

不同大白菜品种矿质元素含量评价

汪洁¹, 李兆壮¹, 金宁¹, 金莉¹, 吕剑¹, 郁继华^{1,2}, 刘泽慈¹

(1. 甘肃农业大学园艺学院 兰州 730070; 2. 甘肃省干旱生境作物学重点实验室 兰州 730070)

摘要: 为了分析评价不同大白菜品种叶球中矿质元素含量差异,以 8 个大白菜品种为试材,测定其矿质元素 K、P、Ca、Mg、Cu、Fe、Mn 和 Zn 的含量,并利用水平分析、相关性分析、主成分分析和聚类分析对大白菜叶球矿质元素含量进行综合评价。结果表明,水平分析表明不同品种大白菜矿质元素含量存在一定差异,平均含量由高到低依次为 K>P>Mg>Ca>Fe>Zn>Mn>Cu,变异系数介于 9.62%(Ca)~72.47%(Fe)之间;相关性分析表明大白菜叶球中矿质元素含量存在复杂的关联性;主成分分析表明 K、Ca、Mg、Mn 和 Zn 是大白菜的特征性矿质元素,提取的 3 个主成分累计方差贡献率为 89.13%;聚类分析对 8 个大白菜品种的矿质元素含量的相似性进行分析,结果将 8 个品种分为 3 类。研究结果为白菜营养特性评价、种质资源的利用和新品种选育提供数据参考。

关键词: 大白菜;矿质元素;主成分分析;聚类分析

中图分类号:S634.1 文献标志码:A 文章编号:1673-2871(2022)12-047-06

Evaluation of mineral element content in different varieties of Chinese cabbage

WANG Jie¹, LI Zhaozhuang¹, JIN Ning¹, JIN Li¹, LÜ Jian¹, YU Jihua^{1,2}, LIU Zeci¹

(1. College of Horticulture, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, Gansu, China; 2. Key Laboratory of Arid Habitat Crop Science of Gansu Province, Lanzhou 730070, Gansu, China)

Abstract: In order to analyze and evaluate the difference of mineral element content in bulbous of different varieties of Chinese cabbage, we took 8 Chinese cabbage varieties as test materials, determined the content of mineral elements K, P, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn and Zn, and comprehensively evaluated the mineral element content of leaf balls of Chinese cabbage by level analysis, correlation analysis, principal component analysis and cluster analysis. The results showed that the level analysis showed that there were differences in the mineral elements contents of Chinese cabbage among different cultivars, and the average contents followed from high to low were K>P>Mg>Ca>Fe>Zn>Mn>Cu, with coefficients of variation ranging from 9.62%(Ca) to 72.47%(Fe); Correlation analysis showed a complex correlation between the mineral element contents in Chinese cabbage leaf balls; Principal component analysis showed that K, Ca, Mg, Mn, and Zn were characteristic mineral elements in Chinese cabbage, and the cumulative variance contribution of the extracted three principal components was 89.13%; The similarities of the mineral element contents of the eight Chinese cabbage cultivars was analyzed by Cluster, and they were classified into three groups. The results provide data reference for the evaluation of nutritional characteristics, the utilization of germplasm resources and the breeding of new varieties of Chinese cabbage.

Key words: Chinese cabbage; Mineral elements; Principal component analysis; Clustering analysis

大白菜(*Brassica pekinensis* (Lour.) Rupr.) 原产于我国北部,19 世纪传入日本及欧美各国,为十字花科(Brassicaceae)芸薹属中以叶球为食用器官的一年生或二年生草本植物,其供应周期长,营养丰富,食用方法多样,深受消费者喜爱,在我国蔬菜生

产和日常消费中占重要地位^[1-3]。

近年来,随着人们消费水平的提高与蔬菜种植面积扩大,对于大白菜品种的要求逐渐由产量过渡到营养品质^[1]。描述大白菜叶球品质的指标有很多,目前主要集中在维生素 C、可溶性蛋白、膳食纤维

收稿日期:2022-06-08;修回日期:2022-08-30

基金项目:甘肃省教育厅“双一流”科研重点项目(GSSYLXM-02);现代丝路寒旱农业科技支撑项目(GSLK-2021-6);中央引导地方科技发展专项(ZCYD-2021-6);甘肃省拔尖领军人才培养计划(GSBJLJ-2021-14)

作者简介:汪洁,女,在读博士研究生,研究方向为蔬菜栽培与生理生态。E-mail:1580941214@qq.com

通信作者:郁继华,男,教授,研究方向为蔬菜栽培与生理生态。E-mail:yujihuagg@163.com

刘泽慈,男,讲师,研究方向为蔬菜栽培与生理生态。E-mail:liuzc@gsau.edu.cn

维、可溶性糖以及有机酸含量等指标的研究,对大白菜矿质元素含量的报道较少,各种矿质元素含量间的关系也未见有明确结论^[4]。矿质元素是蔬菜作物生理代谢过程中的物质基础和重要调控因子,与蔬菜生长发育及品质形成密切相关^[5]。蔬菜矿质元素含量不仅可反映土壤的肥力水平和养分吸收利用率,还可反映作物营养水平与品质,为制定科学的施肥方案提供依据^[6-7]。此外,人体必须利用矿质营养元素维持正常的生理代谢,但人体无法自行合成矿质元素,须从果蔬中获取。因此,对大白菜等大宗蔬菜中矿质元素含量测定及各矿质元素间相关性分析显得尤为重要。

目前,对大白菜矿质元素的研究主要集中在单一品种上,很少有关于多个品种之间矿质元素含量综合比较的研究报道。因此,笔者以8个大白菜品种为试验材料,通过测定K、P、Ca、Mg、Cu、Fe、Mn和Zn等8种矿质元素含量,并利用水平分析、相关性分析、主成分分析及聚类分析对大白菜品种和矿质元素间的关系进行分析和合理分类,为科学评价不同大白菜品种矿质营养差异提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

前期田间试验于2021年6—10月在甘肃省兰州市榆中县康源农业示范园进行。试验材料(表1)于苗龄30 d定植,定植时间为7月15日,株距25 cm,行距40 cm,栽培期间各材料肥水管理均采用当地常规方法,并于2021年10月1日后采集不同品种成熟期叶球进行后续试验。

表1 供试8个大白菜品种信息

品种	叶色	叶球形状	来源
娇娃	绿色	炮弹形	盈信(北京)农业发展有限公司
迷你小巧	绿色	炮弹形	甘肃瑞尔丰农科贸有限公司
HC104	绿色	炮弹形	寿光市春华种子商行
秋欢	绿色	炮弹形	四川方圆种业科技有限公司
中娃-1	绿色	筒形	京研益农(北京)种业科技有限公司
荃美	绿色	筒形	河南荃美农业科技有限公司
紫裔	紫色	炮弹形	北京顶好嘉种子有限公司
紫宝5号	紫色	炮弹形	北京顶好嘉种子有限公司

1.2 试验设计

采用随机区组设计,每个品种3次重复,每个重复10株,共240株。从每个品种中选取3株大小相同、成熟度相近、无病虫害的大白菜进行试验。

1.3 方 法

将大白菜的外叶剥去,以防止外来杂质的干

扰。整个叶球从生长点到底部垂直分成4等份,105℃杀青,80℃烘干,用植物组织粉碎器进行研磨,用孔径0.25 mm的筛子过筛,装入自封袋备用。采用原子吸收光谱法^[8]测定K、Ca、Mg、Cu、Fe、Mn和Zn元素含量;采用钼锑抗比色法^[9]测定P元素含量。

1.4 数据 分析

采用Microsoft Excel 2010对不同品种大白菜叶球中各元素含量数据进行整理,利用SPSS26.0软件对数据进行水平分析、相关性分析、主成分分析和系统聚类分析。

2 结果与分 析

2.1 大白菜叶球矿质元素含量的水平分析

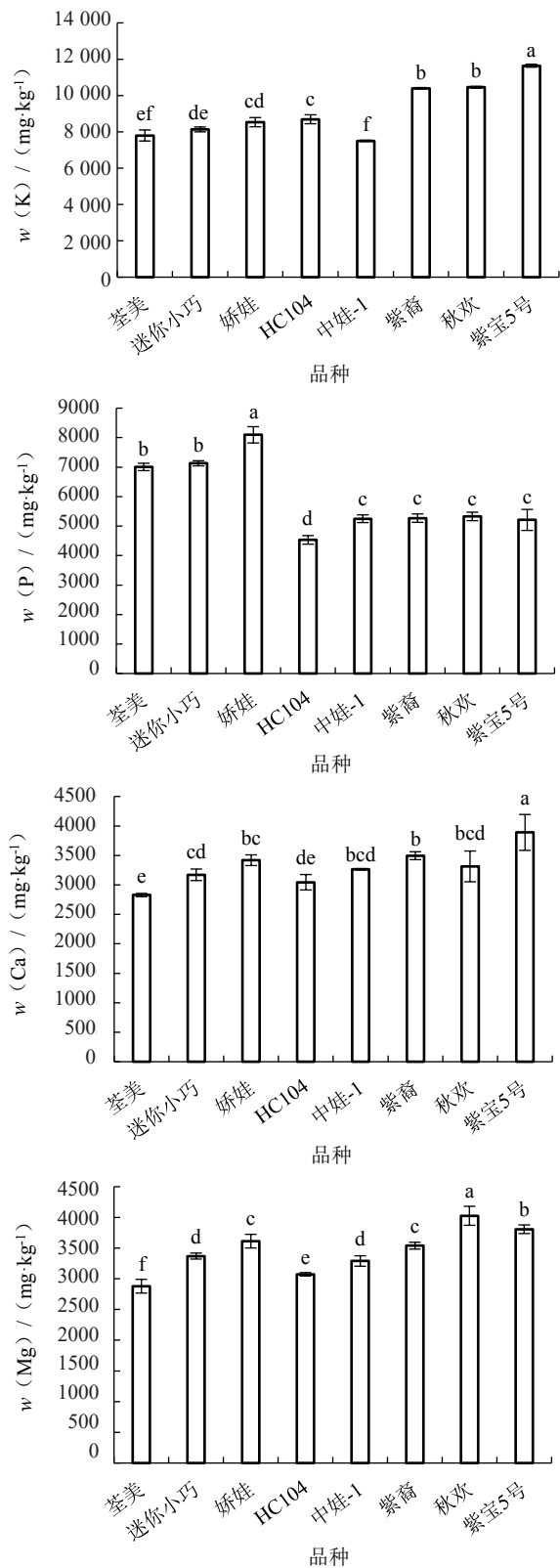
由图1可知,8个品种大白菜中紫宝5号K和Ca元素含量均最高,均显著高于其他7个品种,且所有品种中K元素含量均高于其他元素(除P元素)含量;依据P元素含量将8个品种分为3个高P品种和5个低P品种,其中以娇娃P元素含量最高,HC104最低;Mg元素含量以秋欢最高,且显著高于其他7个品种。

由图2可知,8个品种间Cu元素含量以HC104最高,且显著高于其他7个品种;Fe元素含量以中娃-1最高,且显著高于其他7个品种;Mn元素含量以紫宝5号最高,且显著高于其他7个品种;Zn元素含量以秋欢最高,且显著高于除紫宝5号外其他6个品种。这表明同一矿质元素含量在不同品种间存在一定差异。

由表2可知,在测得的8种矿质元素中,大量元素含量表现为K>P>Mg>Ca,且Ca和Mg含量相近,而微量元素含量表现为Fe>Zn>Mn>Cu,Cu元素含量的最大值均低于其他微量元素的最小值。在供试8个品种大白菜叶球的矿物质含量中,Fe含量变异系数最大,为72.47%;Ca含量变异系数最小,为9.62%;矿质元素含量系数介于9.62%~72.47%之间,为中等变异强度。

2.2 大白菜叶球矿质元素的相关性分析

利用Person相关性分析对大白菜叶球中8种矿质元素含量进行分析。由表3可知,K含量与Ca、Mg含量呈极显著正相关,与Zn含量呈正相关,与Cu含量呈负相关,与P含量呈显著负相关,与Fe、Mn含量呈极显著负相关;P含量与Fe、Mn含量呈正相关;Ca含量与Mg含量呈极显著正相关,与Fe、Mn含量呈负相关,与Cu、Zn含量呈显著负相



注:图中不同小写字母表示不同品种在 0.05 水平差异显著。下同。

图1 8个品种大白菜叶球大量元素含量

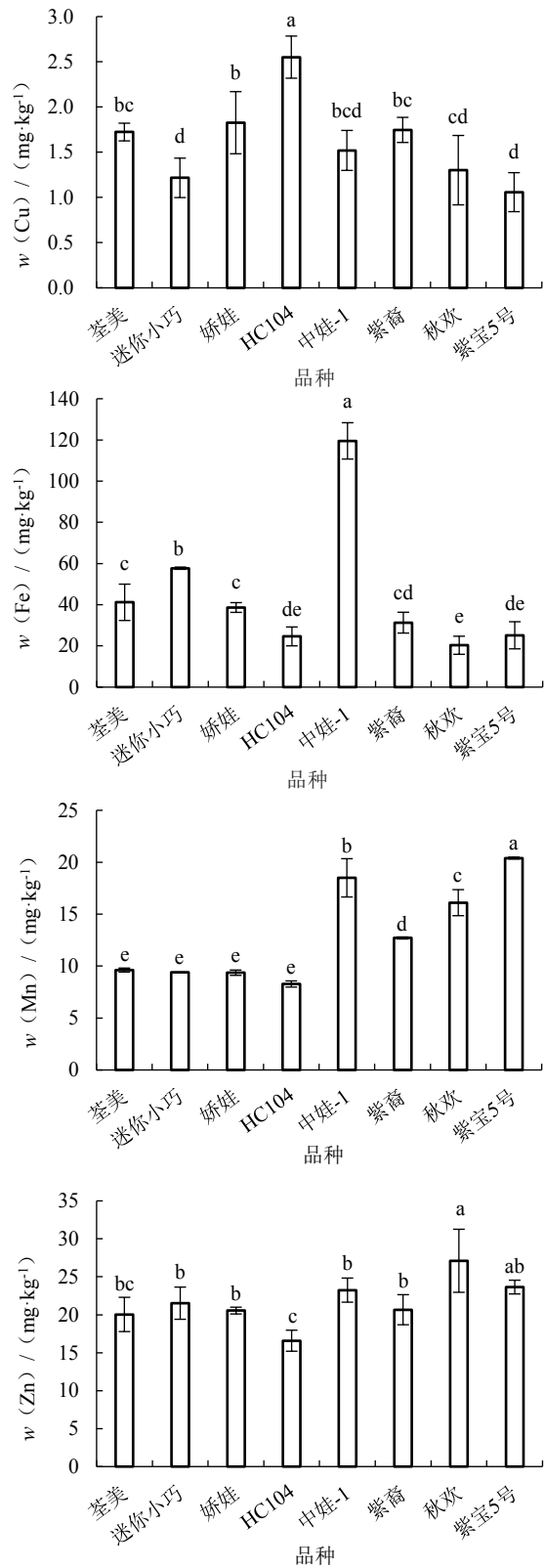


图2 8个品种大白菜叶球微量元素含量

关;Mg 含量与 Zn 含量呈极显著正相关,与 Fe、Mn 含量呈负相关,与 Cu 含量呈极显著负相关;Cu 含量与 Fe、Mn 含量呈负相关,与 Zn 含量呈极显著负

相关;Fe 含量与 Zn 含量呈正相关,与 Mn 含量呈极显著正相关;Mn 含量与 Zn 含量呈正相关。这表明大白菜叶球中矿质元素含量关系复杂。

表2 大白菜叶球8种矿质元素含量

元素	均值/ (mg·kg ⁻¹)	范围/ (mg·kg ⁻¹)	标准差 SD	变异系 数/%
K	9 145.00	7 506.67~11 640.00	1 493.15	16.33
P	5 977.31	4 531.84~8 095.07	1 253.71	20.97
Ca	3 303.13	2 828.00~3 890.00	317.60	9.62
Mg	3 449.71	2 879.70~4 026.00	376.66	11.24
Cu	1.62	1.06~2.55	0.47	29.01
Fe	44.82	20.33~119.54	32.47	72.47
Mn	13.05	8.28~20.40	4.70	36.02
Zn	21.67	16.58~27.11	3.09	14.26

注:变异系数≤10%为弱变异,10%<变异系数<100%为中等变异,变异系数≥100%为强变异。

表3 大白菜矿质元素含量相关性分析

元素	K	P	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
K	1							
P	-0.42*	1						
Ca	0.72**	-0.18	1					
Mg	0.72**	-0.11	0.73**	1				
Cu	-0.32	-0.15	-0.49*	-0.56**	1			
Fe	-0.61**	0.45	-0.18	-0.30	-0.14	1		
Mn	-0.61**	0.45	-0.18	-0.30	-0.14	1**	1	
Zn	0.34	-0.08	-0.41*	0.67**	-0.74**	0.72	0.72	1

注:*表示在0.05水平差异显著;**表示在0.01水平差异极显著。

2.3 大白菜叶球矿质元素含量的主成分分析

对8个大白菜品种的8种矿质元素含量进行分析,由表4可知,依据特征值大于1的原则,提取出了3个主成分,累计方差贡献率达89.13%。因此,对大白菜矿质元素含量由3个主成分进行评价,实现了降维的目的。

表4 大白菜矿质元素含量因子分析

主成分	特征值	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%
F1	4.19	52.39	52.39
F2	1.72	21.52	73.90
F3	1.21	15.23	89.13

2.4 大白菜叶球矿质元素含量的综合评价

由表5可知,主成分1中,载荷值绝对值大于0.5的有K(0.818)、Ca(0.841)、Mg(0.890)、Cu(-0.733)、Mn(0.833)和Zn(0.813)等含量,说明这些指标是主成分1的主要评价指标,其中K、Ca、Mg、Mn和Zn含量的载荷值为正值,对主成分1的贡献最大;主成分2中,载荷值绝对值大于0.5的有K(-0.555)和Fe(0.876),说明这两种元素含量是主成分2的主要评价指标;主成分3中载荷值绝对值大于0.5的仅P(0.866),则表明P元素含量对主成分3的影响最大。因为总方差中1/2以上的贡献来

表5 大白菜矿质元素含量的主成分载荷矩阵及特征向量

元素	F ₁		F ₂		F ₃	
	载荷值	特征向量	载荷值	特征向量	载荷值	特征向量
K	0.818	0.400	-0.555	-0.423	-0.006	-0.005
P	-0.314	-0.153	0.311	0.237	0.866	0.787
Ca	0.841	0.411	-0.168	-0.128	0.006	0.005
Mg	0.890	0.435	-0.120	-0.091	0.249	0.226
Cu	-0.733	-0.358	-0.494	-0.377	-0.306	-0.278
Fe	-0.172	-0.084	0.876	0.668	-0.364	-0.331
Mn	0.833	0.407	0.307	0.234	-0.405	-0.368
Zn	0.813	0.397	0.410	0.313	0.124	0.113

自第1主成分,因此可认为K、Ca、Mg、Mn和Zn是大白菜叶球的特征性矿质元素。

根据表5所示,利用各矿质元素含量的主成分载荷值与主成分特征值计算出特征向量,既载荷值除以主成分特征值的平方根,计算公式为 $U_{ij} = \frac{A_{ij}}{\sqrt{\lambda_j}}$ ($i=1, 2, \dots, 8; j=1, 2, 3$)^[10]。以特征向量为权重构建各主成分的函数表达式:

$$Y_1 = 0.400 X_1 - 0.153 X_2 + 0.411 X_3 + 0.435 X_4 - 0.358 X_5 - 0.084 X_6 + 0.407 X_7 + 0.397 X_8$$

$$Y_2 = -0.423 X_1 + 0.237 X_2 - 0.128 X_3 - 0.091 X_4 - 0.377 X_5 + 0.668 X_6 + 0.234 X_7 + 0.313 X_8$$

$$Y_3 = -0.005 X_1 + 0.787 X_2 + 0.005 X_3 + 0.226 X_4 - 0.278 X_5 - 0.331 X_6 - 0.368 X_7 + 0.113 X_8$$

上述3个函数表达式中, X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 、 X_7 和 X_8 分别为标准化的K、P、Ca、Mg、Cu、Fe、Mn及Zn含量,以3个主成分对应的方差贡献率作为权重,由主成分得分和对应的权重线性加权求和得到综合评价函数如下: $Y = 0.524 Y_1 + 0.215 Y_2 + 0.152 Y_3$ 。

根据表6所示,根据上述主成分综合评价函数,计算出8个大白菜品种8种矿质元素的综合得分(Y)和排序。综合得分由高到低依次为紫宝5号、秋欢、中娃-1、紫裔、迷你小巧、娇娃、荃美和HC104。

表6 大白菜矿质元素因子分析的综合得分与排名

品种	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y	排序
荃美	-2.337	0.409	0.484	-1.063	7
迷你小巧	-0.734	0.971	1.064	-0.014	5
娇娃	-0.691	-0.104	1.617	-0.139	6
HC104	-2.444	-1.873	-1.298	-1.881	8
中娃-1	-0.029	2.429	-1.620	0.261	3
紫裔	0.552	-1.089	-0.341	0.003	4
秋欢	2.379	-0.182	0.331	1.258	2
紫宝5号	3.305	-0.561	-0.237	1.575	1

2.5 大白菜叶球矿质元素含量的聚类分析

运用系统聚类分析法将8个大白菜品种8种矿质元素含量划分为不同类群,以便对品种进行相似性评价。如图3所示,以相对距离为5作为划分依据,8个品种被划分为3类,第一类包含品种娇娃、HC104、中娃-1、迷你小巧和荃美,这类品种平均排名靠后,除中娃-1,其他4个品种品质较低;第二类包含品种紫裔和秋欢,这类品种的8种矿质元素的平均含量均排名较高且品质较好;第三类为紫宝5号品种,其排名最高,品质最好,富含K、Ca、Mg和Mn元素。聚类分析结果与主成分分析结果相近。

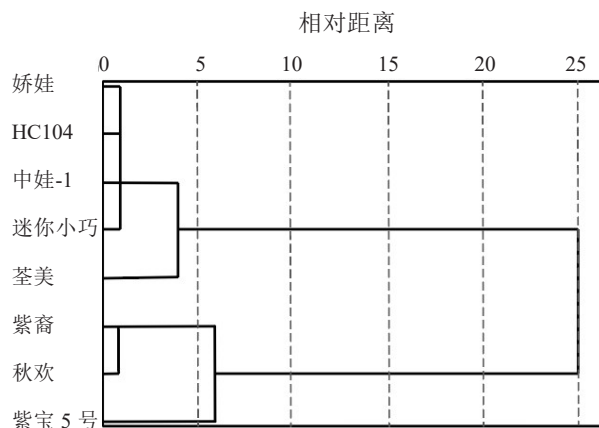


图3 不同品种大白菜叶球矿质元素含量聚类分析

3 讨论

大白菜是十字花科作物中最具有经济价值的物种之一,富含K、Na、Ca、Mg、Cu、Mn、Zn、Fe、P等矿物质^[11]。矿质元素是评价蔬菜品质的重要方面,对人体健康具有重要作用^[12]。缺K会使人体电解质发生紊乱,导致低钾血症的发生^[13]。P和Mg是骨骼和牙齿的基本成分,维持体内的酸碱平衡^[14-15]。缺Ca则会诱发软骨病和痉挛的发生^[16]。而微量元素Cu、Fe、Mn和Zn等不仅参与人体中酶的组成,对激素、维生素和蛋白质的合成和代谢也有重要作用^[17]。

蔬菜作为人体获取矿物质的安全来源,分析矿物质含量十分必要^[18]。前人研究表明,在不同类型或不同品种蔬菜中,其同一矿质元素含量差异较大^[19-20],如辣椒及辣椒籽中微量元素含量为Ca>Fe>Zn>Cu>Mn^[21];白屈菜中矿质元素含量是N>P>Ca>K>Mg,白屈菜对不同矿质元素的富集能力不同,在整个植株中其地上部富集能力较地下部更强^[22];黄花菜中富含Na、Ca、K、Mg元素,祁东黄花菜矿质元

素含量是P>K>Ca>Mg>Na>Zn>Fe>Mn^[23];葫芦科蔬菜中K、Ca和Mg元素的含量较高,而Na、Fe、Cu、Zn和Mn元素的含量较低^[24]。在笔者的研究中,大白菜8种矿质元素含量排序为K>P>Mg>Ca>Fe>Zn>Mn>Cu,且部分矿质元素含量在不同品种间差异较大。笔者的研究结果反映了大白菜矿质元素之间的相关性,有助于研究筛选优良种质。笔者研究中选择1个K含量高的品种,其Ca、Mg、Zn含量也相对较高;选择1个Ca含量高的品种,其Mg含量也相对较高;选择1个Fe含量高的品种,其Mn含量也相对较高。不同大白菜品种矿质元素含量的结果分析,为人们选择合适品种、平衡矿质营养元素摄入量提供参考,也对科学施肥提供一定的理论依据。

目前,因子分析与聚类分析已广泛应用于辣椒^[25]、花椰菜^[26]、茄子^[27]、苹果^[28]、杧果^[29]等果蔬品质分析中。因子分析可从众多变量中找出具有代表性的共性因子,其前提是变量之间存在一定的相关性。主成分和原始指标的相关系数为主成分载荷值,它可体现原始指标与主成分之间的相关性,且载荷值绝对值越接近于1,表明相关性越强^[30]。笔者研究中大白菜叶球中矿质元素间具有复杂的相关性,利用因子分析可将8种矿质元素指标进行简化,最终筛选出K、Ca、Mg、Mn和Zn元素作为评价大白菜叶球营养品质的特征性矿质元素。进一步分析得到,紫宝5号、秋欢和中娃-1这3个大白菜种质综合得分排序在前,说明这3个品种的矿质元素含量更为丰富。

4 结论

综上所述,大白菜中8种矿质元素的平均含量由高到低依次为K>P>Mg>Ca>Fe>Zn>Mn>Cu。K含量与Ca、Mg含量呈极显著正相关,与P含量呈显著负相关,与Fe、Mn含量呈极显著负相关;Ca含量与Mg含量呈极显著正相关,与Cu含量和Zn含量呈显著负相关;Mg含量与Cu含量呈极显著负相关,与Zn含量呈极显著正相关;Cu含量与Zn含量呈极显著负相关;而Fe含量与Mn含量呈极显著正相关。K、Ca、Mg、Mn和Zn含量是大白菜叶球的特征性矿质元素。8个大白菜品种可分为3类,第一类(除中娃-1)为低矿质元素品种,包含娇娃、HC104、迷你小巧和荃美;第二类为中等矿质元素品种,包含紫裔和秋欢;第三类为高矿质元素品种,为紫宝5号,其K、Ca、Mg和Mn元素含量高。按照

主成分分析综合得分由高到低8个不同品种排名依次为紫宝5号、秋欢、中娃-1、紫裔、迷你小巧、娇娃、荃美和HC104。笔者的研究结果可为大白菜品质评价与消费提供一定参考。

参考文献

- [1] 王跃兵. 北方秋白菜丰产栽培[J]. 蔬菜, 2016(2): 45-48.
- [2] 沂南. 食材档案大白菜[J]. 食品与健康, 2010(1): 30.
- [3] 李梅, 张斌, 闻凤英, 等. 天津大白菜育种现状及商业化育种方向探讨[J]. 长江蔬菜, 2014(8): 1-5.
- [4] 朱红芳, 李晓锋, 朱玉英. 不同品种不结球白菜生长特性和营养品质的分析与评价[J]. 上海农业学报, 2019, 35(6): 39-45.
- [5] 杨小锋. 氮磷钾营养供应对生菜生长和品质的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2006.
- [6] 安胜, 郭春华, 孙晓春, 等. 保护地番茄生理性病害的诊断及防治[J]. 中国林副特产, 2016(3): 73-74.
- [7] 温璐华, 武瑞娜. 常见黄瓜畸形果的成因及防治措施[J]. 农业科技通讯, 2021(4): 293-295.
- [8] 金宁, 金莉, 吕剑, 等. 不同灌水下限对基质栽培黄瓜矿质元素积累分配及水分利用的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2022, 57(2): 43-53.
- [9] 李会娟. 2种植物磷含量的检测方法比较研究[J]. 现代农业科技, 2012(11): 16-17.
- [10] 李朝峰, 杨中宝. SPSS主成分分析中的特征向量计算问题[J]. 统计教育, 2007(3): 10-11.
- [11] 王俊杰, 李海朝, 刘影. 几种蔬菜主要矿质元素的主成分分析[J]. 微量元素与健康研究, 2012, 29(6): 37-39.
- [12] 孙丽, 李贞霞, 王广印, 等. 不同品种直筒型大白菜的营养品质分析[J]. 广东农业科学, 2013, 40(20): 35-37.
- [13] 汪学翠, 刘金华, 吕永良, 等. 痴呆患者合并低钾血症的临床特点及预后分析[J]. 中国老年保健医学, 2021, 19(4): 44-47.
- [14] 帕丽达·牙合甫, 海丽前木, 艾拜都拉·阿不都拉. 新疆石榴中磷含量的测定及其对人体健康的影响[J]. 光谱实验室, 2007, 24(5): 982-986.
- [15] 陈艳梅, 程素敏, 李长青. 原子吸收光谱法测定人体血清中的微量元素锌、铜、铁、钙和镁[J]. 光谱实验室, 2008, 25(5): 974-976.
- [16] 李亚林. 人体血清微量元素锌 铜 铁 钙 镁的分析[J]. 微量元素与健康研究, 2012, 29(6): 57-58.
- [17] 马彦平, 石磊, 何源. 微量元素铁、锰、硼、锌、铜、钼营养与人体健康[J]. 肥料与健康, 2020, 47(5): 12-17.
- [18] 邓梦雅, 朱丽, 吴东慧, 等. 蔬菜中矿物质含量测定、营养评价及风险评估[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(9): 97-102.
- [19] 石如岳, 王冲, 杨俊雪, 等. 中微量元素对番茄产量和品质影响的整合分析[J]. 中国瓜菜, 2021, 34(3): 66-71.
- [20] EKHOLM P, REINIVUO H, MATTILA P, et al. Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland[J]. Journal of Food Composition & Analysis, 2007, 20(6): 487-495.
- [21] 郭杰, 任瑾, 张继. 原子吸收光谱法测定辣椒中的矿质元素[J]. 北京联合大学学报, 2018, 32(4): 88-92.
- [22] 赵露, 苑雪琪, 刘晨阳, 等. 白屈菜对根际土壤矿质元素吸收规律的研究[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2020, 41(5): 49-53.
- [23] 古元梓, 邓玲娟. ICP-OES法测定不同产地黄花菜中的19种矿质元素[J]. 广州化工, 2019, 47(15): 115-118.
- [24] 郭智广, 王毅红, 张颖, 等. 黄瓜、冬瓜、苦瓜、丝瓜和西瓜中的钾、钙、镁等8种元素含量分析[J]. 中国瓜菜, 2019, 32(9): 25-29.
- [25] 张婷, 刘慧琴, 郭勤卫, 等. 十六份辣椒材料游离氨基酸组成的主成分分析与聚类分析[J]. 浙江农业学报, 2021, 33(4): 640-650.
- [26] 袁建民, 何璐, 木万福, 等. 基于因子分析和聚类分析的花椰菜种质矿质元素含量评价[J]. 热带农业科学, 2020, 40(7): 66-74.
- [27] 冯英娜. 茄子遗传多样性与主要农艺性状标记关联分析[D]. 南京: 南京农业大学, 2014.
- [28] 匡立学, 聂继云, 李银萍, 等. 中国不同地区‘富士’苹果品质评价[J]. 中国农业科学, 2020, 53(11): 2253-2263.
- [29] 马小卫, 马永利, 武红霞, 等. 基于因子分析和聚类分析的杧果种质矿质元素含量评价[J]. 园艺学报, 2018, 45(7): 1371-1381.
- [30] 杜晋叶, 史畅, 马立娟, 等. 主成分分析研究白酒基酒香气成分[J]. 中国酿造, 2020, 39(7): 62-68.