

山东省 23 个小麦品种产量、品质及 养分利用效率的差异分析

袁园园 董 贝 张翼博 卢绪鹏 李 铭 曹铭鑫 张荣亭

(山东省济南市农业科学研究院科研处, 济南 250316)

摘要:为筛选适宜济南市及周边地区推广的优良小麦品种,本研究以山东省近年来育成的 23 个小麦品种为材料,连续 2 年进行品种展示试验,测定了产量、品质及养分利用效率共 18 个性状。结果显示,除不育小穗数外,6 个产量性状以及 6 个养分利用效率性状在品种间的差异均达到极显著水平,株高、单位面积产量和 6 个养分利用效率性状在年份间的差异也达到显著水平;相关性分析发现,淀粉含量与不育小穗数、沉降指数与单位面积产量之间存在显著负相关关系,湿面筋含量与子粒氮含量之间,蛋白质含量和沉降指数与子粒氮含量之间分别存在显著或极显著正相关关系,而湿面筋含量、蛋白质含量和沉降指数与子粒氮利用效率之间存在极显著负相关关系;山农 29、儒麦 1 号和苜麦 20 的单位面积产量分别比对照济麦 22 高出 10.34%、8.55% 和 5.82%;山农 31 的蛋白质含量、湿面筋含量和沉降指数分别为 15.80%、39.30% 和 65.15,优于其他品种;山农 20、山农 29、山农 23、红地 95、烟农 173、齐麦 2 号和登海 202 的子粒氮、磷和钾利用效率均高于被测品种的平均水平。

关键词:小麦;产量;品质;养分利用效率

小麦是我国主要粮食作物,产量约占全国粮食总产量的 20% 左右^[1]。据国家统计局统计数据,2016 年全国小麦播种面积为 2420 万 hm^2 ,单位面积产量为 5327.4 kg/hm^2 ,全年小麦总产量为 1.29 亿 t。山东省是我国小麦第二大主产区,2016 年全省小麦播种面积约 383 万 hm^2 ,年产量约为 2340 万 t,平均单产为 6121.20 kg/hm^2 。因此,在种植面积和总产量上,山东省分别约占全国的 15.83% 和 18.14%;在平均单产上,山东省是全国小麦平均单产的 1.15 倍,也是单产最高的省份^[2]。

小麦单产的提高与品种更新息息相关。1985–1994 年间,我国小麦遗传改良对提高产量的贡献率高达 30.9%,每次品种更新可提高 10% 左右的产量^[3]。Y.Zhou 等^[4]研究发现,山东省 1960–2000 年间小麦产量潜力的提高主要依赖穗粒数、粒重和收获指数的增加。Y.G.Xiao 等^[5]研究认为单位面积粒数的增加是山东省 1969–2006 年育成小麦品种产量潜力提高的主要原因。宋健民等^[6]研究发现山东省 1999–2010 年间审定的小麦品种每 m^2 穗数接近 600 穗、穗粒数 40 粒、粒重 40 mg 以上,但是品质

状况较差,各品质指标不协调。随着人们生活水平的提高,人们对小麦加工品质的要求越来越高,但我国小麦加工品质相对较差,相关研究也相对较少^[7]。氮、磷、钾养分利用效率反映了小麦吸收的单位养分转化为子粒产量的能力^[8],小麦在养分利用效率方面存在广泛的基因型差异,选育并推广营养高效型品种,可在保持高产的前提下,有效降低化肥用量^[9]。本课题前期试验^[10]表明,山农 24、泰农 18、山农 32 和山农 29 是氮磷营养高效型小麦品种,它们在氮利用效率、磷利用效率和产量 3 个指标上均比对照品种济麦 22 高出 10% 以上。但缺乏对山东省已育成小麦品种进行氮、磷和钾综合养分利用效率的系统评价,以及养分利用效率与产量和品质性状之间的相关性研究。

本研究以山东省近年来育成的 23 个小麦品种为材料,连续 2 年对 7 个产量性状、5 个品质性状及 6 个养分利用效率性状进行调查和测定,以明确品种之间的差异,探讨产量、品质及养分利用效率之间的相关性,为小麦育种及品种推广提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验材料为 2006–2016 年 10 年

间山东省育成的 23 个品种,其中 2006 年、2008 年和 2010 年审定的品种均有 2 个,2011 年、2012 年、2013 年和 2014 年审定的品种分别有 4 个、1 个、2 个和 3 个,2016 年审定的品种有 7 个(表 1)。以济麦 22 为对照品种。

1.2 试验设计 试验在山东省济南市长清区稼禾

园农作物新品种展示示范场实施,地力均匀一致,分 2 年进行,播种和收获的时间分别为:2015 年 10 月 18 日至 2016 年 6 月 8 日、2016 年 10 月 14 日至 2017 年 6 月 3 日。每品种播种 300m²,用郟农 2BJK-6 小麦宽幅精量播种机统一播种,按照每 667m² 18 万基本苗确定播种量。常规田间管理。

表 1 山东省 23 个小麦品种

序号	品种	审定编号	品种来源
1	济麦 22	鲁农审 2006050 号	935024/935106
2	山农 22	鲁农审 2011030 号	Ta1 (Ms2)小麦轮选
3	山农 20	国审麦 2010006 号	PH82-2-2/954072
4	山农 29	鲁农审 2016002 号	临麦 6 号/J1781
5	山农 28	鲁农审 2014036 号	济麦 22/山农 15
6	山农 23	鲁农审 2011034 号	Ta1 (Ms2)小麦轮选
7	儒麦 1 号	鲁农审 2014038 号	济宁 16 号/临麦 2 号
8	山农 24	鲁农审 2013047 号	Ta1 (Ms2)小麦轮选
9	济麦 23	鲁审麦 20160060 号	豫麦 34/济麦 22
10	红地 95	鲁农审 2016008 号	周麦 16/淮麦 18
11	烟农 999	鲁农审 2011032 号	F/烟 BLU14-15
12	鑫麦 296	鲁农审 2013046 号	935031/鲁麦 23 号
13	鲁原 502	鲁农审 2012048 号	9940168/济麦 19
14	泰农 18	鲁农审 2008056 号	莱州 137/烟 369-7
15	烟农 173	鲁农审 2016005 号	济麦 22/烟 2415
16	良星 66	鲁农审 2008057 号	济 91102/济 935031
17	良星 77	鲁农审 2010069 号	济 991102/济 935031
18	良星 99	鲁农审 2006049 号	济 91102/鲁麦 14//PH85-16
19	齐麦 2 号	鲁农审 2014037 号	潍麦 8 号/05-38
20	汶农 17	鲁农审 2011033 号	潍麦 8 号/邯 3475
21	山农 31	鲁农审 2016004 号	6125/济麦 22
22	荷麦 20	鲁审麦 20160057 号	984121/周麦 18
23	登海 202	鲁审麦 20160058 号	烟农 24/淮麦 20

1.3 性状调查与测定 产量性状包括株高、穗长、可育小穗数、不育小穗数、穗粒数、千粒重和单位面积产量 7 个性状。小麦成熟后收获前随机取 20 个单株测定株高、穗长、可育小穗数、不育小穗数和穗粒数,并计算平均值。成熟后人工收割,用脱粒机脱粒,称小区产量,计算单位面积产量。各品种随机取 500 粒用 1/1000 天平测定千粒重,3 次重复。

利用 FOSS InfratecTM 1241 的近红外谷物分析仪测定蛋白质含量、淀粉含量、湿度、湿面筋含量和沉降指数 5 个品质性状。

养分利用效率指标包括子粒氮含量、子粒磷含量、子粒钾含量、子粒氮利用效率、子粒磷利用效率

和子粒钾利用效率 6 个性状。子粒氮含量采用微量凯氏定氮法,利用 KDY-9820 型凯氏定氮仪测定。子粒磷含量用钒钼酸铵显色法^[9],用 Lambda UV/VIS Spectrometer 分光光度计测定。子粒钾含量利用 FP640 型火焰光度计测定^[10]。子粒含养量的倒数为子粒养分利用效率。

1.4 数据处理 利用 Excel 计算平均值、标准差、变异系数等,利用 SPSS 19.0 软件进行方差分析,计算相关系数。

2 结果与分析

2.1 基因型和年份对小麦产量、品质和养分利用效率的影响 由表 1 可知,在产量相关性状上,品种间在株高、穗长、可育小穗数、穗粒数、千粒重和单

位面积产量6个性状上的差异均达到极显著水平($P \leq 0.01$),只有株高和单位面积产量在不同年份之间的差异达到极显著水平($P \leq 0.001$),其他5个性状在年份之间的差异不显著。在品质性状上,蛋白质含量、湿度、淀粉含量、湿面筋含量和沉降值在品种间和不同年份间的差异均不显著。在养分利用

效率性状上,子粒含氮量、子粒含磷量、子粒含钾量、子粒氮利用效率、子粒磷利用效率和子粒钾利用效率在品种间和不同年份间的差异均达到显著水平($P \leq 0.05$)。说明品种间在产量和养分利用效率相关性性状上的差异明显,不同年份对株高、单位面积产量以及氮、磷、钾养分利用效率的影响较大。

表1 测定性状的基因型和环境效应的方差分析

性状	变异来源		性状	变异来源	
	品种	年份		品种	年份
株高	5.15 ^{***}	55.66 ^{***}	淀粉含量	1.15	0.08
穗长	6.41 ^{***}	0.47	湿面筋含量	0.98	0.43
不育小穗数	2.31	3.21	沉降值	1.03	0.01
可育小穗数	5.52 ^{**}	0.36	子粒氮含量	4.69 ^{***}	6.24 [*]
穗粒数	5.55 ^{***}	3.97	子粒氮利用效率	8.68 ^{***}	5.73 [*]
千粒重	4.44 ^{**}	0.36	子粒磷含量	5.29 ^{***}	96.40 ^{***}
单位面积产量	9.95 ^{***}	77.37 ^{***}	子粒磷利用效率	8.31 ^{***}	186.39 ^{***}
蛋白质含量	1.48	0.16	子粒钾含量	6.22 ^{***}	154.17 ^{***}
湿度	1.04	2.87	子粒钾利用效率	7.95 ^{***}	175.74 ^{***}

^{*}, ^{**} 和 ^{***} 表示在 $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ 和 $P \leq 0.001$ 水平上显著,下同

2.2 不同品种在产量、品质和养分利用效率性状上的差异 由表2可知,不同品种在7个产量相关性性状上的变异系数在4.74%~74.83%之间,其中单位面积产量的变异系数最小,不育小穗数的变异系数最大。连续2年单产平均为7997.17kg/hm²,株高平均为73.71cm,穗长平均为9.25cm,穗粒数平均47.07粒,千粒重平均44.00g。在5个品质性状的变异系数在1.28%~6.76%之间,其中,蛋白质含量平均为13.98%,湿面筋含量平均为34.55%。在6个养分效率性状方面,子粒氮含量和氮利用效率性状的变异系数较小,分别为6.87%和6.76%,子粒磷含量、钾含量、磷利用效率和钾利用效率的变异系数较大,在18.17%~23.04%之间。子粒氮含量、磷含量和钾含量平均分别为26.75g/kg、2.98g/kg和3.74g/kg,子粒氮、磷和钾利用效率平均分别为0.04g/kg、0.36g/kg和0.29kg/g。

2.3 产量、品质及养分利用效率性状间的相关性 利用23个小麦品种2年18个测定性状的平均值进行相关性分析(表3),只有20.9%(32/153×100%=20.9%)的测定性状在 $P \leq 0.05$ 水平上表现相关性显著。

产量性状上,株高与穗长、株高与不育小穗数之间存在显著相关关系($P \leq 0.05$),穗长与可育小穗数、可育小穗数与穗粒数之间存在极显著正相

关关系($P \leq 0.01$),不育小穗数与穗粒数之间存在极显著的负相关关系。品质性状上,蛋白质含量与湿面筋含量、沉降指数之间,湿面筋含量与沉降指数之间存在极显著正相关关系;而淀粉含量与蛋白质含量之间存在极显著负相关关系,与湿面筋含量之间存在显著负相关关系。养分利用效率性状上,子粒钾含量与子粒磷含量之间、子粒钾利用效率与子粒磷利用效率之间存在极显著正相关关系,而子粒钾利用效率与子粒磷含量存在极显著负相关关系,说明小麦对磷、钾元素具有协同吸收效应。

品质性状与产量性状之间的相关性分析显示,淀粉含量与不育小穗数,沉降指数与单位面积产量之间存在显著负相关关系。说明小麦子粒的品质与产量性状在一定程度上呈负相关关系。子粒氮含量与蛋白质含量和沉降指数存在极显著正相关关系,与湿面筋含量存在显著正相关关系;子粒氮利用效率与蛋白质含量、湿面筋含量、沉降指数存在极显著负相关关系,淀粉含量与子粒氮利用效率存在显著正相关关系,说明小麦氮素营养性状与品质性状密切相关,子粒氮含量增加可在一定程度上改善子粒品质性状。不育小穗数与子粒氮含量之间存在极显著正相关关系,穗粒数与子粒氮利用效率之间存在显著正相关关系。

表2 不同小麦品种在18个测定性状上的平均表现

性状	平均值 ± 标准差	最大值	最小值	变异系数(%)
产量相关性状				
株高(cm)	73.71 ± 4.00	81.68	63.88	5.43
穗长(cm)	9.25 ± 0.81	11.30	8.05	8.81
不育小穗数	1.38 ± 1.03	5.80	0.55	74.83
可育小穗数	18.13 ± 2.14	27.05	16.25	11.85
穗粒数	47.07 ± 8.07	63.20	33.95	17.15
千粒重(g)	44.00 ± 2.66	48.52	38.20	6.06
单位面积产量(kg/hm ²)	7997.17 ± 378.86	8866.13	7250.63	4.74
品质相关性状				
蛋白质含量(%)	13.98 ± 0.64	15.80	12.75	4.60
湿度(%)	11.24 ± 0.42	11.80	9.55	3.75
淀粉含量(%)	65.07 ± 0.84	66.70	63.75	1.28
湿面筋含量(%)	34.55 ± 1.75	39.30	31.85	5.06
沉降指数	56.59 ± 3.83	65.15	49.35	6.76
养分利用效率相关性状				
子粒氮含量(g/kg)	26.75 ± 1.84	30.36	23.09	6.87
子粒氮利用效率(kg/g)	0.04 ± 0.00	0.04	0.03	6.76
子粒磷含量(g/kg)	2.98 ± 0.59	4.08	1.83	19.95
子粒磷利用效率(kg/g)	0.36 ± 0.07	0.55	0.27	18.17
子粒钾含量(g/kg)	3.74 ± 0.76	5.11	2.12	20.41
子粒钾利用效率(kg/g)	0.29 ± 0.07	0.47	0.21	23.04

变异系数 = 标准差 / 平均值 × 100%

表3 测定性状之间的相关性

性状	株高	穗长	不育小穗数	可育小穗数	穗粒数	千粒重	单位面积产量	蛋白质含量	湿度	淀粉含量	湿面筋含量	沉降指数	子粒氮含量	子粒氮利用效率	子粒磷含量	子粒磷利用效率	子粒钾含量
穗长	0.47*																
不育小穗数	0.48*	0.07															
可育小穗数	0.11	0.57**	-0.16														
穗粒数	-0.27	0.27	-0.69**	0.66**													
千粒重	0.26	0.24	0.279	-0.18	-0.11												
单位面积产量	-0.10	-0.02	-0.30	-0.04	0.17	0.11											
蛋白质含量	-0.16	-0.19	0.36	-0.15	-0.19	0.05	-0.29										
湿度	0.02	0.50*	0.01	0.18	0.17	0.25	-0.30	-0.20									
淀粉含量	-0.36	-0.22	-0.45*	0.04	0.219	-0.28	0.35	-0.55**	-0.02								
湿面筋含量	0.03	0.12	0.22	0.08	-0.11	0.17	-0.24	0.72**	0.07	-0.67*							
沉降指数	-0.18	-0.15	0.36	-0.10	-0.22	0.22	-0.43*	0.80**	0.05	-0.38	0.78**						
子粒氮含量	0.18	-0.20	0.67**	-0.22	-0.47*	0.17	-0.12	0.60**	-0.21	-0.31	0.52*	0.64**					
子粒氮利用效率	-0.11	0.24	-0.69**	0.24	0.51*	-0.11	0.16	-0.68**	0.23	0.42*	-0.55**	-0.69**	-0.98**				
子粒磷含量	0.30	0.27	0.14	0.08	-0.06	0.27	-0.12	0.11	0.16	-0.18	0.23	0.13	0.30	-0.23			
子粒磷利用效率	-0.32	-0.21	-0.30	0.03	0.20	-0.30	0.14	-0.15	-0.20	0.26	-0.18	-0.11	-0.37	0.32	-0.93**		
子粒钾含量	0.08	0.20	0.08	0.06	-0.03	-0.05	-0.15	0.28	0.06	-0.27	-0.28	0.13	0.13	-0.23	0.82**	-0.73**	
子粒钾利用效率	-0.03	-0.12	-0.07	-0.01	0.07	0.11	0.16	-0.28	-0.06	0.24	-0.26	-0.13	-0.24	0.25	-0.78**	0.72**	-0.99**

2.4 不同品种在产量、品质和养分利用效率性状上的比较 由表4可知,在单位面积产量方面,连续2年单产超过对照品种济麦22的品种有8个,分别为山农29、儒麦1号、苜麦20、烟农999、山农23、齐麦2号、良星99和良星77,其中山农29、儒麦1号和苜麦20的产量分别高出对照10.34%、8.55%和5.82%。

在品质性状方面,23个小麦品种连续2年的蛋白质含量、湿面筋含量和沉降指数平均值分别为13.98%、34.55%和56.59(表2),在这3个指标上均超出平均水平的品种有7个(表4),分别是济麦

22、山农22、山农24、济麦23、山农31、鑫麦296和苜麦20,其中山农31的蛋白质含量为15.80%,湿面筋含量为39.30%,沉降指数为65.15,明显高于其他品种,综合品质性状较好。

在氮、磷、钾养分利用效率方面,23个小麦品种连续2年子粒氮、磷和钾利用效率平均分别为0.04kg/g、0.36kg/g和0.29kg/g(表2),在这3个指标上均超出平均水平的小麦品种有7个(表4),分别是山农20、山农29、山农23、红地95、烟农173、齐麦2号和登海202。

表4 不同品种在产量、蛋白质含量和养分利用效率上的表现

品种	单位面积产量 (kg/hm ²)	蛋白质含量 (%)	湿面筋 含量(%)	沉降指数	子粒氮利用 效率(kg/g)	子粒磷利用 效率(kg/g)	子粒钾利用 效率(kg/g)
济麦22	8035.58	14.20	35.70	60.75	0.03	0.32	0.24
山农22	7356.38	14.20	35.85	57.10	0.04	0.28	0.24
山农20	8005.58	12.95	32.40	51.25	0.04	0.41	0.31
山农29	8866.13	12.75	31.85	49.35	0.04	0.55	0.38
山农28	7818.75	13.80	34.55	58.30	0.04	0.29	0.25
山农23	8204.85	13.90	34.95	57.00	0.04	0.41	0.30
儒麦1号	8722.58	13.35	32.80	53.25	0.04	0.33	0.30
山农24	8009.03	14.25	36.05	58.95	0.04	0.39	0.27
济麦23	7818.60	14.35	35.55	59.50	0.03	0.38	0.31
红地95	7430.78	14.55	33.90	62.10	0.04	0.49	0.44
烟农999	8276.03	13.95	34.65	56.75	0.04	0.27	0.27
鑫麦296	7974.53	14.65	36.40	59.40	0.04	0.33	0.22
鲁原502	7972.65	13.80	34.65	55.45	0.04	0.32	0.21
泰农18	7895.70	13.30	32.55	53.40	0.04	0.41	0.28
烟农173	7792.73	13.40	33.20	54.60	0.04	0.37	0.30
良星66	7772.78	13.90	34.65	57.35	0.04	0.32	0.26
良星77	8035.65	14.35	32.35	54.05	0.04	0.32	0.22
良星99	8042.25	14.20	34.95	54.85	0.04	0.34	0.22
齐麦2号	8191.73	13.95	35.00	56.55	0.04	0.37	0.30
汶农17	7975.43	13.35	32.60	50.70	0.04	0.30	0.24
山农31	7250.63	15.80	39.30	65.15	0.04	0.33	0.26
苜麦20	8502.90	14.00	34.80	58.10	0.03	0.36	0.30
登海202	7983.60	13.80	33.50	52.85	0.04	0.36	0.47

数据为各品种2015-2016年和2016-2017年2年的平均值

3 结论

23个小麦品种在产量和养分利用效率相关性上的差异明显,不同年份对株高、单产以及氮、磷、钾养分利用效率的影响较大。相关性分析发现,品质与产量性状在一定程度上呈负相关关系;穗粒数与子粒氮利用效率、不育小穗数与子粒氮含量之间分别存在显著或极显著正相关关系,湿面筋含量与

子粒氮含量之间,蛋白质含量和沉降指数与子粒氮含量之间分别存在显著或极显著正相关关系,说明小麦的氮素营养水平直接影响产量和品质。山农29、儒麦1号和苜麦20产量分别比对照济麦22高10.34%、8.55%和5.82%,为适合本地种植的高产品种;山农31在蛋白质含量(15.80%)、湿面筋含量(39.30%)和沉降指数(65.15)上均明显高于其他品

栓翅卫矛种子萌发条件的初步研究

万海霞 贾宝光 余家治 余萍

(宁夏农林科学院固原分院,固原 756000)

摘要:为提高栓翅卫矛种子发芽率,加快种子繁殖速度,对栓翅卫矛种子解除休眠的技术方法及种子萌发的适宜温度进行了研究,结果表明:(1)结合低温沙藏,0~200mg/L GA₃ 范围内,150mg/L GA₃ 处理种子发芽率最高,解除种子休眠效果最好,GA₃ 和 6-BA 采用 2:1 和 1:2 优于 1:1 混配,GA₃ 及 GA₃ 与 6-BA 混配溶液浸种对低温沙藏后的栓翅卫矛种子发芽具有促进作用;(2)与高温(25℃)相比,低温(3℃)更利于种子的萌发。

关键词:栓翅卫矛; GA₃; 6-BA; 温度

栓翅卫矛(*Euonymus phellomanus* Loes)是六盘山野生花灌木树种,该树种抗寒、抗旱、抗风沙,耐瘠薄土壤、较耐盐碱,抗逆性强,适应范围广,是城市园林绿化中“春观叶、夏观花、秋观果、冬观枝”的“四观”树种。开发利用本土野生栓翅卫矛资源,对改善本区园林绿化树种单一,乔木和花灌木树种少的问题意义重大。

虽然人们对栓翅卫矛的扦插等无性繁殖技术进行了研究,并已取得了一定的进展^[1-2];但这些无性繁殖技术投入大、成本高、不易操作。种子繁殖相对简单;但在繁殖时其种子生理后熟期长,须经低温

沙藏才能打破其休眠发芽。目前,关于其种子育苗繁殖的相关研究很少,虽有个别播种育苗方法的介绍,但存在差异且播种后第2年才出苗^[3-4],其原因主要是对栓翅卫矛种子休眠解除技术及解除休眠后种子的适宜萌发温度不清楚导致。为充分创造条件来满足种子快速通过休眠期的需要,提高种子发芽率,力争使种子播种后1年内就能出苗,本文研究栓翅卫矛种子采用化学处理结合低温沙藏解除休眠的技术方法及种子萌发的温度条件,以期对栓翅卫矛种子快速繁殖提供借鉴和参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 2016年9月从泾源、彭阳、原州区古雁岭采集栓翅卫矛果实并混合,预留一小部分果实放于阴凉通风处备用,另一部分去除果皮,用

基金项目:宁夏农林科学院科技创新先导(青年基金)基金项目(NKYQ-16-07)

通信作者:余家治

种,综合品质性状较好;山农20、山农29、山农23、红地95、烟农173、齐麦2号和登海202的氮、磷、钾利用效率均较高。

参考文献

- [1] 杨建仓. 我国小麦生产发展及其科技支撑研究[D]. 北京:中国农业科学院,2008
- [2] 宋海燕. 山东省粮食生产与养分资源状况研究[D]. 泰安:山东农业大学,2007
- [3] 庄巧生. 中国小麦品种改良及系谱分析[M]. 北京:中国农业出版社,2003
- [4] Zhou Y, Zhu H Z, Cai S B, et al. Genetic improvement of grain yield and associated traits in the southern China winter wheat region: 1949

to 2000[J]. *Euphytica*, 2007, 157 (3): 465-473

- [5] Xiao Y G, Qian Z G, Wu K, et al. Genetic gains in grain yield and physiological traits of winter wheat in Shandong Province, China, from 1969 to 2006[J]. *Crop Science*, 2012, 52 (1): 44
- [6] 宋健民,戴双,李豪圣,等. 山东省近年来审定小麦品种农艺和品质性状演变分析[J]. *中国农业科学*, 2013, 46 (6): 1114-1126
- [7] 胡学旭,周桂英,吴丽娜,等. 中国主产区小麦在品质区域间的差异[J]. *作物学报*, 2009, 35 (6): 1167-1172
- [8] 袁园园,董贝,曹晓慧,等. 黄淮麦区小麦成株期磷高效基因型的鉴定和筛选[J]. *麦类作物学报*, 2017, 37 (1): 56-65
- [9] 杜保见,郜红建,常江,等. 小麦苗期氮素吸收利用效率差异及聚类分析[J]. *植物营养与肥料学报*, 2014 (6): 1349-1357
- [10] 袁园园,董贝. 氮磷营养高效型小麦品种鉴定[J]. *中国种业*, 2016 (11): 28-31

(收稿日期:2017-11-16)