植物营养与肥料学报 2012,18(6):1378 -1386
Plant Nutrition and Fertilizer Science

烤烟苗期营养特性的基因型差异及其杂种优势分析

冯晓英[1,2], 王 军[3], 陈启迪[1], 黄建国[1], 袁 玲[1*]
(1 西南大学资源环境学院,重庆 400716; 2 贵州师范大学生命科学学院,贵州贵阳 550001;
3 贵州省遵义烟草公司,贵州遵义 56300)

摘要: 试验选用6个杂交烤烟组合共13种基因型,研究了苗期营养特性的差异,并分析F1代烟苗营养特性与亲本之间的相关性和杂种优势。结果表明:1)不同基因型烟苗的生物量、根冠比、养分(氮、磷、钾)含量和吸收量、硝酸还原酶活性、叶绿素含量、根系活力差异显著,表现出多样性;2)在F1代烟苗中,根系氮、磷、钾和地上部氮、钾含量,以及干物质积累量、根系活力和根冠比与父本和母本值之间相关性不显著,地上部磷含量与中亲值之间呈显著负相关,叶片硝酸还原酶活性与母本值之间呈显著正相关,叶绿素含量与父本值、中亲值和低亲值之间呈极显著正相关;3)烟苗根系磷、钾含量、地上部氮含量、硝酸还原酶活性、叶绿素含量、根系活力、根冠比、干物质积累量具有一定的中亲优势。根系磷含量、硝酸还原酶活性、根系活力、根冠比和干物质积累量具有超高亲优势。尽管根系氮含量和地上部磷、钾含量无明显杂种优势,但有的试验组合也表现出中亲优势和超高亲优势。

关键词: 烤烟; 营养特性; 杂种优势; 亲子相关性
中图分类号: S572.01; Q945　　**文献标识码:** A　　**文章编号:** 1008-505X(2012)06-1378-09

Genotype difference and heterosis of nutrient characteristics of flue-cured tobacco in seedling stage

FENG Xiao-ying[1,2], WANG Jun[3], CHEN Qi-di[1], HUANG Jian-guo[1], YUAN Ling[1*]
(*1 College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China;*
2 School of Life Science, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China;
3 Zunyi Tobacco Company of Guizhou Province, Zunyi, Guizhou 563000, China)

Abstract: Six hybrids and 13 genotypes of flue-cured tobacco were used to study the genotype difference, parent-offspring correlation and heterosis of F1 generation in their nutrient characteristics. The results showed a significant difference in biomass, root/shoot ratio, contents and absorptions of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K), chlorophyll concentration, nitrate reductase (NR) activity and root activity among different genotypes of flue-cured tobaccos in seedling stage. The contents of N, P and K in roots and N and K in shoot, dry matter accumulation, root activity and root/shoot ratio showed no significant correlations between F1 generation and the parents. There was a significant negative correlation between P content in shoots of F1 generation and mid-parent, while NR activity of F1 generation had significant positive correlation with female parent. The chlorophyll concentration of F1 generation correlated significantly with male parent, mid-parent and low-parent. The P and K contents in root, N content in shoot, NR activity, chlorophyll concentration, root activity, root/shoot ratio, dry matter accumulation of flue-cured tobacco in seedling stage had mid-parent heterosis. The P content in root, NR activity, root activity, root/shoot ratio, dry matter accumulation had over high-parent heterosis. The N content in root and P, K contents in shoots had no significant heterosis, but some cross combinations had mid-parent heterosis

收稿日期: 2012-02-10　　**接受日期:** 2012-08-11
基金项目: 贵州省烟草公司遵义市公司科技项目(2010-2012)资助。
作者简介: 冯晓英(1975—),女,贵州印江人,博士研究生,主要从事植物营养研究。E-mail: fengxy1975@163.com
* 通讯作者 E-mail: lingyuanh@yahoo.com.cn

and over high-parent heterosis.

Key words: flue-cured tobacco; nutrient characteristics; heterosis; parent-offspring correlation

烤烟是我国重要的经济作物之一,种植面积和产量居世界第一位[1]。优良的品种是烤烟高产优质的前提。近年来,我国通过系统选育和杂交育种等技术,育成了一批高产优质的烤烟新品种,对于提高烤烟产量和品质发挥了巨大作用。目前,我国自育品种的栽种面积越来越大,杂交种的栽种面积也有逐年上升的趋势[2]。烤烟杂种优势的研究和利用主要集中在农艺性状、产量、品质和抗病性等方面,包括叶长、叶数、叶宽、叶片生物量、烟叶产值、均价、花期、株高、烟叶总糖量、总氮量、烟碱含量和病情指数等[3-6]。但是,由于烤烟亲本遗传多样性差,现有品种遗传基础狭窄,导致烟草杂种优势表现较低,一定程度地限制了烤烟杂种优势的利用。

值得注意的是,营养供应与烤烟的光合作用、生长发育和物质代谢密切相关,进而影响烤烟的产量和品质[7-10]。烟叶氮、磷、钾含量能改变烟草的燃烧、色泽、弹性、味道、填充力等。在烟叶化学物质形成过程中,氮促进蛋白质和烟碱合成,磷、钾有益于总糖和还原糖积累,中、微量元素与烟叶香气质和香气量有关[11-15]。烟株从土壤环境中吸收各种养分,用于形成植物体或调节新陈代谢。在烤烟栽培过程中,营养施肥极其重要,烤烟营养特性如养分吸收、含量、分布等存在基因型差异[16-17],但有关研究甚少。

本试验研究了 6 个杂交组合共 13 种基因型烤烟的苗期营养特性,包括生物量、根冠比、养分(氮、磷、钾)含量及吸收量、硝酸还原酶活性、根系活力、叶绿素含量等,并分析了各种营养特性指标的杂种优势,以及 F1 代值与双亲值的相关性。目的是揭示烤烟不同基因型营养特性的差异,提高利用烤烟营养特性杂种优势的预见性,为杂交育种中的亲本选配提供理论参考。

1　材料与方法

1.1　试验材料

选用贵州省遵义市烟草公司育成的 6 个 F1 杂交种及其亲本共 13 种不同基因型烤烟为材料,分别为 ZYH-4(MSG28⊆遵烟 T202)、ZYH-5(MSG28⊆遵烟 6 号)、ZYH-9(MSG28⊆遵烟 683)、ZYH-11(MSG28⊆遵烟 TZ-1)、ZYH-6(MSK326⊆遵烟 T202)、ZYH-7(MSK326⊆遵烟 CZ-1)。6 个杂交种都具有较好的田间表现,其父本材料都具有产量较高、品质优良和抗逆性强的特性,母本选用的是目前烤烟育种中常用的两个不育系 MSK326 和 MSG28。

试验地点为贵州省遵义县烟草公司科技园内,在烤烟生长季节进行。采用大棚漂浮育苗,每个基因型播 4 盘(漂浮盘规格为 160 孔),按照当地优质烟苗育苗技术规程培育烟苗 70 d,备测有关项目。

1.2　测定项目与统计方法

每个基因型取 100 株烟苗混合为一个样品,重复 3 次,分别测定根系和地上部鲜重。然后,105℃杀青 10 min,80℃烘干至恒重,计算生物量和根冠比。样品粉碎后烘干,用浓 H_2SO_4-H_2O_2 消化,凯氏法测定氮、钒钼黄比色法测定磷、火焰光度法测定钾含量[18]。

每个基因型另采集 50 株烟苗混合为一个样品,重复 3 次,用 TTC 法测定根系活力,α-磺胺比色法测定最大叶片的硝酸还原酶活性,丙酮提取—分光光度计法测定叶绿素含量[19]。

1.3　统计分析

试验数据采用 Excel 进行基本计算,DPS 软件进行统计分析。杂种优势采用下列公式计算:

中亲优势(%) = (F1-MP)/MP×100

超高亲优势(%) = (F1-HP)/HP×100

式中:F1 表示杂交种某指标的平均值;MP 为双亲平均值;HP 代表高亲值。

2　结果与分析

2.1　烟苗生物量的基因型差异

图 1 可见,不同基因型烟苗间的生物量和根冠比差异显著。13 种基因型烟苗的平均鲜重为 2.6 g/株,变化于 1.6～3.5 g/plant 之间,高低之间相差 2.19 倍,变异系数 25.18%;根冠比(鲜重)平均 0.124,变幅为 0.066～0.162,高低之间相差 2.45 倍,变异系数 20.49%。

2.2　不同基因型烟苗氮、磷、钾含量及吸收量

由表 1 可以看出,在 13 个不同基因型之间,烟苗根系氮、磷、钾含量差异显著。烟苗根系含氮量平均为 3.53%,变化于 1.83%～4.85% 之间,高低相差 2.65 倍,变异系数 24.13%;含磷量平均为

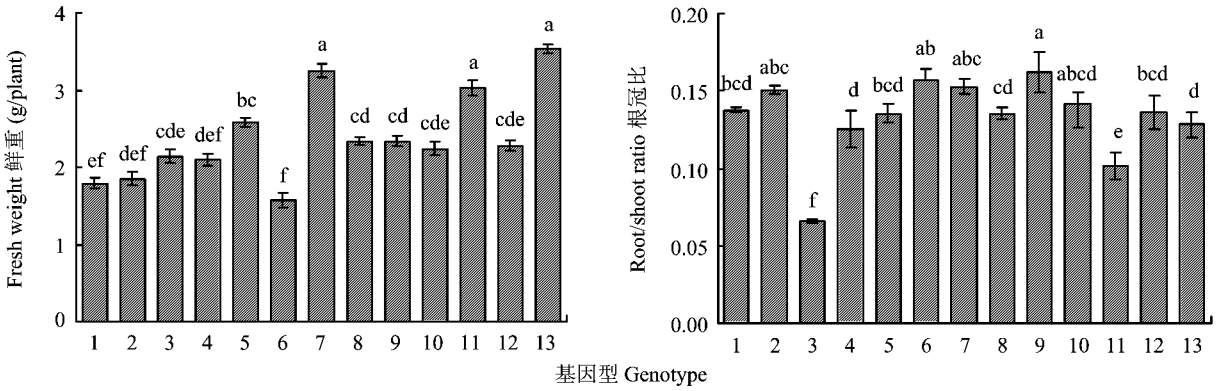

图1 不同基因型烟苗的生物量和根冠比

Fig. 1 The biomass and root/shoot ratio of different tobacco genotypes

[注(Note): 1—ZYH-4; 2—遵烟T202 Zunyan T202; 3—ZYH-5; 4—遵烟6号 Zunyan 6; 5—ZYH-9; 6—遵烟683 Zunyan 683; 7—ZYH-11; 8—遵烟TZ-1 Zunyan TZ-1; 9—ZYH-6; 10—ZYH-7; 11—遵烟CZ-1 Zunyan CZ-1; 12—MSG28; 13—MSK326. 柱上不同字母表示差异达5%显著水平 Different letters above the bars mean significant at the 5% level.]

表1 不同基因型烟苗养分含量(%)

Table 1 Nutrient concentrations in tobacco seedlings of different genotypes

基因型 Genotypes	根系 Root			地上部 Shoot		
	N	P	K	N	P	K
ZYH-4	3.98±0.19 de	0.92±0.09 a	4.17±0.17 ef	5.27±0.04 b	0.56±0.03 f	8.12±0.04 de
遵烟T202 Zunyan T202	3.58±0.22 f	0.80±0.02 bc	4.41±0.18 bc	5.50±0.06 a	0.75±0.05 ab	8.67±0.19 a
ZYH-5	3.40±0.23 g	0.84±0.07 b	4.28±0.14 de	5.34±0.05 ab	0.61±0.04 ef	7.59±0.12 f
遵烟6号 Zunyan 6	4.85±0.26 a	0.65±0.0 d	4.68±0.10 a	5.03±0.03 c	0.76±0.08 ab	7.31±0.17 g
ZYH-9	1.83±0.25 k	0.86±0.04 ab	3.47±0.16 h	4.71±0.08 d	0.62±0.03 def	6.36±0.09 i
遵烟683 Zunyan 83	3.87±0.24 e	0.83±0.02 b	4.05±0.07 f	5.37±0.03 ab	0.67±0.05 cde	8.42±0.07 bc
ZYH-11	3.19±0.19 h	0.83±0.05 b	3.72±0.16 g	4.62±0.07 d	0.62±0.04 def	5.62±0.05 j
遵烟TZ-1 Zunyan TZ-1	3.43±0.18 g	0.76±0.03 cd	4.38±0.15 cd	5.26±0.04 b	0.72±0.06 bc	6.84±0.13 h
ZYH-6	2.28±0.26 j	0.83±0.03 b	4.05±0.09 f	4.78±0.05 d	0.76±0.05 ab	7.98±0.07 e
ZYH-7	4.40±0.25 b	0.75±0.03 c	3.41±0.11 h	5.54±0.07 a	0.63±0.03 de	8.58±0.14 ab
遵烟CZ-1 Zunyan CZ-1	4.05±0.22 d	0.84±0.02 b	4.54±0.10 ab	5.21±0.09 bc	0.80±0.08 a	7.30±0.03 g
MSG28	4.21±0.21 c	0.81±0.04 bc	3.72±0.08 g	5.34±0.07 ab	0.68±0.04 cd	8.24±0.08 cd
MSK326	2.79±0.21 i	0.58±0.02 e	2.28±0.08 i	3.83±0.03 e	0.56±0.03 f	5.05±0.04 k

注(Note): 同列数据后不同字母表示差异达5%显著水平 Values followed by different letters in a column are significantly different at the 5% level.

0.79%,变幅为0.58%～0.92%,最高的最低值相差1.57倍,变异系数11.42%;含钾量平均为3.94%,变幅为2.28%～4.68%,高低相差2.05倍,变异系数16.19%。此外,烟苗根系氮、钾含量显著高于磷含量。

在13个不同基因型之间,烟苗地上部氮、磷、钾含量差异显著。烟苗地上部含氮量平均为5.06%,变幅3.83%～5.54%,高低相差1.45倍,变异系数9.36%;含磷量平均为0.67%,变化在0.56%～0.80%之间,高低相差1.43倍,变异系数11.87%;含钾量平均为7.39%,变幅5.05%～8.67%,高低相差1.72倍,变异系数15.51%。此外,供试基因型均表现为:地上部钾含量最高,氮次之,磷最低。对同一基因型地上部与根系氮、磷、钾

含量的差异显著性分析(成对数据显著性检验)得出,地上部氮(P=3.82E-06)和钾含量(P=2.4E-08)均极显著得高于根系,但含磷量(P=0.004)极显著低于根系。

表2显示,在13个不同基因型之间,烟苗氮、磷、钾吸收量差异显著。氮吸收量平均为5.05 mg/plant,高低相差2.47倍,变异系数达28.44%;磷吸收量平均为0.73 mg/株,高低相差3.17倍,变异系数33.48%;钾吸收量平均为7.08 mg/plant,高低相差2.10倍,变异系数21.63%。此外,烟苗钾吸收量最高,氮次之,磷最低。

表2　不同基因型烟苗养分吸收量(mg/plant)

Table 2　Nutrient absorption by tobacco seedlings of different genotypes

基因型 Genotypes	N	P	K
ZYH-4	3.53 f	0.42 f	5.29 f
遵烟T202 Zunyan T202	3.97 ef	0.58 def	6.08 def
ZYH-5	5.69 bc	0.72 cde	8.00 bc
遵烟6号 Zunyan 6	4.96 cde	0.73 cde	6.82 cde
ZYH-9	4.60 de	0.71 cde	6.38 def
遵烟683 Zunyan 83	3.96 ef	0.55 ef	5.91 ef
ZYH-11	6.08 b	0.87 c	7.38 cd
遵烟TZ-1 Zunyan TZ-1	5.32 bcd	0.77 cd	6.91 cde
ZYH-6	3.90 ef	0.70 cde	6.55 def
ZYH-7	4.09 ef	0.48 f	6.12 def
遵烟CZ-1 Zunyan CZ-1	6.49 b	1.03 b	8.93 b
MSG28	4.35 def	0.57 ef	6.52 def
MSK326	8.73 a	1.33 a	11.09 a

注(Note):同列数据后不同字母表示差异达5%显著水平 Values followed by different letters in a column are significantly different at the 5% level.

2.3　不同基因型烟苗的营养生理指标

在13种不同基因型之间,烟苗硝酸还原酶活性差异显著(表3),平均为4.72 μg/(g·h),变幅为2.37～6.31 μg/(g·h),最高和最低值相差2.66倍,变异系数达21.67%。烟苗叶绿素含量在不同基因型之间也差异显著,平均为0.76 mg/g,变化于0.54～0.95 mg/g之间,高低之间相差1.76倍,变异系数16.51%。烟苗根系活力,平均为149.18 μg/(g·h),变幅93.05～223.14 μg/(g·h),高低之间相差2.40倍,变异系数23.60%,不同基因型间差异显著。

2.4　烟苗养分含量的亲子关系

F1代烟苗根系氮、磷、钾含量与各亲本值之间无显著相关性(表4)。F1代烟苗地上部氮、钾含量与各亲本值之间的相关性也不显著(表4),但地上部磷含量与中亲值的相关系数为-0.824,呈显著的负相关关系。

2.5　烟苗生理指标的亲子关系

从表5看出,F1代烟苗硝酸还原酶活性与母本值之间存在显著正相关(r=0.827),与其它亲本值之间无显著相关。F1代烟苗叶绿素含量与父本值、中亲值和低亲值之间之间存在极显著正相关,相关系数依次为0.941、0.938、0.966。但是,F1代烟苗叶绿素含量与母本值和高亲值之间均无显著的相关性。

F1代烟苗根系活力与父本值、母本值、低亲值、中亲值、高亲值均无显著相关性。F1代烟苗根冠比与高亲值之间呈显著负相关,相关系数为-0.837,但与其它亲本值之间无显著相关性。F1代烟苗干物质积累量与各亲本值之间均无显著相关性。

表3 不同基因型烟苗的硝酸还原酶活性、叶绿素含量和根系活力

Table 3 Nitrate reductase activities, chlorophyll contents and root activities in tobacco seedlings of different genotypes

基因型 Genotypes	硝酸还原酶活性 NR activity [μg/(g·h)]	叶绿素含量 Chlorophyll content (mg/g, FW)	根系活力 Root activity [μg/(g·h)]
ZYH-4	5.49 ±0.28 bc	0.86 ±0.04 ab	202.21 ±25.73 ab
遵烟T202 Zunyan T202	4.16 ±0.10 fg	0.84 ±0.07 ab	150.38 ±18.31 cd
ZYH-5	6.31 ±0.15 a	0.75 ±0.09 bcde	223.14 ±23.87 a
遵烟6号 Zunyan 6	2.37 ±0.10 h	0.68 ±0.08 def	172.13 ±20.61 bc
ZYH-9	5.01 ±0.13 cd	0.64 ±0.04 efg	157.08 ±20.96 cd
遵烟683 Zunyan 83	3.57 ±0.28 g	0.54 ±0.07 g	139.85 ±17.25 cde
ZYH-11	5.81 ±0.27 ab	0.74 ±0.09 bcde	140.92 ±19.01 cde
遵烟TZ-1 Zunyan TZ-1	4.92 ±0.46 cde	0.59 ±0.05 fg	93.05 ±9.26 bf
ZYH-6	4.59 ±0.24 def	0.95 ±0.07 a	126.42 ±9.67 def
ZYH-7	4.22 ±0.77 efg	0.80 ±0.09 bc	150.51 ±8.02 cd
遵烟CZ-1 Zunyan CZ-1	5.29 ±0.26 bc	0.72 ±0.06 cde	139.70 ±5.58 cde
MSG28	5.26 ±0.06 bcd	0.78 ±0.08 bcd	104.49 ±19.32 ef
MSK326	4.41 ±0.11 ef	0.94 ±0.11 a	139.49 ±14.78 cde

注(Note):同列数据后不同字母表示差异达5%显著水平 Values followed by different letters in a column are significantly different at the 5% level.

表4 F1烟苗养分含量与亲本的相关系数

Table 4 Correlation coefficients between nutrient contents in F1 and their parents

亲本 Parent	根系 Root			地上部 Shoot		
	N	P	K	N	P	K
♂值 Male parent	-0.325	0.023	0.515	-0.393	-0.073	0.329
♀值 Female parent	-0.126	0.681	0.252	-0.234	-0.714	-0.613
中亲值 Mid-parent	-0.251	0.717	0.409	-0.333	-0.824*	-0.423
低亲值 Low-parent	-0.181	0.749	0.252	-0.288	-0.722	-0.424
高亲值 High-parent	-0.296	0.066	0.515	-0.377	0.069	-0.254

注(Note):*表示相关性达到5%显著水平 Indicate correlation significant at the 5% level.

2.6 烤烟苗期氮磷钾含量的杂种优势分析

表6显示,烟苗氮、磷、钾含量杂种优势表现不同。根系氮含量的中亲优势和超高亲优势不显著,其优势值平均分别为-15.60%和-23.96%,具有正向中亲优势和超高亲优势的组合仅2个和1个。根系磷含量具有显著的中亲优势和超高亲优势,其优势值平均为10.95%和2.69%,具有正向中亲优势和超高亲优势的组合分别为6个和5个。根系钾含量具有显著的中亲优势,但超高亲优势不显著,其优势值平均为1.12%和-12.74%,具有正向中亲优势和超高亲优势的组合分别为4个和0个。烟苗地上部氮、磷、钾含量的中亲优势和超高亲优势不显著,中亲优势值和超高亲优势值平均分别为0.02%和-6.15%(N)、-9.89%和-17.39%(P)、-0.05%和-10.18%(K)。但是,F1组合中仍有中亲优势和超高亲优势的组合,具有正向中亲优势和超高亲优势的组合分别有3个和2个(N)、1个和1个(P)、2个和1个(K)。

2.7 烤烟苗期部分生理指标的杂种优势分析

烟苗硝酸还原酶活性、叶绿素含量、根系活

表 5　F1 烟苗生理指标与亲本的相关系数

Table 5　Correlation coefficients between part physiological index in F1 and their parents

亲本 Parent	硝酸还原酶活性 NR activity	叶绿素含量 Chlorophyll content	根系活力 Root vigor	根冠比 Root/top ratio	干物质积累量 Accum. of dry matter
♂值 Male parent	-0.618	0.941**	0.603	-0.569	0.100
♀值 Female parent	0.827*	0.616	-0.581	-0.671	-0.484
中亲值 Mid-parent	-0.305	0.938**	0.158	-0.733	0.073
低亲值 Low-parent	-0.466	0.966**	-0.446	-0.559	0.159
高亲值 High-parent	0.381	0.748	0.643	-0.837*	0.028

注(Note):*和**分别表示相关性达到5%和1%显著水平 Indicate correlation significant at the 5% and 1% levels, respectively.

表 6　氮磷钾含量的杂种优势

Table 6　Heterosis of N, P, K contents

杂种优势 Heterosis	根系 Root			地上部 Shoot		
	N	P	K	N	P	K
中亲优势(%) Mid-parent heterosis	-15.60	10.95	1.12	0.02	-9.89	-0.05
中亲优势变幅(%) Range of mid-parent heterosis	-54.75～28.76	4.94～21.00	-10.69～20.97	-12.80～22.48	-21.18～17.11	-25.48～38.88
高于中亲值的组合数 Over mid-parent cross combinations	2	6	4	3	1	2
超高亲优势(%) Over high-parent heterosis	-23.96	2.69	-12.74	-6.15	-17.39	-10.18
超高亲优势变幅(%) Range of over high-parent heterosis	-56.62～8.72	-10.93～12.93	-24.94～-5.32	-13.11～6.29	-39.36～2.15	-31.85～17.47
高于高亲值的组合数 Over high-parent cross combinations	1	5	0	2	1	1

力、根冠比和干物质积累量等指标的杂种优势显著(表7)。硝酸还原酶活性、根系活力、根冠比和干物质积累量等存在显著的中亲优势和超高亲优势。硝酸还原酶活性的中亲优势和超高亲优势值平均为17.25%和2.25%,具有正向中亲优势和超高亲优势的组合分别为5个和4个;烟苗根系活力的中亲优势和超高亲优势值平均为34.08%和18.28%,具有正向中亲优势和超高亲优势的组合分别为6个和5个;烟苗根冠比的中亲优势和超高亲优势值平均为19.62%和5.70%,具有正向中亲优势和超高亲优势的组合分别为5个和3个。烟苗干物质积累量的中亲优势值和超高亲优势值平均为8.34%和0.67%,具有正向中亲优势和超高亲优势的组合分别为4个和4个。此外,烟苗叶绿素含量存在显著的中亲优势,但超高亲优势不明显,其优势值平均为3.05%和-6.13%,具有正向中亲优势和超高亲优势的组合分别为4个和2个。

3　讨论与结论

氮、磷、钾是烤烟生长发育的三大必需营养元素,与烤烟的产量和品质密切相关。在植物体内,营养元素的含量及分布是植物的重要营养学特性。供试的13种不同烟苗基因型之间,无论是地上部还是地下部,氮、磷、钾含量表现出成倍差异,类似玉米和水稻等作物[20-21]。众所周知,植株营养元素的含量与养分利用的农学效率(每形成单位数量的生物或经济产量需要的养分)直接相关,不同基因型烟苗的氮、磷、钾含量差异较大,可为选育养分利用效率不同的烤烟品种(组合)提供丰富的基础材料。从养分吸收量看,烟苗氮、磷、钾的吸收量高低值

表7 生理指标的杂种优势

Table 7 Heterosis of various nutrient characteristics index

杂种优势 Heterosis	硝酸还原酶活性 NR activity	叶绿素含量 Chlorophyll concent	根系活力 Root activity	根冠比 Root/shoot ratio	干物质积累量 Dry matter accumulation
中亲优势(%) Mid-parent heterosis	17.25	3.05	34.08	19.62	8.34
中亲优势变幅(%) Range of mid-parent heterosis	-13.02～65.33	-3.97～8.05	5.40～61.33	-27.04～62.30	-26.61～34.16
高于中亲值的组合数 Over mid-parent cross combinations	5	4	6	5	4
超高亲优势(%) Over high-parent heterosis	2.25	-6.13	18.28	5.70	0.67
超高亲优势变幅(%) Range of over high-parent heterosis	-20.1～19.82	-17.25～2.86	-9.37～34.86	-34.49～37.13	-36.44～30.12
高于高亲值的组合数 Over high-parent cross combinations	4	2	5	3	4

分别相差2.47倍、3.17倍、2.10倍,说明不同基因型烟苗吸收养分的能力也不一样。在烤烟育苗中,根据烟苗养分需要量施肥可以节约肥料,降低成本,防止浪费。此外,氮是烟叶蛋白质、叶绿素和烟碱的组成成分之一,直接关系到烟叶的产量和品质;钾参与糖类物质的合成与运输,并影响卷烟的燃烧性等,谓之烟叶的"品质元素";磷既是细胞的成分,又参与细胞的物质代谢和能量转化。供试基因型烟苗的氮、磷、钾含量不同,可能直接或间接导致烟株生长和烟叶内含物不一样。

在植物体内,含氮量显著影响叶绿素含量,叶绿素参与光合作用中的光能吸收、转化和利用,其含量与光合速率密切相关,是烤烟壮苗的重要指标之一[22-23]。根系活力反映根系代谢强弱和吸收能力[24]。烤烟喜好硝态氮,根系吸收的铵离子经硝酸还原酶作用形成硝酸盐。因此,叶绿素含量、根系活力和硝酸还原酶活性是烤烟营养特性的重要生理指标。供试的13种不同基因型烟苗之间,叶绿素含量、根系活力和硝酸还原酶活性差异极大,高低依次相差1.76倍、2.40倍和2.66倍。说明不同基因型烟苗在养分吸收、氮素尤其是硝酸盐利用等方面的能力大不相同。在烤烟栽培中,利用养分吸收利用能力强的烤烟品种(组合)可为提高肥料利用率奠定基础。

作物杂种优势的利用在高粱、水稻、小麦、玉米等作物上取得不同程度的成功。前人研究表明,烤烟同其它作物一样,种间、品种间杂交存在着不同程度的杂种优势,如产量、株高、叶数、叶长、烟碱含量、含糖量等数量性状都存在一定的杂种优势,但各性状的表现不一致[25]。烤烟单株的结实率高、千粒重小,进行杂交制种是经济有效的。目前国外引进的烤烟品种很多也是属于杂交种,如津巴布韦的KRK系列。明确F1代烟苗养分含量和生理指标与双亲之间的依存关系可以提高选配强优组合的预见性,从而定向选择亲本。本项研究表明,亲本对F1代烟苗根系磷、钾、叶片叶绿素含量和干物质积累量具有正向影响。其中,叶绿素含量受亲本的影响较大,根系磷、钾含量和干物质积累量受亲本的影响较小;亲本对F1代烟苗根系氮含量、地上部氮、磷、钾含量、硝酸还原酶活性、根系活力及根冠比具有负向效应。F1代烟苗硝酸还原酶活性与母本值之间存在显著的正相关,叶绿素含量与父本值、中亲值和低亲值之间存在极显著的正相关,这与娄义龙等[26]的研究结果一致。在选配亲本时,为了获得硝酸还原酶活性较强、叶绿素含量较高、根冠比适中的组合,可利用双亲特性进行预测。此外,烟苗氮、磷、钾含量和根系活力与亲本值之间无显著相关性,说明双亲性状值不能用来预测杂种一代烟苗氮、磷、钾含量和根系活力的可能表现。

烤烟在苗期根系磷含量的杂种优势明显,还具有超高亲优势; 但是,根系氮、钾含量和地上部氮、磷、钾含量的杂种优势不明显,不同于舒海燕等的研究结果[27]。其原因可能是供试材料的生育时期不同,前者在苗期进行研究,后者采用的是成熟烟株,同时也说明在烤烟不同生育期,它们的营养特性可能是不一样的,遗传表现也不相同。在试验所选的 F1 组合中,根系和地上部氮、磷、钾含量都具有不同程度的中亲优势和高亲优势,说明通过选择恰当的亲本组合可以充分表现它们的杂种优势。此外,烟苗的硝酸还原酶活性、叶绿素含量、根系活力、根冠比和干物质积累都表现出中亲优势,硝酸还原酶活性、根系活力、根冠比和干物质积累还具有超高亲优势,说明杂交烟苗的生长代谢在一定程度上优于常规种。

参 考 文 献:

[1] 韩锦峰. 烟草栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003. 10-25.
Han J F. Cultivation physiology of tobacco[M]. Beijing: China Agriculture Press. 2003. 10-25.

[2] 尚志强. 中国烟草育种进展及发展对策[J]. 内蒙古农业科技, 2010, (5): 1-3.
Shang Z Q. Advances and development strategies of burley tobacco breeding in China[J]. Inner Mongolia Agric. Sci. Technol., 2010, (5): 1-3.

[3] 卢秀萍, 肖炳光, 李永平. 烤烟杂种优势利用现状与前景[J]. 云南农业大学学报, 2005, 8(4): 478-481, 494.
Lu X P, Xiao B G, Li Y P. Recent advance and prospect of heterosis utility in the flue-cured tobacco[J]. J. Yunnan Agric. Univ., 2005, 8(4): 478-481,494.

[4] 许美玲, 赵立红, 张晨东, 等. 烤烟主要性状配合力和相关性研究[J]. 植物遗传资源学报, 2004, 5(3): 256-261.
Xu M L, Zhao L H, Zhang C D *et al*. Combining ability and correlation of primary characters of flue-cured tobacco[J]. J. Plant Genet. Resour., 2004, 5(3): 256-261.

[5] 张楠, 焦芳婵, 许自成, 等. 烤烟生物碱含量的杂种优势、亲子相关及与感官质量的关系分析[J]. 西南农业学报, 2011, 24(2): 490-495.
Zhang N, Jiao F C, Xu Z C *et al*. Relationship of heterosis, parent-offspring correlation of alkaloid content with sensory quality in flue-cured tobacco[J]. J. Southwest Agric. Sci., 2011, 24(2): 490-495.

[6] 潘著, 戴林建, 吴成林, 等. 烤烟主要农艺性状及化学成分杂种优势分析[J]. 作物研究, 2011, 25(4): 316-322.
Pan Z, Dai L J, Wu C L *et al*. Analysis on heterosis of chemical constituents and dynamic of agronomic traits in flue-tobacco[J]. Crop Res., 2011, 25(4): 316-322.

[7] 祖艳群, 林克惠. 氮、钾营养对烤烟品质的影响[J]. 土壤通报, 2002, 33(6): 417-420.
Zu Y Q, Lin K H. The effect of N and K on quality of flue-cured tobacco[J]. Chin. J. Soil Sci., 2002, 33(6): 417-420.

[8] 施卫省, 王亚明, 戈振扬, 等. 营养元素对烟草产量和品质的影响与对策[J]. 农业系统科学与综合研究, 2003, 19(4): 310-312.
Shi W S, Wang Y M, Ge Z Y *et al*. The yield and quality is being influenced by nutrition element and increase the countermeasure of solution in the tobacco[J]. Syst. Sci. Comp. Stud. Agric., 2003, 19(4): 310-312.

[9] 张生杰, 黄元炯, 任庆成, 等. 氮素对不同品种烤烟叶片衰老、光合特性及产量和品质的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(3): 668-674.
Zhang S J, Huang Y J, Ren Q C *et al*. Effects of nitrogen fertilization on leaf senescence, photosynthetic characteristics, yield, and quality of different flue-cured tobacco varieties [J]. Chin. J. Appl. Ecol., 2010, 21(3): 668-674.

[10] 陈琼, 陆引罡, 廖勇, 周建云. 磷素营养对烤烟叶绿素含量及其荧光特性的影响[J]. 山地农业生物学报, 2011, 30(1): 12-15.
Chen Q, Lu Y G, Liao Y, Zhou J Y. The effect of phosphorus nutrition to chlorophyll fluorescence characteristics of flue-cured tobacco[J]. J. Mount. Agric. Biol., 2011, 30(1): 12-15.

[11] 李永忠, 蒋志宏, 杨志新, 罗鹏涛. 供 Mg 水平对烤烟主要经济性状的影响[J]. 西南农业大学学报, 2002, 24(3): 200-202.
Li Y Z, Jiang Z H, Yang Z X, Luo P T. Effects of magnesium supply on main economic characters in flue-cured tobacco[J]. J. Southwest Agric. Univ., 2002, 24(3): 200-202.

[12] 郑志广, 杨栓明, 蔡玉发. 植物营养素对烤烟生长发育的影响[J]. 华北农学报, 2006, 21(12): 36-40.
Zheng Z G, Yang S M, Cai Y F. Influence of vegetable nutrient on flue-cured tobacco's growth and development [J]. Acta Agric. Boreali-Sin., 2006, 21(12): 36-40.

[13] 许自成, 黎妍妍, 肖汉乾, 等. 湖南烟区土壤交换性钙、镁含量及对烤烟品质的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(11): 4425-4433.
Xu Z C, Li Y Y, Xiao H Q *et al*. The contents of exchangeable calcium and magnesium in Hunan tobacco-growing soils and their effects on tobacco quality[J]. Acta Ecol. Sin., 2007, 27(11): 4425-4433.

[14] 李银科, 付斌, 黄云, 等. 氮素水平对不同品种烟叶化学成分和感官评吸质量的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2009, 34(2): 49-53.
Li Y K, Fu B, Huang Y *et al*. Chemical composition and sensory taste of different tobacco leaf varieties as affected by different nitrogen supplies [J]. J. Southwest Normal. Univ. (Nat. Sci.), 2009, 34(2): 49-53.

[15] 薛超群, 尹启生, 王信民, 等. 烤烟烟叶香气质量与其常规化学成分的相关性[J]. 烟草科技, 2009, (9): 27-30.
Xue C Q, Yin Q S, Wang X M *et al*. Correlation between smoke aroma and routine chemical components in flue-cured tobacco

[J]. Tob. Sci. Technol., 2009, (9): 27-30.

[16] 袁家富，杨林波，邹焱，等. 烤烟体内氮磷钾的浓度和积累、分配特征[J]. 中国烟草科学，1998，(4)：27-29.
Yuan J F, Yang L B, Zou Y *et al*. The contents, accumulation and distribution traits of NPK in flue-cured tobacco[J]. Chin. Tob. Sci., 1998, (4): 27-29.

[17] 杨铁钊，林彩丽，丁永乐，等. 不同基因型烟草对氮素营养响应的差异研究[J]. 烟草科技，2001，(6)：32-35.
Yang T Z, Lin C L, Ding Y L *et al*. Study on response of different tobacco genotypes to nitrogen nutrition[J]. Tob. Sci. Technol., 2001, (6): 32-35.

[18] 杨剑虹. 土壤农化分析与环境监测[M]. 北京：中国大地出版社，2008. 281-287.
Yang J H. Analysis of soil agro-chemistry and environmental monitoring[M]. Beijing: China Land Press, 2008. 281-287.

[19] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京：中国农业出版社，2003.
Zou Q. Guide of plant physiology experiment[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003.

[20] 王伟妮，李小坤，鲁剑巍，等. 氮磷钾配合施用对水稻养分吸收、积累与分配的影响[J]. 华中农业大学学报，2010，29(6)：710-714.
Wang W N, Li X K, Lu J W *et al*. Effects of combined application of N, P, K on nutrient uptake and distribution of rice [J]. J. Huazhong Agric. Univ., 2010, 29(6): 710-714.

[21] 杨恒山，高聚林，张玉芹，等. 超高产春玉米氮磷钾养分吸收与利用的研究[J]. 干旱地区农业研究，2011，29(2)：15-20，39.
Yang H S, Gao J L, Zhang Y Q *et al*. Studies on absorption and use of N, P and K by spring maize under super-yield cultivation [J]. Agric. Res. Arid Areas, 2011, 29(2): 15-20, 39.

[22] 华水金，杨宇虹，赵菊英，等. 氮肥对水田与旱地烤烟叶绿素动态、生长及产量的影响[J]. 土壤肥料，2005，(6)：31-35.
Hua S J, Yang Y H, Zhao J Y *et al*. Effect of nitrogen on the dynamic state of chlorophyll, growth and yield of flue-cured tobacco in paddy soil and upland soil[J]. Soils Fert., 2005, (6): 31-35.

[23] 师进霖，姜跃丽，张辉. 不同施氮水平对烤烟农艺性状、产量及叶绿素含量的影响[J]. 广西农业科学，2009，40(12)：1582-1585.
Shi J L, Jiang Y L, Zhang H. Effects of different nitrogen application rate on agronomic traits, yield and chlorophyll content in flue-cured tobacco[J]. J. Guangxi Agric. Sci., 2009, 40 (12): 1582-1585.

[24] 袁秀云，张仙云. 不同肥料对烤烟根系发育及其生理活性的影响[J]. 山西师范大学学报(自然科学版)，2002，16(3)：64-68.
Yuan X Y, Zhang X Y. The effect of different kinds of fertilizer on development and conductance of roots in flue-cured tobacco [J]. J. Shanxi Norm. Univ. (Nat. Sci.), 2002, 16(3): 64-68.

[25] 许明辉，王孟宇，龙文虹. 烟草主要数量性状的遗传效应分析[J]. 遗传，2000，22(6)：395-397.
Xu M H, Wang M Y, Long W H. Analysis of genetic effects of major agronomic and quality characters in tobacco (*Nicotiana* L.)[J]. Hereditas, 2000, 22(6): 395-397.

[26] 娄义龙，刘振业，刘贞琦，等. 烟草光合作用的遗传研究Ⅳ. 叶绿素含量的遗传及其与产量的关系[J]. 贵州农学院学报，1994，13(2)：1-7.
Lou Y L, Liu Z Y, Liu Z Q *et al*. Studies on the heredity of photosynthesis in tobacco Ⅳ. The heredity of chlorophyll content and relationship between chlorophyll content and single plant yield[J]. J. Guizhou Agric. Coll., 1994, 13(2): 1-7.

[27] 舒海燕，常胜合，杨铁钊. 烟草生育后期烟叶钾含量杂种优势及遗传分析[J]. 河南农业科学，2005，(7)：39-41.
Shu H Y, Chang S H, Yang T Z. Analysis on heterosis and genetics of K content in tobacco leaf in later growing stage[J]. Henan Agric. Sci., 2005, (7): 39-41.