INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr II/1/2015, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 245–256
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

DOI: http://dx.medra.org/10.14597/infraeco.2015.2.1.020

WPŁYW SPOSOBU REGULOWANIA WILGOTNOŚCI GLEBY W MŁODYM SADZIE BRZOSKWINIOWYM NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE GLEBY

Janina Zawieja, Ewelina Gudarowska, Adam Szewczuk
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

EFFECT OF SOIL MOISTURE REGULATION METHOD IN YOUNG PEACH ORCHARD ON SELECTED PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL

Streszczenie

Doświadczenie polowe założono w 2012 roku w Stacji Dydaktyczno-Badawczej w Samotworze należącej do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. W badaniach prowadzonych w młodym sadzie brzoskwiniowym regulowano wilgotność gleby poprzez nawadnianie oraz wprowadzenie do gleby geokomopozytu. Ocenę wpływu zastosowanych metod na kształtowanie się niektórych właściwości fizycznych gleby w uprawie brzoskwini przeprowadzono wiosną i jesienią 2013 roku, w 1-szym roku owocowania drzew. Gleba na stanowiskach gdzie zastosowano nawadnianie wykazywała się wyższą gęstością objętościową w warstwie wierzchniej. Jednocześnie, w tych samych warunkach stwierdzono niższe wartości dla porowatości ogólnej. Wykorzystanie polimeru żelowego samodzielnie oraz z nawadnianiem spowodowało zmniejszenie gęstości objętościowej gleby w warstwie 15-20 cm. Warstwa gleby nad polimerem i z jednoczesnym zabiegiem nawadniania wyróżniła się istotnie najniższą wartością porowatości kapilarnej. Wprowadzenie geokompozytu do gleby w czasie

sadzenia drzew może poprawić zdolność gleby do zatrzymywania wody i jej oszczędnego gospodarowania przez cały okres wegetacji drzew.

Słowa kluczowe: gekompozyt, nawadnianie, sad, gęstość, wilgotność, porowatość gleby

Summary

The experiment was set founded in 2012 in the Research Station in Samotwór belonging to the University of Life Sciences in Wrocław. The soil moisture in the peach orchard was controlled by the using of drip irrigation and geocomposite placed in the soil. The impact of these factors on the formation of some physical properties of soil was estimated in the 2 nd year of cultivation. It was the 1st year of the peach trees yielding. The soil under irrigation had the higher bulk density in the surface layer and lower values of porosity. The use of polymer gel alone and with irrigation reduced the soil bulk density in the soil layer at 15-20 cm of depth. The soil under polymer and irrigation was characterized by the lowest value of the capillary porosity. Introduction geocomposite into the soil at the time of planting trees can improve the ability of the soil to retain water in the soil and its efficient management throughout the growing season of trees.

Key words: *geocomposite, irrigation, orchard, bulk density, moisture, porosity of soil*

WSTĘP

Jakość gleb Karlen i in. (1997) definiują poprzez jej zdolność do funkcjonowania w naturalnych lub przekształconych rolniczo siedliskach, do utrzymywania produktywności roślin oraz do zachowania jakości wody i powietrza. Do wskaźników jej oceny autorzy zaliczają miedzy innymi: skład granulometryczny, strukturę i zagęszczenie gleby, właściwości wodne czy zaskorupienie. Do podstawowych zagrożeń gruntów ornych według Krasowicza i in. (2011) zalicza się ich degradację, która wynika z zagęszczania i zasklepiania się gleb. Jednocześnie Jaroszewska (2011), Koćmit i in. (1996), Poniatowski (2003) uważają właściwości fizyczne za pośrednią miarę zdolności gleby do zaopatrywania korzeni w wodę i tlen.

Woda zawarta w glebie tylko w niewielkiej części jest wykorzystywana efektywnie przez rośliny. Na glebach, zwłaszcza piaszczystych, znaczna część wody jest tracona przez przenikanie w głębsze warstwy lub przez parowanie.

Występujące i przewidywane zmiany klimatyczne prowadzą do długoterminowych tendencji w kierunku wyższych temperatur, ewapotranspiracji oraz większej i zwiększonej częstości występowania suszy (Yazdani i in. 2007). Oznacza to występowanie większego ryzyka deficytu wody użytecznej dla roślin oraz rosnące zapotrzebowanie na nawadnianie roślin (Kuchar, Iwański 2011). Zmniejszające się zasoby wody nie tylko podwyższają koszty nawadniania, ale również wymuszają poszukiwania innych metod zapewnienia optymalnej wilgotności gleby. Aby przeciwdziałać wahaniom wilgotności lub okresowym niedoborom wody w glebie poszukuje się rozwiązań poprawiającym między innymi właściwości sorpcyjne gleby. Jednym z takich rozwiązań mogą być superabsorbenty zwane agrożelami, hydrożelami, syntetycznymi polimerami żelowymi lub polimerowymi dodatkami doglebowymi (Paluszek 2003; Bartnik 2008).

Pod względem chemicznym superabsorbenty stosowane w rolnictwie pochodzą najczęściej z grupy usieciowionych poliakrylamidów lub usieciowionych kopolimerów akryloamido-akrylanów (Jhurry 1997; Dąbrowska, Lejcuś 2012). Mogą one absorbować duże ilości wody. 1 g może absorbować nawet 1000 g wody demineralizowanej. W praktyce rolniczej ze względu na ich małą odporność mechaniczną, nie stosuje się absorbentów o chłonności większej niż 600 g . g^{-1}. Superabsorbenty zwiększają pojemność wodną gleby, jednocześnie przeciwdziałając jej utracie przez przesiąkanie i parowanie (Leciejewski 2008). Kryształki agrożelu znajdujące się w glebie umożliwiają szerokim kapilarom zatrzymywanie wody. Na zjawisko to wpływa zwiększenie ilości małych kapilar oraz zmniejszenie wymiarów porów (Sroka 2004). Korzystny wpływ superabsorbentów wiąże się nie tylko ze zwiększeniem retencji wody w glebie, ale także z pozytywnym wpływem na strukturę gleby oraz ograniczeniem biogenów do wód (Dąbrowska, Lejcuś 2012). Jako dodatki do gleby mogą również przeciwdziałać erozji wodnej i powietrznej (Paluszek, 2003, 2004, 2009, 2010 a,b).

Geokompozyty poprawiają trwałość agregatów, przez co przyczyniają się do kształtowania zagęszczenia gleby oraz jej właściwości fizyko–chemicznych, biologicznych i powietrzno–wodnych [Paluszek 2003]. Hydrożele powodują zmiany struktury gleby, jej spulchnienia, poprzez wielokrotne pęcznienie i skurcze, powodowane pobieraniem wody przez rośliny. Ważną cechą, jaką wykazują superabsorbenty jest zdolność do poprawy napowietrzenia gleby. Dzięki swobodnemu przerostowi korzeni roślin przez geowłókninę geokompozytu, mogą one pobierać wodę zgromadzoną w hydrożelu (Lejcuś i in. 2008). Paluszek (2009) wykazał, że wielkocząsteczkowe polimery syntetyczne przyczyniają się do wiązania cząstek i mikroagregatów glebowych w trwałe makroagregaty.

Celem nadań była ocena wpływu geokompozytu i nawadniana kroplowego na kształtowanie się niektórych właściwości fizycznych gleby w młodym sadzie brzoskwiniowym.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Ocenę wpływu oddziaływania różnych sposobów regulacji wilgotności gleby geokompozytu i nawadniania na przedstawione w pracy właściwości fizyczne gleby przeprowadzono w Stacji Dydaktyczno-Badawczej w Samotworze, należącej do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

Badania właściwości gleb prowadzono wiosną i jesienią 2013 roku w 2-letnim sadzie brzoskwiniowym, plaskoowocowej odmiany 'SATURN' na podkładce siewka Mandżurska. Badania prowadzono w 1-szym roku owocowania drzew. Drzewa posadzono w rozstawie 4 x 1,5 m. Doświadczenie założono metodą losowanych bloków, w czterech powtórzeniach, po 4 drzewa w powtórzeniu.

W doświadczeniu zastosowano następujące warianty regulowania wilgotności gleby:

- nawadnianie 100% dawki
- wprowadzenie do gleby geokompozytu
- geokompozyt i nawadnianie 50% dawki
- obiekt kontrolny.

Do nawadniania wykorzystano taśmy kroplujące T-Tape TSX 515-50-380, z emiterami co 50 cm i wydatkiem 3,8 l na 1 mb/1 h.. Podczas jednorazowego nawadniania roślinie dostarczano około 20 l wody, a w kombinacji z geokompozytem 10 l. Zastosowany geokompozyty składał się z: suberabsorbenta utworzonego z usieciowionego polimeru soli potasowej na bazie kwasu akrylowego, wewnętrznego szkieletu w postaci siatki z tworzywa sztucznego, który zapewniał swobodne pęcznienie żelu oraz zewnętrznej włókniny. Geokomozyt zastosowano w formie dwóch pierścieni (każdy o pojemności 1,6 l) okalających system korzeniowy.

Gleba w sadzie w pierwszym roku w międzyrzędziach pielęgnowana była mechaniczne z użyciem glebogryzarki. Od połowy maja do końca listopada wykonano przy jej użyciu dziewięć zabiegów pielęgnacyjnych. W roku 2013 założono murawę z mieszanki traw: rajgras angielski, kostrzewa czerwona, wiechlina roczna. Mieszankę wysiano w ilości 40 kg · ha^{-1}. W rzędach drzew w okresie od maja do lipca 2012 chwasty usuwano ręcznie. Po tym czasie chwasty są usuwane chemicznie z wykorzystaniem herbicydów na bazie glifosatu oraz preparatów z grupy regulatorów wzrostu.

Próbki gleby pobrano w obrysie korony drzew, do stalowych cylinderków Kopecky'ego pobrano w dwóch powtórzeniach na poletku z warstw: 5–10 i 15–20 cm. Były one podstawą do zbadania:

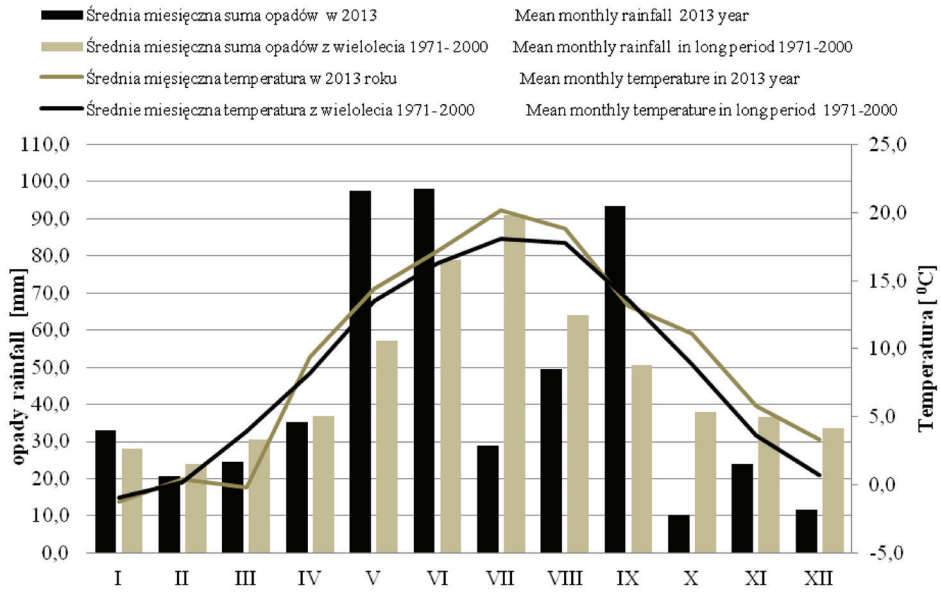
- gęstości objętościowej
- porowatości ogólnej
- porowatości kapilarnej

- wilgotności
- zapasu wody

Zwięzłość gleby oznaczono za pomocą sondy uderzeniowej w pięciu powtórzeniach na poletku w warstwach, co 5 cm do głębokości 30 cm. Ocenę wszystkich przedstawionych właściwości fizycznych gleby przeprowadzono w dwóch terminach: w okresie rozwoju owoców (BBCH 71) oraz po zakończeniu wegetacji drzew (BBCH 99).

Uzyskane wyniki pracowano statystycznie metodą analizy wariancji a istotność różnic oceniano testem T-Studenta na poziomie istotności 5%.

Sad założono na glebie klasy IIIb, płowej, wytworzonej z gliny lekkiej, słabo spiaszczonej, zalegającej na glinie średniej. Warunki pogodowe na terenie Stacji Badawczo-Dydaktycznej w 2013 roku przedstawiono na rys. 1.



Rysunek 1. Warunki pogodowe w 2013 roku w Samotworze na tle danych z wielolecia.

Figure 1. The weather conditions in Samotwór in 2013 year on the background of many years

Rok badań charakteryzował się niższą sumą opadów rocznych (526,6 mm) w porównaniu do średniej z wielolecia (569,0 mm) i nierównomiernym rozłożeniem w czasie okresu wegetacji. Stosunkowo wysoki poziom opadów notowano w miesiącach maj, czerwiec oraz wrzesień. Różnice w porównaniu z danymi z wielolecia wynosiła odpowiednio 70,9; 24,5 i 84,6%. Nad-

miar odpadów był przyczyną podtopienia części poletek i mógł utrudnić wegetację drzew. Miesięczne sumy opadów w lipcu i październiku w roku oznaczeń były znacznie niższe niż te odnotowane dla wielolecia a różnica wynosiła 68,3 i 73,1%. Średnia temperatura powietrza w sezonie wegetacyjnym 2013 kształtowała się zazwyczaj na wyższy poziomie w każdym miesiącu w porównaniu ze średnimi wieloletnimi.

Tabela 1. Gęstość objętościowa gleby [Mg · m^{-3}]
Table 1. Bulk density of soil [Mg · m-3]

Regulacja wilgotności Moisture control	Faza rozwojowa – Growth stage		Średnio Mean
	BBCH 71	BBCH 99	
warstwa – layer 5–10 cm			
Kontrola – control	1,53	1,47	1,50
Nawadnianie – irrigation	1,56	1,57	1,57
Geokompozyt– geocomposite	1,54	1,54	1,54
Nawadnianie + geokompozyt Irrigation +geocomposity	1,58	1,54	1,56
$NIR_{0,05}$ – $LSD_{0.05}$	r.n. – n.s.	0,05	
warstwa – layer 15–20 cm			
Kontrola – control	1,65	1,56	1,61
Nawadnianie – irrigation	1,62	1,52	1,57
Geokompozyt– geocomposity	1,58	1,53	1,56
Nawadnianie + geokompozyt Irrigation +geocomposity	1,54	1,55	1,55
$NIR_{0,05}$ – $LSD_{0.05}$	0,07	r.n. – n.s.	

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Wprowadzony do gleby geokompozyt i nawadnianie kropelkowe w okresie wzrostu owoców różnicowały istotnie gęstość gleby w warstwie 15-20 cm (tab. 1). Po zastosowaniu nawadniania łącznie z geompozytem oraz samego geokompozytu stwierdzono istotnie niższą wartość tej cechy w porównaniu do kontroli i obiektu z nawadnianiem. Różnica wynosiła odpowiednio o 6,5 i 4,9% i o 4,2 i 2,5%. Dzieje się tak dzięki temu, że hydrożel pęcznieje podczas nawilżania i powoduje rozluźnienie masy glebowej (Paluszek 2003, Paluszek 2010a). W warstwie powierzchniowej (5-10 cm) w tym sposobie regulacji poziomu wilgotności gleby uzyskane wyniki kształtowały się zawsze na nieznacznie wyższym poziomie w porównaniu do kontroli. W drugim terminie badań, w okre-

sie rozpoczynającego się spoczynku drzew, na stanowisku, gdzie utrzymywano wilgotność gleby w czasie wegetacji na optymalnym poziomie dla brzoskwiń gęstość gleby w warstwie 5-10 cm cechowała się istotnie wyższa wartością w porównaniu do kontroli. Może to świadczyć o tendencji do zaskorupiania się gleby w wierzchniej warstwie na skutek stosowania nawadniania. Inne zależności w swoich badaniach stwierdziła Jaroszewska (2010), według której gęstość gleby spod brzoskwini i śliwy po zastosowaniu nawadniania zmniejszyła się.

Wilgotność gleby po zastosowaniu nawadniania i geokompozytu zawsze osiągała wyższe wartości niezależnie od terminu badań i głębokości gleby (tab. 2). W okresie wzrostu owoców wilgotność gleby z geokompozytem była zbliżona do stanu przy nawadnianiu, a w końcowym okresie wegetacji drzew nieznacznie niższa. Podobnie Paluszek (2010a) zauważa poprawę właściwości wodnych gleby pod wpływem polimerów żelowych.

Tabela 2. Wilgotność gleby [$cm^{-3} \cdot 100\ cm^{-3}$]
Table 2. Moisture of soil [$cm^{-3} \cdot 100\ cm^{-3}$]

Regulacja wilgotności Moisture control	Faza rozwojowa – Growth stage		Średnio Mean
	BBCH 71	BBCH 99	
warstwa – layer 5–10 cm			
Kontrola – control	14,6	19,3	16,95
Nawadnianie – irrigation	16,2	22,2	19,20
Geokompozyt– geocomposity	16,5	19,7	18,10
Nawadnianie + geokompozyt Irrigation +geocomposity	16,2	20,4	18,30
$NIR_{0,05}$ $LSD_{0.05}$	r.n. – n.s.	1,62	
warstwa – layer 15–20 cm			
Kontrola – control	17,8	21,6	19,70
Nawadnianie – irrigation	18,0	22,9	20,45
Geokompozyt– geocomposity	18,6	22,1	20,35
Nawadnianie + geokompozyt Irrigation +geocomposity	18,2	21,4	19,80
$NIR_{0,05}$ – $LSD_{0.05}$	r.n. – n.s.	r.n. – n.s.	

Zapas wody obserwowany w glebie podczas wegetacji był ściśle uzależniony od jej uwilgotnienia (tab.3). W badaniach Jaroszewskiej (2011) zapas wody był wyższy na poletkach nawadnianych i nie nawadnianych, na których zastosowano wysokie nawożenie. Badana cecha zależała również od terminu pobierania próbek. Doświadczenia Boatright i in. (1997) wykazały, że

w podłożach z polimerami, wilgotność gleby wzrastała wraz ze zwiększająca się dawką polimeru, nawet w okresach intensywnych opadów

Tabela 3. Zapas wody w glebie [mm]
Table 3. Water reserves on medium soil [mm]

Regulacja wilgotności Moisture control	Faza rozwojowa – Growth stage		Średnio Mean
	BBCH 71	BBCH 99	
warstwa – layer 5–10 cm			
Kontrola – control	7,30	9,60	8,45
Nawadnianie – irrigation	8,09	11,10	9,60
Geokompozyt– geocomposity	8,31	9,80	9,06
Nawadnianie + geokompozyt Irrigation +geocomposity	8,08	10,15	9,12
$NIR_{0,05} – LSD_{0.05}$	r.n. – n.s.	0,8	
warstwa – laser 15–20 cm			
Kontrola – control	8,75	10,80	9,78
Nawadnianie – irrigation	9,41	11,40	10,41
Geokompozyt– geocomposity	9,28	11,00	10,14
Nawadnianie + geokompozyt Irrigation +geocomposity	9,10	10,65	9,88
$NIR_{0,05} – LSD_{0.05}$	r.n. – n.s.	r.n. – n.s.	

Efektem działania hydrożeli może być przerwanie ciągłości mikroporów, co wpływa na ograniczenie parowania z gleby, przy jednoczesnym zachowaniu jej porowatości. Wpływa to pozytywnie na korzenie roślin, zapobiegając procesom gnilnym, szczególnie na glebach ciężkich (Lejcuś i in. 2008).

W prowadzonym doświadczeniu, porowatość ogólna w pierwszym terminie istotnie różniła się w warstwie uprawnej na głębokości 15-20 cm (tab. 4). Największą porowatość ogólną gleby odnotowano na stanowisku z nawadnianiem i geokompozytem. Była ona istotnie wyższa o 11,3% w porównaniu do kontroli i o 7,2% do samego nawadniania. Wprowadzenie geokompozytu także wpłynęło na wzrost wartości tej cech w porównaniu do dwóch pierwszych obiektów. Jednak różnice nie zostały potwierdzone statystycznie. W końcowym okresie wegetacji w stanowiskach nawadnianiu obserwowano zmniejszenie wartości tej cechy w wierzchniej warstwie, co przy jednoczesnym wzroście gęstości świadczy o zmniejszaniu w glebie ilości przestworów powietrznych. Według Paluszka (2010a) dodatek Agro Aquagelu 420 zwiększa porowatość ogólną. Również w badaniach laboratoryjnych Owczarzaka i in. (2006) wzrastała porowatość gleby, a w konsekwencji szybszy i korzystniejszy jakościowo rozpad agregatów

pierwotnych na agregaty wtórne > 25 mm. W przeprowadzonych badaniach, na właściwości fizykomechaniczne gleby miała wpływ dawka hydrożelu. Wraz ze wzrostem dawek hydrożelu, wzrastała pojemność wodna agregatów, a szczególnie pojemność kapilarna. Ci sami autorzy podkreślają również, że w badaniach polowych, warunkiem korzystnego działania hydrożelu było nawadnianie (Owczarzak i in. 2006).

Zróżnicowanie porowatości kapilarnej gleby w uprawie brzoskwini w jej warstwie powierzchniowej było istotnie zależne od sposobu regulowania wilgotności w terminach badań (tab. 5). Po zastosowaniu nawadniania na stanowisku, gdzie wcześniej do gleby wprowadzono gekompozyt wartość tej cechy uzyska istotnie niższą wartość w porównaniu do pozostałych obiektów.

Sposób utrzymania wilgotności gleby w uprawie brzoskwini nie oddziaływał w sposób istotny na jej zwięzłość (tab. 6). Badania wykazały, iż nieistotnie wyższą zwięzłością w okresie rozwoju owoców cechowała się gleba w stanowiskach, gdzie nie stosowano żadnych czynności kontrolujących wilgotność gleby oraz w stanowisku z geokompozytem a najniższą przy nawadnianiu. Jednak pod koniec okresu wegetacji na stanowisku nawadnianym stwierdzono najwyższą wartość tej cechy.

Tabela 4. Porowatość ogólna gleby [$cm^3 \cdot 100\ cm^{-3}$]
Table 4. Total porosity of soil [$cm^3 \cdot 100\ cm^{-3}$]

Regulacja wilgotności Moisture control	Faza rozwojowa – Growth stage		Średnio Mean
	BBCH 71	BBCH 99	
warstwa – layer 5–10 cm			
Kontrola – control	41,0	43,6	42,30
Nawadnianie – irrigation	40,9	39,6	40,25
Geokompozyt– geocomposity	40,6	42,6	41,60
Nawadnianie + geokompozyt Irrigation +geocomposity	39,3	40,8	40,05
$NIR_{0,05} – LSD_{0.05}$	r.n. – n.s.	1,45	
warstwa – layer 15–20 cm			
Kontrola – control	36,3	40,7	38,50
Nawadnianie – irrigation	37,7	41,4	39,55
Geokompozyt– geocomposity	38,8	40,5	39,65
Nawadnianie + geokompozyt Irrigation +geocomposity	40,4	40,3	40,35
$NIR_{0,05} – LSD_{0.05}$	2,46	r.n. – n.s.	

Tabela 5. Porowatość kapilarna gleby [$cm^3 \cdot 100\ cm^{-3}$]
Table 5. Capillary porosity of medium soil [$cm^3 \cdot 100\ cm^{-3}$]

Regulacja wilgotności Moisture control	Faza rozwojowa – Growth stage		Średnio Mean
	BBCH 71	BBCH 99	
warstwa – layer 5–10 cm			
Kontrola – control	33,6	32,7	33,15
Nawadnianie – irrigation	34,1	32,5	33,30
Geokompozyt– geocomposity	33,4	33,6	33,50
Nawadnianie + geokompozyt Irrigation + geocomposity	32,5	31,6	32,05
$NIR_{0,05} – LSD_{0.05}$	0,98	1,00	
warstwa – layer 15–20 cm			
Kontrola – control	31,6	33,2	32,40
Nawadnianie – irrigation	32,1	33,3	32,70
Geokompozyt– geocomposity	32,7	33,3	33,00
Nawadnianie + geokompozyt Irrigation +geocomposity	33,1	32,4	32,75
$NIR_{0,05} – LSD_{0.05}$	r.n. – n.s.	r.n. – n.s.	

Tabela 6. Zwięzłość gleby w warstwie 0–30 cm [MPa]
Table 6. Compaction of soil in layer 0–30 cm [MPa]

Regulacja wilgotności Moisture control	Faza rozwojowa – Growth stage		Średnio Mean
	BBCH 71	BBCH 99	
Kontrola – control	9,52	5,82	7,67
Nawadnianie – irrigation	7,24	6,81	7,025
Geokompozyt– geocomposity	9,32	5,43	7,38
Nawadnianie + geokompozyt Irrigation +geocomposity	8,00	6,09	7,04
$NIR_{0,05} – LSD_{0.05}$	r.n. – n.s.	r.n. – n.s.	

WNIOSKI

1. Zastosowanie nawadniania kroplowego w uprawie brzoskwini przyczynia się do wzrostu gęstości gleby, a zmniejszenia porowatości ogólnej w warstwie wierzchniej gleby (5-10 cm).

2. Wykorzystanie polimeru żelowego samodzielnie jak i jednoczesnym nawadnianiem, wpłynęło istotne na zmniejszenie gęstości objętościowej gleby w warstwie 15-20 cm.
3. Warstwa gleby nad polimerem i z jednoczesnym zabiegiem nawadniania wyróżniała się najniższą wartością porowatości kapilarnej.
4. Wprowadzenie geokompozytu do gleby w czasie sadzenia drzew może poprawić jej zdolność do zatrzymywania wody i jej oszczędnego gospodarowania przez cały okres wegetacji drzew.

LITERATURA

Bartnik C., 2008. *Wpływ hydrożelu na przeżywalność siewek i sadzonek sosny pospolitej w warunkach suszy.* Studia i Materiały Centrum edukacji Przyrodniczo-Leśnej. Wyd. SGGW, Warszawa, Rocz. 10, 2 (18): 329–338.

Boatright J.L., Balint D.E., Mackay W.A., Zajicek J.M., 1997. *Incorporation of Hydrophilic Polymer into Annual Landscape Beds*. J. Environ. Hort.15 (1), 37-40.

Dąbrowska J., Lejcuś K. 2012. *Charakterystyka wybranych właściwości superabsorbentów*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 3/IV, 59–68.

Jaroszewska A. 2011. *Wpływ nawadniania podkoronowego i nawożenia mineralnego na wybrane wskaźniki żyzności gleby lekkiej użytkowanej sadowniczo. Cz. I. Gęstość objętościowa i zapas wody glebowej.* Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 5, 127–135.

Jhurry D., 1997. *Agricultural Polymers*. Proceedings 2nd Annual Meeting of Agricultural Scientists Food and Agricultural Council, Réduit, Mauritius 19-113.

Karlen D.L. Mausbach M. J., Doran J.W., Cline R.G., Harris R.F., Schuman g.E. 1997. *Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation*. Soil Sci. Soc. Am. J. 64, 4-10.

Koćmit A., Tomaszewicz T., Raczkowski B., Chudecka J., Podlasinski M., Ściążko K. 1996. *Wpływ nawożenia mineralnego i deszczowania na fizyczne właściwości gleby lekkiej*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 438, 313–324.

Krasowicz S., Oleszek W., Horabik J., Dębicki R., Jankowiak J., Stuczyński T., Jadczyszyn J., 2011. *Racjonalne gospodarowanie środowiskiem glebowym Polski*. Polish J. Agron., 7, 43–58.

Kuchar L., Iwański S., 2011. *Symulacja opadów atmosferycznych dla oceny potrzeb nawodnień roślin w perspektywie oczekiwanych zmian klimatycznyc*h. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, (5): 7-18

Leciejewski P. 2008. *Wpływ wielkości dodatku hydrożelu na zmiany uwilgotnienia i tempo przesychania gleby piaszczystej w warunkach laboratoryjnych*. Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej Wyd. SGGW, Warszawa, R. 10. Zeszyt 2 (18), 316–328.

Lejcuś K., Orzeszyna H., Pawłowski A., Garlikowski D., 2008. *Wykorzystanie superabsorbentów w zabezpieczeniach przeciwerozyjnych*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, (9): 189-194.

Owczarzak W., Karczmarek Z. Szukała J., 2006 *Wpływ Hydrożelu STOCKOSORB na wybrane właściwości strukturotwórcze gleby płowej i czarnej ziemi*. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. Vol. 51(3), 55-61

Paluszek J. 2003. *Kształtowanie syntetycznymi polimerami właściwości gleb erodowanych terenów lessowych*. AR Lublin, Zeszyt 277.

Paluszek J. 2004. *Wpływ hydrożelu na właściwości gleb erodowanych*. Annales UMCS, Vol. LIX, nr 1, Sectio E, 149–156.

Paluszek J. 2009. *Wpływ polimeru TerraCottem na strukturę zerodowanej gleby płowej*. Acta Agrophysica 14 (3), 713–724.

Paluszek J. 2010a. *Wpływ dodatku AgroAquaGelu 420 na fizyczne właściwości erodowanej gleby płowej*. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, UP Lublin, (44), 107–116.

Paluszek J. 2010b. *Zmiany struktury zerodowanej gleby płowej wytworzonej z lessu pod wpływem dodatku polimeru AgroAquaGel 420*. Prace i Studia Geograficzne. UP Lublin, (45), 345–356.

Poniatowski J. 2003. Gęstość objętościowa gleb mineralnych i jej znaczenie dla warunków rozwoju roślin. Roczn. Glebzn. 54, 4, 103–113.

Sroka P.,2004. Polimery – lekarstwo na suszę. Aura 11: 5-7

Yazdani F., Allahdadi I., Akbari G.A., 2007. *Impact of Superabsorbent Polymer on Yield and Growth Analysis of Soybean (Glycine max. L.) Under Drought Stress Condition*. Pakistan J. of Biological Sciences 10 (23): 4190-4196.

Dr hab. Janina Zawieja
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
50-363 Wrocław
pl. Grunwaldzki 24a
Katedra Kształtowania Agroekosystemów i Terenów Zieleni
tel. 71 320 16 77
e-mail: janina.zawieja@up.wroc.pl
Dr inż. Ewelina Gudarowska
Prof. dr hab. Adam Szewczuk
Katedra Ogrodnictwa
tel. 71 320 17 39
e-mail. ewelina. gudarowska@up.wroc.pl

Wpłynęło: 10.01.2015
Akceptowano do druku: 17.04.2015