

File No. 24

氯敏感作物和含氯肥料

氯 (Cl) 是海水主成分氯化钠的构成元素之一，广泛分布在地球上，占地壳重量的约 0.19%，在地壳中元素重量排名的第 11 位。氯被确认作为植物生长必须元素的历史并不长。1954 年在西红柿的水耕栽培实验中，发现缺乏氯会造成西红柿不能生长之后才正式确定了氯是植物生长必须元素。

氯在植物体内的机能主要是在光合作用的光反应过程中与锰一起作为辅酶因子参与反应，促进光合作用。氯还可以调节细胞液的 pH，与细胞内新陈代谢和各种碳水化合物的合成转化有关。叶以及根的细胞分裂也需要氯参与。氯还能够促进植物组织的纤维化，可以提高植物对病虫害的抵抗性。

氯是以离子状态存在于植物体内，并不作为构成植物组织器官的元素。因此在植物体内的流转性能好，较易在植物各组织器官内移动。氯多存在于茎叶组织中，种子内的氯较少。

氯的缺乏症状表现为叶片先端失绿枯黄，逐渐发展为叶萎黄和坏死，也有叶片呈青铜色的现象。缺氯植物的根发育不良，根先端呈粗短线状。但是，氯在地壳中分布广泛，植物所需的氯并不多，土壤和地下水中含有的氯充分可以满足植物的需求。因此，若不是人为的设置无氯环境的话，不会出现氯不足而引起的缺氯症状。反而植物吸收的氯通常是远远超出植物所需的数量。有研究结果表明农作物的茎叶中的氯含量与土壤中的氯浓度有正的相关关系，叶的灰分中氯含量在 0.28~1.25% 的范围内的话，农作物的生长和收获量不会出现异常。海岸附近生息的盐生植物的含氯量更高，甚至还有茎叶组织的灰分中氯含量高达 10% 的种类。因此，除了特殊环境外，植物一般不会因体内氯过多而导致生长不良。

通常，土壤中的高浓度氯会对种子发芽和幼苗生长造成一定的不良影响。其症状表现为种子发芽迟缓和发芽率降低，幼苗生长不良和枯死。但是，这并不是氯直接对种子和幼苗起作用，而是高氯造成土壤溶液的渗透压过高，妨碍了种子和幼苗吸收水分而引发的结果。植物除了发芽期和幼苗期之外，即使氯的吸收量大大超过生长所需量也基本上不会对其生长造成不良影响。

但是，亦有例外现象存在。某些植物过量地吸收了氯之后，会对其生育或收获物的品质造成一定的不良影响。这类植物被称为氯敏感植物 (chloride sensitive plants)。

例如，桃，葡萄，西瓜等水果在开花结果期间施用过多的氯化钾或氯化铵，虽然不会对树势和果实膨大成熟以及收获量造成不良影响，但是成熟了的果实糖度低，摄食时还会感到有微妙的咸味，口感不好。这是因为植物吸收了过多的氯，体内细胞的氯离子浓度过高，影响了光合作用形成的碳水化合物转换成果糖和流转储积在果实内，使得果实糖度不足，加上果实中的氯浓度高，刺激口舌感到有咸味。

马铃薯和红薯之类的块茎块根薯类作物，大量施用氯化钾和氯化铵等含氯量高的化肥，虽然不会对地上部的茎叶生长造成障碍，但是收获物的块茎，块根膨大不良，收获量有所降低。并且块茎块根中纤维多，淀粉含量下降。其原因据认为是植物体内过高的氯离子浓度妨碍了光合产物转换成淀粉和妨碍了淀粉在块茎块根的积累，反而促进了块茎块根的纤维化，导致

品质低下。

氯的不良影响最明显表现是在烟叶上。施用氯化钾等高氯化肥后会促进烟叶的地上茎叶生长，特别是叶片显得特别肥大厚实。这种叶片在外观上看不出异常，但在加工成卷烟后烟卷的点火性和燃烧性不良，抽吸途中容易熄灭。这是因为积累在烟叶中的大量的氯使得烟叶的燃烧性能劣化，导致抽吸卷烟时容易熄灭。所以烟叶栽培不允许使用氯化钾等高氯化肥。

另一方面，棉花和麻类之类的纤维作物嗜好氯。土壤中氯浓度过低的话，收获的纤维短小，拉伸强度下降，品质不良。这是因为氯可以促进植物组织的纤维化。给棉麻类多施氯化钾，可以使得纤维增长，增加纤维强韧性。有试验结果表明海岛棉和埃及棉对氯化物有选择吸收的特性，会大量地吸收氯储积在体内。

按照农作物对氯的感受性和收获物的品质，可以将作物分为氯敏感作物，耐氯作物和嗜氯作物。氯敏感作物和耐氯作物的区分主要是按照土壤中的氯浓度对作物生长和收获物品质的影响。大体上是土壤中氯浓度超过 300ppm，对生长或者收获物的品质以及商品价值有不良影响的作物归分为氯敏感作物，土壤中氯浓度未满 600ppm 的情况下可以正常生长，收获物品质不会下降的作物则归分为中等程度耐氯作物，土壤中氯浓度超过 600ppm 的情况下仍能够正常生长，收获物品质不变的作物则分类为高耐氯作物。另外，嗜氯作物是指土壤中较高浓度的氯可以促进其生长或提高收获物品质和商品价值的作物。表 1 是按照部分农作物对氯的感受性进行的分类。

表 1. 部分农作物对氯的感受性

氯敏感作物 (土壤氯浓度 < 300ppm)	烟叶，草莓，西瓜，葡萄，桃，苹果（幼树期），甘蔗，甜菜，马铃薯，红薯，茶等
中等程度的耐氯作物 (土壤氯浓度 < 600ppm)	大麦，小麦，玉米，大豆，蚕豆，豌豆，花生，西红柿，黄瓜等
高耐氯作物 (土壤氯浓度 > 600ppm)	水稻，高粱，白菜，菠菜，萝卜，芜菁等
嗜氯作物	棉花，亚麻，大麻，黄麻，罗布麻等

图 1 是氯敏感作物的烟叶，西瓜和茶，图 2 是嗜氯作物的棉花，亚麻和罗布麻的图片。

值得注意的是归类为氯敏感作物的绝大多数作物种类并不是因为氯会阻碍其生育，造成生长不良，只是过多的氯会影响收获物的品质，降低收获物的商品价值而已。在施肥时必须注意不要施用氯化钾，氯化铵之类的高氯化肥，以免影响收获物的品质。正常施用普通的复合肥一般不会有太大的问题。

含氯化肥施用后，游离出的氯离子带负电荷，不会被土壤胶体吸附，容易被水冲洗流失。根据以色列的研究报告，面积 1000 平方米的耕地只需灌溉约 400 m³ 的水就可以冲洗掉常年积累下来在土壤中的氯。该水量约等于 400 mm 的降雨量而已。因此，只要不是海岸和蒸发量过高的地区，年间降雨量超出 800mm 的话，耕地土壤基本上是不会积累有太多的氯，不必

特意考虑是否适合于氯敏感作物的栽培。特别是水田，灌溉会冲洗掉土壤中的氯，即使大量施用氯化铵和氯化钾也不会影响水稻的生长和稻谷的品质。



图 1. 氯敏感作物（左：烟叶， 中：西瓜， 右：茶）



图 2. 嗜氯作物（左：棉花， 中：亚麻， 右：罗布麻）

另外，还有研究报告说，氨离子 (NH^{4+}) 会加剧，而硝酸离子 (NO^{3-}) 则会减轻因高浓度的氯引起的作物生长障碍，尤其是发芽期和幼苗期的生育障碍。

高氯化肥的代表是氯化钾和氯化铵。氯化钾 (KCl) 是氯的钾盐，含钾量为 60%，是钾肥中含钾量最高的，价格也便宜，性价比最高。所以钾肥中氯化钾的施用量达到 85% 以上。氯化铵 (NH₄Cl) 是以食盐为原料生产碳酸钠 (纯碱) 时的副产品，含氮量 25%，价格便宜，广泛作为低浓度复合肥的原料使用。但是，氯化钾含有 47.5% 的氯，氯化铵的含氯量更高，达到 66.3%，是典型的高氯化肥。

氯化钾和氯化铵还是生理酸性肥料。施用后，钾或氨作为养分被植物吸收后，剩下的氯离子会残留在土壤中，降低土壤 pH，使得土壤酸性化。若是位于降雨量少而又没有灌溉设施的地区，氯会积累在耕地土壤中，使得土壤溶液渗透压增高，阻碍作物根系对水分和养分的吸收，引起和加重土壤盐害现象。

在农作物生产中，正确地掌握所栽培的农作物对氯的感受性，适宜地使用氯化钾和氯化铵以及用氯化钾和氯化铵为原料制造的复合肥是非常重要的。例如，在栽培氯敏感作物时为了提高收获物的品质和商品价值，必须减少高氯化肥的使用量，尽量用硫酸钾等非氯化肥，特别是要避免在开花结果期间或块根块茎膨大期使用含氯化肥。而在栽培水稻，白菜，萝卜等高耐氯作物和棉麻等嗜氯作物时，则可以使用廉价的氯化钾和氯化铵等高氯化肥，有助于降低生产成本和提高收获物的品质。特别是栽培水稻时因为水田长期冠水，氯离子容易被冲洗流失，不会积累在土壤中，与会残留硫酸根的硫酸钾和硫酸铵相比，更应该选择使用氯化钾和氯化铵。

另外，根据土壤和环境选择栽培合适的农作物种类也是非常重要的。靠海地区容易受海水影响的耕地，氯含量高的耕地一定要避免栽培氯敏感作物，其他作物也应该控制高氯化肥的施用。同样，在降雨量少又没有灌溉设施的地区，可以提倡多栽培棉花等嗜氯作物。为了防止土壤中氯的积累，亦应该控制高氯化肥的施用。