

# 持绿型高粱根系形态和生理特性研究

孙璐 黄瑞冬\* (沈阳农业大学农学院, 辽宁沈阳110161)

**摘要** 在盆栽条件下,以持绿型高粱品系 B35 和普通高粱品系“三尺三”为材料,通过开花后10 d 和20 d 进行1 周的干旱胁迫,测定根系相关指标,研究了干旱胁迫对高粱根系形态和生理特性的影响及其抗旱机制。结果表明,在籽粒灌浆期,B35 的根数和最长根长大于“三尺三”,而根体积和干重小于“三尺三”,B35 的根系衰老速度较“三尺三”缓慢。2 次干旱胁迫对 B35 根系的影响比“三尺三”小,籽粒灌浆初期和灌浆盛期干旱胁迫对2 品种根系相关指标的影响程度不同。

**关键词** 高粱;持绿性;根系形态;根系生理;干旱胁迫

中图分类号 S514 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)15-04433-02

## Research on the Root Morphological and Physiological Characteristics of Green Sorghum

SUN Lu et al (College of Agronomy, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161)

**Abstract** Under potted culture condition, sorghum variety B35 and Sanchisan being used as the experimental material, the effect of greening on morphological and physiological characters of sorghum root and the drought-resistant mechanism was studied with a week drought stress starting on the 10<sup>th</sup> day and the 20<sup>th</sup> day after flowering respectively. The results showed that during the grain-filling stage, the root number and max-length were higher than those of Sanchisan, and the root volume and dry weight were smaller than those of Sanchisan. The senescence rate of B35 root was slower than that of Sanchisan root. The influence of the two periods of drought stress on B35 root was smaller than that on Sanchisan root. The impacts of drought stress at different stages varied.

**Key words** Sorghum; Evergreen; Root morphological characteristics; Root physiological characteristics; Drought stress

植物叶片因衰老或在逆境条件下会出现褪绿现象,影响作物产量。高粱籽粒灌浆期遭受干旱胁迫,常常导致植株成熟前的快速衰老<sup>[1-2]</sup>。在籽粒灌浆期间,有的基因型表现出明显的抗旱能力,在干旱胁迫下,叶片仍能保持绿色并进行旺盛的光合作用,植物的这种特性称为持绿性<sup>[3]</sup>。高粱的根系是重要的吸收和合成器官,根系的形态和生理特性对高粱产量和抗旱机制有较大影响<sup>[4-6,9]</sup>。试验通过对持绿型和普通高粱品系进行比较,测定根系相关指标,研究干旱胁迫对高粱根系形态和生理特性的影响,探索其抗旱机制,为持绿性在高粱抗旱栽培和育种中的应用提供理论依据。

## 1 材料与试验方法

**1.1 试验设计** 试验在沈阳农业大学南试验场盆栽条件下进行,供试材料为持绿型高粱保持系 B35 和普通恢复系“三尺三”。盆土取自沈阳农业大学试验田耕层,盆钵直径 33 cm,高 30 cm,盆底打孔。基肥为优质农家肥 250 g/盆,种肥为磷酸二铵 1.67 g/盆,拔节期追施尿素 3.33 g/盆,将底肥及盆土按规定用量混匀装盆,静置半个月后播种。设置 3 种水分处理:无胁迫;开花后 10 d 进行胁迫;开花后 20 d 进行

胁迫。每个时期胁迫 1 周并移入防雨棚内,控制在中度胁迫水平,胁迫结束立即进行相关指标测定。

**1.2 测定指标及其方法** 根数用目测直接计数;最长根长用直尺直接测定;根体积采用排水法测定;根干重是将根从植株基部剪下,放入烘箱,将温度调至 105℃,杀青 1 h,然后 80℃ 烘干至恒重,最后用电子天平称重;根系吸收面积用甲烯蓝染色法测定<sup>[10]</sup>。

## 2 结果与分析

**2.1 在无干旱胁迫条件下持绿型高粱与普通高粱的比较** 由表 1 可知,B35 的根数和最长根长都明显大于“三尺三”,而根体积和根干重小于“三尺三”。B35 的根数多,根长长,但体积却小,这说明其根系下扎较深,密度大,这可能是其抗旱能力强的原因之一。通过对开花后 17 和 27 d 测定值的比较,可以看出 B35 的根数有所增加,而“三尺三”则有所减少;B35 的最长根长增加较多,约为 10 cm,而“三尺三”增加仅为 5 cm 左右;B35 根体积的减少幅度小于“三尺三”;B35 根干重略有减少,而“三尺三”减少了约 9 g。这说明持绿型品种的根系在籽粒灌浆期较普通品种衰老缓慢,突出了其持绿的特性。

表 1 不同高粱品种根系形态特性和生理特性的比较

品种	测定时间	根系形态				生理特性			
		根数 条	最长根长 cm	根体积 cm <sup>3</sup>	根干重 g/株	总吸收面积 m <sup>2</sup> /株	活跃吸收面积 m <sup>2</sup> /株	活跃吸收 面积比 %	比表面积 m <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup>
B35	开花后 17 d	110.3	109.6	244.0	20.5	194.9	74.2	38.1	0.80
	开花后 27 d	113.0	119.3	214.0	20.2	184.4	70.2	38.1	0.86
三尺三	开花后 17 d	87.3	84.3	304.3	33.4	221.4	90.3	40.8	0.73
	开花后 27 d	84.0	88.8	250.5	24.1	211.5	78.4	37.1	0.84

根系总吸收面积能反映根系吸收水分和养分能力的大小,而根系活跃吸收面积则在一定程度上反映根系活力的情

况<sup>[11]</sup>,比表面积即单位体积的根系总吸收面积<sup>[10]</sup>。测定结果表明(表 1),“三尺三”的总吸收面积和活跃吸收面积均大于 B35,说明在正常灌水条件下,“三尺三”的根系活力强于 B35。但从前后 2 个时期测定结果的对比可以看出,B35 的总吸收面积下降幅度大于“三尺三”,而活跃吸收面积的下降幅度小于“三尺三”,B35 的活跃吸收面积百分比没有变化,而“三尺三”有所减小,这说明 B35 的根系活力降低较小,即根

基金项目 辽宁省教育厅资助项目。

作者简介 孙璐(1982-),女,辽宁锦州人,硕士研究生,研究方向:作物栽培生理。\* 通讯作者,博士,教授,Email: r\_huang@126.com。

收稿日期 2007-02-27

系衰老缓慢。B35 的比表面积大于“三尺三”，说明 B35 的单位体积根系活力强。2 品种的比表面积均呈增加趋势，且“三尺三”增加较明显。

## 2.2 水分胁迫处理对持绿型和普通高粱品系根系的影响

2 次干旱胁迫使 B35 和“三尺三”的根系受到不同程度的影响。如图 1 所示，干旱胁迫使 2 品种的根干重均减小，且使“三尺三”的减小幅度大于 B35。在开花后第 27 天，正常灌水的“三尺三”根干重比 B35 大，但干旱胁迫使其受到严重影响，根干重小于 B35。从 2 个时期对比来看，第 1 次胁迫对 B35 根干重的影响较第 2 次明显；而“三尺三”则相反，第 2 次胁迫对其影响更大。如图 2 所示，根体积在干旱胁迫条件下也是减小的，且“三尺三”受到的影响较 B35 明显。

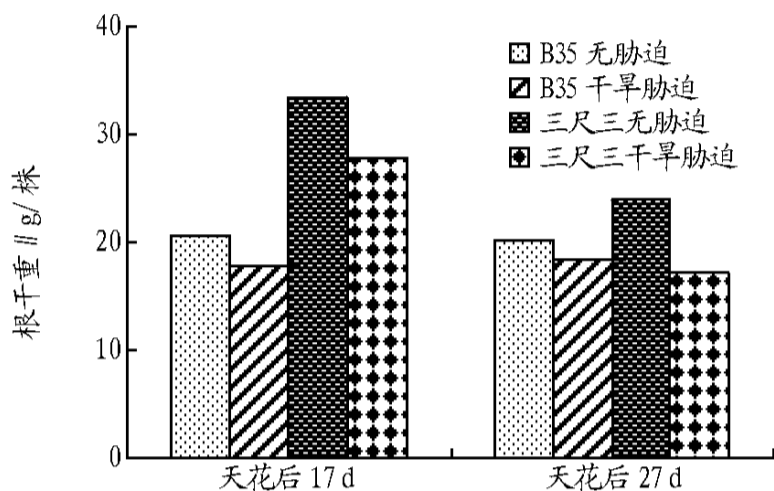


图 1 不同时期干旱胁迫对高粱 B35 和“三尺三”根干重的影响

不同水分处理对持绿型和普通高粱根系吸收面积的影响也有显著差异。试验结果如表 2 所示，干旱胁迫处理下，2 品种的根系吸收面积比正常灌水条件下小，且“三尺三”的减小幅度较 B35 大。在正常灌水条件下，“三尺三”的根系总吸收面积和活跃吸收面积均大于 B35，但 2 次干旱胁迫后，“三尺三”的根系受到严重影响，其总吸收面积和活跃吸收面积均小于 B35，这说明持绿型高粱在籽粒灌浆期遭受干旱胁迫，其根系活力受影响较小，普通高粱虽然在水分充足条件下根系活力较强，但遭遇干旱胁迫后，其根系活力减弱，根系吸收面积低于持绿型高粱。从根系活跃吸收面积所占百分比也可看出，“三尺三”的活跃吸收面积所占比例减小幅度较大，说明“三尺三”的根系活力降低较多。B35 无论是正常灌水还是干旱胁迫条件下，其比表面积均大于“三尺三”，说明 B35 单位体积的根系活力较强。从 2 次胁迫测定值的比较中可看出，第 2 次干旱胁迫对 2 品种的根系吸收面积较第 1 次的影响显著，说明高粱在遭遇籽粒灌浆盛期干旱胁迫，其受影响程度比籽粒灌浆初期显著。

## 3 结论与讨论

(1) 持绿型高粱与普通高粱的根系形态和生理特性有较大差异。在籽粒灌浆初期，持绿型高粱 B35 的根数和最长根长大于普通型高粱“三尺三”，而根体积和根干重小于“三尺三”。进入灌浆盛期后，B35 的根数继续增加，而“三尺三”根数则减少；2 品种的最长根长均继续增加，但增加幅度不同，B35 增加的幅度较大；2 品种根体积和根干重均有所减小，但减小幅度不同，B35 的减小幅度比“三尺三”小。说明持绿型品种在生育后期根系衰老速度缓慢，这与 Zaitman 等的研究结果一致<sup>[12]</sup>。在正常灌水条件下，“三尺三”根系吸收面积

大于 B35，说明无干旱胁迫时“三尺三”的根系活力比 B35 强。籽粒灌浆盛期(开花后 27 d)的根系吸收面积比灌浆初期(开花后 17 d)有所减小，B35 的总吸收面积减小幅度大于“三尺三”，而活跃吸收面积减小幅度小于“三尺三”，即 B35 的根系活力降低较少。

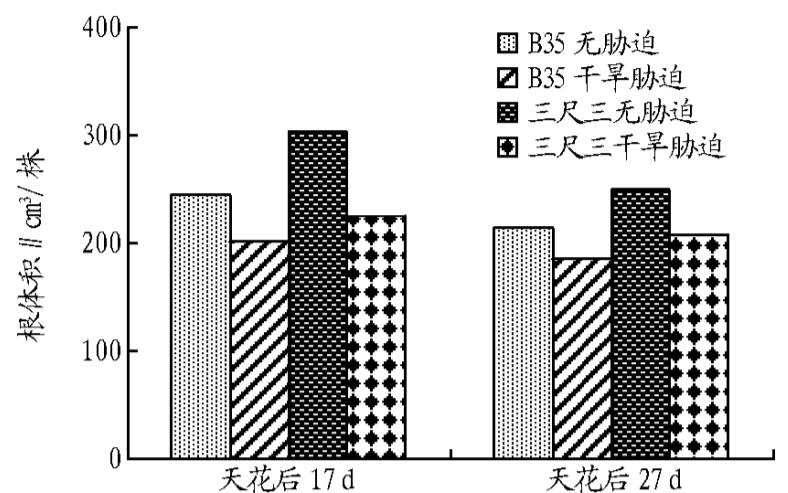


图 2 不同时期干旱胁迫对高粱 B35 和“三尺三”根体积的影响

表 2 不同时期干旱胁迫对高粱 B35 和“三尺三”根系吸收面积的影响

品种	处理	总吸收面积 m <sup>2</sup> /株	活跃吸收面积		比表面积 m <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup>
			m <sup>2</sup> /株	%	
B35	无胁迫	194.9	74.2	38.1	0.80
	花后 10 d 胁迫	175.5	67.5	38.5	0.87
	无胁迫	184.4	70.2	38.1	0.86
	花后 10 d 胁迫	174.5	65.5	37.5	0.79
三尺三	无胁迫	221.4	90.3	40.8	0.73
	花后 10 d 胁迫	161.8	63.4	39.2	0.72
	无胁迫	211.5	78.4	37.1	0.84
	花后 10 d 胁迫	170.1	50.4	29.6	0.75
	花后 20 d 胁迫	149.3	45.2	30.3	0.68

注：测定时间为开花后 10 d 干旱胁迫结束时(8 月 3 日)，测定时间为开花后 20 d 干旱胁迫结束时(8 月 13 日)。

(2) 干旱胁迫使 B35 和“三尺三”的根干重、根体积和根系吸收面积均有所减小，但减小幅度不同，干旱胁迫使“三尺三”受到的影响大于 B35。籽粒灌浆初期干旱胁迫对 B35 的根干重和根体积以及“三尺三”的根体积的影响较灌浆盛期显著，而灌浆盛期干旱胁迫对“三尺三”根干重的影响较灌浆初期显著。干旱胁迫使 2 品种的根系吸收面积均减小，但使“三尺三”的减小幅度大于 B35，说明持绿型高粱在籽粒灌浆期遭遇干旱胁迫其根系受影响程度较普通品种小，这是其抗旱性的重要机制之一。籽粒灌浆盛期的干旱胁迫对 2 品种根系活力的影响比灌浆初期更加显著。

## 参考文献

- [1] ROSENOW D T, QUISENBERRY J E, WENDT C W, et al. Drought tolerant sorghum and cotton germplasm[J]. *Agric Water Manage*, 1983, 7: 207-222.
- [2] THOMAS H, ROGERS L J. Turning over an old leaf[J]. *University of Wales Review Science and Technology*, 1989, 6: 29-38.
- [3] WALLU R S, ROSENOW D T, WESTER D B, et al. Inheritance of the stay green trait in sorghum[J]. *Crop Sci*, 1994, 34(4): 970-972.
- [4] 裴冬, 张喜英, 王峻. 高粱、谷子根系发育及其抗旱性研究[J]. *中国生态农业学报*, 2002, 10(4): 28-30.
- [5] 张喜英. 高粱根系生长发育规律及其动态模拟[J]. *生态学报*, 1999, 18(5): 65-67.
- [6] GAHDONA T S, NELSEN N E. The effect of root-induced pH change on the depletion of inorganic and organic phosphorus in rhizosphere[J]. *Plant Soil*, 1992, 143: 241-248.

( 上接第4434 页)

[7] 郭安红, 魏虹, 李凤民, 等. 土壤水分亏缺对春小麦根系干物质累积和分配的影响[J]. 生态学报, 1999, 19(2): 179 - 184.

[8] HEDLEY MJ, KIRK GJ D, SANTOS MB. Phosphorus efficiency and the form of soil phosphorus utilized by upland rice cultivars[J]. *Plant Soil*, 1994, 158: 53 - 62.

[9] 吕世华, 曾祥忠, 刘学军, 等. 限制根系下扎对水稻土上不同基因型小麦生长和锰营养的影响[J]. 中国农业科学, 2002, 35(7): 809 - 814.

[10] 张宪政. 作物胜利研究法 M. 北京: 农业出版社, 1992.

[11] 宋海星, 李生秀. 水氮供应和土壤空间所引起的根系生理特性变化[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(1): 6 - 11.

[12] ZARIMAN R E, VOYEVODIC R T. Root distribution pattern of two hybrid grain sorghums under field conditions[J]. *Agron J*, 1979, 71: 325 - 328.