

# 内蒙古河套灌区非充分灌溉对春小麦生长的影响

周 龄

(赤峰学院资源与环境科学学院, 内蒙古 赤峰 024000)

**摘 要:**为了制定春小麦的节水灌溉制度,在内蒙古河套灌区开展春小麦非充分灌溉田间试验,通过测定土壤含水率、春小麦生长及产量指标,研究非充分灌溉对土壤水分分布及春小麦生长的影响。结果表明:在0~100 cm土层内,灌溉水量为100%ET<sub>c</sub>(ET<sub>c</sub>为作物实际需水量)的充分灌溉和80%ET<sub>c</sub>的非充分灌溉的土壤含水率随着土层深度的增加而增大,60%ET<sub>c</sub>的非充分灌溉土壤含水率主要集中在亚表层土壤(20~40 cm)和中层土壤(40~60 cm)。灌溉水量为80%ET<sub>c</sub>的非充分灌溉对春小麦生长和产量指标的影响较小,与充分灌溉相比,降低5%~13%;灌溉水量为60%ET<sub>c</sub>的非充分灌溉对春小麦生长和产量指标影响较大,与充分灌溉相比,降低10%~37%。在研究区采用灌溉水量为80%ET<sub>c</sub>的非充分灌溉,生育期内灌溉定额为288 mm,对春小麦生长及产量的影响较小,可以达到节水灌溉的目的。

**关键词:**非充分灌溉;土壤水分分布;春小麦;生长;产量

中图分类号:S512.1\*2

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2020)05-0028-05

## Effect of Deficit Irrigation on Spring Wheat Growth in Hetao Irrigation Area of Inner Mongolia

ZHOU Ling

(College of Resources and Environmental Sciences, Chifeng University, Chifeng 024000, China)

**Abstract:** In order to provide theoretical basis for the establishment water-saving irrigation schedule for spring wheat, a field experiment was conducted under deficit irrigation with spring wheat in Hetao irrigation area of Inner Mongolia. The soil moisture content, spring wheat growth and yield index were measured for study the effects of irrigation water amount on soil water distribution and spring wheat growth. The research results showed that in the 0~100 cm soil layer, the soil moisture content of 100% ET<sub>c</sub> sufficient irrigation and 80% ET<sub>c</sub> deficit irrigation increased with the increase of soil depth. The soil moisture content of 60% ET<sub>c</sub> deficit irrigation was mainly concentrated in subsurface soil layer (20~40 cm) and middle soil layer (40~60 cm). The deficit irrigation of 80% ET<sub>c</sub> had little effect on spring wheat growth and yield index. The spring wheat growth and yield index decreased by 5%~13% compared with 100% ET<sub>c</sub> sufficient irrigation. The deficit irrigation of 60% ET<sub>c</sub> had great effect on spring wheat growth and yield index. The spring wheat growth and yield index decreased by 10%~37% compared with 100% ET<sub>c</sub> sufficient irrigation. The deficit irrigation of 80% ET<sub>c</sub> is recommended as a result of the spring wheat growth and yield decreasing slightly in researching area, which can achieve the purpose of water-saving.

**Key words:** Deficit irrigation; Soil water distribution; Spring wheat; Growth; Yield

### 1 研究背景

内蒙古河套灌区是我国三大灌区之一,位于内蒙古自治区西部,地处北纬40°11'~41°36',东

经107°19'~108°10'之间,该灌区气候干旱少雨,蒸发强烈,且水资源短缺,属于温带大陆性干旱地区<sup>[1-2]</sup>。近年来,水利部出台相关管理政策,将河套灌区每年的引水量由过去的50亿m<sup>3</sup>降至36亿m<sup>3</sup>,黄河水资源短缺问题已成为制约河套灌区社会发展和农业生产的重要因素,发展节水农业已成为该灌区当务之急<sup>[3-4]</sup>。该灌区是内蒙古重要的优质春小麦生产基地之一,小麦播种面积占粮食作物总播种面积的一半以上<sup>[5-6]</sup>。河套灌区春小麦生长季节降雨量较少,春小麦生长发育完

收稿日期:2018-12-15

基金项目:赤峰学院2018年度科研服务地方项目(cfyfd201815);  
赤峰学院服务赤峰市经济社会发展应用项目(cfy-fc201841)

作者简介:周 龄(1981-),女,讲师,硕士,主要从事农业水利与地理科学的研究。

全依赖于灌溉,引黄次数较多,耗水量较大。为了减少河套灌区春小麦的引黄灌溉水量,保障灌区其他农作物生长的用水需求,保持河套灌区农业生产用水的平衡,发展春小麦节水灌溉技术措施势在必行<sup>[7]</sup>。非充分灌溉是一种有效的节水灌溉方式,大力发展非充分灌溉技术是解决河套灌区水资源短缺的一个重要途径<sup>[8]</sup>。国内外学者进行了大量有关非充分灌溉对小麦生长影响的研究。褚桂红等<sup>[9]</sup>在山西临汾开展了冬小麦非充分灌溉试验,研究了不同生育期缺水和不同缺水程度对冬小麦生长发育和产量的影响,结果表明非充分灌溉对冬小麦叶面积、产量和水分利用效率的影响显著。魏志莉等<sup>[10]</sup>在泾惠渠灌区开展了冬小麦非充分灌溉试验,研究了不同生育期灌溉水量对冬小麦株高、产量、水分利用效率和经济效益的影响,确定了泾惠渠灌区冬小麦合理的非充分灌溉模式。Tari等<sup>[11]</sup>在土耳其开展了小麦非充分灌溉试验,研究了不同灌溉水量对小麦产量、品质和水分利用效率的影响,研究表明在拔节期和抽穗期水分亏缺会降低小麦的产量。Li等<sup>[12]</sup>研究了耕作模式下非充分灌溉对冬小麦产量和水分

利用效率的影响,研究表明应用精确种植模式和非充分灌溉联合作用下可以最大化地提高冬小麦的产量和水分利用效率。前人研究大部分是针对冬小麦开展非充分灌溉的研究,而对河套灌区春小麦非充分灌溉的研究较少。本研究通过在内蒙古河套灌区开展春小麦非充分灌溉田间试验,研究非充分灌溉下土壤水分分布规律及对春小麦生长及产量的影响,为河套灌区制定春小麦节水灌溉制度提供理论依据。

## 2 材料与方 法

### 2.1 试验区概况

田间试验于2016年3~7月在内蒙古河套灌区解放闸灌域沙壕渠试验站进行。该研究区位于内蒙古自治区巴彦淖尔市杭锦后旗,属于典型的温带大陆性干旱、半干旱地区,海拔为1 032~1 050 m,多年平均气温为6.9℃,降雨稀少,蒸发强烈,多年平均降水量和蒸发量分别为138.2 mm和2 096.4 mm,多年平均地下水埋深为1.79 m<sup>[13]</sup>。研究区土壤主要理化性质见表1。

表1 土壤理化性质

土层深度(cm)	砂粒(%)	粉粒(%)	黏粒(%)	有机质(g/kg)	CEC(mmol/kg)	土壤容重(g/cm <sup>3</sup> )	土壤质地
0~20	69.03	15.21	14.86	7.86	270	1.54	砂壤土
20~40	72.11	13.02	14.87	6.65	272	1.62	砂壤土
40~60	40.14	42.21	17.89	6.74	276	1.36	砂壤土
60~80	52.13	34.48	13.82	2.74	281	1.40	壤土
80~100	53.11	34.14	12.75	2.69	276	1.42	壤土

### 2.2 试验设计

本试验在试验站大田中进行,9个试验小区,每个小区长4 m,宽3 m,面积12 m<sup>2</sup>,每个试验小区四周用红砖和防渗隔离带隔开,做成四周防止侧渗的无底侧坑,试验小区两旁具有春小麦保护区。本次试验根据灌溉定额,设置3个处理,每个处理重复3次,采用随机排列方式布置。

试验设置3种灌溉定额,T1(充分灌溉,100% ET<sub>c</sub>),T2(非充分灌溉,80% ET<sub>c</sub>),T3(非充分灌溉,60% ET<sub>c</sub>),ET<sub>c</sub>为春小麦的实际作物需水量,根据Penman-Monteith公式计算得到的ET<sub>0</sub>乘以春小麦的作物系数K<sub>c</sub>值得到,春小麦生育期内ET<sub>c</sub>值为360 mm<sup>[14]</sup>。根据春小麦不同生育阶段,结合当地实际经验,设置灌溉方案如表2所示。试验站具有管道供水到试验地,采用畦灌灌水方式,供水管道的末端安装有水表,可以用来精确控制每

次灌溉水量。供试作物为当地春小麦,品种为“永良4号”,于2016年3月20日播种,7月20日收获,全生育期为122天,出苗期(4月1日~4月15日),分蘖期(4月16日~5月4日),拔节期(5月5日~5月31日),抽穗期(6月1日~6月15日),灌浆期(6月16日~7月5日),成熟期(7月6日~7月20日)。春小麦播种密度为6×10<sup>6</sup>株/hm<sup>2</sup>,播种前整平试验地,一次性施入尿素150 kg/hm<sup>2</sup>、磷酸二按300 kg/hm<sup>2</sup>、钾肥225 kg/hm<sup>2</sup>。试验期间所有的农艺

表2 各处理灌溉方案 mm

处理	灌水定额				灌溉定额
	5月4日	5月30日	6月21日	7月2日	
T1	90	90	90	90	360
T2	72	72	72	72	288
T3	54	54	54	54	216

措施跟当地实际情况保持一致。2016年春小麦生育期内有效降雨量为52.4 mm。

### 2.3 测定项目与方法

在春小麦播种前、收获后和灌溉前后采用土钻分层获取土样,每个取样点都分为6层,分别为0~10、10~20、20~40、40~60、60~80、80~100 cm,每个取样点深度为0~100 cm;采用烘干法(土样在105℃烘箱内烘8 h)测定土壤的含水率。在春小麦出苗后,每7~10 d利用精度为0.01 m的钢卷尺测量春小麦的株高,在春小麦每一个生育期利用冠层分析仪来测定春小麦的叶面积指数,利用叶绿素仪测定春小麦叶片的叶绿素相对值,每个处理重复5次<sup>[15-16]</sup>。春小麦收获时进行考种和测产,分别测定春小麦的每穗粒数、每穗粒重、地上干物重和千粒重,每个处理重复5次;每个试验小区收割1 m<sup>2</sup>春小麦进行脱粒并晒干后进行测产,再换算成公顷产量。

## 3 结果与分析

### 3.1 土壤水分分布规律

由图1可以看出,各处理土壤水分分布规律基本类似,在春小麦抽穗期前各土层土壤含水率具有明显的分层现象,T1和T2处理表现出土壤含水率随着土壤深度的增加而增大,这主要是研究区6月份之前降雨较少,温度不高,土壤蒸发较小,土壤含水率在灌溉后随着土壤深度的增加而往下运移。T3处理表现出中层土壤(40~60 cm)和亚表层土壤(20~40 cm)的含水率高于表层土壤(0~20 cm)和深层土壤(60~100 cm),这主要是T3处理灌溉水量较少,土壤含水率主要集中在亚表层土壤和深层土壤,土壤水分较少运移到深层土壤。在抽穗期后(第3次灌水),各土层土壤含水率比较接近,含水率比较低,这主要是研究区6月份之后温度迅速升高,土壤蒸发强烈,春小麦抽穗-灌浆期耗水量大,植株蒸腾量也较大,因此各土层土壤含水率都较低。收获后与播种前相比各处理土壤含水率均呈现出逐渐减小的趋势。

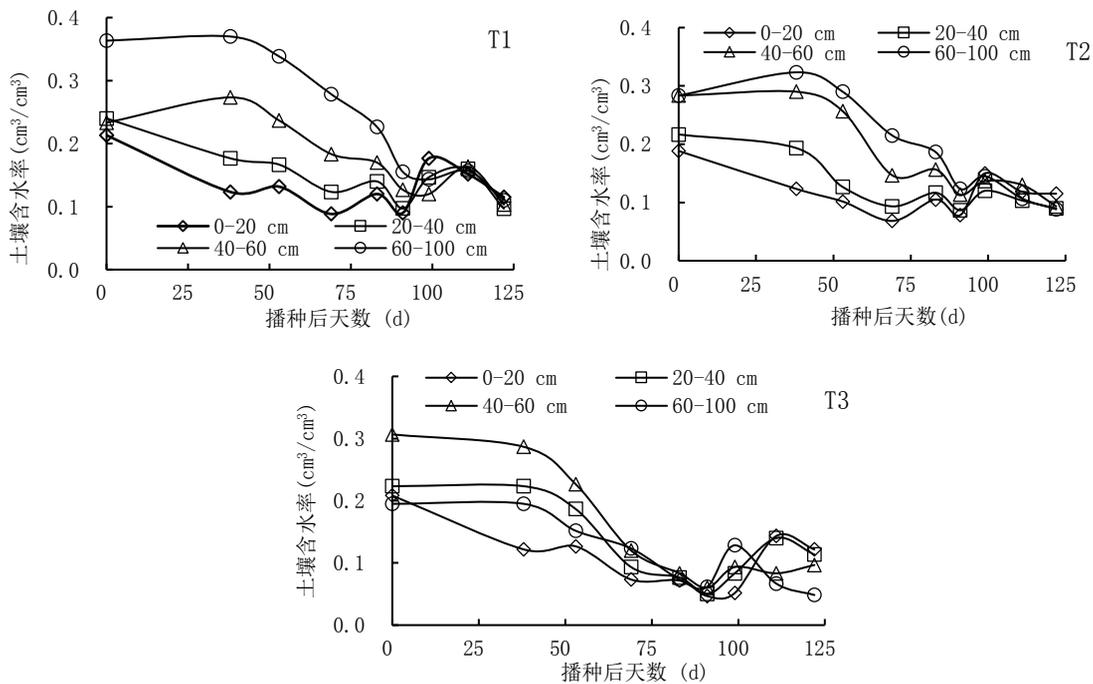


图1 不同处理土壤含水率变化规律

由图2可知,表层土壤(0~20 cm)在春小麦拔节期前,各处理的土壤含水率差别较小,拔节期后随着灌溉水量的增加,土壤含水率逐渐增大;亚表层土壤(20~40 cm)含水率变化比较明显,春小麦拔节期前T3处理含水率较高,拔节期-灌浆期T1和T2处理略高于T3处理,灌浆期后T1和T3处理略高于T2处理,可见亚表层土壤含水率变化比较剧烈;中层土壤(40~60 cm)春小麦第1次灌溉后各处理土壤含水率随着灌溉水量的增

加而增大;在深层土壤(60~100 cm)含水率随着灌溉水量的增加而增大,且各处理土壤含水率的差异性较大。综上所述,灌溉水量为100%ET和80%ET处理的土壤水分分布规律类似,在0~100 cm土层内土壤含水率随着土壤深度的增加而增大,60%ET处理的土壤含水率主要集中在亚表层土壤和深层土壤。

### 3.2 春小麦株高、叶面积指数和叶绿素相对值

图3显示,在春小麦抽穗期前,各处理的株高

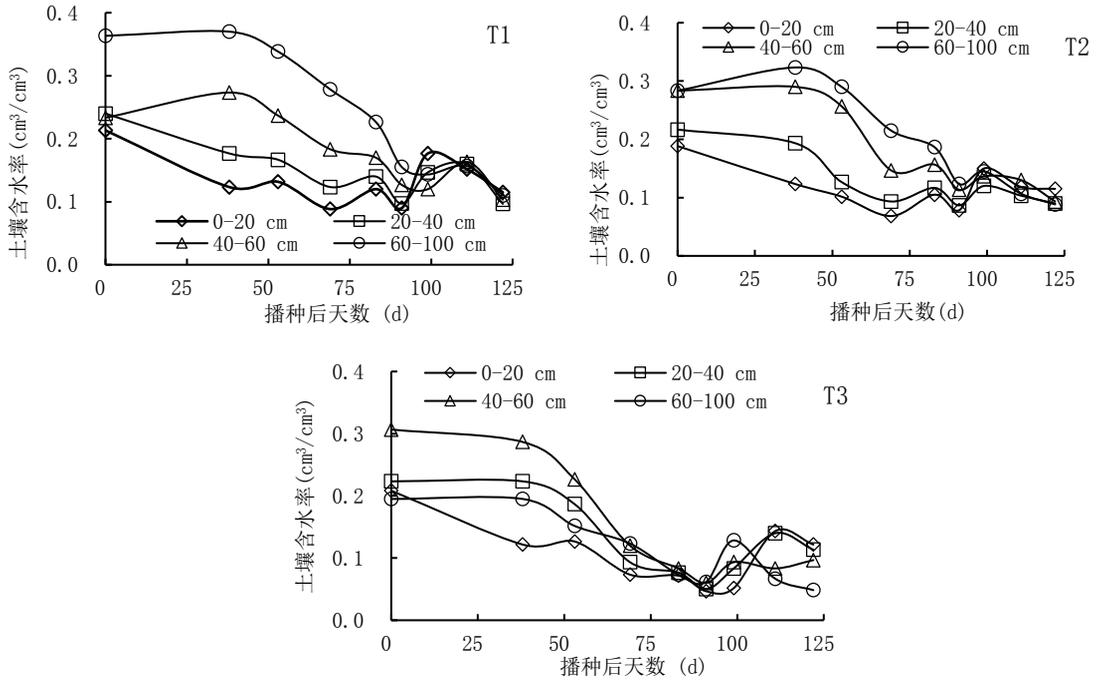


图2 不同土层土壤含水率变化规律

增长比较迅速,春小麦主要以生殖生长为主,各处理的株高值差异较小。在抽穗期后,各处理的株高变化较平缓,春小麦主要以营养生长为主,并且随着灌溉水量的减少,春小麦的株高也逐渐降低。生育末期,T1处理的株高为84.82 cm,T2和T3处理分别比T1处理的株高降低了5.75%和10.08%。

图4显示,春小麦叶面积指数变化规律与株高变化规律类似,在抽穗期前各处理的叶面积指数差异较小,抽穗期后各处理的叶面积指数差异

前,叶绿素含量增长比较快,灌浆期后叶绿素含

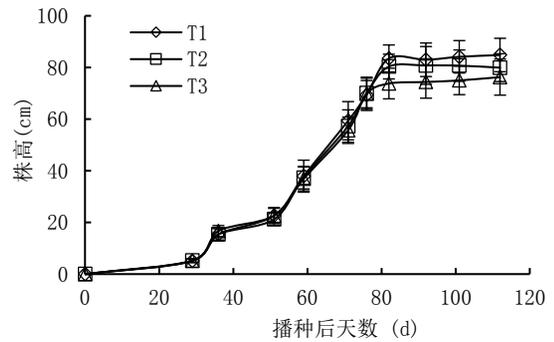


图4 春小麦叶面积指数变化规律

量具有逐渐降低的趋势。生育末期,T1处理的叶绿素相对值为51.34 cm,T2和T3处理分别比T1处理的叶绿素相对值降低了12.76%和28.40%。综上所述,受水分胁迫的影响,非充分灌溉能够降低春小麦的株高、叶面积指数和叶绿素相对值,灌溉水量为80%ET<sub>c</sub>的非充分灌溉对春小麦生长

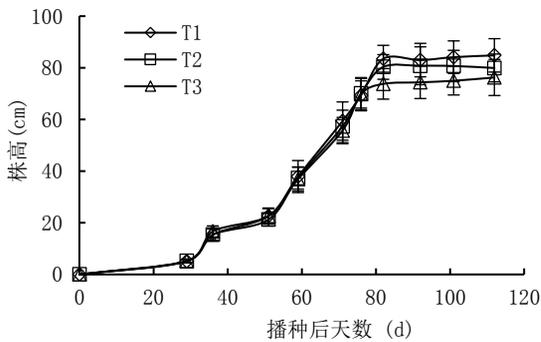


图3 春小麦株高变化规律

性明显,T1和T2处理高于T3处理,且各处理的叶面积指数在灌浆期后具有逐渐减小的趋势。生育末期,T1处理的叶面积指数为4.20 cm²/cm²,T2和T3处理分别比T1处理的叶面积指数降低了7.74%和36.31%。

图5显示,春小麦叶绿素含量的变化规律与叶面积指数的变化规律类似,在春小麦灌浆期

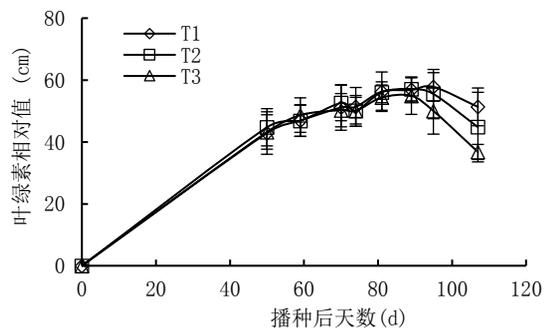


图5 春小麦叶绿素相对值变化规律

指标的影响较小。

### 3.3 春小麦产量及其构成要素

由表3可以看出,随着灌溉水量的减少,春小麦的每穗粒数、每穗粒重、地上干物重、千粒重和产量均呈现逐渐减少的趋势。以产量为例,T1处理的产量为7 428.52 kg/hm<sup>2</sup>,T2和T3处理分别比

T1处理降低了5.77%和18.92%。对不同灌溉处理的产量及其构成要素进行方差分析可知,不同灌溉处理对地上干物质重和产量的影响显著( $P < 0.05$ )。可见,非充分灌溉能够降低春小麦的产量及其构成要素,灌溉水量为80%ET<sub>c</sub>的非充分灌溉对春小麦产量及其构成要素的影响较小。

表3 春小麦产量及其构成要素

处理	每穗粒数(个)	每穗粒重(g)	地上干物重(g)	千粒重(g)	产量(kg/hm <sup>2</sup> )
T1	32.72(±6.31)a	1.62(±0.33)a	63.29(±10.12)a	49.50(±0.99)a	7 428.52(±1 053.73)a
T2	29.83(±6.74)a	1.42(±0.26)a	59.34(±6.30)b	48.53(±1.97)a	7 000.16(±855.65)b
T3	26.14(±6.42)b	1.03(±0.18)b	46.15(±8.07)c	40.58(±1.87)b	6 022.83(±561.94)c

注:同列小写字母相同表示差异不显著,小写字母不同表示在 $P=0.05$ 水平上差异显著;括号里数值表示标准偏差

## 4 结 论

土壤水分分布规律表明,在0~100 cm土层内,灌溉水量为100%ET<sub>c</sub>的充分灌溉和80%ET<sub>c</sub>的非充分灌溉土壤含水率随着土层深度的增加而增大,60%ET<sub>c</sub>的非充分灌溉土壤含水率主要集中在亚表层土壤和上层土壤。灌溉水量为80%ET<sub>c</sub>的非充分灌溉对春小麦生长和产量指标的影响较小,与充分灌溉相比,降低5%~13%;灌溉水量为60%ET<sub>c</sub>的非充分灌溉对春小麦生长和产量指标影响较大,与充分灌溉相比,降低10%~37%。在研究区采用灌溉水量为80%ET<sub>c</sub>的非充分灌溉,生育期内灌溉定额为288 mm,对春小麦生长及产量的影响较小,可以达到节水灌溉的目的。

### 参考文献:

[1] 李亮,史海滨,贾锦凤,等.内蒙古河套灌区荒地水盐运移规律模拟[J].农业工程学报,2010,26(1):31-35.  
 [2] 屈忠义,杨晓,黄永江.内蒙古河套灌区节水工程改造效果分析与评估[J].农业机械学报,2015,46(4):70-76.  
 [3] 李晓娟,关雯雯,张永平,等.河套灌区春小麦节水高产农艺措施优化[J].干旱地区农业研究,2015,33(4):134-140.  
 [4] 李晓娟.河套灌区春小麦节水高产生理基础及优化农艺措施研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2014.  
 [5] 李文彪,郑海春,郜翻身,等.内蒙古河套灌区春小麦推荐施肥指标体系研究[J].植物营养与肥料学报,2011,17(6):1327-1334.

[6] 张永平,谢岷,井涛,等.内蒙古河套灌区春小麦高产节水灌溉制度研究[J].麦类作物学报,2013,33(1):96-102.  
 [7] 胡淑玲.立体种植条件下作物需水量与非充分灌溉制度研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.  
 [8] 于泳.非充分灌溉对小麦套种与作物的影响与作物水模型研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.  
 [9] 褚桂红,杨丽霞.非充分灌溉对冬小麦产量及水分利用效率影响研究[J].节水灌溉,2016(8):54-56.  
 [10] 魏志莉,李强,曹晓华,等.泾惠渠灌区冬小麦非充分灌溉模式研究[J].节水灌溉,2018(6):46-51.  
 [11] Tari A F. The effects of different deficit irrigation strategies on yield, quality, and water-use efficiencies of wheat under semi-arid conditions[J]. Agricultural Water Management, 2016, 167: 1-10.  
 [12] Li Q Q, Bian C Y, Liu X H, et al. Winter wheat grain yield and water use efficiency in wide-precision planting pattern under deficit irrigation in North China Plain[J]. Agricultural Water Management, 2015, 153:71-76.  
 [13] 李亮,史海滨,赤江刚夫,等.内蒙古河套灌区耕地与荒地间水盐补排规律的研究[J].灌溉排水学报,2010,29(5):73-77.  
 [14] 贾德彬,刘艳伟,张永平,等.内蒙古河套灌区春小麦高效用水灌溉制度研究[J].干旱区资源与环境,2008(5):174-177.  
 [15] 孙云云,才源,高玉山,等.滴灌条件下大豆高产水分管理技术研究[J].东北农业科学,2016,41(6):41-44.  
 [16] 张伟,邱强,赵婧,等.基于大豆叶绿素含量和生物产量积累的不同铁效率品种鉴定[J].东北农业科学,2016,41(4):8-13.

(责任编辑:刘洪霞)