

# 济宁青山羊 PRLR 基因的多态性及其与主要经济性状的关联分析

张圆<sup>1</sup>, 袁婧<sup>2</sup>, 高一珊<sup>2</sup>, 康贝宁<sup>2</sup>, 李增宽<sup>2</sup>, 赵勇<sup>2</sup>, 闵令江<sup>2\*</sup>

(1. 济宁市畜牧业发展中心, 山东济宁 272000; 2. 青岛农业大学动物科技学院, 山东青岛 266109)

**摘要** 采用 PCR-RFLP 技术检测济宁青山羊 PRLR 基因部分序列的单核苷酸多态性, 并分析其对济宁青山羊产羔数、出生重的影响, 有利于进行分子标记辅助选择从而培育具有高繁殖力的济宁青山羊。结果表明, 此次引物所扩增的片段具有多态性, 有 AA、AB 2 种基因型; 经  $\chi^2$  检验, 该群体符合哈德-温伯格平衡。该基因位点对济宁青山羊产羔数没有显著效应 ( $P>0.05$ ), 但是 AB 基因型产羔数比 AA 基因型多 0.16 只; 该基因位点对济宁青山羊出生重没有显著效应 ( $P>0.05$ ), 但是 AB 基因型出生重比 AA 型高 0.38 kg。说明此次试验检测的 PRLR 基因的突变位点对济宁青山羊产羔数、出生重等性状的影响不显著。

**关键词** 济宁青山羊; PRLR 基因; 多态性; PCR-RFLP; 经济性状; 关联

中图分类号 S827 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)16-0094-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.16.025



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Polymorphism of PRLR Gene and Its Association with Major Economic Traits in Jining Grey Goats

ZHANG Yuan<sup>1</sup>, YUAN Jing<sup>2</sup>, GAO Yi-shan<sup>2</sup> et al (1. Animal Husbandry Development Centre of Jining, Jining, Shandong 272000; 2. College of Animal Science and Technology, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109)

**Abstract** PCR-RFLP technique was used to detect the single nucleotide polymorphism of some sequences of PRLR gene in Jining grey goats, and its effect on the number of lambs and birth weight of Jining grey goats were analyzed, which was beneficial to molecular marker-assisted selection and to cultivate Jining grey goats with high fertility. The results showed that the fragment amplified by this primer was polymorphic, and the corresponding genotype were AA and AB. After  $\chi^2$  test, the group conforms to the Hardy-Weinberg balance. The gene locus had no significant effect on the number of lambs produced in the Jining grey goats ( $P>0.05$ ), but the genotype AB had 0.16 kids more than genotype AA; the gene locus had no significant effect on the birth weight of Jining grey goats ( $P>0.05$ ), but the AB genotype birth weight was 0.38 kg higher than AA genotype. The results suggested that the mutation locus of PRLR gene in Jining grey goats in this experiment had no significant effect on the number of lambs, birth weight and other traits in this group.

**Key words** Jining grey goats; PRLR gene; Polymorphism; PCR-RFLP; Economic traits; Association

近年来,随着人们生活水平的不断提高,人们对于羊肉的需求量也日益增加,养羊业的方向也在发生转变,逐渐开始由皮用型转向肉用型。济宁青山羊主要产于山东省西南部的济宁市和菏泽市,目前已经推广到东北、西北、华南等多个省份以及地区,其性成熟早、繁殖率高、肉质细嫩、营养丰富、风味独特、适应性强,以产花纹独特的青猾子皮而出名<sup>[1]</sup>。济宁青山羊的肉色、大理石花纹、pH、系水力等各项指标均比白山羊、波白杂一代表现突出,而且含有较多的矿物质元素以及较低的脂肪,其营养价值是普通羊肉的 1.8~2.6 倍<sup>[2]</sup>。

山羊的产羔数是一个重要的经济性状,受多种因素影响,因此很难用常规的育种方法在短时间内来改良产羔数,随着分子生物学的不断深入研究,尤其是 DNA 分子标记技术的发展,寻找与产羔数、出生重等经济性状相关的主效基因和遗传标记成为了目前研究的热点<sup>[3]</sup>。一些与繁殖活动相关的激素、蛋白质因子以及受体所对应的基因均被列为候选基因进行研究,并取得了较大的进展<sup>[4]</sup>。考虑到催乳素受体(PRLR)基因在繁殖活动中的综合作用,国内外许多学者将 PRLR 基因作为家畜特别是猪的繁殖性能的一个候选基

因进行了大量研究<sup>[5]</sup>。催乳素(PRL)是由垂体前叶分泌,控制乳腺发育、乳汁分泌和乳汁蛋白基因表达的肽激素<sup>[6]</sup>,可以促进黄体维持妊娠,刺激母体做出保护幼崽的行为,促进胚胎着床,直接作用于雄性性腺调节睾酮的分泌,与雄性交配行为有关,影响动物机体免疫系统内各种细胞的增生和分化<sup>[5]</sup>。研究发现,催乳素发挥其生物学功能的第一步就是通过内分泌、旁分泌和自分泌的作用方式与靶细胞膜表面的 PRLR 相结合,从而引发各种生理生化反应<sup>[7]</sup>。据报道, PRLR 是由 2 种不同的机制相互作用控制的,这些机制分别涉及催乳素或卵巢类固醇激素,或以组织特异性的方式组合使用,催乳素受体位点已被选定为候选基因<sup>[8]</sup>。

国内外学者对羊的 PRLR 基因与生长、繁殖行为的关联进行了大量的研究,但主要采用的是 PCR-SSCP(聚合酶链反应-单链构象多态性)技术。此技术是利用不同构象单链 DNA 在非变性聚丙烯酰胺凝胶电泳中泳动速率的差异快速有效地检测出 DNA 短片段中存在的单核苷酸突变的一项技术<sup>[9]</sup>。RFLP(限制性片段长度多态性)的基本原理是假如 DNA 序列中的某个碱基发生了突变,使突变所在部位的 DNA 序列产生或失去某种限制性内切酶的位点,再利用该限制性内切酶消化此 DNA 便会产生与正常不同的限制性片段,消化后的片段通过凝胶电泳依分子量的大小而分离,并形成连续的带谱<sup>[10]</sup>。PCR-SSCP 技术是先用特定引物扩增基因组 DNA,然后用适当的限制性内切酶酶切扩增产物,电泳检测多态性<sup>[10]</sup>。

该试验通过 PCR-RFLP 方法,检测济宁青山羊 PRLR 基

**基金项目** 山东省现代农业产业技术体系羊创新团队项目(SDAIT-10-08);济宁市科技发展技术项目“济宁青山羊高繁殖力相关基因的筛选和应用”。

**作者简介** 张圆(1979—),女,山东济宁人,高级畜牧师,硕士,从事动物遗传育种与繁殖研究。\*通信作者,教授,博士,硕士生导师,从事动物生产与繁育研究。

**收稿日期** 2020-04-15

因部分序列的单核苷酸多态性。与 PCR-SSCP 技术相比, PCR-RFLP 方法简便、快速、可靠、经济实用,非常适合基层实验室使用。以济宁青山羊的子宫为材料,根据张跟喜等<sup>[11]</sup>发布的山羊 PRLR 基因外显子 10 和部分 3'非翻译区的核苷酸序列以及研究结果(P2 引物扩增出来的片段发生了 2 处突变即 52G→A 和 122G→A),利用 NEBcutter 2.0 软件,根据已经发布的 PRLR 核苷酸序列查找限制酶切位点,在 51 位点发现的 MspI 限制性内切酶的酶切位点。该试验从产羔数、出生重、子宫体长等多个方面分析其与 PRLR 基因的关联,对提高山羊产羔数、出生重的标记辅助选择以及培育高繁殖力的山羊品种具有参考意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

**1.1.1 试验仪器。**金属浴,南京沃拓仪器设备有限公司;高速离心机,eppendorf 生命科学公司;旋涡混匀器,IKA;超微量分光光度计,上海美谷分子仪器有限公司;Quick Drop 超微量分光光度计,MOLECuLAR DEVICES;PCR 仪,BIORAD;DYY-8C 型电泳仪,北京市六一仪器厂;凝胶成像系统,北京科创锐新生物科技有限公司。

**1.1.2 试验动物。**该试验用到的济宁青山羊来自山东嘉祥济宁青山羊原种场,通过查阅系谱档案材料,选取连续 3 胎均产 3 羔或 3 羔以上的济宁青山羊 14 只,连续 3 胎均产单羔的济宁青山羊 12 只。该次试验取的是 26 只具有产羔数记载的年龄、体重基本一致,济宁青山羊的子宫冻存样品。

**1.1.3 试验试剂。**上游引物、下游引物、DNA 抽提试剂盒,购自上海生工生物工程有限公司;2×Phanta Max Master Mix,购自 Vazyme 科技有限公司;DNA Marker A(25~500),核酸染料(4s Green Plus Nucleic Acid Stain),购自 BBI 生命科学有限公司;限制性内切酶 Msp I、10×NEBuffer,购自 neb 公司;琼脂糖粉、ddH<sub>2</sub>O、无水乙醇、电泳缓冲液(1×TAE)、上样缓冲液(10×Loading Buffer)。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 样品 DNA 提取和浓度测定。**试验方法中的基因组 DNA 提取和测定等技术均参照《分子克隆实验指南》。

**1.2.2 引物设计。**根据张跟喜等<sup>[11]</sup>发表的山羊 PRLR 基因

外显子 10 及部分 3'非翻译区的核苷酸序列设计引物,预期产物大小为 233 bp,引物序列为:上游引物 F:5'-TGTCT-GAAAAGTGTGATGAA-3'、下游引物 R:5'-AGCAATGTTGT-GGTAAGAATA-3'。

### 1.2.3 PCR 扩增。

**1.2.3.1 PCR 扩增反应体系(20 μL)。**mix 10.0 μL,ddH<sub>2</sub>O 6.4 μL,上下游引物各 0.8 μL,模板 DNA 2.0 μL。

**1.2.3.2 最佳 PCR 反应条件。**95 °C 预变性 30 s,95 °C 变性 30 s,最适退火温度 48 °C 15 s 共 30 个循环,72 °C 延伸 5 min,4 °C 保存。

**1.2.3.3 PCR 产物检测。**3% 琼脂糖凝胶电泳分析,电压 120 V,电流 100 mA,电泳 20 s,凝胶成像系统成像。

### 1.2.4 DNA 的限制性内切酶反应。

**1.2.4.1 酶切反应体系(15 μL)。**10×NEBuffer 1.5 μL,限制性内切酶 MspI 1.0 μL,PCR 产物 5.0 μL,ddH<sub>2</sub>O 7.5 μL。

**1.2.4.2 酶切产物检测。**3% 琼脂糖凝胶电泳分析,电压 120 V,电流 100 mA,电泳 20 s,凝胶成像系统成像,判断基因型。张跟喜等<sup>[11]</sup>用 SSCP 法测得部分个体该片段 DNA 在 52 位置发生了基因突变(G→A)。如果从图片上观察到 2 条片段,说明该个体没有发生突变,记为 AA 基因型;如果从图片上观察到 3 条片段,说明该位点碱基突变,记为 AB 基因型。

**1.3 数据统计分析** 运用 SPSS statistics 23 进行最小二乘方差分析,以及不同基因型与济宁青山羊主要经济性状相关性分析,分析不同 PRLR 基因型与济宁青山羊产羔数、出生重、子宫角长、子宫体长的相关性。

## 2 结果与分析

**2.1 济宁青山羊子宫 DNA 的浓度及纯度** 试验结果显示,样品的  $A_{280}/A_{260}$  值基本都在 1.8~2.0,  $A_{260}/A_{230}$  值在 2.0~2.5,说明该试验所提取的济宁青山羊的 DNA 的浓度和纯度基本符合试验要求,可以进行下一步的 PCR 扩增试验。

**2.2 济宁青山羊 PRLR 基因 PCR 扩增结果** 配制 3% 的琼脂糖凝胶,电泳检测 PCR 产物。从图 1 可以看出,条带整齐、明亮,而且片段长度与预期的相符,扩增效果良好,可以直接进行下一步的限制性内切酶试验。

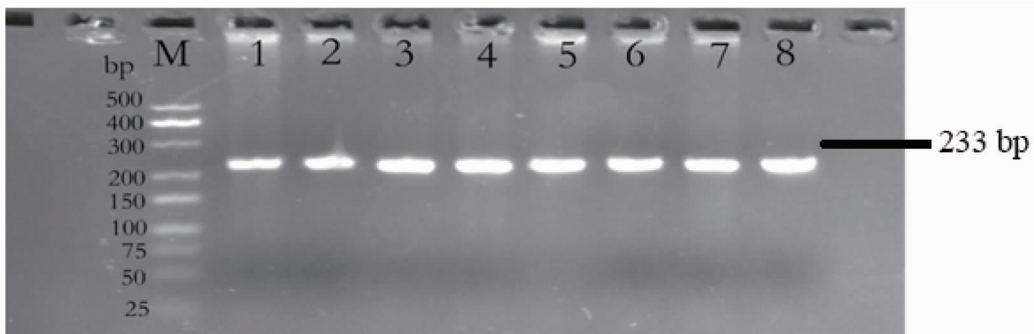
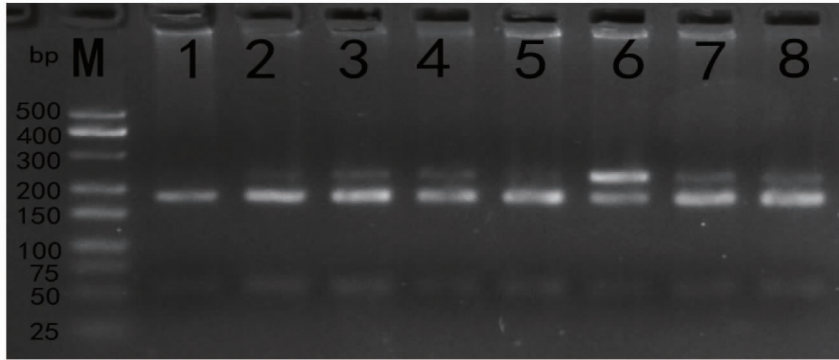


图 1 PCR 产物 3% 琼脂糖凝胶电泳图谱

Fig.1 Electrophoresis of PCR products 3% agarose gel

**2.3 PCR-RFLP 检测** 配制 3% 的琼脂糖凝胶,电泳检测酶切产物。结果发现(图 2),PCR 扩增产物具有多态性,在这

26 个样品当中共检测到 AA、AB 2 种基因型。



注:1,5为AA型;2,3,4,6,7,8为AB型

Note:1,5 are AA type; 2,3,4,6,7,8 are AB type

图2 PCR产物的RFLP分析

Fig.2 RFLP analysis of PCR products

**2.4 基因型频率与基因频率** 在检测的26只济宁青山羊中,14只为AA型,12只为AB型,由表1可知,AA和AB型基因频率分别为0.538 5、0.461 5,A和B的基因频率分别为0.769 2、0.230 8。

表1 PRLR基因扩增片段的基因型频率和基因频率

Table 1 Genotype frequency and gene frequency of amplified fragment of PRLR gene

基因型 Genotype	数量 Number 只	基因型频率 Genotype frequency	等位基因 Allele	等位基因频率 Allele frequency
AA	14	0.538 5	A	0.769 2
AB	12	0.461 5	B	0.230 8

**2.5 PRLR基因的Hardy-Weinberg平衡检验** 为了判断该济宁青山羊群体是否符合Hardy-Weinberg平衡,进行 $\chi^2$ 检验,结果发现 $\chi^2 = 1.21, P > 0.05$ ,说明该济群体符合Hardy-Weinberg平衡。

**2.6 济宁青山羊PRLR基因的不同基因型与产羔数的关联** 从表2可以看出,该基因位点对济宁青山羊产羔数没有显著效应( $P > 0.05$ ),但是AB型产羔数比AA型多0.16只,说明该突变位点对产羔数没有影响。

**2.7 济宁青山羊PRLR基因的不同基因型与出生重的关联** 由表3可见,该基因位点对济宁青山羊出生重没有显著

效应( $P > 0.05$ ),但是AB型出生重比AA型高0.38 kg,说明该突变位点对济宁青山羊的出生重没有影响。

表2 不同基因型与山羊产羔数的最小二乘均值分析

Table 2 Analysis of least square mean of different genotypes and the number of lambs and

基因型 Genotype	个体数 Individual number//只	产羔数 Number of lambs and//只	F值 F value	P值 P value
AA	14	1.785 7±0.170 7	0.528	0.474
AB	12	1.944 2±0.125 7		

表3 不同基因型与山羊出生重的最小二乘均值分析

Table 3 Analysis of least square mean of different genotypes and birth weight of goat

基因型 Genotype	个体数 Individual number//只	出生重 Birth weight kg	F值 F value	P值 P value
AA	14	2.175 0±0.227 6	1.246	0.275
AB	12	2.554 2±0.253 3		

**2.8 济宁青山羊PRLR基因的不同基因型与子宫体、子宫角长度的关联** 从表4可以看出,AA基因型个体子宫体长、子宫角长比AB基因型个体分别多0.738、0.358 cm,但是最小二乘均值分析结果表明该突变位点对子宫体、子宫角长度均没有影响( $P > 0.05$ )。

表4 不同基因型与山羊的子宫体长、子宫角长最小二乘均值分析

Table 4 Analysis of least square mean of different genotypes and the length of goat's uterine body and uterine horn

基因型 Genotype	个体数 Individual number//只	子宫体长 Uterine body length cm	子宫角长 Uterine horn length//cm	F值 F value		P值 P value	
				子宫体长 Uterine body length	子宫角长 Uterine horn length	子宫体长 Uterine body length	子宫角长 Uterine horn length
AA	14	8.821±0.358	11.750±1.097	1.618	0.048	0.216	0.829
AB	12	8.083±0.468	11.392±1.223				

### 3 讨论与结论

**3.1 PRLR基因的多态性** 国内外学者对猪的PRLR基因研究较多,近年来关于羊的PRLR基因多态性研究也逐渐增多。Drogemuller等<sup>[12]</sup>研究不同品种的德国猪与产仔数有关

的候选基因,结果发现催乳素受体基因存在多态性;牟玉莲等<sup>[13]</sup>采用PCR-SSCP技术检测催乳素受体基因在4个绵羊群体中的多态性,结果表明,有3对引物扩增片段存在多态性。该试验所扩增出的济宁青山羊PRLR基因部分序列,通

过 PCR-RFLP 检测,结果发现存在多态性;该试验以济宁青山羊子宫为材料,采用 PCR-RFLP 技术,在该群体中共检测到 AA、AB 2 种基因型,但是没有检测到 BB 基因型;通过  $\chi^2$  适合性检验,济宁青山羊群体保持了 Hardy-Weinberg 平衡 ( $P>0.05$ ),这可能是由于以下 2 个原因造成的:一是样本群体数量较少;二是人工选择和长期进化的结果。

**3.2 PRLR 基因与产羔数之间的联系** 大量研究报道,PRLR 基因与繁殖性状有关,尤其是与家畜的产仔数密切相关。Vincent 等<sup>[14]</sup>研究发现 4 个猪品种 PRLR 基因中存在 AluI 的多态位点,AA 型母猪产仔数显著高于 AB、BB 型。曹果清等<sup>[15]</sup>利用 PCR-SSCP 技术检测 4 个品种猪催乳素受体基因第 10 外显子的多态性,结果发现,PRLR 基因第 10 外显子存在 NaeI 多态位点,而且该位点对母猪产仔性能有显著影响。汪代华等<sup>[16]</sup>研究发现天府肉羊新品群 PRLR 基因多态性与产羔数密切相关,AA 型和 CC 型 2 种纯合基因型在控制繁殖性能上具有显著的遗传效应。该试验当中,PRLR 基因不同基因型与产羔数的最小二乘均值分析结果表明,AB 型济宁青山羊的平均经产羔数比 AA 型多 0.16 只,但是二者差异不显著,这与张跟喜等<sup>[11]</sup>的研究结果一致。说明该试验通过 PCR-RFLP 技术检测到的济宁青山羊 PRLR 基因的突变位点对济宁青山羊遗传变异的影响较小,而且这个基因位点对该研究群体的产羔数的影响不显著。这与目前 PRLR 基因在繁殖性能方面研究的结果有一定的差别,出现这种情况的原因可能是:①该试验样本含量较少,而且所涉及的品种数也不多;②该试验存在一定的抽样误差;③该试验扩增的只是 PRLR 基因的部分序列,检测到的突变位点数量较少。

**3.3 PRLR 基因与其他性状之间的联系** 近年来也出现了一些关于 PRLR 基因与家畜体重存在关联的报道。Zhang 等<sup>[17]</sup>研究催乳素受体基因在 F1 杂交猪(野猪×大白猪)中的多态性,并分析了其与出生重、30 d 体重的遗传相关性,结果表明,PRLR 基因的 AA 基因型与 AB 和 BB 相比具有较高的 30 d 体重 ( $P<0.05$ );Xiong 等<sup>[18]</sup>利用波尔山羊和麻城黑山羊品种,通过 DNA 测序检测 PRLR 基因中的单核苷酸多态性,分析不同基因型与生长性状的关联,结果表明,TT 或 TC 基因型的个体的出生重明显低于 CC 基因型的个体 ( $P<$

0.05)。该试验分析 PRLR 基因部分序列与济宁青山羊出生重的关系发现,AB 型济宁青山羊的出生重比 AA 型高 0.38 kg,但是 2 种基因型之间差异不显著 ( $P>0.05$ ),说明该位点对济宁青山羊的出生重没有影响。子宫是与济宁青山羊繁殖有关的器官,子宫的结构与子宫的功能有关,该试验分析 PRLR 基因部分序列与济宁青山羊子宫角长、子宫体长的关系发现,该位点对济宁青山羊的子宫体长、子宫角长没有影响。

## 参考文献

- [1] 荆元强,杨维仁,王平.济宁青山羊的生物学特性及其发展现状的研究进展[J].饲料博览,2010(4):19-20.
- [2] 张艳艳,匡世军.济宁青山羊的兴衰与发展前景[J].安徽农业科学,2017,45(23):99-100,105.
- [3] 毛景欣,刘小艳,左福元.济宁青山羊繁殖力研究现状[J].山东畜牧兽医,2008(5):39-42.
- [4] 赵秀华.济宁青山羊多产性候选基因 PRL 和 BMPR-1B 的研究[D].扬州:扬州大学,2007.
- [5] 张珂.山羊 PRLR 基因多态性及其与产羔数相关性分析[D].雅安:四川农业大学,2009.
- [6] HOU J X, AN X P, SONG Y X, et al. Combined effects of four SNPs within goat PRLR gene on milk production traits [J]. Gene, 2013, 529(2): 276-281.
- [7] 常新侠.济宁青山羊生后乳腺中 GHR、IGF-1R、INSR 和 PRLR 的分布和表达的发育性变化[D].泰安:山东农业大学,2015.
- [8] LI G, AN X P, HOU J X, et al. Study on polymerization effect of polyembryony genes by SSCP marker and family trees in Chinese goats [J]. Molecular biology reports, 2011, 38(2): 739-744.
- [9] 张利,黎晓敏.PCR-SSCP 技术研究现状[J].饲料博览,2011(6):16-18.
- [10] 邢晋祚,帅素容.RFLP 和 PCR-RFLP 技术与猪分子育种[J].畜禽业,2001(7):24-25.
- [11] 张跟喜,储明星,王金玉,等.催乳素受体基因外显子 10 多态性及其与济宁青山羊高繁殖力关系的研究[J].遗传,2007,29(3):329-336.
- [12] DROGEMULLER C, HAMANN H, DISTL O. Candidate gene markers for litter size in different German pig lines [J]. Journal of animal science, 2001, 79(10): 2565-2570.
- [13] 牟玉莲,储明星,孙少华,等.绵羊催乳素受体基因 PCR-SSCP 分析[J].畜牧兽医学报,2006,37(10):956-960.
- [14] VINCENT A L, EVANS G, SHORT T H, et al. The prolactin receptor gene is associated with increased litter size in pigs [J]. Gene Appl Prod, 1998, 27: 15-18.
- [15] 曹果清,李步高,石建中,等.猪 PRLR 基因多态性及其与产仔性能的关联分析[J].畜牧兽医学报,2009,40(4):476-480.
- [16] 汪代华,张珂,徐刚毅,等.天府肉羊新品群 PRLR 基因第 10 外显子多态性与产羔数的关联分析[J].中国畜牧杂志,2011,47(3):10-13.
- [17] ZHANG D J, LIU D, YANG G W, et al. Impact of the GPX5, FUT1, FSHB and PRLR genes on individual weight at birth and 30 days in hybrid pig [J]. Journal of applied animal research, 2010, 38(2): 239-243.
- [18] XIONG Q, CHAI J, LI X F, et al. Two tagSNPs in the prolactin receptor gene are associated with growth and litter traits in Boer and Macheng Black crossbred goats [J]. Livestock science, 2016, 193: 71-77.

(上接第 59 页)

了解各品种特性,并根据客户需求,科学推荐和合理安排种植时间,进行品种的选择和推广,最终让农户获得更高的经济效益。

## 参考文献

- [1] 中国农业科学院蔬菜花卉所.中国蔬菜品种志[M].北京:中国农业科技出版社,2001:620-671.
- [2] 周长久.现代蔬菜育种学[M].北京:科学技术文献出版社,1996.
- [3] AL-SHEHBAZ I A. The tribes of Cruciferae (Brassicaceae) in the southeastern United States [J]. J Arnold Arbor, 1984, 65: 343-373.
- [4] 方智远.我国甘蓝产销变化与育种对策[J].中国蔬菜,2008(1):1-2.
- [5] 赵乘风,赵俊,李岩,等.春甘蓝新选组合比较试验[J].山西农业科学,2018,46(4):511-513.
- [6] 周培荣,刘素芬,李桂莲,等.贵州夏秋反季节无公害蔬菜栽培技术

- [M].贵阳:贵州科技出版社,2006:42-49.
- [7] 吴广宇,刘乐承.作为春甘蓝栽培的 6 个甘蓝品种的比较[J].长江大学学报(自然科学版),2010,7(4):12-14,125.
- [8] 陈静,朱亚萍.干旱半干旱区甘蓝新品种引进筛选试验研究[J].现代农业科技,2014(18):118-119.
- [9] 李锡香,方智远.结球甘蓝种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2007:55-58.
- [10] 西南农业大学.蔬菜育种学[M].2 版.北京:农业出版社,1986.
- [11] 方荣,陈学军,周坤华.甘蓝主要农艺性状的遗传相关及因子分析[J].江西农业大学学报,2011,33(2):248-253.
- [12] 吉立柱,贾占温,孙德岭.早熟甘蓝几个性状的相关和通径分析[J].天津农业科学,2005,11(3):12-13.
- [13] 杨丽梅,方智远,庄木,等.“十二五”我国甘蓝遗传育种研究进展[J].中国蔬菜,2016(11):1-6.
- [14] 李思蓓,张恩慧,许忠民,等.春甘蓝品质性状与裂球性关系研究[J].东北农业大学学报,2016,47(4):34-39,64.