

斜纹夜蛾半合成人工饲料的研究*

卢文华 汤忠琦 张维球

(植保系)

提 要

本文利用正交试验设计,考察了半合成人工饲料中木薯叶粉与黄豆粉的比例(A)、干酵母(B)、抗坏血酸(C)、蔗糖(D)、含水量(E)和琼脂量(F)六个因素的五个各自不同水平的组合对斜纹夜蛾幼虫发育速率、存活率和雌蛹重的影响,筛选出一个简易经济的、能够大量饲养斜纹夜蛾的配方。结果表明斜纹夜蛾雌蛹重与产卵量之间存在直线相关关系,蛹越重,产卵量越高;饲料中干酵母的含量是影响斜纹夜蛾生长发育的主要因素,抗坏血酸对成虫生殖力的作用仅次于酵母,含水量主要影响幼虫发育速率和存活率;在本试验条件下,木薯叶粉与黄豆粉的比例和糖蔗对斜纹夜蛾生长发育影响不大,琼脂用量则可从2%降至1.5%而不至发生不利影响。最优配方组合为 $B_4E_2C_3F_3D_1A_2$,即饲养1200~1500头幼虫的用量为木薯叶粉790克,黄豆粉395克,干酵300克,抗坏血酸15克,琼脂90克,水6升。

斜纹夜蛾*Spodoptera litura* (F.)是一种为害范围较广的害虫,对蔬菜的为害尤为严重。利用微生物、天敌昆虫和嗜虫性线虫对该虫的防治有着广阔的前景,是有利于实现无公害蔬菜的重要方法。应用半合成人工饲料大量繁殖斜纹夜蛾作为有益生物的寄主,是开展斜纹夜蛾生物防治的关键问题。

关于斜纹夜蛾人工饲料的研究, Sato 有过较详细的报道^[1], Moore和Navon^[2] Chu et al^[7] [8] Okada^[10]、Boardman^[6]、蒲天胜和黄连江^[5]也曾对该虫及其近缘种的人工饲料作了研究,并提出了各自的半合成人工饲料配方。这些配方具有重要的参考价值,但因某些配方的组分复杂和其中一些材料在我省不易获取,实际应用有困难。本文着重利用我省容易获取的植物资源,探索和筛选出既经济简便,又能达到良好饲养效果的半合成人工饲料的方法和配方,供大量繁殖斜纹夜蛾和开展生防作参考。

材 料 与 方 法

(一) 虫源

用木薯叶将田间采得斜纹夜蛾卵块饲养至成虫,所产卵块作为本试验虫源。

* 尹汝湛副教授、梁广文讲师对本文提出许多宝贵意见,谨表谢意。本校植保系82级学生游伟斌、文明参加部分试验。

(二) 饲料组份和制备

1. 饲料组份材料: 木薯叶粉(新鲜叶片洗净晒干或35℃烘干,粉碎瓶装备用); 黄豆粉(将黄豆洗净100℃烘干,粉碎瓶装备用); 干酵母(药用片剂); 抗坏血酸(分析纯); 蔗糖(化学纯); 琼脂; 水。

2. 复合防腐剂及其用量: 尼泊金(化学纯,0.2克/100毫升水); 山梨酸(化学纯,0.2克/100毫升水); 甲醛36%(化学纯,0.3毫升/100毫升水)。

3. 制备方法:

用所需水分的一半来溶解研碎后的抗坏血酸和蔗糖及酵母,将木薯叶粉和黄豆粉倒入混合; 水分的另一半加热溶解琼脂和三种防腐剂,冷却至70℃左右倒入上述半成品饲料中,充分搅拌混合后倒入容器置冰箱保存备用。

(三) 各虫态管理方法

幼虫: 卵块孵化后用毛笔接入直径8×10cm广口瓶中,每瓶养虫50头,加上白色的确凉布和粘有45目铜网的塑料盖以防止逃逸。四龄后转移到直径20×10cm养虫缸,每缸养虫25头,其上用橡皮筋扎紧白纱布。三龄前一般不添加饲料,四龄后逐步添加,六龄虫一般一天加一次。饲料上均加滤纸或其它吸水纸供幼虫栖息。

蛹: 老熟幼虫出现予蛹特征时挑出置锯木屑中化蛹,化蛹后24~48小时取出称重,置垫有湿滤纸的培养皿中至羽化。

成虫及产卵: 成虫羽化后配对置内壁贴有绿色绉纸的直径8×10cm广口瓶中产卵,每天饲以10%蜜糖水,至死亡后统计产卵量与蛹重的关系。

试验于本系昆虫学教研室养虫室恒温箱内进行,饲养温度27~28℃,光照每天10小时,全部养虫缸放在盛有水的瓷盆内以保持一定的湿度和防蚁。

(四) 最优配方的筛选方法

参试因素及水平见表1。其中A为木薯叶粉与黄豆粉在饲料营养干物质中的配合比例,其各自的用量按比例在二者混合物占营养干物质的重量中分配; B为干酵母在营养干物质中的重量百分比; C为抗坏血酸在营养干物质中的重量百分比; D为蔗糖在营养干物质中的重量百分比; E为含水量,即水分与营养干物质总重量之比(毫升/克);

表1 斜纹夜蛾半合成人工饲料筛选试验因素水平表

参试因素		1	2	3	4	5
营养干物质	A木薯叶粉/黄豆粉g/g	5.5/1	2/1	1/1	1/2	1/2.5
	B干酵母%	0	5	10	20	25
	C抗坏血酸%	0	0.5	1	2.5	5
	D蔗糖%	0	0.5	5	10	15
	E含水量(营养干物质倍数)	3	4	4.5	5	6
	F琼脂g/100ml	0.8	1.0	1.5	1.8	2

F为饲料中琼脂含量(克/100毫升水)。共六个参试因素,各取五个不同的水平,因而在试验中采用 $L_{25}5^6$ 正交表,用正交试验设计营养配方的筛选,最后用极差法和综合平衡法对平均发育速率,存活率和平均雌蛹重三个考察指标进行分析,以选出最优配方。具体试验配方方案见表2。

表2 斜纹夜蛾半合成人工饲料筛选配方试验方案*

因素 水平用量 配方号	A	B	C	D	E	F
	木薯叶粉:黄豆粉	干酵母	抗坏血酸	蔗糖	含水量	琼脂
1	A ₁ 84.6 15.4	B ₁ 0	C ₁ 0.0	D ₁ 0	E ₁ 300	F ₁ 2.4
2	A ₁ 79.5 14.5	B ₂ 5	C ₂ 0.5	D ₂ 0.5	E ₂ 400	F ₂ 4.0
3	A ₁ 71.1 12.9	B ₃ 10	C ₃ 1.0	D ₃ 5	E ₃ 450	F ₃ 6.7
4	A ₁ 57.2 10.4	B ₄ 20	C ₄ 2.5	D ₄ 10	E ₄ 500	F ₄ 9.0
5	A ₁ 46.5 8.5	B ₅ 25	C ₅ 5.0	D ₅ 15	E ₅ 600	F ₅ 12.0
6	A ₂ 63.0 31.5	B ₁ 0	C ₂ 0.5	D ₃ 5	E ₄ 500	F ₅ 10.0
7	A ₂ 56.0 28.0	B ₂ 5	C ₃ 1.0	D ₄ 10	E ₅ 600	F ₁ 4.8
8	A ₂ 48.3 24.2	B ₃ 10	C ₄ 2.5	D ₅ 15	E ₁ 300	F ₂ 3.0
9	A ₂ 50.0 25.0	B ₄ 20	C ₅ 5.0	D ₁ 0	E ₂ 400	F ₃ 6.0
10	A ₂ 49.7 24.8	B ₅ 25	C ₁ 0.0	D ₂ 0.5	E ₃ 450	F ₄ 8.1
11	A ₃ 42.0 42.0	B ₁ 0	C ₃ 1.0	D ₅ 15	E ₂ 400	F ₄ 7.2
12	A ₃ 46.25 46.25	B ₂ 5	C ₄ 2.5	D ₁ 0	E ₃ 450	F ₅ 9.0
13	A ₃ 42.25 42.25	B ₃ 10	C ₅ 5.0	D ₂ 0.5	E ₄ 500	F ₁ 4.0
14	A ₃ 37.5 37.5	B ₄ 20	C ₁ 0.0	D ₃ 5	E ₅ 600	F ₂ 6.0
15	A ₃ 32.5 32.5	B ₅ 25	C ₂ 0.5	D ₄ 10	E ₁ 300	F ₃ 4.5
16	A ₄ 32.3 64.7	B ₁ 0	C ₄ 2.5	D ₂ 0.5	E ₃ 600	F ₅ 9.0
17	A ₄ 28.3 56.7	B ₂ 5	C ₅ 5.0	D ₃ 5	E ₁ 300	F ₄ 5.4
18	A ₄ 26.7 53.3	B ₃ 10	C ₁ 0.0	D ₄ 10	E ₂ 400	F ₅ 8.0
19	A ₄ 21.5 43.0	B ₄ 20	C ₂ 0.5	D ₅ 15	E ₃ 450	F ₁ 3.6
20	A ₄ 24.7 49.3	B ₅ 25	C ₃ 1.0	D ₁ 0	E ₄ 500	F ₂ 5.0
21	A ₅ 24.3 60.7	B ₁ 0	C ₅ 5.0	D ₄ 10	E ₃ 450	F ₂ 4.5
22	A ₅ 22.9 57.1	B ₂ 5	C ₁ 0.0	D ₅ 15	E ₄ 500	F ₃ 7.5
23	A ₅ 25.6 63.9	B ₃ 10	C ₂ 0.5	D ₁ 0	E ₅ 600	F ₄ 10.8
24	A ₅ 22.4 56.1	B ₄ 20	C ₃ 1.0	D ₂ 0.5	E ₁ 300	F ₅ 6.0
25	A ₅ 19.3 48.2	B ₅ 25	C ₄ 2.5	D ₃ 5	E ₂ 400	F ₁ 3.2

*每配方配制100g营养干物质。

结果与分析

按上述试验方案配合的半合成人工饲料饲养斜纹夜蛾,分别记录其发育历期、存活情况和称取蛹重,统计雌雄性比,得出表3的试验结果。

用天然饲料如芋头叶、花生叶和木薯叶等饲养的斜纹夜蛾,幼虫发育历期约17天,雌蛹重平均0.4克。表3说明本试验所配合的半合成人工饲料中的一些配方已能达到或接近此标准。其中发育历期短于18天的有2、3、4、9、15、19、20和25号共八个配方;雌蛹重超过0.4克的有3、4、7、9、11、12、15、17、19、20、23、24和25号共十三个配方,其中4、9号配方超过0.48克,发育历期也短于17天。与此同时,4、

7、9、10、12、18、23和25号配方的幼虫存活率达85%以上,尤其是9、10和25号配方达98%以上。证明试验所给成分已基本满足幼虫生长发育的营养要求。

为了进一步明确各参试因素对斜纹夜蛾生长发育的影响,以便选出最优配方,我们采用极差法对试验结果进行分析(表4)。

由表4的极差值R分析可知,影响斜纹夜蛾幼虫平均发育速率的主要因素是干酵母,其极差值达 37×10^{-3} ;其次是含水量和抗坏血酸。各因素对平均发育速率的影响按极差值R的大小分出主次为: B, E, C, F, D, A (R值距离小的,用“、”隔开,大的用“;”隔开)。这表明当干酵母(B)含量水平变动时,平均发育速率随之发生较大的变动;而含水量(E)和抗坏血酸(C)的水平变动时,平均发育速率虽然也随之发生变动,但变动的幅度较B要小。同理,琼脂(F)、蔗糖(D)和木薯叶粉/黄豆粉(A)这些因素的水平变动对幼虫平均发育速率这一指标的影响相应下降。以各

表8 斜纹夜蛾半合成人工饲料筛选试验结果* (广州石牌,恒温27.5°C1984年7~8月)

因素 配方号	配方组合	幼虫平均 发育历期 (天) $\pm$ SE	幼虫平均发育速率 (1/天) $\pm$ SE	平均雌蛹重 (克) $\pm$ SE	存活率 (%) $\pm$ SP	雌雄比
1	A ₁ B ₁ C ₁ D ₁ E ₁ F ₁	∞	0	0	0	—
2	A ₁ B ₂ C ₂ D ₂ E ₂ F ₂	17.9 $\pm$ 0.25	0.056 $\pm$ 6.7 $\times 10^{-4}$	0.3844 $\pm$ 0.020	74 $\pm$ 0.072	1.4:1
3	A ₁ B ₃ C ₃ D ₃ E ₃ F ₃	16.3 $\pm$ 0.14	0.062 $\pm$ 4.9 $\times 10^{-4}$	0.4375 $\pm$ 0.008	76 $\pm$ 0.069	1.7:1
4	A ₁ B ₄ C ₄ D ₄ E ₄ F ₄	16.8 $\pm$ 0.12	0.060 $\pm$ 3.9 $\times 10^{-4}$	0.4877 $\pm$ 0.010	86 $\pm$ 0.053	0.8:1
5	A ₁ B ₅ C ₅ D ₅ E ₅ F ₅	20.6 $\pm$ 0.39	0.049 $\pm$ 9.0 $\times 10^{-4}$	0.3693 $\pm$ 0.027	66 $\pm$ 0.082	1.5:1
6	A ₂ B ₁ C ₂ D ₂ E ₂ F ₂	26.7 $\pm$ 0.74	0.038 $\pm$ 1.1 $\times 10^{-3}$	0.3733 $\pm$ 0.015	44 $\pm$ 0.106	1.6:1
7	A ₂ B ₂ C ₂ D ₂ E ₂ F ₂	19.1 $\pm$ 0.33	0.053 $\pm$ 7.4 $\times 10^{-4}$	0.4173 $\pm$ 0.010	86 $\pm$ 0.053	0.9:1
8	A ₂ B ₃ C ₂ D ₂ E ₂ F ₂	29.7 $\pm$ 0.80	0.034 $\pm$ 9.0 $\times 10^{-4}$	0.3595 $\pm$ 0.024	12 $\pm$ 0.133	2.0:1
9	A ₂ B ₄ C ₂ D ₂ E ₂ F ₂	15.8 $\pm$ 0.08	0.063 $\pm$ 3.2 $\times 10^{-4}$	0.4804 $\pm$ 0.009	98 $\pm$ 0.020	1.1:1
10	A ₂ B ₅ C ₂ D ₂ E ₂ F ₂	18.2 $\pm$ 0.26	0.055 $\pm$ 7.0 $\times 10^{-4}$	0.3525 $\pm$ 0.008	98 $\pm$ 0.020	0.9:1
11	A ₃ B ₁ C ₃ D ₃ E ₃ F ₃	23.6 $\pm$ 0.39	0.043 $\pm$ 6.1 $\times 10^{-4}$	0.4085 $\pm$ 0.013	56 $\pm$ 0.094	0.5:1
12	A ₃ B ₂ C ₃ D ₃ E ₃ F ₃	18.9 $\pm$ 0.34	0.054 $\pm$ 7.6 $\times 10^{-4}$	0.4062 $\pm$ 0.012	94 $\pm$ 0.035	1.1:1
13	A ₃ B ₃ C ₃ D ₃ E ₃ F ₃	25.8 $\pm$ 0.48	0.039 $\pm$ 6.9 $\times 10^{-4}$	0.3635 $\pm$ 0.039	12 $\pm$ 0.133	2.5:1
14	A ₃ B ₄ C ₃ D ₃ E ₃ F ₃	21.1 $\pm$ 0.26	0.048 $\pm$ 5.1 $\times 10^{-4}$	0.3804 $\pm$ 0.013	48 $\pm$ 0.102	1.0:1
15	A ₃ B ₅ C ₃ D ₃ E ₃ F ₃	17.9 $\pm$ 0.59	0.058 $\pm$ 1.4 $\times 10^{-3}$	0.4443 $\pm$ 0.014	74 $\pm$ 0.072	0.7:1
16	A ₄ B ₁ C ₄ D ₄ E ₄ F ₄	34.1 $\pm$ 0.83	0.030 $\pm$ 7.2 $\times 10^{-4}$	0.2696 $\pm$ 0.012	36 $\pm$ 0.113	1.5:1
17	A ₄ B ₂ C ₄ D ₄ E ₄ F ₄	18.3 $\pm$ 1.06	0.045 $\pm$ 9.2 $\times 10^{-4}$	0.4133 $\pm$ 0.013	18 $\pm$ 0.128	0.9:1
18	A ₄ B ₃ C ₄ D ₄ E ₄ F ₄	24.1 $\pm$ 0.25	0.042 $\pm$ 4.0 $\times 10^{-4}$	0.3608 $\pm$ 0.013	88 $\pm$ 0.049	1.3:1
19	A ₄ B ₄ C ₄ D ₄ E ₄ F ₄	17.6 $\pm$ 0.19	0.057 $\pm$ 5.6 $\times 10^{-4}$	0.4079 $\pm$ 0.012	70 $\pm$ 0.077	0.9:1
20	A ₄ B ₅ C ₄ D ₄ E ₄ F ₄	16.6 $\pm$ 0.11	0.060 $\pm$ 4.9 $\times 10^{-4}$	0.4288 $\pm$ 0.017	82 $\pm$ 0.060	0.5:1
21	A ₅ B ₁ C ₅ D ₅ E ₅ F ₅	8	0	0	0	—
22	A ₅ B ₂ C ₅ D ₅ E ₅ F ₅	23.4 $\pm$ 0.32	0.043 $\pm$ 5.6 $\times 10^{-4}$	0.3677 $\pm$ 0.012	74 $\pm$ 0.072	0.9:1
23	A ₅ B ₃ C ₅ D ₅ E ₅ F ₅	20.2 $\pm$ 0.43	0.050 $\pm$ 9.1 $\times 10^{-4}$	0.4027 $\pm$ 0.014	88 $\pm$ 0.049	0.5:1
24	A ₅ B ₄ C ₅ D ₅ E ₅ F ₅	18.8 $\pm$ 0.43	0.054 $\pm$ 1.0 $\times 10^{-3}$	0.4139 $\pm$ 0.013	82 $\pm$ 0.060	0.7:1
25	A ₅ B ₅ C ₅ D ₅ E ₅ F ₅	14.1 $\pm$ 0.06	0.071 $\pm$ 2.5 $\times 10^{-4}$	0.4161 $\pm$ 0.010	100 $\pm$ 0.000	1.2:1

*每配方号养虫50头,幼虫期包括予蛹期。 幼虫存活率% = $\frac{\text{化蛹数}}{\text{饲养幼虫数}} \times 100$

因素的不同水平为横坐标，平均发育速率为纵坐标，分别按各因素的R值作出多边形（图1）。图1直观地反映了A的比例偏高和偏低都不如比例适中的 A_2 、 A_3 和 A_4 ，以 A_2 所饲养幼虫的发育速率较快；B则随含量增加而加快；C、D和F分别以 C_3 、 D_3 和 F_3 最利幼虫发育速率的提高；E偏低对发育速率不利，以 E_2 幼虫发育最快。因此对于平均发育速率，其最优配合为 $B_5E_2C_3F_3D_3A_2$ 。

同样，R值分析表明B是影响幼虫存活率的主要因素，次之为E。各因素的水平变动对存活率的影响由大到小为：B，E，C，F，D，A。图2显示了各因素水平变动与存活率的关系，A的水平变动引起的存活率波动不大，在55~70%之间；随着B含量的增加，存活率陡然提高，其波动范围非常明显；C以 C_3 存活率最高， C_5 的幼虫存活率只有38.8%，而含量少或完全没有抗坏血酸则存活率均达60%以上；E以 E_2 存活率最高，含水量偏低或偏高均对幼虫存活率发生不利影响；随着D含量的提高，存活率反而出现下降的趋势；F在 F_3 以上时，幼虫存活率显然稳定在较高的状况中。对于存活率，其最优配合为： $B_5E_2C_3F_3D_1A_5$ 。

关于平均雌蛹重这一指标的R值分析表明，B仍然是影响指标变动的主要因素，次之为C。各因素的影响作用大小依次为B，C，F，E，A，D。由图3可见，高或低比例的A的蛹重均较轻，此趋势与平均发育速率中A的情况相似；干酵母从无到有，蛹重明显增加，尤以 B_4 最重，达0.43克；缺乏抗坏血酸或过多都影响到蛹重增加， C_3 的蛹最重；同存活率情况一样，琼脂量在 F_3 以上其相应的蛹重也较稳定；D对雌蛹重的影响不大，蔗糖的有无仅令蛹重在较狭窄的范围内波动；E各点的波动亦与D类似，表明含水量对指标的影响不如对存活率和发育速率的明显，其影响位置较之前面二个指标而后移。此指标的最优配合为： $B_4C_3F_4E_2A_3D_3$ 。

上述分析表明，对于不同的指标，其最优配合不尽相同，且各因素水平变动对三个指标的影响亦既有相同又有不同之处。相同的是干酵母（B）这一营养因素均是影响三个指标的主要因素，而蔗糖（D）和木薯叶粉/黄豆粉（A）的水平变动均对三个指标影响不大。不同的是，除B外，对存活率发生明显作用的是含水量（E），对平均雌蛹重则是抗坏血酸（C）。因此，在本试验条件下要获得各方面都较优的配方，首先应注

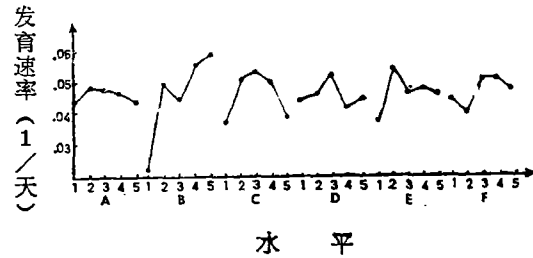


图1 因素与平均发育速率的关系

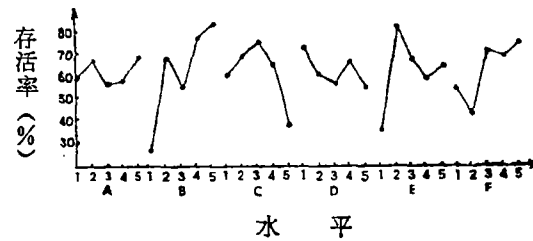


图2 因素与存活率的关系

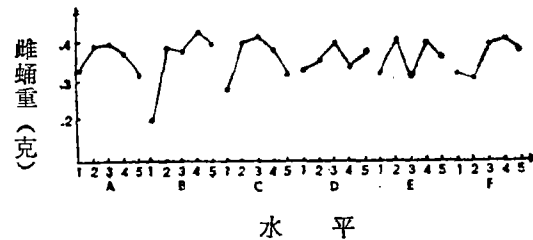


图3 因素与平均雌蛹重的关系

表 4 斜纹夜蛾半合成人工饲料筛选结果分析表*

指 标	因 素 k—R值	A	B	C	D	E	F	因素对指标影响
平均发育速率	K ₁	0.045	0.022	0.038	0.045	0.038	0.044	主 次 → B, E, C, F, D, A 最优配合: B ₁ E ₁ C ₁ F ₁ D ₁ A ₁
	K ₂	0.049	0.050	0.052	0.047	0.055	0.040	
	K ₃	0.048	0.045	0.045	0.053	0.046	0.051	
	K ₄	0.047	0.056	0.050	0.042	0.048	0.051	
	K ₅	0.044	0.059	0.039	0.045	0.046	0.047	
	R	0.005	0.037	0.016	0.011	0.017	0.011	
存活率	K ₁	60.4	27.2	61.6	72.4	37.2	53.6	主 次 → B, E, C, F, D, A 最优配合: B ₁ E ₁ C ₁ F ₁ D ₁ A ₁
	K ₂	67.6	69.2	70.0	60.4	83.2	43.2	
	K ₃	56.8	55.2	76.4	57.2	67.6	71.6	
	K ₄	58.8	76.8	65.6	66.8	59.6	69.2	
	K ₅	68.8	84.0	38.8	55.6	64.8	74.8	
	R	12	56.8	37.6	16.8	46	31.6	
平均雌蛹重	K ₁	0.3358	0.2103	0.2923	0.3351	0.3262	0.3210	主 次 → B, C, F, E, A, D 最优配合: B ₁ C ₁ F ₁ E ₁ A ₁ D ₁
	K ₂	0.3966	0.3978	0.4025	0.3568	0.4100	0.3106	
	K ₃	0.4006	0.3848	0.4218	0.4041	0.3208	0.3999	
	K ₄	0.3761	0.4341	0.3878	0.3420	0.4042	0.4129	
	K ₅	0.3201	0.4022	0.3253	0.3826	0.3678	0.3847	
	R	0.0805	0.2238	0.1289	0.069	0.089	0.1023	

$$K_i^x = \sum_{j=1}^5 X_{ij} / 5 \quad R = \text{Max} K_i^x - \text{Min} K_i^x \quad X - \text{因素: A, B, C, D, E, F}$$

i—水平: 1、2、3、4、5 j—i水平的重复数=5

意酵母量这一主要矛盾, 其次是含水量和抗坏血酸以及琼脂量的适当选取, 这就需要按照各因素和各指标矛盾主次、影响大小来加以综合平衡。

虽然因素A的水平变动对三个指标的影响不明显, 但其中的木薯叶粉因易得廉价而作为营养配方的主要成分, 兼起取食刺激剂的作用, 而黄豆粉则作为蛋白和脂肪源, 因此其作用是不可忽视的。比较A与三个指标的关系 (图1、2、3 A) 唯A₁均维持在较理想的水平上, 且大多数斜纹夜蛾半合成人工饲料配方的这一比例亦为2:1故选取A₁为最佳水平。

干酵母的水平变动对三个指标的影响最大, 单指标筛选的最优配合中, 发育速率快、存活率高都取B₁, 但雌蛹却在B₄。表明发育速率快的幼虫其蛹重却不一定最重, 这同雌虫体内营养物质的积累和转化有关。我们的研究表明蛹重和产卵量之间存在正的相关关系, 雌蛹越重, 产卵量越高 (表5、图4)。雌蛹重代表了斜纹夜蛾生殖能力的大小, 同时增大酵母用量会增加成本, 故认为B₄较适宜。

由抗坏血酸与三个指标的关系 (图1、2、3—C) 可见, 发育速率、存活率和雌蛹重因C水平变动而呈现相似的点波动规律: 过高和过低含量都不利斜纹夜蛾的生长发

育，这与Sato^[11]用麦胚+抗坏血酸饲养斜纹夜蛾所得结果一致。单指标筛选得出的最优配合均为C₃，表明此水平的抗坏血酸最能满足幼虫生长发育的需要。

食物中水分含量的高低常对昆虫生长发育产生十分明显的影响^[3]。有关斜纹夜蛾人工饲料中水分的营养效应一直未受重视，各个配方的含水量也不尽相同，因此有必要对人工饲料含水量问题有所探讨和了解。我们的研究表明含水量主要影响幼虫存活率（表4），对幼虫发育速率的影响亦不能忽视。含水少，幼虫因饲料太干硬而难以取食，引起幼虫发育缓慢甚至死亡。含水多，除因水分易析出造成死亡外，亦因高龄幼虫及予蛹会通过体表和粪便排出体内多余水分，从而造成多湿环境下幼虫易于罹病的情况。不同指标筛选出的最优配合均为E₂，表明斜纹夜蛾对饲料含水量的要求具一定的选择范围，在本试验条件下，含水量为营养干物质总重之四倍时生长发育最旺盛。

人工饲料中的蔗糖具双重生理意义，既是营养物质，又是取食刺激物。多数斜纹夜蛾的人工饲料中都加入一定比例的蔗糖，但其对斜纹夜蛾的意义却不甚明瞭。本试验结果的极差值R分析表明D水平变动对各指标的影响不大，亦即饲料中蔗糖的有无对斜纹夜蛾生长发育作用不大，且常导致存活率随D含量提高而下降（图2—C）从节约成本、简化饲料制备的角度出发，半合成人工饲料中可以完全不放蔗糖。

琼脂是人工饲料中最昂贵的组分之一。它既能保持饲料水分，又能使饲料具一定的结构和硬度，从而满足昆虫对水分及借饲料表面磨压口器的要求。由于半合成

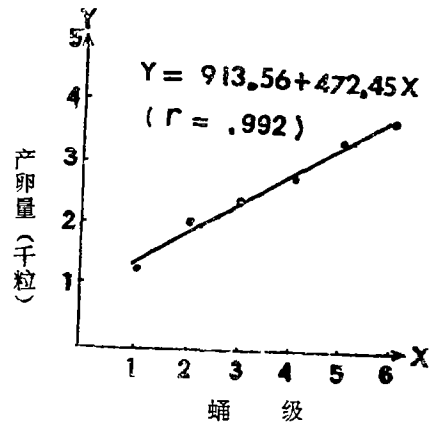


图4 斜纹夜蛾蛹重与产卵量关系

表5 斜纹夜蛾蛹重与产卵量（粒）*（广州，石牌，恒温27.5℃ 1985年1月）

蛹重级 产卵量 重复	1 (0.3克以下)	2 (0.3~ 0.35克)	3 (0.35 ~0.4克)	4 (0.4~ 0.45克)	5 (0.45 ~0.5克)	6 (0.5克以上)
I	728	1585	1652	2756	3056	4245
II	1688	2260	2380	2334	4050	3281
III	1329	2193	3062	3145	2980	3481
平均	1248.3	2012.6	2364.7	2745	3363.3	3669
产卵量±SE	±280.2 a	±214.7 ad	±407.1 bc	±234.2 bcd	±343.99 d	±293.8 d

*平均产卵量下注有相同字母者表明差异不显著（DMRT，0.05显著水平）。

人工饲料中含有大量植物纤维而使饲料具有结构和硬度,故有必要探讨降低琼脂用量的可能性。由F与三个指标的关系(图1、2、3—F)可见其变化规律均类似, F_1 和 F_2 的幼虫生长发育指标均不理想,当达到 F_3 后,就在较高指标范围上下波动,且以 F_3 各点波动最小,这说明适当减少琼脂用量是可行的,本试验条件下将琼脂用量由 F_3 降至 F_4 是合适的。

综上所述,斜纹夜蛾半合成人工饲料筛选结果最优配方组合为 $B_4E_2C_3F_3D_1A_2$ 。即营养干物质中干酵母占20%、抗坏血酸占1%、蔗糖占0%,余下的为木薯叶和黄豆粉的混合物,按2:1比例分配,含水量为营养干物质总重之4倍,每100毫升水加1.5克琼脂;饲养1200~1500头斜纹夜蛾幼虫的具体配方为木薯叶粉790克,黄豆粉395克,干酵母300克,抗坏血酸15克,琼脂90克,水6升,尼泊金12克,山梨酸12克,甲醛(36%)18毫升。

利用上述筛选最优配方饲养斜纹夜蛾幼虫,结果(表6)表明,无论是幼虫发育历期、雌蛹重或幼虫存活率,均显著优于作为对照的天然饲料(木薯叶和芋头叶),通过正交试验筛选所得的最优配方基本达到试验要求。

表6 筛选配方与天然饲料饲养斜纹夜蛾幼虫结果比较* (广州石牌,恒温27.5°C,1985年6月)

饲料成份	饲养虫数 (头)	幼虫平均发育历期 (天) ±SE	平均雌蛹重 (g) ±SE	幼虫存活率 (%) ±SP
芋头叶	52	17.176 ± 0.590 a	0.32623 ± 0.01569 a	65.38 ± 6.600 a
木薯叶	28	16.400 ± 0.883 a	0.37785 ± 0.06277 a	53.57 ± 9.430 a
筛选配方	48	14.837 ± 0.264 b	0.43649 ± 0.01702 b	89.58 ± 1.441 b

*幼虫平均发育历期、平均雌蛹重后注有相同字母者表明差异不显著(DMRT, 0.05显著水平),幼虫存活率后注有相同字母者表明差异不显著(t-检验, 0.05显著水平)。

讨 论

本试验条件下,干酵母是影响斜纹夜蛾生长发育的主要因素。干酵母富含蛋白、糖和水溶性维生素,它弥补了低龄幼虫不能利用粉碎程度不完全的木薯叶和黄豆粉的混合物这一不足。由于幼虫生长发育的低龄阶段一般对蛋白质要求高些^[1],因而酵母对斜纹夜蛾的营养作用尤为突出。

大部分植食性昆虫都需要抗坏血酸。Sato认为抗坏血酸对斜纹夜蛾高龄幼虫有轻微的取食刺激作用,且在促进化蛹过程中具重要的生理效应^[11]。这可以从我们的结果中得到进一步证明:缺乏抗坏血酸,幼虫生长缓慢,蛹重也不到0.3克。这表明缺乏抗坏血酸的半合成人工饲料尚不能充分满足斜纹夜蛾对抗坏血酸的需要,而抗坏血酸含量过高的不利影响则主要表现在存活率的明显下降(图2—C),这可能是饲料的营养平衡遭到

破坏从而引起幼虫发病率的提高。Sato虽然指出缺乏抗坏血酸则蛹重减轻, 却无进一步证明其与成虫生殖力的关系。由斜纹夜蛾产卵量与蛹重的关系(图4), 可以推断抗坏血酸影响成虫的产卵能力, 这能够从表4极差值R分析中得到间接证明: C是除B外影响平均蛹重这一指标的主要因素。由此可见, 在含有大量寄主植物物质的半合成人工饲料中仍有必要加入抗坏血酸。

陈志辉等曾认为不同含水量对七星瓢虫的生殖影响亦不同, 过高过低都会降低产卵量^[2]。而我们的试验表明含水量主要影响存活率, 对平均雌蛹重影响不大。这可能因为斜纹夜蛾是一种植食性昆虫, 取食范围广^[4], 对水分要求不如捕食性的瓢虫那么严格。斜纹夜蛾产卵量与蛹重之间存在正相关关系, 而蛹重又主要取决于幼虫的六龄阶段, 但此时幼虫却通过体表和粪便大量排出水分, 表明水分在这个营养物质积累和转化过程中作用不明显, 对蛹重的影响不大; 因而水分的多少不影响斜纹夜蛾的生殖力。

琼脂用量虽然可降至1.5%, 但仍然是饲料中成本最昂贵的组份之一, 探讨琼脂代用品是大量饲养过程中有必要继续研究的问题。

参 考 文 献

- [1] 忻介六、苏德明:《昆虫、螨类、蜘蛛的人工饲料》, 3—24, 科学出版社, 1979年。
- [2] 陈志辉、钦俊德: 七星瓢虫代饲料中水分的营养效应,《昆虫学报》, 25(2)1982: 141—146。
- [3] 钦俊德: 粘虫营养的研究——食物中和环境中水分对幼虫生长的影响,《昆虫学报》, 13(5)1964: 659—669。
- [4] 章士美: 斜纹夜蛾*Prodenia litura* Fab. 的初步观察,《昆虫知识》, 6(3)1959: 83—84。
- [5] 蒲天胜、黄连江: 人工饲料饲养斜纹夜蛾简报,《昆虫知识》, 17(3)1980: 123。
- [6] Boardman, L.A. 1977 Insectary culture of *Spodoptera litura*, *New Zealand Entomologist* 6 (3): 316—318。
- [7] Chu, Y. I.; Wang, S. C.; Cheng, S. H. 1976 Rearing the tobacco cutworm (*Spodoptera litura* F.) on semisynthetic media, *Plant Protection Bulletin, Taiwan* 18 (2): 161—172。
- [8] Chu, Y. I.; Wang, S. C.; Cheng, S. H. 1976 Studies on the mass production of the tobacco cutworm (*Spodoptera litura* F.) *Plant protection Bulletin, Taiwan* 18(2): 173—182。
- [9] Moore, I.; Navon, A. 1964 An artificial medium for rearing *Prodenia litura* F. and two other Noctuids, *Entomophaga* 9: 181—185。
- [10] Okada, M. 1977 Studies on the utilization and mass production of *Spodoptera litura* nuclear polyhedrosis virus for control of the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* F., *Review of Plant Protection Research* 10: 102—128。
- [11] Sato, Y. 1965 The artificial diet for mass rearing of the tobacco cutworm, *Prodenia litura* F. and the common armyworm, *Leucania separata* walker, *Jap. J. Appl. Ent. Zool.* 9 (2): 99—106。

STUDIES ON SEMISYNTHETIC DIETS OF THE TOBACCO CUTWORM, *SPODOPTERA LITURA* (F.)

Lu Wenhua Tang Zhongqi Zhong Weiqiu

(Department of Plant Protection)

ABSTRACT

This Paper deals with semisynthetic diets for mass rearing of *Spodoptera litura*(F.). Orthogonal layout is used to screen a cheaper, simpler and better diet composition. Six factors, including proportion of the cassava leaf powder and soy bean powder (A), percentage of dry yeast (B) , percentage of asorbic acid (C) , percentage of sucrose(D), amount of water (E) and agar (F) , each at five different level, were tested by assessing average rate of larval growth, percentage of larval survival and average weight of female pupa.

Results showed that dry yeast in the diets played an important role in larval growth, survival and pupal weight of *Spodoptera litura* (F.) with its optimal concentrations between 20%—25%. Asorbic acid was essential for adult's fecundity since the average weight of female pupa is obviously good with 1% concentration. The percentage of larval survival was also affected by the amount of water, the optimal level being about four times of the dry dietary components in the diets. It was no necessary to supplement sucrose to the diets. Larval growth and survival were not adversely affected when agar amount fell from 2 % to 1.5%. The suitable diet composition is as following, cassava leaf powder, 790g, soy bean powder, 395 g, dry yeast, 300 g, asorbic acid, 15 g, water, 6000 ml and 90 g agar. It could be prepared for rearing 1200-1500 larvae.

Further experiment showed that there was a linear correlation between the female pupal weight and the number of eggs laid by *Spodoptera litura* (F.) , $r=0.99225$.