

THE EFFECT OF MAGNETICALLY CONDITIONED WATER ON GROWTH, DEVELOPMENT AND YIELDING OF YELLOW LUPINE (*Lupinus luteus* L.)

Summary

Researches were conducted in the vegetation hall of Institute of Soil Science and Plant Cultivation – State Research Institute in Puławy. Plants were cultivated in Mitscherlich pots containing a mixture of soil - 5 kg and sand - 2 kg per pot. Yellow lupine variety: Dukat and Taper was the first row factor, and the second one - type of water used for plant watering: Wk – non-magnetised water (control), Wp – water conditioned by flow magnetizer, and Wn – water conditioned by fish-plate magnetizer. The aim of undertaken studies was to evaluate magnetically conditioned water influence on seed germination as well as growth, development and yielding of lupine. It was found that magnetically conditioned water increased lupine germination. It concerned both the time and the dynamic of plant emergence. Plants watered with magnetically conditioned water achieved greater absolute growth rate (GR) and relative growth rate (RGR) than plants watered with normal water. The use of magnetic water caused significant seed yield increase of both lupine varieties. Yield increase was a consequence of greater number of pods per plant and greater number of seeds per plant, since the thousand seeds mass did not undergo greater change.

Keywords: yellow lupine, variety, magnetic water, emergence of plant, development of plant, yielding

WPŁYW WODY UZDATNIONEJ MAGNETYCZNIE NA WZROST, ROZWÓJ I PLONOWANIE ŁUBINU ŻÓŁTEGO (*Lupinus luteus* L.)

Streszczenie

Badania prowadzono w hali wegetacyjnej Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa-Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach. Rośliny były uprawiane w wazonach Mitscherlicha zawierających mieszaninę 5 kg ziemi ogrodowej i 2 kg piasku. Czynnikiem I rzędu były odmiany łubinu żółtego: Dukat i Taper, a czynnikiem II rzędu – rodzaj wody stosowanej do podlewania roślin: Wk – woda nienamagnesowana (obiekt kontrolny), Wn – woda uzdatniona magnetyzerem nakładkowym, Wp – woda uzdatniona magnetyzerem przepływowym. Celem podjętych badań było określenie wpływu wody uzdatnionej magnetycznie na kiełkowanie nasion oraz wzrost, rozwój i plonowanie łubinu żółtego. Woda uzdatniona magnetycznie polepszała wschody łubinu. Dotyczyło to zarówno terminu jak i dynamiki wschodów. Rośliny podlewane wodą uzdatnianą magnetycznie osiągały większe wskaźniki bezwzględnej (GR) i względnej (RGR) szybkości wzrostu niż rośliny podlewane zwykłą wodą. Nawadnianie gleby wodą magnetyczną spowodowało istotną wyższą plonu nasion obydwu odmian łubinu żółtego. Przyrost plonu był konsekwencją większej liczby strąków na roślinie i większej liczby nasion z rośliny, bowiem masa 1000 nasion nie uległa większej zmianie.

Słowa kluczowe: łubin żółty, odmiana, woda uzdatniona magnetycznie, rozwój roślin, plonowanie

1. Wstęp

Dostępność wody dla roślin jest jednym z najważniejszych czynników decydujących o wielkości i jakości uzyskiwanych plonów. Dlatego w uprawie niektórych roślin, w warunkach braku opadów lub nierównomiernego ich rozłożenia w okresie wegetacji, stosuje się nawadnianie. Ze względu na to, że jest to zabieg kosztowny, stosuje się go najczęściej w sytuacjach uzasadnionych ekonomicznie i w warunkach dużego niedoboru wody w glebie [24]. Nawadnianie jest najbardziej opłacalne w uprawie warzyw i owoców [14, 30]. Jednak z danych literatury wynika, że badania dotyczące tej tematyki prowadzone są coraz częściej także w odniesieniu do roślin rolniczych [5, 13]. Wynika to głównie z dużej niższej plonu powodowanej przez niedobór wody w glebie [23], będący konsekwencją coraz dłuższych i częściej występujących okresów suszy [16]. Aby zwiększyć opłacalność nawadniania coraz większej liczby gatunków roślin uprawnych należy poszukiwać metod zwiększenia jego efektyw-

ności. Jedną z nich może być magnetyczna obróbka wody stosowanej do nawodnienia roślin [18, 20, 22]. Woda uzdatniona magnetycznie może mieć znaczenie nie tylko jako czynnik wpływający na wzrost, rozwój i plonowanie roślin, ale także polepszający jakość pracy urządzeń nawadniających. Tego typu zabiegi stosowane są bowiem coraz częściej do polepszenia jakości wody wykorzystywanej w różnych procesach technologicznych [3, 4, 6, 7, 28, 29]. Dotychczas wykonano niewiele badań dotyczących możliwości stosowania wody uzdatnionej magnetycznie w rolnictwie i dotyczą one najczęściej określenia jej przydatności w polepszaniu kiełkowania nasion [1, 2, 15, 18, 25, 26] oraz zabiegach ochrony roślin [10, 11]. W badaniach krajowych i zagranicznych stosowano najczęściej magnesy nakładkowe montowane na przewodach doprowadzających wodę. Jest natomiast niewiele badań dotyczących przydatności magnetyzerów, w których woda przepływa przez odpowiednio wyprofilowane wnętrza.

Celem podjętych badań było określenie wpływu wody

uzdatnionej magnetyzerami nakładkowym i przepływowym na kiełkowanie nasion oraz wzrost, rozwój i plonowanie łubinu wąskolistnego.

W hipotezie zakładano, że namagnesowanie wody spowoduje zwiększenie plonowania łubinu żółtego, a magnetyzer przepływowy będzie bardziej skuteczny niż magnetyzer nakładkowy.

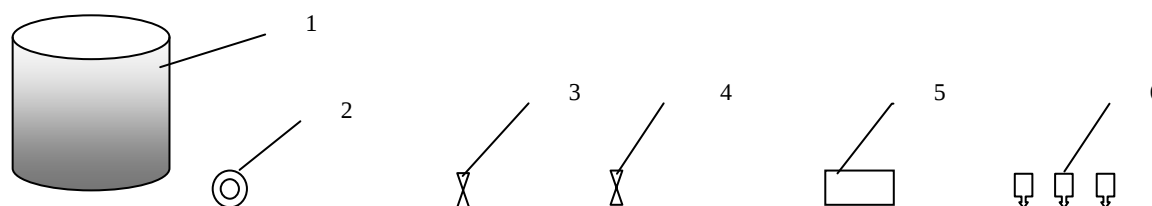
2. Metodyka

Badania prowadzono w hali wegetacyjnej Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa-Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach, w wazonach Mitscherlicha zawierających mieszaninę 5 kg ziemi ogrodowej i 2 kg piasku. Każdego roku doświadczenie zakładano w 3 powtórzeniach. Czynnikiem I rzędu były odmiany łubinu żółtego: Dukat i Taper, a czynnikiem II rzędu – rodzaj wody stosowanej do podlewania roślin: Wk – woda nienamagnesowana (obiekt kontrolny), Wn – woda uzdatniona magnetyzerem nakładkowym, Wp – woda uzdatniona magnetyzerem przepływowym. Do uzdatniania wody zastosowano magnetyzery nakładkowy o indukcji magnetycznej 0,2 T i średniej gęstości energii pola magnetycznego w miejscu obróbki wody wynoszącej $16 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-3}$ i magnetyzer przepływowy o indukcji magnetycznej 2,0 T i średniej gęstości energii pola magnetycznego w miejscu obróbki wody wynoszącej $1590 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-3}$. Natężenie objętościowe przepływu wody dla obydwu magnetyzerów wynosiło $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Rośliny podlewano wodą namagnetyzowaną przez cały okres wegetacji. Laboratoryjna zdolność kiełkowania nasion łubinu żółtego odmiany Dukat wynosiła 95, a odmiany Taper 90%. W całym okresie wegetacji utrzymywano wilgotność podłoża wynoszącą 60% polowej pojemności wodnej (ppw). Do podlewania i nawożenia roślin zastosowano urządzenie do precyzyjnego nawadniania gleby z dołączonym dozownikiem nawozowym. Schemat układu nawadniającego z magnetyzerem przedstawiono na rys. 1. Do każdego wazonu wysiewano po 10 nasion, a następnie po wschodach dokonywano przerywki pozostawiając po 5 roślin w wazonie. W okresie wegetacji prowadzono szczegółowe obserwacje wzrostu i rozwoju roślin. Aby określić dynamikę tworzenia plonu zbiór roślin przeprowadzono w 3 terminach opisanych szczegółowo w tab. 1.

Dynamikę przyrostu masy określono na podstawie bezwzględnej (GR) i względnej (RGR) szybkości wzrostu wykorzystując wzory Evansa [9]:

$$GR = (W_2 - W_1) (T_2 - T_1)^{-1} [\text{g} \cdot \text{dobę}^{-1}]$$

$$RGR = (\ln W_2 - \ln W_1) (T_2 - T_1)^{-1} [\text{g} (\text{g} \cdot \text{dobę}^{-1})^{-1}]$$



1 – zbiornik z wodą / water reservoir, 2 – pompa / pump, 3 – zawór odcinający / cut-off valve, 4 – reduktor ciśnienia / pressure regulator, 5 – magnetyzer / magnetiser, 6 – kroplozniki / drop feeder

Rys. 1. Schemat instalacji do podlewania roślin wodą uzdatnioną magnetycznie

Fig. 1. Scheme of system for plant irrigation with magnetic water

gdzie:

W_1 – sucha masa roślin na początku okresu pomiarowego [g],

W_2 – sucha masa roślin na końcu okresu pomiarowego [g],

T_1 – początek okresu pomiarowego,

T_2 – koniec okresu pomiarowego.

Tab. 1. Zbiory i fazy rozwojowe roślin

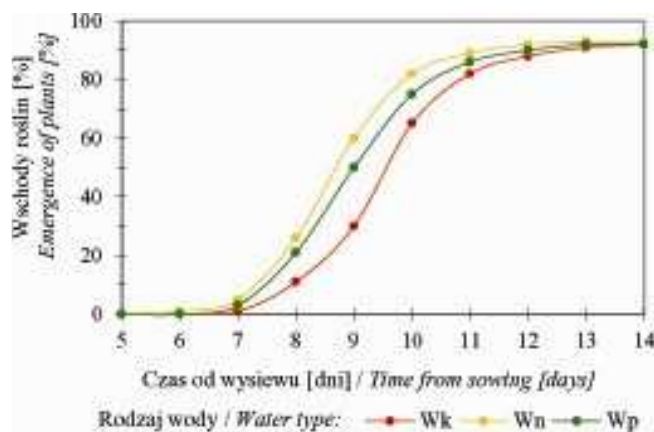
Table 1. Harvests and developmental stages of plants

Zbiór Harvest	Dni po siewie Days after sowing	Fazy rozwojowe roślin Developmental stages of plants
T1	67	pełnia fazy kwitnienia, 50% otwartych kwiatów full flowering, 50% of flowers open [BBCH 65]
T2	86	50% strąków osiąga typową długość 50% of pods have reached typical length [BBCH 75]
T3	118	pełna dojrzałość, wszystkie strąki suche; nasiona suche i twarde fully ripe, all pods dry; seeds dry and hard [BBCH 89]

Podczas zbioru T1 określano plon suchej masy organów roślin łubinu, a podczas zbiorów T2 i T3 oceniono dodatkowo plon nasion i cechy jego struktury: liczbę strąków, liczbę i masę nasion oraz ich wilgotność. Wyniki badań stanowiące średnie z 3 wazonów opracowano statystycznie posługując się w analizie wariancji półprzedziałem ufności Tukeya przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Do obliczeń wykorzystano program Statistica v.10.1.

3. Wyniki i dyskusja

Wschody łubinu wystąpiły po 6 dniach od wysiewu. Ich tempo zależało od rodzaju wody stosowanej do podlewania roślin, a w mniejszym stopniu od odmiany łubinu. Woda uzdatniana magnetycznie polepszała wschody łubinu (rys. 2). Dotyczyło to zarówno terminu jak i dynamiki ukazywania się roślin. Największa różnica w liczbie siewek między wazonami podlewanymi wodą namagnesowaną i zwykłą wystąpiła w początkowym etapie wschodów. Obydwie odmiany łubinu charakteryzowała podobna dynamika wschodów, co wynikało ze zbliżonej jakości siewnej nasion. Również rodzaj wody nie powodował istotnych różnic międzyodmianowych w przebiegu kiełkowania nasion, dlatego przebieg wschodów przedstawiono jako średnią dla obydwu odmian.



Rys. 2. Dynamika wschodów łubinu w zależności od rodzaju wody zastosowanej do nawadniania gleby

Fig. 2. Dynamics of lupine emergence depending on the water type used for soil irrigation

Korzystny wpływ wody magnetycznej na kiełkowanie nasion wykazano także w badaniach Kornarzyńskiego i in. [15] dotyczących stosowania wody uzdatnionej magnetycznie w kiełkowaniu nasion ogórka i pomidora. Również z badań Dvorskiej [8] wynika, że stosowanie wody namagnesowanej powoduje znaczne polepszenie wschodów cebuli, porów oraz niektórych roślin ozdobnych. Dotychczas przeprowadzone badania nie dają jednak jednoznacznych rozstrzygnięć dotyczących wpływu wody uzdatnionej magnetycznie na kiełkowanie i wschody roślin. Na przykład Górski i Tomczak [10] nie stwierdzili dodatniego wpływu stosowania wody namagnesowanej na zdolność kiełkowania nasion rzeżuchy i fasoli. Można przypuszczać, że rozbieżność uzyskiwanych rezultatów może wynikać między innymi z różnych wartości stosowanych parametrów pola magnetycznego oraz natężenia przepływu wody podczas jej obróbki. Potwierdzeniem tych przypuszczeń są wyniki badań Stankiewicza i in. [27], w których wykazano, że woda uzdatniana magnetyzerem o indukcji 100 i 300 mT stymulowała zdolność kiełkowania nasion łubinu wąskolistnego, a uzdatniana magnetyzerem o indukcji 900 mT wpływała

inhibycyjnie na kiełkowanie nasion i początkowy wzrost siewek.

Rodzaj wody zastosowanej do podlewania łubinu nie miał istotnego wpływu na wysokość roślin mierzoną w poszczególnych fazach ich wzrostu i rozwoju (tab. 2). Stwierdzono natomiast istotną różnicę w wysokości roślin pomiędzy badanymi odmianami łubinu – rośliny łubinu odmiany Dukat były znacznie wyższe niż odmiany Taper.

Stosowanie wody uzdatnionej magnetycznie nie wpływało istotnie na liczbę pędów bocznych i liczbę liści na roślinie. Łubin żółty odmiany Dukat wytwarzał dużo więcej pędów bocznych niż odmiany Taper, co stanowi cechę odmianową wynikającą z budowy morfologicznej odmian, ponieważ Dukat jest genotypem tradycyjnym, a Taper – genotypem o zdeterminowanym wzroście. Podobne obserwacje dotyczące niektórych cech morfologicznych ocenianych odmian łubinu uzyskano w badaniach COBORU [21] prowadzonych w różnych rejonach kraju. Rośliny obydwu odmian łubinu podlewane wodą uzdatnioną magnetycznie wytwarzały większą powierzchnię liściową niż rośliny rosnące na obiekcie kontrolnym.

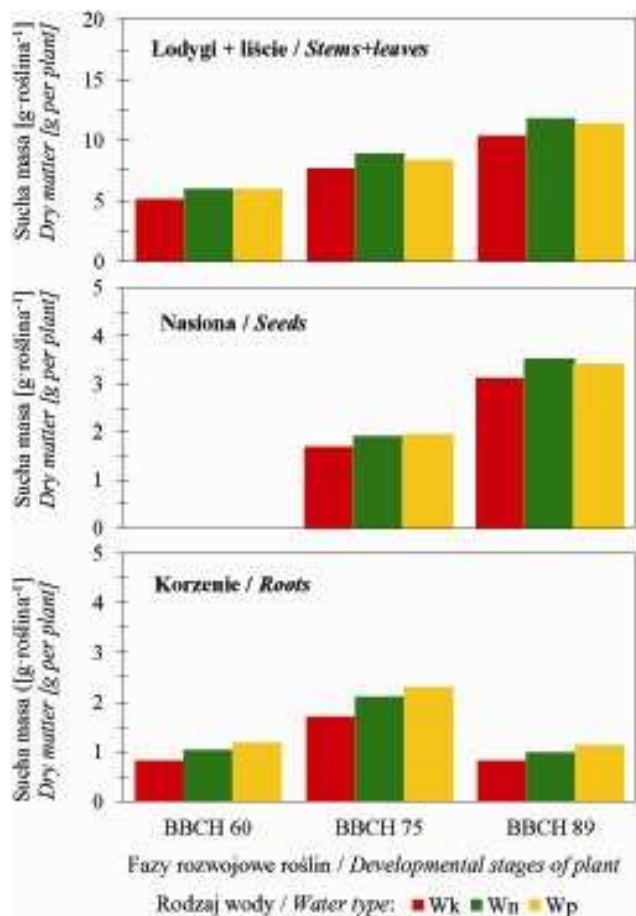
Rodzaj wody zastosowanej do podlewania roślin nie miał wpływu na przebieg faz fenologicznych roślin. W literaturze spotyka się jedynie wzmianki dotyczące tego zagadnienia. Na przykład Dvorska [8] podaje, że podlewanie wodą uzdatnioną magnetycznie niektórych gatunków roślin ozdobnych powodowało kilkudniowe przyspieszenie ich zakwitania. Obydwie odmiany łubinu zakwitwały w podobnym terminie ale czas trwania ich kwitnienia był różny. Rośliny łubinu odmiany Dukat kwitły o 5 dni dłużej niż odmiany Taper. Długość okresu wegetacji dla odmiany Dukat i Taper wynosiła odpowiednio: 108 i 114 dni.

Zastosowanie wody uzdatnionej magnetycznie wpływało w podobnym stopniu na gromadzenie masy przez rośliny łubinu odmian Dukat i Taper, dlatego jej wartość dla poszczególnych organów roślin przedstawiono jako średnią z dwóch odmian (rys. 3). Największy wpływ tego zabiegu na przyrost plonu suchej masy przez wegetatywne organy łubinu stwierdzono w fazie zielonego strąka, więc w okresie szybkiego wzrostu roślin, a wpływ na organy generatywne – w fazie dojrzewania.

Tab. 2. Wartości niektórych cech morfologicznych roślin łubinu w okresie kwitnienia
Table 2. Values of some morphological features of lupine plants in flowering period

Odmiana Variety	Rodzaj wody Water type	Cechy morfologiczne roślin / Morphological features of plants			
		wysokość roślin height of plants [cm]	liczba pędów bocznych na roślinie number of lateral shoots per plant	liczba liści na roślinie number of leaves per plant	powierzchnia liści [cm ² ·roślina ⁻¹] leaf area [cm ² ·plant ⁻¹]
Dukat	Wk	64,6	5,5	17,8	628
	Wn	62,8	5,2	17,0	644
	Wp	65,1	6,0	18,1	660
Taper	Wk	56,3	1,6	16,3	476
	Wn	59,5	1,8	16,6	514
	Wp	55,9	1,6	17,2	506
Średnio dla odmiany On average for variety	Dukat	64,2	5,6	17,6	644
	Taper	57,2	1,7	16,7	499
NIR / LSD ($\alpha=0,05$)		4,14	2,86	r.n. / n.s.*	47,5
Średnio dla rodzaju wody On average for water type	Wk	60,4	3,5	17,0	552
	Wn	61,1	3,5	16,8	579
	Wp	60,5	3,8	17,6	583
NIR / LSD ($\alpha = 0,05$)		r.n. / n.s.	r.n. / n.s.	r.n. / n.s.	18,6

* r.n. / n.s. – różnice nieistotne / differences not significant



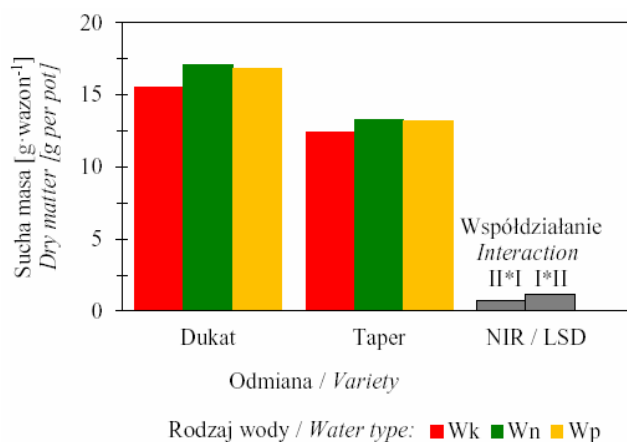
Rys. 3. Sucha masa organów roślin łubinu w zależności od rodzaju wody zastosowanej do nawadniania gleby
Fig. 3. Dry matter of lupine organs depending on the water type used for soil irrigation

Przyrost łącznego plonu łodyg i liści na skutek nawadniania gleby wodą uzdatnioną magnetyzerem nakładkowym (Wn) i przepływowym (Wp) w stosunku do kontroli (Wk) wyniósł w tym okresie odpowiednio: 15,6 i 9,1%, natomiast przyrost masy nasion wyniósł odpowiednio: 12,9 i 9,7%. Na uwagę zasługuje fakt, że masa łodyg, liści i nasion zwiększała się aż do fazy dojrzałości pełnej, natomiast masa korzeni w końcowym etapie ontogenezy była znacznie mniejsza niż w fazie kwitnienia i zielonego strąka. Ubytek masy korzeniowej był prawdopodobnie spowodowany procesami lizy, odpadaniem od korzeni starzejących się brodawek, a także rozkładem starych korzeni.

Woda uzdatniona magnetycznie wpływa podobnie na szybkość wzrostu roślin łubinu odmian Dukat i Taper, dlatego w tab. 3 przedstawiono wartości stanowiące średnie z obydwu odmian. Niewielka na początku wegetacji bezwzględna szybkość wzrostu (GR), zwiększała się w miarę

postępującego rozwoju roślin i osiągnęła najwyższą wartość w okresie kwitnienia oraz zawiązywania strąków, a zwłaszcza ich wypełniania. Względna szybkość wzrostu (RGR) była największa w okresie kwitnienia i zawiązywania strąków, a następnie malała począwszy od okresu wypełniania nasion. Rośliny podlewane wodą uzdatnioną magnetycznie osiągały większe wskaźniki szybkości wzrostu niż rośliny podlewane wodą zwykłą. Szczególnie większe wartości obu wskaźników wzrostu stwierdzono w przypadku roślin, które podlewano wodą uzdatnioną magnetyzerem nakładkowym.

Łubin żółty odmiany Dukat plonował lepiej niż Taper (rys. 4). Istotna różnica w plonowaniu tego gatunku wystąpiła między roślinami podlewany wodą zwykłą i uzdatnioną magnetycznie. Zastosowanie wody uzdatnionej magnetyzerem nakładkowym spowodowało zwiększenie plonu nasion łubinu odmiany Dukat i Taper o: 10,3 i 8,4%, a magnetyzerem przepływowym odpowiednio o: 7,6 i 6,5%.



Rys. 4. Plon nasion łubinu w zależności od rodzaju wody zastosowanej do nawadniania gleby
Fig. 4. Seed yield of lupine depending on the water type used for soil irrigation (BBCH 89)

Przyrost plonu spowodowany był większą obsadą strąków na roślinie i większą liczbą nasion z rośliny (tab. 4). Na roślinach odmiany Dukat stwierdzono większą obsadę strąków niż na łubinie odmiany Taper. Podlewanie roślin wodą uzdatnioną magnetycznie powodowało zwiększenie liczby strąków na roślinie i liczby nasion z rośliny u obydwu odmian łubinu. Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic w masie 1000 nasion zebranych z roślin podlewanych wodą zwykłą i wodą namagnesowaną. Świadczy to o tym, że zwiększenie plonu nasion nie było konsekwencją przyrostu wielkości nasion. Wystąpiły jedynie różnice w wartości tego komponentu plonowania pomiędzy odmianami łubinu.

Tab.3. Absolutna (GR) i względna szybkość wzrostu (RGR) roślin łubinu (część nadziemna)
Table 3. Absolute (GR) and relative (RGR) growth rate of lupine plants (aboveground part)

Zbiory Harvests	GR [g·doba ⁻¹] / GR [g·day ⁻¹]			NIR / LSD (α = 0,05)	RGR [g (g·doba ⁻¹) ⁻¹] / RGR [g (g·day ⁻¹) ⁻¹]			NIR / LSD (α = 0,05)
	Wk	Wn	Wp		Wk	Wn	Wp	
T0 – T1	1,23	1,94	1,66	0,336	0,056	0,088	0,075	0,008
T1 – T2	2,42	3,47	2,50	0,471	0,076	0,132	0,102	0,021
T2 – T3	1,89	2,18	1,85	r.n. / n.s. *	0,087	0,104	0,097	r.n. / n.s.

* r.n. / n.s. – różnice nieistotne / differences not significant

Tab. 4. Wartości komponentów plonowania łubinu
Table 4. Values of yield components parameters of lupine

Wyszczególnienie Description	Rodzaj wody Water type	Liczba strąków na roślinie Number of pods per plant	Liczba nasion z rośliny Number of seeds per plant	Masa 1000 nasion Weight of thousand seeds [g]
Dukat	Wk	7,2	59,6	135
	Wn	8,1	65,4	135
	Wp	8,0	66,0	136
Taper	Wk	6,6	48,0	134
	Wn	7,8	53,8	137
	Wp	7,2	50,6	134
Średnio dla odmiany On average for variety	Dukat	7,8	63,7	135
	Taper	7,2	50,8	135
NIR / LSD ($\alpha = 0,05$)		r.n. / n.s.*	5,44	r.n. / n.s.
Średnio dla rodzaju wody On average for water type	Wk	6,9	53,8	134
	Wn	7,9	59,6	136
	Wp	7,6	58,3	135
NIR / LSD ($\alpha = 0,05$)		0,43	3,14	r.n. / n.s.

* r.n. / n.s. – różnice nieistotne / differences not significant

Uzyskane rezultaty badań dotyczące wpływu wody magnetycznie uzdatnionej na wielkość plonu i cech jego struktury znajdują potwierdzenie w pracach innych autorów [2, 12, 17, 19, 20], w których wykazano, że stosując tego typu wodę można uzyskać znacznąwyżkę plonu także innych gatunków roślin uprawnych. Uzyskane rezultaty badań dotyczące wpływu wody magnetycznie uzdatnionej na wielkość plonu i cech jego struktury znajdują potwierdzenie w pracach innych autorów [2, 12, 17, 19, 20], w których wykazano, że stosując tego typu wodę można uzyskać znacznąwyżkę plonu także innych gatunków roślin uprawnych.

4. Wnioski

1. Podlewanie roślin wodą uzdatnianą magnetycznie przyspieszało termin i zwiększało w podobnym stopniu dynamikę wschodów obydwu odmian łubinu. Odmiany łubinu Dukat i Taper charakteryzowały się podobną dynamiką wschodów, co wynikało z wysokiej jakości siewnej nasion.
2. Rodzaj wody zastosowanej do podlewania nie wpływał na przebieg faz fenologicznych oraz wysokość roślin. Rośliny łubinu odmiany Dukat kwitły o 5 dni dłużej niż odmiany Taper.
3. Zastosowanie wody uzdatnionej magnetycznie miało istotny wpływ na gromadzenie masy przez wegetatywne i generatywne organy łubinu żółtego. Największy wpływ tego zabiegu na przyrost plonu suchej masy łubinu stwierdzono w fazie zielonego strąka, w więc w okresie szybkiego wzrostu roślin.
4. Rośliny łubinu podlewane wodą uzdatnianą magnetycznie osiągały większe wskaźniki bezwzględnej (GR) i względnej (RGR) szybkości wzrostu niż rośliny podlewane wodą zwykłą.
5. Zastosowanie wody namagnesowanej spowodowało istotnąwyżkę plonu nasion obydwu odmian łubinu, co było konsekwencją większej obsady strąków i większej liczby nasion z rośliny.
6. Woda uzdatniona magnetyzerem nakładkowym wpływała korzystniej na plonowanie łubinu niż woda uzdatniona magnetyzerem przepływowym.
7. Zabieg nawadniania gleby wodą uzdatnioną magnetycznie może stanowić ekologiczną metodę zwiększania plonowania łubinu, ale zagadnienie to wymaga dalszych

badań zmierzających do wyjaśnienia mechanizmu przebiegu tego zjawiska.

5. Bibliografia

- [5] Alexander M.P., Ganeshan S.: Electromagnetic field induced in vitro pollen germination and tube growth. *Current Sci.*, 1990, 59(5): 276-277.
- [6] Assouline S., Cohen S., Meerbach D., Harodi T., Rosner M.: Microdrip irrigation of field crop. Effect on yield, water uptake and drainage of sweet corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 2002, 66: 228-235.
- [7] Biriukov A.S., Gavrikov V.F., Nikiforova L.O., Shcheglov V.A.: New physical methods of disinfection of water. *J. Laser Research*, 2005, 26(1): 13-25.
- [8] Bogatin J., Bondarenko N., Gak E., Rokhinson E., Ananyev I.: Magnetic Treatment of Irrigation Water: Experimental Results and Application Conditions. *Environ. Sci. Technol.*, 1999, 33(8): 1280-1285.
- [9] Borówczak F., Grześ S., Rębarz K., Ratus K.: Wpływ deszczowania, technologii uprawy i nawożenia azotem na plonowanie i efekty ekonomiczne uprawy jęczmienia jarego. *Zesz. AR Poznań, Rolnictwo*, 2006, 66: 21-30.
- [10] Botello-Zubiate M.E., Alvarez A., Martinez-Villafane A., Almeraya-Calderon F., Matutes-Aquino J.A.: Influence of magnetic water treatment on the calcium carbonate phase formation and the electrochemical corrosion behavior of carbon steel. *J. Alloys Compounds*, 2004, 369: 256-259.
- [11] Coey J.M.D., Cass S.: Magnetic water treatment. *J. Magnetism Magnetic Material*, 1999, 209: 71-74.
- [12] Dvorska L.: Wie wirkt sich physikalische Wasseraufbereitung auf die Pflanzen. www.wasserfilter.org/giesswasser.php, 2007.
- [13] Evans G.C.: The quantitative analysis of plant growth. *Univ. California Press*, 1972.
- [14] Górski R., Tomczak M.: Wpływ namagnetyzowanej wody na skuteczność wybranych środków ochrony roślin. *Konferencja Naukowa „Racjonalna technika ochrony roślin”, OR Poznań*, 2007, 150-155.
- [15] Górski R., Wachowiak M.: Effect of magnetized water on the effectiveness of selected zoocides in the control of red spider mite (*Tetranychus urticae* Koch.) and grain weevil (*Sitophilus granaries* L.). *Journal of Plant Protection Research* 44(1): 13-19, 2004.
- [16] Guy'l-Akhmedov K.H., Seidaliev N.: The effects of magnetically treated irrigation water on quality of onion seedlings growth in zeoponics. *Cultivos Tropicales*, 1991, 17: 55-59.
- [17] Jankowiak J., Bieńkowski J., Jankowiak S.: Współczesne uwarunkowania stosowania nawodnień deszczownianych w rolnictwie. *Zesz. AR Poznań, Rolnictwo* 2006, 66: 121-129.

- [18] Kaniszewski S., Knaflski M., Pacholak E.: Efektywność produkcyjna nawadniania upraw ogrodniczych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1987, 326: 9-25.
- [19] Kornarzyński K., Pietruszewski S., Podleśny J.: Próba oszacowania wpływu namagnesowanej wody na kiełkowanie nasion roślin uprawnych. Konferencja Naukowa „Oddziaływanie pól elektromagnetycznych na środowisko rolnicze”, AR Lublin, 2006, 131-133.
- [20] Łabędzki L., Leśny J.: Skutki susz w rolnictwie – obecne i przewidywane w związku z globalnymi zmianami klimatycznymi. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie, 2008, 1: 7-9.
- [21] Lin I., Yotvat Y.: Electromagnetic treatment of drinking and irrigation water. Water and Irrigation Rev., 1989, 8: 16-18.
- [22] Morejon L.P., Palacio J.C., Abad L.V., Govea A.P.: Stimulation of *Pinus tropicalis* M. seeds by magnetically treated water. Inter. Agroph., 2007, 21: 173-177.
- [23] Namba K., Sasao A., Shibusawa S.: Effect of magnetic field on germination and plant growth. Acta Hort., 1995, 399: 143-147.
- [24] Orłowski M., Dobromilska R., 1998. Wpływ magnetycznego uzdatniania wody na plon i jakość pomidora szklarniowego. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 1998, 333: 241-245.
- [25] Osiecka A., Wiatr K.: Lista Opisowa Odmian. COBORU Słupia Wielka, 2010.
- [26] Podleśny J., Pietruszewski S.: Wpływ wody uzdatnionej magnetycznie na wzrost, rozwój i plonowanie bobiku. Annales UMCS, sectio E, Agricultura, 2009, 64: 52-58.
- [27] Podleśny J., Podleśna A.: Effect of rainfall amount and distribution on growth, development and yields of determinate and indeterminate cultivars of blue lupin. Polish Journal of Agronomy, 2011, 14: 16-22.
- [28] Prokopowicz J., Lipiński J.: Opłacalność ekonomiczna stosowania nawodnień w rolnictwie w warunkach klimatycznych Polski (wybrane zagadnienia). Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie, 2008, 1: 24-28.
- [29] Rochalska M.: Pole magnetyczne jako środek poprawy wigoru nasion. Acta Agrophysica, 2002, 62: 103-111.
- [30] Rokhinson E., Gak E., Klygina L.: Agricultural magnetic treaters for seeds and water. Inter. Agroph., 1994, 8: 305-310.
- [31] Stankiewicz T., Kozak K., Podleśny J., Pietruszewski S.: Wpływ wody uzdatnionej magnetycznie na kiełkowanie i wzrost siewek łubinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius* L.). Acta Sci. Pol. Technica Agraria, 2012, 11(1-2): 21-32.
- [32] Szczypiorowski A., Nowak W.: Badania nad zastosowaniem pola magnetycznego do intensyfikacji procesów oczyszczania ścieków. Gaz, Woda, Technika Sanitarna, 1995, 2: 31-36.
- [33] Tomaszek J., Czerwieniec E.: Analiza korozyjnej agresywności wody w aspekcie stosowania magnetyzerów. Gaz, Woda, Technika Sanitarna, 1995, 11: 411-414.
- [34] Treder W., Grzyb Z.S., Rozpara E.: Influence of irrigation on growth, field and fruit quality of plum trees cv. Valor grafted on two rootstocks. Acta Hort., 1998, 478: 271-275.