

闫会,薛程,李强,等.甘薯田蛴螬防治的现状与展望[J].江苏农业科学,2014,42(12):191-194.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2014.12.064

甘薯田蛴螬防治的现状与展望

闫会¹,薛程²,李强¹,张允刚¹

(1. 江苏徐州甘薯研究中心/农业部甘薯生物学与遗传育种重点实验室/中国农业科学院甘薯研究所,江苏徐州 221131;

2. 徐州生物工程职业技术学院,江苏徐州 221007)

摘要:蛴螬是危害甘薯产量和质量的最大害虫之一,传统的化学农药防治虽见效快,但高毒性、害虫抗药性强及高污染等弊端妨碍了现代生态农业发展,物理手段如灯光诱捕、性诱剂法和生物防治方法等与之相比更安全持久。对甘薯蛴螬的防治方法进行了综合探讨,并对应用生物技术防治害虫的策略及前景进行了分析,以期对蛴螬的防治及甘薯生产提供借鉴及指导。

关键词:甘薯;蛴螬;生物防治;现状;展望

中图分类号:S433.8⁺3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2014)12-0191-03

蛴螬是金龟子的幼虫,成虫俗称金龟甲,属昆虫纲鞘翅目,具有趋光、趋化、趋异等特性。金龟子啃食作物叶片,严重时会造成枝叶枯死;蛴螬主要危害作物根系,影响植株对水分及养分的吸收,甚至造成整株死亡^[1]。甘薯是我国重要的能源及经济作物,在其生长过程中地下部常遭到蛴螬和蝼蛄等地下害虫的危害,其中蛴螬危害块根最严重,被噬咬的薯块除易感染病菌、加重田间和贮藏期病害的发生外,还会直接影响薯块的外观和产量,造成严重的经济损失。蛴螬种类繁多,对小麦、甘薯、花生等作物危害严重。6月至10月下旬是暗黑鳃金龟(*Holotrichia parallela*)、铜绿丽金龟(*Anomala corpulenta*)等主要金龟子盛发期^[2],此时正值北方夏薯生长期,因此对蛴螬进行有效防治是提高甘薯质量和产量的关键。

1 防治方法

1.1 化学防治

我国对蛴螬的化学防治先后经历了有机氯阶段和有机磷阶段^[3],农药防治具有见效快、防效好、经济实用等优点,所以直至现在仍是我国甘薯生产上控制蛴螬的主要手段。随着大规模化学农药的使用,高残留、高抗药性及环境污染等问题日益突出,研究人员开发出了高效、低毒的新型农药,如毒死蜱、地蚜灵^[4]等,在扦插时采用穴施的方法防治甘薯蛴螬等地下害虫。与常规农药相比,该药剂虽毒性低,对鳞翅目害虫的幼虫防治效果明显,但易与土壤中的有机质结合,在土壤中残留期较长,加上生物富集作用及降解缓慢的特点,化学农药严重污染了土壤和水体,并通过食物链进入人体,危害人体健康。因此,从保护环境及食品安全的角度考虑,对害虫的防治

应尽量发挥自然的调控作用,寻找更安全的方法对害虫进行综合治理。

1.2 物理防治

金龟子如铜绿丽金龟、暗黑鳃金龟等具有趋光、趋化、趋异等特性,可利用黑光灯、发酵物质和性诱剂等对金龟子成虫进行诱捕。

灯光诱捕是常用的诱捕法。暗黑鳃金龟、铜绿丽金龟、阔胫褐绒金龟(*Maladera verticalis*)幼虫几乎全年存在,成虫盛发期在6月中旬至7月下旬^[2],此时正值甘薯生长旺季,所以可在甘薯田间安装黑光灯诱杀昆虫,此外可在甘薯地周边种植树木,利用金龟子的假死性,人工摇树使成虫落地,人工捕捉收集处理。

对蛴螬的防治可结合耕作措施进行。北方薯区常实行薯麦轮作,可在6月初小麦收获后深翻土壤进行晾晒,人工杀死或放饲鸡群啄食幼虫。10月下旬夏薯在收获的同时完成土地深耕,破坏蛴螬在土壤中的生活环境,可利用蛴螬怕水淹的特性,通过灌溉消灭幼虫或通过水旱轮作的方式从总体上降低虫口基数。

金龟子对未腐熟基质具有强烈趋化性,初孵的各种金龟子幼虫多以土中腐殖质为食,因此可利用甘薯育苗后废弃的薯块发酵做成诱剂或将毒死蜱或辛硫磷等农药加入腐熟的有机肥中进行幼虫防治,做到资源的生态利用。

大豆是金龟子主要的寄主植物,但铜绿丽金龟对非寄主植物蓖麻的选择率高达60%以上,趋向性显著高于其他寄主植物^[4],且铜绿丽金龟取食蓖麻后,蓖麻中的蓖麻碱会使其麻痹中毒甚至死亡,雌雄虫寿命显著缩短,雌虫基本不产卵,不能繁殖后代等^[5]。因此,在甘薯地周围可种植蓖麻作为诱杀带,或用蓖麻叶滤液喷施甘薯田进行金龟子防治。

性诱剂是信息素的一种,具有选择性强、灵敏、高效、无毒等优点,利用性诱剂大量诱捕雄虫,影响雌雄交配,降低后代种群数量是近年发展起来的治虫新技术,目前国内外已鉴定出十几种信息素的成分,如铜绿丽金龟性信息素主要成分是不饱和脂类物质^[6],暗黑鳃金龟的性诱剂为氨基酸衍生物^[7],新西兰肋翅鳃金龟(*Costelytra zealandica*)雌性成虫性信

收稿日期:2014-03-10

基金项目:国家“863”计划(编号:2012AA101204);江苏省科技支撑计划(编号:BE2012336);中国农业科学院与北京市大兴区院区合作项目。

作者简介:闫会(1988—),女,山东聊城人,硕士,从事甘薯育种研究。E-mail:yan.hui19881218@163.com。

通信作者:张允刚,男,硕士,研究员,从事甘薯育种研究。E-mail:zygal@126.com。

息素为苯酚^[8],扁绿异丽金龟(*A. octiescostata* Burmeister)对蒲公英中的顺-3-丙烯醇乙酸酯、苯乙醛等具有强烈趋性^[9],这些研究为人工合成性诱剂和食诱剂诱捕金龟子提供了科学的依据^[10]。李晓等利用性诱剂诱捕法对辽宁、山东、湖北等多地的甘薯和花生田中暗黑鳃金龟成虫进行诱捕,幼虫减退率最高可达 78.8%,为性诱剂防治金龟子的推广提供了科学的依据^[11]。

1.3 生物防治

生物防治是利用生物物种间的相互关系,以一种或一类生物来抑制另一种或另一类生物,它的最大优点是遵循自然规律,不破坏生物链及生态平衡,对环境和人类健康无影响。利用天敌防治的方法应用最普遍,主要有捕食性天敌、寄生性天敌以及病原微生物等。

食虫虻(*Promachus yesonicus*)是蛴螬重要的捕食性天敌,魏新田等首次利用食虫虻幼虫对麦田蛴螬成功地进行了生物防治;窃蚁(*Solenopsis molesta*)和草坪蚁(*Lasius neoniger*)可捕食金龟子的卵和幼虫,对减少草坪上蛴螬的种群数量作用显著^[12],但至今尚未有利用食虫虻或蚁类防治甘薯蛴螬的研究。

寄生性天敌如土蜂也是蛴螬的重要天敌,美国曾引进春黑钩土蜂(*Tiphia vernalis*),成功地对蛴螬进行了防治^[3];我国利用土蜂防治花生田蛴螬取得了较好的效果。国内外的研究结果表明土蜂对蛴螬的控制作用显著,但未见有土蜂用于防治甘薯田蛴螬的报道。

微生物防治法具有宿主特异性强、不易产生抗药性、残留少、致死率高等优点^[13],其中应用最广泛的是细菌杀虫剂。乳状菌最早应用于蛴螬防治,20 世纪 40 年代,美国首次应用乳状菌成功防治了日本金龟子幼虫危害^[14]。苏云金芽孢杆菌(*Bacillus thuringiensis*, Bt)制剂研究最深入、生产量最高,其中 Buibui 菌株对古铜异丽金龟、日本丽金龟(*Popillia japonica*)等幼虫具有高致死率^[15]。我国在微生物领域防御金龟子幼虫方面也取得了重要进展,冯书亮等于 2000 年首次从土壤中成功分离获得具有特异高杀虫活性的 Bt 新菌株 HBF-1,结果发现,该菌株对我国危害农作物很大的铜绿丽金龟、黄褐丽金龟等幼虫具有高致死率,尤其对 1~2 龄的黄褐丽金龟杀虫效果达 100%^[16]。昆虫病原细菌防治效果受环境因素如温度、土壤湿度和土壤酸碱度等影响。在高温和较高湿度下,蛴螬取食量加大,有利于病原细菌的侵染和繁殖,增强防治效果^[12]。夏薯在 6 月初栽插,此时四川、东南沿海等甘薯主产地雨水多、温度高,可在此时对甘薯蛴螬进行防治。

与细菌杀虫剂相比,真菌杀虫剂寄生范围广,可控制粉虱、鞘翅目的蛴螬等 200 余种农林害虫^[17],且具有无残留、对非靶标生物安全等优点。对蛴螬具有高效杀毒力的主要是卵孢白僵菌(*Beauveria tenella*)^[18]和金龟子绿僵菌(*Metarhizium anisopliae*)制剂^[17],其中卵孢白僵菌对西方五月鳃金龟致病率高达 90% 以上^[19]。我国在 20 世纪 50 年代开始真菌杀虫剂防治蛴螬的研究,目前已成功研制出防治蛴螬的白僵菌试剂,并对苗圃地^[18]、甘薯^[20]和花生^[21]蛴螬成功地进行了防治,尤其在甘薯上,春薯栽插期正是暗黑金龟成虫产卵期和越冬大黑金龟(*Holotria diomphalia*)幼虫 3 龄期,施用白僵菌后孢子即侵染幼虫,菌土施用 3 年后仍有一定防治效果^[20]。目前,商品性真菌杀虫剂在国外已大范围使用,但是我国的真菌

杀虫剂还未真正实现大规模工业化,利用真菌杀虫剂作为防治金龟子的主要手段还有很长的路要走。

昆虫病原线虫是地下害虫的有效生物防治因子。侵染期的线虫通过气孔、口器和肛门等直接刺破寄主体壁进入宿主体内,进入血腔后的线虫释放共生菌,二者共同作用产生毒素破坏血淋巴,最终导致蛴螬患坏血病死亡^[22]。昆虫病原线虫对寄主的专化性很强,不同种类甚至品系对相同寄主的致病力差异显著^[23]。对异小杆科(*Heterorhabditidae*)和斯氏线虫科(*Steinernematidae*)研究较深入,异小杆线虫(*Heterorhabditis bacteriophora*) HP88 品系可使日本丽金龟的种群下降率达 100%;斯氏线虫(*Steinernema glaseri*) NJ21、NJ29 等对多毛犀金龟(*Cyclocephala hirta*)致死率达 100%^[13]。在甘薯上利用昆虫病原线虫防治甘薯蚁象研究较多^[24-25],于海滨等筛选 8 种斯氏线虫和 3 种异小杆线虫证实夜蛾斯氏线虫(*S. feltiae*)对甘薯蚁象甘薯锥象甲(*Cylas formicarius*)幼虫的致病力最强^[25],目前尚未有利用病原线虫防治甘薯地蛴螬的报道。

原生动物可以致使蛴螬发病甚至死亡。微孢子虫(*Opavescula popilliae*)是一类专性细胞内寄生的单细胞原生动物,它对环境安全,能垂直传递,可持续控制蝗虫、夜蛾、蛴螬等害虫^[26]。但是大量增殖微孢子还有许多技术难题,利用昆虫微孢子防治害虫目前大多处于试验阶段,随着技术进步和研究水平的提高,微孢子虫作为一种可持续利用的生物防治资源具有广阔的应用前景。

昆虫病毒也是导致蛴螬死亡的因素之一。虽然目前相继报道了引起蛴螬死亡的病毒,如虹彩病毒和蓝色虹彩病毒^[12],但是由于病毒易失活、受田间各种环境因子影响较大等弊端,至今还未有昆虫病毒用于防治蛴螬的报道。

1.4 杂交育种技术防治

杂交育种是植物抗虫育种的传统方法,利用该方法成功筛选出抗虫甘薯品种,例如,施庆华等研究了不同甘薯品种对蛴螬的抗性,结果表明不同品种对蛴螬的抗性差异极显著,其中浙紫 1 号、心香等受害指数较低,无经济损失;济薯 22 号受蛴螬危害最大,薯块受害率达 97%^[27]。但传统的杂交育种存在种质间杂交不亲和、育种周期长等局限性,因此利用基因工程技术培育转基因抗虫甘薯是未来害虫防治的主导方向。

1.5 转基因技术防治

在传统植物抗虫转基因工程中,苏云金杆菌毒蛋白(insecticide crystal protein, Cry)被广泛用于生物杀虫剂的开发和转基因植物研究。Cry8e 是 Cry III 家族对暗黑鳃金龟有专一活性的 Bt 基因,目前已在该族克隆的 19 个对不同种类金龟子幼虫具有特异杀虫活性的 Cry8e 基因^[28],先后获得了转基因抗虫烟草和抗虫棉花等,并在田间推广利用^[29-30]。

植物蛋白酶抑制剂是植物阻止病菌及害虫侵害的一种重要的防御屏障。植物受到害虫或病菌侵染造成的机械损伤能够引起编码植物防御蛋白 mRNA 的积累,从而抑制昆虫肠道内消化酶的活性,影响昆虫对营养的吸收,最终导致昆虫发育不正常甚至死亡^[31]。与蛋白酶抑制剂相比, Cry 的安全性问题越来越受到质疑^[32],而蛋白酶抑制剂通常来自植物自身,具有抗虫谱广、昆虫不易产生耐受性、无毒、安全等优点,使其在抗虫转基因方面表现出极大的优势。

豇豆胰蛋白酶抑制剂(cowpea trypsin inhibitor, CptI)基

因^[33]和 Sporamin 蛋白酶抑制剂基因^[34]是抗虫植物基因工程重要的候选基因, *CpTI* 已被应用到水稻、棉花、番茄^[33]等多种作物中。Sporamin 是甘薯块根中主要的贮藏蛋白, 占块根可溶性蛋白总量的 80% 以上, 块根受损伤可引起其特异性表达, 该蛋白具有的胰蛋白酶抑制剂活性使其广泛用于近年植物抗虫转基因研究。Sporamin 在抗虫基因工程方面的研究主要集中在 *SpT-1*, *SpT-1* 属 *Sporamin A* 基因家族, 编码一种丝氨酸蛋白酶抑制剂^[34]。大部分鳞翅目、直翅目及某些鞘翅目昆虫肠道内的蛋白酶主要是丝氨酸蛋白酶, 研究表明获得的转基因烟草^[35]和花椰菜^[36]植株对斜纹夜蛾表现出抗性。在甘薯上可通过基因工程方法将 *Sporamin* 转入抗虫性差的品种, 增强 *Sporamin* 基因的表达。Sporamin 来源于甘薯块根, 该基因用于甘薯及其他粮食作物的转基因抗虫育种无安全隐患, 具有广阔的应用前景。

2 蛱螬防治研究展望

当今农业生产中, 无公害绿色食品的市场需求对农产品的农药残留量控制更严格。甘薯生产中, 农药的使用要考虑与环境的相容性以及是否对捕食性和寄生性天敌有毒害作用, 将害虫种群数量控制在经济受害水平内, 而不是最大限度地杀灭害虫。

在未来的害虫防治中, 生物防治发挥主导作用。增强天敌效力是控制害虫种群的有效途径, 应用捕食性或寄生性天敌防治甘薯田蛱螬要注意天敌的保护, 可在田间插种蓖麻等蜜源植物, 不仅能诱集蜂源, 还能方便土蜂的生存和繁殖, 从而起诱杀金龟子的作用。天敌昆虫如土蜂、蚂蚁等一般对化学药剂较敏感, 所以在扦插甘薯时尽量施用对该天敌杀伤力小的药剂品种。

近年来, 昆虫病原微生物及微生物农药制剂广泛用于金龟子防治, 据《全球生物农药市场总结 - 2013》可知, 近 5 年时间内全球生物农药市场年增长率为 27%。但是影响微生物制剂作用效果因素较多, 如病原细菌 *Bt* 适宜碱性条件, pH 值低于 5 则不能形成芽孢; 线虫的侵染能力不仅受自身和寄主昆虫状态的影响^[37-38], 还受土质、土壤温度等环境因素的影响^[26], 研究表明线虫在沙壤土环境下的活动性和存活率均显著高于黏土环境^[12]。

与化学农药相比, 微生物制剂在应用中存在控害效力低、作用缓慢、对环境耐受性差等缺陷, 一方面可通过基因工程方法将外源杀虫基因如 *Bt* 毒蛋白基因、神经毒素基因等转入病原微生物中, 提高杀虫效力, 此外还须结合甘薯的生长习性、当地气候及土质状况选择合适的微生物农药。相比之下, 微生物杀虫剂的市场份额还较低, 微生物杀虫剂若想完全取代化学农药, 在生产工艺和发酵技术方面还需改进和提高。

发展植物防御是调控害虫种群的有效途径, 选育抗虫品种是防治害虫最经济有效的方法。随着分子生物学技术发展及基因功能研究的深入, 将蛋白酶抑制剂基因转入甘薯培育抗虫品种中具有广阔发展空间, 能真正做到生产无公害甘薯, 最大限度发挥甘薯的营养和保健价值。

参考文献:

[1] 郭小丁, 谢一芝, 马佩勇, 等. 鲜食甘薯生产施用“地蚜灵”防治蛱

螬效果[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(3): 146-147.

- [2] 李国柱, 许浩然, 鲍 多. 徐州地区主要金龟子种类与防治研究[J]. 昆虫知识, 1965(1): 8-13.
- [3] 姚庆学, 张 勇, 丁 岩. 金龟子防治研究的回顾与展望[J]. 东北林业大学学报, 2003, 31(3): 64-66.
- [4] 李为争, 袁莹华, 原国辉, 等. 铜绿丽金龟对不同植物叶片的选择和取食反应[J]. 生态学杂志, 2009, 28(9): 1905-1908.
- [5] 黄 华. 越橘园铜绿丽金龟生物学特性及发生规律研究[D]. 沈阳: 沈阳大学, 2011.
- [6] 谭六谦, 郭延奎, 马俊莹. 铜绿金龟甲性信息素分泌部位和提取的研究[J]. 山东农业大学学报, 1993, 24(2): 195-201.
- [7] Leal W S, Matsuyama S, Kuwahara Y, et al. An amion acid derivative as the sex pheromone of a scarab beetle[J]. Naturwissenschaften, 1992, 79(4): 184-185.
- [8] Henzell R F, Lowe M D. Sex attractant of the grass grub beetle[J]. Science, 1970, 168: 1005-1006.
- [9] Leal W S. Chemical ecology of phytophagous scarab beetle[J]. Annual Review of Entomology, 1998, 43: 39-61.
- [10] 谢红莉, 高 扬, 金晓冬. 昆虫性信息素诱捕技术的应用效果与优势[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(6): 1380-1382.
- [11] 李 晓, 鞠 倩, 姜晓静, 等. 利用性诱剂防治花生田暗黑鳃金龟的研究[J]. 植物保护, 2012, 38(3): 176-179.
- [12] 张中润, 韩日畴, 许再福. 草坪地下害虫蛱螬的生物防治研究进展[J]. 昆虫知识, 2004, 41(5): 387-392.
- [13] 丁 莹, 唐文兴, 王若蓓, 等. 微生物法防治金龟子研究进展[J]. 辽宁农业科学, 2007(6): 26-30.
- [14] Falcon L A. Microbial control of insects and mites[M]. New York: Academic Press, 1971: 67-95.
- [15] Ohba M, Iwahana H, Asano S, et al. A unique isolate of *Bacillus thuringiensis* serovar *japonensis* with a high larvicidal activity specific for scarabaeid beetles[J]. Letters in Applied Microbiology, 1992, 14(2): 54-57.
- [16] 冯书亮, 王容燕, 范秀华, 等. 一株对金龟子类幼虫具有杀虫活性的苏云金杆菌新分离株[J]. 中国生物防治, 2000, 16(2): 74-77.
- [17] 张礼生, 张泽华, 高 松, 等. 绿僵菌生物农药的研制与应用[J]. 中国生物防治, 2006, 22(增刊): 141-146.
- [18] 李兰珍, 周新胜, 崔永三, 等. 卵孢白僵菌防治苗圃地蛱螬的研究[J]. 东北林业大学学报, 1998, 26(2): 34-37.
- [19] Ferron P. Artificial induction of an epizootic of *Beauveria brongniartii* among a population of *Melolontha melolontha*[J]. Symbioses, 1983, 15(1): 75-83.
- [20] 李淑梅, 刘天学. 布氏白僵菌防治甘薯蛱螬的试验研究[J]. 农业与技术, 2000, 20(1): 47-48.
- [21] 徐庆丰, 洪家保, 巫后长, 等. 布氏白僵菌防治花生蛱螬的研究[J]. 中国生物防治, 1997, 13(1): 24-26.
- [22] Burman M. Neoplectana carpocapsae: toxin production by axenic insect parasitic nematodes[J]. Nematology, 1982(28): 62-70.
- [23] Bedding R A, Molyneux A S, Akhurst R J. *Heterorhabditis* spp. and *steinernema kraussei*: interspecific and intraspecific differences in infectivity for insects[J]. Experimental Parasitology, 1983, 55(2): 249-257.
- [24] 岳增良. 河北省甘薯茎线虫病病原线虫鉴定及防治新技术[J]. 河北农业科学, 1993(1): 30.
- [25] 于海滨, 马 娟, 王容燕, 等. 昆虫病原线虫对甘薯蚁象的致病力测定[J]. 中国生物防治学报, 2012, 28(4): 514-520.

徐 强,耿友玲,齐晓花,等. 不同栽培环境下黄瓜果实单宁含量主基因-多基因遗传分析[J]. 江苏农业科学,2014,42(12):194-197.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2014.12.065

不同栽培环境下黄瓜果实单宁含量 主基因-多基因遗传分析

徐 强¹,耿友玲²,齐晓花¹,陈学好¹

(1.扬州大学园艺与植物保护学院,江苏扬州 225009; 2.江苏省淮安市淮安区农机局,江苏淮安 223200)

摘要:选取单宁含量差异明显的 2 份黄瓜材料 DE843(P₁)、EP326(P₂) 及其配组获得的 F₁、BC₁、BC₂、F₂ 等 6 个世代,设置露地和温室 2 种栽培环境,运用主基因-多基因混合数量性状遗传模型方法研究黄瓜果实单宁含量性状的遗传规律,并估算遗传参数。结果表明:黄瓜果实单宁含量性状的遗传符合 2 对加性-显性主基因+加性-显性多基因遗传模型,其中第 1 主基因的加性效应值较大,多基因的加性、显性效应大于第 2 主基因的加性、显性效应。在露地栽培条件下,BC₁、BC₂ 和 F₂ 世代的主基因遗传率分别为 49.465%、32.271% 和 40.413%,多基因遗传率分别为 17.407%、23.787% 和 43.350%,环境方差分别占表型方差的 26.567%、30.105% 和 13.940%;在钢架大棚栽培条件下,BC₁、BC₂ 和 F₂ 世代的主基因遗传率分别为 45.748%、36.596% 和 41.814%,多基因遗传率分别为 19.940%、19.753% 和 41.451%,环境方差分别占表型方差的 26.818%、31.172% 和 14.639%。在品质育种中,F₂ 主基因选择效率最高。

关键词:黄瓜;单宁;主基因-多基因;遗传模型;遗传参数

中图分类号: S642.203.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)12-0194-04

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)起源于喜马拉雅山南麓的热带雨林地区,一年生攀缘性草本蔓生植物,具有产量高、营养丰富、效益好等特点,是世界上栽培最普遍的一种瓜类蔬菜。黄瓜风味品质取决于其本身所含有的挥发性芳香物质及一些非

挥发性呈味物质,如可溶性糖、氨基酸、单宁、有机酸等。在一些植物的果实中,单宁是决定果实涩味程度的关键因素,其含量的高低对果实的口感影响很大。因此研究黄瓜果实单宁含量的遗传特性,对黄瓜品质育种具有重要意义。目前对于黄瓜的遗传研究多集中于农艺性状、抗病性状、果型性状等,关于风味性状的遗传报道不多,主要集中在可溶性总糖、氨基酸含量等性状方面^[1-5]。单宁含量是影响黄瓜果实风味的一个重要性状,对于该性状的遗传少见报道。本研究以经多年选育的单宁含量差异明显的黄瓜自交系为亲本,构建 P₁、P₂、

收稿日期:2014-10-14

基金项目:江苏省科技支撑计划(编号:BE2008360、BE2011314)。

作者简介:徐 强(1966—),男,江苏宜兴人,博士,副教授,从事蔬菜遗传育种研究。Tel:(0514) 87979394;E-mail: xuqiang@yzu.edu.cn。

[26]温发园,张永安,王玉珠,等. 微孢子虫防治农业害虫研究进展[J]. 植物保护,2005,31(3):5-10.

[27]施庆华,陈建平,蔡立旺,等. 不同甘薯品种对蛴螬抗性的研究[J]. 作物杂志,2011(5):89-90.

[28]李海涛,姚 江,郭 巍,等. 苏云金芽孢杆菌 *cry2Aa* 基因的克隆、表达与活性[J]. 农业生物技术学报,2005,13(6):787-791.

[29]Bixby A, Alm S R, Power K, et al. Susceptibility of four species of turfgrass - infesting scarabs (Coleoptera: Scarabaeidae) to *Bacillus thuringiensis* serovar *japonensis* strain Buibui [J]. Journal of Economic Entomology, 2007, 100(5): 1604-1610.

[30]张 杰,宋福平,李长友,等. 对鞘翅目害虫高毒力 *Bt* 基因 *cry3Aa7* 的分离克隆及表达研究[J]. 中国农业科学,2002,35(6):650-653.

[31]邱 琳,董 衡,黄 鹂,等. 甘薯 Sporamin 蛋白的功能及其在抗虫转基因植物中的应用[J]. 中国细胞生物学学报,2011,33(6):692-698.

[32]Rasko D A, Alther M R, Han C S, et al. Genomes of the *Bacillus cereus* group of organisms[J]. FEMS Microbiol Rev, 2005, 29(2): 303-329.

[33]徐鸿林,翟红利,王 锋,等. 豇豆胰蛋白酶抑制剂基因(*cpti*)及其在抗虫转基因作物中的应用[J]. 中国农业科技导报,2008,10(1):18-27.

[34]Maeshima M, Sasaki T, Asahi T. Characterization of major proteins in sweet potato tuberous roots [J]. Photochem, 1985, 24: 1899-1902.

[35]Yeh K W, Lin M L, Tuan S J, et al. Sweetpotato (*Ipomoea batatas*) trypsin inhibitors expressed in transgenic tobacco plants confer resistance against *Spodoptera litura* [J]. Plant Cell Rep, 1997, 16: 696-699.

[36]Ding L C, Hu C, Yeh K W, et al. Development of insect-resistant cauliflower plants expressing the trypsin inhibitor gene isolated from local sweet potato [J]. Plant Cell Rep, 1998, 17: 854-860.

[37]Mannion C M, Jansson R K. Within-root mortality of *Cylas formicarius* (Coleoptera: Apionidae) by entomopathogenic nematodes [J]. Journal of Economic Entomology, 1993, 86(3): 722-729.

[38]Morton A, Garcia - Del - Pino F. Virulence of entomopathogenic nematodes to different stages of the flatheaded root borer, *Capnodis tenebrionis* (L.) (Coleoptera: Buprestidae) [J]. Nematology, 2009, 11(3): 365-373.