

WPLYW POLA MAGNETYCZNEGO I WODY UZDATNIANEJ
MAGNETYCZNIE NA WYBRANE CECHY MORFOLOGICZNE I SKŁAD
CHEMICZNY SIEWEK SŁONECZNIKA (*HELIANTHUS ANNUUS L.*)

*Arkadiusz Matwiczuk¹, Krzysztof Kornarzyński¹, Stanisław Pietruszewski¹,
Maciej Krupa²*

¹Katedra Fizyki, Uniwersytet Przyrodniczy, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

²Katedra Biofizyki, Instytut Biologii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
ul. Akademicka 19, 20-033 Lublin

e-mail: arkadiusz.matwiczuk@up.lublin.pl

Streszczenie. Przeprowadzono badania wpływu zmiennego pola magnetycznego, wody uzdatnianej magnetycznie oraz połączenia obu tych czynników na masy, wysokość, zawartość Ca i K oraz wszystkich składników mineralnych siewek słonecznika dla ich początkowej fazy wzrostu trwającej 5 dni. Stymulacja magnetyczna nasion odbywała się na stanowisku badawczym dla pola magnetycznego o indukcji 30 mT, o częstotliwości 50 Hz w czasie 15 s i 30 s. Uzdatnianie magnetyczne wody przeprowadzono na stanowisku pomiarowym, gdzie przepływała ona przez teflonową rurkę umieszczoną pomiędzy nabiegownikami elektromagnesu prądu stałego o indukcji 150 mT. Wodę przepuszczano pomiędzy nabiegownikami elektromagnesu 3 razy. Badania przeprowadzono w wazonach wypełnionych ziemią ogrodową, w klimatyzowanej hali vegetacyjnej bez dostępu światła dziennego, stosując jako oświetlenie światło fluorescencyjne i pobierając próbki co pięć dni w okresie 15-dniowym. Uzyskano pozytywny wpływ na masy końcowe i rozmiary roślin dla praktycznie wszystkich czynników stymulujących. Nie zaobserwowano istotnego wpływu czynników stymulujących na zawartość składników mineralnych oraz potasu i wapnia w siewkach.

Słowa kluczowe: stymulacja nasion, pole magnetyczne, woda uzdatniana magnetycznie

WSTĘP

Na kiełkowanie i wzrost roślin mają wpływ czynniki genetyczne i środowiskowe oraz właściwe przygotowanie nasion przed siewem, gdzie stosuje się zaprawy nasienne (Kopcewicz i Lewak 2002, Vasilevski 2003) oraz czynniki fizyczne, do których należą stałe i zmienne pole magnetyczne i elektryczne, promieniowanie jonizujące, mikrofalowe i laserowe. Czynniki te wywierają zwykle pozytywny wpływ na kiełkowanie i wzrost roślin oraz wysokość uzyskiwanych

plonów (Podleśny 2002, Yi-Ping Chena i in. 2005, Ciupak i in. 2006, Kornarzyński i Łacek 2006). Stosowane są cztery rodzaje pól: słabe pola statyczne, jednorodne pola magnetyczne, uwzględniające pole geomagnetyczne, silne jednorodne pola magnetyczne, silne niejednorodne pola magnetyczne oraz pola magnetyczne niskiej częstotliwości (Galland i Pazur 2005).

Działaniu czynników stymulujących poddawano nasiona cebuli (Prokop i in. 2001, Prokop i in. 2002b), kapusty (Pietruszewski i in. 2002), rzodkiewki i rzodkwi (Prokop i in. 2002a), gdzie stosowano stymulację zmiennym polem magnetycznym o indukcji $B = 30$ mT, 60 mT i 100 mT dla czasów stymulacji od 4 s do 60 s, uzyskując pozytywny wpływ na szybkość kiełkowania oraz plony dla pola magnetycznego o częstotliwości 50 Hz i indukcji 30 mT.

Istnieje wiele sposobów magnetycznego uzdatniania wody, w których stosuje się różne wartości indukcji pola magnetycznego, uzyskiwanego za pomocą magnesów stałych lub elektromagnesów, różne konfiguracje oraz różną liczbę powtórzeń procesu (krotność przepływu) i natężenia przepływu wody (Coey i Cass 2000). Woda poddana działaniu stałego pola magnetycznego zmienia swoją przewodność, napięcie powierzchniowe i pH (Cho i Lee 2005, Amiri i Dadkhah 2006, Fathi i in. 2006). Silne pole magnetyczne powoduje wzrost lepkości wody (Presman 1971). Badania wykazały, że uzyskanie pozytywnych efektów występuje dla określonych parametrów, gdzie np. zmiana zawartości jonów wapnia w wodzie zależy od długości drogi w polu i szybkości przepływu (Gabrielli i inni 2001). Prowadzone od lat badania dotyczą możliwości stosowania wody uzdatnionej magnetycznie w rolnictwie i jej wpływu na kiełkowanie nasion i wzrost roślin (Rokhinson i in. 1994, Morejon i in. 2007, Pietruszewski i in. 2007).

Celem pracy było zbadanie wpływu zmiennego pola magnetycznego o indukcji $B = 30$ mT i częstotliwości $f = 50$ Hz, wody uzdatnianej magnetycznie w stałym polu o indukcji $B = 150$ mT oraz obu tych czynników równocześnie, na wybrane cechy morfologiczne oraz skład chemiczny siewek słonecznika ogrodowego *Helianthus annuus* L.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w wazonach wypełnionych ziemią ogrodową o wysokości 16 cm i objętości około $0,0153$ m³ (15,3 l), do których wysiano nasiona słonecznika uzyskując po 30 roślin w każdym. Nasiona poddano oddziaływaniu pola magnetycznego i wody uzdatnianej magnetycznie, którą przepuszczano 3 razy pomiędzy nabiegunnikami elektromagnesu. Stymulacja magnetyczna nasion odbywała się na stanowisku badawczym, gdzie umieszczano je pomiędzy nabiegunnikami elektromagnesu prądu zmiennego o częstotliwości 50 Hz. Uzdatnianie magnetyczne wody przeprowadzono na stanowisku pomiarowym, w którym woda

przepływała przez teflonową rurkę, umieszczoną pomiędzy nabiegunnikami elektromagnesu zasilanego prądem stałym o indukcji $B = 150$ mT, przez odcinek o długości $l = 0,15$ m ze stałą prędkością $v = 0,5$ m·s⁻¹.

Badania wykonano dla pięciu próbek, dla trzech powtórzeń, gdzie próbka: P1 dotyczyła przedsewnej stymulacji nasion polem magnetycznym o indukcji $B = 30$ mT w czasie 30 s (w dalszej części pracy będzie używany skrót: 30 mT, 30 s). Próbka P2 – podlewanie nasion po ich wysianiu wodą uzdatnianą magnetycznie 3x (trzy razy przepuszczona pomiędzy nabiegunnikami elektromagnesu, (skrót: wum 3x), P3 – stymulowane polem zmiennym o $B = 30$ mT w czasie 15s plus woda uzdatniana magnetycznie 3x (skrót: 30 mT, 15 s, wum 3x), P4 – stymulowane polem zmiennym o $B = 30$ mT dla czasu 30 s oraz woda uzdatniana magnetycznie 3x (skrót: 30 mT, 30 s, wum 3x), P5 – próbka kontrolna nasion nie poddanych stymulacji polem magnetycznym, które podlewano wodą nie poddaną działaniu pola magnetycznego.

Doświadczenia przeprowadzone zostały w hali wegetacyjnej bez dostępu światła dziennego, w temperaturze wynoszącej średnio $24 \pm 2^\circ\text{C}$ i wilgotności utrzymywanej na poziomie 50-70%, w warunkach dzień/noc w stosunku 16:8 godzin, gdzie jako oświetlenie zastosowano światło fluorescencyjne o promienowaniu około $100 \mu\text{M}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

W przeprowadzonych badaniach określono świeżą masę i wysokość siewek. Wyznaczono zawartość suchej masy siewek, zawartość składników mineralnych oraz zawartość Ca oraz K. Pomiary wykonano w terminach: 5, 10 i 15 dni po wysianiu nasion. W tych terminach wycinano po dziesięć siewek z każdego wazonu, które były ważone i mierzone, a następnie przekazywane do analiz chemicznych.

Zawartość wapnia Ca i potasu K w roślinach przeprowadzono w Centralnym Laboratorium Analitycznym Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie za pomocą spektrometru absorpcji atomowej firmy UNICAM 939 AA Spektrometr. Pomiaru dokonano metodą płomieniową (ASA). Oznaczenie zawartości suchej masy wykonano metodą wagową (norma PN-91/R-87019), z której wyznaczono zawartość składników mineralnych. Przeprowadzono analizę wyników badań poziomu istotności statystycznej za pomocą testu Tukeya, w stosunku do próbki kontrolnej, dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

W początkowej fazie wzrostu trwającej 5 dni, przyrost mas wszystkich próbek był wyższy w stosunku do próbki kontrolnej dla wszystkich czynników stymulujących, przy czym najwyższy, istotny statystycznie, dla nasion stymulowanych zmiennym polem magnetycznym $B = 30$ mT przez 30 s (próbka P1) oraz dla połączonych stymulacji $B = 30$ mT, 15 s z podlewaniem wodą uzdatnianą magnetycznie 3 razy (próbka P3). Po upływie 15 dni pozytywne oddziaływanie na koń-

cowe masy siewek miało miejsce jedynie dla siewek stymulowanych polem magnetycznym (próbka P1: 30 mT, 30 s) – tabela 1. Wpływ niekorzystny na masy siewek wystąpił po 10 dniach wzrostu dla wszystkich czynników stymulujących, ale istotny dla próbek P2, P3, P4 oraz po 15 dniach od wysiewu dla próbki P4.

Stwierdzono pozytywny, istotny wpływ zmiennego pola magnetycznego na przyrost długości siewek po 5 dniach wzrostu dla próbki P1 (30 mT, 30 s), próbki P2 podlewanej wodą uzdatnianą magnetycznie (wum 3x) dla czasu 5 i 10 dni oraz dla połączenia obu tych czynników - dla próbki P4 (30 mT, 30 s, wum 3x) jedynie dla czasu wzrostu 5 dni – tabela 2.

Tabela 1. Masa siewek słonecznika

Table 1. Mass of sunflower seedlings

Masa siewek – Mass of seedlings (g)					
Czas Time (days)	P1 30 mT, 30 s	P2 Wum 3x	P3 30 mT, 15 s Wum 3x	P4 30 mT, 30 s Wum 3x	P5 Próbka kontrolna Control sample
5	*1,05 ± 0,11	0,94 ± 0,09	*1,01 ± 0,09	0,88 ± 0,07	0,86 ± 0,06
10	1,61 ± 0,23	*1,54 ± 0,12	*1,37 ± 0,11	*1,49 ± 0,09	1,78 ± 0,13
15	*3,17 ± 0,42	2,62 ± 0,18	2,67 ± 0,21	*2,33 ± 0,14	2,64 ± 0,17

Różnice istotne statystycznie w odniesieniu do próbki kontrolnej w każdym czasie oznaczono*
Statistically significant differences in relation to the control sample at any time marked with*.

Tabela 2. Wysokość siewek słonecznika

Table 2. Height of sunflower seedlings

Wysokość siewek – Height of seedlings (mm)					
Czas Time (days)	P1 30 mT, 30 s	P2 Wum 3x	P3 30 mT, 15 s Wum 3x	P4 30 mT, 30 s Wum 3x	P5 Próbka kontrolna Control sample
5	*108,4 ± 9,1	*100,5 ± 10,6	*74,5 ± 4,3	*106,1 ± 10,9	91,1 ± 11,2
10	144,9 ± 12,3	*163,2 ± 12,6	*133,5 ± 11,5	148,9 ± 14,1	151,8 ± 14,8
15	227,2 ± 19,3	205,5 ± 19,8	*209,7 ± 16,7	*202,5 ± 15,7	231,5 ± 22,1

Różnice istotne statystycznie w odniesieniu do próbki kontrolnej w każdym czasie oznaczono*
Statistically significant differences in relation to the control sample at any time marked with*.

Zaobserwowano istotny wpływ negatywny na przyrost długości siewek dla próbki P3 (połączenia 30 mT, wum 3x) dla całego okresu wzrostu siewek (dla czasów 5, 10 i 15 dni) oraz dla próbki P4 dla czasu wzrostu 15 dni – tabela 2. Dla cza-

su wzrostu 15 dni wpływ wszystkich stymulujących na wysokość siewek był negatywny, przy czym istotny statystycznie dla próbek P3 i P4.

Tabela 3. Zawartość składników mineralnych w siewkach
Table 3. Contents of nutrients in seedlings

Zawartość składników mineralnych (mg·g ⁻¹ s. m.) – Contents of nutrients (mg g ⁻¹ d. m.)					
Czas Time (days)	P1 30 mT, 30 s	P2 Wum 3x	P3 30 mT, 15 s Wum 3x	P4 30 mT, 30 s Wum 3x	P5 Próbka kontrolna Control sample
5	*7,15	8,60	8,22	*7,94	8,78
10	9,88	9,17	9,15	9,87	9,74
15	12,22	*10,59	*10,24	*10,23	11,60

Odchylenia standardowe σ dla zawartości składników mineralnych w próbkach były w granicach od $\pm 1,1 \cdot 10^{-3}$ do $1,4 \cdot 10^{-3}$ mg·g⁻¹ suchej masy – The standard deviation of the contents of nutrients in samples fell within the range of $\sigma = \pm 1,1 \cdot 10^{-3}$ - $1,4 \cdot 10^{-3}$ mg g⁻¹ dry mass. Różnice istotne statystycznie w odniesieniu do próbki kontrolnej w każdym czasie oznaczono* – Statistically significant differences in relation to the control sample at any time marked with*.

Tabela 4. Zawartość potasu w siewkach
Table 4. Contents of potassium in seedlings

Zawartość potasu (μg·g ⁻¹ s. m.) – Contents of potassium (μg g ⁻¹ d. m.)					
Czas Time (days)	P1 30 mT, 30 s	P2 Wum 3x	P3 30 mT, 15 s Wum 3x	P4 30 mT, 30 s Wum 3x	P5 Próbka kontrolna Control sample
5	2420,4	2308,9	1715,15	*1621,9	2103,4
10	2418,5	2307,1	2600,8	2578,3	2558,3
15	*2458,3	2948,3	*2533,3	*2347,3	3445,8

Odchylenia standardowe σ dla zawartości potasu w próbkach były w granicach od ± 200 do 220 μg·g⁻¹ suchej masy . The standard deviation of the contents of potassium in samples fell within the range of $\sigma = \pm 200$ - 220 μg g⁻¹ dry mass. Różnice istotne statystycznie w odniesieniu do próbki kontrolnej w każdym czasie oznaczono* – Statistically significant differences in relation to the control sample at any time marked with*.

W czasie wzrostu siewek zawartość składników mineralnych w siewkach rosła, podczas gdy zawartość potasu i wapnia ulegała znaczącym wahaniom. Zawartość składników mineralnych uzyskała najwyższe wartości dla wzrostu trwającego 15 dni – tabela 3. Dla kilku wybranych próbek uzyskano zawartość skład-

ników mineralnych wyższą od próbki kontrolnej, ale nieistotną statystycznie: dla czasu 10 dni – próbki P1 i P4 i dla czasu 15 dni dla próbki P1. Dla pozostałych próbek wpływ badanych czynników na zawartość składników mineralnych w siewkach był negatywny, czyli zawartość była niższa od próbki kontrolnej. Istotny wpływ negatywny uzyskano dla próbek P1 i P4 po 5 dniach wzrostu oraz dla próbek P2, P3 i P4 po 15 dniach wzrostu.

Tabela 5. Zawartość wapnia w siewkach

Table 5. Contents of calcium in seedlings

Zawartość wapnia w próbkach ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ s. m.) – Contents of calcium in samples ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ d. m.)					
Czas Time (days)	P1 30 mT, 30 s	P2 Wum 3x	P3 30 mT, 15 s Wum 3x	P4 30 mT, 30 s Wum 3x	P5 Próbka kontrolna Control sample
5	523,0	481,2	471,7	*612,7	478,2
10	*732,4	*750,1	809,6	961,9	909,6
15	568,0	523,0	503,7	*659,0	522,5

Odchylenia standardowe σ dla zawartości wapnia w próbkach było w granicach od ± 25 do $55 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ suchej masy. The standard deviation of the contents of calcium in samples fell within the range of $\sigma = \pm 25-55 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ dry mass. Różnice istotne statystycznie w odniesieniu do próbki kontrolnej w każdym czasie oznaczono* – Statistically significant differences in relation to the control sample at any time marked with*.

W tabelach 4 i 5 przedstawiono zawartość potasu w siewkach słonecznika obejmującego zakres $1700-3400 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ s. m. i wapnia w zakresie $470-900 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ s.m. Zawartość tych składników wahała się w szerokich granicach nie wykazując tendencji rosnącej ani malejącej w czasie wzrostu siewek trwającego 15 dni.

Zawartość potasu w niektórych próbkach była wyższa niż w próbce kontrolnej, co miało miejsce dla próbek P1 i P2 dla czasu 5 dni wzrostu oraz P3 i P4 dla 10 dni wzrostu, ale wyniki były nieistotne statystycznie – tabela 4. Dla pozostałych próbek zawartość potasu była niższa niż w próbce kontrolnej, przy czym istotny negatywny wpływ zaobserwowano dla próbki P4 po 5 dniach wzrostu oraz dla próbek P1, P3 i P4 po 15 dniach wzrostu siewek. W pozostałych próbkach wpływ badanych czynników był nieistotny.

W przypadku zawartości wapnia w siewkach nasion słonecznika uzyskano pozytywny istotny wpływ czynników stymulujących w stosunku do próbki kontrolnej jedynie dla siewek próbki P4 po 5 i 15 dniach wzrostu. Dla próbek P1 i P2 po 5 dniach wzrostu, P4 po 10 dniach wzrostu oraz P1 i P2 po 15 dniach wzrostu zawartość wapnia była wyższa niż w próbce kontrolnej, ale nieistotna statystycz-

nie – tabela 5. Negatywny istotny wpływ na zawartość wapnia w siewkach miał miejsce dla próbek P1 i P2 po 10 dniach wzrostu. W pozostałych próbkach wpływ badanych czynników był nieistotny.

Przedstawione wyniki dotyczące wpływu stymulacji nasion polem magnetycznym i wodą uzdatnianą magnetycznie na początkową fazę wzrostu siewek potwierdzają wyniki uzyskane dla innych nasion, gdzie stwierdzono pozytywny wpływ stymulacji zmiennym polem magnetycznym o indukcji 30 mT, częstotliwości 50 Hz i czasie działania 30 s, na szybkość kiełkowania nasion. Wyniki te uzyskano dla nasion buraka cukrowego (Pietruszewski i in. 2000) oraz roślin strączkowych (Podleśny 2002, Podleśny i Podleśna 2004), pszenicy i jej odmian (Pietruszewski 1999, Kordas 2002, Kornarzyński i in. 2004, 2006), jęczmienia (Rybiński i in. 2002, 2004), kukurydzy (Rochalska 2002), a także lnu (Olchowik i Gawda 2002).

Dotychczas nie stworzono jednolitej teorii wyjaśniającej działanie pola magnetycznego na zmianę właściwości wody. Istnieją hipotetyczne przesłanki tego zjawiska, gdzie według jednej teorii pod wpływem pola magnetycznego następuje polaryzacja zewnętrznych powłok elektronowych cząsteczek wody i jonów, co zmienia warunki hydratacji jonów, które przy naruszonej otoczce hydratacyjnej mogą służyć jako zarodki krystalizacji.

Woda uzdatniana magnetycznie może wpływać na zwiększenie przepuszczalności błon komórkowych, oddziałując na jony wapnia oraz na hamowanie wzrostu drobnoustrojów szkodliwych dla procesu kiełkowania. Może to być skutkiem działania siły Lorenza na jony zawarte w wodzie, która powoduje chwilową ich polaryzację zgodną z zewnętrznym polem magnetycznym (Goldsworthy i in. 1999), co w konsekwencji wpływa na transport jonów przez błony komórkowe – zachwianie równowagi koncentracji jonów w komórce oraz zmianę wewnątrzkomórkowego pH (Newman i Watson 1999). Magnetyczne uzdatnianie wody powoduje również wzrost przewodności elektrycznej oraz spadek napięcia powierzchniowego. Stosując model ‘wolnych dipoli’, na które oddziałuje siła Lorenza w polu magnetycznym powodując polaryzację cząstek wody, można wyjaśnić zmiany własności wody i zawartych w niej nieczystości oraz zachowanie drobnoustrojów obecnych w wodzie, mających wpływ na kiełkowanie nasion i rozwój roślin (Biryukov i in. 2005).

Teorie wyjaśniające skutki oddziaływania pól magnetycznych na organizmy żywe są oparte na możliwym ich wpływie na przepuszczalność jonowych kanałów w błonach biologicznych, co może wpłynąć na transport jonów do komórek. Inny możliwy efekt dotyczy powstawania wolnych rodników w komórkach na skutek oddziaływania pola. Zmienne pole magnetyczne może wpłynąć na biologiczne funkcje organizmów przez zmiany koncentracji hormonów, zmiany działalności enzymów, transportu jonów przez błony komórki oraz przez zmiany w syntezie lub przekazie DNA (Piacentini i in. 2001, Strasak i in. 2002).

Podsumowując uzyskane wyniki badań można stwierdzić, iż pozytywny istotny wpływ czynników stymulujących na cechy morfologiczne i skład chemiczny siewek słonecznika, obejmujący początkową fazę wzrostu trwającą 15 dni, jest związany z szybkością kiełkowania nasion. Badania przebiegały w hali wegetacyjnej, czyli w warunkach laboratoryjnych bardzo różniących się od warunków polowych. W związku z tym ważne jest przeprowadzenie w przyszłości badań z zastosowaniem stymulacji polem magnetycznym nasion i podlewaniem roślin wodą uzdatnianą magnetycznie w warunkach polowych.

WNIOSKI

1. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że dla początku kiełkowania nasion i czasu wzrostu siewek trwającego pięć dni, zmienne pole magnetyczne, woda uzdatniana magnetycznie i połączenie obu tych czynników wywierają pozytywny wpływ na masy i wysokość siewek, z wyjątkiem szybkości wzrostu próbki stymulowanej polem magnetycznym przez czas 30 s i podlewanej wodą uzdatnianą magnetycznie.

2. Zawartość składników mineralnych w siewkach po 15 dniach wzrostu była wyższa od próby kontrolnej dla stymulacji nasion tylko polem magnetycznym, ale statystycznie nieistotna. Dla pozostałych stymulacji zawartość składników mineralnych była niższa niż w próbce kontrolnej i statystycznie istotna.

3. Zawartość potasu w siewkach po 15 dniach wzrostu była dla wszystkich stymulacji niższa od próbki kontrolnej.

4. Zawartość wapnia dla siewek po 15 dniach wzrostu była wyższa tylko dla nasion stymulowanych polem magnetycznym przez 30 s i podlewanych wodą uzdatnianą magnetycznie od próbki kontrolnej o około 26% (przyrost statystycznie istotny).

PIŚMIENNICTWO

- Amiri M.C., Dadkhah A.A., 2006. On reduction in the surface tension of water due to magnetic treatment. *Colloids and Surfaces A: Physicochemistry Engineering Aspects*, 278, 252-255.
- Biryukov A.S., Gavrikov V.F., Nikiforova L.O., Shcheglov V.A., 2005. New physical methods of disinfection of water. *Journal of Russian Laser Research*, Vol. 26, No. 1, 13-25.
- Cho Y.I., Lee S.H., 2005. Reduction in the surface tension of water due to physical water treatment for fouling control in heat exchangers. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 32, 1-9.
- Ciupak A., Gładyszewska B., Pietruszewski S., 2006. Wpływ stymulacji laserowej i temperatury na proces kiełkowania nasion gryki odmiany Kora. *Fragmenta Agronomica*, 1, 23-35.
- Coe J.M.D., Cass S., 2000. Magnetic water treatment. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 209, 71-74.
- Fathi A., Mohamed T., Claude G., Maurin G., Mohamed B. A., 2006. Effect of a magnetic water treatment on homogeneous and heterogeneous precipitation of calcium carbonate. *Water Research*, 40, 1941-1950.

- Gabrielli C., Jaouhari R., Maurin G., Keddani M., 2001. Magnetic water treatment for scale prevention. *Water Research*, 35, No. 13, 3249-3259.
- Galland P., Pazur A. 2005., Magnetoreception in plants. *J. Plant. Res.*, 118, 371-389.
- Goldsworthy A., Whitney H., Morris E., 1999. Biological effects of physically conditioned water. *Water Research*, Vol. 33, No. 7, 1618-1626.
- Kopcewicz J., Lewak S. 2002., *Fizjologia roślin*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Kordas L., 2002. The effect of magnetic field on growth, development and the yield of spring wheat. *Polish Journal of Environmental Studies*, 11(5), 527-530.
- Kornarzyński K., Łacek R. 2006., Wpływ pola magnetycznego i elektrycznego na kiełkowanie nasion wybranych roślin kwiatowych. *Inżynieria Rolnicza*, 5 (80), 305-312.
- Kornarzyński K., Pietruszewski S., Podleśny J., 2006. Próba oszacowania wpływu namagnesowanej wody na kiełkowanie nasion roślin uprawnych. W: *Oddziaływanie pól elektromagnetycznych na środowisko rolnicze*. AR Lublin, 131-133.
- Kornarzyński K., Pietruszewski S., Segit Z., Szwed-Urbaś K. Łacek R., 2004. Wstępne badania wpływu zmiennego pola magnetycznego na szybkość wzrostu kielków pszenicy. *Acta Agrophysica*, 3(3), 521-528.
- Morejon L.P., Castro Palacio J.C., Velazquez Abad L., Govea A.P., 2007. Stimulation of *Pinus Tropicalis* M. seeds by magnetically treated water. *International Agrophysics*, 21, 173-177.
- Newman J. R., Watson R. C., 1999. Preliminary observations on the control of algal growth by magnetic treatment of water. *Hydrobiologia*, 415, 319-322.
- Olchowik G., Gawda H., 2002. Influence of microwave radiation on germination capacity of flax seeds. *Acta Agrophysica*, 62, 63-68.
- Piacentini M. P., Fraternali D., Piatti E., Ricci D., Vetrano F., Dacha M., Accorsi A., 2001. Senescence delay and change of antioxidant enzyme levels in *Cucumis sativus* L. etiolated seedlings by ELF magnetic fields. *Plant Science*, 161, 45-53.
- Pietruszewski S., 1999. Magnetyczna biostymulacja materiału siewnego pszenicy jarej. *Rozprawy Naukowe* (220), Akademia Rolnicza, Lublin.
- Pietruszewski S., 2000. Wpływ pola magnetycznego na plony buraka cukrowego odmian Kalwia i Polko. *Inżynieria Rolnicza*, 5, 207-214.
- Pietruszewski S., Kornarzyński K., Łopucki M., 2007. Woda magnetyczna, jej niektóre właściwości fizyczne i zastosowanie. *Przegląd Telekomunikacyjny LXXX*, 8-9, 675-682.
- Pietruszewski S., Kornarzyński K., Prokop M., 2002. Kiełkowanie nasion kapusty białej w stałym polu magnetycznym. *Acta Agrophysica*, 62, 75-82.
- Podleśny J., 2002. Effect of laser irradiation on the biochemical changes in seeds and the accumulation of dry matter in the faba bean. *International Agrophysics*, 16, 209-213.
- Podleśny J., Podleśna A., 2004. Wpływ traktowania nasion polem magnetycznym na wzrost, rozwój i dynamikę gromadzenia masy bobiku (*Vicia faba minor*). *Acta Agrophysica*, 4(3), 787-801.
- Presman A.S., 1971. *Pola elektromagnetyczne a żywa przyroda*. Warszawa PWN.
- Prokop M., Kornarzyński K., Pietruszewski S., 2001. Wstępne badania wpływu biostymulacji zmiennym polem magnetycznym na kiełkowanie nasion cebuli. *Inżynieria Rolnicza*, 2 (22), 323-327.
- Prokop M., Pietruszewski S., Kornarzyński K., 2002a. Wstępne badania wpływu zmiennych pól magnetycznych i elektrycznych na kiełkowanie, plony oraz cechy mechaniczne korzeni rzodkiewki i rzodkwi. *Acta Agrophysica*, 62, 83-93.
- Prokop M., Pietruszewski S., Kornarzyński K., 2002b. Ocena biostymulacji zmiennym polem magnetycznym nasion cebuli odmiany Sochaczewska. *Acta Agrophysica*, 62, 95-102.

- Rochalska M., 2002. Pole magnetyczne jako środek poprawy wigoru nasion. *Acta Agrophysica*, 62, 103-111.
- Rokhinson E., Gak E., Klygina L., 1994. Agricultural magnetic treated seeds and water. *International Agrophysics*, 8, 305-310.
- Rybiński W., Pietruszewski S., Kornarzyński K., 2002. Ocena oddziaływania pola magnetycznego i traktowania chemomutagenem na zmienność cech jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.). *Acta Agrophysica*, 62, 135-145.
- Rybiński W., Pietruszewski S., Kornarzyński K., 2004. Analiza wpływu pola magnetycznego i promieni gamma na zmienność elementów plonowania jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.). *Acta Agrophysica*, 3(3), 579-591.
- Strasak L., Vetterl V., Smarda J., 2002. Effects of low-frequency magnetic fields on bacteria *Escherichia coli*. *Bioelectrochemistry*, 55, 161-164.
- Vasilevski G., 2003. Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. *Bulgarian Journal of Plant Physiology, Special Issue*, 179-186.
- Yi-Ping Chena, Ming Yuea, Xun-Ling Wang., 2005. Influence of He-Ne laser irradiation on seeds thermodynamic parameters and seedlings growth of *Isatis indogotica*. *Plant Science*, 168, 601-606.

EFFECT OF MAGNETIC FIELD AND MAGNETICALLY TREATED WATER
ON SOME MORPHOLOGICAL FEATURES AND CHEMICAL
COMPOSITION OF SEEDLINGS OF SUNFLOWER
(*HELIANTHUS ANNUUS* L.)

Arkadiusz Matwiczuk¹, Krzysztof Kornarzyński¹, Stanisław Pietruszewski¹,
Maciej Krupa²

¹Department of Physics, University of Life Sciences, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin, Poland

²Department of Biophysics, Institute of Biology, Maria Curie-Skłodowska University
ul. Akademicka 19, 20-033 Lublin, Poland
e-mail: arkadiusz.matwiczuk@up.lublin.pl

Abstract. Studies have been conducted on the influence of a variable magnetic field, magnetically treated water and a combination of both of these factors on the final mass of seedlings, height of sunflower plants, contents of potassium and calcium as well as other nutrients in the initial phase of growth. Magnetic stimulation of seeds took place at a research magnetic field system, at induction of 30 mT, frequency of 50 Hz and durations of 15 s and 30 s. Water flowed 3 times through a teflon tube placed between direct current electromagnet pole pieces at induction of 150 mT at the measurement post. Investigations were carried out in pots filled with humus soil, in an air-conditioned greenhouse hall with no access to daylight, using fluorescent light as illumination. The samples of seedlings were taken every 5 days. A positive impact was achieved on the final mass of sunflower plants for the sample in the 5-day initial phase of plant growth. No impact of the stimulation factors on the contents of potassium and calcium and other nutrients in seedlings were observed.

Keywords: seeds stimulation, magnetic field, magnetically treated water