

烟田土壤氯离子空间与时间动态变化规律及影响因素的研究

孙松¹, 魏军¹, 高玉平¹, 王川¹, 台金¹, 纪盛哲², 刘朋²

¹山东潍坊烟草有限公司高密分公司, 山东 高密

²山东农业大学植物保护学院, 山东 泰安

收稿日期: 2024年3月22日; 录用日期: 2024年5月8日; 发布日期: 2024年5月20日

摘要

氯离子含量对烟草品质指标有很大影响,我国部分烟区土壤氯离子含量较高,导致烟叶氯离子含量过高,严重影响烟叶品质。本试验在高密地区选择四个植烟地块,采集土壤、灌溉水样本并测定氯离子含量,分析土壤氯离子含量和降水量、灌溉水氯离子含量间的相关关系。结果表明土壤氯离子含量与降水量在较深土层(20~30 cm、30~40 cm)呈显著正相关,且随降水量不断增大,土壤中氯离子含量不断减少。但是对表层土的影响不显著(0~10 cm);土壤氯离子含量变化量随降水升高而升高,随降水增加淋溶效果增加,土壤氯离子流失变快,土壤氯离子含量变化量随之上升。

关键词

氯离子, 土壤, 降水, 烟草

Study on the Spatial and Temporal Dynamic Change Patterns of Chloride Ions in Tobacco Field Soils and the Factors Affecting Them

Song Sun¹, Jun Wei¹, Yuping Gao¹, Chuan Wang¹, Jin Tai¹, Shengzhe Ji², Peng Liu²

¹Shandong Weifang Tobacco Company Limited, Gaomi Branch, Gaomi Shandong

²College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an Shandong

Received: Mar. 22nd, 2024; accepted: May 8th, 2024; published: May 20th, 2024

Abstract

Chloride ion content significantly influences tobacco quality indicators. High soil chloride ion

文章引用: 孙松, 魏军, 高玉平, 王川, 台金, 纪盛哲, 刘朋. 烟田土壤氯离子空间与时间动态变化规律及影响因素的研究[J]. 植物学研究, 2024, 13(3): 272-279. DOI: 10.12677/br.2024.133030

content in certain tobacco-growing regions leads to elevated chloride ion levels in tobacco leaves, detrimentally impacting leaf quality. This study examined four high-density tobacco planting sites, analyzing soil and irrigation water samples to measure chloride ion content. The correlation between soil chloride ion content, precipitation, and irrigation water chloride ion content was investigated. Results revealed a significant positive correlation between soil chloride ion content and precipitation in deeper soil layers (20~30 cm, 30~40 cm), with soil chloride ion content decreasing as precipitation levels rise. Conversely, the impact on surface soil (0~10 cm) was not significant, with soil chloride ion content increasing with higher precipitation levels. Increased precipitation led to enhanced leaching effects, resulting in faster loss of soil chloride ions. Overall, soil chloride ion content rose with increasing precipitation.

Keywords

Chloride, Soil, Precipitation, Tobacco

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

氯作为烟草生长过程中必不可少的营养元素，其含量对烤烟质量有着重要影响[1]。烤烟叶片中氯离子主要来源于土壤和灌溉水[2]，而烟草作为喜氯作物，在土壤含氯量较高的情况下容易过量吸收土壤中的氯离子影响烟草品质。土壤作为烟草中各项养分的直接来源，对烟草氯离子含量具有直接影响，当土壤氯离子含量大于 10 mg/kg 时，烟草氯离子含量与土壤氯离子含量表现为极显著线性正相关[3]。在实际生产中，灌溉水中会含有一定量的氯离子，而这些氯离子同样会对烟草中氯离子含量造成影响，前人研究发现，灌溉水中氯离子含量大于 30 mg/L 时会导致烟叶燃烧性下降。土壤中的氯主要以离子形态存在，降水会使得土壤中氯离子向下移动，影响烤烟氯含量[3] [4]。

为降低烟草中氯离子含量，需要对烟草氯离子影响因素进行探究，本文主要对土壤、水源、降水三者间关系进行分析，在明确烟草生产中氯离子时空分布确定烟草降氯重点防治时期的同时，根据烟草中氯离子的来源帮助探究烟草降氯方法，以期达到降低烟草中氯离子含量、提高烟叶品质的目的。

2. 材料与方法

2.1. 研究区概况

高密市位于山东半岛中部，胶莱平原腹地，地理座标为北纬 36°8'44"至 36°41'20"、东经 119°26'16"至 120°0'38"之间。属北温带季风区，背陆面海。受欧亚大陆和太平洋的共同影响，大陆度在 50% 以上，是暖温带季风型半湿润大陆性气候，历年平均总降水量为 898 mm，历年降水量最高的季节为夏季 417 mm，降水量最高的月份为 7 月 193 mm；历年降水量最低的季节为冬季，为 61 mm。

2.2. 样品采集

2021 年 2 月至 12 月，在山东高密地区选择四块烟草种植区域采集灌溉水样和土样。土壤样品采集采用五点取样法，在每月中旬无降雨的日期进分别采取 0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm、30~40 cm 土层土样各 500 克，所采样品经晾干后过 40 目筛备用。水样用清洁干燥的 500 ml PVC 塑料瓶在 25~50 cm 深

度不搅动水底沉积物的情况下进行采集。

2.3. 土壤和灌溉水氯离子含量测定

土壤样品粉碎后于 60℃ 烘干研磨后过 60 目筛, 加入 5% 醋酸并用封口膜密封, 在振荡器上震荡萃取 30 min, 用定性滤纸过滤收集后续滤液, 使用连续流动分析仪(AA3 德国)按国家标准(NY/T 1378-2007)测定土壤含氯量。灌溉水样品使用 5% 醋酸稀释十倍后用定性滤纸过滤, 后续滤液, 按照相同方法测定氯离子含量。

2.4. 降水量信息收集

在国家气象科学数据中心(<http://data.cma.cn/>)网站收集高密地区 2021 年月降水量数据。

2.5. 数据处理

在探究土壤氯离子含量与降水量之间的线性关系时, 采用 Microsoft Excel 2017 进行数据处理, IBM SPSS Statistics 26 进行皮尔逊相关性分析。首先, 我们整理了对应的土壤氯离子含量和降水量数据。随后, 利用统计软件 IBM SPSS Statistics 26 执行了皮尔逊相关性分析。分析结果显示, 相关系数(r 值)揭示了两者之间的线性关系强度和方向, 而 p 值(Sig. 双尾)则用于判断这种相关性的显著性。

3. 结果与分析

3.1. 灌溉水对土壤氯离子含量的影响

表 1、表 2 分别为灌溉水氯离子含量与土壤氯离子含量皮尔逊相关分析表和灌溉水氯离子含量与前月差值与土壤氯离子含量皮尔逊相关分析表, 由上表可知, 灌溉水氯离子含量与土壤氯离子含量未表现出显著的相关关系, 但灌溉水氯离子含量的变化量与土壤氯离子含量在 0.01 级别(双尾), 相关性显著, 且均为负相关。在土壤氯离子含量与灌溉水氯离子含量的变化量中相关关系中, 30~40 cm 土壤氯离子含量与灌溉水氯离子含量变化量相关性绝对值最高, 而在土壤氯离子含量变化量与灌溉水氯离子含量变化量中, 30~40 cm 土层土壤氯离子含量变化量与灌溉水氯离子含量变化量相关性绝对值同样最高。

Table 1. Pearson's correlation analysis of irrigation water chloride content and soil chloride content table

表 1. 灌溉水氯离子含量与土壤氯离子含量皮尔逊相关分析表

	皮尔逊相关性	Sig.(双尾)	个案数
0~10 cm 土壤氯离子含量	-0.062	0.705	40
0~10 cm 土壤氯离子与前月差值	-0.123	0.476	36
10~20 cm 土壤氯离子含量	-0.084	0.608	40
10~20 cm 土壤氯离子与前月差值	-0.113	0.513	36
20~30 cm 土壤氯离子含量	-0.106	0.515	40
20~30 cm 土壤氯离子与前月差值	-0.181	0.292	36
30~40 cm 土壤氯离子含量	-0.058	0.721	40
30~40 cm 土壤氯离子与前月差值	-0.137	0.426	36

注: *.在 0.05 级别(双尾), 相关性显著。**.在 0.01 级别(双尾), 相关性显著。下同。

Table 2. Table of pearson’s correlation analysis between irrigation water chloride content and previous month’s difference and soil chloride content

表 2. 灌溉水氯离子含量与前月差值与土壤氯离子含量皮尔逊相关分析表

	皮尔逊相关性	Sig.(双尾)	个案数
0~10 cm 土壤氯离子含量	-0.438**	0.008	36
0~10 cm 土壤氯离子与前月差值	-0.506**	0.002	36
10~20 cm 土壤氯离子含量	-0.466**	0.004	36
10~20 cm 土壤氯离子与前月差值	-0.525**	0.001	36
20~30 cm 土壤氯离子含量	-0.461**	0.005	36
20~30cm 土壤氯离子与前月差值	-0.495**	0.002	36
30~40 cm 土壤氯离子含量	-0.630**	0.000	36
30~40 cm 土壤氯离子与前月差值	-0.594**	0.000	36

3.2. 降水量对土壤氯离子含量的影响

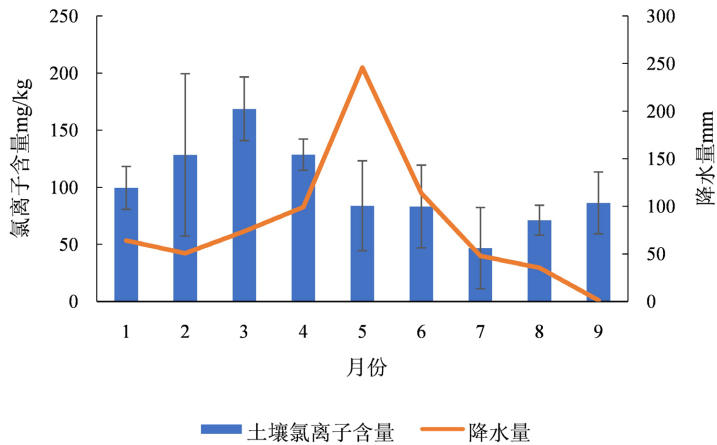


Figure 1. Precipitation/chloride ion content of test plots by month in 2021 in Gaomi

图 1. 高密 2021 年各月份降水量/试验地块氯离子含量图

如图 1 所示，土壤中氯离子含量在 6~10 月份呈下降趋势，而在 6~10 月份月总降水量均大于 45 mm，据此推测土壤氯离子含可能受降水量影响，于是对降水量与土壤氯离子含量变化量进行分析。

Table 3. Pearson correlation analysis table between precipitation and soil chloride content

表 3. 降水量与土壤氯离子含量皮尔逊相关分析表

	皮尔逊相关性	Sig.(双尾)	个案数
0~10cm 土壤氯离子含量	-0.144	0.376	40
0~10 cm 土壤氯离子与前月差值	-0.142	0.409	36
10~20 cm 土壤氯离子含量	-0.370*	0.019	40
10~20 cm 土壤氯离子与前月差值	-0.163	0.342	36
20~30 cm 土壤氯离子含量	-0.536**	0.000	40
20~30 cm 土壤氯离子与前月差值	-0.216	0.205	36
30~40 cm 土壤氯离子含量	-0.474**	0.002	40
30~40 cm 土壤氯离子与前月差值	-0.194	0.256	36

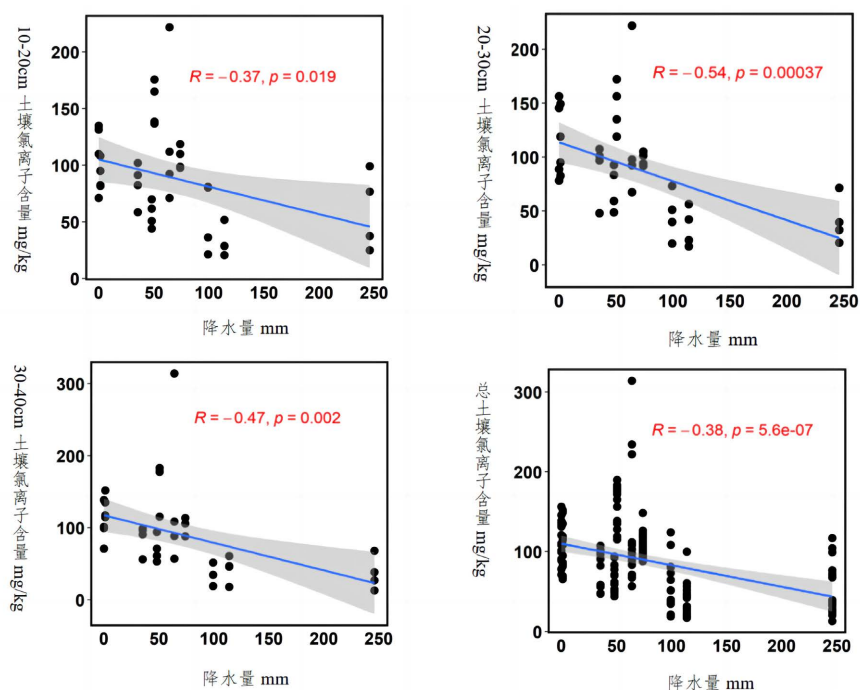


Figure 2. Scatter plot of linear regression between soil chloride ion content and precipitation 1 m
图 2. 土壤氯离子含量与降水量 1 m 线性回归散点图

表 3 和图 2 对土壤氯离子含量及变化量和降水量间的关系进行了分析。由表 3 可知，土壤氯离子含量与降水量除 0~10 cm 土层外均显著相关，而在较深土层(20~30 cm、30~40 cm)相关性更加显著。由图 1 可知，随降水量不断增大，土壤中氯离子含量不断减少。

另外，虽然土壤氯离子含量变化量与降水量在各个土层均未表现出相关性，但是如果将四土层视为一个整体，则土壤氯离子含量变化量和降水同样呈现显著相关。从图 3 中可以看出，土壤氯离子含量变化量随降水升高而升高，这同样具有合理性：随降水增加淋溶效果增加，土壤氯离子流失变快，土壤氯离子含量变化量随之上升。

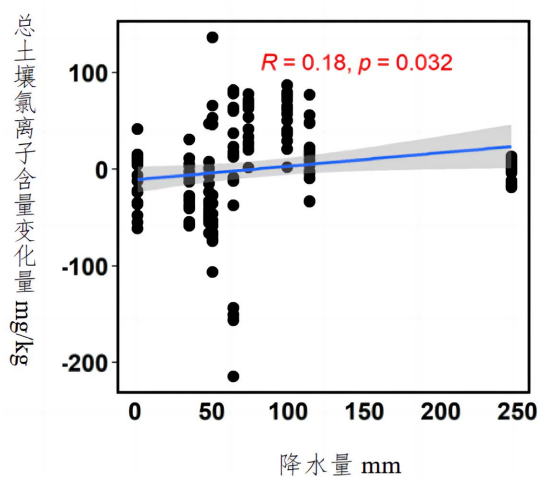


Figure 3. Scatter plot of linear regression between soil chloride content change and precipitation 1 m
图 3. 土壤氯离子含量变化量与降水量 1 m 线性回归散点图

图4表现了土壤中氯离子含量与降水及灌溉水氯离子含量的相关关系，其中灌溉水氯离子含量变化量与土壤氯离子含量变化量均具有显著相关性。灌溉水氯离子的变化与土壤氯离子含量变化同受降水影响。降水量与较深土层土壤氯离子含量具有相关性，且均为负相关，与前人降水淋溶降低土壤氯离子含量[5]的结果相吻合

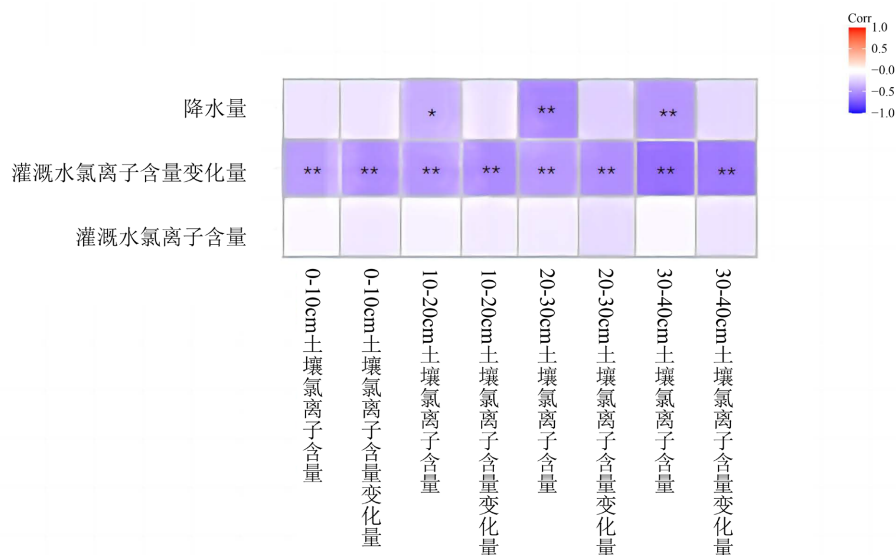


Figure 4. Soil, irrigation water and precipitation correlation maps
图4. 土壤、灌溉水及降水量相关性图

4. 讨论

4.1. 烟叶氯离子对烟叶质量的影响

氯离子对植物的生长发育有着重要作用，被誉为“生命元素”[6]，氯在保卫细胞中参与了气孔的关闭过程[7]，进而可以影响氧气、二氧化碳和水蒸气等气体的进出，影响光合效率和蒸腾速率，影响着植物的生长。在生产过程中一般极少会出现植株缺氯的症状[8]，但烟叶氯离子含量偏高的情况偶有出现。氯直接或者间接影响烟叶的品质，经过对不同香型烤烟品质特性的深入研究，发现在上部叶和中部叶中，清香型烤烟的氯含量最高，浓香型次之，而中间香型则相对较低[9]。进一步的分析还揭示了一个重要的规律，即氯含量与烟叶的燃烧性和灰度之间存在着极显著的负相关关系[10]，这意味着氯含量的增加可能会导致烟叶的燃烧性变差，灰度降低，从而对烟草的品质产生不利影响。

因此，只有适当的氯可以促进烟株的生长，但我国各地因其独特的地理环境而使得各地土壤和烟叶中的氯离子含量各不相同[11]，需要因地制宜，确定合适的方案平衡土壤中的氯含量。

4.2. 造成土壤氯离子超标的可能原因

烟草作为一种忌氯作物，土壤中过量的氯会对烟叶品质产生不良的影响。土壤中的氯与灌溉、降水、施肥、作物轮作方式等有关，是土壤氯离子的主要输入方式。北方地区灌溉水主要以水库水为主，有研究表明，不同类型灌溉水的平均氯含量呈现出一定的差异，其中水库水的氯含量最高，其次是地下水，再次是河渠水，而雨水的氯含量相对较低[12]。降雨也是一个重要因素，土壤中的氯主要以一价阴离子形式存在，与氯离子形成的化合物溶解度较大，降水后土壤中的氯溶解到水中，并随水流失，导致土壤氯

离子含量降低。

过量使用农业化肥，特别是含有氯元素的化肥[13]，如氯化钾等，会直接导致土壤中氯离子积累。绿肥因其对环境友好而在农业生产中有很多应用，其在降低土壤氯含量也发挥着重要作用，冯瑜等[14]通过对烟地施用各种绿肥后发现，在第二年冬闲处理的土壤氯离子含量要显著高于各绿肥处理。

不同种类不同类型的作物之间轮作，因其对土壤营养元素的需求不同，可以有效改善土壤理化性质。目前，已有研究表明，在烟草种植地前茬种植马铃薯会使土壤整体肥力水平降低，且存在土壤氯含量超标风险；小麦-红薯-烤烟轮作作为一种常用的传统轮作模式，有研究表明[15]，在种植红薯后土壤的氮素水平会有所下降，而磷的含量则会上升，钾和氯的含量在土壤中也会呈现减少的趋势。

4.3. 土壤氯离子的时空分布

土壤中的氯在空间上分布也极不均匀，具体表现为南方土壤中的氯含量偏低[16]，而北方偏高[17]。在南方因烟草种植时期正值雨季，降水量大，土壤中的氯离子容易溶于水中而流失，使得南方烟地土壤中氯离子的含量相对偏低；而北方尤其是黄淮烟区土壤中的氯离子含量偏高，甚至已成为该地区优质烟叶生产的一个关键的制约因素[18]。

4.4. 降低土壤氯离子含量的方法

由于我国各地土壤中氯离子含量存在差异，因此，在实际应用中，应充分调研当地土壤理化性质，以防对烟叶品质产生不良影响。通过前文研究在此总结一些降低土壤氯离子含量的方法，以作参考。灌溉水源尽量避免使用水库水，可适当配合地下水和雨水进行混合灌溉，以稀释水库水中的高浓度氯离子；其次，在施肥方面，减少含氯肥料的使用，鼓励使用绿色无污染的绿肥；最后，减少烟地常年种烟次数，采用轮作等方式。

5. 结论

氯离子含量对烟叶的品质有很大的影响，减少土壤氯离子含量可减少烟株对氯离子的吸收。本文通过分析灌溉、降水量对土壤氯离子含量的影响发现，灌溉水氯离子含量与土壤氯离子含量未表现出显著的相关关系(表 1)，但灌溉水氯离子含量的变化量与土壤氯离子含量相关性显著，灌溉水氯离子含量变化量与 0~40 cm 范围内所有土层土壤氯离子含量及土壤氯离子变化量呈现显著负相关(表 2)；土壤氯离子含量与降水量除 0~10 cm 土层外均显著相关，而在较深土层(20~30 cm、30~40 cm)相关性更加显著，随降水量不断增大，土壤中氯离子含量不断减少；土壤氯离子含量变化量随降水升高而升高，随降水增加淋溶效果增加，土壤氯离子流失变快，土壤氯离子含量变化量随之上升。

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(1): 36-44.
- [2] 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.
- [3] 阳苇丽, 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.
- [4] 孙梅霞. 烤烟成熟期土壤含水量对叶片品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2002, 30(2): 280-282.
- [5] 时祥顺, 滕晓飞, 孙麒, 孙晓磊, 张聪. 降水入渗过程中土壤水盐分变化实验研究[J]. 广东化工, 2016, 43(12): 28-30.
- [6] 张阳, 屠乃美, 王旋, 等. 施氯对云烟 87 生长发育及产质量的影响[J]. 作物研究, 2020, 34(5): 452-458. <https://doi.org/10.16848/j.cnki.issn.1001-5280.2020.05.11>

-
- [7] 摩红, 严小龙. 高级植物营养学[M]. 北京: 北京科学出版社, 2003: 77-82.
- [8] 曹恭, 梁鸣早. 氯——平衡栽培体系中植物必需的微量元素[J]. 土壤肥料, 2004(4): 53-54.
- [9] Wang, J.B., Tao, M., Wang, D.Q., *et al.* (2016) Quality of Flue-Cured Tobacco in Different Flavors. *Agricultural Science & Technology*, **17**, 960-967.
- [10] 许嘉阳, 朱金峰, 贾玮, 等. 烤烟氯含量与有机酸类物质及感官评吸质量的关系分析[J]. 中国农学通报, 2016, 32(7): 174-178.
- [11] 王亚宁, 张翔, 范艺宽, 等. 烟草氯素营养研究进展与展望[J]. 中国农学通报, 2017, 33(27): 66-70.
- [12] 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. <https://doi.org/10.13758/j.cnki.tr.2013.04.031>
- [13] 陈江华. 中国植烟土壤及烟草养分综合管理[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [14] 冯瑜, 陈华, 付利波, 等. 利用绿肥提高云南抚仙湖径流区烟田土壤养分和烤烟品质[J]. 植物营养与肥料学报, 2023, 29(11): 2083-2094.
- [15] 郭芳阳, 吴照辉, 阎小毛, 等. 不同轮作模式对烤烟前茬土壤养分、根系活力及烟叶质量的影响[J]. 河南农业科学, 2017, 46(5): 45-50. <https://doi.org/10.15933/j.cnki.1004-3268.2017.05.008>
- [16] 李强, 周冀衡, 何伟, 等. 中国主要烟区烤烟氯含量区域特征研究[J]. 中国土壤与肥料, 2010(2): 49-54.
- [17] 窦玉青, 汤朝起, 王平, 等. 北方烤烟钾氯含量及其与吸食品质的关系研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(17): 86-92.
- [18] 刘巧真, 郭芳阳, 李柏杰, 等. 豫中烟区烤烟氯积累规律及土壤氯素平衡研究[J]. 河南农业科学, 2012, 41(1): 62-64+72. <https://doi.org/10.15933/j.cnki.1004-3268.2012.01.024>