

Uso de hidroponia em cereais de inverno

Foto: Paulo Kurtz



Marcio Voss¹, Pedro L. Scheeren¹, Juarês Fassini¹



Introdução

O cultivo de plantas em solução nutritiva, sem o uso de solo, é chamado de hidroponia. Esse sistema aproveita as diversas vantagens próprias do ambiente de casa de vegetação com o uso de solução nutritiva. Na casa de vegetação, pode-se controlar temperatura, luz e umidade do ar, e diminuir a incidência de grande parte de insetos e evitar o molhamento de folhas. O suprimento de nutrientes em solução torna-os prontamente disponíveis e a proporção entre eles pode ser ajustada para atender a demanda de estádios específicos de crescimento da planta. Além disso, pode-se controlar a disponibilidade de ar para as raízes, e a incidência de doenças é geralmente menor do que em cultivos em solo. Hortaliças e flores, principalmente as de ciclo curto, estão entre as plantas mais cultivadas nesse sistema, especialmente em razão do elevado valor comercial (Furlani et al. 1999). Já para culturas produtoras de grãos, o cultivo hidropônico comercial é de pouco interesse. Por isso, as indicações para essas culturas são escassas.

O objetivo do presente trabalho é apresentar a composição da solução nutritiva e o manejo do cultivo hidropônico de cereais de inverno, com ênfase em trigo, tal como é atualmente realizado no Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Embrapa Trigo), para avanço rápido de geração de cereais de inverno, como alternativa ao uso de solo, em casa de vegetação.

¹ Embrapa Trigo. Caixa Postal 451, CEP 99001-970 - Passo Fundo, RS. E-mail: marciiov@cnpt.embrapa.br

Solução nutritiva

Os aspectos mais importantes no sistema hidropônico são a composição e o manejo da solução nutritiva, que determinam a disponibilidade de nutrientes e o suprimento de oxigênio para as plantas. Na Embrapa Trigo emprega-se solução derivada de uma originalmente estabelecida na Universidade Estadual de Utah (USU) para trigo (Bugbee, 2003). Por sua vez, a solução da USU foi baseada na conhecida solução de Arnon e Hoagland, desenvolvida para tomate (apud Benton Jones, 1997).

Composição das soluções nutritivas da Universidade Estadual de UTAH e de Arnon e Hoagland

As diferenças entre a solução da USU e a de Arnon e Hoagland são apresentadas na Tabela 1. De modo geral, a solução da USU é mais diluída, além de conter concentrações diferenciadas para três períodos de crescimento de plantas.

Tabela 1. Comparação da solução nutritiva de Arnon e Hoagland com a solução nutritiva da Universidade Estadual de Utah (Bugbee, 2003).

USU				
Nutriente	Arnon e Hoagland	Fase vegetativa inicial ¹	Fase vegetativa tardia ²	Enchimento de grãos ³
Macronutrientes (milimolar)				
N	7,5	3,0	6,0	3,0
P	0,5	0,5	0,5	0,5
K	3,0	1,5	4,5	2,5
Ca	2,0	1,0	1,0	0,5
Mg	1,0	0,5	0,3	0,3
S	1,0	0,5	0,3	0,3
Micronutrientes (micromolar)				
Fe	44,6	10,0	2,5	2,5
Fe-EDTA	0,0	25,0	5,0	5,0
Mn	4,5	3,0	6,0	3,0
B	23,0	2,0	1,0	0,2
Zn	0,4	3,0	1,0	1,0
Cu	0,15	0,3	0,3	0,2
Mo	0,05	0,09	0,03	0,03
Cl	9,0	6,0	12,0	6,0
Si	0,0	100,0	100,0	0,0

¹ A fase vegetativa inicial compreende o crescimento vegetativo, em que a planta apresenta somente folhas e raízes.

² A fase vegetativa tardia (pré-antese) compreende o período durante o qual a planta apresenta colmo e folhas.

³ Na fase reprodutiva as plantas apresentam crescimento mínimo de folhas e os nutrientes são remobilizados e translocados para os grãos.

A seguir, são apresentadas algumas considerações sobre as diferenças no teor de nutrientes da solução da USU em relação à de Arnon & Hoagland, segundo Bugbee (2003):

- Menor quantidade inicial de nitrogênio na solução da USU, incrementada posteriormente com ácido nítrico, usado para a correção do pH da solução em substituição ao ácido clorídrico.
- Menor concentração inicial de potássio na solução da USU.
- Menor concentração de cálcio na solução da USU, tendo em vista que, em geral, gramíneas tem menor necessidade de Ca do que dicotiledôneas.
- Menor quantidade de magnésio e de enxofre na solução da USU, pois há menor exigência de Mg e de S para gramíneas do que para dicotiledônias.
- Menor quantidade de ferro, porque o uso de quelantes modernos permite maior manutenção de Fe em solução, exigindo menor adição total de Fe.
- Menor quantidade de boro, que é exigido em menor quantidade por gramíneas do que por dicotiledôneas.
- Maior quantidade de zinco e cobre na solução da USU, considerando que Zn e Cu eram contaminantes generalizados nos reagentes e recipientes antigos, o que permitiu a Arnon e Hoagland desenvolverem a solução com menor quantidade desses nutrientes.
- Inclusão de silício: A USU incluiu em sua solução hidropônica o Si, considerando sua importância na proteção de plantas contra insetos, doenças e metais tóxicos.

A solução mais diluída da USU permite o cultivo de plantas sem necessidade de descarte de solução, por não acarretar acúmulo de nutrientes ao longo do tempo, diminuindo o risco de atingir níveis tóxicos de nutrientes. A reposição da solução da USU é efetuada pelo volume de consumo determinado pela evapotranspiração da água do sistema.

Composição da solução nutritiva da Embrapa Trigo para avanço de gerações de cereais de inverno

Na Embrapa Trigo modificou-se a solução nutritiva da USU, pois o crescimento vegetativo de trigo, de cevada e de aveia com a solução original foi maior do que o adequado para o objetivo de avançar gerações de plantas provenientes de cruzamentos. Cada geração pode ser obtida com uma ou mais sementes. Além disso, a formação de muita biomassa aumenta o auto-sombreamento e o acamamento, que é freqüente em casa de vegetação, em razão do maior estiolamento e por menor apoio lateral da raiz da planta do que no cultivo a campo. Em cevada, os problemas com acamamento podem ser maiores do que em trigo.

Além disso, na fase inicial do desenvolvimento da cultura, observou-se excesso de fósforo, ocasionando deficiência de ferro, e folhas com o ápice seco, aparentando concentração elevada de nutrientes (Fig. 1).

Foto: Paulo Kurtz



Figura 1. Folhas de trigo apresentando o ápice seco.

A seguir são listadas as alterações promovidas na solução da USU para a finalidade de avanço de gerações do programa de melhoramento de trigo na Embrapa Trigo:

a) Macronutrientes (Tabela 2):

- 1) Redução para apenas dois tipos de solução, ao invés de três definidas na USU, com aplicação da metade da concentração de macronutrientes no transplante do cereal de inverno, e dose cheia durante as reposições.
- 2) Correção de pH com ácido clorídrico, ao invés do ácido nítrico empregado na solução da USU.
- 3) Adição de parte do nitrogênio como amônio, para diminuir a velocidade de alcalinização da solução. Na solução da USU, todo o N é fornecido na forma de nitrato.
- 4) O fornecimento de fósforo foi reduzido a um quarto da dose em relação à solução da USU, na fase inicial, e à metade, na solução de reposição.

Observação: O elemento com maior diminuição da quantidade total foi o N, em consequência das alterações 1 e 2.

Tabela 2. Reagentes para suprimento de macronutrientes usados em hidroponia de cereais de inverno, na Embrapa Trigo.

Reagente ¹	Inicial g/100 L	Reposição ² g/100 L
Ca(NO ₃) ₂ .4 H ₂ O	10,40	20,80
KNO ₃	5,20	10,40
MgSO ₄ . 7 H ₂ O	6,70	13,40
KH ₂ PO ₄	1,70	3,40
(NH ₄) ₂ SO ₄	1,00	2,00

¹ Produto comercial.

² Reposição: A solução nutritiva consumida por evapotranspiração é repostada por igual volume de nova solução.

b) Micronutrientes (Tabela 3):

- 1) Substituiu-se o nitrato de ferro por Fe-EDTA.
- 2) Aumentou-se a quantidade de boro, para diminuir a ocorrência de esterilidade do pólen.
- 3) Empregou-se a mesma concentração de nutrientes indicada na solução da USU para a fase vegetativa e florescimento, seguida por metade desta, na fase de enchimento de grãos.

Tabela 3. Reagentes para suprimento de micronutrientes utilizados em hidroponia de cereais de inverno, na Embrapa Trigo.

Reagente	Solução estoque g/100 ml	Inicial (mL da solução estoque) mL/100 L	Reposição (mL da solução estoque) mL/100 L
FeEDTA	4,21	30	15
ZnSO ₄	0,32	20	10
H ₃ BO ₃	0,12	20	10
CuSO ₄	0,50	5	2,5
Na ₂ Mo 4	0,015	15	7,5
MnSO ₄ .H ₂ O	1,01	5	2,5

Manejo do sistema hidropônico

Manejo da solução nutritiva

Aeração

Normalmente, no sistema hidropônico, adota-se recirculação da solução nutritiva. Esse sistema adiciona ar à solução pelo retorno do líquido a uma caixa comum, com o emprego de motobomba (Fig. 2). O rebaixamento do nível da solução nutritiva, que ocorre cada vez que a bomba é acionada, também proporciona maior aeração para as raízes. A reposição de solução nutritiva consumida e o controle do pH é fácil, porque é executado em um único depósito de solução.

Na Embrapa Trigo, usou-se esse sistema de recirculação, mas atualmente, emprega-se o sistema de piscina, em calhas de amianto de 3,0 m de comprimento x 0,4 m de largura superior x 0,20 m de largura inferior x 0,15 m de altura. Diferentemente do que no sistema anterior, no sistema de piscina a solução nutritiva não circula e a aeração é feita com ar comprimido, através de mangueiras que injetam ar em seis pontos de cada calha (Fig. 3). Como vantagens da piscina destacam-se a simplicidade da estrutura, dispensando rede especial de instalação hidráulica, a menor disseminação de algumas doenças radiculares de uma calha para outra e a possibilidade de condução de plantas em época de plantio diferentes, com suas demandas próprias de solução nutritiva.

Fotos: Paulo Kurtz

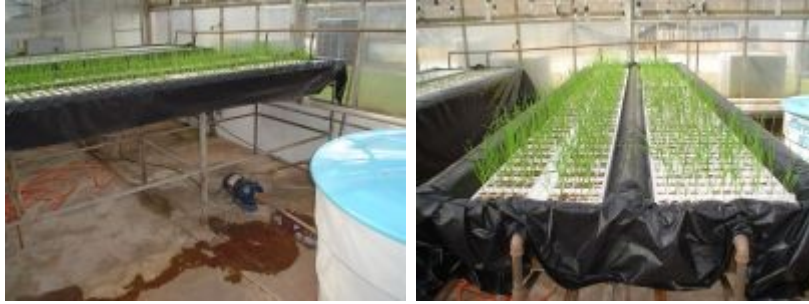


Figura 2. Sistema de aeração por recirculação da solução nutritiva.

Foto: Paulo Kurtz



Figura 3. Sistema de piscina, com aeração da solução por injeção de ar comprimido.

No entanto, o sistema de piscina demanda mais mão-de-obra, porque tanto a reposição da solução nutritiva, como o controle do pH, devem ser executados em cada calha.

Controle de pH

O pH controla a disponibilidade dos nutrientes. Acidez ou alcalinidade diminuem a atividade de determinados elementos na solução. O pH em que a disponibilidade dos nutrientes é otimizada, em solução nutritiva, situa-se entre 5,5 e 5,8. A manutenção do pH é feita duas ou mais vezes por semana, pela aplicação de ácido clorídrico 0,5 Normal (Fig. 4). Procura-se evitar valores de pH menor do que 5 ou maior do que 7. Raramente há necessidade de se usar hidróxido de sódio para controle de pH, porque o aumento de pH ocorre normalmente com a absorção dos nutrientes da solução.

Foto: Paulo Kurtz



Figura 4. Controle de pH da solução nutritiva.

Condutividade elétrica

A condutividade elétrica da solução favorável ao desenvolvimento de trigo pode atingir 1,2 deciSiemens/m. Na Embrapa Trigo, com as modificações introduzidas na solução, a condutividade usual mantém-se abaixo de 1 deciSiemens/m, não necessitando o monitoramento e dispensando o uso de condutivímetro.

Condições do ambiente

Umidade relativa

A umidade relativa do ar deve situar-se entre 60 e 70%. Em caso de rebaixamento da umidade do ar, monitorada em termo-higrógrafo, asperge-se água no piso da casa de vegetação.

Iluminação

Para acelerar o ciclo das plantas, a iluminação solar é complementada à noite ou em dias de muita nebulosidade (Fig. 5). Um conjunto de lâmpadas é ativado automaticamente, a partir das 23 horas, proporcionando um fotoperíodo de 19 a 20 horas.

Foto: Paulo Kurtz

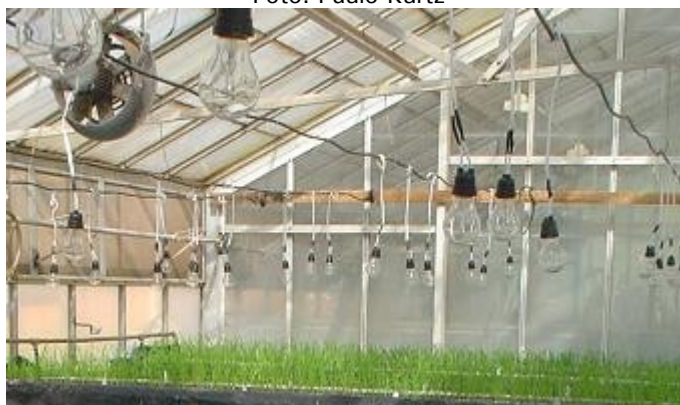


Figura 5. Iluminação complementar

Temperatura do ar

Mantêm-se a temperatura do ar entre 22 a 28 graus Celsius, na casa de vegetação, através de controle automático de ventiladores, aquecedores (Fig. 6) e abertura da cumeeira.

Foto: Paulo Kurtz



Figura 6. Temporizadores para iluminação e circulação de ar na solução nutritiva, e caixa de controle de ventilador e aquecedor.

Estabelecimento e manejo da cultura

Preparo de sementes e plantio

As sementes devem ser imersas em água sanitária (cerca de 2% de hipoclorito de sódio) por 3 a 4 minutos, seguido de 5 lavagens com água. Colocadas em papel germiteste, as sementes devem ser mantidas em germinadores por 3 a 4 dias a 20 graus Celsius. O transplante deve ser feito em bandejas de poliestireno, apropriadas para sementeiras. As plântulas devem ser colocadas individualmente em cada célula da bandeja, recobrimdo as raízes com vermiculita (Fig. 7 a). Por algum tempo praticou-se também o transplante sem adição de vermiculita, colocando-se cordões de borracha nas linhas de orifícios, para evitar que as plântulas descessem na solução (Fig. 7 b).

Fotos: Paulo Kurtz

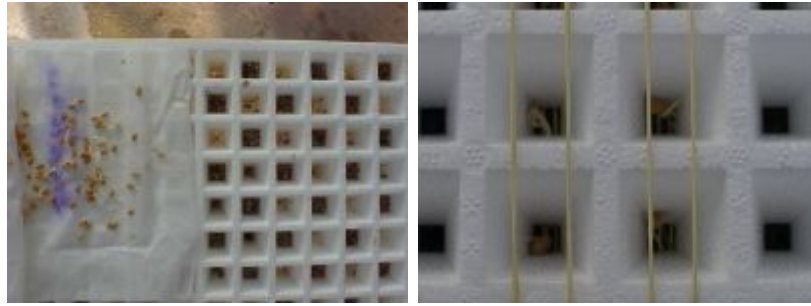


Figura 7 a e 7 b. Colocação de sementes pré-germinadas nos alvéolos das bandejas.

Densidade de plantas

O número de plântulas por bandeja deve ser ajustado de modo a minimizar o auto-sombreamento. Atualmente, usa-se cerca de 70 a 100 plantas por bandeja de 33x66 cm.

Uma das dificuldades em definir uma população ótima reside nas diferenças em ciclo e porte das plantas nas primeiras gerações. Para diminuir os efeitos do auto-sombreamento e, principalmente, do acamamento, é necessário tutorar as plantas. Inicialmente, foram usados suportes de madeira e barbante, abrangendo toda a calha. Atualmente, utiliza-se grades de alumínio com fios de náilon dispostos em forma de rede, individualizadas por bandeja (Fig. 8). Essas grades são inicialmente deixadas sobre as bandejas, elevando-as paulatinamente à medida em que as plantas crescem, por meio de guias de arame colocados na lateral das calhas. O desbaste de plantas e o uso de redutores de crescimento foi descartado, por aumentar o ciclo de crescimento das plantas.

Fotos: Paulo Kurtz



Figura 8. Suportes para evitar acamamento de plantas.

Manejo de doenças e pragas

Como consequência da ausência de molhamento da parte aérea das plantas, baixa umidade relativa do ar e não uso de solo, a hidroponia oferece poucas condições de desenvolvimento de fitopatógenos. Apenas *Pithium* ocorreu em uma ocasião, causando perdas importantes (Fig. 9). Nesse caso, aplicou-se metalaxil na solução nutritiva e houve controle com 15 gramas por 100 litros de solução. *Pithium* pode ser evitado mantendo-se limpas as instalações com hidroponia. Eventualmente, o fungo pode ser prevenido com o tratamento de sementes, que é mais prático e econômico.

Foto: Paulo Kurtz

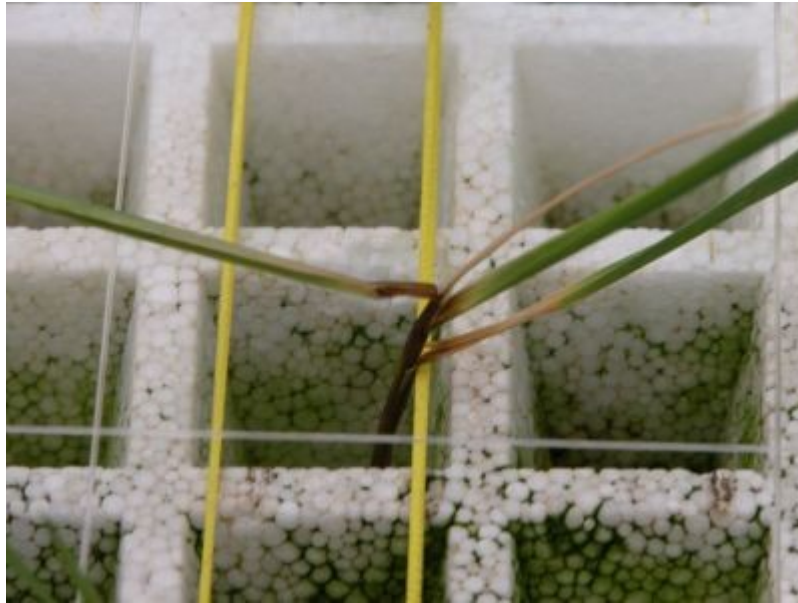


Figura 9. Ocorrência de *Pithium* em trigo.

O inseto que tem ocorrido nas condições de casa de vegetação da Embrapa Trigo é uma espécie de trips, que, quando ocorre, tem exigido aplicações semanais de inseticidas, alternando lambdacialotrina, monocrotofós e bifentrina.

A ocorrência de algas não tem atingido níveis prejudiciais. Cuidados para diminuir a incidência de luz, de materiais orgânicos e de poeira na solução desfavorecem o desenvolvimento desse microrganismo.

Considerações finais

Embora diversas melhorias ainda devam ser implementadas, para tornar o uso da hidroponia mais eficiente para o cultivo de cereais de inverno, o sistema tem se mostrado útil para o avanço de gerações nos programas de melhoramento de cereais de inverno da Embrapa Trigo (Fig. 10).

Foto: Paulo Kurtz

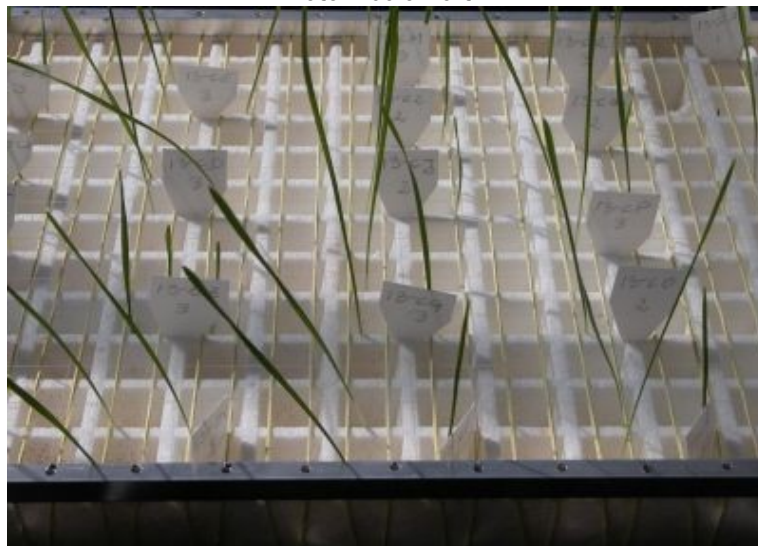


Figura 10. Avanço de gerações de genótipos de trigo em hidroponia.

A hidroponia mantém o crescimento acelerado das plantas, obtido pelo controle de temperatura e incremento do fotoperíodo, que reduzem o ciclo para cerca de 70 dias em casa de vegetação e traz diversas vantagens sobre o uso de solo.

Visando simplificar o processo, estão sendo testadas solução nutritiva comercial e rocha moída como substrato (Fig. 11). O emprego da primeira, além de reduzir a quantidade de pesagens dos compostos, proporciona menor oscilação de pH no sistema de piscina. Já com o emprego de rocha moída (granilha) como substrato, elimina-se a necessidade de aeração e o monitoramento do pH da solução, cuidando-se apenas do pH inicial, no tanque. Para mostrar o uso da hidroponia para cereais de inverno foi desenvolvido um vídeo, que se encontra disponível na Embrapa Trigo para interessados nessa técnica.

Foto: Marcio Voss



Figura 11. Uso de granilha com aplicação de solução nutritiva para trigo.

Agradecimentos

À equipe da casa de apoio, responsável pelo estabelecimento da infraestrutura atual de hidroponia na Embrapa Trigo e a Ciro Rosa, Dirceu Rebechi e Marcos Copetti pela condução de plantas e melhorias no sistema.

A Edson J. Iorczeski, Egídio Sbrissa, Euclides Minella, Márcia S. Chaves, Marcio S. Silva, e Sírío Wiethölter, pelo apoio.

A Paulo Kurtz pela obtenção de imagens.

Referências Bibliográficas

BUGBEE, B. **Nutrient management in recirculating hydroponic culture**. In: SOUTH PACIFIC SOIL-LESS CULTURE CONFERENCE, 2003, Nova Zelandia. Disponível em: <http://www.usu.edu/cpl/research_hydroponics3.htm>. Acesso em: 04 novembro 2003.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZ, D.; FAQUIR, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999. 52 p. (IAC. Boletim Técnico, 180).

BENTON JONES JR., J. **Hydroponics: a practical guide for the soilless grower**. Boca Raton: St. Lucie Press, 1997. 275 p.



**Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento**



Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: **Leandro Vargas**

Ana Lúcia V. Bonato, José A. Portella, Leila M. Costamilan, Márcia S. Chaves, Maria Imaculada P. M. Lima, Paulo Roberto V. da S. Pereira, Rainoldo A. Kochhann, Rita Maria A. de Moraes

Expediente

Referências bibliográficas: Maria Regina Martins

Editoração eletrônica: Márcia Barrocas Moreira Pimentel

VOSS, M.; SCHEEREN, P. L.; FASSINI, J. **Uso de hidroponia em cereais de inverno**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 24 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 70). Disponível em:
http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do70.htm