植物工場運営超入門

Shohei Imamura

PFBoost

Operação de Fazendas Verticais: Guia para Iniciantes

Sumário

Prefácio

Capítulo 2: O básico do manejo da cultura

- Quais são os pontos para escolher a cultura mais adequada à fazenda vertical?
- Uso da iluminação LED
- Luz
- Sistema de hidroponia
- Controle de temperatura

Capítulo 3: A prática da gestão de operações no campo

- Elaboração do planejamento da produção
- Semeadura
- Produção de mudas
- Transplantio e transplantio definitivo
- Colheita e remoção de folhas
- Tarefas pós-colheita
- Gestão e treinamento dos funcionários
- Implantação firme do plano de higienização
- Análise de dados
- Para além do conhecimento básico: como construir uma fazenda vertical que gera lucro
- A «prática» que vem depois do conhecimento básico
- Rumo a novos avanços

Prefácio

A fazenda vertical não é um negócio que se vence apenas reunindo equipamentos. Desde que entrei neste setor em 2011, já vi mais de dez instalações, grandes e pequenas. Há casos em que até mesmo grandes empresas com solidez financeira se retiram em poucos anos, enquanto outras fazendas estabilizam a receita acumulando melhorias discretas. A diferença se resume, na maior parte das vezes, à «forma de conduzir o campo».

Operação de Fazendas Verticais: Guia para Iniciantes é uma introdução que busca transmitir, em pouco tempo, esse senso de campo.

- Você acabou de entrar em uma fazenda vertical e não consegue enxergar o panorama geral do trabalho
- Quer, antes de tudo, dominar de forma abrangente o básico exigido de um gestor
- Mesmo com pouca experiência, quer uma base que permita decidir no campo

Para essas pessoas, organizei apenas os conhecimentos necessários, tendo como meta «entender o básico da fazenda vertical em 3 horas». De forma ampla e rasa, mas em um formato que realmente funcione no campo.

Por ser voltado a iniciantes, há poucos aprofundamentos para os mais experientes. Os temas que avançam na rentabilidade são tratados separadamente no site (https://pfboost.com/pt/). Disponibilizamos modelos de gestão de operações no campo, ferramentas de formulação da solução nutritiva e artigos especializados em rentabilidade, portanto, dê uma olhada depois de terminar *Operação de Fazendas Verticais: Guia para Iniciantes*.

Como usar este livro

O leitor presumido é alguém que acabou de ingressar em uma fazenda vertical. Este material pode ser usado como introdução, algo para entregar a um recém-chegado dizendo «leia isto primeiro». Sinta-se livre para copiar e redistribuir. No entanto, como mantemos os direitos autorais, evite alterar o conteúdo.

Autor

Shohei Imamura

Em 2011, ingressou no setor de fazenda vertical. Como trabalhador de campo e gerente de equipe de suporte, participou do lançamento e da operação de mais de dez fazendas verticais, grandes e pequenas. Dedicou-se à formação de mais de 600 funcionários ao longo desses anos. A partir dessa experiência, convenceu-se de que o que determina a receita de uma fazenda vertical não são os equipamentos nem os sistemas, mas sim a habilidade e o conhecimento das pessoas que os operam. Atualmente, de forma independente, presta consultoria de melhoria de rentabilidade, suporte e fornecimento de conteúdo para fazendas verticais.

Capítulo 1: O futuro e as perspectivas da fazenda vertical

Conheça o «agora» da fazenda vertical

Entrei no setor de fazenda vertical em 2011, o período do chamado «boom da fazenda vertical». Grandes empresas entravam uma atrás da outra, novas fazendas eram construídas em diversas regiões, e a mídia tratava o tema como «a agricultura do futuro».

No entanto, os desdobramentos posteriores não foram como se esperava. Mesmo grandes empresas com solidez financeira e força de marca se retiraram em poucos anos, em sucessivos casos. Não bastava instalar os equipamentos mais avançados para ter sucesso. Nos últimos anos, a construção de novas fazendas também diminuiu bastante.

O que mudou, o que não mudou

Nestes mais de dez anos, houve coisas que certamente mudaram. O desempenho da iluminação LED melhorou muito. Quando entrei no campo, ainda havia fazendas que usavam lâmpadas fluorescentes. A gestão de dados de cultivo e a eficiência dos sistemas também avançaram. Há um progresso consistente no lado técnico.

Há também o que não muda. Depois de mais de dez anos neste setor, o que sinto com força é que **o que define a rentabilidade da fazenda vertical não são os equipamentos nem os sistemas, mas as «pessoas» que os operam**. Ao lado do sensor de IoT mais moderno, um funcionário verifica manualmente o estado das folhas. Ao lado do controle ambiental feito por IA, a «intuição» do funcionário experiente continua viva. A fazenda vertical é exatamente esse tipo de lugar.

Mesmo assim, a fazenda vertical tem potencial

Honestamente, não é uma situação em que se possa ser otimista. Ainda assim, existem de fato fazendas que geram receita mesmo em um ambiente duro. O que elas têm em comum é saber «como conduzir o campo». Não é a qualidade dos equipamentos, mas o quanto a equipe de campo entende o cultivo e consegue acumular decisões no dia a dia. Já vi muitas fazendas mudarem drasticamente a partir de uma pequena melhoria. Produção estável sem depender do clima, alta produtividade em terreno limitado, redução drástica do uso de

agrotóxicos. Essas vantagens têm valor em qualquer região do mundo. Em *Operação de Fazendas Verticais: Guia para Iniciantes*, transmitirei o conhecimento básico que serve de alicerce, como um panorama geral.

Por que a fazenda vertical fica no vermelho?

Embora haja potencial, na realidade muitas fazendas são forçadas a uma gestão difícil.

- «Gastou-se demais em investimento em equipamentos»
- «Os vegetais não crescem como se espera»
- «Até se produziu, mas não se vende»

São falas frequentes no campo. Por que tantas fazendas enfrentam prejuízo?

Os dados mostram uma realidade dura

O problema de receita da fazenda vertical não se limita ao Japão. Questões semelhantes são relatadas em diversas partes do mundo. Aqui, vamos tomar como referência dados de pesquisa do Japão, um mercado precursor. A partir de cerca de 2010, muitas empresas japonesas entraram na fazenda vertical e passaram tanto pelo sucesso quanto pelo fracasso. Essas lições se aplicam a qualquer região que a partir de agora vá se dedicar à fazenda vertical. Segundo pesquisa da Japan Greenhouse Horticulture Association, ao classificar os operadores pelo rendimento por unidade de área, aparece uma tendência clara: quanto maior o rendimento, maior a proporção de operadores lucrativos.

- estufa · rendimento alto: lucro 46%, prejuízo 31%
- estufa · rendimento baixo: lucro 25%, prejuízo 58%
- fazenda vertical · rendimento alto: lucro 27%, prejuízo 27%
- fazenda vertical · rendimento baixo: lucro 6%, prejuízo 83%

Em particular, entre os operadores de fazenda vertical com rendimento baixo, a taxa de prejuízo chega a 83%. Quanto maior a quantidade de vegetais que se consegue produzir a partir da mesma área, maior é o impacto na receita.

Estrutura de custos

A partir da mesma pesquisa, vejamos também a estrutura de custos.

- estufa: mão de obra 34 a 37%, depreciação 10 a 11%, água e energia 12 a 16%, insumos 15 a 16%
- fazenda vertical: mão de obra 29 a 34%, depreciação 14 a 17%, água e energia 29 a 31%, insumos 7 a 9%

Em ambas as formas de cultivo, a mão de obra ocupa a maior fatia do custo total. Essa é uma questão comum à agricultura do mundo todo, não se limitando à fazenda vertical. Na fazenda vertical, a conta de água e energia chega a cerca de 30%, aproximadamente o dobro da estufa. Também não se pode ignorar o custo da climatização para manter temperatura e umidade constantes no espaço fechado. Pela minha experiência, há um limite para a redução dos custos de água e energia. Eles são, para as plantas, algo parecido com combustível: se forem reduzidos demais, o rendimento também cai.

Causas de cair no vermelho

As causas de uma fazenda vertical cair no vermelho não se restringem a custos. As causas comumente observadas em fazendas verticais de todo o mundo são as seguintes.

Falta de técnica de cultivo

- Falha no controle ambiental: não se consegue controlar adequadamente temperatura, umidade, luz, concentração de CO2, etc., o que leva a mau desenvolvimento e doenças.
- Erros no manejo da solução nutritiva: a concentração (CE) e a gestão dos componentes da solução nutritiva na hidroponia não são adequadas, resultando em mau desenvolvimento e queda de qualidade.
- Falta de rigor no plano de higienização: não se conseguem prevenir pragas e doenças, sofrendo danos severos.

Erros na estratégia de vendas

- Falta de desenvolvimento de canais de venda: não se encontram clientes estáveis e há dificuldade nas vendas.
- Entrar na guerra de preços: acaba-se competindo com vegetais de cultivo a céu aberto, de baixo preço, sem conseguir garantir lucro suficiente.
- Descompasso entre oferta e demanda: não se capta a demanda do mercado e ocorrem sobras.

Pressão do investimento inicial e dos custos operacionais

- Falha no investimento em equipamentos: introduzem-se equipamentos além do necessário, inflando o custo inicial.
- Falta de captação de recursos: em muitos países e regiões existem subsídios e programas de fomento voltados à fazenda vertical, mas muitas vezes não se aproveita o suficiente.

Falta de pessoas

- Dificuldade em conseguir pessoal: é necessário pessoal com conhecimento e técnica especializados, mas conseguir pessoas com muita experiência não é fácil.
- Falta de formação de pessoal: a educação dos funcionários é insuficiente, a técnica e o conhecimento não se consolidam, e produtividade e qualidade não melhoram.

Essas causas se entrelaçam de forma complexa e levam à gestão no vermelho.

A realidade da fazenda vertical que gera lucro

Vimos uma realidade dura, mas, mesmo assim, existem de fato fazendas que geram receita. Onde está a diferença entre uma fazenda no vermelho e uma fazenda que lucra?

A escala não é uma solução universal

A «escala» é um dos fatores que influenciam a rentabilidade. Em instalações de grande porte, espera-se redução de custos por ganhos de escala e fortalecimento da capacidade de venda pela oferta estável. No entanto, ao observar a relação entre tamanho da área e rentabilidade nas pesquisas japonesas, surge um resultado inesperado.

- estufa · área pequena: lucro 50%, prejuízo 23%
- estufa · área grande: lucro 41%, prejuízo 50%
- fazenda vertical · área pequena: lucro 6%, prejuízo 78%
- fazenda vertical · área grande: lucro 19%, prejuízo 50%

Nas estufas, na verdade, a taxa de lucro é maior quando a área é menor. Não se pode dizer que grande escala signifique necessariamente alta rentabilidade. Quando a escala aumenta, também crescem o investimento inicial e a carga de gestão de pessoal. O quanto se consegue conter custos fixos como mão de obra e conta de água e energia é o que define a

rentabilidade. A expansão da escala é apenas um dos meios para melhorar a rentabilidade.

O que a fazenda vertical que gera lucro tem em comum

Depois de passar por campos dos mais variados tamanhos, o que sinto é que o que as fazendas que lucram têm em comum não é a novidade dos equipamentos nem a escala.

- Entender os fundamentos do cultivo e acumular com paciência o manejo ambiental no dia a dia
- Quando surge um problema, ter pessoas capazes de rastrear a causa tanto pelos dados quanto pela observação
- Encontrar desperdícios no trabalho e seguir melhorando aos poucos, de forma contínua

Em suma: existe ou não alguém capaz de conduzir o campo. Essa é a maior diferença. Mesmo que se introduzam os equipamentos mais modernos, se não houver pessoas capazes de tirar proveito deles, não se chega à receita. Grande parte dos casos em que grandes empresas se retiram tem sua causa justamente aí.

Fazenda vertical: qual a diferença decisiva em relação ao cultivo a céu aberto e ao cultivo protegido?

Em que a fazenda vertical difere das outras formas de agricultura? Vamos organizar isso junto com o senso de campo.

Controle ambiental: da dependência da natureza ao controle total

O ambiente em que se cultivam as culturas é muito diferente.

- cultivo a céu aberto: depende da força da natureza, como chuva, vento e luz solar. Exige vastas áreas de terra e trabalho pesado, como manejo do solo e irrigação. Está sujeito ao clima e convive com riscos de tufões e secas.
- cultivo protegido: usa estufas plásticas e estufas de vidro, protegendo a cultura do clima em certo grau. É possível ajustar temperatura e umidade, e a produção é mais estável do que no cultivo a céu aberto. Tem custos de construção, manutenção e combustível.
- fazenda vertical: cultiva-se em um espaço fechado, interno. Controlam-se artificialmente temperatura, umidade, luz, concentração de CO2, etc., criando o ambiente ideal para o desenvolvimento. Não depende do clima e permite produção estável durante todo o ano. Exige investimento em equipamentos e gastos com energia elétrica, além de técnica e conhecimento avançados.

Na fazenda vertical, em vez de tomar emprestada a força da natureza, o ambiente é criado pelas mãos humanas. O gestor ajusta temperatura, umidade, luz, CO2, etc., e controla o desenvolvimento das plantas.

Conteúdo do trabalho: da intuição e da experiência ao juízo baseado em dados

Os métodos de cultivo e o conteúdo do trabalho também são diferentes.

- cultivo a céu aberto: da formação do solo à colheita, o que valem são a experiência e a intuição acumuladas ao longo dos anos. Há muito trabalho pesado e fortes oscilações sazonais nos períodos de pico.
- cultivo protegido: além da experiência do cultivo a céu aberto, exige-se a técnica do controle ambiental dentro da instalação. O manejo de temperatura, ventilação e irrigação exige observação e ajustes frequentes.
- fazenda vertical: a automação por controle computadorizado avança, e há menos trabalho pesado do que na agricultura tradicional. O eixo é o controle ambiental e o manejo de desenvolvimento baseado em dados, exigindo capacidade analítica e habilidades de TI. Também se torna necessária uma visão gerencial que abranja toda a fazenda, do planejamento da produção à gestão de expedição.

Na fazenda vertical, capta-se o estado do desenvolvimento pelos dados e, se houver problema, responde-se com rapidez. Exige-se conhecimento sobre o desenvolvimento das plantas, técnica de controle ambiental, capacidade de análise de dados e a capacidade de

gerenciar uma equipe. Então, quem conduz esse tipo de campo, o gestor, tem quais funções?

Os 3 papéis do gestor de fazenda vertical

Os papéis exigidos do gestor de uma fazenda vertical dividem-se, em grande medida, em três.

1. Garantir produção estável e qualidade

Na fazenda vertical, todos os elementos ambientais, como temperatura, umidade, luz e concentração de CO2, são administrados pelas mãos humanas. Como esses elementos se influenciam mutuamente, mudar um provoca repercussões nos demais. Dentro desse ambiente complexo, fazer a expedição diária de vegetais com qualidade estável: esse é o papel mais básico do gestor.

2. Unir a equipe

A fazenda vertical não se sustenta sozinha. A maior parte do trabalho diário é movida pelas mãos da equipe de campo. Extrair a capacidade de cada membro e fazer o trabalho diário girar é tarefa do gestor. Isso inclui transmitir à equipe o conhecimento de controle ambiental e cultivo, e aumentar o número de pessoas capazes de decidir por si mesmas.

3. Garantir a receita

Elaborar o planejamento da produção, administrar os custos, construir a estratégia de vendas. Ler as necessidades do mercado e continuar desafiando novas direções. A fazenda vertical não se sustenta apenas com sonhos e ideais. Se não se conseguir garantir a receita, o campo também não continua.

Resumo do Capítulo 1

- A fazenda vertical é um ambiente duro, mas as fazendas que têm pessoas capazes de conduzir o campo geram receita
- As principais causas do vermelho são a falta de técnica de cultivo, os erros na estratégia de vendas e a falta de pessoas
- A fazenda vertical difere da agricultura tradicional e exige capacidade de análise de dados e competência de gestão

- Os papéis do gestor são três: «produção estável», «construção de equipe» e «garantia de receita»
- Mais do que os equipamentos, é «a força das pessoas» que define a rentabilidade

No próximo capítulo, veremos os fundamentos da técnica de cultivo necessária no campo.

Capítulo 2: O básico do manejo da cultura

Quais são os pontos para escolher a cultura mais adequada à fazenda vertical?

A partir daqui, entramos no know-how de cultivar efetivamente os vegetais. Como a fazenda vertical permite o controle artificial do ambiente, em teoria é possível cultivar qualquer cultura. Entretanto, quando se busca realmente obter lucro no campo, as culturas que se podem escolher ficam restritas.

Ponto 1. Demanda de mercado e rentabilidade

O primeiro ponto a ter em mente é que «a fazenda vertical é um negócio». Talvez esse seja o aspecto mais difícil na operação. As culturas a serem cultivadas precisam ser definidas a partir de uma avaliação das necessidades do mercado.

- Que tipo de vegetais está sendo demandado
- Quais são as preferências e tendências dos consumidores
- A que preço é possível vender

Faz-se uma pesquisa de mercado prévia e escolhem-se as culturas com a rentabilidade em mente.

Culturas frequentemente cultivadas

- Hortaliças folhosas: alface, alface coreana, komatsuna (mostarda japonesa), espinafre, etc.
- Ervas: manjericão, salsa, hortelã, coentro, etc.
- *Baby leaf*: mistura de folhas jovens de vários vegetais. Popular pela cor e pelo valor nutricional.
- Hortaliças de alto valor agregado: variedades raras, com componentes funcionais reforçados, de alta conveniência, etc.

Essas culturas têm ciclo curto e alta rotatividade, portanto se adaptam bem à fazenda vertical.

Ponto 2. Facilidade de cultivo

Mesmo podendo controlar o ambiente artificialmente, não é qualquer cultura que se cultiva com facilidade.

- Duração do cultivo: quanto mais curta, maior a rotatividade e maior a rentabilidade
- Ambiente de desenvolvimento: os valores ideais de temperatura, umidade, luz, etc., variam conforme a cultura
- Técnica de cultivo: mesmo variedades fáceis de cultivar exigem um mínimo de conhecimento e técnica

No início, quando ainda se tem pouca experiência, recomenda-se começar por culturas de ciclo curto e com ajuste ambiental relativamente fácil. Quando se fala em fazenda vertical, são muitas as instalações que cultivam hortaliças folhosas, especialmente alface.

Ponto 3. Compatibilidade com os equipamentos

«O que se quer cultivar» e «o que se consegue cultivar» nem sempre coincidem. Verifique antes as restrições do lado dos equipamentos.

- Altura dos equipamentos: culturas de porte alto exigem equipamentos com altura suficiente
- Iluminação: a intensidade e o comprimento de onda da luz variam conforme o tipo de LED, e as culturas adequadas também mudam
- Controle de temperatura: quando é difícil fazer um controle adequado de temperatura, escolhem-se culturas resistentes às variações térmicas

A maioria das instalações que produzem hortaliças folhosas adota equipamentos especializados em folhas. Para elevar a eficiência produtiva, é necessário especializar-se em determinados itens.

Os 3 tipos

A fazenda vertical se divide, em grandes linhas, em 3 tipos.

- Tipo que utiliza luz solar: aproveita ao máximo a luz solar. Permite conter o investimento inicial, mas é mais suscetível ao clima. Permite cultivar muitas culturas, como folhas e frutos.
- Tipo combinado (luz solar e luz artificial): utiliza as duas em conjunto. Busca conciliar produção estável e redução do custo operacional. Permite cultivar muitas culturas, como

folhas e frutos.

- Tipo 100% luz artificial: cultiva-se apenas com luz artificial. Permite produção estável, independente do clima, mas o custo operacional se torna mais alto. Centrada em folhas, com possibilidade de cultivar também alguns frutos.

As culturas possíveis variam conforme o tipo e os equipamentos introduzidos. A escolha da cultura acaba sendo definida pelo equilíbrio dos 3 aspectos: «rentabilidade», «facilidade de cultivo» e «compatibilidade com os equipamentos».

A partir daqui, vamos ver uma a uma as técnicas e os equipamentos utilizados no cultivo da fazenda vertical.

Uso da iluminação LED

O equipamento mais emblemático da fazenda vertical é a iluminação LED alinhada em fileiras. Na agricultura convencional, só era possível depender da luz solar, mas, na fazenda vertical, o LED permite criar artificialmente o ambiente luminoso ideal para o desenvolvimento.

Os 3 benefícios que a iluminação LED traz para a fazenda vertical

1. Redução de custos pelo efeito de economia de energia

A conta de luz é um custo que não se pode ignorar na fazenda vertical. Como a iluminação LED tem excelente desempenho em economia de energia, pode-se esperar uma redução expressiva da conta de luz.

2. Vida útil longa que reduz o trabalho de manutenção

As lâmpadas fluorescentes exigem troca periódica e, a cada vez, geram custo e trabalho. O LED tem vida útil muito maior e permite reduzir a frequência de troca. Em uma fazenda vertical, que usa uma grande quantidade de iluminação, essa diferença de custo é grande.

3. É possível escolher a cor da luz conforme a planta

As plantas necessitam de diferentes comprimentos de onda (cores) da luz conforme a espécie e o estágio de desenvolvimento. Existem produtos LED em diversos comprimentos de onda, como vermelho, azul e branco, e pode-se escolher conforme a cultura. Historicamente, nas fazendas verticais, predominava a iluminação LED que combinava luz vermelha e luz azul, mas nos últimos anos o LED branco, próximo da luz solar, também se difundiu.

Engenhos na instalação e na operação

Para extrair o efeito do LED, também são importantes detalhes como o método de instalação e o tempo de irradiação.

- Cultivo em múltiplos níveis: para aproveitar com eficiência o espaço limitado, é comum o «cultivo em múltiplos níveis», em que as estantes de cultivo são empilhadas em várias camadas.
- Ângulo e distância de irradiação: ajustando o ângulo de irradiação do LED e a distância até a planta, pode-se elevar a eficiência da fotossíntese.
- Tempo de irradiação: as plantas crescem repetindo o «período de luz», em que realizam a fotossíntese, e o «período escuro», em que respiram e fazem a translocação de nutrientes.

Luz

O LED é apenas uma ferramenta para criar o ambiente luminoso. O que importa é como a planta recebe essa luz. Aqui, vamos fixar os fundamentos da luz em si.

Intensidade da luz: nem sempre «mais forte» é melhor

A luz é indispensável ao desenvolvimento das plantas, mas, se for intensa demais, torna-se um dano. O básico é instalar LEDs com intensidade adequada à cultura que será cultivada. Hortaliças de fruto e similares requerem luz intensa, mas as hortaliças folhosas se cultivam com luz relativamente fraca. É uma das razões pelas quais as folhosas são preferidas na

fazenda vertical.

Comprimento de onda da luz: as plantas têm preferências de cor

A cor da luz varia conforme o comprimento de onda, e as plantas utilizam cada comprimento para finalidades diferentes.

- Luz vermelha (600–700 nm): um dos comprimentos de onda mais efetivos para a fotossíntese. Promove o desenvolvimento e também tem efeito de estimular a floração e a frutificação.
- Luz azul (400–500 nm): efetiva para a fotossíntese, promove o desenvolvimento dos cloroplastos e tem também o efeito de engrossar os caules.
- Luz verde (500–600 nm): a contribuição para a fotossíntese é pequena, mas considera-se que participa da morfogênese e da resposta ao estresse das plantas.

Nos últimos anos, surgiram iluminações LED de diversos comprimentos de onda, como luz verde e luz branca. Pela minha experiência com diversos tipos de LED, o desenvolvimento parece melhor com modelos que acrescentam o verde ou com tipos próximos da luz solar do que apenas com vermelho e azul.

Irregularidade da luz: fazer a luz incidir bem sobre todas as culturas

No cultivo em múltiplos níveis, inevitavelmente surgem pontos em que a luz chega com dificuldade, gerando irregularidades no desenvolvimento. Para evitar essa irregularidade, há ajustes que podem ser feitos no campo.

- Instalação de refletor: instalando refletor nas estantes de cultivo, evita-se que a luz vaze para o corredor e se desperdice, levando luz até pontos de difícil alcance.
- Engenhos na disposição da iluminação: instalam-se várias iluminações LED ou ajusta-se o ângulo de irradiação para que a luz incida de forma uniforme.
- Não aumentar demais o número de plantas: quando o plantio se torna denso demais, a luz chega com dificuldade a cada cultura. Cuidado em não superlotar buscando produtividade.

Sistema de hidroponia

Ao lado da iluminação, se há algo que caracteriza a fazenda vertical, é a hidroponia.

Por que a hidroponia é escolhida na fazenda vertical

A maior vantagem da hidroponia é não utilizar solo.

- Economia de espaço e liberdade de localização: como não é necessário solo, pode-se cultivar em áreas urbanas ou em regiões com condições de terra difíceis.
- Aumento da velocidade de desenvolvimento: como as raízes podem absorver água e nutrientes constantemente, o desenvolvimento é mais rápido e a quantidade de colheita também aumenta.
- Redução dos riscos de pragas e doenças: é possível reduzir fortemente os riscos de pragas e doenças veiculadas pelo solo.
- Facilidade na irrigação: não é necessário regar todos os dias. Basta gerir a concentração e o volume da solução nutritiva para que o fornecimento seja automático.
- Baixo risco de apodrecimento das raízes: se o oxigênio dissolvido (OD) na solução nutritiva for mantido em nível suficiente, as raízes podem absorver oxigênio fresco o tempo todo. Contudo, se o OD for insuficiente, a situação muda, e o apodrecimento das raízes também ocorre na hidroponia (o OD tende a cair, em especial, quando a temperatura da solução nutritiva está alta).

Principais tipos de sistema de hidroponia

Os mais usados na fazenda vertical são os 2 a seguir.

1. NFT (cultivo em película fina)

Método em que se fixam as plantas em canaletas com inclinação e se faz circular a solução nutritiva por meio de bomba.

- Vantagem: o volume de solução nutritiva é pequeno, o que leva à redução de custos.
- Desvantagem: é mais suscetível às variações de temperatura da solução nutritiva.

2. DFT (cultivo em lâmina profunda)

Método em que se preenche um tanque de cultivo, semelhante a um aquário, com solução nutritiva e se cultivam as plantas flutuando nela.

- Vantagem: como o volume de solução nutritiva é grande, é resistente às variações de temperatura e permite um cultivo estável.
- Desvantagem: comparado ao NFT, o volume de solução nutritiva é maior, e os equipamentos ficam de porte maior.

NFT e DFT são sistemas de «hidroponia de recirculação», que são frequentemente usados na fazenda vertical.

A hidroponia e o controle dos demais elementos ambientais

A hidroponia é uma das características da fazenda vertical, mas, ela sozinha não basta. Também se controlam artificialmente elementos ambientais como temperatura, umidade, luz e concentração de CO2.

- Controle de temperatura: a temperatura ideal varia conforme a espécie da planta.
- Controle de umidade: a umidade também influi fortemente no desenvolvimento e está ligada ao surgimento de doenças.
- Aplicação de CO2: as plantas absorvem CO2 na fotossíntese. Elevando a concentração, promove-se a fotossíntese e o desenvolvimento se acelera.

Na fazenda vertical, acaba-se combinando o manejo de múltiplos elementos ambientais. Cada elemento será detalhado nas próximas seções.

Controle de temperatura

O controle de temperatura é um dos itens mais importantes, que influencia fortemente o sucesso da fazenda vertical.

Por que o controle de temperatura é importante

As plantas têm faixas de temperatura adequadas ao desenvolvimento. Ao sair delas, surgem efeitos no desenvolvimento.

- Mau desenvolvimento: o crescimento fica lento, a cor da folha se deteriora e, em casos graves, murcha.
- Ocorrência de frutos deformados: em hortaliças de fruto, como tomate e morango, formam-se frutos de formato ruim.
- Aumento do risco de pragas e doenças: com a queda de resistência, enfraquece-se a defesa contra doenças e pragas.

Temperatura ideal por cultura

A fazenda vertical é pouco afetada pelo ar externo e permite manter temperatura e umidade constantes. Os valores de referência por cultura são os seguintes.

- Hortaliças folhosas, como alface: preferem ambientes relativamente frescos, com o ideal em torno de 15 a 25 °C.
- Hortaliças de fruto, como tomate: preferem ambientes quentes, com o ideal em torno de 20 a 30 °C.
- Ervas, como manjericão: ideal em torno de 20 a 25 °C. Há também as que preferem altas temperaturas ou resistem a baixas.

Um controle de temperatura ajustado à espécie e ao estágio de desenvolvimento do vegetal cultivado é o básico da produção estável.

Aproveitar a diferença de temperatura entre dia e noite (DIF)

Na fazenda vertical, como se podem criar artificialmente os períodos de dia e noite por meio da iluminação LED, há um método de controlar o desenvolvimento ajustando a diferença de temperatura. Aqui, «dia» indica o período com a iluminação acesa (período de luz), e «noite», o período com as luzes apagadas (período escuro). À diferença de temperatura entre o período de luz e o período escuro dá-se o nome de «DIF».

- temperatura do período de luz > temperatura do período escuro (DIF positivo): o caule se alonga bastante

- temperatura do período de luz < temperatura do período escuro (DIF negativo): o alongamento do caule é reprimido

Em hortaliças folhosas, como alface, se o caule se alonga demais, as folhas ficam pequenas e a qualidade cai. Usando bem o DIF negativo, pode-se prevenir o estiolamento das mudas e elevar a eficiência produtiva. Entretanto, para obter resultados com o DIF são necessárias prática e experiência, e o que se pode fazer também varia conforme os equipamentos.

Exemplos de falha no controle de temperatura

Controle de temperatura em pleno verão

Em pleno verão, a temperatura tende a subir.

- Ajustar a temperatura do ar-condicionado de forma adequada. Conforme o equipamento, mesmo com a mesma temperatura configurada, o valor medido pode variar de acordo com a estação.
- Aproveitar cortinas de sombreamento e materiais isolantes térmicos para conter o efeito da temperatura externa.

Irregularidade de temperatura

É comum que, com a mesma data de semeadura, de um lado a alface fique grande e do outro fique pequena.

- Aproveitar ventiladores de circulação, fazendo o ar circular dentro da instalação.
- Instalar vários sensores de temperatura para captar a distribuição térmica.
- Estudar a disposição de equipamentos e prateleiras para que o ar flua com suavidade.

O critério do ajuste de temperatura é o estado da cultura

Ao pensar a temperatura dentro da sala de cultivo, o critério final do valor ajustado é «o estado da cultura». Nós, que ajustamos a temperatura, precisamos ter a capacidade de observação para captar corretamente o estado da planta.

Controle de umidade

Ao lado da temperatura, o manejo indispensável é o da umidade. As plantas liberam água pelas folhas por meio da «transpiração» e assim regulam a própria temperatura. A umidade

influi diretamente nessa transpiração.

Por que o controle de umidade é importante

Embora a fazenda vertical seja pouco afetada pelo ambiente externo, por ser um espaço fechado, tem a característica de que a umidade tende a subir.

Riscos da condensação

Em uma fazenda vertical fechada, é preciso atenção especial à condensação.

- Berço de mofo: o mofo prefere locais de umidade elevada, e pontos com condensação se tornam abrigo perfeito.
- Propagação de doenças: quando as gotas da condensação aderem às folhas, os agentes patogênicos se multiplicam com facilidade, e o risco de doenças aumenta.
- Falha dos equipamentos: a condensação provoca curtos-circuitos no sistema elétrico e corrosão das partes metálicas.

Controle de umidade na fazenda vertical fechada

Na fazenda vertical fechada, como o ajuste de umidade por ventilação é difícil, observam-se os seguintes pontos.

1. Usar os desumidificadores de forma eficiente

- Escolha do desumidificador: escolher aqueles com capacidade compatível com a dimensão da instalação e as espécies de plantas cultivadas.
- Local de instalação: instalar em pontos onde a condensação surge com facilidade é mais eficaz.

2. Revisar o ambiente de cultivo

Não basta confiar apenas nos desumidificadores; também é importante revisar o próprio ambiente de cultivo.

- Densidade de plantas: se o plantio for denso demais, a ventilação piora, e a umidade ao redor tende a subir. Ajustar a densidade apropriada observando o estado do desenvolvimento.
- Controle de temperatura: temperatura e umidade estão intimamente relacionadas. Como mudanças bruscas na temperatura da sala favorecem a ocorrência de condensação, fazer

o controle de temperatura com cuidado.

3. Observar o estado das plantas

Além dos números do higrômetro, observa-se também o estado das plantas. Se se observarem sintomas como folhas murchas, manchas nas folhas ou desenvolvimento lento, é possível que a causa seja a umidade.

A umidade está profundamente relacionada à queima das bordas

A umidade está intimamente relacionada à queima das bordas. Sob ambientes de alta umidade, a transpiração das folhas é reprimida e a atividade das raízes também diminui (a queima das bordas será tratada na segunda metade deste capítulo). O controle de umidade não é simples em um espaço fechado, mas, se for subestimado, afeta diretamente o desenvolvimento.

Uso do CO2

Por que, ao elevar a concentração de CO2, as plantas se vigoram

As plantas absorvem o CO2 do ar pela fotossíntese e produzem nutrientes, como açúcares, para crescer. A concentração de CO2 do ar comum é de cerca de 400 ppm, mas, na fazenda vertical, ao elevar a concentração interna até cerca de 1.000 ppm, promove-se a fotossíntese e o desenvolvimento se acelera (o «até 1.000 ppm» é a concentração final visada, não o valor de aumento).

Vantagens de elevar a concentração de CO2

- A velocidade de crescimento aumenta e se pode reduzir o período até a colheita.
- Mesmo na mesma área, é possível colher uma quantidade maior de vegetais.
- Sabor e aroma melhoram, e se podem cultivar vegetais de alto valor nutricional.

Métodos de aplicação de CO2

Como método para elevar a concentração de CO2 na fazenda vertical, é comum a «aplicação de CO2». Existem, principalmente, 3 métodos.

1. Cilindro de gás carbônico: adequado para fazendas verticais de porte relativamente pequeno.
   - Vantagem: pode-se introduzir por custo relativamente baixo.
   - Desvantagem: surge o trabalho de troca dos cilindros e também é necessário espaço para armazenamento.
2. Gás carbônico líquido: voltado a instalações de porte médio a grande.
   - Vantagem: pode-se fornecer CO2 em grande volume.
   - Desvantagem: exige custo de introdução.
3. Gerador de CO2 por combustão: queima-se querosene ou gás natural para gerar CO2.
   - Vantagem: o custo operacional é relativamente baixo.
   - Desvantagem: simultaneamente ao CO2, também são gerados calor, vapor de água e subprodutos da combustão; portanto, em instalações fechadas com luz artificial, é necessário tratar o calor residual, a elevação de umidade e os gases de combustão (as condições de aplicação diferem das estufas).

Qual método é o mais adequado varia conforme a escala, o orçamento, as culturas cultivadas, etc.

Gestão da concentração de CO2

Na aplicação de CO2, a gestão da concentração é importante. É comum um sistema que combina sensor de CO2 e dispositivo de controle.

- Sensor de CO2: mede em tempo real a concentração de CO2 dentro da sala de cultivo.
- Dispositivo de controle: ajusta automaticamente o volume de fornecimento de CO2 com base nos valores medidos.

Custo e efeito da aplicação de CO2

A aplicação de CO2 envolve investimento inicial e custo operacional. Mesmo assim, por mais que se regulem a luz e a temperatura, sem CO2 as plantas não crescem. O CO2 é um dos elementos básicos da fazenda vertical, ao lado da luz, da água e da temperatura.

Climatização e manejo do vento

Ao lado da temperatura, da umidade e do CO2, o que também se deve fixar é o fluxo de ar.

Em espaços fechados, o ar tende a estagnar

Embora a fazenda vertical seja pouco afetada pelo ambiente externo, o fluxo de ar tende a estagnar, e, se não for manejado adequadamente, surgem diversos problemas.

O papel do vento na fazenda vertical fechada

O vento tem os seguintes papéis. 1. **Eficiência no fornecimento de CO2**: mesmo que se eleve a concentração de CO2, se não houver fluxo de ar, ele não se distribui de forma uniforme, e a eficiência da fotossíntese cai. 2. **Eliminação das irregularidades de temperatura e umidade**: pelo efeito da iluminação e do ar-condicionado, surgem irregularidades de temperatura e umidade conforme o local. Em particular, entre o nível superior e o inferior das estantes de cultivo, as diferenças de temperatura aparecem com facilidade. 3. **Ruptura da camada limite foliar**: na superfície das folhas existe uma fina camada de ar, a «camada limite foliar», e, se for espessa, impede a entrada e a saída de CO2 e de água. 4. **Contenção do risco de surgimento de doenças**: em espaços fechados, em que a umidade tende a subir, o fluxo de ar também é importante para conter a proliferação de mofos e bactérias.

Métodos de gerar vento

Na fazenda vertical fechada, como métodos para gerar vento, usam-se principalmente «ventiladores» e «equipamentos de climatização».

1. **Ventilador: direciona o vento para pontos específicos**. O ventilador é eficaz quando se quer enviar vento para pontos específicos.

- Fazer circular o CO2, que tende a se acumular na parte inferior das estantes de cultivo.

- Enviar vento a locais onde as irregularidades de temperatura surgem com facilidade, uniformizando-as.
- Reduzir a umidade em áreas específicas.

2. **Função de sopro dos equipamentos de climatização: faz o vento circular por toda a instalação**. A climatização, além das funções de ajuste de temperatura e umidade, conta também com a função de enviar vento.

Combinando o ventilador e a função de sopro dos equipamentos de climatização, controla-se o ambiente aéreo com eficiência. Para que os fluxos de vento não se cancelem, atentar para que o vento seja gerado na mesma direção em toda a instalação.

Velocidade e direção do vento

Ao gerar vento, atentar também à velocidade e à direção. 1. **Velocidade do vento**: se for forte demais, causa estresse à planta e prejudica o desenvolvimento. 2. **Direção do vento**: mudá-la permite elevar a eficiência da circulação do ar.

- Direcionar contra as paredes, facilitando a circulação do ar.
- Enviar ao longo das estantes de cultivo, distribuindo o CO2 com eficiência.

O fluxo de ar se percebe pela temperatura e pela umidade

Uma vez fixados os fundamentos, o manejo da climatização e do vento torna-se simples. As áreas em que o ar tende a estagnar podem ser percebidas medindo-se a temperatura e a umidade. Ao encontrar pontos irregulares, ajusta-se o vento gradualmente.

Manejo do fertilizante

Na hidroponia, ao lado da solução nutritiva, o que também é importante é o fertilizante.

Condições exigidas dos fertilizantes para a fazenda vertical

Os pontos que servem de premissa ao escolher o fertilizante usado na fazenda vertical são os seguintes.

- Solubilidade em água: na hidroponia, o fertilizante é fornecido à planta em estado dissolvido em água. Precisa dissolver-se com facilidade e ser bem absorvido.
- Pureza: usar fertilizantes de alta pureza, com poucas impurezas, estabiliza o balanço dos componentes da solução nutritiva e reduz os riscos de inibição do desenvolvimento.
- Rapidez de ação: como se busca colher em período curto, é adequado um fertilizante de ação rápida, que a planta absorva de imediato.

Fertilizante simples e fertilizante mineral misto

Os fertilizantes usados na fazenda vertical são de 2 tipos: «fertilizante simples» e «fertilizante mineral misto». O «fertilizante simples» é um fertilizante que contém apenas um nutriente específico, como nitrogênio, fosfato ou potássio. O «fertilizante mineral misto» é um fertilizante com os nutrientes necessários previamente combinados. Qual usar varia conforme a situação e a estratégia de cultivo.

Vantagens de usar fertilizante simples

- Reposição pontual de nutrientes: com base no resultado da análise da solução nutritiva, pode-se suprir os nutrientes em falta com fertilizante simples.
- Redução de custos: em comparação ao fertilizante mineral misto, o fertilizante simples é, em geral, mais barato.

- Formulação própria: combinando vários fertilizantes simples, pode-se criar uma formulação própria.

Vantagens de usar fertilizante mineral misto

- Praticidade: os nutrientes necessários já vêm formulados, poupando o trabalho de preparação e manejo.
- Produtos adequados a cada finalidade: há produtos para hortaliças folhosas, para hortaliças de fruto, entre outros, ajustados à cultura e ao estágio de desenvolvimento.

Critério de uso combinado

Na fase inicial do cultivo, quando ainda não se sabe qual fertilizante usar, recomenda-se começar pelo fertilizante mineral misto.

Formulação do fertilizante

A formulação do fertilizante é um dos trabalhos importantes da fazenda vertical. Exige tanto experiência quanto dados; com o tempo, adquire-se a habilidade de formular. Como referência, apresento a planilha de formulação da solução nutritiva «SimpleFert», de uso gratuito, que preparei a partir da minha experiência de campo. Basta inserir as informações necessárias para calcular a quantidade de fertilizante a ser combinada.
https://pfboost.com/pt/how-to-simplefert/

Manejo da solução nutritiva

Dissolve-se fertilizante em água e obtém-se a solução nutritiva. Na fazenda vertical, a solução nutritiva é o pilar vital que condiciona o desenvolvimento das plantas.

Nutrientes contidos na solução nutritiva

Na hidroponia, em lugar do solo, usa-se a solução nutritiva, obtida pela mistura de água e fertilizante. Os principais nutrientes contidos na solução nutritiva são os seguintes.

- Nitrogênio (N): promove o desenvolvimento de folhas e caules e é indispensável à síntese de proteínas e de clorofila. Em falta, as folhas ficam amareladas.
- Fósforo (P): promove o desenvolvimento das raízes e a formação de flores e frutos e participa do metabolismo energético. Em falta, o desenvolvimento das raízes se deteriora.
- Potássio (K): promove a fotossíntese e aumenta a resistência a doenças. Participa também da regulação hídrica intracelular. Em falta, as bordas das folhas secam.
- Cálcio (Ca): fortalece as paredes celulares e estabiliza o desenvolvimento. Em falta, as folhas novas deformam-se, ou ocorre podridão apical nos frutos.
- Magnésio (Mg): é componente da clorofila e indispensável à fotossíntese. Em falta, os espaços entre as nervuras das folhas ficam amarelados.
- Enxofre (S): é componente das proteínas e participa também da ativação enzimática. Em falta, as folhas ficam amareladas no conjunto.

Estes são chamados de macronutrientes, e, sem qualquer um deles, as plantas não crescem. Também são importantes outros nutrientes, chamados de micronutrientes.

O básico do manejo da solução nutritiva: CE e pH

Os indicadores especialmente importantes no manejo da solução nutritiva são 2: «CE» e «pH».

CE (condutividade elétrica)

CE é a sigla de «Electrical Conductivity (condutividade elétrica)» e indica a facilidade com que a eletricidade é conduzida. Como o fertilizante, ao se dissolver em água, facilita o fluxo de eletricidade, observando a CE pode-se saber, indiretamente, a concentração de fertilizante dissolvido na solução nutritiva.

- CE alta: solução nutritiva concentrada

- CE baixa: solução nutritiva diluída

Se a CE estiver alta demais, a planta não consegue absorver água e corre risco de murchar. Ajustar a concentração de CE adequada à espécie e ao estágio de desenvolvimento da planta é o ponto mais importante do manejo da solução nutritiva.

pH (concentração de íons de hidrogênio)

pH é a sigla de «potencial hidrogeniônico (concentração de íons de hidrogênio)» e indica o grau de acidez ou alcalinidade da solução nutritiva. As plantas, em geral, desenvolvem-se melhor em faixa ligeiramente ácida (pH 5,5 a 6,5). Quando o pH sai da faixa adequada, surgem os seguintes problemas.

- Inibição da absorção de nutrientes: os nutrientes na solução nutritiva passam a ser absorvidos com dificuldade.
- Distúrbio de desenvolvimento: o desenvolvimento das raízes piora, ou a cor das folhas se deteriora.
- Lesão das raízes: as raízes se danificam, prejudicando a absorção de água e nutrientes.
- Insuficiência na absorção de microelementos: ferro, manganês e outros elementos são absorvidos com dificuldade, levando ao mau desenvolvimento.

Como o pH também afeta a solubilidade dos nutrientes na solução nutritiva, mantê-lo em faixa adequada é importante.

Preparar a solução nutritiva

Para preparar a solução nutritiva, misturam-se água e fertilizante em proporção adequada. 1. **Preparo da água**: utilizam-se água da torneira, água de poço, água filtrada, etc., mas os casos de água da torneira são os mais comuns. Ao usar fertilizantes com nitrogênio amoniacal, remove-se o cloro residual deixando a água descansar por algum tempo ou usando tiossulfato de sódio, entre outros. 2. **Preparo do fertilizante**: ao usar fertilizante mineral misto, dissolve-se em água a quantidade adequada conforme as instruções do produto. Aproveitando-se um sistema circulante, é eficiente preparar uma solução-mãe (solução estoque) com concentração cerca de 100 vezes a da solução nutritiva final e diluí-la com injetores ou dispositivos de fornecimento automático para obter a solução nutritiva final («não se trata de solução diluída 100 vezes», mas sim de solução concentrada 100 vezes antes da diluição). 3. **Mistura**: dissolver o fertilizante em água pouco a pouco, agitando bem.

Como o cálcio provoca precipitação em solução-mãe de alta concentração com fosfato e sulfato, há modelos em que o tanque de solução-mãe é dividido em dois, A e B (na solução nutritiva final, depois de diluída, cálcio e fosfato/sulfato coexistem). 4. **Ajuste de CE e pH**: medir com medidor de CE e medidor de pH e, se necessário, ajustar.

- Valor de CE: se estiver abaixo do alvo, acrescentar fertilizante; se estiver acima, acrescentar água para diluir.
- Valor de pH: se estiver abaixo do alvo (tendendo ao ácido), acrescentar elevador de pH; se estiver acima (tendendo ao alcalino), acrescentar redutor de pH.

Gerir a solução nutritiva

Durante o cultivo, a solução nutritiva não permanece sempre no mesmo estado. 1. **Medição**: medir os valores de CE e pH no mínimo uma vez por dia (se medir com menos frequência, fica mais difícil acompanhar as variações). Medindo sempre no mesmo horário do dia, fica mais fácil comparar as variações diárias. Em ambientes de grande porte, há limites para a medição manual. 2. **Registro**: registrar sempre os valores medidos. Permite captar as variações e ajuda também na apuração das causas quando surgem problemas. Pode ser em caderno ou em planilha eletrônica. 3. **Ajuste**: se estiver fora do alvo, ajustar.

- Valor de CE: se estiver baixo, acrescentar fertilizante; se estiver alto, acrescentar água para diluir. Em fazendas de grande porte, o sistema de fornecimento automático é indispensável, e, ao ficar abaixo do valor configurado, faz-se a reposição de nutrientes automática.
- Valor de pH: acrescentar o regulador de pH em pequenas quantidades, agitando bem, aproximando-se do valor alvo. Acrescentar grande quantidade de uma só vez pode provocar a precipitação dos componentes do fertilizante, portanto, atenção.

4. **Renovação da solução nutritiva**: ao continuar o cultivo por um tempo, o equilíbrio dos componentes do fertilizante se desfaz, ou componentes indesejados se acumulam. Periodicamente, faz-se a «renovação da solução nutritiva», trocando-a. A frequência depende da cultura e da estação, mas, em geral, o intervalo de referência é de uma vez a cada 2 ou 3 meses.

A situação em que «não se sabe a causa, mas, de algum modo, o desenvolvimento não está bom» é frequente. Com o acúmulo de experiência, pode-se prever a causa, mas, no início,

isso não é tão simples. Em momentos assim, tentar a renovação da solução nutritiva, ainda que às cegas, é uma alternativa. Poder fazer essa escolha quando se está em apuros é também uma das forças da hidroponia. 5. **Observação**: não só os valores de CE e pH, mas também o estado das plantas, deve ser bem observado. Se houver variação na cor e na forma das folhas ou na situação do desenvolvimento, é possível que haja problema na solução nutritiva.

Pontos de atenção no manejo da solução nutritiva

1. **Excesso ou falta de fertilizante**: elevar demais a CE causa excesso de fertilizante e inibe o desenvolvimento. Em especial, o excesso de nitrogênio facilita o crescimento vegetativo excessivo. Por outro lado, se a CE estiver baixa demais, ocorre falta de fertilizante e o desenvolvimento se deteriora. 2. **Variação brusca de pH**: acrescentar regulador de pH em grande quantidade de uma só vez provoca variação brusca do pH e gera estresse na planta. Ajustar pouco a pouco, com calma. 3. **Temperatura da água (temperatura da solução nutritiva)**: a temperatura da solução nutritiva afeta a solubilidade do fertilizante e a atividade e o desenvolvimento das raízes. Em geral, a temperatura da água em torno de 20 °C é a adequada. Se estiver baixa demais, a absorção de nutrientes piora e o desenvolvimento atrasa. Se estiver alta demais, o oxigênio dissolvido (OD) cai, e as raízes se danificam ou surgem doenças com facilidade. Em regra, se for próxima à temperatura do ar dentro da sala de cultivo, não há problema (fala-se em temperatura da sala, não do ar externo). 4. **Plano de higienização**: o reservatório de solução nutritiva e as tubulações devem ser limpos periodicamente. Se algas e sujeiras se acumularem em excesso, os patógenos se multiplicam com facilidade.

Muitos se preocupam com as algas que surgem na solução nutritiva. De fato, são desagradáveis visualmente, mas é algo que inevitavelmente ocorre. Basta manter a postura de «gerir para que não aumentem demais».

Elevação da precisão por meio de dados

Usando dados, a precisão do manejo da solução nutritiva aumenta ainda mais.

- Registro de cultivo: registrar valores de CE, pH, temperatura da água, tipo e quantidade de fertilizante, situação do desenvolvimento, captando a relação entre o estado da solução nutritiva e o desenvolvimento.

- Análise da solução nutritiva: solicitando a instituições especializadas, pode-se captar com precisão as concentrações de cada componente da solução nutritiva. Ao ajustar a formulação com base no resultado da análise, o manejo se torna mais adequado.

- Aproveitamento de dados ambientais: relacionando dados ambientais como temperatura, umidade e concentração de CO2 aos valores de CE, pH e à situação do desenvolvimento para análise, a precisão do controle ambiental e do manejo da solução nutritiva aumenta.

Queima das bordas

«A alface estava se desenvolvendo tão bem, mas, às vésperas da colheita, a ponta das folhas começou a secar, ficando marrom.» Ao trabalhar em uma fazenda vertical, a queima das bordas é um distúrbio de desenvolvimento inevitável.

O que é queima das bordas

Queima das bordas é um distúrbio fisiológico em que a ponta ou a borda das folhas seca e fica marrom. Na fase inicial, o grau é apenas o de uma leve mudança de cor na ponta das folhas, mas, com o avanço, a parte seca se expande, e até a folha inteira pode chegar a secar. Quando se percebe que «a ponta da folha está um pouco escura», pode ser sinal do surgimento da queima das bordas.

Causas do surgimento da queima das bordas

A queima das bordas não é um problema simples que se resolva com uma única medida. As principais causas são as seguintes.

Ponto 1. Falta de cálcio

Uma das maiores causas é a falta de cálcio dentro do corpo da planta.

- Concentração baixa de cálcio na solução nutritiva
- Queda do funcionamento das raízes, inibindo a absorção de cálcio
- Dentro do corpo da planta, o cálcio não está sendo transportado até a ponta das folhas

Pela minha experiência, os casos em que a concentração de cálcio na solução nutritiva, em si, está insuficiente são raros. Na maior parte das vezes, o cálcio na solução nutritiva está suficiente e, por algum motivo, o cálcio dentro do corpo da planta não está migrando até a ponta das folhas (deficiência de translocação de cálcio). Essa é a verdadeira causa. Às vezes, há quem pense de forma simplista: «se falta cálcio, vamos aumentar o fertilizante de cálcio»; mas, a não ser que a causa esteja na concentração de cálcio na solução nutritiva, aumentar a dose de fertilizante de cálcio tende a ter efeito contrário (elevação da CE, precipitação, antagonismo com outros íons).

Ponto 2. Umidade alta

Quando a umidade está alta, dá a impressão de que as plantas crescem saudáveis, mas não é o que ocorre.

- Queda na atividade das raízes: com umidade alta, não é necessário absorver água forçadamente, e a atividade das raízes cai.
- Repressão da transpiração: quando a transpiração é reprimida, o transporte de cálcio para as folhas é prejudicado.

Ponto 3. Desenvolvimento acelerado

O crescimento rápido é uma coisa desejável, mas um desenvolvimento acelerado exige muitos nutrientes. Quando a absorção de nutrientes não acompanha a velocidade de desenvolvimento, o cálcio, em especial, tende a ficar em falta, e a queima das bordas surge com facilidade.

Ponto 4. Outros fatores

Além do acima, também se envolvem os seguintes fatores.

- Variedade: há variedades em que a queima das bordas surge com facilidade.
- Temperatura: estresse térmico de alta ou baixa temperatura.
- Luz: luz intensa demais ou ambiente luminoso com má eficiência de fotossíntese.
- Vento: má ventilação faz a umidade subir com facilidade.

Como os fatores se entrelaçam de forma complexa, há casos em que é difícil identificar a causa.

Medidas contra a queima das bordas

As palavras-chave ao pensar em medidas são «transpiração» e «velocidade de crescimento». Mantém-se a transpiração adequada pelo controle de umidade e, quando o desenvolvimento está rápido demais, revisam-se condições ambientais como quantidade de luz, temperatura e CO2 na direção de reduzir (na direção de conter o desenvolvimento); acelerar ainda mais o desenvolvimento agrava os sintomas; por isso, deve-se reduzir, e não aumentar. Entretanto, o próprio fato de o desenvolvimento da cultura ser rápido, em si, é algo positivo para o produtor. Se isso fizer a queima das bordas surgir em excesso, também se tornam necessárias medidas para conter o desenvolvimento. Esse equilíbrio é também a dificuldade das medidas contra a queima das bordas.

Eu também fui atormentado pela queima das bordas

Escrevi sobre os mecanismos e medidas, mas a queima das bordas não é algo que se resolva com facilidade. Eu também fui muito atormentado. Para elevar a rentabilidade da fazenda vertical, é preciso compreender a queima das bordas e aprender a conviver bem com ela. Os detalhes dos truques para um ajuste fino do ambiente estão escritos no conteúdo a seguir.

172 dicas para elevar a rentabilidade da fazenda vertical — know-how aperfeiçoado no campo por mais de 10 anos

Estiolamento

Outro distúrbio de desenvolvimento representativo, ao lado da queima das bordas, é o «estiolamento». Estiolamento é o fenômeno em que a planta, em busca de luz, alonga os caules mais do que o necessário. É parecido com aquela planta ornamental junto à janela,

que vai se esticando, fina e comprida, em direção à luz.

Quando o estiolamento ocorre em uma fazenda vertical, surgem os seguintes impactos.

- Queda do rendimento: só os caules se alongam, e as folhas, que são o que importa, ficam pequenas.
- Queda da qualidade: o tecido se torna frouxo, a durabilidade e o paladar pioram.
- Queda da eficiência do trabalho: as plantas tombam com facilidade, aumentando o esforço na colheita e no trabalho de manejo.

O mais complicado é que as folhas que sofreram estiolamento na fase inicial do desenvolvimento não se recuperam por completo, mesmo depois que o ambiente é ajustado.

Causas do estiolamento

As principais causas do estiolamento são 3.

- Falta de quantidade de luz: quando a quantidade de luz da iluminação LED é insuficiente, a planta alonga os caules em busca de luz.
- Desequilíbrio da qualidade da luz: o estiolamento surge com facilidade quando o equilíbrio dos comprimentos de onda está desfeito — não apenas entre vermelho e azul, mas também incluindo verde e vermelho-distante.
- Plantio denso: quando a densidade é alta demais, as plantas disputam luz entre si. O desejo de aproveitar o espaço limitado é compreensível, mas a superlotação tem efeito contrário.

Medidas contra o estiolamento

Revisão do ambiente luminoso

- Aumento da quantidade de luz: garantir quantidade de luz adequada à cultura e ao estágio de desenvolvimento. Se possível, considerar o acréscimo de iluminação.
- Ajuste da qualidade da luz: escolher iluminações LED com equilíbrio de comprimentos de onda.
- Disposição da iluminação: fazer incidir luz também pelas laterais, e não só pela parte superior, reduz as irregularidades de luz.
- Aproveitamento de refletor: como permite usar a luz com eficiência, serve de auxílio diante da falta de quantidade de luz.

Ajuste da densidade de plantas

- Manter a densidade adequada à cultura e ao estágio de crescimento. Em especial, captar com precisão o momento do transplante.

Outros fatores ambientais

- Temperatura alta demais facilita o estiolamento. Fazer um controle de temperatura adequado.
- Umidade alta demais também fomenta o estiolamento. Ajustar por ventilação e desumidificação.

Como o estiolamento, uma vez ocorrido, não pode ser revertido, a detecção e a resposta precoces são o mais importante.

Para elevar ainda mais o nível do manejo da cultura

Até aqui, vimos o básico do manejo da cultura. Como conhecimento, trata-se de uma parte importante, mas, ao ir ao campo, surgem situações em que se hesita: «tenho o conhecimento, mas, concretamente, por onde começar?»

Como apoio para isso, apresento os «modelos de gestão de operações no campo» que preparei.

- **Modelos para projetar o processo de cultivo**: ferramenta que, a partir da quantidade de colheita visada, faz a conta regressiva e calcula o número necessário de estantes, os tipos de painéis, os dias de cultivo, etc. Também é possível simular variando o número de transplantios e os dias de operação.

- **Ferramentas de formulação da solução nutritiva**: permite calcular o projeto de fertilização combinando fertilizante mineral misto e fertilizante simples, bastando inserir as informações necessárias. É a parte que, em fazendas com operadores experientes, tende a depender de indivíduos específicos, reformulada em formato replicável.

- **Modelos de programação do trabalho**: com base no processo de cultivo, apuram o conteúdo do trabalho diário e o pessoal necessário. Servem para evitar excesso ou falta de pessoal e para ajustar a distribuição.

Essas ferramentas não são soluções universais. Para usá-las no campo, também é necessária customização. Ainda assim, como primeiro gancho para «traduzir o conhecimento em procedimentos reais», são úteis. Quais pontos da gestão de operações no campo fixar pode, em parte, ser lido na própria estrutura dos modelos.

https://pfboost.com/pt/templateform/

Resumo do Capítulo 2

- A escolha da cultura se julga por 3 aspectos: «demanda de mercado», «facilidade de cultivo» e «compatibilidade com os equipamentos».

- A iluminação LED tem 3 vantagens: economia de energia, vida útil longa e escolha de comprimentos de onda.

- Na hidroponia, predominam NFT (cultivo em película fina) e DFT (cultivo em lâmina profunda).

- O manejo de temperatura, umidade, CO2 e vento influenciam-se mutuamente e devem ser pensados em conjunto.

- No manejo da solução nutritiva, os 2 indicadores CE e pH são os mais importantes.

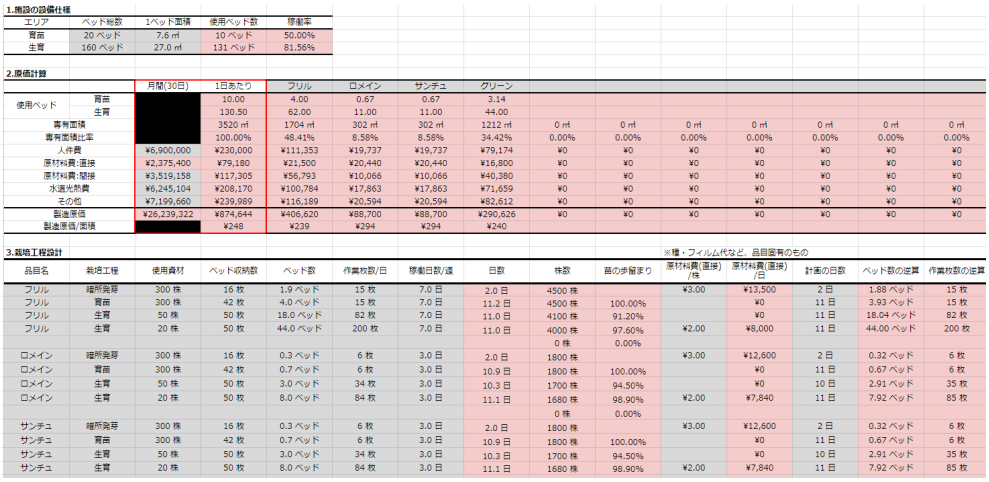
- Queima das bordas e estiolamento são os distúrbios de desenvolvimento mais frequentes na fazenda vertical.

Sobre métodos de melhoria mais concretos e parâmetros numéricos de cada tema, há uma explicação detalhada em «172 dicas para elevar a rentabilidade da fazenda vertical».

Capítulo 3: A prática da gestão de operações no campo

Elaboração do planejamento da produção

A partir daqui, vamos ver o conteúdo concreto das tarefas de gestão de uma fazenda vertical. O primeiro tema é o planejamento da produção.



1.施設の設備仕様

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 ㎡	10 ベッド	50.00%
生育	160 ベッド	27.0 ㎡	131 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 ㎡	1704 ㎡	302 ㎡	302 ㎡	1212 ㎡	0 ㎡	0 ㎡	0 ㎡	0 ㎡	0 ㎡	0 ㎡	0 ㎡
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	¥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	¥0
原材料費:間接		¥3,519,158	¥117,305	¥56,793	¥10,066	¥10,066	¥40,380	¥0	¥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	¥0
その他		¥7,199,660	¥239,989	¥116,189	¥20,594	¥20,594	¥82,612	¥0	¥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	¥0
製造原価/面積			¥248	¥239	¥294	¥294	¥240							

3.栽培工程設計

※種・フィルム代など、品目固有のもの

品目名	栽培工程	使用資材	ベッド収納数	ベッド数	作業枚数/日	稼働日数/週	日数	株数	苗の歩留まり	原材料費(直接)/株	原材料費(直接)/日	計画の日数	ベッド数の逆算	作業枚数の逆算
フリル	暗所発芽	300 株	16 枚	1.9 ベッド	15 枚	7.0 日	2.0 日	4500 株		¥3.00	¥13,500	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	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	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	暗所発芽	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	10.9 日	1800 株	100.00%		¥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	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	暗所発芽	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	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	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

Por que o planejamento da produção é necessário

A forma tradicional da agricultura, que se move conforme as estações e o clima, não funciona em uma fazenda vertical. Como somos nós mesmos que criamos o ambiente, é preciso decidir antecipadamente o quê, quando e em que quantidade produzir.

Se você administra o cultivo sem estabelecer um planejamento da produção, surgem os seguintes problemas:

1. Descompasso entre oferta e demanda: você acaba produzindo culturas ou quantidades que não correspondem à demanda do mercado e o produto não é vendido. 2. Falha no controle de custos: os custos de eletricidade, água, mão de obra, fertilizantes, entre outros, surgem antes da receita e não sobra lucro. Em especial, os gastos com insumos e mão de obra são incorridos antes do plantio. Sem uma previsão prévia, despesas não planejadas se acumulam. 3. Irregularidade na qualidade: o controle das condições ambientais e das tarefas fica improvisado, e o resultado final das hortaliças não fica uniforme.

Os 3 passos do planejamento da produção

Que hortaliças produzir, quando e em que quantidade. Organizamos isso em três passos.

Passo 1. Previsão de demanda

O primeiro passo é a pesquisa de mercado. Descobrimos quais hortaliças são demandadas, quando e em que quantidade.

- Mercado-alvo: supermercados, restaurantes, consumidores finais — para onde vender
- Preço de venda: quanto dá para vender em cada mercado
- Variação sazonal da demanda: mudanças na demanda conforme a estação
- Concorrência: situação de outras empresas que produzem a mesma cultura

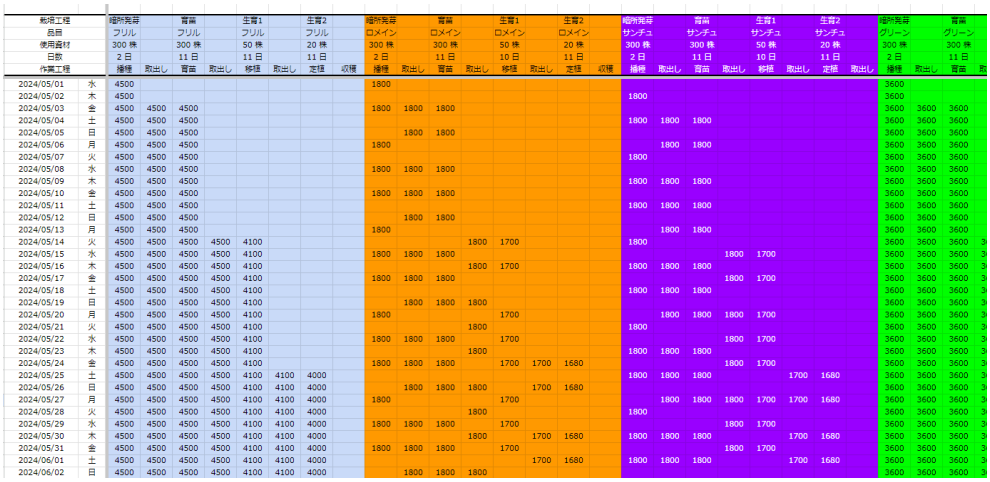
A previsão é feita com base em dados históricos de vendas e tendências de mercado, mas ninguém tem a resposta definitiva para «se produzir isto, vende com certeza». É essencialmente um trabalho de formular hipóteses.

Passo 2. Formulação do planejamento da produção

Com base na previsão de demanda, chegamos a um plano concreto.

Culturas a produzir: julgar pelos três pontos — necessidade do mercado, duração do cultivo e rentabilidade. Meta de produção: definir uma quantidade realista a partir do porte das instalações, da capacidade dos equipamentos, da mão de obra e dos canais de venda. Cronograma de cultivo: alinhar o período de colheita com a demanda do mercado e calcular o período de cultivo de trás para frente. Recursos necessários: estimativa de sementes e mudas, fertilizantes, insumos, pessoal, eletricidade e água.

É importante olhar tudo isso de forma integrada e montar um plano exequível.



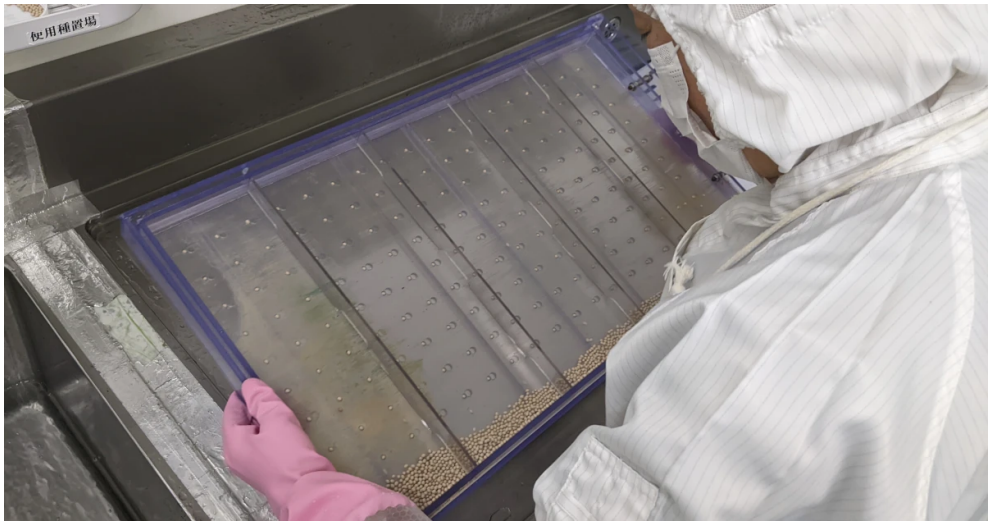
Passo 3. Gestão do andamento e revisão

O plano não termina quando é feito. Ele é corrigido à medida que é executado.

- Monitoramento do desenvolvimento: observar e registrar periodicamente.
- Verificação das vendas: confirmar se as vendas seguem o plano e se o estoque está adequado.
- Identificação de problemas: quando surgirem desvios, analisar as causas.
- Revisão do plano: ajustar cronograma e quantidade de produção conforme necessário.

O planejamento da produção é o eixo central da operação de uma fazenda vertical.

Semeadura



A partir daqui, vamos ver o know-how das tarefas de campo com que efetivamente cultivamos as hortaliças.

O que é semeadura

«Semeadura» significa lançar as sementes. Em uma fazenda vertical, como não se usa solo, o método é diferente da agricultura tradicional.

Métodos de semeadura em uma fazenda vertical

A semeadura em hidroponia parte de uma premissa diferente do cultivo em solo.

- Cultivo em solo: semear diretamente no solo
- Hidroponia: semear em um substrato

Substrato é o material que, no lugar do solo, sustenta as raízes da planta e lhe fornece água e nutrientes.

Procedimento da semeadura

O fluxo da semeadura em hidroponia é o seguinte:

1. Preparação do substrato: colocar o substrato em uma bandeja específica, imergir em água e umedecer por completo. 2. Semeadura: com pinça ou com uma máquina de semeadura específica, depositar as sementes no substrato.

- A densidade de semeadura varia conforme a cultura.
- Após semear, para evitar ressecamento e perda, manter a umidade tampando o recipiente, por exemplo.

3. Rega: aplicar água suavemente com um borrifador. 4. Repouso: controlar temperatura, umidade e luz de forma adequada e aguardar a germinação.

Pontos para aumentar a taxa de germinação

Quando a germinação não vai bem, verificamos os cinco pontos abaixo:

- Qualidade da semente: escolher sementes frescas e com alta taxa de germinação. A temperatura e a umidade no armazenamento também influenciam.
- Escolha do substrato: a taxa de germinação e o desenvolvimento variam conforme o tipo.
- Teor de água: impregnar de umidade suficiente. No substrato de poliuretano, em especial, a falta de água costuma ser a principal causa de falha na germinação.
- Controle de temperatura: a temperatura ideal para germinação varia conforme a cultura.
- Rega uniforme: com pressão de água excessiva ou irregular, as sementes são arrastadas e a germinação fica desigual. Regue com suavidade e de forma uniforme.

A semeadura é o primeiro passo do manejo da cultura. Um desvio aqui repercute em todas as etapas seguintes.

Produção de mudas

A etapa seguinte à semeadura é a «produção de mudas». Designa o período em que a muda germinada é cultivada até atingir um estado em que possa suportar o transplantio.

Por que a produção de mudas é importante

Chamamos de «período de produção de mudas» o período em que, após a semeadura, a muda é conduzida até um determinado tamanho. Em uma fazenda vertical, é comum, inclusive, dedicar uma sala de produção de mudas ou estantes de produção de mudas específicas.

A qualidade da fase de produção de mudas se reflete diretamente no desempenho posterior do cultivo.

- Melhor pegamento: no transplantio e no transplantio definitivo, as raízes se estabelecem com mais facilidade e a muda se adapta melhor ao novo ambiente.
- Maior velocidade de desenvolvimento: mudas robustas continuam crescendo bem e o período até a colheita encurta.
- Qualidade superior: mudas com bom estado nutricional são resistentes a doenças.
- Maior rendimento: conduzir mudas sadias puxa para cima o rendimento final.

Procedimento da produção de mudas

A preparação do ambiente de produção de mudas em hidroponia é a seguinte:

- **Temperatura**: ajustar conforme a cultura e a fase de desenvolvimento. No caso de alface, é comum manter a temperatura da sala de produção de mudas (a temperatura ambiente interna, não a da água) em torno de 25 °C. Como mudas pequenas são

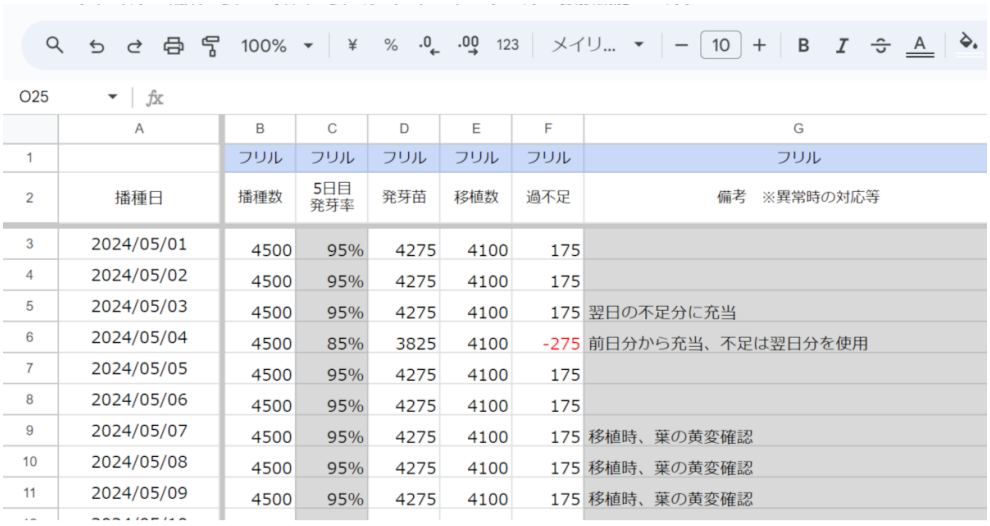
sensíveis ao frio, cuidado para não baixar demais.

- **Umidade**: umidade muito alta favorece doenças. O alvo é uma umidade relativa (UR) de cerca de 60 a 70 %.

- **Luz**: há muitas cultivares que não precisam de luz para a germinação em si, mas no período em que, após germinar, os cotilédones se abrem e iniciam a fotossíntese, é preciso garantir um nível adequado de luz. Quando a operação não acende luz durante o período de germinação, atenção para que a iluminação não comece tarde depois da abertura dos cotilédones (atraso no início da iluminação leva a estiolamento e a mudas frágeis).

- **Solução nutritiva**: com as mudas ainda pequenas, é comum ajustar a CE (concentração da solução nutritiva) num valor mais baixo e elevá-la conforme o desenvolvimento. No entanto, pela minha experiência, se for difícil administrar esse ajuste, operar com uma CE baixa mantida constante não causa problemas práticos (isso não significa operar com a mesma CE alta da área de cultivo principal; a prática consiste em manter a CE constante em um valor baixo a médio).

No manejo após a germinação, o ponto crítico é o momento do transplantio. Quando a muda cresce e as folhas começam a se sobrepor às da vizinha, é o sinal de transplantio. Deixar sem transplantar impede a chegada da luz e atrapalha o crescimento normal.



O25

	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

Registrar a produção de mudas

A produção de mudas é o ponto de partida do período de cultivo que vem depois. Se houver erros ou problemas aqui, os efeitos negativos permanecem por um longo período.

Ao registrar os dados ambientais e o estado de desenvolvimento das mudas durante o período de produção de mudas, obtêm-se as seguintes vantagens:

- Detecção precoce de problemas: sinais de desenvolvimento inadequado ou de doenças são captados mais cedo.
- Investigação de causas: quando ocorre um problema, fica mais fácil identificar a causa revendo os registros.
- Acumulação de know-how: pode-se melhorar o método de produção de mudas consultando registros anteriores.
- Gestão baseada em dados: gerir não só por experiência e intuição, mas também por números.

No começo, registrar pode parecer trabalhoso. Mas a acumulação muda muito a precisão do cultivo. Basta começar pelo que for possível.

Transplantio e transplantio definitivo

As mudas que concluem a produção de mudas são transferidas para espaços mais amplos.

Transplantio

Transplantio é a tarefa de transferir as mudas para um espaço mais amplo. Se raízes e folhas ficam apertadas, surgem os seguintes problemas:

- Deficiência nutricional: as raízes não conseguem absorver nutrientes suficientes e o desenvolvimento é prejudicado.

- Falta de luz: as folhas vizinhas atrapalham e diminui a luz por planta.
- Aumento do risco de doenças: a resistência cai e a planta fica mais vulnerável a doenças.

Quando a muda cresce, transferi-la para um espaço mais amplo permite absorver nutrientes em quantidade suficiente e acelera o desenvolvimento.

Transplantio definitivo

Transplantio definitivo é o último transplantio feito rumo à colheita. Ao repetir o transplantio em etapas, elevamos tanto a quantidade de colheita quanto a qualidade.

O problema do espaçamento entre plantas estreito demais já foi mencionado, mas, ao contrário, um espaçamento largo demais resulta no seguinte:

- Desperdício de espaço: não aproveita o espaço de cultivo limitado.
- Redução do volume de colheita: diminui a colheita por unidade de área.

A fazenda vertical é um arranjo em que empilhamos as canaletas de cultivo em estantes verticais para elevar a eficiência produtiva. Queremos usar o espaço ao máximo, mas, se apertamos demais, o desenvolvimento é prejudicado. Conciliar os dois é essencial.

A chave do transplantio definitivo é encontrar o «espaçamento entre plantas ideal» — aquele em que a cultura cresce sem estresse e, ao mesmo tempo, o número de plantas é maximizado. É um parâmetro que ajustamos no campo, para cada combinação de cultura e equipamento.

Colheita e remoção de folhas

A etapa final do cultivo é a colheita e a remoção de folhas. É o momento em que a semente que você mesmo lançou se transforma em hortaliça pronta, mas também é o ponto de partida de um novo processo voltado à venda.

Como conduzir a colheita em uma fazenda vertical

A tarefa de colheita em uma fazenda vertical é bastante diferente da do cultivo a céu aberto. O padrão é dividir o trabalho em linha.

- Colheita: colher as hortaliças das canaletas.
- Transporte: levar as hortaliças colhidas até a área de remoção de folhas.
- Remoção de folhas: retirar as folhas que não viram produto.

Lembra a linha de produção de um produto industrial, e a divisão das funções influi de forma decisiva na eficiência.

O que é remoção de folhas

Remoção de folhas é a tarefa de dar acabamento às hortaliças colhidas. Não se trata apenas de aparência: afeta o próprio valor do produto.

Hortaliças com forma alinhada e remoção de folhas bem-feita produzem os seguintes efeitos:

- parecem frescas e apetitosas
- transmitem segurança
- dão a impressão de alta qualidade

Fundamentos da remoção de folhas

Na remoção de folhas, atentamos para estes três pontos:

- Retirar folhas danificadas ou descoloridas
- Alinhar a forma
- Adequar-se ao padrão

No caso de hortaliças folhosas, retiram-se algumas folhas externas danificadas e deixam-se as folhas limpas do centro. Os critérios de número de folhas, comprimento, peso e forma muitas vezes estão definidos em detalhe por fazenda e por cliente.

A remoção de folhas descuidada corrói a receita

Quando a remoção de folhas é feita de forma descuidada, o impacto sobre a receita é direto:

- Queda de rendimento: retiram-se folhas a mais e diminui o volume vendável.
- Queda de qualidade: se ocorrem danos ou as folhas são rasgadas, o valor do produto cai.
- Queda de eficiência: um trabalho descuidado gera retrabalho e, no fim, leva mais tempo.

A remoção de folhas é uma etapa que incide diretamente sobre rendimento, qualidade e eficiência do trabalho — sobre todos esses aspectos ao mesmo tempo.

Colheita e remoção de folhas são o ápice do cultivo

Colheita e remoção de folhas são a parte do acabamento no campo. Exigem velocidade e precisão, ambas ao mesmo tempo. Por mais cuidadoso que tenha sido o manejo da cultura até aqui, se o acabamento for descuidado, tudo se perde.

Tarefas pós-colheita

Hortaliças colhidas não podem simplesmente ficar paradas. A série de tarefas até a expedição é o que define a qualidade.

Corrida contra o tempo pelo frescor

A hortaliça perde frescor a partir do instante em que é colhida. Quando o frescor cai, ocorrem as seguintes mudanças:

- Aparência: perde viço e murcha.
- Sabor: o aroma diminui e aumentam o amargor e a adstringência.
- Valor nutricional: vitaminas e minerais diminuem.
- Segurança: bactérias se proliferam com mais facilidade, e cresce o risco de intoxicação alimentar.

Para preservar o frescor, é preciso fazer o manuseio pós-colheita de forma adequada.

As quatro etapas pós-colheita

As tarefas pós-colheita dividem-se, no geral, em quatro:

1. **Transporte**: levar as hortaliças da área de cultivo para a área de trabalho.
    - Controle de temperatura: manter temperatura adequada também durante o transporte.
    - Contra impactos: usar contêineres e carrinhos para absorver impactos.

2. **Pesagem e seleção**: buscar a uniformidade da qualidade. Os critérios como tamanho, forma e peso variam por fazenda e por cliente. Retiram-se as hortaliças fora do padrão. Pode ser feita manualmente, mas a introdução de uma máquina de seleção automática aumenta a eficiência.

3. **Embalagem e acondicionamento**: colocar as hortaliças em sacos ou em embalagens.

    - Manutenção do frescor: a embalagem limita suavemente a respiração e a evaporação de água.

    - Proteção: protege de impactos e danos durante o transporte.

    - Aumento do valor do produto: arruma a aparência e transmite informações pelo material de embalagem.

    - Materiais de embalagem: filme, bandeja, rede — escolher conforme cultura e forma de venda.

4. **Armazenamento**: armazenar em temperatura e umidade adequadas.

    - Manutenção do frescor: em baixa temperatura, contém-se a respiração.

    - Prevenção de deterioração da qualidade: controlar a umidade evita ressecamento e apodrecimento.

    - Local de armazenamento: usar câmaras frias ou resfriadores com temperatura e umidade ajustadas à cultura e ao período de conservação.

Pontos do controle de qualidade

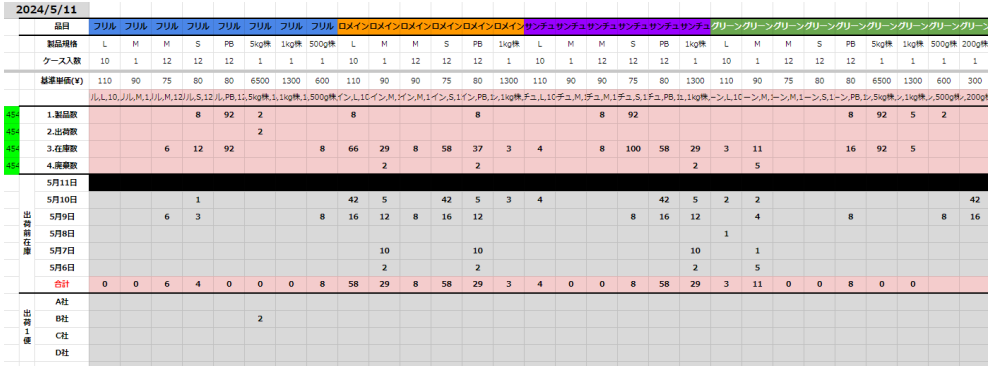
Para que as tarefas pós-colheita se convertam em qualidade, os pontos são quatro:

- **Controle de temperatura**: manter a temperatura da colheita até a expedição. Em particular, se as hortaliças entram e saem várias vezes da câmara fria, ocorre condensação dentro e fora da embalagem e na superfície das hortaliças, e a velocidade de deterioração aumenta drasticamente. Este é um ponto frequentemente negligenciado no campo.

- **Higienização**: mantemos a higiene da área de trabalho e dos utensílios com rigor.

- **Registros**: registrar número de unidades em estoque e data/hora de colheita permite rastrear as causas quando surge um problema.

- **Estrutura de verificação**: antes da expedição, verificar o estado e conferir se atende aos critérios de qualidade.



| 2024/5/11 | | |

Até aqui vimos conhecimentos e técnicas do manejo da cultura, mas a fazenda vertical não funciona apenas com técnica e equipamentos. O desenvolvimento das pessoas que a fazem funcionar é indispensável.

Conhecimentos e habilidades exigidos

Em anúncios de emprego de fazendas verticais é comum ver «não é necessária experiência», mas o conhecimento necessário no campo é amplo.

Conhecimento sobre o desenvolvimento das plantas, técnicas de cultivo, operação e manutenção de equipamentos, higienização, controle de qualidade, análise de dados, capacidade de resolver problemas — entre outros.

Os dois pilares da educação dos funcionários

Pensamos a educação em duas etapas: básica e especializada.

Educação básica: para todos os funcionários

Voltada a novatos e a pessoas sem experiência. Consolidam-se os conhecimentos básicos da fazenda vertical e os procedimentos de trabalho fundamentais.

- Visão geral da fazenda vertical: diferenças em relação a outras formas de agricultura
- Fundamentos do manejo da cultura: temperatura, umidade, luz, CO2, solução nutritiva, etc.
- Sistemas de hidroponia: mecanismo, tipos, vantagens e desvantagens
- Procedimentos de trabalho: cada etapa — semeadura, produção de mudas, transplantio, transplantio definitivo, colheita
- Higienização: forma de prevenir a ocorrência de doenças e pragas
- Controle de qualidade: forma de fornecer hortaliças de alta qualidade com estabilidade
- Segurança no trabalho: cuidados relativos à segurança das tarefas

Em particular, fazemos com que os novatos estudem com ênfase a higienização e o controle de qualidade. Enquanto estiverem envolvidos no trabalho, esse conhecimento mínimo é obrigatório.

Educação especializada: principalmente para gestores

Dirigida aos funcionários que concluíram o básico, para que adquiram conhecimentos e habilidades especializados.

- Técnica de cultivo: métodos de cultivo e controle ambiental específicos por cultura
- Gestão de equipamentos: gestão e manutenção dos sistemas de hidroponia, iluminação e climatização
- Análise de dados: analisar dados de cultivo e aplicar em detecção de problemas e melhorias
- Controle de qualidade: métodos de controle de qualidade e técnicas de inspeção mais avançados

A gestão e a educação dos funcionários são um fator que influencia enormemente os resultados da fazenda vertical. Em comparação ao investimento em equipamentos, parece pouco chamativa; na prática, é o que mais funciona.

Implantação firme do plano de higienização

No campo de uma fazenda vertical, o risco de patógenos e pragas está sempre presente.

Por que o plano de higienização é importante

A fazenda vertical é um espaço fechado; uma vez que uma doença surge, ela se espalha rapidamente. Para fungos e bactérias que apreciam alta temperatura e umidade, uma fazenda vertical com controle deficiente é um local de reprodução ideal.

Os três pilares do plano de higienização

1. Segregação de áreas (estabelecimento da área limpa)

É a técnica de dividir a instalação em áreas pelo grau de limpeza, e é a base do plano de higienização.

- Zona suja: fora da instalação, área de recebimento de insumos, vestiário — áreas com muito contato com o exterior
- Zona intermediária: área de preparação para entrar na área de cultivo. Aqui se troca o uniforme, lava-se as mãos e desinfeta-se.
- Área limpa: áreas como a de cultivo, onde o grau de limpeza precisa ser o mais alto

A circulação é fixada em um sentido único: zona suja → zona intermediária → área limpa. Antes de entrar na área limpa, obrigatoriamente se passa pela zona intermediária, onde as fontes de contaminação são removidas com troca de roupa, lavagem das mãos e desinfecção. O ambiente higiênico se desordena rapidamente só com funcionários «tomando cuidado». O importante é organizar por regras e por estrutura.

2. Limpeza e desinfecção

Fazemos limpeza e desinfecção periódicas em todos os locais e equipamentos da instalação. A ordem é, em princípio: primeiro a limpeza (lavagem física) e, em seguida, a desinfecção (sanitização). Como o efeito cai muito se o desinfetante é aplicado com matéria orgânica ou resíduos vegetais ainda presentes, não se inverte a ordem dos processos.

- Limpeza (lavagem): remover fisicamente sujeira e resíduos vegetais. Os alvos são amplos: área de cultivo, área de trabalho, equipamentos de hidroponia, pisos, paredes, luminárias, equipamentos de climatização, etc.
- Desinfeção (sanitização): depois da limpeza, sanitizar com desinfetante os patógenos que a lavagem não remove.
- Critério de frequência: não é realista limpar todos os pontos minuciosamente todos os dias. Priorizam-se locais de alta umidade, locais que sujam com facilidade e locais de contato humano frequente.
- Registro: registrar local e horário da limpeza ajuda a evitar omissões e a investigar causas.

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	外装	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							

Como as hortaliças folhosas frequentemente não são lavadas após a colheita, o ambiente higiênico durante o cultivo torna-se diretamente o estado higiênico do produto.

3. Plano de higienização dos funcionários

A ação de cada uma das pessoas que trabalham no campo decide a entrada e a disseminação de patógenos e pragas.

- Lavagem das mãos: antes de entrar na instalação, antes e depois das tarefas, após usar o banheiro — ser rigoroso e frequente.

- Uso de vestuário específico: usar uniforme de trabalho, touca, máscara e luvas específicos.

- Gestão da saúde: em caso de resfriado ou mal-estar, não forçar e descansar.

Ainda assim, conseguir que todos tenham alta consciência de higiene demanda tempo e educação. No curto prazo, a abordagem realista é garantir a higiene por meio da estrutura.

Pontos críticos do plano de higienização

Os locais a que se deve prestar atenção especial dentro da instalação são os seguintes:

- **Entradas e saídas**: rotas de invasão em que pessoas e objetos entram e saem com frequência. Impedir a invasão com cortina de ar e armadilhas adesivas.
- **Pisos**: acumulam sujeira e gotas de água e viram focos. São importantes a limpeza e a desinfecção periódicas e garantir escoamento.
- **Paredes**: desenvolvem mofo facilmente por condensação. Atenção à prevenção de condensação e à secagem.
- **Equipamentos de hidroponia**: reservatórios de solução nutritiva e tubulações são locais onde patógenos se reproduzem com facilidade. São pontos onde resíduos de folhas e raízes se acumulam com facilidade e onde a limpeza é difícil. Limpar e desinfetar de forma rigorosa.
- **Equipamentos de climatização**: o entupimento dos filtros e a sujeira interna causam queda de eficiência e falhas. Fazer periodicamente a limpeza e troca dos filtros e a limpeza interna.
- **Bancadas de trabalho e insumos de cultivo**: a adesão de sujeira e resíduos é fonte de proliferação de patógenos e de ocorrência de pragas. Após o uso, limpar e desinfetar sempre.

O plano de higienização é um trabalho pouco chamativo, mas sustenta por baixo a qualidade e a segurança da fazenda vertical.

Análise de dados

Outro pilar da gestão de operações no campo é a análise de dados. A palavra «análise» pode soar intimidadora, mas a ideia básica é simples.

Por que a análise de dados é importante

Em uma fazenda vertical, podemos obter diversos dados: temperatura, umidade, luz, concentração de CO2, composição da solução nutritiva, entre outros.

Na agricultura tradicional, o manejo da cultura baseado em experiência e intuição era o padrão. Na fazenda vertical, experiência e intuição também são importantes, mas só com elas há limites. Ao usar dados, torna-se possível o seguinte:

- Detecção precoce de problemas: sinais de desenvolvimento inadequado ou de doenças são captados mais cedo.

- Identificação de causas: quando ocorre um problema, reduzir o leque de causas a partir dos dados.

- Implementação de melhorias: melhorias baseadas em dados são mais fáceis de verificar.

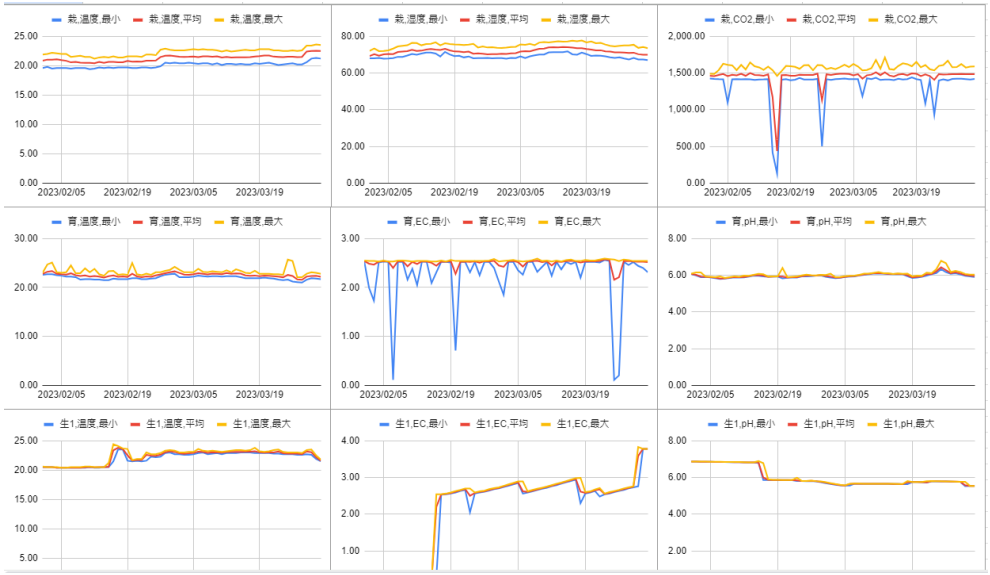
- Acumulação de know-how: o acúmulo de dados vira know-how próprio daquela fazenda.

Dados a coletar em uma fazenda vertical

Os dados a se coletar são principalmente de três tipos:

1. Dados ambientais: o ambiente dentro da instalação expresso em números. 2. Dados de desenvolvimento: o crescimento e o estado das plantas expressos em números. 3. Dados de trabalho: registros das tarefas relativas ao manejo da cultura.

Ao administrar tudo isso em um caderno próprio ou em um software de planilhas como o Excel, forma-se o «prontuário» da fazenda. (Os itens acima são representativos; há muitos outros.)



O fundamento da análise de dados: antes de tudo, a «visualização»

Não basta coletar dados. O primeiro passo é visualizar em gráficos.

- Gráfico de linhas: adequado para ver mudanças ao longo do tempo

- Gráfico de barras: adequado para comparar grandezas de vários dados

- Gráfico de dispersão: adequado para investigar a relação entre dois dados

A ferramenta pode ser qualquer uma, mas softwares de planilhas como o Excel, por serem de baixo custo e acessíveis a qualquer um, são fáceis de começar.

Exemplo prático de análise de dados

Como pensar quando a queima das bordas acontece com frequência

Suponha que, no cultivo de alface, a queima das bordas esteja ocorrendo com frequência.

Coletamos os dados ambientais da área de ocorrência e os dados de análise da solução nutritiva e comparamos com a série temporal. Aí se vê uma tendência como «as ocorrências coincidem com os períodos de alta umidade».

Ao consultar a literatura, está escrito que em ambientes com alta umidade a transpiração diminui e o fornecimento de cálcio para as folhas é bloqueado. Se descobrimos que a causa é a combinação de umidade e cálcio, isso leva a medidas concretas como introduzir um desumidificador ou rever o controle de umidade.

Esse é o fluxo completo da análise de dados. Procedemos na ordem: hipótese → dados → verificação → medida.

Resumo

A análise de dados é uma abordagem que traz reprodutibilidade e verificabilidade para o mundo da agricultura, que vinha se movendo por experiência e intuição. Para aproveitar os pontos fortes da fazenda vertical, ela é indispensável.

Os «modelos de gestão de operações no campo» que eu ofereço no meu site são ferramentas para a coleta e a análise de dados.

[Grátis] 13 modelos usados na gestão de operações no campo de uma fazenda vertical
https://pfboost.com/pt/templateform/

Resumo do Capítulo 3

- O planejamento da produção é elaborado em 3 passos: «previsão de demanda → formulação do plano → gestão do andamento»
- Da semeadura à produção de mudas, ao transplantio, ao transplantio definitivo e à colheita, cada etapa afeta a qualidade posterior

- Transporte, seleção, embalagem e armazenamento pós-colheita são a última linha de defesa para preservar o «frescor»
- A educação dos funcionários avança em dois pilares: «educação básica» e «educação especializada»
- O plano de higienização tem três pilares: «segregação de áreas», «limpeza e desinfecção» e «plano de higienização dos funcionários»
- A análise de dados torna possíveis a detecção precoce de problemas e a identificação de causas

Para além do conhecimento básico: como construir uma fazenda vertical que gera lucro

Até aqui, expliquei o conhecimento básico sobre gestão de operações no campo. Todos os temas são relevantes para quem trabalha no setor, mas, em última instância, o que se exige do gestor de campo é responder pela «rentabilidade» — o indicador de quanto lucro o negócio consegue gerar.

A lacuna entre o conhecimento básico e a rentabilidade

Ao estudar o conhecimento básico, surgem, em seguida, perguntas assim:

Por exemplo, como medida contra o estiolamento, em *Operação de Fazendas Verticais: Guia para Iniciantes* expliquei as linhas de ação «aumentar a luz», «ajustar a densidade de plantas» e «rigorosa gestão de temperatura». Mas no campo real, de fato:

- Concretamente, em que nível de luz se deve ajustar
- Existe um modo de aumentar a luz reduzindo a conta de energia elétrica
- Como definir o ajuste da densidade de plantas em função do volume de colheita
- Como chegar ao equilíbrio entre o rigor do controle de temperatura e o custo

— perguntas desse tipo aparecem. Para elevar a rentabilidade, é preciso resolver perguntas como essas ajustando-as à situação da sua própria fazenda vertical.

Os pontos de discussão efetivos são:

- Projetar o processo de cultivo com detalhe e eliminar desperdícios
- Ajustar com detalhe a composição da solução nutritiva e reduzir o custo com fertilizantes

- Introduzir ferramentas e sistemas que aumentem a eficiência do trabalho
- Construir um canal de venda próprio e vender a um preço mais alto

— e muitos outros, em campos diversos.

Rumo ao próximo passo

Operação de Fazendas Verticais: Guia para Iniciantes foi escrito com o objetivo de consolidar em pouco tempo o conhecimento básico como gestor de fazenda vertical, selecionando rigorosamente os pontos-chave.

Como próximo passo, existe um outro livro que reúne em um único volume o know-how focado em rentabilidade.

172 dicas para elevar a rentabilidade de fazendas verticais — know-how afinado no campo por mais de 10 anos — https://pfboost.com/pt/profitability-of-plant-factories/

Posfácio

Até aqui, passamos em revista o básico da fazenda vertical. Quem chegou ao final da leitura já não é mais iniciante.

A «prática» que vem depois do conhecimento básico

Ainda assim, o conhecimento de *Operação de Fazendas Verticais: Guia para Iniciantes* não passa de um ponto de partida. Só com ele, não é suficiente para conduzir uma fazenda vertical ao sucesso.

- Aproveitar o conhecimento sobre controle de temperatura para descobrir o ajuste de temperatura ideal de cada cultura
- Aproveitar o conhecimento sobre manejo da solução nutritiva para melhorar a formulação do fertilizante e conciliar redução de custos com aumento de qualidade
- Aproveitar o conhecimento sobre plano de higienização para construir um sistema rigoroso de plano de higienização

Apropriar-se do conhecimento por meio da prática, assim, é o caminho mais curto para o crescimento.

Rumo a novos avanços

Mesmo depois de ler *Operação de Fazendas Verticais: Guia para Iniciantes*, devem restar muitos pontos que não ficaram claros. Como o livro se limita a conteúdos de caráter básico, praticamente não entra em como, concretamente, fazer o campo andar.

O que se liga diretamente à receita é a parte do know-how prático, que vem depois do básico.

Se você quer aprender um know-how mais prático, ou saber concretamente o que fazer para aumentar a receita, visite o meu site.

Diz-se, em alguns círculos, que a fazenda vertical «não dá dinheiro», mas acredito que, dependendo do modo de fazer, ainda há margem para melhoria. Vi muitas vezes, no campo, pequenas melhorias levarem a grandes resultados.

https://pfboost.com/pt/