

高氯灌溉水对盆栽烤烟氯吸收和分配的影响

孙计平,吴照辉*,李雪君,丁燕芳,孙 焕,平文丽
(河南省农业科学院 烟草研究所/河南省烟草公司 烟草研究所,河南 许昌 461000)

摘要: 为了明确高氯灌溉水对烤烟氯含量的影响,采用盆栽试验,并使用高氯含量(90.25 mg/L)灌溉水进行灌溉,比较灌水量对2个烤烟品种氯吸收和积累的影响。结果表明,2个烤烟品种不同器官的氯含量和氯积累量均表现为叶片>茎>根,叶片氯积累量分配比例为57.33%~75.61%,叶片氯含量在旺长期最高,随生育时期推进而减少,成熟期最低。叶片氯含量和氯积累量均随灌水量增加而增加;豫烟13号各时期叶片氯含量和氯积累量均低于中烟100,且叶片氯积累量分配比例也低于中烟100。旺长期灌溉高氯含量的灌溉水显著影响烟叶氯含量,灌溉量越大,烟叶氯含量越高;与中烟100相比,豫烟13号吸收的氯较少,烟叶氯含量较低。

关键词: 烤烟;高氯灌溉水;氯;积累量;分配

中图分类号: S572 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2017)10-0044-05

Effect of High Chlorine Irrigation Water on the Chlorine Absorption and Distribution of Potted Flue-cured Tobacco

SUN Jiping, WU Zhaohui*, LI Xuejun, DING Yanfang, SUN Huan, PING Wenli
(Tobacco Research Institute of Henan Academy of Agricultural Sciences/Tobacco Research Institute of Henan Tobacco Company, Xuchang 461000, China)

Abstract: In order to study the effect of irrigation water on the chlorine content of flue-cured tobacco, we compared the effect of different amount of irrigation water on the chlorine content and accumulation of two flue-cured tobacco varieties by using pot experiment and irrigation water with high chlorine(90.25 mg/L). The results showed that the content and accumulation of chlorine in two varieties were all shown as leaf > stem > root. The chlorine accumulation in leaves accounted for 57.33%—75.61% of the total chlorine accumulation. The chlorine content of leaf decreased with growth of the leaves and it was highest in vigorous growth stage and was lowest in the mature period. The chlorine content and accumulation of leaves increased with the increase of irrigation amount. The chlorine content and accumulation of leaves of Yuyan 13 were lower than that of Zhongyan 100. The proportion of chlorine accumulation in the leaves of Yuyan 13 was lower than that of Zhongyan 100. The chlorine content of tobacco leaf was significantly affected by the chlorine content of irrigation water in the vigorous stage. The greater the amount of irrigation, the higher chlorine content of tobacco leaves. Compared with Zhongyan 100, the chlorine content of Yuyan 13 was lower due to the less absorption of chlorine.

Key words: flue-cured tobacco; high chlorine irrigation water; chlorine; accumulation; distribution

烟草是我国重要的经济作物之一,种植面积和产量均居世界第一^[1],其中,烤烟产量占烟叶总产量90%以上,是中式卷烟的重要原料基础^[2]。氯是烤烟生长所必需的营养元素之一,也是评价烟叶质

收稿日期:2017-03-25
基金项目:河南省烟草公司科技项目(HYKJ201204, HYKJ201404);上海烟草集团项目(SZBCW201500829);河南省农业科学院财政预算项目(YCY20167813, 201776-5)
作者简介:孙计平(1978-),女,河北玉田人,助理研究员,硕士,主要从事烟草遗传育种研究。
E-mail:sunjiping2002@126.com。*与第一作者同等贡献

量的重要指标。适宜的氯含量有利于提高烟叶品质,一般认为,烟叶氯含量在 0.3%~0.8% 较为适宜,超过 1% 将影响烟叶的燃烧性和烟气质量^[3]。

黄淮烟区和西北烟区是我国土壤氯含量较高的两大烟区,烟叶氯含量偏高的问题一直未得到很好地解决^[4],已经成为影响烟叶质量的关键因子之一,尤其是干旱年份,烟叶氯含量偏高问题尤为突出。烟株对氯离子的吸收量与土壤和灌溉水的氯含量密切相关^[5]。张翔等^[6]研究认为,烟叶 61.8% 的氯来源于土壤,37.1% 的氯来源于灌溉水,如果不引入高氯含量灌溉水,则烟叶氯含量仍在适宜范围内。范艺宽等^[7]研究发现,在烟叶氯含量偏高问题较为突出的豫中和豫东地区,灌溉水氯含量超过植烟适宜范围的比例明显大于土壤。旺长期是烤烟的需水临界期,河南烟区在烤烟旺长期容易出现生理干旱,往往需要进行灌溉以满足烟叶正常生长。不同品种对水分需求不同,烟叶氯含量差异也较大^[8]。高氯含量的灌溉水对不同品种烟叶氯含量的影响鲜有报道,鉴于此,利用盆栽试验模拟旺长期干旱,以烤烟新品种豫烟 13 号和主栽品种中烟 100 为供试材料,采用高氯含量的灌溉水进行灌溉,研究不同灌溉量对 2 个烤烟品种各生育时期氯吸收、积累和分配的影响,以了解不同烤烟品种在高氯灌溉水条件下灌水量对其氯含量的影响,为河南烟区推广新品种以及有效降低烟叶氯含量提供数据支撑。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试材料为烤烟新品种豫烟 13 号和主栽烤烟品种中烟 100。供试土壤为褐土,有机质含量为 15.12 g/kg、全氮含量为 0.92 g/kg、碱解氮含量为 67.25 mg/kg、速效磷含量为 8.09 mg/kg、速效钾含量为 110.85 mg/kg,氯含量为 20.16 mg/kg。灌溉水氯含量为 90.25 mg/L。

1.2 试验设计

盆栽试验在河南省农业科学院烟草研究所(许昌)进行。选用直径 42 cm、高 30 cm 的塑料盆,装

盆前将土壤过筛,每盆装土 25 kg,施氮量 6 g/盆,氮、磷、钾比例为 1:1:3,盆内套 0.125 mm 筛网防止根系通过盆底下扎,盆底接托盘,渗出水分浇回盆中。3 月 5 日播种,5 月 10 日选取健壮 7 片真叶烟苗移栽于盆中,团棵前(含团棵期)正常管理。

采用完全随机区组试验,设计 3 个灌水量处理,即处理 A:每次浇水量为 6 kg/盆(正常供水);处理 B:每次浇水量为 4 kg/盆(中度干旱);处理 C:每次浇水量为 2 kg/盆(重度干旱)。6 月 18 日(团棵期结束,开始进入旺长期)开始控制浇水,用防雨棚遮挡自然降水,每次以处理 C 表现严重干旱时进行浇水,控制浇水 20 d。控水结束后打开防雨棚,所有处理均在自然状态下,遇干旱进行灌溉以补充水分(各处理补水量相同)。

1.3 测定项目及方法

分别于旺长期(处理结束后 7 月 9 日)、现蕾期(7 月 20 日)、成熟期(9 月 9 日)取样,每次随机选取 3 株,按部位分解为根、茎、叶片,分别称鲜质量,105 ℃ 杀青 30 min,65 ℃ 烘干至恒质量,称干质量。不锈钢电磨粉碎后过 0.15 mm 筛,烟叶氯含量参照标准 YC/T 162—2011^[9]采用连续流动法测定。

1.4 统计分析

应用 Excel 和 DPS 14.1^[10] 进行统计分析。
氯积累量 = 干物质质量 × 氯含量,
各器官氯积累量分配比例 = 各器官氯积累量/整株氯积累量 × 100%。

2 结果与分析

2.1 灌溉量对不同烤烟品种根、茎、叶氯含量的影响

根据表 1 可知,除现蕾期根部氯含量外,其他时期品种间根、茎、叶的氯含量差异均达极显著水平;除旺长期根部氯含量外,其他时期灌水处理间根、茎、叶的氯含量差异均达极显著水平;除旺长期叶部氯含量外,其他时期品种与灌水互作对氯含量的影响极显著。

表 1 各生育时期烤烟根、茎、叶氯含量的方差分析(F 值)

变异来源	根			茎			叶		
	旺长期	现蕾期	成熟期	旺长期	现蕾期	成熟期	旺长期	现蕾期	成熟期
品种	83.12 **	0.01	676.00 **	9.74 **	207.05 **	117.40 **	90.14 **	156.06 **	16 432.72 **
灌水处理	2.35	46.17 **	247.00 **	132.46 **	69.29 **	74.30 **	141.47 **	302.99 **	4 154.18 **
品种 × 灌水	29.09 **	10.11 **	331.00 **	59.83 **	21.09 **	9.35 **	1.63	57.06 **	323.17 **

注: * 表示在 0.05 水平差异显著, ** 表示在 0.01 水平差异显著。表 3 和表 5 同。

由表 2 可以看出,随生育时期的推进,烤烟根、茎、叶中的氯含量均呈下降趋势。不同生育时期,供

试烤烟叶部氯含量均随灌溉量的降低而降低。相同灌水处理不同品种比较来看,3 个生育时期豫烟 13 号叶部氯含量均低于中烟 100,且除现蕾期正常供水处理外,品种间叶片氯含量差异均达到显著水平。

中烟 100 旺长期根部氯含量随灌溉量的降低而增加,豫烟 13 号旺长期和现蕾期根部氯含量随灌溉量的降低而降低。除旺长期处理 C 外,豫烟 13 号茎部氯含量显著高于中烟 100。

表 2 各生育时期烤烟根、茎、叶的氯含量 %

品种	灌水 处理	根			茎			叶		
		旺长期	现蕾期	成熟期	旺长期	现蕾期	成熟期	旺长期	现蕾期	成熟期
中烟 100	A	0.34c	0.21b	0.12c	0.83b	0.52c	0.41b	1.83a	1.39a	1.28a
	B	0.37b	0.19bc	0.11e	0.68d	0.52c	0.36d	1.58b	1.22b	1.16b
	C	0.42a	0.18c	0.11d	0.72c	0.48d	0.40c	1.32c	1.19b	0.97c
豫烟 13 号	A	0.34bc	0.23a	0.15b	0.87a	0.62b	0.44a	1.59b	1.37a	0.97c
	B	0.30d	0.18c	0.18a	0.82b	0.66a	0.41bc	1.38c	1.12c	0.69d
	C	0.29d	0.16d	0.11e	0.62e	0.52c	0.41b	1.01d	0.87d	0.65e

注:同列不同小写字母表示处理间差异达到 5% 显著水平,表 4 和表 6 同。

2.2 灌溉量对不同烤烟品种根、茎、叶干质量的影响

表 3 表明,3 个生育时期,灌水处理对根、茎、叶的干质量均有极显著影响;品种对现蕾期和成熟期

的茎、叶干质量有极显著影响;品种与灌水互作对现蕾期根、旺长期茎、成熟期叶的干质量影响极显著,对现蕾期茎和旺长期叶的干质量影响显著。

表 3 各生育时期烤烟根、茎、叶干质量的方差分析(F 值)

变异来源	根			茎			叶		
	旺长期	现蕾期	成熟期	旺长期	现蕾期	成熟期	旺长期	现蕾期	成熟期
品种	1.34	0.69	3.90	0.17	23.88 **	15.60 **	0.31	94.30 **	270.74 **
灌水处理	29.37 **	26.15 **	8.63 **	22.35 **	32.95 **	42.76 **	59.59 **	96.55 **	149.51 **
品种×灌水	3.06	9.59 **	1.23	8.97 **	4.65 *	1.30	5.23 *	3.44	19.52 **

由表 4 可以看出,旺长期,2 个烤烟品种根干质量随灌水量的减少而降低,且处理 C 显著低于处理 A、B;现蕾期,豫烟 13 号在正常供水时根干质量显著高于其他 2 个处理,而中烟 100 根干质量在 3 个灌水处理间差异不显著;成熟期,2 个品种处理 C 根干质量显著低于处理 A。3 个时期 2 个烤烟品种的

茎干质量均随灌水量的减少而下降。从叶干质量来看,旺长期中烟 100 随灌水量的减少显著降低,豫烟 13 号处理 C 显著低于处理 A、B;现蕾期和成熟期,2 个烤烟品种叶干质量均随灌水量减少而显著降低。

表 4 各生育时期烤烟根、茎、叶的干物质积累量 g/株

品种	灌水 处理	根			茎			叶		
		旺长期	现蕾期	成熟期	旺长期	现蕾期	成熟期	旺长期	现蕾期	成熟期
中烟 100	A	28.01a	46.07b	75.48a	51.36a	101.29a	134.63ab	85.28a	123.04b	127.66b
	B	25.95a	42.21bc	64.17c	43.60b	89.04b	125.40cd	77.03b	101.53c	104.00d
	C	18.16c	41.39bc	64.95bc	34.96c	79.26b	112.65e	59.18c	90.05d	92.67e
豫烟 13 号	A	27.63a	55.91a	78.19a	46.03b	85.42b	139.36a	77.29b	135.71a	137.33a
	B	25.34a	40.58bc	73.62ab	43.13b	82.54b	130.15bc	78.23b	125.72b	128.00b
	C	22.09b	36.72c	66.25bc	42.29b	72.56c	123.16d	63.30c	106.46c	120.33c

2.3 灌溉量对不同烤烟品种氯积累量的影响

表 5 表明,各生育时期,品种和灌水处理对整株烤烟氯积累量均有极显著影响,灌水处理对叶片和整株氯积累量的影响大于品种。灌水处理对烤烟根、茎、叶和整株氯积累量的影响均达极显著水平;除现蕾期根和旺长期茎外,其他时期各部位氯积累量的品种间差异显著或极显著;品种与灌水互作对现蕾期各部位、成熟期根和叶的氯积累量影响极显

著,对旺长期茎和整株、成熟期整株氯积累量影响显著。

由表 6 可以看出,不同部位的氯积累量由大到小依次为叶、茎、根。从根部氯积累量比较来看,旺长期,豫烟 13 号随灌水量减少而显著降低,中烟 100 表现为处理 A、B 显著高于 C;现蕾期,2 个品种均随灌水量减少而减少;成熟期,中烟 100 表现为处理 A 显著高于处理 B、C,豫烟 13 号表现为处理 A、B

显著高于 C。

从茎氯积累量比较来看,旺长期,2 个品种均随灌水量减少而显著降低;现蕾期,中烟 100 随灌水量的减少而显著降低,而豫烟 13 号随灌水量的减少呈先增加后降低的趋势;成熟期,2 个烤烟品种茎部氯积累量均随灌水量的减少而降低。

2 个烤烟品种叶部氯积累量和整株氯积累量均随生育时期的推进呈先增加后降低的变化趋势。旺长期和成熟期,豫烟 13 号各处理叶部和整株氯积累量均明显低于中烟 100。随灌水量的减少,2 个烤烟品种在 3 个生育时期的叶部和整株氯积累量显著下降。

表 5 各生育时期烤烟根、茎、叶氯积累量的方差分析(F 值)

变异来源	根			茎			叶			整株		
	旺长期	现蕾期	成熟期	旺长期	现蕾期	成熟期	旺长期	现蕾期	成熟期	旺长期	现蕾期	成熟期
品种	14.73 **	2.68	67.30 **	2.36	6.10 *	77.78 **	30.93 **	5.08 *	304.65 **	33.34 **	15.58 **	54.09 **
灌水处理	29.90 **	108.28 **	32.63 **	89.61 **	51.55 **	75.69 **	118.72 **	306.39 **	712.88 **	211.07 **	566.83 **	516.55 **
品种×灌水	3.86	33.64 **	27.98 **	6.88 *	7.47 **	0.58	3.05	15.20 **	24.37 **	5.53 *	30.76 **	6.71 *

表 6 各生育时期烤烟根、茎、叶的氯积累量 mg/株

品种	灌水 处理	根			茎			叶			整株		
		旺长期	现蕾期	成熟期	旺长期	现蕾期	成熟期	旺长期	现蕾期	成熟期	旺长期	现蕾期	成熟期
中烟 100	A	95.29a	95.06b	91.52b	427.41a	528.32a	552.91b	1 558.63a	1 712.72b	1 639.81a	2 081.32a	2 336.10b	2 284.24a
	B	95.72a	80.42c	68.88c	296.19c	447.06b	446.22d	1 217.01bc	1 234.72d	1 204.84c	1 608.92bc	1 762.20d	1 719.94c
	C	75.76b	73.93c	74.21c	251.38d	383.51c	445.55d	780.61d	1 072.24e	895.22d	1 107.75d	1 529.67e	1 414.98e
豫烟 13 号	A	94.72a	130.28a	117.80a	399.80a	526.09a	617.90a	1 226.18b	1 852.57a	1 326.66b	1 720.70b	2 508.94a	2 062.37b
	B	76.98b	74.69c	128.84a	355.18b	545.07a	528.30bc	1 080.76c	1 412.57c	882.56d	1 512.91c	2 032.33c	1 539.69d
	C	64.05c	57.73d	71.81c	263.95cd	379.21c	508.56c	636.42e	929.81f	787.54e	964.43e	1 366.75f	1 367.92e

2.4 灌溉量对不同烤烟品种氯分配的影响

由表 7 可以看出,氯积累量主要集中在叶片上,占整个植株氯积累量的 57.33% ~ 75.61%,其次为茎,根部氯积累量最少。各部位氯积累量的分配比例随品种、生育时期和灌水量的不同而不同。品种间比较,除现蕾期处理 A 外,豫烟 13 号 3 个生育时期其他处理的叶部氯积累量分配比例均小于中烟 100;不同生育时期比较,2 个烤烟品种叶部氯积累量分配比例在生育后期明显低于生育前期和中期,

且豫烟 13 号下降幅度较大;不同灌水量处理比较,随着灌水量的减少,烤烟叶部氯积累量分配比例总体呈下降趋势。

根系中氯积累量分配比例较低,故其随品种、生育时期和灌水处理的变化对整个烟株各部位氯分配比例变化的影响相对较小。成熟期时,茎部氯积累量分配比例明显高于旺长期和现蕾期,且豫烟 13 号的茎部氯积累量分配比例明显高于中烟 100。

表 7 烤烟各部位氯积累量分配比例 %

品种	灌水 处理	根			茎			叶		
		旺长期	现蕾期	成熟期	旺长期	现蕾期	成熟期	旺长期	现蕾期	成熟期
中烟 100	A	4.59e	4.07cd	4.01c	20.60cd	22.61bc	24.21f	74.81a	73.32a	71.78a
	B	5.95bc	4.56abc	4.01c	18.44d	25.41ab	25.94e	75.61a	70.03b	70.05b
	C	6.84a	4.86ab	5.25b	22.72bc	25.14ab	31.49c	70.44b	70.00b	63.27d
豫烟 13 号	A	5.51cd	5.19a	5.70b	23.28bc	20.97c	29.95d	71.21b	73.84a	64.34c
	B	5.10de	3.68d	8.36a	23.47b	26.80a	34.31b	71.42b	69.52b	57.33e
	C	6.64ab	4.22bcd	5.25b	27.36a	27.74a	37.18a	66.00c	68.04b	57.57e

3 结论与讨论

氯是烟草生长发育必需的营养元素之一,同时,烟草也是典型的“忌氯作物”之一^[11],因此,烟叶中氯含量过低或过高均不利于烟叶质量的提高^[12]。我国西南烟区由于降水量大等原因,往往需要施用含氯肥料来解决烟叶氯含量偏低问题,而北方烟区则需要采用不含氯肥料、控制土壤和灌溉水氯含量

等措施来降低烟叶氯含量。烟叶中氯主要来源于土壤,而输入土壤中的氯主要有以下几个来源:雨水、施肥、灌溉水、海洋飞沫、灰尘和空气污染^[13]。我国主要植烟区远离海洋,雨水和海洋飞沫带入土壤中的氯很少,灰尘和空气污染除特殊情况外也不是烟田氯输入的主要途径,而在烟叶生产当季基本杜绝了肥料氯的带入,因此,烟田中氯输入的主要途径为前茬残留和灌溉水。《中国烟草种植区划》中明确

提出,土壤氯含量小于 30 mg/kg、灌溉水氯含量小于 16 mg/kg 是烟草种植最适宜区的主要指标^[14]。近年来,河南烟叶氯含量偏高已经成为制约河南烟叶质量提高和影响烟叶生产可持续发展的关键因子之一。

烟草对氯属于“奢侈吸收”,随介质中氯离子浓度的增加而吸收增加。刘国顺等^[15]研究表明,在 0.5~4.0 mmol/L 的 Cl^- (17.75~142 mg/kg) 营养液中,烟株各种酶活性仍较高,表明烤烟对介质 Cl^- 浓度有较大的适应范围。选择合适的茬口可以避免土壤中残留的氯含量过高,但在干旱时需要采取灌溉的方式减轻干旱对烤烟生长的影响^[16],在黄淮海烟区,作为主要灌溉水来源的地下水有很大比例超过了植烟适宜的灌溉水氯含量标准。本研究采用高氯灌溉水和盆栽的方式,研究了烤烟在旺长期遭遇干旱时,不同灌溉量对不同烤烟品种烟叶氯含量的影响。结果表明,烤烟叶片氯含量因品种、生育时期、灌水量(氯引入量)的不同而变化,叶片中氯含量在旺长期最高,随生育时期推进而逐渐降低,成熟期最低;叶片氯含量和氯积累量均随灌水量增加而增加,这与前述的烟叶氯含量随介质中 Cl^- 浓度增加而增加的结论一致。何其芳^[8]研究了 94 份烤烟品种钾、氯、总糖、还原糖、总氮、蛋白质、烟碱等化学成分含量的变化幅度后发现,氯含量的变异系数最大,说明烟叶氯含量存在基因型差异。在本试验中,与中烟 100 相比较,豫烟 13 号吸收的氯较少,烟叶氯含量较低。成熟期,豫烟 13 号叶部氯积累量显著低于中烟 100,而豫烟 13 号茎部氯积累量却显著高于中烟 100。因此,建议在高含氯灌溉水烟田采用叶片低积累氯或者抗旱的烤烟品种、进行抗旱栽培、改变灌溉方式等措施减少灌溉水量以达到降低烟叶氯含量的目的。

烟草体内氯以离子形态存在,移动性强,可在不同部位间转移。烟草不同器官含氯量以叶最高,其次是茎,再次是根,根、茎、叶吸收总氯量比例约为 1:2:7^[5]。在本试验中,2 个烤烟品种各处理氯含量和积累量均表现为叶片>茎>根,叶片氯积累量分配比例 70% 左右,氯在根、茎、叶的分配比例大致与前人研究一致。与生育前期相比,在生育后期茎部氯积累量分配比例明显上升;当灌水量(氯引入量)增加时,烤烟叶部氯积累量分配比例明显上升。本试验中,尽管灌溉水氯含量较高,但豫烟 13 号成熟

期处理 B 和 C 叶片氯含量为 0.65% 左右,均在适宜范围;且在相同条件下,豫烟 13 号叶片的氯含量和氯积累量均显著低于中烟 100,其叶片氯积累量分配比例也明显低于中烟 100,这可能是由其自身的生物学特性决定的,且灌水量(氯引入量)越少趋势越明显,豫烟 13 号叶片氯含量较低是否还存在其他机制尚待研究。

参考文献:

- [1] 刘国顺. 烟草栽培学[M]. 北京:中国农业出版社, 2003:1-2.
- [2] 黄国友,翟欣,朱维华,等. 我国烤烟种植业重心区位空间分析[J]. 中国烟草科学,2012,33(2):94-97.
- [3] 李永忠,罗鹏涛. 氯在烟草体内的生理代谢功能及其应用[J]. 云南农业大学学报,1995,10(1):57-61.
- [4] 商静,许嘉阳,范艺宽,等. 高氯土壤条件下烤烟对 Cl^- 通道抑制剂的生理响应[J]. 植物营养与肥料学报, 2017,23(2):460-467.
- [5] 张阳,屠乃美,康健,等. 烤烟氯营养研究进展[J]. 湖南农业科学,2015(3):139-143.
- [6] 张翔,范艺宽,黄元炯,等. 烤烟吸收氯的主要来源及其在体内分布的研究[J]. 土壤肥料,2006(2):62-64.
- [7] 范艺宽,张翔,黄元炯,等. 河南烟区土壤和灌溉水氯含量状况评价[J]. 烟草科技,2003(8):39-41.
- [8] 何其芳. 94 份烟草材料的遗传多样性和主要品质成分的分析[D]. 广州:华南理工大学,2012.
- [9] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 氯的测定 连续流动法:YC/T 162—2011[S]. 北京:中国标准出版社,2011.
- [10] Tang Q Y, Zhang C X, Data processing system (DPS) software with experimental design, statistical analysis and data mining developed for use in entomological research[J]. Insect Science,2013,20(2):254-260.
- [11] 刘洪斌,毛知耘. 氯和钾营养对烤烟产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,1995,1(1):57-63.
- [12] 冉法芬,许自成,李东亮,等. 我国主产烟区烤烟钾、氯、钾氯比与评吸质量的关系分析[J]. 西南农业学报,2010,23(4):1147-1150.
- [13] White P J, Broadley M R. Chloride in soils and its uptake and movement within the plant: A review[J]. Annals of Botany,2001,88:967-988.
- [14] 王彦亭,谢剑平,李志宏. 中国烟草种植区划[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [15] 刘国顺,李姗姗,位辉琴,等. 不同浓度氯营养液对烤烟叶片生理特性的影响[J]. 华北农学报,2005,20(2):72-75.
- [16] 刘鹏,朱金锋,郭利,等. 烤烟氯离子来源及控制措施研究进展[J]. 江西农业学报,2013,25(3):74-77.