

ÁGUA TRATADA MAGNETICAMENTE ESTIMULA A GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE *Solanum lycopersicum* L.

Jorge González Aguilera^{1*}, Roberqui Martín Martín²

RESUMO – Produção de tomate nos últimos anos tem sido favorecida por inovadores sistemas de produção intensiva, incluindo o destaque da produção em casas de cultivo protegido. Na atualidade, nestes sistemas é necessário encontrar soluções que permitam eliminar o uso de fertilizantes inorgânicos, bem como medidas para promover a produção de hortaliças orgânicas de baixos insumos. Neste estudo avaliamos o efeito da irrigação com água tratada magneticamente no processo de germinação de sementes e desenvolvimento de mudas de tomate do híbrido FA-516 em condições de cultivo protegido. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado empregando dois tratamentos: irrigação com água comum (AC) e com água tratada magneticamente (AT) com três repetições de 20 plantas cada. O tratamento magnético à água de irrigação foi realizado ao empregar um magnetizador de 1200 Gauss de indução magnética. Foi avaliada a porcentagem de germinação (PG), altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF) emergidas por planta. O análises dos dados coletados neste estudo sugerem os efeitos positivos da AT ao observar diferenças significativas ($P < 0,05$) para o tratamento magnético comparado ao grupo controle sem tratamento (AC). Em geral o tratamento magnético à água de irrigação resultou em uma aceleração da PG 36% a mais, estimulação da AP em um 97% a mais, 12% a mais para o DC e 5% para o NF verdadeiras, permitindo uma economia de tempo. Os resultados deste estudo comprovam uma estimulação significativa do crescimento na face de germinação e desenvolvimento de mudas, como consequência do tratamento magnético da água de irrigação. O emprego deste tratamento em condições de campo poderá confirmar os efeitos benéficos sobre o rendimento e a produtividade das culturas e da otimização do uso da água de irrigação.

Palavras chave: *Lycopersicum*, sementes, magnetismo, cultivo protegido.

MAGNETICALLY TREATED WATER STIMULATED OF GERMINATION AND DEVELOPMENT OF *Solanum lycopersicum* L. SEEDLINGS

ABSTRACT – Tomato production in recent years has been favored by innovators in intensive production systems, including the highlight of the production houses of protected cultivation. Currently, these systems need to find solutions to eliminate the use of inorganic fertilizers, as well as measures to promote the production of organic vegetables and low inputs. In this study we evaluated the effect of irrigation with magnetically treated water in the process of seed germination and development of tomato seedlings of the hybrid FA-516 in greenhouse conditions. The experiment was conducted in completely randomized design employing two treatments: irrigated with normal water (AC) and magnetically treated water (AT), with three replications of 20 plants each. The magnetic treatment of water irrigation was performed by employing a magnetizer of 1200 Gauss magnetic induction. We evaluated the germination percentage (PG), plant height (AP), stem diameter (DC) and number of emerged leaves (NF) per plant. The analysis of data collected in this study suggest the positive effects of magnetically treated water, observing significant differences ($P < 0.05$) for the magnetic treatment compared to untreated control group. In general, the magnetic treatment to irrigation water resulted in an acceleration of PG with 36% more, stimulation of AP with 97% more, 12% more to

¹ Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA), Santiago de Cuba, Cuba. *Endereço Atual: Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, Brasil E-mail: j51173@yahoo.com

² Instituto Nacional de Ciencias Agropecuarias (INCA), San José de las Lajas, La Habana, Cuba. E-mail: rmartin@inca.edu.cu



DC and 5% for the NF, stem in addition to saving time and increasing efficiency. The results of this study shows a significant growth stimulation in the face of germination and seedling development as a result of magnetic treatment of irrigation water. The use of this treatment in field conditions can confirm the beneficial effects on performance and productivity of crops and optimizing the use of irrigation water.

Keywords: *Lycopersicum, seeds, magnetism, protected cultivation.*

1. INTRODUÇÃO

Na produção de hortaliças é necessário ter critérios e técnicas mais avançadas, assim como, fazer uso de tecnologias inovadoras que promovam uma maior produção com menor utilização de recursos e insumos, não somente pelo desenvolvimento agrícola alcançado nos últimos anos mais também pelo importante lugar da produção e consumo de alimentos a nível mundial (Prohens & Nuez, 2008).

A produção de hortaliças e de tomate em particular é um dos setores produtivos que tem tido um caráter mais intensivo. Em Cuba, de acordo com a FAO em 2013, a produção de tomate ultrapassou 678 mil toneladas por ano, o que mostra o aumento da produção que tem crescido nos últimos 5 anos (FAOSTAT, 2013). Se comparada a produção com países como o Brasil que em 2013 se manteve como oitavo produtor a nível mundial, com uma safra de 4 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2013) a produção que atualmente é realizada em Cuba poderia ser considerada de subsistência pela área plantada e os rendimentos obtidos, principalmente pelo baixo nível tecnológico das lavouras.

Hoje em dia é vital encontrar soluções agro-produtivas que ajudem a substituir os métodos tradicionais e, principalmente, ajudar a incrementar os rendimentos com o mínimo dispêndio dos recursos (Moya et al., 2009; De la Fé et al., 2010). Um desses caminhos é a implementação de campos magnéticos no tratamento à água empregada na irrigação, com resultados positivos no crescimento e desenvolvimento de muitas culturas como *Capsicum annum* L. (Nimmi & Madhu, 2009), *Glycine max* L. e *Zea mays* L. (Kataria et al., 2015).

O magnetismo é amplamente utilizado no campo da Física, Medicina, Indústria e Comércio, e têm efeitos notáveis sobre os metais conhecidos há séculos, porém, no caso de organismos vivos suas influências são uma descoberta mais recente que ainda não foi totalmente desenvolvida ou disseminada. A aplicação do eletromagnetismo envolve uma série de condições

experimentais que vão desde as diferentes formas de tempo de aplicação e exposição, o nível de indução eletromagnética, as frequências, as intensidades e os tipos de campos eletromagnéticos, porém é necessário estabelecer espaços para trabalhos mais específicos na área (Maheshwari & Grewal, 2009).

Neste estudo o objetivo foi avaliar a influência da água tratada magneticamente aplicada mediante irrigação sob a germinação e desenvolvimento de mudas de tomate do híbrido FA-516 em condições controladas de casa de vegetação.

2. MATERIALE MÉTODOS

O trabalho experimental foi conduzido em condições de cultivo protegido “Chalón”, localizado no Km 6½ Carretera Central, Santiago de Cuba e no Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA), pertencente à Universidad de Oriente (UO). Foi empregado um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições contendo 20 plantas cada uma totalizando 60 plantas avaliadas por tratamentos. Os tratamentos avaliados consistiram em irrigação com água comum (AN) e outro com irrigação de água comum tratada magneticamente (AT).

Sementes de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) do híbrido israelense FA-516 de crescimento indeterminado foram usadas. O plantio foi realizado em bandejas de isopor com capacidade de 203 alvéolos, preenchidos com uma mistura de turfa, zeólita e matéria orgânica na proporção de 01:01:01, depositando uma semente por célula. Após o plantio, as bandejas foram irrigadas segundo o tratamento correspondente, e mantidas em câmara escura durante dois dias para garantir a manutenção da humidade, sendo posteriormente transferidas para casa de vegetação, onde permaneceram até o final do experimento. Foram empregadas três bandejas para cada tratamento, onde as plantas da parte central da bandeja foram utilizadas para realizar as avaliações, totalizando as 60 plantas amostradas por tratamento.



A casa de vegetação (casa de produção de mudas) onde foram conduzidos os experimentos mantinha temperaturas que oscilaram entre 37 - 42 °C e sistema de irrigação por microaspersores com emissores distribuídos no espaçamento de 30 cm. A irrigação para os dois tratamentos foi realizada com uma duração de 20 minutos e uma frequência de duas vezes por dia, de acordo com exigências de culturas para esta fase de desenvolvimento. Para a realização do tratamento à água de irrigação foi empregado um magnetizador de ímãs permanentes de campo constante homogêneo com uma indução magnética de 1200 Gauss. O magnetizador empregado foi avaliado no departamento de caracterizações magnéticas do Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA), Universidad de Oriente. O dispositivo contém dois ímãs, e o arranjo de seus pólos norte e sul e a direção do campo magnético gerado é ilustrado na Figura 1. O magnetizador foi colocado na mangueira que conduzia a água ate as bancadas onde ficavam as bandejas, sendo colocado somente numa seção da área total da casa de vegetação.

O experimento foi conduzido durante 30 dias após o plantio (DAP). A germinação nos primeiros 12 dias após a sementeira das sementes foi avaliada, levando em conta o número de sementes germinadas por dia e a porcentagem de germinação (PG) total para ambos os tratamentos.

A partir do início da germinação foram realizadas três observações feitas em intervalos de oito dias, avaliando em cada observação a altura da planta (AP)

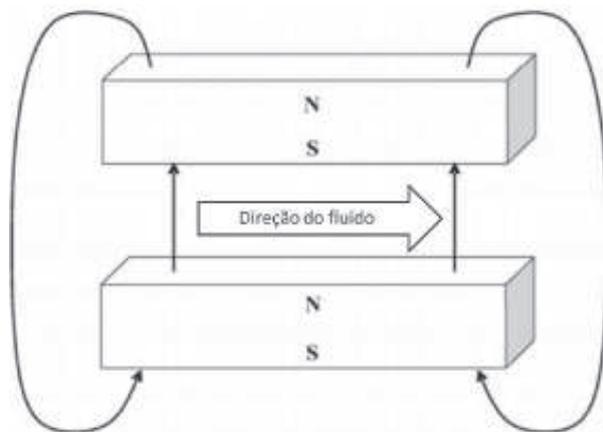


Figura 1- Esquema do campo magnético e a direção do fluido durante o tratamento magnético adaptado de Basant & Grewal (2009).

em cm (altura da base do caule até o ápice da planta), diâmetro do caule (DC) em mm (realizada a 1 cm abaixo do primeiro par de folhas) e o número de folhas (NF) verdadeiras emitidas (quantidade de folhas que foram emitidos no intervalo entre uma avaliação e outra).

Para o processamento dos dados, usou-se o programa Statistical Program for Social Sciences (SPSS, v. 11.5) para Windows. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 1 % de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o plantio das sementes e a irrigação com ambos tratamentos foram quantificadas variações significativas nas características avaliadas. Os resultados comprovam o efeito positivo da aplicação do tratamento magnético à água de irrigação na fase de produção de mudas de tomate. Os efeitos no PG do híbrido avaliado nos primeiros 12 dias após o plantio (DAP) são apresentados na Tabela 1. A germinação das sementes foi considerada quando as folhas cotiledôneas apareceram pela primeira vez, realizando a contagem do número de plantas germinadas em relação ao número inicialmente semeado (203 sementes por bandeja).

Um avanço significativo da germinação foi observado em plantas irrigadas com AT em comparação com o outro tratamento (AC), com 67% das plantas inicialmente plantadas já germinadas aos cinco dias após o plantio, enquanto para o controle somente dois dias após terem iniciado a germinação do tratamento AT foi que se iniciou a germinação com 54,19%. As sementes (dependendo da espécie) quando submetidas a campos magnéticos, em geral, crescem mais rápido e ao mesmo tempo a germinação é estimulada em mais de 1% (Male, 1992), além de manifestarem um crescimento mais vigoroso do que aquelas sementes que receberam água de irrigação normal. Os mecanismos ainda não estão bem descritos, mas várias teorias têm sido propostas, incluindo alterações bioquímicas ou atividades enzimáticas alteradas, segundo Phirke et al. (1996).

Como esperado, o tratamento AT estimulou a germinação, causando uma melhor e mais rápida germinação das sementes, promovendo mais rapidamente os processos metabólicos que ocorrem no interior das sementes como descrito por Male (1992) e Maheshwari & Grewal (2009). A germinação das sementes de tomate foi rapidamente influenciada (cinco dias) pela a água



tratada magneticamente em comparação com o controle (Tabela 1).

Para quantificar o efeito dos tratamentos no desenvolvimento posterior das mudas após a germinação, foram realizadas três avaliações em intervalos de oito dias a partir do oitavo dia após o início da geminação, sendo avaliadas as variáveis AP, DC e NF verdadeiras, como características que expressam as qualidades das mudas no momento de serem levadas a campo, e exercem importante papel no desempenho posterior das mudas no campo.

Ao analisarmos a Tabela 2, observou-se diferenças significativas em geral para as duas variáveis avaliadas, diferenças altamente significativas ($P < 0,01$) para a AP e diferenças significativas ($P < 0,05$) para o DC, demonstrando o efeito benéfico da irrigação com AT para esta cultura, nesta fase avaliada.

A estimulação que promove o tratamento magnético nas mudas de tomate permite que as plantas tenham uma melhor disponibilidade de nutrientes a partir do substrato empregado, contribuindo assim para uma maior capacidade de desenvolvimento das plantas em menos tempo e com a mesma quantidade de nutrientes no substrato, porém, com aumento da disponibilidade dos nutrientes verificado em outros estudos já descritos na literatura (Maheshwari & Grewal, 2009; Nimmi &

Madhu, 2009). Estes resultados apresentados na Tabela 2 podem ser justificados também pela maior absorção de alguns nitratos. Os nitratos são a principal forma de absorção de nitrogênio, um elemento de grande importância para o crescimento da planta. Este elemento tem sido estudado por Morán & Rodríguez (2004) ao quantificar a sua solubilidade baixo ação de campos magnéticos sendo observada alterações estimuladas pelos campos magnéticos dependendo das condições de tratamento. Os autores propõem que o mecanismo que explica estes efeitos está baseado numa possível troca na hidratação dos íons, e no incremento da constante dielétrica, da água após a ativação magnética.

Para a segunda e terceira observação feitas aos 16 (Tabela 3) e 24 (Tabela 4) DAP respectivamente, após a germinação, vemos um comportamento semelhante ao obtido após oito dias de germinação das plantas (Tabela 2), onde, além das duas variáveis avaliadas inicialmente (AP e DC) foi avaliado o número de folhas (NF) verdadeiras emitido pelas plantas, mostrando diferenças significativas a favor do tratamento magnético. Não entanto, somente na terceira observação o teste estatístico não acusou diferenças significativas para o número de folhas verdadeiras, embora o valor médio dessa variável seja superior para as mudas que receberam a irrigação com AT.

Tabela 1 - Comportamento da porcentagem de germinação (PG) de sementes de tomate FA-516 irrigadas com água tratada magneticamente em condições de casa de vegetação

Tratamentos*	Dias após o plantio (DAP)								NSG ^a	PG (%)
	5 ^{to}	6 ^{to}	7 ^{mo}	8 ^{vo}	9 ^{no}	10 ^{mo}	11 ^{no}	12 ^{mo}		
AT	136	14	11	11	13	7	6	-	198	97.5
AC	-	-	110	8	5	7	-	-	130	61.4

* AT: água tratada magneticamente; AC: água controle sem tratamento magnético; ^a Número de sementes germinadas.

Tabela 2 - Avaliação da altura (AP) e diâmetro do caule (DC) em mudas de tomateiro aos oito dias após iniciado o processo de germinação, conduzidas baixo a influência de irrigação com água tratada magneticamente (AT) e água sem tratamento (AC)

Tratamentos	AP (cm)		DC (mm)	
	Media ¹	Variância	Media	Variância
AT	4.26	0.13528	1.04	0.12783
AC	2.79	0.11343	0.88	0.17253
Significação	***	**		

¹: valores correspondem a média de 60 observações; ** e *** diferencias significativas pelo teste F para 0,05 y 0,01 % de probabilidade, respectivamente.



Tabela 3 - Avaliação da altura (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF) verdadeiras em mudas de tomateiro aos 16 dias após iniciado o processo de germinação, conduzidas baixo a influência de irrigação com água tratada magneticamente (AT) e água sem tratamento (AC)

Tratamentos	AP (cm)		DC (mm)		NF (unidade)	
	Media ¹	Variância	Media	Variância	Media	Variância
AT	6.83	0.11435	1.78	0.08449	3.82	0.14808
AC	3.88	0.14353	1.65	0.09351	3.4	0.29744
Significação	***		**		**	

¹: valores correspondem a média de 60 observações; ** e *** diferencias significativas pelo teste F para 0,05 y 0,01 % de probabilidade, respectivamente.

Tabela 4 - Avaliação da altura (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF) verdadeiras em mudas de tomateiro aos 24 dias após iniciado o processo de germinação, conduzidas baixo a influência de irrigação com água tratada magneticamente (AT) e água sem tratamento (AC)

Tratamentos	AP (cm)		DC (mm)		NF (unidade)	
	Media ¹	Variância	Media	Variância	Media	Variância
AT	12.14	0.09023	2.54	0.17545	4.78	0.33269
AC	6.16	0.14446	2.25	0.07704	4.55	0.25385
Significação	***		**		**	

¹: valores correspondem a média de 60 observações; ** e *** diferencias significativas pelo teste F para 0,05 y 0,01 % de probabilidade, respectivamente.

O comportamento das variáveis avaliadas nos dois grupos de plantas mostrou a superioridade dos valores médios em cada observação e a tendência a ser sempre maior no caso das plantas irrigadas com AT. Este comportamento é dado pela variação das propriedades físico-químicas e biológicas que sofre a água após o tratamento magnético (Klassen, 1881; Kochamarsky, 1996), o que promove um aumento da permeabilidade das membranas biológicas de plantas contribuindo para a melhor nutrição das plantas e melhoria da qualidade e quantidade de produção por planta.

Ao interpretar os resultados obtidos nas condições experimentais testadas, é notável observar como um tratamento simples na água de irrigação pode otimizar ou melhorar a absorção de nutrientes pela planta, ainda que não foi quantificado em nosso trabalho. O isolamento ou padronização de outras variáveis que poderiam influenciar a resposta obtida, como por exemplo, a irradiação solar, concentração de dióxido de carbono e temperatura, foi garantido permitindo fazer afirmações relacionadas as diferenças das duas águas empregadas em nosso estudo. A propriedade que adquire à água tratada faz com que culturas dependendo da espécie (De Souza et al., 2006; Grewal & Maheshwari, 2011) e o estágio de desenvolvimento, aumentem a taxa de

assimilação de nutrientes e sejam estimuladas a um maior desenvolvimento em geral, resultando em uma resposta mais produtiva de culturas irrigadas sob estas condições (Florez et al., 2007; Nimmi & Madhu, 2009; Cakmak et al., 2010; Kataria et al., 2015).

Ao considerar os produtores de mudas, resulta de suma importância para eles alcançar máximo desenvolvimento das mudas, bem como maximizar o potencial de germinação para as diferentes culturas que permita evitar perdas e garantir que o maior número de sementes semeadas de origem a uma nova planta e ao mesmo tempo tenham aqueles padrões de qualidade exigidos pelo agricultor sem aumentar muitos os gastos. Nestes sistemas de produção as sementes de híbridos têm dominado grande parte do mercado a nível mundial, geralmente são plantados híbridos importados de alto valor comercial e produção, motivo pelo qual é indispensável conseguir os maiores percentuais de germinação e, assim, oferecer à planta as melhores condições para seu desenvolvimento e assim manifestarem seus máximos padrões produtivos. A partir dos resultados alcançados e outros que já foram obtidos por outros autores, podemos afirmar que o tratamento magnético para água de irrigação é uma alternativa eficaz, capaz de fazer com que sistemas de produção



de mudas alcancem o máximo de produtividade por semente (se pensamos na possibilidade de fazer germinar o maior número de sementes), otimizando os substratos, as sementes, o espaço de bancadas e o tempo necessário desde a germinação até as mudas estarem prontas para o campo com um relativo baixo custo.

4. CONCLUSÕES

Conclui-se que a água tratada magneticamente acelera o processo de germinação de sementes e estimular o desenvolvimento das plantas durante todo o período avaliado. Os resultados mostraram que a irrigação com água magnetizada pode ser utilizada como uma valiosa tecnologia que pode ajudar a melhorar o uso da água de irrigação e melhorar a qualidade de mudas de tomate. O uso desta tecnologia resulta em economia de tempo, aumentando assim a eficiência deste sistema de produção capaz de ser levado até o máximo de produtividade.

5. LITERATURA CITADA

- BASANT, L.M.; GREWAL, H.S. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. **Agricultural Water Management**, v.96, p.1229-1236, 2009.
- CAKMAK, T.; DUMLUPINAR, R.; ERDAL, S. Acceleration of germination and early growth of wheat and bean seedlings grown under various magnetic field and osmotic conditions. **Bioelectromagnetics**, v.31, p.120-129, 2010.
- DE LA FÉ, C.; MOYA, C.; ARZUAGA, J. et al. Coincidencia en la selección participativa de variedades de tomate y la selección por rendimiento en una feria de agrobiodiversidad. **Cultivos Tropicales**, v.31, n.2, p.92-96, 2010.
- DE SOUZA, A.; GARCÍ, D.; SUEIRO, L. et al. Pre-sowing magnetic treatments of tomato seeds increase the growth and yield of plants. **Bioelectromagnetics**, v.27, p.247-257, 2006.
- FAOSTAT (2013). **FAO (Food and Agric Org, Rome) Statistical Database**. Available at <http://www.faostat.fao.org/faostat/>. Accessed April 22, 2013.
- FLOREZ, M.; CARBONELL, M.V.; MARTINEZ, E. Exposure of maize seeds to stationary magnetic fields: Effects on germination and early growth. **Environmental and Experimental Botany**, v.59, p.68-75, 2007.
- GREWAL, H.S.; MAHESHWARI, B.L. Magnetic treatment of irrigation water and snow pea and chickpea seeds enhances early growth and nutrient contents of seedlings. **Bioelectromagnetics**, v.32, p.58-65, 2011.
- KATARIA, S.; BAGHEL, L.; GURUPRASAD, K.N. Acceleration of germination and early growth characteristics of soybean and maize after pre-treatment of seeds with static magnetic field. **International Journal of Tropical Agriculture**, v.33, n.2, p.985-992, 2015.
- KLASSEN, V.I. Magnetic treatment of water in mineral processing. In Part B, Mineral Processing. **Developments in Mineral Processing**. N.Y.: Elsevier, 1981. p.1077-1097.
- KOCHAMARSKY, V. Magnetic treatment of water: Possible mechanisms and conditions for applications. **Magnetic and Electrical Separation**, v.7, p.77-107, 1996.
- MAHESHWARI, B.L.; GREWAL, H.S. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. **Agricultural Water Management**, v.96, p.1229-1236, 2009.
- MALE, J.C. Biological effects of fields: A possible mechanism? **Biologist**, v.39, p.87-89, 1992.
- MORÁN, J.E.M.; RODRÍGUEZ, R.V. Efecto del campo magnético en el agua y algunas propiedades químico-físicas de las soluciones electrolíticas. Una alternativa de amplio uso industrial. **Revista Tecnología Química**, v.16, n.2, p.63-73, 2004.
- MOYA, C.; ARZUAGA, J.; AMAT, I. et al. Evaluación y selección participativa de nuevas líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). **Cultivos Tropicales**, v.30, n.2, p.66-72, 2009.
- NIMMI, V.; MADHU, G. Effect of pre-sowing treatment with permanent magnetic field on germination and growth of chilli (*Capsicum annum* L.). **International Agrophysics**, v.23, p.195-198, 2009.



PHIRKE, P.S.; PATIL, N.N.; UMBARKAR, S.P. et al. The application of magnetic treatment to seeds: Methods and responses. **Seed Science and Technology**, v.24, p.365-373, 1996.

PROHENS, J.; NUEZ, F. **Handbook of plant breeding**, v.2, Vegetables II: Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae, and Umbelliferae. 2008. 365p.

Recebido para publicação em 17/11/2015 e aprovado em 24/02/2016.

