

不同灌溉施肥方式对小麦群体及产量的影响

邵敏敏, 赵凯, 徐兴科, 冯维营, 王继峰, 黄玲, 孙雷鸣, 闫璐, 王霖 (济宁市农业科学研究院, 山东济宁 272031)

摘要 [目的]研究不同灌溉施肥方式对冬小麦群体及产量的影响。[方法]以冬小麦山农 29 为试验材料, 分析 5 种不同的灌溉施肥模式对小麦群体、干物质积累及产量的影响。[结果]畦田节灌水肥一体化处理下, 群体茎数、干物质积累以及籽粒产量均高于其他处理, 按需补灌水肥一体化处理次之, 但比较节水。因此, 畦田节灌水肥一体化处理是该试验条件下节水节肥高产高效的最优处理。[结论]该试验为筛选一种有效的小麦节水节肥高产高效栽培模式提供了理论依据。

关键词 灌溉施肥; 冬小麦; 水肥一体化; 产量

中图分类号 S512.1 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)10-0035-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.10.009



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Irrigation and Fertilization on Population Structure and Yield of Wheat

SHAO Min-min, ZHAO Kai, XU Xing-ke et al (Jining Academy of Agricultural Sciences, Jining, Shandong 272031)

Abstract [Objective] To study the effects of irrigation and fertilization on population structure and yield of wheat. [Method] Using Shannong 29 as experimental material, the effects of irrigation and fertilization on population, dry matter accumulation and yield of wheat were studied. [Result] Integration field of water and fertilizer was the best nitrogen application with the highest population, dry matter accumulation and yield of wheat. [Conclusion] This research provided theoretical basis for both high yield and high efficiency of wheat.

Key words Irrigation and fertilization; Wheat; Integration of water and fertilizer; Yield

黄淮流域是我国小麦主产区, 小麦总产量约占全国的 60%, 但水资源总量仅占全国的 7.7%^[1]。该地区小麦生长季降水量不足 200 mm, 水分蒸散量为 400~500 mm, 降水只能满足全生育期需水量的 25%~40%^[2]。同时该地区 30% 的耕地存在氮肥施用量超标问题, 不仅造成资源浪费, 还造成环境污染^[3]。因此, 水资源短缺和氮肥施用不当成为该地区小麦生产的主要限制因子。

目前对于小麦的高产栽培技术多限于高水肥的施用或定量灌溉条件下灌溉量或施氮量单一因子差异对小麦群体和产量的影响^[4-7]。而对于不同灌溉模式及不同施肥处理的研究较少。鉴于此, 笔者利用按需补灌水肥一体化的方法, 根据麦田土壤水和自然降水状况确定关键生育期的水分亏缺程度, 通过精确灌溉补足高产所需供水, 实现小麦高产和高水分利用; 并通过设置不同施氮和灌溉方式研究其对小麦群体、干物质积累和籽粒产量的影响, 旨在为小麦节水节肥、高产高效栽培提供理论依据。

1 材料与与方法

1.1 试验地概况 试验在济宁市农业科学研究院试验农场进行。供试土壤为褐土, 土壤有机质含量 10.76 g/kg, 全氮 0.95 g/kg, 有效磷 46.92 mg/kg, 速效钾 62.56 mg/kg, 碱解氮 75.1 mg/kg, pH 5.97, 前茬作物为玉米。生育期间总降水量为 226.5 mm, 其中播种至拔节期 122.7 mm, 拔节至开花期 75.6 mm, 开花至成熟期 28.2 mm。该生长季小麦播种前 0~100 cm 土层土壤容重和田间含水量见表 1。

表 1 播种前不同土层土壤含水量和容重比较

Table 1 Comparison of soil moisture content and volume weight at different layers before sowing

土层 Soil layer cm	土壤含水量 Soil moisture content//%	容重 Volume weight g/cm ³
0~20	20.87	1.50
20~40	16.50	1.65
40~60	12.62	1.47
60~80	14.09	1.44
80~100	14.99	1.68

1.2 试验材料 供试小麦品种为山农 29。

1.3 试验设计 试验设 5 个处理, 分别为按需补灌水肥一体化处理(W₁)、畦田节灌水肥一体化处理(W₂)、传统畦灌和施肥处理(W₃)、水分空白处理(W₄)、肥料空白处理(W₅)。不同处理施肥量和施肥方式不同, 具体方式见表 2。其中, W₁ 处理指利用测墒补灌技术将拔节期 0~40 cm 土层平均土壤相对含水量补灌至 70%, 利用微喷带进行灌溉。W₁、W₂ 处理拔节期追肥均采用便携式溶肥注肥机随灌溉水施入田间。

小区面积为 2 m×75 m=150 m²。不同小区之间留 2 m 保护行, 试验田四周设 2 m 宽保护区。随机区组排列, 重复 3 次。播种前底施全部磷钾肥和 50% 氮肥, 拔节期追施另 50% 的氮肥。2016 年 10 月 18 日播种, 播种密度为 1 万株/hm²。三叶一心期定苗, 除 W₄ 处理外, 统一灌溉越冬水, 拔节期追肥灌水, 其他管理措施同一般高产田。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 土壤容重和土壤含水量的测定。 于冬小麦播种前挖出 0~1.0 m 土壤剖面, 用环刀法测定土壤容重, 深度为 0~20、20~40、40~60、60~80、80~100 cm, 逐层取土样。每个小区采用 5 点法采集土样。采用烘干法测定播种期土壤含水量, 取样方法和操作步骤与土壤容重取样方法相同。

基金项目 小麦-玉米周年光温资源优化配置与群体调控技术研究(2017YFD301001); 山东省农业科学研究院院地科技合作引导计划项目(2015YDZH03); 济宁市科技发展计划项目“节水高产小麦新品种选育”(2013); 山东省农科院创新工程小麦育种体系与关键技术(CXGC2016B01)。

作者简介 邵敏敏(1982—), 女, 山东济宁人, 农艺师, 硕士, 从事小麦遗传育种和栽培研究。

收稿日期 2018-11-30; 修回日期 2018-12-13

表2 不同处理试验设计

Table 2 Experimental design of different treatments

kg/hm²

处理编号 Treatment code	施肥灌溉方式 Fertilizer and irrigation method	底施肥量 Base fertilizing amount		拔节期追氮 Topdressing nitrogen at jointing stage	
		纯氮 Pure N	五氧化二磷 Phosphorus pentoxide	氧化钾 Potassium oxide	纯氮 Pure N
W ₁	按需补水水肥一体化(追氮随微喷带喷入)	120.0	120.0	120.0	120.0
W ₂	畦田节水水肥一体化(追氮随灌水流入)	120.0	120.0	120.0	120.0
W ₃	传统畦灌(追氮沟施)	135.0	150.0	150.0	135.0
W ₄	水分空白(追氮沟施)	135.0	150.0	150.0	135.0
W ₅	肥料空白(整个生育期不施肥)	0			

1.4.2 群体发育动态和干物质积累动态调查。分别于越冬前、返青期、拔节期、开花期、成熟期在每小区随机取 1 m 双行调查群体总茎数和单位面积干物质重量,重复 3 次。

1.4.3 产量及其构成因素。于小麦成熟期按小区收获后脱粒、风干、称重、计算单位面积籽粒产量,并进行千粒重调查。同时取 30 个单穗进行穗粒数调查。

1.5 数据处理 采用 Microsoft Excel 2007 和 DPS 7.05 数据分析软件进行数据的整理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对群体总茎数的影响 由表 3 可知,各处理群体总茎数在拔节期达到最高,其中在越冬、返青、拔节、孕穗、和成熟期,相对于其他处理,W₅ 肥料空白处理群体总茎数最少,W₄ 水空白处理次之,W₁、W₂、W₃ 处理之间无显著性差异,这说明浇水和施肥在小麦生产中有重大意义。

表3 不同处理对群体总茎数的影响

Table 3 Population tiller dynamic at different growth stages

处理编号 Treatment code	越冬期 Over-wintering stage	返青期 Revival stage	拔节期 Jointing stage	孕穗期 Booting stage	成熟期 Maturity stage
W ₁	661.4 a	1 194.7 a	1 234.1 a	906.1 a	647.7 a
W ₂	621.2 a	1 196.2 a	1 159.1 a	1 119.2 a	718.2 a
W ₃	650.8 a	1 055.3 a	1 111.4 a	1 000.0 a	689.4 a
W ₄	629.5 a	989.4 a	1 087.9 a	809.1 b	549.2 b
W ₅	567.4 b	895.5 b	1 053.0 b	857.6 b	572.0 b

注: 同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

2.2 不同处理对小麦干物质积累与分配的影响 从图 1 可以看出,冬小麦的群体干物质积累量随生育期推进而增加,

在越冬期至拔节期增长缓慢,拔节期至成熟期迅速增长。越冬期的干物质积累量,W₂ 处理>W₃ 处理>W₁ 处理>W₄ 处理>W₅ 处理,返青期 W₂ 处理>W₃ 处理>W₁ 处理>W₄ 处理>W₅ 处理,拔节期 W₂ 处理干物质积累处于最高,W₄ 处理最低,孕穗期 W₅ 处理干物质积累最少,W₄ 处理次之,W₁、W₂、W₃ 处理相差不大,成熟期 W₂ 处理>W₃ 处理>W₁ 处理>W₄ 处理>W₅ 处理,W₂ 处理的生物产量最高。水分空白 W₄ 处理和肥料空白与前三者差异显著,以肥料空白处理干物质质量最低。

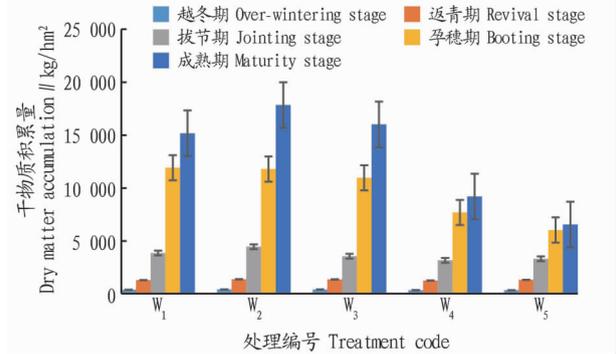


图1 不同灌溉施肥方式对不同生育时期干物质积累的影响

Fig.1 Effects of irrigation treatments on dry matter accumulation at different growth stages

2.3 不同处理对小麦开花期各器官干物质积累与分配的影响 从表 4 可以看出,开花期干物质在不同器官中的积累量和分配量均表现为茎秆最大,占总积累量的 60% 以上。其中,叶片干物质积累量以 W₃ 处理最大,W₅ 处理最小,W₁、W₂ 处理没有明显差异。茎秆干物质积累量以 W₂ 处理最高,W₁ 处理次之。穗轴和颖壳干物质积累量 W₂ 处理>W₃ 处理>W₁ 处理>W₄ 处理>W₅ 处理。

表4 不同处理对小麦开花期各器官干物质分配的影响

Table 4 Effects of different treatments on dry matter accumulation and distribution per stem after anthesis of wheat

处理编号 Treatment code	叶片 Leaf		茎秆 Stem		穗轴和颖壳 Spike axis and glume	
	积累量 Accumulation kg/hm ²	分配比例 Distribution ratio//%	积累量 Accumulation kg/hm ²	分配比例 Distribution ratio//%	积累量 Accumulation kg/hm ²	分配比例 Distribution ratio//%
W ₁	1 941.01 a	16.30	8 012.88 a	67.31	1 626.97 b	16.39
W ₂	1 961.94 a	16.65	8 192.30 a	69.54	1 950.96 a	13.81
W ₃	1 973.00 a	18.01	7 169.91 b	65.46	1 810.28 a	16.53
W ₄	1 322.75 b	17.24	4 958.41 b	64.63	1 390.77 b	18.13
W ₅	991.25 b	16.48	3 916.05 b	65.11	1 107.51 b	18.41

注: 同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

2.4 不同处理对小麦成熟期各器官干物质积累与分配的影响 从表 5 可以看出,小麦成熟期不同器官干物质分配量和分配比例均表现为籽粒>茎干+叶鞘>穗轴+颖壳>叶,干物质积累量在籽粒中的分配占总积累量的 50% 以上。其中,叶片干物质积累量以 W₃ 处理最高,W₁ 处理次之,W₅ 处理最低。茎秆干物质积累量以 W₂ 处理最高,W₃ 处理次之。籽粒干物

质积累量 W₂ 处理>W₁ 处理>W₃ 处理>W₄ 处理>W₅ 处理。干物质在籽粒中的分配比例以 W₁ 处理处理最高,W₂ 处理次之,W₃ 处理最低。总的来说,在 W₂ 和 W₃ 处理下,干物质在籽粒中的分配比例和分配量均处于较高水平,有利于籽粒产量的提高。

表 5 不同处理对小麦成熟期各器官干物质分配的影响

Table 5 Effects of different treatments on dry matter accumulation and distribution per stem at maturity stage of winter wheat

处理编号 Treatment code	叶片 Leaf		茎秆 Stem		籽粒 Grain		穗轴和颖壳 Spike axis and glume	
	积累量 Accumulation kg/hm ²	分配比例 Distribution ratio//%						
W ₁	677.87 a	4.47	4 228.96 b	27.90	8 627.38 a	56.91	1 625.34 b	10.72
W ₂	613.84 a	3.44	5 464.22 a	30.64	9 791.32 a	54.91	1 962.29 a	11.00
W ₃	729.17 b	4.56	5 022.13 a	31.40	8 440.09 a	52.76	1 804.68 a	11.28
W ₄	454.33 ab	4.95	2 791.77 b	30.40	4 937.90 b	53.78	998.34 b	10.87
W ₅	345.13 ab	5.28	2 057.48 b	31.50	3 769.83 b	50.72	358.40 b	5.49

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

2.5 不同处理对营养器官同化物再分配量和积累量的影响 从表 6 可以看出,不同施肥灌溉模式对花前干物质转运量、转运率和对籽粒的贡献影响明显不同。花前干物质转运量从大到小依次为 W₂ 处理>W₃ 处理>W₁ 处理>W₄ 处理>W₅ 处理,花前干物质转运对籽粒的贡献以 W₃ 处理最高,W₄ 处理次之。花后干物质的同化量以 W₂ 处理最大,W₅ 处理最小。花后干物质及对籽粒产量贡献率 W₁ 处理最大。这说明 W₁ 处理主要增加了来自花后干物质的比例,提高了其对籽粒的贡献。

的经济效益并没有减少,特别是在水分匮乏的地区应该推广应用。

表 7 不同处理对冬小麦的产量及其构成因素的影响

Table 7 Effects of different treatments on grain yield and its components of winter wheat

处理编号 Treatment code	穗数 Spike number 万穗/hm ²	穗粒数 Grain number per spike 粒	千粒重 1 000- grain weight g	产量 Yield kg/hm ²	增产率 Yield increase %
W ₁	847.5 a	35.0 a	45.5 a	9 100.5 a	0.5
W ₂	817.5 a	34.5 a	43.1 a	9 334.5 a	3.1
W ₃	889.5 a	36.4 a	45.0 a	9 055.5 a	—
W ₄	747.0 b	34.7 a	41.7 a	8 056.5 b	-11.0
W ₅	672.0 b	28.1 b	43.3 a	7 611.0 b	-16.0

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

表 6 不同处理对营养器官同化物再分配量和积累量的影响
Table 6 Effects of different treatments on the translocation to gains of dry matter stored in vegetative organs of winter wheat before anthesis

处理编号 Treatment code	花前干物质 转运量 Amount of translocation before anthesis kg/hm ²	花前干物质 对籽粒产量 贡献率 Contribution rate before anthesis//%	花后干物质 同化量 Amount of translocation after anthesis kg/hm ²	花后干物质 对籽粒产量 贡献率 Contribution rate after anthesis//%
W ₁	3 254.70 a	37.73	5 372.69 a	62.27
W ₂	3 740.86 a	38.21	6 050.45 a	61.79
W ₃	3 397.21 a	40.25	5 042.88 a	59.75
W ₄	1 910.42 b	38.69	3 027.49 b	61.31
W ₅	1 536.02 b	38.11	2 253.81 b	61.89

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

2.6 不同处理下冬小麦的产量及其构成因素 从表 7 可以看出,W₂ 处理(畦田节灌肥水一体化)产量最高,传统灌溉次之,再次是按需补灌,但三者产量相差不大,W₄ 和 W₅ 处理减产显著。以 W₅ 处理减产最大,说明施肥在小麦生产中有重大意义。按需补灌虽然产量稍低,但是每公顷地浇水量减少 0.29 m³,节水 10%,具有生态效益,而且也节省电能,总体

3 结论与讨论

有研究表明,小麦籽粒产量大部分来自花后干物质的积累及花前营养器官干物质的再分配,土壤水分状况对小麦干物质积累与分配有显著影响^[8-9]。适度的限量灌溉可以降低麦田耗水量,提高水分利用效率,有利于干物质的积累,促进籽粒灌浆,提高小麦籽粒产量^[10]。在节水节肥的基础上,该试验研究不同的灌溉施肥方式对小麦生长及产量的影响。结果表明,相同施肥条件下,与传统畦灌沟施氮肥比较,畦田节灌水肥一体化可显著提高花后干物质积累量,有利于开花后期籽粒的灌浆,从而提高小麦籽粒产量。同时畦田节灌水肥一体化(W₂)和按需补灌水肥一体化(W₁)处理的水分和肥料利用效率均高于传统畦灌沟施(W₃),籽粒产量畦田节灌水肥一体化处理(W₂)较按需补灌水肥一体化处理(W₁)增产 3.1%,按需补灌水肥一体化处理(W₁)较传统畦灌和施

(下转第 40 页)

7 666.7 kg/hm²,居第3位;水分利用效率为15.6 kg/mm,居第2位,说明长6794具有较好的节水特性。

2.6 适应性 国家北部冬麦区水地区试横跨山西、河北、北京、天津等省、市区,试点间气候和生产特点差异很大,长6794在区试和生产试验中不但每年的平均产量均达7 800 kg/hm²,而且每年的品质测定结果均达优质强筋麦标准,说明长6794在不同年份不同试点的产量和品质较稳定,具有较好的适应性。

3 结论与讨论

3.1 优异种质资源的收集、鉴定和利用是目标性状基因有效组合的物质基础 近年来我国小麦育种发展迅速,审定品种数量逐年增多,但遗传多样性却呈下降趋势^[1],这与育种单位集中使用某些骨干亲本有关。作物的种质资源是作物育种的物质基础,作物育种的进展和突破都与所需要的种质资源的发现、开拓及正确利用有关^[7]。要想在小麦育种上有所突破,必须从源头做好工作,即在亲本的选择利用和创新上,做好种质材料的收集、鉴定和利用,优质品种的选育更要注重优质材料的收集、鉴定和利用。

3.2 根据育种目标确定中心亲本和组配模式是目标性状基因得以组合的有效方法 长6794的选育实践表明,如何合理利用已有的种质资源是品种选育的一个重要环节^[8]。该研究在种质材料收集、鉴定的基础上,按照育种目标确定中心亲本,依据亲本特点和性状互补原则制定多种组配模式,使优质、节水、丰产、广适等目标性状基因得以有效组合。

3.3 水旱交叉选育法是实现生态育种的有效方法 水旱交叉选育法使杂种基因型在自然和人为创造的不同生态环境条件下同时或交替选育,创造了育种环境条件的多样化,使杂种基因型的各种性状在不同生态环境条件下得以充分表

达和选育,为不同生态类型小麦品种的选育创造了条件。采用水旱交叉选育法,育成了晋麦63号、长6878、长6359、长4738、长6990、长6794等14个适应不同生态区(国家北部和黄淮冬麦区)和不同生产条件(旱地和水地)种植的小麦新品种。长6794的育成再一次证明水旱交叉选育法是实现生态育种的有效方法。

3.4 长6794优质节水高产抗病,具有较强的市场竞争力和推广应用前景 长6794的品质指标达优质强筋麦标准,其大面积推广应用可提高我国北部冬麦区小麦生产和食品加工的效益。长6794是典型的节水、丰产、抗病品种,水分利用率高、抗病性好,大面积推广应用将会有效节约用水和用药,提高水资源利用率,减少生产成本,保护生态环境,促进农业生产持续高效发展。总之,长6794优质专用、节水高产、抗病性好、穗大粒大、田间展示效果好、适应性好,是近年来北部冬麦区水地难得的优质强筋节水高产品种,有较强的市场竞争力,其推广应用前景广阔。

参考文献

- [1] 胡学旭,王步军.北部冬麦区和黄淮冬麦区小麦区试品种品质改良现状及建议[J].中国种业,2016(11):14-16.
- [2] 胡学旭,孙丽娟,周桂英,等.2000-2015年国家黄淮和北部冬麦区区域试验品种品质分析[J].中国农业科学,2016,49(24):4677-4686.
- [3] 孙美荣,李岩华,张俊灵,等.水旱交叉选育抗旱高产小麦新品种的研究[J].华北农学报,1999,14(4):7-11.
- [4] 张俊灵,孙美荣,李岩华,等.抗旱高产优质小麦新品种长6878选育研究[J].山西农业科学,2004,32(4):3-7.
- [5] 张俊灵,孙美荣,张东旭,等.抗旱丰产稳产广适小麦新品种长8744的选育[J].山西农业科学,2012,40(6):596-598,623.
- [6] 闫金龙,张俊灵,张东旭,等.抗旱高产稳产广适优质小麦新品种长7080的选育[J].安徽农业科学,2017,45(8):26-27,49.
- [7] 吴兆苏.小麦育种学[M].北京:农业出版社,1990.
- [8] 王永政,闫洪凯,于国宜,等.小麦种质资源在育种上应用价值的鉴定与评价[J].安徽农业科学,2011,39(17):10214-10217.
- [9] 杨春玲,宋志均,侯军红,等.基于周麦18的水肥耦合研究[J].安徽农业科学,2013,41(11):4797-4799.
- [10] KRESOVIĆ B, TAPANAROVA A, TOMIĆ Z, et al. Grain yield and water use efficiency of maize as influenced by different irrigation regimes through sprinkler irrigation under temperate climate[J]. Agricultural water management, 2016, 169:34-43.
- [11] 矫岩林,孙晓辉,刘翠玲,等.不同施氮量对冬小麦烟农0428产量及氮肥利用效率的影响[J].山东农业科学,2017,49(5):74-77.
- [12] 郜峰,刘国涛,韩勇,等.不同氮肥运筹对小麦群体·产量及氮肥利用率的影响[J].安徽农业科学,2018,46(24):23-24,27.
- [13] 高聚林,刘克礼,张永平,等.不同农艺措施对春小麦群体干物质积累的影响[J].麦类作物学报,2003,23(3):79-84.
- [14] 李志勇,陈建军,陈明灿.不同水肥条件下冬小麦的干物质积累、产量及水氮利用效率[J].麦类作物学报,2005,25(5):80-83.
- [15] 韩占江,于振文,王东,等.测墒补灌对冬小麦干物质积累与分配及水分利用效率的影响[J].作物学报,2010,36(3):457-465.

(上接第37页)

肥处理(W₃)增产0.5%。综合考虑产量和水肥利用效率,利用畦田节水水肥一体化的施氮量为240 kg/hm²的水肥一体化处理表现最优,可作为指导小麦生产的适宜施肥灌溉方式。

参考文献

- [1] 张雪靓,孔祥斌.黄淮海平原地下水危机下的耕地资源可持续利用[J].中国土地科学,2014,28(5):90-96.
- [2] FANG Q X, MA L, GREEN T R, et al. Water resources and water use efficiency in the North China Plain: Current status and agronomic management options [J]. Agricultural water management, 2010, 97(8):1102-1116.
- [3] 巨晓棠,谷保静.我国农田氮肥施用现状问题及趋势[J].植物营养与肥料学报,2014,20(4):783-795.