

秩次分析法评价甜荞品种产量性能及稳定性

高金锋¹, 高小丽¹, 韩海², 邱军³, 柴岩¹, 冯佰利¹

(1. 西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 新疆建设兵团农四师七〇团, 新疆 伊宁 835116;

3. 全国农技推广服务中心, 北京 100026)

摘要: 对参加国家甜荞品种区域试验的 6 个甜荞品种(品系) 37 个试验环境点的数据资料, 应用非参数统计方法——秩次分析法对产量进行综合分析和评价。结果表明, 参试品种间产量性能及稳定性存在显著差异, 其中 8802-1 和平荞 2 号是较高产、稳定性品种; 北早生属于较高产、不稳定性品种; 榆荞-4 属于中产、具有平均稳定性的品种; 固引 1 号属于中产、不稳定性品种; 六荞 1 号属于低产、稳定性品种。

关键词: 甜荞; 秩次分析法; 产量性能; 稳定性

中图分类号: S 517.037 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008) 04-0185-05

甜荞 (*Fagopyrum esculentum* Moench) 属蓼科 (Polygonaceae) 荞麦属 (*Fagopyrum Gaerth*), 是荞麦属中仅有的两个栽培种之一, 主要集中在内蒙古、陕西、山西、宁夏、甘肃以及云南等省区^[1]。甜荞具有很高的营养价值和药用价值, 甜荞籽粒蛋白质和脂肪含量高于水稻、玉米等大作物, 且富含铁、钾、锌、硒等人体容易缺乏的矿质营养元素^[2]。随着国家种植业结构调整和人们对膳食结构改变的需求, 甜荞资源开发和利用越来越受到人们的关注。因此, 开展国家甜荞品种区域试验, 鉴定甜荞品种的丰产性、稳产性及区域适应性, 对加速我国甜荞品种选育, 发挥我国甜荞资源的生产优势、资源优势具有重要意义。

作物品种区域试验是国家或省区种子管理部门为审定或鉴定品种以及正确利用品种提供科学依据的。以往农作物品种区域试验资料的统计分析通常采用多年多点联合方差分析, 估计试验的合并误差, 并进行品种间差异显著性比较^[3~9]。新品种区域试验属于多年多点试验, 由于各年、各试验点环境差异变化很大, 试验数据相差悬殊, 数据缺失、重复数不一致或试点报废等情况不可避免地出现, 使得试验结果难以进行正常的联合方差分析, 从而影响对品种材料做出客观、公正的评价。金文林等在 1998 年提出了秩次分析法, 随后逐渐改进并完善了多环境下对品种表现的正确评价^[7~10], 该法能够比较客观、科学地对多年多点区试中参试品种的非平衡资料进行合理评价。秩次分析法已经在红小豆^[11]、苦荞^[12]、棉花^[13]、西瓜^[14]、大白菜^[15]等作物的丰产

性、稳定性中得到了应用。本文采用秩次分析法对 2003~2005 年国家甜荞区试产量资料进行分析, 以期客观评价甜荞参试品种的产量性能及稳定性, 为国家荞麦品种鉴定提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

以 2003~2005 年连续 3 年国家甜荞品种区域试验为材料。参试品种 6 个, 分别是北早生、固引 1 号、8802-1、平荞 2 号、六荞 1 号和榆荞-4。2003 年有效参试点 12 个, 2004 年有效参试点 13 个, 2005 年有效参试点 12 个。将不同年份与试验地点的组合称为试验环境^[3], 即 3 年试验环境点数为 37 个。试验按照国家甜荞新品种区试方案实施, 随机区组排列, 3 次重复, 小区面积 10 m²。

1.2 分析方法

利用不同环境下获得的资料进行常规的单因素方差分析和多重比较^[5,6,10], 判断品种间有无显著差异, 并计算出各品种在不同环境下的分级值 (H_{1M}) 及秩次值 (H_{2M})。

H_{1M} 值表示第 M 环境中小区产量平均数显著低于 i 品种小区产量平均数的品种数目, 将第 M 环境下 H_{1M} 值从大到小排序, 转换成秩次值 (记作 H_{2M}), 则 H_{2M} 值依次为 1, 2, 3, ..., v (v 为参试品种数), 且 $\sum H_{2M} = v(v+1)/2$ 。 H_{1M} 和 H_{2M} 都是反映 i 品种在第 M 环境下优势强弱的指标, H_{1M} 值越大或 H_{2M} 值越小的品种优势越强。

收稿日期: 2007-11-23

基金项目: 科技支撑计划 (2006BAD02B 06); 星火计划 (2006EA 850045); 陕西省攻关 (2006K 01-G 17-01) 及西北农林科技大学科研专项 (03ZR 011); 育种专项资助

作者简介: 高金锋 (1976-), 男, 陕西延安人, 讲师, 主要从事作物高产生理及小宗粮豆育种、栽培及产业化研究。

通讯作者: 冯佰利 (1966-), 男, 陕西耀县人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事植物资源可持续利用及小宗粮豆育种、栽培及产业化研究。

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,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, 则该试点应予剔除^[19]。 Y_M 的计算方法如下:

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

$$C = 1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + v^2 = v(v + 1)(2v + 1) / 6$$

$$C' = v(v + 1)^2 / 4$$

$$P = C - C'$$

用参试品种在有效试验环境小区产量秩次平均值 (H_{2i}) 作为判断品种产量性能的统计量, H_{2i} 愈小, 第 i 品种的丰产性愈好; 用参试品种的秩次均方 (S_i^2) 作为判断品种稳定性的统计量, S_i^2 愈小, i 品种的稳定性愈好。

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

$$S_i^2 = [\sum H_{2ij}^2 - (\sum H_{2ij})^2 / m] / (m - 1)$$

$$(i = 1, 2, \dots, v; j = 1, 2, \dots, m)$$

2 结果与分析

2.1 计算各环境下参试品种的分级值 H_{1M} 和秩次值 H_{2M} 以及环境区分指数 Y_M

2.1.1 品种方差分析 对 37 个试验环境下品种间产量结果分别进行方差分析, 经 F 测验和方差分析, 有 4 个试验环境下品种间差异未达到显著水平, 将其剔除; 对其余 33 个试验环境作进一步分析, 计算出各环境下的最小显著差数 ($LSD_{0.05}$)^[2,5~7](表 1)。

表 1 6 个甜荞品种 (i) 在 33 个试验环境点 (M) 的区域试验小区产量结果 (kg)

Table 1 Grain yield of 6 buckwheat varieties in 33 test environments

试验环境 M Test environment	品种 (i) Varieties						$LSD_{0.05}$
	1 北早生 Beizaosheng	2 固引 1 号 Guyin 1	3 8802-1	4 平莽 2 号 Pingmang 2	5 六莽 1 号 Liufang 1	6 榆莽-4 Yufang-4	
1 内蒙武川 Wuchuan	1.617	1.233	1.333	1.433	1.000	1.267	0.453
2 内蒙伊旗 Yiqi	1.967	3.133	4.467	3.200	1.933	2.633	0.285
3 内蒙赤峰 Chifeng	2.000	1.930	1.550	1.385	1.160	2.240	0.652
4 内蒙敖汉 Aohan	1.857	1.690	1.727	1.760	1.593	1.887	0.020
5 陕西榆林 Yulin	1.150	1.050	1.167	1.033	1.267	1.417	0.279
6 陕西靖边 Jingbian	1.100	0.783	1.667	1.133	0.817	1.333	0.473
7 宁夏西吉 Xiji	2.320	1.527	2.387	2.713	1.840	2.257	0.408
8 宁夏隆德 Longde	0.763	0.753	0.637	0.693	0.663	1.183	0.133
9 青海西宁 Xining	0.973	0.837	0.990	1.433	0.893	0.777	0.523
10 吉林白城 Baicheng	0.695	0.530	0.532	0.648	0.413	0.307	0.137
11 河北张北 Zhangbei	0.473	0.273	0.433	0.357	0.197	0.497	0.124
12 内蒙奈曼 Naiman	1.943	1.457	1.560	2.033	1.343	2.060	0.168
13 内蒙武川 Wuchuan	1.850	1.150	1.383	1.433	1.200	1.233	0.420
14 鄂尔多斯 Ererduosi	0.427	0.600	0.703	0.550	0.423	0.450	0.021
15 内蒙赤峰 Chifeng	1.433	1.200	1.100	2.333	1.333	1.433	0.261
16 陕西靖边 Jingbian	1.883	1.383	1.583	1.683	1.067	1.667	0.358
17 陕西延安 Yanan	0.740	1.440	1.133	0.857	0.580	0.683	0.238
18 宁夏固原 Guyuan	0.940	0.987	1.260	1.347	0.747	1.807	0.408
19 宁夏西吉 Xiji	2.220	1.510	2.680	2.480	1.767	2.033	0.165
20 宁夏隆德 Longde	1.600	0.767	1.300	1.000	0.933	1.267	0.277
21 青海西宁 Xining	0.830	0.860	0.903	0.843	0.640	1.433	0.297
22 吉林白城 Baicheng	1.500	0.957	0.923	1.077	0.497	0.803	0.358
23 河北张北 Zhangbei	1.267	0.960	1.127	1.383	1.027	1.930	0.549
24 内蒙奈曼 Naiman	—	1.183	0.780	0.840	0.590	1.080	0.061
25 内蒙伊旗 Yiqi	1.800	1.717	2.300	2.017	1.533	1.833	0.109
26 内蒙赤峰 Chifeng	2.293	2.470	2.640	2.680	1.473	2.843	0.650
27 陕西榆林 Yulin	1.567	1.367	1.533	1.117	1.183	2.033	0.479
28 陕西靖边 Jingbian	1.553	1.800	1.433	1.333	0.983	1.717	0.229
29 陕西延安 Yanan	2.433	2.367	2.217	1.767	1.283	3.117	0.270
30 宁夏固原 Guyuan	—	0.910	0.633	—	0.277	0.660	0.171
31 宁夏西吉 Xiji	2.510	2.090	2.910	2.757	2.240	2.380	0.407
32 宁夏隆德 Longde	2.057	1.697	1.747	1.670	1.407	2.130	0.183
33 青海西宁 Xining	1.320	1.203	1.770	1.570	1.403	1.993	0.308

2.1.2 计算各环境下参试品种的分级值 H_{1M} 和秩次值 H_{2M} 及环境区分指数 Y_M 根据表1计算出各参试品种在33个试验环境下的分级值 H_{1M} 及秩次值 H_{2M} , 分别列于表2和表3中, 并用环境区分指数公式计算出各试验环境条件下的环境区分指数

Y_M (表3)。由表3可以看出, 环境1、5、6、8、9、11、12、13、21、23、26、27和32的 Y_M 值均小于80%, 说明这几个环境点对品种表现区分的能力较弱, 应予剔除。因此, 选用20个有效环境点的资料信息作进一步分析。

表2 33个环境条件下6个甜荞品种的分级值 H_{1M}

Table 2 Grade numerals H_{1M} of buckwheat varieties in 33 test environments

i	品种 Varieties	试验环境 (M) Test environment															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	北早生 Beizaosheng	1	0	1	4	0	0	2	0	0	4	2	3	4	0	1	2
2	固引1号 Guyin 1	0	3	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	0	0
3	8802-1	0	5	0	2	0	4	2	0	0	1	2	1	0	5	0	1
4	平荞2号 Pingqiao 2	0	3	0	3	0	0	3	0	3	2	1	3	0	3	5	1
5	六荞1号 Liuqiao 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	榆荞-4 Yuqiao -4	0	2	3	5	2	2	2	5	0	0	3	3	0	2	1	1

i	品种 Varieties	试验环境 (M) Test environment																
		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
1	北早生 Beizaosheng	5	0	0	0	0	1	0	4	1	1	0	4	2	3	0	1	0
2	固引1号 Guyin 1	5	0	0	0	0	1	0	4	1	1	0	4	2	3	0	1	0
3	8802-1	4	1	5	3	0	1	0	1	5	1	0	1	2	1	3	1	3
4	平荞2号 Pingqiao 2	1	1	4	0	0	1	0	1	4	1	0	1	1	—	0	1	1
5	六荞1号 Liuqiao 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
6	榆荞-4 Yuqiao -4	0	2	3	5	2	2	2	5	0	0	3	3	0	2	1	1	6

表3 各参试品种表现的秩次值 H_{2M}

Table 3 Sequence numerals H_{2M} of different varieties

i	品种 Varieties	试验环境 (M) Test environment															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	北早生 Beizaosheng	1	5.5	2.5	2	4	4.5	3	4	4	1	2.5	1	1	5.5	2.5	1
2	固引1号 Guyin 1	4	2.5	2.5	5	4	4.5	5.5	4	4	3.5	5.5	5.5	4	2	5	5.5
3	8802-1	4	1	5	4	4	1	3	4	4	3.5	2.5	4	4	1	5	3
4	平荞2号 Pingqiao 2	4	2.5	5	3	4	4.5	1	4	1	2	4	1	4	3	1	3
5	六荞1号 Liuqiao 1	4	5.5	5	6	4	4.5	5.5	4	4	5.5	5	5.5	4	5.5	5	5.5
6	榆荞-4 Yuqiao -4	4	4	1	1	1	2	3	1	4	5.5	1	1	4	4	2.5	3
	Y_M (%)	43	94	86	100	43	71	86	43	43	94	64	34	43	97	86	86

i	品种 Varieties	试验环境 (M) Test environment																
		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
1	北早生 Beizaosheng	5	5	3	1	4	1	4	—	4.5	1	4	5	3	—	3	1	5
2	固引1号 Guyin 1	1	5	6	5	4	3	4	1	4.5	1	4	1	3	1	5	4	5
3	8802-1	2	2.5	1	2	4	3	4	3.5	1	1	4	4	3	2.5	1	4	2
4	平荞2号 Pingqiao 2	3	2.5	2	5	4	3	4	3.5	2	1	4	4	5	—	5	4	3
5	六荞1号 Liuqiao 1	5	5	5	5	4	5.5	4	5	6	6	4	6	6	4	2	6	5
6	榆荞-4 Yuqiao -4	5	1	4	3	1	5.5	1	2	3	1	1	2	1	2.5	5	1	1
	Y_M (%)	89	86	100	89	43	86	43	95	97	44	43	89	89	90	89	71	89

2.2 计算各品种小区产量秩次的平均数及品种秩次均方值

根据表 3 计算各品种在有效试验环境下小区产量秩次平均值 H_{2i} ，并计算各品种秩次均方值 S_i^2 ，列于表 4。结果表明，丰产性最好的品种是 8802-1，其次是北早生和平莽 2 号；丰产性最差的是六莽 1 号。稳定性较好的品种有六莽 1 号、8802-1 和平莽 2 号；稳定性最差的是北早生(表 4)。

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

i	品种 Varieties	$\sum H_{2M}$	H_{2i}	S_i^2
1	北早生 Beizaosheng	57.5	2.875	3.313
2	固引 1 号 Guyin 1	72.0	3.600	3.068
3	8802-1	53.0	2.650	1.661
4	平莽 2 号 Pingqiao 2	58.5	2.925	1.981
5	六莽 1 号 Liuciqiao 1	103.0	5.150	0.792
6	榆莽-4 Yuciqiao -4	59.0	2.950	2.418

2.3 品种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})：

$$H_2 = (V + 1) / 2 = 3.50$$

$$S_{H2} = [(V^2 - 1) / 12]^{1/2} = 1.70$$

根据参试品种的秩次均方 (S_i^2) 计算出均方均值 (S^2) 和均方标准差 (S_s^2)：

$$S^2 = \sum S_i^2 / v = 2.20;$$

$$S_s^2 = [(\sum (S_i^2 - S^2)^2) / (v - 1)]^{1/2} = 0.18$$

本试验中表现高产性能的品种其秩次值上限为 $H_2 - 0.67S_{H2} = 2.36$ ，表现低产性能的品种其秩次值下限为 $H_2 + 0.67S_{H2} = 4.64$ ，而秩次值介于 2.36 ~ 4.64 的可划分为具有平均产量性能的品种；高于平均稳定性的 S_i^2 上限值为 $S^2 - 0.67S_s^2 = 2.08$ ，而低于平均稳定性的 S_i^2 下限值为 $S^2 + 0.67S_s^2 = 2.32$ ， S_s^2 在 2.08 ~ 2.32 的具有平均稳定性。根据品种产量稳定性区域划分方法^[8]，以 H_{2i} 为横轴， S_i^2 为纵轴，以表现高产秩次值的上限 (2.36)、低产秩次值的下限 (4.64) 及品种稳定性上限秩均方值 (2.08)、稳定性下限秩均方值 (2.32) 作分类图，将品种的产量稳定性分为 9 个区域，其中有 5 个为典型区域：Ⅰ 稳产高产型；Ⅱ 高产、不稳定性；Ⅲ 中产、平均稳定型；Ⅳ 低产、稳定型；Ⅴ 低产不稳定性；另有 4 个过渡区。

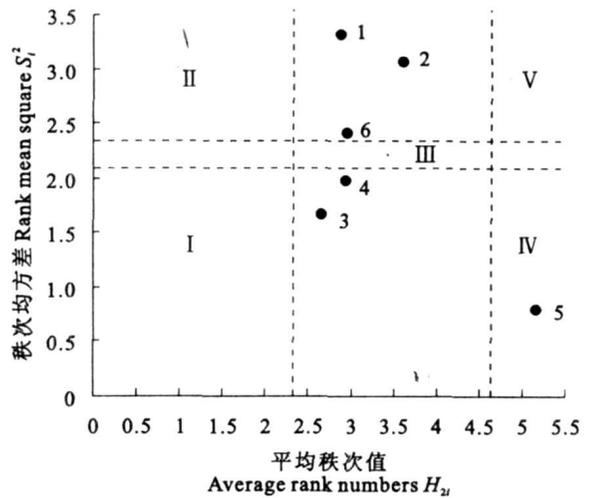


图 1 甜养品种产量稳定性评价图

Fig. 1 Diagram of evaluating yield stability of buckwheat varieties

图 1 可见，2003~2005 年国家甜养区试供试的 6 个品种中，稳定性存在显著差异，其产量均处于中产区域 (具有平均量水平)，但品种之间产量还是有较明显的差异，其中 8802-1 ($i=3$) 和平莽 2 号 ($i=4$) 属于较高产、稳定性品种，且 8802-1 ($i=3$) 的丰产性和稳定性均高于对照品种平莽 2 号 ($i=4$)；北早生 ($i=1$) 属于较高产、不稳定性品种；榆莽-4 ($i=6$) 属于中产、具有平均稳定性的品种；固引 1 号 ($i=2$) 属于中产、不稳定性品种；六莽 1 号 ($i=5$) 属于低产、稳定性品种。

3 讨论

分析结果表明，8802-1 和平莽 2 号是产量性能和稳定性均较好的品种，分析结果与生产实际相符。平莽 2 号是目前生产上大面积推广的品种，为该轮区试的对照品种；8802-1 在 2005 年继续区试的同时，进行了生产试验示范。榆莽-4 是产量和稳定性表现一般的品种，但在部分地区表现突出，在 2005 年继续区试的同时，在适应地区也进行了生产示范。

品种区域试验试点多，年度较长，且不同年份区试点数不同、区试点地理位置不同、或各试验点小区收获面积不等、或某年某点遇到个别缺区、或个别重复报废造成各环境下重复次数不等、甚至某年的某点试验全部报废或误差检验不同质等等，造成试验数据的缺失，仅获得一个不完全平衡的两项资料，给联合方差分析带来一定的困难^[17,18]。另外，在以往对品种的高产性、稳定性及适应性分析中，一般用高稳系数 (HSC)、变异系数 (CV)、回归系数 (b) 进行交叉综合分析，也同样受到试验数据缺失问题的影

响^{19~22}。秩次分析法是以方差分析为基础计算出评价品种性能的平均数分级值 H_1 、秩次值 H_2 ,并通过环境区分指数 Y_M 剔除试验误差过大或对品种优劣难以区分的试验环境点,从而能对各参试品种在多环境下作出较为客观、公正的评价。在生产实践中,秩次分析法评价结果可以作为品种鉴定的参考依据。

参考文献:

- [1] 林汝法,柴岩,廖琴,等.中国小杂粮[M].北京:中国农业科学技术出版社,2002.51-67.
- [2] 柴岩.中国小杂粮产业发展指南[M].杨凌:西北农林科技大学出版社,2007.400-404.
- [3] 南京农业大学.田间试验和统计方法[M].北京:农业出版社,1992.147-150,299.
- [4] 马育华.植物育种的量遗传学基础[M].南京:江苏科技出版社,1982.
- [5] 吴仲贤.生物统计[M].北京:北京农业大学出版社,1993.
- [6] 莫惠栋.农业试验设计[M].上海:上海科学技术出版社,1994.119-149.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 金文林,白琼岩.中长期滚动式品种比较试验非平衡数据的秩次分析法[J].作物学报,2001,27(6):946-952.
- [10] 金文林,濮绍京,赵波,等.秩次分析法对作物品种区试产量性能评价的有效性[A].中国作物学会.中国作物学会学术年会论文集[C].南京:中国作物学会,2003.293-298.
- [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(6):37-42.
- [12] 高小丽,孙健敏,冯佰利,等.国家苦荞区试品种产量性能及稳定性分析[J].干旱地区农业研究,2003,21(4):11-14.
- [13] 毛金雄,费德友.四川省棉花品种区试资料的非参数度量[J].中国棉花,2002,29(2):27-28.
- [14] 戴照义,郭凤领,李金泉,等.湖北省无子西瓜区试产量结果的秩次分析[J].湖北农业科学,2007,46(4):582-584.
- [15] 金文林,濮绍京,陈立军,等.用秩次分析法评价春大白菜品种区试的高产稳产性[J].园艺学报,2005,32(1):138-140.
- [16] 胡小平,王长发.SAS基础及统计实例教程[M].西安:西安地图出版社,2001.107-109.
- [17] 胡秉民,耿旭.作物稳定性分析法[M].北京:科学出版社,1993.
- [18] 莫惠栋,曹桂英.作物品种区试资料的非参数度量[J].中国农业科学,1999,32(4):85-91.
- [19] 吴伟华,柳家友,贾延钊.玉米新品种高产稳产适应性综合评价[J].玉米科学,2004,12(增刊):46-47.
- [20] 俞世蓉.作物的品种适应性和产量稳定性[J].作物杂志,1991,(1):36-37.
- [21] 王江民,李雁.高稳系数法分析玉米新品种高产稳产性[J].玉米科学,1998,(4):26-28.
- [22] 陈润玲,赵保献.河南省玉米区试品种高产稳产性分析[J].杂粮作物,2001,(4):20-21.

Evaluation of yield capabilities and stabilities of common buckwheat varieties by rank analysis

GAO Jin feng¹, GAO Xiao li¹, HAN Hai², QI U Jun³, CHAI Yan¹, FENG Bai li¹

(1. College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shanxi 712100;

2. Prefecture 70, Agri-Division 4, Xinjiang Production and Construction Group, Yining, Xinjiang 835116;

3. Popularization Center of National Agricultural Technology, Beijing 100026, China)

Abstract: The data of six common buckwheat varieties(lines) obtained at 37 test locations of the Regional Common Buckwheat Varieties Test of China were employed to evaluate comprehensively the yields of these varieties by combined nonparametric method and rank analysis. The results show that the tested varieties differ in yield capability and stability. Of the varieties, 8802 and Pingqiao 2 have a high and stable yield and Beizaosheng has a high but unstable yield; Yuqiao 4 has a middle and generally stable yield, and Guyin 1 has a middle level and unstable yield, while Liuqiao 1 has a low but stable yield.

Key words: common buckwheat; rank analysis; yield capability; stability