



# 植物工場運営 超入門

Shohei Imamura

PFBoost

# 植物工厂运营超入门

# 目录

## 前言

## 第2章 栽培管理的基础知识

- 选择适合植物工厂的作物时，要看哪些要点？
- LED生长灯的活用
- 光
- 水培系统
- 温度管理

## 第3章 现场运营管理的实践

- 生产计划的制定
- 播种
- 育苗
- 移植&定植
- 采收&整理（采后去除外叶）
- 采收后的作业
- 员工的管理与教育
- 彻底做好卫生管理
- 数据分析
- 基础知识之后，如何打造赚钱的植物工厂
- 基础知识之后的「实践」
- 迈向进一步成长

# 前言

植物工厂并不是只要配齐设备就能赢的生意。自2011年进入这个行业以来，我看过大大小小10多处现场。有资金实力的大企业也有几年内退出的案例，另一方面，也有工厂靠着朴素的改善积累，让盈利稳定下来。差异几乎都可以归结到「现场的运转方式」。

本书是一本入门书，目的是让你在短时间内掌握这种现场感。

- 刚进入植物工厂，还看不清工作的整体图景
- 想先把管理者所需的基础大致掌握一遍
- 即使经验还浅，也想拥有能在现场做判断的基础

面向这些读者，我以「3小时了解植物工厂的基本」为目标，只整理了必要的知识。广而浅，但要以现场真正能用的形式来整理。

因为是面向初学者的书，针对熟练者的深入内容会少一些。关于盈利性方面更深入的内容，我在网站（<https://pfboost.com/zh/>）另行介绍。现场运营管理的模板、营养液配方设计工具、专门讨论盈利性的文章等都已经准备好，读完本书之后，可以去看一看。

## 本书的使用方法

本书的设想读者，是刚进入植物工厂的人。如果能把它作为入门资料，递给刚到现场的员工并说「先读这个」，我会很高兴。可以自由复制和再分发。不过，我并没有放弃著作权，因此请不要改写内容。



## 作者

Shohei Imamura

2011年进入植物工厂行业。作为现场作业人员、支持团队经理，参与过大大小小10多处植物工厂的启动和运营。累计培训过600多名员工。基于这些经验，我确信，左右植物工厂盈利的不是设备或系统，而是使用它们的人的技能和知识。现在独立开展业务，为植物工厂提供盈利改善咨询、支持和内容。

# 第1章 植物工厂的发展前景与展望

## 了解植物工厂的「现在」

我进入植物工厂行业是在2011年，也就是所谓「植物工厂热潮」的时期。大企业接连进入，新工厂在各地建设，媒体也把它作为「未来的农业」来报道。

但是，之后的发展并没有像期待的那样顺利。即使是有资金实力和品牌力的大企业，也接连出现几年内退出的案例。并不是导入最先进的设备就能成功。近几年，新建工厂也明显减少了。

## 改变的事，没有改变的事

这10多年里，确实也有一些事情发生了变化。LED生长灯的性能大幅提升了。我刚进入现场时，还有一些工厂仍在使用荧光灯。栽培数据的管理和系统效率的提升也在推进。技术层面的进步是扎实存在的。

也有一些事情没有改变。在这个行业待了10多年之后，我强烈感受到的是，左右植物工厂盈利性的，不是设备或系统，而是驱动它们的「人」。在最新的IoT传感器旁边，员工还在用手检查叶片状态。在AI环境控制旁边，老手的「直觉」仍然发挥作用。植物工厂就是这样的地方。

## 即便如此，植物工厂仍有可能性

坦率地说，这不是一个可以乐观看待的状况。不过，在严峻环境中依然实现盈利的工厂确实存在。它们的共同点，是知道「现场的运转方式」。不是设备好坏，而是现场员工对栽培理解到什么程度，能不能日复一日地积累经验并做出判断。我已经多次见过，因为一个很小的改善而发生巨大变化的工厂。不受天气左右的稳定生产、在有限土地上的高生产效率、农药使用量的大幅削减。这些优势在世界任何地区都有价值。本书会把支撑这些优势的基础知识，作为整体图景传达给你。

## 为什么植物工厂会陷入亏损？

虽说有可能性，但现实中很多工厂都被迫面对严峻经营。

- 「设备投资花了太多钱」
- 「蔬菜没有按预期生长」
- 「做出来是做出来了，但卖不出去」

这些都是现场经常听到的声音。为什么这么多工厂会陷入亏损？

## 数据说明的严峻现实

植物工厂的盈利问题，并不是日本特有的问题。世界各地都报告了类似课题。这里参考作为先行市场的日本调查数据来看。日本从2010年前后开始有很多企业进入植物工厂，既经历过成功，也经历过失败。这些教训适用于今后要发展植物工厂的任何地区。Japan Greenhouse Horticulture Association的调查显示，如果按单位面积产量对经营者分类，产量越高的经营者，盈利比例越高，这一趋势非常明确。

- 太阳光型、产量多：盈利46%、亏损31%
- 太阳光型、产量少：盈利25%、亏损58%
- 人工光型、产量多：盈利27%、亏损27%
- 人工光型、产量少：盈利6%、亏损83%

特别是人工光型中产量少的经营者，亏损率达到了83%。从同样面积中能生产出多少蔬菜，会极大左右盈利。

## 成本结构

再从同一项调查中看看成本结构。

- 太阳光型：人工费34 ~ 37%、折旧费10 ~ 11%、水电光热费12 ~ 16%、材料费15 ~ 16%
- 人工光型：人工费29 ~ 34%、折旧费14 ~ 17%、水电光热费29 ~ 31%、材料费7 ~ 9%

无论是哪种栽培形态，人工费都占整体成本的最大比例。这并不限于植物工厂，而是全世界农业共同面对的课题。在人工光型中，水电光热费约为30%，达到太阳光型的约2倍。为了在封闭空间内保持温度和湿度稳定，空调成本也不能忽视。根据我的经验，削减水电光热费是有极限的。这些投入对作物来说就像食物一样，减少了，产量也会下降。

## 陷入亏损的原因

植物工厂陷入亏损的原因并不只是成本。世界各地的植物工厂中，常见的原因如下。

### 栽培技术不足

- 环境控制失败：无法恰当地控制温度、湿度、光、二氧化碳浓度等，导致生长不良或病害。
- 营养液管理失误：水培中的营养液浓度（EC）和成分管理不恰当，导致生长不良或品质下降。
- 卫生管理不彻底：无法预防病虫害发生，受到严重损失。

### 销售战略错误

- 销售渠道开拓不足：找不到稳定的销售渠道，销售陷入苦战。
- 被卷入价格竞争：被卷入与低价露地栽培蔬菜的竞争，无法确保足够利润。
- 需求与供给不匹配：无法把握市场需求，出现滞销。

#### 初期投资和运营成本带来的压力

- 设备投资失败：导入超过必要程度的设备，导致初期费用膨胀。
- 资金筹措不足：很多国家和地区都有面向植物工厂的补助金和扶持制度，但没能充分利用的案例并不少。

#### 人才不足

- 人才招聘困难：需要具备专业知识和技术的人才，但确保经验丰富的人才并不容易。
- 人才培养不足：员工教育不充分，员工难以掌握技术和知识，生产效率和品质提升不上去。

这些因素复杂交织，最终陷入亏损经营。

### 赚钱的植物工厂的真实情况

我们已经看过严峻的现实，但在其中，确实也有实现盈利的工厂。亏损的工厂和赚钱的工厂，差异在哪里？

#### 规模不是万能的

「规模」是影响盈利性的要素之一。大型设施可以期待通过规模效应降低成本，也可以通过稳定供给提升销售能力。不过，如果看日本调查中面积大小和盈利性的关系，会出现一个意外的结果。

- 太阳光型、面积小：盈利50%、亏损23%
- 太阳光型、面积大：盈利41%、亏损50%
- 人工光型、面积小：盈利6%、亏损78%
- 人工光型、面积大：盈利19%、亏损50%

在太阳光型中，面积较小的经营者反而盈利率更高。不能说只要规模大，盈利性就一定高。规模越大，初期投资和人才管理的负荷也会增加。能否压低人工费、水电光热费等固定成本，会极大左右盈利性。扩大规模，只不过是提升盈利性的手段之一。

#### 赚钱的植物工厂的共同点

参与过大大小小各种现场之后，我感受到的是，赚钱的工厂共同拥有的，并不是设备有多新，也不是规模有多大。

- 理解栽培的基本，日复一日地扎实积累环境管理
- 问题发生时，有人能同时从数据和观察两方面追踪原因
- 能发现作业中的浪费，并一点一点持续改善

一句话来说，就是有没有能让现场运转起来的人。这是最大的差异。即使导入最先进的设备，如果没有能熟练使用的人才，也无法转化为盈利。大企业退出的很多案例，原因就在这里。



## 植物工厂：与露地栽培和设施园艺的决定性差异是什么？

植物工厂和其他农业到底哪里不同？这里结合现场感整理一下。

环境控制：从依靠自然，到完全控制

培育作物的环境有很大不同。

- 露地栽培：依靠雨、风、太阳光等自然力量。需要广阔土地，以及土壤管理、浇水等重体力劳动。容易受天气左右，始终面临台风和干旱等风险。
- 设施园艺：使用塑料大棚或玻璃温室，在一定程度上保护作物不受天气影响。可以调整温度和湿度，比露地栽培更能稳定生产。设施建设和维护、燃料费等会产生成本。
- 植物工厂：在室内封闭空间中栽培。人工控制温度、湿度、光、二氧化碳浓度等，创造最适合生长的环境。不受天气左右，可以全年稳定生产。需要设备投资和电费，也要求高度的技术和知识。

在植物工厂中，不是借助自然的力量，而是由人来创造环境。管理者调整温度、湿度、光、CO<sub>2</sub>等，控制植物生长。

工作内容：从直觉和经验，到基于数据的判断

栽培方法和工作内容也不同。

- 露地栽培：从土壤改良到采收，多年的经验和直觉会发挥作用。重体力劳动多，季节造成的繁忙期波动也大。
- 设施园艺：除露地栽培经验之外，还需要设施内环境控制的技术。温度管理、换气、灌水等，需要细致观察和调整。
- 植物工厂：通过计算机控制实现自动化，重体力劳动比传统农业少。以基于数据的环境控制和生长管理为中心，需要分析能力和IT技能。从生产计划到出货管理，还需要以经营视角看整个工厂。

在植物工厂中，要用数据把握生长状况，如果有问题就迅速应对。需要关于植物生长的知识、环境控制技术、数据分析能力，以及统筹团队的管理能力。那么，带领这类现场的管理者，需要承担哪些角色？

## 植物工厂管理者的3个角色

植物工厂管理者所需承担的角色，大致分为3个。

### 1. 守住稳定生产和品质

在植物工厂中，温度、湿度、光、CO<sub>2</sub>浓度等所有环境要素都由人来管理。它们彼此影响，因此只要改变其中一个，也会波及其他要素。在这样复杂的环境中，每天持续出货品质稳定的蔬菜。这是管理者最基本的角色。

### 2. 统筹团队

植物工厂不是一个人就能运转的。日常作业的大半，都是由现场员工完成的。激发每一名员工的能力，让每天的工作运转起来，这是管理者的工作。其中也包括把环境控制和栽培知识传递给员工，培养更多能自主判断的员工。

### 3. 确保盈利

制定生产计划，管理成本，思考销售战略。研判市场需求，不断尝试新的挑战。植物工厂只靠梦想和理想无法持续。如果不能确保盈利，现场也无法持续。

## 第1章总结

- 植物工厂处在严峻环境中，但有能让现场运转起来的人的工厂正在实现盈利
- 亏损的主要原因是栽培技术不足、销售战略错误、人才不足
- 植物工厂不同于传统农业，需要数据分析能力和管理能力
- 管理者的角色是「稳定生产」「团队建设」「确保盈利」这3个
- 比起设备，「人的力量」更会左右盈利性

下一章，我们会看现场所需栽培技术的基础。

## 第2章 栽培管理的基础知识

### 选择适合植物工厂的作物时，要看哪些要点？

从这里开始，我们进入实际种植蔬菜的知识。植物工厂可以人工控制环境，因此理论上什么作物都能栽培。但是，如果要在现场真正做出利润，可选择的作物会逐渐被筛选出来。

#### 要点1. 市场需求与盈利性

首先要抓住的是，「植物工厂是一门生意」。运营中最辛苦的地方，恐怕就是这里。栽培什么作物，必须在看清市场需求之后再决定。

- 需要什么样的蔬菜
- 消费者的喜好和趋势是什么
- 能以什么价格销售

事先做好市场调查，并以盈利性为前提来选择作物。

#### 常见栽培作物

- 叶菜：生菜、韩国生菜、小松菜、菠菜等
- 香草类：罗勒、欧芹、薄荷、香菜等
- 嫩叶菜：把各种蔬菜的幼叶混合起来的产品。因色彩和营养价值而受欢迎
- 高附加值蔬菜：稀有品种、强化了功能性成分的品种、便利性高的产品等

这些作物栽培周期短、周转率高，因此适合植物工厂。

#### 要点2. 栽培难易度

虽说可以人工控制环境，但并不是什么作物都能轻松种好。

- 栽培周期：越短，周转率越高，盈利性也越高
- 生长环境：温度、湿度、光等适宜值，会因作物而异
- 栽培技术：即使是容易栽培的品种，也需要最低限度的知识和技术

经验还浅的时候，建议从栽培周期短、环境调节相对容易的作物开始。说到植物工厂，很多设施都会种叶菜，其中又以生菜居多。

#### 要点3. 与设备的匹配

「想种的东西」和「能种的东西」并不一定一致。要先确认设备方面的限制。

- 设备高度：植株较高的作物，需要设备高度有余量
- 照明：LED的种类不同，可照射的光强和波长也不同，适合的作物也会改变
- 温度管理：如果难以进行适当的温度管理，就选择耐温度变化的作物

很多生产叶菜的设施，导入的是专门面向叶菜的设备。要提高生产效率，就需要专注于特定品类。

### 3种类型

植物工厂大致可以分为3种类型。

- 太阳光利用型：最大限度利用太阳光。初期费用可以压低，但容易受天气影响。叶菜、果菜类等很多作物都可以栽培。
- 太阳光、人工光并用型：两者并用。可以同时追求稳定生产和降低运行成本。叶菜、果菜类等很多作物都可以栽培。
- 人工光型：只用人工光栽培。不受天气影响，可以稳定生产，但运行成本会变高。以叶菜为中心，也可以栽培一部分果菜类。

属于哪一种类型、导入了什么样的设备，都会改变可栽培的作物。作物选择，最终要在「盈利性」「栽培难易度」「与设备的匹配」这3者之间取得平衡。

接下来，我们逐一看植物工厂栽培中使用的技术和设备。

### LED生长灯的活用



植物工厂中最具象征性的设备，就是一排排LED生长灯。传统农业只能依靠太阳光，而植物工厂可以用LED人工创造最适合生长的光环境。

## LED生长灯给植物工厂带来的3个优势

### 1. 节能效果带来成本削减

电费是植物工厂无法忽视的成本。LED生长灯节能性好，因此可以期待大幅削减电费。

### 2. 寿命长，也能减少维护工作

荧光灯需要定期更换，每次都要花成本和人力。LED的寿命大幅更长，可以减少更换频率。对于使用大量照明的植物工厂来说，这个成本差异很大。

### 3. 可以根据植物选择光的颜色

植物会因种类和生长阶段不同，需要不同波长（颜色）的光。LED有红色、蓝色、白色等各种波长的产品，可以根据栽培作物来选择。过去的植物工厂中，红光和蓝光组合的LED生长灯是主流，但近年接近太阳光的白色LED也在普及。

## 安装和运营上的细节

要发挥LED的效果，安装方法、照射时间等细节上的处理也很重要。

- 多层栽培：为了有效利用有限空间，一般会把栽培架叠成多层，进行「多层栽培」。
- 照射角度和距离：通过调整LED的照射角度以及与植物的距离，可以提高光合作用效率。
- 照射时间：植物会反复经历进行光合作用的「光照期」，以及进行呼吸和养分运输的「暗期」，并在这个过程中生长。

## 光

LED只不过是创造光环境的工具。重要的是，植物如何接收这些光。这里先掌握光本身的基础。

### 光的强度：并不是越强越好

光对植物生长不可或缺，但过强反而会造成伤害。基本做法是，根据栽培作物安装强度合适的LED。果菜类等需要强光，但叶菜类即使在相对较弱的光下也能栽培。这也是植物工厂偏好叶菜类的原因之一。

### 光的波长：植物有偏好的颜色

光会因波长不同而呈现不同颜色，植物会按不同波长用于不同目的。

- 红光（600~700nm）：对光合作用最有效的波长之一。促进生长，也有促进开花和结果的效果

- 蓝光（400 ~ 500nm）：对光合作用有效，促进叶绿体发育，也有让茎变粗的效果
- 绿光（500 ~ 600nm）：对光合作用的贡献较少，但被认为参与植物形态形成和胁迫响应

近年，绿光、白光等各种波长的LED生长灯都已经出现。我也用过各种类型的LED，但比起只有红光和蓝光的类型，加入绿光的类型或接近太阳光的类型，生长看起来更好。

光照不均：让所有作物都充分照到光

在多层栽培中，难免会出现光照不到的地方，进而产生生长不均。为了防止不均，现场可以采取一些措施。

- 设置反射板：在栽培架上设置反射板，可以防止光漏到通道侧造成浪费，也能把光送到不容易照到的地方
- 改善照明配置：设置多盏LED生长灯，或调整照射角度，让光均匀照射
- 不要放太多作物：过度密植会让光难以到达每一株作物。不要因为追求生产性而塞得太满

## 水培系统



和照明一样，说到植物工厂的特色，水培也是其中之一。

为什么植物工厂会选择水培

水培最大的优势，是不使用土壤。

- 节省空间、提高选址自由度：不需要土壤，因此即使在城市地区或土地条件严苛的地区也能栽培
- 提高生长速度：根部可以持续吸收水和养分，因此生长更快，有助于提高采收量

- 降低病虫害风险：可以大幅降低经由土壤传播的病虫害风险
- 浇水管理更省力：不需要每天浇水。只要管理好营养液的浓度和液量，就可以自动供给
- 烂根风险低：只要营养液中的溶解氧（DO）保持充足，根就能持续吸收新鲜氧气。但是如果DO不足，那就是另一回事，水培也会发生烂根（特别是在水温高时，DO容易下降）

## 水培系统的主要种类

植物工厂中常用的主要有以下2种。

### 1. NFT（薄膜水培）

把植物固定在带有坡度的栽培床上，并用泵让营养液循环的方式。

- 优势：所需营养液量少，有助于削减成本
- 劣势：容易受营养液温度变化影响

### 2. DFT（深液水培）

在像水槽一样的栽培槽中注满营养液，把植物漂浮在其中栽培的方式。

- 优势：营养液量多，因此抗温度变化能力强，可以稳定栽培
- 劣势：与NFT相比营养液量多，设备会变大

NFT和DFT，都是植物工厂中常用的「循环式水培」系统。

## 水培与其他环境控制

水培是植物工厂的特征之一，但只靠它并不能完成栽培。温度、湿度、光、CO<sub>2</sub>浓度等环境要素，也要一起进行人工控制。

- 温度管理：植物会因种类不同而有不同的最适温度
- 湿度管理：湿度也会大幅影响生长，并且关系到病害发生
- CO<sub>2</sub>施用：植物通过光合作用吸收CO<sub>2</sub>。提高浓度会促进光合作用，加快生长

在植物工厂中，需要组合管理多个环境要素。各个要素会在下一节以后详细说明。

## 温度管理

温度管理是大幅左右植物工厂成败的最重要项目之一。

### 为什么温度管理重要

植物有适合生长的温度带。一旦偏离这个范围，生长就会受到影响。

- 生长不良：生长变慢、叶色变差，严重时枯死
- 畸形果发生：番茄、草莓等果菜类会出现形状不好的果实
- 病虫害风险增加：体力下降，对病害和虫害的抵抗力变弱

## 不同作物的适温

植物工厂不容易受外部环境影响，可以把温度和湿度保持在一定范围。不同作物的大致标准如下。

- 生菜等叶菜：喜欢相对凉爽的环境，15~25 左右最适合
- 番茄等果菜类：喜欢温暖环境，20~30 左右最适合
- 罗勒等香草类：20~25 左右最适合。不过，也有喜欢高温的种类和耐低温的种类

根据栽培蔬菜的种类和生长阶段进行温度管理，是稳定生产的基础。

## 利用昼夜温差（DIF）

植物工厂可以用LED生长灯人工创造昼夜时段，因此也可以通过调整温差来控制生长。这里的「白天」指照明点亮期间（光照期），「夜间」指照明关闭期间（暗期）。光照期和暗期的温度差叫作「DIF」。

- 光照期温度 > 暗期温度（正DIF）：茎会伸长
- 光照期温度 < 暗期温度（负DIF）：茎的伸长会受到抑制

生菜等叶菜中，如果茎伸得太长，叶片会变小，品质也会下降。只要善用负DIF，就能防止幼苗徒长，提高生产效率。不过，要通过DIF做出成果，需要熟练度和经验，能做到什么也会因设备而异。

## 温度管理的失败例

### 夏季的温度管理

盛夏温度容易偏高。

- 空调制冷的设定温度要合适。根据设备不同，即使设定温度相同，实测值也可能随季节变化
- 活用遮光帘和隔热材料，抑制外部气温影响

### 温度不均

同一天播种，结果一侧的生菜很大、另一侧很小，这种情况很常见。

- 活用循环风扇，让工厂内空气循环
- 设置多个温度传感器，掌握温度分布
- 调整设备和栽培架的配置，让空气顺畅流动

温度设定的判断基准，是作物状态

思考栽培室内温度时，设定值的判断基准最终是「作物状态」。我们在设定温度时，需要具备正确把握植物状态的观察力。

## 湿度管理

和温度一样，湿度也是不可缺少的管理项目。植物会通过「蒸腾作用」从叶片释放水分，调节自身温度。湿度会直接影响这种蒸腾作用。

### 为什么湿度管理重要

植物工厂不容易受外部环境影响，另一方面，由于是封闭空间，湿度容易升高。

### 结露风险

密闭式植物工厂中，尤其需要注意结露。

- 霉菌温床：霉菌喜欢湿度高的地方，结露处正是滋生的绝佳场所
- 病害蔓延：结露水滴附着在叶片上时，病原菌容易繁殖，病害风险会上升
- 设备故障：结露会引发电气系统短路和金属部件腐蚀

### 密闭式植物工厂中的湿度控制

密闭式植物工厂难以通过换气调节湿度，因此要抓住以下要点。

#### 1. 有效活用除湿机

- 除湿机的选择：选择能力适合工厂面积和栽培植物种类的设备
- 设置位置：设置在容易发生结露的地方更有效

#### 2. 重新审视栽培环境

不要只依赖除湿机，重新审视栽培环境本身也很重要。

- 种植密度：密植过度会导致通风变差，周围湿度容易上升。要一边观察生长情况，一边调整到合适密度

- 温度管理：温度和湿度关系密切。室温急剧变化时容易发生结露，因此要细致进行温度管理

### 3. 观察植物状态

不只看湿度计的数值，也要看植物状态。如果出现叶片萎蔫、叶片有斑点、生长缓慢等症状，原因可能在湿度。

### 湿度与干烧心关系很深

湿度和干烧心密切相关。因为在高湿度环境下，叶片蒸腾作用会受到抑制，根的活动也会下降（干烧心会在本章后半部分说明）。湿度管理在封闭空间中并不简单，但如果轻视，会直接影响生长。

## CO2的利用



### 提高CO2浓度后，为什么植物会更有活力

植物通过光合作用吸收空气中的CO<sub>2</sub>，制造糖等营养成分并生长。普通空气中的CO<sub>2</sub>浓度约为400ppm，而植物工厂通过把室内CO<sub>2</sub>浓度提高到约1,000ppm，可以促进光合作用，加快生长（「到1,000ppm」指目标最终浓度，不是增加量）。

### 提高CO2浓度的优势

- 生长速度提高，可以缩短从栽培到采收的周期
- 即使面积相同，也能采收更多蔬菜
- 可以培育味道和香气更好、营养价值更高的蔬菜

## CO<sub>2</sub>施用的方法

在植物工厂中，提高CO<sub>2</sub>浓度的方法一般叫作「CO<sub>2</sub>施用」。主要有3种方法。

### 1. 二氧化碳气瓶：适合规模相对较小的植物工厂

- 优势：可以以相对低廉的成本导入
- 劣势：会产生更换气瓶的作业，也需要保管空间

### 2. 液态二氧化碳：面向中到大规模设施

- 优势：可以大量供给CO<sub>2</sub>
- 劣势：导入成本较高

### 3. 燃烧式CO<sub>2</sub>发生装置：燃烧煤油或城市燃气来产生CO<sub>2</sub>

- 优势：运行成本相对较低
- 劣势：产生CO<sub>2</sub>的同时，也会产生热、水蒸气和燃烧副产物，因此在封闭型人工光设施中，需要处理排热、湿度上升和燃烧气体（适用条件与温室不同）

哪种方法最合适，会因规模、预算、栽培作物等而异。

## CO<sub>2</sub>浓度管理

CO<sub>2</sub>施用中，浓度管理很重要。通常会使用由CO<sub>2</sub>传感器和控制装置组成的系统。

- CO<sub>2</sub>传感器：实时测量栽培室内的CO<sub>2</sub>浓度
- 控制装置：根据测量值自动调节CO<sub>2</sub>供给量

## CO<sub>2</sub>施用的成本与效果

CO<sub>2</sub>施用需要初期投资和运行成本。即便如此，无论光和温度调整得多好，如果没有CO<sub>2</sub>，植物也不会生长。CO<sub>2</sub>是与光、水、温度并列的植物工厂基本要素之一。

## 空调与风的管理

和温度、湿度、CO<sub>2</sub>一起需要掌握的，是空气流动。

### 封闭空间中空气容易停滞

植物工厂不容易受外部环境影响，另一方面，空气流动容易停滞。如果不适当管理，就会发生各种问题。

### 密闭式植物工厂中风的作用

风有以下作用。1. 提高CO<sub>2</sub>供给效率：即使提高CO<sub>2</sub>浓度，如果没有空气流动，也无法均匀扩散，光合作用效率会下降2. 消除温湿度不均：受照明和空调影响，地点不同会产生温度和湿度不均。特别是栽培架上层和下层容易出现温差3. 打破叶面边界层：叶片表面有一层微细空气层「叶面边界层」，如果它过厚，CO<sub>2</sub>和水分的进出会受到妨碍4. 抑制病害发生风险：在湿度容易升高的封闭空间中，为了抑制霉菌和细菌繁殖，空气流动也很重要

## 产生风的方法

在密闭式植物工厂中产生风，主要使用「送风机」和「空调设备」。

1. 送风机：把风送到特定位置。送风机适合在想局部送风时使用。

- 循环容易积存在栽培架下部的CO<sub>2</sub>
- 向容易出现温度不均的地方送风，使其均匀化
- 降低特定区域的湿度

2. 空调设备的送风功能：让风在整个工厂内循环。空调除了调节温度、湿度之外，也具备送风功能。

把送风机和空调设备的送风功能组合起来，就能有效控制空气环境。要注意让整个设施中的风朝同一方向流动，避免气流相互抵消。

## 风速和风向

产生风时，也要注意风速和风向。1. 风速：太强会给植物造成压力，阻碍生长2. 风向：通过改变风向，可以提高空气循环效率

- 吹向墙边，让空气更容易循环
- 沿着栽培架送风，让CO<sub>2</sub>高效扩散

## 通过温湿度判断空气流动

空调和风的管理，只要掌握基本点，其实很简单。空气容易停滞的区域，可以通过测量温度和湿度来把握。发现出现不均的地方后，调整送风方式，逐步改善。

## 肥料的处理

在水培中，和营养液并列重要的是肥料。



## 植物工厂所需肥料的条件

选择植物工厂使用的肥料时，前提要点如下。

- 水溶性：水培中，肥料以溶解在水中的状态供给植物。必须容易溶于水，也容易被吸收
- 纯度：使用杂质少的高纯度肥料，可以让营养液成分平衡更稳定，降低生长受阻的风险
- 速效性：因为目标是在短期间内采收，适合使用植物能快速吸收的速效性肥料

## 单一肥料与复合肥料

植物工厂使用的肥料有「单一肥料」和「复合肥料」两种。「单一肥料」是只含有氮、磷酸、钾等特定营养素的肥料。「复合肥料」是预先混合了所需营养素的肥料。使用哪一种，会因状况和栽培方针而变化。

### 使用单一肥料的优势

- 精准补充营养：可以根据营养液分析结果，用单一肥料补充不足的营养素
- 削减成本：与复合肥料相比，单一肥料通常更便宜
- 原创配方：可以组合多种单一肥料，制作自己的配方

### 使用复合肥料的优势

- 轻松：所需营养素已经预先配好，可以省去准备和管理的工夫
- 有针对不同用途的产品：有叶菜用、果菜类用等根据作物和生长阶段设计的产品

### 使用区分的标准

刚开始栽培，还不知道该用哪种肥料的阶段，建议先使用复合肥料。

## 肥料配方

肥料配方是植物工厂中的重要工作之一。它同时需要经验和数据，以后会逐步掌握配方技能。作为参考，我介绍一个根据现场经验制作、可以免费使用的营养液配方设计表「SimpleFert」。只要输入必要信息，就能计算肥料配合量。 <https://pfboost.com/zh/how-to-simplefert/>

## 营养液管理



把肥料溶于水后制成的就是营养液。在植物工厂中，营养液是左右植物生长的生命线。

### 营养液中包含的营养素

水培中，会用水和肥料配制成的营养液来代替土壤。营养液中包含的主要营养素如下。

- 氮 (N)：促进叶和茎的生长，是蛋白质和叶绿素合成不可缺少的元素。不足时叶片会发黄
- 磷 (P)：促进根的发育以及花、果实的形成，并参与能量代谢。不足时根系发育会变差
- 钾 (K)：促进光合作用，提高对病害的抵抗力。也参与细胞内水分调节。不足时叶缘会枯萎
- 钙 (Ca)：强化细胞壁，让生长稳定。不足时新叶会变形，果实顶端会腐烂
- 镁 (Mg)：是叶绿素的组成成分，对光合作用不可或缺。不足时叶脉之间会发黄
- 硫 (S)：是蛋白质的组成成分，也参与酶的活化。不足时叶片整体发黄

这些被称为大量元素，任何一个缺失，植物都无法生长。除此之外，被称为微量元素的营养素也很重要。

### 营养液管理的基本：EC和pH值

营养液管理中特别重要的指标，是「EC」和「pH值」这两个。

### EC（电导率）

EC是「Electrical Conductivity（电导率）」的缩写，表示电流通过的容易程度。肥料溶于水后，电流会更容易通过，因此通过看EC，可以间接知道营养液中溶解肥料的浓度。

- EC高：营养液浓
- EC低：营养液稀

EC过高时，植物会难以吸收水分，有枯死风险。根据植物种类和生长阶段，把EC浓度调整到合适范围，是营养液管理中最重要的一点。

### pH值（氢离子浓度）

pH值是「power of Hydrogen（氢离子浓度）」的缩写，表示营养液的酸性、碱性程度。植物基本上在pH值接近弱酸性（pH值 5.5 ~ 6.5）时生长最好。如果pH值偏离适当范围，会出现以下问题。

- 营养吸收受阻：营养液中的营养素不容易被吸收
- 生长障碍：根系发育变差，叶色变差
- 根部损伤：根受伤，水分和养分吸收受到妨碍
- 微量元素吸收不足：铁、锰等不容易被吸收，导致生长不良

pH值也会影响营养液中营养素的溶解度，因此保持在适当范围很重要。

### 制作营养液

制作营养液时，要按适当比例混合水和肥料。1. 准备水：可以使用自来水、井水、过滤水等，多数情况下使用自来水。使用含铵态氮的肥料时，要通过静置或硫代硫酸钠等去除残留氯2. 准备肥料：使用复合肥料时，按照产品说明把适量肥料溶于水。如果使用循环式系统，准备最终营养液约100倍浓度的母液（储备溶液），再用注入器或自动供给装置一边稀释一边制成最终营养液，这种方法效率较高（不是「100倍稀释液」，而是稀释前的100倍浓缩液）3. 混合：把肥料一点点溶入水中，并充分搅拌。钙在高浓度原液中会与磷酸、硫酸发生沉淀，因此有些类型会把母液罐分成A、B两个来制作（稀释后的最终营养液中，钙和磷酸、硫酸可以共存）4. 调整EC和pH值：用EC计和pH计测量，必要时进行调整

- EC值：低于目标值就追加肥料，高于目标值就加水稀释
- pH值：低于目标值时（偏酸性时）加入提高pH值的pH上调剂，高于目标值时（偏碱性时）加入降低pH值的pH下调剂

## 管理营养液

栽培过程中，营养液并不会一直保持固定状态。1. 测量：至少每天测量1次EC值和pH值（降低频率会导致把握变化变慢）。如果每天在同一时间测量，更容易比较每天的变化。在大规模环境中，人力测量有极限2. 记录：测量值必须记录。这样可以把握变化，也有助于在发生问题时追查原因。用笔记本或电子表格都可以3. 调整：偏离目标值时进行调整

- EC值：低就追加肥料，高就加水稀释。大规模工厂必须有自动供给系统，低于设定值时会自动追肥

- pH值：少量多次加入pH调节剂，一边充分搅拌，一边接近目标值。一次大量加入时，肥料成分可能发生沉淀，需要注意

4. 营养液更新：持续栽培一段时间后，肥料成分平衡会打乱，或者不需要的成分会累积。要定期更换营养液，进行「营养液更新」。频率因作物和季节而异，但一般以2~3个月1次为标准。

「不知道原因，但总觉得生长不太好」这样的情况很常见。积累经验后能大致推测原因，但初学者阶段并不容易。这种时候，试着赌一把进行营养液更新也是一个办法。遇到困难时能够选择这个做法，也是水培的强项之一5. 观察：不仅要看EC值和pH值，也要仔细观察植物状态。

如果叶色、叶形、生长情况有变化，营养液可能存在问题

## 营养液管理的注意点

1. 肥料过多或不足：EC调得太高，会因肥料过量阻碍生长。特别是氮过量时，叶片容易徒长。相反，EC过低会因肥料不足导致生长不良2. pH值急剧变化：一次大量加入pH调节剂，会让pH值急变，给植物带来压力。要少量、缓慢调整3. 水温（营养液温度）：营养液温度会影响肥料溶解度、根的活性和生长。一般水温20 左右为适温。水温过低时养分吸收会变差，生长会变慢。过高时溶解氧（DO）会下降，根容易受伤，也容易发生病害。基本上只要与栽培室内气温同等程度，就没有问题（这里说的是室温，不是外部气温）4. 卫生管理：贮液罐和配管要定期清扫。藻类和垃圾过度堆积时，病原菌容易繁殖。

很多人会在意营养液中出现的藻类。确实看起来不好，也很脏，但这是很难完全避免的现象。

只要以不要让它过度增加的态度管理，就没有问题

## 活用数据提高精度

使用数据，可以进一步提高营养液管理的精度。

- 栽培记录：记录EC值、pH值、水温、肥料种类和用量、生长情况，把握营养液状态和生长之间的关系

- 营养液分析：委托专业机构，就能准确把握营养液中各成分浓度。根据分析结果调整配方，可以进行更合适的管理
- 活用环境数据：把温度、湿度、CO<sub>2</sub>浓度等环境数据，与EC值、pH值、生长情况关联起来分析，就能提高环境控制和营养液管理的精度

## 干烧心



「好不容易顺利长大的生菜，却在快采收时叶尖开始变褐枯萎」在植物工厂工作，干烧心是绕不开的生长障碍。

### 什么是干烧心

干烧心是一种叶尖或叶缘变褐枯萎的生理障碍。初期只是叶尖稍微变色，但进展后枯萎部分会扩大，有时整片叶子都会枯死。如果感觉「叶子的尖端有点发黑」，那可能就是干烧心发生的信号。

### 干烧心的发生原因

干烧心不是靠单一解决方案就能处理的简单问题。主要因素如下。

#### 要点1. 钙不足

最大的原因之一，是植物体内钙不足。

- 营养液中的钙浓度低
- 根功能下降，钙吸收受到阻碍
- 植物体内，钙没有运输到叶尖

根据我的经验，营养液中钙浓度本身不足的案例很少见。多数情况下，营养液中的Ca是足够的，真正原因是由于某种原因，植物体内的Ca没有转移到叶尖（Ca转移不足）。有些人会简单地想「既然钙不够，那就增加Ca肥料」，但只要原因不是营养液中的Ca浓度，增加Ca肥料往往会适得其反（EC上升、沉淀、与其他离子拮抗）。

#### 要点2. 湿度高

湿度高看起来植物好像会长得有活力，但并不一定如此。

- 根活动下降：湿度高时，不需要勉强吸收水分，根的活动会下降
- 蒸腾作用受抑制：蒸腾作用受到抑制后，钙向叶片的移动会受到妨碍

#### 要点3. 生长过快

生长快是值得高兴的事，但快速生长需要大量营养。如果营养吸收跟不上生长速度，特别容易出现钙不足，干烧心也更容易发生。

#### 要点4. 其他因素

除上述因素之外，以下因素也会相关。

- 品种：有些品种容易发生干烧心
- 温度：高温、低温等温度压力
- 光：过强的光，或光合作用效率差的光环境
- 风：通风差时，湿度容易升高

因为因素复杂交织，有时很难确定原因。

#### 干烧心的对策

思考对策时，关键词是「蒸腾作用」和「生长速度」。通过湿度管理适当维持蒸腾作用，如果生长过快，就要朝降低光量、温度、CO<sub>2</sub>等环境条件的方向（抑制生长的方向）重新审视（如果进一步加速生长，症状会恶化，因此这里不是增加，而是减少）。不过，作物生长快这件事本身，对生产者来说是好事。如果它导致干烧心过度发生，就需要采取抑制生长的对策。这种平衡，也正是干烧心对策的难点。

#### 我也被干烧心困扰过

虽然我写了机制和对策，但干烧心并不是能轻易解决的问题。我也被它狠狠困扰过。要提高植物工厂的盈利性，就需要理解干烧心，并学会与它相处。关于绝妙环境调整的诀窍，我在下面的内容中写得更详细。

## 徒长

和干烧心并列，另一个具有代表性的生长障碍是「徒长」。徒长，是指植物为了追求光而把茎伸得超过必要程度的现象。可以想象窗边的观叶植物朝着有光的一侧细细长长地伸过去，那种状态比较接近。



植物工厂中发生徒长时，会出现以下影响。

- 产量下降：茎一个劲地伸长，关键的叶片却变小。
- 品质下降：组织变得柔弱，货架期和口感下降。
- 作业效率下降：容易倒伏，采收和管理作业的工夫增加。

麻烦的是，生长初期徒长的叶片，即使之后调整好环境，也无法完全恢复。

### 徒长发生的原因

徒长的主要原因有3个。

- 光量不足：LED生长灯的光量不足时，植物会为了追求光而伸长茎。
- 光质不平衡：不只是红、蓝，绿光、远红光等波长平衡被打乱时，也容易徒长。
- 密植：密度过高时，植物之间会互相争夺光。想活用有限空间的心情我理解，但塞得太满会适得其反。

### 徒长的对策

重新审视光环境

- 提高光量：根据栽培作物和生长阶段，确保适当光量。可能的话，可以考虑增设照明。
- 调整光质：选择波长平衡好的LED生长灯。
- 照明配置：不只从上方照射，也从侧面照射，可以减少光照不均。
- 活用反射板：可以高效利用光，因此能辅助光量不足。

#### 调整种植密度

- 保持符合作物和生长阶段的密度。特别是移植时机，要准确判断。

#### 其他环境因素

- 温度过高时容易徒长。要进行适当的温度管理。
- 湿度过高也会助长徒长。通过换气和除湿进行调整。

徒长一旦发生就无法恢复，因此早期发现和应对最重要。

## 为了进一步提升栽培管理水平

到这里，我们已经说明了栽培管理的基础知识。作为知识，这些都是重要内容，但到了现场，会遇到「有知识，但具体该从哪里下手」这种迷茫的场面。

作为辅助，我介绍一下我准备的「现场运营管理模板」。

- 用于设计栽培流程的模板：从目标采收量倒推，计算所需栽培床数量、定植板种类、生长周期等的工具。也可以进行改变移植次数和运行天数的模拟。
- 营养液配方设计工具：只要输入必要信息，就能计算复合肥料和单一肥料组合下的肥料设计。它把经验丰富的现场容易依赖个人经验的部分，落到可复现的形式中。
- 作业日程模板：根据栽培流程，计算每天的作业内容和所需人员。它有助于防止人员过多或不足，调整人员配置。

这些工具不是万能的。在现场使用时，也需要定制。不过，作为把「知识落到实际步骤中」的第一个契机，它们是有用的。现场运营管理中应该抓住哪些地方，也应该能从模板结构本身读出来。

<https://pfboost.com/zh/templateform/>

## 第2章总结

- 作物选择要根据「市场需求」「栽培难易度」「与设备的匹配」这3点判断
- LED生长灯有节能、长寿命、波长选择这3个优势
- 水培以NFT（薄膜水培）和DFT（深液水培）为主流

- 温度、湿度、CO<sub>2</sub>、风的管理会相互影响，因此要综合思考
- 营养液管理中，EC和pH值这两个指标最重要
- 干烧心和徒长，是植物工厂中最频繁发生的生长障碍

关于各个主题更具体的改善方法和数值标准，我在「提高植物工厂盈利性的172个提示」中做了详细说明。

# 第3章 现场运营管理的实践

## 生产计划的制定

从这里开始，我们来看植物工厂管理工作具体内容。第一个主题是生产计划。

| 1.施設設備仕様 |         |                     |                     |                    |                    |                     |                  |                  |                  |                  |                  |                    |                  |         |
|----------|---------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|---------|
| エリア      | ベッド総数   | 1ベッド面積              | 使用ベッド数              | 稼働率                |                    |                     |                  |                  |                  |                  |                  |                    |                  |         |
| 育苗       | 20 ベッド  | 7.6 m <sup>2</sup>  | 10 ベッド              | 50.00%             |                    |                     |                  |                  |                  |                  |                  |                    |                  |         |
| 生育       | 160 ベッド | 27.0 m <sup>2</sup> | 124 ベッド             | 81.56%             |                    |                     |                  |                  |                  |                  |                  |                    |                  |         |
| 2.原価計算   |         |                     |                     |                    |                    |                     |                  |                  |                  |                  |                  |                    |                  |         |
|          |         | 月間(30日)             | 1日あたり               | フリル                | ロメイン               | サンチュ                | グリーン             |                  |                  |                  |                  |                    |                  |         |
| 使用ベッド    | 育苗      | 10.00               | 4.00                | 0.67               | 0.67               | 3.14                |                  |                  |                  |                  |                  |                    |                  |         |
|          | 生育      | 130.50              | 62.00               | 11.00              | 11.00              | 44.00               |                  |                  |                  |                  |                  |                    |                  |         |
| 専有面積     |         | 3520 m <sup>2</sup> | 1704 m <sup>2</sup> | 302 m <sup>2</sup> | 302 m <sup>2</sup> | 1212 m <sup>2</sup> | 0 m <sup>2</sup> | 0 m <sup>2</sup> | 0 m <sup>2</sup> | 0 m <sup>2</sup> | 0 m <sup>2</sup> | 0 m <sup>2</sup>   | 0 m <sup>2</sup> |         |
| 専有面積比率   |         | 100.00%             | 48.41%              | 8.58%              | 8.58%              | 34.42%              | 0.00%            | 0.00%            | 0.00%            | 0.00%            | 0.00%            | 0.00%              | 0.00%            |         |
| 人件費      |         | ¥6,900,000          | ¥230,000            | ¥111,353           | ¥19,737            | ¥19,737             | ¥79,174          | ¥0               | ¥0               | ¥0               | ¥0               | ¥0                 | ¥0               |         |
| 原材料費(直接) |         | ¥2,375,400          | ¥79,180             | ¥21,500            | ¥20,440            | ¥20,440             | ¥16,800          | ¥0               | ¥0               | ¥0               | ¥0               | ¥0                 | ¥0               |         |
| 原材料費(間接) |         | ¥3,519,158          | ¥117,305            | ¥56,793            | ¥10,066            | ¥10,066             | ¥40,260          | ¥0               | ¥0               | ¥0               | ¥0               | ¥0                 | ¥0               |         |
| 水道光熱費    |         | ¥6,245,104          | ¥208,170            | ¥100,784           | ¥17,863            | ¥17,863             | ¥71,659          | ¥0               | ¥0               | ¥0               | ¥0               | ¥0                 | ¥0               |         |
| その他      |         | ¥7,199,660          | ¥239,989            | ¥116,189           | ¥20,594            | ¥20,594             | ¥82,612          | ¥0               | ¥0               | ¥0               | ¥0               | ¥0                 | ¥0               |         |
| 製造原価     |         | ¥26,239,322         | ¥874,644            | ¥406,620           | ¥88,700            | ¥88,700             | ¥290,626         | ¥0               | ¥0               | ¥0               | ¥0               | ¥0                 | ¥0               |         |
| 製造原価/面積  |         | ¥248                | ¥248                | ¥239               | ¥294               | ¥294                | ¥240             |                  |                  |                  |                  |                    |                  |         |
| 3.栽培工程設計 |         |                     |                     |                    |                    |                     |                  |                  |                  |                  |                  |                    |                  |         |
|          |         |                     |                     |                    |                    |                     |                  |                  |                  |                  |                  | ※種・フィルム代など、各目録者のもの |                  |         |
| 品名       | 栽培工程    | 使用資材                | ベッド総数               | ベッド数               | 作業枚数/日             | 稼働日数/種              | 日数               | 株数               | 単の歩留まり           | 原材料費(直接)/株       | 原材料費(間接)(日)      | 計画の日数              | ベッド数の総算          | 作業枚数の総算 |
| フリル      | 播種/育苗   | 300 株               | 16 枚                | 1.8 ベッド            | 15 枚               | 7.0 日               | 2.0 日            | 4500 株           |                  | ¥3.00            | ¥13,300          | 2 日                | 1.88 ベッド         | 15 枚    |
| フリル      | 育苗      | 300 株               | 42 枚                | 4.0 ベッド            | 15 枚               | 7.0 日               | 11.2 日           | 4500 株           | 100.00%          | ¥0               | ¥0               | 11 日               | 3.93 ベッド         | 15 枚    |
| フリル      | 生育      | 50 株                | 50 枚                | 18.0 ベッド           | 82 枚               | 7.0 日               | 11.0 日           | 4100 株           | 91.20%           | ¥0               | ¥0               | 11 日               | 18.04 ベッド        | 82 枚    |
| フリル      | 生育      | 20 株                | 50 枚                | 44.0 ベッド           | 200 枚              | 7.0 日               | 11.0 日           | 4000 株           | 97.60%           | ¥2.00            | ¥8,000           | 11 日               | 44.00 ベッド        | 200 枚   |
|          |         |                     |                     |                    |                    |                     |                  | 0 株              | 0.00%            |                  |                  |                    |                  |         |
| ロメイン     | 播種/育苗   | 300 株               | 16 枚                | 0.3 ベッド            | 6 枚                | 3.0 日               | 2.0 日            | 1800 株           |                  | ¥3.00            | ¥12,600          | 2 日                | 0.32 ベッド         | 6 枚     |
| ロメイン     | 育苗      | 300 株               | 42 枚                | 0.7 ベッド            | 6 枚                | 3.0 日               | 10.3 日           | 1800 株           | 100.00%          | ¥0               | ¥0               | 11 日               | 0.67 ベッド         | 6 枚     |
| ロメイン     | 生育      | 50 株                | 50 枚                | 3.0 ベッド            | 34 枚               | 3.0 日               | 10.3 日           | 1700 株           | 94.50%           | ¥0               | ¥0               | 10 日               | 2.91 ベッド         | 35 枚    |
| ロメイン     | 生育      | 20 株                | 50 枚                | 8.0 ベッド            | 84 枚               | 3.0 日               | 11.1 日           | 1680 株           | 98.90%           | ¥2.00            | ¥7,840           | 11 日               | 7.92 ベッド         | 85 枚    |
|          |         |                     |                     |                    |                    |                     |                  | 0 株              | 0.00%            |                  |                  |                    |                  |         |
| サンチュ     | 播種/育苗   | 300 株               | 16 枚                | 0.3 ベッド            | 6 枚                | 3.0 日               | 2.0 日            | 1800 株           |                  | ¥3.00            | ¥12,600          | 2 日                | 0.32 ベッド         | 6 枚     |
| サンチュ     | 育苗      | 300 株               | 42 枚                | 0.7 ベッド            | 6 枚                | 3.0 日               | 10.9 日           | 1800 株           | 100.00%          | ¥0               | ¥0               | 11 日               | 0.67 ベッド         | 6 枚     |
| サンチュ     | 生育      | 50 株                | 50 枚                | 3.0 ベッド            | 34 枚               | 3.0 日               | 10.3 日           | 1700 株           | 94.50%           | ¥0               | ¥0               | 10 日               | 2.91 ベッド         | 35 枚    |
| サンチュ     | 生育      | 20 株                | 50 枚                | 8.0 ベッド            | 84 枚               | 3.0 日               | 11.1 日           | 1680 株           | 98.90%           | ¥2.00            | ¥7,840           | 11 日               | 7.92 ベッド         | 85 枚    |

## 为什么需要生产计划

像传统农业那样配合季节和天气来行动的做法，在植物工厂中行不通。既然环境可以由我们自己创造，就需要事先决定什么时候、生产什么、生产多少。

如果不制定生产计划就开始栽培，会出现以下问题。

1. 需求与供给不匹配：生产了不符合市场需求的作物或数量，导致滞销。
2. 成本管理失败：电费、水费、人工费、肥料等成本先发生，利润难以留下。特别是材料费和人工费，是栽培开始前就要准备的项目。没有事前预判，计划外支出会膨胀。
3. 品质不稳定：环境条件和作业管理变成临场应付，蔬菜的成品状态无法统一。

## 生产计划的3个步骤

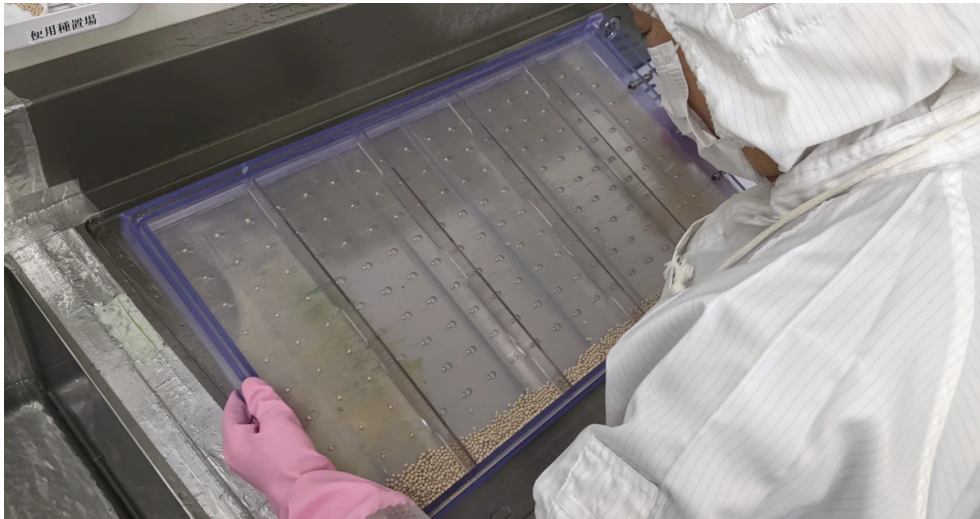
生产什么蔬菜、什么时候生产、生产多少，可以分3个步骤来整理。

### 步骤1. 需求预测

首先是市场调查。把握什么蔬菜、在什么时候、需要多少。

- 目标市场：超市、餐厅、个人消费者，销售对象是哪里
- 销售价格：每个市场能卖多少钱
- 需求的季节波动：季节带来的需求变化





从这里开始，我们来看实际培育蔬菜的现场作业诀窍。

## 什么是播种

「播种」就是播下种子。植物工厂不使用土壤，因此方法不同于传统农业。

## 植物工厂中的播种方法

水培播种与土壤栽培的前提不同。

- 土壤栽培：直接把种子播在土里
- 水培：把种子播在基质上

所谓基质，是代替土壤支撑植物根部，并供给水分和养分材料。

## 播种的步骤

水培中的播种流程如下。

1. 准备基质：把基质放入专用托盘，浸水让它充分湿润。
2. 播种：用镊子或专用播种机，把种子播到基质上。
  - 播种密度会因作物而异。
  - 播完后，为了防止干燥和流失，可给容器加盖等，以保持湿度。
3. 洒水：用喷雾器等轻柔浇水。
4. 静置：适当管理温度、湿度、光，等待发芽。

## 提高发芽率的要点

发芽不顺利时，要确认以下5点。

- 种子品质：选择新鲜、发芽率高的种子。保管时的温度和湿度也会影响。

- 基质选择：不同种类的基质会影响发芽率和后续生长。
- 吸水：让基质充分吸水。特别是海绵基质，吸水不足很容易成为发芽不良的主要原因。
- 温度管理：适合发芽的温度会因作物而异。
- 均匀洒水：水压过强或有不均时，种子会被冲走，发芽也会不整齐。要轻柔、均匀地洒水。

播种是栽培管理的第一步。这里的偏差，会影响之后所有工序。

## 育苗



播种之后的下一道工序是「育苗」。指把发芽后的苗，培育到能够承受移植的阶段。

### 为什么育苗重要

播种之后，苗长到一定大小的期间叫作「育苗期」。植物工厂有时会设置专用的育苗室或育苗架。

育苗阶段的质量，会直接关系到之后的栽培成绩。

- 提高成活率：移植、定植时更容易扎根，也更容易适应新环境。
- 提高生长速度：健壮的苗之后也会顺利生长，从育苗到采收的周期会缩短。
- 提高品质：营养状态好的苗更抗病。
- 提高产量：培育健全的苗，会推高最终产量。

### 育苗的步骤

水培中的育苗环境准备如下。

- 温度：根据作物和生长阶段设定。生菜的话，一般把育苗室的气温（不是水温，而是室内气温）管理在25 左右。小苗怕低温，因此要注意不要降得过低。

- 湿度：过高会容易发生病害。相对湿度（RH）60～70%左右是大致标准。

- 光：很多品种的种子发芽本身不需要光，但发芽后子叶展开、开始光合作用的阶段，需要确保适当光量。如果发芽期间采用不照光的运用方式，要注意子叶展开后的照明开始不要延迟（照明开始延迟会导致徒长和弱苗）。

- 营养液：苗还小时，一般把EC（营养液浓度）设得较低，再随着生长提高。不过根据我的经验，如果管理困难，把设定偏低的EC保持固定来运用，实际使用中也不会出问题（这不是指和本栽培区一样用高EC固定。说到底，是在低到中等程度的数值上固定运用）。

发芽后管理中重要的是移植时机。苗变大，开始与旁边的叶片重叠时，就是移植信号。如果继续放任不管，光照不到，会妨碍正常生长。

|    | A          | B    | C          | D    | E    | F    | G                 |
|----|------------|------|------------|------|------|------|-------------------|
| 1  |            | フリル  | フリル        | フリル  | フリル  | フリル  | フリル               |
| 2  | 播種日        | 播種数  | 5日目<br>発芽率 | 発芽苗  | 移植数  | 過不足  | 備考 ※異常時の対応等       |
| 3  | 2024/05/01 | 4500 | 95%        | 4275 | 4100 | 175  |                   |
| 4  | 2024/05/02 | 4500 | 95%        | 4275 | 4100 | 175  |                   |
| 5  | 2024/05/03 | 4500 | 95%        | 4275 | 4100 | 175  | 翌日の不足分に充当         |
| 6  | 2024/05/04 | 4500 | 85%        | 3825 | 4100 | -275 | 前日分から充当、不足は翌日分を使用 |
| 7  | 2024/05/05 | 4500 | 95%        | 4275 | 4100 | 175  |                   |
| 8  | 2024/05/06 | 4500 | 95%        | 4275 | 4100 | 175  |                   |
| 9  | 2024/05/07 | 4500 | 95%        | 4275 | 4100 | 175  | 移植時、葉の黄変確認        |
| 10 | 2024/05/08 | 4500 | 95%        | 4275 | 4100 | 175  | 移植時、葉の黄変確認        |
| 11 | 2024/05/09 | 4500 | 95%        | 4275 | 4100 | 175  | 移植時、葉の黄変確認        |

## 记录育苗

育苗会成为之后栽培周期的起点。这里如果有失误或问题，负面影响会长期残留。

通过记录育苗期间的环境数据和苗的生长状况，可以获得以下好处。

- 早期发现问题：可以更早抓住生长不良和病害迹象。
- 查明原因：发生问题时，回看记录更容易确定原因。
- 积累诀窍：参考过去记录，可以改善育苗方法。
- 基于数据的管理：不只依靠经验和直觉，也可以用数字管理。

记录一开始可能会觉得麻烦。不过，积累会大幅改变栽培精度。从能做的范围开始就足够了。

## 移植&定植



完成育苗的苗，会转移到更大的空间。

### 移植

移植，是把苗移到更大空间的作业。如果根和叶一直处在拥挤状态，会出现以下问题。

- 营养不足：根无法充分吸收养分，导致生长不良。
- 光照不足：旁边的叶片形成遮挡，每株获得的光量减少。
- 病害风险增加：抵抗力下降，更容易生病。

苗长大后，把它移到更大的空间，就能充分吸收养分，生长也会加速。

### 定植

定植，是为最终采收阶段进行的移植。通过分阶段重复移植，可以同时提高采收量和品质。

株距过窄的问题前面已经讲过，反过来，如果过宽，就会变成这样。

- 空间浪费：无法充分利用有限的栽培空间。
- 采收量减少：单位面积采收量下降。

植物工厂是把栽培床纵向叠放来提高生产效率的机制。想要充分使用空间，但塞得太满又会影响生长。兼顾这两点很重要。

定植的关键，是找到既能让作物不受胁迫顺利生长，又能最大化栽培数量的「最佳株距」。这 是要按作物和设备的组合，在现场逐步摸索的部分。

### 采收&整理（采后去除外叶）



栽培的最终工序，是采收和整理（采后去除外叶）。这是自己播下的种子最终长成蔬菜的瞬间，同时也是面向销售的新工序的起点。

### 植物工厂中的采收推进方式

植物工厂的采收作业，和露地栽培相当不同。基本做法是用流水线作业分工。

- 采收：从栽培床采收蔬菜。
- 搬运：把采收的蔬菜搬到整理（采后去除外叶）区域。
- 整理（采后去除外叶）：去除不能成为产品的叶片。

可以想象成接近工业产品的流水线作业，分工会大幅提高效率。

### 什么是整理（采后去除外叶）

整理（采后去除外叶），是对采收后的蔬菜进行整理的作业。它不只是外观问题，而是关系到商品价值本身。

形状整齐、经过漂亮整理（采后去除外叶）的蔬菜，会有以下效果。

- 看起来新鲜、好吃
- 让人有安心感
- 给人高品质的印象



整理（采后去除外叶）的基础

整理（采后去除外叶）时要意识到以下3点。

- 去除受伤叶和变色叶
- 整理形状
- 符合规格

如果是叶菜，就去掉外侧几片受伤的叶子，留下中心部位漂亮的叶片。叶片数量、长度、重量、形状等标准，有时会按工厂或销售对象细致规定。

粗糙的整理（采后去除外叶）会削减收益

整理（采后去除外叶）做得粗糙，会像下面这样直接影响收益。

- 产量下降：去掉了超过必要的叶片，能销售的数量减少。
- 品质下降：造成伤痕或扯断叶片，商品价值会下降。
- 作业效率下降：粗糙作业会产生返工，结果反而花时间。

整理（采后去除外叶）是直接关系到产量、品质和作业效率的工序。

采收和整理（采后去除外叶）是栽培的集大成

采收和整理（采后去除外叶），是现场收尾的部分。速度和准确性都需要。到这里为止的栽培管理再细致，如果最后收尾粗糙，也会前功尽弃。

## 采收后的作业

采收后的蔬菜，并不是直接放着就可以。到出货为止的一系列作业，会决定品质。



## 与鲜度赛跑

蔬菜从采收的瞬间开始，鲜度就会下降。鲜度下降后，会出现以下变化。

- 外观：失去水润感，开始萎蔫。
- 味道：风味下降，苦味和涩味增加。
- 营养价值：维生素和矿物质减少。
- 安全性：细菌更容易繁殖，食物中毒风险上升。

要守住鲜度，就需要进行适当的采后处理。

## 采收后的4道工序

采收后的作业，大致分为4项。

1. 搬运：把蔬菜从栽培区域搬到作业区域。
  - 温度管理：搬出过程中也要保持适当温度。
  - 冲击对策：活用周转箱和台车，吸收冲击。



2. 计量和选别：实现品质均一化。大小、形状、重量等规格，会因工厂和销售对象而异。规格外蔬菜要去除。手工作业也可以，但导入自动选别机后效率会提高。

3. 包装和装箱：把蔬菜装入袋子或包装盒。

- 保持鲜度：通过包装，缓慢抑制呼吸和水分蒸发。
- 保护：防止运输中的冲击和损伤。
- 提高商品价值：改善外观，并通过包装材料传递信息。
- 包装材料：根据作物和销售方式，选择薄膜、托盘、网袋等。

4. 保管：在适当温度和湿度下保管。

- 维持鲜度：用低温抑制呼吸。
- 防止品质劣化：通过湿度管理防止干燥和腐败。
- 保管场所：使用适合作物和保存期间温湿度的冷藏库、保冷库。

## 品质管理的要点

为了把采收后的作业连接到品质，需要注意4点。

- 温度管理：从采收到出货，都要保持温度。特别是如果反复从冷藏库中取出放入，包装内外和蔬菜表面会产生结露，变质速度会急剧加快。这是现场容易被忽视的一点。
- 卫生管理：彻底做好作业场和器具的卫生。
- 记录：记录库存数和采收日期时间，发生问题时可以追踪原因。
- 检查体制：出货前确认状态，查看是否满足品质标准。

| 2024/5/11 |  | フリル |    |    |    |    |      |      |      |     |    | ロイヤル |    |    |      |     |    |    |    |    |      | グリーン |    |    |    |      |      |      |      |    |  |
|-----------|--|-----|----|----|----|----|------|------|------|-----|----|------|----|----|------|-----|----|----|----|----|------|------|----|----|----|------|------|------|------|----|--|
| 品目        |  | L   | M  | M  | S  | PB | 5kg  | 1kg  | 500g | L   | M  | M    | S  | PB | 1kg  | L   | M  | M  | S  | PB | 1kg  | L    | M  | M  | S  | PB   | 1kg  | 500g | 200g |    |  |
| ケース入数     |  | 10  | 1  | 12 | 12 | 1  | 1    | 1    | 10   | 1   | 12 | 12   | 12 | 1  | 10   | 1   | 12 | 12 | 12 | 1  | 10   | 1    | 12 | 12 | 12 | 1    | 1    | 1    |      |    |  |
| 総採量(¥)    |  | 110 | 90 | 75 | 80 | 80 | 6500 | 1300 | 600  | 110 | 90 | 90   | 75 | 80 | 1300 | 110 | 90 | 90 | 75 | 80 | 1300 | 110  | 90 | 75 | 80 | 6500 | 1300 | 600  | 300  |    |  |
| 1.新品数     |  |     |    |    | 8  | 92 | 2    |      |      | 8   |    |      |    |    | 8    |     |    |    |    | 8  | 92   |      |    |    |    | 8    | 92   | 5    | 2    |    |  |
| 2.出荷数     |  |     |    |    |    |    | 2    |      |      |     |    |      |    |    |      |     |    |    |    |    |      |      |    |    |    |      |      |      |      |    |  |
| 3.在庫数     |  |     |    |    | 6  | 12 | 92   |      |      | 8   | 66 | 29   | 8  | 58 | 37   | 3   | 4  |    |    | 8  | 100  | 58   | 29 | 3  | 11 |      | 16   | 92   | 5    |    |  |
| 4.廃棄数     |  |     |    |    |    |    |      |      |      |     |    |      |    |    |      |     |    |    |    |    |      |      |    |    |    | 2    |      | 5    |      |    |  |
| 5月11日     |  |     |    |    |    |    |      |      |      |     |    |      |    |    |      |     |    |    |    |    |      |      |    |    |    |      |      |      |      |    |  |
| 5月10日     |  |     |    |    | 1  |    |      |      | 42   | 5   |    | 42   | 5  | 3  | 4    |     |    |    |    | 42 | 5    | 2    | 2  |    |    |      |      |      | 42   |    |  |
| 5月9日      |  |     |    |    | 6  | 3  |      |      | 8    | 16  | 12 | 8    | 16 | 12 |      |     |    |    | 8  | 16 | 12   |      | 4  |    |    | 8    |      |      | 8    | 16 |  |
| 5月8日      |  |     |    |    |    |    |      |      |      |     |    |      |    |    |      |     |    |    |    |    |      | 1    |    |    |    |      |      |      |      |    |  |
| 5月7日      |  |     |    |    |    |    |      |      |      |     |    |      |    |    | 10   |     |    |    |    |    |      | 10   |    |    | 1  |      |      |      |      |    |  |
| 5月6日      |  |     |    |    |    |    |      |      |      |     |    |      |    |    | 2    |     |    |    |    |    |      | 2    |    |    | 5  |      |      |      |      |    |  |
| 合計        |  | 0   | 0  | 6  | 4  | 0  | 0    | 0    | 8    | 58  | 29 | 8    | 58 | 29 | 3    | 4   | 0  | 0  | 8  | 58 | 29   | 3    | 11 | 0  | 0  | 8    | 0    | 0    |      |    |  |
| A社        |  |     |    |    |    |    |      |      |      |     |    |      |    |    |      |     |    |    |    |    |      |      |    |    |    |      |      |      |      |    |  |
| B社        |  |     |    |    |    |    | 2    |      |      |     |    |      |    |    |      |     |    |    |    |    |      |      |    |    |    |      |      |      |      |    |  |
| C社        |  |     |    |    |    |    |      |      |      |     |    |      |    |    |      |     |    |    |    |    |      |      |    |    |    |      |      |      |      |    |  |
| D社        |  |     |    |    |    |    |      |      |      |     |    |      |    |    |      |     |    |    |    |    |      |      |    |    |    |      |      |      |      |    |  |

采收后的作业，是把栽培品质作为商品品质交付出去的最后工序。

## 员工的管理与教育

|            | 9  |    |    | 10 |    |    | 11 |    |    | 12 |    |    | 13 |    |    | 14 |    |    | 15 |    |    | 16 |    |    | 17 |    |    |    |    |    |    |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|            | 0  | 15 | 30 | 45 | 0  | 15 | 30 | 45 | 0  | 15 | 30 | 45 | 0  | 15 | 30 | 45 | 0  | 15 | 30 | 45 | 0  | 15 | 30 | 45 | 0  | 15 | 30 | 45 |    |    |    |
| 朝礼・準備等     | 20 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 収穫・トリミング   | 9  | 8  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  |    |    |    |
| 収穫補助       | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  |    |    |    |
| 計量         | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |    |    |    |
| 包装         | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |    |    |    |
| 検品         | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |    |    |    |
| 梱包         | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |    |    |    |
| ピッキング・在庫管理 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |    |    |    |    | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |    |    |    |
| 清掃・洗浄      | 1  | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 12 | 12 |
| 定植         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 3  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  |    |
| 移植1        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 3  | 3  | 3  | 3  | 6  | 6  |    |
| 移植2        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 3  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  |
| 播種         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  |
| 昼休憩A       |    |    |    |    |    |    |    | 6  | 6  | 6  | 6  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 昼休憩B       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 7  | 7  | 7  | 7  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 午前シフト人数    | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  |    |    |
| 全日シフト人数    | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |    |    |
| 合計         | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 0  | 0  | 0  |

到这里，我们已经看过栽培管理的知识和技术，但只靠技术和设备，植物工厂运转不起来。培养驱动它们的人不可或缺。

### 所需的知识和技能

植物工厂的招聘中，经常能看到「欢迎无经验者」，但现场需要的知识范围很广。

关于植物生长的知识、栽培技术、设备操作和管理、卫生管理、品质管理、数据分析、问题解决能力，范围非常广。

### 员工教育的两根支柱

教育可以分为基础和专业两个阶段来考虑。

基础教育：面向全体员工

对象是新员工和无经验者。掌握植物工厂的基础知识和基本作业步骤。

- 植物工厂概要：与其他农业的差异
- 栽培管理基础：温度、湿度、光、CO<sub>2</sub>、营养液等
- 水培系统：机制、种类、优点和缺点
- 作业步骤：播种、育苗、移植、定植、采收各工序
- 卫生管理：防止病害和虫害发生的方法
- 品质管理：稳定供应高品质蔬菜的方法
- 安全管理：关于作业安全的注意事项

特别是新员工，要重点学习卫生管理和品质管理。既然参与作业，最低限度的知识就是必需的。

专业教育：主要面向管理者

以完成基础教育的员工为对象，掌握专业知识和技能。

- 栽培技术：特定作物的栽培方法和环境控制
- 设备管理：水培系统、照明、空调设备的管理和维护
- 数据分析：分析栽培数据，用于发现问题和改善
- 品质管理：更高级的品质管理方法和检查技术

员工的管理和教育，是大幅左右植物工厂成果的要害。和设备投资相比，它看起来朴素，但实际上最有效。

## 彻底做好卫生管理

植物工厂现场，始终要面对病原菌和害虫。



为什么卫生管理重要

植物工厂是封闭空间，因此一旦发生病害，就会迅速扩散。对于喜欢高温多湿的霉菌和细菌来说，管理不到位的植物工厂是绝佳的繁殖场所。

## 卫生管理的三根支柱

### 1. 区域划分（设置清洁作业区）

这是按清洁度划分工厂内区域的方法，是卫生管理的基础。

- 非清洁区：工厂外、资材搬入口、更衣室等，与外部接触较多的区域
- 准清洁区：进入栽培区域前做准备的区域。更换工作服、洗手、消毒。
- 清洁作业区：栽培区域等，需要保持最高洁净度的区域

动线固定为非清洁区 准清洁区 清洁作业区的单向流动，进入清洁作业区前必须经过准清洁区，通过更衣、洗手、消毒把污染源在那里去除后，再进入清洁作业区（不要跳过准清洁区直接进入清洁作业区）。只靠员工「会注意」，卫生环境很快就会混乱。用规则和机制来整理很重要。

### 2. 清扫、杀菌消毒

定期清扫、杀菌消毒工厂内所有地点和设备。原则顺序是先进行清扫（物理性清洗），然后再进行消毒（杀菌）。如果有机物和植物残渣还残留着就喷洒消毒剂，效果会大幅下降，因此不要调换工序顺序。

- 清扫（清洗）：物理性冲洗污垢和植物残渣。栽培区域、作业区域、水培设备、地面、墙面、照明器具、空调设备等，范围很广。
- 消毒（杀菌）：清扫后，用消毒剂杀灭清洗无法去除的病原菌。
- 频度的思路：每天彻底清扫所有地方并不现实。优先处理湿度高的地方、容易脏的地方、人频繁接触的地方。
- 记录：留下清扫地点和日期时间，有助于防止遗漏和查明原因。

| 名前ボックス (Ctrl + J) |         | B       | C              | D | E | F | G | H | I |
|-------------------|---------|---------|----------------|---|---|---|---|---|---|
| 1                 |         |         | 【日次・週次】栽培室     |   |   |   |   |   |   |
| 2                 | 清掃実施期間： | から      | まで             |   |   |   |   |   |   |
| 3                 | 清掃箇所    | 詳細      | 清掃方法           | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 |
| 4                 | 栽培ラック   | プラスチック部 | ゴミ取り→ワイパー      |   |   |   |   |   |   |
| 5                 | 栽培ラック   | 金属部     | アルコール拭き        |   |   |   |   |   |   |
| 6                 | 高所作業車   | 全般      | ゴミ取り           |   |   |   |   |   |   |
| 7                 | コンベア    | 全般      | アルコール拭き        |   |   |   |   |   |   |
| 8                 | 計量器     | 全般      | アルコール拭き        |   |   |   |   |   |   |
| 9                 | 計量台     | 全般      | アルコール拭き        |   |   |   |   |   |   |
| 10                | 脚立      | 全般      | アルコール拭き        |   |   |   |   |   |   |
| 11                | 床       | 全般      | ほうきがけ→水洗い→ワイパー |   |   |   |   |   |   |
| 12                | 排水溝     | 全般      | ゴミ取り→水洗い       |   |   |   |   |   |   |
| 13                | ゴミ箱     | 本体      | ゴミ取り→水洗い       |   |   |   |   |   |   |
| 14                | 除湿機     | フィルター   | 水洗い            |   |   |   |   |   |   |
| 15                | 除湿機     | 内部      | アルコール拭き        |   |   |   |   |   |   |
| 16                | 除湿機     | 外表      | アルコール拭き        |   |   |   |   |   |   |
| 17                | 高所作業車   | 全般      | アルコール拭き        |   |   |   |   |   |   |
| 18                | スイッチ    | 全般      | アルコール拭き        |   |   |   |   |   |   |
| 19                | 清掃用具    | 全般      | アルコール拭き        |   |   |   |   |   |   |
| 20                | 清掃用具ラック | 全般      | アルコール拭き        |   |   |   |   |   |   |
| 21                |         |         |                |   |   |   |   |   |   |
| 22                |         |         | 清掃担当者          |   |   |   |   |   |   |

叶菜在采收后不清洗的情况很多，因此栽培中的卫生环境会直接成为商品的卫生状态。

### 3. 员工的卫生管理

现场工作的每一个人的行动，都会左右病原菌和害虫的侵入与蔓延。

- 洗手：进入工厂前、作业前后、上厕所后等，要勤洗并彻底洗手。
- 穿着专用服装：穿戴专用工作服、帽子、口罩、手套。
- 健康管理：感冒或身体不适时，不要勉强，应该休息。



不过，要让所有人都具备高卫生意识，需要时间和教育。短期来看，通过制度和流程来保障的思路更现实。

#### 卫生管理的重点

工厂内特别需要注意的地方如下。

- 出入口：人员和物品频繁进出的侵入路径。用空气幕和粘虫板防止侵入。
- 地面：污垢和水滴容易积存，成为温床。定期清扫、杀菌消毒，以及确保排水很重要。

- 墙面：容易因结露产生霉菌。要意识到防止结露和保持干燥。
- 水培设备：贮液罐和管道容易滋生病原菌。叶片和根系残渣容易积存，也是不容易清扫的地方。要有意识地清扫、杀菌消毒。
- 空调设备：过滤网堵塞和内部污垢，会导致空调效率下降和故障。要定期清扫、更换过滤网，并清扫内部。
- 作业台、栽培资材：污垢和残渣附着，会成为病原菌增殖和害虫发生源。使用后必须清扫、杀菌消毒。

卫生管理是朴素的工作，但它是从根本上支撑植物工厂品质和安全的业务。

## 数据分析

现场运营管理的另一根支柱是数据分析。听到「分析」可能会让人有些紧张，但基本思路很简单。

### 为什么数据分析重要

在植物工厂中，可以取得温度、湿度、光、CO<sub>2</sub>浓度、营养液成分等各种数据。

传统农业中，依靠经验和直觉的栽培管理是主流。植物工厂中，经验和直觉也重要，但只靠这些会有极限。使用数据后，可以做到以下事情。

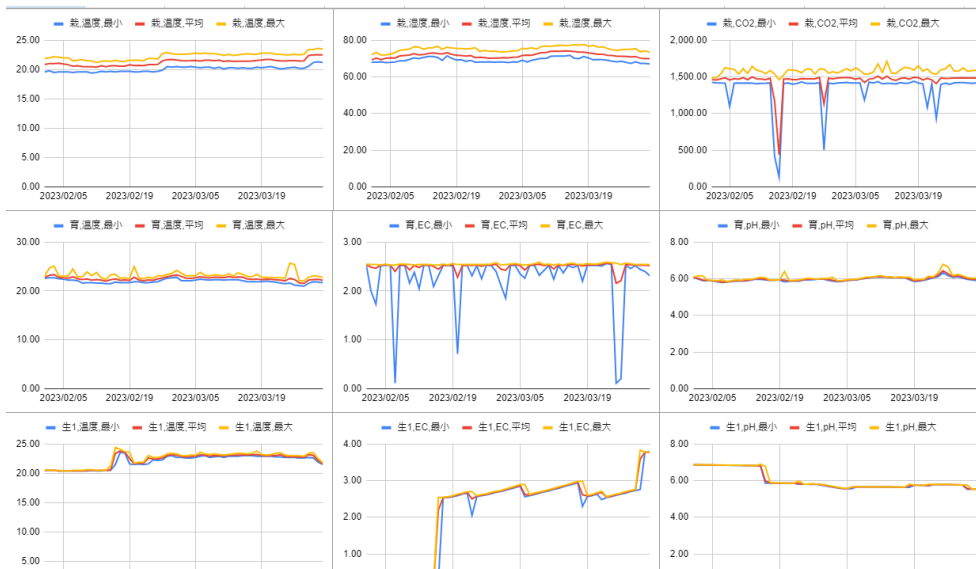
- 早期发现问题：可以更早抓住生长不良和病害迹象。
- 确定原因：发生问题时，可以从数据中缩小原因范围。
- 实施改善措施：基于数据的改善，也更容易验证效果。
- 积累诀窍：数据的积累，会成为该工厂独有的诀窍。

### 植物工厂中应该收集的数据

主要应该收集的数据有3种。

1. 环境数据：把工厂内环境数值化的数据。
2. 生长数据：把植物生长和状态数值化的数据。
3. 作业数据：关于栽培管理作业内容的记录。

通过用专用笔记本或Excel等表格软件管理这些数据，工厂的「病历」会逐渐形成。（以上是代表性项目，除此之外还有很多）



## 数据分析的基础：先做「可视化」

只是收集数据并没有意义。第一步，是用图表做可视化。

- 折线图：适合查看随时间经过发生的变化
- 柱状图：适合比较多项数据的大小
- 散点图：适合调查两项数据之间的关系

工具用什么都可以，但Excel等表格软件成本低，谁都能用，因此容易开始。

## 数据分析的实践例

干烧心多发时的思考方式

假设生菜栽培中干烧心多发。

收集发生区域的环境数据和营养液分析数据，并与时间序列对照。这样就能看到「湿度高的时期与发生时期重合」这样的趋势。

查阅文献后会看到，在湿度高的环境中，蒸腾作用减少，钙向叶片的供给受到阻碍。如果知道原因是湿度和钙的组合，就能进一步采取导入除湿机、重新审视湿度管理等具体对策。

这就是数据分析的一连串流程。按假设 数据 验证 对策的顺序推进。

## 总结

数据分析，是把再现性和可验证性带入依靠经验和直觉运转的农业世界的方法。要发挥植物工厂的优势，它不可或缺。

我在网站上提供的「现场运营管理模板」，是用于数据收集和分析的工具。

【免费】植物工厂的现场运营管理中使用的13种模板 <https://pfboost.com/zh/templateform/>

### 第3章总结

- 生产计划按「需求预测 计划制定 进度管理」3个步骤制定
- 从播种到育苗、移植、定植、采收，各工序都会影响之后的品质
- 采收后的搬运、选别、包装、保管，是守住「鲜度」的最后防线
- 员工教育按「基础教育」和「专业教育」两根支柱推进
- 卫生管理有「区域划分」「清扫、杀菌消毒」「员工的卫生管理」三根支柱
- 数据分析让问题的早期发现和原因确定成为可能

### 基础知识之后，如何打造赚钱的植物工厂

到这里，我们已经讲解了现场运营管理的基础知识。每一项都是工作中重要的内容，但作为现场管理者，最终被追问的是「盈利性」。也就是事业能产生多少利润这个指标。

#### 基础知识与盈利性之间的差距

学习基础知识后，接下来会出现这样的疑问。

例如，作为徒长对策，本书讲解了「增加光量」「调整种植密度」「彻底做好温度管理」这些方针。不过在实际现场，会出现以下问题。

- 具体应该设定为多少光量
- 有没有在压低电费的同时增加光量的方法
- 种植密度的调整，要如何结合采收量来决定
- 如何取得彻底温度管理与成本之间的平衡

要提高盈利性，就需要根据自己工厂的状况，解决这些问题。

实际成为论点的内容包括：

- 精密设计栽培工序，排除浪费
- 细致调整营养液成分，削减肥料成本
- 导入提高作业效率的工具和系统
- 构建自己的销售渠道，以高价格销售

等等，范围非常广。

## 迈向下一步

本书以在短时间内掌握植物工厂管理者基础知识为目的，精选要点进行了讲解。

作为下一步，我还有另一本书，把专门面向盈利性的诀窍汇总成一册。

提高植物工厂盈利性的172条提示 -在现场打磨10年以上的诀窍- <https://pfboost.com/zh/profitability-of-plant-factories/>

## 结语

到这里，我们已经完整看过植物工厂的基础。读完的人，已经不是初学者了。

### 基础知识之后的「实践」

不过，本书的知识只不过是起点。只靠这些，要让植物工厂成功还不够。

- 活用温度管理知识，找出每种作物的最佳温度设定
- 活用营养液管理知识，改善肥料配方，同时实现成本削减和品质提升
- 活用卫生管理知识，构建彻底的卫生管理体制

像这样，通过实践把知识变成自己的东西，是成长的近路。

### 迈向进一步成长

读完本书之后，应该还会留下很多不明白的部分。因为本书聚焦于基础内容，所以对于具体如何运转现场，几乎没有深入展开。

直接关系到收益的，是基础之后的实践诀窍部分。

如果你想学习更实践性的诀窍，想知道具体怎样才能提高收益，请访问我的网站。

有些地方会说植物工厂「赚不到钱」，但我认为，只要改变做法，仍然有改善空间。我在现场多次见过，小改善带来大成果的局面。

<https://pfboost.com/zh/>