

如何科学施用含氯肥料

廖治国^{1*}, 李宗轩², 谭鹏飞¹, 陈正高^{1#}, 周富忠³

¹利川市文斗镇农业服务中心, 湖北 利川

²利川市忠路镇农业服务中心, 湖北 利川

³利川市土壤肥料工作站, 湖北 利川

收稿日期: 2023年4月12日; 录用日期: 2023年5月12日; 发布日期: 2023年5月19日

摘要

较多菜农、药农、茶农、烟农等在购买肥料时走入误区, 总是“闻氯色变”“望氯止步”, 在种植马铃薯、茄科蔬菜、黄连、茶叶、烟草等“忌氯作物”时, 不敢涉足含氯肥料, 致使肥料投入增加, 而作物产量和品质并未得到提升, 甚至反而下降。为正确指导含氯肥料的科学选择和施用, 通过查阅大量文献和取样检测利川耕地氯含量, 在本文中较详尽地介绍了氯元素的作用及丰缺表现, 作物对氯的敏感程度分类, 土壤中氯离子的含量及分布, 以及如何因土、因作物、因时期科学施用含氯肥料, 以提高农业技术推广工作者及广大种植户的正确认识, 从而实现农业节本增效。

关键词

含氯肥料, 科学施用, 耕地, 氯离子, 忌氯作物

How to Scientifically Apply Chlorine Containing Fertilizers

Zhiguo Liao^{1*}, Zongxuan Li², Pengfei Tan¹, Zhenggao Chen^{1#}, Fuzhong Zhou³

¹Lichuan Wendou Town Agricultural Service Center, Lichuan Hubei

²Lichuan Zhonglu Town Agricultural Service Center, Lichuan Hubei

³Lichuan Soil and Fertilizer Workstation, Lichuan Hubei

Received: Apr. 12th, 2023; accepted: May 12th, 2023; published: May 19th, 2023

Abstract

Many vegetable farmers, pharmaceutical farmers, tea farmers, tobacco farmers, and others fall

*第一作者。

#通讯作者。

into the wrong trap when purchasing fertilizers. They always “smell chlorine and turn pale” and “wait for chlorine to stop.” When planting “chlorine free crops” such as potatoes, eggplant vegetables, coptis, tea, tobacco, etc., they dare not step into chlorine containing fertilizers, resulting in an increase in fertilizer input, but crop yield and quality have not been improved, or even decreased. In order to guide the scientific selection and application of chlorine containing fertilizers correctly, by consulting a large number of literature and sampling to detect the chlorine content in Lichuan arable land, this article provides a detailed introduction to the role and abundance and deficiency of chlorine element, the classification of crop sensitivity to chlorine, the content and distribution of chloride ions in soil, and how to scientifically apply chlorine containing fertilizers according to soil, crop, and period, in order to improve the correct understanding of agricultural technology extension workers and farmers, thus achieving cost saving and efficiency enhancement in agriculture.

Keywords

Chlorinated Fertilizer, Scientific Application, Cultivated Land, Chloride Ion, Chlorine Free Crops

Copyright © 2023 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. 引言

氯是作物必需的 17 种营养元素之一，而且是 7 种微量元素中含量最高的一种，需要量与铁大体相等 [1]。耕地是作物氯营养的主要来源，土壤中氯的丰缺直接关系到作物的产量和品质，不足或过多都会对作物产生不良影响。湖北利川市是粮食大县、蔬菜大县、茶叶大县、药材大县、烤烟大县，有“黄连之乡”“山药之乡”“蕪菜之乡”等美誉。马铃薯、茄科蔬菜、黄连、茶叶、烟草等在教科书上都是对氯高度敏感的“忌氯作物”。因此，众多菜农、药农、茶农、烟农等在购买肥料时走入误区，总是“闻氯色变”“望氯止步”，不敢施用含氯肥料，导致肥料成本增加，而作物产量和品质并未得到提升，甚至反而下降。为让广大农民朋友正确认识和科学使用含氯肥料，特从氯元素对作物的主要生理功能、丰缺表现、忌氯作物种类、土壤氯离子含量、含氯肥料的科学施用等方面作较全面的介绍，供从事种植业的人员及农业技术推广工作者在实践中参考应用。

2. 氯元素的主要作用及丰缺表现

2.1. 氯的主要生理功能

氯在作物体内主要以离子形态存在，它有很多生理功能，如参与希尔反应、促进细胞伸长、有助于膨压形成和电解质平衡、调节细胞渗透压及气孔开放，并刺激酶活性等 [2]。可以归纳为五个方面 [2] [3]：一是参与光合作用。氯离子在叶绿体中优先堆积，对叶绿素的稳定起掩护作用，它作为锰离子的辅助因子，参与光合作用中水的光解放氧反应，也就是光系统 II 氧化位上的水裂解，促进光合磷酸化作用和 ATP 的合成。二是维持细胞渗透压，控制叶片气孔启闭，提高作物抗旱能力。氯离子是最稳定的阴离子，能与阳离子保持电荷平衡，维持细胞渗透压和膨压，增强作物的吸水和保水能力，细胞膨压提高可使叶片直立，延长功能期；氯离子还能调节气孔开闭，间接影响光合作用和植物生长。三是促进养分吸收，提高氮肥利用率。氯离子对土壤中的硝化细菌有抑制作用，能延缓铵态氮向硝态氮的转化，有效减少硝态

氮流失, 延长肥效; 适宜的氯离子浓度有利于作物对氮、磷、钾、钙、镁、硅、硫、锌、锰、铁和铜等营养元素的吸收[4], 还能提高豆科作物根瘤固氮能力。四是左右酶的活性及激素的含量。氯是许多激化酶的活化剂, 能激活一些生物酶和内源激素的活性, 还是内源激素的组成物质。五是增强作物对某些病害的抗性。氯作为作物细胞内的稳定离子, 可增强作物对病害的抵抗能力, 抑制病害的发生; 氯离子具有抑制硝化作用、提高土壤锰离子的活性、渗透调节、刺激和提高土壤抗病微生物的活性等功效, 对水稻的茎腐病、纹枯病, 玉米的茎腐病, 芹菜的镰刀菌黄化病, 马铃薯的空心病、褐心病等有明显的抑制作用。

2.2. 氯在作物上的丰缺症状

作物缺氯会导致生长发育迟缓, 易造成根系吸水能力降低, 从而出现营养不良。主要症状为: 叶缘萎蔫, 幼叶失绿, 根伸长强烈受阻, 根系细短, 侧根稀少。在一定范围内, 氯能促进作物生长发育, 但当浓度过高、时间过长时, 它又抑制作物正常生长, 产生氯毒, 降低产量品质, 甚至绝收。重点有以下表现[5]: 一是不利于糖转化为淀粉, 块根、块茎作物淀粉含量降低, 品质变差; 二是氯离子会促进碳水化合物水解, 导致果树、蔬菜等果实含糖量降低、酸度提高, 风味欠佳; 三是影响烟草的香味和燃烧性能, 卷烟易熄火。氯离子过高, 作物主要中毒症状有: 发芽率降低, 敏感作物出现烧苗烂根, 生长受抑制, 叶绿素含量降低, 叶色灰白, 生长点坏死, 引发大量落叶和落果等。

3. 忌氯作物主要有哪些

3.1. 作物对氯的敏感程度分级

有些作物对氯离子非常敏感, 当吸收量达到一定程度, 会明显影响产量和品质, 通常称这些作物为忌氯作物。陶世秋等[6]把主要农作物对氯的敏感程度分为5级。1级特耐氯, 耐氯值 $> 1000 \text{ mg/kg}$, 对氯不敏感: 包括甜菜、菠菜、谷子等; 2级强耐氯, 耐氯值在 $600\sim 1000 \text{ mg/kg}$ 之间, 对氯略敏感: 如水稻、蓖麻、红麻、棉花、萝卜、菊花、高粱、油菜、黄瓜、大麦、香蕉、桃、猕猴桃、油棕、椰子等; 3级中耐氯, 耐氯值在 $450\sim 600 \text{ mg/kg}$ 之间, 对氯中度敏感: 有玉米、小麦、番茄、茄子、大豆、蚕豆、豌豆、甘蓝、洋葱、三叶草等; 4级低耐氯, 耐氯值 $300\sim 450 \text{ mg/kg}$, 对氯敏感: 包括花生、甘蔗、柑桔、亚麻、辣椒、芹菜、大白菜、小油菜、草莓、花椰菜、葱、梨等; 5级弱耐氯, 耐氯值 $150\sim 300 \text{ mg/kg}$, 对氯高度敏感: 主要有烟草、马铃薯、甘薯、苋菜、莴苣、苹果、葡萄、茶、西瓜、菠萝等。一般把4~5级低、弱耐氯作物视为忌氯作物。

也有报道, 忌氯作物包括: 水果类的西瓜、石榴、葡萄、柑橘、苹果、枇杷、芒果、草莓等, 蔬菜类的马铃薯、莴笋、苋菜、菠菜、甜菜、番茄、油菜、黄瓜、茄子、豌豆、葱、大蒜、花菜、甘蓝、芹菜等, 药材类的麦冬、黄连、三七等, 还有: 烟草、甘蔗、茶树等。把1级特耐氯的菠菜、甜菜, 2级强耐氯的黄瓜、油菜, 3级中耐氯的番茄、茄子、豌豆、甘蓝等归到了忌氯作物中。

湖北利川种植的忌氯作物主要有: 西瓜、柑橘、葡萄、草莓、梨等水果, 马铃薯、莴笋、辣椒、葱、白菜、花菜、甘蓝、芹菜等蔬菜, 还有花生、甘薯、黄连、烟草、茶树等。

3.2. 对忌氯作物的新认识

忌氯作物是一个相对概念, 氯是作物必需的微量营养元素, 不同作物对其需求浓度范围各异, 不足或过多都会影响作物的正常生长。例如植烟土壤适宜的氯离子含量为 $20\sim 30 \text{ mg/kg}$ [7], 最高限量定为 45 mg/kg [8], 低于 25 mg/kg 时, 烟叶品质存在低氯风险, 应考虑补充土壤氯素[9]。

在上世纪90年代初, 就有研究报道, 苹果、葡萄、梨等果树以及马铃薯、甘薯等不是忌氯作物, 在

一定范围内施用等量的硫酸钾与氯化钾增产幅度相当,未发现对品质有不良影响。因此,是否需要补充氯要看作物的土壤氯容量的大小来定,也就是作物的耐氯临界值与土壤氯含量的差值[10]。作物的土壤氯容量大,就需要增施含氯肥料,氯容量小就要慎用含氯肥料,如果为负值就不宜种植此类作物。

4. 耕地中氯离子含量及分布

4.1. 全国耕地氯离子含量及分布

毛知耘等[10]把土壤氯离子含量划分为6级:特低(<25 mg/kg)、低(25~50 mg/kg)、中下(50~100 mg/kg)、中上(100~150 mg/kg)、高(150~300 mg/kg)和特高(>300 mg/kg)。土壤含氯量达到5000 mg/kg时,对所有作物都有不同程度的危害。

氯在地壳中的含量只有0.05%,土壤平均含氯100 mg/kg左右[11]。我国耕地土壤氯平均值59.4 mg/kg,大致是长江流域以南、东北地区以及云、贵地区的黄壤含氯量都较低。长江以南的主要土壤含氯量平均34.2 mg/kg,变幅为30.0~40.0 mg/kg;贵州、云南等地区的黄壤含氯量平均6.6 mg/kg,变幅为0.0~37.0 mg/kg;东北三省的土壤含氯量平均31.8 mg/kg,变幅为25.0~35.0 mg/kg;华北地区的土壤含氯量中等,平均69.5 mg/kg;西北地区的含氯量较高,平均126.0 mg/kg;所有的盐渍土及海相或海潮沉积土都是高氯土壤,平均366.0 mg/kg [10],易对作物产生氯危害。

4.2. 利川耕地氯离子含量及分布

2022年的288个耕地质量等级评价土样检测结果显示,湖北利川市耕地氯离子处于低量水平,点位平均含量 28.17 ± 79.90 mg/kg,低于全国,变幅为0.37~754.09 mg/kg。耕地氯离子含量整体较低,85%以上的点位处于特低水平,近5%处于低水平,中、高及特高水平的仅占10%略多。团堡镇耕地氯离子在6个级中较均匀分布,每个级的点位占比在10%~25%之间,在乡镇中属特例;其它乡镇80%以上分布在特低水平,元堡和沙溪2个乡全部分布在特低水平。耕地氯离子均值区域分布特征明显,地处东部的团堡镇最高(154.62 mg/kg),达到高量水平;其次分别是最南端的文斗镇,中西部齐跃山脉东麓的南坪乡、汪营镇,3个乡镇处于低量水平;再次分别是齐跃山以西的谋道镇,正中部的凉雾乡,西南部的忠路镇,正北部的柏杨坝镇,东南端的毛坝镇,中东部的元堡乡,正西部的建南镇,正南端的沙溪乡,这8个乡镇处于特低水平。

利川耕地按海拔划分低山(低于800 m)、二高山(800~1200 m)、高山(1200 m以上)大约各占10%、40%、50%,耕地主要分布在二高山和高山地区。低山耕地氯离子含量特低,均值 8.71 ± 7.33 mg/kg ($n = 50$),变幅1.76~37.18 mg/kg;二高山和高山耕地氯离子含量处于低水平,均值分别为 32.21 ± 89.47 mg/kg ($n = 177$)、 32.38 ± 81.43 mg/kg ($n = 61$),变幅分别为0.37~754.46 mg/kg、1.19~476.58 mg/kg。不同利用类型也有差距,水田氯离子处于特低水平,均值 22.95 ± 88.58 mg/kg ($n = 71$);旱地氯离子处于低水平,均值 29.89 ± 89.47 mg/kg ($n = 177$)。不同土类氯离子含量均值由高到低分别是:棕壤58.75 mg/kg、石灰土50.09 mg/kg、潮土38.23 mg/kg、黄棕壤32.57 mg/kg、水稻土22.95 mg/kg、紫色土11.35 mg/kg、黄壤10.91 mg/kg。不同成土母质发育的耕地氯离子含量均值由高到低分别是:石英砂岩96.29 mg/kg、石灰岩33.84 mg/kg、河流冲积物27.29 mg/kg、泥质页岩20.61 mg/kg、第四纪黏土19.60 mg/kg、紫色页岩12.30 mg/kg。

5. 含氯肥料的选购与科学施用

5.1. 含氯肥料的主要类型及氯含量

含氯肥料主要是指含有氯离子的化肥,在肥料中占有很大的比例。目前,含氯肥料主要有氯化铵、氯化钾及由氯化铵和(或)氯化钾为原料生产的复合肥、配方肥、掺混肥等。一般氯化铵含25%的N、66.7%

的 Cl, 氯化钾含 60%的 K_2O 、48%的 Cl; 《复合肥料》(GB15063-2020)标准中规定氯离子 $\geq 30\%$ 为高氯复合肥、15%~30%为中氯复合肥、3%~15%为低氯复合肥, 必须在包装上标明“含氯(高氯、中氯或低氯)”, 氯离子 $\leq 3\%$ 的可以不标识含氯字样。在选购含氯复合肥时, 一定要仔细分清是高氯、中氯、低氯, 还是未标含氯的复合肥。

利川含氯肥料以含氯复合肥为主, 年使用量在 3 万吨左右, 常年亩用量一般在 30~100 kg 之间, 最高未突破 300 kg/亩; 氯化钾年使用量 2000 吨左右, 常年亩用量多在 10~30 kg 之间, 未突破 50 kg/亩; 氯化铵基本无销售。

5.2. 含氯肥料施用量对土壤的主要危害

长期单独施用氯化铵、氯化钾、含氯复合肥等含氯肥料, 对土壤会造成以下危害: 一是土壤酸化板结。含氯肥料多为生理酸性肥料, 会引起土壤变酸, 使有益微生物活动受影响; 氯与土壤中的钙结合生成氯化钙, 易溶解导致钙盐随水流失, 钙是土壤结构形成的必须元素, 大量流失会破坏土壤结构造成板结。二是激活有毒离子。氯与土壤中阳离子结合, 形成有害的氯化物, 对作物造成毒害。如易激活土壤中的铝、锰等金属元素产生毒害, 在石灰性土壤中形成氯化钙, 对作物生长不利。三是诱导养分缺乏。土壤中氯离子浓度过高会增高土壤渗透势, 限制氮、硫等养分的吸收, 从而导致作物缺素。四是产生盐害。在降水较少的北方地区, 高氯造成土壤中的盐分过高, 影响作物根系正常吸收水分和养分, 导致烧根和烧苗。

近年来, 随着国内氯化铵和氯化钾生产量的逐渐增加, 施用含氯化肥的面积不断扩大, 因方法不当、用量过高等对作物引起的氯毒害现象时有发生。

5.3. 科学施用含氯肥料

氯在土壤中的残留量很少, 大量以离子态溶于土壤水中, 易随雨水或灌溉流失。日本在 52 种土壤上试验, 有 46 种无氯残留, 只有 6 种黏质土有少量氯残留, 仅占当年施用氯的 4%~5%; 湖北荆州棉田测定, 连续两年施用氯化铵只有 6 mg/kg 氯残留; 广西农科院土肥所连续 4 年亩用 51 kg/年含氯肥料, 土壤氯仅增加 15~17 mg/kg, 且降雨多的年份残留少[12]。国内外大量试验证明, 烟草、马铃薯、柑橘、葡萄、生菜等传统意义上的“忌氯作物”, 正确合理地使用含氯肥料后, 作物产量更高、品质更好。适量氯(100~200 mg/kg)对各种作物生长都有促进作用, 使作物长势健壮, 叶色鲜绿, 地上部和根系的鲜重、干重均增高, 产量接近甚至略高于对照[13]。

因此, 施用含氯肥料要因作物、因土、因气候、因施用时期来确定合理用量和品种, 可优先用于耐氯力强的作物、氯容量大的土壤、降水量多的地区。利川耕地氯离子含量 90%以上低于 50 mg/kg, 年降雨量在 1300 mm 左右, 属全国降雨较多地区, 所有作物都可适量施肥含氯肥料。重点可从作物的耐氯力上分类, 科学确定含氯肥料的品种和用量。

1) 特耐氯作物: 甜菜、菠菜、谷子等, 按常量施肥水平正常施用氯化铵、氯化钾及各种含氯复合肥(包括配方肥、掺混肥)。

2) 强耐氯作物: 水稻、棉花、萝卜、菊花、高粱、油菜、黄瓜、桃、猕猴桃等, 按常量施肥水平施用含氯肥料, 但一个生长期不叠加施用氯化铵、氯化钾或高氯复合肥。

3) 中耐氯作物: 玉米、小麦、番茄、茄子、大豆、蚕豆、豌豆、甘蓝、洋葱、三叶草等, 可正常施用中、低氯复合肥, 氯化铵、氯化钾及高氯复合肥的施用量建议不超过正常用量的 80%。

4) 低耐氯作物: 花生、甘蔗、柑桔、辣椒、芹菜、大白菜、小油菜、草莓、花椰菜、葱、梨等, 可正常施用低氯复合肥; 中氯复合肥用量不要超过常量的 80%; 一个生长期不叠加施用氯化铵、氯化钾、

高氯复合肥，施用量建议不超过正常用量的 50%。

5) 弱耐氯作物：烟草、苋菜、莴苣、茶叶、黄连等，低氯复合肥用量不超过正常用量的 80%，中氯复合肥用量不要超过常量的 50%，建议不施用氯化铵、氯化钾、高氯复合肥；较多研究表明，马铃薯、甘薯、苹果、葡萄、山药、西瓜等忌氯不严格，参照低耐氯作物的含氯肥料施用量执行。

含氯肥料在作物的播种及苗期等氯敏感时期施用时，要注意保持安全距离，避免烧种、烧根、烧苗，特别是对氯敏感和高度敏感的低、弱耐氯作物。

6. 小结与讨论

氯是作物必需的营养元素之一，“忌氯作物”是对氯敏感作物的简单归纳，并非不能施用含氯肥料之意；氯在土壤中多以离子形态存在，容易随雨水、灌溉流失，在土壤中残留量极少。在氯含量低至特低的土壤上，降水较多的季节，或是对氯不敏感的作物上施用含氯肥料，多数作物产量和品质都会有所提高。因此，含氯肥料的施用要根据土壤氯含量水平，作物的耐氯等级和不同的生育时期，以及不同季节降水情况来确定。利川耕地氯含量普遍处于低至特低水平，降雨量大、且集中在较多作物生长季节，所有作物都可根据耐氯水平适量施用含氯肥料。科学施用含氯肥料不仅能使作物高产优质，还能降低肥料投入，是农业节本增效、实现绿色高质量发展的有效措施。

参考文献

- [1] 日本高井康雄, 等, 编. 植物营养与技术[M]. 敖光明, 梁振兴, 译. 北京: 中国农业出版社, 1988: 271-272.
- [2] 孙慧敏. 农田土壤氯离子累积与迁移机理[D]: [硕士学位论文]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2004.
- [3] 熊思键, 吴金发, 易年成, 等. 我国含氯化肥的应用及研究进展[J]. 化肥工业, 2015, 42(2): 72-74.
- [4] 钟杭, 马国瑞. 氯对马铃薯生理效应的影响[J]. 浙江农业学报, 1993, 5(2): 83-88.
- [5] 尚道文. “忌氯作物”忌氯的原因[J]. 化学教学, 1995(8): 36.
- [6] 陶世秋, 陈绍荣, 邵建华, 等. 中国主要农作物营养套餐施肥技术[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2013.
- [7] 张龙, 张忠启, 何轶, 等. 毕节烟区土壤氯离子含量状况与烟叶氯素风险评价[J]. 土壤通报, 2022, 53(1): 97-105.
- [8] 何永良. 贵州烤烟施氯量的初步研究[J]. 中国烟草科学, 1987(4): 24-29.
- [9] 成延鳌, 伍仁军, 吴纯奎, 等. 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(2): 21-28.
- [10] 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.
- [11] 涂书新, 郭智芬, 孙锦荷. 土壤氯研究的进展[J]. 土壤, 1998(3): 125-130.
- [12] 江泽普, 黄玉溢, 雷一保, 等. 广西耕地土壤氯含量分析与评价[J]. 广西农业科学, 1993(6): 269-272.
- [13] 王德清, 郭鹏程, 董翔云. 氯对作物毒害作用的研究[J]. 土壤通报, 1990(6): 258-261.