

不同灌水及施肥措施对冬小麦生长及产量影响的试验研究

杜娟娟, 李粉婵

(山西省水利水电科学研究院, 太原 030002)

摘要:为了探明水肥对小麦生长和产量的影响,于2011—2014年在山西省临汾市灌溉试验站进行冬小麦田间试验,研究了不同水肥条件对冬小麦叶面积、干物质量、产量等的影响以及施肥量、水量与产量之间的关系。结果表明,改善水氮状况,可以有效提高植株的叶面积,处理3各时期的叶面积的平均值比处理2高出32.3%。在灌溉供水相对受限或降水相对较少的2012—2013年度,水是限制氮肥肥效发挥的一个重要因素,各不同施氮处理之间干物质量差异不显著($P < 0.05$),且该年份的处理2地上干物质量增加较缓慢,在3个年度中是最低的。在相同的供水水平下,施肥量与小麦产量呈抛物线关系,且氮肥用量与供水量之间有明显的正交互作用。在冬小麦的生长培育过程中,通过改善水氮条件,可以有效提高其叶面积及干物质量,达到高产高效的目的。

关键词:冬小麦;水肥条件;生长状况;产量;正交互

中图分类号: S158.3

文献标志码: A

doi:10.13522/j.cnki.ggps.2017.09.006

杜娟娟,李粉婵.不同灌水及施肥措施对冬小麦生长及产量影响的试验研究[J].灌溉排水学报,2017,36(9):30-34.

0 引言

小麦是我国的主要粮食作物之一,其产量高低对国家粮食安全有重要影响^[1]。水分和氮素是影响小麦产量的重要因素,而水资源短缺是造成小麦减产的重要原因^[2],尤其是我国的北方地区。为了追求高产,人们在农业生产过程中常常会过量灌水和施氮,这不仅导致水肥资源的不合理利用,且氮素的盈余与淋失也会引发一系列环境问题^[3]。因而在实现小麦高产的同时,应兼顾生态环境效益。为缓解目前存在的主要矛盾,在以当地的农业生产环境为支撑^[2]的条件下,实现水肥的高效利用,有必要明确不同的水肥条件与冬小麦生长以及产量之间的相互关系。为此,以山西省临汾市2011—2014年冬小麦为研究对象,探讨不同的水肥对叶面积、地上部分干物质量及产量等的影响,研究不同施肥量、灌水量与产量之间的相互关系,以期为该区冬小麦节水高效生产提供一定理论依据。

1 材料与方方法

1.1 研究区概况

试验于2011年10月—2014年6月在山西省临汾市灌溉试验站(111°18'38"E,36°06'00"N)进行。试验站位于临汾市尧都区刘村镇东宜村西,当地海拔449 m,属温带大陆性气候,四季分明,雨热同期。该站多年平均气温为12.1℃,降雨量为486.7 mm左右,蒸发量为1 568 mm(采用20 cm口径蒸发皿计量)。灌溉水源主要为龙子祠泉水和试验站井水。试验田土壤为中壤土,田间持水率为25.7%,地下水埋深在3 m以内,0~100 cm土壤剖面平均体积质量为1.42 g/cm³。

1.2 试验设计

试验采用地面畦灌方法灌水,撒施追肥,追肥后立即灌水。灌水量用水表计量,施肥量称质量计。按照水分和肥料二因素进行区组设计。试验田土质和土壤肥力均匀,地面平整。为便于试验管理,每个处理设3个重复,重复小区相邻布置,小区规格为20.0 m×3.3 m。试验方案中,单次灌水定额设定为75 mm,灌水

收稿日期:2016-04-22

基金项目:实时灌溉预报与输配水标准化技术与设备;国家科技支撑计划项目(2012BAD08B01)

作者简介:杜娟娟(1989-),女。硕士研究生,主要从事水资源、节水灌溉研究。E-mail: 425964694@qq.com

时间、中等施肥水平以及施肥时间均参照当地农户的管理措施进行。具体试验方案如表1所示。2011—2012、2013—2014年小麦试验品种为良星99号,播种量为262.5 kg/hm²;2012—2013年小麦品种为临汾118号,播种量为300 kg/hm²。研究区小麦于10月7—18日播种,6月14—17日收获。

表1 2011—2014年冬小麦灌水施肥实施情况

年度	处理	灌水时间			灌水总量/ mm	降水量/mm	供水量/mm	基础肥力/ (mg·kg ⁻¹)		施氮量/ (kg·hm ⁻²)	
		越冬水	拔节水	灌浆水				硝态氮	铵态氮	底肥	追肥
2011—2012	1	20120111	20120425	20120525	225	176.5	401.5	23.2	11.1	600	225
	2	20120111	20120425	20120525	0	176.5	176.5	24.6	13.8	600	0
	3	20120111	20120425	20120525	225	176.5	401.5	25.8	14.7	900	337.5
	4	-	-	-	225	176.5	401.5	25.7	15.8	300	112.5
2012—2013	1	20121223	20130408	灌浆期连续降雨累计74.4 mm	150	145.7	295.7	19.1	5.5	495	225
	2	20121223	20130408		0	145.7	145.7	10.2	5.6	495	0
	3	20121223	20130408		150	145.7	295.7	28.9	6.3	742.5	337.5
	4	-	-	150	145.7	295.7	13.4	5.8	247.5	112.5	
2013—2014	1	20140108	20140331	灌浆期连续降雨累计70.3 mm	150	206.7	356.7	30.6	15.6	600	225
	2	20140108	20140331		0	206.7	206.7	16.5	12.2	600	0
	3	20140108	20140331		150	206.7	356.7	41.9	19.3	900	337.5
	4	-	-	150	206.7	356.7	24.7	14.3	300	112.5	

1.3 测试项目

1)作物生长动态:测试不同处理作物的叶面积、茎、叶和籽粒干物质质量等。测试时间分别为越冬期、返青期,拔节期开始后每15 d测1次,每个处理分别在每个小区内选取有代表性的10株植株的绿叶进行测试。其中,单片叶面积计算公式为:叶面积=最大长度×最大宽度×0.83,然后将所有叶片面积相加即为该株冬小麦的叶面积。

2)产量:分小区进行考种;每个小区单收单打测定实际产量。

3)地下水埋深:按照取土时间15 d调查1次。

4)其余观测项目均按照《灌溉试验规范》要求测试并记录。如病虫害治理方法、农药名称、肥料名称及施肥数量及时间等。

1.4 数据分析与处理

采用Excel 2010处理数据并绘图;用SPSS 16.0软件进行统计和回归分析。

2 结果与分析

2.1 灌水及施肥措施对冬小麦叶面积生长的影响

表2为不同水氮处理的各个生育期叶面积的变化过程。从表2可以看出,冬小麦叶面积的变化都经历了“迅速增长-生长平缓-下降”3个阶段且趋势一致,这与孔东等^[4]研究结论基本一致。返青-拔节期,冬小麦叶面积迅速生长,抽穗期时达到最大值,此后小麦下部叶片逐渐衰老,叶面积开始下降。其中,越冬期、返青期各个处理的叶面积差异不显著,2011—2012年,抽穗期、灌浆期处理3的叶面积基本高于其他处理,且分别较处理2高47.9%、50.5%,表明改善水氮状况,可以有效提高植株的叶面积;但该年度不同施肥处理1、处理3、处理4之间的叶面积差异不明显,可能由于2011—2012年供水相对充足(生育期降水量较大、灌水次数多),促进了氮肥肥力的发挥,再加上第一年基础肥力较高,对叶面积的影响差异较小。2012—2013年,在相同的灌溉水平下,冬小麦拔节期叶面积随着施肥量的增加而增大,而在抽穗期阶段,不同施氮处理间冬小麦叶面积差异不显著,这可能是由于抽穗期小麦生长旺盛,虽然养分对叶面积的影响依然存在,但水肥协同作用逐渐显现,由于该年度生育期降水相对较少,所以尽管施肥量增加,植株叶面积却增加缓慢;同时由于降水较少,该年度的叶面积是3个年度中最小的;2013—2014年,不同水、氮处理在抽穗期、灌浆期冬小麦叶面积随着施肥量的增加而增加,肥料因素对叶面积的贡献较大。可见,灌溉供水相对受限情况下,水是限制氮肥肥效发挥的一个重要因素。

表2 2011—2014年不同生育期冬小麦叶面积

cm²/株

年度	处理	越冬期	返青期	拔节期	抽穗期	灌浆期
2011—2012	1	11.61a	14.37a	56.40a	65.16a	42.96a
	2	11.85a	13.48a	41.59b	45.28b	30.86b
	3	15.99a	13.00a	54.79a	66.97a	46.46a
	4	11.88a	16.76a	52.05a	64.38a	43.17a
2012—2013	1	10.20a	10.73a	46.31b	48.66a	33.96a
	2	10.67a	9.41a	18.67d	25.57c	11.86c
	3	13.56a	9.92a	49.55a	50.14a	32.46a
	4	12.11a	9.96a	34.64c	36.03b	23.17b
2013—2014	1	15.01a	17.93a	56.05ab	60.43b	44.74b
	2	13.86a	15.05a	38.27c	40.97d	26.88d
	3	19.99a	24.16a	58.29a	64.73a	56.05a
	4	18.97a	20.99a	53.20b	55.12c	32.25c

注 表中数值为3个重复的平均值,相同年度同列不同字母表示差异显著($P<0.05$),下同。

2.2 灌水及施肥措施对冬小麦地上部分干物质质量的影响

表3为不同水氮处理对冬小麦不同生育期地上干物质质量的影响。从表3可以看出,各年度冬小麦拔节—抽穗期植株生长最为旺盛,该阶段植株地上干物质质量的平均增长率为63%左右。3个年度冬小麦地上干物质质量基本随着施肥量的增加而增加,不灌水不追肥处理2各生长阶段的干物质质量积累速度缓慢,且均低于其他施肥水平。在降水较少的2012—2013年,各不同施氮处理之间干物质质量差异不显著,该年度的不灌水处理地上干物质质量增加较缓慢,在3个年度中最低,说明水分不足直接影响了小麦对养分的吸收,从而制约了氮肥肥效的充分发挥。高肥处理与中肥处理的干物质质量差距不大,可能是因为高肥和中肥处理施肥量相差不大的缘故,也说明在一定肥力基础上再增加施肥量,干物质质量增量不大,但均比低肥处理和不追肥处理高。

表3 2011—2014年不同生育期冬小麦地上干物质质量

kg/hm²

年度	处理	越冬期	返青期	拔节期	孕穗期	抽穗期	灌浆期	收获期
2011—2012	1	449.85a	497.25a	1 257.90b	3 548.85b	9 629.70b	12 313.80b	14 215.65b
	2	567.45a	508.50a	1 501.05b	3 494.55b	6 917.85d	9 445.35d	10 021.50b
	3	721.50a	533.52a	1 999.05a	5 330.70a	1 0964.85a	13 877.55a	15 901.05a
	4	470.70a	584.23a	1 271.40b	4 929.15b	7 751.85c	11 577.00c	12 197.70b
2012—2013	1	507.70a	497.36a	3 380.71a	5 990.90a	9 831.53ab	12 316.30ab	12 192.06a
	2	392.94a	508.48a	2 718.26b	3 288.82c	4 548.37c	5 775.63c	6 553.3b
	3	461.93a	533.53a	3 216.41a	6 324.46a	1 0652.92a	12 563.38a	13 581.34a
	4	482.62a	584.76a	2 955.38a	5 043.12b	8 701.44b	1 0885.04b	11 378.18a
2013—2014	1	796.36a	862.72a	5 972.68a	7 987.71a	11 161.08a	1 2103.71b	13 270.64b
	2	460.95a	554.03a	2 269.29c	3 350.75c	4 782.36c	6 127.67d	6 873.98d
	3	1 010.30a	1 034.08a	5 521.02a	8 302.33a	11 131.18a	1 3229.05a	14 815.82a
	4	601.05a	699.00a	4 153.93b	5 836.87b	7 930.06b	8 484.47c	10 247.25c

2.3 灌水及施肥措施对冬小麦产量的影响

冬小麦2011—2014年不同处理平均产量及考种结果如表4所示。由表4可知,处理2(生育期内不灌水、不追肥)由于水分养分均不足,产量明显低于其他灌水施肥处理(如2013年处理2产量仅为小区高产处理产量的近1/2),说明灌水施肥可以有效增加小麦的产量。2012—2013年,在相同的灌水条件下,高肥处理3产量不及中肥处理,且仅比处理4高出3.8%,说明在一定肥力的基础上,在1a的生长周期内高肥处理比中肥处理增加50%施肥量时,产量的增加幅度仍不及常规种植的中肥处理;2013—2014年,高肥处理3的产量比相应年度平均产量高出24.6%、20.8%,表明随着施氮量的增加,产量也在增加。

依据3个年度不同处理不同小区的施肥量、水量(灌溉水量+生育期降水量)及产量数据,以产量为因变量,施肥量和水量为自变量,进行回归分析,即:

$$y=65.758+1.001x_1+0.887x_2, \quad (1)$$

其中: y 为产量(kg/hm^2); x_1 为施氮量(kg/hm^2); x_2 为水量(mm)。复相关系数 $R=0.8857$,统计值 $F=41.842$, $\alpha=2.1710^{-8}<0.01$,回归分析达到极显著性水平。根据对小麦产量、施肥量、水量的标准化系数、偏相关系数的计算结果可知(表5),自变量的标准化系数和偏相关系数排序一致。按照系数的大小,研究区3个年度影响冬小麦产量的自变量重要程度排序为施氮量>水量,表明氮肥对产量的贡献相对较大。

表4 2011—2014年度小麦产量及考种资料

年度	处理	穗数/(万穗· hm^2)	株高/mm	穗长/mm	穗粒数/(粒·穗 $^{-1}$)	不孕小穗/个	千粒质量/g	产量/($\text{kg} \cdot \text{hm}^2$)
2011—2012	1	540	655.8	73.0	39.3	4	44.96	8 713.80
	2	615	630.5	69.0	34.8	6	37.60	3 868.50
	3	840	720.8	76.8	36.6	5	45.90	7 345.65
	4	750	700.3	78.2	42.0	4	42.34	7 074.30
2012—2013	1	600	640.7	64.7	31.5	3	38.94	6 410.85
	2	540	567.9	57.8	29.0	6	32.50	3 218.85
	3	570	679.4	72.1	38.4	6	43.98	6 824.70
	4	540	626.7	59.7	41.2	1	33.02	5 443.65
2013—2014	1	600	787.3	61.4	33.2	3	43.60	6 502.50
	2	450	669.9	53.1	29.3	2	44.62	4 491.30
	3	600	784.7	60.5	32.6	3	44.18	6 900.60
	4	450	757.4	59.7	29.1	3	44.35	4 961.70

表5 2011—2014年小麦产量、施肥量、水量相关关系表

回归模型	未标准化系数	标准化系数	偏相关系数
常数	65.758	-	-
x_1	1.002	0.736	0.768
x_2	0.887	0.205	0.317

同一供水量水平下,施肥量与小麦产量的关系如图1所示。由图1可知,在相同的供水量水平下,施肥量与小麦产量呈抛物线关系;一定施肥水平下,小麦产量随着施肥量的增加而增大,但当施肥量达到某一特定水平时,将会对小麦的产量产生不利的影响。2012—2013年,灌水3次且该年度为丰水年的状况下,施肥量为1 226 kg/hm^2 时,小麦的产量达到最大值;2013—2014年灌水2次,当施肥量为900 kg/hm^2 时,小麦的产量达到最大值,表明氮肥用量与供水量之间有明显的正交互作用。

3 结论

1)改善水氮状况,可以有效提高植株的叶面积,且在灌溉供水相对受限的情况下,水是限制氮肥肥效发挥的一个重要因素。

2)冬小麦地上干物质质量基本随施肥量的增加而增加,在降水相对较少的年度,不同施氮处理之间干物质质量差异不显著。表明水分不足直接影响了小麦对养分的吸收。

3)冬小麦生育期内不灌水、不追肥的处理,水分养分均不足,产量明显低于其他灌水施肥处理,表明灌水施肥可以有效增加小麦产量。

4)在相同的供水量水平下,施肥量与小麦产量呈抛物线关系;随着施肥量的增加,小麦产量会随着施肥量的增加而增大,但当施肥量达到某一特定水平时,将会对小麦的产量产生不利的影响,且氮肥用量与供水量之间有明显的正交互作用。

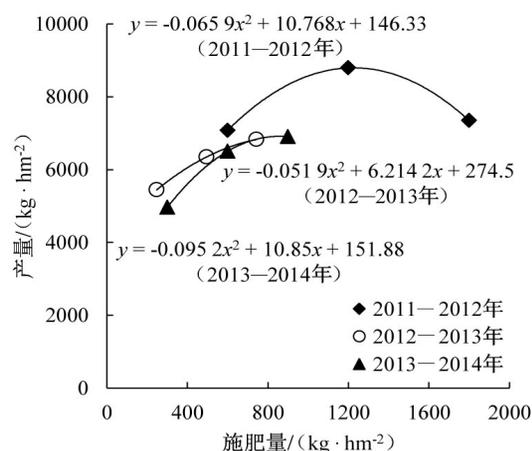


图1 2011—2014年施肥量与小麦产量关系图

参考文献:

- [1] 侯翠翠. 不同水氮处理对冬小麦干物质生产、耗水特性及产量的影响[D]. 郑州:河南农业大学, 2013.
- [2] 栗丽, 洪坚平, 王宏庭. 水氮处理对冬小麦生长、产量和水氮利用效率的影响[J]. 应用生态学报, 2013, 24(5):1 367-1 373.
- [3] ZHU Z L, CHEN D L. Nitrogen fertilizer use in China-Contributions of food production, impacts on the environment and best management strategies[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2002, 63(2/3):117-127.
- [4] 孔东, 晏云, 段艳. 不同水氮处理对冬小麦生长及产量影响的田间试验[J]. 农业工程学报, 2008, 24(12):36-40.
- [5] 吕丽华, 董志强, 张经廷, 等. 水氮对冬小麦-夏玉米产量及氮利用效应研究[J]. 中国农业科学, 2014, 47(19): 3 839-3 849.

Experimental Study on the Growth and Yield of Winter Wheat under Different Irrigations and Nitrogen Applications

DU Juanjuan, LI Fenchan

(Shanxi Institute of Water Resources and Hydropower Research, Taiyuan 030002, China)

Abstract: Field experiments were conducted from 2011 to 2014 in Linfen Irrigation Experimental Station of Shanxi province in attempts to investigate the impact of different irrigations and nitrogen applications on physiological traits (leaf area, dry weight and yield) of winter wheat, as well as the relationship between yield and water and fertilizer amount. The results showed that an appropriate combination of irrigation and nitrogen effectively increased the leaf area. For example, the average leaf area at different growth stages in Treatment 3 was 32.3% higher than that in Treatment 2. Water deficiency caused by either insufficient irrigation or decrease in precipitation in 2012—2013 limited the use efficiency of nitrogen fertilizer. When annual precipitation was relatively low, the dry-mass weight under different nitrogen treatments did not show significant difference, and the accumulation of dry-matter in Treatment 2 was the lowest among all the treatments during the three-year experiment. At the same irrigation, the fertilizer amount and yield was parabolically related and the nitrogen and water interacted positively. Therefore, appropriately manipulating irrigation and nitrogen application can improve leaf area, dry-matter weight so as to achieve high yield.

Key words: winter wheat; water and fertilizer condition; growth; yields; positive interaction

责任编辑:白芳芳