

# 不同冬小麦品种产量和节水性状 差异及对供水的反应

赵洪亮<sup>1,2</sup>, 马瑞崑<sup>2</sup>, 刘恩才<sup>1</sup>, 贾秀领<sup>2</sup>, 张全国<sup>2</sup>, 侯立白<sup>1</sup>, 张丽华<sup>2</sup>, 姚艳荣<sup>2</sup>, 杨利华<sup>2</sup>

(1. 沈阳农业大学 农学院, 辽宁 沈阳 110161; 2. 河北省农林科学院粮油作物研究所, 河北 石家庄 050031)

**摘要:**以 24 个冬小麦品种(系)为材料, 在不同的灌水处理下, 研究了产量、产量构成因素和抗旱指数的品种差异。结果表明, 灌水处理间与品种间产量差异均极显著, 灌水与品种互作差异显著。2 水处理产量高于 4 水。石 4185, 冀 5579, 石麦 12 等 19 个品种 2 水处理产量高于 4 水, 多丰 2000, 师乐 02-1, 良星 99 等 5 个品种 4 水产量高于 2 水。分别以 2 水处理和 4 水处理下的产量作为水地产量计算抗旱指数, 得出抗旱型, 不抗旱型和中间型比例分别为 4.2%, 29.2%, 66.6% 和 20.8%, 20.8%, 58.4%。综合分析认为石麦 12, 冀 5579 和石新 618 等产量和节水综合性状较好的品种更适于节水栽培。

**关键词:**冬小麦; 品种; 产量; 节水性状; 抗旱指数

**中图分类号:** S512.01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7091(2006)02-0070-05

## Responses of Grain Yield and Water Saving Traits to Water Regimes of Different Winter Wheat Cultivars

ZHAO Hong-liang<sup>1,2</sup>, MA Rui-kun<sup>2</sup>, LIU En-cai<sup>1</sup>, JIA Xiu-ling<sup>2</sup>, ZHANG Quan-guo<sup>2</sup>,  
HOU Li-bai<sup>1</sup>, ZHANG Li-hua<sup>2</sup>, YAO Yan-rong<sup>2</sup>, YANG Li-hua<sup>2</sup>

(1. College of Agronomy, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China;

2. Institute of Cereal and Oil Crops, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences,  
Shijiazhuang 050031, China)

**Abstract:** The yields, yield components and drought resistance index of 24 winter wheat cultivars were studied under different water regimes. The results indicated that yield was significantly different among irrigations and varieties. The interaction between irrigation and varieties was also different remarkably. On the average, yield of 2 irrigation regimes was higher than 4 irrigations. Nineteen of 24 cultivars, such as shi4185, ji5579 and shixin618, showed higher yield under 2 irrigation regimes than 4 irrigations, the others showed reversed. Based on the drought resistance index, the proportion of types of drought resistant, intermediate and drought susceptible was 4.2%, 66.6%, 29.2% and 20.8%, 58.4%, 20.8% for 2 irrigations and 4 irrigations respectively. It was recommended that shimai12, Ji5579, Shixin618 were more suitable to water saving cultivation for their better yield performance and water saving traits.

**Key words:** Winter wheat; Cultivars; Grain yield; Water saving trait; Drought resistance index

华北地区是我国严重缺水的地区之一, 且是我国小麦主产区。冬小麦全生育期灌水一般 3~4 次, 甚至更多。地下水的多年连续超采造成华北地区地下水水位下降, 地下水漏斗扩展加深。因此, 华北地

区开展小麦节水抗旱的研究刻不容缓。筛选适合本地区种植的抗旱节水品种对缓解水资源危机, 实现农业的可持续发展具有重要的理论和实践意义。在不同的灌水水平下, 研究不同品种在旱地和节水条

收稿日期: 2006-01-30

基金项目: 国家粮食丰产科技工程(2004BA520A07); 河北省农林科学院科学技术与发展计划项目(A03-1-02-14)

作者简介: 赵洪亮(1980-), 男, 河北徐水人, 在读硕士, 主要从事小麦水分生理方面的研究工作; 马瑞崑为通讯作者。

件下的产量表现和节水性状表达的差异,为节水抗旱性状优良品种的推广应用提供试验依据,进而指导华北地区的冬小麦生产。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验品种(系)

参试品种(系)共 24 个,均来自河北、北京和山东,是目前生产大面积推广、新审定或新育成的新品种(系)。这些品种是石 4185,石麦 12,石麦 14,石麦 16,石 6138,良星 99,衡 7228,冀 5579,石新 618,科农 213,淄麦 12,临麦 2 号,多丰 2000,师栾 02-1,RS987,京冬 9158,宝麦 8 号,北京 0045,品 2,23501,23511,20554,04 繁 2,04 繁 4。

### 1.2 试验方法

1.2.1 试验地概况 试验于 2004-2005 年在河北省农林科学院粮油作物研究所藁城堤上试验站进行,试验地为壤土。0~20 cm 土壤有机质 14.40 mg/g,全氮 0.94 mg/g,全磷 1.82 mg/g,碱解氮 59.14 μg/g,有效磷 16.90 μg/g,有效钾 92.00 μg/g。

1.2.2 试验设计 试验采用裂区设计,灌水为主区,品种为副区。灌水处理设 3 个水平,0 水,2 水和 4 水。品种 24 个,3 次重复。

1.2.3 田间管理 小麦前茬为玉米,播种前施用干鸡粪 2 250 kg/hm<sup>2</sup>,精细整地。2004 年 10 月 6 日播种,每处理 10 行,行距 10 cm。基本苗 300 万/hm<sup>2</sup>。病虫害防除采用常规管理方法。

1.2.4 农艺性状调查及收获考种 调查基本苗。返青后,田间调查株型、长相、长势和叶片等农艺性状。成熟期收获考种,并统一机收测定小区产量。

1.2.5 抗旱指数 根据兰巨生的方法计算<sup>[2]</sup>。

抗旱指数(DRI) = (MD × MD/MW)/(MΣMD)。

式中,MD 为某品种在旱地试验中的平均产量;MW 为某品种在水地试验中的平均产量;MΣMD 为所有供试品种旱地平均产量。

1.2.6 数据处理 采用 SAS 软件进行数据统计分析,用 LSR 法检测差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同灌水处理产量及产量构成

灌水处理间产量差异显著(表 1),2 水处理的产量最高,与 0 水和 4 水的产量差异均显著,0 水和 4 水处理间差异不显著。2 水处理和 4 水处理分别比 0 水处理增产 8.5% 和 1.2%,2 水处理高于 4 水 7.3%。

从产量构成来看,穗数和穗粒数均是 2 水最高,与 0 水、4 水处理的差异显著。2 水处理的穗粒数分别比 0 水和 4 水多 2.07 和 1.87。0 水处理千粒重最高,2 水次之,4 水最低,灌水处理间差异显著。穗长 4 水最长,2 水次之,0 水最短,4 水处理的穗长较 0 水和 2 水增加 9.3% 和 4.0%,说明灌水对穗长的促进作用明显。

表 1 不同灌水处理产量及产量构成

Tab.1 Yield and yield components of different water regimes

处理 Treatment	穗数(万/hm <sup>2</sup> ) Ears	穗粒数 Kernels of ears	千粒重(g) Grain weight	穗长(cm) Ear length	小穗数 Spikelet	不孕小穗数 Sterile spikelet	产量 (kg/hm <sup>2</sup> ) Yield
0 水	722.56b	27.76b	42.61a	7.20c	18.23a	3.70a	7383.32b
2 水	783.09a	29.83a	37.75b	7.47b	18.13a	3.68a	8011.32a
4 水	732.06b	27.96b	35.19c	7.87a	18.46a	3.67a	7468.26b

注:在同一列数值标有相同字母表示在 P=0.05 水平上差异不显著(LSR 测验),以下各表同

### 2.2 不同品种的平均产量及产量构成

24 个参试品种(系)中(表 2),多丰 2000 的产量最高,石新 618、冀 5579、石麦 14 产量也较高,与多丰 2000 的差异不显著。产量在 8 000 kg/hm<sup>2</sup> 以上的有 3 个,7 500 kg/hm<sup>2</sup> 以上的有 13 个,产量最高的多丰 2000 比产量最低的品 2 高 13.9%。

从产量构成来看,20554 的公顷穗数最高,多丰 2000 最低,极差为 407.85 万/hm<sup>2</sup>。多丰 2000 的穗

粒数最多,且与其他 23 个品种(系)差异显著。23501 和石新 618 的穗粒数也较高。从千粒重看,多丰 2000 仍然最高,显著高于其他品种,石麦 12,石麦 14 和良星 99 的千粒重均在 40 g 以上。多丰 2000 的穗粒数和千粒重均最高,虽然公顷穗数最小,但是产量最高,是典型的大穗大粒品种。石新 618,冀 5579 和石麦 12 公顷穗数、穗粒数和千粒重比较协调,产量较高。

表 2 不同冬小麦品种的产量及产量构成

Tab.2 Yield and yield components of different winter wheat varieties

编号 Number	品种 Cultivar	穗数(万/hm <sup>2</sup> ) Ear	穗粒数 Kernel of ear	千粒重(g) Grain weight	小穗数 Spikelet	不孕小穗数 Sterile spikelet	产量(kg/hm <sup>2</sup> ) Yield
1	石 4185	841.83ab	28.14efg	37.85g	19.45abc	4.97ab	7 553.33bcd
2	冀 5579	840.41ab	27.01fgh	38.33fg	19.16abcd	3.30ghij	8 091.11ab
3	23501	571.00fg	35.66b	43.09c	17.74bcdefg	3.06hij	6 497.25f
4	23511	882.23a	25.60ghijk	33.75j	17.04efg	4.36bcd	6 862.56ef
5	04 繁 2	769.59abcde	30.37de	35.06ij	18.74bcde	4.11cde	7 315.32de
6	04 繁 4	840.96ab	24.38hijk	39.31f	17.77bcdefg	3.44efghi	7 558.84bcd
7	20554	882.35a	29.73def	31.62k	16.26g	3.79defg	7 818.32abcd
8	多丰 2000	474.50g	40.88a	47.55a	19.66ab	2.16k	8 280.75a
9	北京 0045	811.81abc	23.46jk	45.67b	18.85bcde	3.67efgh	7 923.97abc
10	RS987	836.24ab	26.52ghi	35.91hi	16.50fg	3.59efgh	7 731.60abcd
11	石麦 14	796.61abc	27.95efg	41.07d	19.15abcd	3.63efgh	7 939.40abc
12	衡 7228	834.04ab	25.68ghijk	38.39fg	18.75bcde	4.09cde	7 485.10cd
13	师栾 02-1	665.39bcdef	27.06fgh	31.78k	16.47g	3.27ghij	7 387.54cde
14	京冬 9158	685.67abcdef	32.19cd	37.36g	17.64cdefg	3.13ghij	7 316.03de
15	科农 213	799.44abc	25.82ghijk	34.56ij	20.80a	4.36bcd	7 872.44abcd
16	良星 99	857.88ab	26.81fghi	40.76de	17.56cdefg	2.67jk	7 789.30abcd
17	临麦 2 号	633.00cdefg	31.09d	44.53b	18.39bcdef	2.79ijk	7 875.75abcd
18	品 2	777.72abcd	26.69ghi	33.94j	16.10g	3.52efgh	7 271.96de
19	秦优 5	592.06defg	23.05k	34.88ij	17.21defg	5.25a	7 443.63cd
20	石麦 16	840.92ab	26.76fghi	37.47g	18.66bcde	4.52bc	7 443.12cd
21	石 6138	737.56abcdef	23.88ijk	42.92c	19.47abc	4.80ab	7 570.45bcd
22	石麦 12	755.00abcdef	26.14ghij	41.97cd	18.50bcde	4.00cdef	7 821.87abcd
23	石新 618	591.50defg	35.12b	36.99gh	19.35abc	3.32fghij	8 248.86a
24	淄麦 12	584.00efg	34.36bc	39.58ef	19.35abc	2.75jk	7 804.82abcd

表 3 不同灌水处理下冬小麦品种的产量

Tab.3 Yield of different varieties of different water regimes

编号 Number	品种 Variety	产量(kg/hm <sup>2</sup> ) Yield		
		0 水	2 水	4 水
1	石 4185	7 057.31abcd	8 388.57ab	7 214.09cdefg
2	冀 5579	8 011.74ab	8 787.96a	7 473.63bcde
3	23501	5 982.34e	7 087.65e	6 421.77g
4	23511	6 920.52bcde	7 198.76de	6 468.40fg
5	04 繁 2	7 274.70abcd	7 819.97abcde	6 851.30efg
6	04 繁 4	6 889.03cde	8 412.44ab	7 375.06cdef
7	20554	8 092.92a	7 860.51abcde	7 501.54bcde
8	多丰 2000	7 979.12abc	8 132.16abcde	8 730.96a
9	北京 0045	8 083.23a	8 281.35abc	7 407.33cdef
10	RS987	7 420.17abcd	8 294.48abc	7 480.14bcde
11	石麦 14	7 927.15abc	8 182.18abcd	7 708.87bcde
12	衡 7228	6 819.90de	8 415.04ab	7 220.35cdefg
13	师栾 02-1	7 478.03abcd	7 270.62cde	7 413.98cdef
14	京冬 9158	7 445.00abcd	7 733.71abcde	6 769.38efg
15	科农 213	7 820.68abcd	7 827.35abcde	7 969.29abcd
16	良星 99	7 596.05abcd	7 807.90abcde	7 963.94abcd
17	临麦 2 号	7 699.28abcd	8 244.29abcd	7 683.69bcde
18	品 2	7 117.38abcd	7 518.34bcde	7 180.15cdefg
19	秦优 5	7 276.53abcd	8 008.33abcde	7 046.03defg
20	石麦 16	7 004.22abcde	8 093.71abcde	7 231.44cdefg
21	石 6138	6 763.38de	7 886.57abcde	8 061.40abc
22	石麦 12	7 036.58abcd	8 489.75ab	7 939.30abcd
23	石新 618	7 737.77abcd	8 610.10a	8 398.72ab
24	淄麦 12	7 766.76abcd	7 920.22abcde	7 727.47bcde

### 2.3 不同冬小麦品种对水分的反应

不同品种在不同的灌水处理下表现不同(表3)。0水处理,20554产量最高,北京0045、冀5579、多丰2000、石新618和石麦14的产量均较高,与20554产量差异不显著。

2水处理,产量在7 087.70~8 788.00 kg/hm<sup>2</sup>之间变化。冀5579产量最高,石4185、衡7228,石麦12和石新618等品种均获得较高产量。产量在8 500 kg/hm<sup>2</sup>以上的有2个,产量在8 000 kg/hm<sup>2</sup>以上的有13个品种。23501,23511产量较低。

多丰2000在4水处理中产量最高,科农213、石麦12和石新618等产量也较高,与多丰2000产量差异不显著。23501,23511等产量较低。

不同品种在不同的灌水处理下产量变化不一。多丰2000、良星99和科农213在0水、2水和4水的产量逐渐增加,即灌水次数多的情况下产量高,0水处理最低。冀5579、石新618和石麦12等19个品

种在2水条件下的产量表现优于4水,节水高产的特点较为突出,冀5579在2水区获得本试验的最高产量。科农213对灌水反应不敏感。衡7228和石麦12对灌水反应敏感,2水处理比0水分别增产23%和21%,4水处理产量较2水下降。

### 2.4 植株性状和田间表现

2.4.1 株高 灌水处理间小麦株高差异极显著,4水处理的小麦植株最高,2水次之,0水最矮。说明供水明显促进小麦植株生长。不同品种之间株高差异显著,多丰2000最高,与其他品种之间差异显著,京冬9158、20554、临麦2号和北京0045也较高。

不同灌水处理品种表现各异。0水处理中,多丰2000、CA0045、京冬9158和5579的株高均在75 cm以上,在供试的24个品种(系)中株高明显。在2水处理中,多丰2000和20554的株高较高。在4水处理中,多丰2000、20554、CA0045、RS987和临麦2号株高较高。综合来看,多丰2000株高最高。

表4 不同灌水不同品种的抗旱指数

Tab.4 Drought resistance indexes of different winter wheat cultivars under different water regimes

编号 Number	品种 Variety	2水		4水	
		抗旱指数(DRI)	类型 Type	抗旱指数(DRI)	类型 Type
1	石4185	0.80	不抗旱类型	0.94	中间类型
2	冀5579	0.99	中间类型	1.16	抗旱类型
3	23501	0.68	不抗旱类型	0.75	不抗旱类型
4	23511	0.90	中间类型	1.00	中间类型
5	04繁2	0.92	中间类型	1.05	中间类型
6	04繁4	0.76	不抗旱类型	0.87	不抗旱类型
7	20554	1.13	抗旱类型	1.18	抗旱类型
8	多丰2000	1.06	中间类型	0.99	中间类型
9	北京0045	1.07	中间类型	1.19	抗旱类型
10	RS987	0.90	中间类型	1.00	中间类型
11	石麦14	1.04	中间类型	1.10	抗旱类型
12	衡7228	0.75	不抗旱类型	0.87	不抗旱类型
13	师栾02-1	1.04	中间类型	1.02	中间类型
14	京冬9158	0.97	中间类型	1.11	抗旱类型
15	科农213	1.06	中间类型	1.04	中间类型
16	良星99	1.00	中间类型	0.98	中间类型
17	临麦2号	0.97	中间类型	1.04	中间类型
18	品2	0.91	中间类型	0.96	中间类型
19	秦优5	0.90	中间类型	1.02	中间类型
20	石麦16	0.82	不抗旱类型	0.92	中间类型
21	石6138	0.79	不抗旱类型	0.77	不抗旱类型
22	石麦12	0.79	不抗旱类型	0.84	不抗旱类型
23	石新618	0.94	中间类型	0.97	中间类型
24	淄麦12	1.03	中间类型	1.06	中间类型

2.4.2 田间表现 挑旗期田间调查,石麦12、石6138、石4185的叶片有不同程度的卷曲,而科农213、石麦14等品种叶片平展。从株型来看,石麦14、良星99、衡7228、石麦12等株型紧凑,而师栾02-1、石麦16等株型松散。从长相来看,石麦14、衡

7228、石麦12等长相较好,师栾02-1、石麦16长相较差。从生育期时间来看,在统一播期的情况下,京冬9158、RS987、淄麦12、临麦2号、多丰2000等品种拔节较晚,晚于其他品种2~3 d。0水较2水和4水成熟期早3~4 d,0水处理,以石麦12、衡7228和石

6138 成熟最早。从落黄来看,落黄较好的有 20554、科农 213、衡 7228 等。从抗倒伏方面来看,0 水处理没有倒伏情况,4 水严重,且以 RS987、石 6138、石麦 16 和北京 0045 倒伏比较严重。2 水处理下倒伏情况较 4 水好些。

### 2.5 不同灌水、品种的抗旱指数分析

按照兰巨生的方法,分别以 2 水处理和 4 水处理下的产量作为水地产量计算抗旱指数,得出抗旱型、不抗旱型和中间型比例分别为 4.2%, 29.2%, 66.6% 和 20.8%, 20.8%, 58.4% (表 4)。2 水处理下只有 20554 为抗旱类型 ( $DRI > 1.10$ ), 衡 7228、石麦 12、石麦 16 等 6 个品种为不抗旱类型 ( $DRI < 0.90$ ), 石新 618、冀 5579、良星 99、石麦 14 等 17 个品种属于中间类型 ( $DRI = 0.90 \sim 1.09$ )。4 水处理下的比例发生变化,抗旱类型增加到 5 个,中间类型减少为 14 个,不抗旱的为 5 个。根据不同的水地产量得出的抗旱指数结果不一致,分类结果也不同。2 水处理下的抗旱指数变化范围 0.68 ~ 1.13,极差 0.45。4 水处理抗旱指数变异范围 0.75 ~ 1.19,极差 0.44。4 水处理的抗旱指数整体高于 2 水。

## 3 讨论与结论

冬小麦在节水栽培条件下能获得较高的产量<sup>[2~9]</sup>。本试验 2 水产量最高,与前人结果一致。0 水处理产量与 4 水差异不显著,冬小麦的开花期(05-04)和灌浆期(05-16)都有比较明显的降雨过程,2 次降水都引起了 4 水处理的小麦倒伏,尤其是开花期的倒伏直接影响小麦的产量形成,2 水处理的小麦倒伏情况也有发生,但面积和程度均较小,0 水处理没有倒伏,降水促进了 0 水小麦的子粒发育和灌浆进程,试验中的 0 水和 4 水产量差异不显著可能有这方面的原因。

不同冬小麦品种对水分的反应不同<sup>[6,10~15]</sup>,筛选节水高产品种是一项复杂和综合性的工作,应注重产量和综合节水性状的结合,用单一的指标来衡量是不全面的,通过试验得出冀 5579、石新 618 和石麦 12 节水高产性状优良,可进一步重点研究。

### 参考文献:

- [1] 王可玲,许春辉,赵福洪,等.水分胁迫对小麦旗叶某些体内叶绿素 a 荧光参数的影响[J].生物物理学报,1997,13(2):273-278.
- [2] 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.
- [3] 林琪,侯立白,韩伟,等.限量控制灌水对小麦光合作用及产量构成的影响[J].莱阳农学院学报,2004,21(3),199-202.
- [4] 严平,梅雪英,操礼春,等.节水栽培对小麦产量构成及品质的影响[J].江苏农业科学,2004,(6),32-35.
- [5] 马瑞崑,蹇家利,刘淑贞,等.冬小麦推迟春季首次灌水后不同品种的产量及水分利用效率[J].华北农学报,1995,10(4):20-25.
- [6] 吕凤荣,季书勤,刘缓缓,等.小麦高产节水灌溉研究初报[J].中国农学通报,2000,16(4),47-48.
- [7] 王志敏,王璞,兰林旺,等.黄淮海地区优质小麦节水高产栽培研究[J].中国农学通报,2003,9(4),22-25(43).
- [8] 石岩,林琪,位东斌,等.不同灌水处理冬小麦耗水规律与节水灌溉方案确立[J].干旱地区农业研究,1996,14(4),7-11(33).
- [9] 兰巨生.农作物综合抗旱性评价方法的研究[J].西北农业学报,1998,7(3),85-87.
- [10] 栗雨勤,张文英,王有增,等.作物抗旱性鉴定指标研究及进展[J].河北农业科学,2004,8(1),58-61.
- [11] Angus J F, A F van Herwaarden. Increasing water use and water use efficiency in dryland wheat[J]. Agronomy Journal, 2001, 93: 290-298.
- [12] Howell T A. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture[J]. Agronomy Journal, 2001, 93:281-289.
- [13] Condon A G, Richards R A, Rebetzke G A, et al. Improving intrinsic water-use efficiency and crop yield[J]. Crop Science, 2002, 42: 122-131.
- [14] Fischer R A, Maurer R. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses[J]. Australian Journal of Agricultural Research, 1978, 29(5):897-912.
- [15] Condon A G, Richards R A, Rebetzke G J, et al. Breeding for high water-use efficiency[J]. Journal of Experimental Botany, 2004, 55(407), 2447-2460.