

张双喜,季新梅,李红霞,等. 30 年来宁夏引黄灌区春小麦优良品种(系)的产量构成因素分析及高产育种展望[J]. 江苏农业科学,2015,43(11):100-103.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.029

# 30 年来宁夏引黄灌区春小麦优良品种(系)的产量构成因素分析及高产育种展望

张双喜<sup>1</sup>, 季新梅<sup>2</sup>, 李红霞<sup>1</sup>, 樊明<sup>1</sup>, 袁明<sup>1</sup>, 刘旺清<sup>1</sup>, 方亮<sup>1</sup>, 魏亦勤<sup>1</sup>

(1. 宁夏农林科学院农作物研究所,宁夏永宁 750105;2. 宁夏科泰种业有限公司,宁夏永宁 750105)

**摘要:**通过研究宁夏引黄灌区多年春小麦育种中出现的产量结构类型,为今后小麦育种提供新思路。以 1983—2013 年宁夏引黄灌区春小麦区域试验数据中排名前 2 位的优良品系为选材、以宁春 4 号品种为对照进行试验,并对试验数据进行统计分析。结果表明,227 个参试品种(系)中增产的品种(系)达 69 个,增产幅度为 0.01%~15.47%;对照宁春 4 号品种与参试品种的环境系数产量呈波状变化,与实际生产情况一致;对宁春 4 号品种的产量与构成因素进行回归分析,得到方程  $Y=5.227-1.021X_1-0.111X_2+11.728X_3$ ;优良品种(系)的株高比对照高 2~3 cm,穗数比对照多 24.0 穗,穗粒数比对照多 3 粒,千粒质量比对照高 1.2 g。未来春小麦育种应适当控制株高,增加穗数和粒质量。

**关键词:**宁夏;春小麦;产量;构成因素;分析;育种展望

**中图分类号:** S512.1<sup>+</sup>20.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)11-0100-04

随着人口数量逐渐增多和人均耕地的减少,进一步提高单位面积产量已成为农业生产、社会经济发展的客观需要<sup>[1]</sup>。小麦产量的提高是由多种手段和方法共同完成的,培育优良新品种是提高小麦产量最重要的手段之一<sup>[2]</sup>。国内外研究结果表明,小麦产量的提高有 45%~50% 归功于品种,因此推广优良小麦品种是小麦高产、稳产、优质、低成本的首要保证<sup>[3]</sup>。小麦品种的演变常与农业生产条件的改善、外部环境条件特别是胁迫条件的变化、耕作制度的改变、人们的经济要求相伴随,也必然伴随着小麦品种的农艺性状、产量性状、抗性、适应性等综合性状的改进<sup>[4]</sup>。

宁夏引黄灌区属于西北春麦区的银宁灌溉副区,春小麦面积仅占全区总耕地面积的 12%,但在西北春麦区中占有重要地位,育成品种的丰产性和稳定性在全国春麦区中具有一定的影响。自 20 世纪 90 年代中期以来,以丰产性和稳产性好而著称的宁春 16 号、宁春 4 号品种均作为国家西北春麦区域的统一试验对照,并在该地区大面积推广<sup>[5]</sup>。1990 年,培育品种宁春 4 号在西北春麦区的最大种植面积为 33.3 万  $\text{hm}^2$ ,约占西北春麦区春小麦总面积的 29%<sup>[6]</sup>,因此宁夏引黄灌区的春小麦品种在西北春麦区甚至全国春小麦品种中具有重要地位<sup>[7]</sup>。

小麦产量潜力是许多性状的综合表现,与产量构成因素

的关系最直接。大量研究表明,产量的提高主要源于收获指数和单位面积粒数的增加<sup>[8]</sup>,收获指数的提高主要体现于株高降低,粒数的增加主要是由于穗粒数<sup>[9]</sup>或单位面积穗数的增加<sup>[10]</sup>。不同生态环境、栽培条件下获得高产的产量结构有很大差异,在一定地区大面积生产条件下,存在较为优化的产量结构类型<sup>[11]</sup>,因此全面了解参试高产型品种的产量类型,对该地区新品种的培育和推广具有重要意义。本研究将 1987 年以来参加区域试验优良品种(系)与宁春 4 号品种的产量构成因素进行比较,全面分析育成品种、推广品种的产量结构,旨在探索宁夏引黄灌区春小麦较为理想的产量结构类型,为今后该区域春小麦的育种方向提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 资料与概述

以 1983—2013 年宁夏引黄灌区春小麦区域试验(简称区试)的汇总数据为材料。参加区试的 5 个固定地点由南向北依次为中宁县良繁场、吴忠市良繁场、宁夏农林科学院作物研究所、贺兰县原种场、平罗县良繁场,3 个不固定地点分别为灵武农场、国营连湖农场、前进农场。区试地点的土壤类型由南向北依次为沙壤土(中宁县良繁场)、灌淤土(吴忠市良繁场、宁夏农林科学院作物研究所、贺兰县原种场)、盐碱土(平罗县良繁场)。宁春 4 号品种于 1983 年通过宁夏回族自治区品种审定委员会的审定,自 1986 年以来作为区域试验的对照品种。除个别特殊年份外,各试验点的播种期为 2 月下旬至 3 月上旬,收获期为 7 月中旬,全生育期灌溉水 3~4 次。试验采用随机区组设计,设 3 次重复,小区面积为 13.33~16.80  $\text{m}^2$ ,播种量为 675 万粒/ $\text{hm}^2$ 。

### 1.2 参试品种(系)的产量性状

由于 1983—1986 年参加区试的品种(系)中没有相对于

收稿日期:2015-02-10

基金项目:宁夏自然科学基金(编号:NZ13100);宁夏农林科学院自主研发项目(编号:NKYJ-13-01);国家科技支撑计划(编号:2011BAD35B03-5)。

作者简介:张双喜(1972—),男,宁夏固原人,博士,副研究员,主要从事小麦遗传育种研究。E-mail:shxzhang@163.com。

通信作者:魏亦勤,硕士,研究员。E-mail:yqwei@163.com。

宁春 4 号品种增产的品系,本研究以 1987—2013 年区试中产量居第 1、第 2 位的小麦优良品种(系,分别简称优 1、优 2)为材料(表 1),以宁春 4 号品种为对照,考察株高、有效穗数、穗粒数、千粒质量、产量性状的各试验点平均值,并采用 Excel 2003 软件、DPS v7.05 软件处理试验数据。

表 1 30 年来参加区域试验的优良品种(系)

年份	优 1		优 2	
	代号	名称	代号	名称
1987	内蒙 11 号		9711	宁春 12 号
1988	86YJ9	宁春 13 号	原 86-1	
1989	86Q16	宁春 14 号	B-20	
1990	86Y1608	宁春 16 号	Q26	宁春 17 号
1991	86Y1608	宁春 16 号	中宁 2014	宁春 18 号
1992	90Q337	88N2427		
1993	88N3438	宁春 22 号	永 1712	
1994	89N1414	宁春 23 号	88N2427	
1995	永 3263	宁春 26 号	BD-3	
1996	永 3263	宁春 26 号	93J104	宁农 2 号
1997	永 920	宁春 33 号	J210	宁 J210
1998	J210	宁 J210	宁农 974	
1999	石 1953		宁农 974	
2000	96H198		97J230	宁春 32 号
2001	96H198		97J230	宁春 32 号
2002	品引 1 号	宁春 37 号	永 3119	宁春 39 号
2003	永 3119	宁春 39 号	99-245-1	宁春 40 号
2004	永 2834		99-261	
2005	紫繁 3 号	宁春 46 号	99-261	
2006	紫繁 3 号	宁春 46 号	永 1620	
2007	J249	宁春 47 号	H5366	宁春 50 号
2008	永 1579	宁春 51 号	42022	
2009	42022	宁春 49 号	N2038	
2010	永 1937	宁春 52 号	N2038	
2011	古麦 15		永 1471	
2012	永 3388		永 3089	
2013	永 1081		永 1285	

### 1.3 宁春 4 号品种的产量性状变化及相关性分析

在 1983—2013 年区试汇总数据中,以宁春 4 号品种各试验点的平均产量及各年份产量为变异系数,以当年参试品种的平均产量为环境系数,通过直线方程分析其稳产性。对株高、有效穗数、穗粒数、千粒质量、产量性状进行相关性分析,采用 Excel 2003 软件、DPS v7.05 软件分析试验数据。

## 2 结果与分析

### 2.1 参加区域试验品种(系)的表现

对宁夏引黄灌区多年试验资料进行分析,结果(图 1)表明,1983 年以来参加春小麦区试的品种总数累计达 227 个,比宁春 4 号品种增产的品种(系)有 69 个,占参试品系总数的 30.40%,增产品种(系)的增产幅度为 0.01%~15.47%。其中,增产幅度最大的品种(系)为宁春 37 号(2002 年),增幅为 15.47%;增产幅度最小的品种(系)为 G78-6(1998 年)。增产幅度超过 5% 的品种有宁春 16 号、宁春 33 号、宁春 37 号、宁春 39 号、宁春 50 等;多年增产较大的品种为宁春 39 号,其参试 3 年均增产 5% 以上。增产品种的数量随年份

的延长而波动,1983—1987 年参试的品种(系)中没有增产品种;1991 年第 1 次出现增产品种(系)的数量高峰,占当年参试品种(系)数量的 50.0%;1993 年增产品种(系)的数量降至 0,之后则逐年上升,并于 1998 年出现第 2 次增产高峰期,占当年参试品种(系)数量的 87.8%;2000 年增产品种(系)的数量跌入谷底,并于 2002 年再现增产高峰期,占当年参试品种(系)数量的 100.0%;近 10 年来增产品种(系)的数量有所增加。在 30 年的区试中,对照宁春 4 号品种的产量位次表现为“三起三落”。每次大幅下落后就会出现新品种,如 1990 年下落后 3 个品种通过审定,具有影响力的宁春 16 号、宁春 18 号等品种出现;1999 年下落后宁春 26 号、宁春 33 号、宁 J210 等品种出现;最近 1 次回落后宁春 50 号、宁春 51 号、宁春 52 号等品种出现。可见,宁夏引黄灌区的春小麦品种呈不连续出现态势,并与该时期的育种水平提高、手段改进有关。

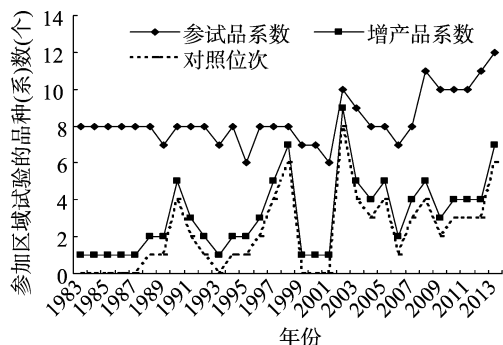


图1 1983—2013年参加宁夏引黄灌区区试的品种(系)数

### 2.2 环境系数产量与气候变化的波动关系

小麦生长和生产受当年气候变化的影响较大,30 年区试中宁春 4 号品种的产量与参试品种(系)的环境系数呈波状变化,大体分为 3 种趋势:较大波动期(1983—1988 年)、相对平稳期(1989—2001 年)、再次较大波动期(2002—2013 年)。在波动变化中,产量共出现 4 次较大的低谷期,这些波动变化与宁夏引黄灌区 30 年来春小麦的生产状态相一致。区试汇总资料显示,1987 年小麦生长时期发生了黄矮病、赤霉病、蚜虫,对产量影响较大;2002 年多个参试点在小麦灌浆中期遭遇强降雨和大风天气,参试品种(系)均有一定程度的倒伏,产量显著降低;2007 年 3 月初遭遇较大降雪天气,播种期推迟 20 d 以上,造成出苗期、抽穗期延后,且灌浆期遭遇年度高温期,使小麦高温逼熟,减产较严重;2011 年 6 月下旬连续出现干热风造成高温低湿,使小麦粒质量下降,减产明显。1989—1999 年,小麦生长期间的气候及环境因素对小麦有利,区试中环境系数与宁春 4 号品种的产量均较高,年份间产量变幅均较小,且两者之间差距较小,表明参试品种的整体产量水平和稳产性相对提高。2000—2013 年,小麦生长期间的环境指数与宁春 4 号品种的产量再次发生较大波动,如 2008 年环境系数、宁春 4 号品种的产量分别比 2002 年提高 58.9%、45.4%,增幅较大。近年来,灾害性气候的频繁发生、全球气温持续变暖对宁夏引黄灌区春小麦的生产造成较大负面影响,也是该地区小麦种植面积逐年减少的主要原因之一,该地区小麦品种的抗逆性亟待提高(图 2)。

### 2.3 宁春 4 号品种产量性状的变异及相关性

对 31 年区试中宁春 4 号品种的主要经济性状和产量进

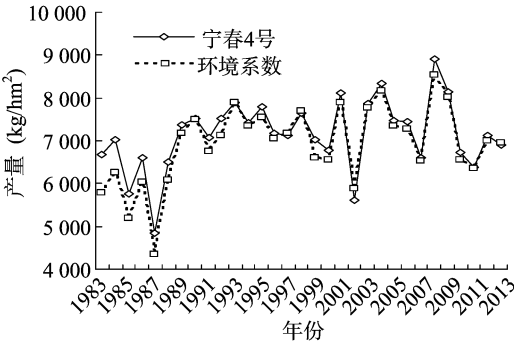


图2 宁春4号品种和环境系数的产量动态变化

行统计分析,结果(表2)表明,株高的变异幅度、变异系数均最小,分别为14.0%、3.7%;产量的变异幅度、变异系数均最大,分别为57.3%、13.1%;其他经济性状的变异幅度、变异系数排序不同,各性状的变异幅度从大到小依次为穗粒数>千粒质量>有效穗数。为进一步研究产量构成因素与产量间的数量关系,以产量 $Y$ 为因变量,以穗数 $X_1$ 、穗粒数 $X_2$ 、千粒质量 $X_3$ 为自变量,得到回归方程 $Y=5.227-1.021X_1-0.111X_2+11.728X_3$ 。可见,该品种通过增加千粒质量来增加产量,而穗数和穗粒数的增加对提高产量贡献不大,这与已有研究结论和实际生产情况<sup>[11]</sup>相一致。多年来,宁春4号品种的产量随年份变化较大,主要是粒质量变化较大所致,表明种植单一品种具有较大风险性。

2.4 优良品种(系)与宁春4号品种的产量构成因素

在1987—2013年参加区试的优良品种(系)中,对产量前2位品种(系)的主要产量性状进行比较。宁春4号品种

表2 1983—2013年宁春4号品种主要经济性状的平均值和变异度

指标	株高 (cm)	有效穗数 (穗/m <sup>2</sup> )	穗粒数 (粒)	千粒质量 (g)	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
平均数	84.1	582.1	30.2	43.8	7 128.0
最大值	88.0	645.0	39.2	48.4	8 917.5
最小值	76.2	502.5	26.2	35.2	4 830.0
方差	3.1	40.6	3.0	3.5	931.7
变异幅度(%)	14.0	24.5	43.1	30.1	57.3
变异系数(%)	3.7	7.0	9.9	8.0	13.1

的株高为76.2~88.0 cm,平均84.1 cm;优良品种(系)的株高为75.0~95.0 cm,但大多数植株为85.0~90.0 cm;优良品种(系)的株高比宁春4号品种高2~3 cm(图3-a)。宁春4号品种的有效穗数为502.5~645.0 穗/m<sup>2</sup>,平均582.1 穗/m<sup>2</sup>;优良品种(系)为530.1~678.0 穗/m<sup>2</sup>,平均606.2 穗/m<sup>2</sup>;优良品种(系)的平均穗数比宁春4号品种多24.0 穗/m<sup>2</sup>(图3-b)。宁春4号品种的穗粒数为26.2~39.8 粒,平均30.2 粒;优良品种(系)的穗粒数为27.0~42.5 粒,平均33.4 粒;优良品种(系)的平均穗粒数比宁春4号品种多3 粒(图3-c)。宁春4号品种的千粒质量为35.2~48.4 g,平均43.8 g;优良品种(系)的千粒质量为40.8~54.9 g,平均45.0 g;优良品种(系)的平均千粒质量比宁春4号品种高1.2 g(图3-d)。总体来看,该地区的参试优良品系通过提高穗粒数、粒质量来增加产量。国内外研究结果表明,小麦品种产量潜力的增加得益于单位面积穗数、粒数的增加<sup>[12-14]</sup>,这与本研究结论相似。

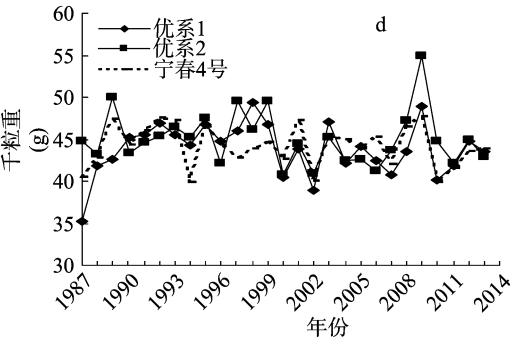
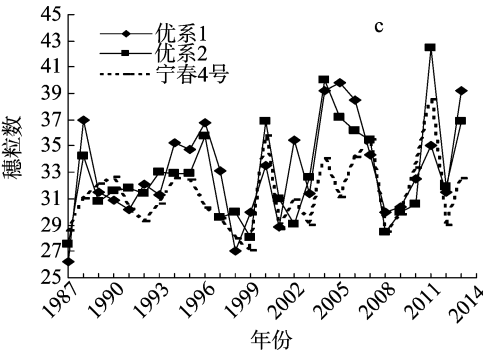
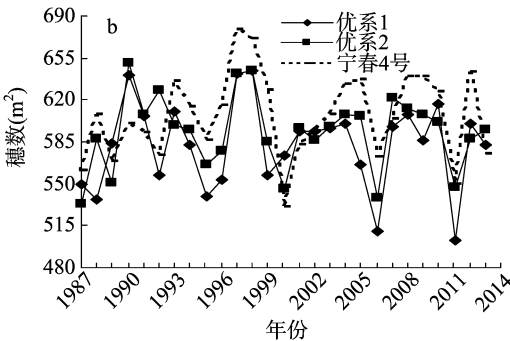
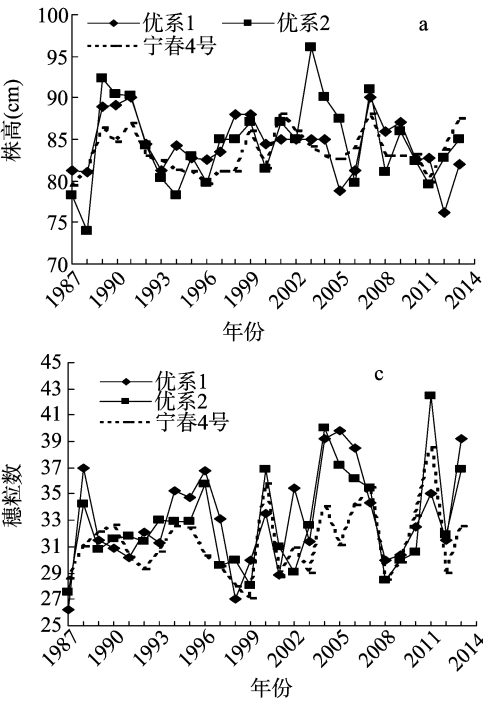


图3 优良品系与宁春4号品种的主要产量构成因素比较

3 结论与讨论

将30年来宁夏引黄灌区自育优良品种与宁春4号品种

的产量结构进行比较分析,得到以下5个类型:(1)株高、穗粒数、千粒质量与宁春4号品种接近,有效穗数比宁春4号品种多30~40 穗/m<sup>2</sup>。(2)株高比宁春4号品种高3~5 cm,穗

数比宁春 4 号品种少 30 ~ 40 穗/m<sup>2</sup>, 穗粒数比宁春 4 号品种多 3 ~ 5 粒, 千粒质量与宁春 4 号品种接近。(3) 株高比宁春 4 号品种高 3 ~ 5 cm, 有效穗数比宁春 4 号品种少 30 ~ 40 穗/m<sup>2</sup>, 穗粒数比宁春 4 号品种多 3 粒, 千粒质量比宁春 4 号品种高 3 ~ 5 g。(4) 株高比宁春 4 号品种高 3 ~ 5 cm, 有效穗数比宁春 4 号品种少 30 ~ 40 穗/m<sup>2</sup>, 穗粒数与宁春 4 号品种接近, 千粒质量比宁春 4 号品种高 5 g 以上。(5) 株高、穗数与宁春 4 号品种相当, 穗粒数比宁春 4 号品种多 2 粒以上, 千粒质量比宁春 4 号品种高 2 g 以上。其中, 类型(1) 品种宁春 16 号的变异系数、回归系数均接近于宁春 4 号品种<sup>[13]</sup>, 已经多年生产证明, 该品种是兼具丰产性和稳产性的类型。关联分析结果表明, 类型(5) 品种宁春 39 号是近年来农艺性状最接近于宁春 4 号品种的优良品种<sup>[15]</sup>, 在区试及 3 年生产试验中, 其产量均稳定超过宁春 4 号品种 5.0%, 丰产性和稳定性与宁春 4 号品种相当, 是具有潜力的品种之一。其他类型因株高略高, 抗倒伏性不及宁春 4 号品种, 这些品种在特定年份和地点具有增产潜力, 但倒伏会带来隐性的减产风险, 从而降低稳产性和适应性。在多年区试中, 这些品种表现为年份间产量稳定性差, 试验地点间产量位次差异性较大, 对环境的缓冲能力较差, 稳产性较差, 适应性较窄, 因此近年来并未进行大面积示范推广。

一般认为, 进一步提高产量主要依靠每穗粒数的增加<sup>[16~19]</sup>。宁春 39 号品种是宁春 4 号品种的衍生品种, 其穗粒数显著高于宁春 4 号品种, 但由于近年来品种年份间差异较大, 一定程度上限制了其大面积种植。从宁夏引黄灌区的生态条件分析, 适当增加现有品种的单位面积穗数将具有一定潜力, 但在保证较高单位面积穗数的同时, 应通过改善茎秆质量来提高品种的抗倒伏性。基于茎秆结构的改良基础, 未来超高产品种的产量结构应为以下 3 种类型: (1) 株高约为 85.0 cm, 穗数为 630.0 ~ 600.0 穗/m<sup>2</sup>, 穗粒数为 30 粒以上, 千粒质量为 45.0 ~ 47.0 g, 产量潜力为 840.0 ~ 900.0 kg/hm<sup>2</sup>。(2) 株高为 90.0 ~ 95.0 cm, 穗数为 525.0 ~ 570.0 穗/m<sup>2</sup>, 穗粒数为 35 粒以上, 千粒质量为 45 g 以上, 产量潜力为 630.0 ~ 600.0 kg/hm<sup>2</sup>。(3) 株高约为 85.0 cm, 穗数约为 600.0 穗/m<sup>2</sup>, 穗粒数为 32.0 ~ 35.0 粒, 千粒质量为 47.0 g 以上, 产量潜力为 9 000.0 ~ 9 750.0 kg/hm<sup>2</sup>。其中, 结构(1) 体现于宁春 51 号、52 号品种, 该类型一般容易增加群体密度, 且稳产性好、耐高肥力水平。结构(2) 体现于宁春 33 号、40 号品种, 此类型单株生物产量高、穗粒数较多, 品种在正常年份中均有一定增产潜力。结构(3) 体现于宁春 39 号、50 号品种, 此类型的丰产性和稳定性均较好, 但出现概率较小<sup>[20]</sup>。产量构成因素是最直接、最可靠的育种指标, 小麦产量构成因素是育种工作者提高小麦产量潜力最常用的方法<sup>[21~22]</sup>。事实证明, 即使在同一地区达到相同高产水平的品种, 其产量结构类型也可能不同<sup>[23]</sup>。在一定地区条件下, 不必拘泥于选育某一种产量结构类型, 而须根据地区生态条件、品种基础进行适当设计。

#### 参考文献:

- [1] 金善宝. 中国小麦学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 13.
- [2] 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: 1 ~ 10.
- [3] 孙宝启, 郭天财, 曹广才, 等. 中国北方专用小麦[M]. 北京: 气象出版社, 2004: 1 ~ 12.
- [4] 周 阳, 何中虎, 陈新民, 等. 30 余年来北部冬麦区小麦品种产量改良遗传进展[J]. 作物学报, 2007, 33(9): 1530 ~ 1535.
- [5] 何中虎, 夏先春, 陈新民, 等. 中国小麦育种进展与展望[J]. 作物学报, 2011, 37(2): 202 ~ 215.
- [6] 杨文雄, 张怀刚, 介晓磊, 等. 西北地区春小麦品种更换特点及育种策略[J]. 西北农业学报, 2004, 13(3): 22 ~ 25.
- [7] 张双喜, 李 华, 魏 亦, 等. 协调性春小麦宁春 4 号主要农艺性分析[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(15): 4465 ~ 4466.
- [8] Brancourt H M, Doussinault G, Lecomte C, et al. Genetic improvement of agronomic traits of winter wheat cultivars released in France from 1946 to 1992[J]. Crop Science, 2003, 43(1): 37 ~ 45.
- [9] Slafer G A, Andrade F H. Genetic improvement in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) yield in argentina[J]. Field Crops Research, 1989, 21: 289 ~ 296.
- [10] Donmez E, Sears R G, Shroyer J P, et al. Genetic gain in yield attributes of winter wheat in the Great Plains[J]. Crop Science, 2001, 41(5): 1412 ~ 1419.
- [11] 黄 竹, 刘继学, 于亚雄, 等. 云南省不同时期小麦品种产量潜力和产量性状差异性的初步分析[J]. 大麦与谷类科学, 2011(1): 1 ~ 6.
- [12] 陈素生, 宋晓华. 宁春 4 号稳产性和丰产性分析[J]. 宁夏农林科技, 1996(3): 1 ~ 3.
- [13] Xiao D P, Tao F L, Liu Y J, et al. Observed changes in winter wheat phenology in the North China plain [C]//1981—2009 International Journal of Biometeorology, 2012: 275 ~ 285.
- [14] 姜宗庆, 封超年, 刘 萍, 等. 施磷量对不同类型专用小麦产量及剑叶相关生理特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(1): 76 ~ 80.
- [15] 张双喜, 魏亦勤, 李红霞, 等. 宁夏灌区春小麦新品种(系) 主要性状的灰色关联度分析及品质评价[J]. 甘肃农业科技, 2003(4): 12 ~ 14.
- [16] 赵 倩, 姜鸿明, 孙美芝, 等. 山东省区试小麦产量与产量构成因素的相关和通径分析[J]. 中国农学通报, 2011, 27(7): 42 ~ 45.
- [17] 高辉明, 张正斌, 徐 萍, 等. 2001—2009 年中国北部冬小麦生育期和产量变化[J]. 中国农业科学, 2013, 46(11): 2201 ~ 2210.
- [18] 米慧玲, 孟庆健, 佟丙辛, 等. 不同苗情下冬小麦氮肥最佳追施时期和追施量[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(10): 62 ~ 65.
- [19] 蔡金华, 陈爱大, 李东升. 不同施氮条件下镇麦 168 籽粒产量与构成因素的相关性研究[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(10): 73 ~ 75.
- [20] 王美芳, 雷振生, 吴政卿, 等. 黄淮冬麦区小麦产量及品质改良现状分析[J]. 麦类作物学报, 2013, 33(2): 290 ~ 295.
- [21] 王世杰, 欧行奇. 作物育种学总论[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2009: 2 ~ 3.
- [22] 李巧云, 李 磊, 刘万代, 等. 河南省小麦产量及其构成因素变化规律分析[J]. 河南农业科学, 2011, 40(4): 38 ~ 40.
- [23] Ye L M, Xiong W, Li Z G, et al. Climate change impact on China food security in 2050[J]. Agronomy for Sustainable Development, 2013, 33(2): 363 ~ 374.