

春小麦品种农艺性状的主成分分析与聚类分析

周丽艳, 郭振清, 马玉玲, 东方阳, 林小虎

(河北科技师范学院, 河北秦皇岛 066004)

摘要: 为给春小麦育种中品种资源的合理利用提供依据, 选取国内外 43 个春小麦品种为试验材料, 根据株高、主茎穗长、主茎穗小穗数、单株有效穗数、主茎穗粒数、抽穗期、散粉期、成熟期、单株粒数、单株粒重和千粒重 11 个农艺性状进行主成分及聚类分析。结果表明, 通过主成分分析将 11 个农艺性状简化为彼此互不相关的 5 个主成分, 即籽粒产量因子、成熟因子、有效穗数因子、穗长因子和千粒重因子, 提供的信息量占全部信息量的 90.05%。利用这 5 个主成分因子进行系统聚类, 将 43 个春小麦品种划分为 7 大类群, 其中第 4 类群的品种综合产量性状好。分类结果与品种系谱基本一致。

关键词: 春小麦; 农艺性状; 主成分分析; 聚类分析

中图分类号: S512.1; S324

文献标识码: A

文章编号: 1009-1041(2011)06-1057-06

Principal Component and Cluster Analysis of Different Spring Wheat Cultivars Based on Agronomic Traits

ZHOU Li-yan, GUO Zhen-qing, MA Yu-ling, DONGFANG Yang, LIN Xiao-hu

(Hebei Normal University of Science & Technology, Qinhuangdao, Hebei 066004, China)

Abstract: In order to use genetic resources effectively in wheat breeding and reduce blindness in making cross combination, this study was to test the agronomic performance of 43 spring wheat cultivars. Principal component and cluster analysis were conducted based on the agronomic traits such as plant height, spike length, number of spikelets per spike, number of fertile spike, kernel number per spike, heading date, flowering date, maturation date, kernel number per plant, kernel weight per plant, and thousand kernel weight. The results showed that the 11 agronomic traits were composed of 5 independent principal components, which included grain yield factor, maturation factor, fertile spike number, spike length, and thousand kernel weights. The cumulative contribution of the 5 factors was 90.05%. Through cluster analysis based on the five principal components, the spring wheat cultivars in the present study were divided into 7 groups, and the yield traits of group 4 were the best. The cluster analysis result was generally agreed with the pedigree of these cultivars.

Key words: Spring wheat; Agronomic traits; Principal component analysis; Cluster analysis

小麦是中国的第三大粮食作物。目前, 小麦新品种的选育仍以传统的杂交育种为主, 因此杂交亲本的选配尤为重要^[1]。研究小麦种质资源的特性及分类是合理利用小麦种质资源、选配亲本组合、提高育种效率的前提条件。以主成分分析

为基础的聚类分析是依据遗传距离来研究分类问题的一种多元统计分析方法。自从 20 世纪 60 年代聚类分析被用于研究油菜品种的遗传差异以来, 其在作物种质资源分类上的应用越来越多^[2-7]。育种实践证明, 聚类分析的结果对合理利

* 收稿日期: 2011-04-04 修回日期: 2011-05-23

基金项目: 河北省自然科学基金项目(C2010001535)。

作者简介: 周丽艳(1967—), 女, 教授, 主要从事作物遗传育种研究。E-mail: zhouliyan68@126.com

用种质资源、综合评价亲本及减少组配杂交组合的盲目性均有重要意义^[4]。目前,依据各种性状对小麦种质资源的分类研究较多^[5,8-12],但是多数研究针对的是冬小麦品种^[8-12]或特殊小麦^[13,14]。由于春小麦只分布在冬季寒冷的黑龙江、新疆、甘肃、宁夏、青海和内蒙古等地区^[15],所以,对于春小麦种质资源的研究较少而且主要集中于一些地方品种(系)^[5,16-20]。为了拓宽春小麦的遗传基础,提高春小麦的遗传多样性,丰富春小麦杂交育种的亲本资源,本研究对来自国内外的43个春小麦品种的11个农艺性状进行了主成分分析和聚类分析,旨在客观评价这些春小麦品种,以期为其在育种工作中的合理利用提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材 料

小麦品种由中国农业科学院作物科学研究所提供,分别为江东门、Frontana、Lee、辽春5号、辽春6号、红芒麦、阿夫(Funo)、南大3号、华东7号、南大8号、华东5201、抗锈5204、南大早熟1号、庆九、Tevere、如罗(Rulofen)、敌锈早、维拉格罗里、骊英3号、华东6号、骊英4号、合春12、欧柔(Orofen)、克钢、京红1号、南大3619、Minn2761、Kenya、新曙光3号、内乡5号、华东5号、阿勃(Abbondanza)、内乡2号、合春6号、晋麦52、P237、辽春1号、辽春2号、辽春4号、龙麦7号、辽春8号、淮丰75和唐春2号。

1.2 方 法

1.2.1 田间种植

试验于2007年春季在河北科技师范学院昌黎校区农学试验站进行。3月17日播种,试验采用随机区组设计,3次重复,每小区2行,行距30 cm,行长3 m,株距10 cm。

1.2.2 田间调查

从抽穗期开始每天进行田间调查,以小区50%植株抽穗、散粉及成熟为标准,分别记载各生育日期。

1.2.3 考种及分析

每小区随机抽取20株进行考种,避免取行头的植株。考察指标有株高、主茎穗长、主茎穗小穗数、单株有效穗数、主茎穗粒数、抽穗期、散粉期、成熟期、单株粒数、单株粒重和千粒重11个性状,计算各指标的小区平均值。对数据利用DPS软件^[21]进行了方差分析、主成分分析、聚类分析。

2 结果与分析

2.1 不同品种农艺性状的差异

对43个春小麦品种的株高、主茎穗长、主茎穗小穗数、单株有效穗数、主茎穗粒数、抽穗期、散粉期、成熟期、单株粒数、单株粒重和千粒重等11个农艺性状分别进行方差分析,结果(表1)表明,品种间11个农艺性状差异均达到1%水平显著,因此这11个性状均适用于主成分分析。

2.2 农艺性状间的相关分析

相关分析结果(表2)表明,春小麦株高与主茎穗长、散粉期,主茎穗小穗数与主茎穗粒数、散粉期、成熟期,单株有效穗数与抽穗期、单株粒数、单株粒重,主茎穗粒数与单株粒数、单株粒重,抽穗期与成熟期,散粉期与成熟期,单株粒数与单株粒重,单株粒重与千粒重,呈极显著正相关;株高与主茎穗小穗数、单株有效穗数、抽穗期、成熟期,主茎穗粒数与千粒重,抽穗期与散粉期,呈显著正相关;散粉期与单株粒数、单株粒重、千粒重,成熟期与千粒重,呈显著负相关。以上结果说明,品种株高越高,穗长越长,主茎穗小穗数和单株有效穗数就越多,成熟期也越晚;成熟期越晚的品种主茎穗小穗数和主茎穗粒数越多,但千粒重较低;单株有效穗数和主茎穗粒数越多,单株粒数和单株粒重越大;散粉期越早,单株粒数和单株粒重越大。

表1 43个春小麦品种11个农艺性状的F值

Table 1 F value of 11 agronomic traits of 43 spring wheats cultivars

性状 Traits	区组间 Between blocks	品种间 Among varieties
株高	52.765**	14.822**
主茎穗长	7.866**	7.308**
主茎穗小穗数	8.614**	3.048**
主茎穗粒数	10.953**	5.813**
单株有效穗数	18.494**	3.733**
抽穗期	5.487**	71.212**
散粉期	2.888	46.436**
成熟期	3.913*	12.198**
单株粒数	27.376**	6.165**
单株粒重	14.127**	4.289**
千粒重	4.665*	4.225**

*: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$.

2.3 主成分分析

主成分分析表明,11个农艺性状中前5个特征根的累积贡献率达90.048%(表3),说明11个农艺性状的绝大部分相关信息可由这前5个主成分来概括。由表3可知,第1主成分的特征值是3.408,贡献率为30.985%。由表4看出,在第1主成分中以单株粒重的特征向量值最大,其次是单株粒数。说明单株粒重对第1主成分的影响最大,其次是单株粒数。因此将第1主成分称为籽粒产量(粒重)因子。增大第1主成分值,可以使单株粒重和粒数增加,提高单株籽粒产量,而第1主成分的分量中散粉期为负值,说明散粉期越早,单株籽粒产量越高。第2主成分的特征值是2.

973,贡献率为27.028%。由表4看出,第2主成分中散粉期的特征向量值最大,其次是成熟期,然后是株高和主茎穗小穗数。说明散粉期对第2主成分影响最大,成熟期次之,所以将第2主成分称为成熟因子。由第2主成分的分向量值可以看出,成熟越晚的品种,株高越高,主茎穗小穗数越多,而主茎穗粒数、单株粒数、单株粒重、千粒重等产量因素却越低,因此,从产量的角度来考虑第2主成分的值不宜太高,适中即可。第3主成分的特征值是1.476,贡献率为13.416%。由表4看出,第3主成分中单株有效穗数的特征向量值最大(负值),说明有效穗数对第3主成分的影响最大,其次是主茎穗小穗数、千粒重、主茎

表2 春小麦11个农艺性状间的相关系数

Table 2 Coefficients of correlation among agronomic traits of spring wheat

性状 Traits	株高 Plant height	主茎 穗长 Spike length	主茎穗 小穗数 Spikelets per spike	单株有效穗数 Available spike number	主茎 穗粒数 Kernel number per main spike	抽穗期 Heading date	散粉期 Flowering date	成熟期 Maturation date	单株粒数 Kernel number per plant	单株粒重 Kernel weight per plant	千粒重 Thousand kernel weight
株高	1										
主茎穗长	0.532**	1									
主茎穗小穗数	0.339*	0.298	1								
单株有效穗数	0.307*	0.112	-0.118	1							
主茎穗粒数	-0.016	0.050	0.478**	0.098	1						
抽穗期	0.373*	0.065	0.263	0.434**	0.051	1					
散粉期	0.433**	0.045	0.513**	-0.187	-0.240	0.331*	1				
成熟期	0.333*	0.072	0.488**	0.085	-0.056	0.561**	0.798**	1			
单株粒数	0.107	0.064	0.214	0.647**	0.750**	0.274	-0.318*	-0.002	1		
单株粒重	0.159	0.102	0.252	0.514**	0.756**	0.186	-0.350*	-0.107	0.907**	1	
千粒重	0.083	0.061	0.079	-0.024	0.312*	-0.134	-0.346*	-0.356*	0.197	0.565**	1

*: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$.

表3 11个农艺性状相关矩阵的特征根、贡献率及累计贡献率

Table 3 Latent roots and contributions of correlation matrix of 11 agronomic traits

序号 Order	特征根 Latent root	贡献率 Contribution rate/%	累计贡献率 Accumulative contribution rate/%
1	3.408	30.985	30.985
2	2.973	27.028	58.012
3	1.476	13.416	71.428
4	1.293	11.757	83.186
5	0.755	6.863	90.048
6	0.434	3.943	93.992
7	0.298	2.706	96.698
8	0.213	1.938	98.635
9	0.085	0.772	99.407
10	0.057	0.516	99.923
11	0.009	0.077	100.000

表4 前5个主成分对应的特征向量

Table 4 Eigenvector of the first 5 principal components

性状 Traits	第1主成分 The first principal component	第2主成分 The second principal component	第3主成分 The third principal component	第4主成分 The fourth principal component	第5主成分 The fifth principal component
株高	0.166	0.360	0.021	0.512	0.169
主茎穗长	0.130	0.177	0.202	0.646	-0.461
主茎穗小穗数	0.207	0.344	0.481	-0.175	-0.117
单株有效穗数	0.322	0.049	-0.587	0.163	-0.024
主茎穗粒数	0.423	-0.079	0.301	-0.307	-0.247
抽穗期	0.186	0.356	-0.349	-0.100	0.283
散粉期	-0.138	0.510	0.133	-0.138	0.151
成熟期	0.100	0.510	-0.056	-0.257	0.053
单株粒数	0.501	-0.057	-0.164	-0.162	-0.203
单株粒重	0.518	-0.109	0.029	-0.045	0.128
千粒重	0.238	-0.221	0.348	0.215	0.721

穗粒数。因此将第3主成分称为有效穗数因子。单株有效穗数增多,主茎穗小穗数、千粒重、主茎穗粒数等产量因素值减少,因此第3主成分值不宜太大。第4主成分的特征值是1.293,贡献率为11.757%。由表4看出,第4主成分中主茎穗长特征向量值最大,其次是株高,故把第4主成分称为穗长因子。第4主成分值增大时,株高增高,主茎穗长增加,但是抽穗期、散粉期、成熟期等都是负值,株高增加,成熟晚。第5主成分的特征值是0.755,贡献率为6.863%。第5主成分中千粒重的特征向量值最大,其次是主茎穗长(负值),因此把第5主成分称为千粒重因子。主茎穗长较短、主茎穗粒数较少的品种千粒重较高。

根据累积贡献率85%的标准,选取前5个主成分及特征向量列于表4,特征向量的大小表示供试品种各农艺性状对主成分贡献的大小。

2.4 参试品种聚类分析结果

用上述5个主成分作为综合指标,依据欧氏距离采用离差平方和法对43个品种进行系统聚类分析,将43个品种可划分成7大类群(图1)。其中,第1类群包括江东门、华东7号、骊英4号、华东5201、骊英3号、Frontana、Lee、阿勃、淮丰75、南大8号、维拉格罗里、抗锈5204、华东5号,共13个品种,占总品种数的30.2%;第2类群包括南大3号、内乡2号、南大早熟1号、京红1号、辽春8号、唐春2号,共6个品种,占总品种数的13.95%;第3类群包括辽春5号、辽春6号、敌锈

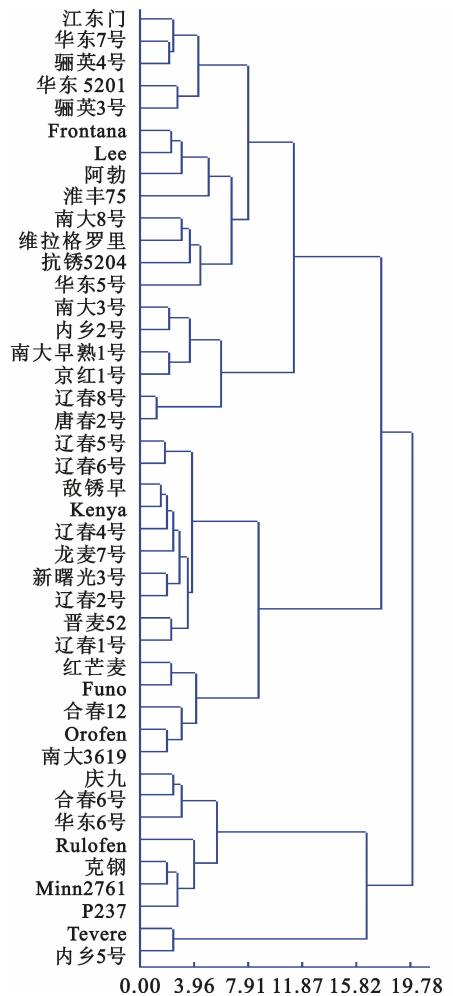


图1 43个春小麦品种的聚类分析图

Fig. 1 Cluster analysis of 43 spring wheat cultivars

早、Kenya、辽春4号、龙麦7号、新曙光3号、辽春2号、晋麦52、辽春1号,共10个品种,占总品种数的23.3%;第4类群包括红芒麦、阿夫、合春12、欧柔、南大3619,共5个品种,占总品种数的11.6%;第5类群包括庆九、合春6号、华东6号,共3个品种,占总品种数的6.98%;第6类群包括如罗、克钢、Minn2761、P237,共4个品种,占总品种数的9.3%;第7类群包括Tevere、内乡5号,共有2个品种,占总品种数的4.65%。从聚类结果可以看出,来自同一地区的品种多数被分在同一个类群,如辽春系列的6个品种中有5个被分在第3类群,只有辽春8号被分在第2类群。华东系列的4个品种中3个被分到一个类群。说明同一来源地的品种其亲缘关系较近。但是同一类群中也包括不同来源地的品种。因此,选配亲本组合时,不能只关注品种的来源地,应该从不同类群进行选择。

对各类群的农艺性状特征分析发现,第1类

群的品种,株高中等,抽穗期和成熟期适中,单株有效穗数较多,主茎穗粒数少,单株粒数和千粒重均较低。第2类群的品种,植株矮,抽穗期和成熟期早,单株有效穗数中等,主茎穗粒数中等,单株粒数中等偏下,千粒重较低。第3类群的品种,株高中等,抽穗期和成熟期较早,单株有效穗数中等,主茎穗粒数较多,单株粒数中等,千粒重较高。第4类群的品种,株高中等,抽穗期和成熟期中等,单株有效穗数较多,主茎穗粒数多,单株粒数多,单株粒重高,千粒重较高,综合经济性状好。第5类群的品种,植株高,抽穗期和成熟期晚,有效穗数中等,主茎穗粒数较多,主茎穗小穗数较多,单株粒数中等,千粒重中等。第6类群的品种,植株较高,抽穗期和成熟期晚,单株有效穗数多,主茎穗粒数中等,单株粒数多,千粒重较低。第7类群的品种,植株较高,抽穗早,但是成熟期很晚,单株有效穗数、主茎穗粒数及单株粒数少,千粒重低(表5)。

表5 7个类群春小麦11个农艺性状的平均值

Table 5 Average values of 11 agronomic traits in the 7 groups of spring wheat cultivars

类别 Group	株高 Plant height /cm	主茎穗长 Main spike length /cm	主茎穗 小穗数 Number of spikelets per main spike	单株有效穗数 Available spike number per plant	主茎穗粒数 Kernel number per main spike	抽穗期 Heading date /d	散粉期 Flowering date /d	成熟期 Maturation date /d	单株粒数 Kernel number per plant	单株粒重 Kernel weight per plant /g	千粒重 Thousand kernel weight /g
第1类	76.27	7.65	14.30	8.06	31.91	12.08	15.92	45.69	181.78	4.35	24.36
第2类	64.19	7.75	14.31	7.05	34.85	2.67	9.00	40.00	193.44	4.32	23.08
第3类	76.08	7.78	14.82	7.22	37.68	6.50	12.40	42.10	208.33	5.68	28.66
第4类	75.76	7.40	15.61	8.21	42.16	11.00	15.60	45.00	256.18	6.66	26.37
第5类	91.37	8.43	16.20	7.71	37.23	17.00	21.67	56.00	200.45	4.86	24.62
第6类	83.96	7.93	15.08	9.22	35.77	15.25	20.25	57.75	254.82	6.01	23.59
第7类	84.24	7.64	15.83	5.12	27.77	2.50	38.00	59.00	93.78	1.97	21.03

抽穗期、散粉期、成熟期初始日期均以5月13日计。

The beginning date of heading, flowering and maturation stages was May 13.

3 讨论

高产一直是小麦育种工作所追求的目标,而影响小麦产量的性状众多,且性状之间存在着相关性。育种专家可能根据育种目标只关注少数性状的表现。如果仅凭少数两三个性状的表现型对种质资源进行评价、选择亲本,势必带有主观性。另外评选工作麻烦。而主成分分析法由于各主成分是一个相对独立的指标体系,各主成分之间不存在相关,并且数值直观,容易分析^[14]。本研究对来自国内外的43个春小麦品种选取11个农艺性状进行主成分及聚类分析。结果发现,11个农

艺性状在品种间均存在显著差异,说明这些参试品种间差异大,为选择亲本提供了更大的空间。通过主成分分析将11个农艺性状简化为彼此互不相关的5个综合指标(主成分),即籽粒产量因子、成熟因子、有效穗数因子、穗长因子和千粒重因子。在此基础上进行聚类分析,43个品种被分成7个类群,其中第4类群的5个品种产量综合性状较好。

聚类分析的依据是遗传距离,遗传距离大的品种分在不同的类,遗传距离小的品种分在同一类^[20]。遗传距离的计算依赖于各性状的表现型,而表现型是受基因型和环境共同影响的。只有严

格控制环境的一致性,才能得到更准确的聚类分析结果。另外,聚类分析所依据的性状、聚类方法等同样影响聚类的结果。因此利用相同的参试品种可能会得出不同的聚类结果。这可能是王林海等认为通过农艺性状聚类相似度较低的原因^[22]。本研究发现,来自同一地区亲缘关系较近的品种大多数被分在一个类群,只有少数被分在不同的群。这与吴晓丽等^[12]的研究结果一致。例如辽春系列的5个品种被分在第3类群,而辽春8号被分在第2类群。表明本研究的聚类结果较准确可靠,可以指导育种实践。同时,许多来自不同地区的品种被划分为同一类群,说明春小麦品种的遗传差异与地理位置的远近并不相关。这与其他学者的研究结果一致^[7,8,20]。因此建议育种工作者选配亲本组合时应在不同类群选择,而不必考虑地理位置。

聚类分析的结果对于指导亲本选择,合理搭配组合确实有实际意义^[4],但是依据农艺性状的聚类分析结果不稳定,究其原因是在田间试验难于控制环境因素。因此,合理的试验设计、统一标准的农事操作是保证聚类分析结果准确可靠的前提。另外,通过农艺性状聚类分析的结果与用分子标记方法分类结果结合起来评价种质资源效果可能会更好。

参考文献:

- [1]周吉,徐萍,李国强,等.不同水旱地小麦品种聚类分析及其利用模式研究[J].麦类作物学报,2009,29(5):809-813.
- [2]Murphy J P,Cox T S,Rodgers D M.Cluster analysis of red winter wheat cultivars based upon coefficients of parentage[J].Crop Science,1986,26:672-676.
- [3]Brown J S.Principle component and cluster analysis of cotton cultivar variability across the US cotton belt[J].Crop Science,1991,31:915-922.
- [4]张学智,魏芝,杨珍.春性硬粒小麦品种农艺性状的聚类分析[J].作物品种资源,1998(4):14-15,18.
- [5]Butt M S,Anjum F M,van Zuilichem D J,Shaheen M.Development of predictive models for end-use quality of spring

- wheat's through canonical analysis[J].International Journal of Food Science and Technology,2001,36:433-440.
- [6]魏亦农,曹连莆.二棱啤酒大麦品种资源农艺性状的聚类分析和主成分分析[J].种子,2003(3):69-70.
- [7]胡立成.黑龙江省大豆品种聚类分析[J].大豆科学,1991,10(1):10-16.
- [8]陈华萍,王照丽,魏育明,等.四川小麦地方品种农艺性状与品质性状的聚类分析[J].麦类作物学报,2006,26(6):29-34.
- [9]李艳,董中东,崔党群,等.133份小麦亲本材料氮磷利用效率的聚类分析[J].中国农学通报,2005,21(1):76-78.
- [10]李茜,王宪泽,郭恒俊.山东省推广小麦品种的加工品质性状的聚类分析[J].粮食与饲料工业,2003(8):3-5.
- [11]张桂英,张国权,罗勤贵,等.陕西关中小麦品质性状的因子及聚类分析[J].麦类作物学报,2010,30(3):548-554.
- [12]吴晓丽,包维楷.42份冬小麦品种主要农艺性状的聚类分析[J].西南农业学报,2010,23(4):1017-1022.
- [13]董攀,李伟,郑有良.波兰小麦主要农艺性状分析[J].麦类作物学报,2007,27(2):216-222.
- [14]庄萍萍,李伟,魏育明,等.波斯小麦农艺性状相关性及其主成分分析[J].麦类作物学报,2006,26(4):11-14.
- [15]常磊,柴守玺,杨德龙,等.我国旱地春小麦产量及主要农艺指标的变异分析[J].应用生态学报,2010,21(11):2821-2829.
- [16]杨文秀,王颖,秦建明,等.春小麦品质农艺和品质性状的差异及其相关分析[J].内蒙古农业大学学报,2009,30(3):42-47.
- [17]刘国权,张得栋.春小麦农艺性状及产量性状关系的研究[J].甘肃科技纵横,2004,33(1):51-52.
- [18]沈强云,许志斌,张宁文,等.宁夏春小麦品种主要农艺性状的遗传相关及主成份分析[J].宁夏农林科技,1997(4):7-10.
- [19]郑茂波,丁海燕,肖志敏.黑龙江省不同年代主栽春小麦品种的遗传多样性分析[J].麦类作物学报,2009,29(3):409-413.
- [20]李卫华,伏河山,徐红军,等.42个春小麦品种数量性状的聚类分析[J].新疆农业科学,2006,43(5):357-361.
- [21]唐启义,冯明光.实用统计分析及其DPS数据处理系统[M].北京:科学出版社,2002:308-310.
- [22]王林海,王晓伟,詹克慧,等.黄淮麦区部分小麦种质资源农艺性状的聚类分析[J].中国农学通报,2008,24(4):186-191.