

网络出版时间:2014-01-02 16:02

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.02.063

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.02.063.html

局部水分胁迫对玉米根系导水率的影响

李 瑞^a, 胡田田^b, 牛晓丽^b, 代顺冬^a, 王旭东^a

(西北农林科技大学 a 资源环境学院, b 水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】研究局部水分胁迫对玉米根系导水率的影响,为局部灌溉在农业生产中的利用提供理论依据。**【方法】**采用分根法对奥玉 3007 玉米进行水培试验,设 4 个水分胁迫处理(渗透势分别为 0(CK), -0.2, -0.4, -0.6 MPa),在所有根系经受 6 d 水分胁迫后,对一侧根系恢复正常水分供应,对另一侧根系持续进行水分胁迫,用压力室法测定处理 0, 6, 12, 24, 72, 120, 168, 216 h 后两侧根系的导水率。**【结果】**水分胁迫越严重,玉米的根系导水率越低。经受水分胁迫后再恢复正常水分供应的玉米根系导水率 12 h 后出现了明显的增长,且始终明显大于持续水分胁迫处理。经水分胁迫再恢复正常水分供应的玉米根系导水率的增幅,与水分胁迫强度呈负相关,与恢复水分供应时间呈正相关。**【结论】**轻度水分胁迫处理后对局部根系恢复正常水分供应,可明显刺激根系产生水分传导的补偿效应,且这种补偿效应的大小与水分胁迫强度呈负相关。

【关键词】 局部水分胁迫;根系导水率;补偿效应;玉米

【中图分类号】 S513.01

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2014)02-0061-04

Effects of partial water stress on root hydraulic conductivity of maize

LI Rui^a, HU Tian-tian^b, NIU Xiao-li^b, DAI Shun-dong^a, WANG Xu-dong^a

(a College of Natural Resources and Environment, b College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 The effects of partial water stress on root hydraulic conductivity of maize were studied. **【Method】** Aoyu 3007 maize was prepared using split-root and water culture technique. All roots were treated with water stress for 6 d before half roots were treated with normal water level while half roots were treated with water stress persistently. Root hydraulic conductivities with 4 water stress levels (0 (CK), -0.2, -0.4, and -0.6 MPa) at different hours after treatment (0, 6, 12, 24, 72, 120, 168, and 216 h) were measured using pressure chamber method. **【Result】** The increase of water stress led to decrease of root hydraulic conductivity. The hydraulic conductivities of roots treated with normal water level increased significantly after 12 h, and were consistently higher than that of roots treated with persistent water stress. After water stress and recovery, increase of root hydraulic conductivities was negatively correlated with water stress intensity while it was positively correlated with the duration of water recovery. **【Conclusion】** Compensation effects of root hydraulic conductivity were enhanced after moderate water stress and partial water recovery, and the effects were negatively related with water stress intensity.

Key words: partial water stress; root hydraulic conductivity; compensation effects; maize

【收稿日期】 2013-03-04

【基金项目】 国家自然科学基金项目(51079124);中央高校基本科研业务费专项(QN2011067);留学人员科技活动择优资助项目

【作者简介】 李 瑞(1988—),男,陕西神木人,硕士,主要从事农业节水理论研究。E-mail: liruibetter@126.com

【通信作者】 胡田田(1966—),女,陕西礼泉人,教授,博士生导师,主要从事生物节水理论与技术研究。

E-mail: hutiantian@nwsuaf.edu.cn

根系吸水能力对作物的水分吸收及其生长发育具有重要的作用。目前,关于植物根系水分传导及其影响因素,前人进行了许多研究,发现水分、养分等诸多土壤和环境因素都会影响作物根系对水分的吸收与传输:作物在遭受一定干旱胁迫时导水率会明显降低^[1];一些养分的亏缺可以降低作物根系的水分传导^[2];植物根系在一定的交替干旱胁迫下,会诱导产生干旱信号脱落酸(ABA),而 ABA 具有调节水通道蛋白活性、加速根系水分传导的功能^[3]。

目前,关于水分供应对根系导水率影响的研究,大多是针对均匀供应水分进行的^[4-5],针对局部供应水分的研究很少,仅有的研究也未考虑处理前作物的水分供应状况^[6-7]。为此,本研究对水培玉米进行分根试验,以 PEG6000 模拟水分胁迫,比较不同根区玉米根系的导水率,分析不同水分胁迫水平和胁迫时间对玉米根系水分传导的影响,以期为局部灌溉在节水农业中更好地发挥作用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材 料

供试玉米品种为奥玉 3007,采用分根法进行玉米水培试验。将玉米种子播种在沙盘中,在恒温培养箱中催芽(25℃,每天适量浇水,黑暗中培养),之后继续在室内培育(25℃,每天适量浇水,光照时段为 08:00—20:00)。待玉米幼苗长出第 3 片真叶时,剪掉种子根,将其余根系均分为 2 份,移栽至自制的分根装置(长 14.8 cm、宽 7.7 cm、高 11.4 cm,中间用隔板均等分开)中,用全营养液培养,缓苗 6 d,持续通气。所用营养液组分为:K₂SO₄ 0.75 mmol/L, KH₂PO₄ 0.25 mmol/L, KCl 0.1 mmol/L, Ca(NO₃)₂ 4.0 mmol/L, MgSO₄ 0.6 mmol/L, Fe-EDTA 0.1 mmol/L, H₃BO₃ 1.0×10⁻³ mmol/L, MnSO₄ 1.0×10⁻³ mmol/L, ZnSO₄ 1.0×10⁻³ mmol/L, CuSO₄ 1.0×10⁻⁴ mmol/L, Na₂MoO₄ 3.5×10⁻⁴ mmol/L。营养液每隔 3 d 换 1 次。

1.2 试验设计

试验采用 PEG6000 控制营养液的渗透势,模拟水分胁迫。试验共设 4 个水分胁迫处理,其渗透势分别为 0(对照,CK),-0.2,-0.4,-0.6 MPa;2 份根系进行均匀水分胁迫处理 6 d 后,对其中一侧根系恢复正常水分供应(简称为 Z),对另一侧根系维持原来的水分胁迫水平(简称为 X),分别在处理 0,6,12,24,72,120,168,216 h 后测定根系导水率。

试验重复 3 次。

1.3 测定项目与方法

根系导水率采用压力室法测定^[7],在室温下((25±1)℃)进行测定,尽可能地消除温度的影响。

1.4 数据统计与分析

试验数据用 Microsoft Excel 2003 以及 DPSv 7.05 进行分析。

2 结果与分析

2.1 局部水分胁迫时间对玉米根系导水率的影响

鉴于分别处理 6,12,72,120,168 h 的玉米根系导水率变化规律与处理 0,24,216 h 相同,故本研究仅对这 3 个处理进行分析。由图 1 可以看出,0 h 时,0(CK)、-0.2、-0.4 和 -0.6 MPa 处理玉米恢复正常水分供应(Z)与持续水分胁迫(X)的根系导水率表现持平;根系导水率由大到小依次为:CK>-0.2 MPa>-0.4 MPa>-0.6 MPa,-0.2,-0.4 与 -0.6 MPa 处理分别较 CK 降低了 43.44%,75.00%,88.61%,且差异显著。表明水分胁迫降低了作物的根系导水率,且胁迫程度越大,根系导水率降低幅度越大。

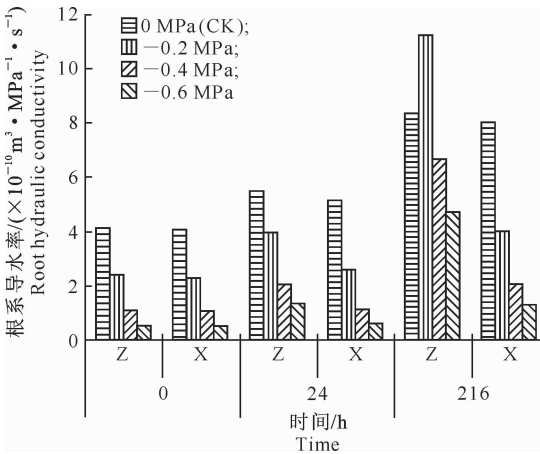


图 1 局部水分胁迫时间对不同胁迫水平下玉米根系导水率的影响

Fig.1 Effects of partial water stress duration on root hydraulic conductivities of maize with different water stress levels

图 1 显示,24 h 时,CK 处理的玉米正常供应水分(Z)与水分胁迫(X)根系导水率差异不明显;但在其他 3 个水分胁迫水平下,恢复正常水分供应处理(Z)玉米根系的导水率较持续水分胁迫处理(X)增大,且增加幅度随水分胁迫程度的增加而减小;此外,玉米恢复正常水分供应(Z)与持续水分胁迫(X)处理玉米根系的导水率均表现为随胁迫程度的增加

而降低。

图 1 还显示,216 h 时,各胁迫水平下,恢复正常水分供应(Z)与持续水分胁迫(X)处理玉米根系导水率间的差异均明显增大,前者的玉米根系导水率表现为 $-0.2\text{ MPa} > \text{CK} > -0.4\text{ MPa} > -0.6\text{ MPa}$,根系导水率随着水分胁迫程度的加重总体上降低。说明前期胁迫后局部恢复水分供应 216 h 时,根系导水率的变化因水分胁迫程度的不同而异。216 h 时, -0.2 MPa 胁迫水平下恢复正常供水处理(Z)的玉米根系导水率较持续水分胁迫处理(X)增加了 183.54%,且明显高于 CK,表现出了显著的补偿效应;但 -0.4 与 -0.6 MPa 处理根系导水率仍较 CK 明显降低,其中在 -0.4 MPa 时,恢复正常供水处理(Z)的根系导水率较持续水分胁迫处理(X)高 234%;在 -0.6 MPa 时,恢复正常供水处理(Z)比持续水分胁迫处理(X)高 276%。

2.2 局部水分胁迫程度对玉米根系导水率的影响

从图 2 可知,随着处理时间的延长,CK 和 -0.2 MPa 处理两侧玉米根系的导水率均呈增大趋势。但是在 $0\sim 216\text{ h}$,在 -0.2 MPa 水平下,持续水分胁迫(X)根系导水率的增长一直都较为平缓;而恢复正常水分供应(Z)根系的导水率在处理 12 h 后快速增大,在处理 120 h 时根系导水率高于 CK,到

216 h 时较 CK 增加了 37.42%。

由图 2 还可知, -0.4 MPa 水平下,持续水分胁迫(X)根系导水率的增长一直都较为平缓;而恢复正常水分供应(Z)根系的导水率从处理 12 h 后开始较快增长,其与 CK 根系导水率间的差距不断缩小,到处理 216 h 时仍略小于 CK,较 CK 低 18.04%,但明显大于 -0.4 MPa 水平下的持续水分胁迫处理(X)。

由图 2 还可知, -0.6 MPa 水平下,持续水分胁迫(X)根系导水率的增长微乎其微;而其恢复正常水分供应(Z)根系的导水率从处理 6 h 后增长较为明显,但增长速率较慢,其根系导水率始终明显小于 CK。表明玉米整个根系经过 6 d -0.6 MPa 的水分胁迫处理,即使局部恢复正常水分供应 216 h,其根系导水率仍较 CK 降低了 42.33%,该处理严重影响到了植物的正常水分供应。

由图 2 还可知,CK 以及 -0.2 , -0.4 和 -0.6 MPa 处理中恢复正常水分供应(Z)根系的导水率都表现为随着时间的延长呈持续增长的趋势,但其增长幅度有所不同,表现为 $-0.2\text{ MPa} > -0.4\text{ MPa} > \text{CK} > -0.6\text{ MPa}$,表明水分胁迫后局部恢复正常供水后刺激根系吸水产生的补偿效应与胁迫强度有关。

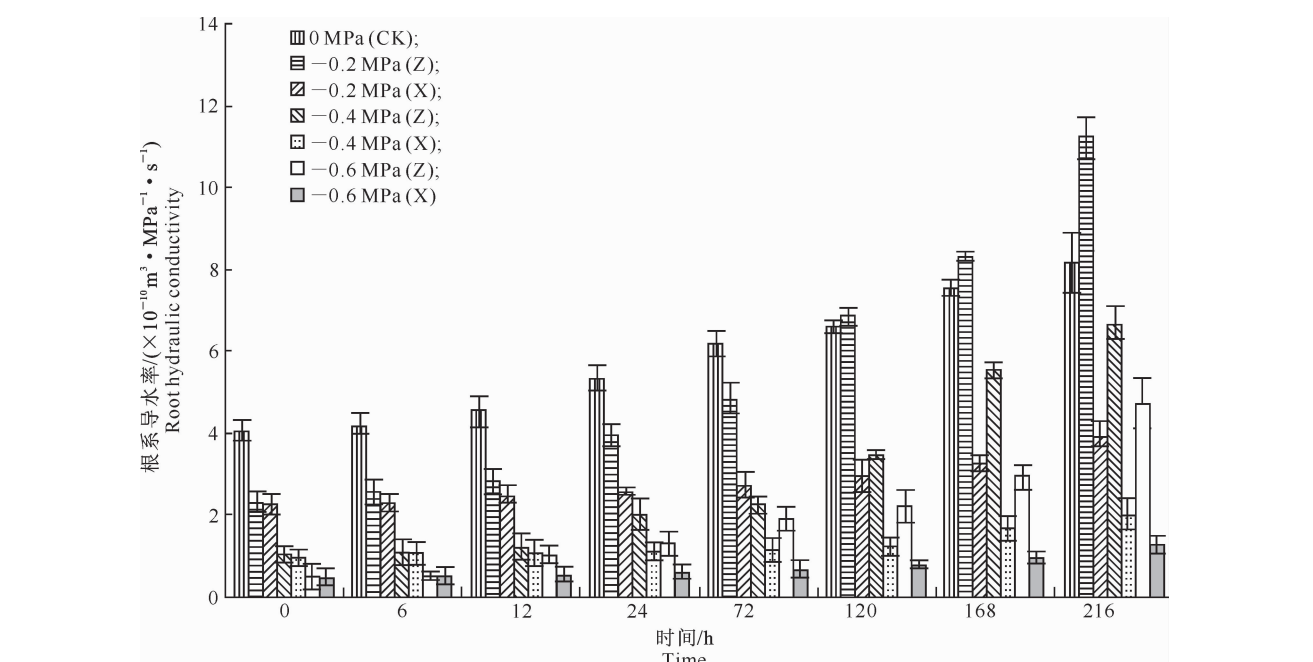


图 2 不同水分胁迫水平下两侧玉米根系导水率随胁迫时间的变化

Fig. 2 Changes in roots hydraulic conductivities of maize as the duration of different water stress levels

3 讨 论

已有研究表明,正常水分处理下植物根系导水

率大于干旱胁迫处理^[8]。从本研究结果可以看出,水分胁迫对玉米根系导水率产生了明显影响,随着胁迫程度的加重,玉米根系导水率逐渐减小,说明水

分胁迫可以降低玉米根系的导水率,且胁迫程度与玉米根系导水率呈反比。其原因可能在于,水分胁迫下根内皮层上的凯氏带形成速度加快、木栓质和木质素含量增大,同时使根木质部导管中栓塞形成,增大了根系导水的径向和轴向阻力,从而导致根系导水率减小。

本研究结果表明,水分胁迫处理后恢复水分供应的玉米根系导水率始终大于持续受水分胁迫处理,且其差值随着胁迫时间的延长逐渐增大。这说明玉米根系在经受轻度水分胁迫之后恢复正常供水,对根系的水分吸收起到了明显的刺激作用,引起了根系吸水的补偿作用,明显提高了根系的水分传导能力。已有研究表明,根系能从局部的水分有效区域吸水,而且其吸水速率明显超过全部根区的平均吸水速率,局部根区灌水湿润可以提升灌水区根系的生长和吸水能力,从而产生补偿效应^[7,9],关于其机理有待进一步研究。

本研究结果还表明,与 CK 相比,轻度水分胁迫(−0.2 MPa)明显刺激玉米根系产生了吸水的补偿作用,提升了玉米根系的水分传输能力,但这种补偿效应与水分胁迫强度呈负相关。原因可能在于,不同水分胁迫程度会影响根系水导的恢复程度^[10],持续的重度水分胁迫导致作物根系生长缓慢,甚至于衰老、死亡^[11]。因而,在实际应用中应注意使作物经受适度的水分胁迫,以达到水分利用最大化及作物生长最优化。

4 结 论

本研究采用分根法,通过水培试验,分析了局部水分胁迫对玉米根系导水率的影响,得到以下主要结论:

- 1)水分胁迫可以降低玉米根系的导水率,且随着胁迫程度的增加,玉米根系导水率降低幅度增大。
- 2)经受轻度水分胁迫(−0.2 MPa)后恢复正常水分供应,根系吸水会产生明显的补偿效应,有利于提高根系的水分传导能力。但这种补偿效应与水分胁迫强度呈负相关,与恢复水分供应时间呈正相关。

[参考文献]

[1] 沈玉芳,王保莉,曲 东,等.水分胁迫下磷营养对玉米苗期根系导水率的影响[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2002,30(5):11-15.
Shen Y F, Wang B L, Qu D, et al. Effects of phosphorus on root hydraulic conductance of corn under water stress [J]. Journal of Northwest A&F University: Nature Science Edition, 2002,

30(5):11-15. (in Chinese)

[2] 慕自新,张岁岐,杨晓青,等.氮磷亏缺对玉米根系水流导度的影响[J].植物生理与分子生物学学报,2003,29(1):45-51.
Mu Z X, Zhang S Q, Yang X Q, et al. Effect of nitrogen and phosphorus-deficiency on maize root hydraulic conductivity [J]. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology, 2003, 29(1):45-51. (in Chinese)

[3] Steudle E. Water uptake by roots: Effects of water deficit [J]. J Exp Bot, 2000, 51:1531-1542.

[4] 沈玉芳,曲 东,王保莉.干旱低磷胁迫对不同小麦根系导水率的影响[J].西北植物学报,2004,24(9):1578-1582.
Shen Y F, Qu D, Wang B L. Effects of drought and phosphorus stress on root hydraulic conductance of wheat at different types [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2004, 24(9): 1578-1582. (in Chinese)

[5] 沈玉芳,曲 东,王保莉,等.干旱胁迫下磷营养对不同作物苗期根系导水率的影响[J].作物学报,2005,31(2):214-218.
Shen Y F, Qu D, Wang B L, et al. Effects of phosphorus on root hydraulic conductivity of crops under drought stress [J]. Acta Agronomica Sinica, 2005, 31(2):214-218. (in Chinese)

[6] 胡田田,康绍忠.局部灌水条件下不同根区在作物吸水中的作用[J].作物学报,2007,33(5):776-781.
Hu T T, Kang S Z. Functions of different rootzones on water uptake under localized irrigation in maize [J]. Acta Agronomica Sinica, 2007, 33(5):776-781. (in Chinese)

[7] 胡田田,康绍忠.局部灌水方式对玉米不同根区土-根系统水分传导的影响[J].农业工程学报,2007,23(2):11-15.
Hu T T, Kang S Z. Effects of localized irrigation model on hydraulic conductivity in soil-root system for different root zones of maize [J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(2):11-15. (in Chinese)

[8] 张志亮,张富仓,郑彩霞,等.局部根区灌水和施氮对玉米导水率的影响[J].中国农业科学,2008,41(7):2033-2039.
Zhang Z L, Zhang F C, Zheng C X, et al. Effect of partial root zone irrigation and N fertilizer on hydraulic conductivity of maize [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2008, 41(7):2033-2039. (in Chinese)

[9] 韩艳丽,康绍忠.控制性分根交替灌溉对玉米养分吸收的影响[J].灌溉排水,2001,20(2):5-7.
Han Y L, Kang S Z. Effects of controlled root divided alternative irrigation on nutrient uptake in maize [J]. Irrigation and Drainage, 2001, 20(2):5-7. (in Chinese)

[10] 张岁岐,山 仑.根系吸水机理研究进展[J].应用与环境生物学报,2001,7(4):396-402.
Zhang S Q, Shan L. Research progress on water uptake in plant roots [J]. Chinese Journal of Applied Environment Biology, 2001, 7(4):396-402. (in Chinese)

[11] 康绍忠,潘英华,石培泽,等.控制性作物分区交替灌溉的理论及试验[J].水利学报,2001(11):80-86.
Kang S Z, Pan Y H, Shi P Z, et al. Controlled root-divided alternative irrigation-theory and experiments [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2001(11):80-86. (in Chinese)