

基于秩次分析法评价苦荞品种产量稳定性

陈佳, 张盼盼, 徐冰沁, 高金锋, 王鹏科,
高小丽, 屈洋, 冯佰利*

(西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 选取参加国家苦荞品种区域试验的9个苦荞品种(品系)在19个试验环境点的数据资料, 使用非参数统计方法—秩次分析法对参试品种的产量进行综合分析与评价。结果表明, 九江苦荞属于较高产、稳定型品种; 云荞2号属较高产、稳定型品种; WK-189属于高产、平均稳定型品种; 西荞3号属于较高产、平均稳定型品种; 凤苦2号和凤苦3号属于较高产、低稳定型品种。

关键词: 苦荞; 秩次分析法; 区域试验; 产量; 稳定性

中图分类号: S517 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)03-0041-05

苦荞(*Fagopyrum tataricum*)属于蓼科(*Polygonaceae*)荞麦属(*Fagopyrum Gaertn.*), 主要分布在我国西南的高寒山区^[1-2]。它不仅营养全面, 而且药用价值很高, 是一种粮药兼用作物^[3]。苦荞含有丰富的黄酮类物质及膳食纤维, 高于甜荞、玉米等, 有降血糖、尿酸和降血脂的作用, 还有减肥、美容、抗衰老等功效^[2]。但由于新品种较少, 栽培面积小, 产量不高, 苦荞产业发展受到严重制约。因此, 开展苦荞品种区域试验, 筛选高产优质苦荞品种, 客观评价品种的产量性能和稳定性具有十分积极的意义。目前, 有关多年多点试验材料的分析方法很多, 张群远等^[4]研究表明, 回归分析方法尽管应用广泛, 但模型不适合就难以继续。金文林等^[5]提出, 联合方差分析处理区试地点不固定、区试点报废等情况下的数据资料, 很有可能做出不公正的评价, 而秩次分析法可以利用环境区分指数克服这一问题, 并且计算简便, 使数据分析的工作效率大大提高, 同时对各参试品种的理论产量也能进行有效的估算^[5], 因此该方法已在水稻^[6]、大豆^[7]、绿豆^[8]、玉米^[9]等作物中得到应用。本研究采用秩次分析法, 对国家苦荞品种(南方组)区域试验结果进行分析, 从中筛选高产稳产、符合市场需要的优良品种, 为国家苦荞品种鉴定、推广提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

试验于2009—2010年在我国南方10个苦荞主

产区进行, 2009年有效参试点9个, 2010年有效参试点10个。不同年份与试验点的组合称为不同的试验环境^[9], 在本研究中, 两年共有19个试验环境, 依次为A(四川昭觉)、B(重庆永川)、C(贵州威宁)、D(贵州兴义)、E(云南丽江)、F(云南昆明)、G(云南昭通)、H(云南迪庆)、I(西藏拉萨)、J(四川昭觉)、K(四川西昌)、L(重庆永川)、M(贵州威宁)、N(贵州兴义)、O(云南丽江)、P(云南昆明)、Q(云南昭通)、R(云南迪庆)、S(西藏拉萨)。试验共选用9个苦荞品种, 分别为云荞2号(KQ-1)、平选01-005(KQ-2)、KL9943(KQ-3)、九江苦荞(KQ-4)、定苦2001-3(KQ-5)、WK-189(KQ-6)、西荞3号(KQ-7)、凤苦2号(KQ-8)、凤苦3号(KQ-9), 以下分析均采用编号。试验按照国家苦荞新品种区试要求进行, 随机区组排列, 重复3次, 小区面积10 m²(2 m×5 m), 行距33 cm, 各试点根据当地生产情况确定留苗密度(一般留苗60~90万株/hm²)。

1.2 方 法

先用不同试验环境下得到的小区产量3次重复值和平均值进行方差分析以及多重比较, 判断出品种间有无显著差异, 无显著差异的数据删除, 继续分析有显著差异的数据, 计算出评价品种表现的平均数分级值 H_{1Mi} 和秩次值 H_{2Mi} 以及环境区分指数 $Y_M^{[1]}$ 。

在第 M 试验环境下, 将平均数显著低于 i 品种平均数的供试品种数定义为 i 品种平均数的分级值, 记为 H_{1Mi} , 那么 H_{1Mi} 值越大, 则 i 品种在第 M 试

收稿日期: 2012-02-12

基金项目: 国家自然科学基金(31071472); 农业部公益性行业(农业)科研专项(200903007); 西北农林科技大学唐仲英育种基金资助

作者简介: 陈佳(1986—), 女, 重庆潼南人, 硕士研究生, 主要从事植物资源可持续利用研究。E-mail: shelley4246@sina.com。

* 通讯作者: 冯佰利(1966—), 男, 陕西耀县人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事作物高产生态生理技术及小杂粮栽培、育种研究。E-mail: 7012766@163.com。

验环境条件下的优势越大^[5]。将各品种的 H_{1Mi} 从大到小进行排序,就记作秩次值 H_{2Mi} ,秩次值越小的品种优势越强,且 $\sum H_{2Mi} = v(v+1)/2$ (v 为参试品种数)。

用环境区分指数 (Y_M) 判断试验环境条件对品种差异的区分能力。若所有参试品种间皆有显著性差异,则品种无并列秩次值, v 个品种秩次值平方和 $C = \sum v^2$; 若所有参试品种均无显著性差异,则品种秩次相同, v 个品种秩次平方和 $C' = v(v+1)^2/4$ 。 C 和 C' 是环境区分品种能力的两种极限, C 表示能有效区分所有品种的环境值, C' 则完全相反。

$$Y_M(\%) = (\sum H_{2Mi}^2 - C')/P \times 100 (i = 1, 2, 3, \dots, v; P = C - C')$$

Y_M 值越小,说明相同秩次并列的品种数越多, Y_M 值越大,说明并列的品种数越少^[10]。当 Y_M 值小于 80%, 则该 M 环境对区分品种差异的实用信息量极小,不宜参加数据分析,该试点应予剔除^[11]。

判断品种产量性能的统计量使用参试品种在有效试验环境小区产量秩次平均值 H_{2i} , 即 H_{2i} 越小,

品种的产量性能越好;判断品种稳定性的统计量使用参试品种的秩次均方 S_i^2 , 即 S_i^2 越小,品种的稳定性越好^[11]。

$$H_{2i} = \sum H_{2Mi}/m (M = 1, 2, 3, \dots, m; m \text{ 为有效试验环境点数})$$

$$S_i^2 = [\sum H_{2ij}^2 - (\sum H_{2ij}^2)/m]/(m-1) (i = 1, 2, \dots, v, j = 1, 2, \dots, m)$$

2 结果与分析

2.1 计算各试验环境下品种的分级值 H_{1Mi} 、秩次值 H_{2Mi} 和环境区分指数 Y_M

2.1.1 品种方差分析 对 19 个试验环境下品种间的产量结果进行方差分析,经 F 测验, O (云南丽江)、R (云南迪庆)、S (西藏拉萨) 这三个试验环境下品种间差异未达到显著水平,因此将其剔除。其余 16 个试验环境下品种间差异均达到显著水平,对它们做进一步分析,计算出各环境下的最小显著差数 ($LSD_{0.05}$),见表 1。

表 1 9 个苦荞品种在 16 个试验环境点的区域试验小区产量结果 (kg)
Table 1 Grain yield of 9 tartary buckwheat varieties in 16 test environments

试验环境 Test environment	品种 Varieties									$LSD_{0.05}$
	KQ-1	KQ-2	KQ-3	KQ-4	KQ-5	KQ-6	KQ-7	KQ-8	KQ-9	
A	1.673	1.230	0.440	2.003	1.377	2.580	2.010	2.200	1.890	0.121
B	1.503	1.300	1.333	1.500	1.100	1.683	1.453	1.443	1.540	0.146
C	2.410	1.397	1.750	2.273	2.620	2.717	2.663	2.560	2.877	0.091
D	1.920	2.583	1.853	2.383	2.717	2.540	2.007	2.240	2.660	0.059
E	2.850	2.567	2.250	3.033	2.200	3.117	2.867	3.150	2.483	0.114
F	2.693	2.747	3.150	2.627	2.713	2.200	2.163	2.630	2.317	0.230
G	4.800	3.600	4.300	4.667	2.567	3.633	3.533	1.700	3.800	0.165
H	5.100	4.167	4.133	4.267	3.700	5.200	3.900	4.567	3.900	0.389
I	3.500	2.633	3.033	3.350	2.900	3.150	3.950	4.433	3.500	0.417
J	1.473	0.947	0.377	1.090	0.520	1.693	1.570	1.753	1.280	0.254
K	2.680	2.480	2.550	2.430	2.443	2.690	2.660	2.357	2.417	0.112
L	1.283	1.210	1.180	1.230	1.160	1.310	1.420	1.390	1.360	0.063
M	3.423	2.233	1.880	2.620	2.760	3.783	3.050	3.107	3.237	0.314
N	1.247	0.763	0.443	1.490	0.507	1.260	1.413	1.320	1.567	0.080
P	4.393	3.330	3.277	3.920	2.310	4.927	5.033	4.963	4.743	0.214
Q	4.667	3.000	2.000	3.167	3.667	4.667	3.667	4.667	2.000	0.218

2.1.2 各试验环境下参试品种的分级值 H_{1Mi} 、秩次值 H_{2Mi} 和环境区分指数 Y_M 据表 1 计算出 9 个品种在 16 个试验环境下的分级值 H_{1Mi} 列于表 2, 再据表 2 计算出秩次值 H_{2Mi} 和环境区分指数 Y_M 列于表 3。

由表 3 可知,各试验环境的环境区分指数均大

于等于 80%, 因此可用这 16 个试验环境的资料做进一步分析。

2.2 各品种小区产量秩次的平均值和秩次均方

根据表 3 计算各品种在有效试验环境下小区产量秩次的平均值 H_{2i} 和秩次均方 S_i^2 , 列于表 4。

表 2 16 个环境条件下 9 个苦荞品种的分级值 H_{1Mi}

Table 2 Grade numerals H_{1Mi} of 9 tartary buckwheat varieties in 16 test environments

品种 Varieties	试验环境 Test environment															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P	Q
KQ-1	3	3	3	1	4	3	7	7	3	4	6	3	6	3	4	6
KQ-2	1	1	0	5	2	3	2	1	0	2	1	0	1	2	1	2
KQ-3	0	1	1	0	0	8	6	1	0	0	3	0	0	0	1	0
KQ-4	4	3	2	4	6	3	7	1	2	2	0	1	2	6	3	2
KQ-5	2	0	4	7	0	3	1	0	0	0	0	0	2	0	0	4
KQ-6	8	7	6	5	6	0	2	7	1	5	6	4	8	3	5	6
KQ-7	4	2	5	2	4	0	2	0	7	5	5	6	3	6	6	4
KQ-8	7	1	4	3	7	3	0	5	8	6	0	6	4	3	6	6
KQ-9	4	3	8	7	2	0	5	0	3	3	0	5	4	7	5	0

表 3 各参试品种表现的秩次值 H_{2Mi} 及环境区分指数 Y_M

Table 3 Sequence numerals H_{2Mi} and environment differentiating index of different varieties

品种 Varieties	试验环境 Test environment															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P	Q
KQ-1	6	3	6	8	4.5	4	1.5	1.5	3.5	4	1.5	5	2	5	5	2
KQ-2	8	7	9	3.5	6.5	4	6	5	8	6.5	5	8	8	7	7.5	6.5
KQ-3	9	7	8	9	8.5	1	3	5	8	8.5	4	8	9	8.5	7.5	8.5
KQ-4	4	3	7	5	2.5	4	1.5	5	5	6.5	7.5	6	6.5	2.5	6	6.5
KQ-5	7	9	4.5	1.5	8.5	4	8	8	8	8.5	7.5	8	6.5	8.5	9	4.5
KQ-6	1	1	2	3.5	2.5	8	6	1.5	6	2.5	1.5	4	1	5	3.5	2
KQ-7	4	5	3	7	4.5	8	6	8	2	2.5	3	1.5	5	2.5	1.5	4.5
KQ-8	2	7	4.5	6	1	4	9	3	1	1	7.5	1.5	3.5	5	1.5	2
KQ-9	4	3	1	1.5	6.5	8	4	8	3.5	5	7.5	3	3.5	1	3.5	8.5
$Y_M(\%)$	96.7	93.3	99.2	98.3	96.7	80	95.8	92.5	95.8	97.5	90.8	95.8	98.3	95	97.5	94.2

表 4 品种平均秩次值 H_{2i} 和秩次均方差 S_i^2

Table 4 Average ranks numerals H_{2i} and rank mean square S_i^2 of varieties

品种 Varieties	ΣH_{2i}	H_{2i}	S_i^2	丰产性 High yield	稳产性 Stability yield
KQ-1	62.5	3.91	3.67	2	1
KQ-2	105.5	6.59	2.44	2	1
KQ-3	112.5	7.03	5.95	3	3
KQ-4	78.5	4.91	3.31	2	1
KQ-5	111.0	6.94	4.73	3	2
KQ-6	51.0	3.19	4.46	1	2
KQ-7	68.0	4.25	4.63	2	2
KQ-8	59.5	3.72	6.60	2	3
KQ-9	71.5	4.47	6.36	2	3
上限 Top		3.27	3.73		
下限 Bottom		6.73	5.63		

由表 4 可知,产量性能最好的品种是 KQ-6,其次是 KQ-8 和 KQ-1;产量性能最差的是 KQ-3。

稳定性较好的品种有 KQ-4、KQ-2、KQ-1;稳定性最差的品种是 KQ-8。

2.3 产量性能及稳定性综合评价

根据参试品种数计算出秩次均值 H_2 和秩次理想标准差 $S_{H2}^{[5,10-11]}$:

$$H_2 = (v + 1)/2 = 5.00$$

$$S_{H2} = [(v^2 - 1)/12]^{1/2} = 2.58$$

根据参试品种的秩次均方 S_{i2} 计算出均方均值 S^2 和均方标准差 $S_s^{2[5,10-11]}$:

$$S^2 = \sum S_i^2 / v = 4.68$$

$$S_s^2 = [\sum (S_i^2 - S^2) / (v - 1)]^{1/2} = 1.42$$

在本研究中,表现高产性能的品种秩次值 H_{2i} 上限为 $H_2 - 0.67S_{H2} = 3.27$,表现低产性能的品种秩次值 H_{2i} 下限为 $H_2 + 0.67S_{H2} = 6.73$,具有平均产量性能的品种秩次值在 3.27 ~ 6.73 之间;高于平均稳定性的秩次均方值 S_i^2 上限为 $S^2 - 0.67S_s^2 = 3.73$,低于平均稳定性的秩次均方值 S_i^2 下限为 $S^2 +$

$0.67S_5^2 = 5.63$, 具有平均稳定性的品种秩次均方在 $3.73 \sim 5.63$ 之间。

根据金文林的品种产量性能及稳定性评价模型^[5,10-11], 以 H_{2i} 为横轴, S_i^2 为纵轴作散点图, 将产量性能的上下限、稳定性的上下限用虚线表示, 由此把品种的产量和稳定性划分为 9 个区域, 见图 1。其中 5 个为典型区域: (a) 稳产高产型; (b) 高产、不稳定型; (c) 中产、平均稳定型; (d) 低产、稳定型; (e) 低产不稳定型; 其余 4 个为过渡区域。

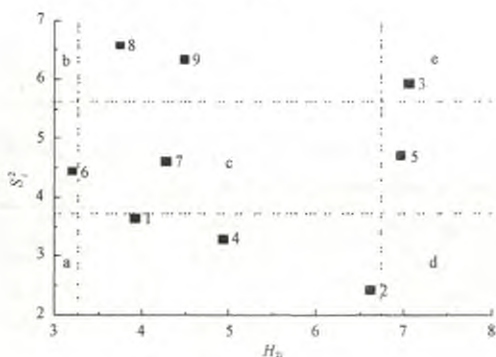


图1 苦荞品种综合评价

Fig.1 Diagram of comprehensive evaluation of tartary buckwheat varieties

由图 1 可以看出, a、b、d 区没有品种分布; c 区分布一个品种 KQ-7; e 区分布一个品种 KQ-3; 其余 7 个品种均分布在过渡区。

品种 KQ-6 的产量最高, 但稳定性在平均水平; KQ-1 较高产, 稳定性高; KQ-4 稳定性高, 但产量中等; KQ-2 稳定性最好, 但产量较低; KQ-7 位于 c 区, 属于中产、平均稳定型品种; KQ-3、KQ-5 的产量最低; KQ-8、KQ-9 的稳定性最差。

3 讨论

由本研究结果表明, KQ-6 和 KQ-1 是产量性能和稳定性均较好的品种, 该结果也与生产实际一致。在第九轮国家苦荞品种的区域试验的 9 个品种中, 有 1 个高产品种、6 个中产品种、2 个低产品种, 稳定性差异也较大, 说明不同苦荞品种对生态环境的适应性存在一定差异^[11]。

品种评价是区试的目的, 试验评价则是品种评价的基础, 二者缺一不可^[4]。能否对品种的产量性能和稳定性做出客观的评价是区域试验结果的关键。由于多环境下品种与环境互作效应形成机理的复杂性, 关于区试数据的分析还没有形成一个普遍认可的最佳模型或方法^[12], 各种分析方法也都有各

自的缺点: Franics 和 Kannenberg 模型可以将高产性与稳产性、适应性结合分析, 能客观反映品种的高产稳产及适应性, 但该方法忽视了品种与环境之间的互作效应; 高稳系数法虽然操作简便, 但该方法只考虑了环境因素和遗传因素, 忽略了二者之间的互作效应; AMMI 模型将方差分析和主成分分析结合在一起, 较好地解释了基因和环境的互作关系, 但是该方法在剔除互作中属于误差的一些成分时, 可能剔除了真实存在的互作成分, 对于年份与品种的互作效应不能得到较好的解释。秩次分析法是以方差分析为基础, 通过计算环境区分指数 Y_M , 并且赋予其一定的阈值, 来剔除试验误差过大或对品种优劣难以区分的试验环境, 从而克服这些方法的不足, 为品种鉴定提供参考依据。在本研究中, 九江苦荞在两年里的品种平均产量为 2581.0 kg/hm^2 , 而凤苦 3 号在两年里的品种平均产量为 2526.0 kg/hm^2 , 若简单进行联合方差分析和多重比较会得出九江苦荞产量较高的结论。在秩次分析的过程中, 先去掉品种间差异未达到显著水平的试验环境, 又剔除掉对品种表现区分能力较弱的试验环境, 最后得出凤苦 3 号比九江苦荞产量高的评价, 可见秩次分析法的评价结果具有一定的客观性。但是, 秩次分析法也有其不足, 它不能区分连续年度参试的不同品种, 数据不连续缺失的试验环境以及 Y_M 阈值大小的确定依据。在其实际应用中, 要结合传统的统计分析方法和国家区试的基本标准, 对品种进行综合的选择和评价。

致谢: 感谢国家苦荞品种区域试验成员单位提供相关数据资料。

参考文献:

- [1] 高金锋, 高小丽, 韩海, 等. 秩次分析法评价甜荞品种产量性能及稳定性[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(4): 185-189.
- [2] 胡珊兰, 朱若华. 不同种类燕麦和苦荞中的膳食纤维测定[J]. 食品科学, 2009, 30(23): 157-160.
- [3] 侯雅君, 张宗文, 吴斌, 等. 苦荞种质资源 AFLP 标记遗传多样性分析[J]. 中国农业科学, 2009, 42(12): 4166-4174.
- [4] 张群远, 孔繁玲, 廖琴, 等. 作物品种区域试验的评价体系及评价方法[J]. 农业系统科学与综合研究, 2000, 16(2): 81-86.
- [5] 金文林, 白琼岩. 作物区试中品种产量性状评价的秩次分析法[J]. 作物学报, 1999, 25(5): 632-638.
- [6] 余本勋, 张时龙, 何友勋, 等. 秩次分析法在水稻非平衡区试资料品种评价中的应用[J]. 现代农业科技, 2010, (15): 58-62.
- [7] 经学义. 秩次分析法在大豆品种产量评价中的应用[J]. 农业科技通讯, 2009, (9): 73-75.
- [8] 孙健敏, 高小丽, 高金锋, 等. 秩次分析法在国家绿豆品种区试

- 数据分析中的应用[J].干旱地区农业研究,2009,27(4):208-212.
- [9] 许海涛,王友华,许 波,等.应用秩次分析法对玉米品种产量表现的评价[J].北京农业,2009,(3):4-6.
- [10] 金文林.作物区试中品种稳定性评价的秩次分析模型[J].作物学报,2000,26(6):925-930.
- [11] 高小丽,孙健敏,高金锋,等.红小豆丰产性及稳定性综合评价[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2004,32(8):37-42.
- [12] 胡希远,尤海磊,任长宏,等.基于协方差阵结构优选的作物品种区域试验分析[J].作物学报,2009,35(11):1981-1989.

Evaluation of yield capability and stability of tartary buckwheat varieties by rank analysis

CHEN Jia, ZHANG Pan-pan, XU Bing-qin, GAO Jin-feng, WANG Peng-ke,
GAO Xiao-li, QU Yang, FENG Bai-li*

(College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In this research, data of 9 tartary buckwheat varieties which have participated in national regional trials in the 19 test environments were selected, using non-parametric statistical methods-rank analysis to analyze and evaluate the yield of the tested varieties comprehensively. The results show that Jiujiang tartary buckwheat has a comparatively high and stable yield; Yunqiao 2 has a high and stable yield; WK-189 has a high and generally stable yield; Xiqiao 3 has a comparatively high and generally stable yield; Fengku 2 and Fengku 3 both have comparatively high but low stable yield.

Keywords: tartary buckwheat; rank analysis; regional trial; yield; stability

(上接第40页)

Response of microclimatic environment of corn canopy to narrow-wide row planting patterns at grain-filling stage

LIU Tie-dong^{1,2}, SONG Feng-bin^{1,2}

(1. Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jilin 130012, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Under field condition, the effect of planting patterns on the microclimatic environment of corn canopy of two maize (*Zea mays* L.) cultivars (Beiyu 288 and Xianyu 335) were examined in two planting patterns narrow-wide rows of (1) 170 cm + 30 cm (P1, 6.4 plants/m²); (2) 90 cm + 40 cm (P2, 6.4 plants/m²), and uniform row of 65 cm (control, i. e. CK, 6.4 plant/m²) was studied. The experiment results showed that, in three planting patterns, the total light interception in P1 was the lowest, but more incoming PAR was detected in middle-low strata in P1. In the contrary, the temperature of the canopy in P1 is higher than P2 and CK at every height strata while P2 was higher than CK. The relative humidity was depict as P1 < P2 < CK, the difference among these treatments were significant. The concentration of CO₂ in P1 was significantly lower than CK, while the value in P2 was the highest in three planting patterns at 50 cm strata, and at upper 50 cm strata, the concentration of CO₂ was the lowest in P1, and the highest in CK. These results indicate that narrow-wide planting pattern improves the light environment of canopy, creates more uniform CO₂, temperature, and moistures circumstance.

Keywords: maize(*zea mays* L.); planting pattern; narrow-wide row; microclimatic environment