

烟草根系柠檬酸分泌特性的遗传规律分析

张占军¹,李洪臣^{2*} (1. 三门峡市烟草公司陕州分公司,河南三门峡 472000;2 河南省烟草公司三门峡市公司,河南三门峡 472000)

摘要 [目的]改善烟草根系对土壤钾的活化能力,提高对钾的吸收效率。[方法]以农大 202、中烟 101、NC628、K358、NX232 共 5 个烟草品种为亲本,采用双列杂交试验研究了烟草根系柠檬酸分泌特性的遗传规律。[结果]不同品种间烟草根系柠檬酸分泌特性存在显著差异。在柠檬酸分泌特性上,农大 202 的一般配合力效应值和农大 202 × NC628 特殊配合力效应值均为正,对改善后代钾吸收效率有较高的利用价值。烟草根系柠檬分泌酸特性的遗传规律符合“加性-显性”遗传模型。缺钾敏感性不符合“加性-显性”遗传模型。[结论]该研究为进一步研究烟草根系柠檬酸分泌特性奠定了理论基础。
关键词 烟草;柠檬酸;分泌特性;遗传规律
中图分类号 S572 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)05-0024-03

Genetic Regular Pattern Analysis on Citric Acid Secretion Characteristics in Tobacco Root
ZHANG Zhan-jun¹, LI Hong-chen^{2*} (1. Shanzhou Company of Sanmenxia Tobacco Company, Sanmenxia, Henan 472000; 2. Sanmenxia Company of Henan Tobacco Company, Sanmenxia, Henan 472000)

Abstract [Objective] To improve the activation of tobacco root on soil potassium, and to enhance the absorption efficiency on potassium. [Method] With Nongda 202, Zhongyan 101, NC628, K358, NX232 as the parents, diallel crossing test was used to study genetic regularity of citric acid secretion characteristics in tobacco root. [Result] There were significant differences in citric acid secretion characteristic between different cultivars. General combining ability (GCA) values of Nongda 202 and specific combining ability (SCA) values of Nongda 202 × NC628 were positive in citric acid secretion characteristics, and the results had high use value to improve the offspring potassium uptake efficiency. Genetic regularity of citric acid secretion characteristic in tobacco root accorded with “additive-dominant” genetic model, but sensitivity to potassium deficiency did not accord with “additive-dominant” genetic model. [Conclusion] This research lays theoretical basis for the further research on citric acid secretion characteristics of tobacco root. .
Key words Tobacco; Citric acid; Secreting characteristic; Genetic regularity

我国土壤钾含量较丰富,但大部分钾是矿物态钾,很难在短期内被吸收利用,因此我国烟田土壤呈缺钾或严重缺钾状态^[1]。研究结果显示,缺钾环境会诱导植物根系大量分泌柠檬酸、草酸、苹果酸等低分子量有机酸^[2-4],这些有机酸释放到土壤,通过酸化、配位交换和还原作用活化土壤矿物态钾^[5-7],促进钾的有效释放及植物对钾的吸收^[8]。缺钾胁迫下,烟草根系柠檬酸分泌量会显著增加,在活化土壤钾、提高烟叶钾含量方面起到重要的作用。鉴于此,该试验研究了烟草根系柠檬酸分泌特性的遗传规律,以期改善烟草后代根系对土壤矿物态钾的活化能力、提高钾的吸收效率。

1 材料与方法

1.1 试验材料 采用农大 202、中烟 101、NC628、K358、NX232 作为亲本进行双列杂交,获得 10 个杂交种和 5 个自交种,见表 1。

1.2 试验设计 采用盆栽试验,按钾肥用量分为正常供钾和缺钾 2 个处理。其中,正常处理 N、P、K 的用量分别为 0.13、0.13 和 0.39 g/kg,缺钾处理 N、P、K 的用量分别为 0.13、0.13 和 0 g/kg,肥料分 3 次施入,时间为移栽时、移栽后 7 d、移栽后 14 d,3 次施肥比例为 2:1:1,常规水分管理,生长至移栽后 30 d,收集根系分泌物样品。

1.3 取样与测定 将烟株根系土壤洗净,放入装有 800 mL 蒸馏水的烧杯中,根部黑暗处理。正常生长条件下,收集根系分泌物混合物 4h。将根系分泌物过 XAD-4 树脂柱,甲

表 1 双列杂交组合
Table 1 Diallel combinations

品种代号 Varieties code	品种名称 Name of varieties
P ₁	K358
P ₂	NX232
P ₃	农大 202
P ₄	NC628
P ₅	中烟 101
P ₁ × P ₂	K358 × NX232
P ₁ × P ₃	农大 202 × K358
P ₁ × P ₄	中烟 101 × NC628
P ₁ × P ₅	中烟 101 × K358
P ₂ × P ₃	农大 202 × NX232
P ₂ × P ₄	NC628 × NX232
P ₂ × P ₅	中烟 101 × NX232
P ₃ × P ₄	农大 202 × NC628
P ₃ × P ₅	农大 202 × 中烟 101
P ₄ × P ₅	中烟 101 × NC628

注:P₁、P₂、P₃、P₄、P₅ 为自交系,其余为杂交组合
Note:P₁, P₂, P₃, P₄ and P₅ were selfing lines; and others were cross combinations

醇洗脱后用冷冻干燥机除去甲醇,加超纯水 50 mL 溶解干燥后的根系分泌物,得到根系分泌的有机酸样品。每个样品中准确加入 40 mL 5% 硫酸-甲醇溶液和 200 μL 己二酸内标溶液,振荡 48 h。然后每次用 10 mL 二氯甲烷萃取,萃取 3 次,合并萃取液,采用气相色谱-质谱测定柠檬酸。

1.4 数据统计 采用 SPSS 17.0 统计分析软件进行方差分析。参照刘来福^[9]方法,按照 Griffing II 的固定模型计算配合力效应;按 Hayman 方法进行遗传参数估算。

2 结果与分析

2.1 不同品种烟草柠檬酸分泌特性的比较 5 个烟草亲本自交系及其 10 个双列杂交组合的柠檬酸分泌特性(以柠檬

酸分泌量来表示)和缺钾敏感性(以柠檬酸分泌量增加比例来表示)见表2。分析可知,正常供钾、缺钾胁迫柠檬酸分泌特性和缺钾敏感性变异系数分别为1.138%、0.563%、1.806%。方差分析可知,柠檬酸分泌特性上,组合间差异均达显著水平,而重复间的差异不显著,说明不同品种间存在显著差异,供试品种间的遗传基础存在显著差异。

表2 不同品种柠檬酸分泌特性

Table 2 Citric acid secretion characteristic of different varieties

品种编号 Varieties code	柠檬酸分泌特性 Citric acid secretion characteristics μg/(株·h)		缺钾敏感性 Sensitivity to potassium deficiency//%
	正常供钾 Normal for potassium	缺钾胁迫 Potassium deficiency stress	
P ₁	0.832	1.059	27.28
P ₂	0.715	1.071	49.79
P ₃	2.295	4.415	92.37
P ₄	2.048	4.496	119.53
P ₅	1.863	4.199	125.39
P ₁ × P ₂	1.271	2.676	110.54
P ₁ × P ₃	0.951	1.739	82.86
P ₁ × P ₄	0.632	1.517	140.03
P ₁ × P ₅	0.833	2.073	148.86
P ₂ × P ₃	1.552	4.554	193.43
P ₂ × P ₄	1.553	2.027	30.52
P ₂ × P ₅	0.898	2.281	154.01
P ₃ × P ₄	1.475	2.439	65.36
P ₃ × P ₅	0.559	1.865	233.63
P ₄ × P ₅	1.495	2.513	68.09

2.2 柠檬酸分泌特性的配合力比较 由表3可知,柠檬酸分泌特性的一般配合力(GCA)方差和特殊配合力(SCA)方差均达极显著水平,说明这些效应间存在差异。

表3 柠檬酸分泌特性的配合力比较

Table 3 Combining ability comparison of citric acid secretion characteristics

变异来源 Sources of variation	正常供钾 Normal for potassium	缺钾胁迫 Potassium deficiency stress	缺钾敏感性 Sensitivity to potassium deficiency
GCA	1.152**	0.726**	0.392**
SCA	0.698**	0.739**	0.124**

注:*,**分别表示在0.05和0.01水平达显著差异
Note: * and ** indicated significant differences at 0.05 and 0.01 levels, respectively

2.3 亲本柠檬酸分泌特性的一般配合力比较 由表4可知,柠檬酸分泌特性的一般配合力效应存在差异。正常供钾亲本柠檬酸分泌特性的一般配合力效应值的变幅为-0.431~0.062,只有农大202的一般配合力效应值为正值。缺钾胁迫亲本柠檬酸分泌特性的一般配合力效应值的变幅为-0.291~0.162,亲本NX2322和农大202一般配合力效应值为正值。缺钾敏感性的一般配合力效应值变幅为-0.014~0.310,亲本NX232、K358、农大202、中烟101的柠檬酸分泌特性的一般配合力效应值为正值。

2.4 亲本柠檬酸分泌特性与一般配合力的关系 亲本柠檬酸分泌特性与一般配合力相关系数为正常供钾 $r=0.937^{**}$ 、缺钾胁迫 $r=0.932^{**}$ 、缺钾敏性 $r=0.896^{**}$ 。柠檬酸分泌特性

测定结果与一般配合力相关系数达极显著水平,亲本柠檬酸分泌特性和缺钾敏感性越高,一般配合力效应值越高,柠檬酸分泌特性的测定结果可用来预测亲本一般配合力效应。

表4 亲本柠檬酸分泌特性的一般配合力比较

Table 4 The general combining ability comparison of citric acid secretion characteristic in parent

亲本 Parent	正常供钾 Normal for potassium	缺钾胁迫 Potassium deficiency stress	缺钾敏感性 Sensitivity to potassium deficiency
P ₁	-0.431	-0.081	0.174
P ₂	-0.121	0.162	0.310
P ₃	0.062	0.121	0.076
P ₄	-0.043	-0.083	-0.014
P ₅	-0.289	-0.291	0.037

2.5 杂交组合柠檬酸分泌特性的特殊配合力 特殊配合力方差说明各亲本与其他亲本杂交后,可出现偏离一般配合力效应所估计的极端后代,这种极端后代的多少能反映各亲本间品种非加性作用的大小^[10]。柠檬酸分泌特性的特殊配合力以正向效应为优。杂交组合的柠檬酸分泌特性特殊配合力效应值见表5。

10个杂交组合后代中,正常供钾柠檬酸分泌特性正向效应值较高的为K358 × NX232,负向效应值较高的为农大202 × NX232,正向效应平均值0.252小于负向效应平均值0.387。缺钾胁迫柠檬酸分泌特性正向效应值较高的为中烟101 × NC628,负向效应值较高的为农大202 × NX232,正向效应平均值0.449小于负向效应平均值0.458。缺钾敏感性正向效应值较高的为农大202 × 中烟101,负向效应值较高的为中烟101 × K358。正向效应平均值0.380大于负向效应平均值0.285。农大202 × NC628特殊配合力的效应值均为正值。

表5 杂交组合柠檬酸分泌特性的特殊配合力比较

Table 5 Special combining ability comparison of citric acid secretion characteristic in hybrid combinations

杂交组合 Hybrid combinations	柠檬酸分泌特性 Citric acid secretion characteristics μg/(株·h)		缺钾敏感性 Sensitivity to potassium deficiency//%
	正常供钾 Normal for potassium	缺钾胁迫 Potassium deficiency stress	
P ₁ × P ₂	-0.027	0.472	0.285
P ₁ × P ₃	-0.171	-0.441	-0.105
P ₁ × P ₄	-0.378	-0.463	0.234
P ₁ × P ₅	0.078	-0.703	-0.586
P ₂ × P ₃	-0.869	-0.862	-0.023
P ₂ × P ₄	0.234	-0.175	-0.424
P ₂ × P ₅	-0.177	0.292	0.548
P ₃ × P ₄	0.351	0.268	0.272
P ₃ × P ₅	-0.699	-0.103	0.568
P ₄ × P ₅	0.345	0.762	0.372

2.6 柠檬酸分泌特性的遗传规律分析
2.6.1 柠檬酸分泌特性及缺钾敏感性的显著性检验。对正常供钾和缺钾胁迫条件下柠檬酸分泌特性回归分析,进行

Hayman 显著性检验。由表 6 可知,正常供钾与缺钾胁迫条件下,柠檬酸分泌特性回归方程的回归系数为 0.805 和 0.724,与 0 差异达极显著水平,与 1 差异不显著,说明 Hayman 假设成立,符合“加性-显性”遗传模型。缺钾敏感性回归方程的回归系数 0.104 与 1 差异达极显著水平,与 0 差异不显著,说明 Hayman 假设不成立,不符合“加性-显性”遗传模型。

表 6 柠檬酸分泌特性与缺钾敏感性的回归分析
Table 6 Regression analysis of citric acid secretion characteristic and sensitivity to potassium deficiency

参数 Parameter	柠檬酸分泌特性 Citric acid secretion characteristics μg/(株·h)		缺钾敏感性 Sensitivity to potassium deficiency//%
	正常供钾 Normal for potassium	缺钾胁迫 Potassium deficiency stress	
Wr 与 Vr 回归系数 Regression coefficient of Wr and Vr	0.805	0.724	0.104
回归截距 Regression intercept	-0.182	-0.264	0.068
回归系数标准 Standard of regression coefficient	0.146	0.195	0.112

注:Wr. 亲子间协方差;Vr. 亲本序列方差
Note:Wr. Covariance between parents and offspring; Vr. Parent sequence variance

2.6.2 柠檬酸分泌特性的遗传参数分析。Hayman 法估算分析柠檬酸分泌特性的遗传参数见表 7,各参数含义为:D 加性效应方差,H 显性效应方差,(H/D)1/2 平均显性度,R 亲本显性基因/隐性基因,r 方差与协方差之和 Wr + Vr 与亲本测量值 Yr 相关系数,h²N(%)狭义遗传率,h²B(%)广义遗传率。

表 7 柠檬酸分泌特性的遗传参数
Table 7 The genetic parameters of citric acid secretion characteristics

遗传参数 The genetic parameters	柠檬酸分泌特性 Citric acid secretion characteristics μg/(株·h)		缺钾敏感性 Sensitivity to potassium deficiency//%
	正常供钾 Normal for potassium	缺钾胁迫 Potassium deficiency stress	
D	1.925 **	1.654	0.093
H	3.045 **	3.331 **	0.482 **
(H/D)1/2	1.26	1.454	2.385
R	3.57	3.556	0.737
r	0.895	0.725	-0.293
h ² N//%	24.69	14.85	44.73
h ² B//%	99.68	99.71	99.42

注:*,** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平达显著差异
Note: * and ** indicated significant differences at 0.05 and 0.01 levels, respectively

(上接第 23 页)

[5] 柳强,邹光进,许齐. 烤烟育苗大棚休闲期节水创收途径初探[J]. 吉林农业,2012(10):154-156.
[6] 张奎,刘如春,阳建成. 衡阳县育苗工场综合利用种植丝瓜技术初探[J]. 湖南农业科学,2013(19):14-15.
[7] 覃迎姿,周文亮,王军卫,等. 烤烟育苗大棚闲置期种植厚皮甜瓜试验

正常供钾柠檬酸分泌特性的加性效应方差和显性效应方差均达到极显著水平,显性效应方差大于加性效应方差,缺钾胁迫柠檬酸分泌特性和缺钾敏感性的加性效应方差不显著,显性效应方差达极显著水平,说明柠檬酸分泌特性和缺钾敏感性都是显性效应为主。正常供钾和缺钾胁迫柠檬酸分泌特性的方差和协方差之和与亲本柠檬酸分泌特性相关系数分别为 0.895 和 0.725,说明显性方向为减效。缺钾敏感性方差与协方差之和与亲本柠檬酸分泌特性相关系数为-0.293,说明亲本中显性基因较多,显性方向为增效。正常供钾、缺钾胁迫柠檬酸分泌特性和缺钾敏感性的广义遗传率分别为 99.68%、99.71%、99.42%,说明缺钾敏感性组合间差异主要由品种决定,早代选择效果较好,狭义遗传率分别为 24.69%、14.85%、44.73%,说明遗传加性效应较小。

3 结论

柠檬酸分泌特性越强,其活化土壤中钾的特性就越强,一般配合力效应值越大说明其在柠檬酸分泌特性方面越优良。农大 202 的柠檬酸分泌特性的一般配合力效应值均为正,在改善后代钾营养效率方面具有较高的利用价值。NC628 一般配合力效应值均为负值,改善后代钾营养效率方面利用价值较低。亲本柠檬酸分泌特性和缺钾敏感性越高,一般配合力效应值越高,柠檬酸分泌特性的测定结果可用来预测亲本一般配合力效应。正常供钾和缺钾胁迫条件下,柠檬酸分泌特性符合“加性-显性”遗传模型,遗传显性效应为主,遗传加性效应较小,缺钾敏感性不符合“加性-显性”遗传模型。

参考文献

[1] 曹志洪,周秀如,李仲林,等. 我国烟叶含钾状况及其与植烟土壤环境条件的关系[J]. 中国烟草,1990(3):6-13.
[2] MARSCHNER H. 高等植物的矿质营养[M]. 曹一平,陆景陵,译. 北京:北京农业大学出版社,1991:270-274.
[3] KRAFFCZYK I,TROLLDENIER G,BERINGER H. Soluble root exudates of maize: Influence of potassium supply and rhizosphere microorganisms [J]. Soil biology and biochemistry,1984,16(4):315-322.
[4] JONES D L. Organic acids in the rhizosphere: A critical review[J]. Plant and soil,1998,205(1):25-44.
[5] 张福锁,樊小林,李晓林,等. 土壤与植物营养研究新动态[M]. 北京:北京农业大学出版社,1992:64-70.
[6] 曹享云. 营养胁迫与根系分泌物[J]. 土壤学进展,1994,22(3):27-33.
[7] 袁可能. 植物营养元素的土壤化学[M]. 北京:科学出版社,1983:166-220.
[8] HOEKENGA O Q,VISION T J,SHAFF J E,et al. Identification and characterization of aluminum tolerance loci in Arabidopsis(Landsberg erecta x Columbia) by quantitative trait locus mapping. A physiologically simple but genetically complex trait[J]. Plant physiology,2003,132(2):936-948.
[9] 刘来福. 作物数量遗传[M]. 北京:农业出版社,1984.
[10] 倪先林,张涛,蒋开锋,等. 杂交稻特殊配合力与杂种优势、亲本间遗传距离的相关性[J]. 遗传,2009,31(8):849-854.

[J]. 南方农业学报,2013,44(5):802-805.
[8] 田洪梅,石玉林,刘才永,等. 烤烟育苗连栋大棚西瓜架式栽培技术[J]. 耕作与栽培,2011(4):58,60.
[9] 王初田. 豇豆营养价值及新品种引进、推广示范总结[J]. 大观周刊,2012(18):144.