

文章编号: 1005-0906(2008)04-0050-05

花期干旱胁迫后限源疏库对玉米 光合性能和茎流的影响

刘永红, 何文铸, 杨 勤, 高 强

(四川省农业科学院作物所 / 四川省节水农业重点实验室, 成都 610066)

摘 要: 开展玉米花期干旱限源疏库试验, 探索减轻花期干旱胁迫的技术途径。结果表明, 去根叶组叶片可显著减少植株前期茎流, 抑制叶片蒸腾, 对穗 5 叶的叶绿素相对含量、光系统 II 最大光化学效率(F_v/F_m)和潜在活性(F_v/F_o)影响不显著, 正常灌溉情况下还有利于延缓玉米花后穗 5 叶的衰老, 并促进后期茎流超补偿; 去耕作层 1/4 根系会加剧前期植株水分的散失, 干旱时浅中耕的措施是不可取的, 并抑制后期茎流, 增大 F_v/F_m ; 去穗虽然可以显著减少茎流, 抑制叶片蒸腾, 但是因缺少库需求而加速花后穗 5 叶的叶绿素相对含量、 F_v/F_m 和 F_v/F_o 下降, 促使叶片衰老。品种间对花期干旱胁迫后不同的限源疏库处理表现出显著差异, 这是生物节水和作物补偿生长的生理基础。

关键词: 玉米; 花期干旱; 源库; 光合性能

中图分类号: S513.01

文献标识码: A

Effects of Maize Photosynthesis and Stem Sap Under Source-limiting and Sink-thinning After Drought Stress at Flowering Stage

LIU Yong-hong, HE Wen-zhu, YANG Qin, GAO Qiang

(Crop Research Institute, Sichuan Agricultural Academy of Sciences, Key Lab. of Water-Saving Agriculture at Sichuan Province, Chengdu 610066, China)

Abstract: The controllable test had been set which limited source and cut sink after drought stress on maize at flowering stage for exploring technological approach to lighten drought stress. Studies indicated that removing leaves of root-leaf group reduced significantly stem sap and controlled transpiration of leaves and affected less on relative content of leaf chlorophyll and rate of most photochemistry(F_v/F_m) and latency activity(F_v/F_o) of photosystem II on ear position and ear upside No.1 and ear upside No.2 and ear underside No.1 and ear underside No.2(ear five leaves) after drought stress, and then made for a stay of senescence on ear five leaves under nature irrigation after flowering stage. Removing 1/4 root system of farming layer increased water evaporation of plant after drought stress, so it didn't farm at surface soil at drought stress stage. Removing ear reduced significantly stem sap and controlled transpiration of leaves, but that decreased relative content of leaf chlorophyll and latency activity(F_v/F_o) of photosystem II and made senescence of ear five leaves because of lacking of sink power. Varieties had markedly difference on source-limiting and sink-cutting after drought stress. That was an importance physiology foundation of bio-saving water and compensation growth.

Key words: Maize; Drought stress at flowering stage; Source and sink; Photosynthesis

收稿日期: 2008-06-20

基金项目: 国家科技支撑计划(2006BAD29B08)、北京市农业育种基础研究创新平台(YZPT02-03)、四川省应用基础(07jy029-105)项目

作者简介: 刘永红(1969-), 男, 四川泸县人, 博士, 研究员, 主要从事旱作农业研究。E-mail:saaslyh@tom.com

在我国 2 667 万 hm^2 的玉米中, 有 1/2 分布在半干旱和半湿润易旱地、丘陵旱地和没有灌溉条件的平原旱地, 旱作玉米是我国玉米种植的重要特点^[1]。西南地区是典型的旱作玉米区^[2], 季节性干旱是制约该区玉米发展的主要灾害^[3,4]。

限源疏库是指通过去掉一部分源器官(绿叶、根系等)限制源总量和去掉库器官(穗粒、颖花等)限制

库。采用花期剪叶剪穗处理研究玉米^[5,6]、水稻^[7~9]、小麦^[10]库源结构对产量、品质、光合性能影响的报道较多,而通过限源疏库模拟生产措施(中耕、剥叶、去穗)对玉米光合性能和茎流影响的报道较少。叶片叶绿素含量、光系统光化学效率、光合速率等光合性能指标是评价干旱对叶片光合作用影响的重要指标^[11~13]。茎液流是最能反映干旱致使植株失水的生理指标,因为在根系吸水一定的情况下,茎流将随蒸腾速率的增大而增加,茎流越大,蒸腾耗水越多^[14]。

1 材料与方法

1.1 试验材料与试验设计

试验于 2003~2004 年在四川省农业科学院节水农业实验站进行。根据预备试验结果选择成单 19(C19)、成单 202(C202)和成单 14(C14)为试验材料。按 FAO 标准修建水池,水池由 24.5 cm 厚度的水泥墙隔离(四周高度与土层厚度处理配套),池底用砂浆水泥封闭,防止相邻池间水分的运移。模拟丘陵坡耕地的土壤平整状况,设计土壤斜坡面为 5°。每个试验池面积为 10 m²(4 m × 2.5 m),并配套建设干旱防雨棚。每小区玉米宽窄行种植 52 株,双行单株留苗。供试土壤为黄壤土,土层厚度统一设置为 0.7 m,修建 4 个坑栽池,通过浇透水处理沉降到自然状态后使用。试验于 4 月 10 日播种,6 月 14 日至 7 月 1 日(玉米花期)进行干旱胁迫(浇水 240 m³/hm²),并增设 C202 正常浇水处理(浇水 540 m³/hm²),分别用 C19D、C202D、C14D、C202I 表示 4 个处理小区。在干旱胁迫处理结束后(7 月 2 日),设置去根叶组叶片(用剪刀从叶环处剪去 1~6 叶)、用根系采样器去耕作层(0~30 cm)内 1/4 根系、去穗(用剪刀从果柄处剪去穗)、以相邻株不处理为对照,共 4 个处理,分别用

RL、RR、RS、CK 表示。对已经过花期干旱胁迫的上述 4 个坑栽池的玉米进行限源疏库试验处理,每个处理共 6 株。处理后 10 d 和 20 d 与对照株同时进行叶绿素相对含量、光化学效率和茎流的田间活体测定。

1.2 测定方法

(1)叶绿素含量。使用 SPAD-502 型叶绿素仪(chlorophyll meter)对每株测定穗 5 叶(穗位叶、穗上 2 片叶和穗下 2 片叶)的叶绿素相对含量,用 5 叶平均值进行比较。

(2)叶绿素荧光参数。使用 Handy-PEA 植物效能分析仪(plant efficiency analyzer)测定。具体方法是:在 18:00, PFD 设为 200 μmol/(m²·s),选择每片叶 10 个叶点分布在前、中、后段,直接测定叶片可变荧光(variable fluorescence, Fv)、固定荧光(original fluorescence, Fo)和最大荧光(maximum fluorescence, Fm)值,用穗 5 叶平均值按下式计算出最大光化学效率: $Fv/Fm = (Fm - Fo)/Fm$ 。

(3)整株茎流。采用 DL-2 植物茎流系统连续监测玉米植株茎秆中汁液流速。处理与对照株同时测定,选用 1 h 后热平衡稳定的同时段数据计算值进行比较分析。

减少或增加率(%) = 100% × (处理测定值 - 相邻对照株平均值) / 相邻对照株平均值

1.3 数据分析

采用 Excel 作图比较分析。为了清晰表达各品种处理与对照的关系,图中采用连接线表现品种的趋势。

2 结果与分析

2.1 去根叶组叶片

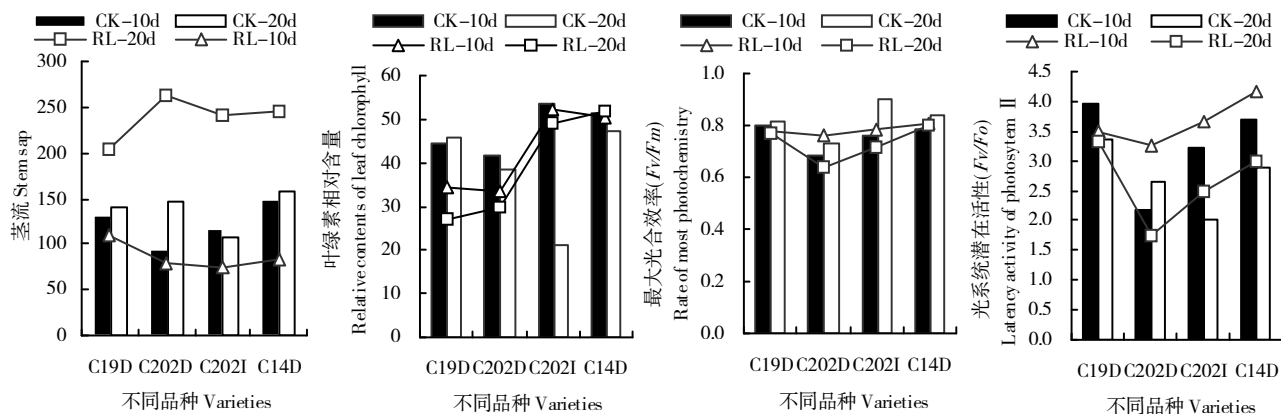


图 1 去根叶组叶片对茎流和光合性能的影响

Fig.1 Effects of stem sap and photosynthesis on maize after the treatment of removing leaves of root-leaf group

由图 1 分析可知, 植株茎流去根叶组叶片(RL)处理 10 d 比相应对照显著减少, 减少率为 C14D(44.8%)>C202I(37.1%)>C19D(16.2%)>C202D(16.1%); 处理 20 d 比相应对照极显著增加, 增加率为 C202I(124.4%)>C202D(79.1%)>C14D(55.6%)>C19D(44.4%)。除正常灌溉以外, 对照株的茎流随着生育进程略有增加, 而去根叶组叶片处理的茎流随生育进程极显著增加, 甚至显著超过对照。

叶绿素相对含量去根叶组叶片处理 10 d 比相应对照减少, 减少率为 C19D(22.6%)>C202D(19.0%)>C202I(2.6%)>C14D(1.2%); 处理 20 d 存在极显著差异, C19D 和 C202D 的叶绿素相对含量比相应对照分别降低 40.9%和 23.3%, C14D 比相应对照增加 9.3%, C202I 比相应对照增加 130%。随着生育进程干旱胁迫后的对照株和去根叶组叶片处理均表现为叶绿素相对含量逐步降低; 正常灌溉的对照株叶绿素相对含量 20 d 比 10 d 下降 61.0%, 而去根叶组叶片仅下降 6.3%。

穗 5 叶的平均最大光化学效率(F_v/F_m)去根叶组叶片 10 d、20 d 与相应对照比较, 除 C202I 处理以

外均保持相对稳定; 随生育进程对照株的 F_v/F_m 逐步增加, 而去根叶组叶片处理 F_v/F_m 有一定下降。光系统 II 的潜在活性(F_v/F_o)去根叶组叶片处理具有促进作用。

2.2 去耕作层 1/4 根系

由图 2 分析可知, 去耕作层内 1/4 根系(RR)处理 10 d 比相应对照植株茎流极显著增加, 增加率为 C202I(231.7%)>C19D(165.6%)>C202D(139.3%)>C14D(113.8%); 20 d 比相应对照显著减少, 减少率为 C14D(56.4%)>C202I(29.3%)>C202D(26.7%)>C19D(7.8%)。随着生育进程对照株的茎流增加, 而去耕作层内 1/4 根系处理的茎流极显著下降。

叶绿素相对含量去耕作层内 1/4 根系处理 10 d 比相应对照减少, 减少率为 C202D(25.7%)>C19D(12.6%)>C202I(5.2%)>C14D(2.7%); 处理 20 d 存在极显著差异, C19D、C202D 和 C14D 分别比相应对照减少 100.0%、100.0%和 21.2%, C202I 比相应对照增加 108.1%。随生育进程对照株的叶绿素相对含量除 C19D 以外均逐步降低, 而去耕作层内 1/4 根系处理极显著降低。

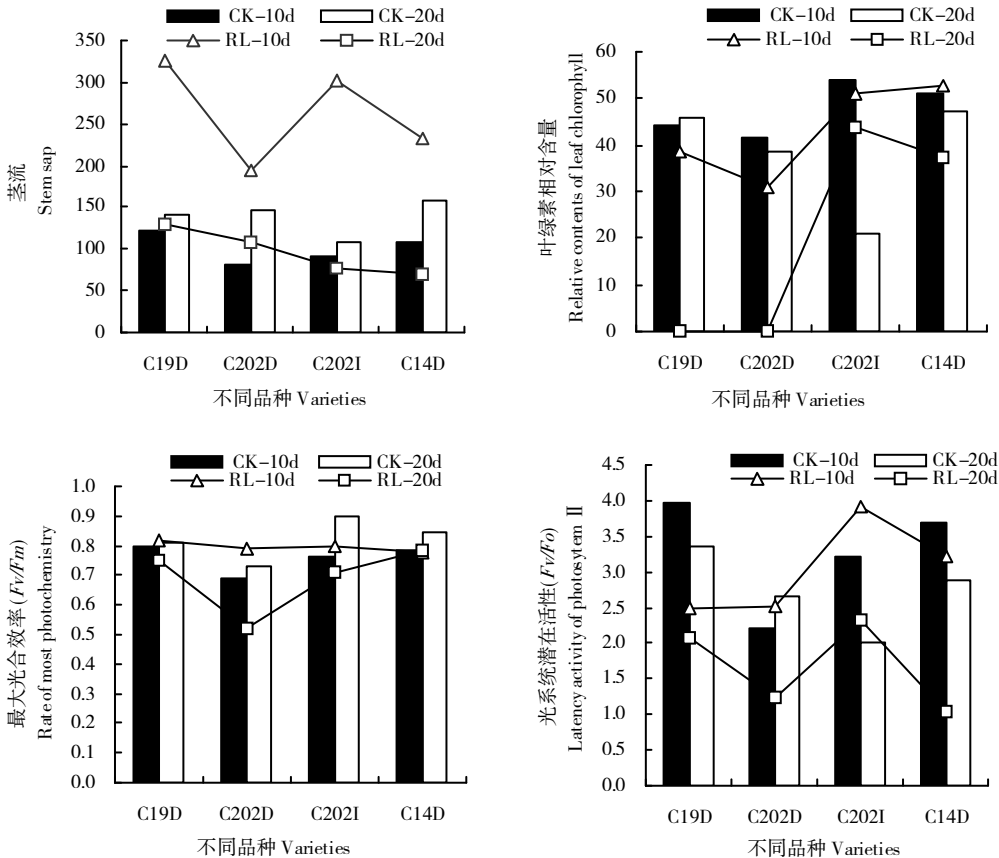


图 2 去耕作层内 1/4 根系对茎流和光合性能的影响

Fig.2 Effects of stem sap and photosynthesis after the treatment of removing 1/4 root system of farming layer

穗 5 叶的平均最大光化学效率(F_v/F_m)去耕作层内 1/4 根系处理 10 d 保持相对稳定,处理 20 d 差异极显著;去耕作层内 1/4 根系处理后 C19D、C202D、C14D 比相应对照分别增加 16.1%、15.4%和 31.2%, C202I 比相应对照减少 22.2%。随生育进程对照株的 F_v/F_m 逐步增加,而去耕作层内 1/4 根系处理除 C202I 下降以外,干旱处理的表现显著增强。

光系统 II 的潜在活性(F_v/F_o)处理之间存在极显著差异,去耕作层内 1/4 根系处理 10 d 的 C19D、C202D、C14D 分别比相应对照降低 37.4%、10.4%和 12.5%,C202I 比相应对照增加 21.8%;处理 20 d 的 C19D、C202D、C14D 分别比相应对照降低 38.6%、53.6%和 64.1%,C202I 比相应对照增加 15.2%。随生育进程对照株和去耕作层内 1/4 根系处理的 F_v/F_o 均显著降低。

2.3 剪穗

植株茎流去穗处理 10 d 和 20 d 均比相应对照减少。去穗 10 d 减少率为 C14D(33.7%)>C202I(28.6%)>C19D(20.1%)>C202D(8.5%);去穗 20 d 减少率为 C14D (51.4%)>C202D(45.3%)>C19D(44.6%)>C202I(40.1%)。除正常灌溉处理以外,对照株的茎流随生育进程增

加,而去穗处理随生育进程减少。

叶绿素相对含量去穗处理 10 d 比相应对照减少,减少率为 C202D(35.8%)>C19D(18.1%)>C14D (5.9%)>C202I(4.5%);处理 20 d 差异极显著,C19D 和 C202D 分别比相应对照减少 13.5%和 54.7%,C202I 和 C14D 分别比相应对照增加 84.8%和 11.4%。随生育进程对照株除 C19D 增加以外,C202D、C202I、C14D 均逐步降低;去穗处理的叶绿素相对含量保持相对稳定。

穗 5 叶的平均最大光化学效率(F_v/F_m)去穗处理 10 d 保持相对稳定,20 d 显著减少,减少率为 C202D(28.9%)>C202I(20.6%)>C19D(7.4%)>C14D(7.2%)。随生育进程对照株的 F_v/F_m 逐步增加,而去穗处理显著降低。

光系统 II 的潜在活性(F_v/F_o)去穗处理 10 d 存在显著差异,C19D、C202D、C202I 分别比相应对照增加 11.8%、36.7%和 20.6%,C14D 比相应对照减少 7.3%;20 d 比相应对照显著降低,减少率为 C202D (59.8%)>C202I(49.5%)>C14D(45.8%)>C19D(9.1%)。随着生育进程对照株的 F_v/F_o 逐步降低,而去穗处理极显著降低。

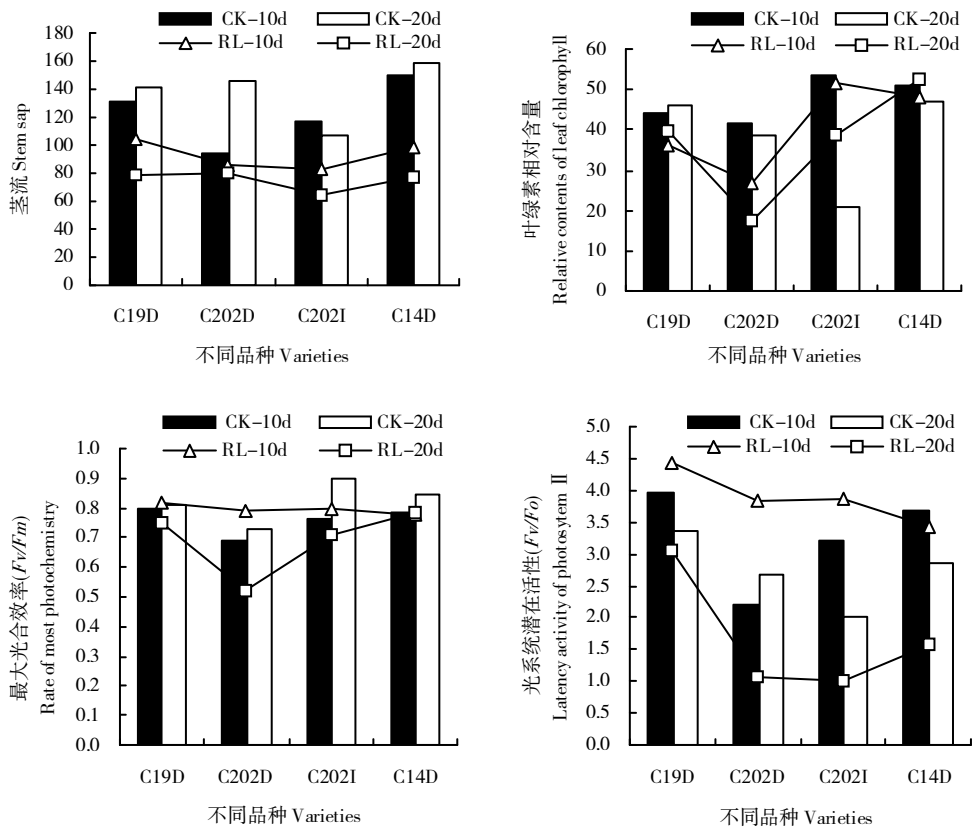


图 3 剪穗对茎流和光合性能的影响

Fig.3 Effects of stem sap and photosynthesis after the treatment of removing spike

3 结论与讨论

干旱胁迫后,去根叶组叶片(限源)处理,可短期内减少茎流,抑制叶片蒸腾,并对叶绿素相对含量、 Fv/Fm 和 Fv/Fo 影响不显著,有效减轻花期干旱对植株的影响,还促进后期茎流的超补偿。而去耕作层 1/4 根系(限源)处理,前期植株茎流极显著增加,并使玉米穗 5 叶的叶绿素相对含量和 Fv/Fo 显著下降,因此,在花期干旱时进行浅中耕的措施是不可取的。去穗(疏库)虽然可以显著减少茎流,抑制叶片蒸腾,但是因缺乏库的需求(反馈作用)而加速叶绿素相对含量和 Fv/Fo 下降,促使叶片衰老。

在正常灌溉情况下,去根叶组叶片和去 1/4 根系可使叶绿素相对含量下降的速度减缓,潜在活性(Fv/Fo)增强,有利于延缓玉米花后功能叶的衰老,并促进茎流超补偿,增加干物质积累和子粒产量。花期去 1/4 根系的作用在于玉米生长后期部分根系表皮细胞木栓化,皮层解体仅成为一种能够导水的“空管”,伤根会促使根系中的细胞分裂素合成增加,刺激这部分根系能够迅速长出许多次生根,从而增强根系功能。

品种对不同的限源疏库处理存在显著差异,这是作物抗旱节水的重要特征。干旱胁迫后植株茎流变幅最大的处理是 C14 去根叶组叶片和去穗处理、C19 去耕作层 1/4 根系处理。干旱胁迫后穗 5 叶光合性能变幅最大的处理是 C19 去根叶组叶片、C202 去耕作层 1/4 根系和去穗处理,这与玉米品种自身库源特性有关^[15]。 Fv/Fm 在本试验限源疏库处理中出现短暂的保持相对稳定,是干旱处理后的滞后效

应,还是植株应激响应的结果,有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 佟屏亚,罗振锋,矫树凯.现代玉米生产[M].北京:中国农业科技出版社,1998.
- [2] 荣廷昭,李晚忱,杨克诚,等.西南生态区玉米育种[M].北京:中国农业出版社,2003.
- [3] 何国亚.川中丘陵玉米生育各阶段气象要素产量效应的动态分析[J].西南农业学报,1996,11(3):126-128.
- [4] 胡健,张天辉.四川盆地农业干旱问题及对策[J].农村经济,2005(2):40-42.
- [5] 陆卫平,卢家栋,童长兴,等.玉米灌浆结实期产量源库关系的研究[J].江苏农学院学报,1996,17(4):23-26.
- [6] 陆卫平,陈国平,郭景伦,等.不同生态条件下玉米产量源库关系的研究[J].作物学报,1997,23(6):727-733.
- [7] 徐富贤,郑家奎,朱永川,等.川东南高温伏旱区杂交中稻品种库源结构对稻米整精米率与垩白粒率的影响[J].作物学报,2004,30(5):432-437.
- [8] 屠乃美,周文新,黄见良,等.水稻灌浆结实期减源疏库对源库关系的影响[J].中国水稻科学,1998(12):21-28.
- [9] 袁继超,丁志勇,赵超,等.高海拔地区水稻遮光、剪叶和疏花对米质影响的研究[J].作物学报,2005,31(11):1429-1436.
- [10] 段红平,廖晓红,严洪斌,等.云南旱地小麦不同穗型品种减源缩库与穗部性状的关系[J].种子,2003,129(3):30-32.
- [11] 袁政,潘爱虎,简志英.转基因(SAG12-IPT)青菜的迟衰特性[J].植物生理与分子生物学学报,2002,28(5):379-384.
- [12] Buchanan-Wollaston V. The molecular biology of leaf senescence[J]. J. Exp. Bot., 1997, 48: 181-199.
- [13] Oh S A, Park J H, Lee G I. Identification of three genetic loci controlling leaf senescence in Arabidopsis thaliana[J]. J. Plant, 1997, 12(3): 527-533.
- [14] 沈成国.植物衰老生理与分子生物学[J].北京:中国农业出版社,2001.
- [15] 赵明,李建国,张宾,等.论作物高产挖潜的补偿机制[J].作物学报,2006,32(10):1566-1573.

(责任编辑:张英)