



安徽不同生态区弱筋小麦产量和品质差异分析

张向前, 陈欢, 乔玉强, 杜世州, 李玮, 赵竹

(安徽省农业科学院 作物研究所, 合肥 230031)

摘要 通过研究相同施肥水平下(N 180 kg/hm²)不同弱筋小麦品种在安徽3个主要生态区产量、体积质量和主要品质性状(蛋白质质量分数、湿面筋质量分数、硬度指数和沉淀值)的差异,为安徽弱筋小麦产量提升和品质改善提供研究支持。研究表明,舒城县试验点产量较高品种依次是‘宁麦9号’(5 845.85 kg/hm²)、‘扬麦22’(5 681.12 kg/hm²)和‘扬麦9号’(5 460.55 kg/hm²),庐江县试验点依次是‘宁麦9号’(4 954.62 kg/hm²)‘扬麦15’(4 801.53 kg/hm²)和‘扬麦9号’(4 500.71 kg/hm²),怀远县依次是‘扬麦15’(5 706.67 kg/hm²)‘扬麦22’(5 651.40 kg/hm²)和‘皖西麦0638’(5 649.74 kg/hm²),弱筋小麦在舒城和怀远生态区种植相比庐江生态区具有一定产量优势。蛋白质质量分数、湿面筋质量分数、硬度指数和沉淀值指标符合国家弱筋小麦品质标准的品种在舒城县和庐江县试验点为‘扬麦15’‘宁麦9号’‘扬麦9号’和‘皖西麦0638’,在怀远县为‘扬麦15’‘宁麦9号’和‘皖西麦0638’。相同施肥水平下不同弱筋小麦品种在同一生态区种植产量、产量构成及品质间的差异可达显著水平;相同弱筋小麦品种在不同区域种植产量、体积质量和品质会发生一定变化,其中部分小麦品种的产量、体积质量及蛋白质质量分数、湿面筋质量分数、硬度指数和沉淀值指标变化显著。

关键词 产量;品质;体积质量;弱筋小麦

中图分类号 S521.1;S311

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2018)12-1763-09

优质弱筋小麦适合制作糕点、饼干、南方馒头等食品,随着中国人民生活水平的提高,优质弱筋小麦的需求量在持续增加,弱筋小麦生产日益受到人们的重视^[1]。早在20世纪50年代,国外就开展了优质弱筋小麦品种选育、区域化种植等方面的研究工作^[2]。中国小麦栽培育种长期以产量为主要目标,品质研究起步较晚,尤其是弱筋小麦的相关研究更为薄弱,淮河以南的部分红皮小麦由于粗蛋白及湿面筋质量分数偏低而被视为“劣质小麦”,而逐渐被市场和农户淘汰^[3]。

小麦籽粒产量和品质不仅受遗传特性和栽培技术的影响,而且易受地理区位和生态环境的影响^[4-6]。澳大利亚、加拿大、美国等为确保所生产小麦产量和品质的稳定性根据生态环境把其小麦生产划分为不同的品质区域,集中连片种植某一类型或某几个类型的品种,使得小麦品质具有很强的 consistency^[7-8]。而国内目前由于多种原因有关弱筋专用小麦籽粒品质和产量是否随种植区域变

化的系统研究和报道仍相对较少,一定程度上致使部分区域弱筋小麦不仅产量提升困难而且生产品质的一致性差,难以达到面粉加工企业对于数量和品质的要求^[2,9]。因此,本研究以安徽和江苏主推弱筋小麦品种为试验材料,在安徽不同生态区种植,以期明确各区域适宜种植的具体弱筋小麦品种,解决因区域品种选择不当导致的弱筋小麦品种的品质和产量潜力得不到充分发挥,为安徽弱筋小麦区域化、规模化种植及实现产质同增提供一定依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2016年11月—2017年5月分别在舒城县农科所试验基地(江淮区域)、怀远县龙亢农场(沿淮区域)及庐江县白湖农场(沿江区域)进行。舒城县试验点区域0~20 cm土壤全氮1.23 g/kg,碱解氮98.22 mg/kg,有效磷6.77

收稿日期:2018-04-11 修回日期:2018-08-30

基金项目:国家重点研发计划(2016YFD0300408);国家自然科学基金(31401328);安徽省科技重大专项(16030701099)。

第一作者:张向前,男,博士,副研究员,主要从事小麦栽培研究。E-mail: xiangqian111@163.com

mg/kg,速效钾 106.92 mg/kg,有机质 20.09 g/kg, pH 为 5.7;龙亢试验点区域 0~20 cm 土壤全氮 1.34 g/kg,碱解氮 137.4 mg/kg,有效磷 20.4 mg/kg,速效钾 159.9 mg/kg,有机质 21.02 g/kg, pH 为 5.8;白湖农场试验点区域 0~20 cm 土壤全氮 1.29 g/kg,碱解氮 101.45 mg/kg,有效磷 8.64 mg/kg,速效钾 116.34 mg/kg,有机质 19.17 g/kg, pH 为 5.7。

试验采用单因素随机区组设计,选用‘扬麦 15’‘生选 6 号’‘宁麦 9 号’‘扬麦 19’‘扬麦 9 号’‘扬麦 22’‘皖西麦 0638’‘扬麦 20’(CK,中强筋)‘扬辐麦 4 号’(CK,中强筋)9 个小麦品种,每个品种设 3 次重复,小区面积 4 m×3 m=12 m²。于龙亢农场试验点 11 月 14 日播种,白湖农场试验点 11 月 13 日播种,舒城县农科所 11 月 16 日播种,并分别于 5 月 31 日、5 月 24 日和 5 月 26 日收获。种植密度皆为 2.4×10⁶ hm⁻²,行距 20 cm,各试验点施肥量一致,施 P₂O₅ 120 kg/hm²,K₂O 120 kg/hm²,施纯 N 180 kg/hm²,其中磷肥和钾肥全部基施,氮肥基追比为 7:3,追肥时期为返青期,其他田间管理措施同一般大田高产栽培要求。

1.2 样品采集与测定

籽粒品质:蛋白质(干基)、湿面筋(干基)和沉降值用 FOSS InfratecTM1241 Grain Analyzer 型近红外谷物分析仪测定。

硬度指数:利用 SKCS 4100(美国)型单籽粒

谷物硬度仪测定籽粒硬度,测定前对样品进行筛选和人工挑选,去除杂质、病虫感染粒和不饱满粒。

产量:分小区收割晒干后折算成每公顷产量,并按穗数、穗粒数和千粒质量统计产量。

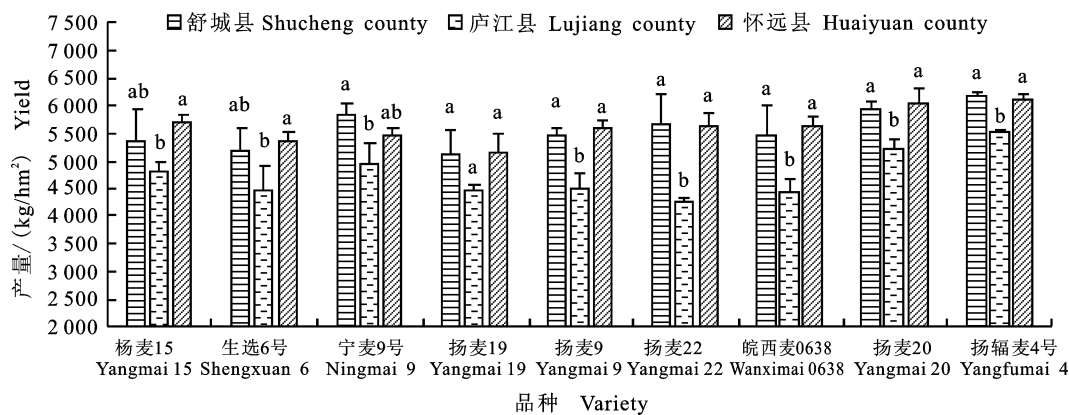
1.3 统计分析

采用 Microsoft Excel 2013 软件对数据进行处理和作图,采用 SPSS 17.0 软件和 LSD 最小显著差数法进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 相同小麦品种在 3 个生态试验点间的产量比较

同一小麦品种(图 1)庐江县试验点的产量皆低于舒城县和怀远县试验点,其中‘扬麦 15’‘生选 6 号’‘扬麦 9 号’‘扬麦 22’‘皖西麦 0638’‘扬麦 20’‘扬辐麦 4 号’庐江县试验点的产量显著低于怀远县试验点。同一小麦品种舒城县试验点和怀远县试验点的产量差异皆不显著,其中‘扬麦 15’‘生选 6 号’‘扬麦 19’‘扬麦 9 号’‘皖西麦 0638’‘扬麦 20’的产量怀远县试验点略高于舒城县,而‘宁麦 9 号’‘扬麦 22’‘扬辐麦 4 号’的产量舒城县试验点高于怀远县。以上分析表明,同一小麦品种受生态区位的影响其产量会产生一定的变化,弱筋小麦在舒城县和怀远县生态区种植相比庐江县生态区具有一定产量优势。



不同小写字母代表差异达到显著水平(P<0.05) Different lowercase letters indicate significant difference(P<0.05)

图 1 相同小麦品种在 3 个生态试验点间的产量比较

Fig. 1 The comparison of yield of the same wheat cultivar among three ecological experimental sites

2.2 3 个生态试验点不同小麦品种产量及其构成比较

2.2.1 舒城县试验点产量及其构成 舒城县试

验(表 1)点不同小麦品种产量以对照中强筋小麦‘扬麦 20’和‘扬辐麦 4 号’产量较高,分别为 5 938.60 kg/hm² 和 6 161.65 kg/hm²,但二者产

量皆未与‘宁麦 9 号’和‘扬麦 22’达到显著差异。在该试验点弱筋小麦品种中产量排名前三的依次是‘宁麦 9 号’‘扬麦 22’和‘扬麦 9 号’,产量最低的为‘扬麦 19’。不同弱筋小麦品种成熟期的有效穗数存在显著差异,并以‘生选 6 号’‘扬麦 9 号’和‘扬麦 22’较高。千粒质量以‘扬麦 15’和

‘皖西麦 0638’较高,二者分别比‘生选 6 号’‘宁麦 9 号’‘扬麦 19’‘扬麦 9 号’‘扬麦 22’增加 11.41%、11.15%、4.89%、5.83%、6.14% 和 7.04%、6.79%、0.78%、1.68%、1.98%。弱筋小麦中穗粒数以‘宁麦 9 号’‘扬麦 19’和‘皖西麦 0638’较高。

表 1 舒城县试验点不同弱筋小麦品种产量及其构成比较

Table 1 The comparison of yield and its components of weak gluten wheat cultivars in Shucheng county experimental site

品种 Variety	穗粒数 Grains per spike	穗数($\times 10^4$)/ hm^{-2} Spike number	千粒质量/g 1 000-kernel mass	产量/(kg/hm^2) Yield
扬麦 15 Yangmai 15	27.40 \pm 1.05 d	519.93 \pm 17.72 c	42.86 \pm 0.56 a	5 331.66 \pm 597.90 cde
生选 6 号 Shengxuan 6	29.83 \pm 1.27 ab	527.08 \pm 22.88 bc	38.47 \pm 1.71 d	5 186.65 \pm 400.82 de
宁麦 9 号 Ningmai 9	31.67 \pm 1.66 a	501.90 \pm 17.21 c	38.56 \pm 0.66 cd	5 845.85 \pm 202.63 abc
扬麦 19 Yangmai 19	31.03 \pm 0.38 ab	454.97 \pm 12.08 d	40.86 \pm 0.76 b	5 090.53 \pm 469.08 e
扬麦 9 号 Yangmai 9	27.77 \pm 0.85 cd	555.53 \pm 16.39 ab	40.50 \pm 0.63 b	5 460.55 \pm 154.01 bcde
扬麦 22 Yangmai 22	29.53 \pm 0.60 bc	555.50 \pm 16.35 ab	40.38 \pm 0.86 bc	5 681.12 \pm 511.67 abcd
皖西麦 0638 Wanximai 0638	30.17 \pm 0.91 ab	517.63 \pm 17.73 c	41.18 \pm 0.92 ab	5 453.88 \pm 550.49 bcde
扬麦 20 Yangmai 20(CK)	31.20 \pm 1.10 ab	557.53 \pm 20.50 ab	39.57 \pm 1.92 bcd	5 938.60 \pm 130.85 ab
扬辐麦 4 号 Yangfumai 4(CK)	30.87 \pm 1.63 ab	564.23 \pm 20.54 a	39.96 \pm 0.19 bcd	6 161.65 \pm 85.68 a

注:数据为“平均值 \pm 标准差”,同列后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: The data were “means \pm SD”, lowercase letters in the same column indicate significant difference ($P<0.05$). The same bellow.

2.2.2 庐江县试验点产量及其构成 中强筋(表 2)小麦‘扬麦 20’和‘扬辐麦 4 号’相对其他品种具有较高的穗粒数、穗数和产量,其中‘扬辐麦 4 号’的产量显著高于其他弱筋小麦品种。在庐江县试验点参试的弱筋小麦品种中,产量以‘宁麦 9 号’‘扬麦 15’和‘扬麦 9 号’产量较高,分别为

4 954.62、4 801.53 和 4 500.71 kg/hm^2 。‘扬麦 15’千粒质量显著高于其他参试弱筋小麦品种,其次为‘扬麦 9 号’‘皖西麦 0638’和‘扬麦 19’。不同弱筋小麦品种成熟期的穗数存在一定差异,以‘扬麦 22’和‘扬麦 9 号’穗数较高,穗粒数以‘宁麦 9 号’‘扬麦 19’和‘生选 6 号’较高。

表 2 庐江县试验点不同弱筋小麦品种产量及其构成比较

Table 2 The comparison of yield and its components of weak gluten wheat cultivars in Lujiang county experimental site

品种 Variety	穗粒数 Grains per spike	穗数($\times 10^4$)/ hm^{-2} Spike number	千粒质量/g 1 000-kernel mass	产量/(kg/hm^2) Yield
扬麦 15 Yangmai 15	27.67 \pm 0.93 cd	466.03 \pm 17.18 c	42.49 \pm 0.92 a	4 801.53 \pm 192.46 bc
生选 6 号 Shengxuan 6	28.97 \pm 0.57 bc	487.17 \pm 18.62 bc	36.51 \pm 0.56 c	4 457.09 \pm 464.06 cd
宁麦 9 号 Ningmai 9	31.03 \pm 0.86 a	472.07 \pm 21.17 c	36.86 \pm 0.85 c	4 954.62 \pm 346.08 b
扬麦 19 Yangmai 19	29.93 \pm 1.21 ab	432.70 \pm 15.50 d	39.57 \pm 2.06 b	4 492.65 \pm 78.07 cd
扬麦 9 号 Yangmai 9	25.53 \pm 1.25 e	514.87 \pm 18.62 ab	39.86 \pm 1.47 b	4 500.71 \pm 269.90 cd
扬麦 22 Yangmai 22	26.33 \pm 1.15 de	515.67 \pm 12.96 ab	36.97 \pm 0.69 c	4 237.36 \pm 91.01 d
皖西麦 0638 Wanximai 0638	27.73 \pm 0.80 cd	486.43 \pm 18.33 bc	39.66 \pm 0.61 b	4 424.04 \pm 233.70 cd
扬麦 20 Yangmai 20(CK)	29.40 \pm 0.62 ab	531.37 \pm 22.49 a	39.37 \pm 0.66 b	5 221.82 \pm 164.22 ab
扬辐麦 4 号 Yangfumai 4(CK)	30.50 \pm 0.70 ab	536.20 \pm 16.96 a	38.28 \pm 1.71 bc	5 510.44 \pm 29.38 a

2.2.3 怀远县试验点产量及其构成 怀远县试验点参试弱筋小麦品种中,产量高低依次是‘扬麦 15’>‘扬麦 22’>‘皖西麦 0638’>‘扬麦 9 号’>‘宁麦 9 号’>‘生选 6 号’>‘扬麦 19’,其中‘扬麦 15’‘扬麦 22’和‘皖西麦 0638’的产量分别为

5 706.67、5 651.40 和 5 649.74 kg/hm^2 ,且三者产量差异不显著。‘扬麦 15’具有较高的千粒质量,分别比‘生选 6 号’‘宁麦 9 号’‘扬麦 19’‘扬麦 9 号’‘扬麦 22’‘皖西麦 0638’显著增加了 13.10%、13.50%、4.88%、4.96%、9.39%、

3.93%。参试弱筋小麦品种中穗数较高的依次是‘宁麦 9 号’、‘生选 6 号’和‘皖西麦 0638’。参试弱筋小麦品种中穗粒数较高的依次是‘扬麦 22’、‘扬麦 9 号’和‘生选 6 号’，穗粒数较高

表 3 怀远县试验点不同弱筋小麦品种产量及其构成比较

Table 3 The comparison of yield and its components of weak gluten wheat cultivars in Huaiyuan county experimental site

品种 Variety	穗粒数 Grains per spike	穗数($\times 10^4$)/ hm^{-2} Spike number	千粒质量/g 1 000-kernel mass	产量/(kg/hm^2) Yield
扬麦 15 Yangmai 15	28.57 \pm 0.75 b	528.15 \pm 23.77 c	42.30 \pm 0.92 a	5 706.67 \pm 140.57 b
生选 6 号 Shengxuan 6	29.93 \pm 1.26 ab	538.73 \pm 18.22 bc	37.40 \pm 0.46 de	5 381.10 \pm 144.70 cd
宁麦 9 号 Ningmai 9	30.43 \pm 0.78 a	509.47 \pm 18.25 c	37.27 \pm 0.32 e	5 469.16 \pm 109.76 bcd
扬麦 19 Yangmai 19	28.53 \pm 1.48 b	473.33 \pm 17.43 d	40.33 \pm 0.81 b	5 164.70 \pm 319.11 d
扬麦 9 号 Yangmai 9	28.47 \pm 0.85 b	567.10 \pm 12.56 ab	40.30 \pm 0.56 b	5 591.98 \pm 144.33 bc
扬麦 22 Yangmai 22	28.60 \pm 0.80 b	576.37 \pm 14.44 a	38.67 \pm 0.80 cd	5 651.40 \pm 233.75 bc
皖西麦 0638 Wanximai 0638	29.57 \pm 0.65 ab	521.23 \pm 16.98 c	40.70 \pm 0.56 b	5 649.74 \pm 135.44 bc
扬麦 20 Yangmai 20(CK)	31.03 \pm 1.04 a	563.87 \pm 18.05 ab	39.63 \pm 0.55 bc	6 051.41 \pm 278.56 a
扬辐麦 4 号 Yangfumai 4(CK)	31.13 \pm 0.95 a	576.07 \pm 21.89 a	39.90 \pm 1.18 bc	6 117.53 \pm 89.33 a

2.3 3 个生态试验点不同小麦品种体积质量比较

从表 4 可以看出,各参试弱筋小麦品种中舒城县试验点籽粒体积质量较高的依次是‘宁麦 9 号’、‘扬麦 15’和‘生选 6 号’,庐江县试验点依次是‘皖西麦 0638’、‘宁麦 9 号’和‘生选 6 号’,怀远县试验点依次是‘宁麦 9 号’、‘皖西麦 0638’和‘生

选 6 号’。从表中亦可看出,中强筋小麦‘扬麦 20’和‘扬辐麦 4 号’的籽粒体积质量相对于各弱筋小麦品种并不能都表现出明显的优势效应。以上分析表明‘宁麦 9 号’、‘皖西麦 0638’和‘生选 6 号’在 3 个生态试验点籽粒体积质量相对较高,且表现较为稳定。

表 4 不同生态试验点参试弱筋小麦品种体积质量比较

Table 4 The comparison of bulk density of weak gluten wheat cultivars in different ecological experimental site

品种 Variety	g/ cm^3		
	舒城县 Shucheng county	庐江县 Lujiang county	怀远县 Huaiyuan county
扬麦 15 Yangmai 15	0.764 \pm 0.004 bc	0.752 \pm 0.014 ab	0.760 \pm 0.005 bc
生选 6 号 Shengxuan 6	0.763 \pm 0.002 bc	0.757 \pm 0.012 ab	0.761 \pm 0.002 b
宁麦 9 号 Ningmai 9	0.773 \pm 0.013 a	0.764 \pm 0.021 a	0.769 \pm 0.003 a
扬麦 19 Yangmai 19	0.745 \pm 0.005 e	0.748 \pm 0.010 b	0.747 \pm 0.004 f
扬麦 9 号 Yangmai 9	0.747 \pm 0.015 de	0.755 \pm 0.012 ab	0.752 \pm 0.003 de
扬麦 22 Yangmai 22	0.748 \pm 0.011 de	0.748 \pm 0.012 b	0.749 \pm 0.001 ef
皖西麦 0638 Wanximai 0638	0.762 \pm 0.012 bc	0.766 \pm 0.006 a	0.763 \pm 0.001 b
扬麦 20 Yangmai 20(CK)	0.758 \pm 0.006 cd	0.754 \pm 0.010 ab	0.756 \pm 0.004 cd
扬辐麦 4 号 Yangfumai4(CK)	0.773 \pm 0.011 ab	0.759 \pm 0.006 ab	0.768 \pm 0.003 a

2.4 3 个生态试验点不同小麦品种籽粒品质比较

2.4.1 舒城县试验点小麦品质 从表 5 可以看出,‘扬麦 15’、‘宁麦 9 号’、‘扬麦 19’、‘扬麦 9 号’、‘皖西麦 0638’籽粒蛋白质质量分数皆小于 12.5%,符合弱筋小麦籽粒蛋白质质量分数标准(国家标准 GB/T 17320-2013);‘扬麦 15’、‘宁麦 9 号’、‘扬麦 19’、‘扬麦 9 号’、‘扬麦 22’和‘皖西麦 0638’湿面筋质量分数皆小于 26.0%,符合国家弱筋小麦湿面筋质量分数标准;‘扬麦 15’、‘宁麦 9 号’、‘扬麦 9 号’、‘皖西麦 0638’籽粒硬度皆小于

50,符合国家弱筋小麦硬度指数;‘扬麦 15’、‘生选 6 号’、‘宁麦 9 号’、‘扬麦 19’、‘扬麦 9 号’、‘扬麦 22’和‘皖西麦 0638’的沉淀值皆小于 30,符合国家弱筋小麦沉淀值。以上分析表明‘扬麦 15’、‘宁麦 9 号’、‘扬麦 9 号’和‘皖西麦 0638’在舒城县试验点种植后各项指标符合国家弱筋小麦品质标准。

2.4.2 庐江县试验点小麦品质 在庐江县试验点(表 6)参试小麦品种籽粒蛋白质质量分数小于 12.5%的有‘扬麦 15’、‘宁麦 9 号’、‘扬麦 19’、‘扬麦 9 号’和‘皖西麦 0638’,并以‘扬麦 15’蛋白质质

量分数最低(10.43%),对照品种‘扬麦 20’和‘扬辐麦 4 号’蛋白质质量分数较高;湿面筋质量分数小于 26.0%的小麦品种有‘扬麦 15’‘宁麦 9 号’‘扬麦 19’‘扬麦 9 号’‘扬麦 22’和‘皖西麦 0638’,并以‘扬麦 15’(19.80%)和‘宁麦 9 号’(19.97%)的湿面筋质量分数较低;硬度指数小于 50 的参试小麦品种有‘扬麦 15’‘宁麦 9 号’‘扬麦

9 号’和‘皖西麦 0638’;沉淀值小于 30 的小麦品种有‘扬麦 15’‘生选 6 号’‘宁麦 9 号’‘扬麦 19’‘扬麦 9 号’‘扬麦 22’和‘皖西麦 0638’,并以‘扬麦 15’和‘扬麦 22’沉淀值较低。以上分析表明‘扬麦 15’‘宁麦 9 号’‘扬麦 9 号’和‘皖西麦 0638’在庐江县试验点种植后各项指标符合国家弱筋小麦品质标准。

表 5 舒城县试验点小麦籽粒品质比较

Table 5 The comparison of grain quality of weak gluten wheat cultivars in Shucheng county experimental site

品种 Variety	蛋白质/% Protein	湿面筋/% Wet gluten	硬度指数 Hardness index	沉淀值/mL Sedimentation value
扬麦 15 Yangmai 15	10.50±0.46 c	20.40±0.79 e	46.27±1.00 e	23.40±1.08 f
生选 6 号 Shengxuan 6	12.83±0.49 a	26.20±0.26 ab	55.53±0.86 ab	24.57±0.93 ef
宁麦 9 号 Ningmai 9	11.53±0.38 bc	20.33±1.76 e	46.50±0.82 e	26.53±0.81 cd
扬麦 19 Yangmai 19	12.23±1.00 ab	25.33±0.93 bc	53.77±1.68 bc	26.27±0.45 cde
扬麦 9 号 Yangmai 9	11.33±0.25 bc	24.57±0.91 cd	49.90±1.18 d	27.77±0.85 c
扬麦 22 Yangmai 22	12.90±0.80 a	25.43±0.91 bc	52.23±1.68 c	25.63±1.05 de
皖西麦 0638 Wanximai 0638	11.47±0.59 bc	23.43±1.00 d	49.47±0.75 d	25.30±0.92 de
扬麦 20 Yangmai 20(CK)	13.17±0.85 a	27.00±0.36 a	54.70±0.95 ab	31.03±1.32 b
扬辐麦 4 号 Yangfumai4(CK)	13.27±0.51 a	27.17±0.70 a	56.43±1.39 a	34.40±1.11 a

表 6 庐江县试验点小麦籽粒品质比较

Table 6 The comparison of grain quality of weak gluten wheat cultivars in Lujiang county experimental site

品种 Variety	蛋白质/% Protein	湿面筋/% Wet gluten	硬度指数 Hardness index	沉淀值/mL Sedimentation value
扬麦 15 Yangmai 15	10.43±0.51 d	19.80±1.28 d	45.37±0.80 e	22.73±1.01 e
生选 6 号 Shengxuan 6	12.60±0.95 ab	26.90±0.44 a	53.73±0.42 b	24.40±0.89 cde
宁麦 9 号 Ningmai 9	11.80±0.10 bc	19.97±1.16 d	45.10±0.44 e	24.77±0.85 bcd
扬麦 19 Yangmai 19	12.00±0.26 abc	24.90±0.36 b	51.37±0.75 c	26.10±1.51 bc
扬麦 9 号 Yangmai 9	12.13±0.25 abc	24.20±0.56 bc	47.63±0.91 d	26.57±0.80 b
扬麦 22 Yangmai 22	12.67±0.83 ab	24.57±0.93 bc	51.77±1.56 c	23.60±0.70 de
皖西麦 0638 Wanximai 0638	11.27±0.80 cd	23.23±0.67 c	48.10±0.56 d	25.03±1.12 bcd
扬麦 20 Yangmai 20(CK)	13.13±0.64 a	26.83±0.70 a	54.30±0.90 ab	31.93±1.26 a
扬辐麦 4 号 Yangfumai 4(CK)	12.97±0.87 ab	26.97±0.80 a	55.43±1.16 a	33.50±0.87 a

2.4.3 怀远县试验点小麦品质 怀远县试验点(表 7)参试小麦品种中‘扬麦 15’‘宁麦 9 号’‘扬麦 19’‘扬麦 9 号’和‘皖西麦 0638’的籽粒蛋白质质量分数皆小于 12.5%,并以‘扬麦 15’(10.77%)‘宁麦 9 号’(11.67%)和‘皖西麦 0638’(11.80%)蛋白质质量分数较低,且三者差异不显著;‘扬麦 20’和‘扬辐麦 4 号’湿面筋质量分数较高,且二者差异不显著,‘扬麦 15’‘宁麦 9 号’‘扬麦 19’‘扬麦 9 号’和‘皖西麦 0638’湿面筋质量分数皆低于 26.0%,其中‘扬麦 20’和‘扬辐麦 4 号’湿面筋质量分数分别比‘扬麦 15’‘宁麦 9 号’‘扬麦 19’‘扬麦 9 号’‘皖西麦 0638’显著增加了 19.32%、25.38%、5.60%、7.69%、12.74%和

20.77%、26.90%、6.88%、9.00%、14.11%;‘扬麦 15’‘宁麦 9 号’和‘皖西麦 0638’的硬度指数小于 50,且‘宁麦 9 号’的硬度指数最低,并显著低于‘皖西麦 0638’;‘扬麦 15’‘生选 6 号’‘宁麦 9 号’‘扬麦 19’‘扬麦 9 号’‘扬麦 22’和‘皖西麦 0638’的沉淀值皆小于 30,并以‘扬麦 15’和‘皖西麦 0638’较低,显著低于‘扬麦 19’‘扬麦 9 号’‘扬麦 22’‘扬麦 20’和‘扬辐麦 4 号’。

2.5 相同小麦品种在 3 个生态试验点间的品质比较

除舒城点(表 8)‘扬麦 9 号’的蛋白质质量分数显著低于庐江县和怀远县试验点外,其余同一小麦品种在舒城、庐江和怀远 3 个试验点间的蛋

表 7 怀远县试验点小麦籽粒品质比较

Table 7 The comparison of grain quality of weak gluten wheat cultivars in Huaiyuan county experimental site

品种 Variety	蛋白质/% Protein	湿面筋/% Wet gluten	硬度指数 Hardness index	沉淀值/mL Sedimentation value
扬麦 15 Yangmai 15	10.77±0.61 d	22.77±1.03 f	48.07±0.68 ef	24.67±0.80 f
生选 6 号 Shengxuan 6	12.97±0.80 ab	26.87±0.55 abc	56.60±0.89 b	25.77±0.96 ef
宁麦 9 号 Ningmai 9	11.67±0.40 cd	21.67±0.71 f	47.23±0.57 f	25.93±0.85 ef
扬麦 19 Yangmai 19	12.30±0.95 abc	25.73±0.40 cd	53.43±1.15 c	27.33±0.90 d
扬麦 9 号 Yangmai 9	12.33±0.76 abc	25.23±0.57 de	50.57±0.85 d	29.10±0.70 c
扬麦 22 Yangmai 22	13.13±0.72 a	26.10±0.44 bcd	52.67±1.17 c	26.97±0.55 de
皖西麦 0638 Wanximai 0638	11.80±0.44 bcd	24.10±0.75 e	49.67±1.06 de	24.77±0.64 f
扬麦 20 Yangmai 20(CK)	13.37±0.55 a	27.17±0.64 ab	56.37±1.46 b	32.37±1.16 b
扬辐麦 4 号 Yangfumai 4(CK)	13.33±0.72 a	27.50±0.87 a	58.77±1.06 a	35.00±0.72 a

白质质量分数差异皆不显著。舒城试验点‘扬麦 15’的湿面筋质量分数与庐江和怀远试验点差异不显著,而怀远试验点的湿面筋质量分数显著高于庐江;‘生选 6 号’舒城试验点的湿面筋质量分数显著低于庐江试验点而与怀远县试验点差异不显著,庐江与怀远试验点间‘生选 6 号’的湿面筋质量分数差异不显著;‘宁麦 9 号’‘扬麦 19’‘扬麦 9 号’‘扬麦 22’‘皖西麦 0638’‘扬麦 20’和‘扬辐麦 4 号’在 3 个试验点间的湿面筋质量分数差

异皆不显著。‘扬麦 19’‘扬麦 22’和‘扬麦 20’的硬度指数 3 个试验点间差异皆不显著,其余品种的硬度指数在 3 个试验点间存在明显或显著差异。‘扬麦 9 号’‘扬麦 22’和‘扬辐麦 4 号’的沉淀值皆以怀远县试验点最高,且显著高于庐江县试验点,而与舒城试验点差异不显著,其余同一品种的沉淀值在 3 个试验点差异皆不显著,表明部分品种的沉淀值会随种植生态区域的变化而发生显著变化。

表 8 相同小麦品种在 3 个生态试验点间的主要品质指标比较

Table 8 The comparison of main quality indexes of the same wheat cultivar among three ecological experimental site

品种 Variety	蛋白质/% Protein			湿面筋/% Wet gluten			硬度指数 Hardness index			沉淀值/mL Sedimentation value		
	舒城县 Shucheng county	庐江县 Lujiang county	怀远县 Huaiyuan county	舒城县 Shucheng county	庐江县 Lujiang county	怀远县 Huaiyuan county	舒城县 Shucheng county	庐江县 Lujiang county	怀远县 Huaiyuan county	舒城县 Shucheng county	庐江县 Lujiang county	怀远县 Huaiyuan county
扬麦 15 Yangmai 15	10.50 a	10.43 a	10.77 a	20.40 ab	19.80 b	22.77 a	46.27 b	45.37 b	48.07 a	23.40 a	22.73 a	24.67 a
生选 6 号 Shengxuan 6	12.83 a	12.60 a	12.97 a	26.20 b	26.90 a	26.87 ab	55.53 ab	53.73 b	56.60 a	24.57 a	24.40 a	25.77 a
宁麦 9 号 Ningmai 9	11.53 a	11.80 a	11.67 a	20.33 a	19.97 a	21.67 a	46.50 a	45.10 b	47.23 a	26.53 a	24.77 a	25.93 a
扬麦 19 Yangmai 19	12.23 a	12.00 a	12.30 a	25.33 a	24.90 a	25.73 a	53.77 a	51.37 a	53.43 a	26.27 a	26.10 a	27.33 a
扬麦 9 号 Yangmai 9	11.33 b	12.13 a	12.33 a	24.57 a	24.20 a	25.23 a	49.90 a	47.63 b	50.57 a	27.77 ab	26.57 b	29.10 a
扬麦 22 Yangmai 22	12.90 a	12.67 a	13.13 a	25.43 a	24.57 a	26.10 a	52.23 a	51.77 a	52.67 a	25.63 ab	23.60 b	26.97 a
皖西麦 0638 Wanximai 0638	11.47 a	11.27 a	11.80 a	23.43 a	23.23 a	24.10 a	49.47 a	48.10 b	49.67 a	25.30 a	25.03 a	24.77 a
扬麦 20 Yangmai 20(CK)	13.17 a	13.13 a	13.37 a	27.00 a	26.83 a	27.17 a	54.70 a	54.30 a	56.37 a	31.03 a	31.93 a	32.37 a
扬辐麦 4 号 Yangfumai 4(CK)	13.27 a	12.97 a	13.33 a	27.17 a	26.97 a	27.50 a	56.43 ab	55.43 b	58.77 a	34.40 ab	33.50 b	35.00 a

3 讨论

安徽小麦种植面积常年稳定在 240 多万 hm²,总产已超 130 亿 kg,在保障主要农产品基本供给和国家粮食安全方面发挥着重要作用。虽然

安徽省小麦生产已经取得了较大的进步,但在专用小麦尤其是弱筋小麦生产和研究方面明显落后于相邻省份的江苏,究其原因除安徽省地处南北过渡地带气候生态条件复杂多变外^[10-11],还有一个重要因素就是各生态区域缺乏适宜的弱筋小麦

品种,致使安徽弱筋小麦产量和营养品质改良多年来停滞不前。不同的小麦品种在同一生态区种植其产量会产生明显的差异,如王永士等^[12]通过灰色关联度分析法从众多强筋小麦品种中筛选出‘济麦 20’是适应安阳市自然条件与生产条件高产强筋品种。本研究发现,在安徽 3 个生态试验点中舒城县试验点产量较高的具有弱筋小麦潜力的品种依次是‘宁麦 9 号’‘扬麦 22’和‘扬麦 9 号’,在庐江县白湖试验点依次是‘宁麦 9 号’‘扬麦 15’和‘扬麦 9 号’,在怀远县龙亢农场依次是‘扬麦 15’‘扬麦 22’和‘皖西麦 0638’。此外,本研究亦发现同一小麦品种受生态区位的不同其产量会产生一定的变化,弱筋小麦在舒城和怀远县生态区种植相比庐江县生态区具有产量优势。吕丽华等^[13]从积温的角度同样证实同一地区不同小麦品种由于对冬前积温的响应不同其产量也表现出明显的差异。王晶晶等^[14]在研究中同样发现不同作物品种在同一地区及同一品种在不同生态区间的产量存在显著差异。

近年来,中国在弱筋小麦品种筛选和品质区划方面取得了较大进展,但目前弱筋小麦品质改良和生产过程中,依然存在种质资源匮乏、品质不一致及高产优质矛盾突出等问题^[15-16]。兰涛等^[17]研究指出,小麦籽粒品质性状受基因型和环境主效应及二者互作效应的明显影响,一般表现为籽粒蛋白质质量分数随维度的增加而增加。国内一些学者^[18-20]通过对江苏小麦品质性状与种植区域间关系的研究指出,由于受江苏省独特气候条件的影响,小麦籽粒品质性状在各生态区间的变化较为复杂。本研究发现舒城县和庐江县试验点‘扬麦 15’‘宁麦 9 号’‘扬麦 9 号’和‘皖西麦 0638’蛋白质质量分数、湿面筋质量分数、硬度指数和沉淀值指标符合国家弱筋小麦品质标准,而在怀远县试验点只有‘扬麦 15’‘宁麦 9 号’和‘皖西麦 0638’蛋白质质量分数、湿面筋质量分数、硬度指数和沉淀值指标符合国家弱筋小麦品质标准。此外,通过对 3 个试验点蛋白质质量分数、湿面筋质量分数、硬度指数和沉淀值的差异显著性检验发现,舒城县试验点‘扬麦 9 号’的蛋白质质量分数显著低于庐江县和怀远县试验点,怀远县试验点的湿面筋质量分数显著高于庐江县试验点,部分品种的湿面筋质量分数和沉淀值会随种植生态区域的变化而发生显著变化。胡学旭等^[21]和何中虎等^[22]通过研究同样指出我国小麦

品质在不同年度和种植区域间会发生一定变化,其中在各生态种植区域间变化更为明显。

4 结论

舒城县试验点产量较高的依次是‘宁麦 9 号’‘扬麦 22’和‘扬麦 9 号’,庐江县试验点依次是‘宁麦 9 号’‘扬麦 15’和‘扬麦 9 号’,怀远县试验点依次是‘扬麦 15’‘扬麦 22’‘皖西麦 0638’;同一小麦品种在不同生态区位种植产量会波动,在舒城和怀远生态区种植弱筋小麦相比庐江具有一定产量优势。

在舒城和庐江试验点‘扬麦 15’‘宁麦 9 号’‘扬麦 9 号’和‘皖西麦 0638’的蛋白质质量分数、湿面筋质量分数、硬度指数和沉淀值皆符合国家弱筋小麦品质标准,而在怀远县试验点只有‘扬麦 15’‘宁麦 9 号’和‘皖西麦 0638’上述指标符合弱筋小麦品质标准。同一品种的品质指标在不同生态区种植会发生明显变化。

由于小麦产量和品质的变化受各生态区积温、降雨量、光照时间、土壤质量及病虫害等的影响,因此本试验结果仅供参考且仍需多年多点试验进一步验证。

参考文献 Reference:

- [1] 陆增根,戴廷波,姜东,等.不同施氮水平和基追比对弱筋小麦籽粒产量和品质的影响[J].麦类作物学报,2006,26(6):75-80.
LU Z G,DAI T B,JIANG D,*et al.* Effects of different nitrogen rates and dressing ratios on grain yield and quality in weak-gluten wheat[J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2006, 26(6):75-80.
- [2] 张晓,张勇,高德荣,等.中国弱筋小麦育种进展及生产现状[J].麦类作物学报,2012,32(1):184-189.
ZHANG X,ZHANG Y,GAO D R,*et al.* The development of weak-gluten wheat breeding and present situation of its production[J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2012, 32(1): 184-189.
- [3] 姚金保,马鸿翔,张平平,等.中国弱筋小麦品质研究进展[J].江苏农业学报,2009,25(4):919-924.
YAO J B,MA H X,ZHANG P P,*et al.* Progress on soft wheat quality research in China[J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2009, 25(4):919-924.
- [4] 王旭,李贞宇,马文奇,等.中国主要生态区小麦施肥增产效应分析[J].中国农业科学,2010,43(12):2469-2476.
WANG X,LI ZH Y,MA W Q,*et al.* Effects of fertilization on yield increase of wheat in different agro-ecological regions of China[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(12):2469-2476.
- [5] LIZANA X C,CALDERINI D F. Yield and grain quality of

- wheat in response to increased temperatures at key periods for grain number and grain weight determination; considerations for the climatic change scenarios of Chile[J]. *Journal of Agricultural Science*, 2013, 151(2): 209-221.
- [6] KAYA Y, AKCURA M. Effects of genotype and environment on grain yield and quality traits in bread wheat (*T. aestivum* L.) [J]. *Food Science & Technology*, 2014, 34(2): 386-393.
- [7] 姚金保, 马鸿翔, 张平平, 等. 施氮量和种植密度对弱筋小麦宁麦 18 籽粒产量和蛋白质含量的影响[J]. *西南农业学报*, 2017, 30(7): 1507-1510.
- YAO J B, MA H X, ZHANG P P, *et al.* Effect of nitrogen application rate and plant density on grain yield and protein contents of weak gluten wheat cultivar Ningmai 18 [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2017, 30(7): 1507-1510.
- [8] 林作楫. 食品加工与小麦品质改良[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994: 1-6.
- LIN Z J. *Food Processing and Wheat Quality Improvement* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1994: 1-6.
- [9] 卢布, 丁斌, 吕修涛, 等. 中国小麦优势区域布局规划研究[J]. *中国农业资源与区划*, 2010, 31(2): 6-12.
- LU B, DING B, LÜ X T, *et al.* The current situation problems and counter measures of agricultural large-and-medium-scale biogas project development in China [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2010, 31(2): 6-12.
- [10] 王效瑞, 田红. 安徽气候变化对农业影响的量化研究[J]. *安徽农业大学学报*, 1999, 26(4): 493-498.
- WANG X R, TIAN H. Quantitative research on effects of climatic change on agriculture in Anhui [J]. *Journal of Anhui Agricultural University*, 1999, 26(4): 493-498.
- [11] 许信旺, 孙满英, 方宇媛, 等. 安徽省气候变化对水稻生产的影响及应对[J]. *农业环境科学学报*, 2011, 30(9): 1755-1763.
- XU X W, SUN M Y, FANG Y Y, *et al.* Impact of climatic change on rice production and response strategies in Anhui province [J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2011, 30(9): 1755-1763.
- [12] 王永士, 郭瑞林, 贺德先, 等. 灰色关联度分析法在安阳市强筋小麦适宜品种筛选中的应用[J]. *麦类作物学报*, 2009, 29(2): 271-274.
- WANG Y SH, GUO R L, HE D X, *et al.* Application of grey relational degree analysis to selection of strong-gluten wheat cultivars in Anyang [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2009, 29(2): 271-274.
- [13] 吕丽华, 梁双波, 张丽华, 等. 不同小麦品种产量对冬前积温变化的响应[J]. *作物学报*, 2016, 42(1): 149-156.
- LÜ L H, LIANG SH B, ZHANG L H, *et al.* Yield in response to accumulated temperature before winter in winter wheat [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2016, 42(1): 149-156.
- [14] 王晶晶, 李凤海, 史振声, 等. 辽宁省不同生态区玉米品种适应性研究[J]. *干旱地区农业研究*, 2015, 33(4): 59-63.
- WANG J J, LI F H, SHI ZH SH, *et al.* Adaptation of different maize hybrids in different ecological regions in Liaoning province [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2015, 33(4): 59-63.
- [15] 高德荣, 张晓, 张伯桥, 等. 长江中下游麦区小麦品质改良设想[J]. *麦类作物学报*, 2013, 33(4): 840-844.
- GAO D R, ZHANG X, ZHANG B Q, *et al.* Concept on wheat quality improvement in middle and lower reaches of Yangtze river valley [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2013, 33(4): 840-844.
- [16] 胡学旭, 孙丽娟, 周桂英, 等. 2006—2015 年中国小麦质量年度变化[J]. *中国农业科学*, 2016, 49(16): 3063-3072.
- HU X X, SUN L J, ZHOU G X, *et al.* Variations of wheat quality in China from 2006 to 2015 [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2016, 49(16): 3063-3072.
- [17] 兰涛, 姜东, 王连臻, 等. 不同类型小麦品种品质性状的生态变异[J]. *南京农业大学学报*, 2004, 27(3): 7-10.
- LAN T, JIANG D, WANG L ZH, *et al.* Variation in grain quality traits of different winter wheat cultivars under different eco-environments [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2004, 27(3): 7-10.
- [18] 姚金保, 姚国才, 杨学明, 等. 江苏省小麦品质现状及品质改良研究[J]. *麦类作物学报*, 2000, 20(4): 17-21.
- YAO J B, YAO G C, YANG X M, *et al.* Research on status of quality and its improvement of wheat varieties in Jiangsu province [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2000, 20(4): 17-21.
- [19] 袁建, 杨晓蓉, 汪海峰, 等. 1996—1999 年江苏省小麦主要品质性状分析初报[J]. *江苏农业科学*, 2000(6): 21-24.
- YUAN J, YANG X R, WANG H F, *et al.* Preliminary report on main quality characters of wheat in Jiangsu province in 1996—1999 [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2000(6): 21-24.
- [20] 袁建, 鞠兴荣, 汪海峰, 等. 品种及种植地域对小麦主要品质性状影响的研究[J]. *中国粮油学报*, 2000, 15(5): 41-44.
- YUAN J, JU X R, WANG H F, *et al.* Effects of varieties and plant areas on main quality characters of wheat [J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2000, 15(5): 41-44.
- [21] 胡学旭, 周桂英, 吴丽娜, 等. 2006-2014 年我国小麦品质在年度和品质区之间的变化[J]. *麦类作物学报*, 2016, 36(3): 292-301.
- HU X X, ZHOU G Y, WU L N, *et al.* Variation of wheat quality in wheat-producing regions in China from 2006 to 2014 [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2016, 36(3): 292-301.
- [22] 何中虎, 林作楫, 王龙俊, 等. 中国小麦品质区划的研究[J]. *中国农业科学*, 2002(4): 359-364.
- HE ZH H, LIN Z J, WANG L J, *et al.* Classification on Chinese wheat regions based on quality [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2002(4): 359-364.

The Difference in Yield and Grain Quality of Weak Gluten Wheat That Planting in Different Ecological Areas of Anhui Province

ZHANG Xiangqian, CHEN Huan, QIAO Yuqiang,
DU Shizhou, LI Wei and ZHAO Zhu

(Crops Research Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China)

Abstract By study the difference in yield, bulk density and grain quality (protein mass fraction, wet gluten mass fraction, hardness index and sedimentation value) of different weak gluten wheat cultivars under the same fertilization level ($N\ 180\ \text{kg}/\text{hm}^2$) in three main ecological areas in Anhui province, so as to provide some theoretical help for improving the yield and grain quality of weak gluten wheat in Anhui province. The results showed that the yield of wheat in Shucheng county experimental sites in order was ‘Ningmai 9’ ($5\ 845.85\ \text{kg}/\text{hm}^2$), ‘Yangmai 22’ ($5\ 681.12\ \text{kg}/\text{hm}^2$), ‘Yangmai 9’ ($5\ 460.55\ \text{kg}/\text{hm}^2$); and the yield in Lujiang county experimental sites in order was ‘Ningmai 9’ ($4\ 954.62\ \text{kg}/\text{hm}^2$), ‘Yangmai 15’ ($4\ 801.53\ \text{kg}/\text{hm}^2$), ‘Yangmai 9’ ($4\ 500.71\ \text{kg}/\text{hm}^2$); and in Huaiyuan county experimental sites in order was ‘Yangmai 15’ ($5\ 706.67\ \text{kg}/\text{hm}^2$), ‘Yangmai 22’ ($5\ 651.40\ \text{kg}/\text{hm}^2$), ‘Wanximai 0638’ ($5\ 649.74\ \text{kg}/\text{hm}^2$). The weak gluten wheat planting in Shucheng and Huaiyuan county ecological areas had a certain yield advantage when compared to Lujiang county. The protein mass fraction, wet gluten mass fraction, hardness index and sedimentation value that accord to national grain quality standard of weak gluten wheat in Shucheng and Lujiang county experimental sites were ‘Yangmai 15’, ‘Yangmai 9’, ‘Wanximai 0638’, and in Huaiyuan county experimental sites were ‘Yangmai 15’, ‘Ningmai 9’ and ‘Wanximai 0638’. The difference in yield, yield components and grain quality of different weak gluten wheat cultivars could reach significant level when planting in the same ecological area; the yield, bulk density, and grain quality of the same weak gluten wheat cultivar were changed when planting in different areas, and even the indexes of yield, bulk density, protein mass fraction, wet gluten mass fraction, hardness index and sedimentation value of some wheat cultivars were significantly changed.

Key words Yield; Quality; Bulk density; Weak gluten wheat

Received 2018-04-11 **Returned** 2018-08-30

Foundation item The National Key Research and Development Program of China (No. 2016YFD0300408); National Natural Science Foundation of China (No. 31401328); Science and Technology Major Project of Anhui Province (No. 16030701099).

First author ZHANG Xiangqian, male, Ph.D, associate research fellow. Research area: wheat cultivation. E-mail: xiangqian111@163.com

(责任编辑:成敏 Responsible editor: CHENG Min)