

文章编号:1007-7383(2013)04-0425-05

## 水氮互作对滴灌春小麦渗透调节物及产量的影响

周萍<sup>1</sup>, 陈志国<sup>2</sup>, 庄丽<sup>1</sup>, 徐红军<sup>3</sup>, 穆培源<sup>3</sup>, 李彦君<sup>1</sup>

(1 石河子大学生命科学学院, 石河子 832003; 2 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001;

3 新疆农垦科学院, 石河子 832000)

**摘要:**为了解水氮互作对新春 6 号春小麦旗叶渗透调节物含量及产量的影响, 试验于 2012 年在新疆农垦科学院试验田进行。试验设置 2400 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> (W1)、3200 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> (W2)、4000 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> (W3) 3 个灌水处理; 设置 450 kg/hm<sup>2</sup> (N1)、600 kg/hm<sup>2</sup> (N2)、750 kg/hm<sup>2</sup> (N3) 3 个氮肥水平。试验通过小区控制试验, 分析测定了小麦拔节期、抽穗期、扬花期、灌浆期的叶绿素、可溶性糖、脯氨酸、可溶性蛋白质含量, 并于收获后测定产量及其产量构成因子。结果表明: 随着水分胁迫的加重, 叶绿素、可溶性糖、脯氨酸、可溶性蛋白质含量均呈现增加的趋势。重度干旱条件下, 增施氮肥则降低了渗透调节物的含量, 影响了小麦的正常生理功能; 中度水分条件下, 随着氮肥施用量的增加其含量不断的提高, 表现出了一定的渗透调节能力; 高水处理条件下, 增施氮肥使得渗透调节物含量增加比较缓慢。水氮运筹对滴灌春小麦产量性状的调控存在明显的互作效应, 其中以 W3N3 处理组合产量最高, 达 788.90 kg/667m<sup>2</sup>, 增产显著。表明在滴灌条件下, 灌水量 4000 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>、施氮量达 750 kg/hm<sup>2</sup> 能有效促进滴灌春小麦旗叶的渗透调节能力, 进而达到增产的目的。

**关键词:**水氮互作; 滴灌小麦; 渗透调节物质; 产量

中图分类号: S512.1

文献标志码: A

## Effect of Irrigation and Nitrogen Interaction on Osmoregulation Substances Content and Yield of Drip Irrigation Wheat

ZHOU Ping<sup>1</sup>, CHEN Zhiguo<sup>2</sup>, ZHUANG Li<sup>1</sup>, XU Hongjun<sup>3</sup>,  
MU Peiyuan<sup>3</sup>, LI Yanjun<sup>1</sup>

(1 College of Life Sciences, Shihezi University, Shihezi 832003, China;

2 Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China;

3 Xinjiang Agricultural Reclamation Academy of Sciences, Shihezi 832000, China)

**Abstract:** In order to understand the effects of irrigation and nitrogen interaction on osmoregulation substances content and yield of the spring wheat, experiment was conducted in the field in Xinjiang Agricultural Reclamation Academy of Sciences in 2012. The test set three water treatment: 2400 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> (W1), 3200 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> (W2) and 4000 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> (W3), and three nitrogen levels: 450 kg/hm<sup>2</sup> (N1), 600 kg/hm<sup>2</sup> (N2) and 750 kg/hm<sup>2</sup> (N3). We analyzed the chlorophyll, soluble sugar, proline and soluble protein content of jointing stage, heading stage, flowering stage and filling stage, and determined their production after harvest and yield component. The results indicate that, chlorophyll, soluble sugar, proline and soluble protein content showed increasing trend with the increase of water stress; under severe drought conditions, the increased nitrogen application is to reduced the osmotic regulation material content, and influenced the normal physiological function of wheat; under the Moderate moisture conditions, with the increase of the content of nitrogen rates keep improving, it showed a certain osmotic regulation ability; under Normal water supply conditions, increasing nitrogen makes osmoregulation content increased more slowly. Water and nitrogen

收稿日期: 2013-03-27

基金项目: 新疆兵团博士基金项目(2010JC02), 中科院支新项目(XBXJ-2011030)

作者简介: 周萍(1987-), 女, 硕士研究生, 专业方向为植物生态学, e-mail: zhouping129955@sina.com.

通信作者: 徐红军(1969-), 男, 副研究员, 从事小麦遗传育种及栽培生理研究, e-mail: xhj288@163.com.

interaction is obvious for the drip irrigation spring wheat yield adjustment. W3N3 treatment combination reaches the highest yield of 788.90 kg/667 m<sup>2</sup>, with significant yield increase effect. The results show that, under the condition of drip irrigation, the combination of 4000 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> irrigation water and 750 kg/hm<sup>2</sup> N application can effectively promote the drip spring wheat osmotic regulation ability of flag leaf, so as to achieve the purpose of increasing production.

**Key words:** irrigation and nitrogen interaction; drip irrigation wheat; osmotic adjustment substances; yield

目前,国内外关于滴灌技术的研究主要集中在中耕作物,对小麦等密植作物的滴灌技术研究较少<sup>[1-3]</sup>。小麦滴灌技术是新疆农区针对实际生产需求,在棉田滴灌技术的基础上发展起来的,是对密植作物灌溉的一次改革,也是新疆荒漠绿洲灌溉农业发展的必然趋势<sup>[4]</sup>。渗透调节是植物适应干旱等逆境的一种重要方式,对植物的生长发育和产量形成具有积极意义<sup>[5]</sup>。干旱胁迫会导致小麦光合性能降低,生长发育受到抑制,进而会导致产量下降<sup>[6]</sup>。脯氨酸、可溶性糖等渗透调节物质的积累可使植物维持一定的膨压,进而维持细胞生长、光合作用等生理过程的进行<sup>[7]</sup>。有关渗透调节作为小麦抗旱的作用机理,前人对此做过大量的长期研究工作,但多偏重于水、氮的单独效应研究<sup>[8-10]</sup>。

因此,本试验旨在研究滴灌条件下,水氮运筹对滴灌春小麦渗透调节物含量及产量构成要素的影响,以期进一步丰富滴灌春小麦的水氮增产机理。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

试验于 2012 年在新疆农垦科学院试验田(N44°21', E085°54')进行。供试品种为新春 6 号。播期 2012 年 4 月 10 日,小区面积 3.6 m×10 m=36 m<sup>2</sup>,基本苗 25 万株/666.7 m<sup>2</sup>。

### 1.2 试验设计

试验采用随机区组实验设计,设灌水量、氮肥施用量 2 个因素,其中灌水量设 3 个水平,分别为重度干旱(2400 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)、中度干旱(3200 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)、高水处理(4000 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>);施氮量为低氮(450 kg/hm<sup>2</sup>)、中氮(600 kg/hm<sup>2</sup>)、高氮(750 kg/hm<sup>2</sup>) 3 个水平,具体实施见表 1。

滴灌带铺设为一机六管,1 条滴灌带灌溉 4 行小麦的种植模式,行距 15 cm,滴管带间距 75 cm。全生育期共滴水 8 次,每小区单独滴水,用水表控制滴水量。播前施尿素(含 N 46%)150 kg/hm<sup>2</sup>、重过磷酸钙(含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 14%)195 kg/hm<sup>2</sup>、硫酸钾(含 K<sub>2</sub>O 47%) 112.5 kg/hm<sup>2</sup>,拔节期两次追施氮肥,1 次追施磷肥,钾肥每次随水滴入。

表 1 水氮运筹试验设计

Tab. 1 Water and nitrogen application experimental design

处理	处理组合	表头设计		灌水量/ (m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	尿素/ (kg/hm <sup>2</sup> )
1	W3N3	1	1	4000	750
2	W3N1	1	-1	4000	450
3	W1N3	-1	1	2400	750
4	W1N1	-1	-1	2400	450
5	W1N2	-1	0	2400	600
6	W3N2	1	0	4000	600
7	W2N1	0	-1	3200	450
8	W2N3	0	1	3200	750
9	W2N2	0	0	3200	600

### 1.3 测定项目与方法

分别于拔节期、抽穗期、扬花期、灌浆期在各小区内选取有代表性的小麦旗叶叶片,立即密封带回实验室进行生理指标的测定。可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝 G-250 染色法<sup>[11]</sup>;脯氨酸含量测定采用磺基水杨酸比色法<sup>[11]</sup>;叶绿素含量测定用分光光度法测定<sup>[12]</sup>;可溶性糖含量测定采用蒽酮法<sup>[13]</sup>。最后,小麦成熟后各小区选取 1 m 双行进行室内考种,测产指标包括穗粒重、千粒重等的测定。

### 1.4 数据处理

用 Excel 2003 软件对所得数据进行简单分析处理,然后用 SPSS13.0 软件对结果进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 水氮运筹对滴灌春小麦旗叶叶绿素含量的影响

由图 1 可见:从拔节期到扬花期,小麦叶绿素含量呈现增加的趋势,而灌浆期其含量急剧下降。不同水分条件下,随着氮肥施用量的增加,小麦旗叶叶绿素含量增大。3 个氮素条件下,随水分胁迫的加重,小麦旗叶叶绿素含量呈现增加趋势。从拔节期到灌浆期,W1N3 处理的小麦旗叶叶绿素含量最高,分别为 1.273、1.516、1.547 和 0.945 mg/g。而 W3N1 处理则表现为拔节期到扬花期含量最低,分别为 0.562、

0.630 和 0.856 mg/g。灌浆期为 W2N1 最低含量为 0.428 mg/g。

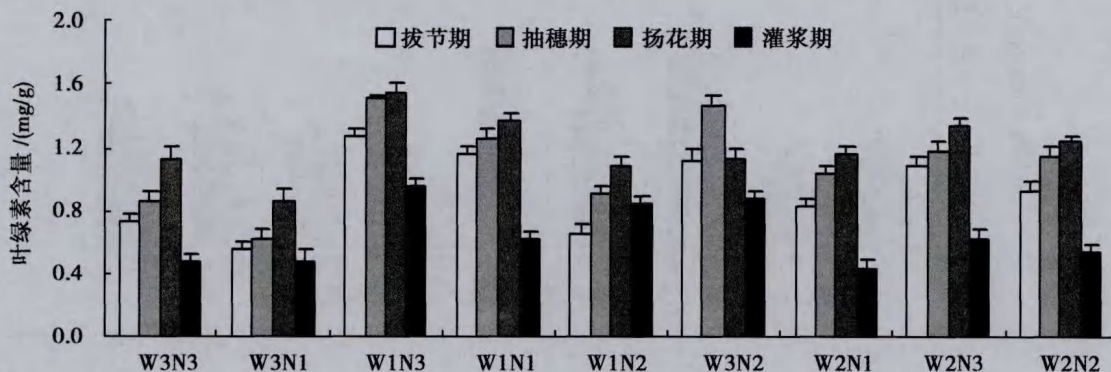


图 1 水氮运筹对不同生育期春小麦旗叶叶绿素含量的影响

Fig. 1 Effects of water and nitrogen application on flag leaf chlorophyll content of spring wheat in different growth stages

### 2.2 水氮运筹对滴灌春小麦旗叶可溶性糖含量的影响

由图 2 可见,抽穗期略低于拔节期可溶性糖含量,灌浆期达到最高。水氮互动结果表明,在重度干旱的 W1 条件下,氮肥的施用使可溶性糖含量降低,不同生育时期高氮相对于低氮分别下降了 18.0%、20.2%、15.8%和 16.3%;中度干旱的 W2 条件下,增施氮肥可以提高旗叶可溶性糖含量,有利于缓解春小麦的水分胁迫,高氮相对于低氮在 4 个时期分别增

加了 17.5%、26.3%、18.7%、22.2%。在正常供水的 W3 条件下,氮肥处理的旗叶可溶性糖含量增加不明显,高氮相对于低氮分别增加了 23.0%、4.6%和 12.5%、16.1%。随着水分胁迫程度的加重,小麦旗叶可溶性糖含量呈现增加的趋势,表现出了一定的渗透调节能力。可溶性糖在整个细胞渗透势的变化中起着主导作用,脯氨酸对整个细胞渗透势的降低所起的作用很小。

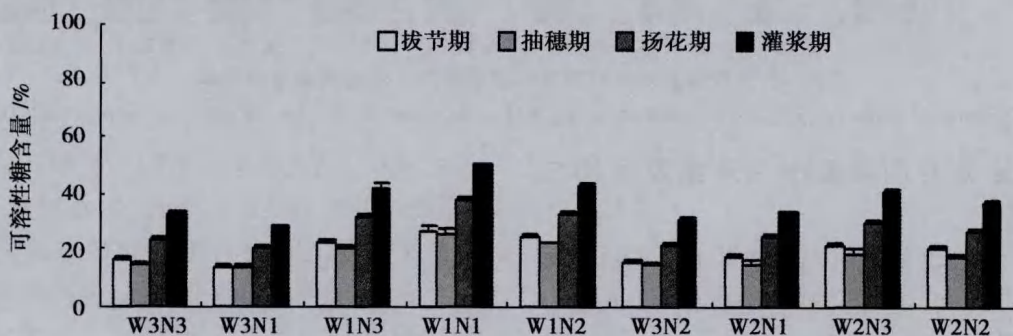


图 2 水氮运筹对不同生育期春小麦旗叶可溶性糖含量的影响

Fig. 2 Effects of water and nitrogen application on flag leaf soluble sugar content of spring wheat in different growth stages

### 2.3 水氮运筹对滴灌春小麦旗叶脯氨酸含量的影响

由图 3 可见,从拔节期到灌浆期,小麦旗叶脯氨酸含量呈先上升后下降的趋势,扬花期达最大,而灌浆期缓慢下降。随着水分胁迫加剧,小麦旗叶脯氨酸含量呈急剧上升的趋势。在不同水分条件下,增施氮

肥使小麦旗叶脯氨酸含量增高。在重度干旱条件下,低氮处理对于高氮处理不同生育期的脯氨酸含量升高幅度为 25.1%~67.6%,说明在低水条件下施肥加重了小麦旗叶的干旱胁迫程度;在中度干旱条件下,脯氨酸含量增幅在 20.0%~44.2%;正常供水条件,增幅相对于水分胁迫较低为 14.3%~23.4%。

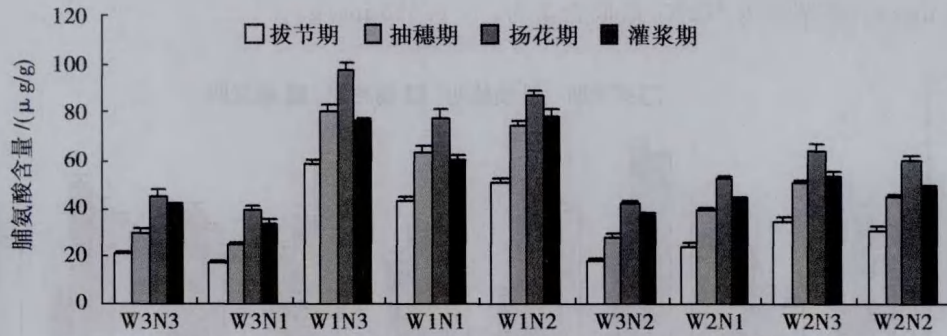


图 3 水氮运筹对不同生育期春小麦旗叶脯氨酸含量的影响

Fig. 3 Effects of water and nitrogen application on flag leaf proline content of spring wheat in different growth stages

## 2.4 水氮运筹对滴灌春小麦旗叶可溶性蛋白质含量的影响

由图 4 可见,灌溉量充足能显著提高小麦叶片可溶性蛋白质含量,延缓旗叶衰老。重度干旱条件下,可溶性蛋白质含量降低,影响了小麦的正常生理功能,不同生育期高氮相对于低氮的可溶性蛋白质含量降低了 24.6%~50.1%,说明增施氮肥则加重

了这个不利的影响。在中度水分条件下,随着氮肥施用量的增加,不同生育期的小麦旗叶可溶性蛋白质含量增加了 28.7%~66.1%。小麦旗叶可溶性蛋白质含量不断的提高,有助于改善植株的光合能力。正常供水,增施氮肥使得可溶性蛋白质含量增加的幅度减少,为 16.7%~34.3%,过量施用氮肥对提高光合作用不大。

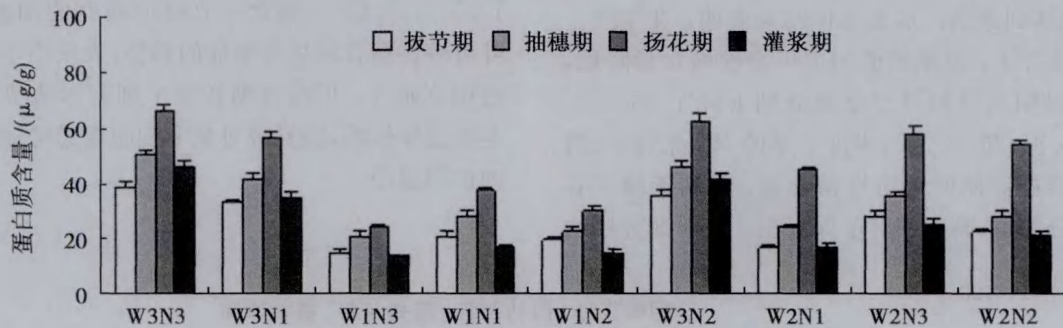


图 4 水氮运筹对不同生育期春小麦旗叶蛋白质含量的影响

Fig. 4 Effects of water and nitrogen application on flag leaf protein content of spring wheat in different growth stages

## 2.5 水氮运筹对滴灌春小麦产量及其构成因素的影响

由表 2 可见:水氮对小麦的产量有显著地互作效应,增施氮肥可以提高小麦的产量,其中处理组合 W3N3 产量最高,达 788.90 kg/667 m<sup>2</sup>,相对 W1N1 产量增幅达 46.86%,增产显著。而其他产量构成

因素却不是最高水平。不同水分条件下,随施氮量的增加,小麦千粒重逐渐增加,在处理组合 W2N3 时千粒重达最大值。表明一定的施氮量提高小麦旗叶叶绿素含量,增强旗叶功能,提高灌浆速率,增加千粒重,最终达到增产的效果。

表 2 水氮运筹对滴灌小麦产量及其产量构成的影响

Tab. 2 Effect of water and nitrogen application on the yield and its component of drip irrigation wheat

处理	处理组合	穗长/cm	穗粒数	穗粒重/g	千粒重/g	产量/(kg/667 m <sup>2</sup> )
1	W3N3	8.25	28.6	1.18	41.53	788.90 <sup>a</sup>
2	W3N1	8.65	27.5	1.13	40.73	700.46 <sup>cd</sup>
3	W1N3	9.65	40.4	1.64	39.79	665.53 <sup>d</sup>
4	W1N1	9.30	37.4	1.50	40.92	537.19 <sup>c</sup>
5	W1N2	8.15	26.1	1.01	39.59	691.13 <sup>cd</sup>
6	W3N2	9.15	34.8	1.35	41.99	762.50 <sup>ab</sup>
7	W2N1	8.60	32.5	1.44	39.62	666.78 <sup>d</sup>
8	W2N3	8.00	30.4	1.32	42.96	722.06 <sup>bc</sup>
9	W2N2	9.35	34.7	1.27	41.71	699.04 <sup>cd</sup>

### 3 讨论

小麦在干旱胁迫下渗透调节主要是通过可溶性糖、脯氨酸等渗透调节物的积累而实现,小麦在干旱胁迫下,可溶性糖增加,提高渗透调节能力<sup>[14]</sup>。在施氮量一定的条件下,随着水分胁迫的加剧,小麦旗叶绿素含量越高,主要是因为氮素能够增加水分胁迫下叶绿素稳定性<sup>[15]</sup>。小麦受水分胁迫时,水势下降,施用氮肥使得原本已经很严重的水分胁迫进一步恶化,通过脯氨酸含量的增加使渗透势下降,从而增强渗透调节能力<sup>[16-17]</sup>。本试验结果表明,水分胁迫程度加剧,叶绿素、可溶性糖、脯氨酸含量均增高。重度干旱条件下,增施氮肥则降低了渗透调节物的含量,加重了水分胁迫不利的影响;中度水分条件下,随着氮肥施用量的增加其含量不断的提高,表现出了一定的渗透调节能力;正常供水条件下,增施氮肥使得渗透调节物含量增加比较缓慢。

大量研究认为,水分胁迫导致可溶性蛋白下降,干旱影响了小麦生理功能导致可溶性蛋白含量下降,加快了小麦叶片的衰老进程。范雪梅等<sup>[18]</sup>研究表明可溶性蛋白质含量下降是旗叶衰老的主要特征,同一水分条件下,一定施氮范围内随着施氮量的增加,小麦旗叶可溶性蛋白质含量升高。本试验中蛋白质含量的试验结果与其基本一致。

不同水氮处理间产量构成因子均达到显著差异。虽然在不同环境条件下灌水与施肥对小麦的增产效果不同,但水氮对产量的影响存在相互促进、相互制约的关系<sup>[19-20]</sup>。本研究表明,水氮对小麦的产量有显著地互作效应,适宜的水分条件下,增施氮肥可以提高小麦的产量,其中处理组合 W3N3 产量最高,达 788.90 kg/667 m<sup>2</sup>,相对 W1N1 产量增幅达 46.86%,增产显著。而其它产量构成因素如穗粒数、千粒重等均均以高氮处理显著高于其它处理。由此确定,滴灌春小麦全生育期灌水定额应确定在 4000 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>、尿素施用量 750 kg/hm<sup>2</sup> 为宜。

#### 参考文献:

[1] 马英杰,何继武,洪明,等. 新疆膜下滴灌技术发展过程及趋势分析[J]. 节水灌溉,2010(12):87-88.  
 [2] 肖丽,侯振安,龚江,等. 不同滴灌施肥方式对盐渍土棉花生长和氮素吸收的影响[J]. 石河子大学学报:自然科学版,2008,26(4):427-430.  
 [3] 王娟,马腾飞,危常州. 不同灌溉方式对棉花氮素吸收利用和氮肥利用率的影响[J]. 石河子大学学报:自然科学版,2011,29(6):670-673.

[4] 王冀川,高山,徐雅丽,等. 新疆小麦滴灌技术的应用与存在问题[J]. 节水灌溉,2011(9):25-29.  
 [5] Flagella Z, Campanile R G, Ronga G. The maintenance of photosynthetic electron transport in relation to osmotic adjustment in durum wheat cultivars differing in drought resistance[J]. Plant Science, 1996, 118:127-133.  
 [6] 杨书运,严平,梅雪英. 水分胁迫对冬小麦抗性物质可溶性糖与脯氨酸的影响[J]. 中国农业学报,2007,23(12):230.  
 [7] 王玉凤,王庆祥,商丽威. NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 胁迫对玉米幼苗渗透调节物质含量的影响[J]. 玉米科学,2007,15(5):69-71,75.  
 [8] Johansson E, Prieto M L J O. Effects of wheat cultivar and nitrogen application on storage protein composition and bread making quality[J]. Cereal Chemistry, 2001, 78(1):19-25.  
 [9] 赵丽英,邓西平,山仑. 渗透胁迫对小麦幼苗叶绿素荧光参数的影响[J]. 应用生态学报,2005,16(7):1261-1264.  
 [10] Ellen, Land Spiertz J H J. Effects of rate and timing of nitrogen dressings on grain yield formation of winter wheat[J]. Fert Res, 1980, 1:177-190.  
 [11] 张志良,瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2003:127-131.  
 [12] 邹琦. 植物生理生化实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,1995.  
 [13] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安:世界图书出版公司,2000.  
 [14] 李德全,邹琦,程炳嵩. 土壤干旱下不同抗旱性小麦品种的渗透调节和渗透调节物质[J]. 植物生理学报,2007,18(2):34-37.  
 [15] 董博,张绪成,张东伟,等. 水氮互作对春小麦叶片叶绿素含量及光合速率的影响[J]. 干旱地区农业研究,2012,30(6):88-93.  
 [16] 齐永青,肖凯,李雁鸣. 作物在渗透胁迫下脯氨酸积累的研究进展[J]. 河北农业大学学报,2003,26(增刊):24-27.  
 [17] 张国盛,张仁陟,黄高宝,等. 水分亏缺时氮磷营养对春小麦幼苗抗逆性的影响[J]. 应用与环境生物学报,2003,9(6):584-587.  
 [18] 范雪梅,姜东,戴廷波,等. 花后干旱和渍水下氮素供应对小麦旗叶衰老和粒重的影响[J]. 土壤学报,2005,42(5):88-92.  
 [19] 上官周平,刘文兆,徐宣斌,等. 旱作农田冬小麦水肥耦合增产效应[J]. 水土保持研究,1999,6(1):103-106.  
 [20] 冶军,危常州,贾金萍,等. 氮磷肥对小麦产量及其构成因素的效应[J]. 石河子大学学报:自然科学版,2009,27(2):194-198.