

# WPŁYW HYDROŻELU NA PRZEŻYwalNOŚĆ SIEWEK I SADZONEK SOSNY POSPOLITEJ W WARUNKACH SUSZY

Czesław Bartnik

## Abstrakt

Jednym ze sposobów chociażby częściowego zmniejszenia deficytu wody, szczególnie na glebach lekkich może być zastosowanie dodatków doglebowych, powodujących zwiększenie retencji wodnej, jednocześnie poprawiających strukturę gleby i przeciwdziałających erozji wodnej i wietrznej. Do grupy takich produktów należą polimerowe dodatki doglebowe. Hydrożele (superabsorbenty) są substancjami syntetycznymi, które są w stanie wchłonąć nawet do 1000 razy więcej wody niż same ważą. Mają one szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach gospodarki.

Na podstawie badań przeprowadzonych z hydroabsorbentem AQUATERRA stwierdzono, że pojemność wodna gleby zwiększa się o 100% przy zastosowaniu 5 g hydrożelu/1 kg gleby leśnej. Po dodaniu hydroabsorbentu do gleby (4–5 g/1 kg gleby) w warunkach suszy okres przeżywalności siewek sosny wydłużył się o 50% w porównaniu do siewek bez hydrożelu w glebie. Natomiast przeżywalność sadzonek sosny pospolitej (1/0) otoczkowanej w hydrożelu i wysadzonej po 1 do 12 dniach przechowywania w warunkach suszy była średnio o 30% wyższa w porównaniu z partią kontrolną.

## THE INFLUENCE OF HYDROGEL ON THE SURVIVAL RATE OF SEEDLINGS AND THE PLANTS OF *PINUS SYLVESTRIS* L. DURING DROUGHT

### Abstract

One of the way to partial reduction of water deficit, especially on light soils, can be application of soil additives causing the enlargement of water retention, simultaneously adjusting the structure of soil and counteracting the wind and water erosion. Polymers of soil additives belong to the group of such products. Hydrogels (superabsorbents) are the synthetic substances, which are able to absorb even to 1000 times more water than they weigh alone. They have the wide use in different fields of economy. Based on conducted investigations with hydroabsorbent AQUATERRA, it was confirmed, that the water capacity of soil enlarged by 100%, when use of 5 g the hydrogel/1 kg of forest soil was performed. After addition of

hydroabsorbent to soil (4–5 g/1 kg soil) in conditions of drought period of the survivability seedlings of *Pinus sylvestris* L. extended by about 50% in comparison to seedlings without hydrogel in soil.

Whereas the survivability of the plants *Pinus sylvestris* L. (1/0) hydrogel covered and planted after 1 to 12 days of the storage in conditions of drought was by about 30% higher in comparison to control lot.

## Wstęp

Występujące w ostatnich latach zmiany klimatyczne skutkujące między innymi nieregularnymi opadami deszczu i długotrwałymi okresami suszy, są czynnikami obniżającymi produktywność i przeżywalność roślin w uprawach polowych. Problem ten dotyka przede wszystkim uprawy na glebach lekkich, przepuszczalnych, o niskiej retencji wodnej, a więc bardzo wrażliwych na brak opadów. Stosowanie sztucznych nawodnień, które mogą zlikwidować jedynie niedobory wody, nie zawsze jest możliwe i z reguły bardzo drogie.

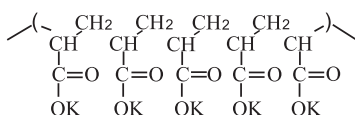
Jednym ze sposobów chociażby częściowego zmniejszenia deficytu wody, może być zastosowanie przez leśników dodatków doglebowych, powodujących zwiększenie retencji wodnej, jednocześnie poprawiających strukturę gleby i przeciwdziałających erozji wodnej i wietrznej. Do grupy takich produktów należą polimerowe dodatki doglebowe.

Przed około pięćdziesięciu laty nastąpił wzrost zainteresowania polimerami charakteryzującymi się zdolnościami do pochłaniania dużych ilości wody. Masowa produkcja hydrożeli spowodowała znaczne obniżenie ich ceny i umożliwiła stosowanie ich na szerszą skalę w produkcji rolnej, ogrodniczej i leśnej.

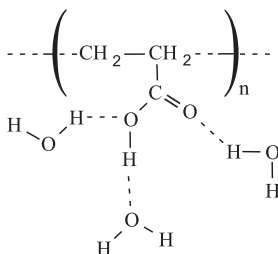
## Co to są hydrozele?

Hydrozele (superabsorbenty) są substancjami syntetycznymi, które są w stanie wchłonać nawet do 1000 razy więcej wody niż same ważą. Hydrozele pod względem chemicznym są usieciowanymi, nierozpuszczalnymi w wodzie polimerami, przeważnie na bazie akryloamidu, kwasu akrylowego lub metakrylowego i ich pochodnych. Otrzymuje się je na drodze polimeryzacji monomerów z substancjami diwinyłowymi, które wiążą pojedyncze łańcuchy w sieć.

Pośród superabsorbentów można wyróżnić dwie grupy polimerów: jonowe/ kationowe, anionowe np. usieciowany kwas poliakrylowy (poniższy wzór), polimetakrylowy i ich sole, i niejonowe (np. usieciowany poliakryloamid).



W praktyce stosowania polimerów jonowych zastosowanie znalazły polimery anionowe. Monomery o charakterze kationowym są stosunkowo drogie. Grupy anionowe (karboksylowe) zwiększają chłonność hydrożeli. Wodę wiążą wiązania wodorowe pomiędzy protonami wody i atomami tlenu grup karboksylowych (przerwane linie – poniższy wzór).



### Jak działają hydrożele w glebie?

Woda zawarta w glebie efektywnie jest wykorzystywana przez rośliny w niewielkiej części. W glebach, szczególnie piaszczystych, znaczna część wody jest tracona przez przenikanie w głębsze warstwy lub przez parowanie. Superabsorbenty zwiększają pojemność wodną gleby, jednocześnie przeciwdziałając jej utracie przez przesiąkanie i parowanie. Z doświadczeń wynika, że kryształki hydrożelu znajdujące się w piaszczystej glebie umożliwiają szerokim kapilarom zatrzymanie wody, zaś w pozbawionej superabsorbentów glebie szerokie kapilary nie wykazują tych właściwości. Na to zjawisko wpływa zwiększenie się ilości małych kapilar, a także zmniejszenie wymiarów porów (Sroka 2006).

Innym efektem powodującym zatrzymanie wody w glebie jest blokowanie kanałów umożliwiających utratę wody z powierzchni gleby przez jej grawitacyjny spływ i parowanie. Na skutek tych efektów dodatkowo wzrasta wilgotność w glebie, a w konsekwencji polepsza się zaopatrzenie roślin w wodę. Superabsorbenty charakteryzujące się olbrzymią chłonnością wody, zmieszane z glebą, zwiększają jej pojemność wodną, przeciwdziałają stresom wodnym zapewniając roślinom wilgoć, a także ograniczają parowanie wody z gleby. Przeciwdziałają gwałtownym zmianom wilgotności gleby działając jako bufor wodny. W czasie nawodnień lub deszczu wiążą wodę zapobiegając jej przesiąkaniu w głębsze warstwy gleby i powierzchniowemu spływowi. Wymienione wyżej efekty obserwuje się już przy niewielkich dawkach suchego supersorbentu zmieszanego z podłożem w ilości 0,05–0,5%. Z zatrzymanej przez supersorbent wody rośliny mogą wykorzystać ponad 90%.

Hydrożel na skutek oddawania wody roślinom kurczy się, powodując powstawanie pustek w glebie. Poprzez wielokrotne powiększanie i zmniejszanie swojej objętości poprawia strukturę gleby, powodując jej spulchnienie i napowietrzenie. Wraz ze wzrostem dawek hydrożelu, wzrasta pojemność wodna agregatów, szczególnie maksymalna pojemność kapilarna, zagęszczenie gleby i jej porowatość. Stwarza to korzystne warunki powietrzno-wodne w glebie, kształtujące odpowiedni dla roślin klimat glebowy (Owczarzak i in. 2006).

W podłożach wzbogacanych superabsorbentami, nie woda, lecz składniki pokarmowe są czynnikiem limitującym wzrost roślin. Hydrozele można nasycić składnikami nawozowymi (np. rozpuszczalne fosforany, jony potasu, związki azotu), które nie są natychmiast wymywane przez wodę, lecz stopniowo uwalniane do środowiska glebowego, a następnie przyswajane przez rośliny. Ograniczenie wymywania składników pokarmowych przez superabsorbenty odbywa się w dwojaki sposób: przez absorpcję związków nawozowych i przez zatrzymywanie wody w glebie, dzięki czemu superabsorbenty nie dopuszczają do wymywania związków rozpuszczalnych i koloidów w głębsze warstwy gleby i odprowadzania ich do cieków wodnych.

## Metodyka badań

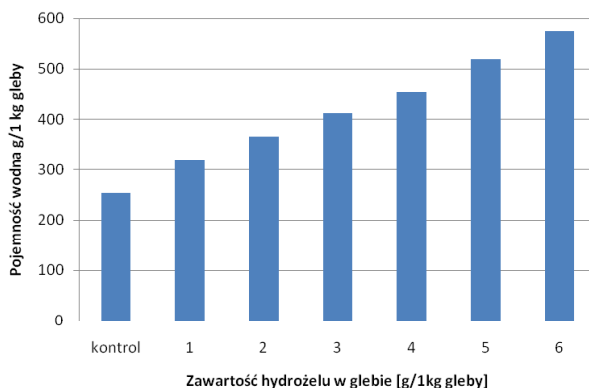
Badania nad zmianą pojemności wodnej gleby i przeżywalnością siewek sosny pospolitej w warunkach suszy w zależności od stężenia hydrożelu w glebie przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych. Do testu wykorzystano hydroabsorbent AQUATERRA – usieciowiony poliakrylan potasu. Glebę leśną pobraną z pod drzewostanu sosnowego na siedlisku BMśw w Nadleśnictwie Niepołomice. Po wysuszeniu i zważeniu i dodaniu do niej odpowiednio od 1 do 6 g hydrożelu, gleba została umieszczona w doniczkach (po 5 doniczek na każdy dodatkowy gram hydrożelu), a następnie dodaną do nich wodę zdemineralizowaną w ilości odpowiadającej maksymalnej pojemności wodnej gleby. Następnie po tygodniu do tych samych doniczek wysiano nasiona sosny pospolitej w ilości 15 sztuk na doniczkę. Po wykiełkowaniu nasion, po tygodniu a następnie co 3 dni analizowano przeżywalność siewek w poszczególnych doniczkach. Aby uzyskać efekt suszy, siewek nie podlewano i trzymano je w temperaturze ok. 25°C.

Z kolei przeżywalność sadzonek sosny (0/1) testowano w 2 wariantach: z otoczkowaniem hydrożelem systemu korzeniowego sadzonek oraz z dodatkiem hydrożelu do gleby. Otoczkowanie sosny polegało na zanurzeniu jej systemu korzeniowego w roztworze hydrożelu z wodą w stosunku 8 g hydrożelu na 100 litrów wody. Tak zabezpieczony system korzeniowy sosny osłonięto bocznie folią i jedną partię sosny umieszczono w dołowniku, a drugą w chłodni. Następnie w kolejnych dniach wysadzano po 20 sadzonek otoczkowanych i bez hydrożelu. Aby uzyskać efekt suszy, sadzonki wysadzano na początku maja 2007 r., przy temperaturze powyżej 20°C, przy słonecznej i od dłuższego już czasu bezdeszczowej pogodzie. Przeżywalność sadzonek sprawdzono po 5 miesiącach doświadczenia. Dodatkowo wysadzono w tym okresie po 20 sadzonek sosny nie otoczkowanej w dołki z dodatkiem hydrożelu do gleby w ilości 3,5 i 7 g oraz partię kontrolną bez hydrożelu, a przeżywalność sadzonek sprawdzono po 10 miesiącach doświadczenia.

## Wyniki i dyskusja

Pojemność wodna gleby zwiększała się proporcjonalnie, średnio o ok. 20% przy stężeniu 1g hydrożelu/1 kg gleby (ryc. 1). Wprawdzie wzrost pojemności wodnej

gleby zwiększył się o 100% przy stężeniu hydrożelu 5 g/1 kg gleby to jednak nie jest to wynik zadawalający. Chłonność wody przez testowany hydrożel wynosiła zaledwie 55–60 g/1 g hydrożelu, podczas gdy powinna wynosić ok. 300–500 g/1 g hydrożelu. Przyczyną tego zjawiska jest obecność rozpuszczonych w wodzie soli.



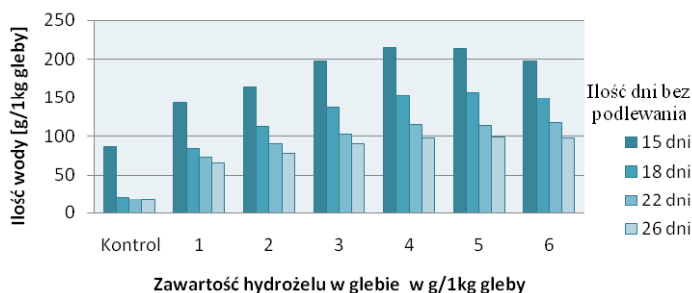
**Ryc. 1.** Wpływ hydrożelu na pojemność wodną gleby  
*Fig. 1. The influence of hydrogel on soil water capacity*

Redukcja chłonności przez rozpuszczone w wodzie nawozy zawierające jony potasu i amonu/jony jednowartościowe/wynosi około 75%, natomiast jony wapnia, magnezu i żelaza/jony dwu- i trójwartościowe/mogą zredukować chłonność nawet o 90%. Gleby na terenie Nadleśnictwa Niepołomice wysyczone są w dużym stopniu związkami żelaza. Powtórne nasączenie żelu wodą demineralizowaną wypłukuje jony jednowartościowe przywracając początkowe parametry, jednakże w przypadku kationów wielowartościowych wymianie ulega jedynie niewielka ich ilość. To ograniczenie chłonności odnosi się głównie do hydrożeli opartych na polikwasie akrylowym, hydrożele niejonowe/akryloamidowe/są mniej wrażliwe na wzrost siły jonowej roztworów i sieciujące właściwości jonów metali dwuwartościowych. Innym sposobem zmniejszenia negatywnego wpływu soli mineralnych na hydrożel można być ograniczenie się do stosowania go tylko na gleby lekkie, piaszczyste przeważnie charakteryzują się niewielką zawartością soli mineralnych.

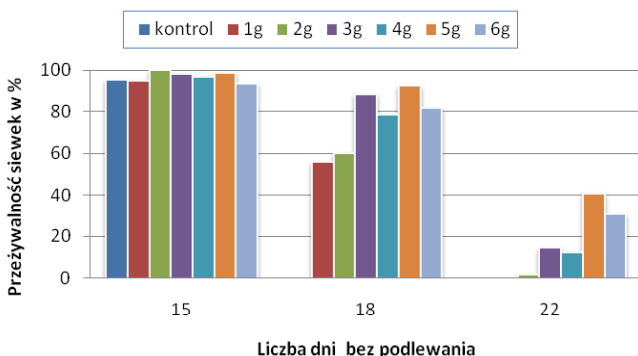
Stwierdzono, że nawet w warunkach silnej suszy część wody pozostaje przez dłuższy czas stosunkowo trwale związana przez hydrożel w glebie (ryc. 3). Dzięki tej właściwości hydroabsorbenty ograniczają w istotny stopniu wyparowywanie wody z gleby i tym samym przeciwdziałają pogorszeniu się właściwości fizykochemicznych gleby.

W badaniach laboratoryjnych wykazano, że siewki sosny w warunkach suszy, bez hydrożelu w glebie, mogły przetrwać maksymalnie 15 dni, podczas gdy z dodatkiem hydrożelu do gleby w ilości od 3 do 6 g/1 kg gleby po 18 dniach suszy, większość

siewek wciąż była żywych (ryc. 3). W rezultacie okres przeżywalności siewek sosny wydłużył się o ok. 50% w porównaniu do siewek bez hydrożelu w glebie. Jednak po 26 dniach doświadczenia, pomimo jeszcze znacznej zawartości wody w glebie z dodatkiem 4–6 g hydrożelu (100g wody/1 kg gleby) wszystkie siewki zmarły. Natomiast przy podobnej zawartości wody w glebie bez hydrożelu po 15 dniach doświadczenia prawie wszystkie siewki były wciąż żywe (ryc. 2 i 3). Można więc przypuszczać, że ok. 20% wody związanej przez hydroabsorbent jest niedostępnej dla rośliny. Zbliżone wyniki uzyskał Al.-Humaid (2005) badając wpływ hydrożelu na przeżywalność siewek *Conocarpus erectus* L. w warunkach stresu wodnego. W badaniach tego autora dodatek polimeru wydłużał okres utraty wody o 66% w porównaniu do kontroli a wpływ dodatku 4 i 6g hydrożelu na siewki był podobny.

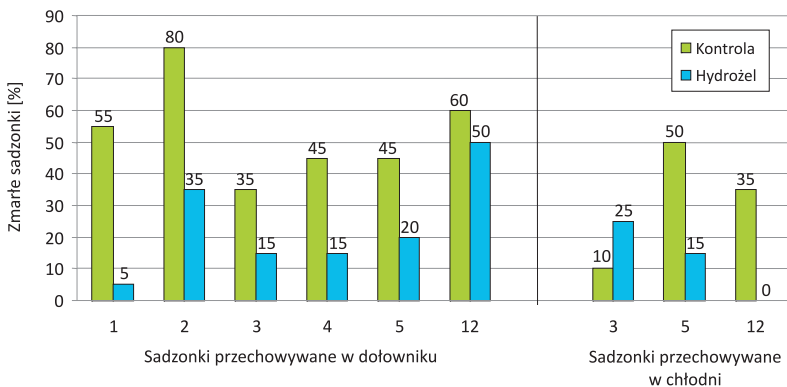


**Ryc. 2.** Wpływ suszy na zawartość wody w glebie z dodatkiem hydrożelu  
*Fig. 2. The influence of drought on water content in soil with addition the hydrogel*



**Ryc. 3.** Wpływ suszy na przeżywalność siewek sosny pospolitej w zależności od stężenia hydrożelu w glebie  
*Fig. 3. The influence of drought on survivability of seedlings Pinus sylvestris L. in dependence on concentration of the hydrogel in soil*

Wpływ otoczkowania korzeni sadzonek sosny pospolitej na jej przeżywalność przedstawiono na rycinie 4.



**Ryc. 4.** Procent zmarłych sadzonek sosny pospolitej w zależności od dnia ich wysadzania/przechowywania

*Fig. 4. Percentage of dead plants *Pinus sylvestris* L. depending on the day of their planting/storage*

Odsetek zmarłych sadzonek otoczkowanych, w zależności od ilości dni ich przechowywania wynosił od 5 do 50% i był najczęściej 2–3 razy mniejszy niż w partii kontrolnej. Stosunkowo najwięcej zmarłych sadzonek stwierdzono w partii wysadzonej po 1 i 2 dniach przechowywania. Niewątpliwie miały na to wpływ bardzo niekorzystne warunki pogodowe w tym czasie (brak opadów deszczu, wysuszona gleba, wysoka temperatura powietrza). W następnych dniach, gdy temperatura obniżyła się i nawet przy niewielkim opadzie deszczu przeżywalność sadzonek wyraźnie była wyższa. Na uwagę zasługuje fakt, że nawet po 12 dniach przechowywania w chłodni otoczkowanych sadzonek, przy intensywniejszym opadzie deszczu w czasie sadzenia, wszystkie sadzonki przeżyły, podczas gdy w partii kontrolnej 35% sadzonek zmarło. Tak korzystny wpływ na przeżywalność sadzonek z zabezpieczonym przez hydrożel systemem korzeniowym związany był z ochronnym oddziaływaniem tego hydroabsorbentu na włósniki i mikoryzę. Dzięki temu siewki wykazywały większą żywotność i łatwiej znosiły stres przy ich wysadzeniu (fot. 1).

W doświadczeniu z dodatkiem hydrożelu do gleby, (ale bez otoczkowania sadzonek), uzyskane wyniki nie były już tak jednoznaczne. Stwierdzono o ok. 20% więcej sadzonek sosny zmarłych w grupie z dodatkiem hydroabsorbentu do gleby w porównaniu do partii kontrolnej. Prawdopodobnie mogła mieć na to wpływ silna susza w trakcie przeprowadzania doświadczenia i konkurencja o wodę.

Korzystny wpływ hydrożelu na przeżywalność sadzonek świerka stwierdzono między innymi w terenach górskich (Barszcz, Małek 2006). Z kolei inne badania wskazują, że hydrożel dodany do gleby w dawce 2 g/litr gleby istotnie wpływa na

poprawę niektórych cech biometrycznych sadzonek np. wysokości, grubości szyjki korzeniowej czy suchej masy korzeni (Garbacz, Leciejewski 2006). Dodawanie hydrożelu do gleby (w większych dawkach) w zmieszaniu z innymi dodatkami skutkowało zwiększeniem przeżywalności sadzonek wierzby i olchy w terenach suchych i zdegradowanych (Rowe i in. 2005).



**Fot. 1.** Widok zdrowej sadzonki potraktowanej hydrożelem i przechowywanej w dołowniku przez 5 dni (po lewej stronie) i zamierającej sadzonki z partii kontrolnej (po prawej stronie) (fot. Cz. Bartnik)

*Photo 1. Healthy seedling's view treated with hydrogel and stored in dibbler through 5 days (on left side) and dying seedling from control lot (on right side)*

Wzrost zawartości wody w glebach piaszczystych kształtuje się w granicach 10–35% przy 0,2% dodatku hydrożelu. Już nawet przy zastosowaniu dawek dużo niższych, niż wyliczone teoretycznie, obserwowany jest biologiczny efekt i stymulacja rozwoju roślin. Dodatek superabsorbentów w dawce 50–140 kg/ha powoduje zwiększenie produktywności gleb piaszczystych do poziomu osiąganego przez dodanie 20% osadów aluwialnych (setki ton/ha) (Sroka 2004). Z kolei w doświadczeniach przeprowadzonych w rolnictwie stwierdzono, że wzrost plon grochu siewnego o ok. 23% przy dawce hydrożelu 25 g/m<sup>2</sup>. Warunkiem korzystnego działania hydrożelu było jednak nawadnianie (Owczarzak i in. 2006).

Pozytywne skutki stosowania hydrożeli można stwierdzić między innymi w terenach górskich, skarpach i obwałowaniach, gdzie przeciwdziałają erozji wodnej. W rekultywacji terenów zdegradowanych są szeroko stosowane, szczególnie tam gdzie zniszczona została całkowicie roślinność, umożliwiając zazielenienie, zakrzewienie i zalesienie tych terenów. Badania wykazały, że dodatek hydrożelu w ilości 0,6%



do glebie zasolonej spowodował wzrost ponad 2-krotny wzrost biomasy *Populus euphratica* (Chen i in. 2003). Autorzy ci stwierdzili, że wiązało się to z lepszą absorpcją jonów wapnia i redukcją negatywnego wpływu jonów sodu i chloru. Polimery akrylowe mogą w niektórych przypadkach spowodować w roślinach niedobór jonów dwuwartościowych (wapnia, magnezu, żelaza), gdyż są one silnie wiązane przez grupy karboksylowe hydrożelu, uniemożliwiając tym pobór tych jonów przez korzenie. Stwierdzono również ujemny wpływ hydrożelu na glebach ubogich i zdegradowanych polegający na wiązaniu związków azotu (Rowe i in. 2005). Najprawdopodobniej dodatkowym czynnikiem uniemożliwiającym pobór tych jonów jest zbyt wysokie pH gleby co powoduje przesunięcie równowagi w kierunku poliakrylanu wapnia i magnezu.

Superabsorbenty mogą być wykorzystane jako nośnik nawozów o spowolnionym działaniu, ponieważ składniki nawozowe nie są związane tak silnie by rośliny nie mogły ich wykorzystywać. W Stanach Zjednoczonych wykorzystano hydrożele jako nośnik jonów manganu. Przeprowadzone badania wykazały, że zastosowanie matrycy polimerowej zwiększa przyswajalność tego pierwiastka (Sroka 2004).

Aplikacja hydrożeli do gleb żyznych i ciężkich powinna być czyniona z rozważą, gdyż zawarte w takich glebach duże ilości soli znacznie obniżają chłonność hydroabsorbentów, a przy znacznej pojemności wodnej gleby, może nie przynieść oczekiwanych korzyści ekonomicznych.

Hydrożele przyczyniają się do ochrony wód gruntowych i środowiska poprzez wykorzystanie swoich zdolności immobilizujących składniki nawozowe, herbicydy i pestycydy. Związki chemiczne uwięzione w polimerowej sieci nie mogą być szybko wypłukane przez wodę pochodzącą z opadów i nawodnień. Niewielkie ilości tych związków, sukcesywnie uwalniane, mogą skutecznie być wykorzystane przez rośliny lub je ochraniać przed czynnikami chorobotwórczymi, szkodnikami i niszczącymi chwasty.

Hydrożel w glebie ulega biodegradacji po 5–8 latach, przy czym w ciągu 1 roku biodegradacji może ulegać ok. 10% hydrożelu. Należy dodać, że nawet wtedy, gdy hydrożel nie będzie już aktywny to jego korzystny wpływ na fizyko-chemiczne właściwości gleby pozostanie jeszcze przez znacznie dłuższy okres. Hydrożele są wrażliwe na promieniowanie UV, po naświetleniu w ciągu kilku tygodni tracą zdolność wchłaniania wody. Natomiast niskie i wysokie temperatury (ok. 50°C) nie powodują degradacji hydrożelu (Garbacz, Leciejewski 2006).

## Wnioski

Pojemność wodna gleby zwiększa się proporcjonalnie wraz ze wzrostem zawartości hydrożelu, a stosunkowo nieduża ilość zatrzymywanej wody spowodowana była zwiększono ilością związków mineralnych w glebie.

Dodatek hydroabsorbentu do gleby w ilości 3–5g/1 kg przedłuża okres przeżywalności siewek sosny pospolitej w okresie suszy. Ewentualne zastosowanie hydrożelu mogłoby być rozważane w szkółek w których nie stosuje się sztucznego nawadniania.

Otoczkowanie korzeni sadzonek sosny wpływa pozytywnie na ich przeżywalność w okresie suszy. Hydrożel zabezpieczał cienkie korzonki i włośniki przed przesuszeniem, i łagodził stres przy ich przesadzaniu. W związku z powyższym otoczkowanie sadzonek byłoby wskazana zarówno przy wysadzaniu ich na uprawach jak i przy przesadzaniu starszych sadzonek w okresie letnim (przy wysokich temperaturach) w szkółkach.

Otoczkowanie sadzonek sosny umożliwiając dłuższe przechowywanie sadzonek w dołowniku i chłodni, a więc może pomóc szkółkarzowi w wykorzystaniu w sposób bardziej racjonalny siły roboczej w okresie nasilonych prac w szkółce.

## Literatura

- Al.-Humaid A. I. 2005. *Effects of Hydrophilic Polymer on the Survival of Bottonwood (Conocarpus erectus) Seedlings Grown under Drought Stress*. European Journal of Horticultural Science.
- Barszcz J., Małek S. 2006. *The quality and viability of Picea abies L. Karst. Seedlings in young crops laid out after a decay of stands at high mountain elevations in the Beskid Śląski Mountains and the western part of the Beskid Żywiecki Mountains*. Current problems of forest protection in spruce stands under conversion IBL, Warszawa.
- Chen S., Zommodi M., Fritz E., Wang S., Hüttermann A. 2003. *Hydrogel modified uptake of salt ions and calcium in Populus euphratica under saline conditions*. SpringerLink-Journal Article 18 (2): 175–183.
- Garbacz M., Leciejewski P. 2006. *Hydrożele w leśnictwie*. Las Polski numer specjalny szkółkarski: 22–24.
- Owczarzak W., Kaczmarek Z., Szukała J. 2006. *Wpływ hydrożelu na wybrane właściwości strukturotwórcze gleby płowej i czarnej ziemi*. Journal of Research and Applications In Agricultural Engineering 51 (3): 55–61.
- Rowe E.C., Williamson J.C., Jones D.L., Holliman P., Healey J.R. 2005. *Initial Tree Establishment on Blocky Quarry Waste Ameliorated with Hydrogel or Slate Processing Fines*. JEQ 34: 994–1003.
- Sroka P. 2004. *Polimery – lekarstwem na suszę*. Aura 11: 5–7.

**Czesław Bartnik**

UR Kraków,  
Katedra Fitopatologii Leśnej  
rlbartni@cyf-kr.edu.pl