

水分条件对冬小麦生长发育及产量的影响

田海燕¹, 张岁岐^{1,2}, 王小林¹

(1. 西北农林科技大学 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100;

2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 为了研究水分条件对不同基因型和抗旱性冬小麦生长发育和产量的影响, 选用栽培二粒(原始小麦)、西农9871(敏感型现代小麦)和长武134(抗旱性现代小麦)进行了研究。结果发现: 栽培二粒小麦分蘖和株高受水分的影响大, 拔节期灌水对西农9871和长武134株高和分蘖没有显著影响, 说明了原始品种生长发育受水分制约大于现代品种。栽培二粒小麦的产量在不同水分条件下没有显著变化, 但西农9871和长武134不灌水处理的产量是充分灌水处理的50%, 拔节期灌水并没有显著提高产量, 说明了现代品种产量受水分影响大于原始品种。

关键词: 冬小麦; 分蘖; 株高; 产量

中图分类号: S512.1⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)03-0217-04

Effects of Water Conditions on Growth and Yield of Winter Wheat

TIAN Hai-yan¹, ZHANG Su-qi^{1,2}, WANG Xiao-lin¹

(1. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau;

Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water

Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: To study the effect of water conditions on growth and yield of different genotype and drought resistance winter wheat, In this paper, *T. dicoccon Schuebl* (original variety), *T. aestivum* L Xinong9871 (sensitive modern wheat) and *T. aestivum* L Changwu134 (drought-resistant modern varieties) were used in the experiment. The results showed that: *T. dicoccon Schuebl* wheat tillering and plant height are more severely affected by water supply, the irrigation in jointing has no significant effect on tiller and plant height to *T. aestivum* L Xinong9871 and *T. aestivum* L Changwu134. It shows that: the growth and development of original varieties are more significantly restricted by water than modern varieties. *T. dicoccon Schuebl* yields in different water conditions have no significant variation, but yields of *T. aestivum* L Xinong9871 and *T. aestivum* L Changwu134 with no irrigation are half of that with sufficient water, however, irrigation in jointing did not significantly increase yield, which means that the modern varieties yield is more affected by water than the original varieties.

Key words: winter wheat; tiller; plant height; yield

全球70%的种植小麦分布于干旱、半干旱地区^[1], 我国是世界上干旱半干旱土地面积较大的国家, 其中北方地区耕地面积约占全国耕地总量的45%, 但水资源仅占全国总量的9.7%, 水资源短缺已严重影响了北方地区农业的可持续发展, 同时还存在灌溉水有效利用率低(仅40%左右)^[2]、水资源浪费严重等问题。小麦是需水较多的主要粮食作物之一, 由于全球气候变化和水资源日益短缺, 干旱缺水已成为影响小麦增产的最重要非生物限制因素^[3]。

大量研究表明, 由于耗水特性和生理特点的差异, 不同品种小麦对水分亏缺的敏感程度不一样^[4]。目前, 国内外对小麦栽培品种在不同水分条件下的反应作了大量的研究, 但是对原始品种和现代品种、水地品种和旱地品种在不同水分条件下的反应差异研究较少, 因此本实验从品种进化和抗旱性差异两个方面选用了3个品种, 通过比较其不同水分条件下的生长发育和产量变化及其规律, 以期旱地小麦高产高效栽培提供一些理论指导。

收稿日期: 2010-09-08

修回日期: 2010-11-26

资助项目: 国家重点基础研究发展计划(973计划)(2009CB118604); 教育部新世纪优秀人才支持计划项目

作者简介: 田海燕(1984-), 女, 陕西扶风人, 在读硕士, 主要从事植物生理生态研究。E-mail: thybelle@163.com

通信作者: 张岁岐(1966-), 男, 陕西岐山人, 研究员, 博士生导师, 主要从事植物生理生态研究。E-mail: sqzhang@ms.iswc.ac.cn

1 材料与方法

1.1 实验材料

本实验采用原始品种栽培二粒、现代品种西农 9871(敏感性品种)、长武 134(耐旱性品种),各品种基本属性见表 1。

1.2 实验处理

实验于 2009 年 10 月—2010 年 6 月在水土保持研究所大型活动防雨棚内和棚外田间进行。每个小

区面积为 3 m×2.2 m,小区间用 2 m 高的水泥墙隔开,以防止水分渗出和相互渗入。小麦株行距为 2 cm×20 cm(点播)。棚内进行干旱处理(不灌水处理)和拔节期灌水 600 m³/hm²(灌一水处理),棚外进行充分灌水处理(根据降雨情况随时保持土面湿润,每次灌水量根据小区土壤的水分含量,达到 1 m 土层内的土壤含水量保持在田间持水量的 75%±5% 范围。3 个品种,每品种 3 个水分处理,每处理重复 3 次,共 27 小区,随机排列。

表 1 实验材料及属性

品种编号	品种名	基因型	简要属性
A	栽培二粒(<i>T. dicoccocum</i> Schuebl, 4n= 28)	AABB	原始品种
B	西农 9871(<i>T. aestivum</i> L Xinong9871, 6n= 42)	AABBDD	现代品种,水分敏感品种
C	长武 134(<i>T. aestivum</i> L Changwu134, 6n= 42)	AABBDD	现代品种,抗旱品种

1.3 测定项目及方法

1.3.1 单株分蘖数 分别在拔节期、开花期、灌浆期和收获期时每个小区内取 1 m² 面积,依据点播时的株距和行距确定其基本苗数,数其分蘖,根据单株分蘖=分蘖总数/基本苗数,算出该小区的单株分蘖数。

1.3.2 株高 采取定株测量的方法,每个品种的每个处理固定 10 株小麦,分别在拔节期、开花期、灌浆期、收获期测定其主茎高。植株高度抽穗前以地面至心叶叶尖为准,抽穗后量至穗尖。

1.3.3 耗水量 小区耗水量由水量平衡公式计算:

$$ET= R+ I+ \Delta W$$

式中:ET——耗水量(mm);R——生育期降水量(mm)(降雨量用放置于田间的雨量筒测得);I——灌水量(mm);ΔW——土壤贮水量的减少量(mm)(用中子仪测定的播种前和收获后小区的土壤含水量之差,每小区测 2 m 深度,0~1 m 每 10 cm 测一次,1~2 m 每 20 cm 测一次)。

1.3.4 产量 收获时,各小区取 1 m² 面积的小麦,人工脱粒,风干称重。将单位面积的产量转化为 kg/hm²。

1.3.5 水分利用效率(WUE)

$$WUE= Y/ET$$

式中:Y——小麦籽粒产量(kg/hm²);ET——田间耗水量(mm)。

1.4 数据整理

采用 SAS- V8 处理软件进行统计分析,新复极差法检验处理间的差异显著性水平($P < 0.05$ 差异显著, $P < 0.01$ 差异非常显著)。

2 结果分析

2.1 单株分蘖

随着小麦的生长发育,无效分蘖逐渐死亡,分蘖呈递减趋势,到收获期最低。如图 1 所示:在不灌水

处理下,西农 9871 和长武 134 的分蘖从拔节期到开花期迅速减少,开花期后减少缓慢,栽培二粒分蘖在整个生育期直线减少。收获期栽培二粒的分蘖最小,长武 134 最大,说明当水分亏缺时原始品种比现代品种无效分蘖多。与不灌水相比灌一水处理下,西农 9871 和长武 134 的分蘖随着小麦生长发育缓慢减少,栽培二粒从拔节期到开花期迅速减少,开花期后减少缓慢,说明拔节期灌水可以防止小麦分蘖迅速减少。充分灌水下,三个品种分蘖从拔节期到开花期迅速减少,到开花期后减少的速度逐渐缓慢,整个生育期的单株分蘖数依次为:西农 9871>长武 134>栽培二粒。收获期小麦分蘖图反映了充分灌水下分蘖最大,栽培二粒小麦灌一水比不灌水分蘖大,而西农 9871 和长武 134 不灌水处理下的分蘖大于灌一水,说明原始品种的分蘖对水分依赖大于现代品种,同时拔节期灌水不能增加现代品种的分蘖,只能减缓无效分蘖死亡的速度。

2.2 株高

株高是表现水分条件对作物形态影响的一个重要指标,不同品种的小麦株高受水分条件影响有差异。如图 2 所示,长武 134 在拔节期株高略高于栽培二粒和西农 9871,随着小麦的生长发育,株高逐渐增加。开花期后栽培二粒生长迅速,到灌浆期株高明显大于其他两个品种。长武 134 在整个生育期内株高均大于西农 9871,收获期 3 个品种的株高依次为:栽培二粒>长武 134>西农 9871。同时从收获期株高图中得出:小麦的株高随着灌水量的增加而增加,其中,栽培二粒的株高在 3 个水分处理下差异显著,而西农 9871 和长武 134 灌一水和不灌水处理下株高基本没有差异,说明原始品种的株高受水分影响大,同时,拔节期灌水不能增加现代品种的株高。

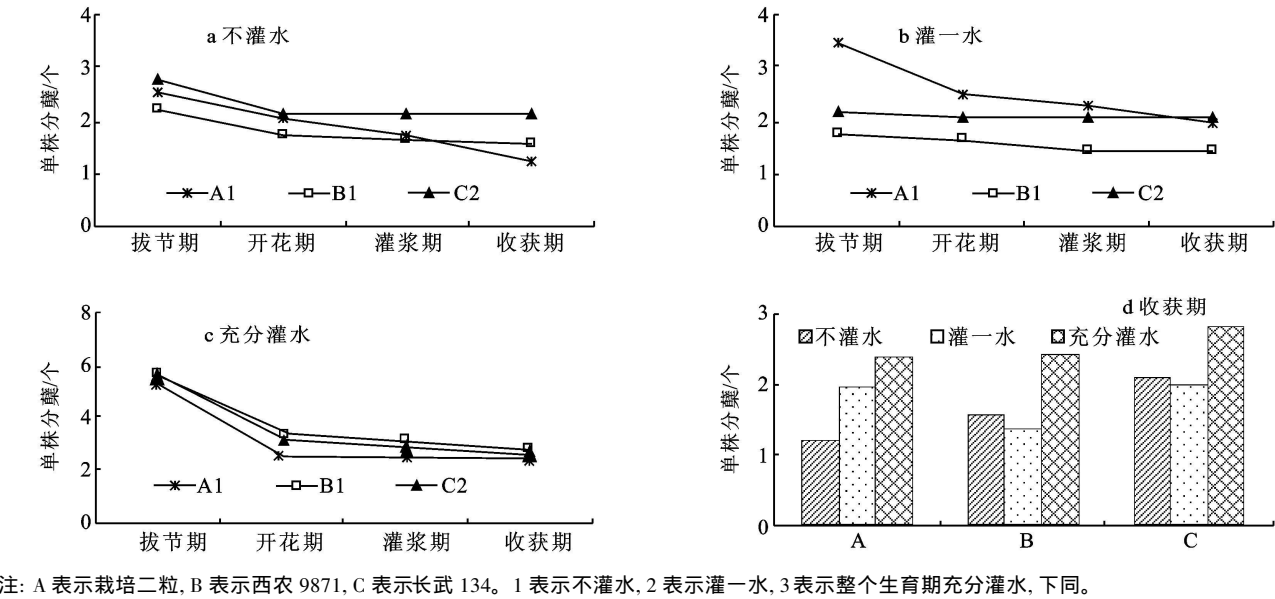


图 1 水分条件对不同品种单株分蘖的影响

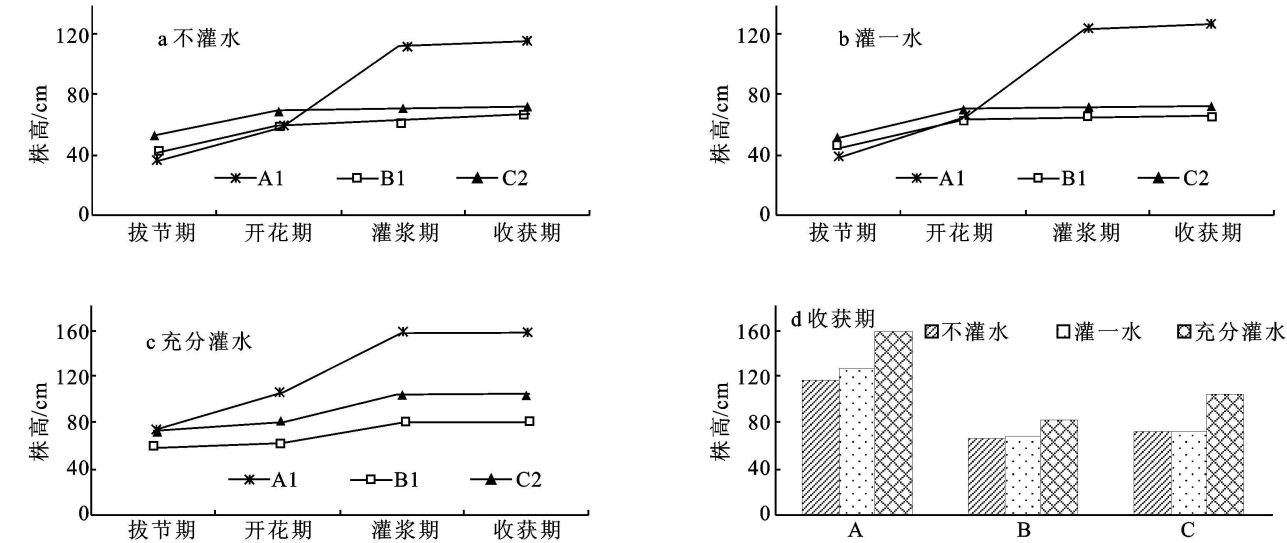


图 2 水分条件对不同品种株高的影响

2.3 耗水量

3 个品种不同水分处理下的总体耗水量依次为: 充分灌水> 灌一水> 不灌水, 灌水量增大, 耗水量增加, 同时, 不同品种的同一水分处理之间又有差异。在不灌水和灌一水处理下, 长武 134 的耗水量最大, 栽培二粒和西农 9871 耗水量较小且两个水分处理之间差异不大; 在充分灌水处理下, 栽培二粒耗水量最大, 西农 9871 和长武 134 的耗水量之间没有显著差异。说明在水分亏缺时旱地品种耗水量大于原始品种和水地品种, 而水分充足时原始品种的耗水量要大于现代品种。因此耗水量因水分处理和品种的不同而存在差异。

2.4 产量与水分利用效率

千粒重是小麦产量构成中一个重要指标。3 个品种不同水分处理下千粒重的总体趋势是: 充分灌水

> 灌一水> 不灌水。其中, 栽培二粒的千粒重最小, 同时各水分处理间差异不显著, 说明水分对原始品种的千粒重影响较小。西农 9871 与长武 134 千粒重在充分灌水处理与其它两种水分处理方式相比差异非常显著 ($P=0.0045$), 而灌一水与不灌水处理差异不大, 说明水分对现代品种的千粒重影响较大, 但拔节期灌水不能显著提高小麦的千粒重。

不同水分条件下产量变化趋势和千粒重保持一致, 依次为充分灌水> 灌一水> 不灌水。栽培二粒在 3 种水分条件下产量显著不差异, 但长武 134 和西农 9871 充分灌水下产量是其他两处理的两倍, 不灌水和灌一水时产量差异不显著。说明水分对产量的影响很大, 但拔节期灌水不能显著提高小麦产量。

水分利用效率 (WUE) 是植物节水抗旱高产的一个重要指标, 是植物利用水分合成生物产量能力的体

现。WUE 受产量和耗水量的制约, 因此, 小麦的 WUE 因耗水量和产量差异而不同。

如表 2 所示, 栽培二粒的 WUE 在灌一水处理下最大, 充分灌水最小; 西农 9871 的 WUE 不灌水处理

下最大, 充分灌水时最小; 长武 134 的 WUE 在不灌水处理下最大, 灌一水时最小; 说明产量的增加并不能提高小麦的 WUE, 而适度的干旱却能提高小麦的 WUE。

表 2 不同品种小麦产量和水分利用效率在不同水分条件下的差异

小麦品种	水分条件	千粒重/ g	产量/ (kg · hm ⁻²)	耗水量/ mm	水分利用效率/ (kg · hm ⁻² · mm ⁻¹)
栽培二粒	A 1	26. 48a(ab)	2086. 7a(B)	164. 18B(a)	10. 11b(B)
	A 2	27. 77a(a)	2270a(b)	177. 59B(a)	12. 78a(B)
	A 3	28. 42a(B)	2846. 7a(B)	442. 19A(A)	8. 39c(B)
西农 9871	B1	26. 63B(a)	4023. 3B(A)	162. 30B(a)	25. 13a(A)
	B2	26. 95B(a)	4226. 7B(a)	167. 48B(a)	23. 27b(A)
	B3	34. 82A(A)	8580A(A)	401. 77A(B)	21. 82c(A)
长武 134	C1	28. 33B(a)	4076. 7B(A)	181. 60B(a)	22. 96a(A)
	C2	28. 99B(a)	4363. 3B(a)	222. 23B(a)	20. 09b(A)
	C3	36. 99A(A)	8763. 3A(A)	414. 57A(B)	23. 75a(A)

注: 表内数字右侧的字母表示同一品种不同水分处理间差异显著水平(括号内字母表示: 不同品种同一水分处理), 有显著差异的用不同字母表示, 没有显著差异的用相同字母表示, 达到 5% 显著水平用小写字母表示, 1% 显著水平用大写字母表示。

3 讨论与结论

研究表明, 小麦的分蘖受水分条件的影响, 并且随着灌水量的增加而增加^[5], 本实验得出相同的结论, 同时还发现原始品种的分蘖对水分依赖大于现代品种。

小麦的株高受水分影响大, 起身水与拔节水对株高的影响最为显著^[6]。本实验得出小麦株高随灌水量增加而增加, 但拔节期灌水对现代品种株高的影响不显著, 这可能与本实验小麦在拔节期时外界气温低于往年有关, 气温低时小麦生长缓慢, 株高随水分增加不显著。还有研究表明, 栽培二粒小麦在不同水分处理下株高差异很显著说明原始品种的株高受水分制约大于现代品种^[8]。本实验也得出栽培二粒在不同水分处理下株高差异显著, 而西农 9871 和长武 134 小麦在不同水分处理下株高差异不显著。

拔节期是小麦需水的重要时期, 冬小麦拔节期灌水可取得明显的增产效果^[11]。本实验得出拔节期灌水可以提高小麦的产量, 但是与不灌水相比差异不显著, 这与本实验拔节期外界温度低, 同时整个生育期阴雨天气多, 光合弱有关。有研究发现, 同一作物的不同品种在高效用水方面也存在着较大的生理和遗传差异, 其产量、耗水量、水分利用效率(WUE) 之间存在很大的调节余地^[9]。黄明丽等^[10]通过盆栽实验也得出随染色体倍性的增加, 产量却显著增加。Siddique^[12]与张岁岐^[13]等认为现代小麦品种的产量、水分利用效率较古老品种高的原因与其快速生长、开花早、冠层结构改善和高的收获指数有关。同时不同的水分条件下原始品种产量的差异较小, 而现代品种产

量差异很大, 几乎达到 50%。说明现代品种的产量受水分影响大于原始品种。在本实验得出栽培二粒的产量显著低于西农 9871 和长武 134, 同时随着灌水量的增加, 4n- 6n 的进化过程中, 冬小麦整株水平上的 WUE 也呈递增趋势, 现代品种 WUE 高于原始品种, 最高相差 50% 左右。

小麦生长发育受水分影响较大, 分蘖、株高、产量随水分供应的增加而增加, 但是拔节期灌水对小麦生长发育及产量构成的影响不显著。本实验只进行了 3 个水分处理, 同时也只设定在拔节期灌水, 是否其他生育期灌水会显著影响小麦生长发育和产量构成则有待于进一步的研究。

参考文献:

[1] 张林刚, 邓西平. 小麦抗旱性生理生化研究进展[J]. 干旱地区农业研究, 2000, 18(3): 88- 92.

[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] Siddique B, Hamid A, Islam M S. Drought stress effects on photosynthetic rate and leaf gas exchange of wheat[J]. Botanical Bulletin of Academia Sinica, 1999, 40: 141- 145.

[4] 董宝娣, 张正斌, 刘孟雨, 等. 小麦不同品种的水分利用特性及对灌溉制度的响应[J]. 农业工程学报, 2007, 23(9): 27- 33.

[5] 郑彩霞, 张富仓, 张志亮, 等. 限量灌溉和施磷对冬小麦生长及水分利用的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(2): 116- 120.

度 15% 以下的干旱胁迫环境,至于后期生长过程中的幼苗形态和生理生化变化,还有待进一步研究和探讨。

4 结 论

试验结果表明,沙冬青种子在 PEG 浓度为 5%~10% 时能够萌发生长,通过增加渗透调节物质如可溶性蛋白和脯氨酸的含量,提高保护性酶 SOD、POD 与 CAT 的活性来抵抗胁迫环境。其能够忍受 PEG 浓度 15% 的干旱胁迫环境,但已经开始出现不适现象,在高浓度(20% 和 25%) 时保护作用被抑制,种子基本不能萌发,萌发幼苗矮小枯黄,死亡率上升,抗性下降。

参考文献:

- [1] 邓洁,陈静,贺康宁. 灌水量和灌水时期对冬小麦耗水特性和生理特性的影响[J]. 水土保持研究, 2009, 16(2): 191-194.
- [2] 崔大练,马玉心,石戈,等. 紫穗槐幼苗叶片对不同干旱梯度胁迫的生理生态响应[J]. 水土保持研究, 2010, 17(2): 178-185.
- [3] 李培英,孙宗玖,阿不来提. PEG 模拟干旱胁迫下 29 份偃麦草种质种子萌发期抗旱性评价[J]. 中国草地学报, 2010, 32(1): 32-39.
- [4] 班勇. 植物生活史对策的进化[J]. 生态学杂志, 1995, 14(3): 33-39.
- [5] 安永平,强爱玲,张媛媛,等. 渗透胁迫下水稻种子萌发特性及抗旱性鉴定指标研究[J]. 植物遗传资源学报, 2006, 7(4): 421-426.
- [6] 贾国梅,张红燕,韩京成. 土壤含水量对狗牙根叶片生理生态指标的影响[J]. 水土保持研究, 2009, 16(5): 199-202.
- [7] 左胜鹏,王会梅,李凤民,等. 半干旱区四种典型豆科牧

草群落生理生态的分异研究[J]. 水土保持研究, 2010, 17(1): 167-173.

- [8] 曾彦军,王彦荣. 几种旱生灌木种子萌发对干旱胁迫的响应[J]. 生态学报, 2002, 13(8): 953-956.
- [9] 张涛. 沙冬青生理结构特性的研究[J]. 林业科学, 1988, 24(4): 508-509.
- [10] 李合生. 植物生理生化试验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 260-265.
- [11] 宋丽华,周月君. 盐胁迫对臭椿种子发芽的影响[J]. 种子, 2008, 27(9): 22-25.
- [12] 秦文静,梁宗锁. 四种豆科牧草萌发期对干旱胁迫的响应及抗旱性评价[J]. 草业学报, 2010, 19(4): 61-70.
- [13] 宋松泉,程红焱,龙春林,等. 种子生物学研究指南[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [14] 郑光华. 种子生理研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 706.
- [15] 杜建雄,侯向阳,刘金荣. 草地早熟禾对干旱及早后复水的生理响应研究[J]. 草业学报, 2010, 19(2): 31-38.
- [16] 郭彦军,倪郁,吕俊,等. 豆科牧草种子萌发特性与其抗旱性差异的研究[J]. 中国草地, 2003, 25(3): 24-27.
- [17] 董丽华,王宁,姚爱兴. 不同品种早熟禾种子萌发期抗旱性研究[J]. 农业科学研究, 2005, 26(2): 6-8.
- [18] 王宇超,王得祥,彭少兵,等. 干旱胁迫对木本滨藜生理特性的影响[J]. 林业科学, 2010, 46(1): 61-67.
- [19] 安钰,沈应柏,张志翔. 伤害胁迫对合作杨叶片膜质过氧化及抗氧化酶活性的影响[J]. 水土保持研究, 2010, 17(5): 241-244.
- [20] 左利萍,李毅,李朝周. 渗透胁迫对柠条叶片脂质过氧化及抗氧化酶活性的影响[J]. 中国草地学报, 2009, 31(4): 69-73.
- [21] 史玉炜,王燕凌,李文兵,等. 水分胁迫对刚毛柃柳可溶性蛋白、可溶性糖和脯氨酸含量变化的影响[J]. 新疆农业大学学报, 2007, 30(2): 5-8.

(上接第 220 页)

- [6] 张忠学,于贵瑞. 不同灌水处理对冬小麦生长及水分利用效率的影响[J]. 灌溉排水学报, 2003, 22(2): 1-4.
- [7] 李晓东,孙景生,张寄阳,等. 不同水分条件对冬小麦生长及产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(26): 11373-11375.
- [8] 刘立生,张岁岐,王征宏. 不同倍性小麦材料对水分和密度条件的响应[J]. 水土保持研究, 2009, 16(5): 203-209.
- [9] 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.
- [10] 黄明丽,邓西平,周生路,等. 二倍体、四倍体和六倍体

小麦产量及水分利用效率[J]. 生态学报, 2007, 27(3): 1113-1121.

- [11] 夏国军,阎耀礼,程水明,等. 旱地冬小麦水分亏缺补偿效应研究[J]. 干旱地区农业研究, 2001, 19(1): 79-82.
- [12] Siddique K H M, Tennant D, Perry M W, et al. Water use and water use efficiency of old and modern wheat cultivars in a Mediterranean-type environment[J]. Aust. J. Agric. Res. 1990, 41: 431-437.
- [13] 张岁岐,山仑,邓西平. 小麦进化中水分利用效率的变化及其与根系生长的关系[J]. 科学通报, 2002, 47(17): 1327-1331.