

## 新疆超高密度棉田氮肥运筹对产量和氮肥利用的影响

侯秀玲<sup>1,2</sup>, 张炎<sup>1\*</sup>, 王晓静<sup>1,2</sup>, 李馨<sup>1</sup>, 盛建东<sup>2</sup>

(1. 新疆农业科学院土壤肥料研究所, 乌鲁木齐 830000; 2. 新疆农业大学资源环境学院, 乌鲁木齐 830052)

**摘要:**研究了南疆超高密度(27.8万株·hm<sup>-2</sup>)栽培条件下不同施氮量对棉花产量、氮素养分吸收及氮素利用的影响。结果表明:随生育期推进,棉株叶、茎、铃壳和纤维含氮量呈下降趋势,棉子中含氮量变化不大;随施氮量的增加,蕾期叶、茎和吐絮期叶的含氮量与氮肥用量呈一元二次函数关系,在铃期和吐絮期棉株的茎以及铃壳中的含氮量与施氮量呈线性正相关,吐絮期的棉子含氮量与施氮量呈线性负相关。随氮肥投入的增加氮肥利用率降低,土壤供氮能力变化不大,氮肥对棉花产量的贡献率在施氮量达到300 kg·hm<sup>-2</sup>后随施氮量的增加而降低。

**关键词:**棉花;高密度;氮肥;氮肥利用率

**中图分类号:** S562.06 **文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-7807(2006)05-0273-06

## Effect of Different Nitrogen Fertilization on Yield and Nitrogen Using of Super High-density Cotton System

HOU Xiu-ling<sup>1,2</sup>, ZHANG Yan<sup>1\*</sup>, WANG Xiao-jing<sup>1,2</sup>, LI Pan<sup>1</sup>, SHENG Jian-dong<sup>2</sup>

(1. Soil and Fertilizer Institute, Xinjiang Agriculture Academy of Sciences, Urumqi 830000, China; 2. College of Resources and Environment, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

**Abstract:** The field experiment was arranged in Awati, the south of Xinjiang. Field fertilizer experiment with one factors, four levels of design of random section was carried out in 2004. Using CCRI 35 as material the effect of different nitrogen fertilizer on yield, nitrogen absorbing and nitrogen fertilizer using efficiency of super high-density culture. The result showed that: under different nitrogen fertilizer conditions, the fertilizer response function was  $y = -0.0037x^2 + 2.6751x + 1961.7$  ( $R^2 = 0.8324^{**}$ ,  $n = 24$ ), the ratio of N-fertilizer in the highest lint yield was 361.5 kg·hm<sup>-2</sup>, and the highest yield was 2445.2 kg·hm<sup>-2</sup>; The economic ratio of N-fertilizer was 318.2 kg·hm<sup>-2</sup>, and the economic yield was 2438.3 kg·hm<sup>-2</sup>. Nitrogen content in the leaves, stem, boll shells and textile fiber of cotton dropped with the period of growth stage, while the cotton seed didn't change remarkably. In the bud stage, the nitrogen concentration of the leaves and stem was regressive with the N rates applied, while positive linear between N rates applied and leaves, stem and boll shells in boll stage and harvest. The nitrogen concentration of the seed was negative linear correlative with the N rates applied. The result indicated that the model of different fertilization would influence the relationship between the nitrogen concentration of cotton organ and N applied. At the same time, we concluded that the basal nitrogen 64.5 kg·hm<sup>-2</sup> was enough to supply the nutrient demand of cotton before flowering period. Total N-fertilizer of 245 kg·hm<sup>-2</sup> could obtain the lint cotton yield of above 2400 kg·hm<sup>-2</sup>. 130 kg·hm<sup>-2</sup> of the basal

收稿日期: 2005-12-09

作者简介: 侯秀玲(1979-), 女, 在读硕士, hxl\_1107@126.com; \* 通讯作者, yzhang@ppi.caas.ac.cn

基金项目: 农业部 948 项目(2003-Z53); 加拿大钾磷肥研究所项目(NMS-Xinjiang200201); 新疆维吾尔自治区高等学校科研计划(FSRPHEXJ)

nitrogen rate was appropriate. It says that coherence of nitrogen mode was considered at simulated equation of nitrogen rates. Nitrogen using efficiency was reduced at the increasing of nitrogen fertilizer, and the soil supporting nitrogen ability didn't change. The economic amount of nitrogen of 240~318 kg · hm<sup>-2</sup> was suitable.

**Key words:** cotton; super high-density culture; nitrogen; nitrogen use efficiency

新疆棉花高产“矮、密、早、膜”栽培技术路线,是以密为核心,进行矮化栽培,使棉株生育与环境、群体与个体、营养器官与生殖器官、地上部与地下部得到健全协调发展,建立“小个体、大群体、高光效群体结构”的理想株型。关于密度、栽培模式、施肥方式等对棉花生长的影响已作了大量研究<sup>[1-5]</sup>。氮素虽是作物生产中主要限制因子<sup>[6]</sup>,但目前人们片面追求高产,盲目大量施用氮肥,造成资源浪费,利用率低,环境污染,生态环境条件恶化等弊端<sup>[7-9]</sup>。为此,研究了不同氮素供应条件下超高密度栽培棉花氮素的吸收利用及氮肥对棉花产量的影响,为新疆棉花可持续发展提供科学施

肥的依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试土壤基本概况

试验安排在新疆阿瓦提县丰收三场二连。试验区年平均降雨量为 61.2 mm,蒸发量为 2337.4 mm,日照时数 2778 h,≥10℃的积温 4252.2℃,无霜期 205 d,地下水位 2.5~3.0 m。前茬作物为棉花,供试土壤为砂壤质潮土,其基本理化性质见表 1。

表 1 试验地 0~90 cm 土壤基本农化性状分析

Table 1 The basic soil physicochemical properties analysis in 0 ~ 90 cm soil in experimental field

土壤层次 /cm	有机质 /(g · kg <sup>-1</sup> )	全氮 /(g · kg <sup>-1</sup> )	碱解氮 /(mg · kg <sup>-1</sup> )	速效磷 /(mg · kg <sup>-1</sup> )	速效钾 /(mg · kg <sup>-1</sup> )	硝态氮 /(mg · kg <sup>-1</sup> )	土壤容重 /(g · cm <sup>-3</sup> )
0~30	10.4	0.576	26.95	38.89	127.5	5.6	1.46
30~60	5.1	0.214	22.33	5.32	125.5	4.7	1.40
60~90	3.8	0.153	19.64	2.55	134.0	10.2	1.48

### 1.2 试验设计

试验采用单因子随机区组设计,共设 6 个氮水平,重复 4 次。其中 N0 为不施氮处理, N5 为传统施氮处理, N1、N2、N3 和 N4 为施肥比例相同的不同氮素水平处理。氮肥使用尿素,按 N 总量的 45% 作为基肥播前撒施翻入土壤, 55% 作追肥在棉花初花至花铃期分 3 次由施肥罐随水追施。所有处理磷钾肥用量相同,均按 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 138 kg · hm<sup>-2</sup>、K<sub>2</sub>O 72 kg · hm<sup>-2</sup> 施入三料磷肥和氯化

钾,并与基肥尿素混匀后于播前撒施深翻。试验灌溉采用膜上畦灌方式,各处理灌水量相同,全生育期共灌水 4 次 4800 m<sup>3</sup> · hm<sup>-2</sup>。小区面积 66.64 m<sup>2</sup>,供试品种为中棉所 35。种植模式为超宽膜覆盖高密度种植,株距为 11.5 cm,宽窄行种植,其行距配置为(11+48+11+55+11+48+11+55)cm,理论株数 27.8 万株 · hm<sup>-2</sup>。施肥方案见表 2。

表 2 棉花不同生育期各处理氮肥用量

Table 2 N rates applied of treatments at the different growth stages of cotton

kg · hm<sup>-2</sup>

处理	总量	基肥	追肥		
			初花期(06-24)	盛花期(07-13)	花铃期(08-24)
N0	0	0	0	0	0
N1	180	81	27	45	27
N2	240	108	36	60	36
N3	300	135	45	75	45
N4	360	162	54	90	54
N5(传统)	328.5	189	55.2	41.4	41.4

### 1.3 样品采集方法及测定

植株养分含量测定:分别于盛蕾期(每小区 5 株)、花期、铃期和吐絮期(每小区 3 株)采集代表性棉株,分叶、茎、蕾、铃、铃壳、棉子、纤维分别烘干、称重,制备成样品,以  $H_2SO_4-H_2O_2$  法消化,用碱解扩散法测定植株全氮含量。

### 1.4 分析方法及数据处理

统计分析采用 Excel 和 DPS 数据统计软件;氮肥表观利用率(%)=(施氮区作物吸氮量-不施氮区作物吸氮量) $\times 100$ /施氮量;施氮对棉花产量的贡献率(%)=(施氮区作物产量-不施氮区作物产量) $\times 100$ /施氮区作物产量;土壤供氮能力对产量的贡献率(%)=不施氮区作物产量 $\times 100$ /施氮区作物产量。

## 2 结果与分析

### 2.1 氮肥施用量对棉花产量及其构成因子的影响

从表 3 可以看出:施氮极显著地增加棉花的产量与单株铃数,但对铃重和衣分的影响不显著,说明氮肥主要是通过增加单株铃数来提高棉花产量。施氮处理与不施氮处理相比,皮棉提高 15.95%~24.82%,子棉提高 17.65%~26.17%,单株铃数增加 0.7~0.9 个。施氮处理

之间在施氮量达到  $180\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  时,随氮肥投入的增加有增加单株铃数的趋势<sup>[10]</sup>,但未达到显著水平。从施氮处理之间的棉花产量看,处理 N2、N3、N5 和 N4 比处理 N1 皮棉产量分别增加 8.20%、9.76%、11.14%、8.11%。除 N1 外,氮水平处理之间以及氮水平处理与传统处理之间皮棉产量差异均不显著,说明在南疆棉花超高密栽培中,施氮量达到  $240\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  已满足棉花全生育期的氮肥需求。以氮肥投入为自变量,对施氮量与棉花产量做回归,得施氮量与棉花产量的回归方程如下:

氮肥与皮棉产量之间的关系为: $y=-0.0037x^2+2.6751x+1961.7$ ( $F=52.1543^{**}$ ,  $n=24$ )

氮肥与子棉产量之间的关系为: $y=-0.01143x^2+7.5380x+4897.27$ ( $F=66.5001^{**}$ ,  $n=24$ )

以当年陆地棉皮棉  $10.3\text{ 元}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,氮肥(N)  $3.3\text{ 元}\cdot\text{kg}^{-1}$  计,则可计算出最高产量施氮(N)量为  $361.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,对应的最高产量为  $2445.2\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ;经济最佳施氮(N)量为  $318.2\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,对应的最佳产量为  $2438.3\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。结合氮肥投入与皮棉产量的关系,得出该地区皮棉产量达  $2400\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  的氮肥经济适宜用量为  $240\sim 318.2\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

表 3 不同氮肥用量对棉花产量及其构成因子的影响

Table 3 Yield of cotton and yield components at different nitrogen treatments

处理	单株铃数 /个	铃重 /g	衣分 /%	子棉 /( $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )	皮棉 /( $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )
N0	3.87Bc	5.43a	39.90a	4917Cd	1962Cc
N1	4.5Ab	5.27a	39.40a	5698Bc	2245Bb
N2	4.7Aab	5.40a	39.30a	6178Aab	2429Aa
N3	4.7Aab	5.40a	39.80a	6191Aab	2461Aa
N4	4.63Aab	5.40a	39.87a	6090Ab	2427Aa
N5	4.73Aa	5.47a	39.73a	6285Aa	2495Aa

注:大写字母表示 0.01 的差异水平,小写字母表示 0.05 的差异水平。

### 2.2 施氮对棉株吸氮量的影响

试验表明,棉花不同生育期植株体内的养分含量差异很大,而不同施氮处理之间的差异较小(表 4)。随生育进程,叶片、茎枝、铃壳和纤维在棉株体内的含氮量逐渐降低,这与张旺锋<sup>[11]</sup>等的研究结果略有不同,可能与超高密栽培条件、地理位置和取样时间差异有关;氮素向花蕾的分配在结铃前达最大值;向棉子的分配随棉铃的发育变化不大。蕾期

以前,氮养分向营养器官分配;进入蕾期,氮开始向生殖器官分配,但开始时仍以向营养器官(叶片和茎枝)分配为主<sup>[11]</sup>。棉株进入花期后,氮的分配中心逐渐转移到生殖器官(蕾和棉铃)。

不同氮肥用量对棉株体内各部位氮素含量的影响较小,但它对棉花高产起到重要作用。超高度密栽培条件下盛蕾期的叶、茎中的含氮量与氮肥投入呈一元二次函数关系,当剔除传统施氮处

表4 不同生育期棉株吸氮量变化

Table 4 N uptakes of cotton in different growth periods at different nitrogen treatments

生育期	部位	N 养分含量(占干物质)/%					
		N0	N1	N2	N3	N4	N5
盛蕾期	叶	6.30ab	6.54a	6.71a	6.26ab	5.92b	5.75b
	茎	2.61c	3.05abc	3.56a	3.26ab	2.67bc	3.17abc
	蕾	6.71a	7.26a	7.05a	6.97a	6.62a	7.00a
	总量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	86.88	96.73	118.09	109.30	98.94	109.11
花期	叶	5.80a	6.02a	5.65a	5.97a	5.92a	5.65a
	茎	2.34b	2.74ab	2.30b	3.11a	2.73ab	2.73ab
	蕾	5.73a	6.81a	5.98a	6.80a	5.11a	5.05a
	铃	4.82a	5.48a	5.67a	5.63a	5.35a	6.05a
	总量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	213.64	298.95	230.90	283.58	298.52	301.07
铃期	叶	4.94c	5.33bc	5.17bc	5.51ab	5.86a	5.45ab
	茎	1.52a	1.59a	1.69a	1.79a	1.85a	1.73a
	铃壳	1.57Cc	1.77BCb	1.76BCb	1.95ABa	2.08Aa	1.75BCbc
	子	4.25a	4.61a	4.87a	4.09a	4.24a	4.24a
	纤维	1.87a	1.84a	2.08a	2.48a	2.34a	1.87a
	总量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	261.87	408.16	430.02	360.56	291.80	326.39
吐絮期	叶	3.08b	3.77ab	3.72ab	3.92a	3.83a	3.82a
	茎	1.26c	1.39bc	1.41bc	1.56ab	1.55bc	1.85a
	铃壳	0.72Cd	1.41Aa	0.95BCcd	1.09ABCbc	1.31ABab	0.97BCcd
	子	4.55Aa	4.61Aa	4.62Aa	3.33Bc	3.86ABbc	4.26Aab
	纤维	0.30a	0.43a	0.41a	0.50a	0.61a	0.49a
	总量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	218.49	354.30	366.26	348.16	343.81	354.20

理时,吐絮期的叶片也与氮肥用量呈一元二次函数关系,说明传统施氮处理因其施肥方式与其它处理不同,造成氮肥用量与棉株各部位含氮量拟合结果不同;铃期和吐絮期的叶、茎、铃壳的含氮量均与氮肥投入呈线性正相关关系(铃期: $R_{\text{叶}}^2=0.3921^{**}$ ,  $R_{\text{茎}}^2=0.4576^{**}$ ,  $R_{\text{铃壳}}^2=0.5274^{**}$ ;吐絮期: $R_{\text{叶}}^2=0.2547^*$ ,  $R_{\text{茎}}^2=0.2119^*$ ,  $R_{\text{铃壳}}^2=0.2752^*$ )。吐絮期的棉子与氮肥投入呈线性负相关关系( $y_{\text{棉子}}=-0.0028x+4.8878$ ,  $R^2=0.3251^*$ )。结果表明,氮肥投入明显提高生育后期叶片全氮含量,有利于增强叶片对光能的吸收率,增大后期群体叶面积、提高单位叶片的光合效能,从而提高棉花生物产量。

由于叶片能很好地反映产量与施肥量的关系<sup>[12-13]</sup>,通过盛蕾期叶片含氮量与氮肥用量的关系得出基施氮肥用量的一元二次函数方程,如下:

$$y_{\text{叶}}=-0.00002x^2+0.0052x+6.447, (R^2=$$

$$0.4786^{**}, n=18) \quad (1)$$

根据拟合模型可知,超高密栽培条件下基肥施氮 130 kg·hm<sup>-2</sup>能够满足棉花前期生长的氮素需求。

由于传统施氮处理的基肥和追肥比例与其它氮素水平处理有所差异,因此剔除传统处理,对盛蕾期和吐絮期叶片含氮量与氮肥用量的关系重新进行一元二次函数方程的拟合,得出基肥和总的氮肥用量的一元二次函数方程,如下:

$$\text{盛蕾期: } y_{\text{叶}}=-0.00008x^2+0.01032x+6.46702 (R^2=0.4835^*, n=15) \quad (2)$$

$$\text{吐絮期: } y_{\text{叶}}=-0.00001x^2+0.00492x+3.08224 (R^2=0.4217^*, n=15) \quad (3)$$

对方程(2)求偏导,得播种——初花期叶片最高含氮量的氮肥用量(N)为 64.5 kg·hm<sup>-2</sup>,这一结果与方程(1)中得到的基肥用量相差很大,这主要是受 N5 处理重施基肥的影响,在基施氮肥用

量过多时,棉株吸收不完过多的氮素,造成土壤中积累氮素较多,易造成氮素损失。因此,在确定基施氮肥用量时,应考虑施肥比例的问题;对方程(3)求偏导,得全生育期氮肥用量(N)为  $245 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。这说明基肥用量(N)  $64.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  已能够满足棉花前期生长的氮素需求,氮肥用量(N)  $245 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  能够满足棉花全生育期的氮素需求。由此印证由施肥模型计算的棉花最佳经济施氮量在  $240 \sim 318 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  之间的科学性。

### 2.3 不同施氮量对氮肥表观利用率及土壤供氮

表 5 不同氮肥用量对氮肥表观利用率和土壤供氮能力的影响

Table 5 The effect of different nitrogen fertilization on nitrogen using efficiency and soil supporting nitrogen ability %

处理	氮肥表观利用率	施氮对棉花产量贡献率	土壤供氮能力对棉花产量贡献率
N0	—	—	—
N1	75.72	13.84	86.16
N2	61.78	17.40	82.60
N3	43.39	20.65	79.35
N4	34.95	17.56	82.44
N5	41.46	19.93	80.07

土壤供氮能力是确定氮肥用量和效果的重要指标,不施氮肥的棉花产量高低直接反映土壤供氮能力的大小。从表 5 可以看出,超高密度栽培条件下,由于长期施用氮肥,土壤的供氮能力对棉花产量的贡献各处理之间变化不大,其原因与农民长期大量施用氮肥有关。氮肥投入对棉花产量的贡献相对较小。由表 5 可知,在施氮量达到  $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  时,再增加氮肥投入,氮肥对棉花产量的贡献下降,氮肥利用率下降,势必引起氨挥发、硝态氮淋溶等损失,污染环境。

### 3 结论与讨论

超高密栽培条件下氮肥投入对棉花产量、单株铃数、植株各器官养分含量均有一定影响。从整体来看,随生育进程,叶片、茎枝、铃壳和纤维在棉株体内的含氮量逐渐降低,棉子中的含氮量变化不大。生育前期,超高密栽培条件下基肥用量  $64.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  已能够满足棉花对氮素的需求;棉花蕾期叶片、茎枝的含氮量与氮肥投入呈二次多项式关系,与杨莉琳<sup>[14]</sup>等的在小麦、玉米上的研究结果一致。铃期、吐絮期各器官养分含量与氮肥投入呈线性相关,这可能与棉花无限生长特性和超高密条件下棉花的需肥特点的特异性有关,有待于进一步研究。

### 能力的影响

从整个生育期的氮肥表观利用率来看(表 5),棉花氮肥表观利用率随氮肥投入的增加而降低,但下降的幅度不同,从 N1 增加到 N2 时,氮肥利用率降低了 13.94%,再增加至 N3,又降低了 18.39%;再继续增加时,氮肥表观利用率降幅不大。说明氮肥利用率在 N2 与 N3 之间有个转折点,因此进一步证明由施肥模型计算的棉花最佳经济施氮量在  $240 \sim 318 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  之间。

对植株含氮量与氮肥用量做方程进行分析时,在各处理施肥方式一致的情况下,应考虑剔除与其基、追肥比例不同的传统施氮处理,传统处理氮肥施用量以及施肥时间与棉花生长未达到同步,并且氮肥用量尤其是基肥用量远大于棉花阶段吸氮量,易造成棉株对氮肥的奢侈吸收以及土壤中累积氮素。因此,在用方程拟合肥料用量与吸氮量之间的关系时,应剔除基、追肥比例不同的施氮处理,为更加准确的推荐氮肥用量做出更合理的判断。

随氮肥投入氮肥表观利用率降低,土壤供氮能力变化不大,在施氮量达到  $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  时,再增加氮肥投入,对棉花产量的贡献率降低,而势必引起环境恶化。因此,超高密栽培条件下,获得  $2400 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  皮棉产量水平,氮肥(N)适宜用量以  $240 \sim 300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  为宜。因此,根据棉花氮素吸收和生育期氮肥需要量确定的施氮量是比较合理且能够获得棉花高产。

### 参考文献:

- [1] 张旺锋,李蒙春,勾玲,等. 新疆高产棉花养分吸收特性的研究[J]. 棉花学报,1998,10(2):88-95.
- [2] 别墅,唐仕芳,涂修亮,等. 棉花干物质积累与养分吸收的模拟模型研究[J]. 湖北农业科学,1999(3):

- 5-9.
- [3] 白灯莎·买买提艾力,冯固,黄全生,等. 新疆高产棉花营养特征及施肥方式的研究[J]. 中国棉花, 2002, 29(11):11-13.
- [4] 郑德明,姜益娟,朱朝阳,等. 新疆棉花高产栽培干物质积累和生长发育动态研究[J]. 中国棉花, 1999, 26(7):17-18.
- [5] 李蕾,娄春恒,文如镜,等. 新疆不同密度下棉花 N、P 吸收及其分配研究[J]. 西北农业学报, 1999, 8(1): 37-39.
- [6] 张炎,王讲利,李磐,等. 新疆棉田土壤养分限制因子的系统研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(6): 57-60.
- [7] 盛建东,侯秀玲,文启凯. 新疆棉花生产对生态环境影响的分析[J]. 中国棉花, 2004, 31(5): 6-8.
- [8] 杨舵,季元中. 新疆的棉花生产与生态环境[J]. 新疆气象, 2001, 24(1):24-27.
- [9] 向祥盛,郭新正,吐尔逊娜依·米吉提. 新疆耕地土壤氮素含量特征[J]. 土壤肥料, 2002, (3):25-27.
- [10] 胡尚钦,杨晓,张相琼,等. 紫色土壤施氮对棉花产量品质的效应[J]. 棉花学报, 2001, 13(1):36-41.
- [11] 宋志伟,刘松涛,曹雯梅,等. 杂交棉氮磷钾吸收分配特点的研究[J]. 棉花学报, 2006, 18(2):89-93.
- [12] ROTH G W, Fox R H. Tissue test for predicting nitrogen fertilizer requirement of winter wheat [J]. Agron J, 1989, 81:502-507.
- [13] SCAIFE M A, Stevens K L. Monitoring sap nitrate in vegetable crops; concentration of test strips with electrode and effects of time of day and leaf position [J]. Commun Soil Sci Plant Anal, 1983, 14(9): 761-771.
- [14] 杨莉琳,胡春胜. 施肥对华北高产区土壤  $\text{NO}_3^-$ -N 淋失与作物含量及产量的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(5):501-505. ●