

# 植烟土壤中氯元素的来源·动态及其影响因素与消减策略的研究进展

任汝周<sup>1</sup>, 李佛琳<sup>1\*</sup>, 徐照丽<sup>2\*</sup>, 邹聪明<sup>2</sup>, 胡小东<sup>3</sup>, 吴会平<sup>4</sup> (1. 云南农业大学烟草学院, 云南昆明 650201; 2. 云南省烟草农业科学研究院, 云南昆明 650021; 3. 云南省烟草公司楚雄州公司, 云南楚雄 675000; 4. 云南省香料烟有限公司, 云南保山 678000)

**摘要** 氯是影响烟叶质量的因素之一, 烟叶含氯量在 0.3% ~ 0.8% 较为适宜, 烤烟中的氯元素与植烟土壤中氯元素含量正相关, 极有必要对土壤中氯元素的积累动态规律进行研究。从土壤中氯的来源、影响因素、动态变化、消减策略几个方面进行综述, 并提出其消减因素与策略, 为烤烟氯元素的深入研究提供参考。

**关键词** 烤烟; 氯; 土壤; 动态规律; 消减策略

**中图分类号** S158.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)04-0012-03

## Research Progress of the Source, Dynamic and Influence Factors and Reduction Strategies of Chlorine in Tobacco Soil

REN Ru-zhou<sup>1</sup>, LI Fo-lin<sup>1</sup>, XU Zhao-li<sup>2</sup> et al (1. College of Tobacco Science, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201; 2. Yunnan Academy of Tobacco Agricultural Sciences, Kunming, Yunnan 650021)

**Abstract** Chlorine is one of the factors that affect the quality of tobacco leaves, the appropriate tobacco chlorinity is 0.3% - 0.8%, chlorine in flue-cured tobacco and chlorine content in soil is positively correlated, it is very necessary to study the accumulation dynamic rule of chlorine in soil. The source of the chlorine content in soil, influencing factors, dynamic changes, reduction strategy were reviewed, and the reduction factors and strategy were put forward to provide a reference for the further research of chlorine in flue-cured tobacco.

**Key words** Flue-cured tobacco; Chlorine; Soil; Dynamic law; Reduction strategies

有关烤烟 N、P、K 营养元素的探讨, 目前国内研究成果较多, 也在烤烟实际生产中得到充分利用, 然而, 对氯的研究相对较少, 并且相关的研究主要集中在氯的负面效应<sup>[1]</sup>。土壤中的氯元素含量作为作物氯素营养吸收的重要物质基础, 是土壤供氯能力的直接决定因素。韩忠明等<sup>[2]</sup>研究表明我国七大烟区烤烟氯含量普遍偏低, 均低于国外优质烤烟氯含量, 对烤后烟叶回潮产生一定的阻碍。因此, 在烤烟生产中, 加大对氯相关问题的研究, 在解决降低烟叶生产成本、改善和提高烟叶质量等问题上是极其关键的。

氯是烟草整个生长发育过程中需求量最大的必需微量元素<sup>[3]</sup>。一般认为烟叶适宜含氯量为 0.3% ~ 0.8%, 烟叶质地柔软, 膨胀性好, 易切丝, 不易破损, 有利于卷烟企业加工。氯对作物的生理影响是多方面的: ①激活光合作用中水的光解反应不可或缺的条件之一; ②参与根叶细胞分裂, 减少钾离子外溢, 同时使烟叶的内含物更加充实; ③在 N-甲基吡咯中发挥平衡电荷的作用, 从而影响烟碱合成。在适宜范围内, 烟叶含氯量高则膨压高, 挺立的叶面积大, 烟叶吸收太阳光照充分, 光合作用效率高, 对提高烟叶产量有促进作用。含氯量过高和过低均会降低烟叶产质量: 大于 1.0% 时, 烟叶颜色变淡, 无光泽, 不易切丝, 同时会减少钾的有机酸盐而间接导致燃烧性变差, 增加了熄火的可能性; 超过 2.9% 时, 烟株会出现氯中毒的症状, 尤其是烟叶, 出现叶缘翻卷, 中下部烟叶叶色黄化, 上部烟叶叶色深绿, 燃烧有不愉快气味产生, 烟叶完全不能持火, 不能满足工业需求; 低于 0.3% 时, 烟叶颜色淡黄, 弹性差且易碎, 切丝率低, 质量大幅度下降<sup>[4-5]</sup>。

因此, 土壤中氯的多少对烟叶质量有着重要影响, 适宜的氯含量范围可以提升烟叶质量。

土壤中氯元素含量的高低与烤烟的生理生化活动也有着密不可分的联系, 李明德等<sup>[6]</sup>研究表明, 适量的氯一方面可以提高烟株旺长期烟叶的叶绿素含量, 增加烟株根系活力; 另一方面可以提高烟株生长前期 NRase 的活性。土壤氯含量较低时, 施入氯化钾所占比例为 15% ~ 30% 的钾肥后, 不但不会造成土壤中氯含量的积累, 反而会改善烟叶品质。徐茜等<sup>[7]</sup>研究表明, 氯化钾利于烟叶的光合作用, 其蔗糖磷酸合成酶、蔗糖合成酶和蔗糖转化酶等酶的活性可以促进烟叶的碳代谢。所以, 要认识烤烟氯元素营养, 研究植烟土壤中氯元素含量的动态变化规律极其重要。

从植烟土壤中氯元素含量的来源、影响因素和动态变化 3 个方面对烤烟氯元素营养进行全面探索, 并系统地提出氯元素的消减因素与策略, 为烤烟氯元素的进一步研究提供较为明确的方向。

## 1 来源

环境中氯含量对烟株吸收铝元素有重要作用, 表现在环境中氯含量增加时, 烟株吸收氯的数量和速度也会增加。张翔等<sup>[8]</sup>研究表明, 烤烟吸收的总氯量主要来自于土壤、灌溉水和肥料氯。还有研究认为, 前茬作物对植烟土壤中氯元素含量也有一定的影响<sup>[4]</sup>。

**1.1 土壤** 现有试验结果表明烟叶和土壤中的氯元素含量呈正相关<sup>[9]</sup>, 我国烟叶含氯状况一般是东北烟区氯含量低, 黄淮海烟区含量高, 西南烟区含量特别低, 这与植烟土壤含氯量变化趋势基本一致<sup>[10]</sup>。另外, 我国土壤含氯量大致分布趋势是沿海高于内地, 北方高于南方<sup>[11]</sup>。

土壤中的氯主要以 Cl<sup>-</sup> 状态存在, 酸性条件下, 部分为交换态或吸附态<sup>[12]</sup>。张翔等<sup>[8]</sup>研究表明, 烤烟吸收的氯有高达 61.8% 是来自土壤。土壤氯元素含量增加时, 烟株对氯

**基金项目** 国家自然科学基金项目(41601330); 中国烟草总公司云南省公司科技项目(2013YN32, 2010YN22, 2014YN12, 2016YL03)。

**作者简介** 任汝周(1994—), 男, 山东东营人, 硕士研究生, 研究方向: 烟叶栽培与调制。\* 通讯作者, 李佛琳, 教授, 博士, 从事烟草生理生态研究; 徐照丽, 副研究员, 博士, 从事烟草营养及栽培研究。

**收稿日期** 2017-10-25

的吸收量基本上呈直线增加趋势。同样,石孝均等<sup>[13]</sup>、关博谦等<sup>[14]</sup>认为烟叶含氯量与土壤中氯元素的含量呈显著正相关关系,其相关方程  $y = 348.2x + 45.6$ ,  $r = 0.5453$  ( $y$  为烟叶含氯量 mg/kg,  $x$  为土壤含氯量 mg/kg,  $n = 118$ )。许自成等<sup>[9]</sup>研究表明,以湖南烟区为例,烟叶含氯量与土壤中水溶性氯之间存在极显著的线性关系:  $y = 0.1276 + 0.0091x$ , 其中 X2F:  $y = 0.1624 + 0.0101x$ ; C3F:  $y = 0.1278 + 0.0107x$ ; B2F:  $y = 0.1213 + 0.0094x$ 。刘洪斌等<sup>[15-16]</sup>研究表明,在四川典型的植烟土壤上用部分氯化钾代替硫酸钾不仅可以降低烤烟生产成本,而且有利于提高烤烟产质量,尤其是在贫氯和雨量充沛的地区,施用氯化钾效果更好,但施用量要充分考虑降雨等因素。

**1.2 灌水降水** 烟株灌溉水的含氯量之所以成为衡量灌溉水质优劣的重要指标之一,原因在于灌溉水中有相当数量的氯,在烟株吸收后,对烟叶氯元素的含量有非常明显的作用。张翔等<sup>[8]</sup>研究认为,烟株吸收的氯有 37.1% 是来自灌溉水。汪耀富等<sup>[17]</sup>研究表明,灌溉水中氯元素的含量在全国范围内的分布大致为北方高于南方,以河南为分界的情况下,北方灌溉水中氯元素含量平均为 62.44 mg/kg,明显高于南方的 19.65 mg/kg。同时降水中也含有 1.10 mg/kg 的氯离子,虽然含量不高,但会对土壤中氯离子含量产生影响,也会被烟株吸收。有研究指出,从不同烟区灌溉水中氯平均含量来看,以黄淮烟区 (25.75 mg/L) 最高,其次是东南烟区 (5.37 mg/L)、北方烟区 (4.70 mg/L) 和长江中上游烟区 (4.26 mg/L),最低为西南烟区 (3.48 mg/L),黄淮烟区与其他四大烟区存在显著差异<sup>[18]</sup>。国内不同类型灌溉水平均氯元素含量由低到高依次为雨水、河渠水、地下水、水库水,雨水氯含量、92.7% 的河渠水、90.5% 地下水和 80.0% 的水库水氯元素含量均处于适宜水平。

**1.3 肥料投入** 含氯肥料施用量的增加会影响土壤中氯离子的含量,且两者呈直线相关关系,但受降雨量和土质影响,另外,残留率也受土壤渗水性的影响<sup>[19-20]</sup>。曾睿等<sup>[21]</sup>研究表明,施氯量与烟叶氯含量呈显著正相关,与  $K_2O/Cl$  呈显著负相关 ( $P < 0.05$ ),认为云南省优质烤烟合理的施氯量为 22.5 ~ 67.5 kg/hm<sup>2</sup>。赵第锐等<sup>[22]</sup>研究表明,在皖南红壤烟区上,施氯量与烟叶中氯含量呈显著的线性相关,前者增加,后者也显著增加。许永锋等<sup>[23]</sup>研究表明,随施氯量的增加,烟株的氯含量和土壤的氯积累量表现出显著增加的趋势。

含氯肥料施用量的增加会提高土壤中氯的累积量,但会受到降雨量及土壤透水性的制约,同时,气候特征会影响土壤中氯的分布,积累残留量随着气候带的不同而有所差异。近年来,一方面,由于缺钾土壤面积的增加,大农业生产中多施用氯化钾和含氯复合肥,导致农田的氯离子迅速增加;另一方面,作为肥料施用的人粪尿和厩肥中的氯可直接进入土壤,也会提高土壤的氯元素含量。

**1.4 前茬作物** “前作效应”是指前作对后作生产的影响,前作不同,效应也会不同。烟草是一种叶用经济作物,因其受前作影响大而一般要求轮作,但由于目前在农业生产上,

前茬作物氯含量肥料的施用量没有得到有效控制,前作会对土壤中氯元素含量的增加有一定的促进作用,因此烤烟种植对前茬作物有一定要求,若前茬作物含氯肥料的施用会导致土壤中氯元素含量的积累,引起下茬烟叶氯含量升高,则会影响烟叶品质。张翔等<sup>[8]</sup>研究表明,不同茬口烟田中土壤氯元素含量由高到低依次为玉米、豆类、其他作物、烤烟和甘薯,平均氯含量分别为 42.5、32.2、29.4、27.3、19.2 mg/kg,前作为玉米的土壤因氯元素含量较高不适宜种植烤烟。随着云南省水利工程建设的发展,其中以蔬菜的种植面积增加最为迅速,2004 年全省蔬菜种植面积为 11 700 hm<sup>2</sup>,截至 2012 年底多达 19 500 hm<sup>2</sup>,8 年来增加了 60% 以上,在蔬菜种植过程中,投入较多的肥料种类为化肥和农家肥,结果导致土壤中氯元素含量的累积,因此影响烟叶的产质量。刘加红等<sup>[24]</sup>研究表明,在云南富源主要植烟区,不同前作对土壤氯元素含量存在显著或极显著差异 (Sig. = 0.040),大麦茬烤烟氯含量最高,其次是其他作物,玉米茬氯含量最低,大麦和玉米间差异达极显著水平。

## 2 影响因素

土壤中氯元素的含量和烟株吸收氯的过程受土壤离子、土壤 pH、土壤类型、气候性降雨和农艺措施的影响。

**2.1 土壤离子** 植物吸收氯属于根系的主动吸收,且是逆浓度梯度,烟株吸收氯受土壤中其他离子的影响,当土壤中施用过多的钾、钙时,氯离子会与  $Ca^{2+}$  形成离子对被土壤吸附,烟株对氯的吸收量会减少。许东亚等<sup>[25]</sup>研究表明土壤交换性镁含量与烟叶氯元素含量呈极显著正相关。刘平等<sup>[26]</sup>研究认为土壤中的  $OH^-$ 、 $NO^-$ 、 $Br^-$ 、 $H_2PO_4^-$ 、 $SO_4^{2-}$  能减少烟株对  $Cl^-$  的吸收,烟农在大量施 K、P 和硝铵等肥料的同时,会使烟株对氯元素吸收量减少<sup>[27]</sup>,这与刘勤等<sup>[28]</sup>的研究结果一致。王程栋等<sup>[29]</sup>研究表明,滇东低纬度高海拔区,如曲靖地区影响烟叶氯离子含量的最主要因素是土壤水溶性氯,同时烟叶氯元素含量也会受到土壤有效镁、速效磷和速效钙的影响。

**2.2 土壤 pH** 烟株吸收氯受到土壤 pH 的影响,结果表明烟叶氯含量与土壤 pH 呈负相关。当土壤 pH 为 5 ~ 8 时, pH 升高,烟叶氯元素含量降低,原因在于当土壤  $OH^-$  浓度增大时,一方面  $OH^-$  与  $Cl^-$  存在拮抗关系,另一方面硝化作用加强,  $NH_4-N$  含量减少,  $NO_3-N$  的浓度增加,从而烟株对  $Cl^-$  的吸收受到抑制<sup>[30]</sup>。另外,土壤中的负电荷比或 pH 值较大时,土壤还会对氯产生负吸附。

**2.3 土壤类型** 土壤类型不同,烤烟氯元素的吸收也会有所不同。秦松<sup>[31]</sup>研究表明,经过 10 年左右的种植,植烟土壤氯元素含量并无太大变化,总体平均水平保持稳定,但不同类型植烟土壤有一定差异,表现为石灰土 > 黄棕壤 > 黄壤 > 水稻土 > 紫色土。刘国顺等<sup>[32]</sup>研究表明,在重庆不同土壤类型中,以黄壤土水溶性氯含量最高,由高到低依次为黄壤、黑土、石灰性土、紫色土、山地黄棕壤。研究表明紫色土的含氯量居中,红壤含氯量较低,土壤中的含氯量均表现出随施氯量的递增而增加<sup>[33-34]</sup>。不同类型土壤氯元素含量差异较大,

如华北地区土壤含氯量由高到低为潮土、褐土(69.5 mg/kg) > 盐渍土(607.1 mg/kg) > 碱土(296.1 mg/kg) > 草甸土(31.7 mg/kg)。

优质烟要求土壤中氯元素含量一般为25~30 mg/kg,基本不超过30 mg/kg,大于45 mg/kg不适宜种植烟草。我国烟叶含氯量大多在300~20 000 mg/kg,一般是黄淮海烟叶含氯量高,东北区烟叶含氯量低,西南区烟叶含氯量最低,主要与烟区降雨量大、雨水中含氯量低等因素有关<sup>[35]</sup>,其中机理较为复杂,需要进一步研究。

**2.4 气候性降雨** 土壤中氯的分布在一定程度上取决于土壤水的运动规律,原因在于土壤中氯基本上存在于土壤溶液中。有学者曾做过11年的定位试验,研究表明施氯处理后,下层土壤中氯含量的残留率明显高于上层土层,说明氯离子的移动性较强,可经降水被淋溶,施入土壤中的氯会随水流淋洗到30 cm以下的土层<sup>[36]</sup>。阎相奎等<sup>[36]</sup>对甘肃土壤0~200 cm剖面氯离子的残留量进行研究,表明其与施氯量显著相关,氯离子主要累积在80 cm左右的土层。气候对土壤中氯元素含量影响较大,不同年度若气候不同,土壤中的氯元素含量也会有所不同。氯在土壤中的淋失量和累积量主要受降雨量和含氯肥料施用量的影响,土壤的含氯量均随淋溶次数和灌溉水量的增多而降低。

**2.5 农艺措施** 农艺措施不同,烤烟氯元素含量的吸收和积累也不同。石孝均等<sup>[13]</sup>研究表明,覆盖地膜后,烟叶含氯量升高,主要原因在于露地栽培时氯随降雨淋失,烤烟对氯的吸收减少,露地和地膜栽培条件下,中部烟叶含氯量与施氯量关系分别为: $y = 1.464 4e^{0.013 9x}$ ,  $R = 0.944 3^*$ ;  $y = 0.028x + 2.117 5$ ,  $R = 0.998 54^*$  ( $y$ 为烟叶氯素浓度含量g/kg,  $x$ 为施氯量kg/hm<sup>2</sup>)。有研究证明<sup>[37]</sup>,不同垄型也会减少烤烟氯元素含量的吸收和积累,低垄无降氯效果,双行凹垄最好,其次是高垄处理,相对于对照处理,上部叶分别降低27.92%、10.81%,中部叶分别降低43.07%、13.85%,下部叶分别降低24.2%、9.38%,主要原因在于垄作改变了土壤浅表层和较深层的水分分布规律。

### 3 动态变化

烟草对氯具有奢侈吸收现象,在土壤中氯离子主要存在形态为阴离子,受土壤表面电荷吸附很少,会随降水移出,所以受降水影响较大。从局部地方分布看,氯元素在地势高处易淋失贫化,在低处易积累富集<sup>[38]</sup>。

2002年施氯处理后土壤含氯量明显比试验前高,表明氯在土壤中有一定的累积。然而,在该试验的施氯范围内,土壤中氯素含量都小于30 mg/kg,与施氯量无关,植烟土壤仍然适合烤烟种植。2003年施氯处理后土壤含氯量与试验前基本相当,即氯在土壤中没有残留。造成2年试验结果差异如此大的原因主要是2003年烤烟生长期降雨量(966.4 mm)明显高于2002年(490.3 mm),尤其是2003年6月下旬降雨量高达337 mm,是常年的10倍,高强度的降雨导致氯离子的大量淋失,因此氯是否在土壤中残留主要取决于降雨量和降雨强度<sup>[39]</sup>。

从烟草不同生育期土壤含氯量的动态变化看,施用氮肥后,土壤含氯量急剧升高,在团棵期达到最大值,其后随着烤烟对氯的吸收以及氯随降雨等淋失,土壤含氯量又快速下降,烤烟收获后不同土层含氯量同样验证了这一结果。

### 4 消减策略

**4.1 土壤氯素主要去向** 氯素在土壤中基本上以氯离子的形态存在,形式比较单一,酸性条件下,只有部分呈吸附态或交换态<sup>[11]</sup>,因此,进入到耕层土壤的氯素的去向主要有4个方面<sup>[39]</sup>:①在地表径流作用下离开农田系统;②在土壤水分垂直淋洗作用下离开耕作层土壤;③被可见根、茎、叶、杂草残体等吸收而离开耕作层土壤;④一部分仍然残留在耕作层土壤中<sup>[40]</sup>。

### 4.2 降低土壤氯元素含量的措施

**4.2.1 科学施肥。**施肥减少烟叶中的氯元素含量措施主要有以下几个方面:①根据当地土壤的氯元素含量和气候条件,以及烟叶的需氯量,因地制宜地制订一套科学的施氯原则、用量和方法;②严格规范含氯肥料在烤烟当季和前茬上的施用,尤其是南方因为雨量较多,淋溶作用较强,应避免在烤烟当季施用高氯肥料;③增施生物有机肥和麦秆还田<sup>[41]</sup>。同时,不同的氮源对烟草吸收氯也有影响,铵态氮作氮源时,烟草吸收的氯元素含量高于其他氮源<sup>[42]</sup>。

**4.2.2 合理的种植制度。**在烟草种植中,最忌连作,主要原因在于连作会造成片面消耗养分,也会导致生物的单一性,然而,为发展烟草生产,加强对基础设施的利用,在实际生产中往往实行连作。轮作不仅可以保持土壤肥力、提高烟叶产量和降低病虫害,还可以控制植烟土壤氯含量的增加,对提高烟叶品质具有重要作用,同时控制轮作氯肥施用量,能有效减少土壤中的氯含量积累和烟叶中的含氯量。

### 5 小结

氯元素在烟草生长过程中起着十分重要的作用,一方面影响烟叶化学成分,如水溶性总糖、蛋白质(氮)和烟碱含量及其比例等,烟叶氯含量较高时,淀粉含量多,造成烟叶肥厚等;另一方面影响烟叶燃烧性和吸湿性,烟叶中氯含量较高时,烟叶燃烧性较差,吸湿性较大,还会影响烟株的正常生理代谢。因烟叶中的氯主要来源于土壤,因此,对植烟土壤氯素积累动态规律进行深入研究十分必要。

烟叶生产不仅与其他作物有着密切联系,而且烟叶氯含量受农艺措施影响较大,如施肥等,因此如何控制氯含量不单是从烟草一季作物考虑,应从烟田土壤及农艺措施等方面入手,积极研究土壤营养元素间的关系,改进农艺措施。

### 参考文献

- [1] 陈岗,董继翠. 氯元素对烟叶产质量的影响研究[J]. 云南农业科技, 2014(2):4-6.
- [2] 韩志明,李章海,黄刚,等. 我国主要烟区烤烟氯含量特征比较研究[J]. 贵州农业科学, 2008,36(1):106-107.
- [3] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京:中国农业出版社, 2003:145-149.
- [4] 曹志洪,凌霄,李仲林,等. 烤烟烟样及失调症状图谱[M]. 南京:江苏科学技术出版社, 1993:36-37.
- [5] 雷永和. 云南烟草中微肥营养与土壤管理[M]. 昆明:云南科技出版社, 1995:15-16.

- [J]. 玉米科学, 2013, 21(1): 125 - 127, 133.
- [13] 石凤梅, 马立功. 黑龙江省玉米大斑病菌小种生理分化的研究[J]. 黑龙江农业科学, 2013(2): 63 - 65.
- [14] 李勇, 潘顺法, 白金铠, 等. 玉米大斑病菌 [*Exserohilum turcicum* (Pass.) Leonard et Suggs] 生理小种鉴定结果初报[J]. 植物病理学报, 1982, 12(1): 61 - 64.
- [15] 吴纪昌, 陈刚, 邹桂珍, 等. 玉米大斑病菌生理小种研究初报[J]. 植物病理学报, 1983, 13(2): 15 - 20.
- [16] 李永刚, 王春玲, 张丽, 等. 黑龙江省第三积温带玉米种植新区不同品种对大斑病抗性的评价[J]. 黑龙江农业科学, 2014(10): 52 - 54.
- [17] 王慧, 王翊, 姜丽静, 等. 黑龙江省主栽玉米品种对大斑病抗性评价[J]. 黑龙江农业科学, 2014(4): 8 - 10.
- [18] 李春霞, 苏俊. 黑龙江省玉米主要病害的发生因素分析及其防治对策[J]. 黑龙江农业科学, 2001(6): 38 - 39.
- [19] 戴景瑞, 鄂立柱. 我国玉米育种科技创新问题的几点思考[J]. 玉米科学, 2010, 18(1): 1 - 5.
- [20] SMITH D R, KINSEY J G. Further physiologic specialization in *Helminthosporium turcicum* [J]. Plant Dis, 1980, 64(8): 779 - 781.
- [21] 虎晓红, 李炳军, 刘芳. 多颜色空中玉米叶部病害图像图论分割方法[J]. 农业机械学报, 2013, 44(2): 77 - 81.
- [22] 曹丽英, 姚玉霞, 于合龙, 等. 基于模糊本体的玉米病害诊断模型的构建[J]. 华南农业大学学报, 2014, 35(2): 101 - 104.
- [23] 刘丽娟, 刘仲鹏, 张丽梅. 基于图像处理技术的玉米叶部病害识别研究[J]. 吉林农业科学, 2014, 39(1): 61 - 65.
- [24] 陈光华, 毛浓翔, 林伟锋, 等. 玉米大斑病品种抗病性对比试验[J]. 陕西农业科学, 2014, 60(5): 1 - 3.
- [25] 董怀玉, 王丽娟, 刘可杰, 等. 辽宁常用玉米品种对大斑病的抗性鉴定[J]. 辽宁农业科学, 2014(1): 25 - 27.
- [26] 苏前富, 闫守荣, 王巍巍, 等. 东北春玉米区玉米栽培品种对大斑病抗性水平研究[J]. 玉米科学, 2012, 20(5): 135 - 138.
- [27] 张振铎, 陈俸, 高禹, 等. 枯草芽孢杆菌可湿性粉剂对玉米大斑病的田间防效[J]. 山西农业科学, 2013, 41(6): 620 - 622.
- [28] 张莹, 王艳辉, 郝敏, 等. 水杨酸诱导对玉米大斑病抗性的影响[J]. 农业生物技术学报, 2008, 16(3): 501 - 507.
- [29] 田雪亮, 张恺, 王国梁, 等. 转录组分析揭示玉米大斑病菌对解淀粉芽孢杆菌胁迫响应机制[J]. 中国科学: 生命科学, 2016, 46(5): 627 - 636.
- [30] HAASBROEK M P, CRAVEN M, BARNES L, et al. Microsatellite and mating type primers for the maize and sorghum pathogen, *Exserohilum turcicum* [J]. Australasian plant pathology, 2014, 43(5): 577 - 581.
- [31] 王孝杰. 转育玉米大斑病抗病单基因 Ht 的实用性初探[J]. 玉米科学, 1994, 2(1): 25 - 27.
- [32] 黄宜祥, 李远春, 兰发盛, 等. 不同 Ht 基因改良玉米自交系 77 的抗性表现及原因研究[J]. 西南农业学报, 1990, 3(1): 12 - 16.
- [33] 张培高, 汪燕芬, 吕宏斌, 等. 抗玉米大斑病单基因处于杂合状态时的效应[J]. 西南农业学报, 2007, 20(5): 991 - 996.
- [34] 孙越, 刘秀霞, 李丽莉, 等. 兼抗虫、除草剂、干旱转基因玉米的获得和鉴定[J]. 中国农业科学, 2015, 48(2): 215 - 228.
- [35] 张彦琴. 玉米转基因技术研究现状及发展趋势[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(32): 197 - 199.
- [36] 董继新, 董海涛, 李德葆. 植物抗病基因研究进展[J]. 植物病理学报, 2001, 31(1): 1 - 9.
- [37] 林丽, 张春宇, 李楠, 等. 植物抗病诱导剂的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(22): 5912 - 5914.
- [38] 赵继红, 孙淑君, 李建中. 植物诱导抗病性与诱抗剂研究进展[J]. 植物保护, 2003, 29(4): 7 - 10.
- [39] THOMPSON C. Georgia corn planting could be delayed and face more diseases early [N]. Southeast Farm Press, 2016 - 02 - 29.
- [40] ROBINSON K N, KALEBICH C, FELLOWS G M. Effects of foliar fungicide application on the growing corn plant [J]. Journal of animal science, 2016, 94(S2): 198.

## (上接第 14 页)

- [6] 李明德, 肖汉乾, 汤海涛, 等. 湖南烟区土壤含氯状况及烤烟施氯效应[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(1): 44 - 50.
- [7] 徐茜, 吴平, 高文霞, 等. KCl 对烤烟光合作用、碳氮代谢主要酶活性的影响[J]. 热带作物学报, 2014, 35(12): 2431 - 2436.
- [8] 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.
- [9] 许自成, 郭燕, 肖汉乾. 湖南烟区土壤水溶性氯的地区分布特点及其与烤烟氯含量的关系[J]. 生态学杂志, 2008, 27(12): 2190 - 2194.
- [10] 刘鹏, 朱金峰, 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(3): 74 - 77, 82.
- [11] 杨林波, 刘洪祥, 章新军, 等. 氯素营养对黔北烟区烤烟产量和品质的效用研究[J]. 中国烟草科学, 2002, 23(1): 21 - 24.
- [12] 胡国松, 郑伟, 王震东, 等. 烤烟营养原理 [M]. 北京: 科学出版社, 2000: 247 - 252.
- [13] 石孝均, 霍沁建, 关博谦, 等. 重庆市烤烟氯素营养研究[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2007, 29(3): 74 - 80.
- [14] 关博谦, 石孝均, 霍沁建, 等. 重庆市烟区土壤 - 烤烟氯素含量及其变化研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(1): 89 - 92.
- [15] 刘洪斌, 毛知耘. 钾肥种类与用量对烤烟产量品质的影响[J]. 西南农业大学学报, 1996(2): 174 - 178.
- [16] 刘洪斌, 毛知耘. 烤烟的氯素营养与含氯钾肥施用[J]. 西南农业学报, 1997(1): 102 - 107.
- [17] 汪耀富, 宋世旭, 杨亿军. 成熟期灌水对烤烟化学成分和致香物质含量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2007, 26(3): 101 - 104.
- [18] 武小净, 李德成, 胡锋, 等. 我国主要烟区灌溉水氯含量状况评价[J]. 土壤, 2013, 45(4): 759 - 762.
- [19] TSAI C R. The uptake of Chlorine by flue-cured tobacco in Taiwan [J]. Bulletin of Taiwan Tab Inst, 1979(10): 39 - 46.
- [20] 上海农科院土肥所. 氯化钾在水稻、大麦上的施用[J]. 上海农业科技, 1990, 37(6): 15 - 17.
- [21] 曾睿, 董文汉, 何忠俊, 等. 不同施氯水平对云南烤烟生长、产量和品质的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(21): 212 - 216.
- [22] 赵第银, 鲍穗, 王世济, 等. 安徽省主要烟区土壤和烟叶氯含量状况及合理施氯[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(8): 1611, 1623.
- [23] 许永锋, 陈顺辉, 李文卿, 等. 不同施氯量对烤烟氯含量和产质量的影响[J]. 中国烟草科学, 2008, 29(5): 27 - 31.
- [24] 刘叻红, 解燕, 张拯研, 等. 富源烟区不同前作烤烟主要化学成分差异及其协调性研究[J]. 湖南农业科学, 2010(16): 26 - 28.
- [25] 许东亚, 焦恒哲, 孙军伟, 等. 云南大理红大产区土壤理化性状与烟叶质量的关系[J]. 土壤通报, 2015, 46(6): 1373 - 1379.
- [26] 刘平, 江锡瑜, 赵进芬. 烤烟施用氯化钾对烟叶及土壤含氯量的影响[J]. 中国烟草学报, 1993, 1(3): 34 - 39.
- [27] 阳菁丽, 王龙宪, 许自成, 等. 烤烟钾、氯含量及钾氯比与烟气指标的关系分析[J]. 江西农业学报, 2011, 23(12): 109 - 112.
- [28] 刘勤, 赖辉比, 曹志洪. 不同供硫水平下烟草硫营养及对 N、P、Cl 等元素吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(1): 63 - 68.
- [29] 王程栋, 王树声, 刘新民, 等. 滇东低纬度高海拔区土壤化学性状对烟叶中硫、氯离子的影响[J]. 土壤, 2012, 44(3): 474 - 481.
- [30] 成延鳌, 伍仁军, 吴纯奎. 四川烤烟区土壤氯的动态与施氯量的确定[J]. 中国烟草学报, 1995, 3(4): 21 - 28.
- [31] 秦松. 贵州植烟土壤氯素特征与含氯钾肥施用探讨[J]. 西南农业大学学报, 2001, 23(5): 471 - 473.
- [32] 刘国顺, 李娟, 黄克久. 重庆植烟土壤有效态微量元素状况分析[J]. 烟草科技, 2010(5): 55 - 59.
- [33] 周则芳, 毛知耘. 植物、土壤氯浓度临界值的研究: (一) 水稻耐氯临界值研究[J]. 纯碱工业, 1988(5): 8 - 13.
- [34] 岳增良. 含氯化肥的营养作用与施用技术[J]. 河北农业科学, 2001, 5(4): 44 - 46.
- [35] 毛知耘, 李家康, 何光安, 等. 中国含氯化肥 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 46 - 47, 117 - 130, 134 - 138.
- [36] 阎相奎, 王复和, 高正刚, 等. 含氯化肥对灌漠土地区的甜菜产质量和土壤性质的影响[J]. 土壤通报, 1993(5): 228 - 230.
- [37] 聂铭. 陆良召夸烤烟和土壤状况分析及关键品质障碍离子的控制技术研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2014.
- [38] 李正明. 氯化铵的合理使用与发展前景[J]. 化肥工业, 1998(1): 11 - 16.
- [39] 崔权仁, 王世济, 刘小平, 等. 皖南烟区土壤氯的动态变化及氯素平衡研究[J]. 中国烟草学报, 2008, 14(2): 20 - 25.
- [40] 曹志洪. 优质烤烟生产的钾与微素 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1995: 150 - 159.
- [41] 介晓磊, 王镇, 化党领, 等. 生物有机肥对土壤氯磷钾及烟叶品质成分的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(1): 109 - 114.
- [42] 介晓磊, 黄向东, 刘世亮, 等. 不同氮素供应对烟草品质指标的影响[J]. 土壤通报, 2007, 38(6): 1150 - 1153.