

doi: 10.16104/j.issn.1673-1891.2025.04.001

华北型黄瓜新品种‘川翠13号’种子纯度SSR快速鉴定

杨楠^{1,2}, 李艺凡^{1,2}, 梁根云^{1,2}, 刘小俊^{1,2*}, 胡倩³, 李春^{1,2}

(1.四川省蔬菜工程技术研究中心,四川成都611934;2.四川省农业科学院园艺研究所果蔬园艺作物种质创新与利用四川省重点实验室,四川成都610066;3.彭州市农业技术推广中心,四川成都611930)

摘要:种子纯度是衡量种子质量的关键指标,种子纯度的鉴定也是黄瓜杂交种商业化育种过程中至关重要的一步。‘川翠13号’黄瓜是四川省农业科学院园艺研究所育成的华北型黄瓜新品种,为了构建‘川翠13号’种子纯度鉴定体系,快速、简便、准确地鉴定杂交种子的纯度,选取均匀分布在黄瓜基因组上的240对SSR分子标记,从中筛选出符合亲本间呈互补带型的简单重复序列(simple sequence repeat, SSR)标记,并通过田间形态鉴定与掺假法验证SSR标记鉴定黄瓜种子纯度的准确性。结果表明:(1)从240对SSR标记中共筛选到2对符合种子纯度鉴定标准的SSR标记(Cs007和Cs087),SSR标记鉴定结果与田间形态特征鉴定结果完全一致;(2)掺假法验证结果说明,筛选到的2对SSR标记为‘川翠13号’种子纯度鉴定的特异标记,其余由本课题选育的黄瓜品种无法使用。本研究构建了以特异性SSR分子标记Cs007和Cs087为核心引物的‘川翠13号’杂交种子纯度快速鉴定的技术方法,大大缩短了杂交种的纯度鉴定周期,提高了鉴定效率,为该品种的商业化育种提供了技术支持。

关键词:SSR标记;黄瓜;‘川翠13号’;纯度鉴定

中图分类号:S642.2 文献标志码:A 文章编号:1673-1891(2025)04-0001-07

Rapid Identification of Seed Purity of a New North China Type Cucumber Cultivar ‘Chuancui13’ by SSR Molecular Markers

YANG Nan^{1,2}, LI Yifan^{1,2}, LIANG Genyun^{1,2}, LIU Xiaojun^{1,2*}, HU Qian³, LI Chun^{1,2}

(1.Sichuan Province Engineering Technology Research Center of Vegetables, Chengdu 611934, Sichuan, China;
2.Horticultural Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory for Germplasm Innovation and Utilization of Horticultural Crops of Sichuan Province, Chengdu 610066, Sichuan, China;
3.Pengzhou Agricultural Technology Extension Center, Chengdu 611930, Sichuan, China)

Abstract:Seed purity is a key index to measure the quality of seeds, and the identification of seed purity is also a crucial step in the commercial breeding process of cucumber hybrid. ‘Chuancui13’ is a new cucumber cultivar bred by cucumber research group of Horticultural Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences. To identify the purity of hybrid seeds quickly, simply and accurately, the simple sequence repeat (SSR) markers showing complementary

收稿日期:2025-07-09

基金项目:国家现代农业产业技术体系建设项目(CARS-23-G38);国家现代农业产业技术体系四川大宗蔬菜创新团队项目(SCCXTD-2024-5);四川省蔬菜育种攻关项目(2021YFYZ0022);四川省农业科学院1+9揭榜挂帅项目(1+9KJGG001);四川省蔬菜工程技术研究中心项目(2023PZSC0304)。

第一作者简介:杨楠(1997—),女,甘肃白银人,研究实习员,硕士,主要研究方向为蔬菜分子育种。E-mail:305419407@qq.com。

*通信作者简介:刘小俊(1972—),男,江西安义人,研究员,博士,主要研究方向为蔬菜育种。E-mail:lxjsaas@163.com。

bands pattern between the parents were screened out in 240 SSR molecular markers. The accuracy of SSR markers was verified by field morphological identification. The results show that : (1) two pairs of SSR markers (Cs007 and Cs087) show polymorphism differences between two parents; (2) the accuracy verification results are consistent with the field morphological identification results. The results show that the two pairs of SSR markers (Cs007 and Cs087) are the specific markers to identify seed purity identification of 'Chuancui13'. A technical method of the purity identification of 'Chuancui13' hybrid seeds is constructed using specific SSR markers Cs007 and Cs087 as the core primers. It has greatly shortened the time of hybrid purity identification, improved identification efficiency, and provided technical support for the commercialization breeding in cucumber.

Keywords: SSR molecular marker; cucumber; 'Chuancui13'; purity identification

0 引言

黄瓜 (*Cucumis sativus* L.) 为葫芦科 (Cucurbitaceae) 甜瓜属 (*Cucumis*) 一年生草本植物, 是中国广泛栽培的蔬菜作物之一, 具有极高的经济价值和社会效益^[1-2]。黄瓜作为常见的蔬菜和水果在世界范围内广泛种植, 富含多种营养成分, 口感鲜美, 深受消费者喜欢^[3]。种子质量是影响黄瓜产量和品质的重要因素之一, 而种子纯度是衡量种子质量的关键指标, 也是反映种子内在遗传能力的关键因素^[4-6]。由于黄瓜杂交种子在品质、产量和抗逆性方面的优异表现, 农民对杂交种的需求日益增加。但是, 在杂交种制种过程中去雄不及时不彻底或者杂交授粉不当都会降低种子纯度, 影响育种工作进程和作物生产, 进而影响作物的产量和商品性, 损害农户利益。因此, 种子纯度的鉴定是黄瓜杂交种商业化育种过程中至关重要的一步^[7]。

传统的田间测定杂交种纯度容易受到外界环境的影响, 且成本高, 周期长, 鉴定结果不稳定^[8-9]。随着分子生物学的快速发展, 分子标记技术日趋成熟, 并被广泛应用到动植物遗传研究中^[10]。DNA 分子标记是以个体间遗传物质的核苷酸序列变异为基础的遗传标记, 具备稳定遗传、数量丰富、多态性好等优点, 已被广泛应用到亲缘关系鉴定、遗传多样性分析、构建遗传图谱等方面, 推动了育种工作进程^[8-11]。其中, 简单重复序列 (simple sequence repeat, SSR) 分子标记具有多态性高、可重复性高和

共显性的特点, 能够区分出杂交种与其亲本或其他杂种的基因型, 且操作简单、成本低, 被认为是黄瓜种子纯度鉴定较为常用的技术之一^[14-17], 并已在柚^[18]、水稻^[19]、玉米^[20-21]、辣椒^[22]、茄子^[23]、大白菜^[24]、甜瓜^[25-26]等作物的种子纯度检测工作中多次使用。

当前, 黄瓜种子以杂交种为主, 种子上市销售前需要进行种子纯度鉴定。黄瓜种子生产上常用的纯度鉴定方法依然是形态鉴定法, 但近年来也有少量通过分子标记进行黄瓜种子纯度鉴定研究的报道。杨宏等^[27-28]分别筛选到 10 对和 4 对 SSR 标记用于鉴定 '川绿 2 号' 和 '川翠 3 号' 黄瓜品种, 并构建品种的指纹图谱为品种的真伪鉴定提供依据。周胜军等^[29]从 699 对 SSR 引物中筛选到 3 对引物用于 '浙秀 1 号' 黄瓜的种子纯度鉴定。崔兴华等^[30]从 100 对备选引物中筛选到 2 对核心引物用于 '津优 401' 黄瓜品种的种子纯度鉴定, 极大地缩短了该品种种子纯度鉴定的时间。

'川翠 13 号' 是四川省农业科学院园艺研究所研制的优质华北型黄瓜品种, 目前尚未构建分子标记种子纯度鉴定体系。本研究选取 240 对均匀分布在黄瓜基因组上的 SSR 标记, 筛选可用于 '川翠 13 号' 种子纯度鉴定的核心标记, 并基于 DNA 快速提取法、聚合酶链反应 (polymerase chain reaction, PCR) 技术及聚丙烯酰胺凝胶电泳分型技术, 利用黄瓜种子萌发的根尖, 构建一种快速、高效、准确的 '川翠 13 号' 种子纯度鉴定体系, 为加快其市场化推广提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料、主要试剂与仪器

本研究所用黄瓜品种‘川翠13号’及其亲本,以及掺假法中所用的其他黄瓜品种,包括‘川翠15

号’‘川绿4号’‘青白早’‘川翠3号’‘川绿11号’‘川绿5号’‘玉女’(表1),均由四川省农业科学院园艺研究所黄瓜课题组提供。240对SSR引物^[31]由擎科生物科技有限公司合成,部分引物信息如表2所示。

表1 供试黄瓜品种果实特性

序号	品种名	类型	果皮色	果长/cm	果粗/cm	果形
1	‘川翠13号’	华北型	深绿	33~35	3.5~4.5	长棒
2	‘川翠3号’	华北型	深绿	35~40	2.8~3.5	长棒
3	‘川绿4号’	华南型	白底绿条纹	20~23	4.5~5.5	长圆筒
4	‘川绿5号’	华南型	白底绿条纹	22~25	3.5~4.1	长圆筒
5	‘川绿11号’	华南型	白底绿条纹	24~28	3.5~4.1	长圆筒
6	‘川绿15号’	华南型	白底绿条纹	22~26	3.6~4.2	长圆筒
7	‘玉女’	华南型	白色嵌淡翡翠绿	15~18	3.5~4.0	长圆筒
8	‘青白早’	华南型	白底绿条纹	20~24	3.2~4.0	长圆筒

表2 部分引物信息

引物编号	正向引物(5'~3')	反向引物(5'~3')
Cs001	TGGATGAATGATGCCACAGT	CAAAAGCCTGTCTTGGTAAAAA
Cs002	TCAATTAACGAGTGGCAAAGA	GCCACGGGTGACTACAAAT
Cs003	TCCAATGGGTCCTTGTTAGG	CGGACACCGATACAAAAAGA
Cs004	GGGGGTTTGAATTGAATGTG	CTCTTCTTTCCCTTTGCT
Cs005	AATTTGGTGTGCTGAGAGCC	TCCACTCCAACAATGCAAAC
Cs006	TTCTCATGCTTCTACCGCT	TTCTATFGAGGGCTGGTTG
Cs007	TAAACGGCTGATTGAAAGGG	CCGACGGAGATTCTGTTTTTC
Cs008	TGATFCCACAAGTTTGCACAT	GTCATTTGGAGTTGGCATCC
Cs009	TGCAGAACAAGCAGATTCACA	CAAATCTTTCTTACAGGTCGGC
Cs010	TACAGAGGCGAAGGAGCTGT	GAAAACTGCGCAGGAGATTC
Cs011	GCCCTAGGCTTCGTCTTCTT	TTCTACAACCTGGCCAAACCC
Cs012	CACGTGGGAATGATTGACTG	AGGCCAGCTCAAATTTGTCA
Cs013	CAATGACATCGCTAAATTCAT	AAGCAATTTGAGGTGGTAAAATA
Cs014	GCATTAAGATTCTGCCGAA	TGAAGGAATTGGAGAAAACCA
Cs015	CTGGGTCGGTTTTGTTTTGT	TAACCAGAAGTCGTTTTCCCG
Cs016	GCGGATCAGAGAGGAAACAG	GAAACAAACGTCCTCTCCA
Cs017	TGATGATCCACACGTCAAG	TGGTAAAAGTGGTGTGAGA
Cs018	TGTGTCCACTGTTTCAAAAAGAA	CCCTTTGCATTTGCCATTAG
Cs019	CTCTTGTCGGTTGCCCTTAG	CATCGCATTTTTTCAGCGTTA
.....

本研究所用主要试剂包括 PCR Master Mix (3G Taq Master Mix for PAGE, 南京诺唯赞生物科技股份有限公司)、丙烯酰胺(30% Acr-Bis 制胶液, 北京兰杰柯科技有限公司)、DNA marker(50 bp DNA Ladder, 北京擎科生物科技股份有限公司)。

本研究所用主要仪器包括组织研磨仪(MM400, Verder Retsch Shanghai Trading Co., Ltd.)、离心机(Legend Micro 17, Thermo Fisher Scientific Inc.)、微量紫外可见分光光度计(NanoDrop one, Thermo Fisher Scientific Inc.)、PCR 仪(T100 Thermal Cycler, Thermo Fisher Scientific Inc.)、电泳仪(PowerPac, Thermo Fisher Scientific Inc.)和电泳槽(DYCZ-20G 型, 北京六一生物科技有限公司)。

1.2 种子催芽

‘川翠 13 号’及其亲本种子放在培养皿中, 并置于 28 °C 培养箱中催芽, 待主根约 1.5 cm 长时取主根用于 DNA 提取。

1.3 DNA 提取

取单粒种子的主根置于离心管中, 采用碱裂解法提取黄瓜根尖 DNA。DNA 提取步骤为: (1) 取样前, 对离心管进行编号, 并放入 2 粒钢珠, 用镊子摘取长约 1 cm 的黄瓜幼根放入 2 mL 离心管中; (2) 加入 300 μ L 0.25 mol/L NaOH 后用组织破碎仪打样 30 s; (3) 水浴 10 min (加入足量的水, 大火烧开小火水浴) 后进行冷却, 加入 300 μ L 0.1 mol/L Tris-HCl, 振荡混匀; (4) 4 °C 冷处理 10 min, 结束后 8 °C 1 200 r/min 离心 8 min; (5) 离心后吸取上清液(DNA)于另一干净离心管中, 置于 -20 °C 冰箱保存备用。

1.4 PCR 扩增及电泳分析

聚合酶链式反应(polymerase chain reaction, PCR)采用 20 μ L 反应体系, 包括 2 μ L DNA 模板, 正、反向 SSR 引物(10 μ mol/L)各 1 μ L, 3G Taq Master Mix for PAGE (Red Dye) 10 μ L, ddH₂O 6 μ L。96 孔板中加好样品后置于 PCR 扩增仪上进行 PCR 扩增, 扩增程序为: 95 °C 预变性 3 min; 95 °C 变性 15 s,

55 °C 退火 15 s, 72 °C 延伸 20 s, 循环 35 次; 72 °C 终延伸 5 min, 4 °C 保存产物。用 8% 的聚丙烯酰胺凝胶电泳检测分子标记在亲本和 F₁ 群体中的差异性, 吸取 1.2 μ L PCR 产物点至点样孔中, 同时吸取 1.2 μ L 50 bp DNA Ladder 作为标准分子量标记。电泳参数为 200 V, 电泳 2 h, 根据 DNA 大小的不同可适当更改时间, 最后进行银染检测和条带统计^[32-33]。

1.5 特异性引物筛选

取‘川翠 13 号’及其亲本各 10 粒种子催芽, 取主根混合提取 DNA, 组成‘川翠 13 号’及其亲本的 3 个样本用于特异性引物的筛选, 特异性引物需满足以下条件: (1) 表现出较好的多态性, 能够有效地区分不同品种; (2) 具备较高的杂合率, 并且能够表现出双亲共显性。

1.6 田间形态验证

对‘川翠 13 号’进行表型鉴定, 包括株高、株型、叶形、果实性状等农艺性状, 其父母本作为杂种植株表型性状对比, 在果实充分发育成熟时观察并统计植株表型性状进行纯度鉴定。

1.7 掺假法

选择本课题组提供的黄瓜品种‘川绿 15 号’‘川绿 4 号’‘青白早’‘川翠 3 号’‘川绿 11 号’‘川绿 5 号’‘玉女’(无共同亲本)作为假种子, 使用候选的分子标记进行 PCR 扩增, 经聚丙烯酰胺凝胶电泳检测其多态性, 进而验证候选分子标记对‘川翠 13 号’的特异性。

2 结果与分析

2.1 筛选获得父母本共显性标记

利用已公开发表的 240 对 SSR 引物对‘川翠 13 号’及其父母本混池进行分子标记的多态性筛选, 筛选得到 24 对 SSR 分子标记具有多态性, 多态性比率为 10%(图 1)。进一步对符合条件的引物进行清晰度、稳定性及差异性验证, 结果表明, Cs007 和 Cs087 引物均能在父母本中扩增出纯合单一条带,

呈现共显性互补条带,而在‘川翠13号’(F₁代)同时具有父母本的条带(图2、表1),故最终获得2对满足条件的共显性标记(Cs007和Cs087)。

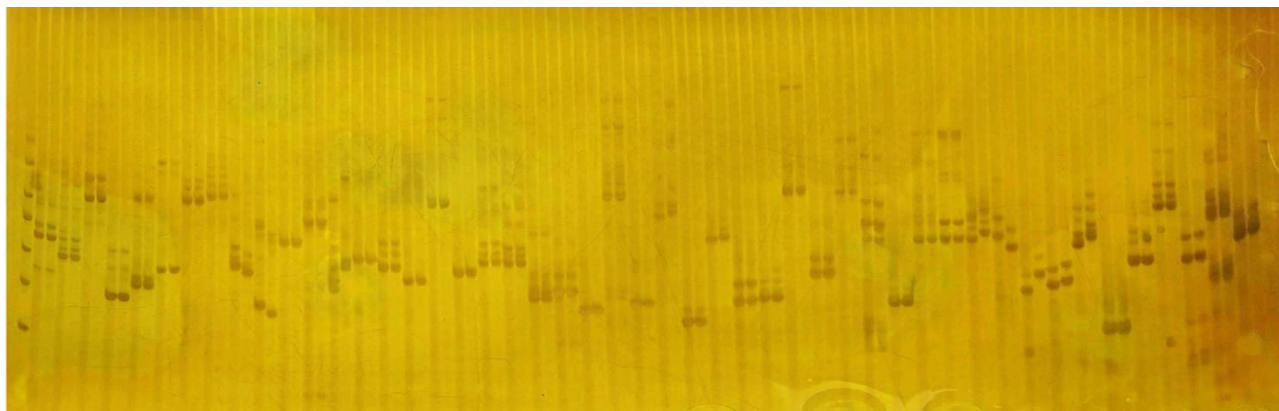
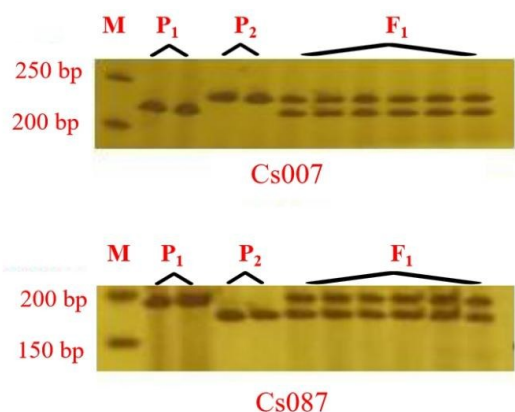


图1 ‘川翠13号’分子标记筛选



注:M表示50 bp DNA Ladder, P₁表示母本, P₂表示父本, F₁表示‘川翠13号’。

图2 ‘川翠13号’特异性引物扩增条带

2.2 SSR纯度鉴定与田间形态验证鉴定比较

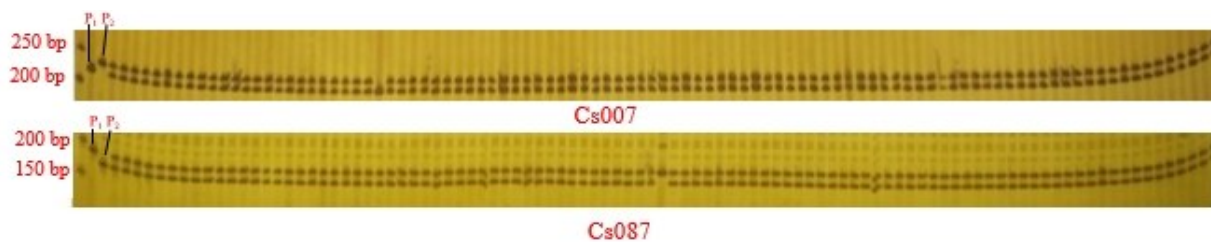
分子标记Cs007和Cs087的鉴定结果显示,100株‘川翠13号’植株中99株均为杂交种(图3)。田间形态鉴定结果显示,99株‘川翠13号’植株均为杂交种。SSR分子标记鉴定结果与田间种植纯度鉴定结果一致,验证了本试验结果的准确性与科学性。

2.3 掺假法验证

通过在‘川翠13号’种子中增加其他黄瓜品种的种子来验证候选引物的有效性和准确性,包括‘川绿15号’‘白马4号’‘青白早’‘川翠3号’‘川绿11号’‘白马5号’‘玉女’等。鉴定结果显示,Cs007和Cs087在‘川翠13号’中为杂合带型,在其他品种中均为纯合基因型,说明Cs007和Cs087分子标记可以将‘川翠13号’与本课题选育的其他黄瓜品种区分开来,可用于检测在‘川翠13号’制种过程中是否机械混入本课题选育的其他黄瓜品种(图4)。

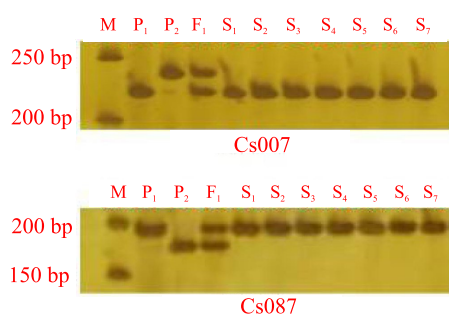
3 讨论与结论

种子纯度是衡量杂交种质量的关键指标,是种子生产中的关键因素。随着黄瓜新品种数量的增多,种子纯度鉴定的群体也随之扩大,而传统的种子纯度鉴定周期长、成本高、效率低,且容易受到环境和人为因素影响,很难满足种子纯度和种质资源



注:P₁表示母本, P₂表示父本。

图3 ‘川翠13号’特异性引物的验证



注:M表示50 bp DNA Ladder, P_1 表示母本, P_2 表示父本, F_1 表示‘川翠13号’, S_1 表示‘川绿15号’, S_2 表示‘白马4号’, S_3 表示‘青白早’, S_4 表示‘川翠3号’, S_5 表示‘川绿11号’, S_6 表示‘白马5号’, S_7 表示‘玉女’。

图4 掺假法验证‘川翠13号’分子标记

发展的需要。相比传统的田间种植鉴定种子纯度方法,分子标记技术因其具有高效、稳定、可靠等优点而被广泛应用^[34]。陈婕英等^[35]以3个冬瓜杂种‘金圆2号’‘金圆3号’和‘绿仙子2号’为试验材料筛选出2对共显性SSR引物XD-18和XD-99用于冬瓜种子纯度鉴定,与田间种植纯度鉴定结果高度一致;和禹廷等^[36]筛选出了2对特异性引物SSRA 07-1和SSRA 07-2,这些引物能够有效区分陕秋白3号、秋白85等7个大白菜品种。在黄瓜种子纯度检测方面,SSR分子标记与传统田间观察相比有着多态性位点高,数量丰富,操作简单,结果重复性好等特点;基于 F_1 代杂种拥有双亲共同的遗传特点,亲本之间在特异的位点具有多态性,利用候选SSR分子

标记可以得到 F_1 代杂种具有双亲互补的带型,能够容易区分出亲本与 F_1 代,可作为分子标记辅助手段,加快黄瓜优良品种的选育和推广^[37-38]。

本研究从已公开发表的240对SSR引物中挑选出2对特异性引物对华北型黄瓜品种‘川翠13号’杂交种进行纯度鉴定,结合大田传统鉴定方法对其纯度及真实性进行分析研究。扩增结果表明,SSR引物Cs007和Cs087均呈现共显性特点,在 F_1 代表现为父母本的互补性条带,能够有效区分杂种和其父母本,表明这2个SSR标记引物可以用于鉴定黄瓜杂种种子纯度;其检测结果与田间表型鉴定结果一致,直观准确。分子标记鉴定不受环境因素的影响,在准确性上比传统鉴定方法更可靠^[34]。另外,在鉴定用时上,分子标记检测法可以大大地减少鉴定用时。传统的鉴定方法需要等商品果形成后进行鉴定,总时间至少要3个月。而分子标记鉴定所需的时间仅仅是种子萌发和室内实验的时间,总时间不超过1周。相比传统方法,分子标记方法具有很好的时效性,可以加速种子上市的进程。

本研究筛选的2个SSR标记能够应用于黄瓜杂交种‘川翠13号’的纯度鉴定,简单快速,具有高效性、准确性和稳定性强等特点,可为日后开展大规模黄瓜杂交种纯度鉴定提供技术体系,有效推动黄瓜新品种的推广。

参考文献:

- [1] 林德佩. 黄瓜植物的起源和分类研究进展[J]. 中国瓜菜, 2017(7):1-3.
- [2] 张圣平, 苗晗, 薄凯亮, 等. “十三五”我国黄瓜遗传育种研究进展[J]. 中国蔬菜, 2021(4):16-26.
- [3] 王壮壮, 董邵云, 周琪, 等. 黄瓜果实维生素C合成关键基因克隆与分析[J]. 中国农业科学, 2023, 56(3):508-521.
- [4] 孟淑春, 徐秀革, 宋顺华. 品种纯度检测助力蔬菜种业发展[J]. 种子, 2020(4):161-164.
- [5] 魏明丽. 浅谈种子纯度的检验方法[J]. 种子世界, 2011(9):22.
- [6] 陈建. 影响黄瓜种子产量及质量因素的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2016.
- [7] 李逸龙. 种子纯度研究现状与发展[J]. 长江蔬菜, 2011(18):6-10.
- [8] 周志成, 王惠林, 王贤磊, 等. SSR标记鉴定甜瓜品种‘红月亮’种子纯度[J]. 中国瓜菜, 2014(1):21-24.
- [9] 李超汉, 刘莉, 刘翔, 等. 西瓜新品种‘抗病948’和‘申抗988’杂交种纯度及其遗传特异性的SSR标记鉴定[J]. 分子植物育种, 2015, 13(9):2011-2017.

- [10] 朱英,陶刚,刘作易.SSR分子标记的发展及其在动植物遗传育种中的应用[J].贵州农业科学,2006(S1):93-95.
- [11] AL-HADEITHI Z S M, JASIM S A. Study of plant genetic variation through molecular markers: an overview[J]. Journal of Pharmaceutical Research International, 2021, 33(45B):464-473.
- [12] 张海旺.薄皮甜瓜杂种纯度鉴定的SSR分子标记体系的建立与优化[D].沈阳:沈阳农业大学,2018.
- [13] YASHITOLA J, THIRUMURUGAN T, SUNDARAM R M, et al. Assessment of purity of rice hybrids using microsatellite and STS markers[J]. Crop Science, 2002, 42(4):1369-1373.
- [14] 卢俊浩,张婷,张鹏,等.基于SSR标记的花菜类作物遗传多样性及群体结构分析[J].西南农业学报,2022,35(8):1887-1894.
- [15] 李春,梁根云,蔡鹏,等.利用SSR分子标记鉴定华南型黄瓜‘川绿15号’杂交种子纯度[J].西昌学院学报(自然科学版), 2022(3):13-17.
- [16] 孟淑春,徐秀革,刘立功,等.京研绿翡翠黄瓜品种纯度的SSR鉴定[J].湖北农业科学,2022(1):98-101.
- [17] 李海梅,沈佳,赵娟,等.黄瓜线粒体基因组SSR标记开发及其在种子纯度鉴定中的应用[J].南京农业大学学报,2015(5):764-771.
- [18] 陈林杨,刘萍,董蓉娇,等.基于SSR分子标记的柚资源遗传多样性分析[J].西南农业学报,2020,33(11):2432-2438.
- [19] 韩海英.水稻种子纯度鉴定分析与研究[J].中国高新科技,2022(10):124-126.
- [20] 任星旭,易红梅,刘丰泽,等.快速多重SSR法在玉米种子纯度鉴定中的分析[J].分子植物育种,2022,20(3):880-886.
- [21] 李阳,范梦伟,季晓坤,等.利用SSR技术鉴定玉米杂交种“家佳荣2号”的种子纯度[J].西南农业学报,2018,31(7):1349-1354.
- [22] 王飞,姚明华,尹延旭,等.辣椒SSR多态性引物的筛选及品种纯度鉴定[J].园艺学报,2017,44(S1):2567.
- [23] 林鉴荣,乔燕春,李兆龙,等.利用SSR标记鉴定‘紫荣6号’茄子种子纯度[J].园艺学报,2015,42(S1):2687.
- [24] 刘小愿.叠抱大白菜雄性不育系杂种优势研究与种子纯度鉴定[D].咸阳:西北农林科技大学,2022.
- [25] 李超,孙玉萍,杨英,等.厚皮甜瓜品种组合种子纯度鉴定SSR引物的筛选[J].分子植物育种,2019,17(16):5347-5356.
- [26] 武云鹏,李肯,张若纬,等.利用SSR分子标记技术快速鉴定津甜100甜瓜种子纯度[J].中国瓜菜,2021(3):27-30.
- [27] 杨宏,刘小俊,梁根云,等.黄瓜品种‘川绿2号’SSR指纹图谱的构建和纯度鉴定[J].西南农业学报,2016,29(2):374-378.
- [28] 杨宏,刘小俊,梁根云,等.川翠3号黄瓜SSR指纹图谱的构建及种子纯度鉴定[J].长江蔬菜,2015(2):13-16.
- [29] 周胜军,张鹏,朱育强,等.黄瓜‘浙秀1号’种子纯度的SSR鉴定[J].分子植物育种,2013,11(5):557-561.
- [30] 崔兴华,韩毅科,杜胜利,等.黄瓜新品种‘津优401’种子纯度的SSR鉴定[J].中国瓜菜,2015(3):38-39+45.
- [31] REN Y, ZHANG Z H, LIU J H, et al. An integrated genetic and cytogenetic map of the cucumber genome[J]. PloS One, 2009, 4(6):e5795.
- [32] QU L J, LI X Y, WU G Q, et al. Efficient and sensitive method of DNA silver staining in polyacrylamide gels [J]. Electrophoresis, 2005, 26(1):99-101.
- [33] 许绍斌,陶玉芬,杨昭庆,等.简单快速的DNA银染和胶保存方法[J].遗传,2002(3):335-336.
- [34] 姚丹青,夏建明,楼坚锋,等.利用SSR标记鉴定杂交粳稻‘花优14’种子纯度[J].分子植物育种,2021,19(16):5398-5404.
- [35] 陈婕英,刘政国,汪春玲,等.冬瓜SSR多态性标记遗传及杂种种子纯度鉴定[J].分子植物育种,2021,19(13):4423-4428.
- [36] 和禹廷,何琼,张妮南,等.大白菜新品种陕秋白3号种子纯度的分子鉴定[J].种子,2022(5):1-4+29.
- [37] 林春晶,张春宝,董英山.DNA分子标记在作物杂交种纯度鉴定中的应用[J].分子植物育种,2015,13(3):702-710.
- [38] 李超,孙玉萍,杨英,等.应用SSR标记鉴定甜瓜新品种纯度与真实性研究[J].分子植物育种,2017,15(8):3088-3096.