

谷子杂交种产量与主要农艺性状的相关性及回归分析

史关燕¹ 王娟菲¹ 麻慧芳¹ 赵雄伟²

(¹山西农业大学经济作物研究所, 030031, 山西太原; ²山西农业大学生命科学学院, 030801, 山西太谷)

摘要 为了明确影响谷子杂交种产量的主要因子, 对短穗型、中偏短穗型、中偏长穗型和长穗型 4 类不同谷子杂交种产量与主要农艺性状进行相关性和回归分析。结果表明, 4 种类型谷子杂交种的穗长与其产量差异显著。相关性分析表明, 产量与出谷率之间存在显著正相关; 单株穗重与单株粒重、经济系数之间存在极显著正相关, 有效分蘖数与单株穗重、单株粒重和经济系数之间存在显著正相关, 穗码密度与单株草重之间存在显著正相关, 千粒重与穗长之间存在显著正相关。回归分析表明, 谷子杂交种产量与穗粗、出谷率和千粒重呈显著正相关。

关键词 谷子杂交种; 产量; 农艺性状; 相关性分析; 回归分析

谷子 (*Setaria italica* Beauv.) 起源于我国, 是古老农作物, 作为黍型物种的一个驯化种, 因具有生长周期短、基因组小及营养丰富等优越性^[1], 在作物遗传研究中占重要地位; 同时谷子杂种优势明显^[2], 具有抗旱、耐瘠及适应性广等特点, 被认为是未来应对气候变暖和水资源短缺的战略储备作物^[3], 是中国北方干旱和半干旱地区重要的农作物。由于我国谷子产量水平和种植效益低而不稳, 严重困扰着谷子生产, 为此科研人员开展了大量提高谷子产量水平的育种研究。20 世纪 80 年代培育的“豫谷 1 号”和“张谷 1 号”推动了谷子育种研究进程^[4]; 在杂交水稻的启发下, 崔文生等^[5]培育出了第 1 个谷子高度雄性不育系“蒜系 28”及其两系杂交种“蒜系 28”×“张农 10 号”, 使谷子杂种优势利用变为可能; 2010 年王玉文等^[6]主持培育出我国第 1 个春播中晚熟谷子杂交种“长杂 2 号”, 推动了不同杂种优势类型的研究应用。近年来, 随着诱变育种和生物技术育种等新技术的不断发展, 育种手段变得更为多样化, 育成品种产量水平不断提高^[7]。但是, 目前谷子产量潜力依然没有发挥出来, 现有高产品种产量水平有限, 高产和超高产仍然是谷子育种研究的重要目标^[8-9]。要大幅度提高谷子产量, 利用杂种优势是重要途径之一。谷子杂交种产量受遗传特性、栽培方法、栽培条件 and 环境条件等多种因素影响^[10], 这些因素与产量的关系一直是谷子杂种优势利用关注的问题。赵杰等^[11]对杂交

谷子株高与产量性状分析得出, 产量与株高呈负相关, 与穗长呈正相关。贾小平等^[12]对谷子抽穗期与农艺性状进行相关性分析得出, 谷子抽穗期与千粒重呈负相关, 随着抽穗期的适当延长, 谷子主要通过增加粒数提高产量。李志江等^[13]对东北春谷区育成的谷子品种产量和农艺性状的相关分析指出, 单穗重和穗粒重对产量影响最大, 是育种中应关注的因素。魏萌涵等^[14]对华北地区谷子产量与农艺性状的综合评价得出, 穗粗、单穗重和穗粒重对产量的影响最大, 在谷子产量育种中应重视大穗及大粒性状的筛选。

利用相关性和回归分析是评价作物产量关联性的重要方法, 能解析作物各性状之间的相互关系, 可以明确影响产量的主要农艺性状, 对育种有重要的指导意义^[15-18]。目前谷子相关性和回归分析主要针对常规品种的产量分析, 对不同类型杂交种产量与农艺性状的研究鲜见报道。因此, 本研究对 13 个谷子杂交种的产量与株高、穗长、单穗重、千粒重和出谷率等主要农艺性状进行相关性和回归分析, 探讨各性状之间的相互关系, 为谷子杂种优势利用和杂交种选育提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

2016–2018 年利用 4 种类型谷子不育系配制的 13 个谷子杂交种, 杂交品种的组合名称见表 1。

作者简介: 史关燕, 主要从事谷子遗传育种及杂种优势利用研究, E-mail: jzsguanyan@126.com

基金项目: 山西农业大学杂粮种质创新与分子育种山西省重点实验室(筹)(202105D121010); 山西农业大学省部共建有机旱作农业国家重点实验室自主研发项目(202105D121008-2-4); 山西农业大学生物育种工程项目(YZGC052); 山西省吕梁市重点研发项目(2019NYZDYF20)

收稿日期: 2021-09-07; 修回日期: 2021-12-01; 网络出版日期: 2022-10-10

表 1 13 个谷子杂交种编号及名称
Table 1 Numbers and names of 13 foxtail millet hybrids

编号 Number	品种 Variety	杂交组合名称 Name of hybrid combination
1	汾杂 18-4	汾 92A/k33-15
2	汾杂 18-6	汾 92A/k164
3	汾杂 18-3	汾 92A/k37-9
4	汾杂 18-2	汾 92A/j29
5	汾杂 16-11	汾 21A6/k15-9
6	汾杂 16-13	汾 21A-6/安 20
7	汾杂 18-5	汾 21A6/k33-15
8	汾杂 16-3	汾 21A6/k37-9
9	汾杂 16-14	汾 6A/k164
10	汾杂 16-9	汾 6A/j29
11	汾杂 16-12	汾 6A/k15-9
12	汾杂 16-1	汾 6A/k37-9
13	汾杂 18-1	汾 92A/K3-33

1.2 试验设计

试验于山西农业大学经济作物研究所汾阳试验基地进行。试验采用随机区组排列，3 次重复，6 行区，行长 6.67m，行距 0.33m，留苗密度 36.7 万株/hm²。试验各小区统一管理，重复间走道宽 0.8m，田间管理同生产田。收获时去掉边行和行头，晾干后进行考种，按实收面积计产，然后折算为单位面积产量。试验中所有农艺性状按全国

统一标准进行调查记载。每个品种每次重复取 20 穗调查，3 次重复，共 60 穗。考种项目包括穗长、穗粗、有效分蘖数、单株穗重、单株粒重、穗码密度、出谷率、千粒重和产量等，各个性状值为 3 个重复的平均值。

1.3 数据处理

采用 Microsoft Excel 2010 软件进行数据整理，利用 SPSS 25.0 进行聚类分析、相关性分析和回归分析。以穗长为基准对参试材料进行聚类，将 13 个谷子杂交种进行系统聚类；对产量相关的主要农艺性状间进行相关性分析；采用逐步回归法进行回归分析。

2 结果与分析

2.1 谷子杂交种的产量和主要农艺性状分析

由表 2 可知，13 个谷子杂交种的产量与主要农艺性状存在明显差异。产量平均值为 5587.88kg/hm²，变异范围为 4767.45~6352.50kg/hm²；千粒重平均值为 2.88g，变异范围为 2.65~3.18g；出谷率平均值为 79.09%，变异范围为 74.51%~82.88%；单株粒重的平均值为 27.66g，变异范围为 21.22~37.31g；穗长的平均值为 27.72cm，变异范围

表 2 13 个谷子杂交种农艺性状的表型值
Table 2 Performance value of agronomic traits for 13 foxtail millet hybrids

编号 Number	品种 Variety	穗长 Panicle length (cm)	穗粗 Panicle diameter (cm)	穗码 密度 Panicle density	穗颈长 Neck length (cm)	有效 分蘖数 Effective tillers	单株草重 Grass weight per plant (g)	单株穗重 Panicle weight per plant (g)	单株粒重 Grain weight per plant (g)	经济系数 Economic coefficient	出谷率 Milled millet percentage (%)	千粒重 1000- grain weight (g)	产量 Yield (kg/hm ²)
1	汾杂 18-4	25.87	2.68	4.20	28.04	1.72	38.30	27.16	21.22	0.32	78.12	2.77	4969.95
2	汾杂 18-6	28.11	3.11	4.08	27.52	1.81	35.24	34.08	26.46	0.38	77.65	2.65	4800.00
3	汾杂 18-3	27.35	2.98	4.60	27.74	1.98	43.87	47.39	37.31	0.41	78.71	2.81	5827.50
4	汾杂 18-2	26.85	3.04	4.57	24.71	1.94	35.90	40.10	31.99	0.42	79.73	2.86	5575.05
5	汾杂 16-11	30.10	2.82	4.01	28.46	1.26	35.00	30.83	25.12	0.38	81.57	2.96	6345.00
6	汾杂 16-13	31.53	2.81	4.15	29.12	1.25	38.76	29.84	22.91	0.33	76.67	3.18	5935.05
7	汾杂 18-5	30.00	2.58	3.96	30.41	1.22	42.51	29.34	21.87	0.30	74.55	3.03	4767.45
8	汾杂 16-3	27.54	2.79	4.89	36.62	1.57	33.11	28.60	22.93	0.37	80.09	3.03	6352.50
9	汾杂 16-14	26.97	2.87	4.31	26.72	2.08	30.58	33.00	26.78	0.42	81.17	2.67	5425.05
10	汾杂 16-9	24.47	2.69	4.49	26.98	2.11	35.62	38.37	31.05	0.42	80.88	2.86	5197.50
11	汾杂 16-12	28.19	3.10	3.98	24.08	1.71	37.72	43.35	35.37	0.44	81.60	2.78	6349.95
12	汾杂 16-1	25.24	3.08	4.56	25.68	1.89	30.80	30.53	22.93	0.38	74.51	2.85	5272.50
13	汾杂 18-1	28.09	2.79	3.51	26.24	1.80	44.65	40.61	33.66	0.40	82.88	2.93	5824.95
平均值 Average		27.72	2.87	4.25	27.87	1.72	37.08	34.86	27.66	0.38	79.09	2.88	5587.88
最大值 Maximum		31.53	3.11	4.89	36.62	2.11	44.65	47.39	37.31	0.44	82.88	3.18	6352.50
最小值 Minimum		24.47	2.58	3.51	24.08	1.22	30.58	27.16	21.22	0.30	74.51	2.65	4767.45
变异系数 CV (%)		6.90	5.90	8.20	10.90	17.30	11.70	17.70	19.30	10.40	3.26	4.96	9.84

为 24.47~31.53cm；穗粗的平均值为 2.87mm，变异范围为 2.58~3.11mm；穗码密度的平均值为 4.25，变异范围为 3.51~4.89。单株粒重的变异最大，为 19.30%，出谷率变异最小，为 3.26%。

2.2 谷子杂交种产量与主要农艺性状间的相关性分析

采用 SPSS 25.0 对谷子杂交组合主要农艺性状的原始数据进行标准化处理并进行相关性分析，由表 3 可知，产量与出谷率之间存在显著正相关（ $r=0.556^*$ ）；单株穗重与单株粒重、经济系数之间存在极显著正相关（ $r=0.989^{**}$ 、 0.721^{**} ）；

有效分蘖数与单株穗重、单株粒重和经济系数之间存在显著正相关（ $r=0.583^*$ 、 0.559^* 、 0.610^* ）；穗码密度与单株草重之间存在显著正相关（ $r=0.549^*$ ）；穗粗与经济系数之间呈显著正相关（ $r=0.580^*$ ）；千粒重与穗长之间存在显著正相关（ $r=0.560^*$ ）；株高与穗颈长存在极显著正相关（ $r=0.828^{**}$ ），仅穗颈长与产量相关性指标之间的相关性均未达到显著水平。可以看出，出谷率对杂交种产量影响很大，穗长对千粒重的影响较大，穗码密度对单株草重影响较大，针对不同谷子杂交种的各种用途，育种时可以有针对性选择不同

表 3 谷子杂交种主要农艺性状的相关性分析
Table 3 Correlation analysis of main agronomic traits of foxtail millet hybrids

性状 Trait	穗长 Panicle length	穗粗 Panicle diameter	穗码 密度 Panicle density	穗颈长 Neck length	有效 分蘖数 Effective tillers	单株 草重 Grass weight per plant	单株 穗重 Panicle weight per plant	单株 粒重 Grain weight per plant	经济 系数 Economic coefficient	出谷率 Milled millet percentage	千粒重 1000- grain weight	产量 Yield
穗长 Panicle length	1											
穗粗 Panicle diameter	-0.042	1										
穗码密度 Panicle density	0.569*	0.041	1									
穗颈长 Neck length	0.254	-0.474	0.293	1								
有效分蘖数 Effective tillers	-0.436	0.436	-0.002	-0.369	1							
单株草重 Grass weight per plant	0.415	-0.237	0.549*	-0.038	-0.062	1						
单株穗重 Panicle weight per plant	-0.042	0.485	-0.190	-0.496	0.583*	0.469	1					
单株粒重 Grain weight per plant	-0.075	0.447	-0.190	-0.499	0.559*	0.433	0.989**	1				
经济系数 Economic coefficient	-0.359	0.580*	0.131	-0.505	0.610*	-0.220	0.721**	0.775**	1			
出谷率 Milled millet percentage	-0.234	-0.056	0.007	-0.159	0.043	-0.072	0.293	0.432	0.616*	1		
千粒重 1000-grain weight	0.605*	-0.418	-0.117	0.511	-0.487	0.321	-0.229	-0.253	-0.487	-0.270	1	
产量 Yield	0.263	0.156	0.105	0.163	-0.242	-0.031	0.218	0.292	0.373	0.556*	0.338	1

“*” 和 “**” 表示显著相关性（ $P<0.05$ ）或极显著相关性（ $P<0.01$ ）
“*” and “**” indicate significant correlation ($P<0.05$) or extremely significant correlation ($P<0.01$)

指标。

2.3 谷子杂交种主要农艺性状对产量的回归分析

以产量为自变量，以千粒重、株高、叶片数、穗长、穗粗、穗重、穗粒重和穗码密度为因变量，利用 SPSS 25.0 软件进行回归分析，经过 7 次剔除，最终用穗粗、出谷率和千粒重构建回归方程，8 个模型中，模型 8 拟合度最优，回归分析全部达到显著性差异。模型 8 回归方程为 $y=-1339.744+111.722x_1+10.545x_2+194.105x_3$ （式中， y 为产量， x_1 为穗粗， x_2 为出谷率， x_3 为千粒重），说明谷子杂交种产量与穗粗、出谷率和千粒重呈显著正相关关系，杂交种选育过程中应该关注这 3 个产量

关联度均高的性状。

2.4 谷子杂交种聚类分析

从图 1 可知，在欧氏距离=10 处，谷子杂交种聚为 4 类，第 1 类短穗型，穗平均长度 26.20cm，杂交种有汾杂 16-1、汾杂 16-9、汾杂 16-14 和汾杂 18-6；第 2 类中偏短穗型，穗平均长度 27.62cm，杂交种有汾杂 18-1、汾杂 18-2、汾杂 18-3 和汾杂 16-12；第 3 类中偏长穗型，穗平均长度 27.93cm，杂交种有汾杂 18-4 和汾杂 18-5；第 4 类长穗型，穗平均长度 29.73cm，杂交种有汾杂 16-3、汾杂 16-11 和汾杂 16-13。

结合图 1 和表 1 可知，第 1 类短穗型 4 个杂

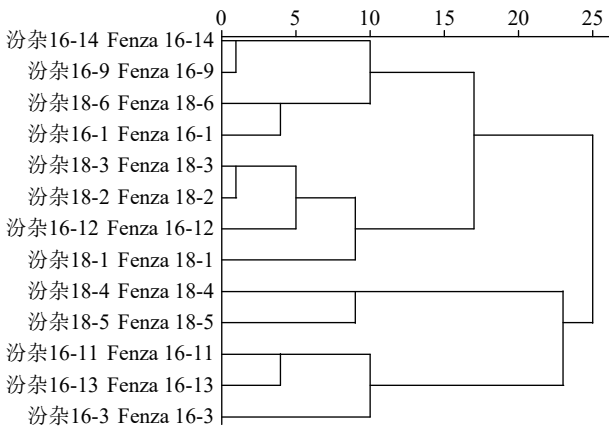


图 1 4 种类型谷子杂交种聚类分析
Fig.1 Cluster analysis of four type foxtail millet hybrids

交种的母本均为汾 6A。第 2 类中偏短穗型 4 个杂交种中有 3 个的母本为汾 92A，其中汾杂 16-12 母本为汾 6A，父本 k15-9 属于长穗型，杂交种介于双亲之间，偏短穗型。第 3 类中偏长穗型 2 个杂交种为同一个父本 k33-15，母本分别为汾 21A6 和汾 92A。第 4 类长穗型的 3 个杂交种的母本均为汾 21A6。结果说明，杂交种的穗长与母本穗长关系密切。对 4 种类型杂交种穗长和产量进行方差分析，结果（表 4 和表 5）表明，4 种类型谷子穗长之间有显著性差异，4 种类型杂交种产量间差异也显著。

表 4 4 种类型谷子杂交种穗长方差分析
Table 4 Analysis of variance of spike length of four type foxtail millet hybrids

差异源 Source of variation	平方和 SS	自由度 df	均方 MS	F 值 F-value	Fα F _{0.05}
组间 Intersection	28.49907	3	9.499691	4.310835	2.874187
组内 Intra-block	77.12873	35	2.203678		
总计 Total	105.62780	38			

表 5 4 种类型谷子杂交种产量方差分析
Table 5 Analysis of yield variance of four type foxtail millet hybrids

差异源 Source of variation	平方和 SS	自由度 df	均方 MS	F 值 F-value	Fα F _{0.05}
组间 Intersection	23 208.53	3	7736.178	15.33936	3.049125
组内 Intra-block	11 095.37	22	504.335		
总计 Total	34 303.90	25			

对 4 种类型谷子杂交种产量与性状的相关性分析（表 6）发现，产量与经济系数呈显著正相关，除此之外，短穗型杂交种产量与穗码密度和有效分蘖数呈显著正相关；中偏短穗型杂交种产量与单株粒重呈显著正相关；中偏长穗型杂交种产量与穗粗、穗码密度、有效分蘖数和出谷率呈显著正相关；长穗型杂交种产量与有效分蘖数和出谷率呈显著正相关。

表 6 4 种类型谷子杂交种产量与性状相关系数
Table 6 The correlation coefficient between yield and traits for four type foxtail millet hybrids

穗型 Panicle type	穗粗 Panicle diameter	穗码密度 Panicle density	穗颈长 Neck length	有效分蘖数 Effective tillers	单株草重 Grass weight per plant	单株穗重 Panicle weight per plant	单株粒重 Grain weight per plant	经济系数 Economic coefficient	出谷率 Milled millet percentage	千粒重 1000-grain weight
短穗型 Short panicle	-0.466	0.671*	-0.640	0.711*	-0.730	-0.199	-0.060	0.596*	0.260	0.329
中偏短穗型 Mid-to-short panicle	0.371	-0.387	-0.372	-0.800	-0.073	0.293	0.479*	0.669*	0.384	-0.592
中偏长穗型 Mid-to-long panicle	1.000	1.000	-1.000	1.000	-1.000	-1.000	-1.000	1.000	1.000	-1.000
长穗型 Long panicle	-0.204	0.381	0.450	0.537*	-0.950	-0.080	0.493	0.979*	0.951*	-0.945

“*” 表示相关性达显著水平 ($P < 0.05$)
“*” indicates correlation at significant level ($P < 0.05$)

3 讨论

谷子具备多数禾本科作物共有的形态特征，

对其株高、分枝分蘖性、穗重、出谷率、千粒重等性状的解析能够进一步指导育种过程^[19]，因此通过性状改良提高谷子产量一直是育种者关注的

问题。孙宇燕等^[20]对春谷主要农艺性状和品质性状的变异进行了分析,为春谷种质资源和杂交亲本选配提供了参考依据;任月梅^[21]对春播区谷子产量构成的主要农艺性状进行相关性和通径分析,提出了主茎高度和穗长适中、植株紧凑的育种目标。本研究针对不同杂交种进行产量与相关性状分析发现,谷子杂交种产量与出谷率之间存在显著正相关,单株穗重与单株粒重之间存在极显著正相关,单株粒重和经济系数之间存在显著正相关,千粒重与穗长之间存在显著正相关,仅穗颈长与产量相关性状指标之间未达到显著水平,说明出谷率是影响杂交种产量的主要因素,同时还与单株穗重和单株粒重呈正相关,说明谷子杂交种产量是多个农艺性状共同作用的结果^[22-24]。魏玮等^[25]通过灰色关联度分析发现,出谷率与张杂谷产量的关联度最大,其次是千粒重。本研究对谷子杂交种产量与千粒重、株高等8个主要农艺性状的回归分析得出,产量与穗粗、出谷率和千粒重呈显著正相关,与前人^[22-25]研究相符。因此,谷子杂交种选育过程中,应该对这3个性状值均高的品种更加关注。

杂种优势利用是提高作物产量的有效途径,近年来,杂种优势的应用大大提高了水稻和玉米等作物的产量。谷子杂种优势研究^[26]表明,杂交种的产量比亲本高68%,说明谷子具有极强的杂种优势。本研究通过对4种类型谷子杂交种聚类分析发现,短穗型的母本均为汾6A,长穗型的母本均为汾21A,说明杂交种穗长与亲本有密切关系,因此选择优良亲本是育种成功的重要因素^[27]。对4种类型谷子杂交种产量与性状特征的研究表明,不同类型谷子杂交种产量的影响因素不同。短穗型杂交种产量与穗码密度和有效分蘖数有关;中偏短穗型杂交种产量主要受到单穗粒重影响;中偏长穗型和长穗型杂交种产量主要由出谷率决定。因此,选育短穗型杂交种以穗码密度大、分蘖性强为主,选育长穗型杂交种则主要关注出谷率高的品系。本研究对4类谷子杂交种产量和性状特征进行分析结果说明,针对不同类型的谷子杂交种,对其农艺性状选择应有不同侧重。

4 结论

出谷率是影响杂交种产量的主要因素,穗长对杂交种千粒重影响较大。不同类型杂交种产量

的影响因素不同,短穗型杂交种产量与穗码密度和有效分蘖数呈显著正相关;中偏短穗型杂交种产量与单株粒重呈显著正相关;中偏长穗型杂交种产量与穗粗、穗码密度、有效分蘖数及出谷率呈显著正相关;长穗型杂交种产量与有效分蘖数和出谷率呈显著正相关。

参考文献

- [1] Zhang G, Liu X, Quan Z, et al. Genome sequence of foxtail millet (*Setaria italica*) provides insights into grass evolution and biofuel potential. *Nature Biotechnology*, 2012, 30(6): 549-554.
- [2] 刁现民. 育种创新造就谷子种业新发展. *中国种业*, 2022(4): 4-7.
- [3] 李艳, 马庆州, 王彦辉, 等. 谷子种质资源重要性状的统计分析. *江苏农业科学*, 2020, 48(5): 88-91.
- [4] Diao X M, Jia G Q. Foxtail millet breeding in China//Doust A, Diao X M. *Genetics and Genomics of Setaria*. Springer International Publishing, 2017: 93-113.
- [5] 崔文生, 马洪锡, 张德勇. 谷子雄性不育系“蒜系28”的选育与利用. *中国农业科学*, 1979(1): 43-46.
- [6] 王玉文, 李会霞, 田岗, 等. 谷子高异交结实雄性不育系的创制及应用. *中国农业科学*, 2010, 43(4): 680-689.
- [7] 陈茜午, 温蕊, 张永虎, 等. 谷子育种研究进展. *贵州农业科学*, 2021, 49(5): 10-16.
- [8] 程汝宏, 刘正理. 我国谷子育种目标的演变与发展趋势. *河北农业科学*, 2003 (增1): 95-98.
- [9] 邱凤仓, 冯小磊. 我国谷子杂优利用回顾、现状与发展方向. *中国种业*, 2013(3): 11-12.
- [10] 周花, 戴丽君, 李永平, 等. 11个谷子新品种的主要农艺性状灰色关联度分析与综合评价. *甘肃农业科技*, 2020(12): 25-30.
- [11] 赵杰, 杜伟建, 韩浩坤, 等. 杂交谷子株高与产量性状分析. *山西农业科学*, 2013, 41(3): 215-218.
- [12] 贾小平, 李剑峰, 赵渊, 等. 谷子抽穗期与农艺性状的相关与回归分析. *植物遗传资源学报*, 2019, 20(3): 634-645.
- [13] 李志江, 马金丰, 李延东, 等. 东北春谷区近年来谷子育成品种的评价. *中国农业科学*, 2017, 50(23): 4507-4518.
- [14] 魏萌涵, 解慧芳, 邢璐, 等. 华北地区谷子产量与农艺性状的综合评价分析. *作物杂志*, 2018(4): 42-47.
- [15] 张华, 王秀全, 何丹, 等. 西南地区玉米高产稳定性与主要农艺性状的回归及相关分析. *南方农业学报*, 2013, 44(10): 1625-1628.
- [16] 鲁清, 刘浩, 李海芬, 等. 花生不同株型主要农艺性状的相关分析及其对单株产量的影响. *热带作物学报*, 2019, 40(6): 1115-1121.
- [17] 李金琴, 张智勇, 何智彪, 等. 矮秆蓖麻杂交种产量与主要农艺性状的相关及多元回归分析. *内蒙古民族大学学报(自然科学版)*, 2010, 25(1): 40-43.
- [18] 曹鹏鹏, 王士岭, 王富建. 大豆主要农艺性状与产量相关性分析. *安徽农业科学*, 2015, 43(36): 18-26.
- [19] 贾冠清, 刁现民. 谷子[*Setaria italica* (L.) P. Beauv.]作为功能基因组研究模式植物的发展现状及趋势. *生命科学*, 2017, 29(3): 292-301.
- [20] 孙宇燕, 李书田, 陈晓敏, 等. 春谷子农艺和品质性状的变异分析. *干旱地区农业研究*, 2015, 33(2): 62-69.
- [21] 任月梅. 春播早熟区谷子主要农艺性状相关和通径分析. *内蒙古农业科技*, 2004(1): 13-22.

- [22] 刘正理, 程汝宏, 张凤莲, 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. 中国生态农业学报, 2007, 15(5): 135-138.
- [23] 杨成元. 春谷产量与其相关性状的关联度分析. 杂粮作物, 2002, 22(5): 259-261.
- [24] 黄英杰, 张岩. 谷子品种产量及主要产量构成因素稳定性的分析. 作物杂志, 2002(5): 43-44.
- [25] 魏玮, 赵芳, 张晓磊, 等. 张杂谷谷子主要农艺性状与产量的灰色关联度分析. 农业科技通讯, 2019(9): 182-188.
- [26] Siles M M, Russell W K, Tensperger B D, et al. Heterosis for grain yield and other agronomic traits in foxtail millet. Crop Science, 2004, 12(1): 1960-1965.
- [27] Song G Y, Guo Z B, Liu Z W, et al. The phenotypic predisposition of the parent in F1 hybrid is correlated with transcriptome preference of the positive general combining ability parent. BMC Genomics, 2014, 15: 297.

Correlation and Regression Analysis between Yield and Main Agronomic Traits in Foxtail Millet Hybrids

Shi Guanyan¹, Wang Juanfei¹, Ma Huifang¹, Zhao Xiongwei²

(¹Industrial Crop Institute, Shanxi Agricultural University, Taiyuan 030031, Shanxi, China;

²College of Life Sciences, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, Shanxi, China)

Abstract In order to clarify the main factors affecting millet hybrids yield, correlation and regression analysis of yield and main agronomic traits of four types foxtail millet hybrids including short panicle type, mid-to-short panicle type, mid-to-long panicle type and long panicle type were studied. The results showed that panicle length and yield were significant difference among four types of foxtail millet hybrids. Correlation analysis displayed that there was a significant positive correlation between the yield and milled millet percentage; and there were very significant positive correlations between panicle weight per plant and grain weight per plant, and the economic coefficient. There were significant positive correlations between effective tillers and panicle weight per plant, grain weight per plant and economic coefficient. There was a significant positive correlation between the panicle density and the grass weight per plant. There was a significant correlation between 1000-grain weight and panicle length. Regression analysis results showed that panicle diameter, milled millet percentage and 1000-grain weight were positively correlated with foxtail millet hybrids yield.

Key words Millet hybrids; Yield; Agronomic traits; Correlation analysis; Regression analysis