

夏玉米水分胁迫与反冲机制及其应用*

杨晓光

(中国农业大学资源和环境学院 北京 100094)

于沪宁

(中国科学院地理研究所 北京 100101)

5513 01

摘 要 通过定点试验研究了不同生育期水分胁迫对夏玉米生理生态过程的影响。结果表明,不同生育期水分胁迫对夏玉米产量及其构成因素的敏感因子不同。土壤水分胁迫首先作用于作物叶片,叶水势下降后,叶片生长、光合作用及光合产物的运输均随之下降。适度水分胁迫可诱发反冲机制,秸秆覆盖可缓解水分胁迫并对反冲机制有增益作用。反冲机制对旱作农业、农业节水有广泛指导意义。

关键词 水分胁迫 反冲机制 夏玉米 覆盖

Overshoot mechanism of summer maize water stress and its application. Yang Xiaoguang (College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100094), Yu Hunning (Institute of Geography, CAS, Beijing 100101), *EAR*, 1999, 7(3): 27~31

Abstract Through fixed-plot experiments, effects of water stress in different growth periods on summer maize physiological and ecological process have been studied. The results show that the susceptibility factors for water stress in different periods to yield and its components are different. Soil water stress firstly acts on crop leaves and makes their water potential decrease, then leaves growth, photosynthesis and the transpiration of photosynthetic matters also decrease together. In the suitable situation of water stress, crop growth has a overshoot mechanism and stalk-mulching can relax water stress, at the same time have promoting influence on this overshoot mechanism. This mechanism should be applied to rain-fed agriculture or water-saving agriculture.

Key words Crop water stress, Overshoot mechanism, Summer maize, Stalk-mulching

水分胁迫对作物生长的影响微观表现为抑制细胞伸长,宏观上限制叶片伸展速率,加速叶片衰老,导致叶面积降低,光合势下降,从而影响光合生产率^[1~7]。水分胁迫的作用还表现为“记忆”和“反冲”作用,即后效应。适度水分亏缺条件下,水分胁迫解除后的反冲机制具有重要的利用价值。本研究采用群体较大面积不同水分及覆盖处理试验研究了夏玉米水分胁迫反冲机制及其对产量的影响,为旱作农业与节水农业提供理论依据。

1 试验材料与方法

试验于1997年6~10月在中国科学院桑城农业生态系统试验站进行。试区位于太

* “八五”国家自然科学基金重大项目与地球科学部基金项目部分研究内容

收稿日期:1998-03-16 改回日期:1998-09-29

行山前平原高产区,北纬 37°50′,东经 114°40′,海拔 50.1m,为暖温带半湿润半干旱大陆性气候,≥10℃年积温 4713℃,年均降水量 480.7mm,年太阳总辐射量 524kJ/cm²。地势平坦开阔,土层深厚,为褐土类灰黄土壤质,有机质含量 1.0%~1.2%,田间容积持水量 35.4%。耕作制度为冬小麦、夏玉米 1 年 2 熟。

试验设在 16 个按 FAO 标准设计制作的水分池,池四周用厚 24.5cm、深 1.5m 水泥墙隔离,防止邻池间土壤水分侧向运移。每池为 1 小区,面积 5m×10m。供试夏玉米品种为“冀丰 58”。共设充分灌溉(a,对照)、开花期水分胁迫(b)和灌浆期水分胁迫(c) 3 个处理,水分处理为主因子,秸秆覆盖为副因子,每处理为 1 小区,4 次重复,随机排列,各小区施肥及管理措施一致。充分灌溉、开花期水分胁迫和灌浆期水分胁迫 3 处理出苗期(6 月 12 日)和拔节期(7 月 10 日)均分别浇水 100mm 和 80mm;充分灌溉处理开花期(7 月 24 日)和灌浆期(8 月 14 日)分别浇水 40mm 和 60mm;开花期水分胁迫处理开花期不浇水,灌浆期浇水 90mm;灌浆期水分胁迫处理开花期浇水 50mm,灌浆期不浇水。

夏玉米定株后每 5d 记录株高和叶面积,分器官测定其干物质量;用英国产 TH-II 型中子仪与生物量同步测定 0~200cm 土壤含水量,表层用土钻法。用 XLZ-5 型植物水势仪测定夏玉米最上部展开叶叶水势,取 5 株平均值。

2 结果与分析

2.1 不同生育期水分胁迫对夏玉米产量及其构成因子的影响

不同生育期水分胁迫对夏玉米生长发育及产量形成的影响可用水分胁迫敏感因子($CSI = \frac{\text{对照} - \text{处理}}{\text{对照}}$)表示。 $CSI > 0$ 水分胁迫为负效应, $CSI < 0$ 水分胁迫为正效应,且 CSI 绝对值越大,水分胁迫影响越大。试验结果表明,水分胁迫状态下夏玉米产量及其构成因素均发生明显变化(见表 1)。其中开花期水分胁迫处理穗长、穗粗、穗粒数、百粒重及产量变化最大,而灌浆期水分胁迫处理百粒重及产量变化最小。穗粒数大幅减少是其减产的主要原因;灌浆期水分胁迫处理仅百粒重明显下降,产量降幅不大。结果还表明,秸秆覆盖可明显缓解水分胁迫造成的损害,产量和水分利用效率明显提高。开花期水分胁迫覆盖处理产量和水分利用效率分别较对照高 16.3% 和 43.6%。灌浆期水分胁迫覆盖处理较对照高 9.1% 和 12.3%。夏玉米前期、中期秸秆覆盖保水效果更明显。

表 1 不同生育期水分胁迫对夏玉米产量影响的敏感因子

Tab. 1 Susceptible factors of effects of water stress on summer maize yield

处 理 Treatment	株 高 Plant height	穗 长 Spike length	穗 粗 Spike diameter	穗粒数 Spike grain number	百粒重 100-grain weight	秃尖比 Bare ratio	产 量 Yield	水分利用效率 Water use efficiency
开 花 期 水 分 胁 迫 Water stress at flowering	0.097	0.167	0.054	0.056	0.020	0.377	0.136	-0.127
开 花 期 水 分 胁 迫 覆 盖 Water stress and stalk- mulching at flowering	-0.012	0.024	-0.012	0.000	0.003	0.102	0.051	-0.227
灌 浆 期 水 分 胁 迫 Water stress at filling	-0.014	-0.024	0.010	-0.011	0.001	0.041	0.037	-0.197
灌 浆 期 水 分 胁 迫 覆 盖 Water stress and stalk- mulching at filling	-0.019	-0.253	0.025	-0.003	0.001	0.084	0.021	-0.229

2.2 水分胁迫对夏玉米生理生态过程及干物质积累的影响

水分胁迫影响夏玉米叶面积生长动态(见图 1),开花期水分胁迫(7 月 24 日)处理使

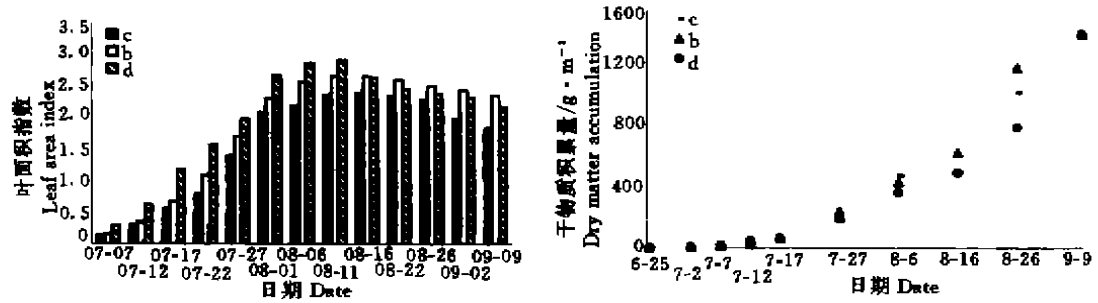


图1 不同水分胁迫处理对夏玉米叶面积指数及干物质积累的影响

Fig. 1 Leaf area index (LAI) and dry matter accumulation (DMA) under different water stresses

叶面积指数峰值提前,且与对照及灌浆前期水分胁迫处理相比叶面积指数迅速下降。而灌浆前期水分胁迫(8月14日)处理对叶面积峰值无影响,后期水分胁迫使叶面积指数有所下降。水分胁迫对叶片生长有直接影响,7月24日水分胁迫处理后于7月27日表现非常明显,而8月14日水分胁迫处理后于8月26日表现明显,效果低于开花期水分胁迫处理,水分胁迫对叶片的作用随叶片衰老而减弱。

叶面积的变化直接制约光合势而限制夏玉米干物质积累(见图1)。7月27日后开花期水分胁迫处理的干物质逐渐小于对照及灌浆前期水分胁迫处理,而8月14日开花期水分胁迫处理复水后干物质积累变化幅度提高,灌浆前期水分胁迫处理却下降。开花期水分胁迫处理随胁迫时期延长,夏玉米光能利用率大幅度降低,8月14日复水处理后加速增长为5.11%(见图2)。而灌浆前期水分胁迫

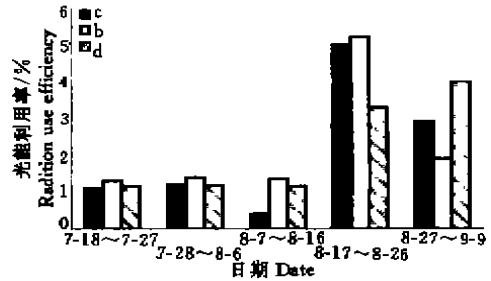


图2 水分胁迫对夏玉米光能利用率的影响

Fig. 2 Effects of water stress on radiation use efficiency (RUE)

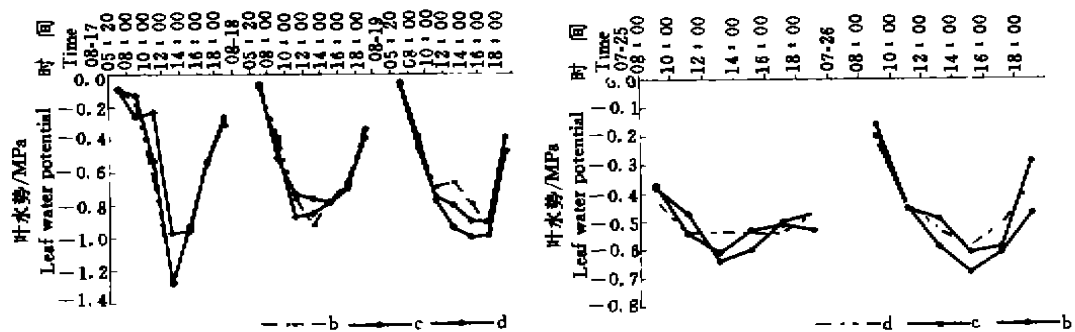


图3 水分胁迫作用下夏玉米叶水势的变化

Fig. 3 Water potential changes of leaves under water stress

迫处理对光能利用率影响不大,说明夏玉米生育前期水分胁迫限制“库”容量,并影响“源”的大小,而后期水分胁迫仅影响“库”大小,故对产量制约小于前期水分胁迫处理。

土壤水分胁迫直接体现于夏玉米叶水势,2 次水分胁迫处理后连续 3d 观察叶水势呈明显日变化(见图 3);同时在土壤干旱胁迫下叶水势明显降低,而秸秆覆盖有效缓解了这种影响。由于土壤水分减少,叶水势下降,造成叶片生长、光合作用及光合产物的运输都随之下降,其中叶片生长对水分胁迫的反应最敏感,其次为光合作用和光合产物的积累。

2.3 夏玉米水分胁迫后反冲机制及秸秆覆盖的增益效应

夏玉米水分胁迫缓解或解除后开花期水分胁迫处理群体的生长速率明显高于对照。7 月 24 日水分胁迫开始,开花期水分胁迫处理的夏玉米生长速率小于对照,并随水分胁迫减弱而缩小差异;复水后开花期水分胁迫处理的夏玉米生长速率迅速上升,且远大于对照,表现为明显的反冲机制(见表 2)。结果表明,开花期水分胁迫处理的秸秆覆盖对水分胁迫具有缓解作用,并对这种异速生长反冲机制具有增益作用。

表 2 夏玉米开花期各处理生物量及生长速率的变化

Tab. 2 Biomass and growth rate of different treatments at flowering stage

日期(月-日) Date MM-DD	生物量/g·m ⁻² Biomass				日期(月-日) Date MM-DD	生长速率/g·m ⁻² ·d ⁻¹ Growth coefficient			
	水分胁迫 Stress	对 照 CK	水分胁迫覆盖 Stress and stalkmulch	对照覆盖 CK and stalkmulch		水分胁迫 Stress	对 照 CK	水分胁迫覆盖 Stress and stalkmulch	对照覆盖 CK and stalkmulch
07-17	62.88	72.12	126.34	117.97	07-17~07-27	15.50	17.91	28.49	20.72
07-27	217.90	251.28	411.30	325.20	07-28~08-06	30.76	19.94	20.91	34.21
08-06	495.47	450.70	620.38	667.27	08-07~08-16	2.53	20.15	9.52	11.60
08-16	526.51	652.23	711.89	783.24	08-17~08-26	53.63	46.90	70.05	46.64
08-26	1057.99	1122.19	1412.28	1249.64					

3 小结与讨论

夏玉米不同生育期水分胁迫对其生长及产量构成均有影响,其中以开花期水分胁迫处理对产量影响最大,灌浆期水分胁迫处理次之。开花期水分胁迫处理对产量影响的敏感因子为 0.136,而灌浆期水分胁迫处理的仅为 0.021。开花期水分胁迫处理对穗长、穗粒数、百粒重影响均为负效应,灌浆期水分胁迫处理仅对百粒重影响为负效应。而 2 种生育期水分胁迫处理对水分利用效率影响均为正效应。2 种生育期水分胁迫秸秆覆盖处理均有利于缓解水分胁迫程度。根据群体穗数、穗粒数、粒重决定时期及源库理论,在夏玉米生产中应避免开花期水分胁迫,或后期予以水分补偿;土壤干旱首先作用于叶片,叶水势明显下降,随之影响蒸腾作用和光合作用,最终影响光合产物积累。叶水势和叶片生长对水分胁迫反应最敏感。水分胁迫后 2d 叶片生长速率明显减小,而复水后迅速增加。在作物生产过程中应适当引入水分胁迫机制,因势利导加以利用,避免植株旺长消耗过多水分和营养物质,水分胁迫中止后,胁迫所造成的效应将持续一段时间;胁迫解除后,夏玉米生长存在反冲机制,即作物生长速度短期内超过对照,这一机制目前国内外尚未引起充分注意,在农业生产中运用这一机制可利用有限水资源使作物群体充分合理利用光热资源,实现高产、高效,对节水农业具有重要意义。

致谢 沈彦俊、李俊、刘伟东、王玉林、刘海隆等同志参加了本项试验工作,谨表谢意。

参 考 文 献

- 1 干沪宁. 作物水分胁迫反冲机制及其在节水农业研究中的应用. 节水农业研究进展. 北京: 中国农业出版社, 1995

- 2 徐世昌等. 水分胁迫对玉米光合性能及产量的影响. 作物学报, 1995, 21(3): 356~363
- 3 Wang Hong. Effects of water stress on yield at different wheat development stages and drought diagnostic method. Acta Agric. Boreal-Sinica, 1993, 8(Suppl): 64~68
- 4 Boyer J. S. Water deficits and photosynthesis. In: Kozlowski T. (ed). Water deficits and plant growth (IV). New York: Academic Press, 1976. 153~190
- 5 Hsiao T. C. Plant response to water stress. Ann. Rev. Plant Physiol, 1973, 24: 519~570
- 6 Leyt J. Responses of plants to environmental stresses (2nd ed). New York: Academic Press, 1980. 607~649
- 7 Jackson T. D., Idso S. B., Reginaldy R. J. et al. Canopy temperature as a crop water indicator. Water Resource. Res., 1981, 17: 1130~1135

《生态农业研究》征稿启事

《生态农业研究》是由中国科学院石家庄农业现代化研究所和中国生态经济学会主办的生态学与大农业相结合的学术期刊, 中国科学院科学出版基金资助、科学出版社出版, 系中国科学引文数据库来源期刊和河北省优秀科技期刊。邮发代号: 18-158。本刊旨在探索与研究生态农业的理论、方法及研究进展等, 推动学科发展, 报道国内外生态农业与生态经济研究最新成果、实验方法、学术动态和生态农业建设典型经验等, 主要刊登具有创造性的生态农业与生态经济研究学术论文、研究技术报告(包括理论与应用研究、农业生态工程技术与实用生物技术及农业可持续发展技术体系研究)、研究简报及综述、生态农业建设典型模式与典型经验等, 欢迎国内外从事生态学、生态经济学、农林牧副渔、资源与环境保护等科技人员、教学和管理工作者以及基层从事生态农业建设的技术与管理人员踊跃投稿。来稿请按国家标准 GB7713-87《科学技术报告、学位论文和学术论文的编写格式》撰写(投稿要求详见本刊 1999 年第 2 期封三)。来稿请注明科研项目来源, 本刊对国家自然科学基金资助项目、省(部)级以上重大攻关项目和国家开放实验室研究项目等论文将优先发表, 凡获省(部)级以上成果奖者请注明, 并提供获奖复印件及单位证明。来稿请寄: 河北省石家庄市槐中路 286 号中国科学院《生态农业研究》编辑部; 邮政编码: 050021; 电话: (0311)5818007。