

文章编号: 1005-0906(2010)04-0108-04

不同室内培养方法对玉米苗期根系生长的影响

陈晓辉^{1,2}, 蔡红光¹, 米国华¹, 安霞¹, 田自华², 陈范骏¹

(1. 中国农业大学资源与环境学院, 农业部植物营养学重点实验室, 教育部植物—土壤相互作用重点实验室, 北京 100094;

2. 内蒙古农业大学, 呼和浩特 010019)

摘要: 采用溶液培养、石英砂培养和纸卷培养 3 种培养方法, 在两个氮水平下研究不同基因型玉米的根系生长差异, 比较不同培养方式对植株根系生长的影响。结果表明, 不同的培养体系对植株生长性状影响较大, 在相同的养分供应条件下, 砂培的植株生物量、种子根长度、节根数、节根长度均显著超过纸培和水培。在实验期内(6 叶期), 砂培条件下氮素供应显著影响种子根总长度; 在水培条件下, 氮素显著影响节根数量及长度。因此, 分析文献中的根系数据时要考虑培养条件, 同时要根据实验目标来确定培养条件。

关键词: 玉米; 根系; 纸培; 水培; 砂培**中图分类号:** S513.043; S513.01**文献标识码:** A

Effect of Culture System on Maize Root Growth at Seedling Stage

CHEN Xiao-hui^{1,2}, CAI Hong-guang¹, MI Guo-hua¹, AN Xia¹, TIAN Zi-hua², CHEN Fan-jun¹(1. *College of Resources and Environmental Science, China Agricultural University,**Key Laboratory of Plant Nutrition, Ministry of Agriculture, Key Laboratory of**Plant-Soil Interactions, Ministry of education, Beijing 100094;**2. Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China)*

Abstract: In the present study, root traits of 7 genotypes were compared under paper roll, solution culture, and sand culture systems under two nitrogen levels, compared the difference in root traits of plants which are cultured in different systems. A huge difference in roots was observed under different culture systems. Under the same N nutrition condition, plants cultured in sand system had large biomass, more seminal and nodal roots, as well as longer seminal and nodal roots in comparison with other two methods. Significant difference in total seminal root length as affected by different N nutrition was only observed under sand system. Meanwhile, significant difference in nodal root number and total nodal root length as affected by N nutrition was only shown in solution culture system. It was suggested that care should be taken when analyzing root data resulted from different culture system. Also, different culture systems should be taken for different purposes in root study.

Key words: Maize; Root; Paper culture; Solution culture; Sand culture

根系是养分 / 水分吸收的主要器官, 根系大小及构型的差异对于作物养分 / 水分利用效率有很大的影响。根系性状的基因型差异与氮效率有密切关系, 氮胁迫下苗期根系形态直接与氮效率相关, 对氮

素的吸收有重要作用^[1]。在田间条件下研究根系多采用剖面挖掘法、根钻法等, 需要大量的重复^[2], 工作量很大。有研究表明, 苗期根系的大小与田间最大根系的大小之间有显著的相关性^[3], 因此, 很多生理及遗传研究者利用室内培养技术研究作物的根系性状, 如纸培、水培、砂培等^[4-7]。然而, 很少有研究比较不同培养条件下根系生长的差异, 而明确这一差异, 对于合理选用培养体系或正确理解实验结果都具有重要意义。本研究利用 7 种玉米基因型, 分别采用纸培、水培、沙培 3 种培养方式, 并在供氮和不供氮两种条件下, 研究玉米在根系性状上的变化, 为根系研

收稿日期: 2009-04-08**基金项目:** 国家重点基础研究规划项目(2007CB109302)、公益性行业科研专项(200803030)**作者简介:** 陈晓辉(1979-), 男, 蒙古族, 在读硕士。

陈范骏为本文通讯作者。E-mail: caucfj@cau.edu.cn

究方法的选择提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

利用 478×武 312(BC₄F₃)群体中的 6 个株系 4、42、80、123、133、170 及武 312(轮回亲本),共 7 个玉米自交系。

1.2 试验方法

精选饱满、大小一致的玉米种子,经 10%的 H₂O₂ 浸泡 20 min,用蒸馏水洗净后,在饱和的 CaSO₄ 中浸泡 6 h,然后放在吸水纸上盖上黑布 25℃下催芽 3 d,露白后用卷纸法发芽。

纸培体系:待 2 叶 1 心时选整齐的幼苗,更换成 20 cm×25 cm 的粗滤纸,放入 7 号自封袋中,自封袋的底部要剪掉一角。将培养袋放入培养桶内,移入 1/2 营养液中,2 d 后开始用全营养液培养,每 2 d 换一次营养液。

水培体系:待 2 叶 1 心时选整齐的幼苗,去掉胚乳后移入 40 L 盛有全营养液的大塑料盆(长 45 cm、宽 38 cm、深 18 cm)中,移入 1/2 营养液中,2 d 后开始用全营养液培养,每 2 d 换一次营养液,并用气泵连续通气。

砂培体系:待 2 叶 1 心时选整齐的幼苗,移入盛有 4 kg 石英砂塑料盆中,每桶 2 粒种子,在生长到 3 叶时将病、弱苗去除(每盆只留 1 株)。根据蒸发量,每 2 d 加一次营养液(1 mm 石英砂蓄水量约为 20%)。

营养液(mmol/L):Ca(NO₃)₂ 2.0,K₂SO₄ 0.75,MgSO₄ 0.65,KCl 0.1,KH₂PO₄ 0.25,H₃BO₃ 1×10⁻³,MnSO₄ 1×10⁻³,CuSO₄ 1×10⁻⁴,ZnSO₄ 1×10⁻³, (NH₄)₆Mo₇O₂₄ 5×10⁻⁶,Fe-EDTA 0.1。

设 2 个氮处理:高氮(HN)为 2 mmol/L Ca(NO₃)₂;

低氮(LN)为 0.02 mmol/L Ca(NO₃)₂。低氮处理所缺的 Ca 用 CaCl₂ 补齐。营养液 pH 均为 6.0(用 1 mol/L 的 NaOH 溶液调节)。每个处理重复 3 次,并经常更换盆的位置。3 个培养体系同时移苗、换营养液、收苗测量。出苗 20 d(6 叶 1 心)后收获植株样品,洗净后分为茎叶和根系,并进行根系性状的测定,然后将所有样品在 75℃下烘干并称重。

测定项目:茎叶干重、种子根和节根的数量和长度。

1.3 统计分析

采用 SAS 9.0 软件进行统计分析^[8]。

2 结果与分析

2.1 生物量与根系性状

不同的培养体系对玉米植株生物量影响很大(表 1)。高氮条件下砂培显著高于其他两个体系,而纸培和水培体系间差异不显著;低氮条件下 3 个体系差异都显著。砂培条件下,植株的生物量极显著高于另外两个体系,约是纸培的 5 倍,是水培的 4 倍。不同的氮水平条件下,3 个培养体系生物量在两个氮水平下均无差异。

不同的培养体系对种子根的数量没有影响,氮胁迫对种子根的发生影响不大,3 种培养体系下两个氮水平之间的差异均不显著。高氮条件下,3 个体系的种子根总长度无显著差异;低氮条件下,砂培的种子根总长度显著高于其他两种培养体系,而纸培和水培体系间差异不显著。低氮胁迫对种子根总长度的影响因培养体系而异,纸培、水培中,高低氮下种子根总长度差异不显著;砂培中,低氮促进了种子根总长。高低氮条件下,3 个培养体系间的最长种子根的长度差异显著,砂培>纸培>水培,而 3 种培养体系下两个氮水平之间的差异均不显著。

表 1 不同培养体系下不同氮水平对玉米根系性状的影响
Table 1 Effects of culture system and nitrogen applications root related traits(*P*<0.05)

性 状 Traits	处 理 Treatment	纸培体系 Paper culture	水培体系 Solution culture	砂培体系 Sand culture	差 异 LSD
生物量(mg/ 株)	高 氮	62.2	124	443	73.8
	低 氮	60.7	112	357	46.8
	平 均	61.5	118	400	
	氮水平间差异 LSD	6.80	28.4	107	
种子根数(条)	高 氮	2.26	2.40	2.51	0.37
	低 氮	2.29	2.41	2.61	0.46
	平 均	2.27	2.40	2.56	
	氮水平间差异 LSD	0.33	0.36	0.57	

续表 1 Continued 1

性 状	处 理	纸培体系	水培体系	砂培体系	差 异
Traits	Treatment	Paper culture	Solution culture	Sand culture	LSD
种子根总长(cm)	高 氮	58.3	54.1	65.1	18.5
	低 氮	55.4	47.6	91.5	13.6
	平 均	56.9	50.9	78.3	
	氮水平间差异 LSD	12.8	12.7	23.0	
最长种子根(cm)	高 氮	31.8	26.9	37.3	4.24
	低 氮	29.4	24.4	39.0	3.90
	平 均	30.6	25.7	38.2	
	氮水平间差异 LSD	3.85	3.83	4.91	
总节根数(条)	高 氮	4.48	3.77	8.95	0.95
	低 氮	4.41	5.54	8.17	0.81
	平 均	4.45	4.66	8.56	
	氮水平间差异 LSD	0.65	1.15	0.88	
节根总长(cm)	高 氮	19.7	25.8	116	20.8
	低 氮	20.0	37.2	117	17.9
	平 均	19.9	31.5	117	
	氮水平间差异 LSD	3.40	10.5	33.1	
最长节根(cm)	高 氮	7.70	12.3	27.1	3.08
	低 氮	8.00	15.8	26.1	2.40
	平 均	7.85	14.1	26.6	
	氮水平间差异 LSD	0.92	2.87	3.95	

高氮条件下，砂培玉米的节根数量显著高于其他两个体系(表 1),而纸培和水培体系间差异不显著;低氮条件下,3 个体系差异都显著。不同氮水平间,水培中低氮增加了节根数量,纸培和沙培中高低氮下节根数差异不显著。高低氮条件下,砂培玉米的节根总长显著高于其他两个体系，而纸培和水培体系间差异不显著。水培条件下,低氮促进了节根总长度，纸培和砂培在两个氮水平下的节根总长差异均不显著。高低氮条件下,3 个培养体系间的最长节根差异均显著,砂培条件下最长,其次是水培。水培体系中,低氮显著增加了最长节根的长度。

2.2 根系性状与生物量的相关性

高氮条件下,3 个培养体系下种子根总长度与地上部生物量显著正相关性(表 2),而种子根数量与生物量之间均无相关性;纸培和水培条件下,最长种子根与生物量之间显著正相关。砂培和纸培条件下,节根数量与生物量呈正相关;总节根长度则是与水培、砂培体系下的生物量成显著正相关。

在低氮条件下,3 种培养方法,最长种子根均与生物量呈显著正相关(表 2),水培和砂培条件下的种子根总长与生物量呈显著正相关。

表 2 根系性状与玉米生物量的相关性
Table 2 Correlations of root traits to biomass in maize

处 理	培养体系	种子根条数	种子根总长	最长种子根	总节根数	总节根长	最长节根
Treatment	Culture system	Seed root number	Seminal root length	The longest seminal root	The total number of roots	The total root length	The longest section of the root
高 氮	纸 培	0.700	0.911**	0.842**	0.805*	0.328	-0.256
	水 培	0.257	0.878**	0.880**	0.872**	0.838**	0.581
	砂 培	0.545	0.842**	0.428	0.690	0.731*	0.679
低 氮	纸 培	0.517	0.652	0.729*	0.218	0.691	0.104
	水 培	0.425	0.794*	0.726*	0.533	0.389	0.019
	砂 培	0.216	0.758*	0.824**	-0.627	0.441	0.595

注: $P_{0.05}=0.707$; $P_{0.01}=0.834$ 。

3 讨 论

植株的培养生长介质的不同以及生长介质中的养分浓度的差异均对根系生长产生不同的影响^[6]。本研究表明,砂培条件下,玉米植株的生长最优,表现在生物量最大,高出其他两种培养条件的4~5倍,说明砂培条件下植株生长条件最佳,而另外两种培养基质则限制植株的生长。水培与纸培相比,水培又相对较好。在根系各个性状方面基本表现了相同的规律性。因此,研究苗期植株生长性状时应优先采取砂培方法,其次考虑水培。纸培方法虽然简单,但植株生物量积累及根系生长性状较劣,只能应用于某些特殊用途,如观察根系性状的突变体、研究铝毒对根尖生长的影响等,不宜于研究生长反应。

不同培养体系下,氮素供应对玉米生长及根系形态的影响程度也存在较大差异。在本实验条件下(苗龄20 d),纸培体系中,低氮胁迫对多数根系性状及地上部生物量没有显著影响,这可能是由于植物生长受到抑制;砂培体系中,低氮对种子总长度影响较大;而在水培体系中,低氮主要影响节根的数量与长度。因此,砂培体系有利于研究氮素对种子根的促进作用,水培条件下更有利于研究氮素对节根生长

的促进效应。

本研究表明,在多数培养体系的氮素供应情况下,种子根总长及最长种子根的长度与生物量呈显著正相关。这说明种子根长这一性状可能是玉米苗期生长势的重要鉴定指标。

参考文献:

- [1] 王 艳,米国华,陈范骏,等.玉米氮素吸收的基因型差异及其与根系形态的相关性[J].生态学报,2003,23(2):297-302.
- [2] 春 亮,陈范骏,米国华,等.玉米苗期根系对氮胁迫反应的配合力分析[J].植物营养与肥料学报,2005,11(6):750-756.
- [3] Nass H G, Zuber M S. Correlation of corn(*Zea mays* L.) roots early in development to mature root development[J]. Crop Society of America, 1971, 11: 655-658.
- [4] 张卫萍,吴 平,沈晓莹,等.不同供水条件下水稻幼苗根系形成的遗传分析[J].植物学报,2001,43(10):1024-1030.
- [5] Hochholdinger F, Katrin W, Michaela S, et al. Genetic dissection of root formation in maize (*Zea mays* L.) reveals root-type specific developmental programs[J]. Annals of Botany, 2004, 93:359-368.
- [6] 刘婷婷,樊明寿,李春俭.不同玉米氮效率自交系对氮素供应的反应[J].华北农学报,2005,20(3):83-86.
- [7] ASP H, Bengtsson B, Jensen P. Growth and cation uptake in spruce (*Picea abies* Karst) grown in sand culture with various aluminium contents[J]. Plant and Soil, 1988, 111: 127-133.
- [8] 裴喜春,薛河儒. SAS 及应用[M]. 北京:中国农业出版社,1998.

(责任编辑:李万良)