

File No. 16

设施栽培与盐分积累

设施栽培是指为了保证蔬菜和园艺作物等能够常年均衡供应而采用塑料大棚，温室以及其他保温隔雨的栽培设施进行作物栽培的方式。设施栽培最容易发生的问题之一就是栽培设施内土壤的盐分积累。

所谓土壤的盐分积累，是指溶解于土壤溶液和地下水中的各种无机盐类随着毛细作用等水分的移动上升到土壤表层，水分蒸发后留下的盐分积累在土壤表层的现象（图 1）。通常的耕地，因施肥和地下水的上升而积累在土壤表层的盐类会因降雨和灌溉而被淋洗冲走，难以积累到可以影响农作物生长的浓度。而在具有保温隔雨功能的栽培设施里，因为没有雨水淋洗，加上温度高，水分蒸发快，溶于地下水中的无机盐类随着毛细管水上升到土壤表层，水分蒸发后就残留在土壤里，积累到一定程度后就会影响作物的生长，称之为盐分积累造成的作物生长障碍。特别是生育时间短的蔬菜多采用连作方式，施肥量大次数多，施入到土壤里的养分量远远超出了作物的养分吸收量，很容易发生盐分积累问题（图 2）。



图 1. 栽培设施土壤的盐分积累

（来源：ユニオンファーム）



图 2. 栽培设施的盐分积累导致小松菜生长不良

（来源：东京农业第 99 期）

发生在设施土壤的盐分积累，绝大多数是因为施肥不当，导致土壤溶液中的养分浓度高，部分养分随灌溉水渗入到地下水里。作物收获后没有灌溉了，土壤的水分蒸发导致地下水以毛细管作用上升到地面，蒸发后盐分析出沉积在土壤表层。根据对盐分积累土壤的分析结果，这些盐分的水溶性成分中，阳离子主要是钙离子 (Ca^{2+})，钾离子 (K^+)，镁离子 (Mg^{2+}) 等，而阴离子则是多数是硝酸离子 (NO_3^-)，硫酸离子 (SO_4^{2-})，氯离子 (Cl^-) 等。钾离子和硝酸离子作为养分容易被作物吸收，可以较快地从土壤中消除，钙离子，镁离子，硫酸离子，氯离子不易被作物吸收，析出形成硫酸钙，硫酸镁，氯化钙，氯化镁等氯化盐和硫酸盐积累在土壤表层。图 3 是栽培设施内发生的盐分积累示意图。

根据调查结果，日本新泻县的园艺栽培设施内的土壤 EC 值（电导率）要比露天栽培的土壤高出很多，其原因是阴离子（磷酸离子，氯化物离子，硝酸离子，硫酸离子等）大量积累在

土壤里。积累在土壤里的阴离子中主要是硝酸离子和硫酸离子，特别是在 42% 的土壤中发现有硫酸离子的过剩积累（资料 1）。

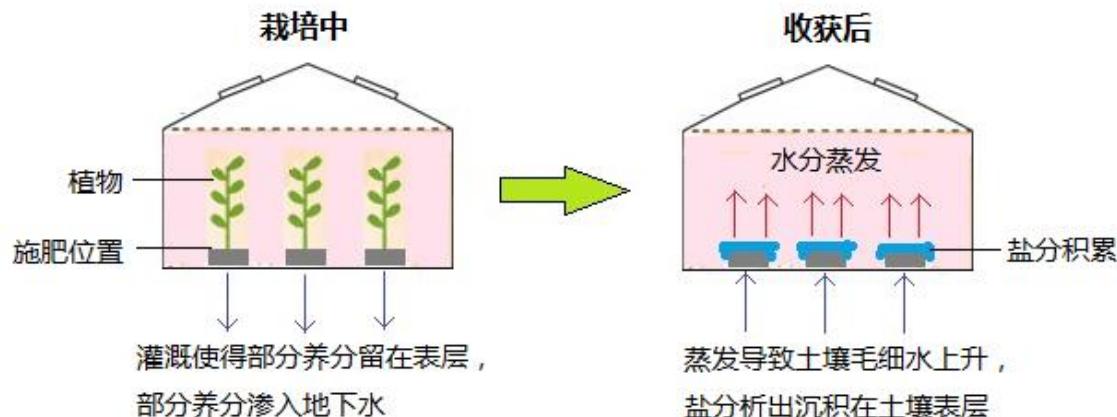


图 3. 发生在栽培设施内的盐分积累示意图

积累在土壤里的高浓度盐分会强烈地抑制作物的正常生长。从植物生理学的观点来分析，盐分抑制作物生长的原因可分为渗透压胁迫和离子胁迫二个方面。

渗透压胁迫是根圈土壤溶液的盐类浓度过高而引起水势降低，妨碍了植物根对水分的吸收。植物缺水导致叶片气孔的关闭，光合作用机能降低，先端生长点的伸长和新叶面积的扩张受到了抑制。

离子胁迫是因为土壤中存在着大量的钠离子和氯离子，植物过量吸收了这些粒子后会影响到植物体内的养分平衡，阻害了植物的新陈代谢，导致生长不良甚至还会引起叶片枯死。特别是过剩的钠离子会影响其他阳离子养分的吸收和利用，是产生离子胁迫的主要原因。在西红柿的大棚和温室栽培上常见的西红柿尻腐病有部分原因就是土壤的盐分积累引起了对钙的吸收拮抗，使得西红柿缺钙所致成的。

在大多数场合，土壤的盐分积累所产生的渗透压胁迫和离子胁迫是复合作用于作物，难以明确区分鉴别出是渗透压胁迫还是离子胁迫的影响。通常，渗透压胁迫是从土壤的盐分积累初期就开始影响到根的养分水分吸收机能，随着盐分积累的进展和作物对养分的吸收，作物体内的离子浓度增高和养分平衡被破坏，离子胁迫的影响逐渐增大。从植物组织器官来看，成熟叶容易受到离子胁迫的影响，而生长点和新叶则更容易受到渗透压胁迫的影响。

不同种类的农作物对盐分积累的耐性有所不同。苔菜，卷心菜，萝卜，菠菜，白菜，芫荽，芹菜等蔬菜对盐分积累的耐性强，能够耐盐分积累达到 $EC=1.0\sim1.5$ 、 $NO_3^-=30\sim45mg/100g$ 的干土。茄子，大葱，胡萝卜，西红柿，菜椒，黄瓜等则对盐分积累的耐性中等，可以抵抗盐分积累为 $EC=0.5\sim1.0$ 、 $NO_3^-=10\sim20mg/100g$ 的干土。而蚕豆，洋葱，豌豆，生菜，草莓，三叶菜等的盐分积累耐性弱， $EC=0.3\sim0.5$ 、 $NO_3^-=10mg/100g$ 的干土也会对其生长带来危害。

另外，土壤类型也与是否容易发生盐分积累障碍有关。即使是同样的土壤 EC 值，砂质土容

易发生盐分积累障碍，腐殖物多的土壤和粘土质的土壤则不太容易发生盐分积累障碍。这是因为盐分积累障碍的发生虽然与土壤 EC 有密切的关系，但也受到土壤阳离子交换容量(CEC)的影响。土壤阳离子交换容量大的土壤可以吸附更多的阳离子，使得土壤溶液中的盐分浓度不会过分升高，减少渗透压胁迫对作物根的水分吸收机能的不良影响。表 1 是引起黄瓜，西红柿和菜椒生长障碍的不同土壤类型 EC 值。

表 1. 引起黄瓜，西红柿和菜椒生长障碍的不同土壤类型的 EC 值

土壤类型	黄瓜		西红柿		菜椒	
	生长障碍	枯死界限	生长障碍	枯死界限	生长障碍	枯死界限
砂质土	0.3	0.7	0.4	0.9	0.5	1.0
冲积粘质壤土	0.6	1.5	0.7	1.6	0.7	1.7
腐殖质粘质壤土	0.7	1.6	0.7	1.7	1.0	2.4

来源：日本高知县农业试验场资料

发生了盐分积累后，可以按照盐分的积累程度（少→多）采取下述对策来进行处理，以减轻对作物生长的危害。

1. 减少施用含有多量硫酸离子和氯离子的肥料，尽量使用不易出现盐分积累的俗称无盐分积累型肥料。无盐分积累型肥料主要有含有缓释性脲醛的复合肥，磷铵，硝酸铵，磷酸二氢钾，硝酸钾等不含或少含硫酸离子和氯离子等不被作物吸收的成分，氮养分也可以缓慢释放的肥料。这样可以抑制土壤 EC 值的升高。在盐分积累程度较轻的场合下有较好的改善效果。

2. 选择种植耐盐分积累的农作物种类。尽量避免栽培耐盐性弱，容易出现盐分浓度障碍的农作物，例如生菜，草莓，三叶菜等。选择栽培卷心菜，萝卜，菠菜，白菜，芫菁，芹菜等耐盐性强，对盐分积累抵抗性高的农作物。

3. 试行土耕水肥栽培方式。土耕水肥栽培方式是将肥料溶解成浓度很低的水肥，在灌溉的同时进行施肥。培养基是使用通常的土壤，可以简单地更换。既节省了培养基的费用，又可以有效地利用土壤的缓冲功能。灌溉方式可分为 2 大类型。一种是采用点滴灌溉装置，从地上部通过滴头将含有低浓度肥料的灌溉水滴到作物根旁。另 1 种是预先在土壤中埋设带孔的塑料管道，通过管道定时地渗透出含有低浓度肥料的水滴供作物吸收。这种栽培方式可以根据作物的生长阶段和气候进行调节。既可以节约灌溉水和肥料，还可以有效地抑制盐分积累。在以色列等干旱国家是常用的栽培方式之一。缺点是灌溉设备的前期投资大，维护管理成本高。

4. 采取除盐措施。对于重度的盐分积累，除盐措施是最有效的方法。主要的除盐措施有以下 4 种。

① **灌水除盐：**通过灌水冲洗土壤，将积累在土壤表层的水溶性高的盐分溶解后除去。具体做法是在设施栽培的闲置期（通常是夏季）打开设施顶部覆盖，利用自然降雨除盐。在冬季闲置的话，可以实行在大棚或温室内堆积雪，待春暖后的融雪水除盐。效果最好的还是使用灌溉水来进行灌水除盐。

灌水除盐要达到理想的效果，大概需要 200~300mm 的灌水量。通过灌水除盐可以基本上除去土壤中过剩的盐分，使得土壤 EC 降到适当的数值，消除妨碍作物生长的隐患。但是，灌水除盐会增高低地下水位，部分盐分也会随水分而渗透到地下水里，除盐结束后，随着土壤毛细管水的上升和蒸发，再次积累在土壤表层。为了防止盐份的再积累，可以通过设计暗渠和降低地下水位等方式将除盐水排出栽培设施外，不让它留在地下水里。

灌水除盐简单易行，除盐效果也相当明显有效，在日本是最常见的除盐方法。但是从栽培设施流放的除盐水含有大量的盐类，有可能给河川和地下水带来二次污染的危险。

② **栽培设施的换土：**通常，栽培设施的盐分只是积累在土壤表层的浅层部分。将富含盐分的表层部分铲除排出，更换上没有盐分积累的客土，可以将土壤 EC 降到适当的数值，消除妨碍作物生长的隐患。排土量大概是将土壤表层铲去 5~10cm，换上新的土壤就可以了。排出的表土含有大量的养分盐类，可以施放到普通的耕地上，增加耕地的养分。该方法存在的问题是客土的来源和换土所需的劳动力和成本。

③ **深耕进行表底土交换混合：**通过深耕，将积累有大量盐分的表层土与盐分少的底层土进行交换混合，可以稀释表层土的盐分浓度。这个方法的长处是操作简单，成本低。缺点是盐分仍留在设施的土壤里，反复的灌溉与干燥可以使得翻入到土壤深层的盐分再次随着毛细管水上升到土壤表层，重新形成盐分积累。

④ **栽培富集盐分的植物来除盐：**几内亚草，高粱，玉米，穆子，玫瑰草等禾本科植物生长迅速，在生长期大量吸收土壤中的养分。在设施土壤上栽培这些植物，可以吸收积累在土壤里的盐分。将植物收获后作为饲料或绿肥带出栽培设施，就可以减少设施土壤的盐分。缺点是在栽培这些植物的期间，不能利用设施来栽培其他作物，降低了设施的利用率。

栽培设施内的土壤一旦发生了盐类积累，要完全解决是非常困难的，需要多量的时间，劳力和费用，并且容易再次复发。因此，在建设栽培设施之前，就要考虑到将来发生盐分积累的可能性，尽量推迟盐分积累的发生。预防盐分积累的重要手段是选择适当的肥料，不要过量施肥，注意水肥管理。只要做好这些措施，就可以推迟盐分积累的发生。即使发生后也能够控制盐分积累的危害。

参考资料：

资料 1：施設園芸栽培における塩類集積の要因とその簡易診断法，新潟県農林水産業研究成果集(平成 20 年度)

<https://www.ari.pref.niigata.jp/nourinsui/seika08/katuyou/15/p080215.pdf>