

# 不同生育期灌水和施氮对河西地区 春小麦生长和产量的影响

寇雯萍,张富仓\*,冯磊磊,张鹏,吴立峰

(西北农林科技大学旱区农业水土工程教育部重点实验室,陕西杨凌 712100)

**摘要:**通过大田小区试验,设置4个氮肥水平和6个不同生育期灌水处理,研究了不同生育期灌水和施氮对河西地区春小麦的生长及产量的影响。结果表明:与春小麦各个生育期都灌水(CK)相比,苗期、拔节期、抽穗期以及苗期+灌浆期不灌水对春小麦的株高、叶面积指数(LAI)和干物质的累积都有显著的影响,其中苗期、苗期+灌浆期不灌水对株高、叶面积指数(LAI)和干物质的累积量影响最大。在平均氮肥水平下,苗期、拔节期、抽穗期、灌浆期以及苗期+灌浆期不灌水春小麦的产量与对照相比分别降低25.63%、11.88%、13.67%、10.38%及34.06%。因此,苗期不灌水和苗期+灌浆期不灌水对春小麦的产量影响最大,其次为抽穗期不灌水、拔节期不灌水和灌浆期不灌水。施氮对不同生育期灌水的春小麦的株高、叶面积指数(LAI)、干物质的累积量、收获指数(HI)、穗粒数、有效小穗数和产量都有显著的促进作用。

**关键词:**春小麦;不同生育期灌水;产量;施氮

**中图分类号:** S512.1\*2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)03-0001-06

近些年以来,随着甘肃石羊河流域人口的急剧增长和工农业的快速发展,由于过度开发利用,水资源分布发生了较为明显的变化,人水的矛盾逐步加剧,农业生态环境越来越恶化,最终产生了一系列生态、经济和社会问题,水资源的可持续发展已成为该流域农业可持续发展的关键<sup>[1]</sup>。该地区农业用水量占水资源利用总量的70%~90%,农业灌溉用水和供水矛盾十分突出<sup>[2]</sup>。由于地面灌溉仍然是该地区主要的灌水方式,大水漫灌现象比较普遍,加之近些年来农田化肥施用量的增加,造成了水肥资源的严重浪费,导致了系列农田环境问题。因此,合理的灌水施肥,提高作物的水肥利用效率,对于改善该地区的农田水肥环境有重要作用。目前对河西地区作物的节水灌溉特别是调亏灌溉有大量的研究报道<sup>[3-8]</sup>,但就不同生育期灌水和氮肥水平结合对作物的生长和产量方面报道较少。本文通过大田试验,研究了不同生育期灌水和施氮对春小麦的生长发育及产量和产量构成的影响,以期为进一步研究石羊河流域春小麦的生长和产量提供理论依据<sup>[9-15]</sup>。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况与试验设计

本试验以甘肃省武威地区主要种植小麦品种永

良4号为试验材料,于2009年3~7月在中国农业大学石羊河流域农业与生态节水试验站进行。试验区位于甘肃省武威市,地处腾格里沙漠边缘(37°50'49"N,102°51'01"E)。海拔高度1500 m,为大陆性温带干旱气候,该地区年平均气温8℃,>0℃积温3550℃以上,干旱指数15~25。年均日照时数3000 h以上,年均降水量160 mm,年均水面蒸发量2000 mm以上,土壤质地为灰钙质轻砂壤土,根层土壤干容重为1.32 g/cm<sup>3</sup>,田间持水量为36.58%(体积含水率),地下水埋深达25~30 m。

试验设不同生育期灌水和施氮水平2个因素,不同生育期灌水,分别设苗期不灌水(T1)、拔节期不灌水(T2)、抽穗期不灌水(T3)、灌浆期不灌水(T4)及苗期+灌浆期不灌水(T5)5个处理,另外设一个全生育期都灌水处理(CK)作为对照。灌水与不灌水以灌水量来控制,灌水的每个生育期灌水定额均为90 mm,全生育期总共灌4次水。施氮设4个水平,分别为0 kg/hm<sup>2</sup>(N<sub>0</sub>)、60 kg/hm<sup>2</sup>(N<sub>1</sub>)、120 kg/hm<sup>2</sup>(N<sub>2</sub>)和180 kg/hm<sup>2</sup>(N<sub>3</sub>)。试验共24个处理,每个处理重复2次,共计48个小区,小区面积为15 m<sup>2</sup>(3 m×5 m),采用随机区组排列并设有保护区。氮肥选用尿素,施氮水平为0、60、120 kg/hm<sup>2</sup>的播前一次性施入,为了保证出苗率,施氮为180 kg/hm<sup>2</sup>的处理

收稿日期:2009-11-20

基金项目:国家自然科学基金(50879073);国家科技支撑计划(2007BAD88B10)

作者简介:寇雯萍(1981—),女,甘肃靖远人,硕士,研究方向为节水灌溉理论与技术。E-mail: wenpingkou666@163.com。

\*通讯作者:张富仓(1962—),男,陕西武功人,教授,博士生导师,主要从事节水灌溉理论与技术的研究。E-mail: zhangfc@nwsuaf.edu.cn。

分两次施入,播前施 1/2,第一次灌水追施 1/2。磷肥选用重过磷酸钙,作为底肥深翻土地前一次性均匀撒施,施磷量为 525 kg/hm<sup>2</sup> 重过磷酸钙(主要成分 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)。春小麦于 3 月 21 日播种,7 月 20 日收获。试验灌溉水源为机井水,灌水量用精确水表控制。春小麦整个生育期的降雨量及灌水时间见图 1。

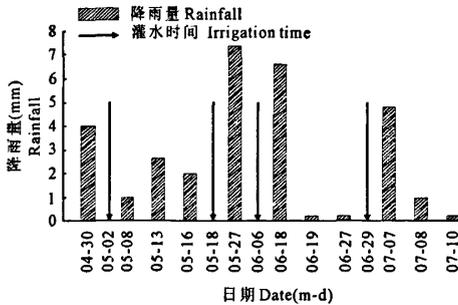


图 1 生育期的降水量及灌水时间

Fig.1 Rainfall and irrigation time in growth period

## 1.2 测定与分析方法

**株高:**不同生育期阶段,在处理的小区随机选取 10 株能够代表小区整体长势的植株测定春小麦的株高,用米尺测定。

**叶面积指数(LAI):**不同生育期阶段,用北京奥作生态仪器有限公司生产 Sunscan 冠层分析仪测定叶面积指数。测定时分别在每一个处理内的南北和东西方向测 2 次叶面积指数,取平均值作为该处理的叶面积指数(LAI)。

**产量及产量构成:**每处理随机选取 20 个麦穗测其穗长、有效小穗数,脱粒烘干后称重得总穗粒数(每穗粒数 = 总穗粒数/20);千粒重:用称重法获得。每处理取 1 m<sup>2</sup> 成熟小麦脱粒测产,再换算成每公顷的春小麦产量。

**收获指数:**收获指数 = 产量/单位面积干物质的累积量。

所得试验数据用 DPS 统计分析软件处理,首先对不同处理间的指标进行方差分析,若差异显著,再进行 Duncan 多重比较 ( $P \leq 0.05$  显著水平和  $P \leq 0.01$  极显著水平)。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同生育期灌水和施氮对春小麦株高的影响

由表 1 可以看出,与各个生育期都灌水(CK)相比,在不同的施氮水平下,苗期不灌水、拔节期不灌水、抽穗期不灌水及苗期 + 灌浆期不灌水的春小麦的株高差异显著。苗期不灌水春小麦的株高在任何

生长时期和施氮水平下都低于对照。苗期(播后 47 d) N<sub>0</sub>、N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>、N<sub>3</sub> 处理的春小麦株高与对照相比分别降低了 10.52%、11.79%、24.98% 和 20.53%;拔节期(播后 58 d)、抽穗期(播后 79 d)和灌浆期(播后 106 d) N<sub>0</sub>、N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>、N<sub>3</sub> 处理的株高分别比对照降低了 29.81%、28.95%、37.37%、30.00% 和 2.77%、17.26%、22.03%、22.00% 及 2.91%、18.36%、21.69%、22.48%。拔节期(播后 58 d)和不灌水的春小麦 N<sub>0</sub>、N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>、N<sub>3</sub> 处理的株高与对照相比分别降低了 5.95%、2.63%、10.55% 和 3.13%,抽穗期(播后 79 d)和灌浆期(播后 106 d) N<sub>0</sub>、N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>、N<sub>3</sub> 处理分别比对照降低了 4.39%、8.04%、8.39%、9.48% 和 2.26%、6.93%、7.11%、7.81%。抽穗期(播后 79 d)不灌水春小麦 N<sub>0</sub>、N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>、N<sub>3</sub> 处理的株高与对照相比分别降低了 3.44%、3.82%、6.07%、8.57%;在灌浆期(播后 106 d) N<sub>0</sub>、N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>、N<sub>3</sub> 处理的株高与对照相比分别降低了 1.97%、4.27%、6.81%、9.30%。苗期 + 灌浆期不灌水处理的株高在任何施氮水平均显著低于对照,苗期(播后 47 d) N<sub>0</sub>、N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>、N<sub>3</sub> 处理的株高与对照相比分别降低了 11.53%、14.75%、0.69% 和 20.33%,拔节期(播后 58 d)、抽穗期(播后 79 d)和灌浆期测定的 N<sub>0</sub>、N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>、N<sub>3</sub> 处理的株高分别比对照降低了 26.11%、27.01%、33.18%、28.21% 和 0.05%、7.71%、13.75%、17.38% 以及 0.22%、8.73%、14.32%、18.17%。不同生育期灌水春小麦的株高,随着施氮量的增加呈增大趋势,表明施氮对春小麦的株高有一定的补偿作用。

### 2.2 不同生育期灌水和施氮对春小麦叶面积指数的影响

由表 2 可知,与各个生育期都灌水(CK)相比,在不同施氮水平下,苗期不灌水、拔节期不灌水、抽穗期不灌水及苗期 + 灌浆期不灌水对春小麦后期 LAI 的差异显著。

苗期不灌水春小麦的 LAI 在任何生长时期和施氮水平下都低于对照,苗期(播后 51 d) N<sub>0</sub>、N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>、N<sub>3</sub> 处理的春小麦的叶面积指数与对照相比分别降低 12.84%、20.00%、31.25% 和 32.42%;拔节期(播后 58 d)、抽穗期(播后 81 d)和灌浆期(播后 106 d) N<sub>0</sub>、N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>、N<sub>3</sub> 处理的 LAI 分别比对照降低 29.60%、36.81%、36.92%、56.58% 和 28.83%、38.92%、50.00%、44.87% 及 5.85%、30.71%、42.22%、15.70%。拔节期(播后 58 d)不灌水春小麦在 N<sub>0</sub>、N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>、N<sub>3</sub> 处理的 LAI 与对照相比分别降低 16.00%、26.38%、16.92% 和 15.69%;抽穗期(播后 81 d)和灌浆期(播后 106 d) N<sub>0</sub>、N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>、N<sub>3</sub> 处理分别比对照

降低 15.34%、-12.32%、13.04%、12.82% 和 18.62%、19.48%、11.67%、11.39%。抽穗期(播后 81 d)不灌水  $N_0$ 、 $N_1$ 、 $N_2$ 、 $N_3$  处理的春小麦 LAI 与对照相比分别降低 22.09%、1.48%、14.60%、4.36%;灌浆期(播后 106 d)  $N_0$ 、 $N_1$ 、 $N_2$ 、 $N_3$  处理的 LAI 与对照相比分别降低 0.00%、23.22%、20.00%、10.63%。苗期+灌浆期不灌水(T5)处理的 LAI 在任何施氮水平均显著低于对照,苗期(播后 51 d)  $N_0$ 、 $N_1$ 、 $N_2$ 、 $N_3$  处

理的 LAI 与对照相比分别降低 8.26%、17.69%、26.25% 和 24.66%,拔节期(播后 58 d)、抽穗期(播后 81 d)  $N_0$ 、 $N_1$ 、 $N_2$ 、 $N_3$  处理分别比对照降低 28.00%、31.90%、39.49%、56.58% 和 25.77%、28.08%、46.58%、42.31%,和灌浆期测定的  $N_0$ 、 $N_1$ 、 $N_2$ 、 $N_3$  处理与对照相比分别降低 25.53%、52.43%、16.67%、14.43%。不同生育期灌水春小麦的 LAI 随着施氮量的增加而呈现增大的趋势。

表 1 不同生育期灌水和施氮对春小麦株高的影响

Table 1 Effect of irrigation at different growth stages and nitrogen fertilization on plant height of spring wheat

不同生育期灌水处理 Irrigation treatment	施氮水平 Nitrogen level	播种后的天数 Days after sowing (d)			
		47	58	79	106
CK	$N_0$	28.06d	49.51ed	64.93jk	65.13hi
	$N_1$	31.28c	50.65c	74.201f	74.96d
	$N_2$	35.17b	56.28ab	79.49bc	80.13b
	$N_3$	36.11ab	57.94ab	84.34a	84.99a
T1	$N_0$	25.39e	38.14i	63.18jkl	63.29j
	$N_1$	27.98d	39.28hi	63.28jkl	63.33j
	$N_2$	28.14d	40.97gh	65.14j	65.85h
	$N_3$	29.96c	44.57f	68.93i	69.39g
T2	$N_0$	27.99d	46.73ef	62.20l	63.69ij
	$N_1$	30.48c	49.35cd	68.68i	70.10fg
	$N_2$	34.82b	50.91c	73.34fg	74.81d
	$N_3$	36.31ab	56.18b	77.04de	78.83bc
T3	$N_0$	28.08d	46.63ef	62.77kl	63.87ij
	$N_1$	30.85c	49.32cd	71.47gh	71.89e
	$N_2$	35.27b	56.71ab	74.94f	75.02d
	$N_3$	37.04a	58.59a	77.68cd	77.76c
T4	$N_0$	28.24d	48.23de	64.89jk	65.72h
	$N_1$	31.68c	49.29cd	75.12ef	71.23ef
	$N_2$	34.93b	56.31ab	80.31b	79.62b
	$N_3$	36.41ab	58.13ab	83.84a	84.37a
T5	$N_0$	25.16e	39.26hi	64.90jk	64.99hi
	$N_1$	27.26d	39.88hi	68.89i	68.94g
	$N_2$	34.93b	42.26g	69.88hi	70.09fg
	$N_3$	30.01c	45.19f	71.85gh	71.92e
显著性检验(F值) Significant level (F value)					
灌溉 Irrigation		9.07**	63.31**	9.40**	8.52**
氮肥水平 Nitrogen level		33.92**	42.34**	26.77**	26.58**
水分×氮肥水平 Irrigation × Nitrogen level		7.32**	4.40**	17.03**	31.55**

注: \* 表示差异显著; \*\* 表示差异极显著;小写字母等分别表示  $P=5\%$  水平下显著性差异,以下同。

Note: \* means significant difference, while \*\* means much significant difference; a, b and c means significant difference in Duncan ( $P=0.05$ ). They are the same in the following.

表 2 不同生育期灌水和施氮对春小麦叶面积指数(LAI)的影响

Table 2 Effect of irrigation at different growth stages and nitrogen fertilization on leaf area index of spring wheat

不同生育期灌水处理 Irrigation treatment	施氮水平 Nitrogen level	播种后的天数 Days after sowing (d)			
		51	58	81	106
CK	N <sub>0</sub>	1.09fgh	1.25fghij	1.63ef	1.88hij
	N <sub>1</sub>	1.30de	1.63cdef	2.03d	2.67fg
	N <sub>2</sub>	1.60bc	1.95cd	3.22b	3.60abc
	N <sub>3</sub>	2.19a	3.57a	3.90a	3.95a
T1	N <sub>0</sub>	0.95h	0.88j	1.16i	1.77ijk
	N <sub>1</sub>	1.04gh	1.03j	1.24hi	1.85hij
	N <sub>2</sub>	1.10fgh	1.23fghij	1.61ef	2.08hi
	N <sub>3</sub>	1.48od	1.55defgh	2.15d	3.33cde
T2	N <sub>0</sub>	1.04gh	1.05j	1.38fghi	1.53jk
	N <sub>1</sub>	1.25ef	1.20ghij	2.28d	2.15hi
	N <sub>2</sub>	1.60bc	1.62cdef	2.80c	3.18cde
	N <sub>3</sub>	2.22a	3.01b	3.40b	3.50abcd
T3	N <sub>0</sub>	1.12efgh	1.14hij	1.27ghi	1.88hij
	N <sub>1</sub>	1.26ef	1.51efghi	2.00d	2.05hi
	N <sub>2</sub>	1.70b	1.98c	2.75c	2.88ef
	N <sub>3</sub>	2.28a	3.62a	3.73a	3.53abc
T4	N <sub>0</sub>	1.12efgh	1.16hij	1.50efg	1.45jk
	N <sub>1</sub>	1.30de	1.59cdefg	2.20d	2.32gh
	N <sub>2</sub>	1.56bc	1.90cde	3.28b	3.45abcd
	N <sub>3</sub>	2.21a	3.601a	3.46b	3.85ab
T5	N <sub>0</sub>	1.00gh	0.90j	1.21hi	1.40jk
	N <sub>1</sub>	1.07fgh	1.11ij	1.46efgh	1.27k
	N <sub>2</sub>	1.18efg	1.18ghij	1.72e	3.00def
	N <sub>3</sub>	1.65bc	1.55defgh	2.25d	3.38bcde
显著性检验(F值) Significant level (F value)					
灌溉 Irrigation		8.61**	5.01**	9.79**	3.82*
氮肥水平 Nitrogen level		60.24**	22.95**	35.99**	51.28**
水分×氮肥水平 Irrigation×Nitrogen level		4.83**	10.14**	13.29**	3.77**

### 2.3 不同生育期灌水和施氮对春小麦的产量和产量构成要素的影响

表 3 为不同生育期灌水和施氮对春小麦的产量和产量构成要素的影响。与各个生育期都灌水(CK)相比,不同生育期灌水对春小麦的穗粒数、产量、地上干物质的累积量和收获指数(HI)都具有显著影响,但春小麦的千粒重差异不显著。施氮对春小麦的产量及产量构成都具有一定的促进作用。与全生育期灌水(CK)相比,苗期不灌水、拔节期不灌水、抽穗期不灌水、苗期+灌浆期不灌水的春小麦的穗粒数差异显著,且在 N<sub>0</sub>、N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>、N<sub>3</sub> 处理下分别比对照降低 22.41%、18.42%、26.20%、28.65%、8.23%、5.04%、11.30%、18.47%、3.11%、-1.18%、8.00%、15.94% 及 22.64%、19.56%、

28.95%、28.10%。苗期不灌水、拔节期不灌水、抽穗期不灌水、灌浆期不灌水和苗期+灌浆期不灌水的春小麦 N<sub>3</sub> 处理下有效小穗数与对照相比差异显著,且分别比对照降低 14.51%、11.80%、14.35%、10.84%、9.83%。苗期不灌水、拔节期不灌水、抽穗期不灌水、灌浆期不灌水和苗期+灌浆期不灌水的春小麦的产量 N<sub>0</sub>、N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>、N<sub>3</sub> 处理分别比对照降低 22.49%、21.10%、40.54%、16.06%、11.65%、10.83%、15.25%、9.47% 和 23.56%、1.98%、5.18%、24.59%、25.62%、18.59%、5.52%、4.29% 及 30.91%、36.69%、43.22%、25.03%。苗期不灌水、拔节期不灌水、抽穗期不灌水、灌浆期不灌水和苗期+灌浆期不灌水春小麦的干物质的累积量 N<sub>0</sub>、N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>、N<sub>3</sub> 处理与对照相比分别降低 37.81%、

36.35%、31.92%、36.70%、13.62%、15.07%、2.86%、27.69%、3.60%、3.65%、9.62%、20.10%、16.99%、12.65%、6.26%、16.46%和38.00%、39.13%、37.10%、39.84%。灌浆期不灌水的春小麦收获指数(HI) $N_3$ 处理与对照相比增加37.78%，

此时春小麦收获指数(HI)达到最大0.62；抽穗期不灌水 $N_0$ 处理的春小麦收获指数(HI)最小。由于养分和水分供应不足，虽然干物质累积量高，但没有很好地向籽粒转移。

表3 不同生育期灌水和施氮对春小麦产量和产量构成要素的影响

Table 3 Effect of irrigation at different growth stages and nitrogen fertilization on yield and yield components of spring wheat

不同生育期 灌水处理 Irrigation treatment	施氮水平 Nitrogen level	穗粒数 Grains per spike	有效小穗数/m <sup>2</sup> (个) Effective small ears	千粒重(g) 1000-grain weight	产量(kg/hm <sup>2</sup> ) Yield	干物质(kg/hm <sup>2</sup> ) Dry matter	收获指数 Harvest index
CK	$N_0$	25.80bcde	6766e	48.10ab	4802.50g	12387.44ghi	0.39k
	$N_1$	26.20bcde	6860e	48.89ab	5908.70e	12984.61fg	0.46fghij
	$N_2$	26.30bcde	7985bc	49.62ab	8127.76a	14274.32cd	0.57bc
	$N_3$	40.65a	9376a	46.80ab	8287.34a	18557.71a	0.45ghij
T1	$N_0$	24.20bcde	6766e	47.74ab	3722.41i	7703.85p	0.48efg
	$N_1$	21.40de	6844e	48.71ab	4662.18g	8265.07p	0.56bc
	$N_2$	20.00e	6813e	41.57b	4832.44g	9717.36n	0.50ef
	$N_3$	29.00bcde	8016bc	47.48ab	6956.78c	11746.50ijk	0.59abc
T2	$N_0$	24.65bcde	6860e	50.03ab	3572.24ij	10700.66lm	0.33i
	$N_1$	29.10bcde	7611cd	50.39ab	4810.30g	11027.39kl	0.44hij
	$N_2$	30.05bcd	8079bc	48.23ab	7679.04b	13866.30de	0.55cd
	$N_3$	33.10ab	8251bc	50.25ab	8249.27a	13419.21ef	0.62a
T3	$N_0$	27.95bcde	7063de	48.71ab	3670.88i	11941.91hij	0.31i
	$N_1$	33.50ab	8032bc	48.89ab	5791.99e	12510.94gh	0.46fghi
	$N_2$	27.60bcde	7751bc	47.42ab	7707.10b	12901.76fg	0.60ab
	$N_3$	28.15bcde	8031bc	46.67ab	6249.47d	14827.72c	0.42ijk
T4	$N_0$	28.25bcde	7063de	47.81ab	4242.77h	10283.26mn	0.41jk
	$N_1$	26.95bcde	7000de	47.27ab	5268.98f	11341.61jkl	0.46fghi
	$N_2$	27.30bcde	7875bc	46.61ab	6887.94c	13380.12ef	0.51de
	$N_3$	30.00bcd	8360b	45.92ab	7502.70b	15503.06b	0.48efg
T5	$N_0$	19.95e	6625e	47.81ab	3318.01j	7680.40p	0.43hij
	$N_1$	22.55cde	6375e	41.86ab	3740.82i	7903.95p	0.47efgh
	$N_2$	23.30cde	7032de	46.60ab	4614.91g	8977.92o	0.51de
	$N_3$	31.70bc	8454b	50.76a	6213.36d	11164.95kl	0.56bcd
灌溉 Irrigation		2.60	1.91	1.24	5.38**	32.22**	1.04
氮肥水平 Nitrogen level		5.50**	14.92**	0.62	28.11**	33.39**	7.40**
水分×氮肥水平 Irrigation × Nitrogen level		1.42	4.23**	0.77	49.81**	11.43**	19.41

### 3 结论

本文研究了不同生育期灌水和施氮对河西地区春小麦生长和产量的影响。结果表明:不同生育期灌水和施氮对春小麦的株高、叶面积指数(LAI)和干物质的累积量都具有不同程度的影响。与春小麦各个生育期都灌水(CK)相比,苗期、拔节期、抽穗期以及苗期+灌浆期不灌水对春小麦的株高、叶面积指

数(LAI)和干物质的累积都有显著的影响,其中苗期、苗期+灌浆期不灌水对株高、叶面积指数(LAI)和干物质的累积量影响最大。

不同生育期灌水和施氮对春小麦的产量和产量的构成产生不同的影响。在平均氮肥水平下,苗期、拔节期、抽穗期、灌浆期以及苗期+灌浆期不灌水春小麦的产量与对照相比分别降低25.63%、11.88%、13.67%、10.38%及34.06%。因此,苗期不灌水和

苗期 + 灌浆期不灌水对春小麦的产量影响最大,其次为抽穗期不灌水、拔节期不灌水和灌浆期不灌水。施氮对不同生育期灌水的春小麦的株高、叶面积指数(LAI)、干物质的累积量、收获指数(HI)、穗粒数、有效小穗数和产量都有显著的促进作用。

#### 参考文献:

- [1] [1] 邓生菊,陈 炜.石羊河流域水资源可持续发展的问题与思路[J].社科纵横,2009,5(5):24—27.
- [2] 杜 群.西北地区水资源可持续管理与防治土地退化的区域政策—以石羊河流域为例[J].资源科学,2004,26(6):77—82.
- [3] Zhang Bu-chong, Li Feng-min, Huang Gao-bao, et al. Yield performance of spring wheat improved by regulated deficit irrigation in an arid area[J]. Agricultural Water Management, 2006,79:28—42.
- [4] 张步群,黄高宝,李凤民.调亏灌溉对河西绿洲灌区春小麦产量构成要素的影响研究[J].灌溉排水学报,2006,25(5):26—29.
- [5] 王 锋,康绍忠,王振昌.甘肃民勤荒漠绿洲区调亏灌溉对西瓜水分利用效率、产量与品质的影响[J].干旱地区农业研究,2007,25(4):123—129.
- [6] 康绍忠,蔡焕杰,陈 勇,等.河西石羊河流域高效农业节水的途径与对策[J].干旱地区农业研究,1996,14(1):10—17.
- [7] 汤 莹,郭永杰,蔡德荣.调亏灌溉对河西绿洲春小麦生长发育和产量的影响[J].甘肃农业科技,2002,(6):22—24.
- [8] 张步群,李凤民,黄高宝,等.干旱环境条件下春小麦适度调亏灌溉的产量效应[J].灌溉排水学报,2005,24(6):38—40.
- [9] 张 磊,李福生,王连喜,等.不同灌溉量对春小麦生长及产量构成的影响[J].干旱地区农业研究,2009,27(4):46—49.
- [10] Pandey R K, Maranville J W, Admou A. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment I. Grain yield and yield components[J]. Agricultural Water Management, 2000,46:1—13.
- [11] 关军锋,李广敏.干旱条件下施肥效应及其作用机理[J].中国生态农业学报,2003,10(1):59—61.
- [12] 徐学选,陈国良,穆兴民.水肥对春小麦产量的效应研究[J].干旱地区农业研究,1995,13(2):34—38.
- [13] 马 强,宇万太,沈善敏,等.旱地农田水肥研究进展[J].应用生态学报,2007,18(3):665—673.
- [14] 于亚军,李 军,贾志宽,等.旱作农田水肥耦合研究进展[J].干旱地区农业研究,2005,23(3):220—224.
- [15] 文宏达,刘玉柱,李晓丽,等.水肥耦合与旱地农业持续发展[J].土壤与环境,2002,11(3):315—318.

## Effect of irrigation at different growth stages and nitrogen fertilization on growth and yield of spring wheat in Hexi area

KOU Wen-ping, ZHANG Fu-cang\*, FENG Lei-lei, ZHANG Peng, WU Li-feng

(Key Laboratory of Agricultural Soil and Water Engineering in Arid and Semiarid Areas, Ministry of Education, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** The field experiment was conducted and four nitrogen levels and six irrigation treatments at different growth stages were designed to study the effect of irrigation at different growth stages and nitrogen fertilizer on growth and yields of spring wheat in Hexi area. The results showed that there had significantly effect on plant height, leaf area index (LAI) and dry matter accumulation of no irrigation treatments at the seedling stage, jointing stage, heading and filling stage, seedling stages + heading and filling stage compared with the treatment of irrigation at whole growth stages(CK), the treatments of no irrigation at the seedling stage and seedling stages + heading and filling stage had more significant impact on plant height, leaf are index(LAI) and dry matter accumulation. At the average nitrogen rate, compared with CK, the yield of spring wheat was decreases by 25.63%、11.88%、13.67%、10.38% and 34.06%, respectively, with the no irrigation treatments of seedling, jointing, heading, grain filling stage, the seedling stage + filling stage, a significant effect on spring stage, followed by the no irrigation in heading and jointing stage + filling stage. There had significantly improve effect on plant height, leaf area index(LAI), dry matter accumulation, harvest index(HI) kernel number, effective number of per spike/m<sup>2</sup> and yields of the spring wheat with nitrogen fertilization rate increases.

**Keywords:** spring wheat; irrigation at different growth stages; yield; nitrogen fertilization