

河北省冬小麦丰产抗旱性表型鉴定指标分析

李瑞奇^{1,2}, 卜冬宁^{1,2}, 张晓^{1,2}, 李雁鸣^{1,2}

(¹河北农业大学农学院, 保定 071000; ²河北省作物生长调控重点实验室, 保定 071001)

摘要:以河北省审定的 85 个冬小麦品种为材料, 采用防雨棚春季干旱和露地灌溉 2 个处理, 分别于开花期、成熟期调查株高等 27 个表型性状, 分析了各表型性状与单株子粒产量的相关性。结果表明, 单株成穗数等 12 个性状与单株子粒产量抗旱系数或抗旱指数呈显著或极显著相关; 结合表型性状变异系数, 明确了提高单株成穗数、穗粒数、灌溉条件下较长的旗叶长度和干旱条件下较短的旗叶长度是培育丰产抗旱小麦新品种的主攻方向; 子粒比重、子粒长度及干旱条件下的结实率和每穗小穗数可作为河北省小麦种质资源丰产抗旱性的鉴定依据; 河北省小麦品种丰产性高, 而抗旱性尚需进一步改善。

关键词:冬小麦; 丰产抗旱; 表型性状; 鉴定指标

Phenotypic Indexes for Identification of High Yield and Drought Resistance of Winter Wheat Varieties in Hebei Province

LI Rui-qi^{1,2}, BU Dong-ning^{1,2}, ZHANG Xiao^{1,2}, LI Yan-ming^{1,2}

(¹ College of Agronomy, Agricultural University of Hebei, Baoding 071000;

² Key Laboratory of Crop Growth Regulation of Hebei Province, Baoding 071000)

Abstract: In this study 85 winter wheat varieties authorized in Hebei province were planted under the conditions of spring drought through rainproof shelter and irrigation twice at jointing and booting stages. 27 phenotypic traits, such as plant height, were observed at anthesis and maturity. And the correlation between phenotypic characters and grain yield per plant were analyzed. The results showed that the correlation was significant or very significant between 12 traits including spike number per plant and drought resistance coefficient (DRC) or drought resistance index (DRI) of grain yield per plant under drought condition. Based on the coefficient of variation of phenotypic traits, it was recommended that such traits as spike number per plant, grains per spike and the longer flag leaf under irrigation or shorter under drought be the main breeding targets of wheat for high yield and drought resistance in Hebei province. 4 traits, including grain specific gravity, grain length and setting percentage under drought, spikelets per spike under drought could be used to identify the drought resistance of wheat germplasm resources in Hebei province. The wheat varieties of Hebei province possessed high yield ability, but the drought resistance need to be improved.

Key words: Winter wheat; High yield and drought resistance; Phenotypic traits; Identification index

在众多逆境因子中, 干旱已成为造成小麦减产的重要因子^[1-2]。小麦的抗旱性是水分亏缺与光、温等生态因子共同作用的综合表现, 具有明显的区域特点。河北省是我国第三大小麦主产省, 常年播种面积约 240 万 hm^2 , 但水资源严重匮乏, 灌溉用水资源占有量仅为全国平均水平的 1/7^[3], 冬小麦生

长季的降水量仅占年降水量的 20% ~ 30%^[4]。河北省小麦生产的丰歉对国家小麦供需平衡、乃至粮食安全至关重要。培育和选用丰产抗旱冬小麦品种是实现小麦持续高产, 确保粮食安全的重要保障。因此, 研究冬小麦品种的抗旱性变异, 对筛选冬小麦抗旱性鉴定的表型指标, 选育高产抗旱新品种, 提高

收稿日期: 2011-07-27 修回日期: 2011-10-15

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2006BAD02A08, 2011BAD16B08)

作者简介: 李瑞奇, 副教授, 博士研究生。从事小麦节水高产种质资源鉴定与栽培技术研究

通讯作者: 李雁鸣, 教授, 博士, 研究方向为作物高产优质理论与技术。E-mail: nxzwst@hebau.edu.cn

小麦生产能力具有重要意义。小麦的抗旱性是一个复杂的生物学性状,是多个因素共同作用的结果^[1]。农艺性状表现是基因型与环境互作的结果,直观地反映作物品种的特征特性^[5]。前人基于农艺性状对小麦的抗旱性进行了鉴定,并对不同地区的小麦种质资源多样性进行了大量研究。茎粗^[6-7]、株高^[2,8-10]、千粒重^[2,9,11]、旗叶弯曲度^[12-13]、顶三叶总面积^[7,12,14]、单株成穗数^[2]、穗长^[2]、穗粒数^[2]等,都曾作为小麦品种资源抗旱性划分的重要依据。刘桂茹等^[15]早在 1988-1991 年于河北保定以 180 份冬小麦种质资源为材料研究发现,小麦生育期间叶片含水量、失水率、株高、拔节期苗高、穗下节长、抽穗度与抗旱性密切相关。近年来,再未见到关于河北省小麦品种高产抗旱综合评价的报道。抗旱指数对冬小麦品种的抗旱性评价兼顾了水、旱两种条件下的产量性状表现,更有利于筛选丰产抗旱品种。单株产量是构成小麦群体产量的基本单元,而单株产量的抗旱性指数是评价小麦品种丰产抗旱的基本途径。利用单株产量的抗旱指数研究某一特定区域审定

的冬小麦品种丰产抗旱综合特点的文章还未见报道。因此,本研究以小麦单株产量的抗旱系数和抗旱指数为依据,通过与之配对性状的相关系数显著性分析,筛选干旱或灌溉条件下与单株产量抗旱系数、抗旱指数表现显著或极显著相关的农艺性状,分析河北省 1997-2007 年间审定的小麦品种的抗旱性,确定河北省冬小麦品种的高产抗旱表型鉴定指标,明确河北省小麦品种的抗旱性及进一步提高单株产量抗旱指数的主要技术途径。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为 1997-2007 年间河北省审定的 85 个小麦品种(占此期间审定品种总数的 91.4%)。并根据全国农技中心品种管理处制定的《2007-2008 年度国家冬小麦品种区域试验及展示示范实施方案》^[16],以晋麦 47 和洛旱 2 号作为对照品种。所有品种均分别由各育成单位提供,供试冬小麦品种编号及名称见表 1。

表 1 供试冬小麦品种

Table 1 The winter wheat varieties tested

序号 No.	品种 Variety	审定年份 Year	序号 No.	品种 Variety	审定年份 Year	序号 No.	品种 Variety	审定年份 Year	序号 No.	品种 Variety	审定年份 Year
1	冀优 8901	1998	23	石麦 16	2005	45	冀 5385	2002	67	晋麦 47(CK)	1998
2	白硬冬 2 号	2003	24	邯 3475	2000	46	NC2	2004	68	良星 99	2004
3	冀优 9409	2002	25	沧核 030	2002	47	保麦 9 号	2006	69	河农 825	2007
4	沧麦 119	2005	26	金麦 54	2007	48	石家庄 9 号	2002	70	71-3	1997
5	石新 616	2007	27	邯 4589	1998	49	冀 5265	2007	71	冀 7369	2007
6	石新 733	2001	28	晶白麦 1 号	2003	50	邯 5316	1999	72	石麦 12	2004
7	中麦 9 号	1997	29	石新 828	2005	51	保 4017	2001	73	邯 7086	2006
8	鲲鹏一号	2007	30	河农 826	2007	52	唐麦 6 号	2003	74	乐 639	1998
9	河农 972	1997	31	科农 213	2004	53	花 521	2000	75	衡 7228	2003
10	冀 6203	2001	32	洛旱 2 号(CK)	2001	54	冀优 9908	2005	76	北京 0045	2004
11	石 4185	1997	33	衡优 18	2004	55	沧 6001	1998	77	邯 6172	2001
12	科农 9204	2002	34	河农 859	1998	56	河农 326	1997	78	廊研 43	2005
13	秦麦 3 号	2000	35	沧麦 6002	2007	57	石新 618	2005	79	科麦 1 号	2003
14	冀麦 38	1997	36	冀 5579	2003	58	金麦 1 号	2005	80	京 411	1997
15	河农 4198	2005	37	梁麦 2 号	1999	59	高优 503	1998	81	衡 6599	2006
16	石新 539	2003	38	冀优 9415	2003	60	石新 163	1997	82	沧麦 026	2001
17	石麦 14	2004	39	石家庄 10 号	2003	61	石优 17	2007	83	河农 822	2004
18	冀优 9618	2005	40	衡 95 观 26	2001	62	冀丰 703	2005	84	小偃 81	2005
19	中优 9507	2001	41	石麦 15*	2005、2007	63	科农 1093	2005	85	河农 341	1998
20	邯 4564	1998	42	唐麦 8 号	2006	64	石家庄 8 号*	2001、2007	86	衡 4041	1997
21	邯麦 9 号	2003	43	师栗 02-1	2004	65	邯麦 11 号	2007	87	衡 4338	2004
22	衡观 35	2004	44	沧 6004	2003	66	宝麦 3 号	2003			

* 在 2 个年份分别为不同地区审定 * Authorized in two different years for different area

1.2 试验设计与方法

1.2.1 试验设计 田间试验于 2008 - 2010 年在河北农业大学试验基地进行。试验设置防雨棚全生育期干旱胁迫和露地灌溉(对照)2 个处理。处理内采用行长 3m、行距 20cm、株距 5cm 的双行随机区组种植。每 hm^2 施肥量为 N 240kg、 P_2O_5 150kg、 K_2O 150kg,全部底施。分别于 2008 年 10 月 6 日、2009 年 10 月 8 日足墒播种,露地灌溉对照为拔节期和孕穗期 2 次灌溉处理。其他管理措施同大田。

2.2.2 表型性状测定和相关性及遗传多样性分析 越冬前连续调查代表性强的 20 株的单株分蘖数,并计算单株分蘖力。开花期连续选取代表性强的 20 株,测定株高、顶三叶(旗叶、倒二叶、倒三叶)的形态(长、宽、面积)。成熟期测定株高、穗下节间长度(简称穗节长)、单株成穗数、每穗小穗数和退化小穗数、穗粒数、千粒重、子粒比重、子粒长度、宽度、厚度等表型性状,并计算穗下节间长/株高、叶片长/宽比、小穗结实率和单株产量,共计 27 个表型性状。

子粒比重的测定方法采用比重瓶法^[17],游标卡尺测定子粒的长、宽、厚度。

采用单株产量抗旱指数评价参试品种的丰产性与抗旱性。

抗旱指数(drought resistance index, DRI) = $Y_a \times (Y_a \div Y_m) \div \bar{Y}_a$ ^[18]。式中 $Y_a \div Y_m$ 是抗旱系数, Y_a 是某品种的旱地产量, \bar{Y}_a 是所有参试品种的平均旱地产量, Y_m 是某品种的水地产量。

利用 Excel 2003 进行数据描述,并计算每个表型性状与单株产量抗旱系数和抗旱指数的相关系数。

2 结果与分析

2.1 表型性状与单株产量抗旱系数的相关性分析

查阅 r 与 R 的临界值表^[19], r 代表 0.05 水平, R 代表 0.01 水平。Df = 90, $M = 2$ 时 $r = 0.205$ ($\alpha = 0.05$) $R = 0.267$ ($\alpha = 0.01$); Df = 80, $M = 2$ 时 $r = 0.217$ $R = 0.283$ 。本研究的样本量为 87, r (R) 采用内插法确定 $r = 0.211$ $R = 0.275$ 。

综合分析灌溉和干旱条件下的表型性状与单株产量抗旱系数(以下简称抗旱系数)的相关系数(表 2),与抗旱系数的相关系数达 0.05 显著水平

以上的性状由高到低依次为:灌溉单株成穗数($R = -0.410$) > 灌溉旗叶长/宽($R = -0.321$) > 干旱倒 2 叶长($R = -0.301$) > 干旱单株成穗数($R = 0.292$) > 干旱穗粒数($r = 0.273$) > 灌溉倒二叶长($r = -0.239$) > 干旱旗叶长($r = -0.227$) > 灌溉旗叶长($r = -0.225$)。

灌溉条件下的旗叶宽与抗旱系数表现为负相关,但不显著,而旗叶长宽比、旗叶长与抗旱系数均表现为显著或极显著负相关,说明旗叶长宽比与抗旱系数的相关性主要由旗叶长控制。此外,单株成穗数和倒二叶长 2 个性状与抗旱系数表现为显著或极显著负相关,因此,单株成穗数、倒二叶长和旗叶长是提高灌溉条件下小麦单株产量的主要性状。防雨棚春季干旱条件下的单株成穗数、穗粒数与抗旱系数表现为极显著或显著正相关,倒二叶长、旗叶长与抗旱系数表现为极显著或显著负相关。说明提高单株成穗数和穗粒数,降低倒二叶和旗叶长度是提高干旱条件下单株产量的途径。

2.2 表型性状与单株产量抗旱指数的相关性分析

综合分析灌溉和干旱条件下的表型性状与单株产量抗旱指数(以下简称抗旱指数)的相关系数(表 2)可见,达 0.05 显著水平以上的性状相关系数由高到低依次为:干旱单株成穗数($R = 0.710$) > 干旱穗粒数($R = 0.427$) > 干旱穗长($R = 0.320$) > 干旱小穗数($r = 0.252$) > 灌溉倒三叶叶面积($r = 0.245$) > 干旱千粒重($r = 0.244$) > 灌溉子粒长度($r = 0.242$) > 灌溉子粒比重($r = 0.230$) > 灌溉千粒重($r = 0.223$) > 干旱子粒长度($r = 0.222$) > 干旱结实率($r = 0.217$) > 灌溉倒三叶长($r = 0.217$) > 干旱株高($r = 0.211$)。

灌溉条件下的倒三叶面积、倒三叶长与抗旱指数均表现为极显著或显著正相关,而倒三叶宽表现为正相关,但不显著,说明倒三叶面积与抗旱指数的相关性主要由倒三叶长控制。此外,子粒长度、子粒比重和千粒重 3 个性状与抗旱指数也表现为显著正相关,说明灌溉条件下的倒三叶长、子粒长度、子粒比重和千粒重是通过降低灌溉条件下单株产量来提高抗旱指数;干旱处理的穗粒数、穗长、每穗小穗数、千粒重、子粒长度、结实率和株高等性状是通过提高干旱条件下单株产量提高抗旱指数。

表 2 灌溉和干旱处理下表型性状与单株产量抗旱系数、抗旱指数的相关系数
Table 2 The correlation coefficients between phenotypic traits and DRC or DRI of grain yield per plant under irrigation and drought conditions

性状 Trait	相关系数 Correlation coefficient				性状 Trait	相关系数 Correlation coefficient			
	抗旱系数 DRC		抗旱指数 DRI			抗旱系数 DRC		抗旱指数 DRI	
	灌溉	干旱	灌溉	干旱		灌溉	干旱	灌溉	干旱
株高 Plant height	-0.074	-0.064	0.169	0.211 [*]	倒三叶长/宽 Length / width of the 3rd leaf from top	-0.031	-0.121	0.021	0.045
穗节长 Length of the 1st internode from top	-0.023	-0.090	0.167	0.111	倒三叶面积 Area of the 3rd leaf from top	-0.019	-0.081	0.245 [*]	0.168
穗节长/株高 1st internode length / plant height	0.036	-0.061	0.060	-0.044	穗长 Spike length	0.030	0.126	0.157	0.320 ^{* *}
旗叶长 Flag leaf length	-0.225 [*]	-0.227 [*]	0.040	0.021	小穗数 Spikelets per spike	0.017	0.112	0.163	0.252 [*]
旗叶宽 Flag leaf width	-0.021	-0.048	0.162	0.157	不孕小穗数 Sterile spikelet per spike	0.104	-0.067	-0.021	-0.155
旗叶长/宽 Flag leaf length / width	-0.321 ^{**}	-0.187	-0.087	-0.114	结实率 Setting percentage	-0.095	0.104	0.060	0.217 [*]
旗叶面积 Flag leaf area	-0.154	0.160	0.143	0.114	单株成穗数 Spikes per plant	-0.410 ^{**}	0.292 ^{**}	0.163	0.710 ^{**}
倒二叶长 Length of the 2nd leaf from top	-0.239 [*]	-0.301 ^{**}	0.031	0.002	穗粒数 Grains per spike	-0.084	0.273 [*]	0.156	0.427 ^{**}
倒二叶宽 Width of the 2nd leaf from top	-0.035	-0.029	0.141	0.163	千粒重 1000 grain weight	0.054	0.176	0.223 [*]	0.244 [*]
倒二叶长/宽 Length / width of the 2nd leaf from top	-0.137	-0.217 [*]	-0.091	-0.133	子粒比重 Grain specific gravity	0.121	-0.092	0.230 [*]	-0.161
倒二叶面积 Area of the 2nd leaf from top	-0.155	-0.182	0.124	0.108	子粒长度 Grain length	0.158	0.088	0.242 [*]	0.222 [*]
倒三叶长 Length of the 3rd leaf from top	-0.042	-0.145	0.217 [*]	0.160	子粒宽度 Grain width	0.060	0.130	0.038	0.112
倒三叶宽 Width of the 3rd leaf from top	-0.006	-0.015	0.180	0.122	子粒厚度 Grain thickness	0.011	0.025	0.111	0.112
					冬前分蘖力 Pre - winter tillering ability	-0.067		-0.171	

* 为 0.05 显著水平; ** 为 0.01 显著水平
Correlation coefficient with * is 0.05 significant level; ** for the 0.01 significant level

2.3 与抗旱系数、抗旱指数显著相关的表型性状分析

根据表型性状调查和测定结果 对河北省审定的 85 个小麦品种及 2 个国审抗旱对照品种的 17 个与抗旱系数、抗旱指数显著相关的表型值进行统计分析 (表 3)。由表 3 可见,各性状在不同品种间存在较大差异,表现出不同程度的多样性。变异系数越大表明性状的变异越大,供试材料具有较高的改良潜力。变

异系数越小表明该性状越稳定,可以作为筛选丰产抗旱小麦品种资源的稳定依据。在考察的鉴定小麦丰产性的性状中,灌溉单株成穗数变异系数最大,为 27.02%;其次为灌溉旗叶长。变异系数最小的是灌溉子粒比重,为 2.11%;其次为灌溉子粒长度。在考察的鉴定小麦抗旱性的性状中,干旱单株成穗数的变异系数最大,为 27.33%;其次为干旱穗粒数。变异系数最小的是干旱结实率,为 5.59%;其次为干旱子粒长度。

表 3 供试冬小麦品种主要表型性状多样性的统计值

Table 3 The statistic data of main phenotypic traits for the tested winter wheat varieties

性状 Trait	平均值 Average	标准差 s	变异系数(%) CV	极差 Range	最大值 Max	最小值 Min
灌溉千粒重(g) 1000 – grain weight under irrigation	47. 24	3. 45	7. 29	17. 87	57. 04	39. 17
灌溉倒三叶长(cm) 3rd leaf length under irrigation	19. 02	1. 42	7. 46	8. 39	24. 29	15. 90
灌溉倒二叶长(cm) 2nd leaf length under irrigation	20. 94	1. 52	7. 27	7. 89	25. 59	17. 70
灌溉旗叶长(cm) Flag leaf length under irrigation	15. 95	1. 95	12. 22	9. 32	22. 03	12. 71
灌溉单株成穗数 Spikes per plant under irrigation	2. 65	0. 72	27. 02	3. 20	4. 60	1. 40
灌溉子粒比重 Grain specific weight under irrigation	1. 38	0. 03	2. 11	0. 18	1. 48	1. 30
灌溉子粒长度(cm) Grain length under irrigation	0. 64	0. 03	4. 65	0. 14	0. 71	0. 57
干旱株高(cm) Plant height under drought	65. 18	5. 91	9. 07	29. 58	82. 95	53. 37
干旱单株成穗数 Spikes per plant under drought	2. 18	0. 59	27. 33	2. 80	4. 00	1. 20
干旱穗粒数(粒/穗) Grains per spike under drought	30. 23	5. 03	16. 63	31. 80	51. 60	19. 80
干旱千粒重(g) 1000 – grain weight under drought	43. 31	3. 57	8. 24	18. 95	54. 53	35. 58
干旱子粒长度(cm) Grain length under drought	0. 64	0. 04	5. 67	0. 17	0. 73	0. 56
干旱小穗数 Spikelets per spike under drought	18. 40	1. 17	6. 34	6. 30	21. 60	15. 30
干旱结实率(%) Setting percentage under drought	81. 68	4. 57	5. 59	32. 01	91. 21	59. 20
干旱穗长(cm) Spike length under drought	7. 00	0. 76	10. 83	3. 90	9. 60	5. 70
干旱倒二叶长(cm) 2nd leaf length under drought	19. 39	1. 59	8. 22	6. 66	23. 15	16. 49
干旱旗叶长(cm) Flag leaf length under drought	14. 75	1. 88	12. 74	10. 50	21. 16	10. 66

综合抗旱系数和抗旱指数的分析结果,结合各表型性状的变异系数可知,变异系数较大的单株成穗数、穗粒数、以及灌溉条件下的旗叶长度可作为河北省冬小麦丰产新品种选育的主攻方向;而单株成穗数、穗粒数,以及干旱条件下的穗长和较短的旗叶长度可作为抗旱新品种的主攻方向;水旱两种条件下的单株成穗数、穗粒数可以作为河北省丰产抗旱小麦新品种的选育目标;变异系数小的子粒比重、子粒长度、干旱条件下的结实率和每穗小穗数可作为

该地区冬小麦丰产抗旱品种鉴定的依据。

2.4 丰产抗旱性分析

2 个国审抗旱对照品种晋麦 47 和洛旱 2 号的抗旱系数、抗旱指数的平均值分别为 0.7697 和 0.7657。供试小麦品种的抗旱系数和抗旱指数高于对照平均值的品种数量分别是 29 个和 35 个(表 4)。抗旱系数高,说明该品种抗旱性强。抗旱指数结合了参试品种的平均旱地产量,抗旱指数高说明该品种兼顾了丰产抗旱性。

表 4 抗旱系数和抗旱指数分别高于对照平均值的品种筛选结果

Table 4 The wheat varieties with phenotypic characters higher than the control average

单株产量抗旱系数高于对照的品种及排名 The order of varieties based on DRC of yield per plant			单株产量抗旱指数高于对照的品种及排名 The order of varieties based on DRC of yield per plant			
沧 6001(1)	乐 639(11)	衡观 35(21)	石新 163(1)	石新 703(11)	石麦 15(21)	冀优 9908(31)
河农 972(2)	沧核 030(12)	邯 3475(22)	沧 6001(2)	科农 1093(12)	鲲鹏一号(22)	花 521(32)
河农 822(3)	Mar – 71(13)	中优 9507(23)	河农 972(3)	宝麦 3 号(13)	邯 5316(23)	河农 326(33)
邯 7086(4)	石新 618(14)	河农 825(24)	石新 618(4)	中优 9507(14)	保 4017(24)	邯麦 11 号(34)
金麦 1 号(5)	衡 6599(15)	科农 1093(25)	石家庄 8 号(5)	观 35(15)	石家庄 10 号(25)	石新 828(35)
河农 326(6)	石麦 15(16)	石新 703(26)	河农 826(6)	梁麦 2 号(16)	河农 341(26)	
河农 826(7)	冀 5385(17)	鲲鹏一号(27)	冀 6203(7)	石麦 16(17)	石优 17(27)	
冀 7369(8)	冀 6203(18)	河农 4198(28)	邯 3475(8)	衡 95 观 26(18)	沧麦 119(28)	
邯 6172(9)	石麦 12(19)	衡 7228(29)	河农 822(9)	金麦 1 号(19)	冀 5385(29)	
石新 163(10)	石家庄 8 号(20)		乐 639(10)	沧核 030(20)	冀优 8901(30)	

品种名称后括号内数字为该品种对应指标排序号

The number in bracket is the order of the variety in all tested varieties based on DRC or DRI

抗旱系数高而抗旱指数低说明该类品种抗旱性高而丰产性不足,此类有邯 7086 等 9 个品种,占参试品种的 10.59%;抗旱系数和抗旱指数均高于对照平均值说明该类品种兼顾丰产和抗旱,此类有沧 6001 等 20 个品种,占参试品种的 23.53%;抗旱系数低而抗旱指数高说明该类品种的丰产性高而抗旱性不足,此类品种有梁麦 2 号等 15 个品种,占参试品种的 17.65%;抗旱系数和抗旱指数均低于对照平均值说明该类品种丰产性和抗旱性均不足,此类有河农 859 等 41 个品种,占参试品种的 48.24%。

3 讨论

3.1 冬小麦抗旱性的表型鉴定指标及其可靠性

前人针对小麦抗旱的形态学性状进行了大量研究,发现株高^[2,7-9]、茎粗^[5,6]、千粒重^[2,8,10]、旗叶弯曲度^[11,12]、顶部 3 片叶总面积^[7,11,13]、单株成穗数^[2]、穗长^[2]、穗粒数^[2]等均与小麦的抗旱性显著相关,可以作为鉴定小麦抗旱性的可靠表型性状。上述研究结果均是采用干旱与充分灌溉相比较的处理方法,评价充分灌溉条件下农艺性状得出的结论。除未对茎粗、旗叶弯曲度进行研究外,单株成穗数、穗粒数、穗长、千粒重等表型性状的研究结果与前人研究结果一致。本研究还首次发现子粒长度、子粒比重均与丰产性和抗旱性显著相关,干旱结实率和子粒长度也是冬小麦抗旱性鉴定的可靠性状。

3.2 目前河北省冬小麦品种的抗旱性及其改良途径

明确河北省小麦审定品种的抗旱兼丰产性能,对培育高产小麦新品种的亲本选择和生产中小麦品种的选用具有重要意义。本研究通过春季干旱及灌溉处理发现,河北省 1997-2007 年间审定的 85 个小麦品种中,9 个品种属低产抗旱型(10.59%)、20 个品种属丰产抗旱型(23.53%)、41 个品种属丰产干旱敏感型(48.24%)、15 个品种属低产干旱敏感型(17.65%)。说明河北省小麦品种单株产量的丰产性较好,占参试品种的 71.77%;但抗旱性不足,占参试品种的 65.88%。本研究发现,干旱条件下的单株成穗数、千粒重和穗长应该是培育抗旱小麦品种的主攻方向,而灌溉条件下的子粒比重、子粒长度可以作为丰产小麦种质资源的鉴定依据,干旱条件下的子粒比重、子粒长度及结实率可以作为抗

旱小麦种质资源的鉴定依据。1997-2007 年间河北省审定的大部分小麦品种在灌溉条件下产量较高,但其抗旱性尚需进一步改善。灌溉条件下的单株成穗数、穗粒数、旗叶长度是提高小麦丰产的育种途径,而单株成穗数、穗粒数以及干旱条件下较短的旗叶长度是提高旱地产量的育种方向。

参考文献

- [1] Wang W, Vinocur B, Altman A. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance [J]. *Planta*, 2003, 218: 1-14
- [2] 王士强, 胡银岗, 余奎军, 等. 小麦抗旱相关农艺性状和生理生化性状的灰色关联度分析 [J]. *中国农业科学*, 2007, 40(11): 2452-2459
- [3] 吕长安. 河北省水资源状况分析及解决措施 [J]. *中国水利*, 2003(6): 76-78
- [4] 王春泽, 乔光建. 河北省降水特性与农业需水耦合关系分析 [J]. *南水北调与水利科学*, 2008, 6(6): 90-93
- [5] 李瑞奇, 马峙英, 王省芬, 等. 转基因抗虫棉农艺性状和纤维品质的遗传多样性 [J]. *植物遗传资源学报*, 2005, 6(2): 210-215
- [6] 柴守玺, 王宗义. 小麦外部性状与抗旱性的关系 [J]. *甘肃农业大学学报*, 1990, 25(2): 214-226
- [7] 张正斌, 王德轩. 小麦抗旱生态育种 [M]. 西安: 陕西人民教育出版社, 1992
- [8] 柴守玺, 王德轩. 水分亏缺条件下冬小麦几个抗旱性状的应用价值 [J]. *华北农学报*, 1993, 8(1): 1-6
- [9] Collaku A. Selection for yield and its components in a winter wheat population under different environmental conditions in Albania [J]. *Plant Breeding*, 1994, 112(1): 40-46
- [10] Yang R C, Jana S, Clarke J M. Phenotypic diversity and associations of some potentially drought-responsive characters in durum wheat [J]. *Crop Sci*, 1991, 31(6): 1484-1491
- [11] Malik T A, Wright D. Morphological traits and breeding for drought resistance in wheat [J]. *J Animal Plant Sci*, 1998, 8(3-4): 93-99
- [12] Boyadjieva D A. Study on the wheat productivity criteria for the breeding of drought tolerant cultivars [J]. *Cereal Res Commun*, 1996, 24(3): 299-305
- [13] Clarke J M, Romagosa I, DePauw R M. Screening durum wheat germplasm for dry growing conditions: morphological and physiological criteria [J]. *Crop Sci*, 1991, 31(3): 770-775
- [14] Dhanda S S, Behl R K, El-Bassam N. Breeding wheat genotypes for water deficit environments [J]. *Landbauforschung Voelkenrode*, 1995, 45(4): 159-167
- [15] 刘桂茹, 张荣芝, 卢建祥, 等. 小麦品种抗旱性鉴定指标与产量性状关系的探讨 [J]. *河北农业大学学报*, 1995, 18(1): 10-14
- [16] 全国农技中心品种管理处. 2007-2008 年度国家冬小麦品种区域试验及展示示范实施方案 [R]. 北京, 2007: 9
- [17] 颜启传. 种子学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 5
- [18] 兰巨生, 胡福顺, 张景瑞. 作物抗旱指数的概念和统计方法 [J]. *华北农学报*, 1990, 5(2): 20-25
- [19] 李春喜, 邵云, 姜丽娜. 生物统计学(第四版) [M]. 北京: 科学出版社, 2008