韓國林學會誌 79(2) : 115-126. 1990.
Jour. Korean For. Soc. 79(2) : 115-126. 1990.

솔잎혹파리 두 集團間의 生態變異[1]

黃愈喆[2] · 任慶彬[2]

Ecological variation between two populations of *Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye in Korea[1]

Yu chul Hwang[2] and Kyong Bin Yim[2]

要 約

本 硏究는 두 地域間의 솔잎혹파리에 관한 서로 다른 幼蟲의 走光性, 羽化率, 性比, 그리고 蟲瘿形成率을 찾고자 遂行하였다. 북쪽에서는 被害가 가장 심한 橫城地域을 남쪽에서는 最初의 發生地였던 務安地域을 선택, 이 두 地域에서 가져온 幼蟲을 圓光大學校 昆蟲學 實驗室에 옮겨 越冬을 시켰다.

(1) 兩集團間 成熟幼蟲의 크기에는 差異가 認定되지 않았고, (2) 走光性에 있어서는 務安集團이 橫城集團보다 높은 照度와 溫度에 있어서 더 敏感한 反應을 보였다. (3) 羽化量에 있어서는 務安集團이 橫城集團의 그것에 비해서 3倍가량 높았으며, (4) 羽化期間에도 差異가 認定되었다. (5) 蟲瘿形成率은 두 集團間에 큰 差異가 없었다. (6) 性別羽化數에 있어서는 두 集團 모두 雌蟲이 雄蟲에 비해서 훨씬 더 높게 나타났다. (7) 솔잎혹파리 寄生蜂類에 대한 觀察內容이 說明되었고, (8) 두 集團의 異質性의 一端이 밝혀진 것으로 思料된다.

ABSTRACT

This study was performed to find differences in phototaxis response of the larva, adult emergence, sex ratio and gall formation rate of *Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye between two areas, north and south. Larvae from these two areas, Hweng-sung in north and Moo-an in south, both considered to be the sities of severe outbreak of the insect recently, were collected from the floor and transported to the entomology larboratory, Won-Kwang University in Iri, then overwintered. These larvae were used for various experimental purposes on various dates. The following results were obtained.

1. The sizes of larvae reached 2.45mm in length, 0 70mm in width for north, and 2.50mm in length, 0. 72mm in width for sourth. It seems that the differents were not significant.
2. It is known that leaving gall of larvae to the ground for the hibernation usually occurs on rainy days. For the larvae dispersion, the phototaxis response of the larvae was hypothesized. To check this, the author manipulated some different illumination intensities adjusting the distance between the glass tube in which 100 larvae were contained and electric bulb. The glass tubes were blackened all but except a small portion. The phototaxis responses between two areas seemed to be different particularly at low light intensities, 45, 145 and 1000 lux. The larvae from north assembled to the clear portion of the glass tube were more than 30 out of 100, however less than 30 in south sample regardless of the time passage. In either cases, the saturation points came after about 8 to 10 hours. If temperature units were used, the phototaxis curves after 1 hour illumination between two areas provided significant differences.

[1] 接受 1990年 2月 8日 Received on Feburary 8, 1990.
[2] 圓光大學校 林學科 Dept. of Forestry, Won-Kwang University, Iri.

3. The adult emergence of south area was lagged 10 days later than that of north area. The accumulated effective day-degrees of temperature for adult emergence were 934℃ for north area and 1180℃ for south area. The emerging duration of north area appeared to be in late May through the early of July and the peak emergence occured in middle June that was approximately 15days earlier than that of south area. The sex ratio of female to male, regardless of area, was approximately 3 : 1.
4. The rates of gall formation of the red pine(*Pinus densiflora* Siebold et Zuccarini), 6-year-old seedlings, were as low as 9.94% for north area and 8.87% for south area. Through the close observation, the author presumed that the population reduction was greatly affected during the prepupa stage by relative moisture content and predators, such as spiders and ants presented on the ground.

Key words : Thecodiplosis japonensis, *ecological variation*, Pinus densiflora, phototaxis.

우리나라에 있어서 솔잎혹파리의 發生은 1929年에 서울과 木浦에서 처음 觀察되었고 이 두個 地點이 傳播源을 이룬 것으로 믿어지고 있다. 그래서 全南 務安과 江原 橫城의 두個 集團은 그동안 約 60年間 隔離되어 遺傳的 分化가 惹起되었을 것이 생각되어 본 實驗이 遂行되었다.

自然界에서 昆蟲은 生物群集의 한 構成要素로 存在하면서 進化한다. 生物學的 種이란 形態的 差異外에도 生殖質의 合體可能性 與否나 地理的 分布圈의 相異 등을 考慮한 것으로 遺傳子의 傳達可能性을 强調하고 있다. 環境因子는 이들 集團內의 個體에 대한 淘汰를 통하여 種의 分化를 誘導한다.

솔잎혹파리(*Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye)는 韓國과 日本에만 分布하며 본 害蟲은 우리나라에서는 1929年 서울 祕苑과 全羅南道 木浦 水源地에서 그 被害가 確認된 것이 最初이며, 그후 分布地域이 점진적으로 擴大되어져 60여年이 지난 現在는 거의 全國的으로 번져 우리나라 全森林에 極甚한 被害를 주고 있다.

솔잎혹파리는 赤松(*pinus densiflora* Siebold et Zuccarini)과 海松(*P. thunbergii* Parl.)等의 葉基部에 蟲瘿을 形成하며 그 속에서 加害하고, 新葉의 伸張을 沮害하며 또 被害葉은 當年에 떨어지므로 生長量을 減少시킬 뿐 아니라, 樹勢를 弱化시켜 궁극적으로 소나무를 枯死하게 하고 있어 本害蟲의 防除없이 소나무林의 育林이 어렵게 되었다.

그間 솔잎혹파리의 防除를 위하여 化學的, 生物的, 林業的 防除等에 대한 많은 硏究가 이루어졌으나, 蟲瘿內에서 加害하는 生態的 特性과 險峻하고 廣範圍한 山林의 環境的 特性때문에 滿足할만한 防除效果를 얻지 못하고 있다.

한편 우리나라 솔잎혹파리 分布狀況으로 볼때 南部地域과 北部地域의 솔잎혹파리는 最初 發生以來 現在까지 서로 隔離된 狀態에서 約 60世代를 가져온 것으로 볼 수 있어 遺傳的 分化가 發生하였을 것으로 推定된다. 本 硏究는 이러한 産地別 生態種의 變異 有無를 調査하기 위해 遂行된 것이다.

솔잎혹파리에 對한 硏究는 솔잎혹파리 生活史 및 生態를 비롯하여 防除에 이르기까지 國內外에서 많은 硏究가 遂行되어 왔다.

李[15]에 의하면 韓國産 솔잎혹파리는 1929年 高木에 의해서 처음으로 서울시내 祕苑과 木浦에서는 發見되어 學界에 報告되었고, 韓國産 솔잎혹파리는 1年 1回 發生하고, 幼蟲態로 蟲瘿內에서 越冬하며, 羽化期는 5月下旬부터 6月初까지라고 報告하였다. 金[17]은 솔잎혹파리의 生活史 硏究에서 針葉內 幼蟲의 脫出과 幼蟲과 走光性 實驗結果와 寄生葉의 길이를 調査한 바 있다. 李[23]는 成蟲의 發生經過에 대해서 언급하였고, 高[9,10,11,12], 高等[13], 高와 李[14,15,16]는 成蟲의 性比, 寄生蜂, 幼蟲의 落下率 및 蟲瘿形成率, 솔잎혹파리 傳播를 助長하는 因子로 成蟲期의 風向을 報告하였고, 幼蟲은 9月上旬 부터 이듬해 1月下旬까지로, 降雨時에 많이 落下하며, 11月中에는 全體의 約 76%가 落下한다고 報告하였다. 또한 솔잎혹파리 羽化時期와 아카시아 開花時期와의 一致性, 成蟲의 殘卵數等에 대하여 報告하였다. 金等[18]은 솔잎혹파리의 捕食性 天敵의 種類 및 活動狀況을 報告하였다.

李[21]는 소나무와 리기다소나무에 對한 솔잎혹파리의 産卵選擇性, 幼蟲의 生育과 寄主와의 關係를

보고한 바 있다.

吳等[29]은 솔잎혹파리 發生觀察을 爲한 羽化器具 開發에 關한 硏究를 報告하였다.

李等[22], 任等[38,39,40], 任[41]은 솔잎혹파리 發生時期의 新舊에 따라 그 遷移過程을 植物社會學的인 側面에서 分析한 바 있다. 李[24]는 溫度別 羽化時期調査와 採集地別 羽化時期調査의 結果에서 서울地方과 務安地域의 솔잎혹파리는 서울것보다 務安것이 50%羽化日이 16日 늦었으며, 羽化까지의 有效積算溫度는 서울이 859日度, 務安이 881日度라고 報告한 바 있으며, 韓[3]도 韓國産 솔잎혹파리의 地域에 따른 몇가지 生物學的 特性에 關한 硏究에서 越冬幼蟲의 幼蟲期間이 地域間에 差異가 뚜렷하다고 報告하였다. 솔잎혹파리의 越冬後 密度變動에 미치는 主要因子에 關한 硏究에서 鄭과 玄[2]은 樹上蟲瘿形成率과 成蟲의 相對的 羽化率과 含水量의 變異係數를 구하였다.

三浦[27]는 林分內에 있어서 分布를 좌우하는 因子는 走光性, 走濕性, 風, 降雨等이 있으며 이들이 綜合的으로 作用하여 潛土場所의 多樣性이 생긴다고 報告하였다. 曾根과 古野[32]는 蟲瘿形成被害의 年間 變化에 대해서 發表하였다. 全[4]은 솔잎혹파리의 寄生蜂과 솔잎혹파리의 生態學的 硏究를 發表하였으며, 曾根[33,34,35]는 솔잎혹파리 被害의 樹木內 分布에 關한 硏究에서 被害率의 枝階間 差異가 重要한 점이라고 報告하였다.

2. 材料 및 方法

1. 採集地 選定

採集地 選定은 江原道 橫城과 全羅南道 務安에서 被害가 極甚한 地域과 最初의 發生地域을 根據로 해서 對象地를 選定하여 各 地域別로 3개의 小區域으로 구분 山頂, 中腹, 山麓에서 40×40cm씩 區劃하여 土壤을 깊이 5cm로 파서, 各各 6kg씩 採取하였으며, 蟲瘿이 形成된 솔잎만을 分離하여 採集하였다. 그리고 供試蟲은 圓光大學校 林學科 實驗室內에서 越冬시키면서 必要에 따라 供試하였다.

産地別 採集地의 位置는 Fig. 1과 같다.

供試蟲 採集地

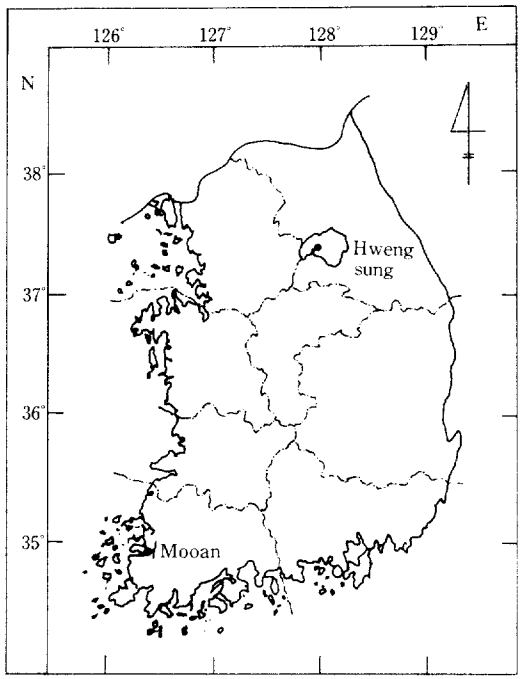

Fig. 1. Two areas where the insects were collected.

江原道 地域 : 江原道 橫城郡 甲泉面 梅日里

全羅南道 地域 : 全羅南道 務安郡 三鄕面 誘橋里

2. 調査內容 및 方法

採集地別로 土壤의 性質을 分析하였고, 成熟幼蟲의 크기가 測定되었으며, 이때의 試料數는 30마리씩이었다.

幼蟲의 走光性을 調査하기 위해서는 光照射裝置(Fig.3)를 만들어 使用하였다. 材料로는 5, 10, 30, 60, 100W 電球, 溫度計, 試驗管, 은박지 等을 使用하였다. 測定方法은 1時間 間隔으로 試驗管의 透明部에 모이는 幼蟲數를 48時間동안 調査하였으며, 한 試驗管에 投入된 幼蟲數는 各各 100마리로 하였고, 反覆數는 採集地別로 4回였다.

越冬시킨 成熟幼蟲은 4月 20日에 Funnel型 羽化箱에 供試幼蟲 1500마리씩을 投入하였고, 採集地別로 3反覆씩 處理하였다. 이때 羽化箱內에 細土, 톱밥, 腐植土를 加熱處理한 後 3日뒤 紙面에 깔아주었으며 腐植土의 두께는 10cm였다. 調査期間은 5月 1日~7日 31日까지였으며, 羽化數調査는 每日 아침 10時에 施行하였고, 3日間隔으로 80ml

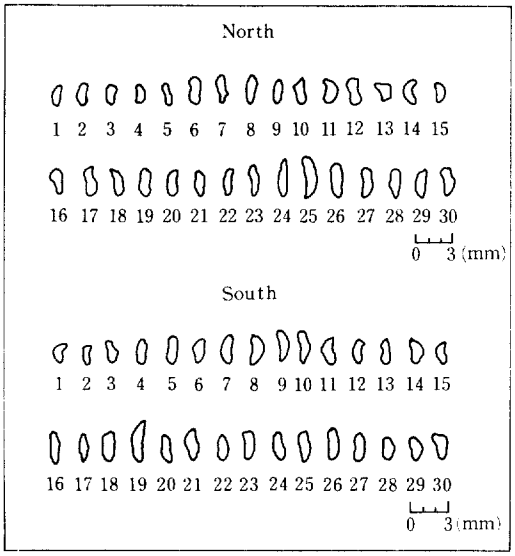

Fig. 2. Size of larvae for two areas.

의 蒸溜水를 供給해주었다. (Fig.4)

솔잎혹파리 羽化採集器에서 同時에 採集되는 寄生蜂을 따로 分離하여, 採集地別 寄生蜂의 種類와 羽化時期等을 調査하였다.

蟲瘿形成率을 調査하기 위해서 圓光大學校 소나

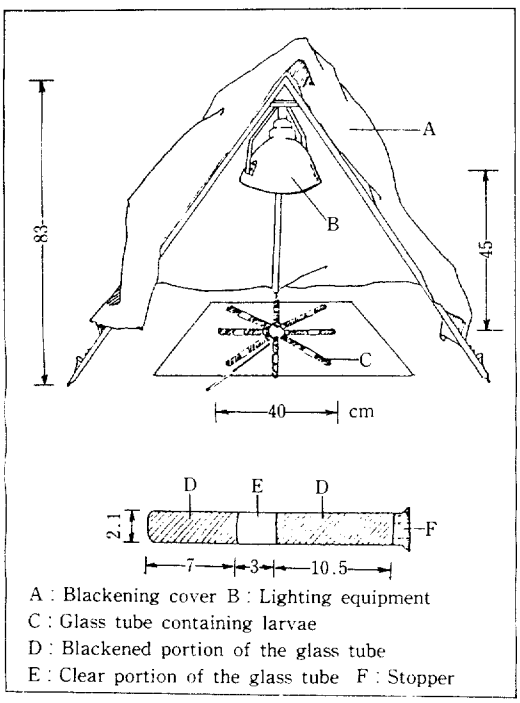

Fig. 3. Apparatus used for phototaxis of the larvae.

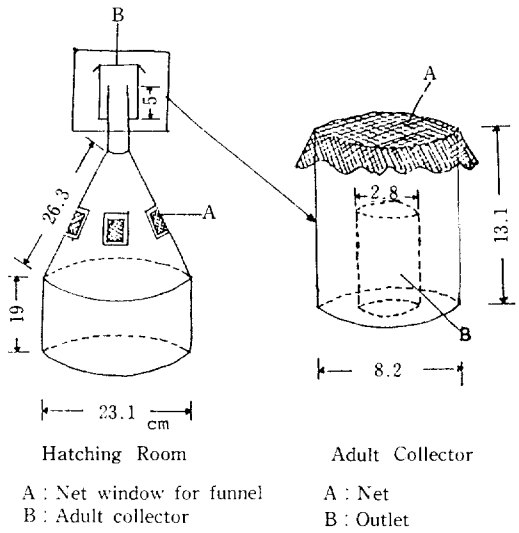

Fig. 4. Apparatus installed for observing number of adult emergence.

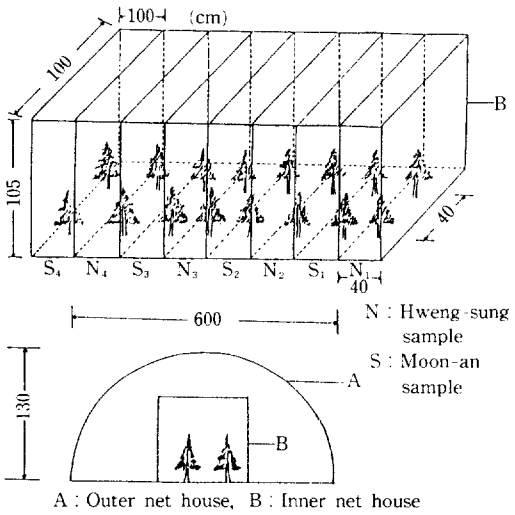

Fig. 5. Net houses for preventing the insect from escaping.

무林 周邊에 位置를 選定하여 樹高 90cm程度인 成長이 旺盛한 6年生 소나무·16株를 11月初에 植栽하고 供試蟲의 脫出에 의한 다른 소나무林分에 被害를 주지 않기 위해서 이듬해 4月에 內部防蟲網과 外部防蟲網을 設置하였다. 이때 採集地別로 投入된 幼蟲數는 800마리였고, 시험규모는 4反覆이었다. (Fig.5)

結果 및 考察

1. 採集地別 土壤成分

幼蟲이 棲息하고 있는 地域의 土壤標本을 分析한 結果는 表 1과 같았다. 表 1에서 보는 바와 같이 各 採集地別 同一林地에서도 位置에 따라 약간의 差를 發見할 수 있었으며, 地域間에도 pH度, OM, CEC等에 差가 있었는데, 이 내용을 本 試驗에 조사된 솔잎혹파리의 生態에 直結시키지는 않았고, 分析背景 資料로 공급한 것이다.

三浦[27]는 赤松林에서 山頂部와 樹令이 어린나무에 被害가 많다고 하였고, 高[11]는 同一林地에서 被害率이 山腹의 中間位置가 山麓이나 山頂의 소나무林보다 被害가 많으며, 被害分析는 個個場所의 環境要因과 寄主의 生育狀態等이 관여한다고 報告한 바 있다. 本 調査에 있어서 試料가 채집된 山頂部, 山腹部 그리고 山麓部의 土壤因子의 差異를 조사한 바 有機物含量, 인산含有量, K, Ca, Mg, SiO_2의 含量이 傾斜에 따라 正의 相關을 가지고 增減하고 있었으나 이 結果를 가지고 被害의 多少에 연결시켜서 論議하지는 않았다.

2. 採集地別 成熟幼蟲 크기

成熟幼蟲의 採集地別 測定 結果에 있어서 幼蟲의 體長과 體幅이 북쪽地域과 남쪽地域 間의 差를 發見할 수 없었으며, 成熟幼蟲의 體長은 북쪽地域은 2.45mm, 남쪽地域은 2.50mm였고, 體幅은 북쪽地域이 0.70mm, 남쪽地域은 0.72mm였다. (Table.2), (Fig.2)

實驗室에 옮겨 保管中인 成熟幼蟲은 그 取扱과 時期에 따라 差異가 있을것이 예상되나 이곳에서는 南北試料를 同一條件下에서 取扱 측정하였으므로 그 統計學的인 對比考察은 무리가 없을 것으로 생각한다.

Table 2. Larva sizes by area.

	N		S	
	Length	Width	Length	Width
$\bar{X}$	2.45	0.70	2.50	0.72
SD	0.14	0.01	0.14	0.01

3. 產地別 幼蟲의 趨光性

本 試驗에서는 A字形 光照射裝置를 使用하여서, 林地內의 照度를 考慮 5, 10, 30, 60, 100W 電球를 가지고 照度를 다르게 한 光條件과 이때 수반되는 溫度 變化로써 試驗管內에 投入한 幼蟲의 走光性을 調査한 결과는 Fig. 6, 7, 8과 같다.

Fig. 6은 經時別 幼蟲의 移動狀況을 나타낸 것

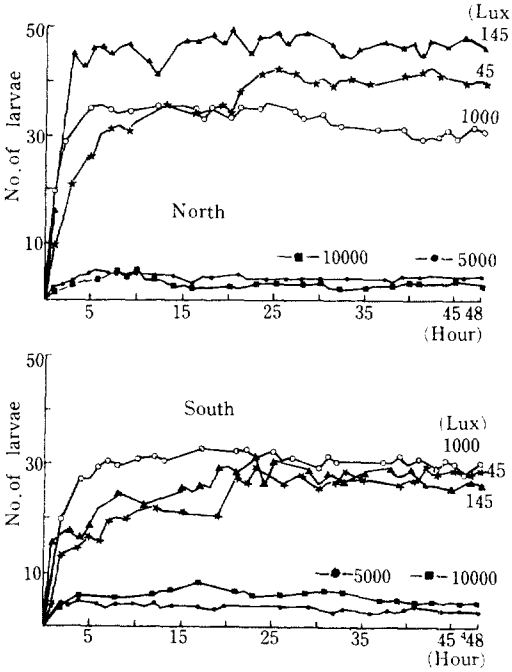

Fig. 6. Effect of light intensity on phototaxis for the larvae over time.

Table 1. Chemical components of soil from which the larvae were collected.

Area	Site	pH (1 : 5)	OM	P_2O_5	EX·cat (me/100) K	Ca	Mg	SiO_2	CEC (me/100)
N	Ridge	5.2	2.21	9.5	0.17	0.73	0.07	343.7	9.77
	Hill	5.5	2.38	11.5	0.20	2.39	0.26	87.7	9.45
	Foot	5.5	2.91	12.7	0.35	2.05	0.21	46.4	8.69
S	Ridge	5.1	4.48	2.6	0.20	0.98	0.35	51.2	12.53
	Hill	5.0	4.16	6.1	0.16	1.14	0.28	26.2	12.44
	Foot	4.8	12.27	17.1	0.27	2.07	1.54	45.1	16.93

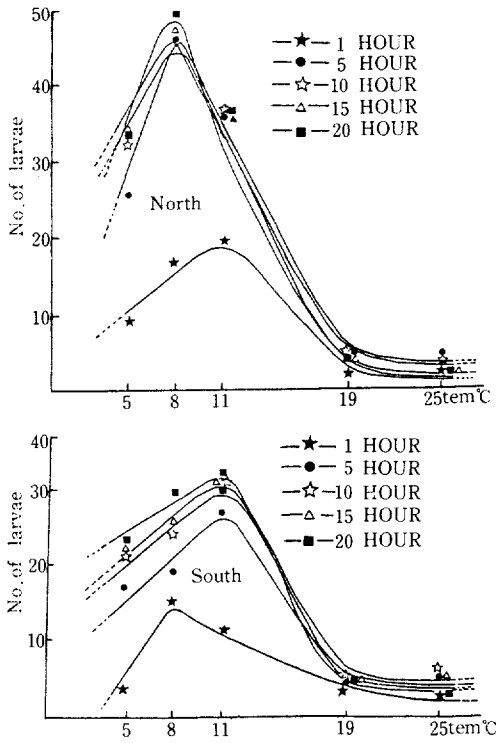

Fig. 7. The increase and decrease of number of the larvae assembled at the clear portion of illuminated glass tube by degree of temperation and over time.

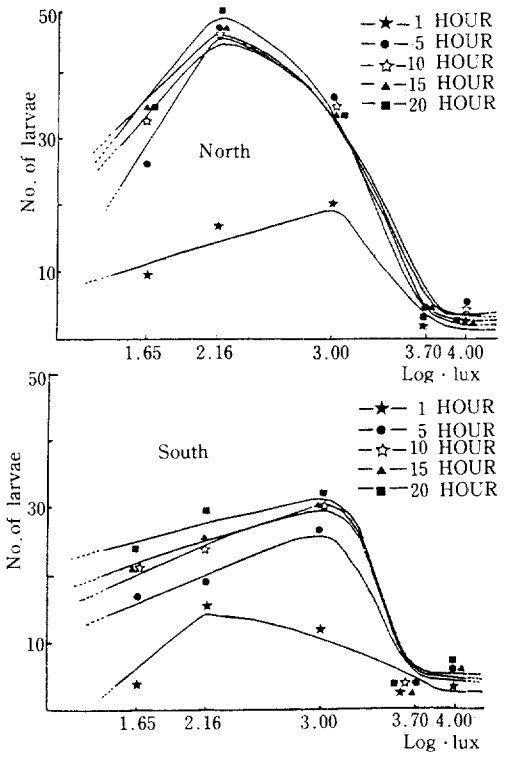

Fig. 8. The increase and decrease of number of the larvae assembled at the clear portion of illuminated glass tube by Log · lux unit and by over time.

이며, 여기에서 볼 수 있듯이 採集地別 幼蟲의 光反應은 남쪽地域의 幼蟲이 북쪽地域의 幼蟲보다도 照度가 더 밝은곳에 많이 모였고, 두 地域 모두 幼蟲의 活動에 있어서는 20時間以內에서 가장 活潑하게 移動 하였으며, 照度 1000 lux程度 以下에서 幼蟲의 走光性 반응 差가 뚜렷했다. 產地別 幼蟲의 반응으로는 북쪽地域의 幼蟲은 145 lux에서, 남쪽地域의 幼蟲은 1000 lux에서 가장 活潑하게 移動을 하였다.

金[17]은 幼蟲의 移動에는 跳躍과 匍匐의 두 가지가 있고, 跳躍은 上·斜·前後 各 方向으로 行하지나, 主로 머리 方向으로 行해지며, 跳躍때마다 多少의 匍匐移動이 隨伴되고, 赤色光보다 黃色光에, 綠色光보다 靑色光에 더 많이 모이며, 靑黃赤의 順으로 走光性이 强하다고 하였다. 三浦[27]은 秋分內에 있어서 走光性이 分布를 좌우하는 因子라고 언급한 바 있으며, 吳等[29]의 論文에도 報告되고 있다. Fig. 7, 8은 產地別 幼蟲의 走光性에 대한 溫度別 反應과 照度를 log 指數單位로 해서 나타낸 것이다.

참고로 野外에서 11月中旬에 소나무 林分을 測定한 照度는 울창한 林地에서는 5000 lux 以內였으며, 裸地 林分에서는 10000 lux 以上으로 나타났다.

4. 產地別 羽化狀況

Fig. 9은 채집지별 우화수조사에 있어 採集地別로 羽化箱에 投入한 幼蟲 4500마리中 솔잎혹파리 羽化數를 累積하여 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 남쪽地域에서 羽化한 總數가 북쪽地域에서 羽化한 總數보다 約 3배 가량 높게 나타났는데, 그 原因은 地理的인 氣候因子에 북쪽地域의 幼蟲이 잘 適應하지 못했기 때문으로 思料된다.

이와같이 投入幼蟲數에 비해 羽化率이 減少한 理由는 蛹期間중의 높은 斃死率과 地理的으로 相異한 氣候條件과 捕食性 天敵等으로 起因되는 것

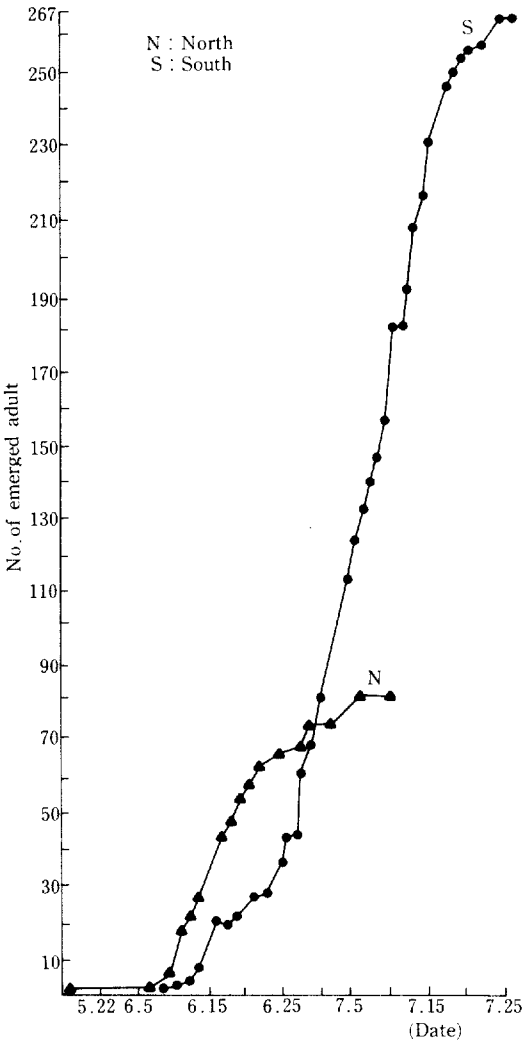

Fig. 9. Accumulation curve of the number of emerged adult by area.

으로 推定이 되며, 捕食性 天敵으로는 개미와 거미類 그리고 寄主에서 生活하는 寄生蜂의 羽化때문인 것으로 생각되었다.

한편 高[5,6,7,8]는 솔잎혹파리 寄生蜂에 대해서 報告한 바 있고, 金等[18] 金과金[19]은 捕食性 天敵에 關해서 發表하였으며, 朴과 玄[31]은 土中幼蟲의 致死原因으로는 捕食動物과 微生物 같은 天敵類와 土壤水分含量, 氣象條件 그리고 林相關係를 生覺할 수 있다고 指摘한 바 있다.

表 3, 4, 5는 솔잎혹파리 羽化期間中 採集地別 累積溫度, 羽化性比, 羽化最盛期, 羽化期間을 나타낸 것이다. 表 3에서 볼 수 있는 바와 같이 북

Table 3. Accumulated temperature for the period between initiation and ending of emergence.

Area	Accumulated	Max. temperature
North	934℃	28℃
South	1180	33

Table 4. Sex ratio of emerged adult by area.

Area	Observed	Female	Male	Sex ratio (Female : Male)
North	81	62	19	76.5 : 23.5
South	265	228	37	86.0 : 13.9

Table 5. Initiation, Peak and Ending date of adult emergence.

Area	Initiated	Ended	Peak day	50% Hatch
North	May, 27	July, 7	June, 16	June, 17
South	June, 9	July, 25	June, 29	July, 7

쪽地域의 羽化期間中 累積溫度는 934度이며, 남쪽地域은 1180度이고, 表 4에서의 産地別 솔잎혹파리 羽化性比는 북쪽地域의 雌蟲은 76.5, 雄蟲은 23.5이며, 남쪽地域의 雌蟲은 86.0, 雄蟲은 14.0으로 두 地域 모두 雌蟲의 羽化가 雄蟲에 비해서 2~3배가량 높았다. 그리고 羽化初日은 雄蟲이 雌蟲에 비해 두 地域 모두 먼저 羽化하였으며, 表 5는 솔잎혹파리 羽化初日, 羽化終了日, 羽化最盛日, 50% 羽化日을 나타낸 것으로 북쪽地域 羽化初日은 5月 27日이었으며, 羽化終了日은 7月 7日이었고, 羽化最盛日은 6月 16日, 50% 羽化日은 6月 17日이었으며, 남쪽地域이 북쪽地域에 비해서 羽化初日은 6月 9日로 約 10日程度 늦게 羽化하였고, 羽化終了日은 7月 25日로 約 20日程度 늦게 羽化하였으며, 羽化最盛日은 13日 늦게 羽化하였고, 50% 羽化日은 7月 7日로 約 20日程度 늦게 羽化하였다. 採集地別 羽化時期에 있어서 큰 差가 發生한 것은 産地別 幼蟲의 素質的인 形質때문인 것으로 생각되었고, 이러한 差異가 솔잎혹파리 地域種間에 變異가 發生하고 있음을 나타내 주는 것으로 思料되었다.

三浦[27]은 越冬後期인 2, 3, 4月 3個月間의 溫度가 成蟲의 羽化遒長에 크게 影響을 주며 溫度가 높을수록 成蟲羽化最盛期가 빨라진다고 하였고, 鄭과 玄[2]도 成蟲羽化時期와 關聯되는 要因으로는

蟲의 生理的 條件以外에도, 外的條件으로 氣溫과 降雨量, 土壤條件, 其他를 생각할 수 있다고 報告하였다.

5. 採集地別 寄生蜂의 羽化時期

솔잎혹파리 成蟲發生調査箱內에서 羽化하는 寄生蜂의 地域別種間 羽化狀況을 觀察한 結果에 依하면 (Fig.10) 북쪽地域의 羽化가 빠르게 나타났고, 남쪽地域은 約 10日程度 늦게 나타났으며 總羽化量은 남쪽地域의 羽化量이 북쪽地域의 羽化量에 비해 約 3배가량 높게 나타났다.

表 6, 7은 採集地別 寄生蜂 累積溫度와 寄生蜂 羽化時期를 나타낸 것으로 이 表에서 보는 바와

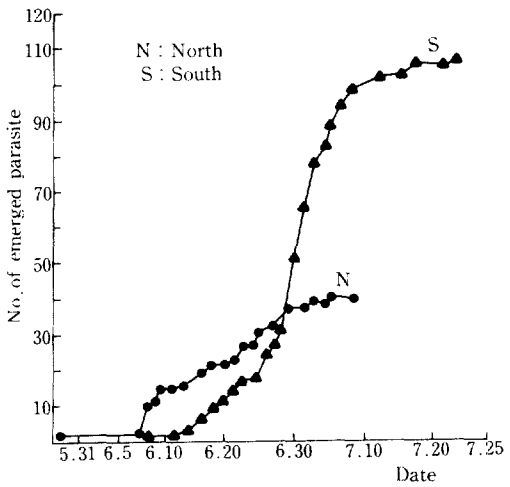

Fig. 10. Accumulation curve of the number of emerged *platygaster matsutama* and *Inostemma seoulis* parasitizing the pine gall midge by area.

Table 6. Accumulated temperature for the period between initiation and ending of emergence for *Platygaster matsutama* and *Inostemma seoulis*.

Area	Accumulated temperature	Max·temperature
North	924℃	28℃
South	1094	33

Table 7. Initiation, Peak and Ending date of *Platygaster matsutama* and *Inostemma seoulis* emergence parasitizing, for the pine gall midge by area.

Area	Initiated	Ended	Peak day	50%Hatched
North	May, 27	July, 5	June, 9	June, 17
South	June, 9	July, 22	July, 1	June, 30

같이 북쪽地域의 寄生蜂 累積溫度는 924度이며, 남쪽地域의 寄生蜂 累積溫度는 1094度이고, 북쪽地域의 寄生蜂은 남쪽地域의 寄生蜂보다 羽化初日에서는, 15日程度 빠르게 나타났으며, 羽化終了日은 17日, 羽化最盛日은 20日程度, 50% 羽化日은 13日程度 빠르게 나타났다.

表 8과 Fig. 11은 地域別 寄生蜂 種間의 羽化期間을 나타낸 것이다. 이 表에서 보는 바와 같이 북쪽地域의 寄生蜂은 *Platygaster matsutama*가 *Inostemma seoulis* 보다 많이 羽化하였고, 남쪽地域의 寄生蜂에 있어서는 *Inostemma seoulis*가 *Platygaster matsutama* 보다 더 많이 羽化하였다. 그리고 두 地域에서 모두 *Platygaster matsutama*가 *Inostemma seoulis*보다 더 빨리 羽化하였고, 寄生蜂 羽化累積分布形態가 서로 다르게 나타났다.

高[5]는 솔잎혹파리먹좀벌의 羽化時期는 6月初旬~7月中旬이며, 最盛期는 6月下旬으로 寄主보다 20日內外가 늦다고 指摘하였고, 李[14]는 혹파리살이먹좀벌은 全南北과 慶南의 海岸地域에 주로 分布되어 있고, 솔잎혹파리먹좀벌은 京畿道와 忠南北 및 慶南北에 分布되어 있다고 報告한 바 있고, 尹[37]은 大氣의 溫度가 높으면 높을수록 羽化가 빨리 시작되며 天敵寄生蜂의 種個體間의 溫度에 對한 反應에는 뚜렷한 差異가 있다고 發表하였다. 여기에서 產地別 寄生蜂의 種間棲息分布에 약간씩의 差가 있는 것으로 보아서 棲息分布에 關한 硏究가 要求되는 것으로 생각되었다.

Table 8. Variation of two parasitic insects appearance by area.

Area	Observed	*Inostemma seoulis* (A)	*Platygaster matsutama* (B)	Ratio A : B
North	40	18	22	45 : 55
South	106	64	42	60 : 40

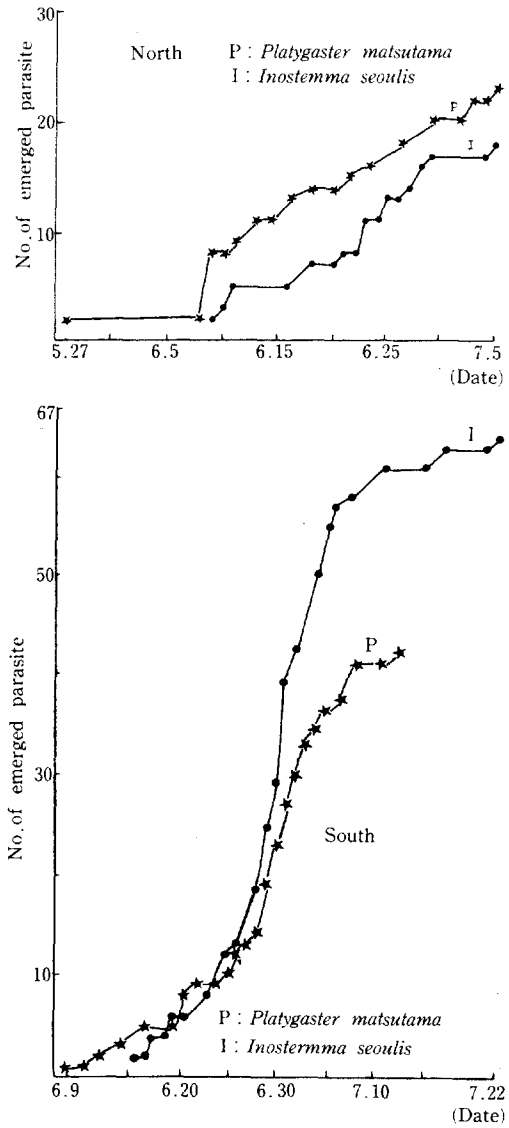

Fig. 11. Accumulation curves of the number of two parasitic wasps emerged by area.

6. 産地別 蟲瘿形成率

表 9에서 보는 바와 같이 북쪽地域의 蟲瘿形成에서는 뚜렷한 差를 發見할 수 없었으며, 産地別 蟲瘿形成率은 모두 낮게 나타났다. 그 原因으로는 投入한 幼蟲數가 너무 적은데다, 斃死率은 높고, 捕食性 天敵 그리고 地理的으로 다른 氣候因子로 羽化量이 낮았기 때문으로 생각되며, 여기에서는 북쪽地域의 蟲瘿形成率이 남쪽地域의 蟲瘿形成率보다는 약간 높게 나타났다.

蟲瘿形成率은 다음 式에 依하여 계산하였다.

$$\text{蟲瘿形成率} = \frac{\text{蟲瘿形成葉數}}{\text{全體針葉數}} \times 100(\%)$$

남쪽地域의 蟲瘿形成率은, 북쪽地域의 蟲瘿形成率보다 낮은 狀態를 維持하고 있었고, 地域間의 差는 認定할 수 없었다.

裵等[1]은 光陵에서는 85年 平均蟲瘿形成率이 43%이었고, 鎭海地域은 蟲瘿形成率이 8~28%, 麟蹄에서는 蟲瘿形成率이 60~80%이었고, 洪川은 86年에 蟲瘿形成率이 20.6%였으며, 솔잎혹파리가 새로운 地域으로 移動하였을때 7年次까지는 漸進的으로 密度가 增加되어 最高密度를 이룬 다음 8世代以後 急激히 密度가 低下된다고 報告하였다.

7. 健全葉과 被害葉의 길이

9月中旬에 蟲瘿形成率을 調査하는 동안에, 産地別 蟲瘿形成여부를 쉽게 分別할 수 있는 供試된 新梢部를 切取하여 健全葉과 被害葉의 길이를 測定調査하였는데 結果는 表 10과 같다.

이 表에서 알 수 있듯이 북쪽地域의 被害葉의 길이가 3.3cm이었고, 健全葉의 길이는 8.1cm였으며, 남쪽地域의 被害葉의 길이는 2.7cm였고, 健全葉은 7.9cm였다.

金[17]은 高木의 調査를 引用해서 健全葉과 被害葉에는 매우 類似한 變動을 보이고 있으며, 務安産 海松에서는 寄生葉의 길이는 20~75mm이었고

Table 9. Gall formation percentage of red pine needle by area.

	North				South			
Replication	Total surveyed	Sound	Infested	Percentage	Total surveyed	Sound	Infested	Percenta
1	928	831	97	10.45%	819	753	66	8.06%
2	619	542	77	12.44	-	-	-	-
3	1191	1086	105	8.82	2319	2125	194	8.37
4	602	549	53	8.80	474	414	60	12.66
$\bar{X}$	835	752	83	9.94	1203	1097	107	8.87

Table 10. Variation of sound and infested needle length by area. (cm)

Area	North		South	
Repication	Sound	Infested	Sound	Infested
1	7.5	3.5	8.7	2.1
2	9.0	3.0	-	-
3	7.8	3.2	8.2	3.6
4	8.2	3.6	6.8	2.6
$\bar{X}$	8.1	3.3	7.9	2.7

*Sample size : 50

非寄生葉 길이는 20~50mm였다고 報告한 바 있다. 被害葉長에 있어서는 地域間의 차이는 없는 것으로 推定된다.

高[11]는 被害葉의 길이는 蟲瘿이 形成되기 시작하는 7月初旬과 幼蟲의 成長이 끝나는 10月中旬에 큰 差異가 없었다고 報告하였는데, 卽 松葉基部에 蟲瘿이 形成되면 被害葉은 全然 자라지 않는다고 發表하였다.

結 論

本 硏究는 江原道 橫城과 全南 務安 地域間의 솔잎혹파리의 生態變異를 調査한 것이다.

結果는 다음과 같다.

1. 地域別 土壤成分은 북쪽地域과 남쪽地域의 地形에 따라 山頂, 中腹, 山麓에 있어 pH價, 有機物含有量, 置換性 陽이온 總量等이 다르게 나타났으며, 그러한 條件下에서 幼蟲이 土中에 棲息하고 있었다.
2. 産地別 成熟幼蟲 크기를 測定한 結果 북쪽地域의 幼蟲體長은 2.45mm, 體幅은 0.70mm이었고, 남쪽地域의 幼蟲體長은 2.50mm, 體幅은 0.72mm였다. 따라서 두 地域間에 幼蟲 크기는 거의 差異를 나타내지 않았다.
3. 幼蟲은 走光性을 가지며, 두 地域 모두 1000 lux 以內에서 活動이 두드러졌고, 25時間內에서 移動이 活潑하였고, 남쪽地域의 幼蟲이 북쪽地域 幼蟲보다 높은 照度와 溫度에서 敏感한 反應을 보였고, 북쪽地域은 照度가 145lux에서 남쪽地域은 1000lux에서 가장 많은 幼蟲數가 集結하였다.
4. 産地別 솔잎혹파리 羽化量에 있어서는 남쪽地域의 羽化量이 북쪽地域의 羽化量에 비해서 3배 가량 높았으며, 羽化初日은 북쪽地域이 남쪽地域에 비해 約 10日程度 빠르며, 羽化性比에 있어서는 두 地域 모두 雌蟲이 雄蟲에 비해 월등히 높게 羽化하였고, 羽化期間은 남쪽地域이 북쪽地域보다 10日程度 길었고 50% 羽化日은 북쪽地域이 남쪽地域에 비해 約 10日程度 빠르며, 羽化終了日 역시 북쪽地域이 남쪽地域에 비해 約 20日程度 빨랐다.
5. 地域別 寄生蜂의 羽化初日은 橫城地域은 5月 27日이었고, 務安地域은 6月 9日이었으며, 羽化最盛日은 各各 6月 9日 및 7月 1日이었으며, 寄生蜂類에 있어서는 두 地域 모두 *Platygaster matsutama*가 *Inostemma seoulis* 보다 더 빨리 羽化하였고, 羽化期間은 두 地域 모두 *Inostemma seoulis*가 *Platygaster matsutama* 보다 더 길었다.
6. 地域別 蟲瘿形成率에 있어서는 被害先端地인 橫城은 9.94%이었고, 被害回復地인 務安地域은 8.87%로 다소 북쪽地域이 높았으나, 두 地域 모두 捕食性 天敵, 높은 斃死率, 地理的으로 다른 氣候因子, 不足한 投入幼蟲數等으로 그 差를 認定할 수 없었다.
7. 地域別 被害葉의 길이에 있어서는 북쪽地域 被害葉은 3.3cm였으며, 남쪽地域 被害葉은 2.7 cm로 두 地域間의 被害葉의 길이에는 差異를 나타내지 않았다.

以上과 같이 地域別로는 솔잎혹파리의 몇가지 生物學的 特性에 있어서 差異를 나타내고 있는 것으로 보아 그間에 生態型의 分化가 發生하고 있는 것으로 思料된다.

引 用 文 獻

1. 裵運益·邊炳浩·廉陵哲. 1987. 主要山林害蟲發生豫察에 關한 硏究(I). 솔잎혹파리 個體群密度變動과 發生豫察. 林硏究報, 34 : 142-148.
2. 鄭榮鎭·玄在善. 1986. 솔잎혹파리의 越冬後密度變動에 미치는 主要仁慈에 關한 硏究. 한국식물보호학회지. 25(1) : 1-9.
3. 韓萬漳. 1984. 韓國産 솔잎혹파리(*Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye)의 地域에 따른 몇가지 生物學的 特性에 關한 硏究. 서울大 大學校 碩士學位論文. 45pp.

4. 全文章. 1984. マツバノタマバエとその寄生蜂, マツタマヤドリハラビロコバチびマツタマヤドリクロコバチの 生態學的 研究. 日本九州大學校 博士學位論文. 180pp.
5. 高濟鎬. 1962. 솔잎혹파리의 寄生蜂(*Isostasius* Sp.)에 關한 研究(豫報). 農事試驗研究報告, 6(2) : 91-95.
6. 高濟鎬. 1963. 솔잎혹파리의 寄生蜂(*Isostasius seoulis* sp. nov.)에 關한 研究. 農事試驗研究報告, 8(2) : 91-95.
7. 高濟鎬. 1963. 솔잎혹파리의 寄生蜂(*Isostasius seoulis* Ko.)에 關한 研究II. 寄生相과 寄生率. 農事試驗研究報告, 8(2) : 97-101.
8 高濟鎬. 1963. 솔잎혹파리의 寄生蜂(*Isostasius Seoulis* ko)에 關한 研究(3). 生活史. 農事試驗研究報告, 9(2) : 59-65.
9. 高濟鎬. 1965. 서울地方의 솔잎혹파리 分布調査. 植物保護, 4 : 55-57.
10. 高濟鎬. 1966. 솔잎혹파리 生態調査(1). 幼蟲落下率 및 蟲瘿形成率. 韓國林學會誌, 5 : 22-26.
11. 高濟鎬. 1968. 솔잎혹파리 生態調査(2). 夏期伐採時期와 被害分布. 韓林誌, 7 : 40-44.
12. 高濟鎬. 1969. 봄철의 솔잎혹파리 유충밀도의 변동조사. 韓國林學會誌, 9 : 45-48.
13. 고제호·김상욱·김윤산. 1969. 솔잎혹파리 유충의 포식조류에 대하여. 韓國林學會誌, 9 : 40-54.
14. 고제호·이범영. 1971. 솔잎혹파리 기생봉 조사이용시험. 임업시험장 연구보고서, (제18호) 18 : 85-92.
15. 高濟鎬·李範英. 1975. 風洞에 의한 솔잎혹파리의 分散試驗. 韓國昆蟲學會誌, 113-16.
16. 高濟鎬·李範英. 1975. 솔잎혹파리 羽化와 아까시아나무 開花時期의 關係. 韓國林學會誌, 26 : 43-47.
17. 金昌煥. 1955. 솔잎혹파리(松五倍子蠅) *Thecodiplosis pinicola* Takagi(sp.nov,)에 關한 研究. 高大文理論集, 1 : 231-243.
18. 金昌煥·盧鏞泰·朴重錫. 1968. 솔잎혹파리의 天敵調査研究. 高麗大學校附設 韓國昆蟲研究所研究報告, 4 : 1-16.
19. 金昌煥·金炳九. 1975. 솔잎혹파리 幼蟲의 捕食性 天敵에 관한 研究. 한국곤충학회지, 5(1) : 1-5.
20. 權臣漢·鄭圭會·柳 駿. 1978. 솔잎혹파리에 對한 放射線同位元素標識方法에 關한 研究. 한국식물보호학회지, 17(3) : 155-160.
21. 李敦求. 1970. 소나무(*Pinus densiflora*)와 리기다 소나무(*Pinus rigida*)에 대한 솔잎혹파리 가해 현상의 생리학적 비교연구. 林木育種研究所研究報告, 8 : 33-47.
22. 李景宰·吳求均·任慶彬. 1988. 솔잎혹파리 被害赤松林의 生態學的 研究(III). 韓國林學會誌, 77(3) : 315-321.
23. 李德象. 1956. 소나무의 害蟲 솔잎혹파리(松五倍子蠅)에 對하여. 林試研報, 5 : 1-38.
24. 李範英. 1983. 溫度가 솔잎혹파리 發育에 미치는 影響에 關한 研究. 서울大 大學院 碩士學位論文, 36pp.
25. 李範英. 1986. 솔잎혹파리 分布擴大地域에서의 個體群 動態에 關한 研究. 慶熙大學院 博士學位論文. 110pp.
26. Miura, T. 1962. Studies on *Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye and its important parasite, *Platygaster* sp. Forest Exp. St. Shimane Pref., Matsue, pp : 168, 18pls.
27. 三浦正. 1970. マツバノタマバエの 生態について. 森林防疫, 19(8) : 187-192.
28. Oda, K. and Iwasaki A., 1953. Studies on pine gall midge, *Cecidomyia brachyntera Schwage*? I. Life history in Kumamoto district. Bull. Govern. Forest Exp. st., 58 : 67-83.
29. 吳明熙·禹建錫·沈載昱. 1979. 솔잎혹파리 發生豫察을 爲한 羽化器具 開發에 關한 研究II. 羽化器具別溫度効果가 羽化消長에 미치는 影響. 한국식물보고학회지, 18(3) : 127-132.
30. 朴基南·玄在善. 1977. 솔잎혹파리 個體群動態에 關한 研究. 韓育誌, 24 : 91-107.
31. 朴基南·玄在善. 1983. 솔잎혹파리가 소나무 生長에 미치는 影響에 관한 研究(I). 蟲瘿形成率의 變動. 韓國林學會誌, 61 : 20-26.
32. 曾根晃一·古野東洲. 1982. 林內 におけるマ

ツバノタマバエによる被害の年變化について. 日林誌, 64 : 301-306.

33. 曾根晃一. 1985. マツバノタマバエによる被害の樹體內分布. 日林誌, 67(12) : 495-500.

34. 曾根晃一. 1986. マツバノタマバエの蟲癭形成前の死亡要因. 日林誌, 68(1) : 32-34.

35. 曾根晃一. 1986. マツ屬の生長におよぼすマツバノタマバエの影響. 日林誌, 68 : 278-283.

36. 禹昌鎬. 1981. 소나무林의 林分條件이 솔잎혹파리의 被害程度에 미치는 影響. 慶熙大學院, 碩士學位論文. 39pp.

37. 尹基植. 1986. 솔잎혹파리의 天敵分布 및 飼育에 關한 調査研究. 慶尙大 大學院, 碩士學位 論文. 68pp.

38. 任慶彬·朴仁協·李景宰. 1980. 京畿道地方 赤松林의 植物社會學的 研究. 韓國林學會誌. 50 : 56-71.

39. 任慶彬·李景宰·金用植. 1981. 솔잎혹파리 被害赤松林의 生態學的 研究(Ⅰ). 韓國林學會誌. 52 : 58-71.

40. 任慶彬·李景宰·朴仁協. 1981. 솔잎혹파리 被害赤松林의 生態學的 研究(II). 韓國林學會誌. 54 : 49-59.

41. 任慶彬. 1983. 森林 Biomass의 研究. 林產에너지. 3(2) : 15-29.