

小麦品种(系)抗旱节水指标及调控机理研究

张东旭, 张俊灵, 闫金龙, 孙美荣, 张树彬 (山西省农业科学院谷子研究所, 山西长治 046011)

摘要 [目的]研究小麦抗旱节水指标及调控机理。[方法]对96个不同类型的小麦品种(系)的表型性状、生理性状与抗旱指数、产量-水分高效利用指数进行聚类分析、相关分析、通径分析、多元回归分析,探讨小麦抗旱节水指标及调控机理。[结果]在极度干旱年份小麦的株高、穗数和穗粒数下降严重,产量尚不及水地产量的1/4;相关分析发现:干旱条件下小麦的穗数、饱满度、穗粒数、株高和花后21 d的植被指数与抗旱指数极显著相关,干旱条件下小麦的大部分表型性状和花后10 d的冠层-空气温差与产量-水分高效利用指数显著相关;通径分析发现:8个表型性状对小麦抗旱指数的直接贡献大小依次为穗数(1.335)、最高总茎数(1-1.0141)、成穗率(1-0.9551)、株高(0.488)、穗粒数(0.435)、千粒重(0.038)、容重(0.024)、饱满度(0.017),对小麦产量-水分高效利用指数的直接贡献大小依次为穗数(1.945)、最高总茎数(1-1.4201)、成穗率(1-1.3981)、穗粒数(0.481)、株高(0.206)、千粒重(0.204)、容重(0.119)、饱满度(1-0.0491);进而构建了小麦表型性状对小麦抗旱节水性多元回归方程,得出各种性状之间抗旱节水的数量依存关系和变动的规律。[结论]该研究对小麦抗旱节水高产育种具有重要的指导作用和应用价值。

关键词 小麦;抗旱指数;产量-水分利用指数;表型性状;生理性状

中图分类号 S512 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)10-0029-05

Index of Drought-resistant and Water-Saving and Regulation Principle of Wheat Cultivars (Strains)

ZHANG Dong-xu, ZHANG Jun-ling, YAN Jin-long et al (Millet Research Institute, Shanxi Academy of Agricultural Science, Changzhi, Shanxi 046011)

Abstract [Objective] To study the index of drought-resistant and water-saving and regulation principle. [Method] We used the method of cluster analysis, correlation analysis, path analysis and multiple regression analysis to study 96 different wheat varieties' phenotypic traits, physiological traits and index of drought resistance and yield-water use efficiency index. [Result] The plant height, spike number and grains per spike of wheat were significantly decreased in the years of extreme drought, and the yield was less than 1/4 of the water yield. Correlation analysis showed spike number, seed plumpness, grains per spike, plant height and vegetation index (NDVI) at 21 days after flowering significantly correlated with index of drought resistance, most of the phenotypic shape significantly correlated with canopy-air temperature difference at 10 days after flowering and yield-high water use efficiency index. Path analysis showed that the direct contribution of 8 phenotypic traits to index of drought resistance of wheat was spike number per acreage (1.335), population culm number (1-1.0141), percentage of earbearing tiller (1-0.9551), plant height (0.488), grains per spike (0.435), 1 000-grain weight (0.038), unit weight (0.024), seed plumpness (0.017), the direct contribution of 8 phenotypic traits to yield-high water use efficiency index was spike number (1.945), population culm number (1-1.4201), percentage of earbearing tiller (1-1.3981), grains per spike (0.481), plant height (0.206), 1 000-grain weight (0.204), unit weight (0.119), seed plumpness (1-0.0491). The multiple regression equation was established, and the law of quantity dependency and change was obtained between various traits. [Conclusion] The research has important guiding role and application value for breeding drought-resistant, water-saving, high-yield wheat varieties.

Key words Wheat; Drought-resistant index; Yield-high water use efficiency index; Phenotypic traits; Physiological traits

普通小麦 (*Triticum aestivum* L.) 是超过 40 个国家和 35% 的世界人口的主粮, 其为人类提供的能量和蛋白质营养超过总量的 20%^[1]。小麦是我国两大口粮之一, 全国有 40% 的人以面食为主。山西地处东部季风气候区与蒙新高原的过渡地带, 全年平均降雨量约为 500 mm, 降雨量少且分布不均, 下半年受海洋性暖湿气团的影响, 降雨集中在 7、8、9 这 3 个月, 通常年份在冬小麦生长季降水不足 200 mm, 为冬小麦全生育期需水的 1/2 左右, 加上水土流失, 地上地下水资源不足, 十年九旱^[2]。抗旱高产是小麦生产的重要方向, 选择抗旱性强的小麦品种, 充分发挥品种自身的耐旱潜力, 对于实现小麦水资源高效利用和农业可持续发展具有重要意义。

研究表明, 小麦抗旱能力的高低是多种因素共同作用下的综合反应, 其中干旱胁迫下小麦的生理生化特性差异被认为是小麦抗旱性差异的内在原因^[3-4]。目前对小麦抗旱性

指标的研究也有一些报道^[5-6], 主要是围绕抗旱性评价指标、抗旱生理指标等方面。但是, 大多数研究是针对小麦某个生育期的抗旱指标, 主要有苗期抗旱指标、幼苗期抗旱指标等; 还有的试验是在花盆或者温室等特定环境下开展的, 大田材料研究的较少; 还存在由于试验选用的品种不同、试验条件不一致等, 研究结果不尽相同, 且存在测定的性状复杂、指标不适用等不足。该研究以大田种植的不同类型小麦品种(系)为试验材料, 调查评价小麦抗旱节水的简单、易获得的表型和生理指标, 揭示这些指标对抗旱性和水分高效利用的内部调控关系, 为今后小麦优良抗旱节水品种选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料 供试材料为 96 个小麦品种(系), 由山西省农业科学院谷子研究所提供, 分为生产推广品种和近年选育的稳定品系。

1.2 试验设计 试验于 2012—2013 年度在山西省农业科学院谷子研究所试验田进行。供试材料分别在水地(灌溉)和旱地(雨养)条件下种植, 水地(灌溉)和旱地(雨养)由 3.0 m 宽的道路分开, 在道路两侧各设置 1.5 m 宽的保护行, 旱地区域为多年雨养地块, 未实施过人工灌溉。试验随机排列,

基金项目 山西省科技攻关项目(201603D221001); 山西省农业科学院重点攻关项目(YGG1643); 山西省农业科学院育种工程项目(16yzgc059)。

作者简介 张东旭(1982—), 男, 山西黎城人, 硕士, 从事小麦育种与栽培研究。

收稿日期 2017-02-20

小区面积 6.67 m², 2 次重复, 播种量按供试材料基本苗 345 万株/hm² 计算, 播种期均为 9 月 22 日, 采用转盘式人力播种机播种, 行距 20 cm。水地(灌溉)分别在返青期(3 月 5 日)、起身拔节期(4 月 14 日)、抽穗期(5 月 7 日)灌水 3 次。常规田间管理, 管理措施一致。

1.3 测定项目和方法

1.3.1 生育期降水量。小麦全生育期降水动态及降水量数据, 由设置在山西省农业科学院谷子研究所试验田的田间气象数据采集系统获得。

1.3.2 成熟期农艺性状。包括最高茎数、穗数、成穗率、籽粒饱满度、千粒重、容重、穗粒数、株高等表型性状, 调查方法参照国家小麦区试记载方法, 成熟后小区整体收获, 脱粒风干后称重小区产量。

1.3.3 旗叶叶绿素含量。使用 SPAD-502 型便携式叶绿素仪, 分别在花后 10、20 d 对供试品种(系)的旗叶(从叶尖起 1/3 部位)进行叶绿素含量测定, 每品种(系)测 2 次后取均值。

1.3.4 冠层-空气温差。使用冠层温度仪, 分别在花后 10、20 d 的 11:00~14:00, 对供试品种(系)进行冠层-空气温差测定, 每品种(系)测 2 次后取均值。

1.3.5 植被指数(NDVI)。使用便携式植物光谱仪, 分别在拔节期, 花后 7、14、21 d(晴天)的中午前后测定植被指数, 风力不超过 5 级。测量前对准标准参考板进行定标校准, 然后对着目标地物测量, 每个品种(系)测 2 次后取均值。

1.3.6 抗旱节水指标。

抗旱指数 = 某品种(系)旱地产量 × 某品种(系)抗旱系数 × 所有供试品种(系)水地均值 / 所有供试品种(系)旱地产量均值的平方值

产量-水分高效利用指数 = [某品种(系)干旱处理的产量 / 全部供试品种(系)干旱处理的平均产量 + 某品种(系)灌水处理的产量 / 全部供试品种(系)灌水处理的平均产量] / 2

1.4 统计分析 使用 Microsoft Excel 2007 和 SPSS 19.0 软件统计分析数据。

2 结果与分析

2.1 小麦生育期间降水量分析 从表 1 可以看出, 2012 年试验地 7—9 月(播前休闲期)共降雨 183.7 mm, 不足常年降雨量(382.2 mm)的 1/2, 播前墒情一般。试验期间小麦生育期共降雨 76.4 mm, 不足常年降雨量(179.0 mm)的 1/2, 表明试验年度是一个极度干旱年。

表 1 年度降雨量对比

Table 1 Comparison of rainfall between different years mm

月份 Month	试验年度降雨量 Rainfall in the test year	常年降雨量 Rainfall in the normal year
7	70.5	152.6
8	80.5	162.2
9	32.7	67.4
10	0.3	40.7
11	0	17.5
12	5.0	6.1
1	10.5	4.6
2	1.9	6.3
3	1.0	15.1
4	10.8	32.4
5	44.9	38.4
6	2.0	17.9
总计	260.1	561.2

2.2 聚类分析 利用欧式平均距离, 采用系统聚类中的离差平方和法(Word, S method), 对供试的 96 个小麦品种(系)抗旱性进行聚类, 聚类结果见图 1。在欧式距离为 5 处, 将供试材料分为 4 大类群, 第 I 类群含 18 个小麦品种(系), 占供试材料的 18.75%; 第 II 类群含 24 个小麦品种(系), 占供试材料的 25.00%; 第 III 类群含 40 个小麦品种(系), 占供试材料的 41.67%; 第 IV 类群含 14 个小麦品种(系), 占供试材料的 14.58%。结果表明供试材料抗旱类型较多, 研究这些品种(系)的抗旱节水指标和调控机理具有较大的代表性。

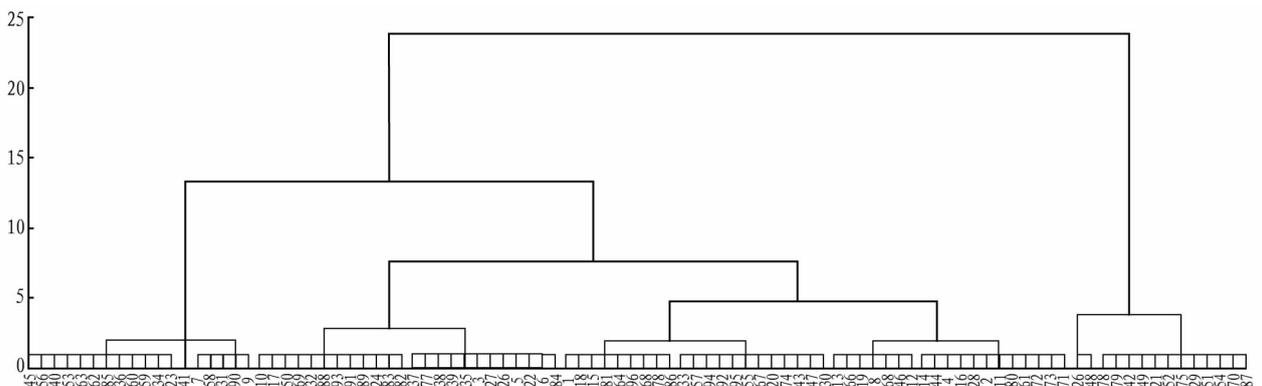


图 1 供试小麦品种(系)抗旱性聚类图

Fig. 1 Clustering map of drought resistance of tested wheat cultivars (strains)

2.3 性状分析 从表 2 可以看出, 试验年度旱地产量尚不足水地产量的 1/4, 株高为正常株高的 1/2; 从产量三要素看, 穗数和穗粒数受影响较大, 千粒重变幅较小。从生理性

状对比分析(表 3)看出, 旱地条件下叶绿素含量略低于水地; 植被指数(NDVI)变化最大, 水地条件下的植被指数在花后 7、14 d 基本保持稳定, 旱地条件下的植被指数在花后 14 d

才达到最大值,花后 21 d 降幅比较大,表明干旱使小麦在灌浆前期营养跟不上,灌浆速度慢,后期营养缺乏,迅速脱水;

旱地条件下冠层-空气温差明显低于水地条件,表明叶片含水量明显不足。

表 2 水、旱不同环境的表型性状对比

Table 2 Comparison of phenotypic traits in different environments

环境 Environment	最高茎数 Population culm number	穗数 Spike number 个/hm ²	成穗率 Percentage of earbearing tiller//%	饱满度 Seed plumpness	千粒重 1 000-grain weight g	容重 Unit weight g	穗粒数 Grains per spike	株高 Plant height cm	产量 Yield kg/hm ²
旱地 Dry land	65.40	407.55	41.76	2.73	29.56	756.96	15.19	37.83	1 405.80
水地 Irrigated land	92.43	705.00	51.17	2.55	35.51	754.76	28.88	74.50	6 610.05

表 3 水、旱不同环境的生理性状对比

Table 3 Comparison of physiological traits in different environments

环境 Environment	叶绿素含量 Chlorophyll content		植被指数 Vegetation index			冠层-空气温差 Canopy-air temperature difference//℃	
	花后 10 d 10 d after flowering	花后 20 d 20 d after flowering	花后 7 d 7 d after flowering	花后 14 d 14 d after flowering	花后 21 d 21 d after flowering	花后 10 d 10 d after flowering	花后 20 d 20 d after flowering
旱地 Dry land	52.25	48.97	0.30	0.43	0.26	4.13	1.22
水地 Irrigated land	55.61	53.13	0.75	0.77	0.56	6.36	2.14

2.4 表型性状和生理性状与抗旱指数、产量-水分高效利用指数的相关分析 小麦品种(系)表型性状与抗旱指数、产量-水分高效利用指数的相关系数见表 4。从表 4 可以看出,穗数、籽粒饱满度、穗粒数、株高和抗旱指数极显著相关,其中株高和抗旱指数相关系数最大(0.663);最高茎数和抗旱指数显著相关。大多数表型性状和产量-水分高效利用指数都显著相关,仅成穗率和产量-水分高效利用指数不显著相关。表明在干旱条件下小麦品种(系)的穗数、饱满度、穗粒数和株高与抗旱性关系密切,而小麦的大部分表型性状都受到品种(系)水分高效利用效率的影响。

小麦品种(系)生理性状和抗旱指数、产量-水分高效利用指数的相关系数见表 5。从表 5 可以看出,叶绿素含量、植

被指数、冠层-空气温差这 3 个生理性状中仅植被指数与抗旱指数显著相关,其中花后 21 d 的植被指数与抗旱指数极显著相关;3 个生理性状中仅花后 10 d 的冠层-空气温差与产量-水分高效利用指数显著相关。表明植被指数可以作为鉴定小麦抗旱性的参考生理指标,并且在灌浆后期测定植被指数更能体现出小麦抗旱性的强弱;而冠层-空气温差则能够在一定程度上鉴定小麦的水分利用效率。

2.5 表型性状与抗旱指数、产量-水分高效利用指数途径分析 虽然相关系数可以说明各性状和抗旱节水性质的紧密关系,但不能从本质上揭示其内部调控的关系。所以,通过途径和多元逐步回归分析,探讨不同性状对抗旱节水的直接和间接效应大小,以明确各性状对抗旱节水所起的真正

表 4 表型性状与抗旱性相关分析

Table 4 Correlative analysis of phenotypic traits and drought resistance index

性状 Trait	最高茎数 Population culm number	穗数 Spike number	成穗率 Percentage of earbearing tiller	饱满度 Seed plumpness	千粒重 1 000-grain weight	容重 Unit weight	穗粒数 Grains per spike	株高 Plant height cm	抗旱指数 Drought- resistant index	产量-水分高 效利用指数 Yield-high water use efficiency index
最高茎数 Population culm number	1									
穗数 Spike number//%	0.615**	1								
成穗率 Percentage of earbearing tiller//%	-0.314**	0.549**	1							
饱满度 Seed plumpness	-0.201*	-0.255*	-0.086	1						
千粒重 1 000-grain weight	-0.052	-0.153	-0.117	-0.124	1					
容重 Unit weight	0.184	0.250*	0.111	-0.469**	-0.027	1				
穗粒数 Grains per spike	-0.077	-0.001	0.086	-0.279**	0.003	0.048	1			
株高 Plant height	0.261*	0.295**	0.070	-0.508**	0.406**	0.197	0.233*	1		
抗旱指数 Drought-resist- ant index	0.201*	0.326**	0.165	-0.423**	0.196	0.173	0.539**	0.663**	1	
产量-水分高效利用指 数 Yield-high water use efficiency index	0.255*	0.375**	0.166	-0.456**	0.232*	0.270**	0.536**	0.555**	0.830**	1

注: **代表相关极显著; *代表相关显著

Note: ** shows highly significant correlation; * shows significant correlation

表 5 生理性状与抗旱性相关分析

Table 5 Correlative analysis of physiological traits and drought resistance index

性状 Trait	叶绿素含量 (花后 10 d) Chlorophyll content (10 d after flowering)	叶绿素含量 (花后 20 d) Chlorophyll content (20 d after flowering)	植被指数 (花后 7 d) Vegetation index (7 d after flowering)	植被指数 (花后 14 d) Vegetation index (14 d after flowering)	植被指数 (花后 21 d) Vegetation index (21 d after flowering)	冠层-空气 气温差 (花后 10 d) Canopy-air temperature difference (10 d after flowering)	冠层-空气 气温差 (花后 20 d) Canopy-air temperature difference (20 d after flowering)	抗旱指数 Drought- resistant index	产量-水分 高效利用 指数 Yield-high water use efficiency index
叶绿素含量(花后 10 d) Chlorophyll content (10 d after flowering)	1								
叶绿素含量(花后 20 d) Chlorophyll content (20 d after flowering)	-0.033	1							
植被指数(花后 7 d) Vegetation index (7 d after flowering)	-0.103	0.225	1						
植被指数(花后 14 d) Vegetation index (14 d after flowering)	-0.069	0.231	0.508**	1					
植被指数(花后 21 d) Vegetation index (21 d after flowering)	0.094	0.004	-0.221	-0.059	1				
冠层-空气温差(花后 10 d) Canopy-air temperature difference (10 d after flowering)	0.159	-0.053	0.141	0.031	0.218	1			
冠层-空气温差(花后 20 d) Canopy-air temperature difference (20 d after flowering)	0.051	0.061	-0.001	0.177	0.267*	0.175	1		
抗旱指数 Drought-resistant index	-0.148	0.262	0.320*	0.213	-0.384**	0.207	0.056	1	
产量-水分高效利用指数 Yield-high water use efficiency index	-0.188	0.243	0.189	0.121	-0.262	0.333*	0.111	0.811**	1

注: ** 代表相关极显著; * 代表相关显著

Note: ** shows highly significant correlation; * shows significant correlation

调控作用。该研究中生理性状之间基本上没有相关性,所以不再对生理性状进一步分析,只对表型性状进一步通径分析。

表型性状对抗旱指数的通径分析见表 6,结果表明,8 个表型性状对小麦抗旱指数的直接贡献大小依次为穗数 X_2 (1.335)、最高总茎数 X_1 (1-1.0141)、成穗率 X_3 (1-0.9551)、株高 X_8 (0.488)、穗粒数 X_7 (0.435)、千粒重 X_5 (0.038)、容重 X_6 (0.024)、饱满度 X_4 (0.017)。对小麦抗旱指数贡献较大且为正值的是穗数、株高、穗粒数,而且穗数、

穗粒数、株高对抗旱指数呈极显著正相关,表明抗旱性好的小麦品种(系)在干旱条件下具有较高的株高和较多的穗数和粒数。

最高总茎数和成穗率对小麦抗旱指数的直接贡献较大,但为负效应,表明抗旱性好的小麦品种(系)在干旱条件下能控制群体的大小,保证成穗质量。籽粒饱满度和小麦的抗旱指数呈极显著负相关,但对抗旱指数的直接作用最小,表明抗旱性好的小麦品种(系)在干旱条件下是通过改良其他性

表 6 表型性状对抗旱指数的通径分析

Table 6 Path analysis of phenotypic traits to drought resistance index

作用因子 Interaction factor	相关系数 Correlation coefficient	直接作用 Direct action	通过 X_1 Pass X_1	通过 X_2 Pass X_2	通过 X_3 Pass X_3	通过 X_4 Pass X_4	通过 X_5 Pass X_5	通过 X_6 Pass X_6	通过 X_7 Pass X_7	通过 X_8 Pass X_8
X_1	0.201*	-1.014		0.8210	0.2999	-0.0034	-0.0020	0.0044	-0.0335	0.1274
X_2	0.326**	1.335	-0.6236		-0.5243	-0.0038	-0.0058	0.0060	-0.0004	0.1440
X_3	0.165	-0.955	0.3184	0.7329		-0.0015	-0.0044	0.0027	0.0374	0.0342
X_4	-0.423**	0.017	0.2038	-0.3404	0.0821		-0.0047	-0.0113	-0.1214	-0.2479
X_5	0.196	0.038	0.0527	-0.2043	0.1117	-0.0021		-0.0006	0.0013	0.1981
X_6	0.173	0.024	-0.1866	0.3338	-0.1060	-0.0080	-0.0010		0.0209	0.0961
X_7	0.539**	0.435	0.0781	-0.0013	-0.0821	-0.0047	0.0001	0.0012		0.1137
X_8	0.663**	0.488	-0.2647	0.3938	-0.0669	-0.0086	0.0154	0.0047	0.1014	

注: ** 代表相关极显著; * 代表相关显著

Note: ** shows highly significant correlation; * shows significant correlation

状间接提升籽粒饱满度。

表型性状对产量-水分高效利用指数的通径分析见表7,结果表明,8个表型性状对小麦产量-水分高效利用指数的直接贡献大小依次为穗数 X_2 (1.945)、最高总茎数 X_1 (1-1.4201)、成穗率 X_3 (1-1.3981)、穗粒数 X_7 (0.481)、株

高 X_8 (0.206)、千粒重 X_5 (0.204)、容重 X_6 (0.119)、饱满度 X_4 (1-0.0491)。8个表型性状对小麦产量-水分高效利用指数的直接贡献与对小麦抗旱指数的直接贡献相较,穗粒数的直接作用加大,株高的直接作用略有降低。

表7 表型性状对产量-水分高效利用指数的通径分析

Table 7 Path analysis of phenotypic traits to yield-high water use efficiency index

作用因子 Interaction factor	相关系数 Correlation coefficient	直接作用 Direct action	通过 X_1 Pass X_1	通过 X_2 Pass X_2	通过 X_3 Pass X_3	通过 X_4 Pass X_4	通过 X_5 Pass X_5	通过 X_6 Pass X_6	通过 X_7 Pass X_7	通过 X_8 Pass X_8
X_1	0.201*	-1.420		1.1962	0.4380	0.0098	-0.0106	0.0219	-0.0370	0.0538
X_2	0.326**	1.945	-0.8733		-0.7675	0.0125	-0.0312	0.0298	-0.0005	0.0608
X_3	0.165	-1.398	0.4459	1.0678		0.0042	-0.0239	0.0132	0.0414	0.0144
X_4	-0.423**	-0.049	0.2854	-0.4960	0.1202		-0.0253	-0.0558	-0.1342	-0.1046
X_5	0.196	0.204	0.0738	-0.2976	0.1636	0.0061		-0.0032	0.0014	0.0836
X_6	0.173	0.119	-0.2613	0.4863	-0.1552	0.0230	-0.0055		0.0231	0.0406
X_7	0.539**	0.481	0.1093	-0.0019	-0.1202	0.0137	0.0006	0.0057		0.0480
X_8	0.663**	0.206	-0.3706	0.5738	-0.0979	0.0249	0.0828	0.0234	0.0113	

注: ** 代表相关极显著; * 代表相关显著

Note: ** shows highly significant correlation; * shows significant correlation

2.6 表型性状对小麦抗旱性的多元逐步回归分析 以8个小麦表型性状为自变量,以抗旱指数(Y)为因变量进行多元逐步回归分析。经过分析将最高总茎数(X_1)、成穗率(X_3)、饱满度(X_4)、千粒重(X_5)、容重(X_6)表型性状移除,留下对小麦抗旱指数(Y)影响显著因子穗数(X_2)、穗粒数(X_7)和株高(X_8),得出逐步回归方程:

$$Y = -5.080 + 0.036X_2 + 0.115X_7 + 0.090X_8$$

该方程表明:干旱条件下小麦每增加1个单位的穗数(X_2)、穗粒数(X_7)和株高(X_8),小麦抗旱指数(Y)平均增加0.036、0.115和0.090。

以8个小麦表型性状为自变量,以产量-水分高效利用指数(Y)为因变量进行多元逐步回归分析。经过分析将饱满度(X_4)性状移除,留下对小麦抗旱指数(Y)影响显著因子最高总茎数(X_1)、穗数(X_2)、成穗率(X_3)、千粒重(X_5)、容重(X_6)、穗粒数(X_7)和株高(X_8),得出逐步回归方程:

$$Y = 0.459 - 0.029X_1 + 0.084X_2 - 0.047X_3 + 0.012X_5 + 0.001X_6 + 0.027X_7 + 0.008X_8$$

该方程表明:干旱条件下小麦每增加1个单位的穗数(X_2)、千粒重(X_5)、容重(X_6)、穗粒数(X_7)和株高(X_8),小麦产量-水分高效利用指数(Y)平均增加0.084、0.012、0.001、0.027和0.008。

3 结论与讨论

目前,已有很多对小麦抗旱性和水分高效利用鉴定方法的研究。冀天会等^[7]提出对一个小麦品种“抗旱性强”的最基本理解是在干旱条件下,产量相对较高,因干旱减产的幅度较小。吴振录等^[8]提出产量-水分利用效率能够筛选出在干旱和充分灌溉2种水分状况下都比一般品种高产,即具有水分高效利用特性的品种。该研究通过对抗旱指数和产量-水分高效利用指数与小麦表型性状和生理性状的关系

进行分析,以达到筛选出小麦抗旱节水指标的目的。结果表明在干旱条件下,小麦品种(系)的株高、穗数、饱满度、穗粒数和灌浆后期的植被指数与抗旱指数极显著相关,可以作为鉴定小麦抗旱性的参考指标;除成穗率外大部分表型性状和灌浆前期的冠层-空气温差都可以作为鉴定小麦水分高效利用效率的参考指标。

小麦抗旱能力的高低是多种因素共同作用下的综合反应^[9],通过简单相关分析能够说明各性状与抗旱性、水分高效利用效率的紧密关系,可以把紧密相关的性状作为鉴定抗旱性和水分高效利用的指标。而性状间的相互影响,既有遗传因素控制的部分,又有环境因素控制干扰的部分,其效应既有正有负,有直接有间接,一个因素的变动往往引起连锁反应^[10]。因此,要从本质上揭示这些性状指标对抗旱性和水分高效利用的内部调控关系,必须进行进一步的分析。该研究通过对小麦表型性状与抗旱指数、产量-水分高效利用指数的通径分析和多元回归分析,揭示了这些表型性状对小麦抗旱性和水分高效利用特性的直接作用和间接作用,并构建了小麦表型性状与小麦抗旱节水性的多元回归方程,得出各种性状之间抗旱节水的数量依存关系和变动的规律。

近年来,随着水资源的缺乏,小麦抗旱节水高产育种越来越受重视,研究筛选小麦抗旱节水指标和揭示这些指标的内在抗旱节水规律,对小麦抗旱节水高产育种具有重要的指导作用和应用价值。

参考文献

- [1] HAWKESFORD M J, ARSUS J L, PARK R, et al. Prospects of doubling global wheat yields[J]. Food and energy security, 2013, 2(1): 34-48.
- [2] 徐兆飞. 山西小麦[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 9-12.
- [3] LEVITT J. Responses of plants to environmental stresses. Vol. II. Water radiation salt and other stresses[M]. 2nd ed. New York: Academic Press, 1980: 325-358.

表 2 供试品种(系)生育动态

Table 2 Birth dynamics of tested varieties (lines)

序号 No.	品种(系) Varieties (lines)	出苗期 Emergence period	基本苗 Basic seedlings 万株/hm ²	总茎数 Total stems 万茎/hm ²	冬后茎数 Number of stems after winter 万茎/hm ²	返青期 Turn green period	幼苗习性 Seedling habits	抽穗期 Heading stage	成熟期 Mature period	生育期 Growth period d
1	静冬 0318	10-02	387.0	490.5	459.0	03-08	半匍匐	05-30	07-22	292
2	200707-3	10-02	450.0	643.5	558.0	03-08	匍匐	06-03	07-22	292
3	9589-4	10-02	324.0	565.5	549.0	03-08	匍匐	06-01	07-22	292
4	静 2010-8	10-02	409.5	583.5	567.0	03-08	半匍匐	06-02	07-22	292
5	陇中 1 号(CK)	10-02	450.0	670.5	654.0	03-08	匍匐	05-20	07-18	288

表 3 供试品种(系)农艺性状

Table 3 Agronomic traits of tested varieties (lines)

序号 No.	品种(系) Varieties (lines)	株高 Height cm	穗长 Spike length cm	穗形 Spike shape	壳色 Shell color	芒 Awn	结实小穗 Fertile spikelets 个	穗粒数 Grains per spike 个	饱满度 Fullness	粒色 Grain color	品质 Quality	容重 Bulk density g/L
1	静冬 0318	73.0	5.0	长方形	白	无	12.7	22.0	+	白	硬质	760
2	200707-3	85.0	8.5	棒形	白	长	19.7	50.0	+	白	硬质	750
3	9589-4	102.0	7.0	棒形	白	无	14.7	46.3	+	白	硬质	740
4	静 2010-8	107.0	7.5	长方形	白	无	17.3	37.3	+	红	硬质	750
5	陇中 1 号(CK)	95.0	6.5	纺锤形	白	长	13.7	20.7	-	红	硬质	760

表 4 供试品种(系)产量

Table 4 Yield of tested varieties (lines)

序号 No.	品种(系) Varieties (lines)	穗粒重 Spike grain weight//g	千粒重 1 000-grain weight//g	产量 Yield kg/hm ²	较 CK 增产 Compared with CK//%	位次 Ranking
1	静冬 0318	1.16	45.8	3 710 aA	30.18	2
2	200707-3	2.00	46.0	3 790 aA	32.98	1
3	9589-4	1.98	40.0	3 000 bB	5.26	4
4	静 2010-8	1.53	42.0	3 031 bB	6.35	3
5	陇中 1 号(CK)	0.70	39.6	2 850 cC	—	5

注:小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$);大写字母不同表示差异极显著($P < 0.01$)

Note: Different small letters mean significant difference ($P < 0.05$); different capital letters show extremely significant difference ($P < 0.01$)

明 200707-3、静冬 0318 综合性状表现好,生育期适中,籽粒饱满,产量较高,分别较对照陇中 1 号高 32.98% 和 30.18%,抗逆性强,丰产性好,适宜在甘肃中部地区推广种植,下一步将配套栽培技术集成,扩大推广面积。

(2) 供试品种(系)产量间差异是其对土壤、水肥、温度和气候等环境因素适应性不同导致,可进一步通过异地试验明确新品种(系)在不同生态气候区的适应性。

参考文献

[1] 吴兆苏. 小麦育种学[M]. 北京:农业出版社,1988.

- [2] 宋建荣,张耀辉,岳维云. 甘肃省冬小麦抗条锈育种进展与思路[J]. 麦类作物学报,2010,30(5):981-985.
- [3] 农业部小麦专家指导组. 中国小麦品质区划与高产优质栽培[M]. 北京:中国农业出版社,2011.
- [4] 彭金海,陈传玺,刘正学,等. 旱地小麦品种七性状对产量影响的初探[J]. 安徽农业科学,2009,37(8):3524-3525.
- [5] 李晶,南铭,贺永斌,等. 12 个冬小麦品种在定西市干旱半干旱区品种试验初报[J]. 甘肃农业科技,2016(11):59-62.
- [6] 于海军. 小麦种植与管理技术的探讨[J]. 农业与技术,2015,35(15):125-126.

(上接第 33 页)

参考文献

- [4] TURNER N C. Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants[M]//MUSSALL H, STAPLES R C. Stress physiology in crop plants. New York:John Wiley and Sons,1979:343-372.
- [5] 杨琳,景继海,赵佰图,等. 旱地小麦抗旱性鉴定指标研究[J]. 现代农业科学,2009(17):19-20.
- [6] 赵红梅,郭程瑾,段巍巍,等. 小麦品种抗旱性评价指标研究[J]. 植物

传资源学报,2007,8(1):76-81.

- [7] 冀天会,张灿军,杨子光,等. 小麦抗旱性鉴定方法及评价指标研究Ⅲ综合评价指标的比较研究[J]. 中国农学通报,2007,23(10):422-426.
- [8] 吴振录,黄光宏,樊哲儒,等. 小麦水分高效利用种质的筛选方法探讨[J]. 麦类作物学报,2005,25(5):143-146.
- [9] 张丽英,张正斌,徐萍,等. 黄淮小麦农艺性状进化及对产量性状调控机理的分析[J]. 中国农业科学,2014,47(5):1013-1028.
- [10] 路民政. 小麦穗部性状与穗粒重的通径分析[J]. 陕西农业科学,1985(6):4-7.