

培养液土耕栽培用肥料

培养液土耕栽培是以土壤为培养基，将溶解有肥料养分的培养液定时送到作物的根旁，供给作物水分和养分的栽培方式，俗称滴灌栽培。培养液土耕栽培的特点是可以利用土壤的缓冲机能和土壤微生物的活性，可与常规栽培类似的感觉来进行栽培，容易学习和上手。培养液土耕栽培原本是以色列等干旱地区为了节约农业用水而在 1960 年代起开始使用的技术，1980 年代起日本也导入了该技术用于栽培西红柿，黄瓜，草莓等果菜类和花卉。但其目的不是为了节约用水，而是为了减轻设施栽培的成本，提高蔬菜产量和品质，获得更大的经济利益。

培养液土耕栽培系统是由供液装置和点滴管道构成，整个系统的初期投资不太大，也较容易从常规栽培转变到培养液土耕栽培。不仅是露地栽培，也适用于大棚和温室等设施栽培。在日本，基本上是使用在设施栽培上。图 1 是培养液土耕栽培系统的模式图。

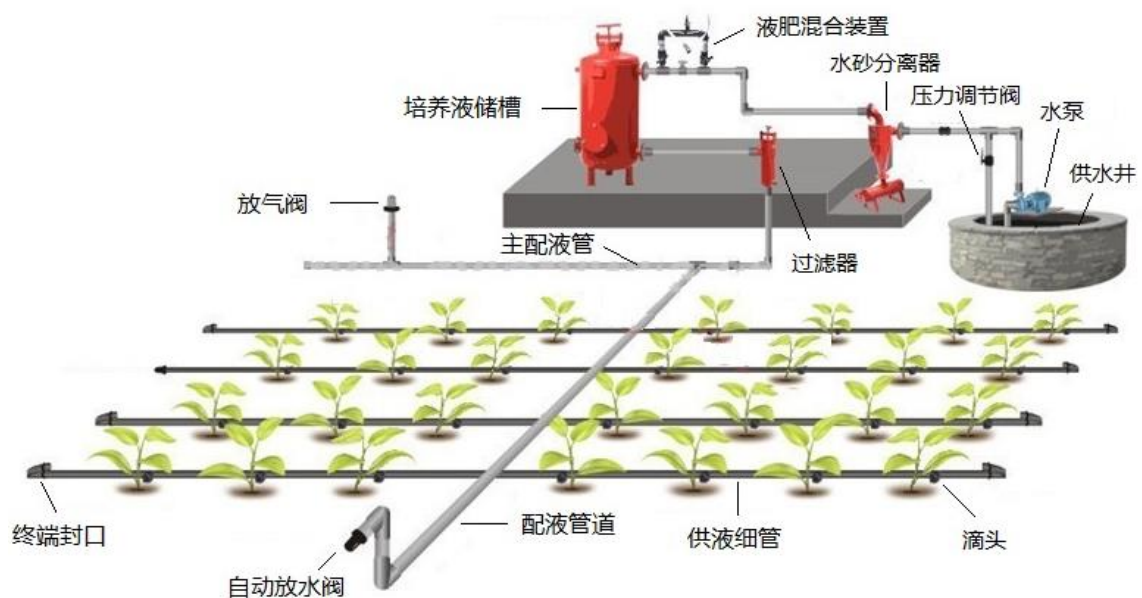


图 1. 培养液土耕栽培系统模式图

培养液土耕栽培系统根据培养液的供给方式可分为 2 大类型。1 类是地表敷设方式，培养液的供液系统全部都设置在地面上，通过点滴管，滴头或点滴扩散器将培养液滴到作物旁边供作物吸收。另 1 类是地下埋设方式，培养液的供液系统大部分埋设在地下，通过点滴管将培养液渗出到作物根旁供作物吸收。通常，从安装设置成本和维护修理的角度来衡量，日本绝大部分是采用地表敷设方式。

采用培养液土耕栽培的好处是：

- ① 使用土壤作为培养基，可以按照常规栽培同样的感觉来进行栽培作业。栽培后的培养基不需要废弃，可以再利用。
- ② 要比常规栽培节约 70~80% 的灌溉用水量。不会因过量灌水引起土壤水分过多导致缺氧现象，不会给作物根系带来水分胁迫。

- ③ 可以根据作物的生长需求及时供给肥料养分，肥料利用率高。特别是可以削减 30%以上的氮肥量。还可以利用土壤微生物的氨化作用和硝化作用，能够使用尿素，硫酸铵，氯化钾，硫酸钾等泛用肥料，节省肥料成本。
 - ④ 培养液的供给完全自动化，大幅度削减灌溉和施肥等农作业，不易发生杂草和病虫害，容易进行防除工作。
 - ⑤ 可以按照作物生长状况来供给最适的水分和养分，作物生长速度快，收获量增加，产品质量好。
 - ⑥ 可以避免因过量灌溉和施肥引起的土壤盐分积累以及对地表水和地下水的污染。
 - ⑦ 可以有效利用土壤的缓冲机能，不必像水耕栽培那样对水源的水质和 pH 有严格的要求。
 - ⑧ 不用回收培养液，省略了培养液的调整和过滤消毒等工序，还能够减少土壤病害的传播。
- 另一方面，培养液土耕栽培的缺点是：
- ① 栽培系统的设置费用高。必须预先设置培养液储罐，泵，管道和点滴管等。但与培养液水耕栽培相比，可大大减轻机械设备的设置费用。
 - ② 需要根据作物种类，栽培时期，生育阶段，环境条件等来调节培养液的养分浓度和灌水量。必须事先掌握有关知识和技术。
 - ③ 培养液中的不溶物和杂质容易堵塞管道和点滴管，滴头等，需要经常点检和维护。管道和滴头等容易劣化，维护成本高。
 - ④ 因存在土壤的缓冲作用，不能像水耕栽培那样精确地控制水分和养分。

1. 肥料种类，成分和性质

培养液土耕栽培是将含有肥料养分的培养液用点滴方式施用到作物根旁，可以在一定程度上有效利用土壤的养分保持机能和缓冲机能，土壤微生物的氨化作用和硝化作用。因此，虽然要求肥料必须要完全水溶性，但不必是硝态氮肥料，可以直接使用尿素，硫酸铵，氯化钾，硫酸钾等泛用肥料，肥料选择范围较广，可以大幅度削减肥料成本。

另外，作物可以从土壤中吸收微量元素，不必特意在培养液中添加微量元素。

表 1 是培养液土耕栽培主要使用的肥料种类。

表 1. 培养液土耕栽培主要使用的肥料种类

养分种类	肥料名称
氮	尿素，尿素硝酸铵液肥，硫酸铵，硝酸钙，硝酸钾，磷酸二氢铵
磷	磷酸二氢铵，磷酸二氢钾
钾	硫酸钾，氯化钾，硝酸钾，磷酸二氢钾
钙	硝酸钙，硝酸铵钙
镁	7 水硫酸镁，硝酸镁

2. 培养液配方和使用浓度

通常，培养液的配方需要通过对正常生育的作物进行元素分析，对作物的养分和水分吸收速度和吸收量进行追踪，多次改变培养液中各种养分离子的组成和浓度来进行栽培实验等结果来决定培养液的最适组成和浓度。同时还要严密注视在培养液配制后是否会发生化学反应导致出现沉淀等现象来选择合适的肥料种类。普通的农户不可能实行这样的操作，通常都是采用农协或肥料厂家，销售商推荐的配方来自行配制或直接购入配置好的肥料稀释后使用。表 2~4 是日本一些常用的培养液土耕栽培的配方。

表 2. 泛用的培养液土耕栽培肥料 (15-15-15-2) 配方 (产品 100kg 中的配合量) (适用于黄瓜，草莓等)

原料名称	尿素	硝酸钾	磷酸二氢钾	7 水硫酸镁
保证成分含量(%)	TN46	NN13, WK46	WP51, WK34	WMg16
配合量(kg)	25	33	30	12

该配方不含钙养分，需要在土壤中预先施用石灰或另外施加硝酸钙或硝酸铵钙溶液

表 3. 泛用培养液土耕栽培肥料 (15-8-26-2) 配方 (产品 100kg 中的配合量) (用于果实的成长期，适宜西红柿，茄子等果菜类开花结果后的生殖生长期使用)

原料名称	尿素	硝酸钾	硫酸钾	磷酸二氢钾	7 水硫酸镁
保证成分含量(%)	TN46	NN13, WK46	WK52	WP51, WK34	WMg16
配合量(kg)	30	10	31	16	13

该配方不含钙养分，需要在土壤中预先施用石灰或另外施加硝酸钙或硝酸铵钙溶液

表 4. 泛用培养液土耕栽培肥料 (24-10-15-2) 配方 (产品 100kg 中的配合量) (用于作物初期生长和营养生长期，适合作物幼苗期和叶菜类使用)

原料名称	尿素	硝酸钾	硫酸钾	磷酸二氢钾	7 水硫酸镁
保证成分含量(%)	TN46	NN13, WK46	WK52	WP51, WK34	WMg16
配合量(kg)	50	10	7	20	13

该配方不含钙养分，需要在土壤中预先施用石灰或另外施加硝酸钙或硝酸铵钙溶液

根据作物种类和生育阶段，有时需要增加尿素，硝酸钾或磷酸二氢钾，磷酸二氢铵的配合量来调节氮磷钾的浓度。通常，在上述配方的每 100 公斤配合量中增加 2~5 公斤即可。

通常，将配制好的上述表 2~4 的培养液土耕栽培肥料用 6~7 倍的水溶解后作为原液保管在储罐里，使用前将其掺入灌溉水中稀释后施用。

为了防止钙沉积在输液管道内造成堵塞，通常采用施用石灰来调整土壤培养基 pH 的方式来保证作物能够吸收到足够的钙。若担心作物钙养分不足时，可将硝酸钙或硝酸铵钙另外溶解在 10 倍的水中作为原液保管在别的储罐里，使用时单独掺入灌溉水中稀释后施用。施用后需要用清水点滴 1~2 次来洗净输液管道内残留的硝酸钙溶液。

通常，土壤中的微量元素可以满足作物生长所需的数量，不必在培养液中添加微量元素。若事先判明土壤中铁或硼元素不足时，可以在表 2~4 的培养液土耕栽培肥料配方的每 100 公斤配合量中添加硫酸亚铁或硼酸各 100 克。

3. 配制·稀释和使用·管理

在配制培养液的原液时，必须注意肥料之间是否会发生化学反应生成沉淀。特别容易忽略的是硫酸镁和磷酸二氢钾，磷酸二氢铵溶解后的硫酸离子 (SO_4^{2-}) 和磷酸离子 (HPO_4^{2-}) 会与硝酸钙和硝酸铵钙溶解后的钙离子 (Ca^{2+}) 发生反应，生成难溶性的硫酸钙 (CaSO_4) 和磷酸氢钙 (CaHPO_4) 沉淀，不仅降低了养分浓度，造成作物养分不足，还会沉着黏附在培养液储罐和管道内，妨碍培养液的输送。为了解决这个问题，必须将硝酸钙或硝酸铵钙另外溶解成原液，在使用时也应该分别掺入灌溉水中稀释后施用，不能混合施用。

施用 时，将上述表 2~4 的培养液土耕栽培肥料原液或硝酸钙原液掺入到灌溉水里稀释后滴灌。稀释倍数大概是 50~70 倍。

实际使用时需要按照气象条件和作物生长阶段对培养液浓度进行微调整。在高温强日照的季节里需要加大稀释倍数（降低浓度），在气温低，日照弱的季节里则需要稍微减少稀释倍数（增大浓度），以适合作物对水分和养分的需求。

配制培养液的水质不必太过于重视。除了不能使用酸性水源，含有较高浓度钙离子和镁离子的硬水以及被污染了的地表水之外，普通的井水和河水只需要过滤除去泥沙和悬浮物后就可以直接使用。

通常，培养液土耕栽培是每天 2~5 次定时给作物滴灌一定量的培养液就行了。原则上不对滴灌的培养液进行回收利用。

培养液土耕栽培多是以降低设施栽培的生产成本为主要目的而设置的，若完全按照常规栽培来进行管理的话，会出现各种意想不到的问题。在设施栽培内采用培养液土耕栽培时必须注意以下的事项。

① 土壤的选择

培养液土耕栽培是通过点滴管，滴头或点滴扩散器将培养液滴到作物旁边供作物吸收的栽培方式。透水性和通气性好的砂土和砂质壤土能够使滴下的培养液迅速地渗透和扩散到土壤里。最适合常规栽培的壤土和粘质土则会妨碍培养液的渗透和扩散，滞留在滴下的部位形成过湿状态，容易给作物根造成水分胁迫，影响根的水分和养分吸收机能。因此，在选择土壤作为培养基时最好采用砂土和砂质壤土，不能选择重粘土，若是采用壤土和粘质土时亦需要掺混一些沙子来改善透水性和通气性。

② 不能另外施用其他肥料

培养液土耕栽培的基本操作是通过培养液来供应作物所需的养分，完全没有必要像常规栽培那样施用固体肥料作为基肥和追肥。特别是以造土养地的名义在土壤培养基里施入大量有机肥料时，会形成不能通过控制培养液的方式来调节水分和养分的现象，严重时会发生氮养分过剩导致根系伸展受阻，地上部徒长，组织软弱，叶色过浓，开花结果不良等症状。甚至有可

能出现烧苗现象。

培养液土耕栽培的原则是零起点零结束，不能过量施用肥料。特别是在接近栽培结束时，作物基本上不需要再吸收肥料养分，需要减少培养液的滴灌次数和浓度。在结束栽培时尽量做到土壤培养基内没有剩余的肥料养分残留。

③ 肥料的选择

培养液土耕栽培能够利用土壤的缓冲机能和土壤微生物的活性，能够使用廉价的尿素，硫酸铵，氯化钾和硫酸钾作为肥料。但是，在钙过多的土壤里硫酸铵和硫酸钾的硫酸离子有可能与钙离子反应生成石膏，使土壤硬化。在积累了较多盐分的土壤中使用氯化钾作肥料有可能加重盐害，危害作物生长。因此，需要根据培养基的土壤性质进行肥料的选择。通常，选择使用尿素和完全水溶性的硫酸钾，尽量不使用硫酸铵和氯化钾。

④ 培养液の用水

含钙离子和镁离子多的硬水容易因钙离子和镁离子与硫酸离子和磷酸离子发生反应生成难溶性沉淀，附着在输液管道和滴头等内部，造成堵塞。所以尽量避免使用硬水作为水源。铁和铜等金属离子含量高的水也容易发生金属元素过剩症状，需要注意。

另外，集中了培养液土耕栽培的地区有可能因为过量滴灌造成培养液对地下水的污染。若是使用污染地下水作为培养液用水的话，有可能导致培养液的养分浓度大大超出设计值，需要注意。

⑤ 培养液的供给量

培养液土耕栽培的特点是按照作物的生育阶段和水分养分要求来供给培养液。与常规栽培相比可以大大减少水分和养分的供给量。新手常见的问题是担心培养液过少不能满足作物生长需求，而加多了供给量，导致水分和养分过剩，造成根系发育不良和养分吸收机能低下，生育反而受到抑制，没能被作物吸收的养分还会残留在土壤里造成土壤盐分积累。因此，必须遵守培养液的供给基准，不能过剩供给培养液。