

不同生育期复水对受旱冬小麦的补偿效应研究*

陈晓远

罗远培

(中国农业大学资源与环境学院 北京 100094) (中国农业科学院农业气象研究所 北京 100081)

摘要 试验研究分蘖期、拔节期和开花期复水对受旱冬小麦的补偿效应结果表明,各生育期复水对冬小麦的生长和产量均有不同程度的促进作用,复水处理的小麦株高、绿叶面积、干物质质量及产量等均超过其干旱对照,表现出补偿生长效应。其中拔节期复水的补偿作用最大,增产效果最明显,开花期复水次之,分蘖期复水最小。苗期干旱拔节期复水可达到节水和提高产量的目的。

关键词 冬小麦 生育期 复水 补偿效应

Compensatory effects of water-recovery during different growth durations on winter wheat under water stress CHEN Xiao-Yuan(College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100094), LUO Yuan-Pei(Institute of Agrometeorology, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100081), CJE, 2002, 10(1): 35~37

Abstract The compensatory effects of supplying water after drought during tillering stage, jointing stage and flowering stage on the growth and grain yield are studied. The results show that rewatering after drought during these growth duration has various degrees of promotion effect on growth and yield respectively. The height of plant, green leaves areas per plant, dry matter weight and grain yield of the rewatered treatments exceed those of their drought controls and show compensatory effects. Rewatering during jointing stage has the most compensatory effects on yield increase, secondly is the rewatering during flowering stage, and rewatering during tillering stage is the least. Water-recovery during jointing stage could come to the goal of water-saving and yield increase.

Key words Winter wheat, Growth duration, Water-recovery, Compensatory effects

作物对水分胁迫及胁迫后复水的响应是一个十分复杂的问题。Acevedo E^[4]指出,高等植物对水分胁迫-复水的响应方式是在胁迫解除后存在短暂的快速生长,以部分补偿胁迫造成的损失。Wenkert W^[5]把水分胁迫后复水引起的生长反应称为补偿生长或者“贮积生长”,且认为这是对环境变化的一种适应,适应的结果体现在植物外部形态的变化上如植株高度、叶面积、生物量等方面。另一些研究者认为^[6],水分胁迫解除后作物形态和生长速度的变化并不是立即作出的,从1种水分状态到另1种水分状态,生长的改变在7d左右才能显著观察出来,即干旱对作物生长有延迟作用,复水后的生长表现仅是延迟事件的再现^[8]。说明复水对作物产生了激发效应^[1,2],使因水分胁迫而延迟了的生长发育进程发生补偿^[7]。本文基于此认识,研究了冬小麦前期经受干旱胁迫于分蘖期、拔节期及开花期恢复充分供水后的生长情况及产量表现,以期改变作物的用水方式,高效利用有限灌溉水提供理论依据。

1 试验材料与方法

试验于1996~1998年在中国农业大学科学园温室进行,供试土壤为草甸褐土,最大毛管持水量为21.05%。供试品种为“北农6号”,采用管栽方法,管子材料为硬质灰色聚乙烯,内径10cm,长度50cm,管子内衬塑料薄膜,以便取样和防止水分渗出。每管施磷酸二氢铵3g,将肥料和土壤混匀后按容重1.325g/cm³装管,管子底部铺1层细砂,以防止根系盘绕管底。精选种子,在冰箱内春化后播种,长到三叶一心(播种后10d)时定苗,每管3株,此时分别以土壤含水量占最大毛管持水量的80%和60%2个水平控制土壤水分,分蘖期(播种后28d)、拔节期(播种后35d)及开花期(播种期55d)进行复水(由60%复水到80%),复水时间均为8d,并以全生育期一直保持恒定水分的处理为对照。控水方法为每隔1d用感量为0.1g的德国产PE-24型电子台称对管子称重1次,低于灌水定额的进行补水。试验共设5个水分处理,其中A(实际土壤含水量占最大毛管持水量的80%)为充分供水处理,作为试验的湿润对照;B(实际土壤含水量占最大毛管

* 国家重点基础研究发展规划项目(G1999011709)和国家自然科学基金(49971042)共同资助

收稿日期:2000-07-14 改回日期:2000-08-16

持水量的 55%) 为水分胁迫处理, 作为试验的干旱对照; B-A1、B-A2、B-A3 分别为在分蘖期、拔节期、开花期从 B 水分复水至 A 水分的复水处理, 每个处理重复 3 次, 按照取样要求设 30 个管栽, 全试验共有 150 个管栽。

分别在三叶期(播种后 11d)、分蘖期(播种后 29d)、拔节期(播种后 36d)、孕穗期(播种后 42d)、抽穗期(播种后 49d)、开花期(播种后 56d)、灌浆期(播种后 64d、71d 和 81d 各取 1 次)和收获期(播种后 92d)取样, 每个处理每次取 3 个重复(3 个管子, 9 株小麦)。取样方法为先将长有小麦的土柱从管子中取出后放入水池中浸泡, 直至土柱变得松散, 然后用水冲洗根系, 最后从水中取出完整的植株。将根和冠从茎基部分开, 以备进一步测量。植株干物质质量采用烘干法测量, 叶面积测量取样本植株每片完全展开叶的完整绿色叶片的长度和最大宽度, 然后采用叶面积拟合公式进行计算。

2 结果与分析

2.1 不同生育期复水对冬小麦叶冠结构的影响

由图 1 可知, 复水处理间植株株高虽有差异, 但均超过干旱对照 B。分蘖期复水处理 B-A1 和开花期复水处理 B-A3 的株高分别达到 59.33cm 和 59.23cm, 高出 B1.93cm 和 1.83cm; 拔节期复水处理 B-A2 的株高达到 63.63cm, 超出 B 6.23cm, 经 t 检验差异显著。证明不同生育期复水均有促进植株茎秆伸长的作用, 其中拔节期复水效果最好, 其株高可以接近一直保持充分供水的对照 A。叶片是叶冠的组成部分, 是决定作物干物质积累和最终产量的因素之一。试验表明, 复水能有效地增大植株的绿叶面积。如图 1 所示, B-A1 的单株叶面积在复水 7d(播种后 36d)后超出 B, 复水 51d(播种后 80d, 成熟期)时达到 B 的 2.15 倍; B-A2 同样在复水 7d 后超过 B, 然后在复水 21d 时超出 A, 叶面积扩展速度几乎呈线性, 播种后 80d 时达到 B 的 2.28 倍, 并超出 A 32.20cm²; B-A3 的单株最大叶面积亦超过 A 32.73cm², 所有数据均通过经 t 检验。可见开花

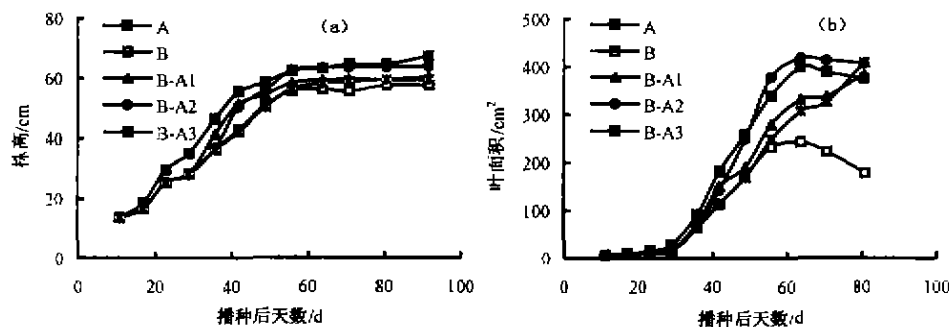


图 1 不同生育期复水对冬小麦株高及叶面积的影响

Fig. 1 Plant height and leaves areas under rewatering condition during different growth durations

期复水同拔节期复水一样能使前期受旱作物在生长后期保持更多的功能叶片和绿叶面积, 但分蘖期复水对叶面积的扩展效果相对较差。上述现象说明, 前期受旱的冬小麦在不同生育期恢复供水后, 茎秆的伸长和叶片扩展速度受到激发, 使株高和绿叶面积均超过

2.2 不同生育期复水对冬小麦根、冠干物质积累的影响

冬小麦分蘖期和拔节期复水促进了初生根系的生长, 激发了次生根系的发生, 使根重增加^[3]。复水 7d 后 B-A1 和 B-A2 的根重超过 B, 播种后 92d(收获)时分别达到 B 的 1.2 倍和 1.79 倍, 但二者均未达到 A 的水平; 开花期复水虽不能阻止根重在抽穗期达

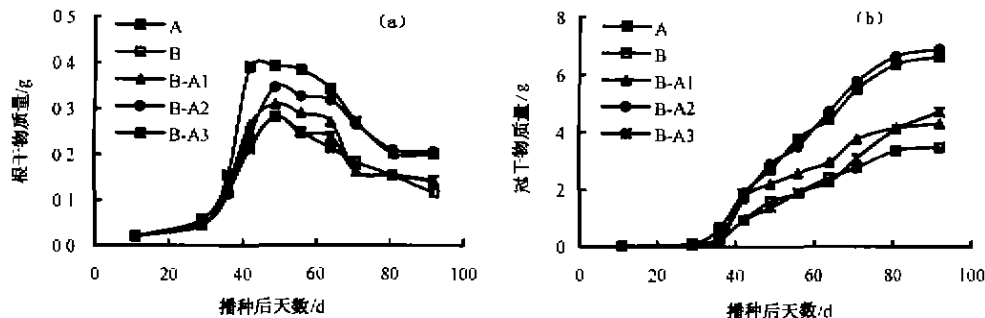


图 2 不同生育期复水对冬小麦根、冠干物质积累的影响

Fig. 2 Root and shoot dry matter accumulation under rewatering condition during different growth durations

到最大值后开始下降的趋势,但却可以延缓其下降的速度,抑制根系衰亡。复水前从播种后49~56d B-A3的根重下降了12.61%,B的根重下降了12.03%,复水后从播种后56~64d B-A3的根重仅下降了3.10%,而B的下降则高达13.64%,因而至收获时B-A3的根重可达到B的1.24倍(见图2)。复水后各处理的冠重均明显超出对照,表现出补偿效应(见图2)。B-A1的冠重从复水7d后超出B开始,一直均大于B。B-A2的冠重则达到B的1.96倍且超出A0.2746g。B-A3的冠重在复水后15d超出B,但增加量小于B-A2。冠重是由茎、叶和穗重组成的,B-A1冠重的增加,在复水后7~20d主要是由茎重和叶重增加所致,而在复水20d后穗重的增加起了主导作用;B-A2复水之初茎重比叶重对冠重增加的贡献更大,随着植株由营养生长转向生殖生长,穗重的贡献上升为第1位;B-A3冠重的增大主要是由穗重的快速增加所致,复水后8~15d B-A3的穗重日增长速率分别达到茎、叶日增长速率的6.7倍和12.8倍,显示出开花期复水促进穗重增加的显著作用(数据略)。以上分析结果表明,冬小麦生长动态主要是由作物本身遗传特性所决定,水分多少不能改变其生长曲线整体形状,但可改变干物质在根、冠及冠部各器官间的分配。当作物遭受水分胁迫时根系吸水与冠部蒸腾之间的平衡被打破,植株借本身的自调节功能向根提供更多的光合产物,促进根系生长,弥补其受阻的吸水功能,使根冠比增大。作物恢复供水后其根系吸水功能加强,蒸腾率增大,从而促进了冠层光合功能的恢复,提高了干物质生产水平^[5]。复水处理与对照相比,根、冠干物质虽均相应增加,但分配到冠部的干物质比例远大于根系,根冠比急剧下降,到成熟期各处理根系干物质质量仅占总干物质质量的3%左右。

2.3 不同生育期复水对冬小麦产量、耗水量和水分利用效率的影响

表1显示,前期干旱下分蘖期、拔节期及开花期复水的冬小麦经济产量和生物产量均超出对照B,经济产量分别比B增加10.35%、25.72%和14.03%,在不减产或少减产的情况下分别比对照A节水28.19%、7.28%和31.82%,水分利用效率分别提高14.56%、0.97%和24.27%,其中拔节期复水的增产效应最大,开花期复水的节水效果最佳,它们基本能实现节水和提高水分利用效率的目的。另一方面从收获指数看,复水处理均小于对照B,说明水分胁迫有利于光合产物向籽粒调运,复水对营养生长比对生殖生长的促进作用相对更为显著。

表1 开花期复水处理与对照的产量、耗水量及水分利用效率

Tab 1 The seed yields, water consumption and water use efficiency of the treatments and controls

处 理 Treatments	产量/kg·hm ⁻² Yield	生物量/kg·hm ⁻² Biological yield	收获指数/% Harvest index	耗水量/mm Water consumption	水分利用效率/kg·m ⁻³ Water use efficiency
B-A1	5342.27	16421.82	32.53	453.47	11.8
B-A2	6086.30	26287.31	23.15	585.56	10.4
B-A3	5520.28	17985.90	30.69	430.55	12.8
A	6520.33	25223.26	25.85	631.51	10.3
B	4841.24	12715.64	38.07	385.64	12.6

3 小结与讨论

不同生育期复水对前期遭受水分胁迫冬小麦的生长及产量均有促进作用,复水后作物的生长受到激发,在茎秆伸长的同时绿叶面积增大,干物质累积量增加且更多地向冠部分配,根冠比降低,作物进行补偿生长,其中以拔节期复水的补偿作用最大,开花期次之,分蘖期最小。拔节期复水处理的经济产量比干旱对照增加25.72%,耗水量却比湿润对照降低7.28%,达到节水和提高产量的目的;干旱不一定总是有害,作物生长过程中适当给予水分胁迫可增强作物后期的抗旱能力,避免植株旺长消耗过多水分和营养物质,水分胁迫解除后植株通过补偿生长而部分或全部弥补前期干旱所减少的生长量。深入研究和充分利用植物的补偿效应,对促进农业节水增产意义重大。

参 考 文 献

- 1 关义新,戴俊英,徐世昌等.作物学报,1997,23(6):40~745
- 2 杨晓光,于沪宁.生态农业研究,1999,7(3):27~31
- 3 冯广龙,罗远培,刘建利等.干旱地区农业研究,1997,15(2):73~79
- 4 杨晓光,于沪宁.冬小麦、夏玉米水分胁迫监测系统.生态农业研究,2000,8(1):27~29
- 5 Wenkert W., Lemon E. R., Sinclair T. R. Agronomy Journal, 1978, 70: 761~764
- 6 Gallacher A. E., Sprent J. J. Journal of Experimental Botany, 1978, 29(109): 413~423
- 7 Aggarwal P. K., Sinha S. K., Aust J. Plant Physiol, 1987, 14: 227~237
- 8 Acevedo E., Hsiao T. C., Henderson D. W. Plant physiology, 1971, 48: 631~636