

国外小麦种质资源农艺性状及品质性状的多样性分析

柴永峰¹, 李秀绒¹, 赵智勇¹, 孙来虎¹, 李永山¹, 景力武²

(¹山西省农业科学院棉花研究所, 山西运城 044000; ²山西省运城市农业委员会, 山西运城 044000)

摘要: 为了解国外146份小麦种质的遗传多样性, 提高小麦资源利用效率, 在山西南部大田对从国外引进的146份小麦种质资源的农艺性状和品质性状进行了多样性分析。结果表明: 18个农艺性状和品质性状指标的平均变异系数为10.9%, 平均多样性指数为1.4。农艺性状的产量、主茎穗长、穗粒数、千粒重、单株成穗数和品质性状的稳定时间、拉伸面积、最大拉伸阻力、沉降值、形成时间等方面有着丰富的遗传多样性。同时对产量较好的31份材料进行了主成分分析和聚类分析, 前8个主成分特征值的累计贡献率达92.73%, 从中选出了影响力较大的8个性状, 综合反映了经济性状和品质性状; 31份材料按遗传距离远近划分为7类, 各类群特征表现各异, 说明引进小麦资源农艺性状和品质性状遗传多样性丰富。

关键词: 国外小麦; 农艺性状; 品质性状; 多样性

中图分类号: S32

文献标志码: A

论文编号: 2013-0410

Diversity Analysis of Agronomic and Quality Characters of Foreign Wheat Germplasm Resources

Chai Yongfeng¹, Li Xiurong¹, Zhao Zhiyong¹, Sun Laihu¹, Li Yongshan¹, Jing Liwu²

(¹Cotton Research Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Yuncheng 044000, Shanxi, China;

²Yuncheng Agricultural Committee, Yuncheng 044000, Shanxi, China)

Abstract: In order to gain knowledge of genetic diversity of wheat and improve their usage efficiency as germplasm resource. Diversities of agronomic and quality characters were analyzed for 146 foreign wheat germplasm in the field in southern Shanxi Province, basing on the data statistic analysis, principal component and cluster analysis methods. The average coefficient of variance was 10.9%, and the average diversity index was 1.4 with 18 wheat characters. It was—to seed yield, spike length, kernels per spike, spikes per plant, 1000-grain weight, stability time, tensile area, maximum resistance, sedimentation value and development time. Principal component and cluster analysis were used to 31 high-yield germplasm resources. The additive contributing rate of first eight principal components was 92.73%, eight major discriminating characteristics were selected to reflect the comprehensive economic characters and quality characters. According to the genetic distance, 31 germplasm resources were divided into 7 groups. Each group had different characteristics and showed abundant genetic diversity in agronomic and quality characters.

Key words: Foreign Wheat; Agronomic Character; Quality Character; Genetic Diversity

0 引言

小麦种质资源是现代小麦育种的重要亲本来源, 是培育高产优质抗病小麦新品种的重要物质基础^[1], 多样化的遗传资源更有利于选择更加理想的亲本。建国以来, 中国小麦育种工作的进展和突破都依赖于

关键性种质资源的发现和利用^[1]。小麦种质资源的引进、鉴定与利用是中国小麦品种选育不断获得巨大进展的物质基础^[2-3], 中国的育成品种80%以上有国外小麦的血缘, 尤其是抗性材料, 绝大部分来自国外。进一步说明引进研究国外优质资源的必要性。近20年

基金项目: 国际挑战计划项目“Wheat breeding and selection strategies to combine and validate QTLs for WUE and heat tolerance in China”(G7010.02.01-3); 山西省科技攻关项目“抗旱节水高效优异种质创制及小麦新品种选育”(20130311001-3)。

第一作者简介: 柴永峰, 男, 1961年出生, 山西永济人, 副研究员, 学士, 主要从事旱地小麦育种与栽培技术等研究。通信地址: 044000 山西省运城市黄河大道118号 山西省农业科学院棉花研究所, Tel: 0359-2120471, E-mail: yongfengchai@sina.com。

收稿日期: 2013-06-13, **修回日期:** 2013-08-03。

来,国内育种单位对国外小麦种质材料进行了一些研究,李秀绒等^[4]、张俊灵等^[5]对外引小麦种质进行了农艺性状分析,佟汉文等^[6]对外引小麦种质进行了农艺性状和抗性分析,李冬梅等^[7]对外引小麦蛋白质进行了研究,刘三才等^[8-9]、吴振录等^[10]分别对澳大利亚和意大利的小麦进行了农艺性状和品质性状分析。虽然近年来已经有RAPD、SSR等分子标记在小麦资源遗传多样性研究中应用^[11-12],但利用表型性状对外引小麦的遗传多样性分析仍鲜见报道。2010年以来,在中国农科院的主持下,笔者承担了国际农业磋商组织

(CGIAR)挑战计划项目(GCP)课题,引进了来自国际玉米小麦改良中心(CIMMYT)的146份(含当地对照1份)小麦资源材料,通过对这些材料的农艺性状和品质性状进行遗传多样性分析,了解遗传基础,不断丰富小麦种质资源多样性,鉴定和筛选具有特异优良性状的新种质,为中国小麦育种发掘可利用的优异基因。

1 材料与方法

1.1 材料来源

2010年3月通过GCP项目获得国际玉米小麦改良中心(CIMMYT)的146份资源材料(表1)。

表1 参试小麦资源名称代号

代号	名称或组合	来源	代号	名称或组合	来源
9601	JINMAI 47	中国	9674	KUKRI/EXCALIBUR	CIMMYT
9602	OLIMPIA2/SLM	CIMMYT	9675	KUKRI/EXCALIBUR	CIMMYT
9603	BAV92/SERI	CIMMYT	9676	KUKRI/EXCALIBUR	CIMMYT
9604	HGO94.9.1.52	CIMMYT	9677	KUKRI/EXCALIBUR	CIMMYT
9605	BAV92/SERI	CIMMYT	9678	KUKRI/EXCALIBUR	CIMMYT
9606	W15.92/4/PASTOR/HXL7573/2*BAU/3/WBLL1	CIMMYT	9679	KUKRI/EXCALIBUR	CIMMYT
9607	SOKOLL/WBLL1	CIMMYT	9680	EXCALIBUR	CIMMYT
9608	MEX94.2.19//SOKOLL/WBLL1	CIMMYT	9681	BERKUT	CIMMYT
9609	OAX93.24.35//SOKOLL/WBLL1	CIMMYT	9682	KRICHAUFF	CIMMYT
9610	PASTOR/HXL7573/2*BAU/3/MEX94.2.19//ATTILA/3*BCN(1)	CIMMYT	9683	SOKOLL(1)	CIMMYT
9611	FRTL/SOKOLL	CIMMYT	9684	BAV92/SERI	CIMMYT
9612	CETTIA	CIMMYT	9685	BAV92/SERI	CIMMYT
9613	NAC0ZARI F76	CIMMYT	9686	BAV92/SERI	CIMMYT
9614	CNDO/R143//ENTE/MEXI-2/3/AEGILOPSSQUARROSA(TAUS)/4/...	CIMMYT	9687	BAV92/SERI	CIMMYT
9615	BAW898	CIMMYT	9688	BAV92/SERI	CIMMYT
9616	PARUS/3/CHEN/AE.SQ//2*OPATA	CIMMYT	9689	BAV92/SERI	CIMMYT
9617	D67.2/P66.270//AE.SQUARROSA(220)/3/PRL/SARA//TSI/...	CIMMYT	9690	BAV92/SERI	CIMMYT
9618	GRANERO INTA	CIMMYT	9691	BAV92/SERI	CIMMYT
9619	CHEN/AE.SQ//2*OPATA/3/FINSI	CIMMYT	9692	BAV92/SERI	CIMMYT
9620	LOVE-HH-129	CIMMYT	9693	BAV92/SERI	CIMMYT
9621	HGO94.9.1.3	CIMMYT	9694	BAV92/SERI	CIMMYT
9622	SITELLA	CIMMYT	9695	BAV92/SERI	CIMMYT
9623	PJ62/GB55	CIMMYT	9696	BAV92/SERI	CIMMYT
9624	PASTOR/HXL7573/2*BAU/3/CMH82.575/CMH82.801(1)	CIMMYT	9697	SERI M82	CIMMYT
9625	SOKOLL/WBLL1	CIMMYT	9698	BAVIACORA M 92	CIMMYT
9626	SOKOLL/WBLL1	CIMMYT	9699	SILVERSTAR	CIMMYT
9627	SOKOLL/WBLL1	CIMMYT	9700	SSRW35	CIMMYT
9628	SOKOLL/WBLL1	CIMMYT	9701	SSRW47	CIMMYT
9629	PASTOR/HXL7573/2*BAU/3/WBLL1	CIMMYT	9702	SSRT02	CIMMYT
9630	PASTOR/HXL7573/2*BAU/3/WBLL1	CIMMYT	9703	SSRT09	CIMMYT
9631	PASTOR/HXL7573/2*BAU/3/ATTILA/3*BCN	CIMMYT	9704	SSRT17	CIMMYT

续表1

代号	名称或组合	来源	代号	名称或组合	来源
9632	SERI/BAV92//WBLL1	CIMMYT	9705	SSRT65	CIMMYT
9633	SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU	CIMMYT	9706	SSRT14	CIMMYT
9634	CROC__1/AE.SUARROSA(224)//OPATA/3/SOKOLL	CIMMYT	9707	SSRT16	CIMMYT
9635	SOKOLL//W15.92/WBLL1	CIMMYT	9708	JANZ	CIMMYT
9636	PASTOR//HXL7573/2*BAU/3/SOKOLL/WBLL1	CIMMYT	9709	VJ01	CIMMYT
9637	WBLL4//OAX93.24.35/WBLL1	CIMMYT	9710	VJ10	CIMMYT
9638	MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN	CIMMYT	9711	VJ30	CIMMYT
9639	MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN	CIMMYT	9712	VJ99	CIMMYT
9640	PUB94.15.1.12/FRTL	CIMMYT	9713	QH__71-4	CIMMYT
9641	WBLL4//NURSIT	CIMMYT	9714	QH__74-3	CIMMYT
9642	FRTL//ATTILA/3*BCN	CIMMYT	9715	QH__181-3	CIMMYT
9643	OR791432/VEE#3.2//ATTILA/3*BCN	CIMMYT	9716	QH__221-3	CIMMYT
9644	FRTL/SOKOLL	CIMMYT	9717	QG__170-4.1	CIMMYT
9645	PASTOR//HXL7573/2*BAU/3/MEX94.2.19//ATTILA/3*BCN	CIMMYT	9718	QG__58-5.1	CIMMYT
9646	TACUPETO F2001	CIMMYT	9719	SERI M82	CIMMYT
9647	PASTOR//HXL7573/2*BAU/3/CMH82.575/CMH82.801	CIMMYT	9720	BABAX	CIMMYT
9648	CROC__1/AE.SUARROSA(224)//OPATA/3/WBLL1	CIMMYT	9721	SB003	CIMMYT
9649	SOKOLL/WBLL1	CIMMYT	9722	SB010	CIMMYT
9650	SOKOLL/WBLL1	CIMMYT	9723	SB069	CIMMYT
9651	PASTOR//HXL7573/2*BAU/3/WBLL1	CIMMYT	9724	SB165	CIMMYT
9652	PASTOR//HXL7573/2*BAU/3/WBLL1	CIMMYT	9725	SB057	CIMMYT
9653	MEX94.2.19/PUB94.15.1.12	CIMMYT	9726	SB062	CIMMYT
9654	W15.92/WBLL1	CIMMYT	9727	SB109	CIMMYT
9655	PUB94.15.1.12/WBLL1	CIMMYT	9728	SB169	CIMMYT
9656	PUB94.15.1.12/3/FRTL//ATTILA/3*BCN	CIMMYT	9729	AUS30354	CIMMYT
9657	PUB94.15.1.12/FRTL	CIMMYT	9730	AUS30355	CIMMYT
9658	KUKRI/RAC875	CIMMYT	9731	AUS30518	CIMMYT
9659	KUKRI/RAC875	CIMMYT	9732	AUS30523	CIMMYT
9660	KUKRI/RAC875	CIMMYT	9733	HARTOG	CIMMYT
9661	KUKRI/RAC875	CIMMYT	9734	PASTOR	CIMMYT
9662	KUKRI/RAC875	CIMMYT	9735	RAC 655	CIMMYT
9663	KUKRI/RAC875	CIMMYT	9736	SB025	CIMMYT
9664	KUKRI/RAC875	CIMMYT	9737	SB044	CIMMYT
9665	KUKRI/RAC875	CIMMYT	9738	SB053	CIMMYT
9666	KUKRI/RAC875	CIMMYT	9739	SB187	CIMMYT
9667	KUKRI/RAC875	CIMMYT	9740	WYALKATCHEM	CIMMYT
9668	KUKRI	CIMMYT	9741	DRYSDALE	CIMMYT
9669	RAC875	CIMMYT	9742	VOROBAY	CIMMYT
9670	KUKRI/EXCALIBUR	CIMMYT	9743	SOKOLL	CIMMYT
9671	KUKRI/EXCALIBUR	CIMMYT	9744	ATTILA	CIMMYT
9672	KUKRI/EXCALIBUR	CIMMYT	9745	GLADIUS	CIMMYT
9673	KUKRI/EXCALIBUR	CIMMYT	9746	SOKOLL	CIMMYT

1.2 试验年度地点和试验设计

试验于2010—2011年在山西省农业科学院棉花研究所运城市所内试验农场进行。2010年3月23日对CMMIT 146份材料浸泡吸水12 h,再经种子发芽箱25℃条件下催芽36 h处理,于3月25日露地种植,各种1行,行长1 m,点籽20粒,行距21 cm,2次重复。用于性状初步观察和种子繁殖。2010年10月20日秋播种植,各种1行,行长2 m,点籽100粒,行距22 cm,2次重复,随机区组。播种前每公顷施纯N 120 kg, P₂O₅ 112.5 kg,大田管理按常规进行。收获期进行实收测产。

1.3 测定方法

田间系统观察鉴定参试材料的生育期表现和抗逆适应性,主要生物学特征特性,收获时各选5株室内进行系列性状考种。

利用瑞典玻通仪器公司生产的2100型面筋测量系统分析测定全麦粉面筋品质和9100型整粒谷物近红外仪分析测定籽粒样品品质性状。

1.4 统计方法

所有试验数据的平均数、标准差、变异系数、Shannon-Weaver多样性指数等均在Excel中进行。用DPS系统对小麦资源各性状进行主成分分析及聚类分析。在聚类分析中种质间距离为欧式距离,采用最短

距离法进行聚类。

计算Shannon-Weaver多样性指数(H)^[13]:

$$H = -\sum_{i=1}^n P_i \ln P_i$$

其中, n 为某一性状表型级别的数目, P_i 为某一性状第*i*级别内材料份数占总数的百分比。

2 结果与分析

2.1 小麦性状指标多样性分析

根据参试的146份材料的统计分析(表2)表明,146份小麦资源的18个性状的平均变异系数为10.9%,差异较大,平均多样性指数为1.40,遗传多样性丰富。产量、主茎穗长、穗粒数、千粒重、单株成穗数的变异系数均高于平均值,说明这些数量性状的差异较大,变异范围广泛,遗传多样性丰富。其中产量的变异系数最大,达23.96%,多样性丰富,为1.38,产量在1500 kg/hm²以下2份,1500~2250 kg/hm²的材料有19份,2250~3000 kg/hm²的材料有50份,3000~3750 kg/hm²材料有43份;产量3750 kg/hm²以上有32份(表3)。生育期的变异系数最小,为0.43%,说明参试材料的生育期比较接近,熟期相对一致,差异不大。

在品质性状上,沉降值、形成时间、稳定时间、最大拉伸阻力、拉伸面积的变异系数超过平均值,说明这些

表2 参试小麦材料各性状变异分析

指标	最大值	最小值	平均数	标准差	变异系数/%	多样性指数
生育期	218 d	215 d	216.12 d	0.94	0.43	1.30
株高	113 cm	65 cm	83.20 cm	8.97	10.78	1.25
主茎穗长	12.5 cm	7.5 cm	10.20 cm	1.22	11.99	1.61
单株穗数	5.0个	2.2个	3.18个	0.5	15.7	1.37
穗粒数	46.8个	23.1个	34.53个	5.53	16.03	1.47
千粒重	42.08 g	24.16 g	33.40 g	4.09	12.23	1.25
产量	4591.5 kg/hm ²	1480.5 kg/hm ²	3049.5 kg/hm ²	730.5	23.96	1.38
容重	823 g/L	765 g/L	793.23 g/L	11.31	1.43	1.22
硬度	72.81	47.52	65.11	5.73	8.80	1.23
蛋白质含量	16.6%	13.26%	14.78%	0.75	5.06	1.74
湿面筋含量	36.65%	29.07%	32.30%	1.64	5.09	1.24
沉降值	48.6 mL	30.0 mL	39.62 mL	4.35	10.98	1.51
吸水率	62.9%	50.1%	58.15%	2.64	4.54	1.19
形成时间	5.4 min	2.6 min	4.45 min	0.54	12.08	1.42
稳定时间	11.1 min	4.4 min	7.26 min	1.41	19.41	1.13
最大拉伸阻力	683 E.U	330 E.U	550.97 E.U	72.38	13.14	1.44
延展性	179.4 mm	138.9 mm	158.02 mm	9.56	6.05	1.35
拉伸面积	139 cm ²	42 cm ²	97.22 cm ²	17.15	17.64	1.30

数量性状的差异较大,变异范围广泛,遗传多样性丰富。其中稳定时间变异系数最大,达19.41%,容重变异系数最小,为1.43%。其他性状如硬度、蛋白质含量和湿面筋含量及延展性处于两者之间,差异也较大,多样性也较丰富,如蛋白质含量在13.26%~16.6%,变异

系数为5.06%,但多样性指数最高,为1.74,其中蛋白质含量 $\geq 14.0\%$ 有124份,占86.3%,蛋白质含量 $\geq 16.0\%$ 有13份,占8.9%(表3)。湿面筋含量在29.07%~36.65%,平均32.3%,变异系数5.09%,其中湿面筋含量 $\geq 30.0\%$ 占92.47%,湿面筋含量 $\geq 32\%$ 占55.48%。

表3 参试小麦资源的产量和蛋白质含量

代号	产量/(kg/hm ²)	蛋白质/%	代号	产量/(kg/hm ²)	蛋白质/%	代号	产量/(kg/hm ²)	蛋白质/%	代号	产量/(kg/hm ²)	蛋白质/%
9702	1480.5	13.91	9707	2583.0	14.46	9708	3043.5	14.91	9734	3706.8	14.14
9634	1493.3	16.09	9732	2602.5	16.01	9723	3061.5	14.60	9650	3724.5	14.32
9664	1557.8	15.43	9709	2616.8	15.22	9678	3073.5	16.17	9742	3738.3	14.08
9661	1589.0	15.39	9668	2636.0	15.69	9693	3088.5	14.49	9712	3751.5	14.91
9699	1667.3	15.30	9691	2658.5	15.04	9735	3096.3	16.03	9638	3754.5	13.60
9618	1733.9	15.10	9640	2679.6	14.04	9658	3152.3	15.08	9636	3756.3	14.27
9620	1785.0	15.39	9675	2680.5	15.27	9646	3159.3	13.66	9656	3769.4	13.54
9705	1787.4	15.37	9648	2685.9	14.49	9686	3180.8	14.11	9718	3774.0	15.90
9609	1801.2	15.93	9711	2686.5	14.99	9703	3217.5	14.66	9603	3780.0	14.58
9704	1827.8	15.09	9724	2704.1	14.94	9700	3223.5	14.42	9606	3793.5	14.15
9733	1829.6	15.94	9713	2711.3	14.96	9639	3230.9	14.98	9624	3808.4	14.73
9721	1843.4	14.66	9722	2748.8	16.27	9710	3233.3	14.73	9611	3872.3	13.53
9670	1895.3	15.97	9676	2760.8	16.23	9741	3257.1	14.95	9685	3878.3	14.03
9695	1916.3	13.98	9715	2761.5	14.66	9669	3282.0	16.35	9629	3881.7	13.94
9613	1930.1	15.59	9697	2763.0	14.83	9655	3302.1	14.75	9681	3896.3	13.64
9667	1933.4	14.79	9740	2776.5	15.45	9649	3307.1	14.30	9719	3903.6	14.31
9682	2000.3	15.63	9632	2788.5	14.73	9614	3312.0	13.41	9714	3920.3	14.45
9690	2055.8	15.15	9726	2791.5	13.85	9654	3319.5	14.18	9622	3951.8	15.39
9701	2073.8	15.42	9672	2823.5	15.56	9696	3340.8	14.12	9744	3953.6	14.12
9659	2197.2	15.29	9671	2825.3	15.49	9739	3356.4	13.44	9720	3961.2	14.32
9652	2241.8	14.67	9683	2849.7	15.26	9641	3362.0	13.26	9727	3976.5	14.60
9674	2260.1	16.35	9660	2857.5	15.25	9645	3396.0	14.65	9728	3989.3	14.55
9608	2294.3	14.62	9692	2896.4	14.98	9604	3410.3	--	9730	4030.9	14.27
9621	2303.3	15.86	9630	2916.5	14.29	9644	3423.8	14.32	9746	4053.8	14.80
9677	2352.8	14.94	9665	2925.8	16.60	9642	3427.8	14.20	9637	4057.5	13.91
9673	2365.2	16.26	9619	2940.8	15.27	9635	3454.4	14.54	9633	4059.0	14.00
9651	2380.5	13.44	9689	2942.3	14.43	9687	3466.5	14.80	9616	4136.3	13.35
9679	2395.5	15.44	9706	2957.3	14.68	9666	3468.0	15.36	9736	4142.7	13.57
9605	2401.5	14.75	9694	2965.1	14.89	9743	3469.5	14.94	9729	4159.5	14.00
9602	2456.3	13.73	9653	2966.1	14.85	9657	3478.5	13.79	9725	4164.0	14.90
9663	2472.3	16.17	9631	2973.0	13.91	9617	3515.3	14.57	9607	4197.0	15.03
9684	2478.8	14.75	9647	2978.0	14.16	9688	3530.3	14.29	9738	4323.5	13.82
9717	2487.2	15.00	9737	2990.3	14.92	9626	3566.3	14.56	9698	4536.0	14.79
9731	2514.8	14.48	9628	2999.3	14.62	9643	3589.5	14.78	9610	4539.0	14.24
9745	2554.4	16.14	9612	3000.8	14.65	9625	3624.8	14.34	9601	4590.8	14.33
9623	2555.3	14.40	9716	3012.0	14.78	9662	3639.8	15.95			
9615	2580.8	14.69	9627	3032.7	—	9680	3667.5	16.00			

2.2 小麦各性状的主成分分析

通过对产量超过 3750 kg/hm² 的 31 份材料的株高、生育期、主茎穗长、单株成穗数、穗粒数、千粒重和产量及品质等 18 个指标进行主成分分析,结果表明:主成分中的前 8 个主成分特征值的累计贡献率达 92.73%,包含了全部指标的绝大部分信息,各主成分包含的性状信息具有一定的相关性,而且不同主成分包含性状类型的差异较大(表 4)。第一主成分高负荷指标为形

成时间;第二主成分高负荷指标为株高;第三主成分高负荷指标为主茎穗长;第四主成分高负荷指标为蛋白质含量;第五主成分高负荷指标为容重;第六主成分高负荷指标为产量;第七主成分高负荷指标为生育期;第八主成分高负荷指标为单株成穗数。根据特征值和各主成分高负荷指标,可以将第一、第四、第五主成分合并为第一因子,反映小麦品质性状;第六、第八主成分合并为第二因子,反映经济产量性状。

表 4 主成分分析表

因子	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5	因子 6	因子 7	因子 8	
特征值	6.77	2.35	2.04	1.60	1.48	1.07	0.82	0.55	
累计百分率/%	37.625	50.707	62.041	70.937	79.161	85.106	89.681	92.733	
特征向量	株高	-0.120	0.394	0.015	-0.064	0.190	-0.272	-0.518	0.402
	生育期	0.052	0.308	-0.220	0.121	0.097	-0.248	0.780	0.201
	主茎穗长	-0.092	0.046	0.510	-0.313	0.077	0.025	0.268	-0.047
	单株成穗	-0.084	-0.354	-0.233	0.109	-0.353	-0.018	0.039	0.705
	穗粒数	-0.021	0.205	0.466	-0.363	-0.148	-0.110	0.019	0.266
	千粒重	-0.143	0.370	-0.048	0.253	0.428	0.010	-0.044	0.194
	产量	-0.020	0.042	0.100	0.121	0.251	0.861	0.054	0.253
	容重	0.071	-0.370	-0.095	0.083	0.524	-0.212	-0.082	-0.049
	蛋白质含量	0.214	0.076	0.297	0.522	-0.145	-0.093	-0.056	-0.037
	湿面筋含量	0.243	0.107	0.328	0.450	-0.041	-0.075	0.030	0.028
	硬度	0.312	-0.173	-0.004	-0.217	0.311	-0.048	0.049	0.122
	沉降值	0.367	-0.018	0.102	0.029	-0.131	0.021	-0.055	0.102
	吸水率	0.338	-0.076	0.026	-0.142	0.312	-0.040	0.065	0.063
	形成时间	0.371	-0.075	0.031	0.054	0.043	-0.081	-0.107	0.059
	稳定时间	0.324	-0.189	0.162	-0.060	-0.044	0.039	0.006	0.183
	最大拉伸阻力	0.307	0.239	-0.214	-0.237	-0.073	0.062	-0.042	0.002
	延展性	0.252	0.305	-0.232	0.046	-0.164	0.138	-0.096	-0.231
	拉伸面积	0.299	0.244	-0.253	-0.216	-0.103	0.118	-0.038	0.053

2.3 小麦高产资源的聚类分析

通过对产量超过 3750 kg/hm² 的 31 份材料的株高、生育期、主茎穗长、单株成穗数、穗粒数、千粒重和产量及品质等 18 个指标进行聚类分析(图 1、表 5)表明,将 31 份材料分为 7 类:第一类 1 份材料(9718),属于高蛋白,面筋指数较低。第二类 5 份材料(9729、9730、9633、9611、9638),株高、千粒重、蛋白质、面筋指数均较高,如 9633 的面筋指数高达 100%。第三类 1 份材料——9714,蛋白质高、面筋指数较高。第四类 1 份材料——9601,穗粒数较少,千粒重高,产量最高、蛋白质高。第五类 1 份材料(9607),穗粒数多,千粒重高、高蛋白、面筋指数最低。第六类 1 份材料(9725),穗粒数较

多,千粒重、蛋白质含量较高,面筋指数中等。第七类有 21 份材料,又可分为 6 亚类——第一亚类为 9746;第二亚类为 9610,第三亚类为 9698、9738、9720、9685;第四亚类为 9603、9637、9744、9624、9736、9616、9719、9629、9606、9656;第五亚类为 9728、9727、9636;第六亚类为 9712。

3 结论与讨论

中国小麦育种工作的进展和突破都依赖于关键性种质资源的发现和利用,种质资源的遗传多样性是育种工作的基础,由于近年来小麦育种进程的加快,所用的种质资源主要集中在少数骨干亲本上^[14-16],导致大部分新育成品种的一些主要性状的变异幅度较为狭窄,

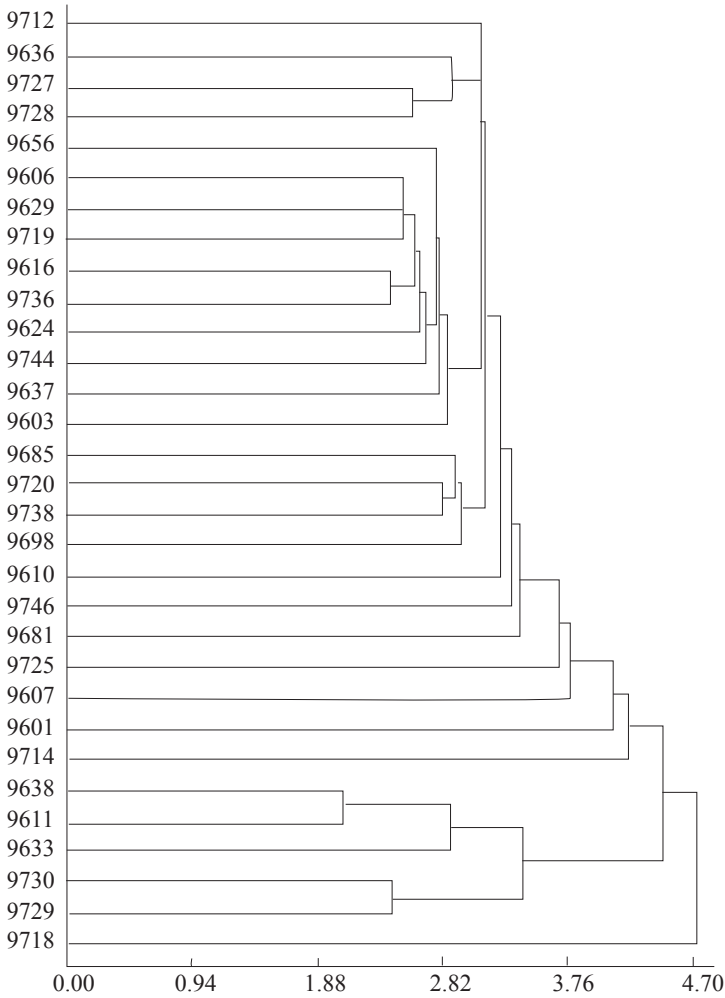


图1 产量超过3750 kg/hm²材料聚类分析

表5 各类群性状平均表现

类群	株高/cm	生育期/d	主茎穗长/cm	单株成穗/个	穗粒数/个	千粒重/g	产量/(kg/hm ²)	蛋白质/%	湿面筋/%	面筋指数/%
I	81	215	9.9	3.0	34.3	32.7	3774.0	15.9	34.69	43.8
II	92.4	215.6	10.7	3.4	36.2	39.2	3975.0	13.9	30.1	75.2
III	83	217	10.2	3.2	35.9	31.1	3921.0	14.45	32.14	95.8
IV	87	216	8.9	3.2	28.2	40.8	4591.5	14.33	31.33	46.53
V	89.5	217	11.6	2.8	38.4	39.1	4197.0	15.03	33.54	4.7
VI	88	215	11.3	2.8	30.6	38.9	4164.0	14.9	33.03	65.2
VII	87.6	215.5	10.7	3.4	37.4	35.7	3994.5	14.2	31.16	75.4

育种工作者已深刻认识到要继续提高小麦的育种水平,必须提高育种基础材料的遗传多样性^[17-18]。中国学者对不同地区小麦农艺性状、品质性状的遗传多样性进行了深入分析,陕西省小麦地方品种存在较广泛的遗传多样性,其中株高、千粒重等农艺性状的多样性指数范围在2.0630~1.9186,变异系数范围9.96%~26.9%^[19];新疆小麦农艺性状的多样性指数在0.900~0.814,变异系数在11.21%~30.82%,品质性状的多样性指数在

0.709~0.878,变异系数在38.06%~8.53%^[20]。本试验对引进国外的146份小麦资源的18个性状分析表明,农艺性状和品质性状变异系数分别为0.43%~23.96%和1.43%~19.41%,遗传多样性指数分别为1.25~1.47和1.19~1.74,平均多样性指数为1.40,变异系数为10.9%,说明这些小麦种质资源间的性状差异明显,变异范围大,遗传多样性丰富。尤其产量、主茎穗长、穗粒数、千粒重、单株成穗数以及品质性状如稳定时间、

拉伸面积、最大拉伸阻力、沉降值、形成时间等性状变异系数大,遗传多样性指数高,这些材料可与国内当地优良品种通过杂交、回交、复交及阶梯式杂交改良利用,培育出高产优质的小麦品种。

主成分分析在多种作物种质资源多样性中广泛应用。笔者对31份材料18个性状进行主成分分析研究表明,主成分中的前8个主成分特征值的累计贡献率达92.73%,包含了全部指标的绝大部分信息,根据各主成分载荷值大小,从中选出了影响力较大的8个性状,可以明显归类为2大类,综合反映了经济性状和品质性状。

聚类分析方法在研究作物品种资源的差异和分类方面已有不少应用,现已被广泛用于水稻、大豆、小麦、绿豆等作物的亲缘关系分析^[21-24]。通过对产量超过3750 kg/hm²的31份优异材料的18个性状进行聚类分析,将结果分为7个类群,各类群间差异明显。这些研究结果可为杂交育种亲本选配和分子标记提供支持,并通过改良创新,扩大小麦育种种质的遗传基础,丰富小麦育种的基因源。由于小麦表型性状的表现是遗传因素和环境因素综合作用的结果,数量性状由微效多基因控制,受环境影响较大,为了更准确的评价小麦资源的遗传背景,SSR标记技术已被广泛应用于小麦遗传多样性分析^[11-12,25],将农艺性状、品质性状与分子标记技术相结合,能显著缩短育种年限,减少工作量,提高种质资源利用效率。

参考文献

- [1] 郭秀焕,赵平,冯承业,等.小麦种质资源的引进创新和利用[J].中国种业,2003(8):41-42.
- [2] 邱时桃.国外优异小麦种质的引进利用[M].北京:中国科学技术出版社,1992:36-39.
- [3] 钱曼懋.中国小麦优异种质及其利用[M].北京:中国科学技术出版社,1992:32-36.
- [4] 李秀绒,柴永峰,孙来虎,等.几个外国优质小麦品种的鉴定和利用研究[J].山西农业科学,2013,41(4):307-310,316.
- [5] 张俊灵,孙美荣,张东旭,等.外引小麦种质材料的初步鉴定和评价[J].山西农业科学,2012,40(5):429-432.
- [6] 佟汉文,杨立军,朱展望,等.CIMMYT高降雨量区小麦种质资源的农艺性状和抗性评价[J].湖北农业科学,2009,48(12):2950-2952.
- [7] 李冬梅,肖蓓蕾,田纪春.新引进CIMMYT小麦核心种质籽粒蛋白质含量的分析筛选研究初报[J].德州学院学报,2012,28(4):41-44.
- [8] 刘三才,李为喜,朱志华,等.新引进澳大利亚小麦品种农艺和品质性状的分析[J].中国农学通报,2003,19(6):73-75.
- [9] 刘三才,郑殿升,胡琳,等.新引进意大利小麦品种农艺和品质性状的评价[J].植物遗传资源学报,2003,4(1):43-46.
- [10] 吴振录,张勇,何中虎,等.CIMMYT小麦在我国的产量和品质表现[J].麦类作物学报,2004,24(3):34-39.
- [11] 倪胜利,李兴茂,王立明.20份美国冬小麦品种的遗传多样性分析[J].干旱地区农业研究,2012,30(4):248-252.
- [12] Lee M. DNA markers and plant breeding programs[J]. Adv Agron, 1995(55):265-344.
- [13] Li L, Yang K, Ma L H, et al. Microsatellite marker development of foxtail millet by enriched libraries and genetic phylogenetic analysis of some Setaria species[A]. In: The Proceedings of Plant Genomics in China IX[C]. Guangzhou: Plant Genomics in China IX, 2008:44-50.
- [14] 王翠玲,张灿军,王书子,等.河南省优质小麦系谱追溯及遗传改良分析[J].中国农学通报,2002,18(2):80-82.
- [15] 金善宝,主编.中国小麦品种及其系谱[M].北京:中国农业出版社,1983.
- [16] 郑天存,韩玉林,李新平.河南省小麦品种品质现状及今后遗传改良分析[A].见:小麦遗传育种国际学术讨论会论文集[C].北京:中国农业科技出版社,2001.
- [17] Rasmusson DC, Phillips R L. Plant breeding progress and genetic diversity from denovo variation and elevated epistasis[J].Crop Science,1997(37):330-336.
- [18] 刘三才,郑殿升,曹永生,等.中国小麦选育品种与地方品种的遗传多样性[J].中国农业科学,2000,33(4):20-24.
- [19] 陈雪燕,王亚娟,雒景吾,等.陕西省小麦地方品种主要性状的遗传多样性研究[J].麦类作物学报,2007,27(3):456-460.
- [20] 王小国,梁红艳,张薇.新疆春小麦种质资源农艺性状和品质性状的遗传多样性分析新[J].新疆农业科学,2012,49(5):796-801.
- [21] 王亚娟,张秋芳,任志龙,等.小麦优异种质资源农艺性状综合鉴定与评价[J].麦类作物学报,2004,24(4):119-122.
- [22] 张彩英,张丽娟,段会军,等.大豆种质资源的分类鉴定研究[J].中国油料作物学报,2002(1):33-37.
- [23] 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.
- [24] 张毅华,张耀文,张泽燕.绿豆种质资源表型性状多样性分析[J].农学报,2013,3(1):15-19.
- [25] 王海燕,王秀娥,陈佩度.利用SSR标记分析云南、西藏和新疆小麦的遗传多样性[J].遗传学报,2007,34(5):623-633.