

基于主成分分析对贵州不同宽叶韭的综合评价

王青青, 杨 巍, 曾祥洁, 奥 宁, 陶 莲, 邓 英

(贵州省园艺研究所·贵州省园艺工程技术研究中心 贵阳 550006)

摘 要:为研究贵州不同宽叶韭形态指标与品质指标之间的差异,为其合理开发利用提供依据,以来自贵州 9 个县引种驯化的 11 种野生宽叶韭为试验材料,以栽培韭中科一号为营养指标对照(CK),通过测定不同宽叶韭的株高、株幅等 8 个生物学形态指标,并测定 3 种不同叶片宽度(最宽、中宽、最窄)宽叶韭叶和根中维生素 C、蛋白质含量等 10 项营养品质指标,采用主成分分析和相关性分析方法进行综合分析评价。结果表明,20-CJ1 和 20-CJ19 的肉质根长度和粗度均较高,肉质根长分别为 23.57 和 21.07 cm,肉质根粗分别为 3.11 和 2.71 mm;20-CJ1、20-CJ12、20-CJ51 等叶宽均较宽;20-CJ12、20-CJ51 的假茎长且粗壮。通过生物性状主成分分析可将 11 种宽叶韭划分为宽叶型、窄叶型和中宽叶型 3 类。在营养成分方面,3 种宽叶韭及 CK 根和叶中营养价值综合得分从高到低为:20-CJ7 根>20-CJ2 叶>20-CJ7 叶>20-CJ1 叶、20-CJ2 根>CK 根、20-CJ1 根>CK 叶。综合分析 3 种类型宽叶韭根和叶的营养价值,总得分从高到低为:20-CJ7>20-CJ2>20-CJ1>CK。综上,20-CJ1 和 20-CJ19 根较长且粗壮;20-CJ12 和 20-CJ51 的叶均较宽、假茎长且粗壮;20-CJ7 的综合营养价值最高,人们可根据市场需求进行开发利用。

关键词:宽叶韭;性状;营养成分;综合评价

中图分类号:S633.3

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2026)08-176-09

Comprehensive evaluation of different Guizhou *Allium hookeri* based on principal component analysis

Wang Qingqing, Yang Wei, Zeng Xiangjie, Ao Ning, Tao Lian, Deng Ying

(Guizhou Horticulture Research Institute/Guizhou Horticultural Engineering Technology Research Center, Guiyang 550006, Guizhou, China)

Abstract: To investigate the differences between trait indicators and quality indicators of different *Allium hookeri* resources from Guizhou, and to provide a theoretical basis for its rational development and utilization, 11 wild *Allium hookeri* germplasm resources introduced and domesticated from 9 counties in Guizhou were used as experimental materials, using the cultivated leek variety Zhongke No.1 as the control for the nutritional quality indicators. Eight biological trait indicators, including plant height and plant width, were measured for different *Allium hookeri*. Three *Allium hookeri* resources with different leaf widths were selected, and 10 nutritional quality indicators, including vitamin C and protein content, were tested for their edible parts, namely leaves and roots. Principal component analysis and correlation analysis methods were used for comprehensive evaluation. The results showed that 20-CJ1 and 20-CJ19 exhibited outstanding performance in terms of fleshy root length and diameter, with fleshy root lengths of 23.57 cm and 21.07 cm, respectively, and fleshy root diameter of 3.11 mm and 2.71 mm, respectively. Resources such as 20-CJ1, 20-CJ12, and 20-CJ51 demonstrated obvious broadleaf characteristics; and the pseudostems of 20-CJ12 and 20-CJ51 were significantly long and thick. Through principal component analysis of biological traits, the 11 *Allium hookeri* resources were classified into three types: Broad-leaf type, narrowleaf type, and mediumleaf type. In terms of nutritional components, the comprehensive scores of nutritional value in roots and leaves of the three types of *Allium hookeri* were ranked from high to low as follows: 20-CJ7 root>20-CJ2 leaf>20-CJ7 leaf>20-CJ1 leaf, 20-CJ2 root>CK root, 20-CJ1 root>CK leaf. Considering the nutritional value of roots and leaves of the three types of *Allium hookeri*, the overall scores were ranked from high to low as follows: 20-CJ7>20-CJ2>20-CJ1>CK. In summary, 20-CJ1 and 20-CJ19 have long and sturdy roots; 20-CJ12 and 20-CJ51 have

收稿日期:2025-12-29;修回日期:2026-07-23

基金项目:2026 年贵州省高原特色蔬菜产业技术体系(GZGYTSSCCYJSTX-202603);2026 年贵州省蔬菜产业技术体系(GZSC-CYJSTX-202601)

作者简介:王青青,女,助理研究员,主要从事蔬菜遗传育种和栽培技术研究。E-mail:1943922959@qq.com

通信作者:邓 英,女,研究员,主要从事蔬菜遗传育种与生物技术研究。E-mail:87928883@qq.com

broad leaves and the pseudostems is long and stout; 20-CJ7 has the highest comprehensive nutritional value. People can develop and utilize them according to market demand.

Key words: *Allium hookeri*; Characteristics; Nutritional component; Comprehensive evaluation

宽叶韭(*Allium hookeri* Thwaites)为石蒜科葱属多年生草本植物,又称大叶韭、野韭菜、水韭等^[1]。原产于四川、贵州和云南等地,生长于海拔 1000~2000 m 的湿润山坡或林下,在我国南方的一些地区将其作为蔬菜栽培食用^[2]。宽叶韭富含蛋白质、维生素 C、钙、铁等多种营养元素,综合营养价值高^[3-4]。还具有杀菌消炎、增进食欲、降低血脂等多种功效^[5],是药、食兼用的优质蔬菜种质资源,具有较高的利用价值^[6]。贵州省是野生葱类资源的重要分布地区^[7]。大部分县区都有野生宽叶韭资源分布,虽名为宽叶韭,但有些资源的叶宽却比较窄。在贵州,宽叶韭的食用历史悠久,其嫩叶与肉质根常常作为特色野菜食用,其叶少辛辣味,能去腥,常用作馅料或煮汤^[8];其肉质根用来炒腊肉、凉拌以及作为腌料制作腌鱼等。近年来,随着贵州黔东南地区旅游资源的持续开发,贵州宽叶韭也作为特色蔬菜被开发利用,在榕江县、锦屏县等地开始大面积种植,但关于贵州宽叶韭的研究却较少。贵州本地野生宽叶韭大都开花不结实,少部分结实却不能形成正常种子,以分株繁殖为主,人们的采挖,对本地宽叶韭野生资源的破坏日益严重,因此研究如何保护和合理开发利用贵州本地宽叶韭资源势在必行。该研究基于主成分分析,对来自贵州 9 个不同县区的 11 个宽叶韭资源的株高、株幅等 8 个形态指标进行测定,并对 3 个具有代表性的不同叶宽(最宽、中宽、最窄)的宽叶韭叶和根中 10 个营养成分指标进行分析。旨在研究贵州不同宽叶韭资源形态指标与品质指标间的差异,综合分析不同宽叶韭资源的特征特性,为进一步深入研究提供理论基础,同时促进贵州野生宽叶韭资源的生态保护和合理开发利用。

1 材料与方法

1.1 材料

以贵州省园艺研究所蔬菜研究室韭菜育种团队 2019—2022 年引种驯化的来自贵州 9 个县区的 11 种野生宽叶韭作为研究对象,以栽培韭中科一号为营养品质指标对照(因为栽培韭与宽叶韭形态指标区别较大,本文主要以栽培韭为对照进行营养指标的对比),各宽叶韭的名称、类型、来源地区以及

编号见表 1,表型见图 1,主要特征特性、食用部位及食用方式见表 2。

表 1 宽叶韭来源及编号
Table 1 The sources and codes of *Allium hookeri* resources

编号 No.	名称 Name	来源 Source
20-CJ1	丹寨宽叶根韭 Danzhai broadleaf root leek	丹寨县 Danzhai county
20-CJ2	羊艾宽叶韭 Yangai broadleaf leek	贵安新区 Gui'an new district
20-CJ7	白果宽叶韭 Baiguo broadleaf leek	玉屏县 Yuping county
20-CJ12	赫章宽叶韭 Hezhang broadleaf leek	赫章县 Hezhang county
20-CJ17	锦屏宽叶韭 Jinping broadleaf leek	锦屏县 Jinping county
20-CJ19	黎平宽叶韭 1 Liping broadleaf leek 1	黎平县 Liping county
20-CJ20	黎平宽叶韭 2 Liping broadleaf leek 2	黎平县 Liping county
20-CJ23	花溪宽叶韭 Huaxi broadleaf leek	花溪区 Huaxi district
20-CJ26	麦坪宽叶韭 Maiping broadleaf leek	花溪区 Huaxi district
20-CJ50	果骂宽叶韭 Guoma broadleaf leek	普定县 Puding county
20-CJ51	丰塘宽叶韭 Fengtang broadleaf leek	雷山县 Leishan county
CK	中科一号(栽培韭) Zhongke No. 1 (cultivated leek)	平顶山市平龙种业有限公司 Pingdingshan Pinglong Seed Industry Co., Ltd.

1.2 方法

该试验于 2024 年 3—11 月在贵州省园艺研究所试验基地日光温室内进行。2024 年 3 月 14 日通过基质盆栽方法,分株种植,根部和叶片均保留 3 cm,每盆种 3 株,每处理种 3 盆,3 次重复。基质选用四川新壤农业有限公司生产的进口泥炭基质,种植盆规格为 3.2 L(口径 19.5 cm)。所有管理均按常规方式进行。同年 11 月 13 日收获时,选择正常大小,且均匀一致的植株进行形态指标测量。

经过形态指标分析选取 3 种不同叶宽(叶片最宽、中宽、最窄)的宽叶韭,分别测定其叶片(包括假茎)与肉质根鲜样的维生素 C(VC)、蛋白质、可溶性糖含量以及干质量(选取新鲜样品,用蒸馏水洗净表面尘土并吸干水分后剪成小块;随后将其置于 105 ℃鼓风干燥箱中烘干至恒质量,即连续两次称量差值不超过 2 mg,取出后放入干燥器中冷却至室

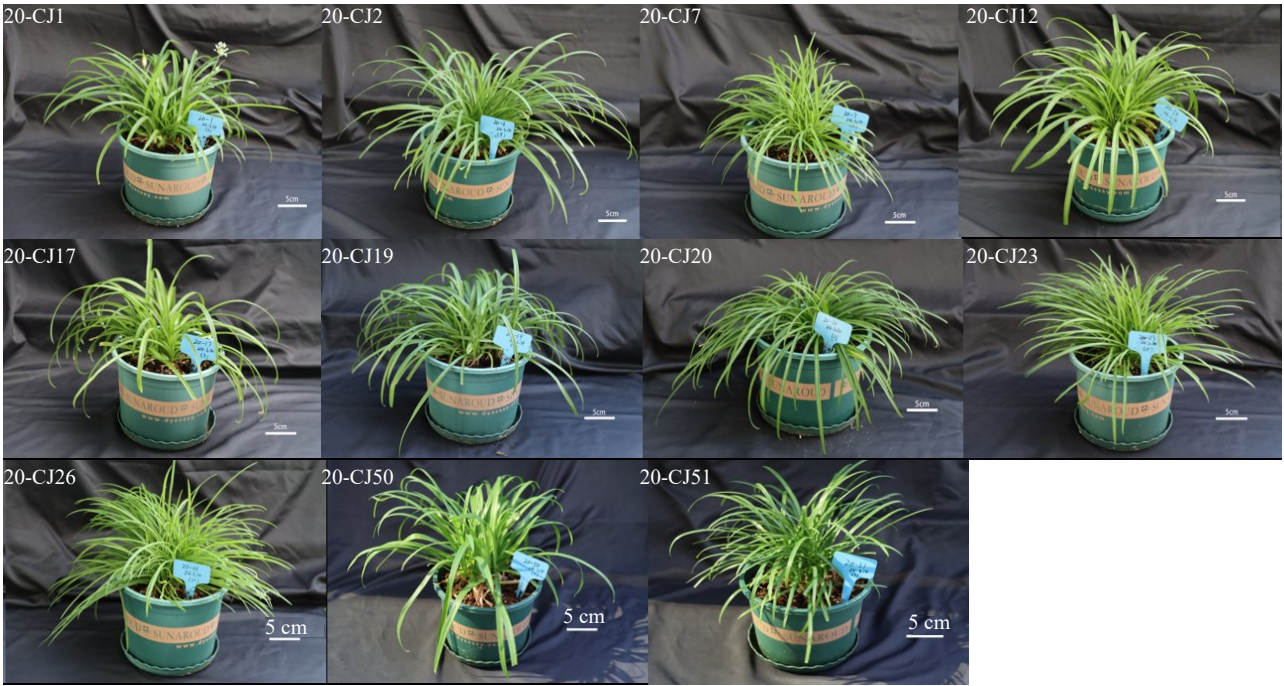


图 1 11 种宽叶韭盆栽表型
Fig. 1 Phenotypes of 11 potted *Allium hookeri* plants

表 2 11 种宽叶韭主要特征特性、食用部位及食用方式

Table 2 Main characteristics, edible parts, and ways of consumption of 11 species of <i>Allium hookeri</i> resources									
编号 No.	假茎色 Pseudostem color	叶色 Leaf color	叶中脉色 Midrib color	叶形 Leaf Shape	叶尖形状 Leaf apex shape	单株质量 Mass per plant/g	分蘖数 Tiller number	食用部分 Edible organ	食用方式 Consumption method
20-CJ1	白绿至浅绿 White-green to light green	绿 Green	浅绿 Light green	宽条形 Wide strip	钝尖 Blunt tip	3.02	5.44	叶或根 Leaf or root	鲜食或腌制(根) Fresh food or pickle (root)
20-CJ2	白 White	绿 Green	白绿 White-green	长条形 Strip	尖 Tip	2.72	7.11	叶或薹 Leaf or stem	鲜食 Fresh food
20-CJ7	白 White	绿 Green	白绿 White-green	长条形 Strip	尖 Tip	1.10	5.13	叶 Leaf	鲜食 Fresh food
20-CJ12	白 White	绿 Green	白 White	宽条形 Wide strip	钝尖 Blunt tip	4.48	5.55	叶 Leaf	鲜食 Fresh food
20-CJ17	白绿 White-green	浅绿 Light green	白绿 White-green	宽条形 Wide strip	尖 Tip	4.37	4.78	叶 Leaf	鲜食 Fresh food
20-CJ19	白绿 White-green	绿 Green	绿 Green	宽条形 Wide strip	尖 Tip	1.74	7.78	叶 Leaf	鲜食 Fresh food
20-CJ20	白 White	绿 Green	白 White	长条形 Strip	尖 Tip	1.97	10.56	叶 Leaf	鲜食 Fresh food
20-CJ23	白 White	浅绿 Light green	白 White	长条形 Strip	尖 Tip	1.52	5.97	叶 Leaf	鲜食 Fresh food
20-CJ26	白 White	浅绿 Light green	白 White	长条形 Strip	尖 Tip	1.67	6.87	叶 Leaf	鲜食 Fresh food
20-CJ50	白绿 White-green	绿至深绿 Green to dark green	绿 Green	长条形 Strip	尖 Tip	1.40	6.87	叶 Leaf	鲜食 Fresh food
20-CJ51	白绿 White-green	绿 Green	白绿 White-green	宽条形 Wide strip	钝尖 Blunt tip	3.86	4.56	叶 Leaf	鲜食 Fresh food

温;接着将烘干冷却后的样品粉碎并过 40~60 目筛,确保粒度均匀)粗纤维、硫化物含量以及钙(Ca)、锰(Mn)、铁(Fe)、硒(Se)、锌(Zn)含量等 10 个营养品质指标,以栽培韭中科一号为对照(CK)。

1.3 指标测定
1.3.1 形态指标测定 用直尺和游标卡尺测量株高、株幅、叶长、叶宽、假茎长、假茎粗、肉质根长、肉质根粗等 8 个指标,形态特征调查按《韭菜种质资

源描述规范和数据标准》^[9]进行,每个处理测 5 株,3 次重复。

1.3.2 营养品质指标 对筛选出的 3 种不同叶宽(叶片最宽、中宽、最窄)的宽叶韭,采取混合取样法[在每个处理中选取 3 株长势一致的植株,用铲子将其整株取出,去除植株上的基质土和其他残留物,然后放入自封袋中,贴上标签,带回实验室用清水洗净后,再用蒸馏水冲洗 2 次。取其根基部 1 cm 以上部分的叶片(包含假茎)混匀,根基部取 1 cm 以下的根混匀],按照北京索莱宝科技有限公司生产的试剂盒说明书分别测定叶片与肉质根维生素 C 含量(货号:YX-W-A300)、蛋白质含量(货号:YX-W-C202)、可溶性糖含量(货号:YX-W-B602);参照 GB 5009.10—2003^[10]分别测定宽叶韭根和叶中粗纤维含量;采用亚甲基蓝分光光度法^[11]分别测定宽叶韭根和叶中硫化物含量。参照黎中良等^[12]的方法,采用原子吸收光谱法分别测定宽叶韭根和叶中 Ca、Fe、Mn、Zn 含量;采用 GB 5009.93—2017^[13]分别测定宽叶韭根和叶中 Se 含量。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2010 软件整理试验数据;采用 SPSS 20.0 软件的 Duncan 法进行差异显著性分析;采用 Graphpad Prism 9 软件进行主成分分析和皮尔逊相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同宽叶韭形态指标统计分析

由表 3 可知,20-CJ1 株高最高,为 22.97 cm;

20-CJ2 次之,为 21.50 cm,两者均显著高于其他资源;20-CJ19 最矮,为 15.57 cm。20-CJ2 株幅最大,为 47.70 cm;其次是 20-CJ23,为 43.77 cm;20-CJ50 的株幅仅有 30.50 cm。20-CJ1 肉质根最长,为 23.57 cm;20-CJ51 次之,为 22.30 cm,两者均显著高于除 20-CJ19 外的其他资源;20-CJ50 肉质根最短,为 12.00 cm。20-CJ1 肉质根最粗,为 3.11 mm;20-CJ19 次之,为 2.71 mm,两者均显著高于除 20-CJ19 外的其他资源;20-CJ23 和 20-CJ26 肉质根最细,均为 1.76 cm。20-CJ17 叶长最长,为 31.13 cm;20-CJ2 次之,为 30.47 cm;20-CJ7 叶长最短,为 23.33 cm。20-CJ12 叶宽最宽,为 12.40 mm;20-CJ51、20-CJ1 次之,分别为 11.28、11.20 mm,三者均显著宽于其他资源;最窄的是 20-CJ7,为 5.05 mm。20-CJ26 假茎最长,为 4.57 cm;20-CJ51 次之,为 4.20 cm,两者差异不显著;20-CJ17 假茎最短,为 2.70 cm,显著短于 20-CJ26、20-CJ51、20-CJ2、20-CJ12。20-CJ17 假茎最粗,为 7.68 mm;20-CJ12、20-CJ51、20-CJ1 次之,分别为 7.51、6.78、5.80 mm;20-CJ50 假茎最细,为 3.11 mm。

2.2 不同宽叶韭形态指标主成分分析

对供试宽叶韭的 8 个形态指标进行主成分分析,并采用最大特征值筛选主成分,结果如表 4 所示。前 2 个主成分(PC1、PC2)的特征值分别为 3.19 和 1.49,累计方差贡献率达 58.55%。虽未涵盖全部变异,但已提取核心形态特征。PC1 贡献率最高,为 39.88%,是形态变异的主要来源;PC2 贡献率为 18.67%。

表 3 11 种宽叶韭形态指标分析

Table 3 Analysis of morphological indicators of 11 *Allium hookeri* resources

编号 No.	株高 Plant height/ cm	株幅 Plant width/ cm	肉质根长 Fleshy root length/cm	肉质根粗 Fleshy root diameter/mm	叶长 Leaf length/ cm	叶宽 Leaf width/ mm	假茎长 Pseudostem length/cm	假茎粗 Pseudostem diameter/mm
20-CJ1	22.97±1.30 a	41.27±1.86 ab	23.57±0.63 a	3.11±0.37 a	27.90±2.30 ab	11.20±0.35 a	3.20±0.26 ab	5.80±0.24 a
20-CJ2	21.50±3.96 a	47.70±3.85 a	18.33±4.19 b	2.50±0.29 b	30.47±1.64 a	8.36±0.14 b	3.70±0.20 a	4.52±0.17 b
20-CJ7	18.87±0.75 b	39.70±6.11 bc	14.00±0.45 c	2.45±0.22 b	23.33±1.70 c	5.05±0.41 c	2.73±0.20 bc	3.56±0.18 c
20-CJ12	18.53±0.95 b	41.43±1.75 ab	19.80±1.25 b	2.25±0.13 b	29.00±0.66 ab	12.40±0.94 a	3.90±0.10 a	7.51±1.15 a
20-CJ17	17.40±1.56 bc	38.43±1.90 bc	20.23±4.00 b	2.65±0.22 b	31.13±1.22 a	9.89±0.26 b	2.70±0.36 c	7.68±0.23 a
20-CJ19	15.57±2.41 c	38.90±0.85 bc	21.07±2.10 ab	2.71±0.15 a	27.60±0.85 ab	8.67±0.05 b	3.33±0.15 ab	4.07±0.26 b
20-CJ20	16.80±0.75 bc	40.80±0.55 ab	15.20±2.60 bc	2.43±0.12 b	29.07±0.97 a	6.18±0.30 c	3.37±0.25 ab	4.74±0.44 b
20-CJ23	17.77±0.85 b	43.77±3.11 a	17.20±3.50 b	1.76±0.10 c	25.30±1.70 bc	5.50±0.38 c	2.93±0.21 bc	3.54±0.12 c
20-CJ26	15.73±2.62 c	38.50±4.17 bc	17.73±3.00 b	1.76±0.15 c	25.47±2.15 bc	5.57±0.37 c	4.57±0.06 a	3.94±0.35 c
20-CJ50	18.43±1.00 b	30.50±1.25 c	12.00±1.30 c	2.19±0.26 b	25.10±1.10 bc	6.47±0.16 c	3.50±0.10 ab	3.11±0.36 c
20-CJ51	19.53±0.75 ab	39.23±1.00 bc	22.30±2.10 a	2.06±0.20 b	26.67±0.95 ab	11.28±0.25 a	4.20±0.20 a	6.78±0.38 a

注:同列不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different small letters in the same column indicate significant difference among different treatments at 0.05 level. The same below.

表 4 不同宽叶韭形态指标主成分分析
Table 4 Principal component analysis of biological traits of different *Allium hookeri* resources

主成分 Principal component	特征值 Eigenvalue	方差贡献率 Proportion of variance/%	累计方差贡献率 Cumulative proportion of variance/%
PC1	3.19	39.88	39.88
PC2	1.49	18.67	58.55
PC3	1.11	13.92	72.47
PC4	0.86	10.80	83.27
PC5	0.56	7.01	90.28
PC6	0.47	5.81	96.09
PC7	0.23	2.85	98.95
PC8	0.08	1.05	100.00

由图 2-A 可知,PC1 的强负向载荷为叶宽(-0.898)、假茎粗(-0.835)、肉质根长(-0.730)、叶长(-0.705)。PC2 的正向载荷为肉质根粗(0.614)、株高(0.359);强负向载荷为假茎长(-0.855)。由图 2-B 可知,资源间存在显著的形态分化。20-CJ1(PC1:-2.60~1.66)、20-CJ12(PC1:-2.52~0.97)和 20-CJ17(PC1:-2.18~-1.40)等 PC1 得分均较低,可归类为宽叶型资源;而 20-CJ7(PC1:1.40~2.55)、20-CJ23(PC1:1.26~2.15)、20-CJ26(PC1:1.405~2.53)和 20-CJ50(PC1:2.30~2.62)等 PC1 得分均较高,可归类为窄叶型资源;20-CJ2(PC1:-0.32~2.55)、20-CJ19(PC1:-0.03~0.07)、20-CJ20(PC1:

0.50~0.81)和 20-CJ51(PC1:-1.55~-1.08)则可归类为中宽叶型资源。

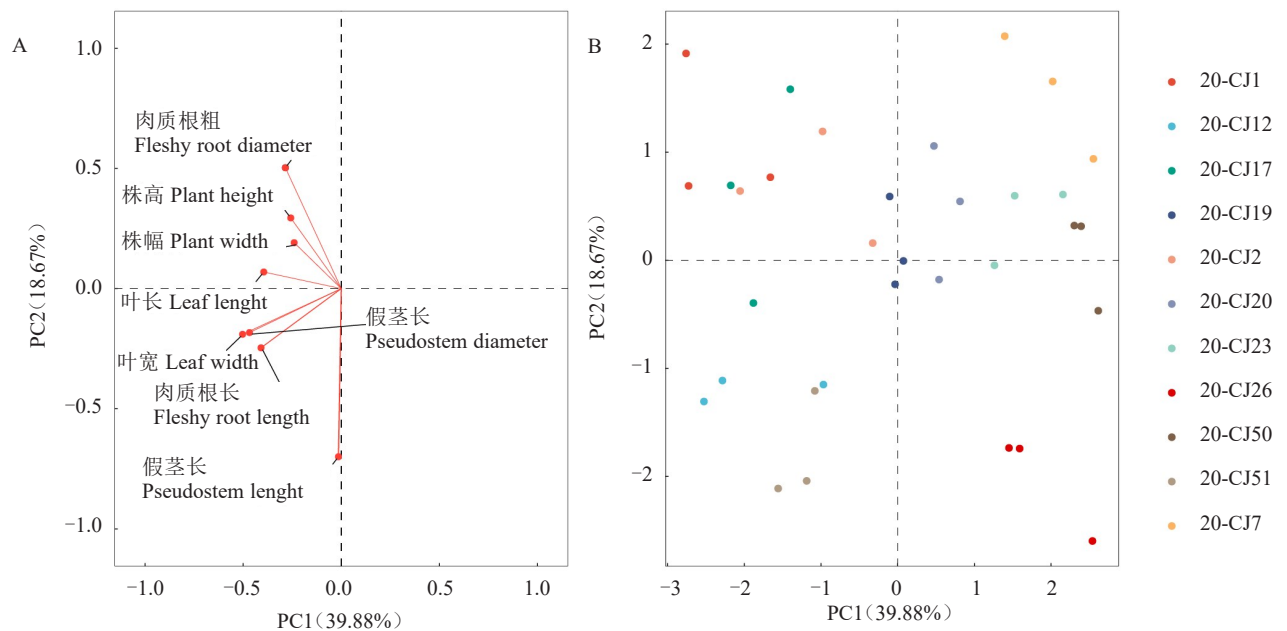
2.3 3 种不同叶宽宽叶韭营养品质指标分析

分别从 2.2 分析所得的 3 种类型中选取叶宽特征最明显的 1 种种质,分别作为宽叶型(20-CJ1)、中宽叶型(20-CJ2)和窄叶型(20-CJ7)宽叶韭代表,以中科一号为 CK,分别对其叶片和根部维生素 C、蛋白质含量等 10 个营养品质指标进行检测与分析,结果如表 5、表 6 所示。由表 5 可知,20-CJ1 叶片中维生素 C、硫化物、Fe 和 Zn 含量均最高,分别为 554.68 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、3.08 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、30.25 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、9.37 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,均高于其他种质;20-CJ7 叶片中蛋白质、可溶性糖、粗纤维含量分别为 50.56 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 、76.26 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 、47.48%,均显著高于其他种质;20-CJ2 叶片中 Ca、Mn 和 Se 含量均最高,分别为 1 072.81、21.00、0.05 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,均显著高于其他种质,CK 叶片中营养成分含量整体最低。

由表 6 可知,各种质根中维生素 C、硫化物含量均无显著差异;20-CJ7 根中蛋白质、可溶性糖、粗纤维、Ca、Mn、Fe、Se、Zn 含量均最高,分别为 40.35 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 、83.84 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 、53.53%、1 490.69 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、9.79 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、71.25 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、0.21 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、8.89 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,均显著高于其他种质。CK 根中营养成分含量整体较低。

2.4 不同宽叶韭营养品质指标主成分分析

对供试 3 种宽叶韭的 10 个营养品质指标进行



注:A. 主成分载荷矩阵;B. 主成分得分图。

Note: A. Principal component loadings matrix; B. Principal component scores plot.

图 2 不同宽叶韭形态指标主成分分析

Fig. 2 Principal component analysis of morphological traits of different *Allium hookeri* resources

表 5 3 种宽叶韭叶片中营养成分分析

Table 5 Nutritional composition analysis of the leaf from three *Allium hookeri* resources

编号 No.	w(维生素 C) Vitamin C content/ (μg·g ⁻¹)	w(蛋白质) Protein content/ (mg·g ⁻¹)	w(可溶性糖) Soluble sugar content/ (mg·g ⁻¹)	w(粗纤维) Crude fiber content/%	w(硫化物) Sulfur compounds content/(mg·kg ⁻¹)	w(Ca)/ (μg·g ⁻¹)	w(Mn)/ (μg·g ⁻¹)	w(Fe)/ (μg·g ⁻¹)	w(Se)/ (μg·g ⁻¹)	w(Zn)/ (μg·g ⁻¹)
CK	509.21± 4.55 b	26.49± 0.90 d	42.23± 1.30 d	34.07± 1.96 b	2.89± 0.07 b	470.47± 54.10 c	3.10± 0.45 d	14.75± 2.00 b	0.04± 0.00 b	3.01± 0.49 c
20-CJ1	554.68± 2.60 a	30.75± 1.02 c	54.99± 1.43 c	31.93± 1.07 b	3.08± 0.04 a	861.07± 60.74 b	7.82± 0.50 b	30.25± 2.33 a	0.04± 0.01 b	9.37± 0.59 a
20-CJ2	542.42± 31.99 ab	41.35± 0.47 b	71.72± 2.08 b	36.95± 2.97 b	3.00± 0.01 ab	1 072.81± 59.81 a	21.00± 1.30 a	28.40± 1.86 a	0.05± 0.01 a	4.08± 0.18 b
20-CJ7	514.19± 27.55 ab	50.56± 3.23 a	76.26± 3.32 a	47.48± 3.92 a	2.99± 0.08 ab	468.87± 8.71 c	5.94± 0.08 c	17.11± 0.54 b	0.02± 0.00 c	3.54± 0.11 bc

表 6 3 种宽叶韭根中营养成分分析

Table 6 Nutritional composition analysis of the root from three *Allium hookeri* resources

编号 No.	w(维生素 C) Vitamin C content/ (μg·g ⁻¹)	w(蛋白质) Protein content/ (mg·g ⁻¹)	w(可溶性糖) Soluble sugar content/ (mg·g ⁻¹)	w(粗纤维) Crude fiber content/%	w(硫化物) Sulfur compounds content/(mg·kg ⁻¹)	w(Ca)/ (μg·g ⁻¹)	w(Mn)/ (μg·g ⁻¹)	w(Fe)/ (μg·g ⁻¹)	w(Se)/ (μg·g ⁻¹)	w(Zn)/ (μg·g ⁻¹)
CK	529.31± 16.54 a	35.71± 0.92 c	66.03± 1.73 b	35.06± 3.37 b	2.96± 0.04 a	364.19± 4.95 b	1.79± 0.03 d	15.77± 0.62 b	0.03± 0.01 c	2.65± 0.03 c
20-CJ1	546.39± 8.76 a	37.97± 1.12 b	67.07± 2.65 b	35.64± 2.81 b	2.95± 0.07 a	155.46± 4.56 c	2.68± 0.08 c	10.24± 0.44 c	0.02± 0.01 c	1.54± 0.14 d
20-CJ2	561.16± 17.90 a	37.67± 1.01 b	68.11± 3.46 b	37.80± 4.98 b	2.94± 0.09 a	175.31± 2.14 c	5.09± 0.08 b	13.99± 0.51 b	0.09± 0.00 b	3.47± 0.10 b
20-CJ7	560.41± 47.65 a	40.35± 0.15 a	83.84± 2.06 a	53.53± 4.76 a	2.95± 0.04 a	1 490.69± 79.78 a	9.79± 0.68 a	71.25± 2.88 a	0.21± 0.04 a	8.89± 0.54 a

主成分分析,获得相关矩阵的特征值、贡献率和主成分负荷矩阵如表 7 所示。前 3 个主成分(PC1~PC3)特征值均大于 1.00,分别为 4.57、1.91、1.42,累计方差贡献率达 78.99%。PC1 方差贡献率最高,为 45.71%,是核心变异来源;PC2 次之,为 19.08%,PC3 方差贡献率为 14.20%。将维生素 C、蛋白质、可溶性糖、粗纤维、硫化物、Ca、Fe、Mn、Se、Zn 含量标准化后的值依次用 $X_1\sim X_{10}$ 表示,代入上述 3 个主成分中进行拟合,得到如下回归方程式:

$$F1=0.373\ 8X_1+0.393\ 8X_2+0.696\ 4X_3+0.735\ 2X_4+0.200\ 8X_5+0.885\ 3X_6+0.575\ 5X_7+0.939\ 2X_8+0.827\ 5X_9-0.726\ 9X_{10};$$

$$F2=-0.220\ 3X_1+0.802\ 5X_2+0.625\ 5X_3+0.507\ 1X_4-0.318\ 4X_5-0.312\ 0X_6-0.103\ 8X_7-0.202\ 8X_8-0.054\ 0X_9-0.559\ 8X_{10};$$

$$F3=0.282\ 7X_1+0.400\ 5X_2+0.177\ 9X_3-0.281\ 7X_4+0.803\ 9X_5-0.025\ 0X_6+0.428\ 1X_7-0.227\ 4X_8-0.432\ 6X_9+0.007\ 9X_{10}。$$

其中 $F1$ 、 $F2$ 、 $F3$ 分别表示 PC1、PC2、PC3 的得分。根据公式 $Z=45.71\%F1+19.08\%F2+14.20\%F3$

表 7 宽叶韭营养品质主成分分析

Table 7 Principal component analysis of nutritional quality of different *Allium hookeri* resources

主成分 PC	特征值 Eigenvalue	方差贡献率 Proportion of variance/%	累计方差贡献率 Cumulative proportion of variance/%
PC1	4.57	45.71	45.71
PC2	1.91	19.08	64.79
PC3	1.42	14.20	78.99
PC4	0.95	9.55	88.54
PC5	0.68	6.78	95.32
PC6	0.19	1.89	97.21
PC7	0.14	1.41	98.62
PC8	0.09	0.87	99.50
PC9	0.05	0.48	99.98
PC10	0.00	0.00	100.00

计算各样本的营养品质综合得分,结果如表 8 所示。不同样本营养综合得分由高到低为:20-CJ7 根>20-CJ2 叶>20-CJ7 叶>20-CJ1 叶、20-CJ2 根>CK 根、20-CJ1 根>CK 叶。不同宽叶韭叶中得分加上根中得分,结果为 20-CJ7>20-CJ2>20-CJ1>CK。

表 8 基于主成分分析的综合得分
Table 8 Comprehensive score of principal component analysis

编号 No.	主成分得分 Principal component score			综合得分 Comprehensive score	排名 Rank
	PC1	PC2	PC3		
CKA	-2.33	-1.15	-1.68	-1.52	6
20-CJ1A	0.22	-2.59	1.05	-0.24	4
20-CJ2A	1.21	-0.04	1.45	0.75	2
20-CJ7A	0.06	2.28	0.67	0.56	3
CKB	-1.47	0.30	-0.14	-0.63	5
20-CJ1B	-1.74	0.79	0.12	-0.63	5
20-CJ2B	-0.66	0.45	-0.15	-0.24	4
20-CJ7B	4.69	-0.03	-1.31	1.95	1

注：资源编号后的 A 是指叶片，B 是指肉质根。

Note: The A after the germplasm number refers to the leaf, and B refers to the fleshy root.

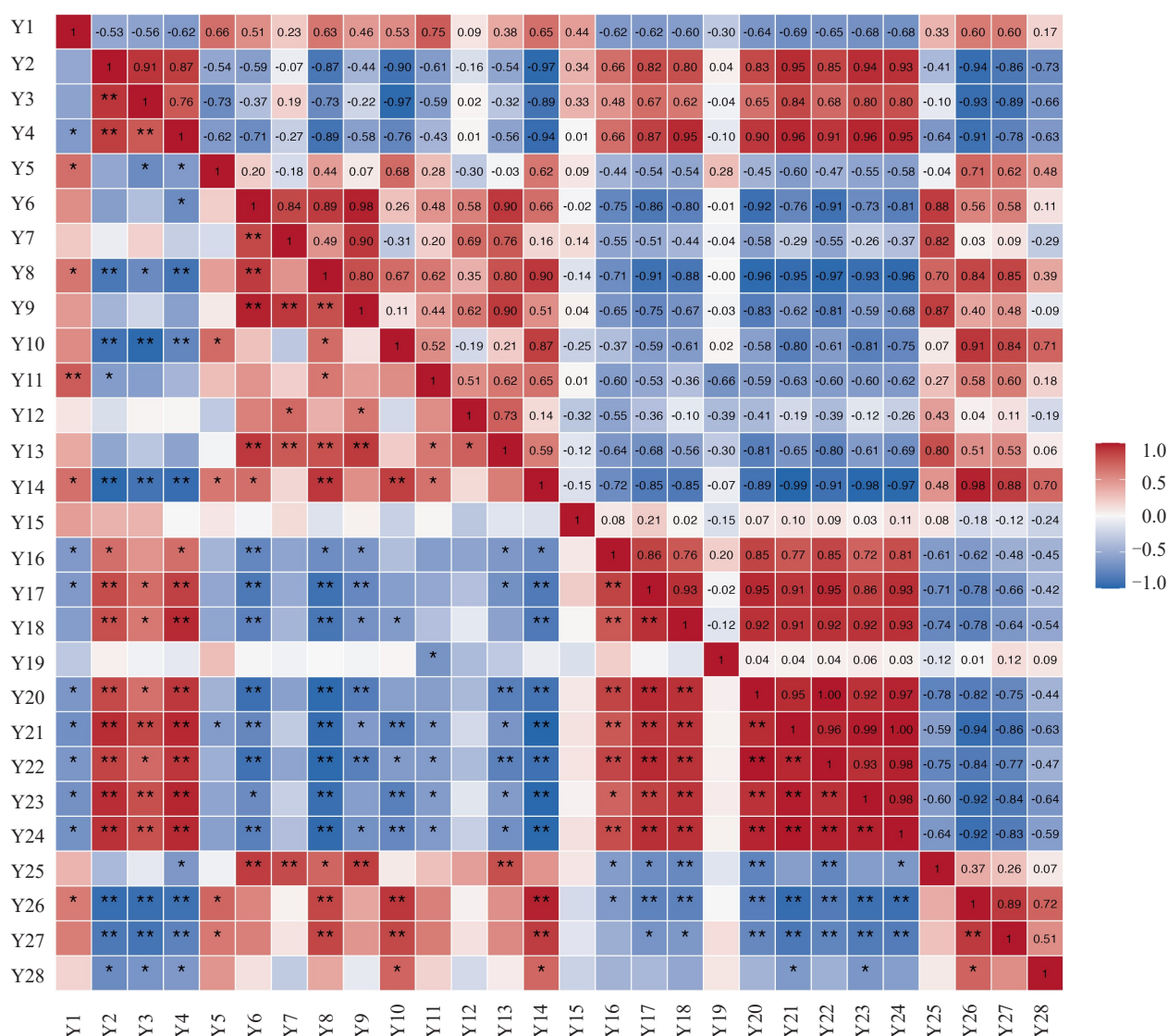
2.5 宽叶韭性状指标和营养品质指标相关性分析

由图 3 可知，叶片维生素 C 含量与株高呈极显著正相关，与叶片硫化物、叶片铁含量以及叶宽、假茎粗均呈显著正相关，与叶片粗纤维、根蛋白质、根可溶性糖、根钙、根锰、根铁、根硒、根锌含量均呈显著负相关；叶片蛋白质含量与叶片可溶性糖、叶片粗纤维、根可溶性糖、根粗纤维、根钙、根锰、根铁、根硒、根锌含量均呈极显著正相关，与根蛋白质含量呈显著正相关，与叶片铁、叶片锌含量以及叶宽、假茎粗、肉质根长均呈极显著负相关，与株高、肉质根粗均呈显著负相关；叶片可溶性糖含量与叶片粗纤维、根锰、根硒、根锌含量均呈极显著正相关，与根可溶性糖、根粗纤维、根钙、根铁含量均呈显著正相关，与叶片锌含量、叶宽以及假茎粗、肉质根长均呈极显著负相关，与叶片硫化物、叶片铁含量以及肉质根粗均呈显著负相关；叶片粗纤维含量与根可溶性糖、根粗纤维、根钙、根锰、根铁、根硒、根锌含量均呈极显著正相关，与根蛋白质含量呈显著正相关，与叶片铁、叶片锌含量以及叶宽、假茎粗、肉质根长均呈极显著负相关，与叶片硫化物、叶片钙含量以及假茎长、肉质根粗均呈显著负相关；叶片硫化物含量与叶片锌含量以及叶宽、假茎粗、肉质根长均呈显著正相关，与根锰含量呈显著负相关；叶片钙含量与叶片锰、叶片铁、叶片硒含量以及叶长、假茎长均呈极显著正相关，与叶宽呈显著正相关，与根蛋白质、根可溶性糖、根粗纤维、根钙、根锰、根铁、根锌含量均呈极显著负相关，与根硒含量呈显著负相关；叶片锰含量与叶片硒含量以及叶长、假茎长均呈极显著正相关，与株幅呈显著正相关；叶

片铁含量与叶片硒含量、叶长、叶宽、假茎粗、肉质根长均呈极显著正相关，与叶片锌含量、株高、假茎长均呈显著正相关，与根可溶性糖、根粗纤维、根钙、根锰、根铁、根硒、根锌含量均呈极显著负相关，与根蛋白质含量呈显著负相关；叶片硒含量与叶长、假茎长均呈极显著正相关，与株幅呈显著正相关，与根可溶性糖、根钙、根铁含量均呈极显著负相关，与根蛋白质、根粗纤维、根锰、根锌含量均呈显著负相关；叶片锌含量与叶宽、假茎粗、肉质根长均呈极显著正相关，与肉质根粗呈显著正相关，与根锰、根硒、根锌含量均呈极显著负相关，与根粗纤维、根铁含量均呈显著负相关；株高与叶长、叶宽均呈显著正相关，与根硫化物、根锰、根铁、根硒、根锌含量均呈显著负相关；株幅与叶长呈显著正相关；叶长与假茎长呈极显著正相关，与根钙、根铁含量均呈极显著负相关，与根蛋白质、根可溶性糖、根锰、根硒、根锌含量均呈显著负相关；叶宽与假茎粗、肉质根长均呈极显著正相关，与肉质根粗呈显著正相关，与根可溶性糖、根粗纤维、根钙、根锰、根铁、根硒、根锌含量均呈极显著负相关，与根蛋白质含量呈显著负相关；根蛋白质含量与根可溶性糖、根粗纤维、根钙、根锰、根铁、根锌含量呈极显著正相关，与根硒含量呈显著正相关，与假茎长、假茎粗均呈显著负相关；根可溶性糖含量与根粗纤维、根钙、根锰、根铁、根硒、根锌含量均呈极显著正相关，与假茎粗呈极显著负相关，与假茎长、肉质根长均呈显著负相关；根粗纤维含量与根钙、根锰、根铁、根硒、根锌含量均呈极显著正相关，与假茎长、假茎粗均呈极显著负相关，与肉质根长呈显著负相关；根钙含量与根锰、根铁、根硒、根锌含量均呈极显著正相关，与假茎长、假茎粗、肉质根长均呈极显著负相关；根锰含量与根铁、根硒、根锌含量均呈极显著正相关，与假茎粗、肉质根长均呈极显著负相关，与肉质根粗呈显著负相关；根铁含量与根硒、根锌含量呈极显著正相关，与假茎长、假茎粗、肉质根长均呈极显著负相关；根硒含量与根锌含量呈极显著正相关，与假茎粗、肉质根长均呈极显著负相关，与肉质根粗呈显著负相关；根锌含量与假茎粗、肉质根长均呈极显著负相关，与假茎长呈显著负相关；假茎粗与肉质根长呈极显著正相关，与肉质根粗呈显著正相关。

3 讨论与结论

对韭菜资源进行驯化、研究与利用是韭菜育种的重要途径^[14]。李艺潇等^[15]的研究表明，目前对韭



注: Y1. 叶片维生素 C 含量; Y2. 叶片蛋白质含量; Y3. 叶片可溶性糖含量; Y4. 叶片粗纤维含量; Y5. 叶片硫化物含量; Y6. 叶片钙含量; Y7. 叶片锰含量; Y8. 叶片铁含量; Y9. 叶片硒含量; Y10. 叶片锌含量; Y11. 株高; Y12. 株幅; Y13. 叶长; Y14. 叶宽; Y15. 根维生素 C 含量; Y16. 根蛋白质含量; Y17. 根可溶性糖含量; Y18. 根粗纤维含量; Y19. 根硫化物含量; Y20. 根钙含量; Y21. 根锰含量; Y22. 根铁含量; Y23. 根硒含量; Y24. 根锌含量; Y25. 假茎长; Y26. 假茎粗; Y27. 肉质根长; Y28. 肉质根粗。*表示在 0.05 水平显著相关, **表示在 0.01 水平极显著相关。

Note: Y1. Leaf vitamin C content; Y2. Leaf protein content; Y3. Leaf soluble sugar content; Y4. Leaf crude fiber content; Y5. Leaf sulfide compounds content; Y6. Leaf Ca content; Y7. Leaf Mn content; Y8. Leaf Fe content; Y9. Leaf Se content; Y10. Leaf Zn content; Y11. Plant height; Y12. Plant width; Y13. Leaf length; Y14. Leaf width; Y15. Root vitamin C content; Y16. Root protein content; Y17. Root soluble sugar content; Y18. Root crude fiber content; Y19. Root sulfide compounds content; Y20. Root Ca content; Y21. Root Mn content; Y22. Root Fe content; Y23. Root Se content; Y24. Root Zn content; Y25. Pseudostem length; Y26. Pseudostem diameter; Y27. Flesh root length; Y28. Flesh root diameter. * indicates significant correlation at 0.05 level, and ** indicates extremely significant correlation at 0.01 level.

图 3 宽叶韭性状和营养品质指标相关性分析

Fig. 3 Correlation analysis of traits and nutritional quality indicators in *Allium hookeri*

菜种质资源的研究多集中于栽培品种,对野生韭菜资源的研究还停留在调查阶段,建议重视对野生韭菜资源的研究。本研究通过对 11 种驯化栽培的贵州野生宽叶韭资源形态指标与营养指标的测定与分析,揭示不同宽叶韭形态指标多样性以及形态指标与营养品质指标之间的内在联系,为宽叶韭种质资源的研究、分类与利用奠定了重要基础。

本研究表明,11 种宽叶韭的 8 个形态指标均存在不同程度的差异。其中 20-CJ1 在株高、肉质根长和肉质根粗方面均表现突出(分别为 22.97 cm、23.57 cm 和 3.11 mm),20-CJ2 株幅最大(47.70 cm),20-CJ17 叶长最长(31.13 cm),20-CJ12 的叶宽最宽(12.40 cm)。对其形态指标进行主成分分析,提取前 2 个贡献率较高的主成分(PC1、PC2)

进行分析,PC1 贡献率为 39.88%,主要载荷叶宽、假茎粗、肉质根长和叶长,反映了植株地上部分和地下部分器官的整体发育情况。PC2 贡献率为 18.67%,其中假茎长与肉质根粗呈强反向载荷,表明营养分配在地上茎伸长与地下根增粗之间存在竞争关系,这符合植物地上部分与地下部分生长的相关性规律^[16]。根据主成分得分情况,可将 11 种宽叶韭分为 3 类:20-CJ1、20-CJ12、20-CJ17 等宽叶型,20-CJ7、20-CJ23、20-CJ26、20-CJ50 等窄叶型,以及 20-CJ2、20-CJ19、20-CJ20、20-CJ51 等中宽叶型。该结果与《中国蔬菜育种学》^[17]中根用韭菜品种分类一致。

对 3 种不同叶宽的宽叶韭叶片和根的 10 个营养指标进行分析,以栽培韭品种中科一号为对照,结果表明,在叶片营养方面,窄叶型宽叶韭 20-CJ7 叶片中蛋白质、可溶性糖和粗纤维含量均显著高于其他种质,分别为 $50.56 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 、 $76.26 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 47.48%。宽叶型宽叶韭 20-CJ1 叶片中维生素 C ($554.68 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)、硫化物 ($3.08 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)、铁 ($30.25 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) 和锌 ($9.37 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) 含量均最高,其中维生素 C 含量(按鲜质量计)高于峨眉山野生宽叶韭 ($39.00 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)^[18],这一差异可能与种质来源、栽培条件及测定方法不同有关。中宽叶型宽叶韭 20-CJ2 叶片中钙 ($1\,072.81 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)、锰 ($21.00 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) 和硒 ($0.05 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) 含量均最高。在根营养方面,20-CJ7 根中蛋白质 ($40.35 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)、可溶性糖 ($83.84 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)、粗纤维(53.53%)含量均较高,且钙、锰、铁、硒、锌等矿质元素含量均显著高于宽叶型和中宽叶型。这一发现表明,窄叶型宽叶韭的营养分配倾向于将更多的矿质营养储存于地下部肉质根中,这可能与较强的环境适应性有关。王忠红等^[19]对西藏野生宽叶韭的研究也发现,宽叶韭茎、叶中氨基酸和维生素 B 族含量存在组织特异性差异,本研究进一步验证了不同叶型种质间根叶营养分配的差异。将 10 个营养品质指标主成分分析简化为 3 个主成分,累计贡献率达 78.99%。综合得分排序为:20-CJ7 根>20-CJ2 叶、20-CJ7 叶>20-CJ1 叶、20-CJ2 根>CK 根、20-CJ1 根>CK 叶,将同一个种质的叶片和根营养品质得分相加,其排序为 20-CJ7>20-CJ2>20-CJ1>CK,表明窄叶型宽叶韭 20-CJ7 的整体营养价值最高。这种“窄叶富集”现象的机制值得深入探讨,可能与光合效率、同化物分配、碳氮代谢平衡以及次生代谢产物合成的调控差异有关^[20]。

宽叶韭营养品质指标与形态指标的相关性分析结果表明,多个营养指标与形态指标之间存在显著相关。叶宽与根中微量元素含量呈极显著负相关,进一步证实窄叶型宽叶韭在根部中微量元素富集上的优势;叶片蛋白质含量与叶片可溶性糖含量呈极显著正相关,而叶片硫化物含量与叶片可溶性糖含量呈极显著负相关,提示风味与甜味可能存在代谢竞争;假茎粗与肉质根长呈极显著正相关,这表明宽叶韭的地上支撑系统与地下贮藏器官存在协同发育的关系。

综上所述,生产中以获得肉质根为目标的可选择 20-CJ1 和 20-CJ19;以获得高产茎叶为目标的可选择 20-CJ12 和 20-CJ51;以开发功能性或高营养价值型蔬菜为目标的可选择 20-CJ7。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编委会.中国植物志:第十四卷[M].北京:科学出版社,1980.
- [2] 中国农业科学院蔬菜花卉研究所.中国蔬菜栽培学[M].2版.北京:中国农业出版社,2009.
- [3] 万正林,黄雄彪,武鹏,等.广西二种野韭菜与栽培韭菜叶片营养品质综合评价分析[J].北方园艺,2014(23):10-13.
- [4] 朱建宜.铁锌硒含量奇高的野韭菜[J].中国种业,2002(10):11.
- [5] 陈清智.健康蔬菜宽叶韭[J].农村百事通,2009(20):35.
- [6] 姚鹏强,陈建华,马培芳,等.二倍体宽叶韭雌雄败育的细胞学机理[J/OL].分子植物育种,1-7[2025-12-20].<https://link.cnki.net/urlid/46.1068.S.20230612.2001.028>.
- [7] 王海平,邱杨,李方威,等.贵州赫章县野生韭菜资源调查与营养成分分析[J].植物遗传资源学报,2017,18(6):1137-1144.
- [8] 许本汉.宽叶韭[J].云南农业科技,2001(5):44.
- [9] 梁燕,李锡香.韭菜种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2007.
- [10] GB/T 5009.10—2003 植物类食品中粗纤维的测定[S].
- [11] 张志良,瞿伟菁,李小方.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2009.
- [12] 黎中良,黄志伟.微波消解—原子吸收光谱法测定大蒜中镁钙锌铜锰铁的含量[J].微量元素与健康研究,2006,23(1):40-42.
- [13] GB 5009.93—2017 食品安全国家标准食品中硒的测定[S].
- [14] 符家平,矫振彪,焦忠久,等.中国韭菜育种研究进展[J].中农农业科技,2024,45(11):226-229.
- [15] 李艺潇,吴迪,马培芳,等.186份韭菜种质农艺性状遗传多样性分析[J].山东农业科学,2020,52(9):23-28.
- [16] 潘瑞炽.植物生理学[M].7版.北京:高等教育出版社,2012.
- [17] 方智远.中国蔬菜育种学[M].北京:中国农业出版社,2017.
- [18] Li X J, Yu D P, Chen X L, et al. Analysis of nutritional components in three wild leeks from mountain Emei[J]. Botanical Research, 2022, 11(1):40-45.
- [19] 王忠红,德庆措姆,关志华,等.西藏野生宽叶韭风味物质与营养成分研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2017,45(5):153-160.
- [20] 王树栓,石凤翎.野生黄花草蓍种子生长发育动态分析[J].植物生理学报,2025,61(7):962-972.