	9.95
Min.	8.03	9.95	12.46	14.73	16.48	18.34	22.12	20.97	22.94	22.12	21.03	19.57
C. V.	37.03	26.81	20.08	15.92	11.72	12.00	6.98	10.35	6.93	6.98	12.30	15.49
R. H.	69.91	69.73	71.86	75.86	75.17	78.79	82.62	81.17	80.94	83.62	80.73	78.13
C. V.	22.24	17.38	14.13	12.79	10.88	10.69	8.85	10.05	9.42	8.23	9.88	12.46
Daegu Ave. Temp	16.18	18.14	20.03	21.22	22.04	23.32	25.19	25.08	27.45	27.50	26.66	24.39
C. V.	13.58	14.66	12.52	10.91	10.29	8.93	13.26	12.18	8.99	7.32	8.97	11.04
Max.	22.16	24.37	26.54	26.89	27.61	28.57	29.80	29.30	32.50	32.58	31.81	29.30
C. V.	16.21	16.63	14.16	13.93	12.26	10.88	15.15	14.55	10.69	8.99	10.42	12.79
Min.	10.54	11.84	14.02	16.12	17.36	19.04	21.34	21.84	23.44	23.41	22.56	20.51
C. V.	24.84	21.57	17.94	13.04	12.59	12.20	13.59	10.78	8.22	7.81	9.69	13.16
R. H.	59.23	59.21	79.74	65.02	66.93	70.78	73.11	75.56	72.28	71.72	72.10	73.59
C. V.	27.52	23.80	19.28	21.21	13.60	13.02	12.62	12.73	12.83	11.07	12.87	12.76
Jeonju Ave. Temp	15.64	17.20	19.44	20.64	22.07	23.10	24.95	25.45	27.23	27.12	26.59	25.08
C. V.	15.73	14.37	11.38	9.41	7.55	7.32	11.58	8.92	6.51	5.27	8.38	8.94
Max.	21.86	23.50	25.68	26.25	27.58	28.03	29.29	29.50	31.93	31.71	31.40	29.86
C. V.	15.51	16.08	13.69	12.25	9.09	8.35	12.34	10.96	8.41	5.86	8.69	9.20
Min.	10.07	11.32	13.78	15.74	17.53	19.11	21.54	22.25	23.64	23.53	22.36	21.32
C. V.	30.68	24.68	17.96	15.17	11.75	12.48	13.28	9.10	6.16	6.91	11.03	12.44
R. H.	67.93	69.44	69.23	73.46	74.60	78.20	80.36	80.40	78.13	78.14	75.60	77.88
C. V.	19.72	16.84	16.04	14.30	11.20	10.22	7.60	9.62	8.33	8.32	10.36	10.17
Busan Ave. Temp	15.74	17.28	18.46	19.48	20.14	21.16	22.84	23.91	25.92	26.35	26.14	24.51
C. V.	11.66	11.94	9.79	7.88	7.06	6.89	9.32	9.94	8.01	5.37	7.62	8.70
Max.	19.58	21.18	22.43	22.83	23.33	24.29	25.83	26.80	28.98	29.50	29.46	28.13
C. V.	12.76	13.12	12.06	9.50	7.82	7.50	10.20	10.82	8.73	5.83	7.64	8.91
Min.	12.47	13.80	15.26	16.62	17.49	18.88	20.59	21.68	23.61	23.88	23.49	21.72
C. V.	14.99	16.33	12.25	8.56	8.64	8.23	9.23	9.50	8.13	6.66	8.75	9.67
R. H.	66.48	67.53	72.17	77.42	79.76	84.66	85.74	85.13	83.19	81.96	79.13	77.77
C. V.	23.93	22.43	17.69	14.56	11.29	9.38	9.08	8.18	9.18	8.75	8.92	9.91

이것은 高温性 害虫인 멸구類와 高温多濕下에서 發生이 많은 病들의 發生을 助長할 수 있는 것으로 생각되며 이러한 物理的 環境과 後述하는 벼의 生理的 條件은 病虫害 發生에 상승적으로 作用하였을 것으로 생각된다.

4. 水稻重要 病害蟲의 發生과 氣象條件 概觀

(1) 벼멸구, 흰멸구

이들 멸구類의 發生量은 初期飛來量과 飛來定着 初期世代의 増殖率에 依하여 決定된다.

멸구類의 飛來量은 低氣壓의 通過와 깊은 關係가

있음이 Tsuruoka와 Asahina(1968)가 南支那 海上에서 氣象觀測船을 利用하여 調査한 結果를 報告한 以來 岸本(1976) 등에 依하여 論議된 바 있다. 岸本(1977)은 日本에서의 飛來量은 中國大陸의 北緯 25° ~ 35° 間에서 低氣壓이 發生하였을 때 그것이 東北進하여 日本을 지날 때 가장 많으며 그 方向이 南쪽이나 北쪽으로 비켜지면 줄어들게 되며 이러한 低氣壓의 通過回數가 飛來量을 決定한다고 하였다. 朴等(1973)은 韓國에서의 멸구類 飛來現象을 調査하여 다음과 같은 結果를 報告하였다.

表 2에서 보는 바와 같이 멸구類의 異常飛來現象

Table 2. Mass flight catches of planthoppers.
(Air Net, Park 1973)

Locations	Insects	No. s collection	Date of collection	Date of low pressure passed
Jaejoo	WBPH	16,530	1966 VII 01	1966 VII 01
	WBPH	5,750	1966 VII 11	1966 VII 11
	WBPH	16,930	1966 VII 10	1966 VII 10
Namjaejoo	WBPH	67,500	1966 VII 11	1966 VII 11
	BPH	24,900	1966 VII 11	1966 VII 11
	BPH	41,000	1969 VI 30	1969 VI 30
	BPH	12,000	1969 VII 7	1969 VII 17
Jaejoo	WBPH	15,130	1969 VII 9	1969 VII 19
	WBPH	80,791	1969 VII 10	1969 VII 10
Namjaejoo	WBPH	25,690	1970 VII 14	1970 VII 14
	WBPH	19,926	1970 VII 14	1970 VII 14

WBPH: White back planthopper
BPH : Brown planthopper

Table 3. The reproduction of the two leafhoppers in the field. (Kyushu Agr. Exp. sta, Kuno, 1968)

Species	log P ₀	log P ₁	log P ₂	log P ₃	log r ₁	log r ₂	log r ₃	log R
<i>Nilaparvata m. lugens</i> v.	3.910	1.632	0.505	1.072	1.722	0.873	0.567	3.162
	0.233	0.289	0.496	0.163	0.101	0.033	0.146	0.073
<i>Sogatella furcifera</i> v.	1.028	1.848	0.429	1.135	0.820	0.581	2.706	1.401
	0.583	0.649	0.651	0.472	0.737	0.181	1.369	0.389

P_i : The density per hill in the ith generation (P₀ : The density of initial invading generation)
r_i : The reproductive rate from the (i-1)th to ith generation (P_i / P_(i-1)), R : The total of population growth from the initial to peak generation.

期世代에 比하여 大端히 크다. 그리고 總增加率(R)은 벼멸구가 1,500 배 程度이고 흰등멸구의 그것은 約 25 배로 흰등멸구가 벼멸구에 比하여 極히 낮으며 그의 增加率의 變異係數도 벼멸구에 比하여 極히 커서 이들 害虫間의 生態學의 特性을 反映하고 있다. 즉 벼멸구는 增殖力이 크고 移動性이 極히 적어 集中的인 被害를 나타내는 것과 關係가 있는 것으로 생각된다.

또 이 結果는 우리가 흰등멸구가 8月中에 發生量이 많아 여름멸구라고 하고 벼멸구는 8月末~9月中에 被害가 심하여 가을멸구라 하는데 이것은 飛來量이 흰등멸구가 벼멸구에 比하여 一般的으로 많다는 事實에 結들어 Kuno의 報告에서 보는 바와 같은 增殖率 樣相의 特性과도 關係가 있는 것이며 여기서 特히 指摘해 두고 싶은 것은 이들 멸구類의 大發生의 原動力은 初期世代의 높은 增殖率에 있다는 事實이다. 다음 그림은 벼멸구의 增殖과 벼의 生育段階와의

은 低氣壓 通過와 一致하고 있어 前記 個體群 增加式에서 N₀의 크기에 低氣壓의 通過 即 바람이 關係가 있음을 알 수 있다. 벼멸구나 흰등멸구는 우리나라에서 越冬할 수 없는 害虫인 故로 N₀의 크기는 該의 發生量을 左右하는 重要한 要因이 된은 自明한 일이다. 이들 害虫은 移動型인 長翅型과 增殖型인 短翅型이 있으며 飛來虫은 全部가 長翅型이다. 長翅型은 營養條件이 不利하거나 密度가 높아지면 出現하는데 中國 楊子江 以南 地域의 一期作 벼의 收穫은 이러한 移動型 出現의 直接的인 原因이 된다. 따라서, 低氣壓의 發生源이 이 地域이 되면 多量의 멸구類가 上昇氣流에 실려 移動하게 될 것이다.

한편 Kuno(1968)는 6年間に 걸쳐 日本 九州에서 이들 害虫의 野外密度 變動狀況을 調査하여 그들의 世代別 增殖率을 算出하였다.

表에서 보는 바와 같이 멸구類의 初期增殖率은 後

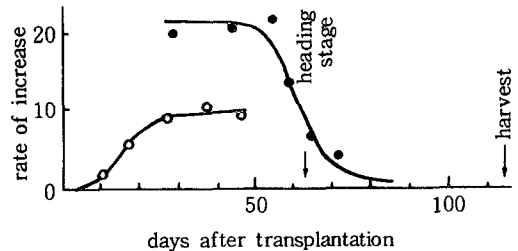


Fig. 1. Rate of increase(depending on the density of B♀) of *N. lugens* at various growth stages of the rice plant(Kishimoto 1977).

關係이다.

위의 結果는 Kuno의 結果를 벼의 生育段階와 關聯시켜 解析한 것으로 移秧 30日 後에 벼멸구의 增殖率은 最大에 達하며 그 狀態는 移秧 50日 後 頃까지 持續되나 그 後에는 급격히 減少하고 있다. 이것은 벼가 活着하여 分蘖最大期에서 幼穗形成完了期까지

라고 볼 수 있다.

葉鞘와 이삭으로 移動하는 狀況을 보면 다음 表와 같

한편 벼의 生育狀態의 進行에 따르는 同化物質의 다.

Table 4. Average partition ratio of dry matter to leaf sheaths(ds) of rice plants at various growth stages in different varieties and locations. (Suzuki 1975)

Variety	Station	Growth stage				
		-9/-6	-6/-3	-3/0	0/3	3/6
Yo	(3)	37.8 ± 3.7	51.8 ± 3.1	54.9 ± 4.3	-18.8 ± 8.4	-2.8 ± 21.5
Mi	(3)	40.1 ± 3.5	56.9 ± 6.7	59.6 ± 9.0	-50.7 ± 36.9	-6.5 ± 15.4
F 72	(5)		64.3 ± 5.8	59.9 ± 5.7	-19.5 ± 27.9	-9.9 ± 92.8
Ho	(6,6-2)	43.7 ± 5.7	49.7 ± 3.5	63.4 ± 4.2	-20.3 ± 17.1	16.4 ± 23.6
Ma	(6,6-2)	44.8 ± 5.6	59.3 ± 5.1	60.4 ± 5.4	-50.2 ± 354.6	-7.8 ± 35.6
Ho	(7)		51.9 ± 3.4	59.5 ± 2.7	-20.0 ± 13.8	17.7 ± 22.4
Ma	(7)	46.6 ± 4.9	63.3 ± 2.1	56.0 ± 6.5	-43.6 ± 35.0	2.6 ± 42.8
Ta	(9)	40.6 ± 2.4	55.0 ± 3.5	63.7 ± 3.3	-37.0 ± 27.1	
Ni	(9)	45.8 ± 2.8	62.4 ± 8.2	60.6 ± 7.4	-69.3 ± 13.1	
Ma	(12)		52.5 ± 2.8	59.8 ± 2.8	-35.7 ± 24.9	33.1 ± 13.9
Na	(12)	41.8 ± 4.6	58.4 ± 4.2	56.6 ± 5.1	-38.6 ± 22.5	29.6 ± 9.0
Hy-E	(14)	50.5 ± 6.9	63.8 ± 7.2	49.8 ± 20.3	-45.9 ± 24.0	51.6 ± 13.3
Hy-N	(14)	43.7 ± 1.6	62.6 ± 4.7	61.0 ± 7.0	-11.8 ± 46.3	23.8 ± 12.4

Table 5. Average partition ratio of dry matter to ears(de) of rice plants at various growth stages in different varieties and locations. (Suzuki, 1975)

Variety	Station	Growth stage			
		-3/0	0/3	3/6	0/6
Yo	(3)	24.9 ± 6.3	142.9 ± 35.3	172.2 ± 74.4	140.9 ± 17.3
Mi	(3)	32.2 ± 6.6	177.5 ± 61.2	145.0 ± 27.6	167.3 ± 49.5
F 72	(5)	28.2 ± 11.9	119.7 ± 31.2	151.4 ± 99.5	115.3 ± 20.0
Ho	(6,6-2)	19.5 ± 8.2	132.6 ± 15.7	102.2 ± 17.9	120.5 ± 5.9
Ma	(6,6-2)	28.6 ± 5.5	168.6 ± 87.8	172.5 ± 56.3	150.3 ± 25.1
Ho	(7)	22.9 ± 2.7	133.5 ± 12.6	101.6 ± 43.7	121.3 ± 6.4
Ma	(7)	35.5 ± 4.5	161.9 ± 41.3	120.2 ± 49.8	143.5 ± 5.0
Ta	(9)	21.5 ± 3.0	148.6 ± 42.5		
Ni	(9)	35.8 ± 10.9	182.9 ± 20.8		
Ma	(12)	21.1 ± 2.9	149.8 ± 20.7	98.7 ± 42.0	132.2 ± 24.6
Na	(12)	26.1 ± 4.1	200.6 ± 58.0	90.6 ± 42.2	159.3 ± 39.0
Hy-E	(14)	34.7 ± 20.7	163.8 ± 29.7	208.0 ± 158.4	162.9 ± 24.3
Hy-N	(14)	27.5 ± 4.6	149.4 ± 27.7	125.9 ± 54.9	134.6 ± 24.4

Variety	Station
Yo : Yoneshiro	3 : Akita
Mi : Miyoshi	5 : Sendai
F 72 : Fukei No. 72	6 : Takada
Ho : Honenwase	6-2 : Fukui
Ma : Manryo	7 : Nagano
Ta : Tamayoshi	9 : Konosu
Ni : Nihonbare	12 : Fukuyama
Na : Nakateshinsenbon	14 : Hainuzuka
Hy-E : Hohyoku, early culture	
Hy-N : Hohyoku, Normal culture	

表中에서 보는 바와 같이 出穗期 以前에는 大部分의 同化物質이 葉鞘로 移動하나 出穗後에는 大部分의 同化物質이 이삭으로 移動하며 葉鞘部에 저장되었던 것까지도 이삭으로 移動하는데 이것은 벼의 줄기에 寄生하여 吸收하는 이들 멸구류의 增殖에 큰 影響을 미쳤을 것으로 생각된다.

最近의 早植栽培 傾向으로 멸구류의 飛來期인 7月 上旬은 一毛作 地帶 移秧期로부터 30日 内外가 되며 過去의 栽培樣式으로 보면 벼가 아직 어린 時期였을 것으로 생각되어 이와 같은 벼의 生育狀況이 이들 增殖에 有利하여졌다는 것은 最近의 이들 害虫發生과 關係가 있을 것으로 생각된다.

(2) 이화명나방

이화명나방의 發生量은 1970年代 中期以後 급격히 減少하고 있다. 日本에서는 殺虫劑에 依한 이 害虫防除體制가 1950年代 初期에 確立되었으며 發生量에는 큰 차이가 없었으나 1960年 以後에 減少하기 始作하여 1975年 頃부터는 防除가 必要없다는 말이 나올 程度로 減少하였다. 그 原因에 대하여 品種이 穗重型에서 穗數型으로 變遷함에 따라 벼 줄기가 가늘어졌고 硅質肥料의 施肥量이 增加하여 벼 줄기의 硬도가 높아졌으며 早期收穫으로 幼虫生育이 不充分하여 越冬率이 低下하였다는 등의 理由를 들고 있는데 우리나라에 있어서도 品種에 關한 問題를 除外하면 비슷한 事由를 생각할 수 있을 듯하다.

다음 表는 誘蛾燈에 誘殺된 이화명나방 誘殺狀況을 土壤로 一代를 經過하는데 必要한 有効積算溫度를 地帶別로 推算하고 그에 依한 Time delay의 次數(K)를 比較한 것이다.

表中에서 K의 값이 1972年 以後에 全般的으로 減少하고 있는데 이것은 이화명나방 發蛾期間의 變異幅이 減少하였음을 뜻하는 것으로 그 程度는 中部地方에서보다 南部地方에서 심하였으며 또 그 變異幅은 1971年 以前까지는 南部, 中部 그리고 中間地帶의 順으로 적던 것이 1972年 以後에는 中間地帶가 가장 크고 南部, 中部地帶로 順位가 變하였으며 減少의 程度는

Table 6. Regional differences in the order of time delay for completions one generation of *Chilo suppressalis*. (Song, 1980)

Region	1966~'71	1972~'76	Difference
Middle	80	78	2
Intermediate	85	84	1
Southern	95	82	13

1966~1971年 間에는 15나 되던 것이 6으로 幅이 좁아졌다. 이것은 아마도 早期栽培와 移秧期間의 全國的인 短縮으로 벼의 生育進行에 따라 後期에 羽化한 나방에서 생긴 幼虫의 淘汰가 原因이었던 것으로 생각된다.

(3) 稻熱病

最近 稻熱病 發生의 特性은 幼苗期 또는 移秧直後의 잎도열병과 出穗期의 목도열병의 發生量 增加이다. 日本에서는 本病 發生樣相은 暖地에서는 못자리 後半期와 移秧直後의 잎도열병이 問題가 되며 寒冷한 地域에서는 목도열병은 別로 問題가 안되고 分蘖 中 後期에 發病이 始作하여 그 發生 最盛期와 出穗期가 一致하여 목도열병이 問題가 되어 두가지 發生型을 區分하는 學者도 있는데 우리나라에서 保溫育苗의 一般化와 早期栽培와 感溫性 品種의 栽培面積 擴大로 出穗期가 앞당겨지면서 벼의 生理的 條件과 氣象條件의 變化를 參考로 생각할 때 興味 있는 問題라 하겠다(表 1 參照).

그림에서 보는 바와 같이 도열병의 感染率은 寄主體上의 水分持續時間과 密接한 關係가 있는 것으로 7月 下旬~8月 上旬에 절친 높은 氣溫과 日交차가

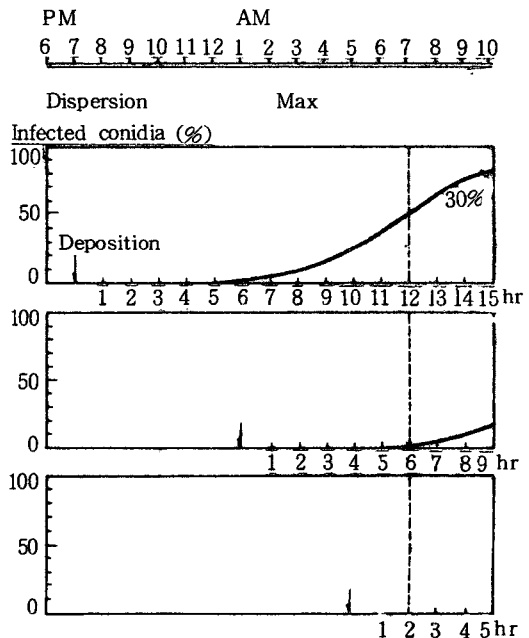


Fig. 2. Deposition time of conidia and percentage of conidia infected by *Pyricularia oryzae* on rice leaves as wetting proceeds. (Asai et al., 1967)

심할 때 出穗期를 맞게 된다는 것은 목도열병 發生과 重要한 關係가 있을 것이 推測된다.

紋枯病은 高溫多濕時에 많이 發生하며 벼의 生育面에서는 伸長生長期보다 生殖生長期에 發病이 많았는데 우리나라에서 이 病의 發生은 7月 上旬에 始作하여 7月 下旬에 最盛期에 達하게 되는데 이것은 7月 下旬의 平均氣溫이 가장 높고 그 前後期는 낮아지며 雨期를 맞아 空中濕도가 높다는 것과 一致하며 이와 같은 高溫多濕의 時期가 最高分蘗期에서 幼穗形成期에 該當하는 것으로 생각할 때 密植과 多莖으로 생기는 莖間 微氣象이 多濕條件을 더하여 發生을 增加시킨 것으로 생각된다. 특히 統一系 品種에 많다는 것은 벼줄기가 굵어 같은 蘖子數에 있어서도 病菌이 처해 있는 環境濕도는 더욱 높아질 것으로 推測된다. 특히 最近 穗肥 中心의 施肥와 有効分蘗數의 增加는 이와 같은 多濕 條件을 보다 오래 持續하게 하는 것으로 생각 되기도 한다.

白葉枯病은 暖地에 發生이 심한 病으로 強風이나 降雨와 密接한 關係가 있으며 특히 浸水 또는 冠水狀態를 徑過한 다음에 發生이 많다. 最近 急性인 Kressek 現象이 統一系 品種에서 問題가 되고 있다. 이 病의 感染時期와 被害와의 關係를 보면 다음과 같다.

Relationship between infection stages of rice plant and damage due to bacterial leaf blight.
(Choi, Lee, Cho, 1978)

Growth stages	Reduction in Yield(%)
Tillering	17.6
Penacle formation	14.8
Booting	12.5
After 10 days	9.2
After 20 days	5.1
Check	0

白葉枯病의 被害는 表에서 보는 바와 같이 感染時期가 빠를 수록 큰데 우리나라에서의 強風이나 暴雨는 6月 中旬부터 8月 中旬까지가 가장 많으며 이것은 日本系 品種에 比하여 稻體硬度가 一般적으로 높은 統一系의 栽培面積과 아울러 白葉枯病 發生에 好條件이 되었을 것으로 생각되며 특히 出穗期가 빨라짐에 따라 벼의 老化現象이 앞당겨져 物理的 原因에 의한 傷處가 나기 쉬워 病菌侵入이 容易하게 되었을 것으로 생각된다.

以上 水稻의 重要 病害虫의 發生과 氣象條件과의 關係를 概觀하였다. 最近 病害虫 發生의 特性은 氣象

的 條件의 變動 自體보다도 新品種의 育成 普及과 栽培管理樣式의 變遷에 따라 벼의 栽培期間이 過去 5月 上旬~10月 中旬이던 것이 4月 上旬부터 9月 下旬으로 앞당겨 짐에 따라 그 期間中의 氣象條件이 달라져 病害虫 發生與件이 크게 變化하게 되었고 여기에 多肥密植, 穗肥中心施肥, 除草劑 利用, 其他로 因한 是 微氣象條件의 變化 그리고 生育狀態와 病害虫과의 相互 接觸相의 變動에 基因된 것으로 생각된다. 이것은 生態學的 側面에서 生産者인 作物과 二次 消費者인 病害虫과의 相互作用 樣式에 보다 基本的인 變化를 惹起하여 生物群集의 遷移相을 오랜 期間에 걸쳐 成就하여 놓았던 比較的 安定된 狀態를 뒤흔들어 一時的 不安定 狀態를 造成한 것으로 생각된다.

5. 對 策

最近의 病害虫 發生과 關聯하여 벼의 生育期間 中의 大氣候가 過去의 그것과 달라졌고 栽培管理法의 集約化는 作物이 接하고 있는 微氣候의 諸要因에 또 다른 變化를 加하였다. 이것은 作物에 寄生하는 病菌이나 害虫群에 直接的으로 影響을 미쳤고 間接的으로 는 이들이 接하는 作物의 生理的 條件과의 相互作用 相에 變化를 일으키기도 하였다.

따라서 病害虫 發生에 대한 對策은 ① 氣象條件이 病菌이나 害虫에 미치는 影響, ② 寄主人 作物에 대한 氣象條件의 影響, ③ 病害虫 個體群과 作物 個體群 動態의 相互作用相, ④ 氣象條件, 作物生育, 病害虫 發生動態의 定量的 調查體系의 確立 等을 통한 即刻의 이고 對應的인 對策樹立이 必要하다고 하겠다.

①과 ②는 어느 정도 反應生理學的인 內容이 되었으나 溫度, 濕度, 光線, 日照時間, 바람 등이 病害虫類의 生理作用 - 胚子形成, 侵入, 分散, 生殖, 移動-에 미치는 影響에 關한 知識은 對應的인 對策樹立을 위한 Model 樹立의 基本的 要求條件이다.

病害虫과 作物 個體群 間的 相互作用相에 關한 知識은 作物을 中心으로 한 Life System의 解析으로 作物의 病害虫에 대한 反應相을 이해하고 作物의 이들에 대한 抵抗性的 生理的 段階와의 關係를 理解하는데 重要한 意味가 있다. 이러한 研究는 最近 高度로 集約化된 栽培管理下에서는 複雜하고 微妙한 相互作用相의 把握에서 더욱 重要한 意義가 있는 것이다.

調查體系의 確立은 圃場動態의 把握에 必要한 것으로 이것은 調查方法의 科學化를 通하여 定量化되어야 하며 On line system에 의한 迅速性이 要求되며 Model에 의한 即刻的인 對應策이 樹立되어야 하겠다. 實

際로 감자의疫病에 대한豫察組織은各溫度範圍內에서 90% 以上の空中濕度維持時間과病發生程度와의關係를土臺로豫察이 이루어지고 있으며 Purdue大學校에서研究된알파알과바구미의發生豫察은有効積算溫度를土臺로이害虫의發育狀態를維持하고그때의作物生育狀態를參酌하여殺虫劑의撤布與否,時期,方法等을農民에게通報하고있다.

이와같이病虫害에 대한對策은“病虫害”에關한生理,生態,分類等에關한知識은勿論寄主인作物의生理生態에關한知識이綜合되어生物學的對策이樹立되고아울러經營上的合理化가圖謀되어야할것이다. 따라서病虫害對策은植物病學, 害虫學, 作物學, 氣象學, 社會學, 經濟學其他關聯分野의相互協力을 위한問題解決中心의 Transdisciplinary한接近이切實히要求된다.

引用文獻

1. Giese R.L.; R.M. Peart, R.T. Huber(1975) Pest management. Sci. 187. 1045-1050.
2. Kato M.(1976) Some topics in a disease cycle of rice blast and climatic factors. Proc. symp. on climate and rice, IRRI. 393-415.
3. Kishimoto R.(1977) Bionomics, forecasting of outbreaks and injury caused by the rice brown planthopper. The rice brown planthopper. ASPAC. 27-41.
4. Kranz J.(1978) Prediction methods based on climatic factors. Prognosis and warning in plant protection. 265-302.
5. Kuno E.(1968) Studies on the population dynamics of rice leafhoppers in a paddy field. Bull. Kyushu Agr. Exp. Sta. 14(2) 131-246.
6. Levins R. and M. Wilson(1980) Ecological theory and pest management. Ann. Rev. Entomol. 25. 287-308.
7. Loucks, O.L.(1977) Emergence of research on agro-ecosystems, Ann. Rev. Ecol. Syst. 8, 173-192.
8. Messenger P.S.(1976) Experimental approach to insect-climatic relationships. Proc. Sym. on climate and rice. IRRI. 347-366.
9. Nelson R.R.(1976) Climatic effects on the incidence of plant diseases: The epidemiology of southern corn leafblight. Proc. Sym. on climate and rice. IRRI. 393-415.
10. Kishimoto R.A. Dyck(1976) Climate and rice insects. Proc. Sym. on climate and rice. IRRI. 367-391.
11. Ruesink W.G.(1976) Status of the systems approach to pest management. Ann. Rev. Entomol. 21 27-44.
12. Strong D. R. Jr.(1979) Biogeographical dynamics of insect-host plant communities. Ann. Rev. Entomol. 24 89-119.
13. Suzuki M.(1975) Developmental analysis. In crop productivity and solar energy utilization in various climates in Japan. JIBP Sym. 11 136-144.
14. 宋裕漢(1980) 耕種法の變遷에 따르는 이화나방發生相의變動에關한研究, 博士學位論文, 서울大.
15. 嚴基白(1981) 施肥水準과栽植距離가벼멀기增殖에 미치는影響. 碩士論文, 서울大
16. 石倉秀次, 飯塚慶久(1962) 栽培技術의變化に伴う病虫害の發生の變化と豫察法の改善. 病虫害發生豫察事業 20周年記念法 29~36.
17. 後藤和夫(1962) 이もち病發生豫察의技術的展望 同上, 37~52.
18. 向秀夫(1962) 이네白葉枯病發生豫察의技術的展望 同上, 53~63.
19. 崔庸哲等(1978) 白葉枯病的發生時期와被害農技研報.
20. 朴重秀(1973) 水稻主要害虫의最近發生動向. 金泳燮博士回甲記念論文集, 91~102.
21. 鄭鳳朝·朴鐘聲(1979) 水稻의病韓國植物保護研究論考, 1~31.
22. 朴重秀·崔鑽文(1979) 水稻의害虫 同上, 33~54.

討 論

質問 李斗珩(서울市立大學): 病虫害의 發生量에 대해서 氣象要素가 制限因子로 강하게 作用하거나 또는 氣象要素의 影響이 다른 要因보다 클 때에는 氣象要素만을 가지고 發生量을 豫測할 수 있다고 생각합니다. 이것은 栽培條件이 每年 安定化되어 있고 氣象要素만이 變動되었을 때를 전제로 하는 것인데, 最近과 같이 벼나 밭作物의 경우 品種, 栽培方法의 複雜性 및 藥劑撒布 回數의 增加 등을 고려할 때 病虫害 發生의 多少와 氣象要素를 直接 결부시키기가 相當히 어려운 경우가 많다고 생각 됩니다. 따라서 앞으로는 microclimate에 관해서 더 重要視해야 된다고 생각합니다. 그러나 異常氣象의 경우에는 macroclimate의 影響이 더 크게 作用하는 것이라고 생각할 수 있는데, 이런 點은 어떻게 생각하시는지요? 또 長期的인 對策을 말씀하여 주십시오.

答覆 玄在善: Macro한 氣象條件이 病虫害의 發生時期나 發生量을 左右하는 要素인 反面 Micro한 氣象條件은 이를 Modify 하는 要素라고 생각하며 앞으로 氣象條件이 病虫害의 發生에 미치는 直接的인 影響은 勿論이고 作物이나 天敵類 기타에 미치는 影響을 통한 間接的인 影響 등 生態學的 研究를 통한 作物과 病虫害間의 相互作用에 관한 研究가 必要하다고 생각합니다.

質問 金正教(慶尙大 農大): 벼멸구는 1970년대 以來 우리나라의 주요 害虫으로서 그 被害量은 飛來時期, 低氣壓의 發生地, 바람의 速度 등과 관계가 있다고 하셨습니다. 벼멸구는 정착이 용이하고 번식력이 높은 害虫으로서 이러한 害虫 個體群의 密度變動은 初期 個體群(即, 방정식 $N_t = Noe^{rt} + I_t - E_t$ 에서의 No)의 密度에 크게 影響받을 것으로 생각되어 집니다.

그러므로 벼멸구의 初期 個體群 密度와 벼의 被害와의 관계를 南部와 中部를 比較해서 말씀해 주십시오. 그리고 最近에 들어서 이화명충의 發生은 줄어들고 벼멸구, 끝동매미충 등이 優占種으로 되었고 病으로서는 紋枯病의 發生增加, Kresek型의 多發生, 稻熱病의 race分化和 같은 많은 變化가 있었읍니다. 이러한 變化는 品種 및 栽培技術의 發達로 인한 米기상과 寄主植物의 生理狀態의 變化가 그 主된 原因으로 생각되어 집니다. 이러한 點에 비추어 米기상의 病虫害의 密度變動에 미치는 影響, 특히 벼멸구에 대해서는 米기상의 溫度의 影響을 稻熱病에 대해서는 米기상의 濕度와 벼의 生理狀態의 影響을 말씀해 주십시오.

答覆 玄在善: 一般的으로 벼멸구의 被害는 南部地方이 中部地方에 比하여 심하다고 할 수 있습니다. 그 理由는 南部地方에 飛來量이 많고 飛來時期가 빠르다는 것이 가장 重要한 原因이라고 생각되며 그 밖에 移秧時期와 完着 後의 環境條件도 생각할 수 있음을 뜻합니다.

벼멸구의 生育에 미치는 溫度의 影響을 增殖率과 世代期間(世代數)에 미치는 影響으로 兩分하여 생각할 때 增殖率과 直接的인 關係가 있는 産卵數와 生存率은 25~30℃에서 가장 높으며 世代期間은 高温에서 짧아지나 30℃ 以上の 溫度下에서는 交精率에 影響을 받게 됩니다.

稻熱病과 溫度와의 關係는 濕度 自體보다 어느 範圍 以上에서는 濕度 持續時間의 長短이 問題가 되며 溫度 條件도 그 影響 結果에 密接한 關係가 있는 것으로 생각됩니다.