

春小麦开花前后有限供水的生产效应

赵丽英 邓西平

中国科学院
(水利部水土保持研究所 陕西杨陵 712100)

摘 要 在防雨棚内的盆栽实验条件下,研究了4种梯度的10种水分组合对红芒麦和宁春10号产量及耗水量等的影响。结果表明,试验期间充分灌水、轻度、中度、重度干旱处理,随着干旱程度的加剧,株高、干物质积累、产量、耗水量都逐渐减少;红芒麦灌浆期不同程度的干旱处理,均有利于产量的形成,促进物质运输,提高了千粒重,同时减少了水分消耗,提高了WUE;孕穗期干旱处理后,灌浆期复水,会造成减产,和灌浆期相比,孕穗期是水分敏感的时期,而灌浆期对水分亏缺不敏感。两种小麦相比较,宁春10号耗水量大、产量低、抗旱性较强,但适应性较差。

关键词 春小麦 有限供水 产量 耗水量

Product Effect of Limited Water Supply Before and After Flowering of Spring Wheat

Zhao Liying Deng Xiping

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences
and Ministry of Water Resources Yangling Shaaxi 712100)

Abstract The effect of 10 soil water treatments on water consumption and yield in spring wheat had been studied in pot culture with rainproof shelter. The results showed that crop height, ear length, yield, water consumption and dry matter accumulation would be reduced with the increase of water stress under 4 treatments (water supply, mild, medium and severe drought) in experiment period. Different drought in Hongmang wheat under grain-filling stage is favorable to form yield, accelerate matter transportation, enhance kilo-grain weight, reduce water consumption and increase WUE; yield were reduced when water was supplied in grain-filling after drought in booting stage. Booting stage is sensitive stage to water deficient. Compared with Hongmang wheat, Ningchun 10 is much water consumption, lower yield, stronger drought-resistance, but weaker adaptability.

Key words spring wheat limited water supply yield water consumption

水分在小麦产量形成过程中是不可替代的因素。近年来,研究者为如何合理利用有限的水资

源,降低耗水量,提高水分利用效率方面作了大量工作,并取得了很大进展^[1,2]。小麦开花期作为对水分敏感的时期,对其不同供水条件下的详细研究还较少。本文旨在研究充分供水后干旱、干旱后复水等 10 种供水条件对两种小麦开花前后水分利用及产量的影响,从中了解小麦开花前后允许水分亏缺的时期和时间,以便在节约大量用水的同时,提高产量或保持不减产,提高水分利用效率,在农业生产上有一定的指导意义。

1 材料及方法

材料为红芒麦和宁春 10 号两个春小麦品种。试验采用盆栽土培法,取耕层 10~20 cm 的土壤,每盆装干土 3 kg,施尿素 1 g, KH₂PO₄0.603 g。土壤最大毛管持水量为 32.11%,种子用 0.5% CuSO₄ 消毒后,28℃ 催芽,于 1998 年 3 月 1 日播种,3 月 28 日每盆定苗 8 棵。在孕穗—灌浆初期和灌浆初期—成熟分别以土壤毛管持水量占最大毛管持水量的 35% (C1)、45% (C2)、55% (C3)、65% (C4) 进行变水处理。试验分组如下,每个处理重复 4 次。

试验中叶片相对含水量用烘干法测定^[3],单叶水分利用效率用便携式光合仪测定,株高、穗长、产量等同一一般田间试验的考种计产法。

2 试验结果与分析

2.1 不同供水条件对小麦生长的影响

由表 1 看出,试验期间随着干旱程度(C3—C3、C2—C2、C1—C1) 的加剧,红芒麦的穗长、株高、干物质均呈下降趋势,而宁春 10 号则在轻、中度干旱情况下较高。C4—C4 处理,红芒麦株高为 73.17 cm,比 C4—C3、C4—C2 C4—C1 分别高 4.47%、4.74%、5.47%,而干物质却分别减少 22.7%、21.8%、11.3%;宁春 10 号株高为 45.41 cm,比 C4—C3 高 8.39%,干物质则减少 1.56%,C3—C3、C2—C2 与 C4—C4 株高接近,干物质分别比 C4—C4 高 19.7%、9.89%,说明适度水分亏缺可控制植物体的徒长,促使植株健壮。孕穗期—灌浆初期干旱,灌浆初期—成熟不同程度复水,对株高、干物质累积、千粒重有显著的影响,且都有一定的恢复补偿效应,尤以 C1—C4 处理恢复最好;孕穗期—灌浆初期充分供水,灌浆初期—成熟期随着干旱程度的加剧,株高和干物质呈下降趋势,但差异不明显,说明后期干旱对生长影响不大。

2.2 不同水分亏缺对小麦产量、WUE 的影响

从表 3、表 4 可以看出,孕穗期充分供水,生长后期不同程度干旱对红芒麦籽粒产量影响不大。因生长后期适度缺水,可促进灌浆过程,使灌浆速率加快,作物体内物质运输不降低,经济产量增加,而且减少了耗水量,提高了 WUE,但对宁春 10 号,中度和重度干旱可严重影响籽粒产量,耗水量影响不明显,WUE 降低。红芒麦中,WUE 高于 C4—C4 的有 3 个,即 C4—C3、C4—C2、C4—C1,分别比 C4—C4 处理节水 6.33%、6.94%、14.94%;而宁春 10 号只有 C4—C3,节水

表 1 试验分组情况表

春小麦品种	孕穗—	灌浆初期	灌浆初期—成熟
红芒麦	C1	—	C1
	C1	—	C2
	C1	—	C3
	C1	—	C4
	C2	—	C2
	C3	—	C3
	C4	—	C1
	C4	—	C2
	C4	—	C3
	C4	—	C4
宁春 10 号	C1	—	C1
	C1	—	C2
	C1	—	C3
	C1	—	C4
	C2	—	C2
	C3	—	C3
	C4	—	C1
	C4	—	C2
	C4	—	C3
	C4	—	C4

3. 21%, 但 C3—C3 的 WUE 相对较高, 说明宁春 10 号在开花前后对水分的要求较高。两种小麦比较, 无论每天还是整个生育期的耗水量, 宁春 10 号总大于红芒麦, 但籽粒产量低, 原因可能是由于宁春 10 号可产生一些无效分蘖, 消耗水分而不形成籽粒所致。孕穗—灌浆初期进行严重干旱处理, 灌浆初期—成熟即使充分供水也不能提高产量, 这是由于该阶段处于营养生长向生殖生长转变的过程之中, 相对于茎秆而言, 籽粒是相对较弱的“库”, 干旱导致同化物向籽粒的运输受阻。

表 2 10 种供水条件下小麦株高、穗长、干物质的变化

处理	穗长/ cm		株高/ cm		干物质重/ g		千粒重/ g	
	红芒麦	宁春 10 号	红芒麦	宁春 10 号	红芒麦	宁春 10 号	红芒麦	宁春 10 号
C4- C4	12. 93 _d	8. 46 _b	73. 17 _c	45. 41 _b	13. 91 _b	12. 84 _b	35. 09 _c	37. 60 _c
C4- C3	12. 58 _{ed}	8. 50 _b	69. 9 _c	43. 17 _b	17. 07 _c	12. 10 _b	33. 88 _d	36. 10 _c
C4- C2	12. 05 _c	8. 13 _b	69. 7 _c	41. 6 _{ab}	16. 95 _c	13. 04 _b	38. 70 _d	33. 79 _b
C4- C1	11. 86 _b	8. 26 _b	69. 17 _c	41. 18 _{ab}	15. 48 _c	9. 29 _a	39. 54 _d	32. 13 _b
C3- C3	11. 64 _b	9. 52 _c	62. 36 _b	45. 55 _b	12. 32 _b	15. 37 _c	35. 79 _c	32. 04 _b
C2- C2	11. 95 _c	9. 17 _c	60. 55 _b	45. 34 _b	12. 30 _b	14. 11 _c	27. 73 _b	25. 97 _a
C1- C4	11. 96 _c	7. 33 _{ab}	59. 37 _b	38. 78 _a	12. 24 _b	10. 89 _a	27. 42 _b	33. 25 _b
C1- C3	11. 49 _b	7. 81 _b	55. 21 _a	39. 05 _a	10. 65 _a	9. 14 _a	24. 88 _a	30. 84 _b
C1- C2	10. 97 _b	6. 96 _a	56. 16 _a	37. 07 _a	10. 15 _a	10. 59 _a	25. 99 _a	32. 26 _b
C1- C1	10. 16 _a	6. 93 _a	54. 37 _a	33. 11 _a	9. 72 _a	9. 03 _a	23. 38 _a	32. 86 _b

注: 字母差别表示 0. 05 显著水平。

表 3 10 种供水条件对红芒麦籽粒产量、耗水量及水分利用效率的影响

红芒麦	产量/ g	比 CK/ %	耗水量/ kg	比 CK/ %	WUE	比 CK/ %
C4- C4	5. 48	0. 00	6. 63	0. 00	0. 826	0. 00
C4- C3	5. 38	- 1. 82	6. 21	- 6. 33	0. 866	0. 846
C4- C2	5. 46	- 0. 36	6. 17	- 6. 94	0. 884	7. 02
C4- C1	5. 30	- 3. 28	5. 50	- 17. 04	0. 964	16. 71
C3- C3	3. 29	- 39. 96	5. 63	- 15. 08	0. 584	- 29. 30
C2- C2	3. 50	- 36. 13	4. 88	- 26. 40	0. 717	- 13. 20
C1- C4	3. 07	- 43. 98	6. 03	- 9. 05	0. 509	- 38. 38
C1- C3	2. 52	- 54. 01	4. 80	- 27. 60	0. 525	- 36. 44
C1- C2	2. 37	- 56. 75	4. 20	- 36. 65	0. 564	- 31. 72
C1- C1	2. 08	- 62. 04	3. 51	- 47. 06	0. 592	- 28. 33

表 4 10 种供水条件对宁春 10 号籽粒产量、耗水量及水分利用效率的影响

宁春 10 号	产量/ g	比 CK/ %	耗水量/ kg	比 CK/ %	WUE	比 CK/ %
C4- C4	5. 02	0. 00	6. 86	0. 00	0. 731	0. 00
C4- C3	4. 95	- 1. 39	6. 64	- 3. 21	0. 745	1. 92
C4- C2	2. 74	- 45. 42	6. 18	- 9. 91	0. 443	- 39. 40
C4- C1	2. 41	- 51. 99	6. 02	- 12. 24	0. 400	- 45. 29
C3- C3	3. 85	- 23. 31	6. 02	- 12. 24	0. 639	- 12. 58
C2- C2	3. 43	- 31. 67	5. 64	- 17. 78	0. 607	- 16. 96
C1- C4	2. 35	- 53. 19	6. 36	- 7. 29	0. 369	- 49. 52
C1- C3	2. 12	- 57. 77	5. 76	- 16. 03	0. 367	- 49. 79
C1- C2	2. 21	- 55. 98	5. 48	- 20. 11	0. 403	- 44. 87
C1- C1	1. 74	- 65. 33	4. 70	- 31. 49	0. 371	- 49. 25

2.3 不同供水条件下叶片相对含水量的变化

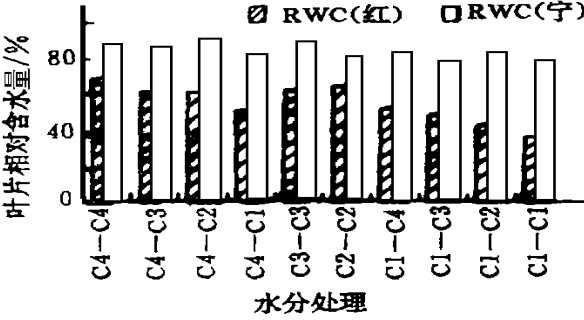


图 1 不同供水条件对两种小麦叶片相对含水量的影响

严重干旱的情况下也能维持较高的叶片相对含水量。孕穗-灌浆初期干旱,灌浆初期-成熟期不同程度复水,叶片相对含水量恢复补偿能力较小。

2.4 不同供水条件对红芒麦单叶水分利用效率的影响

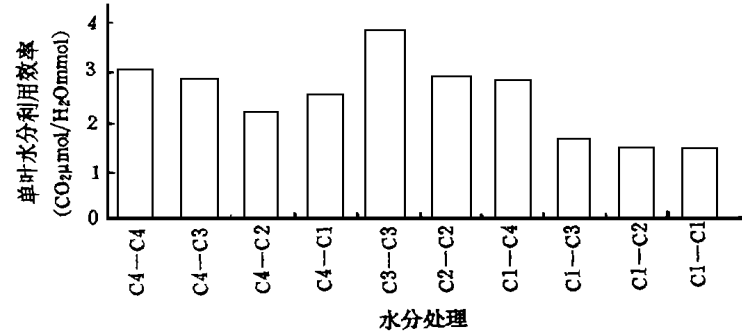


图 2 不同供水条件对红芒麦单叶水分利用效率的影响

C1-C4)可产生一定的补偿效应,基本上可恢复到 C4-C3 水平。C3-C3 轻度干旱条件下,单叶水分利用效率较高,但产量和水分利用效率却相对偏低,其原因有待于进一步研究。

3 讨 论

春小麦水分亏缺灌溉必须掌握好亏缺时期和亏缺时间,以利于节约用水又不减产。本实验研究表明在孕穗-灌浆初期的一段时间内,两种小麦都不允许出现重度和中度干旱,该阶段对产量形成起重要作用,干旱将大大降低产量。在灌浆初期-成熟期间进行适当的干旱,可促进灌浆过程,灌浆速率加快,作物体内物质运输下降,经济产量增加^[4]。本实验表明,适度水分亏缺,如在灌浆初期-成熟期间,轻、中度干旱,既可控制茎秆的徒长,又可增加干物质的量,对植株的健壮及增加抗伏性有重要作用^[5]。

植物在经适度干旱后普遍存在着补偿效应,在干旱时细胞因亏水而受抑制时累积的代谢产物在水分供应恢复后可用于作物的生长,起到补偿生长的效应。在节约用水的同时又可提高产

干旱处理开始后,以称重法控制土壤含水量的变化,测定的叶片相对含水量见图 1,从中可看出,两种小麦均以 C1-C1 处理叶片相对含水量最低,红芒麦为 35.46%,宁春 10 号为 76.57%。所有处理中,均以宁春 10 号相对含水量高,这是由于不同水分亏缺程度对红芒麦的影响较大,其变化范围为 35.46%~68.37%;宁春 10 号影响较小,变化范围为 76.57%~88.55%。说明宁春 10 号对干旱的适应性较强,在

小麦叶片的光合速率、蒸腾速率的比率代表瞬间 CO₂ 固定与水分散失之间的效率,即单叶水分利用效率。从图 2 上看出,孕穗期-灌浆初期充分供水,后期随着干旱程度的加剧,其单叶水分利用效率呈逐渐减小的趋势;前期干旱,后期随着复水的加强,单叶水分利用效率逐渐提高,与株高、穗长和产量的变化是一致的。干旱后充分复水(C1

- 10 Farquhar, C. D. and T. D. Sharkey. Stomatal conductance and photosynthesis. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 1982, 33: 317 ~ 345
- 11 Morgan, J. A. Interaction of water supply and nitrogen in wheat. *Plant Physiol.* 1984, 76: 112 ~ 117
- 12 Morgan, J. A. The effect of nitrogen nutrition on the water relation and gas exchange characteristics of wheat. *Plant Physiol.* 1986, 80: 52 ~ 58
- 13 Radin, J. W. and L. L. Parker. Water relations of cotton plant under nitrogen deficiency I: Dependence upon leaf structure. *Plant Physiol.* 1979, 64: 495 ~ 498
- 14 Radin, J. W. and R. C. Ackerson. Water relations of cotton plant under nitrogen deficiency : stomatal conductance, photosynthesis and ABA accumulation during drought. *Plant Physiol.* 1981, 67: 115 ~ 119
- 15 Sinclair, T. R. and T. Horie. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: A review. *Crop Science*, 1989, 29: 90 ~ 98
- 16 Stuart, F. 植物对多种环境因素的反应(梁建生译). 江苏农学院译文集(8), 1988, 30 ~ 39
- 17 Shimishi, D. The effects of nitrogen on transpiration and stomatal behavior of beans. *New Phytol.* 1970, 69: 405 ~ 412
- 18 Sugiharto, B., K. Miyata, H. Nakamoto, et al. Regulation of expression of carbon assimilating enzymes by nitrogen in maize leaf. *Plant Physiol.*, 1990, 92: 963 ~ 969
- 19 Van Kooten D and Snel, J. F. M., The use of Chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology. *Photosynthesis Research.* 1990, 25: 147 ~ 150
- 20 Wong S. C. Elevated atmospheric partial pressure of CO₂ and plant growth I. Interactions of nitrogen nutrition and photosynthetic capacity in C₃ and C₄ plants. *Oecologia*, 1979, 44: 68 ~ 74

(上接第102页)

量或保持不减产,如本实验中红芒麦的 C₄—C₃、C₄—C₂、C₄—C₁ 和宁春 10 号的 C₄—C₃ 处理。但也存在着相反的结论,在生殖生长期,施加一定水分胁迫,则大大降低籽粒的产量,而干物质质量不减少,如宁春 10 号的 C₄—C₂ 处理。

叶片相对含水量是反映叶片保水能力的指标,宁春 10 号在严重干旱的情况下也能保持较高的含水量,说明宁春 10 号的抗旱性比红芒麦强,但两种小麦相比较,宁春 10 号的耗水量较大,产量和水分利用效率都降低,这可能与环境、气候等因素所致,因此认为红芒麦属于节水增产型的品种,在本地的适应性比宁春 10 号强。

参考文献

- 1 山仑.我国西北地区植物水分研究与旱地农业增产.植物生理学通讯,1983(5):7~11
- 2 陈玉民.华北地区冬小麦耗水量图与灌溉蓄水量评价研究.水利学报,1987(11):10~20
- 3 西北农业大学生理生化教研组编.植物生理学实验指导.西安:陕西科学技术出版社,1986
- 4 马忠明.有限灌溉条件下作物-水分关系的研究.干旱地区农业研究,1998,6(2):78~79
- 5 石培泽,杨秀英.春小麦适度亏缺灌溉的节水增产效应.干旱地区农业研究,1998,16(2):80~83