

水分调控对小麦开花后水分利用特性及产量的影响

郭天财¹, 彭羽¹, 阎耀礼¹, 李翔¹, 沈东风², 王书子²

(1. 国家小麦工程技术研究中心, 河南 郑州 450002; 2. 洛阳市农业科学研究所, 河南 洛阳 471022)

摘要: 在全生育期防止天然降雨和人工控制灌水条件下, 对豫麦 34 号和洛阳 8716 开花后不同水分处理的水分利用特性及产量进行了研究。结果表明, 花后 7~ 27 d 随灌水次数增多耗水量增大, 水分利用率下降; 耗水高峰期发生在开花期至花后 14 d, 以后逐渐下降; 花后 6 d 至成熟期间豫麦 34 号和洛阳 8716 耗水量分别占总耗水量的 33%~ 35% 和 27%~ 30%; 花后 7~ 14 d 灌水, 千粒重和产量增加明显。豫麦 34 号水分利用效率较高, 生育后期节水灌溉下仍能发挥其高产潜力; 要提高洛阳 8716 的产量, 应注意保持开花后的土壤水分含量。

关键词: 冬小麦; 水分调控; 生育后期; 水分利用特性

中图分类号: S512.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000- 7091(2002) 01- 0016- 05

冬小麦生育后期虽然时间短, 但需水量却占全生育期的 2/5 以上^[1,2], 特别是开花至灌浆期需水最多^[1,3]。在我国主产小麦的黄淮和北部冬麦区, 此阶段天然降雨量不到全生育期的 30%^[3,4], 且干热风发生频繁, 冬小麦常因强辐射、高温干旱而提前衰老成熟, 对小麦产量影响很大。在影响小麦生长发育和产量的外界条件中, 光、温、风、气等气象因素难于控制, 而水分则可以通过灌溉措施加以优化调控。本试验主要研究开花后不同水分调控对两个冬小麦品种水分利用效率及产量的影响, 以期为黄淮冬麦区小麦生育后期水分科学调控和高产高效栽培提供理论依据。

1 材料和方法

试验于 2000~ 2001 年在半湿润易旱区的中国农科院洛阳旱农试验基地防旱棚内进行, 试验土质为壤土, 地下水位 4~ 6 m。试验共设 8 个水分处理(表 1), 每次灌水 45 mm, 3 次重复, 随机区组排列。小麦在水泥池内种植, 小区面积 2 m², 小区间用四层防渗塑料隔至 200 cm 深, 下不封底。供试材料为早熟品种豫麦 34 号和熟期适中的新品系洛阳 8716, 两品种同期播种, 除开花后不同水分处理外, 各田间管理措施相同。全生育期控制灌水次数和灌水量, 遇雨即推上防雨棚, 防止天然降水。

土壤水分用土钻法测量, 分别于播前一天、收获后一天及各期灌水处理前一天测定; 总耗水量及阶段耗水量按农田水分平衡方程式^[2]计算; 产量按小区收获实际产量, 折算成单位面积产量, 成产因素按单株进行室内考种分析。

收稿日期: 2001- 09- 07

基金项目: 河南省重大科技攻关项目(122012300)

作者简介: 郭天财(1953-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事小麦优质高产栽培研究工作。

表 1 开花后不同水分处理设计

处 理	灌 水 时 期	灌水次数	总灌水量(mm)
7	底墒水+ 冬水+ 孕穗水+ 花后 7 d	4	180
14	底墒水+ 冬水+ 孕穗水+ 花后 14 d	4	180
21	底墒水+ 冬水+ 孕穗水+ 花后 21 d	4	180
28	底墒水+ 冬水+ 孕穗水+ 花后 28 d	4	180
7+ 14	底墒水+ 冬水+ 孕穗水+ 花后(7+ 14) d	5	225
7+ 21	底墒水+ 冬水+ 孕穗水+ 花后(7+ 21) d	5	225
7+ 14+ 21+ 28	底墒水+ 冬水+ 孕穗水+ 花后(7+ 14+ 21+ 28) d	7	315
ck	底墒水+ 冬水+ 孕穗水	3	135

2 结果与分析

2.1 开花后不同水分处理对两品种耗水量的影响

2.1.1 开花后不同水分调控对两品种耗水量的影响 测定结果表明(表 2),两品种不同水分处理总耗水量均随灌水次数增加而增多。豫麦 34 号和洛阳 8716 处理 7+ 14+ 21+ 28 的总耗水量分别比 ck 增加 173 mm 和 192 mm; 而处理 7 的总耗水量仅分别比 ck 增加 38 mm 和 45 mm。豫麦 34 号的 7, 14, 21 和 ck 的总耗水量均高于洛阳 8716; 而其余各处理却都比洛阳 8716 低, 从而表明两品种不同水分处理的耗水特性不同。两品种 ck, 7, 14, 28 处理几乎同一天成熟, 而处理 7+ 14+ 21+ 28, 7+ 14, 7+ 21, 21 中的洛阳 8716 却比豫麦 34 号分别晚 6, 4, 3, 2 d。虽然洛阳 8716 比豫麦 34 号晚熟, 但花后 6 d 至成熟期间的耗水量却小于豫麦 34 号, 表明洛阳 8716 在开花后 6 d 以前比豫麦 34 号消耗了更多的水分。

表 2 两个冬小麦品种开花后不同水分处理的水分利用率及耗水量

处 理	品 种	阶段耗水量(mm)				总耗水量 (mm)	水分利用效率 (g•mm ⁻¹ • m ⁻²)
		花后 6~ 13 d	花后 13~ 20 d	花后 20~ 27 d	花后 27 d 至成熟		
7	豫麦 34 号	35. 8	31. 3	28. 0	14. 8	331	2. 22
	洛阳 8716	31. 4	30. 7	24. 4	16. 3	330	1. 84
14	豫麦 34 号	30. 8	35. 5	31. 2	14. 9	333	2. 17
	洛阳 8716	28. 2	34. 1	28. 8	12. 6	330	1. 94
21	豫麦 34 号	29. 4	30. 4	33. 5	22. 7	332	2. 11
	洛阳 8716	25. 6	24. 5	31. 2	20. 0	330	1. 85
28	豫麦 34 号	28. 4	29. 3	27. 6	19. 8	314	2. 15
	洛阳 8716	25. 5	24. 3	22. 5	15. 5	321	1. 80
7+ 14	豫麦 34 号	36. 4	35. 3	30. 4	20. 8	375	2. 18
	洛阳 8716	31. 5	32. 4	28. 5	18. 2	380	1. 64
7+ 21	豫麦 34 号	35. 0	31. 3	35. 5	21. 7	378	1. 84
	洛阳 8716	30. 8	35. 6	32. 7	20. 3	382	1. 56
7+ 14+ 21+ 28	豫麦 34 号	35. 4	34. 2	34. 4	22. 6	466	1. 57
	洛阳 8716	30. 2	28. 2	30. 8	20. 2	477	1. 29
ck	豫麦 34 号	31. 4	27. 6	21. 5	12. 6	293	2. 21
	洛阳 8716	26. 3	24. 5	19. 7	7. 2	285	2. 05

2.1.2 两品种不同水分处理花后 6 d 至成熟期间阶段耗水量变化 从表 2 可以看出, 花后 6 d 至成熟期间耗水量占全生育期总耗水量的百分率, 豫麦 34 号各处理为 33%~35%, 洛阳 8716 为 27%~30%, 说明此期间洛阳 8716 比豫麦 34 号耗水量少。两品种不同水分处理花后 6 d 至成熟期间每隔 7 d 测定一次, 此阶段耗水量有随生育进程推进而减少的趋势。如花后 6~13 d, 13~20 d, 20~27 d, 27 d 至成熟期间各阶段耗水量, 豫麦 34 号为 32.8, 31.8, 30.3, 18.7 mm, 洛阳 8716 为 28.7, 29.3, 27.3, 16.3 mm, 表明开花后洛阳 8716 各阶段耗水量均少于豫麦 34 号。不同水分处理每次浇水后阶段耗水量变化各不相同, 如豫麦 34 号处理 14 灌水后 7 d 内耗水量为 35.5 mm, 比灌水前 7 d 内耗水量增加 4.7 mm; 而处理 28 却比灌水前 7 d 减少 7.8 mm。两品种开花后不同水分处理的阶段耗水量, 处理 7 中花后 6~13 d, 13~20 d, 20~27 d 各阶段耗水量豫麦 34 号分别比洛阳 8716 多 4.4, 0.6, 3.6 mm; 处理 14 则分别多 2.6, 1.4, 2.4 mm; 处理 21 多 3.8, 5.9, 2.3 mm; 处理 28 多 2.9, 5.0, 5.1 mm; ck 多 5.1, 3.1, 1.8 mm, 表明在小麦生育后期不同品种、不同水分处理和不同阶段的耗水量有较大差异。

2.2 开花后不同水分处理对两品种水分利用效率的影响

从表 2 可以看出, 两品种开花后不同处理的水分利用效率有随灌水次数增加和灌水时期后移而降低的趋势。比较各处理水分利用效率, 豫麦 34 号的变化幅度为 $1.57\sim 2.22\text{ g}\cdot\text{mm}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$, 而洛阳 8716 的变化幅度为 $1.29\sim 2.05\text{ g}\cdot\text{mm}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$, 说明豫麦 34 号比洛阳 8716 的水分利用效率高。豫麦 34 号水分利用效率由高到低的顺序依次为: $7>\text{ck}>7+14>14>28>21>7+21>7+14+21+28$, 其中 7, 14, 21, 28, $7+14$, ck 6 个处理的水分利用效率均在 $2.1\text{ g}\cdot\text{mm}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ 以上; 而洛阳 8716 为 $\text{ck}>14>21>7>28>7+14>7+21>7+14+21+28$, 仅 ck 处理的水分利用效率超过 $2.0\text{ g}\cdot\text{mm}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$, 说明品种间水分利用率相差较大。比较两品种水分利用率可以看出, 豫麦 34 号水分利用效率较高, 在栽培管理中节水潜力较大; 而洛阳 8716 应保证后期水分供应, 才能充分发挥其高产潜力。

2.3 开花后不同水分处理对两品种小麦千粒重与产量的影响

表 3 表明, 两品种开花后不同水分处理的千粒重变化较大, 其中, 两品种均以 $7+14$ 处理的千粒重为最高, 豫麦 34 号达 50.0 g, 洛阳 8716 达 45.3 g, 且表现为浇水次数多的处理大于浇水次数少的处理。在开花后只浇一水的 4 个处理中, 处理 7 和 14 的千粒重均高且差异不大, 而开花后一直没浇水的洛阳 8716 的千粒重均大于开花后只浇一水的各处理。以上结果表明, 就提高千粒重而言, 两品种开花后浇水时期最好在花后 7~14 d 进行, 洛阳 8716 在灌足底墒水和保证生育前期水分供应

表 3 不同水分处理两品种小麦的千粒重和产量

处理	品 种	千粒重 (g)	子粒产量 (kg/hm ²)
7	豫麦 34 号	46.0	7 354
	洛阳 8716	40.7	6 078
14	豫麦 34 号	46.1	7 224
	洛阳 8716	41.2	6 417
21	豫麦 34 号	43.6	7 015
	洛阳 8716	38.1	6 104
28	豫麦 34 号	43.3	6 755
	洛阳 8716	38.5	5 792
7+ 14	豫麦 34 号	50.0	8 161
	洛阳 8716	45.3	6 234
7+ 21	豫麦 34 号	47.2	6 963
	洛阳 8716	43.6	5 974
7+ 14+	豫麦 34 号	47.7	7 328
21+ 28	洛阳 8716	44.7	6 130
ck	豫麦 34 号	42.5	6 475
	洛阳 8716	41.3	5 843

的情况下, 开花后不浇水仍能获得较高的粒重。分析两品种开花后不同水分处理的小麦产量, 豫麦 34 为 $7+14>7>7+14+21+28>14>21>7+21>28>ck$, 洛阳 8716 为 $14>7+14>7+14+21+28>21>7>7+21>ck>28$, 表明两品种产量对不同水分处理的反应不一致。综合千粒重和产量两个重要经济性状, 并考虑到小麦生产成本和节约资源等因素, 在河南生态条件下, 如果小麦开花后干旱确需进行麦田灌水, 以开花后 7 至 14 d 浇一次水效果较好, 且经济合理。对于豫麦 34 号来说, 如能在此期浇两次水的增产效果则更为显著。

3 结论与讨论

国内外关于小麦节水灌溉的研究较多且较深入。许多研究认为, 在一定范围内, 小麦产量随着耗水量的增加而呈线形关系增加^[1~4]。根据王树安等^[3]研究, 小麦全生育期总耗水量为 405 mm 时, 产量可达 $416\text{ kg}/666.7\text{ m}^2$ 。程宪国等^[5]研究指出, 耗水量在 168.7~238 mm 之间, 产量为 $42\sim 125\text{ kg}/666.7\text{ m}^2$; 耗水量在 315~347 mm 之间时, 产量为 $300\text{ kg}/666.7\text{ m}^2$, 有人还得出小麦耗水量与产量的关系拟合方程^[2,5]。在本研究中, 用两个冬小麦品种在全生育期人工控制浇水(灌水量 180~315 mm)和严格防止天然降水条件下, 小麦耗水量(314~477 mm)虽然较低, 但仍获得了较高的产量($5\,792\sim 8\,161\text{ kg}/\text{hm}^2$), 且绝大多数处理的水分利用效率均在 $1.80\text{ g}\cdot\text{mm}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ 以上, 最高可达 $2.22\text{ g}\cdot\text{mm}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ 。阶段耗水量、灌溉水利用效率在品种间和处理间有一定差异。豫麦 34 号因其千粒重和产量较高, 在所有处理中水分利用效率都高。两品种在开花后 6 d 至成熟阶段的耗水量占总耗水量百分率, 豫麦 34 号为 33%~35%, 洛阳 8716 为 27%~30%。早熟品种豫麦 34 号在节水灌溉下仍能获得高产, 而洛阳 8716 要获得较高产量, 必须注意保持生育后期的水分充足供应, 才能发挥其增产潜力。为实现小麦高产高效栽培, 在决策和实施小麦生育后期灌水与否时, 既要考虑不同品种的水分利用效率、灌水的增产效果, 还应注意核算灌水的生产成本, 以达到简化省工、节本增效之目的。

鸣谢: 本试验得到洛阳农科所、中国农科院洛阳旱农基地全体人员帮助, 谨致谢诚!

参考文献:

- [1] 国家小麦工程技术研究中心. 胡廷积文选[M]. 北京: 中国科技出版社, 2000. 6-30.
- [2] 华北平原作物水分胁迫与干旱研究课题组. 作物水分胁迫与干旱研究[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1991. 85-102, 111-129.
- [3] 兰林旺, 周殿玺. 小麦节水高产研究[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1995. 4-15.
- [4] 冷石林, 韩仕峰. 中国北方旱地作物节水增产理论与技术[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1996. 80-87, 273-282.
- [5] 程宪国, 汪德水, 张美荣, 等. 不同土壤水分条件对冬小麦生长及养分吸收的影响[J]. 中国农业科学, 1996, 29(4): 67-74.

Effects of Water Operation on Water Using Traits and Yield After Anthesis on Two Cultivars of Winter Wheat

GUO Tian-cai¹, PENG Yu¹, YAN Yao-li¹, LI Xiang¹,

SHEN Dong-feng², WANG Shu-zi²

(1. National Engineering Research Center for Wheat, Zhengzhou 450002, China;

2. Luoyang Institute of Agricultural Science, Luoyang 471022, China)

Abstract: Under conditions of shielding natural precipitation, the effects of water control on cultivar Yumai No. 34 and Luoyang 8716 was studied. Results indicated that: in 7~ 27 d after anthesis, the more amount of irrigation water, the higher of water consumption, meanwhile, water use efficiency declined; the water consumption peak of later stage happened between period of anthesis and 14 d after anthesis, the average water consumption rate was 5 mm every day, then declined; the percentage of water consumption between 6 d after anthesis and maturity stage to the total water consumption was high, it was 33% ~ 35% for Yumai No. 34 and 27% ~ 30% for Luoyang 8716; irrigation in 7~ 14 d after anthesis increased thousand kernel weight and yield obviously, but that of 21~ 28 d after anthesis was not, irrigation at 28 d after anthesis, the yield was smaller than that of ck; water use efficiency of early-ripe cultivar Yumai No. 34 was higher than that of late-ripe cultivar Luoyang 8716; water saving irrigation made Luoyang 8716 ripened earlier 9~ 14 d, then the yield decreased seriously.

Key words: Winter wheat; Water operation; Later development stage; Water use traits