

土壤干旱对小麦幼苗光合、蒸腾速率 及水分利用效率的影响

单长卷

(河南科技学院生命科技学院 河南 新乡 453003)

摘要: 采用盆栽试验对土壤干旱下不同品种冬小麦幼苗光合、蒸腾速率和水分利用效率进行了研究。结果表明,各品种幼苗叶片光合速率、蒸腾速率和气孔导度均随土壤水分的减少而呈降低趋势,叶片水分利用效率呈增加趋势。统计分析表明,冬小麦幼苗叶片光合速率、蒸腾速率和水分利用效率(WUE)与土壤水分之间均存在显著线性关系,说明土壤干旱对不同品种冬小麦幼苗光合速率、蒸腾速率和水分利用效率具有重要影响。

关键词: 土壤干旱; 小麦; 幼苗; 光合速率; 蒸腾速率; 水分利用效率

中图分类号: S512.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2006)11-0023-03

Effect of Soil Drought on the Photosynthetic Rate, Transpiration Rate and Water Use Efficiency of the Seedlings of Four Winter Wheat Varieties

SHAN Chang-juan

(Life Science College, Henan Institute of Science & Technology, Xinxiang 453003, China)

Abstract: Pot experiments were carried out to study the photosynthetic rate, transpiration rate and water use efficiency of the seedlings of four winter wheat varieties under different soil drought. The results showed that photosynthetic rate, transpiration rate, and stomatal conductance decreased and leaf WUE increased with soil water content declined. Regression models indicated that soil drought had important effects on the photosynthetic rate, transpiration rate and water use efficiency of the seedlings of four winter wheat varieties.

Key words: Soil drought; Wheat; Seedling; Photosynthetic rate; Transpiration rate; Water use efficiency

水分是影响我国北方冬小麦生长发育的主要环境因素之一,由于受水资源短缺的威胁,该区冬小麦的生长经常受到长期或短期土壤干旱的影响,因此,对冬小麦光合、蒸腾速率和水分利用效率的研究具有重要意义。目前,人们的研究主要集中在冬小麦生长发育中后期^[1~7],对土壤干旱下冬小麦幼苗光合、蒸腾速率和水分利用效率的研究较少。为此,笔者通过盆栽试验,对土壤干旱下河南省不同品种冬

小麦幼苗光合、蒸腾速率和水分利用效率进行了初步研究。

1 材料与方法

1.1 材料

供试冬小麦品种为洛麦 9133、济麦 20、济麦 21、兰考矮早 8,分别用 V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 表示。土壤为壤质土,中等肥力,土壤田间持水量为 24.8%。

收稿日期: 2006-05-16

基金项目: 河南科技学院重点科研项目(040124)

作者简介: 单长卷(1978-),男,山东巨野人,助教,硕士,主要从事植物水分生理、生态方面的研究。

土壤取回后过筛, 去除杂质后备用。试验用塑料桶高 20cm, 口径 25cm。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验共设 4 个土壤水分处理, 分别为田间持水量的 80%(正常水分处理, 用 N 表示)、60%(轻度干旱处理, 用 LD 表示)、45%(中度干旱处理, 用 MD 表示)和 35%(严重干旱处理, 用 SD 表示), 每处理 6 次重复。每盆所装土壤换算成烘干后重量为 5.3kg。根据设计的土壤含水率计算出每盆重量, 作为各处理水平的标准盆重。挑选籽粒饱满的麦种播种, 出苗后每盆留生长基本一致的麦苗 12 株。从小麦出苗至分蘖初期用称重法进行控水处理。试验在河南科技学院试验场进行。

1.2.2 测定方法 光合、蒸腾速率测定: 从三叶期到分蘖初期选择晴朗天气对不同处理进行测定, 从 8:00 测至 16:00, 每隔 2h 测 1 次, 每次 3 次重复。用英国 PP—Systems 公司生产的 TPS—1 型光合作用测定系统进行测定。气孔导度、光合有效辐射强度、大气湿度、大气温度、叶温和大气 CO₂ 浓度用 TPS—1 型光合作用测定系统与光合、蒸腾速率的测定同步进行。

水分利用效率(WUE)= 光合速率/ 蒸腾速率

1.2.3 数据处理 采用 SPSS 软件处理。

2 结果与分析

2.1 土壤干旱对小麦幼苗光合速率(Pn)的影响

从表 1 可知, 随土壤干旱胁迫程度的加剧, 各品种幼苗光合速率日均值均呈减小趋势, 且在不同处理下, 各品种光合速率日均值差别较大, 济麦 20 最大, 兰考矮早 8 次之, 济麦 21 和洛麦 9133 较小。在正常和轻度干旱处理下, 各品种光合速率日均值大小次序均为济麦 20> 兰考矮早 8> 济麦 21> 洛麦 9133; 在中度和严重干旱处理下, 各品种光合速率日均值大小次序均为济麦 20> 兰考矮早 8> 洛麦 9133> 济麦 21。

表 1 土壤干旱对不同冬小麦品种幼苗光合速率日均值的影响 [μmol/(m²·s)]

品种	处理			
	N	LD	MD	SD
V ₁	3.62dC	3.46cC	3.14cC	2.36cC
V ₂	7.70aA	7.54aA	6.36aA	5.28aA
V ₃	4.70cB	3.86cC	3.06cC	2.08cC
V ₄	6.42bA	5.64bB	4.30bB	3.04bB

注: 大写字母为 0.01 显著水平, 小写字母为 0.05 显著水平, 下同

2.2 土壤干旱对小麦幼苗蒸腾速率(Tr)的影响

从表 2 可知, 随土壤干旱胁迫程度的加剧, 各品

种幼苗蒸腾速率日均值均呈减小趋势。在正常和轻度干旱处理下, 各品种蒸腾速率日均值的大小次序均为济麦 20> 兰考矮早 8> 济麦 21> 洛麦 9133; 在中度和严重干旱处理下各品种蒸腾速率日均值的大小次序均为洛麦 9133> 济麦 21> 济麦 20> 兰考矮早 8。

表 2 土壤干旱对不同冬小麦品种幼苗蒸腾速率日均值的影响 [mmol/(m²·s)]

品种	处理			
	N	LD	MD	SD
V ₁	2.13a	2.03a	1.73a	1.25a
V ₂	2.83a	2.29a	1.60a	0.98a
V ₃	2.53a	2.18a	1.70a	1.14a
V ₄	2.70a	2.22a	1.56a	0.96a

2.3 土壤干旱对气孔导度的影响

土壤干旱对植物光合、蒸腾速率的影响是由气孔的开放程度来控制的, 气孔导度是衡量气孔开放程度的一个重要指标^[4]。从表 3 可知, 随土壤干旱胁迫程度的加剧, 各品种幼苗气孔导度日均值均呈减小趋势, 且在不同处理下, 各品种气孔导度日均值差异显著。在正常水分处理下, 各品种气孔导度日均值的大小次序为兰考矮早 8> 济麦 20> 济麦 21> 洛麦 9133; 在轻度干旱处理下, 大小次序为洛麦 9133> 济麦 21> 兰考矮早 8、济麦 20; 在中度干旱处理下, 大小次序为洛麦 9133> 济麦 21> 济麦 20> 兰考矮早 8; 在严重干旱处理下, 大小次序为洛麦 9133> 济麦 21> 兰考矮早 8> 济麦 20。从降低的幅度来看, 兰考矮早 8 最大, 济麦 20 次之, 再次为济麦 21, 洛麦 9133 最小。结合上面对光合和蒸腾速率的分析可知, 土壤干旱下兰考矮早 8、济麦 20 和济麦 21 三个品种气孔开放程度是影响光合和蒸腾速率的主要因素, 洛麦 9133 除气孔限制因素外可能还存在非气孔限制因素。

表 3 土壤干旱对不同冬小麦品种幼苗气孔导度日均值的影响 [mmol/(m²·s)]

品种	处理			
	N	LD	MD	SD
V ₁	198.6cC	193.2aA	158.2aA	105.4aA
V ₂	216.8bB	173.8bB	121.0bB	57.4cC
V ₃	213.8bB	176.6bB	119.2bB	67.6bB
V ₄	240.4aA	173.8bB	108.8cC	59.2bB

2.4 土壤干旱对水分利用效率的影响

从表 4 可知, 随土壤干旱胁迫程度的加剧, 各品种幼苗 WUE 日均值均呈增加趋势, 且在不同处理下, 各品种 WUE 日均值差异显著, 济麦 20 最大, 兰考矮早 8 次之, 济麦 21 和洛麦 9133 较小。在各处

理下,各品种 WUE 日均值的大小次序均为济麦 20> 兰考矮早 8> 济麦 21> 洛麦 9133。从增加的幅

表 4 土壤干旱对不同冬小麦品种幼苗 WUE 日均值的影响
($\mu\text{mol}/\text{mmol}$)

品种	处理			
	N	LD	MD	SD
V ₁	1.77b	1.80b	1.92b	2.16c
V ₂	2.91a	3.45a	3.81a	6.59a
V ₃	1.89b	1.98b	2.09b	2.41c
V ₄	2.70a	2.77a	3.02a	3.93b

腾速率和 WUE 与土壤水分之间均存在显著关系,这进一步说明土壤干旱对冬小麦幼苗光合速率、蒸腾速率和 WUE 具有重要影响。

3 结论

研究结果表明,供试小麦品种幼苗光合速率均随土壤干旱程度的加剧减小,对干旱胁迫的响应机制有所不同,具体机制有待于进一步研究;各品种幼苗蒸腾速率均随土壤干旱程度的加剧而减小,且对干旱胁迫的响应机制存在一致性;从干旱下各品种幼苗气孔导度的变化可以看出,济麦 20、济麦 21 和兰考矮早 8 均主要是通过减小气孔开放程度来调节光合和蒸腾,而洛麦 9133 气孔导度随干旱程度的加剧降低幅度远远小于其他品种,这说明洛麦 9133 除气孔限制因素外可能还存在非气孔限制因素对光合和蒸腾进行调节,具体机理有待于进一步研究;此外,各品种幼苗水分利用效率均随土壤干旱程度的加剧而增大,且济麦 20 的水分利用效率最高,因此,从幼苗来看,济麦 20 是水分高效利用冬小麦品种,

度来看,济麦 20 最大,兰考矮早 8 次之,再次为济麦 21,洛麦 9133 最小,这说明土壤干旱下各品种水分利用效率有所不同,济麦 20 水分利用效率最高,兰考矮早 8 次之,再次为济麦 21,洛麦 9133 最低。

2.5 土壤水分与 幼苗 光合速率、蒸腾速率和 WUE 数学拟和模型的建立

为了进一步探讨土壤干旱对不同冬小麦品种幼苗光合速率、蒸腾速率和 WUE 的影响,通过统计回归得到了各品种幼苗光合速率、蒸腾速率和 WUE 与土壤水分之间的关系,建立了其数学拟和模型(表 5)。从表 5 可以看出,各品种幼苗叶片光合速率、蒸

表 5 冬小麦幼苗叶片光合、蒸腾速率和 WUE 与土壤水分关系的数学拟和模型

品种	测定指标	回归方程	Rsqr	df	F	P
V ₁	Pn	$y = -0.0009x^2 + 0.1353x - 1.1538$	0.9704	3	7.42	*
	Tr	$y = -0.0006x^2 + 0.0911x - 1.1415$	0.9920	3	9.69	**
	WUE	$y = 0.0003x^2 - 0.0448x + 3.3248$	0.9785	3	6.58	*
V ₂	Pn	$y = -0.0018x^2 + 0.2575x - 1.5976$	0.9985	3	10.77	**
	Tr	$y = -0.0006x^2 + 0.1099x - 2.1523$	0.9999	3	56.38	**
	WUE	$y = 0.003x^2 - 0.4168x + 17.184$	0.8982	3	4.37	*
V ₃	Pn	$y = -0.0008x^2 + 0.1447x - 2.0026$	0.9955	3	56.58	**
	Tr	$y = -0.0006x^2 + 0.0962x - 1.5001$	0.9976	3	31.14	**
	WUE	$y = 0.0004x^2 - 0.0521x + 3.7675$	0.9611	3	15.96	**
V ₄	Pn	$y = -0.0014x^2 + 0.2413x - 3.6377$	0.9909	3	31.35	**
	Tr	$y = -0.0006x^2 + 0.1067x - 2.0467$	1.0000	3	49.80	**
	WUE	$y = 0.0012x^2 - 0.158x + 7.9606$	0.9451	3	4.24	*

适宜在河南缺水地区推广应用。

参考文献:

[1] 郭晓维, 赵春江, 康书江, 等. 水分对冬小麦形态、生理特性及产量的影响[J]. 华北农学报, 2000, 15(4): 40—44.

[2] 许振柱, 李长荣, 陈平, 等. 土壤干旱对冬小麦生理特性和干物质积累的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2000, 18(1): 113—123.

[3] 孙宏勇, 张永强, 张喜英, 等. 华北平原冬小麦生长对水分胁迫的响应[J]. 华北农学报, 2000, 18(3): 23—26.

[4] 张永强, 姜杰. 水分胁迫对冬小麦叶片水分生理生态过程的影响[J]. 干旱区研究, 2001, 18(1): 57—61.

[5] 吴海卿, 段爱旺, 杨传福. 冬小麦对不同土壤水分的生理和形态响应[J]. 华北农学报, 2000, 15(1): 92—96.

[6] 刘祖贵, 陈金平, 段爱旺, 等. 水分胁迫和气象因子对冬小麦生理特征的影响[J]. 灌溉排水学报, 2005, 24(1): 33—37.

[7] 高延军, 张喜英, 陈素英, 等. 冬小麦叶片水分利用生理机制的研究[J]. 华北农学报, 2004, 19(4): 42—46.