



董晓杰,李志江,马金丰,等.东北春谷区谷子产量与主要农艺性状的灰色关联分析[J].黑龙江农业科学,2022(7):25-31.

东北春谷区谷子产量与主要农艺性状的灰色关联分析

董晓杰,李志江,马金丰,李祥羽,孙广全,郑雅璐

(黑龙江省农业科学院 作物资源研究所,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为促进东北春谷区优良谷子资源的利用及高产优质品种选育,利用东北春谷区 2021 年全国谷子品种区域试验数据,对参试的 22 个品种(系)的主要产量相关性状及抗性相关性状进行灰色关联分析,探讨各农艺性状与产量之间的关系。结果表明,22 个谷子品种(系)产量相关性状的变异系数较小,而抗逆相关性状变异系数较大,变异幅度为 1.32% ~ 67.97%;19 个谷子农艺性状与产量的灰色关联系数顺序为出谷率>单穗粒重>单穗重>生育期>公顷穗数>出苗期-抽穗期天数>千粒重>穗粗>抽穗期-成熟期天数>穗长>抗旱性>抗倒性>褐条病>株高>纹枯病>蛀茎率>谷瘟病>谷锈病>白发病,表明出谷率、单穗重、单穗粒重对产量的影响最大;各农艺性状之间具有较大的关联性,在选育高产优质谷子品种时,应注意选择生育期适宜且抗逆性较强的品种,同时还要注意种植密度。

关键词:谷子;灰色关联度分析;品种选育;农艺性状;产量

谷子[*Setaria italica* (L.) Beauv.]作为抗旱耐瘠、抗逆广适的杂粮作物,在调整优化粮食种植结构中扮演着重要的角色^[1-5],我国谷子种植主要产区集中在东北、华北和西北地区^[6-7]。由于不同地区生态环境差异,形成了谷子不同的生态学特征和农艺性状,因此,受遗传特征、栽培方法、环境条件等因素的影响,谷子品种间单产水平差异较大^[8-11]。灰色关联分析是对一个系统发展变化态势的定量描述和比较,可作为把作物众多农艺性状综合起来用以评价品种优劣的分析手段。生产上仅依靠产量性状来评价品种具有一定的局限性,而灰色关联分析可以对作物品种进行全面的评价^[12-14]。1989 年,刘录祥等^[15]以杂交小麦区域试验数据为例,对灰色关联分析在农作物品种综合评估的应用方面进行了初步探讨,研究表明,应用灰色关联度排序对各品种进行的综合评估结果与品种实际表现一致,证实了灰色关联分析法可

以应用于农作物新品种综合评估。该方法在玉米^[16-17]、大豆^[18-19]、小麦^[20]、糜子^[21]和水稻^[22]等主栽作物品种的综合评价及品种选育上,取得了良好的应用效果,但在谷子上的应用较少。东北地区是我国谷子的主要栽培地区,为了综合评价该地区谷子各农艺性状与产量之间的关系,利用东北春谷区 2021 年全国谷子品种区域试验数据,对参试的 22 个品种(系)的 20 个产量相关性状及抗性相关性状进行灰色关联分析,旨在为该地区谷子田间栽培管理提供生产指导、为优良资源的利用及高产优质品种选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

2021 年东北春谷区国家谷子区域试验中,包括对照品种九谷 11 共 22 个试验品种(系),分别来源于黑龙江省、吉林省、河北省、内蒙古自治区、河南省、陕西省和辽宁省。参试品种(系)、来源及供种单位详见表 1。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 采用国家谷子区域适应性联合鉴定试验标准进行试验,采用随机区组排列,3 次重复,行长 5 m,行距 65 cm,6 行区,保苗密度 60 万株·hm⁻²。

收稿日期:2022-04-07

基金项目:黑龙江省农业科学院 2020 年度院级科研项目(2020YYF007);黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”杂粮杂豆科技创新专项(HNK2019CX05-4);财政部和农业农村部:国家现代农业产业技术体系(CARS-06-14. 5-B22);国家重点研发计划(2019YFD1001705-3);黑龙江省重点研发计划项目(GA21B009-02)。

第一作者:董晓杰(1993—),女,硕士,研究实习员,从事谷子遗传育种研究。E-mail:823807416@qq.com。

表 1 2021 年国家谷子区域试验参试品种(系)及供种单位

代号	品种(系)	来源	供种单位
1	公谷 91	中谷 2 号×冀谷 41	吉林省农业科学院
2	冀科谷 958	豫谷 18×冀谷 31	河北省冀科种业有限公司
3	承龙 1 号(龙谷 43)	(大金苗×嫩选 15)×张杂 13	黑龙江省农业科学院作物资源研究所
4	赤 264-7	吨谷 1 号×黄金谷	赤峰市农牧科学研究院
5	九谷 38	九谷 16×200801-8	吉林市农业科学院
6	豫杂谷 2 号	安育 1 号×安 14-6049	安阳市农业科学院
7	豫谷 43(安 17h-8162)	豫谷 18 ^① ×“冀谷 19×冀谷 31”	安阳市农业科学院
8	豫谷 37(安 16h-8211)	豫谷 18×安 14-4584	安阳市农业科学院
9	陕豫谷 3 号	豫谷 18 ^② ×安 13-5415	西北农林科技大学、安阳市农业科学院
10	瑞香谷 2 号	香谷×冀谷 39	蛟河市瑞兴种业有限公司
11	瑞香谷 5 号	豫谷 18×K754	蛟河市瑞兴种业有限公司
12	朝 202026	朝 1725×朝谷 58	辽宁省旱地农林研究所
13	龙谷 46	安 09-8525×[安 4585× (冀谷 24×2010-M1445)]	黑龙江省农业科学院作物资源研究所、 河北省农林科学院谷子研究所
14	九谷 40	济 1060×(香谷×冀谷 39)-16	吉林市农业科学院
15	九谷 41	香谷×(香谷×冀谷 39)	吉林市农业科学院
16	K175-2H	晋谷 21×冀谷 38	北京农业生物技术研究中心、河北省农林科学院谷子研究所
17	BJ2020	晋谷 21×(晋谷 21×冀谷 38)	北京农业生物技术研究中心、河北省农林科学院谷子研究所
18	金苗 C1	黄金苗×张杂 13	赤峰市农牧科学研究院
19	赤金谷 17	赤谷 16×创 630-13B	赤峰市农牧科学研究院
20	公谷 96	中谷 2 号×豫 31	吉林省农业科学院
21	20H819	济白米 1 号×冀谷 31	河北省农林科学院谷子研究所
22	九谷 11(CK)	144-2×8139-5	吉林市农业科学院作物研究所

注:①代表豫谷 18 利用 3 万伦琴⁶⁰Co 进行辐射诱变;②代表豫谷 18 利用 2 万伦琴⁶⁰Co 进行辐射诱变。

1.2.2 测定项目及方法 按照国家谷子区域试验标准进行各项农艺性状的记载,生育期调查记载播种期、出苗期、抽穗期、成熟期;收获前,在每个小区选取不缺苗、长势一致的行选择 10 株谷子进行取样,调查株高,并将其整株取回,以备考种;收获后室内考种,测定株高、穗长、穗粗、单穗重、单穗粒重、千粒重,计算出谷率;抗倒性、抗旱性、谷瘟病、谷锈病、纹枯病、褐条病及蛀茎率按国家区域试验要求,调查 3 次的性状重复后综合定级。

1.2.3 数据分析 采用 Excel 2019 进行数据整理,用 SPSS 23.0 对数据进行统计分析。将供试材料的产量相关性状及抗性相关性状视为一个灰

色系统,设产量为参考数据 Y;出苗期-抽穗期天数、抽穗期-成熟期天数、生育期、公顷穗数、株高、穗长、穗粗、单穗重、单穗粒重、出谷率、千粒重、抗倒性、抗旱性、谷瘟病、谷锈病、纹枯病、褐条病、白发病和蛀茎率分别为比较数列,依次为 $X_1 \sim X_{19}$ 。

因各个性状量纲不一致,需将原始数据利用 SPSS 23.0 进行 Z-Score 标准化处理,进而计算各农艺性状与产量的关联系数^[16]。根据关联系数大小,确定比较数列即各农艺性状对产量影响的主次关系,关联系数越大的性状与产量关系越密切,反之,关联系数越小的性状与产量关系越弱^[21]。

2 结果与分析

2.1 各品种(系)主要农艺性状及产量表现

由表 2 可知,供试的 22 个谷子品种(系)产量相关性状的变异系数较小,变异幅度为 1.32%~8.98%,其中,产量表现为 4 870.50~6 000.00 kg·hm⁻²,平均值为 5 464.57 kg·hm⁻²,变异系数为 4.98%;生育期 118~123 d,平均为 119.95 d,变异系数为 1.32%;穗数 50.85 万~55.80 万穗·hm⁻²,平均为 54.39 万穗·hm⁻²,变异系数为 2.46%;株高 93.55~150.20 cm,平均为 124.89 cm,变异系数为 8.98%;穗长 22.80~29.20 cm,平均为 25.24 cm,变异系数为 7.36%;穗粗 2.51~3.19 cm,平均为 2.71 cm,变异系数为 5.11%;单穗重 20.68~25.15 g,平均为 22.80 g,

变异系数为 5.42%;单穗粒重 15.69~19.51 g,平均为 17.63 g,变异系数为 5.85%;出谷率 75.68%~79.63%,平均为 77.57%,变异系数为 1.54%;千粒重 2.75~3.15 g,平均为 2.91 g,变异系数为 3.22%。抗逆相关性状变异系数较大,变异幅度为 20.39%~67.97%,其中,抗倒性、抗旱性、褐条病的变异系数均为 20.39%;蛀茎率的变异系数均为 24.90%;纹枯病的变异系数为 30.91%;谷锈病的变异系数为 35.71%;谷瘟病变异系数为 35.82%;白发病变异系数为 67.97%。产量相关性状的变异系数较小,表明供试品种(系)间数据离散程度较小,有利于进行本研究;而抗逆相关性状变异系数较高,主要是因为有部分品种(系)未表现出相应性状。

表 2 22 个谷子品种(系)的主要农艺性状

品种(系)	出苗- 抽穗/d	抽穗- 成熟/d	生育 期/d	公顷穗 数/万穗	株高/ cm	穗长/ cm	穗粗/ cm	单穗 重/g	单穗粒 重/g	出谷 率/%	千粒 重/g	抗倒 性/级	抗旱 性/级	谷瘟 病/级	谷锈 病/级	纹枯 病/级	褐条 病/级	白发 病/%	蛀茎 率/%	产量/ (kg·hm ⁻²)
公谷 91	68	53	121	54.60	115.43	24.50	2.72	25.15	18.91	75.68	2.75	1	1	1	2	1	1	5.00	1.83	5316.00
冀科谷 958	68	52	119	52.65	123.46	25.42	2.78	23.40	18.37	79.05	2.81	1	1	1	2	1	1	3.76	1.40	5622.00
承龙 1 号	67	55	121	53.55	137.34	29.20	2.82	22.09	16.83	77.12	2.85	1	1	2	2	1	1	1.49	2.67	5359.50
赤 264-7	67	53	120	54.60	133.13	22.80	2.53	21.62	16.33	76.32	2.84	1	1	1	1	1	1	0.68	2.50	5119.50
九谷 38	68	51	118	53.85	122.14	25.05	2.64	21.43	16.94	79.20	2.84	1	1	1	1	1	1	1.88	2.50	5265.00
豫杂谷 2 号	64	55	119	54.00	119.93	25.90	3.19	24.15	18.75	77.51	2.84	1	1	1	1	1	1	3.96	1.50	6000.00
豫谷 43	68	51	119	54.90	130.29	25.79	2.68	23.59	18.75	78.98	2.84	1	1	1	1	1	1	8.76	1.87	5893.50
豫谷 37	68	51	119	54.90	124.33	25.85	2.68	25.10	19.51	78.04	2.85	1	1	2	2	2	1	6.07	1.77	5535.00
陕豫谷 3 号	67	51	119	54.75	121.61	24.62	2.58	23.03	18.09	78.28	2.85	1	1	2	2	1	1	6.76	1.40	5599.50
瑞香谷 2 号	71	52	123	55.35	93.55	23.05	2.70	22.57	17.64	78.50	2.89	1	1	1	1	1	1	1.53	1.80	5295.00
瑞香谷 5 号	70	51	120	55.80	131.78	26.14	2.71	22.40	17.85	79.63	2.88	2	1	2	2	1	1	8.54	1.83	5428.50
朝 202026	61	57	118	53.10	119.70	22.96	2.75	22.47	17.08	75.91	2.92	1	1	2	2	2	1	4.14	2.57	5425.50
龙谷 46	67	52	119	52.20	128.88	23.58	2.71	23.67	18.67	78.74	2.91	1	1	1	1	1	1	3.38	1.60	5901.00
九谷 40	69	52	120	55.35	121.04	23.79	2.69	22.28	17.24	76.78	2.92	1	1	1	1	1	1	3.39	1.57	5520.00
九谷 41	70	51	122	56.55	127.82	22.85	2.71	21.82	17.14	79.02	2.96	1	1	1	1	1	1	4.50	1.57	5682.00
K175-2H	68	55	123	55.95	122.08	26.02	2.74	20.68	15.69	76.42	2.94	1	1	1	1	1	1	0.65	2.47	5274.00
BJ2020	66	53	119	50.85	119.79	28.94	2.55	25.08	19.27	77.12	2.99	1	1	1	1	1	1	0.83	2.47	5593.50
金苗 C1	68	52	120	55.05	144.02	26.97	2.79	21.61	16.69	76.98	2.97	1	2	1	2	1	1	0.44	1.80	4870.50
赤金谷 17	64	54	118	53.85	125.36	26.99	2.86	22.55	17.10	76.80	2.99	1	1	1	1	1	2	4.35	3.17	5212.50
公谷 96	68	52	120	55.80	114.82	26.47	2.65	21.88	16.52	76.15	3.03	1	1	1	2	1	1	6.36	1.87	5686.50
20H819	69	54	123	54.45	120.79	25.47	2.73	22.64	17.42	77.55	3.07	1	1	2	1	1	1	2.59	2.33	5359.50
九谷 11	65	54	119	54.45	150.20	22.90	2.51	22.33	17.04	76.72	3.15	1	1	1	1	2	1	1.56	1.47	5262.00
平均值	67.32	52.77	119.95	54.39	124.89	25.24	2.71	22.80	17.63	77.57	2.91	1.05	1.05	1.27	1.41	1.14	1.05	3.66	2.00	5464.57
标准差	2.25	1.69	1.59	1.34	11.22	1.86	0.14	1.23	1.03	1.20	0.09	0.21	0.21	0.46	0.50	0.35	0.21	2.49	0.50	272.01
变异系数/%	3.35	3.20	1.32	2.46	8.98	7.36	5.11	5.42	5.85	1.54	3.22	20.39	20.39	35.82	35.71	30.91	20.39	67.97	24.90	4.98

2.2 谷子主要农艺性状对产量的影响

对原始数据的 Z-Score 标准化处理结果详见表 3,在此基础上进行后续灰色关联分析。由表 4 可知,19 个谷子农艺性状与产量的灰色关联系数从大到小依次为出谷率>单穗粒重>单穗重>生育期>公顷穗数>出苗期-抽穗期天数>千粒

重>穗粗>抽穗期-成熟期天数>穗长>抗旱性>抗倒性>褐条病>株高>纹枯病>蛀茎率>谷瘟病>谷锈病>白发病。其中,前 14 位性状与产量关系密切,关联系数达到 0.900 以上,而纹枯病、蛀茎率、谷瘟病、谷锈病及白发病对谷子产量的影响较小,关联系数为 0.617~0.797。

表 3 数据标准化处理结果

品种(系)	出苗-抽穗	抽穗-成熟	生育期	公顷穗数	株高	穗长	穗粗	单穗重	穗粒重	出谷率	千粒重	抗倒性	抗旱性	谷瘟病	谷锈病	纹枯病	褐条病	白发病	蛀茎率	产量/(kg·hm ⁻²)
公谷 91	0.3024	0.1346	0.6584	0.1580	-0.8431	-0.3977	0.0393	1.9054	1.2431	-1.5780	-1.7401	-0.2132	-0.2132	-0.5983	1.1742	-0.3882	-0.2132	0.5362	-0.3380	-0.5462
冀科谷 958	0.3024	-0.4577	-0.6011	-1.3000	-0.1271	0.0974	0.4716	0.4881	0.7192	1.2384	-1.1003	-0.2132	-0.2132	-0.5983	1.1742	-0.3882	-0.2132	0.0383	-1.2023	0.5788
承龙 1 号	-0.1411	1.3192	0.6584	-0.6271	1.1104	2.1315	0.7598	-0.5728	-0.7748	-0.3746	-0.6737	-0.2132	-0.2132	1.5954	1.1742	-0.3882	-0.2132	-0.8731	1.3503	-0.3863
赤 264-7	-0.1411	0.1346	0.0286	0.1580	0.7350	-1.3126	-1.3296	-0.9534	-1.2598	-1.0432	-0.7804	-0.2132	-0.2132	-0.5983	-0.8129	-0.3882	-0.2132	-1.1983	1.0086	-1.2686
九谷 38	0.3024	-1.0500	-1.2308	-0.4028	-0.2448	-0.1018	-0.5371	-1.1073	-0.6681	1.3638	-0.7804	-0.2132	-0.2132	-0.5983	-0.8129	-0.3882	-0.2132	-0.7165	1.0086	-0.7337
豫杂谷 2 号	-1.4716	1.3192	-0.6011	-0.2906	-0.4419	0.3557	3.4256	1.0955	1.0879	-0.0486	-0.7804	-0.2132	-0.2132	-0.5983	-0.8129	-0.3882	-0.2132	0.1186	-1.0013	1.9684
豫谷 43	0.3024	-1.0500	-0.6011	0.3824	0.4818	0.2965	-0.2489	0.6420	1.0879	1.1799	-0.7804	-0.2132	-0.2132	-0.5983	-0.8129	-0.3882	-0.2132	2.0458	-0.2576	1.5769
豫谷 37	0.3024	-1.0500	-0.6011	0.3824	-0.0496	0.3288	-0.2489	1.8649	1.8251	0.3943	-0.6737	-0.2132	-0.2132	1.5954	1.1742	2.4588	-0.2132	0.9658	-0.4586	0.2589
陈豫谷 3 号	-0.1411	-1.0500	-0.6011	0.2702	-0.2921	-0.3332	-0.9694	0.1885	0.4476	0.5949	-0.6737	-0.2132	-0.2132	1.5954	1.1742	-0.3882	-0.2132	1.2428	-1.2023	0.4961
瑞香谷 2 号	1.6328	-0.4577	1.9178	0.7188	-2.7939	-1.1780	-0.1048	-0.1841	0.0110	0.7788	-0.2472	-0.2132	-0.2132	-0.5983	-0.8129	-0.3882	-0.2132	-0.8570	-0.3983	-0.6234
瑞香谷 5 号	1.1893	-1.0500	0.0286	1.0553	0.6147	0.4848	-0.0327	-0.3217	0.2147	1.7231	-0.3538	4.4772	-0.2132	1.5954	1.1742	-0.3882	-0.2132	1.9574	-0.3380	-0.1326
朝 202026	-2.8020	2.5037	-1.2308	-0.9636	-0.4624	-1.2265	0.2554	-0.2650	-0.5322	-1.3858	0.0727	-0.2132	-0.2132	1.5954	1.1742	2.4588	-0.2132	0.1909	1.1493	-0.1436
龙谷 46	-0.1411	-0.4577	-0.6011	-1.6365	0.3561	-0.8928	-0.0327	0.7068	1.0102	0.9793	-0.0339	-0.2132	-0.2132	-0.5983	-0.8129	-0.3882	-0.2132	-0.1142	-0.8003	1.6045
九谷 40	0.7459	-0.4577	0.0286	0.7188	-0.3429	-0.7798	-0.1768	-0.4189	-0.3770	-0.6587	0.0727	-0.2132	-0.2132	-0.5983	-0.8129	-0.3882	-0.2132	-0.1102	-0.8606	0.2038
九谷 41	1.1893	-1.0500	1.2881	1.6161	0.2616	-1.2857	-0.0327	-0.7914	-0.4740	1.2133	0.4992	-0.2132	-0.2132	-0.5983	-0.8129	-0.3882	-0.2132	0.3354	-0.8606	0.7994
K175-2H	0.3024	1.3192	1.9178	1.1675	-0.2502	0.4202	0.1834	-1.7147	-1.8807	-0.9596	0.2860	-0.2132	-0.2132	-0.5983	-0.8129	-0.3882	-0.2132	-1.2103	0.9483	-0.7006
Bj2020	-0.5846	0.1346	-0.6011	-2.6460	-0.4544	1.9916	-1.1855	1.8487	1.5923	-0.3746	0.8192	-0.2132	-0.2132	-0.5983	-0.8129	-0.3882	-0.2132	-1.1380	0.9483	0.4740
金苗 C1	0.3024	-0.4577	0.0286	0.4945	1.7060	0.9315	0.5436	-0.9615	-0.9106	-0.4916	0.6059	-0.2132	4.4772	-0.5983	1.1742	-0.3882	-0.2132	-1.2946	-0.3983	-2.1840
赤金谷 17	-1.4716	0.7269	-1.2308	-0.4028	0.0423	0.9422	1.0480	-0.2003	-0.5128	-0.6420	0.8192	-0.2132	-0.2132	-0.5983	-0.8129	-0.3882	4.4772	0.2752	2.3552	-0.9267
公谷 96	0.3024	-0.4577	0.0286	1.0553	-0.8975	0.6624	-0.4650	-0.7429	-1.0755	-1.1852	1.2457	-0.2132	-0.2132	-0.5983	1.1742	-0.3882	-0.2132	1.0822	-0.2576	0.8159
20H819	0.7459	0.7269	1.9178	0.0459	-0.3652	0.1243	0.1113	-0.1274	-0.2024	-0.0152	1.6722	-0.2132	-0.2132	1.5954	-0.8129	-0.3882	-0.2132	-0.4314	0.6669	-0.3863
九谷 11	-1.0281	0.7269	-0.6011	0.0459	2.2570	-1.2588	-1.4737	-0.3784	-0.5710	-0.7089	2.5253	-0.2132	-0.2132	-0.5983	-0.8129	2.4588	-0.2132	-0.8450	-1.0616	-0.7447

表 4 谷子产量与农艺性状的关联序

因子	关联系数	关联序(位)	因子	关联系数	关联序(位)
出谷率	0.950	1	穗长	0.909	10
单穗粒重	0.949	2	抗旱性	0.908	11
单穗重	0.945	3	抗倒性	0.907	12
生育期	0.940	4	褐条病	0.905	13
公顷穗数	0.939	5	株高	0.900	14
出苗期-抽穗期天数	0.937	6	纹枯病	0.797	15
千粒重	0.937	7	蛀茎率	0.757	16
穗粗	0.935	8	谷瘟病	0.699	17
抽穗期-成熟期天数	0.925	9	谷锈病	0.661	18
			白发病	0.617	19

2.3 谷子产量相关性状与其他农艺性状之间的关系

由表 5 可知,与出苗期-抽穗期天数关系最密切的农艺性状是生育期,其次是公顷穗数和出谷率;与抽穗期-成熟期天数最密切的农艺性状是生育期,其次是千粒重和穗粗,而出谷率和公顷穗数位于第四位和第五位;与生育期关系最密切的农艺性状是公顷穗数,其次是出谷率和出苗期-抽穗期天数;与公顷穗数关系最密切的农艺性状是生育期,其次是出谷率和出苗期-抽穗期天数;与出谷率关系最密切的农艺性状是生育期,其次是公顷穗数和出苗期-抽穗期天数;与千粒重关系最密切的农艺性状是生育期,其次是抽穗期-成熟期天

数和公顷穗数;从结果可以看出,出苗期-抽穗期天数、抽穗期-成熟期天数、生育期、公顷穗数、出谷率及千粒重等 6 个性状之间关联度最大,说明若想提高出谷率和千粒重,应选择适宜生育期且要注意种植密度。与株高关系最密切的农艺性状是出谷率,其次是生育期和千粒重;与穗长关系最密切的农艺性状是穗粗,其次是生育期、公顷穗数和出谷率;与穗粗关系最密切的性状是生育期,其次是抽穗期-成熟期天数和出谷率;与单穗重关系最密切的性状是单穗粒重,其次是出谷率和生育期;与单穗粒重关系最密切的性状是单穗重,其次是出谷率和生育期。

表 5 谷子各农艺性状间的关联度矩阵

项目	出苗-抽穗	抽穗-成熟	生育期	公顷穗数	株高	穗长	穗粗	单穗重	单穗粒重	出谷率	千粒重	抗倒性	抗旱性	谷瘟病	谷锈病	纹枯病	褐条病	白发病	蛀茎率
出苗-抽穗	1.000	0.942	0.972	0.970	0.917	0.923	0.940	0.924	0.923	0.968	0.948	0.914	0.912	0.703	0.670	0.794	0.909	0.609	0.766
抽穗-成熟		1.000	0.966	0.951	0.914	0.922	0.956	0.935	0.924	0.952	0.958	0.919	0.921	0.714	0.677	0.811	0.923	0.627	0.796
生育期			1.000	0.978	0.924	0.924	0.956	0.938	0.931	0.977	0.966	0.919	0.919	0.707	0.673	0.801	0.918	0.617	0.778
公顷穗数				1.000	0.920	0.924	0.946	0.930	0.925	0.972	0.957	0.918	0.917	0.705	0.672	0.801	0.915	0.617	0.768
株高					1.000	0.904	0.910	0.896	0.895	0.928	0.922	0.897	0.903	0.707	0.677	0.801	0.894	0.607	0.763
穗长						1.000	0.928	0.912	0.909	0.926	0.920	0.893	0.895	0.715	0.685	0.797	0.895	0.621	0.794
穗粗							1.000	0.931	0.927	0.951	0.948	0.912	0.914	0.709	0.677	0.801	0.916	0.625	0.777
单穗重								1.000	0.979	0.947	0.925	0.909	0.908	0.706	0.674	0.806	0.910	0.624	0.763
穗粒重									1.000	0.940	0.913	0.905	0.902	0.703	0.669	0.802	0.902	0.617	0.754
出谷率										1.000	0.955	0.919	0.917	0.704	0.668	0.798	0.917	0.615	0.771
千粒重											1.000	0.919	0.921	0.709	0.671	0.809	0.921	0.616	0.785
抗倒性												1.000	0.948	0.740	0.687	0.822	0.948	0.636	0.774
抗旱性													1.000	0.755	0.732	0.847	0.953	0.658	0.808
谷瘟病														1.000	0.813	0.802	0.735	0.636	0.767
谷锈病															1.000	0.735	0.707	0.679	0.721
纹枯病																1.000	0.839	0.630	0.780
褐条病																	1.000	0.611	0.805
白发病																		1.000	0.608
蛀茎率																			1.000

2.4 谷子抗性相关性状与其他农艺性状之间的关系

与谷子抗倒性关系最密切的农艺性状是抗旱性和褐条病,其次是出谷率;与抗旱性关系最密切的农艺性状是抗倒性和褐条病,其次是千粒重;与谷瘟病关系最密切的农艺性状是谷锈病,其次是

纹枯病、抗旱性和蛀茎率;与谷锈病关系最密切的农艺性状是谷瘟病,其次是抗旱性和纹枯病;与纹枯病关系最密切的性状是抗旱性、抗倒性和褐条病;与褐条病关系最密切的性状是抗倒性和抗旱性,其次是抽穗期-成熟期天数;与白发病关系最密切的性状是谷锈病,其次是抗旱性、抗倒性和谷

瘟病;与蛀茎率关系最密切的性状是抗旱性,其次是褐条病、抽穗期-成熟期天数和穗长。从结果可以看出,各病害之间的相关性较为密切,而谷锈病和白发病影响穗长和单穗重,可能是影响谷子产量的主要病害;谷子抗倒性与出谷率关系密切,原因可能是谷子倒伏会增加穗发芽率,故而出谷率降低;谷子抗旱性与千粒重关系密切,原因可能是谷子抗旱性差,缺乏生长所需要的水分,养分及营养元素不能够及时运送到谷粒,所以千粒重降低。因此,在选育高产优质谷子品种时,应注意选育抗旱性、抗倒性及其他病虫害抗性均较高的谷子新品种。

3 讨论

3.1 主要农艺性状的变异系数分析

22 个品种(系)各性状变异系数范围为 1.32%~67.97%,其中,抗逆性状变异系数较高,变幅为 20.39%~67.97%,主要是因为有部分品种(系)未表现出相应性状。其余农艺性状变异系数从大到小依次为株高>穗长>穗粒重>单穗重>穗粗>产量>出苗期-抽穗期天数>千粒重>抽穗期-成熟期天数>公顷穗数>出谷率>生育期。株高、穗长和穗粒重的变异系数大,说明不同谷子品种(系)的株高、穗长及单穗粒重的变异较为丰富,具有较大的选择潜力;出谷率和生育期的变异系数最小,说明出谷率和生育期变异幅度小,较为稳定,选择潜力小;其他性状介于这两类之间,说明可以通过改良栽培措施、加强田间管理等手段来提高其他农艺性状表现。杨慧卿等^[23]对 13 份谷子品种的 10 个性状进行变异分析,结果表明穗长和株高变异系数最大,出谷率和生育期的变异系数最小,本研究结果与之一致。

3.2 各农艺性状间的相关性

产量及相关性状的灰色关联分析表明出谷率、单穗粒重、单穗重及生育期与产量的关系最为密切,赵禹凯等^[24]对 11 个谷子品种(系)的 14 个性状与产量进行灰色关联度分析,结果表明出谷率、单穗粒重、生育期及单穗重与产量的关联系数最大,本研究结果与之一致。因此,在谷子新品种选育过程中,要综合考虑出谷率、单穗粒重、单穗重和生育期等性状的表现,选择出谷率、单穗粒重

及单穗重较高的品种。本研究中心生育期与产量的关系较为密切,而栾素荣等^[14]研究显示生育期与产量的关系最不密切,原因可能是其研究是针对西北春谷中晚熟区,采用的材料及生长环境与东北春谷早熟区差异较大。从谷子主要农艺性状之间的关系可以看出,出苗期-抽穗期天数、抽穗期-成熟期天数、生育期、公顷穗数、出谷率及千粒重 6 个性状之间关联度最大,说明若想提高出谷率和千粒重,就要选育生育期适宜的品种且要注意种植密度。此外,各病害之间的相关性较为密切,而谷锈病和白发病影响穗长和单穗重,可能是影响谷子产量的主要病害;谷子抗倒性与出谷率关系密切,原因可能是谷子倒伏会增加穗发芽率,故而降低出谷率;谷子抗旱性与千粒重关系密切,原因可能是如果谷子抗旱性差,缺乏生长所需要的水分,养分及营养元素不能够及时运送到谷粒,会降低千粒重。因此,在选育高产优质谷子品种时,应注意选育抗旱性、抗倒性及其他病虫害抗性均较高的谷子新品种。

4 结论

2021 年东北春谷区参试的 22 个谷子品种(系)产量相关性状的变异系数较小,变异幅度为 1.32%~8.98%;而抗逆相关性状变异系数较大,变异幅度为 20.39%~67.97%。19 个谷子农艺性状与产量的灰色关联系数具体表现为出谷率>单穗粒重>单穗重>生育期>公顷穗数>出苗期-抽穗期天数>千粒重>穗粗>抽穗期-成熟期天数>穗长>抗旱性>抗倒性>褐条病>株高>纹枯病>蛀茎率>谷瘟病>谷锈病>白发病,表明出谷率、单穗重、单穗粒重对产量的影响最大。各农艺性状之间具有较大的关联性,在选育高产优质谷子品种时,要注意各性状之间的关系,选择生育期适宜且抗逆性较强的品种,且要注意种植密度。

参考文献:

- [1] 刁现民. 中国谷子产业与未来发展[M]//刁现民. 中国谷子产业与产业技术体系. 北京:中国农业科学技术出版社, 2011:20-30.
- [2] DIAO X M. Production and genetic improvement of minor cereals in China[J]. The Crop Journal, 2017(5):103-114.
- [3] 李顺国,刘斐,刘猛,等. 我国谷子产业现状、发展趋势及对

- 策建议[J]. 农业现代化研究, 2014, 35(5): 531-535.
- [4] 张雪峰. 中国谷子产业发展问题研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2013.
- [5] 崔纪菡, 范佳兴, 李顺国, 等. 谷子抗旱性鉴定研究进展[J]. 东北农业大学学报, 2017(1): 89-96.
- [6] 刘斌, 李书田, 王显瑞, 等. 谷子主要农艺性状的分析[J]. 种子, 2014, 33(5): 88-90.
- [7] 刘永莉, 程汝宏, 吴利兴, 等. 简化栽培谷子新品种九谷 25 的选育研究[J]. 农业科技通讯, 2016(12): 215-216.
- [8] 闫锋. 谷子主要农艺性状的遗传参数分析[J]. 黑龙江农业科学, 2010(3): 28-30.
- [9] 刘正理, 程汝宏, 张风莲, 等. 不同密度条件下 3 种类型谷子品种产量及其构成要素变化特征研究[J]. 中国生态农业学报, 2007(5): 135-138.
- [10] 庄云, 马尧, 牟金明. 密度对谷子生长及产量性状的影响[J]. 安徽农业科学, 2007(36): 11795-11795, 11866.
- [11] 税红霞, 何丹, 王秀全, 等. 11 个春玉米新品种主要农艺性状与产量的灰色关联度分析[J]. 耕作与栽培, 2020, 40(1): 20-23.
- [12] 史根生, 史关燕, 杨成元, 等. 谷子杂交种主要农艺性状的灰色关联度分析及综合评价[J]. 农学学报, 2016(5): 1-5.
- [13] 贾小平, 袁玺垒, 陆平, 等. 中国 71 个谷子种质资源的灰色关联度分析及综合评价[J]. 种子, 2017(9): 63-66.
- [14] 栾素荣, 王占廷, 李青松. 谷子产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 河北农业科学, 2010, 14(11): 115-116, 118.
- [15] 刘录祥, 孙其信, 王士芸. 灰色系统理论应用于作物新品种综合评估初探[J]. 中国农业科学, 1989(3): 22-27.
- [16] 胡铁欢. 不同农艺性状对玉米产量影响的灰色关联度分析[J]. 河北农业科学, 2009(6): 20-21, 45.
- [17] 朱雪志. 稻田春播杂交玉米农艺性状与产量的灰色关联度分析[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(5): 1078-1081.
- [18] 胡铁欢, 卢思慧, 曹金峰. 河北省夏大豆育成品种产量与农艺性状的相关性分析[J]. 河北农业科学, 2009(5): 11-12, 39.
- [19] 郝瑞莲. 夏大豆主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 大豆通报, 2002(2): 11-12.
- [20] 周风云, 余国东, 李伯群, 等. 杂交小麦产量和产量构成因素的灰色关联度分析[J]. 南方农业, 2007(3): 27-29.
- [21] 张立媛, 杨恒山, 王显瑞, 等. 10 个糜子品种产量与农艺性状的灰色关联度分析[J]. 种子, 2014(11): 68-69.
- [22] 江银荣, 潘宝国, 陆虎华. 江苏省水稻产量与产量性状的灰色关联分析[J]. 浙江农业科学, 2009(6): 1130-1132.
- [23] 杨慧卿, 王军, 袁峰, 等. 西北春谷区中晚熟组谷子主要农艺性状的相关和通径分析[J]. 河北农业科学, 2010(11): 105-106, 111.
- [24] 赵禹凯, 王显瑞, 张立媛, 等. 谷子产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 吉林农业科学, 2014(2): 9-12.

Grey Correlation Analysis of Millet Yield and Main Agronomic Characters in Spring-Sowing Region of Northeast China

DONG Xiao-jie, LI Zhi-jiang, MA Jin-feng, LI Xiang-yu, SUN Guang-quan, ZHENG Ya-lu

(Crop Resources Institute, Heilongjiang Academy of Agriculture Sciences, Harbin 150086, China)

Abstract: In order to promote the utilization of fine millet resources and the breeding of high-yield and high-quality millet varieties in the spring-sowing region of Northeast China, based on the national millet variety regional test data in 2021 in spring-sowing region in Northeast China, the grey correlation analysis was carried out on main yield related traits and resistance related traits of 22 varieties (lines) involved in the test, and the relationship between agronomic traits and yield was discussed. The results showed that the coefficient of variation of yield related traits of 22 millet varieties (lines) was small, while the coefficient of variation of stress resistance related traits was large, with a variation range of 1.32%-67.97%. The order of grey correlation coefficient between 19 agronomic characters and yield of millet was as follows: grain yield > grain weight per panicle > grain weight per panicle > growth period > number of panicles per hectare > days from seedling stage to heading stage > 1 000-grain weight > ear diameter > days from heading stage to maturity stage > ear length > drought resistance > lodging resistance > brown stripe > plant height > sheath blight > stem borer > grain blast > grain rust > white hair disease, indicating that grain yield, single panicle weight and grain weight per panicle had the greatest impact on yield; There was a great correlation between agronomic characters. When breeding high-yield and high-quality millet varieties, we should pay attention to the varieties with suitable growth period and strong stress resistance, and pay more attention to the planting density.

Keywords: millet; grey correlation analysis; variety breeding; agronomic traits; yield