

施氮量品种与密度互作对豫西烟叶 产量和质量的影响

毛家伟¹,徐 敏³,张 翔¹,叶红朝²,李国平¹,王闷灵²,江 凯²,孙洪魁²,孔德辉²

(1.河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所,河南 郑州 450002;
2.洛阳市烟草公司,河南 洛阳 471000; 3.河南省烟草公司,河南 郑州 450008)

摘 要:为探讨豫西烟区最优的栽培措施组合,采用正交试验研究了不同品种、氮用量和密度对烟叶化学品质和经济性状的影响。结果表明:3 个因素相比,品种对总糖和还原糖影响最大;施氮量增加使烟叶总氮含量增加;3 个因素对中部叶化学成分协调性综合评价得分的影响大小顺序为施氮量>品种>密度,获得化学成分最协调的栽培组合为 A1B2C2(品种:秦烟 96;移栽密度:16 500 株·hm⁻²;施氮量:67.5 kg·hm⁻²);从产量上分析,3 个因素对产量的影响大小顺序为品种>施氮量>密度,要获得产量最高的组合为 A3B3C3(品种:豫烟 6 号;移栽密度:18 000 株·hm⁻²;施氮量:90.0 kg·hm⁻²);从产值上分析,最好的组合为 A1B2C2(品种:秦烟 96;移栽密度:16 500 株·hm⁻²;施氮量:67.5 kg·hm⁻²),其产值、均价和上等烟比例分别为 62 770.5 元·hm⁻²、19.21 元·kg⁻¹和 58.6%。综合分析,在豫西烟区前期干旱后期降水分配较均匀且光照充足的条件下,可选择品种秦烟 96,种植密度 16 500 株·hm⁻²,氮肥施用量 67.5 kg·hm⁻²的栽培技术进行推广应用。

关键词: 氮用量;品种;密度;产量;产值;化学品质
中图分类号: S359.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)05-0127-05

Interaction of variety, nitrogen rate and planting density on yield and quality of flue-cured tobacco in western Henan

MAO Jia-wei¹, Xu Min³, ZHANG Xiang¹, YE Hong-chao², LI Guo-ping¹, WANG Men-ling²,
JIANG Kai², SUN Hong-kui², KONG De-hui²

(1. Institute of Plant Nutrition Agricultural Resources and Environmental science, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou, Henan 450002, China; 2. Tobacco Company of Luoyang, Luoyang, Henan 471000, China;
3. Henan Province Tobacco Company, Zhengzhou, Henan 450008, China)

Abstract: In order to investigate the optimal combination of cultivation methods for growing tobacco in Western Henan, the effect of variety, nitrogen rate and planting density on chemical quality and economic characters of flue-cured tobacco was studied using orthogonal experimental design. The results showed that: Among the three factors, total sugar and reducing sugar were affected mostly by variety. With the increase of nitrogen rate, the total nitrogen increased; The influence order of experimental factors on the score of integrated evaluation of chemical components coordination of middle leaves was nitrogen rate > variety > planting density. The suitable cultivation technique was A1B2C3 (variety, Qinyan96; planting density, 16 500 plants·hm⁻²; nitrogen rate, 67.5 kg·hm⁻²); The influence order of experimental factors on tobacco yield was variety > nitrogen rate > planting density and the cultivation technique for the highest yield was A3B3C3 (variety, Yuyan 6; planting density, 18 000 plants·hm⁻²; nitrogen rate, 90.0 kg·hm⁻²). The cultivation technique for the highest tobacco output was A1B2C2 (variety, Qinyan96; planting density, 16 500 plants·hm⁻²; nitrogen rate, 67.5 kg·hm⁻²). The output value, average price and high grade leaf proportion were 62 770.5 yuan·hm⁻², 19.21 yuan·kg⁻¹ and 58.6%. It is suggested that the combination of Qinyan96, 16 500 plants·hm⁻² and 67.5 kg N·hm⁻² were suitable for tobacco growing in western Henan.

Keywords: nitrogen rate; variety; planting density; yield; value; chemical quality

收稿日期:2013-11-26
基金项目:河南省烟草专卖局科技项目(HYKJ201108、HYKJ201002);国家烟草专卖局特色优质烟叶开发重大专项;洛阳市烟草公司科技项目
作者简介:毛家伟(1981—),男,湖北广水人,硕士,助理研究员,主要从事植物营养与施肥研究与推广。

烟叶内在化学品质是最常用来评价烤烟品质的指标之一^[1]。在对烟草品质进行评价时,许多学者均将烤烟内在化学组成作为重要的指标进行研究^[2-6],并提出了优质烤烟化学成分的适宜含量范围^[7],如总糖一般为 18% ~ 22%,还原糖对 16% ~ 20%,总氮 1.5% ~ 3.5%,总烟碱 1.5% ~ 3.5%,钾离子大于 2.0%等。豫西烟区是河南省最适宜的优质烟叶生产基地之一^[8]。然而,该区部分地方优质烟规范化生产技术还不够完善,造成烟叶质量下降,烟叶浓香型风格弱化,影响了烟叶的工业可用性。近年来,关于烤烟品种、密度和施氮量对烟叶品质、产量影响的研究较多^[9-11],在河南省及豫西地区有关这 3 个因素的研究也有报道^[12-14],但把这几个因素进行综合研究的报道尚不多见。为此,利用被广泛应用于优化试验研究的正交试验法研究了豫西烟区不同品种、氮用量和密度对烟叶化学品质和经济性状的影响,探讨最优的栽培措施组合,为指导当地烟叶生产提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试土壤

试验于 2012 年在洛阳市洛宁县小界乡王村试验基地进行,选有代表性的烟田,在烤烟移栽前采集基础土壤样品并分析其基本理化性状。供试土壤为褐土,肥力中等,在该烟区代表性较强,土壤 pH 7.85,有机质 12.7 g·kg⁻¹,速效氮 48.9 mg·kg⁻¹,速效磷 12.1 mg·kg⁻¹,速效钾 157.1 mg·kg⁻¹。试验前茬为烟草。

1.2 试验设计

试验采用 L9(34) 正交优化法,设 A(品种)、B(移栽密度)、C(施氮量)3 个因素,因素水平见表 1。试验共 9 个处理: A1B1C1、A1B2C2、A1B3C3、A2B1C2、A2B2C3、A2B3C1、A3B1C3、A3B2C1 和 A3B3C2,设 4 次重复,共 36 个小区。各处理磷、钾用量固定为 P₂O₅ 101.25 kg·hm⁻², K₂O 202.5 kg·hm⁻²。试验肥料种类有饼肥(N 5%)、硝酸铵(N 34%)、重过磷酸钙(P₂O₅ 45%)、硫酸钾(K₂O 50%),计算各处理对应肥料施用量。移栽密度:行距均为 1.2 m,株距设 3 个水平:0.45、0.5 m 和 0.55 m。试验于 5 月 6 日移栽,基肥采取起垄前条施和移栽时穴施相结合,饼肥全部条施,重过磷酸钙 80%条施、20%穴施,硝酸铵 35%条施,35%穴施,30%追施,硫酸钾 30%条施、20%穴施、50%追施,追施在移栽后 30 d 在烟株根部两侧随水一次性施入,10 月 10 日采烤结束。其它各项田间生产管理措施统一按当地

规范化措施进行。

表 1 因素水平表
Table 1 Table of factors and levels

水平 Level	A:品种 Variety	B:移栽密度 /(株·hm ⁻²) Planting density	C:施氮量 /(kg·hm ⁻²) Nitrogen rate
1	秦烟 96 Qinyan 96	15000	45.0
2	中烟 100 Zhongyan 100	16500	67.5
3	豫烟 6 号 Yuyan 6	18000	90.0

1.3 测定项目与方法

烘烤后各处理取下部叶(X2F)、中部叶(C3F)和上部叶(B2F)用于化学品质分析。化学品质测试指标包括:总糖、还原糖、总氮、烟碱、钾和氯。化学成分测定参考王瑞新、史宏志、肖协忠等的方法^[15-17]。确定还原糖、总氮、烟碱、钾、氯、糖碱比、氮碱比、钾氯比 8 项指标作为烤烟化学协调性的评价指标^[18-19],各指标权重分别为:0.14、0.09、0.17、0.10、0.05、0.25、0.11、0.09。各指标均以公认的最适宜范围为 100 分,高于或低于该最适宜范围依次降低分值,具体各化学成分的档次及赋值参考 Cheng P J 等的方法^[20-21]。最后以指数和法确定化学成分协调性得分。各小区烤后烟叶按烤烟 42 级(国标)分级标准级、计产,按现行收购价格统计烤烟经济性状。

1.4 数据处理

数据分析采用 DPS(Data Processing System)软件对试验数据进行方差分析。并进行 Duncan 新复极差法多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同处理对烟叶产量和经济性状的影响

各处理经济性状见表 2。从产量上比较,各处理由高到低的顺序为: A3B3C2 > A1B3C3 > A3B2C1 > A1B2C2 > A2B2C3 > A3B1C3 > A1B1C1 > A2B1C2 > A2B3C1,处理 A3B3C2 产量达 3 576.0 kg·hm⁻²。产值、均价和上等烟比例均以 A1B2C2 处理最高,分别达到 62 770.5 元·hm⁻²、19.21 元·kg⁻¹和 58.6%。正交方差分析统计结果表明:3 个因素对产量的影响顺序为:品种 > 施氮量 > 密度,要获得产量最高的组合为 A3B3C3,豫烟 6 号和秦烟 96 产量差异不显著,但二者与中烟 100 品种产量差异均达极显著水平,不同密度水平之间比较,18 000 株·hm⁻²与 16 500株·hm⁻²产量均显著高于 15 000 株·hm⁻²水平,不同施氮量水平之间比较,施氮量 90 kg·hm⁻²和

67.5 kg·hm⁻²产量与施氮量 45.0 kg·hm⁻²产量差异达极显著水平;3 个因素对产值的影响顺序为:品种 > 密度 > 施氮量,要获得产值最高的组合为 A1B2C2,3 个品种秦烟 96、豫烟 6 号和中烟 100 在产值上的差异均达显著水平,秦烟 96 产值平均达

58 771.0元·hm⁻²,不同密度水平之间比较,以16 500 株·hm⁻²密度水平平均产值最高,达 58 848.5 元·hm⁻²,与其它 2 个密度水平之间差异达极显著水平,不同施氮水平间比较,以施氮 67.5 kg·hm⁻²产值最高,极显著高于其它 2 个施氮水平。

表 2 不同处理对烤烟经济性状的影响
Table 2 Effect of different treatments on economic index

处理 Treatment	产量/(kg·hm ⁻²) Yield	产值/(元·hm ⁻²) Output value	均价/(元·kg ⁻¹) Average price	上等烟比例/% High grade leaf ratio
A1B1C1	3129d	54647d	17.46a	52.4abc
A1B2C2	3267cd	62771a	19.21a	58.6a
A1B3C3	3467ab	58896bc	16.99a	48.0c
A2B1C2	2979e	52443d	17.60a	57.6a
A2B2C3	3222cd	52872d	16.41a	54.7ab
A2B3C1	2813f	48365e	17.20a	54.2abc
A3B1C3	3174cd	53351d	16.81a	48.6bc
A3B2C1	3327bc	60903ab	18.31a	57.9a
A3B3C2	3576a	57701c	16.14a	52.6abc

2.2 不同处理对烤后烟叶化学成分的影响

不同处理化学成分分析结果见表 3。从表 3 中可以看到,烟叶总糖和还原糖含量表现为:下部叶 > 中部叶 > 上部叶,总氮和烟碱含量则表现为:上部叶 > 中部叶 > 下部叶。正交试验方差分析表明,3 个因素相比,品种对总糖和还原糖影响最大,下部叶和中部叶以中烟 100 糖含量最高,而上部叶以豫烟 6 号糖含量最高。在相同品种下,施氮量增加使烟叶总氮含量增加,上部叶、中部叶和下部叶均以施氮 90 kg·hm⁻²水平烟叶含氮量高。上、中、下部烟叶烟碱含量均随着施氮量增加而上升,3 因素对烟碱影响极差分析表明,下部叶和中部叶均以施氮量因素对烟碱的影响最大。不同品种比较,以豫烟 6 号烟叶钾含量最高;同一品种,下部叶和中部叶钾含量均以移栽密度 16 500 株·hm⁻²最高,而上部叶以移栽密度 18 000 株·hm⁻²钾含量最高。不同处理间烟叶氯含量差异不明显。

2.3 不同处理中部叶化学成分协调性综合评价分析

对各处理进行直观分析,结果见表 4。极差分析可以看出不同因素对化学协调性综合评价影响的重要程度。从极差(R 值)比较,3 个因素对化学成分协调性的影响大小顺序为:RC(3.81) > RA(3.25) > RB(2.65),即施氮量 > 品种 > 密度。*k* 值反映了 3 个因素对应水平上的综合得分平均表现,对比各因素水平的 *k* 值可知,A 因素在 *k*1 水平上化学成分协调性综合得分最好(*k*1 = 86.27),B 因素和 C 因素

在 *k*2 水平上化学成分协调性综合得分最好(平均得分分别为 85.76 和 86.53),从而得到要获得化学成分最协调的栽培组合为 A1B2C2,即品种秦烟 96,种植密度 16 500 株·hm⁻²,施氮量 67.5 kg·hm⁻²。在本试验处理中该组合的综合评价得分为 89.53。从表 5 方差分析结果来看,3 个因素 *P* 值均小于 0.05,说明品种、密度和施氮量对烟叶化学成分协调性的影响均达显著水平。从表 6 的分析可以看出,秦烟 96 品种化学成分协调性得分显著高于中烟 100 和豫烟 6 号;不同密度水平间以 B2 水平综合评价得分最高,达 85.76,与 B3 密度水平差异达显著水平;不同施氮量水平间比较,C2 水平与其它 2 个水平间差异显著,C2 与 C3 水平差异达极显著,说明施氮量增加会导致烟叶化学成分协调性降低。

3 结论与讨论

良好的氮素营养条件是烟叶质量和风格特色形成的物质前提,同时,氮素供应的精准调控对于促进烟株按照优质烟叶形成规律进行生长十分重要^[22],有关氮肥施用量和施用方式的研究报道较多^[23-24]。本试验结果表明,施氮量增加使烟叶总氮含量增加,上、中、下部烟叶烟碱含量均随着施氮量增加而上升,对化学成分协调性的影响大小顺序表现为:施氮量 > 品种 > 密度,施氮量 67.5 kg·hm⁻²水平与其它 2 个水平间烟叶成分协调性差异显著,烟叶产量随施氮量的增加而增加,烟叶产值、均价和上等烟比例均以施氮量 67.5 kg·hm⁻²水平最佳。

表 3 不同处理对烟叶化学成分的影响
Table 3 Effect of different treatments on chemical compositions

等级 Tobacco grade	处理 Treatment	总糖/% Total sugar	还原糖/% Reducing sugar	总氮/% Total nitrogen	烟碱/% Nicotine	钾/% Potassium	氯/% Chlorine
X2F	A1B1C1	30.14ab	26.0a	1.36a	1.19a	1.53gf	0.28a
	A1B2C2	30.28ab	27.0a	1.80a	1.20a	1.59efg	0.21a
	A1B3C3	31.47ab	26.7a	1.84a	1.34a	1.49g	0.22a
	A2B1C2	33.53a	30.8a	1.65a	1.20a	1.67def	0.37a
	A2B2C3	34.36a	28.5a	1.73a	1.41a	1.91b	0.36a
	A2B3C1	34.19a	33.1a	1.67a	1.33a	1.86bc	0.36a
	A3B1C3	26.84ab	23.7a	1.62a	1.58a	1.81bcd	0.33a
	A3B2C1	28.94ab	25.2a	1.67a	1.28a	2.09a	0.22a
C3F	A3B3C2	24.56b	21.5a	1.60a	1.10a	1.73cde	0.31a
	A1B1C1	22.18a	19.2a	1.67a	1.46ab	1.41c	0.38a
	A1B2C2	21.98a	19.8a	1.72a	1.53ab	1.44bc	0.26a
	A1B3C3	19.94a	17.9a	2.03a	2.14a	1.38c	0.31a
	A2B1C2	27.83a	23.7a	1.59a	1.36b	1.59abc	0.15a
	A2B2C3	29.18a	24.3a	2.07a	1.84ab	1.65ab	0.29a
	A2B3C1	25.73a	22.8a	1.59a	1.34b	1.46bc	0.28a
	A3B1C3	19.37a	17.5a	2.24a	1.45ab	1.69a	0.21a
B2F	A3B2C1	23.94a	20.0a	1.49a	1.25b	1.75a	0.22a
	A3B3C2	24.92a	21.9a	1.96a	1.28b	1.59abc	0.22a
	A1B1C1	24.82a	21.3a	1.62b	2.65ab	1.39ab	0.41a
	A1B2C2	24.12a	19.6a	1.70b	2.67ab	1.39ab	0.39a
	A1B3C3	23.82a	19.2a	2.06ab	2.82a	1.65a	0.24a
	A2B1C2	17.93a	15.8a	1.67b	2.53abc	0.98b	0.32a
	A2B2C3	18.01a	17.0a	1.77b	2.90a	1.28ab	0.45a
	A2B3C1	19.52a	15.8a	1.42b	2.31abc	1.59a	0.39a
	A3B1C3	21.08a	20.9a	2.84a	2.16abc	1.26ab	0.39a
	A3B2C1	19.67a	16.2a	1.79b	1.76c	1.40ab	0.38a
	A3B3C2	17.49a	16.9a	2.09ab	1.96bc	1.64a	0.37a

表 4 正交试验直观分析结果

Table 4 Visual analysis results of orthogonal experiment				
处理 Treatment	A	B	C	综合评价得分 Score of integrated evaluation
A1B1C1	1	1	1	85.86b
A1B2C2	1	2	2	89.53a
A1B3C3	1	3	3	83.43bcd
A2B1C2	2	1	2	85.45b
A2B2C3	2	2	3	82.31cd
A2B3C1	2	3	1	81.32d
A3B1C3	3	1	3	82.40cd
A3B2C1	3	2	1	85.45b
A3B3C2	3	3	2	84.60bc
k1	86.27	84.57	84.21	
k2	83.03	85.76	86.53	
k3	84.15	83.12	82.71	
R	3.25	2.65	3.81	

不同种植密度影响着作物有效截光叶面积、群体光合效能和田间气象^[25],笔者对豫西烤烟种植密度研究表明^[26],种植密度以 16 500 株·hm⁻²为宜。在本次试验中,种植密度对烟叶化学成分协调性的影响均达显著水平,但与品种和施氮量 2 个因素相比,其影响程度最低。从化学成分协调性综合得分分析,以 16 500 株·hm⁻²水平得分最高,达 85.76。不同密度水平之间产值比较,以 16 500 株·hm⁻²密度水平平均产值最高,达 58 848.5 元·hm⁻²,与其它 2 个密度水平之间差异达极显著水平。

不同烟草品种的生长特性不同,适用的栽培措施也不同,近年来对不同品种特性差异研究较多^[27-28]。本次试验结果表明,品种对总糖和还原糖影响最大,下部叶和中部叶以中烟 100 糖含量最高,而上部叶以豫烟 6 号糖含量最高。从化学成分综合分析看,秦烟 96 品种化学成分协调性得分显著

表 5 各因素不同水平之间的差异显著性检验

Table 5 The significant difference test of different levels of various factors

A: 品种 Variety	综合评价得分 Score of integrated evaluation	差异 Difference	B: 密度 /(株·hm ⁻²) Planting density	综合评价得分 Score of integrated evaluation	差异 Difference	C: 施氮量 /(kg·hm ⁻²) Nitrogen rate	综合评价得分 Score of integrated evaluation	差异 Difference
A1	86.27	aA	B2	85.76	aA	C2	86.53	aA
A3	84.15	bA	B1	84.57	abA	C1	84.21	bAB
A2	83.03	bA	B3	83.12	bA	C3	82.71	bB

注:同列大写字母表示 1%显著水平,小写字母表示 5%显著水平。
Note:In the same column, lowercase and capital letters indicate significant levels at $P<5\%$ and $P<1\%$, respectively.

高于中烟 100 和豫烟 6 号。与施氮量和密度其它 2 个因素相比,品种对烤烟产量和产值的影响最大。3 个品种秦烟 96、豫烟 6 号和中烟 100 在产值上的差异均达显著水平,秦烟 96 平均产值最高,达 58 771.0 元·hm⁻²。

综合经济性状和化学品质两方面的考虑,在豫西烟区,最优的栽培措施组合为:品种秦烟 96、种植密度 16 500 株·hm⁻²、施氮量 67.5 kg·hm⁻²的组合较好,建议在生产中进行示范应用和推广。

参 考 文 献:

[1] 胡国松,赵元宽,曹志洪,等.我国主要产烟省烤烟元素组成和化学品质评价[J].中国烟草学报,1997,3(3):36-44.

[2] 刘国顺.烟草栽培学[M].北京:中国农业出版社,2003.

[3] 武雪萍,朱 凯,刘国顺,等.有机无机肥配施对烟叶化学成分和品质的影响[J].土壤肥料,2005,(1):10-13.

[4] 郭群召,吴学巧,黄平俊.饼肥对土壤性状、烤烟生长及烟叶品质的影响[J].中国土壤与肥料,2007,(6):68-70.

[5] 李艳红,蒯万煌,彭克勤,等.水涝胁迫对烤烟化学品质的影响[J].中国烟草科学,2000,(4):35-37.

[6] 张延春,陈治锋,龙怀玉,等.不同氮素形态及比例对烤烟长势、产量及部分品质因素的影响[J].植物营养与肥料学报,2005,11(6):787-792.

[7] 阎克玉,袁志永,吴殿信,等.烤烟质量评价指标体系研究[J].郑州轻工业学院学报(自然科学版),2001,16(4):57-61.

[8] 王小东,许自成,李群平,等.洛阳烟区烤烟化学成分特点分析[J].河南科技大学学报,2007,28(6):65-67.

[9] 上官克攀,杨虹琦,罗桂森,等.种植密度对烤烟生长和烟碱含量的影响[J].烟草科技,2003,(8):42-45.

[10] 习向银,晁逢春,陈 亚,不同施氮量对烤烟氮素和烟碱累积的影响[J].西南大学学报(自然科学版),2008,30(5):110-115.

[11] 徐树德,赵忠华,尚志强.种植密度对烤烟生长和产量质量的影响[J].内蒙古农业科技,2010,(4):46-47.

[12] 张继帅,程宝玉,苏富强,等.豫西烤烟品种结构调整及配套技

术探讨[J].中国烟草科学,2002,(3):41-42.

[13] 景延秋,张红立,李爱芳,等.河南烟区不同烤烟品种化学成分差异分析[J].广西农业科学,2010,41(11):1214-1218.

[14] 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.

[15] 王瑞新.烟草化学[M].北京:中国农业出版社,2003.

[16] 史宏志,刘国顺.烟草香味学[M].北京:中国农业出版社,1998.

[17] 肖协忠.烟草化学[M].北京:中国农业出版社,1990.

[18] 景延秋,张欣华,杨玉熙,等.采用正交试验优化烤烟栽培技术[J].湖南农业科学,2010,(5):32-34.

[19] 宫长荣,张 玺,张学伟,等.基于正交试验和神经网络的烤烟栽培技术优化[J].江西农业学报,2010,22(1):14-16.

[20] Cheng P J, LIN S C. Using neural network to predict bending angle of sheet metal formed by laser[J]. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 2000,40(8):1185-1197.

[21] 杨立均.河南省不同产烟区烟叶质量评价[D].郑州:河南农业大学,2002.

[22] 顾少龙,史宏志,苏 菲,等.成熟期氮素调亏对烟叶质体色素降解和中性香气物质含量的影响[J].华北农学报,2012,27(5):207-212.

[23] 韩富根,沈 铮,李元实,等.施氮量对烤烟经济性状、化学成分及香气质量的影响[J].中国烟草学报,2009,15(5):38-42.

[24] 薛 刚,杨志晓,张小全,等.不同氮肥用量和施用方式对烤烟生长发育及品质的影响[J].西北农业学报,2012,21(6):98-102.

[25] 许大全,张玉忠,张荣跳.植物光合作用的光抑制[J].植物生理学通讯,1992,28(4):23.

[26] 毛家伟,张 翔,王 宏,等.种植密度和氮用量对烟叶光合特性和产量质量的影响[J].干旱地区农业研究,2012,30(5):66-70.

[27] 刘化冰,杨铁钊,张小全,等.不同耐氮肥烤烟品种质外体NH₄⁺浓度差异和有关生理指标分析[J].中国农业科学,2010,43(14):3036-3043.

[28] 赵铭钦,李元实,刘友杰,等.不同基因型烤烟生长期间叶片矿质元素的差异分析[J].华北农学报,2010,25(1):199-203.