

张秋莹,魏晓琼,韦建辰,等. 长白山区蓝莓新品种评价与筛选[J]. 江苏农业科学,2022,50(3):149-157.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.03.024

长白山区蓝莓新品种评价与筛选

张秋莹¹, 魏晓琼¹, 韦建辰¹, 贾文飞¹, 王 颖¹, 李金英¹, 徐德冰^{1,2,4}, 吴 林^{1,2,3,4}

(1. 吉林农业大学园艺学院, 吉林长春 130118; 2. 吉林省普蓝高科技, 吉林长春 130021;

3. 吉林省蓝莓研究中心, 吉林长春 130118; 4. 吉林省普蓝高科技有限公司靖宇分公司, 吉林靖宇 135200)

摘要:对靖宇县 4 个主栽蓝莓品种与 18 个 PL 品系进行评价筛选,为进一步选育适合长白山区栽培的蓝莓优良新品种提供参考。使用基于 G1 法赋权 TOPSIS 模型对 22 个蓝莓品种的可溶性固形物含量、可滴定酸含量、可溶性糖含量、固酸比、糖酸比、维生素 C 含量、纵径、横径、果形指数和最大单果质量共 10 个品质指标进行果实品质综合分析,并结合田间观察物候期、植株生长状态与结果表现进行综合评价。结果表明,PL1 和 PL21 果实成熟最早,PL14 成熟期最晚;PL1 和 PL19 树体长势最旺;PL1、北蓝和 PL19 产量排序前 3 位;果实内在品质中 PL18 和 PL51 固酸比最高,口感较佳;果实外观品质中 PL9 和 PL18 最大单果质量最高;TOPSIS 综合评价得出,PL18、PL17 和 PL51 果实品质综合排序前 3 位。综上所述,PL1、PL17、PL18、PL19 和 PL51 综合表现良好,可作为长白山区候选蓝莓新品种推广种植。

关键词:蓝莓;品种(品系);果实品质;长白山区;评价筛选

中图分类号:S663.903.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)03-0149-08

蓝莓作为一个新兴的小浆果树种^[1],果实口感酸甜,肉质细腻,而且含有丰富的营养物质,既可鲜食,还可做加工品,具有较高的经济价值,被认为是 21 世纪新兴保健果品^[2]。截至 2020 年年底,全国蓝莓栽培面积 6.64 万 hm^2 ,总产量 34.72 万 t,其中吉林省栽培面积达到 4 000 hm^2 ,产量 1.5 万 t,位居全国第 7 位^[3]。而白山市的面积达到 3 066 hm^2 ,占吉林省总栽培面积 75% 以上,目前靖宇县栽培面积达到 1 440 hm^2 ,占白山市近一半,在吉林省蓝莓产业中占有重要地位^[4]。

品种筛选主要评价植株生长情况、果实外观品质和内在品质等方面。吴文龙等对南京地区的 13 个优良蓝莓品种果实的大小、主要营养物质含量及感官指标进行研究,结果显示,不同品种蓝莓果实中营养物质的组成成分及含量存在差异^[5]。熊喜

红等对湖北和云南地区 19 个不同品种蓝莓果实外观、口感品质、加工特性等进行研究,为蓝莓加工、品种种植和选育提供参考^[6]。随着科学研究的深入发展,越来越多的学者专注于果实品质的研究,且研究水平不断深入,研究方法也不断改进。叶霜等利用基于组合赋权的 TOPSIS 模型在果实品质评价中的应用,表明该方法模型计算简单,结果客观可信,有较强的适用性,适用于果实综合品质评价^[7]。同时, TOPSIS 综合评价法在玉米^[8]、番茄^[9]、大豆^[10]、辣椒^[11]等作物上也被广泛应用。本研究使用基于 G1 法赋权 TOPSIS 模型对 22 个蓝莓品种的 10 个品质指标进行果实品质综合分析,并结合田间观察物候期、植株生长状态与结果表现进行综合评价,为进一步从 PL 品系中选育适合靖宇县栽培的蓝莓优良新品种提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料与地点

供试材料:2009 年定植的 4 个主栽品种北陆、北春、北蓝和美登与 18 个 PL 品系 PL1、PL3、PL6、PL8、PL9、PL10、PL12、PL13、PL14、PL17、PL18、PL19、PL21、PL22、PL23、PL51、PL61 和 PL62。

供试地点:吉林省白山市靖宇县花园口镇白山湖景区入口处,42°47'24"N、127°8'41"E,海拔 447 m,年平均温度 3.7℃,年平均降水量

收稿日期:2021-05-11

基金项目:吉林省科技发展规划(编号:20200402083NC);吉林农业大学综合示范基地项目(编号:0214-202023181);吉林省靖宇县科技发展规划(编号:XBJ202016);2020 年度重点领域省级标准化试点示范项目(靖宇蓝莓标准化示范区);2020 年吉林省“三区”人才支持计划科技人员专项(编号:202022309)。

作者简介:张秋莹(1995—),女,吉林洮南人,硕士研究生,研究方向为果树栽培生理。E-mail:774811129@qq.com。

通信作者:吴 林,教授,硕士生导师,主要从事小浆果品种选育、栽培生理和产业经济等研究工作。E-mail:310710966@qq.com。

776.4 mm,无霜期 130 d 左右。

1.2 调查项目及方法

物候期:于 2020 年 6 月开始,选取发育正常、管理水平一致的无病虫害植株进行调查,对 22 个参试品种的蓝果期(从 20% 果实变蓝开始)、鲜果供应期(从 10% 果实成熟开始)进行观测记录。

树高、冠幅、基生枝:采取随机抽样的方法,每处理、随机抽取 3 个标准样,定株调查相关指标。用钢卷尺测量,取平均值。

花芽数、单芽果粒数:调查每处理的 3 株标准样株的花芽数、单芽果粒数,取平均值。

单株产量:每标准株随机选取 10 粒果实分别称其质量,重复 3 次,取平均值为该株平均单果质量,根据该株粒数,计算单株产量。

果形指数:每株随机选取 10 粒果实分别测量横、纵径,果形指数 = 果实纵径/果实横径。

可溶性固形物含量:使用手持折光仪进行测定。

可溶性糖含量:使用蒽酮比色法^[12]测定。

维生素 C 含量:使用钼蓝比色法^[13]测定。

可滴定酸含量:使用 NaOH 滴定法^[14]测定。

1.3 基于 G1 赋权 TOPSIS 模型

1.3.1 确定评价矩阵 设评价品种个数为 m ,评价指标个数为 n ,每个对象的指标值为如下初始决策阵。

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

1.3.2 指标类型的一致化 综合评价指标里,常含有以下 3 种类型指标:

(1)正向指标。该类指标数值越大越好,如果果实产量、可溶性固形物含量、维生素 C 含量等。

(2)负向指标。该类指标数值越小越好,如可滴定酸含量等。

$$x_{ij}^1 = \frac{1}{x_{ij}} \quad (2)$$

(3)居中型指标。该类指标有一个取值区间,如果果指数。

$$x_{ij}^1 = \begin{cases} 2[x_{ij} - \min_{1 \leq i \leq m}(x_{ij})], \min_{1 \leq i \leq m}(x_{ij}) \leq x_{ij} \leq \frac{\max_{1 \leq i \leq m}(x_{ij}) + \min_{1 \leq i \leq m}(x_{ij})}{2} \\ 2[\max_{1 \leq i \leq m}(x_{ij}) - x_{ij}], \frac{\max_{1 \leq i \leq m}(x_{ij}) + \min_{1 \leq i \leq m}(x_{ij})}{2} < x_{ij} \leq \max_{1 \leq i \leq m}(x_{ij}) \end{cases} \quad (3)$$

1.3.3 数据无量纲化 将判断矩阵归一化处理,得

到归一化判断矩阵。对于正向指标和负向指标分别用下式计算:

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}}; \quad (4)$$

$$x_{ij}^* = \frac{1/x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (1/x_{ij})^2}} \quad (5)$$

1.3.4 G1 序关系法赋权 G1 法又称序关系分析法,该方法简化了评价指标的评判过程,也无需进行一致性检验^[15],G1 法的权重计算步骤如下:

(1)指标排序。确定指标体系后,请多个相关领域的专家对各个相同层级指标 $x_1^{\#}, x_2^{\#}, \cdots, x_l^{\#}, \cdots, x_{h-1}^{\#}, x_h^{\#}$, 按重要程度从高到低排序,记为 $x_1^*, x_2^*, \cdots, x_l^*, \cdots, x_{h-1}^*, x_h^*$ 并确定各个相同层级的相邻指标间的重要程度关系。

相邻指标重要程度赋值:第 k 个指标 x_k^* 的权重记为 ω_k ,相邻指标 x_{k-1}^* 和 x_k^* 之间的相对重要程度可以用 r_k (表 1)表示,有

$$r_k = \omega_{k-1}/\omega_k (k = h, h-1, \cdots, 2) \quad (6)$$

(2)计算权重。只要计算出最后 1 个指标的权重 ω_h ,就可以通过公式(6)计算出其余指标的权重, ω_h 的计算公式如下:

$$\omega_h = 1/[1 + \sum_{k=2}^h (\prod_{l=k}^h r_l)] \quad (7)$$

式中: r_l 表示相邻指标 x_{l-1}^* 和 x_l^* 之间的相对重要程度。

1.3.5 构建加权决策矩阵和确定其理想解向量 将无量纲化矩阵与各指标的权重相乘,可得到加权决策矩阵:

$$Z = (r_{ij})_{n \times m} (i = 1, 2, \cdots, n; j = 1, 2, \cdots, m) \quad (8)$$

式中: $r_{ij} = \theta_i \cdot x_{ij}^*$ 。

确定矩阵 Z 的正理想解向量 Z^+ 和负理想解向量 Z^- :

$$Z^+ = (z_1^+, z_2^+, \cdots, z_n^+);$$

$$Z^- = (z_1^-, z_2^-, \cdots, z_n^-)。$$

1.3.6 计算距离 计算每个样本对象与理想样本和负理想样本之间的距离 D_i^+ 和 D_i^- ,有:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - Z_j^+)^2}; \quad (9)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - Z_j^-)^2} \quad (10)$$

1.4 数据分析

采用 Excel 2003 完成数据基本处理,采用 SPSS 23.0 对试验数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同蓝莓品种(品系)物候期、结果表现与果实品质

2.1.1 蓝莓物候期观察 由图 1 可见,22 个蓝莓品种(品系)在靖宇县的鲜果供应期为 7 月 3 日至 9 月 15 日,持续 74 d。与 4 个主栽品种相比,PL19 和 PL21 较早进入蓝果期,均在 6 月 27 日;而 PL14 最晚进入蓝果期,时间为 7 月 25 日。供试品种的鲜果供应期在 7 月上旬至 9 月中旬,其中 PL1、PL3、

PL19、PL21、PL22 和 PL23 与主栽品种北春、北蓝和美登接近,均在 7 月上旬至 8 月中旬,属于早熟品种(品系);PL6、PL9、PL10、PL12 和 PL51 的鲜果供应期与主栽品种北陆接近,均在 7 月中旬至 8 月下旬,属于中熟品种(品系);而 PL8、PL13、PL14、PL17、PL18、PL61 和 PL62 的鲜果供应期均晚于 4 个主栽品种,属于晚熟品种(品系)。结果表明,18 个 PL 品系与 4 个主栽品种相比,果实成熟期均有差异,对长白山区不同品种合理搭配具有重要指导意义。

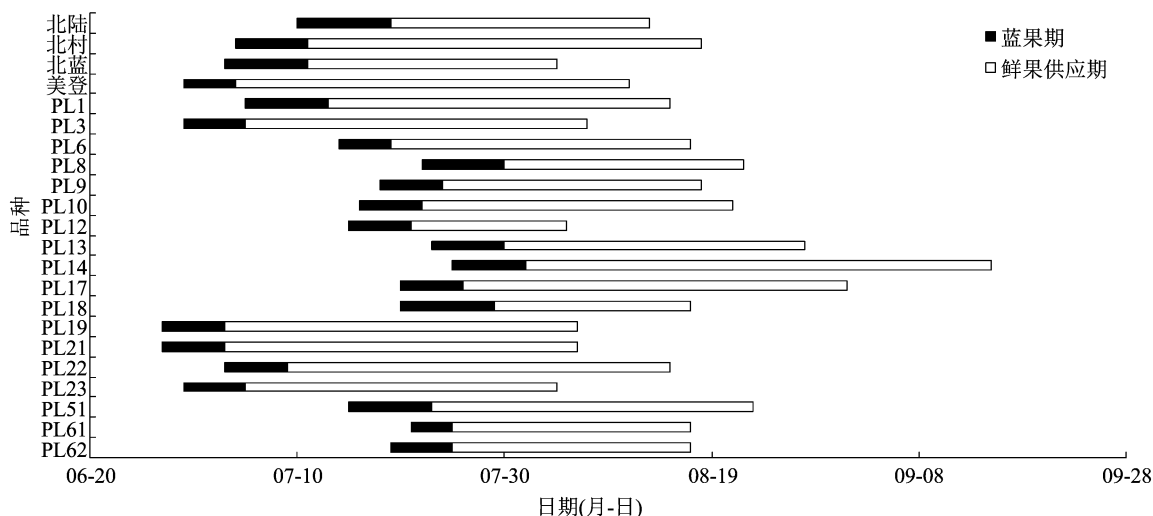


图1 不同蓝莓品种物候期表现

2.1.2 蓝莓植株生长情况 由表 1 可见,与 4 个主栽品种相比,PL1、PL6、PL8 和 PL19 树势生长较旺,株高比北陆高出 15% ~ 22%;而 PL13、PL23 和 PL51 与北陆类似,树势中庸;PL14、PL18 和 PL21 与北蓝相近,树势较弱。大部分 PL 品系与主栽品种比较,株高与冠幅相近,但 PL9 和 PL17 的冠幅大于株高,在实际生产中,修剪时应支持直立枝干,适当剪除横向枝条,增加植株高度,充分利用空间,在树体更新上提高果实产量和质量。与北陆和北蓝相比,PL1 和 PL19 的基生枝较多,更新能力较强。综上所述,PL1、PL6、PL8 和 PL19 树势生长较好,适当修剪即可。

2.1.3 不同蓝莓品种(品系)的结果表现 果树产量是生产中获得经济效益的主要指标,也是农业生产的基本目标。由表 2 可知,PL1 的单株产量显著高于北陆、北春和美登,PL19 的单株产量显著高于北陆和北春,其中 PL1 的单株产量最高,显著高于其他 PL 品系和 4 个主栽品种。美登的花芽数最高,显著高于其他品种。单芽果粒数各品种间也存在

差异,与 4 个主栽品种相比,PL13 的单芽果粒数最高;PL1 和 PL61 其次;PL14 和 PL18 的单芽果粒数与主栽品种相比较低。不同蓝莓品种的单果质量在 1.67 ~ 3.67g 之间,与主栽品种相比,PL9、PL18 和 PL61 单果质量较高,明显高于其他品种;而 PL13 单果质量最少,显著低于主栽品种中的北春、北蓝和美登,与北陆无显著差异。

2.1.4 蓝莓品种(品系)果实内在品质 可溶性固形物是由糖和酸等多种成分组成的混合物,其含量多少决定了鲜食蓝莓风味品质的优劣,对蓝莓果实的营养价值、风味口感等方面有重要影响。由表 3 可知,PL1 和 PL51 的可溶性固形物含量显著高于主栽品种;而 PL21 和 PL23 与主栽品种相比,可溶性固形物含量较低。不同品种间的可溶性糖含量在 7.38% ~ 13.05%,与北陆相比,PL 品系的可溶性糖含量均显著较低;但 PL12 和 PL18 的可溶性糖含量显著高于主栽品种北陆、北蓝和美登,糖度较高,口感偏甜。而不同蓝莓品种的可滴定酸含量在 0.61% ~ 3.90%,差异较大。与主栽品种相比,PL8、

表 1 不同品种蓝莓植株生长状态

品种	株高 (cm)	冠幅 (cm)	基生枝 (个)
北陆	131.33 ± 6.03defgh	121.00 ± 23.52de	6.33 ± 4.16cdefg
北春	62.33 ± 3.06l	96.00 ± 8.89gh	18.67 ± 3.79a
北蓝	82.33 ± 8.50k	110.67 ± 77.93efgh	12.00 ± 5.57abc
美登	60.00 ± 9.85l	123.00 ± 8.19de	17.33 ± 7.77ab
PL1	151.00 ± 6.56ab	162.67 ± 9.45a	17.33 ± 5.51ab
PL3	127.33 ± 7.51fghi	107.67 ± 9.07efgh	6.67 ± 3.79cdefg
PL6	153.33 ± 6.66ab	117.67 ± 7.02def	3.00 ± 2.00efg
PL8	159.33 ± 12.06a	161.00 ± 3.61a	8.33 ± 4.16cdef
PL9	136.33 ± 6.66cdef	158.67 ± 6.03ab	4.33 ± 2.52defg
PL10	142.67 ± 6.51bede	131.67 ± 6.03cd	3.67 ± 2.08efg
PL12	125.33 ± 6.66fghij	110.33 ± 4.51efgh	3.67 ± 4.73efg
PL13	130.67 ± 8.08defgh	115.00 ± 9.17defg	1.00 ± 1.00g
PL14	115.00 ± 10.82ij	114.67 ± 13.05defg	2.33 ± 2.31fg
PL17	127.67 ± 5.86fghi	141.67 ± 6.66bc	4.33 ± 4.51defg
PL18	112.67 ± 6.43j	98.00 ± 19.08fgh	8.33 ± 2.31cdef
PL19	160.67 ± 4.04ghij	111.33 ± 3.21defgh	18.33 ± 3.06a
PL21	118.33 ± 3.51hij	120.33 ± 6.35de	7.33 ± 0.58cdefg
PL22	144.00 ± 12.00bcd	111.00 ± 5.57efgh	11.33 ± 3.06bcd
PL23	129.67 ± 1.53efgh	117.33 ± 12.5def	9.67 ± 3.21cde
PL51	133.00 ± 5.57defg	116.00 ± 6.56defg	3.67 ± 3.06efg
PL61	119.33 ± 6.51ghij	94.33 ± 9.02h	3.33 ± 1.15efg
PL62	147.33 ± 7.64abc	121.67 ± 15.28de	3.00 ± 2.65efg

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。
下同。

PL12 和 PL13 的可滴定酸含量较高,而 PL3、PL6、PL14、PL61 和 PL62 的可滴定酸含量较低,与北陆和北蓝无显著差异。

此外,固酸比与糖酸比也是影响蓝莓风味的重要指标。从表 3 可知,不同蓝莓品种的固酸比在 3.84 ~ 27.67,其中 PL51 显著高于北陆、北蓝和美登,与北春无显著差异;北蓝、美登、PL6、PL8、PL12、PL13、PL14、PL22 和 PL23 的固酸比较低,口感较酸。不同品种的糖酸比范围在 2.30 ~ 20.39,PL 品系糖酸比值均低于北春,但 PL9、PL17、PL18 和 PL51 的糖酸比值均显著高于其他 3 个主栽品种。除相关风味指标外,本试验还测定了不同蓝莓果实中的维生素 C 含量,范围在 27.12 ~ 59.46 mg/100 g,4 个主栽品种中,北陆和北春的维生素 C 含量最高,PL 品系中大部分品种的维生素 C 含量均显著低于主栽品种。综上所述,PL1、PL9、PL17、PL18 和 PL51 的口感风味优于主栽品种,但维生素 C 含量不高。

2.1.5 蓝莓品种(品系)果实外观品质 由表 4 可知,美登果形为近圆形,其他品种均为扁圆形。PL1、PL6、PL9、PL10、PL14、PL17、PL18、PL19、PL21、PL23 和 PL62 的最大单果质量均高于北陆,其中

表 2 不同蓝莓品种的结果表现

品种	单株产量 (g)	花芽数 (个)	单芽果粒 (个)	单果质量 (g)
北陆	1 647.37 ± 89.57defgh	192.33 ± 17.39de	5.80 ± 0.23gh	1.48 ± 0.11k
北春	1 719.38 ± 43.34defgh	444.00 ± 26.23b	4.78 ± 0.22ij	0.81 ± 0.10l
北蓝	3 138.30 ± 1 266.00b	201.67 ± 70.06d	4.83 ± 0.37ij	3.17 ± 0.41cd
美登	2 424.72 ± 294.80bcd	550.00 ± 61.29a	4.97 ± 0.62i	0.89 ± 0.18l
PL1	4 607.77 ± 1 722.00a	313.00 ± 105.36c	6.90 ± 0.40bc	2.12 ± 0.24h
PL3	1 607.64 ± 771.80defgh	122.67 ± 61.74efgh	6.40 ± 0.28cdef	2.06 ± 0.23h
PL6	1 971.41 ± 355.00cdefg	87.33 ± 15.57gh	6.84 ± 0.07bcd	3.30 ± 0.33bc
PL8	1 941.25 ± 523.00defg	167.33 ± 53.60def	6.87 ± 0.43bc	1.71 ± 0.11jk
PL9	2 305.54 ± 338.60bede	94.00 ± 16.37fgh	6.70 ± 0.21bede	3.67 ± 0.43a
PL10	1 456.51 ± 272.10defgh	88.33 ± 11.59gh	5.72 ± 0.45gh	2.87 ± 0.17ef
PL12	1 646.42 ± 97.84defgh	131.00 ± 9.54defgh	6.45 ± 0.13cdef	1.95 ± 0.21hi
PL13	798.69 ± 442.30h	63.67 ± 33.02h	7.45 ± 0.38a	1.67 ± 0.17jk
PL14	1 134.32 ± 80.78fgh	94.67 ± 11.06fgh	4.07 ± 0.19k	2.95 ± 0.41de
PL17	1 432.77 ± 104.30defgh	69.33 ± 4.04gh	6.30 ± 0.09defg	3.28 ± 0.20bc
PL18	1 008.18 ± 207.60gh	66.33 ± 11.24h	4.42 ± 0.19ik	3.42 ± 0.28bc
PL19	3 026.57 ± 318.50bc	144.33 ± 13.43defg	6.15 ± 0.37efg	3.41 ± 0.35bc
PL21	2 019.44 ± 613.00cdefg	131.67 ± 41.62defgh	6.12 ± 0.08efg	2.51 ± 0.34g
PL22	1 276.98 ± 42.35efgh	117.67 ± 8.50fgh	6.08 ± 0.40fgh	1.79 ± 0.17ij
PL23	1 025.78 ± 302.90gh	74.67 ± 21.39gh	6.27 ± 0.13efg	2.19 ± 0.30h
PL51	711.82 ± 160.60h	60.33 ± 15.63h	5.57 ± 0.34h	2.13 ± 0.12h
PL61	2 186.39 ± 314.20bcdef	89.00 ± 13.23gh	7.04 ± 0.13ab	3.49 ± 0.41ab
PL62	2 063.45 ± 361.20cdefg	122.33 ± 19.01efgh	6.26 ± 0.18efg	2.69 ± 0.13fg

表 3 不同蓝莓品种果实内在品质

品种	可溶性固形物含量 (%)	可滴定酸含量 (%)	可溶性糖含量 (%)	固酸比	糖酸比	维生素 C 含量 (mg/100 g)
北陆	14.87 ± 0.81cd	1.13 ± 0.06de	13.05 ± 0.19a	13.40 ± 0.81c	11.66 ± 0.71de	56.02 ± 3.56ab
北春	13.92 ± 1.06efg	0.60 ± 0.10g	11.88 ± 1.96bc	24.55 ± 5.44a	20.39 ± 3.55a	59.46 ± 4.48a
北蓝	12.31 ± 1.05jk	1.45 ± 0.32de	8.89 ± 0.29gh	8.72 ± 2.56cdef	6.50 ± 1.59g	43.59 ± 3.76def
美登	12.01 ± 0.86kl	1.93 ± 0.26c	10.60 ± 0.30def	6.58 ± 1.22ef	5.59 ± 0.73gh	49.83 ± 2.34bcd
PL1	16.07 ± 1.16ab	1.67 ± 0.09cd	10.87 ± 0.24cd	9.78 ± 0.94cde	6.53 ± 0.32g	47.96 ± 2.28cd
PL3	12.80 ± 1.14hijk	1.12 ± 0.30de	9.03 ± 0.41gh	12.76 ± 3.15cd	8.95 ± 3.24efg	53.01 ± 5.48abc
PL6	12.60 ± 0.77ijk	1.46 ± 0.11de	9.84 ± 0.38defg	8.57 ± 1.17cdef	6.76 ± 0.49g	37.08 ± 0.75fgh
PL8	14.91 ± 0.47cd	1.75 ± 0.20cd	10.55 ± 0.57def	8.79 ± 1.07cdef	6.11 ± 0.66gh	46.66 ± 9.38cde
PL9	11.89 ± 1.62klm	0.68 ± 0.09g	10.69 ± 0.56ef	18.61 ± 3.67b	15.96 ± 1.24bc	31.56 ± 3.17hi
PL10	14.58 ± 0.85cde	0.62 ± 0.05g	8.11 ± 0.07hi	25.30 ± 2.52a	13.08 ± 1.17cd	39.82 ± 2.41efg
PL12	15.42 ± 1.00abc	2.46 ± 0.20b	12.22 ± 0.31ab	6.51 ± 1.10ef	4.99 ± 0.33gh	35.52 ± 4.05gh
PL13	13.98 ± 0.68efg	3.90 ± 0.35a	8.92 ± 0.48gh	3.84 ± 0.46f	2.30 ± 0.14h	44.88 ± 4.17de
PL14	13.17 ± 0.95ghij	1.45 ± 0.12de	7.38 ± 0.16i	9.47 ± 0.94cdef	5.10 ± 0.40gh	37.00 ± 3.03i
PL17	13.55 ± 0.33fgh	0.64 ± 0.15g	10.22 ± 0.96def	22.76 ± 5.60ab	16.85 ± 4.22ab	27.12 ± 4.88i
PL18	15.30 ± 0.89bc	0.62 ± 0.05g	12.01 ± 0.96ab	25.95 ± 2.58a	19.41 ± 2.27ab	43.47 ± 3.21def
PL19	15.29 ± 0.81bc	1.62 ± 0.35cd	10.46 ± 1.38def	10.26 ± 2.63cde	6.73 ± 1.32g	39.61 ± 2.23efg
PL21	11.06 ± 0.63m	0.88 ± 0.05fg	9.54 ± 1.04efg	13.36 ± 0.45c	10.84 ± 1.28def	55.33 ± 5.04ab
PL22	13.41 ± 0.93ghi	2.02 ± 0.26c	9.45 ± 0.74fg	7.10 ± 0.75def	4.74 ± 0.44gh	35.31 ± 1.66gh
PL23	11.26 ± 0.71lm	1.41 ± 0.14de	9.78 ± 0.68defg	8.36 ± 1.19cdef	7.01 ± 0.75fg	42.60 ± 2.11def
PL51	16.19 ± 1.22a	0.61 ± 0.07g	11.85 ± 0.23bc	27.67 ± 1.84a	19.64 ± 2.45ab	49.40 ± 3.12bcd
PL61	14.31 ± 0.61def	1.33 ± 0.20de	9.76 ± 0.52defg	10.86 ± 1.08cde	7.59 ± 1.59fg	32.79 ± 0.54ghi
PL62	12.68 ± 0.63hij	1.35 ± 0.24de	8.89 ± 0.31gh	9.90 ± 2.27cde	6.65 ± 1.19g	33.30 ± 2.85ghi

表 4 不同蓝莓品种果实外观品质

品种	纵径 (mm)	横径 (mm)	果形指数	最大单果质量 (g)
北陆	11.56 ± 0.29j	15.05 ± 0.65g	0.77 ± 0.04b	1.7
北春	8.84 ± 0.56l	11.76 ± 0.54h	0.75 ± 0.03bc	1.0
北蓝	13.30 ± 0.66cdef	19.65 ± 0.98bc	0.68 ± 0.02hi	3.7
美登	9.33 ± 1.03l	11.28 ± 1.20h	0.83 ± 0.04a	1.1
PL1	11.92 ± 0.49hij	17.14 ± 0.69e	0.70 ± 0.03efghi	2.6
PL3	12.37 ± 0.62gh	17.55 ± 0.80e	0.71 ± 0.04defgh	2.4
PL6	13.84 ± 0.63bc	20.18 ± 0.71b	0.69 ± 0.03ghi	3.8
PL8	11.74 ± 0.39ij	16.38 ± 0.51f	0.72 ± 0.02defg	1.9
PL9	14.17 ± 0.75ab	21.16 ± 0.56a	0.67 ± 0.02i	4.2
PL10	13.50 ± 0.60cde	18.31 ± 0.54d	0.74 ± 0.05cd	3.2
PL12	12.97 ± 0.50ef	15.98 ± 0.72f	0.81 ± 0.04a	2.2
PL13	9.98 ± 0.64k	15.92 ± 0.51f	0.63 ± 0.03j	2.1
PL14	13.08 ± 0.53def	19.08 ± 1.19c	0.69 ± 0.03ghi	3.9
PL17	13.62 ± 0.48cd	19.82 ± 0.36b	0.69 ± 0.03ghi	3.6
PL18	14.45 ± 0.53a	19.87 ± 0.95b	0.73 ± 0.04cde	4.0
PL19	12.75 ± 0.65fg	17.35 ± 0.50e	0.74 ± 0.04cd	3.9
PL21	11.87 ± 0.45hij	16.37 ± 0.88f	0.73 ± 0.03cdef	2.9
PL22	11.49 ± 0.52j	16.20 ± 0.72f	0.71 ± 0.03defgh	2.0
PL23	12.22 ± 0.77ghi	17.30 ± 0.96e	0.71 ± 0.06defgh	2.8
PL51	11.98 ± 0.53hij	17.33 ± 0.37e	0.69 ± 0.03fghi	2.3
PL61	14.35 ± 0.42ab	19.64 ± 1.02bc	0.73 ± 0.03cd	3.9
PL62	12.93 ± 0.32ef	18.33 ± 0.59d	0.71 ± 0.02defgh	2.9

PL9 和 PL18 最大单果质量最高,约为北陆的 2 倍。最大单果质量从大到小依次排列为 PL9 > PL8 > PL14 = PL19 = PL61 > PL6 > 北蓝 > PL17 > PL10 > PL21 = PL62 > PL23 > PL1 > PL3 > PL51 > PL12 > PL13 > PL22 > PL8 > 北陆 > 美登 > 北春。

2.2 指标权重的确定

2.2.1 果实品质综合评价指标 根据蓝莓果实品

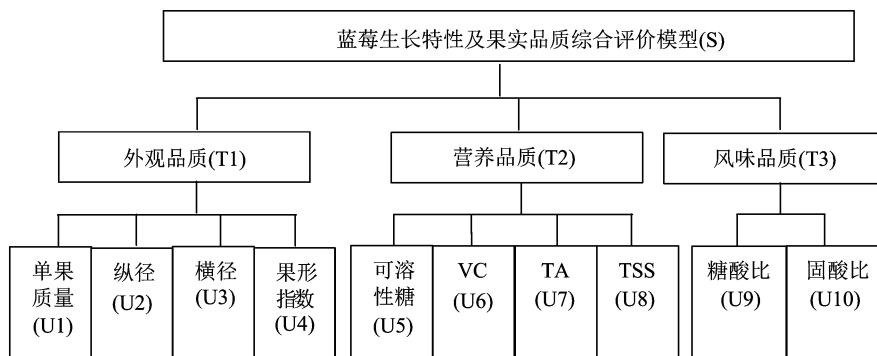


图2 蓝莓果实品质评价的指标体系

2.2.2 权重计算 以调查问卷的形式,向 8 位吉林农业大学相关专业的专家进行权重调查。专家对外观品质、营养品质和风味品质的重要性持不同意见。外观品质中专家大部分认为单果质量、果形指数较其他指标重要,营养品质指标中可溶性固形物最重要,在风味品质方面,多数专家认为糖酸比较固酸比重要。G1 法总权重等于各指标层(T)权重乘以对应要素层(U)权重。根据表 5、表 6 数据可以计算出蓝莓果实各品质指标的 G1 法权重值,分别为 0.111(单果质量)、0.063(纵径)、0.068(横径)、0.08(果形指数)、0.078(可溶性糖)、0.064(维生素 C)、0.063(可滴定酸)、0.085(可溶性固形物)、0.196(糖酸比)、0.192(固酸比)。其中糖酸比的权重值最大,其次为固酸比;纵径、可滴定酸、维生素 C 的权重值均较低,且权重值相差不大。

2.3 加权评价矩阵及理想、负理想样本的确定

用公式构造加权评价矩阵,即将标准化后的数据与图中的权重值相乘,得到理想样本和负理想样本分别为

$$Z^+ = [0.034, 0.016, 0.018, 0.020, 0.021, 0.019, 0.022, 0.021, 0.076, 0.076];$$

$$Z^- = [0.007, 0.010, 0.009, 0.015, 0.012, 0.008, 0.003, 0.015, 0.009, 0.010].$$

2.4 果实品质综合评价

计算各待评价样本到理想样本和负理想样本的距离 D_i^+ 、 D_i^- ,以及各样本到理想样本的相对接近

度指标的基本性质、指标之间的相互关联影响以及层次隶属关系,建立蓝莓果实品质评价的指标体系如图 2 所示。该评价体系分为 3 层:第 1 层目标层(S)为蓝莓果实品质综合评价模型;第 2 层准则层(T)为蓝莓果实品质要素;第 3 层指标层(U)为蓝莓的具体品质指标。

度 H_i ,并根据相对接近度进行排序,结果如表 7 所示。不同蓝莓生长特性及果实品质越接近于理想值,即 H_i 越大,表明综合品质越好。PL18 与理想样本的接近度最高,为 0.918;其次是 PL51,为 0.861;再次是 PL17,为 0.728。三者果实品质综合性状较好,但产量排名较低。PL1、北蓝、PL19 产量排序前 3 位,在生产实践上表现很稳定,3 个品种在靖宇县地区适应性较强,且有较高的增产潜力。

3 讨论与结论

影响蓝莓果实品质的因素主要有单果质量、果形指数、可溶性固形物等,这直接影响鲜食和加工效果,而且不同品种间差异显著^[16-19]。刘丙花等通过测量果型指数、单果质量、可溶性固形物和维生素 C 含量等评价山东引种的 22 个蓝莓品种的果实品质,发现不同品种间,上述指标均有较大差异^[20]。吴林等^[21]、阳翠等^[22]和邱霞等^[23]的研究也表明,不同蓝莓品种之间的可溶性糖、可滴定酸含量等均有显著差异。除此之外,还有研究表明,蓝莓不同品种间植株生长表现、单株产量、成熟期等均有差异,均可用来评价筛选蓝莓生长与结实表现^[24]。本研究通过观察蓝莓不同品种的生长状况、结果表现、物候期等,并测量其果型指数、可溶性固形物含量等果实品质,对 22 个蓝莓品种进行评价筛选,结果表明,不同品种间基本生长情况、果实内外品质均存在显著差异,其中 PL1 和 PL19 综合表现强于

表 5 蓝莓品质要素和指标层排序及 r_k 赋值							
项目	专家 编号	排序	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6
品质要素	1	T1 > T3 > T2	1.5	1.5			
	2	T2 > T3 > T1	1.5	1.3			
	3	T3 > T1 > T2	1.3	1.3			
	4	T2 > T3 > T1	1.6	1.2			
	5	T1 > T3 > T2	1.6	1.6			
	6	T3 > T1 > T2	1.8	1.8			
	7	T3 > T1 > T2	1.5	1.1			
	8	T3 > T2 > T1	1.6	1.4			
外观品质	1	U1 > U4 > U3 > U2	1.1	1.8	1.1		
	2	U4 > U2 > U1 > U3	1.2	1.4	1.2		
	3	U1 > U4 > U3 > U2	1.7	1.0	1.5		
	4	U1 > U4 > U3 > U2	1.6	1.4	1.1		
	5	U1 > U4 > U3 > U2	1.6	1.2	1.3		
	6	U1 > U3 > U2 > U4	1.8	1.5	1.5		
	7	U1 > U2 > U3 > U4	1.1	1.0	1.0		
	8	U1 > U4 > U3 > U2	1.2	1.0	1.0		
营养品质	1	U5 > U8 > U6 > U7	1.1	1.5	1.1		
	2	U8 > U5 > U6 > U7	1.2	1.3	1.3		
	3	U8 > U5 > U7 > U6	1.7	1.0	1.5		
	4	U6 > U8 > U7 > U5	1.5	1.8	1.6		
	5	U8 > U7 > U5 > U6	1.3	1.3	1.6		
	6	U5 > U7 > U8 > U6	1.8	1.8	1.5		
	7	U6 > U5 > U7 > U8	1.5	1.0	1.0		
	8	U5 > U8 > U7 > U6	1.0	1.2	1.2		
口感品质	1	U9 > U10	1.1				
	2	U9 > U10	1.1				
	3	U9 > U10	1.1				
	4	U10 > U9	1.7				
	5	U10 > U9	1.2				
	6	U9 > U10	1.8				
	7	U9 > U10	1.0				
	8	U9 > U10	1.0				

北陆,PL18、PL17 和 PL51 等果实品质突出。

在果实品质综合评价中,核心评价指标的筛选及评价指标的数学处理是评价数学模型建立和确保其评价合理性的关键。李玲等应用 PCA - Entropy TOPSIS 对 45 个甘薯品种块根的质构品质进行综合评价,研究表明评价结果与甘薯实际生产表现一致,确定该方法是甘薯质构品质体系构建的重要手段^[25]。陈贤等运用 AHP - TOPSIS 对 7 个番茄品系的果实商品性状进行综合分析,结果表明此方法对番茄果实商品性状的综合评价适用性较好^[26]。李灿等采用 G1 法赋权 TOPSIS 模型对苹果

品质进行综合评价分析,筛选出最适滴灌施肥方式^[27]。本研究利用基于 G1 法赋权 TOPSIS 模型对 22 个蓝莓品种的 10 个品质指标进行果实品质综合分析,结合田间观察物候期及植株生长状态与结果表现进行综合评价,针对评价结果,筛选适宜靖宇县的新品种,从而进行品种合理的筛选与搭配。利用 G1 法向 8 位相关专业的专家进行权重调查,对核心指标进行权重赋予,建立蓝莓综合评价数学模型,计算不同种的综合评价指数,来评价不同蓝莓品种果实品质综合性状优劣。分析结果表明,基于 G1 法赋权 TOPSIS 模型对 22 个蓝莓品种分类的判定结果与实际生产表现较为一致,这与 Sun 等^[28]和 Rasool 等^[29]在酸枣和番茄上得到的结果也类似,说明该方法均可用来分析蓝莓果实品质指标,综合评价不同蓝莓品种果实品质的优劣。

本研究发现,18 个 PL 品系与 4 个蓝莓主栽品种相比,果实物候期、植株生长情况、结果表现、果实内外品质均存在显著差异。PL1、PL17、PL18、PL19 和 PL51 综合表现良好,可作为长白山区候选蓝莓新品种推广种植。

参考文献:

[1] 吴林. 中国蓝莓 35 年:科学研究与产业发展[J]. 吉林农业大学学报,2016,38(1):1-11.

[2] 谢兆森,吴晓春. 蓝莓栽培中土壤改良的研究进展[J]. 北方果树,2006(1):1-4.

[3] 李亚东,裴嘉博,陈丽,等. 2020 中国蓝莓产业年度报告[J]. 吉林农业大学学报,2021,43(1):1-8.

[4] 王艳丽. 吉林省蓝莓产业调查研究[D]. 长春:吉林农业大学,2017.

[5] 吴文龙,赵慧芳,方亮,等. 南京地区蓝莓品种(系)果实品质分析与评价[J]. 经济林研究,2013,31(4):87-92.

[6] 熊喜红,徐晓云,张强,等. 湖北和云南地区蓝莓果实加工特性研究[J]. 北方园艺,2020(2):23-31.

[7] 叶霜,李承炎,邱霞,等. 基于组合赋权的 TOPSIS 模型在果实品质评价中的应用[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2017,45(10):111-121.

[8] 孙志超,荆绍凌,刘文国. TOPSIS 分析法在玉米杂交种综合评价中的应用[J]. 玉米科学,2006,14(5):49-51,55.

[9] Keabetswe L,Shao G C,Cui J T,et al. A combination of biochar and regulated deficit irrigation improves tomato fruit quality: a comprehensive quality analysis[J]. Folia Horticulturae, 2019, 31(1):181-193.

[10] 安东,来兴发,邓建强,等. TOPSIS 法评价南方大豆品种在黄土高原地区的饲用潜力[J]. 草地学报,2019,27(6):1710-1717.

[11] 徐小万,雷建军,李颖,等. 现蕾期辣椒耐高温多湿性 CA - TOPSIS 综合评定[J]. 热带作物学报,2013,34(9):1747-1751.

表 6 蓝莓果实品质评价指标体系中各要素层和指标层的权重

要素层或 指标层	专家权重								
	1	2	3	4	5	6	7	8	平均值
T1	0.473	0.235	0.326	0.243	0.496	0.298	0.293	0.216	0.323
T2	0.211	0.459	0.251	0.466	0.194	0.166	0.267	0.302	0.290
T3	0.316	0.306	0.423	0.291	0.310	0.536	0.440	0.482	0.388
U1	0.348	0.204	0.389	0.404	0.393	0.460	0.268	0.286	0.344
U2	0.160	0.285	0.153	0.164	0.157	0.170	0.244	0.238	0.196
U3	0.176	0.170	0.229	0.180	0.205	0.256	0.244	0.238	0.212
U4	0.316	0.341	0.229	0.252	0.245	0.114	0.244	0.238	0.247
U5	0.326	0.281	0.229	0.102	0.217	0.484	0.222	0.283	0.268
U6	0.198	0.216	0.153	0.441	0.135	0.099	0.333	0.198	0.222
U7	0.180	0.166	0.229	0.163	0.282	0.268	0.222	0.236	0.218
U8	0.296	0.337	0.389	0.294	0.366	0.149	0.223	0.283	0.292
U9	0.524	0.524	0.524	0.370	0.455	0.643	0.500	0.500	0.505
U10	0.476	0.476	0.476	0.630	0.545	0.357	0.500	0.500	0.495

表 7 不同蓝莓果实品质综合评价

品种	D_i^+	D_i^-	H_i	综合排序	产量排序
北陆	0.055	0.048	0.468	7	12
北春	0.030	0.091	0.752	4	11
北蓝	0.076	0.032	0.297	13	2
美登	0.086	0.018	0.172	20	4
PL1	0.074	0.030	0.288	15	1
PL3	0.066	0.036	0.356	10	14
PL6	0.074	0.034	0.317	12	9
PL8	0.078	0.025	0.241	18	10
PL9	0.033	0.073	0.692	6	5
PL10	0.030	0.076	0.715	5	15
PL12	0.085	0.021	0.197	19	13
PL13	0.098	0.011	0.104	22	21
PL14	0.078	0.029	0.274	16	18
PL17	0.025	0.079	0.761	3	16
PL18	0.009	0.095	0.918	1	20
PL19	0.073	0.035	0.327	11	3
PL21	0.055	0.047	0.462	8	8
PL22	0.085	0.018	0.170	21	17
PL23	0.076	0.028	0.266	17	19
PL51	0.016	0.097	0.861	2	22
PL61	0.068	0.040	0.369	9	6
PL62	0.073	0.031	0.297	14	7

[12]徐 玮,汪东风. 食品化学实验和习题[M]. 北京:化学工业出版社,2008.

[13]李 军. 钼蓝比色法测定还原型维生素 C[J]. 食品科学, 2000,21(8):42-45.

[14]朱玉珍. 食品中总酸的测定方法确认报告[J]. 科学与财富, 2018,9:137.

[15]Qu J H, Meng X L, Hu Q, et al. A novel two - stage evaluation system based on a Group - G1 approach to identify appropriate emergency treatment technology schemes in sudden water source pollution accidents [J]. Environmental Science and Pollution Research International,2016,23(3):2789-2801.

[16]李冬男. 蓝莓原料品质特性及其指纹图谱研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2016.

[17]郑红岩,高 梦,刘建兰,等. 不同品种蓝莓果实品质分析[J]. 食品与发酵工业,2013,39(11):245-249.

[18]葛翠莲,黄春辉,夏思进,等. 10 个蓝莓品种主要营养成分与色素含量分析[J]. 中国南方果树,2012,41(4):33-35.

[19]刘万平. 山东青岛 8 个蓝莓品种花果发育及适应性评价[D]. 北京:北京林业大学,2012.

[20]刘丙花,孙 锐,王开芳,等. 不同蓝莓品种果实品质比较与综合评价[J]. 食品科学,2019,40(1):70-76.

[21]吴 林,张 强,臧慧明,等. 云南丽江和吉林靖宇蓝莓糖酸组分差异化分析[J]. 中国果树,2019(6):54-58,64.

[22]阳 翠,王 军,陈昌琳,等. 不同蓝莓栽培品种的农艺性状和品质特性[J]. 南方农业学报,2019,50(4):788-794.

[23]邱 霞,李 苑,毛富平,等. 成都地区主栽蓝莓品种果实的形态特征及品质分析[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2017,43(5):524-528.

[24]赵慧芳,闫连飞,姚 蓓,等. 蓝莓‘寨选’品系在南京地区的生长与结实表现[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2019,43(3):163-168.

[25]李 玲,徐 舒,曹如霞,等. 基于 PCA - Entropy TOPSIS 的甘薯品种块根质构品质评价[J]. 中国农业科学,2020,53(11):2161-2170.

[26]陈 贤,杨荣萍,赵 雁,等. 运用层次分析法和排序法综合评价

戚燕强,郑 听,张子雄,等. 白芨不同器官干物质积累及氮、磷、钾化学计量特征[J]. 江苏农业科学,2022,50(3):157-162.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.03.025

白芨不同器官干物质积累及氮、磷、钾化学计量特征

戚燕强,郑 听,张子雄,张家春,蒋 影,王 永,熊鹏飞,周 颖

(贵州省植物园,贵州贵阳 550004)

摘要:研究白芨植株干物质及氮、磷、钾养分积累吸收分配的规律,为白芨科学施肥和高产种植提供理论参考依据。采集不同生长时期的白芨植株,分别测定白芨植株全株以及各个部位的干物质积累量和氮、磷、钾积累量,结果表明,白芨植株对氮、磷、钾的吸收能力强弱为氮>钾>磷,体内氮、磷、钾素的积累总量与干物质积累量表现出相似的特性,白芨植株干物质积累量与氮、钾呈极显著正相关,与磷呈显著正相关。白芨各部位氮磷比(N:P)为 6.40~22.81,氮钾比(N:K)为 0.33~2.36,钾磷比(K:P)为 3.42~17.12。4—6 月是白芨植株的快速生长期,这段时间应注意水肥调控,以促进干物质积累,提高白芨产量,具体措施为及时追肥,以追施氮、钾肥为主,磷肥因肥效具有延迟性且需肥量较小,建议作为基肥施用。白芨整个生长期对氮、磷、钾的吸收积累量比例为 1.00:0.13:0.80。

关键词:贵州;白芨;干物质;氮;磷;钾;化学计量

中图分类号:S567.23+9.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)03-0157-06

白芨[*Bletilla striata* (Thunb.) Reiehb. f.]系兰科白芨属多年生植物,以春秋两季收获块茎干燥后入药,气微、味苦,嚼之有黏性,临床常用于收敛止血、消肿生肌肤,是我国传统大宗药材^[1]。白芨因具有较高药用和观赏价值,是我国医药、化工、园林等领域的重要原材料,随着各个产业的快速发展,白芨的需求量急剧增加^[2]。近年来白芨野生资源数量急剧下降,而人工栽培经验和技巧较为缺乏,严重限制了白芨应用开发的持续发展。氮、磷、钾是作物生长发育必需的三要素,也是作物提高产量的首要限制因素^[3],在作物生产上发挥着重要作用。

氮、磷、钾吸收与积累特性是制定科学施肥措施的重要依据,目前有关白芨氮、磷、钾化学计量比的研究未见报道。本试验通过田间采样和实验室测定,对不同时期的白芨氮、磷、钾的吸收与累积特性进行研究,分析白芨植株不同部位的氮、磷、钾质量分数及其生态化学计量特征,旨在进一步完善白芨高产优质栽培及合理施肥的理论依据,为白芨科学施肥和高产种植提供理论参考依据,丰富中药材的生态化学计量学内容。

1 材料与方法

1.1 供试地概况

试验位于贵州省植物园后山,海拔 1 210~1 411 m,年平均气温 14℃,月平均气温 4.6℃,极端最低气温 -6.4℃,7 月平均气温 23.8℃,极端最高气温 32.1℃。年平均降水量 1 200 mm。年平均相对湿度 80%。全年日照时数 1 174 h,无霜期 289 d。成土母岩为石灰岩和沙岩,供试土壤为黄壤,基本性状如表 1 所示。

收稿日期:2021-05-14

基金项目:贵州省科技计划(编号:黔科合支撑[2016]2860);贵州省林业科研项目(编号:黔林科合[2016]07 号);贵州科学院青年基金(编号:黔科院 J 字[2019]05 号);贵阳市科技计划(编号:筑科合同[2021]3-11 号)。

作者简介:戚燕强(1963—),男,广东从化人,助理研究员,主要从事药用植物栽培研究。E-mail:2637614870@qq.com。

通信作者:周 颖,硕士,农艺师,主要从事药用植物栽培研究。E-mail:420287082@qq.com。

- 番茄果实商品性[J]. 贵州农业科学,2008,36(6):135-138.
- [27]李 灿,胡田田,吴 勇,等. 滴灌施肥技术参数对苹果品质的影响及综合评价[J]. 果树学报,2021,38(4):497-508.
- [28]Sun Y F,Liang Z S,Shan C J,et al. Comprehensive evaluation of natural antioxidants and antioxidant potentials in *Ziziphus jujuba* Mill. var. *spinosa* (Bunge) Hu ex H. F. Chou fruits based on

geographical origin by TOPSIS method[J]. Food Chemistry,2011,124(4):1612-1619.

- [29]Rasool G,Guo X P,Wang Z C,et al. Coupling fertigation and buried straw layer improves fertilizer use efficiency,fruit yield,and quality of greenhouse tomato[J]. Agricultural Water Management,2020,239:106239.