

基于主成分分析的蓝莓优良品种引种试验综合评价

付燕¹, 杨琴², 王江² (1.黔东南民族职业技术学院, 贵州凯里 556000; 2.凯里学院大健康学院, 贵州凯里 556011)

摘要 以目前生产中主栽品种“芭尔德温”“园蓝”“粉蓝”“杰兔”和“灿烂”5个兔眼蓝莓为对照,以9项果实外观性状和8项果实营养品质为评价指标,对“科威尔”“莱格西”“珠宝”“绿宝石”和“明星”5个新引入品种进行适应性评价,以期为其推广应用提供科学依据。结果表明,所有品种间除Vc含量无显著差异外,果实单果重、果形指数、果洼、萼片、可溶性固形物、总糖、花色苷等指标均存在显著差异。引入的“绿宝石”和“珠宝”2个品种的单果重显著高于对照品种,两者的可溶性固形物虽显著低于“园蓝”和“灿烂”,但均显著高于对照品种“芭尔德温”和“粉蓝”。主成分分析提取了前4个主成分,累计方差贡献率达85.227%。“绿宝石”“莱格西”“明星”和“珠宝”的主成分分析综合评价指数高于对照品种“粉蓝”“园蓝”“芭尔德温”和“杰兔”。表明“绿宝石”“莱格西”“明星”和“珠宝”4个品种果实品质优于对照品种,在黔东南地区可以推广种植。

关键词 蓝莓;优良品种;引种;果实品质;主成分分析

中图分类号 S663.9 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)04-0038-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2022.04.012



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Comprehensive Evaluation of Blueberry Fine Variety Introduction Test Based on Principal Component Analysis

FU Yan¹, YANG Qin², WANG Jiang² (1.Qiandongnan National Polytechnic, Kaili, Guizhou 556000; 2.School of Life and Health Science, Kaili University, Kaili, Guizhou 556011)

Abstract In this study, it was evaluated that the nine fruit appearance traits and eight fruit nutritional quality of fruits from five good varieties introduced of “Cowell” “Legacy” “Jewel” “Emerald” and “Star”, in comparison with the current 6 years old “Baldwin” “Gardenblue” “Powderblue” “Premier” and “Brightwell” rabbiteye blueberry cultivars, in order to evaluate the adaptability of 5 newly introduced cultivars, and in order to provide scientific basis for their cultivation and application. The results showed that except the content of Vc, quality indicators were greatly different among different blueberry varieties. The single fruit weight of the introduced varieties of “Emerald” and “Jewel” was significantly higher than that of the control varieties, and their soluble solids were significantly lower than that of “Gardenblue” and “Powderblue”, however, it was significantly higher than the control varieties “Baldwin” and “Powderblue”. 4 main composition were extracted by pcomponent analysis, accumulative variance contribution was 85.227%. Comprehensive evaluation of blueberry quality showed that “Emerald” “Legacy” “Star” and “Jewelry” were all higher than the control varieties “Powderblue” “Gardenblue” “Baldwin” and “Premier”. The aforementioned results showed that the fruit quality of the four varieties of “Emerald” “Legacy” “Star” and “Jewel” was better than that of the control varieties, and could be widely cultivated in the southeast of Guizhou Province.

Key words Blueberry; Good varieties; Introduction; Fruit quality; Principal component analysis

蓝莓为越橘属(*Vaccinium*)常绿或落叶小灌木果树,世界各地分布十分广泛,种质资源十分丰富,在果树界被誉为“黄金浆果”“神奇果”^[1]。蓝莓果实低糖、低脂肪,富含花青苷和黄酮,抗氧化能力强,具有预防心脑血管疾病、增强视力等特殊功能,被赋予人类五大健康食品之一的美称^[2]。从20世纪初开始对蓝莓种质资源收集以来,历经几百年的演变,蓝莓已演变为世界性小浆果,各国相继展开大规模种植,种植面积快速扩大^[3]。我国蓝莓生产栽培和科学研究虽仅约40年,从零栽培到广泛栽培,蓝莓的种植从北到南,从东到西,覆盖全国27个省市自治区^[4]。贵州省虽然开展引种试验相对较晚,但在各级政府的引导和政策支持下,目前栽培面积和产量均列全国第1位^[5]。

自1999年,贵州省先后开展了“园蓝”“杰兔”“芭尔德温”“灿烂”“顶峰”“奥尼尔”“夏普兰”“蓝丰”“早蓝”等多个品种的引种试验^[6-12]。研究者从物候期^[6-7,13]、枝芽特性^[7]、枝梢生长与开花习性^[9]、光合特性^[10]、果实营养品质^[8-9]、贮藏加工品质^[9-12,14-17]、花粉直感效应对品质影响^[18-19]等方面进行了大量的研究和评价,为蓝莓产业的发展提供了科学可

靠的基础资料。经过20年的迅速发展,蓝莓产业已成为贵州特色精品水果产业,为脱贫攻坚和乡村振兴提供了可靠的产业支撑。然而,随着经济社会和产业发展,蓝莓品种也在更新换代,目前主栽的蓝莓品种已无法满足产业发展和消费者的需求,急需开展新品种的引种试验,为蓝莓产业的可持续发展提供科学依据。

笔者以本区域目前主栽的“芭尔德温”“园蓝”“粉蓝”“杰兔”和“灿烂”5个兔眼蓝莓作为对照,从果实的单果重、萼片、萼洼、果蒂、纵径、横径、果形指数、果实形状、果梗分离9项果实外观性状以及维生素C、果胶、花色苷、可溶性固形物、还原糖、总糖、可滴定酸和糖酸比8项果实营养品质对“科威尔”“莱格西”“珠宝”“绿宝石”和“明星”5个品种的果实品质进行观测,在此基础上进行主成分分析,对10个蓝莓品种进行适应性评价,以期为参试的5个品种推广应用提供理论依据,对区域蓝莓产业的可持续绿色发展具有深远的现实意义。

1 材料与方法

1.1 材料 以种植于“凯里学院卓越农林人才培养基地”中6年生的“芭尔德温”“园蓝”“粉蓝”“杰兔”和“灿烂”5个兔眼蓝莓品种为对照,以种植于同园内3年生“科威尔”“莱格西”“珠宝”“绿宝石”和“明星”5个新引入品种为评价对象,每个参试品种选取生长健壮且无病虫害的20棵植株作为果

基金项目 凯里学院“博士教授服务团”专项课题“蓝莓优良品种引种评价及配套栽培技术研究”(BJFWT201904)。

作者简介 付燕(1982—),女,四川简阳人,副教授,硕士,从事果树育种与优质高产栽培技术研究。

收稿日期 2021-06-10

实采集的供试植株。于 2018、2019、2020 年连续 3 年摘取树冠外围生长良好、无病虫害的中果枝或长果枝上完全成熟的果实,立即带回实验室开展果实品质评价。

1.2 果实外观性状调查 每个参试品种从采集的果实中随机选取 90 颗作为果实外观性状调查的材料,每个品种 3 次重复,每个重复 30 颗果实。然后参照杨苓等^[9]的方法对果实单果重、萼片、萼洼、果蒂、果实纵径、果实横径、果形指数、果实性状、果梗分离等果实外观性状开展各项参数观察和测量。

1.3 果实营养品质测定 采用 LH-T20 手持折光仪(0~32)测定可溶性固形物含量,采用 pH 示差法测定花色苷含量,采用 2,6-二氯酚酚滴定法测定果实中 V_c 含量,采用酸碱中和法测定总酸含量,采用蒽酮比色法测定总糖含量,采用斐林试剂比色法测定还原糖含量,并计算糖酸比。

1.4 数据分析 采用 SPSS 16.0 软件对试验数据进行统计分析,处理间差异在 5% 的显著水平下进行 SNK 检验,同时参照刘丙花等^[20]的主成分分析方法对果实的 7 项外观性状参数和 7 项营养品质参数进行主成分分析。

2 结果与分析

2.1 不同品种果实外观性状差异分析 由表 1 可知,各参试品种单果重在 0.770~2.110 g,差异显著。其中,果实最大的

是“绿宝石”,平均单果重 2.110 g,显著高于其他品种,其次是“莱格西”(1.970 g)、“杰兔”(1.530 g)和明星(1.470 g)。“园蓝”(0.770 g)单果重最小。“绿宝石”萼片最长(2.120 mm),萼洼最深(2.240 mm),而“珠宝”几乎无萼片,但萼洼深度为 1.110 mm。“科威尔”萼洼最浅,小于 1 mm(0.610 mm)。“莱格西”果实的果蒂最大为 3.550 mm,显著高于其他品种,其次为“绿宝石”和“园蓝”的 2.870 mm,果实果蒂最小的为“芭尔德温”(2.110 mm)。参试品种果实纵径和横径的大小和差异性趋势不一致,纵径在 10.000~12.510 mm,横径在 11.150~16.900 mm,其中“明星”的果实纵径最大为 12.510 mm,“绿宝石”的横径最大为 16.900 mm,但“明星”果实的纵径与“莱格西”(12.410 mm)、“灿烂”(13.380 mm)和“珠宝”(12.160 mm)间无显著差异,而“绿宝石”果实的横径则显著高于其他品种。就果实果形指数而言,“绿宝石”(0.690)、“科威尔”(0.770)、“莱格西”(0.770)、“杰兔”(0.790)的果形指数为 0.600~0.800,果形为扁圆形;“明星”(0.850)、“灿烂”(0.860)、“粉蓝”(0.890)、“园蓝”(0.900)和“珠宝”(0.900)的果形指数在 0.800~0.900,为近圆形;“芭尔德温”的果形指数最大为 0.970,为椭圆形。从果梗分离难易来看,只有“园蓝”和“芭尔德温”的果梗与果蒂分离较难,其余品种均易分离。

表 1 不同品种果实外观性状差异分析

Table 1 Difference analysis of fruit appearance characters of different varieties

序号 No.	品种 Variety	单果重 Single fruit weight//g	萼片 Sepal mm	萼洼 Calyx depression mm	果蒂 Fruit pedicle mm	横径 Transverse diameter//mm	纵径 Longitudinal diameter//mm	果形指数 Fruit shape index	果实形状 Fruit shape	果梗分离 Fruit stalk separation
1	科威尔	1.300±0.046 de	1.420±0.025 d	0.610±0.021 d	2.410±0.030 c	13.450±0.096 d	10.430±0.122 c	0.770±0.007 c	扁圆形	易
2	明星	1.470±0.015 c	0.960±0.051 f	0.680±0.029 d	2.230±0.065 d	14.690±0.241 c	12.510±0.195 a	0.850±0.007 b	近圆形	易
3	绿宝石	2.110±0.068 a	2.120±0.068 a	2.240±0.079 a	2.870±0.045 b	16.900±0.137 a	11.640±0.185 b	0.690±0.006 d	扁圆形	易
4	莱格西	1.970±0.033 b	1.850±0.024 b	1.000±0.023 c	3.550±0.048 a	16.200±0.093 b	12.410±0.190 a	0.770±0.015 c	扁圆形	易
5	珠宝	1.210±0.025 e	0.000±0.000 i	1.110±0.015 c	2.450±0.044 c	13.540±0.108 d	12.160±0.170 a	0.900±0.019 b	近圆形	易
6	园蓝	0.770±0.011 g	1.630±0.043 c	1.500±0.079 b	2.870±0.033 b	11.150±0.077 f	10.000±0.091 c	0.900±0.003 b	近圆形	较难
7	芭尔德温	1.000±0.018 f	1.260±0.048 e	1.020±0.037 c	2.110±0.031 d	11.490±0.240 f	11.110±0.005 b	0.970±0.021 a	椭圆形	较难
8	粉蓝	1.240±0.027 e	0.800±0.042 g	0.650±0.016 d	2.510±0.024 c	12.630±0.137 e	11.270±0.116 b	0.890±0.009 b	近圆形	易
9	灿烂	1.370±0.014 d	0.430±0.048 h	0.810±0.068 d	2.580±0.051 c	14.310±0.152 c	12.380±0.233 a	0.860±0.012 b	近圆形	易
10	杰兔	1.530±0.026 c	1.240±0.049 e	1.570±0.082 b	2.120±0.057 d	14.370±0.106 c	11.320±0.024 b	0.790±0.007 c	扁圆形	易

注:不同小写字母表示不同品种果实数量性状差异显著($P<0.05$)。果形指数在 0.600~0.800 为扁圆形,在 0.800~0.900 为圆形或近圆形,0.900~1.000 为椭圆形或圆锥形,1.000 以上为长圆形

Note: Different lowercase letters indicated significant difference of fruit characters of different varieties($P<0.05$). Fruit shape is oblate at index of 0.600~0.800, round or near round at 0.800~0.900, oval or conical at 0.900~1.000, oblong above 1.000

2.2 不同品种果实营养品质差异分析 从表 2 可以看出,10 个参试品种果实的 8 项营养指标,除 V_c 含量无显著差异外,其他 7 项参数均存在显著差异。可溶性固形物含量在 12.030%~14.970%,其中“园蓝”(14.970%)最高,而“灿烂”(14.600%)、“绿宝石”(13.900%)、“珠宝”(13.500%)可溶性固形物含量仅次于“园蓝”,“莱格西”(12.800%)、“明星”(12.530%)、“科威尔”(12.430%)可溶性固形物虽显著低于“园蓝”和“灿烂”,但均高于对照品种“芭尔德温”(12.100%)和“粉蓝”(12.030%)。参试 10 个品种的果实中果胶含量为 0.210%~0.430%,其中“科威尔”的含量最高为 0.430%,与“园蓝”的 0.400%无显著差异;其次是“绿宝石”(0.360%),再次是“粉蓝”(0.350%)、“芭尔德温”和“珠宝”果胶含量均为 0.320%,最低的是“明星”(0.210%)。

参试品种花色苷含量为 3.280~6.210 mg/g,其中花色苷含量最高的为“园蓝”(6.210 mg/g),其次是“芭尔德温”(5.080 mg/g)、“粉蓝”(4.340 mg/g)、“莱格西”(4.140 mg/g)、“明星”(3.840 mg/g),其花色苷含量高于“灿烂”(3.810 mg/g)。“科威尔”(3.650 mg/g)、“绿宝石”(3.280 mg/g)和“珠宝”(3.250 mg/g)花色苷含量低于“灿烂”(3.810 mg/g)。可滴定酸的含量差异较大,为 0.100%~0.930%,含量最高的为“珠宝”(0.930%),其次是“莱格西”和“杰兔”的 0.470%、“明星”(0.300%)、“科威尔”(0.290%)、“绿宝石”(0.100%)的可滴定酸含量低于“灿烂”(0.320%)。10 个品种的总糖含量在 10.840%~11.510%,总糖含量最高的是“明星”(11.510%),其次是“珠宝”(11.500%)和“莱格西”(11.300%),三者间无显著差异,并高于“灿烂”(11.120%)

和“芭尔德温”(11.070%),含量最低的为“绿宝石”(10.840%)。分析发现,参试10个品种果实的糖酸比变化较

大,在12.070~104.110,糖酸比含量最高的是“绿宝石”为104.110,最低的是“珠宝”为12.070。

表2 不同品种果实营养成分差异分析

Table 2 Difference analysis of fruit nutritional quality of different varieties

序号 No.	品种 Variety	可溶性固形物 Soluble solids %	V _c mg/kg	果胶 Pectin %	花色苷 Anthocyanin mg/g	可滴定酸 Titratable acid %	还原糖 Reducing sugar//%	总糖 Total sugar %	糖酸比 Sugar acid ratio
1	科威尔	12.430±0.033 de	36.533±0.318 a	0.430±0.012 a	3.650±0.060 f	0.290±0.012 c	8.560±0.118 ab	11.060±0.118 bc	37.870±1.994 c
2	明星	12.530±0.088 cde	36.933±0.219 a	0.210±0.010 e	3.840±0.042 e	0.300±0.006 c	8.950±0.053 a	11.510±0.035 a	38.410±0.806 c
3	绿宝石	13.900±0.058 b	36.533±0.371 a	0.360±0.005 b	3.280±0.044 h	0.100±0.013 f	8.340±0.075 ab	10.840±0.070 c	104.110±5.647 a
4	莱格西	12.800±0.058 cd	36.967±0.463 a	0.250±0.008 d	4.140±0.051 d	0.470±0.009 b	8.800±0.056 a	11.300±0.056 ab	23.230±1.189 d
5	珠宝	13.500±0.058 b	37.200±0.458 a	0.320±0.004 c	3.250±0.032 h	0.930±0.006 a	8.930±0.074 a	11.500±0.055 a	12.070±0.135 e
6	园蓝	14.970±0.318 a	37.233±0.219 a	0.400±0.013 a	6.210±0.041 a	0.250±0.009 d	8.060±0.408 b	10.950±0.102 bc	43.290±1.132 c
7	芭尔德温	12.100±0.153 e	37.433±0.260 a	0.320±0.010 c	5.080±0.087 b	0.150±0.007 e	8.500±0.052 ab	11.070±0.079 bc	75.620±3.791 b
8	粉蓝	12.030±0.033 e	37.067±0.145 a	0.350±0.007 bc	4.340±0.029 c	0.260±0.007 d	8.550±0.090 ab	11.040±0.010 bc	43.080±1.450 c
9	灿烂	14.600±0.058 a	36.833±0.318 a	0.250±0.019 d	3.810±0.034 e	0.320±0.015 c	8.670±0.064 ab	11.120±0.081 bc	34.900±1.565 c
10	杰兔	13.030±0.240 c	37.367±0.521 a	0.270±0.006 d	3.440±0.044 g	0.470±0.012 b	8.560±0.084 ab	11.030±0.107 bc	23.340±0.704 d

注:不同小写字母表示不同品种果实数量性状差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters indicated significant difference of fruit characters of different varieties ($P<0.05$)

2.3 主成分分析 从表3可以看出,把10个蓝莓品种的15个质地参数(单果重、萼片、萼洼、果蒂、横径、纵径、果形指数、维生素C、果胶、还原糖、花色苷、可滴定酸、总糖、可溶性固形物和糖酸比)用SPSS 16.0进行主成分分析,以特征值 >1 ,提取4个主成分,累计方差率为85.227%,基本可以代表所有参试指标的大部分信息,能够体现蓝莓的果实品质特征,是能够支撑蓝莓选优、评价等的重要指标。第1主成分方差贡献率是35.690%,主要包含单果重、果实横纵径、果萼、果胶、还原糖、花色苷等大部分信息,主要反映蓝莓的外观形态和营养成分的综合指标。第2主成分方差贡献率是30.123%,决定其大小的主要是果形指数、萼片、V_c、总糖和可滴定酸,主要反映果实口感。第3主成分方差贡献率是10.131%,决定其大小的主要是果蒂和可溶性固形物。第4主成分方差贡献率是9.283%,主要代表指标为果胶和花色苷。

把主品质指标原始数据标准化后用SPSS 16.0对各组分进行主成分分析,对分析所得的4个主成分进行相关矩阵的规格化,用所选主成分对应的特征值与4个特征值总和的比值作为权重,然后用此权重的数值与之相应的主成分数值的乘积,从而得出不同蓝莓品种的评价得分值(Y),用各得分值Y和对应方差贡献百分率的乘积累加得到不同蓝莓品种的综合评价指数($Y=0.535\times Y_1+0.451\times Y_2+0.152\times Y_3+0.139\times Y_4$),用这种方法可以更好地评价不同蓝莓品种果实质地的优良程度。以综合评价指数正值的大小来评判蓝莓品种的优劣,结果表明,10个蓝莓品种质地综合排名由大到小依次为“绿宝石”“莱格西”“灿烂”“明星”“珠宝”“粉蓝”“科威尔”“芭尔德温”“杰兔”和“园蓝”(表4)。

3 讨论

蓝莓引种试验在蓝莓商业栽培和学术研究过程中起着至关重要的作用。蓝莓栽培品种繁多,在大规模推广种植前,因地制宜,根据当地气候、土壤等环境条件选择适合的品种进行引种试验,分析该品种在当地的品质表现必不可少。主成分分析简单来说就是把多个指标转换为可说明结果的少量指标的一种分析方法,将不重要成分剔除,留重要信息,

表3 4个主成分特征向量、特征值、方差贡献率和累计方差贡献率

Table 3 Eigenvectors, eigenvalues, variance contribution rate and cumulative variance contribution rate of four principal components

指标 Index	主成分 Principal component			
	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
单果重 Single fruit weight	1.763	-1.203	-0.321	0.231
萼片 Sepal	-0.359	-1.777	-0.106	0.334
果蒂 Fruit pedicle	0.486	-0.941	1.024	0.384
萼洼 Calyx depression	-1.707	0.701	-0.344	0.468
横径 Transverse diameter	1.971	-1.041	-0.074	0.168
纵径 Longitudinal diameter	1.927	0.568	-0.211	0.418
果形指数 Fruit shape index	-1.293	1.649	-0.142	0.182
V _c	-0.865	1.401	0.073	0.392
果胶 Pectin	-1.407	-0.823	0.312	-0.595
还原糖 Reducing sugar	1.798	1.118	-0.234	-0.035
总糖 Total sugar	1.301	1.492	0.046	0.097
花色苷 Anthocyanin	-1.934	0.136	0.168	0.513
可滴定酸 Titratable acid	1.018	1.339	0.594	-0.153
可溶性固形物 Soluble solids	-0.226	-0.459	0.904	0.229
糖酸比 Sugar acid ratio	-0.694	1.413	0.608	0.081
特征值 Characteristic value	5.353	4.518	1.520	1.392
方差贡献率 Variance contribution rate//%	35.690	30.123	10.131	9.283
累计贡献率 Cumulative contribution rate//%	35.690	65.812	75.944	85.227

由少数的变量来反映原来变量信息的分析方法^[21],确保原信息丢失量小。主成分分析已广泛用于果蔬综合评价^[20-24]。研究者将主成分分析法运用于蓝莓品质综合评价中,为蓝莓采后贮藏运输^[20]、品种优选等^[24]提供了依据。该研究通过对10个蓝莓品种的15个质地参数进行了主成分综合分析,根据结果分析,得出10个蓝莓品种综合排名由高到低依次为绿宝石”“莱格西”“灿烂”“明星”“珠宝”“粉蓝”“科威尔”“芭尔德温”“杰兔”和“园蓝”。“灿烂”已在黔东南产区广泛种植,由于其适应性强,产量高,品质优,深受消费者喜爱。而“绿宝石”和“莱格西”2个品种综合评价排名高于“灿烂”,“明星”和“珠宝”虽然排名低于“灿烂”,但也高于主栽品种

“粉蓝”,可以在黔东南产区引种推广,“科威尔”排名较低,不建议在黔东南产区大面积推广。

表 4 不同蓝莓品种的主成分值与综合评价指数

Table 4 Principal component values and comprehensive evaluation indexes of different blueberry varieties

序号 No.	品种 Variety	主成分 Principal component				综合评价指数 Y Comprehensive evaluation index	排序 Ranking
		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4		
1	科威尔	0.332	-0.196	-0.018	0.020	0.028	7
2	园蓝	-0.364	-0.295	-0.009	0.334	-0.283	10
3	粉蓝	0.193	-0.170	0.057	0.063	0.044	6
4	明星	0.371	-0.173	-0.004	0.015	0.123	4
5	绿宝石	0.363	0.094	-0.020	0.039	0.239	1
6	芭尔德温	-0.244	0.274	-0.013	0.017	-0.026	8
7	莱格西	0.163	0.233	-0.008	0.036	0.186	2
8	珠宝	0.265	-0.137	0.030	-0.055	0.071	5
9	灿烂	0.229	0.197	-0.017	-0.005	0.127	3
10	杰兔	-0.364	0.023	0.016	0.047	-0.175	9

郭家刚等^[24]基于主成分与聚类分析对 8 个蓝莓品种综合评价,得出“园蓝”和“粉蓝”2 个蓝莓品种综合品质高于“绿宝石”和“灿烂”,这与该研究结果不一致,这可能一方面是由于品质评价的指标存在差异导致分析结果不同,另一方面也是由于不同品种在不同地区种植其适应性存在差异,因此,大规模引种种植之前的引种试验及品种的综合分析评价必不可少。该研究可为黔东南产区的蓝莓引种提供参考。

参考文献

- [1] 李伟,王攀,其其格,等.蓝莓种质资源表型多样性研究[J].北京林业大学学报,2020,42(2):124-134.
- [2] 陈强,刘徽,徐小兵,等.4 个蓝莓品种果实发育期叶片矿质营养动态及其相关性[J].经济林研究,2020,38(1):184-189.
- [3] 刘庆忠,朱东姿,王甲威,等.世界蓝莓产业发展现状——北美篇[J].落叶果树,2019,51(2):4-7.
- [4] 李亚东,裴嘉博,孙海悦.全球蓝莓产业发展现状及展望[J].吉林农业大学学报,2018,40(4):421-432.
- [5] 李亚东,孙海悦,陈丽.我国蓝莓产业发展报告[J].中国果树,2016(5):1-10.
- [6] 李顺琴,聂飞,廖优江.贵州引种美国兔眼蓝莓浆果的初步试验[J].亚热带植物科学,2004,33(2):36-38,43.
- [7] 杨岑,王兴艳,李性苑,等.“蒂茨蓝”等 4 个兔眼蓝莓品种物候期与枝芽特性研究[J].中国南方果树,2015,44(5):98-100,105.
- [8] 文光琴,聂飞,方品武.兔眼蓝莓在贵州的表现性状及应用评价[J].北方园艺,2012(13):27-30.
- [9] 杨玲,聂飞,周洪英,等.兔眼蓝莓在贵州的引种栽培试验及应用评价[J].贵州农业科学,2007,35(5):48-52.

- [10] 施丹丹,梁海波,蒋孟云,等.3 个南高丛蓝莓品种果实品质及光合特性分析[J].中国南方果树,2020,49(2):127-130.
- [11] 严红光,阳志锐,林莉,等.蓝莓果实多酚和抗氧化研究[J].食品科技,2020,45(2):272-277.
- [12] 谢国芳,韦开红,王瑞,等.贵州引种早熟蓝莓品种品质特性评价[J].食品与发酵工业,2016,42(7):230-235.
- [13] 高勇,岳清华,廖甜甜,等.蓝莓不同物候期病虫害发生与防治[J].安徽农业科学,2016,44(21):115-118.
- [14] 马凯,谭红,杨海波,等.贵州麻江引种蓝莓品质比较研究[J].湖北农业科学,2012,51(14):3009-3011.
- [15] 谢国芳,刘潇,田永林,等.贵州主栽蓝莓果实大小品质特性分析[J].食品与发酵工业,2018,44(3):165-169.
- [16] 吴欣,徐俐,李莉莉,等.贵州 8 个引种蓝莓果实贮藏性比较[J].食品科学,2013,34(10):308-312.
- [17] 谢国芳,谭彦,王瑞,等.贵州主栽蓝莓晚熟品种及产地加工特性评价[J].食品与发酵工业,2016,42(1):128-133.
- [18] 杨岑,陈佳丽,罗娅,等.花粉直感效应对“杰兔”兔眼蓝莓关键品质形成的影响[J].中国南方果树,2020,49(4):103-106.
- [19] 杨岑,张建立,张婷婷,等.不同授粉品种对“灿烂”兔眼蓝莓着果率与果实性状的影响[J].中国南方果树,2017,46(6):93-95,99.
- [20] 刘丙花,王开芳,王小芳,等.基于主成分分析的蓝莓果实质地品质评价[J].核农学报,2019,33(5):927-935.
- [21] 公丽艳,孟宪军,刘乃侨,等.基于主成分与聚类分析的苹果加工品质评价[J].农业工程学报,2014,30(13):276-285.
- [22] 张腊腊,韩明虎,胡浩斌,等.基于主成分分析的苹果品质综合评价[J].江苏农业科学,2020,48(3):209-213.
- [23] 高云,郁志芳.基于主成分分析的芹菜品质评价[J].食品工业科技,2020,41(3):308-314,320.
- [24] 郭家刚,杨松,伍玉茵,等.基于主成分与聚类分析的蓝莓品质综合评价研究[J].食品研究与开发,2020,41(12):53-60.

(上接第 37 页)

椒比其他种辣椒种子发芽率更低。辣椒种子萌发的关键在于打破种子休眠。该研究表明,在 0.2% KCl+100 mg/L GA 浓度下,辣椒种子的发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数最高,达显著差异水平。此外赤霉素和氯化钾复合浸种提高萌发生长指标的结果显著高于对照,与前人研究结果一致。

参考文献

- [1] 黄宁,刘革宁,杨继生,等.赤霉素浓度和浸种时间对枫香种子萌发的影响[J].种子,2021,40(3):97-101.
- [2] 邹文雄,吴伟,关亚静,等.水稻种子休眠调控技术研究进展[J].浙江农业学报,2021,33(2):369-379.
- [3] 陈红刚,赵文龙,晋玲,等.红花绿绒蒿种子休眠及破除方法研究[J].草地学报,2021,29(2):402-406.
- [4] 孟淑春,余振雷,宋顺华,等.H₂O₂ 和 GA₃ 联合处理打破茄子种子休眠的效果[J].贵州农业科学,2016,44(1):24-26.

- [5] 王立浩,张宝玺,张正海,等.辣椒选种研究进展[J].园艺学报,2020,47(9):1727-1740.
- [6] 赵通,程丽,张德,等.施硼和赤霉素对“李广杏”坐果率及果实品质的影响[J].西北植物学报,2020,40(2):319-327.
- [7] 王有菊,刘刚,刘玉波,等.玉玲花种子形态特征与休眠特性解除技术研究[J].安徽农业科学,2019,47(24):133-135.
- [8] 杜晨曦,王金丽,周华坤,等.赤霉素对植物种子萌发及幼苗生长影响的研究进展[J].湖北农业科学,2019,58(22):9-14.
- [9] 曹毅,许竞生,左欠欠,等.不同钾盐浸种与环境条件组合处理对秋茄种子萌发的影响[J].佛山科学技术学院学报(自然科学版),2020,38(3):1-5.
- [10] 岑爱华,陈小桦,岑利华.赤霉素+钾组合处理对茄子种子萌发的影响[J].种子,2015,34(5):98-100.
- [11] 刘丽杰,张东向,金忠民,等.氯化钾与赤霉素组合处理对玉米种子萌发的影响[J].种子,2014,33(10):85-88.
- [12] 张琴,周萍萍,朱松,等.KCl 胁迫对黑麦种子萌发特性的影响[J].种子,2012,31(8):89-92.