

人工飼料防腐劑之篩選及二化螟蟲在人工飼料上發育之溫度需求

鄭清煥

嘉義市臺灣省農業試驗所嘉義分所植物保護系

(接受日期：83年12月15日)

摘 要

鄭清煥 1995 人工飼料防腐劑之篩選及二化螟蟲在人工飼料上發育之溫度需求 植保會刊 37:29-40.

為改進二化螟蟲無含防腐劑之人工飼料易於被污染，無法穩定提供足夠蟲源之缺失，本研究篩選不同防腐劑之組合，調整其用量，混合於基本飼料配方內，飼育二化螟蟲，並以飼料之污染率，幼蟲之存活率及發育所需時間，蛹重，羽化率及產卵數等為評估依據。結果顯示以於1公升的水容量配方中加入 sorbic acid 1.2 g, methyl-p-hydroxybenzoate 1.2 g, aureomycin 295 mg, formaldehyde 0.4 ml, streptomycin 44 mg 之組合效果最佳；尤以將飼料之 pH 值調整到 5 至 5.5，化蛹率可由 50 至 60% 提高至 80% 以上。於 25 至 30 °C，75 至 95% RH，14 小時光照之飼育室內，以此防腐人工飼料連續飼育二化螟蟲 5 個世代，幼蟲期平均為 32 至 35 天，化蛹率由 76 至 91%，蛹重由 54 至 61 mg，羽化率由 77 至 92%，每雌產卵數由 156 至 204 粒，均較以稻芽飼育者或以往使用稻莖飼育者為佳。於 15、20、25 及 30 °C，光照 14 小時之恆溫箱中，以上述防腐人工飼料飼育二化螟蟲，結果以 25 °C 為二化螟蟲發育之最適溫度。卵、幼蟲、蛹之發育臨界低溫及有效積溫分別估算為 7.2 °C 及 127.2 日度，13.4 °C 及 379.0 日度，11.1 °C 及 122.0 日度。

(關鍵詞：二化螟、防腐劑、人工飼料、發育溫度需求)

緒 言

水稻二化螟蟲 (*Chilo suppressalis* Walker) 為水稻之重要害蟲，曾於 1960 年代在臺灣水稻栽培區造成嚴重損失^(1,5)，

但其後因水稻耕作制度等之改變，致使其發生量急驟下降，而成為次要害蟲^(8,23)。1983 年因政府勵行稻田轉作制度，稻稿大量被利用於園藝作物生產之畦面覆蓋以及不整地冬季裡作栽培方式之盛行，致使二化螟蟲又普遍發生，並於局部地

區造成嚴重為害^(8,9)。

防治二化螟蟲目前仍以使用殺蟲藥劑為主。然於水稻生育初期過量使用殺蟲劑常引起若干害蟲之再猖獗⁽¹⁶⁾，因此栽植抗二化螟蟲品種仍成爲水稻害蟲綜合防治體系內極爲重要的一部份。

抗蟲品種之篩檢及培育需有足夠的蟲源方可進行。有關二化螟蟲大量飼育技術在過去已有許多報告，大體上可分爲以新鮮稻莖或大麥莖飼育^(1,20)，以稻芽飼育^(26,29)以及人工飼料飼育^(19,25)。使用稻莖及稻芽飼育需更換飼料較費人力，不易同時獲得大量蟲卵；而二化螟蟲人工飼養雖已發展多年，但早期均以無菌人工飼料飼育^(12,19,21,25)，易受污染，飼育數量不易控制。最近雖有防腐人工飼料之開發，但因二化螟蟲對防腐劑頗爲敏感，影響其生存率⁽²⁷⁾。爲此本研究仿照已往發展之人工飼料基本配方並篩選防腐劑，以期發展防腐人工飼料，供室內大量飼育二化螟蟲之應用。爰將結果整理成篇發表，以供參考。

材料與方法

蟲 源

以誘蟲燈誘集成蟲於內置水稻之養蟲箱(45 × 45 × 100 cm)，讓成蟲產卵於葉片上，將同日產之卵塊連同葉片採下，先浸於 0.05% Benomyl 溶液 30 分鐘左右作葉面消毒，以防葉片發霉，經無菌水清洗後，將卵塊置於底部敷設濕潤之濾紙的保鮮盒內，每日於保鮮盒蓋之內側噴少許蒸餾水以保持濕度，待卵孵化前一天(黑化期)，將卵塊浸於 0.5% 之次氯酸鈉消毒 5 分鐘，經無菌水充分清洗後，接入人工飼料罐(直徑 8.5 cm，高 3 cm)之內壁。

飼料之製作及幼蟲之飼育

人工飼料之基本成分係仿照 Kamano (1974) 之配方⁽¹⁹⁾，並稍加修改(表一)。防腐劑之選用則參考廖等(1991)及曾(1986)之配方^(3,6)，修改其用量，配成 12 種組合(表二)，分別拌入人工飼料配方，每處理 5 重複。防腐劑之評估以飼料之發霉率，50% 化蛹日，幼蟲存活率，

表一、二化螟蟲人工飼料配方

Table 1. Composition of artificial diet for rearing rice stem borer

Ingredient	Kamano formula (1974)	Modified formula
Agar	20 g	20 g
Cellulose	20 g	20 g
Sucrose	30 g	30 g
Starch	40 g	40 g
Casein	30 g	30 g
Wheat germ	20 g	20 g
Minerals	8 g	8 g
Cholesterol	0.4 g	0.4 g
Choline chloride	1 g	1 g
Ascorbic acid	6 g	6 g
Cysteine	0.6 g	0.6 g
Vitamin complex	20 ml	10 ml
Dry yeast powder	—	10 g
Water	1000 ml	1000 ml

表二、二化螟蟲人工飼料防腐劑供試組合
 Table 2. Antimicrobial agent combinations tested for preventing the contamination of microorganisms on the artificial diet

Antimicrobial agent	mg(or ml*)/L distilled water											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Chloramphenicol	18	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Methyl p-hydroxybenzoate	0	0	1400	1200	1200	1200	1200	1200	1200	2000	1200	1200
Sorbic acid	400	400	1200	1200	1200	0	1200	1200	1200	0	0	400
Propionic acid	3	3.5	5.2	48	0	48	48	0	54	0	0	48
Formaldehyde*	0	0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0	2	0
Dihydrostreptomycin	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aureomycin	0	0	378	295	295	295	0	295	295	0	0	94.4
Streptomycin	0	0	56	40	44	44	0	0	44	0	0	0

蛹重等為依據。

飼料之調配係依序將表一之1至9項之物質溶入700 ml蒸餾水後，置於玻璃容器內，於火爐加熱至50℃左右時，再徐徐加入 agar 粉並充分攪拌，待煮沸時，移出火爐讓其冷卻至60℃左右，再將表一之第10至13項物質以及防腐劑等溶於300 ml蒸餾水之混合液，徐徐混入，並加攪拌，待此混合物充分固化前，即分裝於經用75%酒精消毒後之塑膠罐(600 ml裝)，每罐約150 ml，然後蓋上中間挖孔(直徑約3 cm)並用棉球塞緊之罐蓋，讓混合物於常溫中凝固。接蟲前使用竹簽在飼料面上劃線，使接入之甫孵化幼蟲能均勻分佈於飼料上。每罐接黑化期之卵粒(或幼蟲)50個(隻)左右。

為瞭解防腐人工飼料飼育二化螟之效果，使用稻芽飼育法作為比較觀察。該方法係仿 Sato(1964)之方法⁽²⁹⁾，將稻種(台中秈10號，感蟲稻種)使用0.05% Benomyl 溶液浸種消毒24小時後水洗，於流水中浸漬48小時，然後將稻種置於塑膠盤，並用塑膠袋套上催芽。待芽長0.5 cm時，裝入如上述之塑膠罐，每罐約100 g接蟲約50隻。接蟲後每隔2日噴少許蒸餾水一次，以保持濕度，經14天左右幼蟲因飼料不適往上爬，即更新飼料。更新時，將飼料倒出，並將幼蟲以圓頭夾子移往新飼料罐，部份幼蟲因蛀入種子內取食而無法全數檢出，舊飼料可再裝回舊罐，經1~2天讓秧苗乾枯，則幼蟲可遷出，便於再行檢清。其後經7~10天再行更換飼料一次，連續2次，則大部幼蟲即可爬出化蛹。上述飼育均於昆蟲飼育室，溫度25~30℃，相對濕度75~95%，光照14小時之環境下進行。

化蛹、羽化及產卵

以人工飼料或稻芽飼育之二化螟，

老熟幼蟲有往飼育罐上方爬行化蛹習性，大部集中於罐蓋棉球近旁吐絲化蛹，部份爬出飼料表面或於飼料中化蛹。此時可直接將蛹取出，或將瓦楞紙(寬3 cm×長20 cm)固定於罐口，讓幼蟲自行潛入紙洞內化蛹，所收集之蛹可保存於培養皿，經4~5日後再移入產卵箱(45×45×100 cm)內。產卵箱除前面為玻璃門外，上方及周邊均使用32網目網圍成，內置盆栽稻1~2盆供羽化後成蟲棲息及產卵用。

溫度對二化螟蟲在人工飼料上發育之影響

在溫度15、20、25及30℃，光照14小時之恆溫箱內觀察卵、幼蟲及蛹之發育所需時間。卵發育所需時間之觀察，係以人工飼料繁衍之成蟲在同一天產在稻葉上之卵塊剪下，並置於盒底墊有潮濕濾紙之保鮮盒內，每溫度處理10卵塊，每天於保鮮盒蓋之內側噴水一次，以保持濕度，直至全部卵粒孵化後，取出卵塊於顯微鏡下計數其孵化率。

幼蟲在各溫下發育所需時間，係以表一之人工飼料基本配方及表二E組之防腐劑所配成之防腐人工飼料分裝於塑膠罐，每罐接入黑化期之卵塊(含卵粒50個左右)一個，待卵孵化後2天，取出卵塊檢查孵化蟲數，每處理飼育5罐。待幼蟲化蛹時，每日將蛹體移出並予編號，置於培養皿內(內置含水棉球一個，以保持濕度)，觀察在同一溫度處理蛹期發育所需時間。

結果與討論

人工飼料防腐劑之篩選

以表一之修改的人工飼料基本配方與表二各組之防腐劑調成之防腐人工飼料飼養甫孵化之一齡幼蟲，結果如表三

表三、含不同成份防腐劑的人工飼料之發霉率及對二化螟蟲發育之影響¹⁾Table 3. Effects of combinations of antimicrobial agents on preventing artificial diet from contamination by microorganisms and the development of rice stem borer¹⁾

Combination of antimicrobial agents	% of diet contaminated	Days for 50% larvae developing to pupae ²⁾	% of pupation ²⁾	Weight of pupa (mg.)
A	60	—	0	—
B	80	—	0	—
C	20	36	15	57.6 ± 4.6
D	0	34	23	50.5 ± 5.3
E	0	28	55	67.0 ± 4.2
F	0	—	0	—
G	20	—	0	—
H	20	—	0	—
I	0	38	6	61.6 ± 5.1
J	40	—	0	—
K	60	—	0	—
L	60	—	0	—

¹⁾ Five jars for each treatment, 50 newly hatched larvae each jar.

²⁾ Observation was made up to 45 days after rearing.

所示，A、B、K及L組發霉率均在60%以上，J組有40%，C、G、H組則有20%發霉，其他各組至60日均無發霉現象。

在各組防腐劑人工飼料之幼蟲生長情況，以E組發育情況最佳，於接蟲後45天之化蛹率為55%，50%之化蛹日為28天，平均蛹重達67.0 mg；其次依序為D、C及I組，但其化蛹率均低於50%。其他各組幼蟲大部於一齡期即告死亡，少數存活，但發育極為緩慢，顯然不適其存活及發育。

二化螟蟲之人工飼料早在1951年即仿歐洲玉米螟之人工飼料配方並加改進而成^(21,25)其後為提高其化蛹率，產卵數等，再經改良而成為如表一所列之配方^(17,19)，但此一配方係於無菌下飼養，操作稍有不慎，污染率頗高，無法穩定大量提供蟲源。由於二化螟蟲對防腐劑頗為敏感，Fukuya and Kamano⁽¹²⁾建議使用 sodium sorbate, dehydroacetic acid and

sodium dehydroacetate; Guennelon and Soria⁽¹⁴⁾使用 benzoic acid, nipagin 及 aureomycin 等，而 Mochizuki⁽²⁷⁾使用 aureomycin 當防腐劑，經本試驗預備試驗試用，發現效果不佳，幼蟲存活率甚低。為此本試驗仍參照曾與涂⁽⁴⁾、曾⁽³⁾、洪等⁽³⁾、廖等⁽⁶⁾及歐與朱⁽⁷⁾等之常用防腐劑，並將其劑量減少分組與飼料配方配成防腐人工飼料進行初步評估，再擇其較具防腐性且對幼蟲存活與發育影響較少者進行複評，結果以E組防腐效果較佳，且幼蟲之存活率最高。

除防腐效果外，人工飼料因使用不同之防腐劑，酸鹼值改變甚多，若pH值低於4.0，則二化螟幼蟲似有拒食之現象，導致其一齡幼蟲大量死亡，因此需以KOH調節其pH值至5至5.5左右，飼育效果可大幅提高。就以本試驗結果而言，無調整前pH值4.47，幼蟲之化蛹率約50至60%間，但pH值調至5至5.5時，其化蛹率平均提高至80%以上。

以含 E 組防腐劑之人工飼料與使用台中秈 10 號(感蟲稻種)之稻芽飼育二化螟蟲之結果示如表四, 飼育於防腐人工飼料之 5 齡成熟幼蟲之體重、體長、蛹重、化蛹率、羽化率及每雌平均產卵數, 分別為以稻芽飼育者之 1.7、1.9、1.7、1.2、1.4 及 1.9 倍, 幼蟲期平均減少 5.53 天, 而蛹期則無明顯差異, 顯示以防腐人工飼料飼育二化螟蟲顯著地較使用稻芽方法飼育之效果為佳。

以防腐之人工飼料連續飼育採自嘉義農業試驗分所田間之二化螟蟲族群(原族群約 200 隻左右), 連續 5 個世代, 每世代觀察 5 罐, 結果如表五, 各世代卵之孵化率、幼蟲期、化蛹率、蛹重、羽化率及產卵數等雖略有變異, 但化蛹率及羽化率均達 75% 以上, 平均產卵數世代間差異並不顯著。上述結果與以無菌人工飼料所獲結果比較亦無明顯差異^(12,19), 可見以前述之防腐人工飼料對二化螟蟲之生存與繁殖並無明顯之影響。

二化螟蟲在防腐人工飼料上發育之溫度需求

在溫度 15、20、25 及 30 °C, 光照 14 小時之恆溫箱中, 以上述防腐人工飼料飼育二化螟蟲, 卵、幼蟲及蛹期在各溫度下發育所需天數示如表六, 各蟲期發育所需時間均隨溫度之上升而減短。由卵至成蟲羽化, 在 15 °C 平均需時 184.7 天, 20 °C 為 109.8 天, 25 及 30 °C 分別為 45.5 及 34.9 天。在各供試溫度下卵之孵化率, 幼蟲之化蛹率及蛹之羽化率示如表七。15 °C 之低溫最不利於二化螟蟲之生存, 而 25 °C 最有利其存活, 在 20 °C 與 30 °C 之環境的存活率雖差異不顯著, 但 30 °C 之條件略較 20 °C 為佳。基於此項考慮, 25 ~ 30 °C 間可能為繁殖二化螟之最佳溫度。

以表六所獲數據估算二化螟蟲發育之臨界低溫, 有效積溫及發育速率, 結果示如表八。卵、幼蟲、蛹及卵至蛹期之發育臨界低溫分別為 7.2, 13.4, 11.1 及 12.7 °C, 而發育有效積算溫度分別為

表四、以人工飼料及稻胚芽飼育二化螟蟲之生物性狀比較¹⁾

Table 4. Comparison of biological characteristics between rice stem borers reared with rice seed-buds (Taichung sen 10) and artificial diet¹⁾

Biological Characteristics	Diet	
	Rice seed-buds ($\bar{X} \pm SD$)	Artificial diet ($\bar{X} \pm SD$)
Weight of 5th instar larva (mg.)	60.7 ± 6.2 b	105.0 ± 9.2 a ²⁾
Length of 5th instar larva (mm)	19.5 ± 4.1 b	23.2 ± 6.3 a
Duration of larval stage (days)	38.8 ± 7.4 a	33.3 ± 5.3 b
Weight of pupa (mg.)	37.0 ± 3.4 b	62.7 ± 5.3 a
Pupation rate (%)	65.2 ± 9.3 b	78.6 ± 8.4 a
Duration of pupal stage (days)	8.9 ± 2.6 a	8.5 ± 2.5 a
Adult emergence (%)	58.6 ± 9.5 b	84.3 ± 6.7 a
Eggs/female	98.8 ± 30.9 b	189.5 ± 58.1 a

¹⁾ The insects were reared in an insectary with temperature in the range 25 to 30 °C, 75-95 % RH and 14L:10D conditions, 10 jars for each treatment, 50 larvae each jar.

²⁾ Means in the same row followed by the same letter are not significantly different according to the LSD test ($p=0.05$).

127.22, 379.0, 122.0 及 604.5 日度，而各蟲期之發育速率均與溫度呈顯著之直線關係。

有關二化螟蟲之發育對溫度之需求已有許多文獻可查並由 Kiritani and Iwao 加以綜述⁽²⁴⁾。多數之研究報告指出在 15

至近 35 °C 之間，卵均可發育孵化；在 35 °C 胚胎雖可完全發育，但幼蟲無法孵化，死於卵殼內。Sugiyama⁽³⁰⁾ 指出卵之發育速率與溫度 15 至 30 °C 間呈直線關係，並估算卵之發育臨界低溫為 10.5 °C，有效積溫為 94.34 日度；但 Doke⁽¹⁰⁾

表五、防腐人工飼料連續飼育二化螟蟲之結果¹⁾

Table 5. Successive rearing rice stem borer on artificial diet containing antimicrobial agents in an insectary¹⁾

Generations	Hatchability (%) ²⁾	Duration (day)			Rate of pupation (%) ³⁾	Weight of pupa (mg)	Adult emergence (%) ⁴⁾	Eggs/female
		Egg	Larva	Pupa				
1st	89.6 a	7.2 a	33.5 a	7.3 a	82.4 bc	61.3 a	81.9 b	204.3 a
2nd	77.4 c	7.8 a	31.9 a	7.7 a	76.3 c	58.7 ab	92.3 a	198.7 a
3rd	80.3 b	7.4 a	32.9 a	6.9 a	91.3 a	53.8 b	77.3 b	156.2 a
4th	87.5 ab	7.3 a	33.2 a	7.1 a	86.3 ab	58.0 ab	89.8 a	184.3 a
5th	82.9 b	7.1 a	35.2 a	7.3 a	78.6 c	56.6 ab	91.2 a	161.3 a

1) The insects were reared in an insectary with temperature ranged from 25 to 30 °C, 75 to 95% RH and 14L:10D conditions, 5 jars for each generation, 50 larvae each jar.

2) Calculation based on the total number of eggs tested.

3) Calculation based on the total number of first instar larvae tested.

4) Calculation based on the total number of pupae tested.

5) Mean in the same column followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple range test(p=0.05).

表六、在不同溫度下二化螟蟲各蟲期發育所需時間

Table 6. Developmental time for immature stages of rice stem borer at various temperatures¹⁾

Temp. (°C)	Duration (day) ($\bar{X} \pm SD$)			
	Egg stage	Larval stage	Pupal stage	Total
15	17.2 ± 0.9 (15-20)	140.5 ± 30.7 (78-195)	32.2 ± 4.6 (21-41)	184.7 ± 27.2 (121-222)
20	10.2 ± 0.7 (9-12)	83.7 ± 17.6 (42-120)	15.3 ± 3.4 (9-25)	109.8 ± 18.9 (63-146)
25	7.6 ± 0.7 (7-9)	31.1 ± 7.4 (23-54)	7.6 ± 0.9 (6-9)	45.5 ± 6.8 (38-69)
30	5.4 ± 0.8 (4-7)	22.5 ± 3.8 (18-34)	6.9 ± 0.7 (5-8)	34.9 ± 3.8 (29-46)

1) Ten eggmasses and four jars of artificial diet with 50 newly hatched larvae in each jar were used for the test at each temperature. The values in the parentheses indicate the range of duration.

表七、溫度對二化螟蟲卵孵化率、幼蟲存活率以及蛹羽化率之影響

Table 7. Effects of temperature on hatchability and survival rate of larvae and pupae^{1,2)}

Temp. (°C)	Hatchability (%)	Rate of survival larvae (%)	Adult emergence (%)
15	77.1 ± 30.0 a (21.2-98.7)	56.9 ± 5.9 c (48.3-62.4)	78.6 ± 2.1 c (76.4-81.2)
20	98.5 ± 1.4 a (96.7-100)	72.0 ± 5.9 b (64.5-78.3)	85.3 ± 6.0 bc (78.0-92.5)
25	92.4 ± 8.2 a (84.2-100)	83.8 ± 4.0 a (79.3-87.7)	94.4 ± 4.4 a (89.4-100)
30	90.2 ± 16.1 a (47.2-98.9)	78.1 ± 3.7 b (74.7-82.2)	91.9 ± 3.5 ab (87.9-94.6)

1) Ten egg masses and four jars of artificial diet with 50 newly hatched larvae each jar were used for the test at each temperature. The values in the parentheses indicate the range of value.

2) Means in the same column followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple range test (p=0.05).

表八、二化螟蟲之發育臨界低溫、有效積溫和發育速率

Table 8. The low temperature threshold and total effective temperature and velocity for the development of rice borer reared with artificial diet

Stage	Low temp. threshold (°C) ¹⁾	Total effective temp. (day-degrees) ²⁾	Regression of developmental rate ³⁾
Egg	7.15	127.22	$\hat{y}=0.00786x - 0.0562$ ($r^2=0.9879$)
Larva	13.44	379.02	$\hat{y}=0.00264x - 0.0355$ ($r^2=0.9550$)
Pupa	11.09	122.04	$\hat{y}=0.008193x - 0.09083$ ($r^2=0.9453$)
Egg to pupa	12.65	604.50	$\hat{y}=0.001654x - 0.02092$ ($r^2=0.9605$)

1) The x-intercept method was used to calculate threshold temperatures.

2) Calculated according to a formula of $K=(T-C)D$, in which K =total effective temperature, T =temperature, C =low temperature threshold for development, D =days requirement for development.

3) \hat{y} =developmental rate expressed as 1/day, x =temperature.

估算卵之發育臨界低溫與有效積溫分別為 12.7 °C 及 75.8 日度。本試驗估算卵之發育臨界低溫為 7.2 °C，顯然較上述報告者為低，此種差異是否因二化螟蟲之生態小種差異所致，尚無法證明。蓋二化螟蟲分佈於日本北部之 Shonai ecotype 及

分佈於西南部之 Saigoku ecotype 對溫度之需求即有顯著差異⁽¹¹⁾。為貯存卵塊，筆者在另一試驗中，將在 25 °C 產下的卵塊，分別貯存於 10 °C 為期 2、4、6、8 及 10 天後再移至 25 °C 孵化，結果如表九所示。在 25 °C 下孵化所需日數隨貯存於

表九、二化螟蟲卵塊貯存於10°C之日數對孵化率之影響

Table 9. Effect of the period of storing eggs of rice stem borer at 10 °C on hatchability

period for eggs stored at 10°C/days	No.egg-masses obs.	period to hatching after transfered to 25°C/days	Hatchability (%)
0	26	7.4	92.0 ± 8.4
2	25	7.2	89.2 ± 8.5
4	20	5.3	85.8 ± 16.2
6	26	4.6	81.2 ± 7.6
8	30	4.3	85.5 ± 9.9
10	25	3.4	84.0 ± 15.8

10°C下日數之增長而縮短，貯存於10°C之日數(x)與移出於25°C卵發育所需日數(y)可由 $y = 7.46 - 0.429x$ ($r^2=0.9431$)表示。由此可見卵之發育臨界低溫應在10°C以下。

Saigoku ecotype 之二化螟幼蟲在12至33°C範圍內均可正常發育，發育臨界低溫估算為12°C，發育有效積溫雄蟲為518.8日度，雌蟲為578.3日度，但Shonai ecotype 二化螟幼蟲之發育臨界低溫估算為10.5°C^(11,15,31)。本試驗以防腐人工飼料飼育，幼蟲發育臨界低溫為13.4°C，發育有效積溫為379.0日度，與上述結果略有差異。至於蛹在溫度15至35°C均可發育，但以15至25°C之發育速率呈直線關係，25°C以上增加率呈緩，35°C以上則羽化之成蟲不正常，且大部份的蛹死亡，無法羽化。蛹發育臨界低溫及發育有效積溫在Saigoku ecotype 雄蟲分別為10.3°C及174.95日度，雌蟲分別為10°C及170.6日度⁽²⁸⁾；Shonai ecotype 蛹之越冬世代發育臨界低溫約為10°C⁽¹⁸⁾；本試驗結果估算蛹之發育臨界低溫為11.1°C，有效積溫為122.0日度亦與之略有差異。由卵至成蟲羽化之有效積溫，依Yagi⁽³¹⁾報告，需為810日度⁽³¹⁾，而Katsumata⁽²²⁾報告為711日度；但西班牙之Gomez⁽¹³⁾則報告為601.5日度⁽¹³⁾，與本試驗所獲之604.5日度較近似。由此

可見發育臨界低溫與有效積溫隨試驗環境，食料及生態小種而略有變動。本試驗以嘉義地區採得之二化螟蟲並以防腐人工飼料飼育所獲之結果，可能與水稻飼育之結果有差異，但可供以人工飼料配方飼育二化螟蟲之參考。

謝 辭

本研究承農委會82科技-2.1-糧-29(5-12)及83科技-2.1-糧-01(5-12)之經費補助，試驗期間承王婉伶及王麗敏小姐協助，謹誌謝忱。

引用文獻

1. 何火樹、劉達修 1970 台中地區水稻二化螟蟲之生態研究。台灣農業 6(1):7-14。
2. 洪巧珍、黃振聲、謝豐國 1988 亞洲玉螟之大量飼養方法。中華昆蟲 8:95-104。
3. 曾清田 1986 人工飼料防腐劑之改進對亞洲玉米螟生長發育之影響。中華昆蟲 6:69-78。
4. 曾清田、涂宗仁 1974 玉米螟之人工大量飼養研究。玉米研究中心彙報 10:34-39。
5. 陶家驊 1966 水稻害蟲。載於台灣

- 植物保護工作(1940-1965)。昆蟲篇：285-302。
6. 廖光正、謝豐國、朱耀沂 1991 雜蠶期家蠶人工飼料用防腐劑之篩選。中華昆蟲 11:180-186。
 7. 歐陽盛芝、朱耀沂 1988 以天然與人工飼料累代飼育斜紋夜蛾 (*Spodoptera litura* (F.)) 生長之比較。中華昆蟲 8:143-150。
 8. 鄭清煥 1986 台灣稻作害蟲與防治。載於四十年來台灣地區稻作生長改進專輯：199-218。
 9. 劉達修、王文哲、王玉沙 1991 台中地區二化螟蟲多發生地區猖獗因子之研究。中華昆蟲 11:300-309。
 10. Doke, N. 1936. On the effect of temperature and moisture on the biology of *Chilo simplex* Butler. I. Oyo-Dobutsu Zasshi 8:87-93.
 11. Fukuya, M. 1959. Forecasting of the agricultural insect pests. Agric. and Hortic., Tokyo, 34:593-96, 749-52, 983-96.
 12. Fukuya, M., and Kamano, S. 1964. Mass rearing of rice stem borer, P.241-248, In The major insect pests of the rice plant. Proc. Symp. at IRRI, IRRI, Los-Banos, Philippines.
 13. Gomez Clement, F. 1948. Estudio biológico del lepidoptero *Chilo simplex* Butler en los approzales valencianos. Bol. Pat. Veg. Entomol. Agric; 16:1-22.
 14. Guennelon, G., and Soria, F. 1973. Mise au point au laboratoire d'un élevage permanent de la pyrale du riz, *Chilo suppressalis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae) sur milieu artificiel. Ann. Zool-Ecol. Anim. 5:547-558.
 15. Harukawa, C., Takato, R., and Kumashiro S. 1931. Studies on the rice borer *Chilo simplex* Butler. II. Effect of constant temperature upon the development of the rice borer (1). Ber. Ohara Inst. Landwirt Forsch. Kurashiki, 5(1): 209-220.
 16. Heong, K. L. 1991. Management of the brown planthopper in the tropics. P. 269-279. In Proc. Intern. Seminar on Migration and Dispersal of Agric. Insects. Tsukuba, Japan.
 17. Ishii, H. 1964. Nutritional studies of rice stem borer *Chilo suppressalis* Walker. P. 229-239. In The major insect pests of rice plant. In Proc. Symp. at IRRI, IRRI, Los-Banos, Philippines.
 18. Joraku, T., and Machizuki, M. 1964. Relation between temperature and post-diapause development in the hibernating larvae of the rice stem borer. Ann. Mtg. Jpn. Soc. Appl. Entom and Zool. Abstr., P.12.
 19. Kamano, S. 1974. On the successive rearing of rice stem borer on the artificial diets under aseptic condition. Bull. Nat. Inst. Agr. Sci. Ser. C. 27:1-51.
 20. Kaneko, T., and Fukazawa, N. 1952. The rice stem borer (*Chilo simplex* Butler) developed by barley feeding. Oyo-Kontyu 7(3):182.
 21. Kaneko, T., Fukazawa, N., and Ishii, S. 1951. An aseptic method of rearing the rice stem borer *Chilo simplex* Butler. Abstr. Oyo-Kontyu 7:68.
 22. Katsumata, K. 1934. Results of breeding experiments with *Chilo simplex* Butler, especially on the duration of the larval instars and thermal constant. J. Plant Protect. Tokyo, 21:35-48. 187-198.
 23. Kiritani, K. 1990. Recent population trends of *Chilo suppressalis* in tempe-

- rate and subtropical Asia. *Insect Sci. Applic.* 11(4):555-562.
24. Kiritani, K., and Iwao, S. 1964. The biology and life cycle of *Chilo suppressalis* (Walker) and *Tryporyza* (Schoenobius) incertulas (Walker) in temperate-climate area. P.45-101. *In* The major insect pests of the rice plant. Proc. Symp. at IRRI, IRRI, Los-Banos, Philippines.
25. Koyama, T., Yasude, S., and Ishii, S. 1951. On the rearing method of the rice stem borer by artificial media. *Oyokontyu* 5(4):198-201.
26. Tamura, I., Suzuki, T., and Oda, S. 1959. Rearing of the rice stem borer by means of rice seedling under aseptic condition. *Ann. Meat. Jpn. Soc. Appl. Entomol. Zool. Abstr.*, P7.
27. Mochizuki, A. 1994. Toxicity of δ - Endotoxin of *Bacillus thuringiensis kurstaki* HD-1 to the rice stem borer larvae, *Chilo suppressalis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 38:46-49.
28. Mihara, Y. 1929. The velocity of development in the pupal period of rice stem borer. *Kontyu* 3:189-90.
29. Sato, Y. 1964. A simple technique for mass rearing of rice stem borer on rice seedlings. *Jpn. J. Appl. Entomol, Zool.* 8:6-10.
30. Sugiyama, S. 1960. The influence of temperature on the embryonic development of the rice stem borer moth *Chilo suppressalis* Walker. *Nogaku Kontyu* 47:195-204.
31. Yagi, N. 1934. Isodevelopmental zonation of *Chilo simplex* Butler in Nippon, *J. Agric. Expt. Stn. Tokyo*, 2:381-394.

ABSTRACT

Cheng, C. H. 1995. Screening of antimicrobial agents for preventing microorganisms contamination on artificial diet and the temperature requirement for the development of rice stem borer. *Plant Prot. Bull.* 37:29-40. (Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI, 2 Min-chuan Road, Chiayi, Taiwan, R.O.C.)

For preventing the contamination by microorganisms on the artificial diet for rearing the rice stem borer (*Chilo suppressalis* Walker), several antimicrobial agents were screened in this study. The survival rate and developmental rate of larvae, weight of pupae, adult emergence and number of eggs laid per female were used as criteria in the evaluation. The results indicated that antimicrobial agents including sorbic acid (1.2 g), methyl-p-hydroxybenzoate (1.2 g), aureomycin (295 mg), formaldehyde (0.4 ml) and streptomycin (44 mg) mixed with the diet with distilled water (1L) showed not only the minimum adverse effect on larval development but also effectively preserved the diet from contamination by microorganisms; especially when the PH value of the diet was adjusted to 5.0-5.5, the pupation rate could increase from 50 or 60% to more than 80%. With

this artificial diet to the stem borer successively for five generations in an insectary (25 to 30 °C , 75-95% RH, and 14-h light), the larval period, pupation rate, pupal weight, and adult emergence averaged 32-35 days, 76-91%, 54-61 mg and 77-92%, respectively; and the number of eggs laid per female averaged 156-204. These values were remarkably greater than those reared with rice stem or rice seed-buds. Rearing the stem borer on this diet at a constant temperature of 15, 20, 25 and 30 °C , with 14-hour photoperiod indicated that the developing velocity increased linearly with the increased temperature. The optimum temperature for development was 25 °C . The low temperature threshold and total effective temperatures for the development of egg, larva and pupa were estimated to be 7.2 °C and 127.2 day-degrees, 13.4 °C and 379.91 day-degrees, 11.1 °C and 122.0 day-degrees, respectively.

(Key words: *Chilo suppressalis*, rice stem borer, antimicrobial agents, artificial diet, temperature)