

华北平原不同灌水条件下两冬麦品种 土壤水分动态与产量差异

项 艳¹, 龚道枝², 梅旭荣², 郝卫平², 白清俊¹

(1. 山东农业大学水利土木工程学院, 山东 泰安 271018;

2. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所 农业部旱作农业重点实验室, 北京 100081)

摘 要: 采用 LSD 法对华北平原不同灌水条件下(设 4 个水分处理: 0 水、1 水、2 水和 3 水)两品种(科麦一号和石家庄 8 号)冬小麦田土壤水分动态变化进行了观测, 并对产量、产量构成要素及其生态指标进行了定量分析, 以探讨品种间的差异。研究发现: 所有灌水处理 0~140 cm 土层土壤水分变化较大, 而 0 水处理的 0~40 cm 和 80~140 cm 土层含水量变化比较活跃, 其幅度低于灌水处理。品种间相同水分处理的土壤含水量变化趋势一致, 除 1 水处理科麦一号变幅较大外, 其他 3 个处理均以石家庄 8 号变幅较大。科麦一号与石家庄 8 号均以 3 水处理的产量最高, 比 0 水处理分别增产 44.44%、42.88%, 但由于该处理灌水充足, 小麦相对晚熟耗水量大, 致使收获前土壤含水率急剧下降。在各水分处理中, 产量构成要素穗数皆以 3 水最高; 穗粒重皆以 1 水最高(两个品种穗粒重 1 水与 2 水差异不显著); 千粒重皆以 0 水最高。穗粒数以 1 水最高。收获指数皆以 0 水最高。科麦一号对水分较为敏感, 但耗水量明显小于石家庄 8 号。要达到经济高产的目标, 科麦一号灌 2 水较为合适, 石家庄 8 号需灌 3 水。

关键词: 冬小麦; 土壤水分动态; 产量; 收获指数

中图分类号: S274.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)02-0074-06

华北平原农田水分平衡总体处于亏缺状态, 水分已成为该地区农业生产的关键限制因子。旱地作物只有种既节水又抗旱的品种, 在干旱生态条件下才能保证正常的生长发育并获得较高的产量。研究不同品种麦田的土壤水分动态、作物生长与产量对不同水分梯度处理的响应规律, 可为选择合适的品种及其配套的灌溉制度提供科学依据。

对于不同品种冬小麦田土壤水分运动、作物生长及产量形成在不同水分供应模式下的响应规律的研究, 国内外已经取得了许多有意义的研究进展。目前, 这方面研究多集中在研究不同水分条件下作物对土壤水分亏缺状况的反应以及寻找作物需水关键期的阈值^[1~5], 确定合理有效的灌溉时间上, 如不同灌溉节水效应和对作物最终产量的影响^[6~7]等。但以往对不同品种间的研究大多是为筛选节水、抗旱、高产品种提供依据, 而对进一步深入探讨其科学合理的灌溉制度的研究则相对较少。本研究通过分析冬小麦品种间土壤水分动态及产量对不同水分供应模式响应规律, 在筛选节水抗旱品种的同时, 进一步探讨了适合不同小麦品种的最佳灌水次数, 为制定科学合理的灌溉制度提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区位于河北省农林科学院旱作节水农业试验站, 地处河北平原中部、滹沱河古冲洪积扇的前缘, 是河北省重要的粮棉生产基地。该区地势平坦, 海拔为 17.5~28 m。属大陆季风气候区, 为温暖半干旱型, 气候四季分明, 光照充足, 冷暖干湿差异明显, 无霜期平均 188 d, 年平均降水量 500.3 mm。但因四季降水不均, 易受旱、涝和干热风危害。土壤类型为潮土, 容重为 1.49 g/cm³。

1.2 试验处理与方法

试验于 2007 年 10 月~2008 年 6 月在试验站的大田进行。选取 2 个水分利用特性不尽相同的冬小麦品种进行种植, 即科麦一号与石家庄 8 号。10 月 20 日按每公顷 250 万基本苗要求统一播种。设 4 个水分处理即 0 水、1 水、2 水和 3 水, 各水分处理灌水情况见表 1, 灌溉方式采用畦灌。每个小区面积 4 m×25 m, 随机区组排列, 用塑料膜做防侧渗处理。所有小区施肥水平、耕作措施和病虫害防治措施相同。2008 年 6 月 10 日左右收获。

收稿日期: 2008-10-16

基金项目: 中央基本业务费资助项目(小麦、玉米生物性节水基础研究); 国家自然科学基金面上项目(30871447); 国家科技支撑计划资助课题(2006BAD 29B02); 国际原子能机构基金资助项目(CRP-14532)

作者简介: 项艳(1982-), 女, 山东潍坊人, 硕士研究生, 主要从事节水灌溉原理与技术研究。

通讯作者: 梅旭荣(1963-), 山东人, 研究员, 主要从事节水农业与水环境研究。E-mail: meixr@cjac.org.cn.

表 1 各水分处理的灌水时期和灌溉量
Table 1 The irrigation date and quantity of all treatments

处 理 Treatment	各生育期灌水量 (mm) Irrigation quantity of different wheat growing periods			
	返青期 Turning green	拔节期 Elongation	抽穗扬花期 Tassling	灌浆期 Grain filling
0 水 No irrigation	—	—	—	—
1 水 1 irrigation	60 (3 月 20 日 March 20)	—	—	—
2 水 2 irrigation	60 (3 月 20 日 March 20)	—	—	60 (5 月 22 日 May 22)
3 水 3 irrigation	60 (3 月 20 日 March 20)	60(4 月 11 日 April 11)	60 (5 月 5 日 May 5)	—

土壤水分测定深度为 0~200 cm,每隔 20 cm 取一次土样,每 10 d 测 1 次,灌水前后各加测 1 次,采用烘干法(108℃)测定土壤的重量含水率。采用环刀法测土壤干容重,经测定 0~40 cm 土层容重为 1.5 g/cm³,40~80 cm 为 1.4 g/cm³,80~120 cm 为 1.5 g/cm³,120~140 cm 为 1.3 g/cm³,140~200 cm 为 1.4 g/cm³。株高分生育阶段测定,产量及其组成于收割前取样考种测定。气象参数采用自动气象站监测,冬小麦全生育期降水如图 1 所示,降水总量为 133 mm。小麦收获指数是指籽粒产量占地上部生物量的百分率。

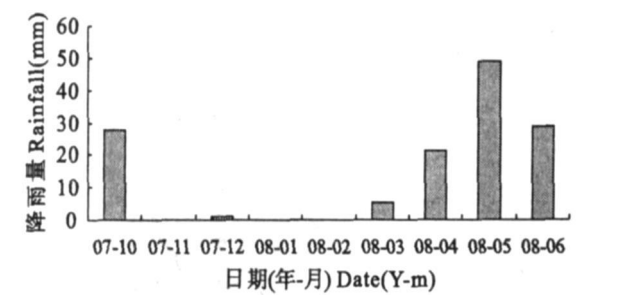


图 1 小麦全生育期内的降雨量(mm)
Fig.1 The rainfall during whole wheat growing period

2 结果与分析

2.1 麦田土壤水分动态的品种差异

农田土壤水分动态变化主要受气象、作物和灌溉等因素的影响。从图 2 可以看出,各处理 0~40 cm 土层含水量变化幅度较大,主要是表层土壤对降雨和灌溉响应较快(生育期降雨量见图 1),使其含水量变化显著。两个品种间相同水分处理的土壤含水量变化趋向基本一致,不同水分处理间各时期土壤剖面含水量变化趋势各不相同,3 水处理变化较大,0 水变化相对较小。由于作物根系生长与作物根系吸水是紧密联系在一起的,0 水处理的小麦整个生育期干旱异常强烈,为了满足植株地上部生长所需的水分和养分,根系较发达,向下伸展较深,增

加根系吸水的土层深度,使 80~140 cm 土层含水量变化较大。而灌水处理的土层同时受水分下渗影响,导致 40~140 cm 变化较活跃。

不同品种 4 个水分处理中各时期土壤剖面含水量除 1 水处理科麦一号变化较大外,其他 3 个处理均以石家庄 8 号变化较大,表明石家庄 8 号耗水量大于科麦一号。在 3 水处理中,6 月 8 日观测的整个土壤剖面含水量明显低于前几次土壤剖面含水量值,这是由于此时其他几个处理的小麦已进入成熟期,而 3 水处理由于灌水充足,土壤水分较多,使小麦仍处于生长旺盛时期,叶片绿叶面积较大,蒸腾作用依然很强烈,使土壤水分急剧下降。

观测初期(4 月 15 日)石家庄 8 号、科麦一号两品种的表层土壤含水率,以 3 水处理为最高,该处理明显高于其他 3 个处理,以 0 水处理最低,由于 4 月 15 日观测时 3 水处理刚好进行了第二阶段的灌水一拔节水,1 水和 2 水只进行了第一次灌水一返青水,随着蒸发蒸腾作用的增强,3 水处理的表层土壤含水量显著降低。

2.2 冬小麦株高、产量及其构成的品种差异

2.2.1 冬小麦株高对不同水分处理响应的品种差异 从图 3 可看出,不同品种相同处理间株高,除 6 月 8 日 0 水处理差异极显著,2 水、3 水差异显著外,其他差异均不显著。相同品种不同水分处理的株高差异较为明显,灌水处理与 0 水处理差异均极显著。由于处理时间较短,致使 4 月 15 日测量时已进行了第二阶段灌水(4 月 11 日)的 3 水处理的小麦植株增高与其他灌水处理相比并未表现出优势,从图中亦可看出,4 月 15 日石家庄 8 号 3 水与 1 水株高差异不显著,与 2 水差异显著,科麦一号 3 水与 1 水、2 水差异皆不显著。5 月 5 日 3 水处理进行第三阶段的灌水后,土壤水分充足,小麦生长旺盛,旗叶下垂严重,导致 5 月 21 日相同品种 3 水处理与其他灌水处理间株高差异不显著。5 月 22 日 2 水处理进行了第二阶段的灌水,6 月 8 日石家庄 8 号各灌水处

理间差异不显著,而科麦一号 3 水与 1 水、2 水差异均极显著,1 水与 2 水差异不显著,表明科麦一号对水分较敏感,充分的土壤水分有利于小麦茎秆增长,

而进入灌浆期后,物质运输主要贡献在穗部,茎秆增长异常缓慢。

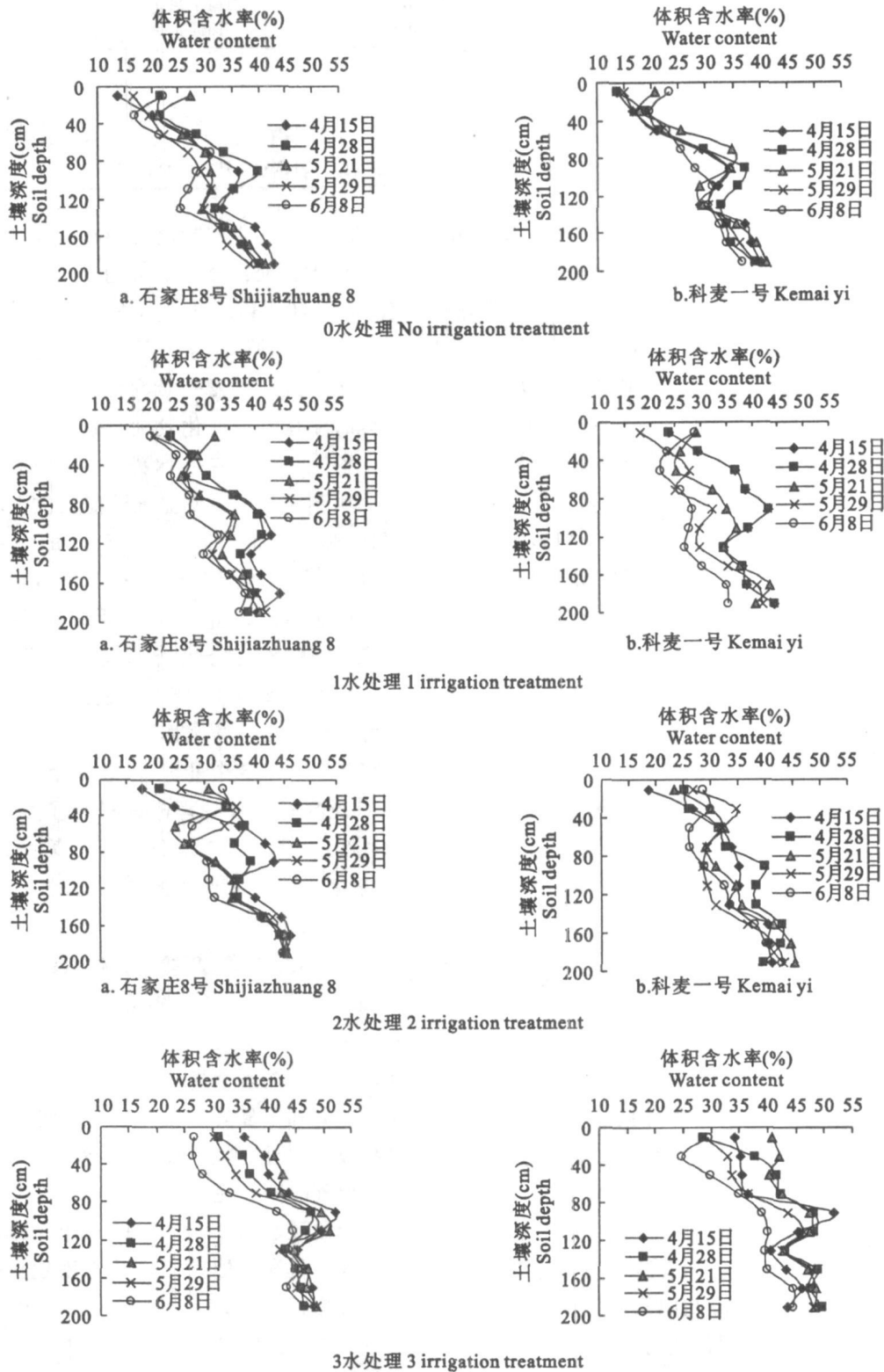


图 2 不同水分处理下麦田土壤水分动态的品种差异

Fig.2 Difference of soil water dynamics of various wheat varieties under different irrigation treatments

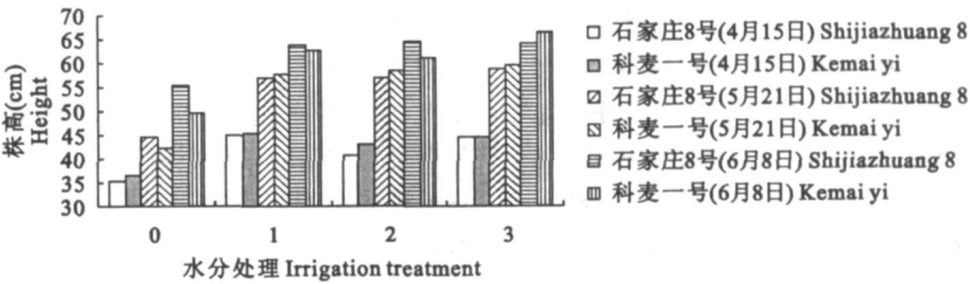


图 3 不同水分处理小麦株高的变化

Fig. 3 Wheat height changes under different water treatments

2.2.2 冬小麦产量及其性状对不同水分处理响应的品种差异 由表 2 可知,不同品种各处理间产量皆以 3 水处理最高。产量构成要素:穗数皆以 3 水最高;穗粒重皆以 1 水最高(两个品种穗粒重 1 水与 2 水差异不显著);千粒重皆以 0 水最高。收获指数皆以 0 水最高。穗长以 3 水最高。穗粒数以 1 水最高。

表 2 不同水分处理对冬小麦产量及其构成的影响

Table 2 Effect of different water treatments on yield and grain constituents of winter wheat

指 标 Index	科麦一号 Kemai yi				石家庄 8 号 Shijiazhang 8			
	0 水	1 水	2 水	3 水	0 水	1 水	2 水	3 水
	No irrigation	1 irrigation	2 irrigation	3 irrigation	No irrigation	1 irrigation	2 irrigation	3 irrigation
茎秆重(g) Haulm weight	0.59Bc	0.75Ab	0.76Ab	0.86Aa	0.67Bb	0.79ABa	0.87Aa	0.79ABa
叶重(g/株) Leaf weight	0.41Bc	0.66Ab	0.74Aa	0.73Aab	0.45Bb	0.65Aa	0.68Aa	0.65Aa
穗数(万/hm ²) Spike number	470Cc	785Bb	791ABb	853Aa	420Cc	740Bb	766Bb	879Aa
穗长(cm) Spike length	7.07Bc	8.73Aab	8.59Ab	8.97Aa	7.45Bb	8.17Aa	8.07Aa	8.39Aa
穗重(g) Spike weight	2.14Bb	2.57ABa	2.59Aa	2.33ABab	2.27Aa	2.43 Aa	2.43 Aa	2.21 Aa
穗粒数 Grain number per spike	29.80Bb	41.20Aa	39.13Aa	39.80Aa	35.00Bb	41.6Aa	41.00Aa	39.67ABa
穗粒重(g) Grain weight per spike	1.63Ac	1.96Aab	1.99Aa	1.71Abc	1.80Aab	1.96Aa	1.92Aab	1.75Ab
粒重(g) Grain weight	0.0547Aa	0.0475Bc	0.0507ABb	0.0429Cd	0.0514Bb	0.0471Aa	0.0469Bbc	0.0440Bc
穗粒重/穗重(%) Ratio of grain per spike to spike weight	76.16	76.09	76.59	73.28	79.44	80.59	78.96	79.08
千粒重(g) 1000-grain weight	50.1Aa	42.83Cc	48.10Bb	48.43ABb	49.47Aa	43.13Bc	43.60Bb	43.47Bb
产量(kg/hm ²) Yield	5320.4Bc	6773.1Ab	7652.9Aa	7684.5Aa	5295.6Cc	6715.5Bb	6849.5Bb	7566.5Aa
收获指数 Harvest index	0.518Aa	0.491Aa	0.486Aa	0.435Bb	0.532Aa	0.506Bb	0.481Bc	0.479Bbc

相同品种不同处理间产量均以 3 水最高,且 3 个灌水处理与 0 水处理产量差异均极显著,其中科麦一号、石家庄 8 号 3 水处理与旱作处理相比分别增产 44.44%、42.88%。产量构成要素(穗数、穗粒重、千粒重)灌水处理与 0 水处理差异显著,其中穗数:3 水处理最高,与其他 2 个灌水处理差异显著,科麦一号 3 水与 2 水差异显著,与 0 水、1 水差异极显著;石家庄 8 号 3 水与 0 水、1 水、2 水差异均极显著。穗粒重:科麦一号以 2 水最高,2 水与 0 水、3 水差异显著,与 1 水差异不显著;而石家庄 8 号以 1 水最高,1 水与 0 水、2 水差异不显著,与 3 水差异显著。千粒重:两个品种皆以 0 水最高,科麦一号 0 水与 1 水、2 水差异极显著,与 3 水差异显著;石家庄 8

号 0 水与灌水处理差异均极显著。茎秆重与穗粒数科麦一号灌水处理与 0 水处理差异均极显著;石家庄 8 号灌水处理与 0 水处理差异均显著。穗长与穗粒数两个品种灌水处理与 0 水处理差异均极显著。收获指数以 0 水最高,科麦一号 0 水处理与 1 水、2 水差异不显著,与 3 水差异极显著;石家庄 8 号 0 水处理与灌水处理差异均极显著。

相同品种各处理间 3 水处理产量、穗长、穗数、干物重(茎秆重、叶重)最高,但穗粒数、千粒重、穗粒重及收获指数不如其他灌水处理,穗粒重/穗重亦分别低于 1 水 2.81%、1.51%,表明充分灌水可显著提高小麦产量,干物质积累增加,但水分过多使小麦生长旺盛,推迟进入灌浆期,持续的高温天气不利于

小麦灌浆, 导致其籽粒粒重与其他 3 个处理差异显著, 千粒重亦差于其他 3 个处理, 但由于该处理穗数显著优于其他 3 个处理, 故该处理产量最高。2 水处理与 1 水处理相比而言, 科麦一号 2 个水分处理间产量差异显著, 增产幅度为 12.99%, 而石家庄 8 号两个水分处理间产量差异不显著。由此可推断, 科麦一号较石家庄 8 号对水分敏感, 且在灌浆期其水分利用效率较高。3 水处理与 2 水处理相比而言, 科麦一号 3 水处理与 2 水处理产量差异不显著, 而石家庄 8 号 3 水处理与 2 水处理差异极显著, 两者增幅为 12.67%, 且科麦一号 2 水处理与石家庄 8 号 3 水处理的产量差异不显著。从优化灌溉的角度而言, 科麦一号灌 2 水即可, 而石家庄 8 号需 3 水; 从品种间的耗水情况而言, 科麦一号的耗水量明显小于石家庄 8 号。

相同品种不同处理间 0 水处理的千粒重与收获指数最大, 但干物重最小, 表明旱作条件下, 小麦遭受干旱胁迫, 抽穗前植株的高度低于灌水处理的小麦植株, 茎叶重亦不如灌水处理的, 而始穗期后小麦的营养物质运输主要贡献到穗部而非茎长增量, 使该处理的小麦籽粒相对饱满并获得较高的收获指数。

由表 3 可以看出, 两品种相同处理间只有 2 水处理的产量与千粒重差异极显著, 3 水处理的千粒重差异显著, 其他几个水分处理的产量与千粒重差异均不显著。表明科麦一号在灌浆期对水分较石家庄 8 号敏感。旱作处理两品种产量、千粒重差异不显著, 表明科麦一号与石家庄 8 号在此试验中表现出的抗旱性差异效果不明显。

表 3 相同水分处理不同品种间冬小麦产量与千粒重差异(LSD 法)

Table 3 The differences of yield and 1000-grain weight of winter wheat between varieties at the same water treatment (LSD)					
处 理 Treatment	品 种 Variety	产量(kg/hm ²)Yield		千粒重(g)1000-grain weight	
		5%显著水平 5% significant level	1%极显著水平 1% extremely significant level	5%显著水平 5% significant level	1%极显著水平 1% extremely significant level
0 水 No irrigation	科麦一号 Kemai yi	a	A	a	A
	石家庄 8 号 Shijiazhang 8	a	A	a	A
1 水 1 irrigation	科麦一号 Kemai yi	a	A	a	A
	石家庄 8 号 Shijiazhang 8	a	A	a	A
2 水 2 irrigation	科麦一号 Kemai yi	a	A	a	A
	石家庄 8 号 Shijiazhang 8	b	B	b	B
3 水 3 irrigation	科麦一号 Kemai yi	a	A	a	A
	石家庄 8 号 Shijiazhang 8	a	A	b	A

3 结 论

试验表明:① 两品种各处理 0~40 cm 土层土壤水分变化较为活跃, 其中, 0 水处理 80~140 cm 土层含水量变化比较活跃, 其它灌水处理 40~140 cm 变化较强烈。品种间相同水分处理的土壤含水量变化趋势基本一致, 不同水分处理间土壤剖面含水量变化趋势各不相同, 3 水处理变化较大, 0 水处理较小, 但 3 水处理收获前土壤含水率急剧下降。除 1 水处理科麦一号变化较大外, 其他 3 个处理均以石家庄 8 号变化较大。② 科麦一号与石家庄 8 号均以 3 水处理的产量最高, 比旱作处理分别增产 44.44%、42.88%, 但该处理的小麦相对晚熟, 收获指数均以 0 水最高。从优化灌溉的角度而言, 科麦一号灌 2 水较为合适, 石家庄 8 号需灌 3 水。科麦一号对水分较为敏感, 但耗水量明显小于石家庄 8

号。③ 两品种旱作处理的产量、千粒重差异不显著, 单从这两个指标无法判断两者的抗旱性。

参 考 文 献:

[1] 朱自玺, 赵国强, 方文松, 等. 不同土壤水分和不同覆盖条件下麦田水分动态和增产机理研究[J]. 应用气象学报, 2000, 11(增刊): 137—143.

[2] 王淑芬, 张喜英, 裴 冬. 不同供水条件对冬小麦根系分布、产量及水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报, 2006, 22(2): 27—32.

[3] 赵洪亮, 马 珊, 刘恩才, 等. 不同冬小麦品种产量和节水性状差异及对供水的反应[J]. 华北农学报, 2006, 21(2): 70—74.

[4] Wilson J H. Production and distribution of dry matter in maize following changes in plant population after flowering[J]. Annals of Applied Biology, 1978, 90(1): 121—126.

[5] 史宝成, 刘 钰, 蔡甲冰. 不同供水条件对冬小麦生长因子的影响[J]. 麦类作物学报, 2007, 27(6): 1089—1095.

[6] 李志勇, 陈建军, 王 璞. 不同水氮优化组合模式对冬小麦产

量形成及水氮资源利用效率的影响[J]. 华北农学报, 2005, 20(2): 66—71.

分利用效率的影响研究[J]. 灌溉排水学报, 2006, 25(2): 20—23.

[7] 肖俊夫, 刘战东, 段爱旺, 等. 不同灌水处理对冬小麦产量及水

Genotype difference of soil water dynamics and yield of winter wheat under different water supply conditions

XIANG Yan¹, GONG Dao-zhi², MEI Xu-rong², HAO Wei-ping², BAI Qing-jun¹

(1. Water Conservancy and Civil Engineering College, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China;
2. Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, CAAS, Beijing 100081, China)

Abstract: LSD is adopted to analyze quantitatively the yield and its constituents and ecological indexes of winter wheat under different water supply conditions which included four irrigation treatments such as no irrigation, 1 irrigaiton, 2 irrigation and 3 irrigation in North China Plain, and study is also made on soil water dynamics at the same time to probe into genotype differences of different winter wheat with Kemai yi and Shijiazhuang 8. It concludes that the soil water of 0~140 cm depth of all irrigation treatments changes greatly, while 0~40 cm and 80~140 cm depth of no irrigation treatment changes actively, but the change extent is lower than the former. The change tendency of soil water with the same treatment between different varieties is nearly consistent. Except 1 irrigation treatment, the extent of change of Shijiazhang 8 of other three treatments is greater than that of Kemai yi. The yields of Kemai yi and Shijiazhuang 8 of 3 irrigation treatments are highest, increased by 44.44% and 42.88% respectively compared with that of no irrigation. However, the wheat of 3 irrigation treatments matures late as a result of sufficient irrigation and great water consumption, leading to a sharp decrease of soil water before harvest. The yield constituents were significantly different among all the treatments. The spike number of 3 irrigation treatment was the highest, while the grain weight per spike of 1 irrigation treatment was the highest because of insignificant difference between 1 and 2 irrigation treatments, the 1000—grain weight of no irrigation was the highest, and the grain number per spike of 1 irrigation was the highest. The harvest index of no irrigation was significantly different from irrigation treatments. The result further indicated that Kemai yi is more sensitive but with less water consumption than Shijiazhang 8. The optimal irrigation schedule is that Kemai yi is irrigated 2 times scientifically and Shijiazhang 8 is irrigated 3 times.

Key words: winter wheat; soil water dynamics; yield; harvest index