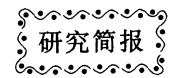


DOI: 10.3724/SP.J.1006.2008.02223



多雨地区烤烟对基肥和追肥氮的利用率

袁仕豪^{1,2} 易建华² 蒲文宣² 韩锦峰¹ 汪耀富^{1,2,*}

(¹ 河南农业大学农学院, 河南郑州 450002; ² 湖南中烟工业有限责任公司技术中心, 湖南长沙 410007)

摘要: 2007年在湖南浏阳烟草研究所采用大田随机区组试验,以烟草品种K326为材料,运用¹⁵N同位素示踪技术研究了多雨地区烤烟不同生育期对基肥和追肥中氮素的利用率。结果表明,烤烟在伸根期和旺长期以吸收肥料氮为主,成熟期以吸收土壤氮为主。在相同施氮量条件下随追肥比例增大,烤烟对基肥氮的吸收量减少,对追肥氮的吸收量增加,对基肥的利用率升高,对追肥的利用率降低,但各生育期烤烟对追肥的利用率都显著高于基肥。随追肥比例增大,烟叶采收结束后基肥氮在土壤中的残留量降低,追肥氮的残留量增加,但肥料氮的总残留量和损失量减少。因此,适当增大追肥比例可以提高多雨地区烤烟氮肥利用率。

关键词: 烤烟; 基肥; 追肥; 氮肥利用率

Nitrogen Use Efficiency of Base Fertilizer and Top Dressing in Flue-Cured Tobacco in Rainy Regions

YUAN Shi-Hao^{1,2}, YI Jian-Hua², PU Wen-Xuan², HAN Jin-Feng¹, and WANG Yao-Fu^{1,2,*}

(¹ Agronomy College of Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, Henan; ² Research Center of China Tobacco, Hunan Industrial Co. Ltd, Changsha 410007, Hunan, China)

Abstract: A field experiment was conducted using tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) cultivar K326 grown in random block design with three replications in three treatments by ¹⁵N isotopes tracer in Liuyang institute of Hunan in 2007. The traits associated with nitrogen use efficiency were investigated during different growth stages of flue-cured tobacco. The results showed that tobacco plant mainly absorbed nitrogen from fertilizers in root elongation and vigorous growth stages and from soil in maturing stage. Nitrogen uptake reduced from base fertilizer, but increased from top dressing with the increase of top dressing under the same fertilizer application amount. At the same time, nitrogen use efficiency rose for base fertilizer, but declined for top dressing. The utilization of top dressing was significantly higher than that of base fertilizer in different treatments at different growth stages. After harvesting of tobacco leaves, nitrogen residue in base fertilizer was less than that in top dressing with the increase of top dressing ratio, but the total nitrogen residue and loss decreased. So enhancing properly the ratio of top dressing can improve nitrogen use efficiency of flue-cured tobacco in rainy regions.

Keywords: Flue-cured tobacco; Base fertilizer; Top dressing; Nitrogen use efficiency

氮素是烟草(*Nicotiana tabacum* L.)最重要的营养元素,氮肥形态、用量和施用方法对烤烟养分吸收、生长发育、烟叶产量和品质都有十分显著的影响^[1-3]。烤烟对氮素的吸收和利用受土壤肥力、施氮水平和降雨等多种因素的制约,在施氮量相同的条件下,不同施肥方法对烤烟

氮肥利用率也有显著的影响^[4]。我国南方烟区降雨量较多,烟叶生产上氮肥用量较大,施肥方法多为基肥和追肥结合施用,但迄今尚未见多雨地区烤烟对基肥和追肥中氮素吸收利用方面的研究报道。本试验采用¹⁵N同位素示踪技术,在相同施氮量条件下设置不同基肥与追肥比例,

基金项目: 湖南中烟工业有限责任公司科技项目(KY2006008)

作者简介: 袁仕豪(1970–),男,湖南绥宁人,在读博士,研究方向: 烟草栽培生理。

* 通讯作者(Corresponding author): 汪耀富,男,博士,教授。E-mail: yaofuwang@163.com

Received(收稿日期): 2008-05-07; Accepted(接受日期): 2008-07-16.

研究其氮素吸收利用的效率, 以期为烤烟生产上合理运筹氮肥, 提高肥料利用率提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试点基本情况

试验于2007年在湖南中烟工业有限责任公司浏阳科研所进行。试点年均降雨量1548 mm, 年均蒸发量1147 mm。试验年份烟草生育期内的降雨量为492 mm, 其中伸根期176 mm, 旺长期114 mm, 成熟期203 mm。试验地前作为水稻, 土壤为重壤土, 0~20 cm土层土壤容重1.35 g cm⁻³, pH 6.59, 含有机质2.65%、全氮0.182%、碱解氮162 mg kg⁻¹、有效磷22 mg kg⁻¹、速效钾249 mg kg⁻¹。供试品种K326, 移栽期3月22日, 行距1.2 m, 株距0.5 m。试验田栽培管理措施按当地优质烟叶生产技术规范进行。

1.2 试验设计

采用随机区组设计, 在田间设置微区。设基肥与追肥比例为40:60、60:40和80:20三个处理, 每个处理分别用¹⁵N同位素肥料作基肥和追肥, 共6个处理组合, 每个处理组合栽烟20株, 3次重复。各处理施氮量均按120 kg hm⁻²折算, N:P₂O₅:K₂O配比为1.0:1.2:2.5。基肥用硝酸铵、钙镁磷肥和硫酸钾, 追肥用硝酸钾。同位素肥料分别为¹⁵N双标记的硝酸铵和¹⁵N标记的硝酸钾, ¹⁵N丰度均为5.25%, 由上海化工研究院提供。基肥施用方法为在烟苗移栽前取出25 cm×25 cm×25 cm的土壤, 与肥料混合均匀, 然后放回取出土的塘中。追肥分别于移栽后10 d和25 d在烟株一侧距茎基部10 cm处追施, 每次施用追肥量的1/2, 施肥深度15 cm。

1.3 测定项目与方法

分别在烤烟的伸根期(移栽后35 d)、旺长期(移栽后60 d)和成熟期(移栽后90 d)取各处理组合的烟株3株, 将根、茎、叶分开, 于烘箱中105℃杀青, 60℃烘干称重, 粉碎过0.25 mm网筛, 测定全氮含量和¹⁵N丰度, 计算烤烟氮素吸收量和利用率。烟叶采收后, 取各处理距烟株茎基部10 cm处0~20 cm土层的土壤, 测定全氮含量和¹⁵N丰度, 计算肥料氮在土壤中的残留量。由中国科学院南京土壤研究所采用半微量凯氏定氮法和同位素质谱法分别检测土壤和烟株各器官全氮和¹⁵N丰度。

1.4 计算公式

烟株吸收的总氮量 = 烟株干重×烟株含氮量

烟株自基(追)肥吸收氮的比例(%) = 基(追)肥处理烟株¹⁵N原子百分超/基(追)肥¹⁵N原子百分超×100

烟株自基(追)肥吸收的氮量 = 烟株吸收的总氮量×烟株自基(追)肥吸收氮的比例

烟株自土壤吸收的氮量 = 烟株吸收的总氮量 - 烟株自(基+追)肥吸收的氮量

烟株自土壤吸收的氮的比例(%) = 烟株自土壤吸收的氮量/烟株吸收的总氮量×100

基(追)肥氮利用率(%) = 烟株自基(追)肥吸收的氮量/

基(追)肥施氮量×100

氮肥利用率(%) = 烟株自(基+追)肥吸收的氮量/(基+追)肥施氮量×100

基(追)肥氮土壤残留比例(%) = 烟叶采收后基(追)肥处理土壤¹⁵N原子百分超/基(追)肥¹⁵N原子百分超×100

基(追)肥氮土壤残留量 = 烟叶采收后土壤全氮含量×土壤容重×土层厚度×基(追)肥氮土壤残留比例

基(追)肥氮土壤残留率(%) = 基(追)肥氮土壤残留量/基(追)肥施氮量×100

肥料氮土壤残留率(%) = (基+追)肥氮土壤残留量/(基+追)肥施氮量×100

肥料氮损失量 = (基+追)肥施氮量 - 烟株吸收(基+追)肥氮量 - (基+追)肥氮土壤残留量

肥料氮损失率(%) = 肥料氮损失量/(基+追)肥施氮量×100

2 结果与分析

2.1 烤烟对基肥氮和追肥氮的吸收

在相同施氮量条件下, 随追肥比例增加, 各生育期烤烟的总吸氮量都有增大的趋势(表1)。说明在施氮量一定的条件下, 增大追肥用量可以促进烤烟对氮素的吸收。同时, 随追肥比例增大, 各生育期烤烟对基肥氮的吸收量和吸收比例都显著减少, 而对追肥氮的吸收量和吸收比例显著增加, 表明基肥与追肥施用比例显著影响烤烟对基肥氮和追肥氮的吸收。此外, 随追肥氮比例增加, 烟株对肥料氮的吸收量和吸收比例明显增大, 对土壤氮的吸收量没有显著差异, 但烟株从土壤中吸收的氮占其总吸氮量的比例明显减小, 表明增加追肥用量能够促进烤烟对肥料氮的吸收。从不同生育期看, 伸根期和旺长期各处理烟株对肥料氮的吸收比例都大于土壤氮, 成熟期则相反, 说明烤烟生长前中期以吸收肥料氮为主, 而后期则以吸收土壤氮为主。

2.2 烤烟各器官对基肥氮和追肥氮的吸收比例

随追肥比例增加, 各生育期烤烟根、茎、叶对基肥氮的吸收比例都显著降低, 而对追肥氮的吸收比例明显升高(表2)。各处理各生育期烟株从基肥和追肥中吸收氮素的的比例均以叶中最高, 茎中次之, 根中最低; 随生育期延伸, 相同基肥与追肥比例处理烤烟根、茎、叶对基肥氮和追肥氮的吸收比例都显著下降。随追肥比例增大, 各生育期烤烟根、茎、叶对肥料氮的吸收比例都有升高的趋势, 其中基肥与追肥比例40:60处理各生育期烤烟叶片对肥料氮的吸收比例都显著高于80:20处理。

2.3 基肥与追肥比例对烤烟各器官全氮含量的影响

由表3可以看出, 随追肥比例增大, 各生育期烤烟根、茎、叶中全氮含量都有增加的趋势, 但除成熟期基肥与追肥比例40:60处理烤烟叶片全氮含量显著高于80:20处理外, 其他各处理烤烟根、茎、叶全氮含量的差异都不显著。表明在相同施氮量条件下, 增大追肥比例会显著提高成熟期烤烟叶片全氮含量。随生育期延伸, 各处

理烤烟根、茎、叶中全氮含量都显著降低, 这可能是由烟 株生长所产生的稀释效应造成的。

表 1 不同生育期烤烟对基肥氮和追肥氮的吸收
Table 1 Nitrogen uptake from base fertilizer and top dressing at different growth stages in flue-cured tobacco

生育期 Growth stage	基肥:追肥 BF:TD	总吸氮量 TNUA (kg hm ⁻²)	肥料氮 NF						土壤氮 NS	
			基肥氮 NBF		追肥氮 NTD		合计 Total		吸收量 NUA (kg hm ⁻²)	吸收比例 NUR (%)
			吸收量 NUA (kg hm ⁻²)	吸收比例 NUR (%)	吸收量 NUA (kg hm ⁻²)	吸收比例 NUR (%)	吸收量 NUA (kg hm ⁻²)	吸收比例 NUR (%)		
伸根期 Root elongation stage	40:60	24.83 a	6.55 b	26.38 c	10.34 a	41.64 a	16.89 a	68.02 a	7.94 a	31.98 b
	60:40	22.91 ab	7.53 ab	32.87 b	7.29 b	31.82 b	14.82 ab	64.69 ab	8.09 a	35.31 ab
	80:20	21.67 b	8.15 a	37.61 a	5.37 c	24.78 c	13.52 b	62.39 b	8.15 a	37.61 a
旺长期 Vigorous growth stage	40:60	68.42 a	13.83 c	20.21 c	26.23 a	38.34 a	40.06 a	58.55 a	28.36 a	41.45 b
	60:40	65.96 ab	17.52 b	26.56 b	18.66 b	28.29 b	36.18 ab	54.85 ab	29.78 a	45.15 ab
	80:20	62.83 b	21.39 a	34.04 a	10.75 c	17.11 c	32.14 b	51.15 b	30.69 a	48.85 a
成熟期 Maturity stage	40:60	92.11 a	15.23 c	16.53 c	28.86 a	31.33 a	44.09 a	47.87 a	48.02 a	52.13 b
	60:40	88.62 ab	19.36 b	21.85 b	20.05 b	22.62 b	39.41 ab	44.47 ab	49.21 a	55.53 ab
	80:20	85.92 b	22.88 a	26.63 a	11.59 c	13.49 c	34.47 b	40.12 b	51.45 a	59.88 a

BF: base fertilizer; TD: top dressing; TNUA: total nitrogen uptake amount; NF: nitrogen from fertilizer; NBF: nitrogen from base fertilizer; NTD: nitrogen from top dressing; NUA: nitrogen uptake amount; NUR: nitrogen uptake ratio; NS: nitrogen from soil. The values followed by a different letter are significantly different at the 0.05 probability level.

表 2 不同生育期烤烟各器官对基肥氮和追肥氮的吸收比例
Table 2 Nitrogen uptake proportions of base fertilizer to top dressing in various organs at different growth stages of flue-cured tobacco (%)

生育期 Growth stage	基肥:追肥 BF:TD	来自基肥氮 NBF			来自追肥氮 NTD			合计 Total		
		根 Root	茎 Stalk	叶 Leaf	根 Root	茎 Stalk	叶 Leaf	根 Root	茎 Stalk	叶 Leaf
伸根期 Root elongation stage	40:60	20.59 c	23.25 c	28.79 c	31.72 a	36.38 a	45.61 a	52.31 a	59.63 a	74.40 a
	60:40	25.70 b	28.50 b	33.55 b	23.98 b	27.70 b	34.98 b	49.68 a	56.20 a	68.53 ab
	80:20	30.25 a	33.46 a	38.87 a	18.31 c	21.68 c	25.44 c	48.56 a	55.14 a	64.31 b
旺长期 Vigorous growth stage	40:60	14.84 c	17.28 c	21.75 c	28.54 a	32.65 a	39.17 a	43.38 a	49.93 a	60.92 a
	60:40	19.12 b	22.31 b	28.36 b	23.50 b	25.60 b	29.75 b	42.62 a	47.91 a	58.11 ab
	80:20	25.53 a	29.88 a	35.74 a	14.65 c	15.59 c	18.65 c	40.18 a	45.47 a	54.39 a
成熟期 Maturity stage	40:60	12.75 c	15.96 c	18.88 c	24.39 a	28.52 a	31.67 a	37.14 a	44.48 a	50.55 a
	60:40	16.08 b	20.27 b	22.36 b	18.03 b	22.17 b	25.98 b	34.11 a	42.44 a	48.34 ab
	80:20	19.59 a	23.82 a	26.31 a	8.45 c	12.63 c	15.95 c	28.04 b	36.45 b	42.26 b

Values followed by a different letter are significantly different at the 0.05 probability level. Abbreviations as in Table 1.

表 3 基肥和追肥比例对烤烟各器官全氮含量的影响
Table 3 Effect of the proportion of base fertilizer to top dressing on total nitrogen concentration in various organs of flue-cured tobacco (%)

生育期 Growth stage	基肥:追肥 BF:TD	根 Root	茎 Stalk	叶 Leaf
伸根期 Root elongation stage	40:60	2.23 a	2.87 a	4.34 a
	60:40	2.19 a	2.75 a	4.25 a
	80:20	2.12 a	2.73 a	4.12 a
旺长期 Vigorous growth stage	40:60	1.67 a	1.81 a	3.25 a
	60:40	1.64 a	1.79 a	3.17 a
	80:20	1.62 a	1.72 a	3.02 a
成熟期 Maturity stage	40:60	1.38 a	1.58 a	2.55 a
	60:40	1.36 a	1.57 a	2.36 ab
	80:20	1.32 a	1.51 a	2.21 b

Values followed by a different letter are significantly different at the 0.05 probability level. Abbreviations as in Table 1.

2.4 烤烟对基肥氮和追肥氮的利用率

随追肥比例增大,各生育期烤烟对基肥氮的利用率都明显升高,而对追肥氮的利用率显著降低,但各处理烤烟对追肥的利用率都高于基肥,其中基肥与追肥比例40:60和80:20处理各生育期烤烟对基肥和追肥利用率的差异都达到显著水平(表4)。从烤烟对肥料氮(基肥氮+

追肥氮)的综合利用率看,随追肥比例增加,各生育期烤烟对氮肥的利用率都显著增大,到烟叶成熟期,基肥与追肥比例40:60、60:40和80:20处理烤烟的氮肥利用率分别为36.75%、32.83%和28.73%。可见,在施氮量一定的情况下,增加追肥用量可以显著提高烤烟氮肥利用率。

表4 不同生育期烤烟对基肥氮和追肥氮的利用率

Table 4 Nitrogen use efficiency (NUE) of base fertilizer and top dressing at different growth stages in flue-cured tobacco (%)

生育期 Growth stage	基肥:追肥 BF:TD	基肥氮利用率 NUE of BF	追肥氮利用率 NUE of TD	氮肥利用率 NUE
伸根期 Root elongation stage	40:60	13.65 a	14.38 b	14.08 a
	60:40	10.46 b	15.19 b	12.35 b
	80:20	8.49 c	22.38 a	11.27 b
旺长期 Vigorous growth stage	40:60	28.81 a	36.43 b	33.38 a
	60:40	24.33 b	38.92 b	30.17 b
	80:20	22.28 b	44.79 a	26.78 c
成熟期 Maturity stage	40:60	31.75 a	40.08 b	36.75 a
	60:40	26.88 b	41.77 b	32.83 b
	80:20	23.83 c	48.29 a	28.73 c

Values followed by a different letter are significantly different at the 0.05 probability level. Abbreviations as in Table 1.

2.5 基肥和追肥中氮素在土壤中的残留量与损失量

烟叶采收结束后,各处理基肥氮和追肥氮在烟田土壤中都有不同程度的残留与损失(表5)。随追肥比例增大,基

肥氮在土壤中的残留量明显减少,追肥氮在土壤中的残留量显著增加,烟田肥料氮(基肥氮+追肥氮)的总残留量则和损失量随追肥比例的增大而显著下降,说明增大追肥比例

表5 基肥氮和追肥氮在土壤中的残留量和损失量

Table 5 Nitrogen residue and loss rate of base fertilizer and top dressing in the soil

基肥:追肥 BF:TF	肥料氮土壤残留 Nitrogen residue in the soil of tobacco field						肥料氮损失 Nitrogen loss	
	残留量 Residue amount (kg hm ⁻²)			残留率 Residue ratio (%)			损失量 Loss amount (kg hm ⁻²)	损失率 Loss rate (%)
	基肥 BF	追肥 TD	合计 Total	基肥 BF	追肥 TD	合计 Total		
40:60	12.26 c	24.73 a	36.99 b	25.54 b	34.35 a	30.83 b	38.91 b	32.43 b
60:40	26.73 b	11.95 b	38.68 ab	37.13 ab	24.90 b	32.23 ab	41.94 ab	34.95 ab
80:20	38.45 a	3.16 c	41.61 a	40.05 a	13.17 c	34.68 a	43.63 a	36.36 a

Values followed by a different letter are significantly different at the 0.05 probability level. Abbreviations as in Table 1.

可以减少肥料氮的损失量和在土壤中的残留量。

3 讨论

3.1 烤烟对基肥氮和追肥氮的吸收利用

本试验在施氮量120 kg hm⁻²条件下,基肥与追肥施用比例显著影响烤烟对基肥和追肥中氮素的吸收利用,致使烟株对氮素的总吸收量及其对肥料氮和土壤氮的吸收比例不同,从而影响烤烟氮肥利用率。随追肥用量增加,烟株对肥料氮的吸收比例增大,对土壤氮的吸收比例减小,烤烟总吸氮量和氮肥利用率升高,这与陈萍等^[4]的研究结果一致,说明在多雨烟区减少基肥用量、增加追肥用量可以提高烤烟氮肥利用率。在相同施氮量条件下,随追肥比例增加,烟株对追肥氮的吸收量增大,对基肥氮的

吸收量减小,烤烟对追肥氮的利用率显著高于基肥氮,这与石玉等^[5]在小麦上的研究结果类似,有待进一步验证。

成熟期烤烟叶片全氮含量随追肥比例的增大而增加,这可能会造成烤烟叶片烟碱含量升高,因为成熟期(打顶后)烟株吸收的氮素主要用于合成烟碱^[1]。

3.2 烤烟对土壤氮和肥料氮的吸收利用

烟株生长发育所需要的氮素不仅来源于肥料氮,而且更多来自土壤可利用态的氮^[3]。本试验结果中,不同生育期烤烟对土壤氮和肥料氮的吸收比例不同,伸根期和旺长期烟株对肥料氮的吸收比例大于土壤氮,成熟期则相反。这与单德鑫等^[6]的研究结果一致,说明烤烟生长前期以吸收肥料氮为主,而后期则以吸收土壤氮为主。

3.3 肥料氮在土壤中的残留和损失

土壤中肥料氮的去向包括作物吸收、土壤残留和损失 3 个方面^[7]。有报道指出, 同位素 ^{15}N 肥料施入土壤后, 约有 39%~53% 被烟株吸收利用, 22%~41% 以各种途径损失, 20%~37% 残留于土壤中^[6]。本试验结果表明, 随追肥比例增大, 基肥氮在土壤中的残留量减少, 追肥氮的残留量增加, 但肥料氮的总残留量和损失量降低, 说明增大追肥比例可以减少肥料氮的损失量及其在土壤中的残留量, 这是追肥促进烤烟对肥料氮吸收利用的结果。

肥料氮在土壤中的残留量受肥料用量、作物吸收及土壤氮矿化等多种因素的影响, 施氮量超过一定幅度会导致肥料氮在土壤中大量残留^[7]。本试验在施氮量 120 kg hm^{-2} 条件下, 烟叶采收结束后, 各处理肥料氮在土壤中的残留率达到 30.83%~34.68%, 说明氮肥用量偏高, 肥料氮在土壤中的残留量较大。不同基肥与追肥比例处理肥料氮损失率高达 32.43%~36.36%, 可能与烤烟生育期内降雨量和降雨强度较大, 造成肥料氮的径流损失及其向深层土壤中的淋溶量增大, 氮挥发和反硝化损失量增加, 以及烟株打顶摸杈造成的氮素损失等因素有关^[4,7]。由于烤烟起垄栽培, 易发生地表径流, 特别是南方多雨烟区, 烟株生长前、中期田间积水, 极易产生地表径流和养分淋溶而导致氮肥大量损失, 这可能是造成多雨地区烤烟氮肥利用率较低的重要原因。

References

- [1] Han J-F(韩锦峰), Wang Y-F(汪耀富), Qian X-G(钱晓刚). Tobacco Physiology of Cultivation (烟草栽培生理). Beijing: China Agriculture Press, 2003. pp 163–184(in Chinese)
- [2] Qin Y-Q(秦艳青), Li C-J(李春俭), Zhao Z-X(赵正雄), Wu X-P(武雪萍), Zhang F-S(张福锁). Effects of rates and methods of N application on growth and N uptake of flue-cured tobacco. *Plant Nutr Fert Sci* (植物营养与肥料学报), 2007, 13(3): 436–442 (in Chinese with English abstract)
- [3] Guo P-G(郭培国), Chen J-J(陈建军), Zheng Y-L(郑燕玲), Han J-F(韩锦峰). Study on utilization of nitrogen by flue-cured tobacco at different nitrogen levels. *Trop Subtrop Soil Sci* (热带亚热带土壤科学), 1996, 5(3): 145–148(in Chinese with English abstract)
- [4] Chen P(陈萍), Li T-F(李天福), Zhang X-H(张晓海), Ran B-D(冉邦定), Wang S-H(王树会), Xie P(谢萍), Yang S-Y(杨硕媛), Yang B-S(杨璧榛). Exploring tobacco plant's absorption and distribution of nitrogen fertilizers by using ^{15}N tracing technique. *J Yunnan Agric Univ* (云南农业大学学报), 2003, 18(1): 1–4 (in Chinese with English abstract)
- [5] Shi Y(石玉), Yu Z-W(于振文), Wang D(王东), Li Y-Q(李延奇), Wang X(王雪). Effects of nitrogen rate and ratio of base fertilizer and topdressing on uptake, translocation of nitrogen and yield in wheat. *Acta Agron Sin* (作物学报), 2006, 32(12): 1860–1866 (in Chinese with English abstract)
- [6] Shan D-X(单德鑫), Yang S-H(杨书海), Li S-Q(李淑芹), Xu J-G(许景钢). Absorption and distribution of nitrogen of flue-cured tobacco with ^{15}N tracer. *Chin Soil Fert Sci* (中国土壤与肥料), 2007, (2): 43–45 (in Chinese with English abstract)
- [7] Zhu Z-L(朱兆良). Loss of fertilizer N from plants-soil system and the strategies and techniques for its reduction. *Soil Environ Sci* (土壤与环境), 2000, 9(1): 1–6 (in Chinese with English abstract)