

# 近 10 年河北省审定节水小麦品种农艺性状演变规律

李炎艳<sup>1</sup>, 王烁凯<sup>2\*</sup>, 李悦<sup>1</sup>, 程功<sup>1</sup>, 裴艳婷<sup>3\*</sup>, 李红铁<sup>1</sup>

(1. 邯郸市农业科学院, 河北 邯郸 056001; 2. 河北省农业项目规划中心, 石家庄 050051; 3. 德州市农业科学研究院, 山东 德州 253000)

**摘要:**以 2015—2024 年河北省审定节水小麦品种为试验材料, 采用相关性分析、偏相关性分析和通径分析的方法对节水小麦品种的演变规律及各性状间的关联性进行研究。结果表明, 近年来, 河北省审定的节水小麦品种主要为较强抗旱型, 产量三要素逐年上升, 小麦产量年均递增 200.65 kg/hm<sup>2</sup>; 节水指数稳定, 株高增加, 生育期缩短。相关性分析表明, 节水指数与株高呈正相关, 与千粒重呈负相关; 产量三要素中穗数、千粒重与产量的相关性达极显著水平, 生育期与产量呈极显著负相关。偏相关性分析和通径分析表明, 穗数、千粒重和株高对产量有正向作用, 其中穗数作用最大; 穗粒数和生育期对产量为负向作用。综合分析认为, 增加株高可以改善节水指数; 株高升高、生育期缩短以及穗数和千粒重的增加有利于产量的改善。因此, 保证株高, 稳定穗数和千粒重, 适度提高穗粒数, 促进产量三要素协调发展可能是今后提高小麦产量的关键, 育种者可以通过选择生育期短、灌浆速率较快、结实性较好以及株高较高的品种来适应当前生产。

**关键词:**河北省; 节水小麦; 品种; 农艺性状; 演变规律

中图分类号: S512.1

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2026)01-0007-07

## Comprehensive Agronomic Trait Evolution of Water-Saving Wheat Varieties Approved in Hebei Province in Recent 10 Years

LI Yanyan<sup>1</sup>, WANG Shuokai<sup>2\*</sup>, LI Yue<sup>1</sup>, CHENG Gong<sup>1</sup>, PEI Yanting<sup>3\*</sup>, LI Hongtie<sup>1</sup>

(1. Handan Academy of Agricultural Sciences, Handan 056001; 2. Hebei Provincial Agricultural Project Planning Center, Shijiazhuang 050051; 3. Agricultural Sciences Research Institute of Dezhou City, Dezhou 253000, China)

**Abstract:** To reveal the evolutionary law of water-saving wheat varieties and the correlation between various traits, and provide a scientific basis for the genetic improvement of new varieties and production practice, this study took the water-saving wheat varieties approved in Hebei Province from 2015 to 2024 as experimental materials, and adopted correlation, partial correlation, and path analysis methods to explore the evolutionary law of water-saving wheat varieties and the correlation between traits. The results showed that in recent years, the water-saving wheat varieties approved in Hebei Province were mainly of the stronger drought-resistant type. Although the wheat yield increased by an average of 200.65 kg/ha per year, the coefficient of variation of yield was small, indicating limited room for further improvement. The water-saving index remained stable, while the three yield components (number of spikes, kernels per spike, and thousand-grain weight) showed an annual upward trend; meanwhile, plant height increased and growth period shortened year by year. Correlation analysis indicated that the water-saving index was extremely significantly positively correlated with plant height and extremely significantly negatively correlated with thousand-grain weight. Among the three yield components, the number of spikes and thousand-grain weight were extremely significantly correlated with yield, while the growth period was extremely significantly negatively correlated with yield. Partial correlation and path analysis showed that the number of spikes, thousand-grain weight, and plant height had a positive effect on yield, with the number of spikes

收稿日期: 2025-08-02

基金项目: 河北省高层次人才资助项目 (C20221148)

作者简介: 李炎艳 (1991-), 女, 助理研究员, 硕士, 主要从事作物育种与高效栽培研究。

通信作者: 王烁凯: E-mail: wsk9195@163.com

裴艳婷: E-mail: happygo69@163.com

having the greatest effect; kernels per spike, growth period, and water-saving index had a negative effect on yield, but the effect of kernels per spike was relatively weak. Comprehensive analysis revealed that increasing plant height would lead to a decrease in thousand-grain weight (thus affecting yield), but an increase in plant height could improve the water-saving index. Additionally, increased plant height, shortened growth period, and increased number of spikes and thousand-grain weight were beneficial to yield improvement. Therefore, maintaining appropriate plant height, stabilizing the number of spikes and thousand-grain weight, moderately increasing kernels per spike, and promoting the coordinated development of the three yield components may be the key to improving wheat yield potential in the future. Breeders can select varieties with short growth period, fast grain filling rate, good seed-setting rate, and relatively high plant height to adapt to current production needs.

**Key words:** Hebei Province; Water-saving wheat; Variety; Agronomic trait; Evolutionary law

华北平原作为小麦主产区,面临水资源短缺与小麦生产需求的双重挑战,因此选育并推广节水小麦品种至关重要<sup>[1]</sup>。分析小麦品种的演变规律对遗传改良以及新品种推广应用具有重要的意义。近年来,有关品种演变规律的研究已引起许多学者的关注。郭鹏燕等<sup>[2]</sup>为了明确冬小麦种质资源主要农艺性状与产量之间的关系,对不同小麦品种产量形成进行了分析。马巧云等<sup>[3]</sup>对小麦品种京花12的高产广适特性进行了分析。郭风芝等<sup>[4]</sup>研究了山东省审定水地小麦品种主要农艺性状间的关联规律。陈贵菊等<sup>[5]</sup>以近10年参加黄淮北片水地组区试品种为试验材料,分析了品种产量及主要农艺性状的相互关系。孙军伟等<sup>[6]</sup>研究了北部冬麦区旱地小麦品种主要农艺性状的演变规律。孟丽梅等<sup>[7]</sup>对近10年黄淮旱地小麦品种主要性状的演变规律进行了研究。但节水品种的选育目标是突出水分利用效率,兼顾产量性状和抗旱性状,与水地品种和旱地品种的选育方向存在差异。而有关节水小麦品种演变规律,尤其涉及小麦节水与产量间的关联研究未见系统研究。本研究以近10年河北省审定节水小麦品种为试验材料,探寻近年来河北省节水小麦品种的育种现状及其演变规律,以期对节水小麦品种生产和新品种改良提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

选取2015—2024年间通过河北省品种审定委员会审定的37个节水小麦品种。审定品种的相关信息来源于河北省种子管理站,各品种性状相关数据为参加河北省小麦新品种(系)区域试验的平均值。

### 1.2 试验设计与节水性评价

在田间自然干旱和干旱棚模拟干旱环境下,分别设水处理(足墒出苗基础上,全生育期灌水2

次,灌水量 $2\ 250\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ )和限水处理(足墒出苗基础上,全生育期灌水1次,灌水量 $1\ 125\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ )。水处理:随机区组排列,重复3次,行距18 cm,每小区9行,小区面积 $12.15\ \text{m}^2$ ;限水处理:随机区组排列,重复3次,小区长2.20 m,宽1.00 m,行距20 cm,每小区5行,小区面积 $2.20\ \text{m}^2$ 。

按公式 $WSI=(Y_n)/(Y_m)\times[(Y_m)/(Y_A)]^n$ 分别计算3次重复的节水指数,取平均值。

式中:WSI表示参试品种(系)的节水指数; $Y_n$ 表示参试品种(系)的节水处理产量; $Y_m$ 表示参试品种(系)的水处理产量; $Y_A$ 表示对照品种(系)的水处理产量; $Y_A$ 表示对照品种(系)的节水处理产量。WSI最终计算结果保留3位小数。冬小麦节水性评价标准见表1。

表1 冬小麦节水性评价标准  
Table 1 Evaluation criteria for water-saving of winter wheat

级别 Level	节水指数 Water-saving index	节水性等级 Water-saving level
1	$\geq 1.400$	极强
2	1.200 ~ 1.399	强
3	1.000 ~ 1.199	较强
4	0.800 ~ 0.999	中等
5	0.600 ~ 0.799	弱
6	$\leq 0.599$	极弱

### 1.3 数据处理

数据采用Excel 2003和SPSS 13.0软件进行数据整理和统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 产量及农艺性状的演变规律

由表2可知,近10年河北省审定节水小麦品

种平均节水指数1.140,属于较强抗旱品种。节水指数的变异系数为6.44%,说明节水小麦抗旱性的进一步提升存在一定难度。产量及产量三要素的变异系数均小于10%,其中产量变异系数最大(8.91%),产量三要素中,千粒重的变异系数

(7.91%)最大,穗数的变异系数(5.32%)和穗粒数的变异系数(5.24%)相差不大。说明河北省节水小麦品种的产量三要素相对较稳定,这决定了产量的提升空间有限,选育高产节水小麦品种的难度进一步增大。

表2 近10年河北省审定节水小麦品种农艺和产量性状

Table 2 Agronomic and yield traits of water-saving wheat varieties in Hebei Province in the past decade

年份 Year	株高/cm Plant height	穗数/ $\times 10^4$ 穗 $\cdot$ hm $^{-2}$ Spike number	穗粒数 Kernels per spike	千粒重/g 1000-grain weight	生育期/d Growth period	产量/kg $\cdot$ hm $^{-2}$ Yield	节水指数 Water-saving index
平均	76.95	661.34	34.54	40.82	235.49	7 830.24	1.140
最大值	83.20	721.50	39.90	45.50	244.00	8 935.50	1.261
最小值	69.50	586.50	30.10	35.60	230.00	6 838.50	1.036
变异系数/%	4.96	5.32	5.24	7.91	1.52	8.91	6.440

近10年河北省审定节水小麦品种的平均产量达到7 830.24 kg/hm $^2$ 。由此,节水小麦品种的选育目标主要是:穗数650.00 $\times 10^4$ 穗/hm $^2$ 、穗粒数接

近35粒、千粒重40 g、株高75 cm、生育期235 d、节水指数1.100的小麦品种。

线性拟合结果如图1所示,近10年河北省审

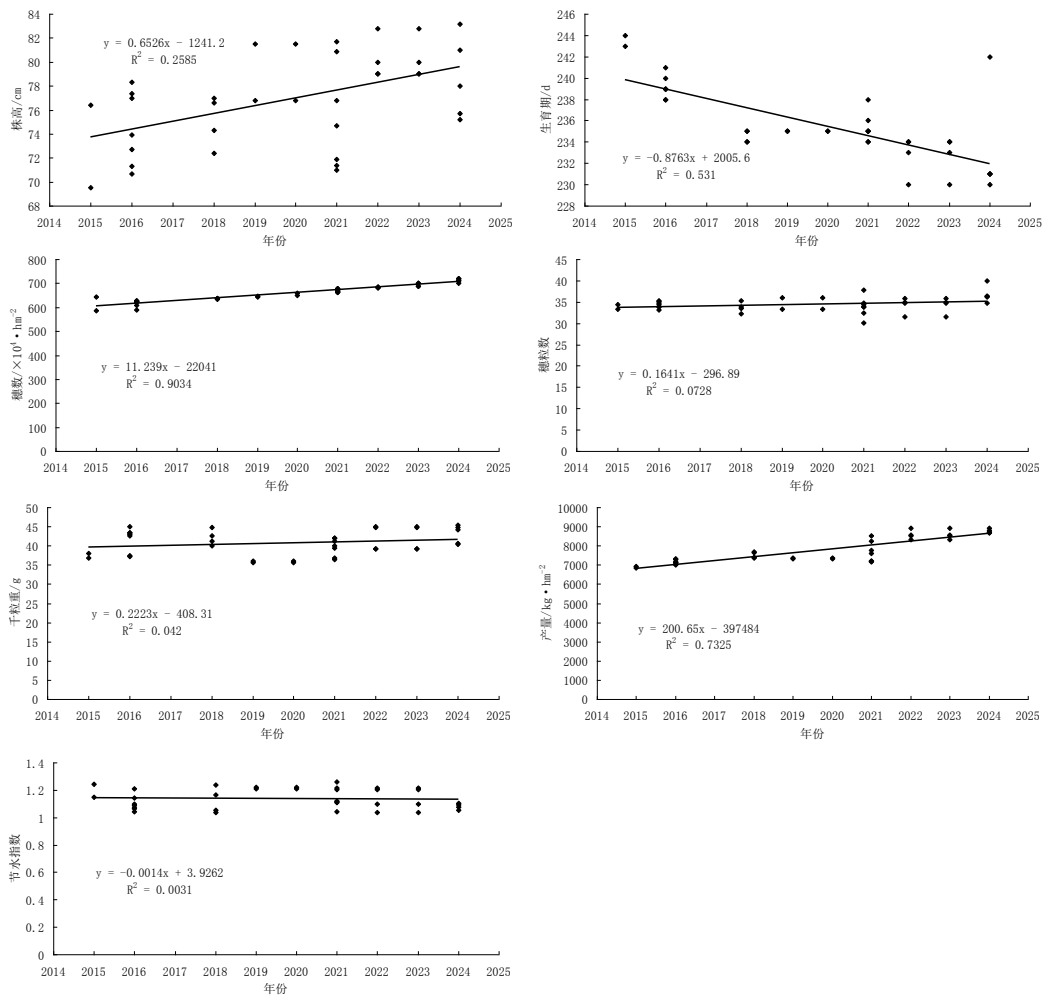


图1 近10年河北省审定节水小麦品种产量及主要农艺性状的演变

Fig. 1 The yield and the evolution of main agronomic traits of water-saving wheat varieties in Hebei Province during the past 10 years

定节水小麦品种节水指数变化不大,平均产量呈逐年上升趋势,年均递增 200.65 kg/hm<sup>2</sup>,说明近年来河北省节水小麦品种的选育目标是在稳定节水指数的情况下,重点提高节水小麦品种的产量潜力。进一步分析发现,产量三要素中穗数、穗粒数、千粒重均呈上升趋势,平均每年分别提高 11.24 万穗、0.16 粒、0.22 g;主要农艺性状株高平均每年提高 0.65 cm,生育期平均每年缩短 0.88 d。这说明,近年来育种者主要通过选育株高适当偏高,生育期相对较短的品种实现穗数、穗粒数和千粒重的协调发展,从而使产量大幅度提高。综上,近年来河北省审定节水小麦品种产量潜力的提高是依靠穗数、穗粒数和千粒重的协调增加实现。

## 2.2 产量及主要农艺性状的相关性分析

由表 3 可知,节水指数与株高和生育期均呈正相关,其中与株高的相关性达极显著水平,与

生育期相关性不显著,说明株高较高,生育期较长的品种节水指数较高,品种抗旱性更强;节水指数与产量呈负相关,但相关性未达显著水平。节水指数与穗数、穗粒数和千粒重均呈负相关,与千粒重的相关性达极显著水平。产量与株高、穗数、穗粒数和千粒重均呈正相关,其中穗数、千粒重与产量的相关性达极显著水平,且穗数的相关性较千粒重大,株高、穗粒数与产量的相关性未达显著水平,生育期与产量呈极显著负相关。这说明,此阶段河北省节水小麦品种产量的增加主要依靠穗数和千粒重。在选育品种时,应注重选择多穗型和籽粒饱满且粒大的品种,同时需兼顾穗粒数,使产量三要素协调发展。值得注意的是,株高相对较高的品种,节水指数也较大;节水指数相对大的品种,千粒重较低。

表 3 近 10 年河北省审定节水小麦品种产量和主要农艺性状相关性分析

Table 3 Analysis of the correlation between the yield and main agronomic traits of water-saving wheat varieties in Hebei Province in the past 10 years

性状 Trait	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>
X <sub>2</sub>	-0.462**					
X <sub>3</sub>	0.508**	-0.657**				
X <sub>4</sub>	0.142	-0.109	0.356*			
X <sub>5</sub>	0.255	-0.153	0.233	0.019		
X <sub>6</sub>	0.555**	0.090	-0.066	-0.113	-0.468**	
Y	0.033	-0.627**	0.833**	0.288	0.440**	-0.252

注: X<sub>1</sub>: 株高; X<sub>2</sub>: 生育期; X<sub>3</sub>: 穗数; X<sub>4</sub>: 穗粒数; X<sub>5</sub>: 千粒重; X<sub>6</sub>: 节水指数; Y: 产量; “\*”表示显著相关(P<0.05); “\*\*”表示极显著相关(P<0.01), 下同。

Note: X<sub>1</sub>, Plant height; X<sub>2</sub>, Growth period; X<sub>3</sub>, Spike number; X<sub>4</sub>, Kernels per spike; X<sub>5</sub>, 1000-grain weight; X<sub>6</sub>, Water-saving index; Y, Yield; \*, Significant correlation(P<0.05); \*\*, Extremely significant correlation(P<0.01), the same below.

## 2.3 产量及主要农艺性状的偏相关性分析

由表 4 可知,节水指数与株高和穗数呈正相关,但与穗数的偏相关程度较弱;节水指数与生育期、穗粒数和千粒重呈负相关,其中与千粒重的偏相关性达显著水平。这说明,提高节水指数势必会以牺牲千粒重为代价。在产量方面,产量三要素中穗数和千粒重与产量呈正相关,其中穗数与产量偏相关程度最高(r=0.533),达极显著水平,千粒重与产量偏相关性未达显著水平,穗粒数与产量偏相关性不显著;主要农艺性状株高与产量呈正相关,生育期与产量呈负相关,但株高、生育期与产量的相关性均未达显著水平。

## 2.4 产量及主要农艺性状的通径分析

由表 5 可知,节水指数对产量的直接作用为负值,但节水指数通过株高、生育期、穗数、穗粒数和千粒重对产量的间接作用较弱;产量三要素中穗数和千粒重对产量均具有直接的正向效应,其中穗数的直接贡献最大,穗粒数对产量的作用比较弱;主要农艺性状株高对产量具有直接的正向效应,生育期对产量具有直接的负向效应;由间接通径系数可以看出,各因素对产量的间接作用不尽相同,其中穗数→株高→产量的间接正效应最大,穗数→穗粒数→产量的间接正效应次之,生育期→穗数→产量的间接正效应排第三

表4 近10年河北省审定节水小麦品种产量和主要农艺性状偏相关性分析

Table 4 Analysis of partial correlation between yield and main agronomic traits of water-saving wheat varieties in Hebei Province in the past 10 years

性状 Trait	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	Y
X <sub>1</sub>	-0.036	0.057	0.075	0.168	0.248	0.250
X <sub>2</sub>		-0.469**	-0.253	-0.127	-0.114	-0.258
X <sub>3</sub>			0.010	-0.214	0.080	0.533**
X <sub>4</sub>				-0.272	-0.239	-0.080
X <sub>5</sub>					-0.432*	0.237
X <sub>6</sub>						-0.243

表5 近10年河北省审定节水小麦品种产量及主要农艺性状的通径分析

Table 5 Path analysis of the yield and its components of water-saving wheat varieties in Hebei Province in the past 10 years

性状 Trait	直接通径系数 Direct path coefficient	间接通径系数 Indirect permeability coefficient					
		X <sub>1</sub> →Y	X <sub>2</sub> →Y	X <sub>3</sub> →Y	X <sub>4</sub> →Y	X <sub>5</sub> →Y	X <sub>6</sub> →Y
X <sub>1</sub>	0.148 0		-0.068 4	0.075 2	0.021 0	0.037 7	0.004 9
X <sub>2</sub>	-0.230 0	0.106 3		0.151 1	0.025 1	0.035 2	-0.020 7
X <sub>3</sub>	0.530 0	0.269 2	-0.348 2		0.188 7	0.123 5	-0.035 0
X <sub>4</sub>	-0.042 0	-0.006 0	0.004 6	-0.015 0		-0.000 8	0.004 7
X <sub>5</sub>	0.144 0	0.036 7	-0.022 0	0.033 6	0.002 7		-0.067 4
X <sub>6</sub>	-0.139 0	-0.004 6	-0.012 5	0.009 2	0.015 7	0.065 1	

位,穗数→千粒重→产量的间接正效应也较大;穗数通过生育期对产量产生负向效应最大。因此,河北省节水小麦品种的育种目标应首先是增加穗数,其次提高千粒重,再次稳定穗粒数,同时应考虑选育株高较高、生育期较短的品种。

### 3 讨论

#### 3.1 产量及其农艺性状的演变规律

小麦产量性状和抗旱性状间存在相互制约关系,小麦抗旱性提高的同时势必会以牺牲产量为代价。杨子光等<sup>[8]</sup>对黄淮冬麦区旱薄组区试品种的演变规律进行研究,发现小麦品种产量三要素均呈缓慢增加态势,与本文的研究结果一致,但小麦品种抗旱性与本研究变化不大的结论有所不同。英国在1972—1995年育成小麦品种产量年均递增120 kg/hm<sup>2</sup><sup>[9]</sup>。墨西哥1950—1982年育成小麦品种产量年均增长59.0 kg/hm<sup>2</sup>,法国1957—1980年育成小麦品种产量平均每年提高120 kg/hm<sup>2</sup>,匈牙利1961—1983年育成小麦品种产量年均提高135 kg/hm<sup>2</sup><sup>[10]</sup>。本研究表明,河北省审定节水小

麦品种的产量呈现持续增加趋势,平均产量年均递增200.65 kg/hm<sup>2</sup>,与国外品种相比,河北省节水小麦品种产量增幅较大。这说明,近年来在稳定小麦抗旱性的基础上,重点提高产量,经过多年努力,已取得显著进展。但此阶段河北省审定节水小麦品种产量及其三要素穗数、穗粒数和千粒重的变异系数均小于10%,说明今后河北省审定节水小麦品种产量提高的难度会进一步加大。

孙军伟等<sup>[6]</sup>分析了2001—2015年北部冬麦区旱地小麦区试品种主要农艺性状变化趋势,结果表明,株高呈先增加后降低趋势,生育期缩短。杨洪强等<sup>[11]</sup>研究了河南省旱地小麦区试品种主要农艺性状的演变特点,认为小麦生育期逐渐缩短,株高逐渐降低,与本研究的结果部分不同,分析原因可能是研究材料和生态环境条件不同所致。

#### 3.2 产量及其他农艺性状的关联分析

产量是由多种因素共同决定的,其中穗数、穗粒数和千粒重是构成产量的三要素,对产量的作用最大<sup>[12]</sup>。孙军伟等<sup>[6]</sup>研究了北部冬麦区旱地小麦品种主要农艺性状的演变规律,发现穗粒数、

穗数和千粒重均与产量呈正相关。刘新月等<sup>[13]</sup>研究发现晋南旱地小麦区试品种产量与穗数、穗粒数和千粒重呈正相关。本研究结果表明产量三要素与小麦产量均呈正相关,与前人研究结果一致。三要素中穗数对产量的直接贡献最大,与产量关系最密切,这与孟丽梅等<sup>[7]</sup>的研究结果一致,均认为提高穗数是小麦产量提升的关键因素;而本研究与杨洪强等<sup>[11]</sup>的研究结论穗粒数对产量的直接贡献最大不一致,这可能与材料和生态环境条件不同有关。

王妮妮<sup>[14]</sup>研究指出,营养物质的有效供应是保证穗粒数的关键因素。干旱条件下,营养物质供应不足,造成穗粒数减少。本研究偏相关性分析和通径分析表明,穗粒数对产量的作用为负值,且穗粒数对产量具有直接的负向效应。分析原因可能是节水小麦品种生育期内进行控水管理,造成缺水影响穗粒数,这与前人研究结果一致<sup>[15]</sup>。进一步分析发现,穗数和千粒重对产量的作用为正值,且对产量具有直接的正向效应,说明影响河北省节水小麦产量潜力的关键因素是穗数和千粒重。因此,今后河北省节水小麦品种改良的重点应在保障现有穗数和千粒重的基础上,适度提高穗粒数,可以通过选育结实性好的品种实现<sup>[16]</sup>。

株高虽然不直接参与小麦产量建成,但株高能够扩大潜在空间,有利于穗数的增加和千粒重的改善<sup>[17-19]</sup>。本研究相关性分析、偏相关性分析和通径分析表明,株高与产量呈正相关,对产量的作用为正值,且对产量具有直接的正向效应,说明株高的增加有利于增加产量。进一步分析发现,株高与穗数、穗粒数和千粒重均呈正相关,且株高通过穗数、穗粒数和千粒重对产量产生正向效应,其中株高与穗数相关性达极显著水平,说明株高的增加会扩大潜在空间,有利于穗数的增加,同时株高的增加也有助于穗粒数和千粒重的改善。本研究选取节水小麦品种为试验材料,生育期水分偏少,株高的增加有利于产量的提高。但在水、肥较好条件下,株高的无限增加势必会造成倒伏。育种过程中可以选择抗倒伏好的品种。

一般认为,生育期越长,产量越高<sup>[20]</sup>。但本研究结果表明,生育期与产量呈极显著负相关,对产量有负向效应。这可能是由于本研究选取节水小麦品种为试验材料,小麦生育后期由于缺水,造成小麦因脱水早衰,提前成熟,进而造成晚熟

品种因发挥不出产量优势而被淘汰。由此可见,品种选育过程中也不应忽视生育期的选择,可以通过选择生育期短、灌浆速率较快的品种来应对后期干旱胁迫。

### 3.3 节水指数与产量及其农艺性状的关联分析

水是生命之源。小麦一生中需要消耗大量水分,一般来说小麦产量随着耗水量的增大而提高,但是耗水系数降低。节水小麦是一类协调产量和水分有效利用的品种,通常用节水指数代表品种的节水性能,节水指数是在节水条件下的产量与常规灌溉条件下的产量来计算。节水指数越高,说明该品种在节水条件下的表现越好。本研究结果表明,小麦产量与节水指数呈负相关。说明小麦品种在提高节水性能的情况下势必会以牺牲产量为代价。分析原因可能是节水指数是通过人为严格控水,在旱棚条件下进行鉴定,消除了自然降雨的影响,而产量性状是在大田条件下,存在自然降水,进而引起节水性能好的品种未能发挥出优势。任婕等<sup>[21]</sup>研究表明,在水分充足条件下,弱抗旱品种较强抗旱品种更具有产量优势,也证明了这一点。进一步分析发现,节水指数与株高呈正相关,与生育期呈负相关,与产量三要素均呈负相关,其中与千粒重呈极显著负相关,说明节水指数影响小麦产量主要是通过影响千粒重。分析原因可能是节水指数较高的品种,生育期偏长,生育期长的品种能够承受水分胁迫的时间更长,因而相对更耐旱。而本研究选择的节水小麦品种因控水管理,造成小麦生育后期缺水,导致小麦脱水早衰,提前成熟,进而引起干物质积累下降,影响千粒重。傅大雄等<sup>[19]</sup>研究表明,小麦株高每提高1 cm,单株粒重可增加0.24 g,说明株高的提高有利于粒重的增加。本文研究中节水指数与株高呈正相关,且相关性达极显著水平。这说明,近年来育种者是通过改善株高来协调千粒重和节水指数。另外,小麦品种的产量还受其他因素的影响,如小麦病害<sup>[22-23]</sup>,在今后研究中应将病害纳入分析目标。

## 4 结 论

近年来河北省审定节水小麦品种主要以较强抗旱品种为主,是在稳定品种抗旱性基础上稳步提高产量,平均产量年均递增200.65 kg/hm<sup>2</sup>,但产量变异系数较小,产量稳步缓慢上升。相关性分析表明,节水指数与株高呈极显著正相关,与千粒重呈极显著负相关;产量三要素均与小麦产量

呈正相关,其中穗数和千粒重与产量相关性达极显著水平;株高与产量呈正相关,生育期与产量呈极显著负相关。偏相关性分析显示,穗数、千粒重和株高对产量的作用为正值,穗数的作用最大,穗粒数、生育期和节水指数对产量的作用为负值。通径分析表明,穗数、千粒重和株高对产量的直接通径系数均为正值,穗数的作用最大,千粒重和株高的作用相差不大;穗粒数、生育期和节水指数对产量的直接作用为负值,但穗粒数的作用较微弱。

综合分析认为,可以选择生育期短、灌浆速率较快、结实性较好以及茎秆弹性好、株高较高的品种来适应当前生产。针对河北省气候和环境条件,稳定穗数和千粒重,适度提高穗粒数,进一步促进三要素协同发展是提高产量潜力的关键。

#### 参考文献:

- [ 1 ] 张向前,曹承富,乔玉强,等.灌溉量和时期对小麦影响的研究综述[J].农学学报,2015(5):14-18.  
ZHANG X Q, CAO C F, QIAO Y Q, et al. Review of the effects of irrigation quantity and stage on wheat[J]. Journal of Agriculture, 2015, 5(5): 14-18. (in Chinese)
- [ 2 ] 郭鹏燕,任杰成,赵吉平,等.不同冬小麦品种(系)产量形成分析及种质筛选[J].东北农业科学,2022,47(4):5-8,37.  
GUO P Y, REN J C, ZHAO J P, et al. Yield formation analysis and germplasm screening of different winter wheat varieties (lines)[J]. Journal of Northeast Agricultural Sciences, 2022, 47(4): 5-8, 37. (in Chinese)
- [ 3 ] 马巧云,高新欢,田立平,等.小麦品种京花12高产广适特性分析[J].东北农业科学,2025,50(2):1-7.  
MA Q Y, GAO X H, TIAN L P, et al. Analysis on characteristics of high yield and wide adaptability of wheat variety Jinghua 12[J]. Journal of Northeast Agricultural Sciences, 2025, 50(2): 1-7. (in Chinese)
- [ 4 ] 郭凤芝,林坤,葛振勇,等.2001—2017年山东省审定小麦高产品种农艺、产量和品质性状演变分析[J].山东农业科学,2019,51(3):16-23.  
GUO F Z, LIN K, GE Z Y, et al. Evolutionary analysis of agronomic, yield and quality traits of approved high-yield wheat varieties in Shandong Province from 2001 to 2017[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2019, 51(3): 16-23. (in Chinese)
- [ 5 ] 陈贵菊,闫璐,王福玉,等.近10年黄淮冬麦区北片水地区试品种产量及主要农艺性状分析[J].山东农业科学,2021,53(5):142-148.  
CHEN G J, YAN L, WANG F Y, et al. Analysis on yield and main agronomic traits of winter wheat varieties in the north Huanghe-Huaihe region test in recent 10 years[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2021, 53(5): 142-148. (in Chinese)
- [ 6 ] 孙军伟,杨子光,孟丽梅,等.北部冬麦区旱地小麦品种主要农艺性状的演变规律[J].山西农业科学,2018,46(7):1078-1080,1084.  
SUN J W, YANG Z G, MENG L M, et al. Evolution rule of main agronomic traits of dry land wheat varieties in northern winter wheat region[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2018, 46(7): 1078-1080, 1084. (in Chinese)
- [ 7 ] 孟丽梅,杨子光,孙军伟,等.近10a黄淮旱地小麦品种主要性状的演变[J].山西农业科学,2019,47(8):1341-1345,1427.  
MENG L M, YANG Z G, SUN J W, et al. Evolution of main traits of wheat varieties in Huanghuai dryland in recent 10 years[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2019, 47(8): 1341-1345, 1427. (in Chinese)
- [ 8 ] 杨子光,张珂,孙军伟,等.黄淮冬麦区旱薄地小麦品种主要性状演变规律[J].陕西农业科学,2020,66(9):9-11.  
YANG Z G, ZHANG K, SUN J W, et al. The law of evolution of the main traits of wheat varieties in the dry and thin land of the Huang-Huai winter wheat area[J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2020, 66(9): 9-11. (in Chinese)
- [ 9 ] SHEARMAN V J, BRADLEY R S, SCORR R K, et al. Physiological processes associated with wheat yield progress in the UK[J]. Crop Science, 2005, 45(1): 175-185.
- [ 10 ] 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: 37-45.
- [ 11 ] 杨洪强,田文仲,吴少辉,等.1982—2010年河南省旱地小麦品种主要农艺性状的遗传演变规律[J].河南农业科学,2014,43(5):38-41.  
YANG H Q, TIAN W Z, WU S H, et al. Genetic evolution of main agronomic traits in dry land wheat varieties from Henan Province during 1982-2010[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2014, 43(5): 38-41. (in Chinese)
- [ 12 ] 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.  
ZHAO Q, JIANG H M, SUN M Z, et al. Correlation and path analysis of yield components of winter wheat varieties with high yield potential cultured in regional trials of Shandong Province[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(7): 42-45. (in Chinese)
- [ 13 ] 刘新月,裴磊,刘莉,等.晋南旱地小麦区试品系农艺性状相关分析[J].中国农学通报,2017,33(3):19-23.  
LIU X Y, PEI L, LIU L, et al. Correlation analysis of agronomic characters of dryland wheat lines in regional trial in Southern Shanxi[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2017, 33(3): 19-23. (in Chinese)
- [ 14 ] 王妮妮.前期干旱对小麦穗粒数形成的影响及其生理基础[D].南京:南京农业大学,2014.
- [ 15 ] ZHANG Z, HUANG J, GAO Y M, et al. Suppressed ABA signal transduction in the spike promotes sucrose use in the stem and reduces grain number in wheat under water stress[J]. Journal of Experimental Botany, 2020, 71(22): 7241-7256.
- [ 16 ] 张俊灵,闫金龙,张东旭,等.北部冬麦区旱地小麦品种的演变规律[J].麦类作物学报,2017,37(8):1017-1024.

- niques of a widely adapted maize variety, Tiantai 316[J]. Journal of Grain Crops, 2023(8): 188-190. (in Chinese)
- [10] 许健,马宝新,刘海燕,等.高产、优质、多抗玉米新品种嫩单22的选育[J].东北农业科学,2021,46(2):12-14.  
XU J, MA B X, LIU H Y, et al. Breeding of a new high-yield, high-quality, and multi-resistant maize variety Nendan 22[J]. Journal of Northeast Agricultural Sciences, 2021, 46(2): 12-14. (in Chinese)
- [11] 卢实,路明,高婷婷,等.高产抗逆高效广适玉米杂交种吉单83的选育与应用[J].东北农业科学,2025,50(6):15-19.  
LU S, LU M, GAO T T, et al. Breeding and application of high-yield, stress-resistant, high-efficiency, and widely adapted maize hybrid Jidan 83[J]. Journal of Northeast Agricultural Sciences, 2025, 50(6): 15-19. (in Chinese)
- [12] 张楠,杜金恒,侯宗运,等.玉米新品种吉单427的选育与应用[J].东北农业科学,2025,50(5):36-39.  
ZHANG N, DU J H, HOU Z Y, et al. Breeding and application of the new maize variety Jidan 427[J]. Journal of Northeast Agricultural Sciences, 2025, 50(5): 36-39. (in Chinese)
- [13] 孔祥梅,丁一,徐长营,等.玉米新品种“长单611”选育报告[J].东北农业科学,2019,44(6):24-26.  
KONG X M, DING Y, XU C Y, et al. Breeding report of new maize variety Changdan 611[J]. Journal of Northeast Agricultural Sciences, 2019, 44(6): 24-26. (in Chinese)
- [14] 孟静娇,谢志坚,刘婷婷,等.抗病耐瘠玉米新品种保玉18号的选育及栽培技术[J].作物研究,2024,38(5):406-409.  
MENG J J, XIE Z J, LIU T T, et al. Breeding and cultivation techniques of a new disease-resistant and barren-tolerant maize variety Baoyu 18[J]. Journal of Crop Research, 2024, 38(5): 406-409. (in Chinese)

(责任编辑:朴红梅)

- (上接第13页)ZHANG J L, YAN J L, ZHANG D X, et al. Evolution rule of wheat varieties in dryland of northern winter wheat zone[J]. Journal of Triticeae Crops, 2017, 37(8): 1017-1024. (in Chinese)
- [17] 刘兆晔,于经川,辛庆国.小麦株高问题的探讨[J].山东农业科学,2014,46(3):130-134.  
LIU Z Y, YU J C, XIN Q G. Study on plant height of wheat[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2014, 46(3): 130-134. (in Chinese)
- [18] 严威凯.关于小麦株形问题的观察与思考[J].作物杂志,1991(1):14-15,18.  
YAN W K. Observation and thinking on plant shape of wheat[J]. Crops, 1991(1): 14-15, 18. (in Chinese)
- [19] 傅大雄,阮仁武,刘大军,等.近等基因系法对小麦显性矮源的研究[J].中国农业科学,2007,40(4):655-664.  
FU D X, RUAN R W, LIU D J, et al. Study of dwarfing wheat sources using near isogenic lines[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2007, 40(4): 655-664. (in Chinese)
- [20] 詹秋文,王敏,纪胜男,等.小麦生育期性状与产量性状的相关与通径分析[J].种子,2002(3):31-32.  
ZHAN Q W, WANG M, JI S N, et al. Correlation and path analysis of yield and developmental stages in wheat[J]. Seed, 2002, (3): 31-32. (in Chinese)
- [21] 任婕,孙敏,任爱霞,等.不同抗旱性小麦品种耗水量及产量形成的差异[J].中国生态农业学报(中英文),2020,28(2):211-220.  
REN J, SUN M, REN A X, et al. Difference in water consumption and yield among different drought-resistant wheat cultivars[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2020, 28(2): 211-220. (in Chinese)
- [22] 阎晓涛,张树伟,郑军,等.57份小麦微核心种质条锈病和叶锈病成株期抗性评价[J].东北农业科学,2023,48(1):30-34.  
YAN X T, ZHANG S W, ZHENG J, et al. Evaluation of adult stage resistance of 57 Chinese wheat mini-core collections to wheat stripe rust and leaf rust[J]. Journal of Northeast Agricultural Sciences, 2022, 47(4): 5-8, 37. (in Chinese)
- [23] 孙华,王茹茹,史聪聪,等.小麦根腐病药剂筛选和品种抗性鉴定[J].东北农业科学,2023,48(3):58-61,82.  
SUN H, WANG R R, SHI C C, et al. Screening of fungicides and resistant varieties against wheat root rot[J]. Journal of Northeast Agricultural Sciences, 2023, 48(3): 58-61, 82. (in Chinese)

(责任编辑:范杰英)