

灌水运筹对冬小麦粒重和产量的影响

王 璞¹, 王启现¹, 鲁来清², 王伟东¹, 王树安¹

(1. 中国农业大学 作物学院, 北京 100094; 2. 河北省吴桥实验站, 河北 吴桥 061800)

摘要: 以农大 3291 为供试材料, 研究了 2 种灌水运筹方式对冬小麦产量形成的影响, 并对密度、氮肥用量对灌水运筹效果的影响进行了分析。结果表明: 在造好底墒水的前提下, 冬小麦春季灌 4 次水(简称 4 水)与春季灌 2 次水(简称 2 水)相比, 千粒重增加 1.78 g, 产量增加 665.1 kg/hm², 但全生育期多耗水 73.65 mm, 并且水分利用效率下降 7.63%; 经分析, 差异显著。4 水比 2 水多消耗的水分主要是土壤水并且集中在生育后期(抽穗-成熟)。密度与氮肥的影响表现出有规律的变化: 节省氮肥用量和降低植株密度均有利于千粒重的提高, 但产量有所降低。

关键词: 灌水运筹; 千粒重; 产量; 冬小麦

中图分类号: S275; S512.1⁺1 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2001)03-0080-06

水资源不足是限制华北地区农业生产的主要因素。小麦用水约占该地区农业用水的 70%, 因而小麦节水成为本地区节约农业用水的关键。近年来, 国内外农学、生理、土壤、水利等学科从各自角度开展了大量有关农业节水研究。在影响小麦产量的诸多因素中, 水和肥起着十分关键的作用^[1]。Preez C C 等研究了灌溉条件下冬小麦对大量元素的吸收、利用情况^[2]。Gajri R R 等对冬小麦的水分和氮肥互作关系进行了研究^[3], 关于水肥互作方面国内也进行了不少研究^[1,4]。1998 年孟兆江等在人工控制试验条件下, 对影响冬小麦产量的 N、P 和水三因素的综合效应进行了研究^[4], 但通过农业综合技术措施来提高作物水分利用效率及其系统整体效应方面的研究目前还很薄弱^[5]。为此, 针对华北平原实际情况进行了灌水运筹、播种密度和氮肥用量等三因素的综合试验。

1 材料和方法

试验在 1998~1999 年基础上于 1999~2000 年在中国农业大学吴桥实验站进行。土质为中壤, 有机质含量 11.2 mg/g, 全氮 0.8 mg/g, 碱解氮 45.7 mg/kg, 有效磷 12.4 mg/kg, 速效钾 90.3 mg/kg, pH 值 8.2。

设 8 个处理即 2 个氮肥用量 N₁(450 kg/hm²) 和 N₂(360 kg/hm²), 2 个密度 D₁-基本苗 585 株/m² 和 D₂-基本苗 468 株/m² 及 2 种水分运筹(W₁ 为返青 03-15、拔节 04-15、抽穗 05-01 和开花 7 d 后 05-15 灌 4 水, W₂ 是拔节(04-15)和开花(05-08)灌 2 水), 3 次重复, 裂区设计(密度为主区), 小区面积 20 m²。

收稿日期: 2001-02-10

基金项目: 中德合作项目“华北平原作物高产及高生产力条件下环境可承受的持续农业研究”(0339712A/9); 国家自然科学基金项目(30070451)

作者简介: 王 璞(1957-), 男, 副教授, 博士, 主要从事作物高产栽培教学与研究。

供试品种为农大 3219, 播期 10 月 17 日, 6 月 8 日收获。在造好底墒水的前提下, 春季 4 水处理每次灌 45 mm, 2 水处理每次灌 90 mm。氮肥基肥与追肥, 其比例为 5:1, 三料磷(375 kg/hm²)、硫酸钾(150 kg/hm²)和有机肥(30 m³/hm²)全部基施。

水分测定: ①土壤含水量, 用土钻分 0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm、60~80 cm、80~100 cm、100~130 cm、130~160 cm 和 160~200 cm 8 层取土, 用烘干法计算土壤含水量, 播后、每次灌水前及收获后进行, 每个处理有 3 个样点; ②灌水量, 用水表测量; ③降雨量, 由实验站内小气象站记录。

取样与考察: 根据试验设计于出齐苗后严格按密度处理预定考苗和考种的取样样段。

2 结果与分析

2.1 土壤水分含量在土体垂直方向上的变化

土壤水分是作物生长的主要条件, 灌溉水量的大小影响着土壤水分在剖面上的分布, 因而也影响了作物根系吸收水分的状况^[1]。由图 1 可知, 冬小麦在拔节前主要消耗 0~80 cm 土层的水分, 4 水区由于返青灌水 45 mm, 幼苗利用 20~40 cm 土层水明显少于返青期不灌水的 2 水区。4 水区冬小麦消耗水分的情况是: 拔节—抽穗期间, 由于拔节时仅灌水 45 mm, 0~20 cm 土层水分得以补偿, 而 60~100 cm 土层耗水较多; 抽穗—收获阶段, 不同层次土体都有水分消耗, 但由于抽穗和灌浆时各灌水 45 mm, 以 100~130 cm 土层消耗的水分最多。2 水区则不同, 拔节灌水 90 mm 且本阶段只有 23 d 使得拔节—扬花阶段 0~60 cm 土层有水分补充; 扬花—收获期间各土层水分都有消耗, 但主要集中在 0~40 cm 和 80~160 cm 2 个土层。0~20 cm 表层土壤的耗水状况很大程度上与灌水和土面蒸发有关^[1]。2 水运筹由于灌水时间间隔长, 冬小麦在拔节前和灌浆阶段消耗的深层土壤水多, 有利于根系向深层生长和提高水分利用效率。

2.2 冬小麦不同生育阶段的耗水情况

表 1 可见, 冬小麦在播种—拔节期间, 4 水区的日耗水量比 2 水区多 0.20 mm/d; 4 水处理冬小麦在拔节—抽穗阶段、抽穗—收获期间的日耗水量分别是 4.93 mm/d 和 5.63 mm/d; 2 水处理在拔节—扬花和扬花—收获阶段的日耗水量是 4.37 mm/d 和 5.87 mm/d。可见, 4 水运筹在不同生育阶段的日耗水量均大于 2 水运筹, 以并进生长阶段的差异最大。

贾秀玲等认为前期控水明显降低了小麦拔节前的水分消耗^[6]。从冬小麦的全生育过程

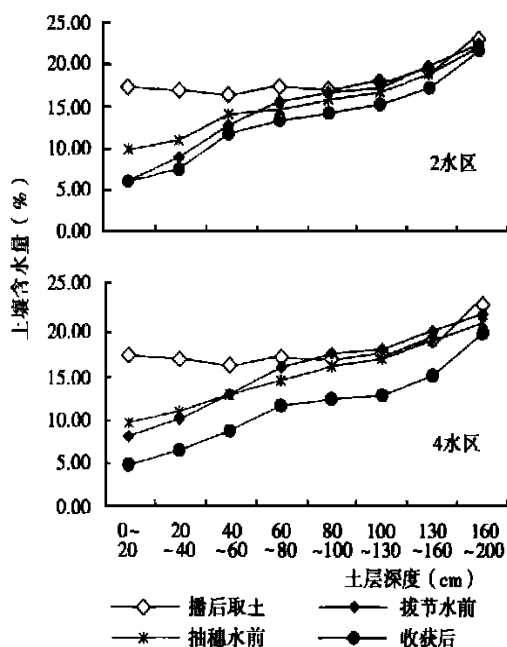


图 1 灌水运筹对土层水分变化的影响

看,4水运筹比2水运筹多耗水73.65 mm,主要耗的是土壤水且有70%以上集中在生育后期,这与叶片肥大蒸腾过旺有密切关系,因为拔节期土壤供水充足能有力地促进冬小麦营养体(根冠)的发育^[7]。另外,在4水处理中,播种—返青阶段低密度(D₂)小区耗土壤水多,主要与裸地水分蒸发有关,而高密度(D₁)的幼苗土壤水还有补充;灌浆—收获阶段,低密度处理个体生长相对旺盛,蒸腾量大。但总的来看,4水区除播种—返青和2水区除拔节—扬花外,均是高密度群体比低密度群体多消耗土壤水。

表 1 不同灌水区内冬小麦生育阶段耗水情况 mm

灌水处理	生育阶段	灌水量	土壤水			降雨量	阶段耗水			累积耗水量
			D ₁	D ₂	平均值		D ₁	D ₂	平均值	
4水区	播种—返青	0	0.01	43.97	21.99	26.65	26.66	70.62	48.64	
	返青—拔节	45	83.90	25.46	54.68	0.50	129.40	70.96	100.18	148.82
	拔节—抽穗	45	29.52	24.22	26.87	7.00	81.52	76.22	78.87	227.69
	抽穗—灌浆	45	25.06	22.30	23.68	10.20	80.26	77.50	78.88	306.57
	灌浆—收获	45	115.10	110.60	112.85	3.40	163.50	159.00	161.25	467.82
	小计	180	253.59	226.55	240.07	47.75	481.34	454.30	467.82	
2水区	播种—拔节	0	94.02	75.02	84.52	27.15	121.17	102.17	111.67	
	拔节—开花	90	—4.88	11.80	3.46	7.00	92.12	108.80	100.46	212.13
	开花—成熟	90	83.51	73.37	78.44	13.60	187.11	176.97	182.04	394.17
	小计	180	172.65	160.19	166.42	47.75	400.40	387.94	394.17	

2.3 不同灌水运筹对成熟期子粒千粒重的影响

冬小麦成熟期的千粒重(图2)随着处理不同出现规律性变化。4水运筹(W₁)的千粒重为44.26 g,而2水运筹(W₂)仅为42.48 g,4水与2水相比千粒重增加1.78 g。节省氮肥用量(N₂,千粒重是44.00 g)比正常用氮量(N₁,千粒重为42.75 g)更能增加千粒重(+1.25 g),降低播种密度(D₂,43.88 g)有利于千粒重的提高(+1.02 g)。

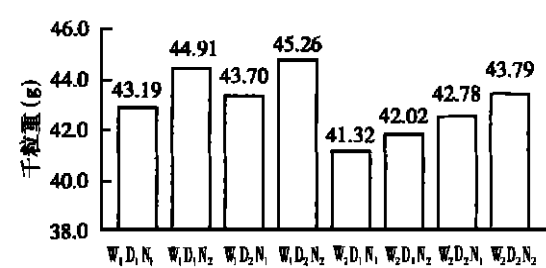


图 2 灌水运筹对成熟期千粒重的影响

千粒重最大值(W₁D₂N₂)和千粒重最小值(W₂D₁N₁)相差达3.94 g,差异显著,说明降低播种密度、减少氮肥用量并增加灌溉次数有利于千粒重的提高。千粒重在4水条件下的变异系数(CV%=2.21%)比2水条件下的变异系数小0.28%。

2.4 灌水运筹对产量变化以及水分利用效率的影响

1998年林琪等认为小麦产量形成的起点和高点土壤含水量为田间持水量的30%和

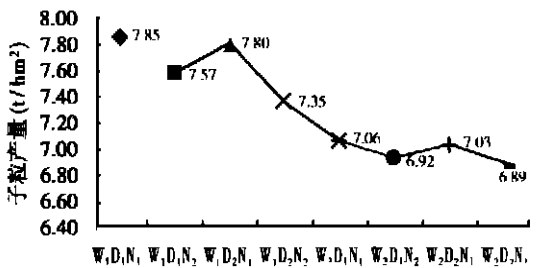


图 3 灌水运筹对冬小麦产量的影响

80%，当土壤含水量为田间持水量的 60% ~ 80% 时对子粒产量形成最有利^[8]。所以在 8 个处理(表 2)中，灌水运筹方式相比，4 水比 2 水增产 665.1 kg/hm²，达显著水平；而增加密度和增施氮肥对产量的增加很少。最高产量(W₁D₁N₁)与最低产量(W₂D₂N₂)相差达 952.5 kg/hm²(图 3)。4 水区，高氮小区中增加密度的增产幅度比低氮小区中的增产幅度小 181.6 kg/hm²；同样，高密度条件下增施氮肥的增产幅度也小于低密度下增施氮肥的增产幅度(− 181.6 kg/hm²)。但在 2 水区中，变化不大。另外，不同处理在 4 水区中对产量的影响(CV% = 3.02%)比在 2 水区中的影响(CV% = 1.18%)明显。

灌水运筹对水分利用效率(表 2)有重要影响。首次灌水推迟，水分利用总量降低，而水分利用效率却因产量和水分利用而协调变化^[9]。减少灌溉次数和降低播种密度均有利于提高土壤水和全生育期耗水的利用效率，但是灌溉水和降雨的利用效率有所下降。就灌水运筹而言，4 水与 2 水相比，灌溉水和降雨的利用效率分别提高 9.68% 和 9.55%，但土壤水和全生育期耗水量的利用效率分别降低 24.01% 和 7.63%。播种密度对灌溉水和降雨的利用效率的影响很小，而土壤水的利用效率降低了 8.37%，对全生育期的总耗水量影响也不大。对于密度处理与灌水运筹二因素的组合效应而言，产量最高的 W₁D₁ 与产量最低的 W₂D₂ 相比，土壤水和全生育耗水的利用效率分别降低 30.00% 和 10.83%，而灌溉水和降雨的利用效率提高 10.46% 和 10.81%。

表 2 处理因素对冬小麦水分利用效率的影响

项 目	W ₁	W ₂	D ₁	D ₂	W ₁ D ₁	W ₂ D ₂	N ₁	N ₂
产量(kg/ 667 m ²)	509.46	465.12	490.00	484.58	513.86	464.08	495.73	478.85
水分利用效率(kg/ mm)								
土壤水	2.12	2.79	2.30	2.51	2.03	2.90		
灌溉水	2.83	2.58	2.72	2.69	2.85	2.58		
降雨	10.67	9.74	10.26	10.15	10.76	9.71		
全生育期耗水	1.09	1.18	1.11	1.15	1.07	1.20		

3 结论与讨论

研究已经证明，高产小麦在播前底墒水较好的情况下，省去越冬水和返青水，将春季首次灌水推迟到拔节期可以达到节水高产^[10]。不同灌水运筹通过影响冬小麦耗水情况和水分利用效率，对该作物的子粒千粒重产生了显著变化，最终体现在子粒产量方面。主要结果如下：

两种灌水运筹(4 水与 2 水)影响冬小麦全生育期的耗水量、耗水情况和水分利用效率。4 水运筹与 2 水相比，全生育期多耗 73.65 mm，主要集中在冬小麦的生殖生长阶段。随着冬小麦生育进程的推进，小麦根系对不同土层水分的吸收存在差异。4 水区，拔节前由于灌返青水，根系深扎不足，对浅土层水利用偏多，拔节以后，各土层水分都有消耗；但春季 2 水运筹方式因灌水集中且间隔时间长，浅土层水分含量少，有利于根系利用深层土壤水，从而提高水分利用效率。就冬小麦而言，2 水区的日耗水量均小于 4 水处理。密度对水分利用效率也有影响，且随着生育进程在不同灌水区有不同表现。一般而言，减少灌溉次数、降低

播种密度均有利于提高土壤水和全生育期耗水的利用效率,但灌溉水和降雨的利用率降低了。

灌水运筹对冬小麦千粒重和产量的影响呈现规律性变化。4水比2水增加千粒重1.78 g,节省氮肥用量和降低播种密度对千粒重的增加均在1 g以上。从产量增幅角度看,灌水运筹、氮肥用量分别是665.25 kg/hm²和253.20 kg/hm²,密度措施几乎对产量没有影响(仅442.27 kg/hm²)。密度和氮肥对产量的影响在不同灌水区中表现不同:在4水区中,低氮条件下增加密度有利于提高产量,播种密度小时增施氮肥对产量增加有利;在2水区中,刚好相反。

水分影响作物产量是公认的事实。据研究,冬小麦不同生育期的灌水计划湿润土层深度分别为40 cm(播种—返青)和60 cm(返青—成熟)^[1],而拔节期和扬花期是冬小麦水分最敏感的两个阶段^[7]。品种对前期水分逆境适应性强弱对推迟春水并保持高产有非常关键的作用^[9],而同一物种(如小麦)水分利用率的改善可以通过改进田间管理及环境条件而达到^[3]。

参考文献:

- [1] 冯绍元,詹卫华,黄冠华. 喷灌条件下冬小麦水肥调控技术田间试验研究[J]. 农业工程学报, 1999, 15(4): 112–115.
- [2] Preez C C du, Bennie A T P, Du Preez C C. Concentration, accumulation and uptake rate of macronutrients by winter wheat under irrigation[J]. South African Journal of Plant and Soil, 1991, 8(1): 31–37.
- [3] Gajri P R, Prigar S S, Arora V K. Interdependence of nitrogen and irrigation effects on growth and input use efficiencies in wheat[J]. Field Crop Research, 1993, (31): 71–86.
- [4] 孟兆江, 刘安能, 吴海卿, 等. 黄淮豫东平原冬小麦节水高产水肥耦合数学模型研究[J]. 农业工程学报, 1998, 14(1): 86–90.
- [5] 周殿玺, 兰林旺, 李绪厚, 等. 晚播冬小麦拔节水及其灌水组合效应的研究[A]. 兰林旺, 周殿玺. 小麦节水高产研究[C]. 北京: 北京农业大学出版社, 1995. 44–55.
- [6] 贾秀玲, 马瑞昆, 刘淑贞, 等. 高产麦田供水状况与拔节前作物和土壤水分消耗的关系[J]. 河北农业大学学报, 1993, 16(增刊): 168–174.
- [7] 杨培岭, 刘洪禄, 任树梅. 节水条件下大田冬小麦的根冠关系[J]. 中国农业大学学报, 1997, 2(6): 57–62.
- [8] 林琪, 石岩, 位东斌. 土壤水与冬小麦产量形成的关系及节水灌溉方案[J]. 华北农学报, 1998, 13(3): 1–4.
- [9] 马瑞昆, 蹇家利, 刘淑贞, 等. 冬小麦推迟春季首次灌水后不同品种的产量及水分利用效率[J]. 华北农学报, 1995, 10(4): 20–25.
- [10] 马瑞昆, 蹇家利, 贾秀玲, 等. 供水深度与冬小麦根系发育的关系[J]. 干旱地区农业研究, 1991, 32(3): 1–9.

Effect of Irrigation Operation on 1000-grain Weight and Yield of Winter Wheat

WANG Pu¹, WANG Qi-xian¹, LU Lai-qing², WANG Wei-dong¹, WANG Shu-an¹

(1. College of Crop Science, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2. Wuqiao Experiment Station, Wuqiao Hebei 061800, China)

Abstract: With winter wheat cultivar Nongda 3291, field trial containing irrigation operation, nitrogen application amount and sowing rate was carried out at Wuqiao experimental station of Hebei province. The results of this experiment revealed: as compared with two irrigation in spring, four-irrigation can increase 1.78 g of 1000-grain weight and grain yield by 665.1 kg/ha of grain yield in winter wheat. While water consumption under four-irrigation plot had 73.65 mm more than those under two-irrigation one, and water utilization efficiency was decreased by about 7.63%.

Key words: Irrigation operation; 1000-grain weight; Grain yield; Winter wheat