

# 结球莴苣产量与主要农艺性状的相关性及灰色关联度分析

曹彩红<sup>1</sup> 田雅楠<sup>1</sup> 赵立群<sup>1</sup> 祝宁<sup>2</sup> 何秉青<sup>2</sup> 曹玲玲<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>北京市农业技术推广站,北京 100029; <sup>2</sup>北京市昌平区农业技术推广站,北京 102299)

**摘要:**以 33 份结球莴苣品种为材料,采用相关分析和灰色关联度分析法,对影响结球莴苣产量的 9 个主要农艺性状进行综合分析,以期对结球莴苣品种选择和育种提供科学依据。结果表明产量与单株重呈显著正相关,与其他性状相关不显著;单株重与展幅宽、展幅长、中心柱粗、株高均呈极显著或显著正相关关系。灰色关联度分析发现农艺性状与产量关联度依次为单株重>展幅长>展幅宽=中心柱粗>中心柱长>叶球球形指数>株高>叶球横径>叶球纵径。因此,结球莴苣产量的形成受单株重、株高、展幅长、展幅宽、中心柱粗等性状的影响,在育种过程中可以优先考虑单株重,同时结合展幅长、宽,其次适当注意中心柱粗、中心柱长和株高,最后依据育种目标选择合适的叶球纵径和横径。

**关键词:**结球莴苣;农艺性状;单株产量;相关性;灰色关联度

结球莴苣(*Lactuca sativa* L. var. *capitata* L.)为菊科莴苣属一年生或二年生草本作物,原产于地中海沿岸,是一种营养高、热量低的保健蔬菜,富含膳食纤维、蛋白质、钙、铁和各种维生素以及抗氧化物、胡萝卜素等<sup>[1-4]</sup>。此外,它含有特定物质——莴苣素,具有镇痛、催眠、降低胆固醇、辅助治疗神经衰弱等功效,深受消费者青睐。同时具有生长周期短、适应性广、土地利用率高、就近供应保鲜效果佳等优势,在蔬菜稳产保供方面发挥重要作用<sup>[5]</sup>。近年来结球莴苣在我国叶类蔬菜中市场供应量和消费量的比重越来越大,FAO 数据显示,2020 年我国生菜和菊苣类播种面积 60.643 万  $\text{hm}^2$ , 占全球 49.45%, 与 2011 年(57.025 万  $\text{hm}^2$ )相比较,增幅 6.34%; 每  $\text{hm}^2$  产量为 23.62t, 与全球平均水平(22.55t)基本持平,

但与单产排名前 10 的国家(均超过 35t)相比差距较大<sup>[6]</sup>。

产量性状为数量性状,其构成因素与植株多个性状相关,是一个综合指标,受自身遗传特性和环境因素的互作影响,利用单一指标进行产量评价具有片面性和不稳定性。因此需采用一种综合分析方法来明确影响产量的多个性状之间的关系,从而找出关键因子,为品种筛选和培育提供科学依据。而灰色关联度分析法是一种多因素统计分析方法,能够根据各因素变化的相似程度,来判断因素之间关联程度,若两个因素变化的趋势具有一致性,则关联程度较高;反之,则较低<sup>[7]</sup>。灰色关联度法已广泛应用于水稻<sup>[8-9]</sup>、玉米<sup>[10-12]</sup>、绿豆<sup>[13-14]</sup>和小麦<sup>[15]</sup>等粮食作物育种中,近几年在西瓜<sup>[16]</sup>、甘蓝<sup>[17]</sup>、不结球白菜<sup>[18]</sup>、菠菜<sup>[19]</sup>等蔬菜作物选育中应用也比较普遍。但采用灰色关联度分析对结球莴苣农艺性状与产量进行综合评价分析鲜有报道。本研究以国内外 33 个结球莴苣品种为材料,通过对 10 个性状应用灰色

**基金项目:**都市农业特色作物新品种引进与选育(202106);北京市农业技术推广站基本事业职能履行及机构运行保障项目(11000022Y000000440897)

**通信作者:**曹玲玲

[12] 宋放,王谧,宋淑琦,陈杰. 两种甘蓝型油菜化制种方法对比试验. 种业导刊,2016(1): 16-18

[13] 张宝娟,赵惠贤,胡胜武. 苯磺隆对甘蓝型油菜中双 9 号的杀雄效果. 中国油料作物学报,2010,32(4): 467-471

[14] 黄驰,胡海兵,蒲晓斌,李浩杰,张锦芳,蒋俊,郑本川,牛应泽,蒋梁材. 苯磺隆在成都地区诱导甘蓝型油菜雄性不育效果研究. 西南农业学报,2015,28(3): 1097-1104

(收稿日期: 2022-05-07)

关联度分析和相关性分析法进行综合评估,从而明确产量形成过程中各个农艺性状的相对重要程度及相关性,为结球莴苣品种筛选和培育提供科学依据,为加快育种进程奠定基础。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 选用 33 个结球莴苣品种,主要为北京地区常见品种和国外引进品种,具体信息见表 1。

表 1 供试材料信息

序号	品种	来源	序号	品种	来源
1	射手 101	北京圣华德丰种子有限公司	18	JS6	ツルタのタネ株式会社
2	绿圣 1106	北京圣华德丰种子有限公司	19	JS7	ツルタのタネ株式会社
3	雷达 203	北京鼎丰现代农业发展有限公司	20	JS8	ツルタのタネ株式会社
4	万胜 118	北京鼎丰现代农业发展有限公司	21	JS9	ツルタのタネ株式会社
5	铁人	北京鼎丰现代农业发展有限公司	22	JS10	ツルタのタネ株式会社
6	F2015	北京鼎丰现代农业发展有限公司	23	JS11	ツルタのタネ株式会社
7	黑客 303	北京鼎丰现代农业发展有限公司	24	JS14	タキイ种苗株式会社
8	维纳斯 plus	北京鼎丰现代农业发展有限公司	25	JS18	タキイ种苗株式会社
9	千胜 205	北京鼎丰现代农业发展有限公司	26	JS20	サカタのタネ株式会社
10	拳王 201	北京鼎丰现代农业发展有限公司	27	JS21	サカタのタネ株式会社
11	北生 1 号	北京农学院	28	JS22	サカタのタネ株式会社
12	北生 2 号	北京农学院	29	KEX-1210	Kaneko seeds co. Ltd.
13	北生 3 号	北京农学院	30	KEX-1211	Kaneko seeds co. Ltd.
14	萨丽娜斯 88	上海惠和种业有限公司	31	KEX-1212	Kaneko seeds co. Ltd.
15	伊塞斯	瑞克斯旺(中国)种子有限公司	32	KEX-1213	Kaneko seeds co. Ltd.
16	凯撒 II	Wakonda Enterprises Ltd.	33	KEX-1214	Kaneko seeds co. Ltd.
17	JS2	サカタのタネ株式会社			

**1.2 试验地点** 为北京市延庆区延庆镇广积屯村茂源广发蔬菜基地,塑料大棚 3 栋,长 80m,宽 8m,位置相邻且前茬作物相同。

**1.3 试验方法** 33 个结球莴苣品种统一在日光温室进行穴盘育苗,采用 105 孔穴盘。2 叶 1 心时统一间苗,4~5 片真叶时进行炼苗移栽。田间采取东西向高平畦种植,两畦之间的距离 100cm,畦宽 55cm、畦高 20cm、畦长 7.5m,每畦种植 2 行,行距 40cm,株距 40cm,“Z”字形定植,膜下滴灌溉水施肥。每个品种定植 2 畦(由北向南排列)为一个小区,小区面积为 17m<sup>2</sup>,在每个大棚内 33 个品种随机区组排列,共 33 个小区,3 个塑料大棚 3 次重复,生产期间统一管理。

**1.4 指标测定** 定植后 60d 左右进行结球莴苣统一采收,并开展相关性状的调查。产量性状:每个小区随机采集 3 个样品,进行单株重的测定,同时对每个小区产量进行测产,折合成每 hm<sup>2</sup> 产量,3 次重复。植株形态性状:每个小区随机采集 3 个样

品,对株高、植株展幅长、展幅宽、叶球纵径、叶球横径、中心柱长、中心柱粗等形态指标进行调查测定,3 次重复。性状调查参照《莴苣种质资源描述规范和数据标准》<sup>[20]</sup> 具体要求,株高为植株基部地面至植株叶片最高处的垂直距离;展幅长指田间自然生长状态下,植株展开时最长的长度;展幅宽指与展幅长呈垂直方向的宽度;叶球纵径指植株去除外叶,叶球基部至顶部的长度;叶球横径指叶球的最大横径。

**1.5 数据分析** 采用 SPSS 22.0 和 Excel 2007 软件对数据进行相关性分析,同时按照灰色系统理论<sup>[21]</sup>进行灰色关联度分析。

## 2 结果与分析

**2.1 不同结球莴苣品种的性状变异特征** 在采收期对 33 个结球莴苣品种进行各农艺性状调查,试验结果表明(表 2),不同品种结球莴苣间农艺性状存在一定的差异,变异系数介于 9.25%~37.06% 之间,其中中心柱长的变幅最大(变异系数为 37.06%),其

表2 不同结球莴苣品种的农艺性状与产量

品种	株高 (cm)	展幅宽 (cm)	展幅长 (cm)	叶球纵径 (cm)	叶球横径 (cm)	球形指数	中心柱长 (cm)	中心柱粗 (cm)	单株重 (g)	产量 (t/hm <sup>2</sup> )
射手 101	18.17	55.17	54.83	14.17	16.30	1.15	5.97	3.70	1119.87	48.61
绿圣 1106	18.17	50.00	54.33	13.70	11.93	0.87	7.67	3.37	925.96	42.42
雷达 203	17.77	43.33	47.03	16.50	14.13	0.86	7.10	3.30	805.46	36.16
万胜 118	16.80	37.57	51.17	16.43	13.17	0.80	6.50	3.03	772.50	36.37
铁人	17.70	41.33	51.27	16.83	14.03	0.83	4.87	2.37	879.49	41.41
F2015	14.50	42.30	47.50	13.93	15.97	1.15	5.60	2.67	673.57	34.07
黑客 303	18.10	47.60	53.80	22.23	16.57	0.75	18.33	3.37	946.56	44.57
维纳斯 plus	18.00	46.50	52.33	16.87	13.07	0.77	10.93	3.33	1051.44	44.80
千胜 205	22.07	43.50	54.90	16.73	13.00	0.78	6.77	3.13	962.61	45.32
拳王 201	17.87	51.77	52.93	14.67	12.10	0.82	4.33	2.83	949.55	30.91
北生 1 号	17.23	31.67	37.27	14.50	11.67	0.80	6.00	2.60	656.47	40.25
北生 2 号	18.87	50.67	55.33	14.20	13.47	0.95	8.57	3.33	1010.59	35.77
北生 3 号	15.23	43.30	46.10	16.93	14.00	0.83	6.53	3.07	854.85	37.83
萨丽娜斯 88	17.77	39.67	47.27	14.27	12.10	0.85	10.00	3.23	808.59	40.45
伊塞斯	17.77	37.80	42.83	15.40	13.27	0.86	8.90	3.07	910.70	45.25
凯撒 II	16.63	41.00	43.57	18.00	12.40	0.69	13.43	2.93	859.14	39.34
JS21	22.67	45.33	49.33	13.37	10.33	0.77	11.27	3.23	960.98	37.75
JS22	17.03	39.50	51.90	12.23	13.20	1.08	10.40	3.20	835.46	44.76
JS2	21.13	41.43	50.43	18.77	12.83	0.68	6.93	2.90	1025.60	36.10
JS6	16.60	43.80	46.83	13.47	16.80	1.25	7.70	2.97	979.05	39.98
JS7	16.63	43.80	46.83	17.27	14.10	0.81	9.20	2.93	893.46	37.73
JS8	16.97	42.90	52.17	15.83	14.33	0.91	7.67	3.27	766.73	29.19
JS9	18.03	42.93	43.50	17.20	13.77	0.80	6.37	2.80	849.11	39.37
JS10	18.57	44.13	50.47	20.30	15.17	0.76	7.07	3.13	891.28	45.77
JS11	18.87	42.67	46.33	13.40	13.57	1.01	6.20	2.80	801.26	44.71
JS14	18.77	35.13	40.33	17.23	14.47	0.84	7.13	2.50	619.91	31.71
JS18	17.20	45.10	48.60	16.57	13.70	0.83	8.53	3.03	836.22	38.07
JS20	20.70	46.33	52.00	19.90	17.67	0.89	9.37	2.53	1022.23	42.88
KEX-1210	18.70	52.47	54.23	15.17	13.80	0.91	5.60	3.30	1071.91	45.23
KEX-1211	17.20	45.10	48.60	16.57	13.70	0.83	8.53	3.03	836.22	46.35
KEX-1212	18.67	47.50	49.20	16.70	14.13	0.85	6.80	2.83	759.82	39.37
KEX-1213	18.17	29.33	46.67	15.87	10.07	0.63	7.23	2.53	803.44	46.10
KEX-1214	17.17	38.27	47.23	16.17	13.37	0.83	6.70	3.10	801.84	42.07
最大值	22.67	55.17	55.33	22.23	17.67	1.25	18.33	3.70	1119.87	48.61
最小值	14.50	29.33	37.27	12.23	10.07	0.63	4.33	2.37	619.91	29.19
平均值	17.93	43.63	49.33	15.99	13.65	0.87	8.25	3.07	891.21	39.15
标准差	1.85	5.04	4.57	2.34	1.62	0.15	3.06	0.29	112.21	4.86
变异系数(%)	10.34	11.54	9.25	14.66	11.89	16.90	37.06	9.51	12.59	12.41
排序	8	7	10	3	6	2	1	9	4	5

表3 结球莴苣不同农艺性状与产量的相关系数

性状	株高	展幅宽	展幅长	叶球纵径	叶球横径	球形指数	中心柱长	中心柱粗	单株重	产量
株高	1									
展幅宽	0.171	1								
展幅长	0.303	0.705**	1							
叶球纵径	0.142	-0.009	0.035	1						
叶球横径	-0.203	0.364*	0.187	0.365*	1					
横纵径比	-0.316	0.313	0.140	-0.575**	0.544**	1				
中心柱长	0.087	0.043	0.081	0.375*	0.073	-0.232	1			
中心柱粗	0.059	0.562**	0.530**	-0.142	0.040	0.188	0.323	1		
单株重	0.434*	0.682**	0.662**	0.094	0.169	0.069	0.177	0.500**	1	
产量	0.178	0.072	0.178	0.066	0.058	0.016	0.194	0.231	0.399*	1

\* 和 \*\* 分别表示 0.05、0.01 水平显著相关

次依次为球形指数、叶球纵径、单株重、产量、叶球横径、展幅宽、株高、中心柱粗，展幅长的变幅最小。不同的结球莴苣品种的中心柱长存在较大的差异，而中心柱长与结球莴苣的耐热性呈正相关，中心柱越长耐热性越差<sup>[22]</sup>，因此在耐热性选育过程中需重点关注。

**2.2 农艺性状与产量间的相关分析** 产量性状由多个农艺性状共同决定，为明确产量与各性状间的相关密切程度，对调查的产量和其他 9 个性状进行相关分析。从表 3 可以看出，产量与单株重呈显著正相关，与其他性状无显著相关关系；单株重与展幅宽、展幅长、中心柱粗、株高均呈极显著或显著正相关关系。由此可见，结球莴苣产量的形成受单株重、展幅宽、展幅长、中心柱粗、株高等性状的影响最大。

**2.3 农艺性状与产量的灰色关联度分析** 由于系统中各因素间量纲不同，难以比较或在比较时不能得到正确的结论，因此进行灰色关联度分析，得出各农艺性状与产量的关联系数和关联度（表 4）。9 个农艺性状与产量关系密切程度大小依次为单株重 > 展幅长 > 展幅宽 = 中心柱粗 > 中心柱长 > 球形指数 > 株高 > 叶球横径 > 叶球纵径。因此，在育种过程中可以优先考虑单株重，同时结合展幅长、展幅宽，其次适当注意中心柱粗、株高和中心柱长，最后依据育种目标选择合适的叶球纵径和叶球横径。

### 3 结论与讨论

本研究对 33 个结球莴苣品种的产量等 10 个主要农艺性状调查发现，不同结球莴苣品种各农艺性状变异系数从大到小依次为中心柱长 > 球形指数 >

叶球纵径 > 单株重 > 产量 > 叶球横径 > 展幅宽 > 株高 > 中心柱粗 > 展幅长。各参试材料在中心柱长、球形指数及叶球纵径变异系数较大，可能是由于品种自身成熟期长短或耐热性不同引起的，中心柱长与耐热性呈正相关，中心柱越长耐热性越差<sup>[22]</sup>，叶球纵径主要与后期中心柱变长有关，因此对于中心柱长的品种需进一步明确其适合的栽培季节和采收时间。在单株重和产量上差异处于中等，而在叶球横径、展幅宽、株高、中心柱粗及展幅长等 5 个农艺性状上差异较小，即外观差异较小，那么单株重和产量的差异可能与叶球紧实度相关，需进一步研究。

农艺性状间相关分析表明产量与单株重呈显著正相关，而单株重与展幅长、展幅宽、中心柱粗呈极显著正相关，与株高呈显著正相关，说明结球莴苣产量主要受单株重、展幅长、展幅宽、中心柱粗、株高等性状影响。灰色关联度分析表明 9 个其他农艺性状与产量关系密切程度依次为单株重 > 展幅长 > 展幅宽 = 中心柱粗 > 中心柱长 > 球形指数 > 株高 > 叶球横径 > 叶球纵径。张秀荣等<sup>[17]</sup>对甘蓝的研究结果表明其产量与中心柱长、叶球纵径、单株重的关联度较大，这与本研究中结球莴苣不同，因此不同蔬菜种类虽外形相似，但影响产量的因素不同。在结球莴苣品种选育中优先考虑单株重，结合展幅长、宽，注意中心柱粗、株高和中心柱长，最后酌情选择叶球纵径和叶球横径。

本项目研究运用相关分析和灰色关联度两种分析方法，这两种方法基于的理论基础不同，相关性分析结果只有单株重与产量直接显著相关，相关性分析需要具有典型概率分布的大量样本数据，在运

表4 产量与各农艺性状间的相关系数

品种	株高	展幅宽	展幅长	叶球纵径	叶球横径	球形指数	中心柱长	中心柱粗	单株重
射手 101	0.522	0.899	0.773	0.414	0.813	0.963	0.426	0.604	0.958
绿圣 1106	0.783	0.782	0.776	0.532	0.531	0.741	0.720	0.985	0.899
雷达 203	0.796	0.760	0.922	0.706	0.706	0.793	0.868	0.552	0.962
万胜 118	0.963	0.809	0.647	0.726	0.902	0.962	0.983	0.595	0.895
铁人	0.766	0.708	0.967	0.953	0.865	0.733	0.553	0.788	0.834
F2015	0.688	0.696	0.738	0.964	0.460	0.397	0.919	0.507	0.778
黑客 303	0.659	0.860	0.997	0.534	0.790	0.498	0.420	0.829	0.800
维纳斯 plus	0.637	0.776	0.840	0.718	0.558	0.519	0.976	0.815	0.865
千胜 205	0.653	0.618	0.949	0.677	0.536	0.507	0.538	0.795	0.792
拳王 201	0.547	0.380	0.432	0.652	0.736	0.593	0.849	0.440	0.460
北生 1 号	0.759	0.459	0.403	0.680	0.576	0.742	0.677	0.744	0.501
北生 2 号	0.621	0.493	0.478	0.929	0.794	0.611	0.682	0.586	0.520
北生 3 号	0.612	0.878	0.836	0.744	0.830	0.982	0.888	0.656	0.935
萨丽娜斯 88	0.843	0.682	0.751	0.647	0.614	0.821	0.800	0.811	0.719
伊塞斯	0.594	0.469	0.426	0.562	0.562	0.604	0.689	0.805	0.681
凯撒 II	0.718	0.815	0.607	0.697	0.702	0.599	0.498	0.721	0.936
JS21	0.402	0.750	0.842	0.678	0.534	0.831	0.566	0.661	0.661
JS22	0.543	0.519	0.808	0.406	0.572	0.855	0.893	0.828	0.579
JS2	0.450	0.872	0.672	0.514	0.963	0.739	0.887	0.579	0.513
JS6	0.681	0.964	0.750	0.594	0.552	0.441	0.885	0.760	0.736
JS7	0.815	0.836	0.909	0.699	0.804	0.947	0.723	0.644	0.807
JS8	0.571	0.501	0.416	0.504	0.455	0.463	0.505	0.417	0.624
JS9	1.000	0.949	0.602	0.803	0.977	0.786	0.759	0.713	0.899
JS10	0.662	0.622	0.662	0.769	0.786	0.483	0.541	0.766	0.624
JS11	0.761	0.613	0.531	0.457	0.611	0.940	0.526	0.870	0.537
JS14	0.500	0.978	0.809	0.489	0.506	0.603	0.618	0.445	0.792
JS18	0.908	0.782	0.935	0.811	0.917	0.959	0.818	0.665	0.970
JS20	0.717	0.905	0.970	0.663	0.566	0.756	0.894	0.923	0.810
KEX-1210	0.706	0.824	0.987	0.546	0.617	0.679	0.484	0.789	0.836
KEX-1211	0.511	0.634	0.560	0.616	0.566	0.533	0.612	0.740	0.530
KEX-1212	0.847	0.733	0.996	0.885	0.923	0.903	0.809	0.716	0.676
KEX-1213	0.603	0.333	0.503	0.568	0.355	0.390	0.540	0.801	0.501
KEX-1214	0.656	0.568	0.665	0.786	0.704	0.686	0.652	0.924	0.630
等权相关度	0.682	0.711	0.732	0.664	0.678	0.699	0.703	0.711	0.735
排序	6	3	2	8	7	5	4	3	1



用时具有一定的局限性,当数据不具备典型概率分布和数据量的要求时,可能造成分析结果存在一定偏差。而灰色关联度分析法不受样本量大小的影响,可在数据较少或分布不典型时,依据实际生产情况进行综合评定,能便捷、客观地反映事物的本质,抓住主要矛盾,适用于品种选育及作物品种的综合评价<sup>[21]</sup>。灰色关联度分析法是一种多因素统计分析方法,以各因素的样本数据为依据,用灰色关联度来描述因素间关系的强弱、大小和次序,若两因素变化的趋势(大小、方向和速度等)基本一致,则关联系数越接近于1,关联度越大,反之关联度较小。在作物新品种选育实践中,可将育种目标设定为特定因素,将其与其他相关因素进行关联分析,从而确定关键因素,应用于品种的综合评价和选育<sup>[21]</sup>。

另外,本研究是以丰产为目标,对结球莴苣产量影响较大的9个性状进行了综合分析,但随着消费者对农产品品质要求的日趋增高,高品质蔬菜已经成为蔬菜品种选育的重要指标<sup>[23]</sup>,同时抗逆性也是影响蔬菜生产重要因素<sup>[24]</sup>,这些性状在本研究中并未涉及,因此对于综合评判结果有一定影响,有待于进一步研究。此外,环境因素如生产茬口、地点、设施类型等对参试材料的田间表现影响较大,同时灰色关联系统是一个不断变化的系统,也随环境变化而变化<sup>[23]</sup>,分析结果受到影响。因此,在结球莴苣品种的筛选和育种实践中,应根据实际生产条件和需求,综合分析育种材料特性,充分挖掘其生长潜力,筛选、培育出满足不同生产需求的优良品种。

## 参考文献

- [1] 张明月,秦晓晓,郝敬虹,谢蒙胶,韩莹琰,刘超杰,徐全明,钟连全,范双喜.北京地区冬季不同品种生菜的品质分析.北京农学院学报,2018,33(2): 48-52
- [2] 李会合,叶学见,王正银,杨苓彬.几种新型复合肥对基质栽培生菜品质的影响.中国生态农业学报,2016,14(4): 98-101
- [3] 刘甜甜,陈青君,范双喜.结球莴苣品种比较试验研究.中国农学报,2011,27(6): 138-142
- [4] 刘蕊,王晓茜,韩莹琰,郝敬虹,刘超杰,范双喜.北京地区春茬栽培的结球生菜品种筛选.北京农学院学报,2018,33(2): 53-55
- [5] 曹彩红,曹玲玲,赵立群,田雅楠.不同结球生菜品种的产量及品质差异研究.天津农业科学,2021,27(7): 24-29
- [6] 杨登辉,刘新.2021年中国生菜产业数据分析报告.(2022-01-07)[2022-04-07].<https://www.163.com/dy/article/GT4KM52G0511B3FV.html>
- [7] 韩路,贾志宽,韩清芳,刘玉华.苜蓿种质资源特性的灰色关联度分析与评价.西北农林科技大学学报(自然科学版),2003,31(3): 59-64
- [8] 代金英,张桂云,胡蕾,孙红芹,万林生,韩配配,倪正斌.耐盐水稻产量与主要农艺性状的灰色关联度分析.大麦与谷类科学,2020,37(6): 9-13,20
- [9] 黄晓琴,周传猛,梁琳.不同香型优质常规稻品种主要农艺性状灰色关联度分析.中国种业,2021(9): 62-66
- [10] 孙峰成,冯勇,于卓,赵瑞霞,张来厚,苏二虎,刘志雄,石海波.12个玉米群体的主要农艺性状与产量、品质的灰色关联度分析.华北农学报,2012,27(1): 102-105
- [11] 王美霞,陈保国,张之奇,王创云.早熟玉米杂交组合主要农艺性状与产量的灰色关联度分析.种子,2021,40(1): 108-111,127
- [12] 周长军.黑龙江西部半干旱地区玉米产量与农艺性状灰色关联度分析.中国种业,2020(5): 49-52
- [13] 闫锋,崔秀辉,李清泉,王成,曾玲玲,刘峰,马波,袁明.绿豆品种的灰色关联度分析及综合评价.中国种业,2011(S2): 31-33
- [14] 王官,刘璋,薛丁丁,张伟,王艳娟,王磊,高翔,阎昊.绿豆单株产量与主要农艺性状的灰色关联度分析.中国农学通报,2019,35(8): 12-16
- [15] 王正航,武仙山,吕小平,李润植,景蕊莲.小麦旗叶叶绿素含量及荧光动力学参数与产量的灰色关联度分析.作物学报,2010,36(2): 217-227
- [16] 杨光华,王学林,曹明,林会山,陶凯,杨小峰.基于灰色关联分析的西瓜品种综合评估.北方园艺,2018(7): 22-26
- [17] 张秀荣,张保才,刘峥.越冬甘蓝主要农艺性状的灰色关联度分析及综合评价.江西农业学报,2019,31(6): 26-31
- [18] 张淑霞,杨晓云,张清霞,司朝光.苗用白菜主要农艺性状与单株产量的灰色关联度分析.北方园艺,2018(15): 1-5
- [19] 林碧英,高山,许端详,陈中钊.用灰色关联度分析法综合评价菠菜品种//福建省科协第十四届学术年会农业分会暨华东地区农学会学术年会.2017
- [20] 李锡香,王海平.莴苣种质资源描述规范和数据标准.北京:中国农业出版社,2006
- [21] 邓聚龙.灰色理论基本方法.武汉:华中理工大学出版社,2002
- [22] 谷建田,范双喜,张喜春,韩良玉.结球莴苣耐热性鉴定方法的研究.华北农学报,2006,21(S): 99-103
- [23] 庞敏晖,左强,邹国元,张宝海,常希光,韩贵成,冯霜,冯晓光.不同结球莴苣品种养分吸收及产量品质差异研究.中国蔬菜,2020(8): 64-70
- [24] 窦士树,马海涛,朱红彩.河南省夏大豆新品种产量与主要农艺性状的灰色关联度分析.浙江农业科学,2020,61(12): 2535-2538

(收稿日期: 2022-04-07)