

饲喂黄顶菊对黄粉虫生长发育及繁殖的影响

刘 宁^{1,2}, 付卫东^{1*}, 张国良¹, 刘玉升²

¹中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所环境修复室, 北京 100081;

²山东农业大学植物保护学院, 山东 泰安 271018

摘要:【背景】黄顶菊是近年来入侵我国的一种有害杂草,其竞争力强,给自然界造成了严重危害,同时也产生了大量的生物物质资源。作为一种杂食性昆虫,黄粉虫易于饲养,可以用于多种生物物质资源的转化处理。【方法】本研究分别以黄顶菊、小白菜和西瓜皮作为青料,与麦麸等配制成人工饲料后,对黄粉虫进行定期饲喂,研究其对黄粉虫幼虫、成虫生长发育及繁殖的影响。【结果】黄粉虫幼虫饲料中添加一定比例的黄顶菊与添加小白菜相比,虫体生物量增长率较低,饲料利用率和死亡率较高;成虫饲料中添加黄顶菊与添加西瓜皮相比,黄粉虫平均寿命延长,单雌产卵量减少,且差异均显著,体长略有减小。【结论与意义】本研究对利用黄粉虫转化处理黄顶菊的效果做出了初步评价,即黄粉虫能够取食黄顶菊,但转化处理效果不太理想。

关键词: 黄顶菊; 入侵植物; 黄粉虫; 资源转化; 青料; 生长发育; 繁殖

Influence of feeding on *Flaveria bidentis* on growth, development and reproduction in *Tenebrio molitor*

Ning LIU^{1,2}, Wei-dong FU^{1*}, Guo-liang ZHANG¹, Yu-sheng LIU²

¹Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; ²College of Plant Protection, Shandong Agriculture University, Taian, Shandong 271018, China

Abstract:【Background】*Flaveria bidentis* (L.) Kuntze is a dangerous invasive weed which has strong competitiveness and vigorous growth. *Tenebrio molitor* L. is an omnivore, and can make use of various biomass resources. It is also an important laboratory insect, with demands on artificially reared larvae and adults for various purposes.【Method】We used *F. bidentis*, pakchoi cabbage and watermelon peel as greenfeed to make artificial diet, and the influence of feeding *F. bidentis* on the growth, development and reproduction of *T. molitor* were registered.【Result】When we added some proportion of *F. bidentis* to larval diet, the growth rate was reduced, and the efficiency of diet utilization and mortality were increased in contrast to adding some pakchoi cabbage. When we added *F. bidentis* to the adult diet, the average longevity was significantly extended, while oviposition per female was significantly reduced, and the body length of emerging adults was shortened non-significantly.【Conclusion and significance】A preliminary calculation of conversion efficiency of *F. bidentis* by *T. molitor* indicated that although *T. molitor* could feed on *F. bidentis*, the conversion efficiency was not very good.

Key words: *Flaveria bidentis*; invasive weed; *Tenebrio molitor*; resource conversion; greenfeed; growth and development; reproduction

黄粉虫 *Tenebrio molitor* L. 隶属鞘翅目 Coleoptera 拟步行虫科 Tenebrionidae, 是一种重要的世界性仓储害虫。原产于南美洲, 20 世纪 50 年代由前苏联传入我国, 其生活力强, 易饲养, 体内蛋白质、脂肪、糖类含量丰富, 因此又称面包虫(刘玉升等, 2010)。作为一种新型动物蛋白来源, 黄粉虫成为家禽、家畜、蝎子、蜈蚣、蛤蚧、龟、牛蛙等特种动物的理想饵料。此外, 黄粉虫在食品、医药保健品、化妆品、

抗菌蛋白等方面也具有重要的利用价值。近年来, 黄粉虫养殖在我国开始趋热, 已发展成为继养蚕、养蜂业后兴起的第三大昆虫产业(杨金禄等, 2010)。

黄粉虫食性杂, 取食范围广, 可以取食各种有机废弃物(腐屑)资源, 如农作物秸秆糠粉、果蔬残体、麦麸、酒糟、豆渣、杂草粉等。于辉等(2011)研究了饲喂菹豆 *Dolichos lablab* L. 对黄粉虫生长发育及其粪便的影响, 结果表明, 用菹豆饲养和用麦麸饲养的

收稿日期(Received): 2012-02-26 接受日期(Accepted): 2012-04-06

基金项目: 公益性行业科技专项(201103027, 200803022)

作者简介: 刘宁, 男, 硕士研究生。研究方向: 外来入侵植物。E-mail: ln0830@126.com

* 通讯作者(Author for correspondence), E-mail: fuwd2001@yahoo.com.cn

黄粉虫幼虫生物量增长无明显差异,而前者的体内粗蛋白含量显著高于后者,粗脂肪含量无明显差异。

黄顶菊 *Flaveria bidentis* (L.) Kuntze 隶属菊科 Compositae 黄菊属 *Anthemis*, 原产于南美洲, 后来由于引种等原因传播到埃及、南非、英国、法国、澳大利亚和日本等地(张秀红等, 2006)。该植物于 2001 年首次在我国河北省衡水湖被发现, 此后又在河北省、天津市(贾兰英等, 2010)和山东省(刘玉升等, 2011)的部分地区严重发生。目前, 我国对黄顶菊的研究主要集中于形态特征、生物学特性、生态学特性、发生分布、防治措施和化感作用等方面(冯建永等, 2009; 李金凤, 2008; 刘全儒, 2005; 任艳萍等, 2008), 有关资源化利用方面的研究尚未见报道。本试验旨在通过研究饲喂黄顶菊对黄粉虫幼虫和成虫生长发育及繁殖的影响, 初步探讨利用黄粉虫转化处理黄顶菊的可行性。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

黄粉虫由山东农业大学植物保护学院环境生物与昆虫资源实验室提供, 采用标准化养殖技术连续饲养多代。

1.2 供试饲料

黄顶菊在温室中(温度 20 ~ 28 ℃, 湿度 40% ~ 50%)人工隔离种植; 小白菜、麦麸购买于农贸市场; 西瓜皮从水果摊处获得。

1.3 试验仪器

9LD-35 型揉切打浆机(泰安信诺农牧机械科技有限公司)、祥利牌饲料颗粒机(山东章丘祥利机械厂)、DHG-9023A 真空干燥箱(上海合恒仪器设备有限公司)、光照培养箱(宁波海曙赛福实验仪器厂)、JA21002 电子天平(上海精科天平厂)、不锈钢数显卡尺(上海台海工量具有限公司)、产卵筛(24 cm × 18 cm × 8 cm)、塑料养虫盒。

1.4 试验方法

1.4.1 幼虫饲料制作 将黄顶菊和小白菜洗净后, 分别置于打浆机中打碎, 并称取一定量与麦麸按 50% : 50% 和 60% : 40% 的比例混合, 搅匀后倒入颗粒机制成颗粒饲料。每份取适量于真空干燥箱中(80 ℃)烘至恒重, 测定含水量, 其余装袋保存。

1.4.2 幼虫饲养 选取体长 1.5 cm 左右、生长良好、龄期一致的黄粉虫幼虫 650 g, 每份称取 50 g, 放入 12 个养虫盒里, 置于光照培养箱中[温度(28

± 1) ℃, 湿度 60% ± 10%, 光照 L : D = 12 : 12] 饲养。共设 4 个处理(处理 1 为 50% 黄顶菊、50% 麦麸, 处理 2 为 60% 黄顶菊、40% 麦麸, 处理 3 为 50% 小白菜、50% 麦麸, 处理 4 为 60% 小白菜、40% 麦麸), 每个处理设 3 个重复。其余黄粉虫分成 3 份, 称重后放入真空干燥箱中(80 ℃)烘干至恒重(王仁忠, 2001), 确定虫体含水量, 计算初始虫体干重。连续饲养 1 周后, 分离虫体、虫粪、剩余饲料、死虫, 并放入真空干燥箱中(80 ℃)烘干至恒重, 记录最终虫体干重、虫粪产生量、剩余饲料干重、死亡虫体干重, 计算虫体生物量增长率、饲料利用率、幼虫死亡率。

虫体生物量增长率/% = (最终虫体干重 - 初始虫体干重) / 初始虫体干重 × 100

饲料利用率/% = (添加饲料干重 - 剩余饲料干重) / 添加饲料干重 × 100

死亡率/% = 死亡虫体干重 / 初始虫体干重 × 100

1.4.3 蛹期雌雄分离 选取黄粉虫蛹若干, 根据蛹期虫体腹部末节腹面乳状突和凹陷是否明显区分雌雄。乳状突明显、凹陷不明显者为雌虫; 乳状突不明显而凹陷明显者为雄虫。将分离后的雌、雄蛹分别置于铺有麦麸的小盘中。

1.4.4 成虫饲养 待蛹羽化后, 挑选活动能力强的雌、雄成虫各 60、90 头, 分别置于 6 个产卵筛内, 即每个产卵筛内有雌虫 10 头、雄虫 15 头。共设 2 个处理: 处理 1 添加饲料为西瓜皮、麦麸、精料(豆饼与玉米分别磨碎、过 50 目筛后以 1 : 1 混合), 处理 2 添加饲料为黄顶菊、麦麸、精料(同上), 比例均为 10 : 4 : 1。青料切碎并隔 1 d 换 1 次, 麦麸、精料每 3 d 更换 1 次, 均保证充足。每个处理设 3 个重复。每日观察、记录成虫死亡和产卵情况, 直至成虫全部死亡。

2 结果与分析

2.1 黄顶菊对黄粉虫幼虫生长发育的影响

方差分析显示, 在 4 个处理的测定指标中, 虫体生物量增长率($F_{3,8} = 9.33$, $p < 0.05$)、虫粪产生量($F_{3,8} = 12.86$, $p < 0.05$)、死亡率($F_{3,8} = 11.09$, $p < 0.05$)差异均显著; 而饲料利用率($F_{3,8} = 2.93$, $p = 0.10$)差异不显著。利用最小显著差数法进行多重比较, 结果显示, 处理 1、2 与处理 3 虫体生物量增长率($LSD_{0.05} = 7.75\%$)差异显著; 处理 1 与处理 3 饲料利用率($LSD_{0.05} = 1.87\%$)差异显著; 处理 1 与处理 2、3、4 虫粪产生量($LSD_{0.05} = 0.86\%$)差异显著; 处理 1、2 与处理 4 死亡率($LSD_{0.05} = 1.06\%$)

差异显著(表1)。由此可以看出,饲料中添加黄顶菊与添加小白菜相比,黄粉虫幼虫的虫体生物量增长率较低,而饲料利用率和死亡率略高,饲养效果

不理想;处理3(50%小白菜、50%麦麸)虫体生物量增长率最高,且饲料利用率最低,饲养效果较好。

表1 室内条件下幼虫饲料中添加不同青料对其饲养参数的影响

饲料组分 Diet composition	虫体生物量增长率 Growth rate of biomass (%)	饲料利用率 Feed utilization efficiency (%)	虫粪产生量 Feces production (g)	幼虫死亡率 Larval mortality (%)
50% 黄顶菊和 50% 麦麸 50% <i>F. bidentis</i> and 50% wheat bran	15.09 ± 1.53c	78.71 ± 0.85a	33.92 ± 0.04a	8.17 ± 0.73a
60% 黄顶菊和 40% 麦麸 60% <i>F. bidentis</i> and 40% wheat bran	22.64 ± 5.29bc	77.81 ± 1.23ab	31.34 ± 0.55c	7.72 ± 0.56ab
50% 小白菜和 50% 麦麸 50% pakchoi cabbage and 50% wheat bran	34.91 ± 3.44a	76.00 ± 1.31b	32.06 ± 0.09bc	6.93 ± 0.90b
60% 小白菜和 40% 麦麸 60% pakchoi cabbage and 40% wheat bran	27.99 ± 6.94ab	77.76 ± 1.13ab	32.37 ± 0.89b	5.31 ± 0.18c

数据为平均值 ± 标准误,同列数据后附不同小写字母者表示差异显著($p < 0.05$)。
Mean ± SE in the same row followed by different letters indicate significant differences ($p < 0.05$).

2.2 黄顶菊对黄粉虫成虫生长发育与繁殖的影响

方差分析显示,2个处理的体长($F_{1,4} = 1.32$, $p = 0.27$)差异不显著,而平均寿命($F_{1,4} = 592.88$, $p < 0.05$)、单雌产卵量($F_{1,4} = 383.31$, $p < 0.05$)差异均显著(表2)。由此可见,添加黄顶菊与添加西瓜皮相比,黄粉虫成虫的平均寿命延长,单雌产卵量减少。

从图1可以看出,2个处理的成虫均在羽化(4月24日)后第11天(5月4日)达到第1次产卵高峰,第27天(5月20日)达到第2次产卵高峰;自此以后,饲喂黄顶菊的黄粉虫产卵量呈逐渐减少趋势,第89天后不再产卵,饲喂西瓜皮的黄粉虫自第65天后产卵量逐渐减少,至第113天不再产卵。黄顶菊处理中85%的产卵量集中在羽化后9~57 d,而

西瓜皮处理中85%的产卵量集中在羽化后9~77 d。

表2 成虫饲料中添加不同青料的试验结果

饲料组分 Diet composition	平均寿命 Average longevity (d)	单雌产卵量(粒) Oviposition quantity per female	体长 Body length (mm)
西瓜皮、麦麸和精料 Watermelon peel, wheat bran and grain feed	44.28 ± 0.76a	579.03 ± 17.06a	16.00 ± 0.95a
黄顶菊、麦麸和精料 <i>F. bidentis</i> , wheat bran and grain feed	65.32 ± 1.29b	298.67 ± 18.01b	15.55 ± 0.42a

精料为豆饼与玉米(1:1)的混合物。数据为平均值 ± 标准误,同列数据后附不同小写字母者表示差异显著($p < 0.05$)。
Grain feed mix contained soybean cake and maize, 1:1. Mean ± SE in the same row followed by different letters indicate significant difference ($p < 0.05$).

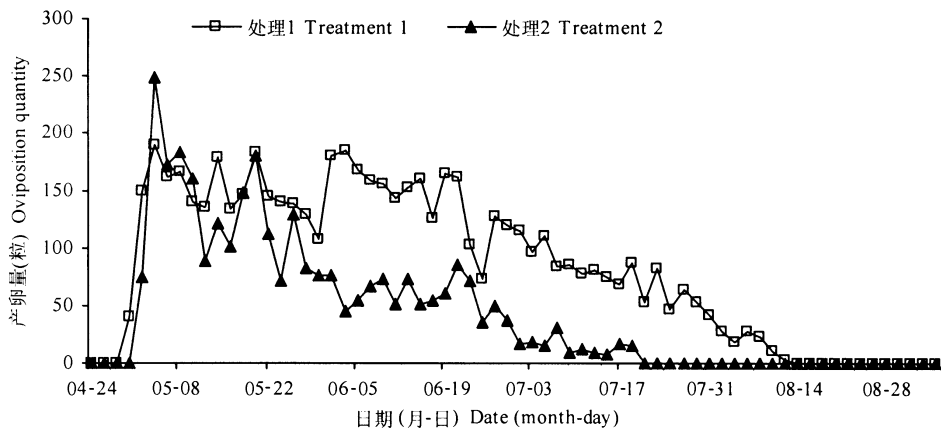


图1 黄粉虫产卵量时间动态

Fig.1 Temporal dynamic of oviposition quantity of *T. molitor*
处理1:西瓜皮、麦麸、精料(豆饼与玉米以1:1混合);处理2:黄顶菊、麦麸、精料(豆饼与玉米以1:1混合)。
Treatment 1: watermelon peel, wheat bran and grain feed (bean cake: corn = 1:1);
Treatment 2: *F. bidentis*, wheat bran and grain feed (bean cake: corn = 1:1).

3 讨论

本研究表明,饲料中添加黄顶菊与添加小白菜或西瓜皮相比,对黄粉虫生长发育及繁殖有显著影响。添加黄顶菊的幼虫虫体生物量增长率较低,死亡率较高,成虫产卵量显著减少,但平均寿命明显延长。因此,虽然黄粉虫可以取食黄顶菊,但其对黄顶菊的转化处理效果不理想,原因可能与黄顶菊植株内所含的化学成分有关。关于黄顶菊植株体内化学成分及其生物活性的研究始于 20 世纪末,目前主要集中于对其类黄酮和噻吩类化合物的研究(陈艳等,2007)。Broussalis *et al.* (1999) 报道,黄顶菊的二氯甲烷和乙醇的提取物对米象 *Sitophilus oryzae* L. 有明显的杀灭作用。Green *et al.* (2003) 调查了 34 种植物和杂草上的棉铃虫 *Helicoverpa armigera* Hübner 发生情况,结果在黄顶菊上未发现棉铃虫,推断黄顶菊对棉铃虫可能具有拒食性。周文杰(2010)研究表明,黄顶菊乙醇提取物对菜蚜 *Lipaphis erysimi* (Kalt.)、玉米蚜 *Rhopalosiphum maidis* Fitch 具有明显的拒食和毒杀效果,处理 24 h 后拒食率和校正死亡率均在 50% 以上;以其饲喂 3 龄欧洲玉米螟 *Ostrinia nubilalis* (Hübner) 能引起 28.79% 的死亡率。而杜喜翠等(2011)调查了黄顶菊植株上取食或活动的昆虫,包括食叶类昆虫、刺吸类昆虫,访花昆虫等,结果表明,黄顶菊对昆虫的驱避、抑制作用可能具有选择性。本试验仅选取了一些普通的生物学指标来评价黄粉虫对黄顶菊的取食效果,而未对其取食后体内蛋白质、脂肪等含量的变化进行测定,相关内容有待进一步研究。

参考文献

陈艳,刘坤,张国良,谭万忠. 2007. 外来入侵杂草黄顶菊生物活性及化学成分研究进展. 杂草科学, (4): 1-3.
杜喜翠,谭万忠,孙现超. 2011. 外来入侵植物黄顶菊上昆虫种类多样性研究. 西南大学学报: 自然科学版, 33 (6): 1-6.

冯建永,陶晔,庞民好,刘颖超. 2009. 黄顶菊化感物质释放途径的初步研究. 河北农业大学学报, 32(1): 72-77.
贾兰英,韩建华,刘淑萍,成振华,赵宝福. 2010. 天津市外来入侵生物黄顶菊调查现状与治理对策. 环境整治, 27(2): 59-61.
李金凤. 2008. 黄顶菊的发生与防治. 河北农业科技, (16): 27-28.
刘全儒. 2005. 中国菊科植物一新归化属——黄顶菊. 植物分类学报, 43(2): 178-180.
刘玉升,刘宁,付卫东,张国良. 2011. 外来入侵植物——黄顶菊山东省发生现状调查. 山东农业大学学报: 自然科学版, 42(2): 187-190.
刘玉升,王付彬,崔俊霞,张丽. 2010. 黄粉虫资源研究利用现状与进展. 环境昆虫学报, 32(1): 106-114.
任艳萍,江莎,古松,王永周,郑书馨. 2008. 外来植物黄顶菊 (*Flaveria bidentis*) 的研究进展. 热带亚热带植物学报, 16(4): 390-396.
王仁忠,祖元刚. 2001. 羊草种群生物量和能量生殖分配的研究. 植物研究, 21(2): 299-303.
杨金禄,沈晓昆,姜哲,孙剑华. 2010. 黄粉虫对有机废弃物的利用与转化. 养殖与饲料, (12): 59-61.
于辉,刘明稀,陈桂华,张志飞. 2011. 菰豆作为黄粉虫饲料来源的可行性初探. 草业科学, 28(1): 160-161.
张秀红,李跃,韩会智,金广峰,李瑞华,王金红. 2006. 黄顶菊生物学特性及防治对策. 河北林业科技, (1): 48-49.
周文杰. 2010. 黄顶菊提取物对蚜虫、玉米螟等的生物活性初试. 江苏农业科学, (6): 198-199.
Broussalis A M, Ferraro G E and Martino V S. 1999. Aggenticue plants as potential source of insecticidal compounds. *Journal of Ethnopharmacology*, 67: 217-223.
Green W M, De Billot M C, Joffe T, van Staden L, Bennett-Nel A, Du Toit C L N and van der Westhuizen L. 2003. Indigenous plants and weeds on the Makhathini flats as refuge hosts to maintain bollworm population susceptibility to transgenic cotton (Bollgard). *African Entomology*, 11: 21-29.

(责任编辑:杨郁霞)