

夏玉米不同生育阶段干湿变化的补偿效应研究*

李凤英

黄占斌

(江西农业大学国土资源与环境学院 南昌 330045)(中国科学院水利部水土保持研究所 杨陵 712100)

摘要 通过玉米单阶段和双阶段干旱及复水处理的小区试验研究证明,补偿效应是作物生长发育中存在的一种生存本能,其表现有产量、生长和生理等方面,苗期旱后的拔节期复水存在生理补偿效应和较大产量补偿效应,其生理补偿效应可持续到抽雄期;抽雄期干旱的产量和水分利用效率明显降低,苗期、拔节期连续干旱则产量最低。

关键词 干湿变化 生育阶段 玉米 补偿效应

A study on compensatory effect of corn at different growth stages to water deficit change. LI Feng-Ying (College of Resources and Environment, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045), HUANG Zhan-Bin (Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100), *C.J.E.A.*, 2001, 9(3): 61~63

Abstract In order to understand compensatory effect of corn at different growth stages to water deficit changes, the experiment was conducted in field plots. The results showed that compensatory effect is a fundamental capacity in crop life, which can be expressed in three types: yield, growth and physiological action. Under drought at seedling stage and water-recovering at jointing stage, there is a super compensatory effect on plant growth, great yield effect, and physiological effect until tasseling stage of corn. The yield and water use efficiency decrease markedly under drought at tasseling stage, and the yield is the lowest under drought at seedling and jointing stages.

Key words Water deficit change, Growth stage, Corn, Compensatory effect

一般认为充分供水与适度控水交替进行符合作物生长环境,也有利于作物生长发育和产量的形成。有研究证明,作物旱后复水存在补偿或激发效应。该效应在轻度干旱后复水表现明显,严重胁迫后复水补偿能力减弱。补偿效应是指作物经历一定时期或一定程度的水分亏缺后,在供水条件改善后生长或生产力显著提高的超常效应。不同作物旱后复水的产量效应研究较多^[1-4],但对作物不同生育阶段旱后复水补偿效应及其表现报道较少,本研究通过田间玉米小区试验对不同生育阶段控水干旱及其复水后的补偿效应进行了探讨与研究。

1 试验材料与方法

试验在陕西省咸阳市中国科学院水土保持研究所布设的大型活动防雨棚内进行,小区面积3.2m²×2.2m,中间以40~60cm厚、2m深的水泥墙隔开,以防水分侧渗。2m土层内土壤容重平均值为1.362g/cm³,田间持水量为26.01%,凋萎系数为10.2%,播前2m土层内土壤

含水量为13.25%。供试玉米种子为“陕单9号”,全玉米生长期分为4个生育阶段,以全生育期干旱和充分供水为对照,单、双生育阶段缺水干旱共设9个处理(见表1)。田间小区布设随机排列,重复3次,共27个小

表1 夏玉米试验设计

Tab. 1 The corn test design under field plot condition

处理 Treatments	土壤水分下限 Field content of water			
	苗期~拔节期 Seedling~jointing stage	拔节~抽雄期 Jointing~tasseling stage	抽雄~灌浆期 Tasseling~filling stage	灌浆初~成熟期 Filling~maturing stage
苗期旱 Seedling stage drought	50	70	75	65
拔节期旱 Jointing stage drought	65	50	75	65
抽雄期旱 Tasseling stage drought	65	70	55	65
灌浆期旱 Filling stage drought	65	70	75	50
苗期~拔节期旱 Seedling~jointing stage drought	50	50	75	65
苗期~抽雄期旱 Seedling~tasseling stage drought	50	70	55	65
苗期~灌浆期旱 Seedling~filling stage drought	50	70	75	50
充分供水 Full water(CK ₁)	65	70	75	65
全生育期旱 All stages drought(CK ₂)	50	50	55	50

*表中数据为各生育阶段土壤水分下限(占田间持水量的百分数)。

* 国家重点基础研究(973)项目(G19990117)和陕西省自然科学基金共同资助

收稿日期:2000-03-01 改回日期:2000-04-06

区田间水分控制,取0~100cm上层土壤烘干计算平均土壤含水量,当土壤含水量接近设计的田间含水量时即进行沟灌供水,供水量用水表控制,用烘干称重法测定干物质质量,每生育期采样1次,对固定植株定期测定株高,用打岱取上烘干法测定土壤含水量。采用美国ADC公司生产的CI-301便携式光合仪测定光合速率(P_n)、蒸腾强度(T_r)。水分利用效率(WUE)用2种方法表示,以作物籽粒产量(Y)与全生育期耗水量(ET)之比表示全生育期WUE,即 $WUE = \frac{Y}{ET}$;以某个生育阶段内干物质净增量(ΔDW)与同期耗水量(ΔET)之比表示生育阶段的WUE,即:

$$WUE = \frac{\Delta DW}{\Delta ET} \tag{1}$$

2 结果与分析

2.1 不同灌水处理夏玉米产量与水分利用效率的补偿效应

补偿效应一般用补充供水所产生供水生产效率(ΔWUE)与全生育期水分利用效率(WUE)之比确定, $\frac{\Delta WUE}{WUE} > 1$ 为超补偿, $\frac{\Delta WUE}{WUE} = 1$ 为等量补偿, $\frac{\Delta WUE}{WUE} < 1$ 为低补偿, $\frac{\Delta WUE}{WUE} \geq 0.01 \sim 0.09$ 为部分补偿, $\frac{\Delta WUE}{WUE} \approx 0$ 无补偿, $\frac{\Delta WUE}{WUE} < 0$ 为伤害。表2表

表2 不同灌水处理夏玉米产量构成及水分利用效率

Tab. 2 The yield and water use efficiency of corn under different water deficit conditions

处理 Treatments	籽粒产量/kg·hm ⁻² Grain yield	减产/% Decrease	耗水量/mm Water consumption	耗水减少量/mm Decrease	水分利用效率/kg·cm ⁻² ·mm ⁻¹ Water use efficiency
苗期旱 Seedling stage drought	4755	17.5	207.7	23.6	26.85
拔节期旱 Jointing stage drought	6150	6.6	214.6	26.6	29.00
抽雄期旱 Tasseling stage drought	5385	18.2	227.8	3.4	23.70
灌浆期旱 Filling stage drought	6285	4.6	207.6	23.6	29.20
苗期~拔节期旱 Seedling-jointing stage drought	4785	27.3	198.3	32.9	24.15
苗期~抽雄期旱 Seedling-tasseling stage drought	5400	18.0	189.4	41.8	28.70
苗期~灌浆期旱 Seedling-filling stage drought	5565	15.3	187.9	43.3	29.70
充分供水 Full water(CK ₁)	6585	0.0	231.2	0.0	28.50
全生育期旱 All stages drought(CK ₂)	5065	23.2	159.8	50.4	35.60

明不同灌水条件下夏玉米产量及水分利用效率,在单生育阶段控水中其产量和水分利用效率降低均以抽雄期旱处理变化最明显,比充分供水处理减产18.2%,水分利用效率减少16.8%;在双生育阶段控水中玉米产量降低幅度均高于单生育阶段处理,其中以苗期~拔节期连续干旱处理的产量最低,比充分供水处理减产27.3%,水分利用效率也小,说明多生育阶段连续干旱处理比单生育阶段处理对产量和水分利用效率影响均较大。苗期~抽雄期旱与苗期~灌浆期旱处理的产量分别比充分供水处理减产18%和15.5%,但水分利用效率均大于充分供水处理,说明玉米全生育期有限供水可以节水,其机理可能与作物存在的补偿效应有关。

2.2 不同灌水处理夏玉米生长与生理补偿效应

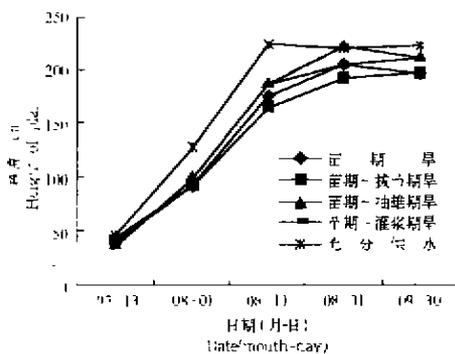


图1 不同灌水处理夏玉米株高变化

Fig. 1 The change of plant height of corn under different water deficits

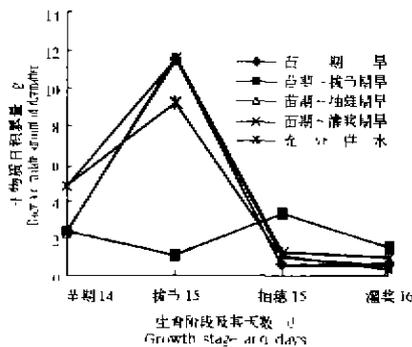


图2 不同灌水处理夏玉米生育期干物质积累变化

Fig. 2 The change of dry matter accumulation of corn under different water deficits

由图1可知不同时期玉米株高变化,所有处理在拔节期均表现出最大生长速率,其中苗期控水后的拔节期复水表现出明显的生长补偿效应,其株高明显高于苗期~拔节期连续干旱处理,拔节期补偿生长主要是促进营养器官的生长。图2表明,不同灌水下夏玉米各生育阶段均有旱后复水的干物质补偿效应,且持续作用时间较长。从玉米全生育期看,以拔节期干物质补偿最显著,与株高补偿变化一致,表明拔节期是作物干物质积累的关键时期。表3表明,不同灌水下玉米旱后复水阶段水分

利用效率(WSE)与全生育期水分利用效率(WUE)的关系($\frac{WSE}{WUE}$),苗期旱、苗期~抽雄期旱和苗期~灌浆

期旱处理的 $\frac{WSE}{WUE}$ 分别为 1.25、1.05、1.09, 表明苗期旱后的拔节期复水产生超补偿效应。拔节期旱、抽雄期旱和苗期~拔节期旱处理 $0 < \frac{WSE}{WUE} < 1$, 存在部分补偿效应。

由表 4 可知不同灌水处理夏玉米的生理补偿效应, 不同灌水处理的旱后复水表现净光合速率 (P_n) 增大, 持续受旱处理则 P_n 降低, 其中苗期干旱后的拔节期复水 P_n 补偿效应最显著, 提高 29%, 较苗期~拔节期连续干旱处理的 P_n 提高 23.6%。同时拔节期复水可显著提高当期的净光合速率, 其作用对抽雄期也有很大影响。表 5 表明, T_r 表现与 P_n 趋势相同。各处理旱后复水均表现为复水后 T_r 上升, 持续灌水处理的 T_r 下降。苗期~拔节期连续干旱处理, 在抽雄期复水 T_r 值最大。

表 4 不同灌水处理夏玉米各生育期叶片净光合速率

Tab. 4 Net photosynthesis rate of corn leaf at different growth stages under different water deficit conditions

测定时间 Measure date	净光合速率/ $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ Net photosynthesis rate						
	苗期旱 Seedling stage drought	拔节期旱 Jointing stage drought	抽雄期旱 Tasseling stage drought	灌浆期旱 Filling stage drought	苗期~拔节期旱 Seedling~jointing stage drought	苗期~抽雄期旱 Seedling~tasseling stage drought	全生育期旱 All stages drought
拔节期前(08-02) Before jointing(Aug. 2)	17.0	24.7	24.7	24.7	17.0	17.0	17.0
拔节期后(08-08) After jointing(Aug. 8)	24.1	23.0	25.5	25.5	19.5	24.1	19.5
抽雄期后(08-29) After tasseling(Aug. 29)	25.6	25.0	19.6	5.5	28.3	20.2	16.4

玉米产量补偿效应较大, 抽雄期旱后的灌浆期复水对产量补偿效应不显著, 产量最低, 拔节期旱后的抽雄期复水产量居中; 生长方面苗期旱后的拔节期复水 $\frac{WSE}{WUE}$ 均大于 1.0, 形成了超补偿效应。抽雄期旱后的灌浆期复水其补偿效应最小。

表明苗期旱后复水可最大程度地促进植株的生长和干物质积累; 生理方面补偿效应的作用表现是短时期的, 但拔节期供水的生理补偿效应可保持到抽雄期。

表 5 不同灌水处理夏玉米各生育期叶片蒸腾速率

Tab. 5 Transpiration rate of corn leaf at different growth stages under different water deficit conditions

测定时间 Measure date	叶片蒸腾速率/ $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ Transpiration rate of corn leaf						
	苗期旱 Seedling stage drought	拔节期旱 Jointing stage drought	抽雄期旱 Tasseling stage drought	灌浆期旱 Filling stage drought	苗期~拔节期旱 Seedling~jointing stage drought	苗期~抽雄期旱 Seedling~tasseling stage drought	全生育期旱 All stages drought
拔节期前(08-02) Before jointing(Aug. 2)	3.8	4.7	4.7	4.7	3.8	3.8	3.8
拔节期后(08-08) After jointing(Aug. 8)	4.3	3.3	4.6	4.6	3.5	4.3	3.5
抽雄期后(08-29) After tasseling(Aug. 29)	3.1	4.2	4.2	5.2	5.5	4.1	3.6

参 考 文 献

- 1 李佩, 山仑. 多变低水环境下玉米籽粒产量及水分利用效率的研究. 植物生理学通讯, 1997, 33(4): 245~249
- 2 陈晓远, 罗远培, 李韵珠. 拔节期复水对苗期受旱冬小麦的激发效应. 中国农业大学学报, 1997, 4(3): 65~72
- 3 赵松岭. 集水农业引论. 西安: 陕西科学技术出版社, 1996. 232~235
- 4 黄占斌, 山仑. 不同供水下作物 WUE 和 P_n 变化的时段性及其机理研究. 华北农学报, 1999, 14(1): 47~52

欢迎订阅 2002 年《中国农业科学》

《中国农业科学》是由中国农业科学院主办的综合性学术刊物, 主要刊登我国农牧业基础科学和应用科学研究论文, 设有作物遗传育种, 种质资源, 植物保护, 生理生态, 耕作栽培, 土壤肥料, 节水灌溉, 园艺, 贮藏, 保鲜, 加工, 畜牧, 兽医等栏目, 适于农业科学研究院(所)、农业院校, 综合性大学等科研人员阅读, 本刊 2002 年 5 月刊, 中文版本每期刊定 15.00 元, 邮发代号: 2-138, 全国各地邮局均可订阅, 英文版本每期刊定 20.00 美元, 国外发行代号: BM43. 漏订者可汇款至本刊补订, 地址: (100081) 北京市中关村南大街 12 号《中国农业科学》编辑部。