

秩次分析法在国家绿豆品种区试数据分析中的应用

孙健敏¹,高小丽²,高金锋²,王鹏科²

(1.西北农林科技大学信息工程学院,陕西 杨凌 712100; 2.西北农林科技大学农学院,陕西 杨凌 712100)

摘 要:运用秩次分析法对 2006~2007 年国家绿豆品种区域试验数据进行了分析,对各试验环境进行常规方差分析,通过对参试品种表现的秩次值、环境区分指数、秩次均方等统计数的计算,在多重比较的基础上,对各参试品种产量表现进行了客观评价。结果表明,参试的 10 个绿豆品种中 XLD09、XLD01、XLD04 具有最好的丰产性和较好的稳定性。分析结果也表明,秩次分析法对绿豆区域试验中参试品种产量性状的评价是一种实用、可行的数据处理方法。

关键词:秩次分析法;绿豆;区域试验
中图分类号:S522.037 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-7601(2009)04-0208-05

作物品种区域试验(简称区试)的目的是对参试品种在多环境下的表现进行比较和评价^[1],以确定品种的丰产性和稳产(适应)性,为品种的审定(或鉴定)和推广种植区域等提供科学依据。因此,采用一种有效的评价方法,科学地分析区试结果就显得格外重要。我国小宗粮豆作物区试中通常采用算术平均值估算高产性,用新复极差法测定参试品种之间的产量差异,虽简易,但这种分析方法的前提条件是所有试验环境的误差具备同质性,但在实践中却很难得到保证,因为绿豆等小宗粮豆作物多在旱地种植,试验环境条件相对较差,数据缺失或试点报废现象常有发生,同一地点、不同年份因多种因素作用可能导致同一品种有显著差异,这样用联合方差分析法就难以对参试品种作出客观、公正的评价。

20 世纪 80 年代以来研究者开始将非参数统计引入区试资料的分析^[2~4]。非参数方法直观、简易、意义清楚,又回避了经典方法中许多难以解决的问题^[5]。秩次分析法就是一种基于统计学原理与方法的评价多环境下品种表现的非参数统计方法,能够比较客观、科学地对多年多点区试中参试品种进行合理评定^[6~12]。因此,本文采用秩次分析法对 2006

~2007 年国家绿豆品种区域试验资料进行综合分析,以评定参试品种的丰产性和稳产性,为绿豆品种的鉴定、推广以及国家小宗粮豆作物区试资料评价方法研究提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以 2006~2007 年国家绿豆品种区域试验(夏播组)中 10 个参试品种为试验材料,品种依次为 XLD01、XLD02、XLD03(CK)、XLD04、XLD05、XLD06、XLD07、XLD08、XLD09、XLD10。

1.2 试验设计

试验于 2006~2007 年在夏播绿豆产区进行,2006 年参试点 12 个,2007 年参试点 11 个,见表 1,将不同年份与试验点的组合称为试验环境^[6],即 2 年共有 23 个试验环境(M)。每个试验环境下均采用 3 次重复的随机区组设计,小区面积 10 m²,按照国家绿豆品种区域试验方案实施,按统一标准进行田间管理和调查记载,收获完成后测定每一小区的实际籽粒产量。

表 1 试验环境及编号
Table 1 Test environments and their codes

年份 Year	试验环境 Test environment											
	保定 Baoding	石家庄 Shijiazhuang	北京 Beijing	杨凌 Yangling	岐山 Qishan	南宁 Nanning	如皋 Rugao	南京 Nanjing	潍坊 Weifang	济南 Jinan	郑州 Zhengzhou	安阳 Anyang
2006	A ₁	B ₁	C ₁	D ₁	E ₁	F ₁	G ₁	H ₁	I ₁	J ₁	K ₁	L ₁
2007	A ₂	B ₂	C ₂	D ₂	E ₂	F ₂	G ₂	H ₂	I ₂	—	K ₂	L ₂

收稿日期:2008-11-31
基金项目:“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD02B08);西北农林科技大学人才基金项目共同资助
作者简介:孙健敏(1969—),男,陕西洛南人,讲师,主要从事计算机应用及试验数据的计算机处理等方面的教学和研究工作。E-mail: sjm@nwsuaf.edu.cn.

1.3 分析方法及步骤

1.3.1 参试品种在不同试验环境下的产量分级值 (H_{1Mi}) 利用不同环境下获得的资料进行常规的多点单因素方差分析和平均数多重比较,判断品种间产量值有无显著差异,并计算出各品种在不同环境下的分级值 (H_{1Mi})。 H_{1Mi} 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, H_{1Mi} 值越大,说明 i 品种在第 M 环境条件下的优势越大。

1.3.2 参试品种在不同试验环境条件下的产量秩次值 (H_{2Mi}) 分级值 (H_{1Mi}) 在一定程度上反映了各品种在第 M 试验环境下的优势强弱,但不同环境下 ΣH_{1Mi} 的范围为 $0 \sim v(v-1)/2$, 变化幅度大,直接用 H_{1Mi} 对多环境条件下品种表现的优劣进行比较容易出现偏颇。因此,将分级值 (H_{1Mi}) 值从大到小排序,转换成秩次值 (H_{2Mi}),则 H_{2Mi} 值依次为 $1, 2, 3, \dots, v$ (v 为参试品种数),且 $\Sigma H_{2Mi} = v(v+1)/2$ 。 H_{2Mi} 即可作为参试品种产量表现优异程度的一个统计数, H_{2Mi} 值越小的品种优势越强。

1.3.3 环境区分指数 (Y_M) 环境区分指数是某一环境区分显著差异基因型的效率统计数,记作 Y_M 。该指数是为了更加明了进行分析的有效性以及显著差异对环境的评价,使秩次分析更加合理有效。计算公式如下:

$$Y_M(\%) = (\sum H_{2Mi} - C') / P \times 100$$

$$(i = 1, 2, \dots, v)$$

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

$$C' = v(v+1)^2/4 \quad P = C - C'$$

式中, C 表示能够区分全部参试品种的环境值; C' 表示对参试品种完全不能区分的环境值。 Y_M 值越大,环境对品种的区分能力就越强,反之区分能力就越弱。本轮绿豆区试中大部分供试品种间差异较小,加之试验环境相对较差,故将 Y_M 值大于 75% 的试验环境作为有效试验环境,小于 75% 的试验环境作为无效试验环境,予以剔除。

1.3.4 品种平均秩次值和秩次均方差 参试品种在有效试验环境下,小区产量平均秩次值 (H_{2i}),可作为判断品种丰产性的统计量, H_{2i} 愈小, i 品种的丰产性愈好;参试品种的秩次均方差 (S_i^2),可作为判断品种稳定性的统计量, S_i^2 愈小, i 品种的稳产性愈好。

$$H_{2i} = \sum H_{2Mi} / m \quad (m \text{ 为有效试验环境点数})$$

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

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

2 结果与分析

2.1 参试品种的产量表现

各参试品种在 23 个试验环境下的小区产量结果见表 2,对其进行常规单因素方差分析^[13], F 测验结果表明,各试验环境下参试品种间产量差异均达到显著水平,说明从这些参试品种中可筛选出相对高产的优良品种材料。对其作进一步分析,并计算出各环境下的最小显著差数 ($LSD_{0.05}$) (表 2)。

2.2 参试品种的秩次值 (H_{2Mi}) 及环境区分指数 (Y_M)

根据表 2 分别计算出 23 个试验环境下各参试品种的分级值 (H_{1Mi}),再进一步换算成秩次值 (H_{2Mi}),并计算出环境区分指数 (Y_M),见表 3。由表 3 可以看出,环境点 F_1 、 H_1 、 I_1 和 B_2 的环境区分指数小于 75%,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,选用其余 19 个有效环境点的小区产量信息对各品种进行进一步分析。

2.3 参试品种在有效试验环境点表现的平均秩次值 (H_{2i}) 的显著性差异多重比较

10 个品种均参试 2 年,有效试验环境点平均为 19 个。由表 4 可知,参试品种在有效试验环境下小区产量的平均秩次值 (H_{2i}) 变幅为 3.68 ~ 7.39,差异显著。其中品种 XLD09 的平均秩次值最小,说明其丰产性最好;XLD02 的平均秩次值最大,秩次均方差最小,说明其丰产性最差,但其稳定性最好。

2.4 参试品种的高产稳产性分析

参试的 10 个绿豆品种的秩次均值 (H_2) 为 5.50,秩次标准差 (S_{H2}) 为 1.20;秩次均方均值 (S^2) 为 6.29,秩次均方标准差 (S_s^2) 为 2.61。根据金文林的秩次分析模型^[7],在本研究中,表现为高产的品种其秩次值 (H_{2i}) 上限为 $H_2 - 0.67 S_{H2} = 4.70$,表现低产的品种其秩次值 (H_{2i}) 下限为 $H_2 + 0.67 S_{H2} = 6.30$,而秩次值 (H_{2i}) 介于 4.70 ~ 6.30 之间的品种属于中产品种。高于平均稳定性的品种其秩次均方差 (S_i^2) 上限值为 $S^2 - 0.67 S_s^2 = 4.55$,而低于平均稳定性的品种其秩次均方差 (S_i^2) 下限值为 $S^2 + 0.67 S_s^2 = 8.03$,秩次均方差 (S_i^2) 在 4.55 ~ 8.03 之间的品种具有平均稳定性。参试绿豆品种丰产性、稳定性综合评价见图 1。

由图 1 可以看出,2006 ~ 2007 年绿豆区域试验中参试品种间的丰产性、稳定性存在着显著差异,其中 XLD09、XLD01、XLD04 属于高产,具有平均稳定性的品种,可进行生产试验,并在适宜地域进行示范推广。XLD02、XLD07、XLD08 属于低产品种,应淘

汰。XLD03、XLD05、XLD10、XLD06 属于中产、具有平均稳定性品种,可在适宜地域进行生产试验。

表 2 23 个试验环境下参试品种的小区产量(kg/10m²)及试验最小显著差数(LSD_{0.05})

Table 2 Grain yield (kg/10m²) of tested varieties and least significant difference (LSD_{0.05}) in 23 test environments

年份 Year	试点 Test environment	品种 Varieties										LSD _{0.05}
		XLD01	XLD02	XLD03	XLD04	XLD05	XLD06	XLD07	XLD08	XLD09	XLD10	
2006	A ₁	1.85	1.61	1.88	1.92	1.81	1.81	1.43	1.39	1.76	1.66	0.11
	B ₁	1.09	0.82	0.95	0.97	0.99	0.91	0.64	0.74	1.03	0.78	0.16
	C ₁	1.13	0.89	0.97	0.99	1.10	1.05	1.07	1.19	1.04	0.93	0.13
	D ₁	0.86	0.77	0.94	0.88	0.85	0.82	0.78	0.75	1.00	0.85	0.11
	E ₁	0.76	0.88	0.96	1.07	0.83	0.92	0.53	0.33	0.90	0.84	0.07
	F ₁	0.89	0.95	0.89	0.91	0.86	0.99	0.88	1.13	0.95	0.85	0.18
	G ₁	1.87	1.74	2.08	2.10	2.00	2.04	1.89	2.43	2.31	2.17	0.34
	H ₁	1.88	1.72	2.07	2.07	1.96	1.96	1.71	2.30	2.25	2.14	0.68
	I ₁	2.41	2.16	2.04	2.19	2.01	2.20	1.79	1.59	2.05	2.18	0.20
	J ₁	1.14	1.06	1.01	0.88	0.96	1.13	1.08	0.56	1.16	0.98	0.16
	K ₁	1.70	1.40	1.55	1.49	1.51	1.36	1.23	0.83	1.46	1.56	0.16
	L ₁	1.25	0.99	1.30	1.30	1.30	0.94	0.88	0.57	1.12	1.37	0.12
2007	A ₂	1.83	1.44	1.81	1.88	1.82	1.83	0.83	0.92	1.71	1.51	0.13
	B ₂	1.33	1.16	1.18	1.25	1.10	1.17	1.24	0.66	0.99	1.01	0.30
	C ₂	1.85	1.66	1.69	1.68	1.85	1.51	1.88	1.83	1.57	1.78	0.24
	D ₂	1.75	1.00	1.85	1.55	1.27	1.30	0.91	0.73	1.22	1.25	0.12
	E ₂	1.23	1.05	1.17	1.24	1.44	1.03	1.14	1.22	1.23	1.03	0.06
	F ₂	1.63	1.55	1.66	1.67	1.75	1.74	1.64	1.60	1.79	1.80	0.16
	G ₂	1.52	1.46	1.56	1.69	1.85	1.49	1.95	1.87	1.99	1.75	0.33
	H ₂	1.85	1.69	2.00	2.09	2.00	1.99	2.27	2.27	2.19	2.11	0.23
	I ₂	2.26	2.14	2.19	2.11	1.89	1.79	1.76	1.76	2.03	2.10	0.20
	K ₂	1.70	1.62	1.73	1.53	1.61	1.76	1.42	1.71	1.89	1.43	0.28
	L ₂	1.26	1.05	1.28	1.31	1.24	1.25	1.01	1.21	1.42	1.32	0.07

3 结论与讨论

3.1 结 论

(1) 综合分析结果表明,2006~2007 年国家绿豆区试(夏播组)参试的 10 个品种中,对照品种 XLD03 属于中产、中等稳定性品种,XLD09、XLD01 和 XLD04 属于高产、中等稳定性品种。说明随着育种手段和水平的提高,新育成的部分绿豆品种产量水平也在提高,有望从这些参试品种中筛选出丰产性、稳定性相对较好的优良品种。分析结果与生产实际相符,XLD09 和 XLD01 在 2008 年继续区试的同时,在适宜地区也进行了生产示范。

(2) 国家绿豆品种区域试验试点较多,各点地理位置不同、生态环境差异较大,常因管理水平、试验观测标准等影响导致试验误差不同质,给联合方差分析带来一定的困难,而且常规分析方法对无法区分品种优劣的试验点也不能剔除,仅用平均数比较可能会对某些品种作出不公正或与真实情况相差

较远的评价。如本研究中品种 XLD03 和 XLD04 在 23 个试验点的小区平均产量一致,均为 1.511 kg/10 m²(表 4),但实际在 23 个试验点中有 16 个点 XLD03 产量低于 XLD04,只因在 D2 和 K2 等个别试验点 XLD03 产量明显高于 XLD04,从而掩盖了品种 XLD03 在多数试验点中表现为中低产的情况。由此说明,秩次分析法对绿豆区域试验中参试品种产量表现的评价是一种实用、可行的数据处理方法。

3.2 讨 论

可靠公正的区试结果,要靠精确规范的试验和科学合理的统计分析来保证,而以往区试统计分析方法的应用较为混乱,各种分析方法的随意应用乃至错误释义等造成了分析结果的可靠性降低^[14]。为此,前人也进行了很多探索,试图寻求一种较简便的品种分级和评价的统计方法^[15~17],但有些参数很难直接给参试品种作出客观评定。金文林等根据生物统计学的基本原理提出了多环境下对品种评价的秩次分析法^[6],它是以方差分析为基础计算出品

表 3 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}) of tested varieties and environment discrimination index(Y_M)

年份 Year	试点 Test environment	品种 Varieties										环境区分 指数 Y_M (%)
		XLD01	XLD02	XLD03	XLD04	XLD05	XLD06	XLD07	XLD08	XLD09	XLD10	
2006	A ₁	4.0	7.5	1.5	1.5	4.0	4.0	9.5	9.5	6.0	7.5	95.8
	B ₁	1.0	7.0	4.5	4.5	2.5	6.0	9.0	9.0	2.5	9.0	96.4
	C ₁	2.0	8.5	8.5	8.5	3.0	5.5	4.0	1.0	5.5	8.5	93.3
	D ₁	4.0	7.5	2.0	3.0	7.5	7.5	7.5	7.5	1.0	7.5	78.8
	E ₁	8.0	6.0	2.0	1.0	6.0	3.0	9.0	10.0	4.0	6.0	97.6
	F ₁	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	1.0	6.0	6.0	27.3
	G ₁	7.5	7.5	7.5	3.5	7.5	7.5	7.5	1.0	2.0	3.5	78.2
	H ₁	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	0.0
	I ₁	1.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	9.0	10.0	5.0	5.0	66.1
	J ₁	2.5	4.5	7.5	7.5	7.5	2.5	4.5	10.0	1.0	7.5	92.7
	K ₁	1.0	5.5	2.5	5.5	5.5	8.5	8.5	10.0	5.5	2.5	92.7
	L ₁	3.0	8.0	3.0	3.0	3.0	8.0	8.0	10.0	6.0	3.0	85.5
2007	A ₂	4.0	7.5	4.0	1.0	4.0	4.0	9.5	9.5	4.0	7.5	86.7
	B ₂	1.0	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	10.0	5.5	5.5	49.1
	C ₂	2.5	8.0	8.0	8.0	2.5	8.0	2.5	2.5	8.0	5.0	81.8
	D ₂	1.5	8.5	1.5	3.0	5.5	5.5	8.5	10.0	5.5	5.5	92.7
	E ₂	3.5	9.0	6.5	3.5	1.0	9.0	6.5	3.5	3.5	9.0	90.9
	F ₂	7.5	7.5	7.5	7.5	3.5	3.5	7.5	7.5	2.0	1.0	78.2
	G ₂	7.5	7.5	7.5	7.5	3.5	7.5	1.5	3.5	1.5	7.5	77.6
	H ₂	9.5	9.5	7.0	4.0	7.0	7.0	1.5	1.5	4.0	4.0	93.9
	I ₂	1.0	3.5	3.5	3.5	8.5	8.5	8.5	8.5	6.0	3.5	87.9
	K ₂	5.0	8.0	3.0	8.0	8.0	3.0	8.0	3.0	1.0	8.0	85.5
	L ₂	6.0	9.5	6.0	3.0	6.0	6.0	9.5	6.0	1.0	2.0	87.3

表 4 参试品种(系)平均秩次值(H_{2i})和秩次均方差(S_i^2)

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

品种 Varieties	平均产量 Mean yield (kg/10m ²)	平均秩次值 H_{2i} Average rank numerals	秩次均方差 S_i^2 Rank mean square
XLD09	1.524	3.68a	4.76
XLD01	1.523	4.26ab	7.20
XLD04	1.511	4.58ab	6.34
XLD03	1.511	4.92bc	6.31
XLD05	1.478	5.05bcd	4.97
XLD10	1.451	5.68ede	6.53
XLD06	1.435	6.03def	4.57
XLD08	1.287	6.50efg	12.42
XLD07	1.302	6.89fg	7.35
XLD02	1.340	7.39g	2.46
平均值 Average	—	5.50	6.29
标准差 Standard deviation	—	1.20	2.61

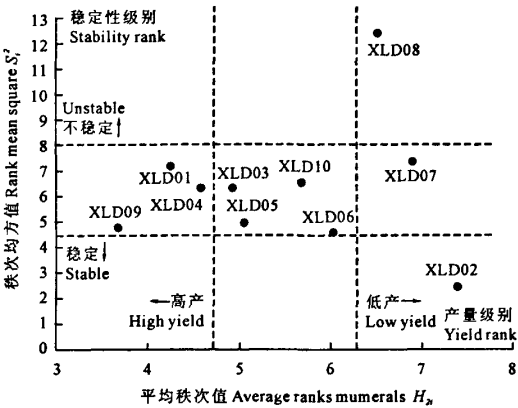


图 1 绿豆品种丰产性、稳定性评价

Fig.1 Evaluation of the high-yield and stability of mungbean

种产量表现的平均数分级值(H_{1Mi})、秩次值(H_{2Mi}), 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,利用统计分析手段大大减少了试验误差对品种排序的影响,从而能对各参试品种在多环境下的表现作出较为客观、公

正的评价。该方法在玉米^[10]、小麦^[9,11]、芝麻^[18]、荞麦^[12,19]等作物区试资料分析中应用,显示出了其实用性、简捷性、可靠性等优点,本研究也证明了这一点。

随着我国育种水平和手段的提高,作物新品种层出不穷,作物区域试验结果的正确评价是新品种审定的重要依据,简便实用的区试品种评价的统计分析方法和相应软件显得至关重要,但目前已开发的有关秩次分析法的软件还未普及,也没有与区域试验的数据采集结合起来。因此,有关区试数据资料的采集和品种评价系统软件的开发还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 张群远,孔繁玲.作物品种区域试验统计分析模型的比较[J]. 中国农业科学,2002,35(4):365—371.
- [2] Huehn M. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory[J]. Euphytica, 1990,47:189—194.
- [3] Huehn M. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 2: Applications[J]. Euphytica, 1990,47:195—201.
- [4] Nassar R, Huhn M. Studies on estimation of phenotypic stability: Tests of significance for nonparametric measures of phenotypic stability [J]. Biometrics, 1987,43:45—53.
- [5] 莫惠栋,曹桂英.作物品种区试资料的非参数量[J]. 中国农业科学,1999,32(4):85—91.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 金文林,白琼岩.秩次分析法对作物品种区试产量性能评价的有效性[J]. 中国油料作物学报,2004,26(3):18—23.
- [9] 董玉武,刘自华,白玉龙,等.秩次分析法对冬小麦新种质产量性状评价的有效性[J]. 植物遗传资源学报,2006,7(2):179—182.
- [10] 何川,郑祖平.秩次分析法评价非平衡玉米区试产量的应用研究[J]. 玉米科学,2005,13(4):53—55.
- [11] 董玉武,高桂芹,刘自华,等.多年滚动区试中冬小麦新品种产量的秩次分析法[J]. 中国农学通报,2004,20:214—217.
- [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):10—14.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] Fasoulas A C. Rating cultivars and trials in applied plant breeding [J]. Euphytica, 1983,32:939—943.
- [16] 温振民,张永科.用高稳系数法估算玉米杂交种高产稳产性的探讨[J]. 作物学报,1994,20(4):508—512.
- [17] 俞世蓉,陆作楣,周毓珍,等.小麦品种审定中品种的合理评价问题[J]. 中国农业科学,1995,28(3):87—93.
- [18] 刘红艳,赵应忠.秩次分析法评价国家芝麻区试品种的产量性能[J]. 中国油料作物学报,2008,30(1):51—55.
- [19] 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.

Application of rank analysis method to analyzing the data in regional trial of national mungbean varieties

SUN Jian-min¹, GAO Xiao-li², GAO Jin-feng², WANG Peng-ke²

(1. College of Information Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

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

Abstract: The data from regional trial of national mungbean varieties was analyzed by using rank analysis method in 2006 ~ 2007. Firstly, the result of the test was dealt with by variance analysis, and then three statistical parameters were estimated, namely the sequence numerals (H_{2Mi}), environment discrimination index (Y_M) and rank mean square (S_i^2). Then based on the multiple comparisons, the tested varieties were evaluated objectively. The results of the comparison and analysis show that XLD09, XLD01 and XLD04 have the best yield performance and better stability. Meanwhile, the results indicate that rank analysis method is a practical and forthright data analysis method in evaluating mungbean yield in regional trials.

Key words: rank analysis method; mungbean; regional trial