

几个藜麦品种在凉山州的产量稳定性及适应性分析

华劲松¹, 阿力里呷², 戴红燕¹, 陈理权³, 周锡勇⁴

(1.西昌学院,四川 西昌 615000;2.普格县农业农村局,四川 普格 615300;

3.会理县农业农村局,四川 会理 615100;冕宁县农业农村局,四川 冕宁 615600)

摘要:以凉山州藜麦品种多点试验数据为基础,采用 Finlay 和 Wilkinson 模型及品种与地区互作效应估算,分析了 Blanca(v_1)、Black pixankalla(v_2)、Pasankalla(v_3)、西选 17-8(v_4)、陇藜 1 号(v_5)、陇藜 2 号(v_6)、陇藜 3 号(v_7)、青藜 1 号(v_8) 等 8 个藜麦品种在凉山州的丰产稳定性和适应性。结果表明,不同品种在不同地区的产量表现存在着极显著差异, v_4 为高产较稳定型品种,在不同的试验场点均表现出较好的丰产性,具有较好适应性, v_1 、 v_5 为高产不稳定型品种,在适宜的地区产量表现较好,具有特殊的适应性, v_8 、 v_2 、 v_6 为较高产稳定型品种,产量尚可,但具有较广泛的适应性; v_7 、 v_3 为低产稳定型品种,不适宜该地区种植。

关键词:藜麦;多点试验;稳定性;适应性;凉山州

中图分类号:S519 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2020)01-0001-04

Analyses on Yield Stability and Adaptability of Several Quinoa Varieties in Liangshan Prefecture

HUA Jingsong¹, ALI Liga², DAI Hongyan¹, CHEN Liqian³, ZHOU Xiyong⁴

(1. Xichang University, Xichang, Sichuan 615013, China; 2. Agricultural Bureau of Puge County Government, Puge, Sichuan 615300, China; 3. Agricultural Bureau of Huili County Government, Huili, Sichuan 615100, China; 4. Agricultural Bureau of Mianning County Government, Mianning, Sichuan 615600, China)

Abstract: Based on data from multi-site tests in Liangshan prefecture, using Finlay and Wilkinson models and estimating interactive effects between varieties and test sites, we analyzed the yield stability and adaptability of eight varieties of quinoa, i.e., Blanca (v_1), Black pixankalla (v_2), Pasankalla (v_3), Xixuan 17-8 (v_4), Long quinoa 1 (v_5), Long quinoa 2 (v_6), Long quinoa 3 (v_7), and Qing quinoa 1 (v_8) in Liangshan prefecture. The results showed that the yield performance of different varieties differed significantly in different test sites. The v_4 was a high-yield and stable variety, which showed good yield and adaptability in different test sites. The v_1 and v_5 were high-yield and unstable varieties, which showed good yield performance and special adaptability in suitable environments. The v_8 , v_2 and v_6 were high-yield and stable varieties with modest yields but have a wider range of adaptability. The low-yield and stable varieties of v_7 and v_3 are not suitable for planting in Liangshan region.

Keywords: quinoa; multi-site test; stability; adaptability; Liangshan Prefecture

藜麦(*Chenopodium quinoa* willd.) 又称藜谷、南美藜、昆诺阿藜等, 苋科藜属一年生双子叶植物, 原产于南美洲安第斯山地区, 已有 5 000 ~ 7 000 年的种植历史, 是古印加民族的主要粮食作物之一^[1-2]。藜麦营养价值极高^[3], 被联合国粮农组织(FAO)正式推荐为适宜人类食用的“全营养食品”。同时具有耐寒、耐旱、耐瘠薄、耐盐碱等特性, 对农业生态系统的可持续发展具有十分重要的意义^[4-6]。20 世纪以来, 欧洲的英国、法国、意大利、土耳其、摩洛哥和

希腊, 非洲的马里和肯尼亚, 北美洲的美国和加拿大, 以及亚洲的印度和中国等国家均开展了藜麦的引种和试种^[7-10]。特别是我国随着人们对藜麦认识的提高, 近年来种植面积越来越大, 已成为原产国以外种植面积最大的国家之一, 且有逐年增加的趋势^[11]。引种试种是否成功, 在技术上很大程度上取决于引入地的生态条件和生态相似性, 凉山州地处云贵高原, 纬度低、海拔高、昼夜温差大, 生态环境与藜麦原产地有较高的相似性, 具有较好的种植条

件。多点试验是引种和品种选育过程中评价新品种(系)的一个重要环节,采用适当而有效的分析方法,可以剖析和利用试验获得的数据对参试品种(系)稳定性和适应性做出较为客观的评价^[12]。为此,西昌学院高原及亚热带作物重点实验室于2018年在凉山州不同生态区开展了藜麦品种多点试验,通过对试验数据进行分析,以鉴定引进和选育的品种(系)在不同环境下的产量表现,同时确定其对环境变化的稳定性及其适宜区域,为下一步试验和应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

参试品种8个($v=8$),分别为 Blanca(v_1 ,来源秘鲁)、Black pixankalla(v_2 ,来源玻利维亚)、Pasankalla(v_3 ,来源秘鲁)、西选17-8(v_4 ,西昌学院高原及亚热带作物重点实验室选育)、陇藜1号(v_5 ,甘肃省农业科学院选育)、陇藜2号(v_6 ,甘肃省农业科学院选育)、陇藜3号(v_7 ,甘肃省农业科学院选育)、青藜1号(v_8 ,青海三江沃土生态农业科技有限公司选育)。

1.2 试验地点

设5个试验场点($l=5$),分别为西昌市西宁镇(l_1 ,海拔1525m,年平均气温17.5℃)、冕宁县森荣乡(l_2 ,海拔1930m,年平均气温13.5℃)、普格县五道箐乡(l_3 ,海拔2110m,年平均气温12℃)、布拖县火烈乡(l_4 ,海拔2360m,年平均气温10.5℃)、会理县太平镇(l_5 ,海拔1750m,年平均气温15.5℃)。

1.3 试验设计

各试验场点统一试验方案,采用随机区组设计,3次重复($r=3$),小区面积24m²(2m×12m),地膜覆盖宽窄行种植,宽行65cm,窄行35cm,窝距30cm,每小区留苗160株,折合种植密度6.67万株/hm²。各试验场点根据土壤墒情和气候情况,于4月上旬至5月中旬播种,播种前每小区施用复合肥2kg(复合肥总养分≥40%, $m(N):m(P):m(K)=22:9:9$)和农家肥40kg。产量分析以各试验场点小区产量作为分析数据。

1.4 分析方法

运用Excel2010和SPSS19.0分析软件进行数据统计分析。采用Finlay和Wilkinson模型测定各品种的稳定性,以参试品种在各试验场点的平均产量为因变量,各试验场点全部供试品种的平均产量作为地区环境指数(y_1),以此为自变量进行回归分析,以其回归系数的大小来度量品种的稳定性。

当 $b=1$ 时,表示该品种具有平均稳定性;当 $b<1$ 时,表示该品种的稳定性的稳定性高于平均稳定性;当 $b>1$,表示该品种的稳定性的稳定性低于平均稳定性^[13]。参照胡秉民等^[14]分析法估算各品种在不同试验场点的交互作用及适应性。

2 结果与分析

2.1 多点试验结果的方差分析

对各试验场点的试验结果(表1)逐个进行方差分析,计算出各项平方和(SS)、自由度(df)及均方(MS),根据各点的误差均方进行Bartlett氏法测验。计算公式($i=1,2,\dots,v;j=1,2,\dots,l$):

$$S^2 = \sum v_i S_i^2 / \sum v \quad (\sum v = v_1 + v_2 + \dots + v_l), \quad (1)$$

$$C = 1 + [(\sum (1/v_i) - 1/\sum v) / (3(l-1))], \quad (2)$$

$$x^2 = [(\sum r_{ij}) \ln S^2 - \sum r_{ij} \ln S_j^2] / C. \quad (3)$$

测验结果 $x^2=2.75 < x^2_{0.05}=23.68$,说明各试验场点误差均方间差异不显著,各误差均方同质,因此将各试点的试验结果合并进行联合分析。

表1 多点试验各试验场点藜麦小区产量 kg/24m²

试验场点	区组	品种								T_{jk}	$T_{.j}$
		v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_6	v_7	v_8		
西昌市安宁镇(l_1)	I	8.30	5.80	4.20	6.90	7.80	5.50	4.70	7.40	50.60	
	II	7.30	5.90	4.40	7.90	6.60	6.60	3.80	7.60	50.10	
	III	7.00	7.40	3.20	7.30	6.80	5.90	5.10	6.90	49.60	
	T_{1i}	22.60	19.10	11.80	22.10	21.20	18.00	13.60	21.90	150.30	
冕宁县森荣乡(l_2)	I	4.40	4.20	3.30	6.70	5.70	3.00	3.20	3.70	34.20	
	II	4.90	4.80	2.60	5.20	5.50	3.50	4.50	4.00	35.00	
	III	5.10	4.70	2.90	5.50	4.80	3.80	3.00	4.60	34.40	
	T_{2i}	14.40	13.70	8.80	17.40	16.00	10.30	10.70	12.30	103.60	
普格县五道箐(l_3)	I	6.40	5.50	3.10	5.30	5.40	4.40	3.90	5.30	39.30	
	II	5.90	4.70	4.50	6.40	4.70	5.10	4.50	5.40	41.20	
	III	6.00	5.00	3.90	6.50	5.50	4.70	4.20	4.80	40.60	
	T_{3i}	18.30	15.20	11.50	18.20	15.60	14.20	12.60	15.50	121.10	
布拖县火烈乡(l_4)	I	4.40	4.70	4.00	5.40	3.80	3.90	4.50	3.80	34.50	
	II	3.60	4.20	3.20	5.70	4.50	4.40	4.20	4.00	33.80	
	III	4.60	5.20	3.00	4.70	3.70	4.60	3.60	4.50	33.90	
	T_{4i}	12.60	14.10	10.20	15.80	12.00	12.90	12.30	12.30	102.20	
会理县太平镇(l_5)	I	7.30	7.20	4.00	7.60	9.20	5.60	5.60	6.80	53.30	
	II	8.30	6.50	4.70	8.30	7.60	5.80	4.70	7.10	53.00	
	III	7.40	6.30	4.40	9.10	7.40	6.40	5.20	7.90	54.10	
	T_{5i}	23.00	20.00	13.10	25.00	24.20	17.80	15.50	21.80	160.40	
$T_{.j}$	90.9	82.1	55.4	98.5	89.0	73.2	64.7	83.8	$T_{\dots}=637.6$		

由表1计算各变异来源的平方和与自由度,列方差分析表2,进行F测验。由于品种间F值为15.16,大于 $F_{0.01(7,28)}$,品种产量间存在极显著差异;同时品种×地区交互作用F值为2.75,大于 $F_{0.01(28,70)}$,品

种×地区交互作用达到极显著,说明不同品种在不同的试验场点,即不同的环境条件下所表现的稳定性存在着极显著差异,因此需对品种的稳定性和适应性作进一步分析。

表2 8个品种在5个试验场点联合试验结果方差分析表

变异来源	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
地区内区组间	10	0.458 333	0.045 833			
地区间	4	118.937 8	29.734 46	648.75**	3.48	5.99
品种间	7	96.378 67	13.768 38	15.16**	2.36	3.36
品种×地区	28	25.435 5	0.908 411	2.751**	1.58	1.9
误差	70	23.09	0.329 833			
总变异	119	264.298 7				

注:**表示差异达极显著($P < 0.01$)水平。

2.2 品种稳定性分析

根据 Finlay 和 Wilkinson 模型,计算出各品种的平均产量和回归系数(b)列于表3。从表中可以看出, v_4 产量最高,且回归系数 $b=1$,说明该品种具有平均稳定性,对环境适应性较好,在不同环境中产量差异不大,表现出有较大的丰产性能; v_1 、 v_5 的产量较高,回归系数 $b > 1$,说明这2个品种稳定性低于平均水平,对环境反应敏感,在不同环境中产量差异较大,在有利的环境条件下,可以表现出有较大的丰产潜力; v_8 、 v_2 、 v_6 的产量一般,但回归系数 $b < 1$,说明这3个品种稳定性较好,对环境反应迟钝,在不同环境中产量差异不大,具有较为广泛的适应区域; v_7 、 v_3 产量较低,回归系数 $b < 1$,表现为稳定的低产特性。

表3 藜麦品种平均产量和回归系数

品种	平均产量/(kg·24m ²)	折合产量/(kg·hm ²)	回归系数(b 值)
v_1	6.06	2 525.00	1.37
v_2	5.47	2 280.56	0.87
v_3	3.69	1 538.89	0.44
v_4	6.57	2 736.11	1.00
v_5	5.93	2 472.22	1.37
v_6	4.88	2 033.33	0.93
v_7	4.31	1 797.22	0.48
v_8	5.59	2 327.78	1.43

2.3 品种多点试验交互作用效应及其适应性分析

由(4)式计算出每个品种在各试验场点的交互作用值(vl) _{ij} ,得表4。

$$(vl)_{ij} = \bar{x}_{ij} - \bar{x}_{.j} - \bar{x}_{i.} + \bar{x} \dots$$

$$(i=1, 2, \dots, v; j=1, 2, \dots, l), \quad (4)$$

根据不同品种与各试验场点交互作用值的大小,可确定各品种最适宜种植的场点(区域)。 v_4 、 v_5

在各试验场点中均以 l_5 试验场点种植最为适宜,其次是 l_2 试验场点, v_1 和 v_8 于 l_1 试验场点种植最为适宜, v_2 、 v_3 、 v_6 、 v_7 于 l_4 试验场点最为适宜。

表4 不同品种与各试验场点的交互作用值(vl) _{ij}

品种	试验场点				
	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5
v_1	0.53	-0.27	0.30	-0.81	0.24
v_2	-0.05	0.08	-0.15	0.28	-0.14
v_3	-0.70	0.23	0.40	0.76	-0.70
v_4	-0.14	0.22	-0.24	-0.25	0.43
v_5	0.19	0.39	-0.47	-0.88	0.76
v_6	0.18	-0.42	0.11	0.47	-0.32
v_7	-0.72	0.24	0.15	0.84	-0.52
v_8	0.77	-0.50	-0.16	-0.44	0.31

进一步对同一试验场点内的不同品种平均产量间进行比较,将表1各试验场点品种平均产量按高低顺序排列并进行多重比较见表5。由表5可看出每一个试验场点最适宜种植的品种,在 l_1 和 l_3 试验场点中, v_1 品种产量最高,但与 v_4 、 v_8 、 v_5 品种产量差异未达显著水平,所以 l_1 试验场点和 l_3 试验场点最适宜种植 v_1 品种,其次是 v_4 、 v_8 、 v_5 品种。 l_2 、 l_5 试验场点 v_4 品种产量最高,但与 v_5 和 v_1 品种产量差异未达极显著水平,所以 l_2 试验场点和 l_5 试验场点最适宜种植 v_4 品种,其次是 v_5 、 v_1 品种; l_4 试验场点除 v_3 品种外,其余各品种间产量差异均未达到极显著水平,品种 v_4 、 v_2 、 v_6 与品种 v_1 、 v_7 、 v_8 、 v_5 间差异达显著水平,所以 l_4 试验场点最适宜种植 v_4 品种,其次是 v_2 、 v_6 品种。

3 结论

品种评价必须针对特定品种生态区才有意义,作物品种多点试验可有效地研究品种与环境因素之间的关系^[15]。凉山州藜麦品种多点试验结果表明,不同品种在不同地区的产量表现存在着极显著差异,通过品种稳定性和品种×地区的互作效应分析,可以初步判定品种的适宜范围,进而再由地区与品种各处理组合的平均产量多重比较可确定各试验地区最适宜的品种。参试的8个品种中, v_4 品种回归系数 $b=1$,且平均产量最高(2 736.11 kg/hm²),表明该品种属于高产较稳定型品种,即在不同的环境条件下均表现出较好的丰产性,适宜于不同地区种植; v_1 、 v_5 的平均产量分别为2 525.00 kg/hm²、2 472.22 kg/hm²,产量较高,但回归系数 $b > 1$,属于高产不稳定型品种,即在适宜的条件下可以表现出较好的丰产性能,可以选择适合的区域有针对性地进行种植; v_8 、 v_2 、 v_6 产量在各试验场点

表5 各试验场点品种平均产量间的比较

kg/24m²

<i>l</i> ₁		<i>l</i> ₂		<i>l</i> ₃		<i>l</i> ₄		<i>l</i> ₅	
品种	\bar{x} 与显著性测验	品种	\bar{x} 与显著性测验	品种	\bar{x} 与显著性测验	品种	\bar{x} 与显著性测验	品种	\bar{x} 与显著性测验
<i>v</i> ₁	7.53 a A	<i>v</i> ₄	5.80 a A	<i>v</i> ₁	6.10 a A	<i>v</i> ₄	5.27 a A	<i>v</i> ₄	8.33 a A
<i>v</i> ₄	7.37 ab A	<i>v</i> ₅	5.33 ab AB	<i>v</i> ₄	6.07 a A	<i>v</i> ₂	4.70 ab AB	<i>v</i> ₅	8.07 ab A
<i>v</i> ₈	7.30 ab AB	<i>v</i> ₁	4.80 b ABC	<i>v</i> ₅	5.20 ab AB	<i>v</i> ₆	4.30 abc AB	<i>v</i> ₁	7.67 ab AB
<i>v</i> ₅	7.07 ab AB	<i>v</i> ₂	4.57 b ABCD	<i>v</i> ₈	5.17 ab ABC	<i>v</i> ₁	4.20 bc AB	<i>v</i> ₈	7.27 bc AB
<i>v</i> ₂	6.37 bc AB	<i>v</i> ₈	4.10 bc BCDE	<i>v</i> ₂	5.07 ab ABC	<i>v</i> ₇	4.10 bc AB	<i>v</i> ₂	6.67 cd BC
<i>v</i> ₆	6.00 c B	<i>v</i> ₇	3.57 cd CDE	<i>v</i> ₆	4.73 bc ABC	<i>v</i> ₈	4.10 bc AB	<i>v</i> ₆	5.93 de CD
<i>v</i> ₇	4.53 d C	<i>v</i> ₆	3.43 cd DE	<i>v</i> ₇	4.20 bc BC	<i>v</i> ₅	4.00 b cAB	<i>v</i> ₇	5.17 ef DE
<i>v</i> ₃	3.93 d C	<i>v</i> ₃	2.93 d E	<i>v</i> ₃	3.83 c C	<i>v</i> ₃	3.40 c B	<i>v</i> ₃	4.37 f E

注:同列数据后的不同大小写字母分别表示差异为0.01和0.05显著水平。

均表现一般,回归系数 $b < 1$,属于较高产稳定型品种,即具有较广泛的适应性;*v*₇、*v*₃产量较低,且回归系数 $b < 1$,属于低产稳定型品种,不适宜在该地区种植。

参考文献:

[1] ZURITA-SILVA A, FUENTES F, ZAMORA P, et al. Breeding quinoa(*Chenopodium quinoa* Willd.):potential and perspectives[J]. Molecular Breeding, 2014,34:13-30.

[2] BAZILE D, BERTERO D, NIETO C. State of the art report of quinoa in the world in 2013.Rome:FAO&CIRAD,2015.

[3] PREGO I, MALDONADO S,OTEGUI M.Seed structure and localization of reserves in *Chenopodium quinoa*[J], Annals of Botany 82,481-488.

[4] GONZ A LEZ J A,GALLARDO M,HILAL M, et al.Physiological responses of quinoa (*Chenopodium Quinoa* willd.) to drought and waterlogging stresses: dry matter partitioning[J]. Botanical Studies, 2009,50(1):35-42.

[5] JACOBSEN S E, MONTEROS C, CORCUERA L J, et al. Frost resistance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. European Journal of Agronomy, 2007,26(4):471-475.

[6] JENSEN C R, JACOBSEN S E,ANDERSEN M N,et al. Leaf gas exchange and water relation characteristics of field quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) during soil drying[J]. European Journal of Agronomy, 2000,13(1):11-25.

[7] JACOBSEN S E. Adaptation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) to Northern European agriculture: studies on developmental pattern[J]. Euphytica,1997,93(1):41-48.

[8] CHRISTENSEN S A,PRATT D B,PRATT C, et al. Assessment of genetic diversity in the USDA and CIP-FAO international nursery collections of quinoa(*Chenopodium quinoa* Willd.)using microsatellite markers[J].Plant Genetic Resources,2007,5(2): 82-95.

[9] OYOO M E, GITHIRI S M, AYIECHO P O. Performance of some quinoa(*Chenopodium Quinoa* willd.) genotypes in Kenya[J]. South African Journal of Plant and Soil, 2010,27(2):187-190.

[10] BHARGAVA A, SHUKLA S, OHRI D. *Chenopodium quinoa* An Indian perspective[J]. Industrial Crops and Products, 2006, 23(1): 73-87.

[11] 任贵兴,杨修任,么杨.中国藜麦产业现状[J].作物杂志,2015(5):1-5.

[12] 姚霞,李伟,颜泽洪,等.四川小麦新品系区域试验产量稳定性分析[J].四川农业大学学报, 2005,23(4):387-389.

[13] 舒文涛,耿臻,杨青春,等.国审大豆新品种“周豆23号”丰产性、稳产性、适应性分析[J].农学学报,2016,6(12):8-10.

[14] 胡秉民.作物品种多点试验互作效应估计方法的探讨[J].种子,1983(4):32-36.

[15] 孙敏,蒋文敏,李慧英,等.应用GGE双标图进行向日葵杂交种产量稳定性分析[J].黑龙江农业科学,2010(9):11-13.

(责任编辑:曲继鹏)