利用生命表技术评价玉米品种‘京科968’及其亲本的抗螟性

刘 燊[1,2]， 郭井菲[2]， 何康来[2]， 王勤英[1*]， 王振营[2*]

（1. 河北农业大学植物保护学院，保定 071000；2. 中国农业科学院植物保护研究所，植物病虫害生物学国家重点实验室，北京 100193）

摘要 由北京市农林科学院玉米研究中心选育的玉米品种‘京科968’，其田间综合性状好，是目前主推的玉米品种之一。为了解‘京科968’对亚洲玉米螟的抗性水平及其抗性来源，本试验选取了‘京科968’及其母本‘京724’和父本‘京92’两个自交系，以感螟自交系‘自330’为对照，利用实验种群生命表技术，研究比较了用不同玉米品系的相同组织饲喂亚洲玉米螟后其生长发育情况，系统评价了‘京科968’的抗螟性。试验结果表明，四个玉米品种（系）抗螟性大小依次为：‘京92’＞‘京科968’＞‘京724’＞‘自330’。从抗螟性角度考虑，生产上种植‘京科968’，能够较好地控制亚洲玉米螟为害。

关键词 亚洲玉米螟； 生命表； 京科968； 抗螟性； 玉米组织

中图分类号： Q 968 **文献标识码：** A **DOI：** 10.16688/j.zwbh.2018086

Evaluation of the resistance of corn hybrid ‘Jingke 968’ and its parents to the Asian corn borer by using life table technique

LIU Shen[1,2]， GUO Jingfei[2]， HE Kanglai[2]， WANG Qinying[1]， WANG Zhenying[2]

（1. *College of Plant Protection*，*Hebei Agricultural University*，*Baoding* 071000，*China*；2. *State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests*，*Institute of Plant Protection*，*Chinese Academy of Agricultural Sciences*，*Beijing* 100193，*China*）

Abstract Corn hybrid ‘Jingke 968’, bred by the Maize Research Center of Beijing Academy of Agriculture & Forestry Sciences, is one of the main commercial corn varieties with good comprehensive characters. In order to understand the resistance of ‘Jingke 968’ to Asian corn borer (ACB), *Ostrinia furnacalis*, ‘Jingke 968’, its female parent ‘Jing 724’ and male parent ‘Jing 92’ were selected in the experiment, with the inbred line ‘Zi 330’ susceptible to ACB as the control. The resistance of ‘Jingke 968’ and its parents to ACB were evaluated by using the life table technique to compare the growth and development of the ACB fed on the same tissue of the tested corn variety or inbred lines. The results showed that the resistance level to ACB of the tested corn hybrid or inbred lines are arranged from resistant to susceptible as follows: ‘Jing 92’, ‘Jingke 968’, ‘Jing 724’ and ‘Zi 330’. Planting corn hybrid ‘Jingke 968’ may have a better control effects on ACB.

Key words *Ostrinia furnacalis*； life table； Jingke 968； resistance； maize tissue

玉米是我国第一大粮食作物，亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenée)是影响玉米产量和质量的重要限制因素，一般发生情况下可造成产量损失10%左右，严重发生时可达30%以上[1-2]。目前，使用化学农药防治玉米螟是生产上使用的主要手段，但化学农药的使用对农业生态环境造成破坏。种植抗螟品种是最经济、环保、有效的手段，而选育抗螟品种则是亚洲玉米螟综合防治研究的重要内容。近年来，随着玉米品种的更新换代和大面积推广和种植，玉米病虫害的发生也随之发生变化[3]。为了更

收稿日期： 2018－02－15 **修订日期：** 2018－05－20
基金项目： 国家重点研发计划(2017YFD0300906)；国家现代农业(玉米)产业技术体系(CARS-02)
致 谢： 感谢北京市农林科学院玉米研究中心的赵久然老师提供‘京科968’及其亲本作为本试验的材料，并且给予了很多田间种植建议；感谢中国农业科学院作物科学研究所的李明顺研究员提供感螟自交系‘自330’作为本试验的材料。
* 通信作者 E-mail：wqinying@hebau.edu.cn；zywang@ippcaas.cn

好地了解生产上玉米品种的抗螟性，我们选取了目前生产上的主推品种之一‘京科 968’及其亲本自交系作为试验材料。

‘京科 968’是由北京市农林科学院玉米研究中心培育，以外来杂交种 X1132X 选系‘京 724’自交系作为母本，以自交系‘京 92’作为父本培育而成[4-5]，是一个品质优良的中晚熟品种，该品种适应范围广、品质好、产量高，具有高产、优质、多抗、稳产的特点，在生产上已经大面积种植。

自 Morris 和 Miller 在 1954 年第一次应用生命表技术研究昆虫自然种群，组建了昆虫生命表[6-7]后，生命表技术被广泛地应用于昆虫种群的研究，并被用于评价寄主植物的抗虫性。胡学难等[8]利用生命表技术评价了甜玉米品种对亚洲玉米螟的抗性；Guo 等利用生命表技术研究了亚洲玉米螟取食诱导玉米的抗螟性；赵亮等[10-11]利用生命表评价了 8 个小麦品种对麦长管蚜的抗性；丁克军等[12]利用生命表评价了不同抗性水稻对白背飞虱种群的控制作用；丁莉等[13]利用生命表研究了转双价抗虫棉对棉蚜的抗性。

在玉米心叶期，亚洲玉米螟初孵幼虫主要聚集在未展开的心叶中取食叶肉，4 龄后开始蛀茎为害，受害茎秆容易在蛀孔处折断，导致玉米的产量下降[2]。因此，玉米心叶对亚洲玉米螟初孵幼虫的抗性水平决定了心叶期玉米的抗螟性。为此，选取玉米心叶来饲喂亚洲玉米螟初孵幼虫，利用实验种群生命表技术，比较不同玉米品种相同组织饲喂亚洲玉米螟其生长发育情况，综合分析‘京科 968’及其亲本的抗螟性，探讨‘京科 968’及其亲本抗螟性的相关性，为选育玉米抗螟品种提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试玉米材料

‘京科 968’及其母本‘京 724’和父本‘京 92’，由北京农林科学院玉米研究中心提供。玉米自交系‘自 330’作为感螟对照[14]，由中国农业科学院作物科学研究所提供。

于 2017 年 5 月初开始分批次种植，以保证在试验期间有足够的同一发育时期的玉米材料。所有试验材料在河北省廊坊市广阳区中国农业科学院植物保护研究所廊坊科研中试基地培育。玉米生长期间不施任何农药，其他管理同一般生产田。

1.2 供试虫源

亚洲玉米螟卵块由中国农业科学院植物保护研究所玉米害虫组提供。原始种群采自田间被害玉米秸秆，在温度为 27℃±1℃，相对湿度为 70%～80%，光周期 L//D=16 h//8 h 的条件下利用人工饲料饲养 3～4 代用作试虫[15]。

1.3 试验处理

所有试验处理均设 3 次重复，挑取初孵玉米螟幼虫于 24 孔板中进行饲养，1 头/孔，将 24 孔板放置于生化培养箱中，温度 27℃±1℃，相对湿度 50%～60%，光周期 L//D=16 h//8 h。

从田间选取长势一致且没有受到任何伤害的玉米植株，采集新鲜的玉米组织。即在玉米心叶期采集玉米心叶，去除叶脉，裁剪玉米心叶中部用来饲喂玉米螟。每天更换新鲜玉米组织，分别记录用不同玉米品种的心叶饲喂的亚洲玉米螟的生长发育情况，包括幼虫存活数、龄期、化蛹率和羽化率等。幼虫化蛹后分雌雄，单个放置于玻璃指形管中。

羽化后的成虫按雌雄 1∶1配对放入养虫笼(80 mm×80 mm×100 mm)中进行交配，养虫笼顶部盖有产卵纸，再加盖一层湿毛巾以保持湿度。每天更换产卵纸，记录产卵量、成虫寿命等。产下的卵放置于上口径 4 cm，下口径 3 cm，高 3.4 cm，容积 25 mL 的生测盒中进行孵化，加盖湿毛巾用于保湿，记录玉米螟卵孵化率。

1.4 数据处理及参数计算

数据使用 Excel 2010、SPSS 21.0 进行处理。各处理间差异显著性采用方差分析，平均数(百分数在差异性检验之前不进行反正弦平方根转换)比较采用邓肯法测验。生命表参数计算所需公式如下：

净增殖率：$R_0=\Sigma l_x m_x$；

平均世代周期：$T=\Sigma x l_x m_x/\Sigma l_x m_x$；

内禀增长力：$r_m=\ln R_0/T$；

周限增长率：$\lambda=e^{r_m}$；

种群加倍时间：$t=\ln 2/r_m$。

式中，x 为按一定时间划分的单位时间期限；l_x 为在 x 期间内尚存的生殖雌虫的存活率；m_x 为 x 期限内存活的平均每一个雌虫所产生的雌性后代数；e 为自然常数。

幼虫存活率=各阶段幼虫数/初孵幼虫数×100%；

化蛹率=(蛹数/幼虫数)×100%；

羽化率=(羽化数/总蛹数)×100%。

根据饲喂不同玉米品种心叶组织后所观察的亚洲玉米螟种群繁殖特征生命表，计算出种群的净增殖率 R_0、世代平均周期 T、内禀增长力 r_m、周限增长率 λ、种群加倍时间 t。

2　结果分析

2.1　取食不同品种(系)玉米心叶组织玉米螟生长发育情况

从表 1 结果可以看出取食‘京 92’心叶的亚洲玉米螟各龄期幼虫存活率均为最低,显著低于其他 3 个供试品种,取食‘自 330’心叶的亚洲玉米螟各龄期的幼虫存活率,显著高于其他 3 个供试品种,各龄期均保持较高的幼虫存活率(表 1)。

从表 2 结果可以看出,取食‘京 92’心叶的亚洲玉米螟羽化的成虫雌雄比低于 1∶1,显著低于其他 3 个供试玉米品种,其平均产卵量也显著低于其他 3 个供试玉米材料。取食‘京科 968’和‘京 92’心叶的亚洲玉米螟,其蛹重、化蛹率、羽化率,均显著低于‘京 724’和‘自 330’。取食‘自 330’心叶的亚洲玉米螟所产卵的孵化率显著高于‘京科 968’及其父母本,而取食‘京科 968’和其父母的亚洲玉米螟的卵孵化率并无显著差异(表 2)。

表 1　不同玉米品种(系)心叶对亚洲玉米螟各龄期幼虫存活率的影响[1)]

Table 1　Effects of different corn hybrids (inbreds) whorl leaves on the survival rate of Asian corn borer

品种(系) Hybrid (inbreds)	幼虫存活率/% Survival rate of larva				
	1 龄 1st instar	2 龄 2nd instar	3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar	5 龄 5th instar
京科 968	(100.00±0.00)a	(66.61±0.89)c	(51.68±2.16)c	(45.39±0.82)c	(28.06±1.13)b
京 724	(100.00±0.00)a	(71.11±1.19)b	(58.11±1.37)b	(48.68±1.08)b	(30.95±0.80)b
京 92	(100.00±0.00)a	(60.17±0.60)d	(49.44±0.98)c	(35.33±1.01)d	(23.80±0.92)c
自 330	(100.00±0.00)a	(74.00±0.80)a	(62.51±0.75)a	(52.52±1.32)a	(34.79±1.11)a

1) 表中数据为平均值±标准误,同列数据后不同字母表示经 Duncan 氏多重比较的差异显著性($P<0.05$),下同。
Data in the table are presented as mean±SE. Different letters in the same column indicate significant difference at the 0.05 level by Duncan's multiple comparison ($P<0.05$). The same below.

表 2　不同玉米品种(系)心叶对亚洲玉米螟生物学特性的影响

Table 2　Effects of different corn hybrids (inbreds) whorl leaves on the biological characteristics of Asian corn borer

品种(系) Hybrid (inbreds)	蛹重/mg Pupal weight	化蛹率/% Pupation rate	羽化率/% Emergence rate	雌雄比 Sex ratio	平均产卵量/粒 Average fecundity per female	卵孵化率/% Egg hatch rate
京科 968	(43.14±0.37)c	(18.39±0.28)c	(71.66±1.11)b	(1.17±0.07)a	(133.47±1.74)b	(53.76±1.39)b
京 724	(44.84±0.24)b	(21.33±0.34)b	(87.14±1.19)a	(1.10±0.09)a	(139.80±2.88)b	(53.88±1.00)b
京 92	(39.68±0.22)d	(14.77±0.56)d	(73.43±1.39)b	(0.67±0.09)b	(98.70±2.10)c	(49.95±1.10)b
自 330	(53.67±0.56)a	(25.39±0.52)a	(87.96±0.55)a	(1.28±0.08)a	(209.00±1.92)a	(61.70±1.80)a

从表 3 结果可以看出,取食‘自 330’心叶的亚洲玉米螟的 1 龄至 4 龄幼虫发育历期最短。取食‘京科 968’心叶的亚洲玉米螟,其 5 龄幼虫发育期最长。与取食其他 3 个供试玉米品种的亚洲玉米螟相比,取食‘京科 968’心叶的亚洲玉米螟的幼虫总历期最长,显著高于取食母本‘京 724’和感螟对照‘自 330’的亚洲玉米螟。取食‘京 92’的亚洲玉米螟,蛹历期显著高于其他 3 个供试玉米,其羽化的成虫寿命较短,与取食其他 3 个玉米材料的亚洲玉米螟存在显著差异(表 3)。

表 3　不同玉米品种(系)心叶对亚洲玉米螟发育历期的影响

Table 3　Effects of different corn hybrid (inbreds) whorl leaves on the developmental durations of Asian corn borer

品种(系) Hybrid (Inbreds)	发育历期/d Development duration							
	1 龄 1st instar	2 龄 2nd instar	3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar	5 龄 5th instar	幼虫期 Larval stage	蛹期 Pupal stage	成虫寿命 Adult longevity
京科 968	(3.96±0.22)a	(3.20±0.25)ab	(4.78±0.35)a	(4.25±0.09)a	(6.13±0.32)a	(22.97±0.84)a	(6.34±0.07)b	(6.92±0.77)a
京 724	(3.69±0.22)ab	(2.88±0.16)b	(4.16±0.30)a	(4.30±0.23)a	(4.11±0.31)c	(19.06±0.17)b	(6.20±0.09)b	(6.26±0.34)a
京 92	(4.18±0.20)a	(3.67±0.19)a	(4.80±0.46)a	(3.99±0.13)a	(4.93±0.58)bc	(21.85±1.11)a	(6.69±0.08)a	(4.27±0.68)b
自 330	(3.31±0.04)b	(2.79±0.12)b	(3.87±0.08)a	(3.98±0.07)a	(5.97±0.08)ab	(18.39±0.37)b	(5.93±0.06)c	(6.10±0.08)a

取食‘京 92’心叶的亚洲玉米螟种群的净增殖率显著低于取食其他三种供试玉米的种群,其种群加倍时间与取食其他三种供试玉米的种群存在显著差异,说明‘京 92’的心叶非常不适合亚洲玉米螟的生长发育。而取食‘京科 968’和其父本‘京 92’心叶的亚洲玉米螟种群平均世代周期显著长于在其他两种供试玉米心叶上取食的种群,其种群加倍也需要更长的时间(表 4)。

表 4 不同玉米品种(系)心叶对亚洲玉米螟种群生命表参数的影响

Table 4 Effects of different corn hybrid (inbreds) whorl leaves on the population life table parameters of Asian corn borer

品种(系) Hybrid (inbreds)	净增殖率 R_0 Net reproduction rate	平均世代周期 T/d Mean generation time	内禀增长力 r_m Innate rate of increase	周限增长率 λ Finite increase rate	种群加倍时间 t/d Doubling time
京科 968	(3.12±0.10)c	(34.23±0.37)a	(0.03±0.00)c	(0.09±0.00)c	(20.94±0.60)b
京 724	(3.77±0.20)b	(29.92±0.32)b	(0.04±0.00)b	(0.13±0.01)b	(15.80±0.69)c
京 92	(0.48±0.01)d	(33.31±0.67)a	(0.02±0.00)d	(0.01±0.00)d	(31.55±1.22)a
自 330	(5.35±0.07)a	(26.12±0.31)c	(0.06±0.00)a	(0.20±0.00)a	(10.80±0.12)d

根据取食不同玉米品种(系)心叶的亚洲玉米螟存活情况组建玉米螟种群生命表,各生育期存活数为实际观察值,雌雄比假定为 1∶1,正常♀×2=♀×2×(平均产卵量/最高产卵量),预测下一代产卵量=正常♀×平均产卵量[16]。所有处理种群趋势指数均大于 1,说明各种群数量呈上升趋势(表 5)。

取食‘京科 968’及其父本‘京 92’心叶的亚洲玉米螟种群增长幅度较小。取食 4 个不同玉米品种(系)心叶的亚洲玉米螟种群趋势指数(I)由低到高为:‘京 92’<‘京科 968’<‘京 724’<‘自 330’(表 5)。

表 5 不同玉米品种(系)心叶对亚洲玉米螟种群趋势的影响

Table 5 Effects of different maize hybrids (inbreds) whorl leaves on the population trend of Asian corn borer

品种(系) Hybrids (inbreds)	预测下一代卵量/粒 Estimated total eggs of the next generation	种群趋势指数 I Population trend index
京科 968	700.50	1.95
京 724	1479.13	4.11
京 92	499.62	1.39
自 330	1803.32	5.01

3 结论与讨论

玉米抗螟品种对亚洲玉米螟种群数量控制起着重要的作用,玉米心叶期的抗螟性是评价一个玉米品种(系)对一代玉米螟抗性水平的重要指标[17]。本试验选取抗螟品种‘京科 968’这一生产主推品种,及其自交系母本‘京 724’和父本‘京 92’为试验材料,利用生命表技术评价了‘京科 968’及其亲本的抗螟性,分析了亚洲玉米螟取食不同玉米品种(系)对其各虫态的存活率、发育历期、成虫寿命、繁殖和后代卵孵化率以及种群生命表参数的影响,制作了亚洲玉米螟种群生命表。

取食‘京科 968’父本‘京 92’心叶的亚洲玉米螟幼虫存活率最低,而取食‘京科 968’心叶的亚洲玉米螟幼虫存活率介于取食其两个亲本的存活率之间,而取食感螟对照‘自 330’心叶的亚洲玉米螟,各龄期均保持较高的幼虫存活率,表明‘京科 968’及其父本‘京 92’对亚洲玉米螟的抗性较好,均高于母本‘京 724’。

取食不同玉米品种(系)心叶的亚洲玉米螟蛹重存在显著差异,进而导致羽化成虫的繁殖力也存在显著差异,取食感螟对照‘自 330’心叶的亚洲玉米螟蛹重最重,产卵量也最大,而取食‘京 92’心叶的蛹重最轻,繁殖力也最低,因此,蛹重和繁殖力也可以作为评价玉米抗螟性的一个重要指标。

根据取食不同玉米品种(系)心叶的亚洲玉米螟种群生命参数,取食‘京科 968’和其父本‘京 92’心叶的亚洲玉米螟,其平均世代周期和种群加倍时间显著增加,而取食感螟对照‘自 330’心叶的亚洲玉米螟,有着更高的净增殖率,繁殖速度更快。‘京 92’心叶非常不利于亚洲玉米螟种群的增长,种群数量呈下降趋势,而取食‘京科 968’心叶的亚洲玉米螟的各项生命参数接近于‘京 92’,说明‘京科 968’的心叶同样不适合亚洲玉米螟的生长发育和繁殖。取食‘京科 968’和其父本‘京 92’心叶的亚洲玉米螟,有着较低的净增殖率,平均世代周期和种群加倍时间显著长于其母本‘京 724’和感螟对照‘自 330’。

取食不同玉米品种(系)心叶的亚洲玉米螟种群趋势指数均大于 1,说明取食不同玉米品种(系)心叶后的亚洲玉米螟种群数量均呈增长趋势,但增长幅度有较大差异,取食‘京 92’心叶的亚洲玉米螟种群增长幅度最小,取食‘京科 968’心叶的亚洲玉米螟种群增长幅度其次,和其父本‘京 92’较为接近。说明‘京科 968’和其父本‘京 92’在玉米心叶期对亚洲玉米螟有较好的抗性[18-19]。综合分析,可以得出四个玉米品种(系)心叶期抗螟性大小依次为:‘京 92’(父本)>‘京科 968’>‘京 724’(母本)>‘自 330’。

在玉米的整个生育期中,玉米心叶期的抗虫性相对较强,玉米中的某些次生代谢物质如丁布类化合物等含量高于玉米生长发育的其他时期,对亚洲玉米螟有驱避作用,所以仅取食玉米心叶的亚洲玉米螟种群的幼虫存活率整体相对较低。但从玉米心叶期的抗螟性可以看出,‘京科 968’的抗螟性高于其母本‘京 724’,低于其父本‘京 92’,可见‘京科 968’的抗螟性主要来源于其父本‘京 92’。玉米抗虫性的表现不仅受亲本遗传背景的影响,同时也与

玉米生长发育情况相关[20]。

近年来,对于‘京科 968’的报道多集中在其种子活力高、苗期生长健壮、中抗病害、高产优质以及品种推广等方面,对其抗螟性虽有提及但并没有更为详细的分析,本研究明确了其心叶期的抗螟性及其对亚洲玉米螟种群的控制作用,对于该品种的推广种植有重要应用意义。利用实验种群生命表技术评价玉米抗螟性,结合田间接虫鉴定,可以更好地综合评价玉米品种的抗螟性。

参考文献

[1] 全国玉米抗螟性鉴定及选育协作组. 玉米品种抗“亚洲玉米螟”鉴定结果[J]. 植物保护,1983,9(2):41-42.

[2] 王振营,鲁新,何康来,等. 我国研究亚洲玉米螟历史、现状与展望[J]. 沈阳农业大学学报,2000,31(5):402-412.

[3] 王振营,王晓鸣. 加强玉米有害生物发生规律与防控技术研究,保障玉米安全生产[J]. 植物保护学报,2015,42(6):865-868.

[4] 赵久然,李春辉,宋伟,等. 利用 SSR 标记解析京科 968 等系列玉米品种的杂优模式[J]. 玉米科学,2017,25(5):1-8.

[5] 陈传永,赵久然,王荣焕,等. 京科 968 的灌浆特征与产量性能分析[J]. 玉米科学,2013,21(2):83-87.

[6] MORRIS R F,MILLER C A. The development of life tables for the spruce budworm [J]. Revue Canadienne de Zoologie, 1954,32(4):283-301.

[7] 高尚坤,杨忠岐. 生命表技术在害虫生物防治中的应用[J]. 中国生物防治学报,2015,31(2):256-263.

[8] 胡学难,梁广文,庞雄飞. 利用生命表技术评价甜玉米品种对亚洲玉米螟的抗性[J]. 中国农业科学,2001,34(5):502-505.

[9] GUO Jingfei,GUO Jianqing,HE Kanglai,et al. Physiological responses induced by *Ostrinia furnacalis* (Lepidoptera:Crambidae) feeding in maize and their effects on *O. furnacalis* performance [J]. Journal of Economic Entomology,2017,110(2):739-747.

[10] 赵亮,朱亚灵,师桂英,等. 8 个小麦品种对麦长管蚜试验种群生命参数的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2014,49(5):123-126.

[11] 赵亮. 几个小麦品种对麦长管蚜(*Sitobion avenae*)的抗性研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2013.

[12] 丁克军,黄寿山,曾玲,等. 水稻品种抗虫性对白背飞虱种群的控制作用[J]. 华南农业大学学报,1993,14(3):37-41.

[13] 丁莉. 转双价基因抗虫棉对棉蚜抗性的研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2005.

[14] LI Xia, HE Kanglai, WANG Zhenying, et al. Quantitative trait loci for Asian Corn Borer resistance in maize population Mc37×Zi330 [J]. Journal of Integrative Agriculture,2010,9(1):77-84.

[15] 周大荣,王玉英,刘宝兰,等. 玉米螟人工大量繁殖研究:I. 一种半人工饲料及其改进[J]. 植物保护学报,1980,7(2):113-122.

[16] 吴坤君,陈玉平,李明辉. 不同温度下的棉铃虫实验种群生命表[J]. 昆虫学报,1978,21(4):385-392.

[17] 罗梅浩,赵艳艳,刘晓光,等. 不同玉米品种的抗虫性研究[J]. 玉米科学,2007,15(5):34-37.

[18] 王元东,张华生,段民孝,等. 利用外来新种质 X1132x 选育优良玉米自交系的研究[J]. 中国种业,2015(2):41-44.

[19] 王荣焕,刘春阁,成广雷,等. 玉米新品种京科 968 高产栽培技术[J]. 中国种业,2011(12):71-72.

[20] 周大荣,剧正理,魏瑞云,等. 玉米抗螟性利用与植单抗螟一号[J]. 植物保护,1987,13(5):16-18.

(责任编辑:田　喆)

(上接 92 页)

[12] SHEN Guangmao, SHI Li, XU Zhifeng, et al. Inducible expression of mu-class glutathione *S*-transferases is associated with fenpropathrin resistance in *Tetranychus cinnabarinus* [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2014, 15(12): 22626-22641.

[13] WANG Ying, ZHAO Shu, SHI Li, et al. Resistance selection and biochemical mechanism of resistance against cyflumetofen in *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval)[J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2014, 111(1): 24-30.

[14] CLARK A G, DICK G L, SMITH J N. Kinetic studies on a glutathione *S*-transferase from the larvae of *Costelytra zealandica*[J]. Biochemical Journal, 1984, 217(1):51-58.

[15] VAN ASPEREN K. A study of house fly esterase by means of a sensitive colorimetric method [J]. Journal of Insect Physiology, 1962, 8(4):401-416.

[16] SCHMITTGEN T D, LIVAK K J. Analyzing real-time PCR data by the comparative CT method[J]. Nature Protocols, 2008, 3(6): 1101-1108.

[17] 陈秋双,赵舒,邹晶,等. 朱砂叶螨抗药性监测[J]. 应用昆虫学报, 2012, 49(2): 364-369.

[18] KHAJEHALI J, NIEUWENHUYSE P V, DEMAEGHT P, et al. Acaricide resistance and resistance mechanisms in *Tetranychus urticae* populations from rose greenhouses in the Netherlands [J]. Pest Management Science,2011,67(11):1424-1433.

[19] ZHAN Yu, FAN Siqi, ZHANG Minghua, et al. Modelling the effect of pyrethroid use intensity on mite population density for walnuts [J]. Pest Management Science,2014,71(1):159-164.

[20] CUI Feng, LIN Zhe, WANG Hongsheng S, et al. Two single mutations commonly, use qualitative change of nonspecific carboxylesterases in insects [J]. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 2011, 41(1): 1-8.

[21] WU Shuwen, YANG Yihua, YUAN Guorui, et al. Overexpressed esterases in a fenvalerate resistant strain of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* [J]. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 2011, 41(1): 14-21.

[22] DING Tianbo, NIU Jinzhi, YANG Lihong, et al. Transcription profiling of two cytochrome P450 genes potentially involved in acaricide metabolism in citrus red mite *Panonychus citri* [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2013, 106(1/2): 28-37.

(责任编辑:田　喆)