

WŁAŚCIWOŚCI POWIETRZNO-WODNE PODŁOŻY OGRODNICZYCH

Jacek S. Nowak

Zakład Uprawy Roślin Szklarniowych,
Instytut Sadownictwa i Kwiaciarstwa w Skierniewicach

Wstęp

Jednym z najważniejszych czynników mających wpływ na prawidłowy wzrost i rozwój roślin uprawianych w pojemnikach jest jakość podłoża. Podłoże powinno zaopatrywać roślinę w wodę i składniki mineralne, zapewnić odpowiednie warunki do wymiany gazowej w środowisku korzeniowym oraz podtrzymywać roślinę [NELSON 1998]. Właściwości fizyczne podłoża są podstawowym kryterium jego jakości. W trakcie uprawy trwającej kilka do kilkunastu miesięcy w tych samych pojemnikach podłoża ulegają osiadananiu i mineralizacji, a to powoduje znaczne często pogorszenie ich właściwości [REGULSKI 1984; MICHIELS i in. 1993]. Duży wpływ na charakter i tempo tych procesów ma rodzaj podłoża i wyjściowa jego jakość.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie jednego z podstawowych czynników decydujących o wzroście i rozwoju roślin ogrodniczych jakim są właściwości fizyczne podłoża. Podstawowe z nich obejmują: relację faza stała : woda : powietrze, zatrzymywanie wody, zdolność podłoża do ponownego nawilżania, zdolność retencji wody w zależności od potencjału wody w podłożu – charakteryzowana przez krzywą retencji wody, oraz ewaporacja z powierzchni bryły korzeniowej.

Relacja faza stała : powietrze : woda

Współzależność między rośliną a podłożem zachodzi na zasadzie wymiany energii w środowisku jej życia, w systemie określonym przez PHILIPA [1966] jako 'kontinuum gleba-roślina-atmosfera'. Gleba (podłoże) w tym systemie pełni bardzo ważną rolę jako 'akumulator' a zarazem jako bezpośrednie źródło wody, tlenu potrzebnego do oddychania korzeni oraz składników mineralnych [NELSON 1998]. Wszystkie trzy fazy gleby tzn. faza stała, woda i powietrze pełnią istotną rolę w życiu roślin.

Prawidłowy przebieg procesów życiowych roślin uwarunkowany jest niezałkconym dostępem wody oraz tlenu. Ich niedostatek w glebie uniemożliwia właściwe funkcjonowanie systemu korzeniowego, między innymi pobieranie mineralnych składników pokarmowych z fazy stałej gleby, nawet najbardziej zasobnej pod względem chemicznym. O żyzności i produktywności gleby decyduje wzajemny stosunek tych trzech faz. Idealny ich układ dla gleb polowych byłby przy stosunku

objętościowym fazy stałej do płynnej i gazowej jak 2 : 1 : 1 [ŚWIECICKI i in. 1967; ARGO 1998; HILLEL 1998]. W podłożach ogrodniczych pożądanym jest znacznie większy udział fazy gazowej i płynnej kosztem fazy stałej. W danym, konkretnym podłożu, w określonym stanie zagęszczenia (w czasie uprawy roślin) stosunek fazy stałej do porowatości jest wielkością stałą (przy pominięciu wpływu systemu korzeniowego uprawianych roślin oraz rozkładu materii organicznej). Zmienny jest natomiast stosunek części porów zajętych przez wodę do porów zajętych przez powietrze.

Udział fazy stałej, płynnej i gazowej w podłożu przy uprawie pojemnikowej zależy od kilku czynników jak: gęstość podłoża i jego porowatość, wielkość porów i ich rozmieszczenie, wysokość pojemnika (grubość warstwy podłoża), osiadania podłoża w pojemniku.

Gęstość i porowatość podłoża

Zawartość porów w podłożu jest odwrotnie proporcjonalna do jego gęstości [BEARDESEL i in. 1979; HANAN i in. 1981; BUNT 1983; HOLCOMB 2000; FERNANDEZ, CORA 2004; NOWAK, STROJNY 2004]. Gdy gęstość objętościowa podłoża obniża się, porowatość wzrasta. BUNT [1983] testując 32 podłoża składające się z torfu, wernikulitu, gliny i piasku, stwierdził, że gęstość objętościowa wzrastała z 90 do 1500 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$, a relację pomiędzy porowatością a gęstością wyraził wzorem:

$$\text{TPS (\% obj.)} = 98,39 (\pm 0,26) - [0,03655 (\pm 0,00036) \times \text{BD} (\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})]$$

gdzie:

TPS – porowatość ogólna,

BD – gęstość objętościowa.

Wszystkie pory w glebie wypełnione są powietrzem lub wodą. Maksymalną ilość wody, jaką w danych warunkach może zatrzymać podłoże określa się terminem 'pojemność polowa' – dla uprawy bezpośrednio w glebie [DOBZKAŃSKI, ZAWADZKI 1995] lub 'pojemność pojemnikowa' – dla uprawy w pojemnikach [BUNT 1983; FONTENO 1988]. Obejmuje ona wszystkie pory za wyjątkiem porów wolnych po odcieknięciu wody grawitacyjnej. Dla zapewnienia dobrego wzrostu korzeni w doniczce o średnicy 15 cm (poj. 1,7 dm^3), podłoże powinno mieć porowatość ogólną 85% i woda przy pojemnikowej pojemności wodnej powinna stanowić 60% jego objętości (70% porowatości) a powietrze 25% objętości (30% porowatości) [DE BOODT, VERDONCK 1971]. Według FONTENO [1988] w doniczce o średnicy 15 cm przy pojemnikowej pojemności wodnej średnia zawartość powietrza w 5 powszechnie używanych podłożach wynosiła 21% a średnia zawartość wody 64% (ogólnej objętości).

Wysokość pojemnika

Wysokość pojemnika – decydująca o grubości warstwy podłoża – ma także duży wpływ na relację pomiędzy zawartością powietrza i wody w podłożu. Po podlaniu woda gromadzi się w dolnej części bryły podłoża w doniczce. Na poziomie dna doniczki podłoże jest całkowicie nasycone wodą [SPOMER, LANGHANS

1975]. Ze wzrostem wysokości o każdy 1 cm, powyżej dna doniczki potencjał wody w podłożu obniża się o 0,1 kPa i zmniejsza się ilość dostępnej wody. MILKS i in. [1989] podają, że zawartość wody w podłożu, w doniczce o wysokości 17 cm zmniejszała się z 69% objętości przy dnie doniczki do 32% objętości w górnej części doniczki. FONTENO [1988] stwierdził, że średnia zawartość wody (% obj.) w 5-ciu powszechnie stosowanych podłożach zależała od wysokości doniczki i wynosiła w doniczkach o 15 cm wysokości – 64%, 10 cm wysokości – 70%, 8 cm wysokości – 76% i o 5 cm wysokości – 85% objętości. Tak więc, relacja pomiędzy porami zajętymi przez powietrze a porami zajętymi przez wodę zmienia się w zależności od wysokości doniczki.

Wielkość porów i ich rozmieszczenie

Wielkość porów i ich rozmieszczenie wpływa na relację pomiędzy zawartością powietrza a zawartością wody. W podłożach występują dwa typy porów: pory kapilarne ($< 0,3$ mm) i pory niekapilarne ($> 0,3$ mm) [ARGO 1998]. Pory niekapilarne zawierają powietrze już przy wysokości > 1 cm od dna doniczki – nawet przy maksymalnym uwilgotnieniu podłoża. Te właśnie pory decydują o pojemności powietrznej podłoża. Ilość takich porów można zwiększyć dodając do mieszanki podłoża komponentów o dużej wielkości cząstek, np. perlit. Dodatek komponentów o małej wielkości cząstek, np. torfu wysokiego frakcji drobnej powoduje zwiększanie się ilości porów kapilarnych [JOERGENSEN 2004]. Zawartość porów małych zależy od składu podłoża, jego właściwości i sposobu nawadniania, natomiast porów dużych od składu podłoża, jego właściwości, sposobu nawadniania oraz typu pojemnika [DRZAL i in. 1999]. Woda zawarta w podłożu o potencjale wody pomiędzy -1 kPa a -10 kPa określana jest terminem 'woda dostępna' [DE BOODT, VERDONCK 1972; HANDREK, BLACK 1999]. Potencjał ten koresponduje z porami o średnicy od 0,3 do 0,03 mm [ARGO 1998; DOBRZAŃSKI, ZAWADZKI 1995]. Woda z takich porów jest łatwo pobierana przez rośliny w tym zakresie potencjału.

Osiadanie podłoża

Sposób przygotowania podłoża może mieć duży wpływ na relację powietrzno-wodną podłoża [MILKS i in. 1989]. Nadmierne rozdrabnianie, rozcieranie, zbyt długotrwałe mieszanie może niszczyć strukturę torfu lub innych komponentów użytych do produkcji podłoża, powodując zmniejszenie wielkości porów. Nadmierne zagęszczenie podłoża w czasie napełniania doniczki również powoduje zmniejszenie rozmiarów porów. Zbyt słabe zagęszczenie powoduje natomiast znaczne osiadanie w trakcie uprawy przez co zmniejsza się wysokość podłoża w doniczce. Duże znaczenie na relację powietrzno-wodną ma również odpowiedni dobór frakcji lub komponentów – wielkość cząstek – użytych do sporządzenia mieszanki [VERDONCK, DEMEYER 2004; NOWAK, STROJNY 2004]. BŁOM i PIOTT [1992] podają, że największe osiadanie podłoża występuje w czasie pierwszego podlewania. Zmniejszenie wielkości porów oraz zmniejszenie wysokości podłoża obniża znacznie stosunek zawartości powietrza do wody w podłożu po nawadnianiu. Osiadanie zmniejsza się gdy do przygotowania podłoża używamy komponentów o

podobnej wielkości cząstek [NASH, POKORNY 1990].

Osiadanie podłoża związane jest również z jego kurczliwością. Kurczliwość oddziałuje na właściwości fizyczne podłoża, powodując zmniejszenie jego objętości i zmiany w rozmieszczeniu porów kapilarnych i niekapilarnych [NASH, POKORNY 1990; SCHWÄRZEL i in. 2002]. NASH i POKORNY [1990] stwierdzili również, że znaczne kurczenie się występowało w dwu-komponentowych podłożach, gdy do przygotowania podłoża użyto komponentów o znacznej różnicy wielkości cząstek. Największe osiadanie miało miejsce gdy komponenty te były mieszane w równych proporcjach. BURES i in. [1993] podają, że maksymalne kurczenie występowało gdy zawartość grubych cząstek w mieszaninie kory i piasku wynosiła od 50% do 70% obj.

Zatrzymywanie wody i zdolność podłoża do nawilżania

Materiał organiczny np. torf, (szczególnie torf o znacznym stopniu humifikacji) cechuje się dużą hydrofobowością, w wyniku czego po przesuszeniu bardzo opornie poddaje się ponownemu nawilżeniu. Przyczyną tego jest mały kąt przylegania kropli wody do wysuszonego torfu [MICHEL i in. 1997, 2001]. AIRIART i in. [1978] oraz BEARDESELL i NICHOLS [1982] wykazali, że gdy zawartość wody w korze spadła poniżej 35% (obj.) to tylko niewielka ilość wody była ponownie zatrzymywana po nawadnianiu. Natomiast, jeśli wilgotność utrzymywała się na poziomie 50% (obj.) to kora o wiele łatwiej i szybciej ponownie się nawilżała. ARGO i BERNBAUM [1994b] udowodnili również, że jeśli podłoża bazujące na torfie są bardziej uwilgotnione tym łatwiej nawilżają się ponownie po nawadnianiu.

Aby zwiększyć zdolność podłoża do lepszego nawilżania można dodawać innych komponentów. BEARDESELL i NICHOLS [1982] stwierdzili, że ponowne nawilżanie podłoża zawierającego piasek nie zależało od jego uwilgotnienia przed nawadnianiem. Nawilżanie jednak było ściśle powiązane z ilością dodawanego piasku. Jeśli piasek stanowił 30% objętości podłoża to ponownie nawilżało się ono w 80% pojemnikowej pojemności wodnej. Jednak dodatek dużej ilości piasku zmniejsza pojemność wodną podłoża i dlatego jest on mniej efektywny w zapobieganiu przesychaniu podłoża [BEARDESELL, NICHOLS 1982]. Nie tylko piasek ale również glina o odpowiedniej frakcji [VERHAGEN 2004], perlit i wermikulit poprawiają nasiąkliwość podłoża po przesuszeniu [JACKSON 1974].

Wielu badaczy w celu poprawienia nasiąkliwości podłoży zaleca dodawać do nich hydrożeli – superabsorbentów [BEREŚ, KALĘDKOWSKA 1992; BEREŚ 1994a; BEREŚ 1994b; HETMAN 1995; HETMAN, MARTYN 1996; HETMAN i in. 1996]. Hydrożele są to wielkocząsteczkowe związki, częściowo usieciowione kopolimery, zbudowane z alkoholu poliwinylowego, politlenku etylu lub poliakrylanów. Największe znaczenie mają pochodne kwasu akrylowego, stanowią one ponad 80% ogólnej produkcji superabsorbentów. Superabsorbenty akrylowe zbudowane są z polimerycznych łańcuchów połączonych ze sobą i tworzących trójwymiarową usieciowaną strukturę [HETMAN i in. 1998]. Polimery łańcuchowe w stanie suchym mają postać zwiniętych kłębków. Pod wpływem wody obecne w łańcuchu grupy funkcyjne ulegają solwatacji i dysocjują. Kationy dodatnie odłączają się, a ujemne ładunki związane z łańcuchami polimerów – odpychają. Prowadzi to do rozluźnienia kłębka polimeru uzyskując możliwość wchłaniania cieczy aż do utworzenia żelu. Jest wiele takich związków ale tylko niektóre nie są fitotoksyczne dla roślin [REGULSKI

1984], choć ich działanie zależy między innymi od gatunku rośliny oraz dawki użytego hydrożelu [CHMIEL, STASIAK 1997]. Nadmiar superabsorbentu w podłożu może okazać się szkodliwy. Głównym zadaniem superabsorbentu jako dodatku do podłoża jest zwiększenie dostępności wody dla systemu korzeniowego [HETMAN i in. 1998; VALORAS i in. 1976]. Są one zwykle dodawane do podłoży ogrodniczych opartych na torfie [HENDERSON, HENSLEY 1986]. Woda zatrzymywana jest stosunkowo niewielkimi siłami, dzięki czemu przy jej braku w podłożu łatwo jest pobierana przez korzenie roślin.

Również sposób nawadniania ma istotny wpływ na ponowne nawilżanie podłoża. ARGO i BIERNBAUM [1994b] podają, że w 5-ciu różnych podłożach opartych na torfie średnio 0,5 litra wody było zatrzymywane w 15 cm doniczce przy podlewaniu z góry, 0,38 litra przy nawadnianiu kropelkowym i tylko 0,19 litra przy systemie podsiąkowym. Wykazali oni również, że podłoża te w celu zapewnienia odpowiednich warunków powietrzno-wodnych powinny zatrzymywać średnio 0,6 litra wody.

Krzywa retencji wodnej

Woda zatrzymana w podłożu po nawadnianiu podzielona jest na wodę łatwiej lub trudniej dostępną dla roślin (woda dostępna) oraz na wodę, która jest niedostępna dla roślin – wtedy obserwuje się wędniecie roślin (woda niedostępna). Woda dostępna jest związana potencjałem wody pomiędzy -1 kPa a -1500 kPa. Wody związane większym potencjałem rośliny nie są w stanie pobrać mimo obecności takiej wody w podłożu, następuje wtedy trwałe wędniecie roślin [MILKS i in. 1989]. Potencjał wody -1 kPa odpowiada średniemu potencjałowi wody w podłożu, w pojemniku o wysokości 20 cm przy pojemnikowej pojemności wodnej.

Ograniczenie wzrostu roślin jest obserwowane na długo przed potencjałem -1500 kPa. Systematyczne przesuszanie podłoża do potencjału -50 kPa spowodowało zmniejszenie wysokości roślin poinsejji o 40% i ich świeżej masy o 70% w porównaniu do roślin kontrolnych, które nawadniano przy potencjale -5 kPa [NOWAK, STROJNY 1998]. KIEHL i in. [1992] także obserwowali zahamowanie wzrostu chryzantem jeśli stały potencjał podłoża $-0,8$ kPa zmniejszono do -16 kPa. Nie stwierdzono jednak zahamowania wzrostu jeśli podłoże przesuszano cyklicznie do potencjału -16 kPa (podłoże doprowadzano do przesuszania pomiędzy nawodnieniami). SPOMER i LANGHANS [1975] stwierdzili, że jeśli zawartość wody w podłożu wzrastała do około 90% objętości porów to obserwowano intensywniejszy wzrost chryzantem (*Dendranthema grandiflora* RAMAT). Również NOWAK i STROJNY [1998] wykazali podobną zależność w uprawie poinsejji (*Euphorbia pulcherrima* WILD.).

Zawartość wody w podłożu pomiędzy potencjałem -1 kPa a -5 kPa często określa się jako wodę łatwo dostępną dla roślin, natomiast wodę zawartą pomiędzy -5 kPa a -10 kPa jako buforową pojemność wodną [DE BOODT, VERDONCK 1972]. MILKS i in. [1989] określają wodę zawartą poniżej potencjału -30 kPa jako wodę trudno dostępną dla roślin. VERDONCK i in. [1983] podają, że dla optymalnego wzrostu roślin potrzeba 30%–45% (obj.) wody określanej jako łatwo dostępnej.

Różnice pomiędzy pojemnością wodną podłoża (cała woda) a zawartością wody, którą mogą pobrać rośliny przedstawił BEARDSEL i in. [1979]. W tym doś-

wiadczeniu wykorzystano różne podłoża organiczne i nieorganiczne komponenty i oznaczano obydwie zawartości wody (j.w.) oraz liczbę dni do wędnięcia. Siewki *Tagetes padula* L. wysadzono do różnych podłoży i aklimatyzowano. Podłoża nasączono wodą i nie podlewano aż do czasu pierwszych objawów wędnięcia. Materiał organiczny jak np. torf zatrzymywał więcej wody po nawadnianiu ale rośliny rosnące w torfie szybciej wędły. Kora zawierała 30% mniej wody dostępnej niż torf, jednak rośliny rosły o wiele dłużej nim pojawiły się pierwsze objawy wędnięcia w porównaniu do torfu (ok. 80% dłużej). Transpiracja była większa u roślin rosnących w torfie niż w innych podłożach. We wszystkich innych podłożach oprócz torfu transpiracja stopniowo zmniejszała się w miarę niedostatku wody. Wskazuje to, że w podłożach takich jak kora czy glina piaszczysta jest relatywnie mniej wody łatwo dostępnej, a więcej wody trudniej dostępnej (buforowa pojemność wodna), która jest pobierana przez rośliny, ale nie tak szybko jak woda łatwo dostępna. Dla porównania, torf zawiera procentowo większą ilość wody łatwo dostępnej, która jest szybko zużywana, i mniej wody buforowej co powoduje szybkie wędnięcie roślin [BEARDELL i in. 1979].

Ewaporacja (parowanie) z powierzchni podłoża

Duża część wody w podłożu torfowym jest tracona na skutek ewaporacji z jego powierzchni. Włókna torfu zachowują się jak knot, transportują wodę z głębszych warstw za pomocą sił kapilarnych w kierunku powierzchni gdzie ewaporacja jest bardzo szybka. Im większe włókna torfu to większe 'knoty' i większa strata wody na skutek ewaporacji z powierzchni.

W doświadczeniu wykonanym przez BEARDELL i in. [1979] różnymi podłożami wypełniono 13 cm doniczki i nawodniono je do pełnej pojemności wodnej. Po odcieknięciu wody doniczki były ważone w celu określenia całkowitej zawartości wody w doniczce. Doniczki ważono codziennie przez pierwsze 5 dni oraz każdego następnego dnia pozostawiając do 8 dnia w celu oszacowania zawartości wody jaka została stracona poprzez parowanie z powierzchni podłoża. Z torfu po 7 dniach wyparowało 0,25 l (50% obj.), z kory 0,10 l (22% obj.) całkowitej pojemności pojemnikowej. Tak więc mimo wysokiej pojemności wodnej torfu w porównaniu do innych komponentów używanych uprawach pojemnikowych duża część wody dostępnej w torfie jest tracona poprzez parowanie z powierzchni pojemnika [BEARDELL i in. 1979].

Niektórzy badacze podają, że ilość straconej wody poprzez parowanie z powierzchni doniczki w czasie uprawy roślin sięga 25–30% całkowitej ilości wody dostarczanej w czasie nawadniania [ARGO, BIERNBAUM 1994a, 1995]. Ewaporacja może być ograniczona przez umieszczanie zasłon na powierzchni podłoża w celu zmniejszenia parowania. ARGO i BIERNBAUM [1994a] ograniczyli ewaporację w uprawie lilii (*Lilium longiflorum* THUNB.) rosnącej w 15 cm doniczkach w szklarni o 35%, a w uprawie poinsejii (*Euphorbia pulcherrima* WILD) [ARGO, BIERNBAUM 1995] rosnącej w 15 cm doniczkach o 46% umieszczając polistyrenowy krążek na powierzchni podłoża.

Podsumowanie

Jednym z podstawowych warunków powodzenia uprawy roślin w pojemnikach jest utrzymanie dobrych stosunków powietrzno-wodnych w podłożu. Są one

niezbędne dla zachowania zdrowotności systemu korzeniowego oraz prawidłowego jego funkcjonowania. Zapewnienie dobrych warunków wzrostu zależy od odpowiedniego doboru podłoża, a także od umiejętnej i starannej pielęgnacji roślin. Podłoże powinno cechować się wysoką porowatością i dużą pojemnością powietrzną. W pielęgnacji ważna jest przede wszystkim regulacja wilgotności podłoża, która decyduje o zaopatrzeniu roślin w wodę, ale także jednocześnie o ilości powietrza w podłożu. Jest więc czynnikiem regulującym wymianę gazową, a więc przesądza o warunkach oddychania systemu korzeniowego.

Literatura

- AIRIART D.I., NATARELLA N.J., POKORNY F.A. 1978. *Influence of initial moisture content on the wettability of a milled pine bark medium*. HortScience 13: 432–434.
- ARGO W.R. 1998. *Root medium physical properties*. HortTechnology 8(4): 481–485.
- ARGO W.R., BIERNBAUM J.A. 1994a. *Irrigation requirements, root medium pH and nutrient concentrations of Easter lilies grown in five peat-based media with and without an evaporation barrier*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119(6): 1151–1156.
- ARGO W.R., BIERNBAUM J.A. 1994b. *A method for quantifying plant available water holding capacity and water absorption potential in container media under production conditions*. HortScience 29(5): 501 (Abst.).
- ARGO W.R., BIERNBAUM J.A. 1995. *The effect of irrigation method, water soluble fertilization, preplant nutrient charge, and surface evaporation on early vegetative and root growth of poinsettia*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120(2): 163–169.
- BEARDELL D.V., NICHOLS D.G., JONES D.L. 1979. *Physical properties of nursery potting-mixtures*. Sci. Hort. 11: 9–17.
- BEARDELL D.V., NICHOLS D.G. 1982. *Wetting properties of dried-out nursery container media*. Scientia Hort. 17: 49–59.
- BEREŚ J., KAŁĘDKOWSKA M. 1992. *Superabsorbenty*. Chemik 3: 59–61.
- BEREŚ W. 1994a. *Superabsorbenty – nowe komponenty podłoży ogrodniczych*. Mat. konf. „Uprawa roślin szklarniowych na różnych podłożach” Poznań 20–21 V: 23–24.
- BEREŚ W. 1994b. *Nowe technologie uprawy chryzantem*. Wiadomości chryzantemowe 17: 29–31.
- BLOM T.J., PIOTT B.D. 1992. *Preplant moisture content and compaction of peatwool using two irrigation techniques on potted chrysanthemums*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117: 220–223.
- BUNT A.C. 1983. *Physical properties of mixtures of peats and minerals of different particle size and bulk density for potting substrates*. Acta Hort. 150: 143–153.
- BURES S., POKORNY F.A., LANDAU D.P., FERRENBURG A.M. 1993. *Computer simulation of volume shrinkage after mixing container media*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118(6): 757–761.
- CHMIEL H., STASIAK W. 1997. *Wykorzystanie hydrożeli jako dodatku do podłoży w uprawie pięciu gatunków paproci*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 449: 31–42.

- DE BOODT M., VERDONCK O. 1971. *Physical properties of peat and peat-moulds improved by perlite and foam-plastics in relation to ornamental plant growth*. Acta Hort. 18: 9–27.
- DE BOODT M., VERDONCK O. 1972. *The physical properties of the substrates in horticulture*. Acta Hort. 26: 37–44.
- DOBZAŃSKI B., ZAWADZKI S. 1995. *Gleboznawstwo*. PWRiL Warszawa: 561 ss.
- DRZAL M.S., FONTENO W.C., CASSEL K.D. 1999. *Pore fraction analysis: a new tool for substrate testing*. Acta Hort. 481: 43–54.
- FERNANDEZ C., CORA J.E. 2004. *Bulk density and relationship air/water of horticultural substrates*. Sci. Agric. 61(4): 446–450.
- FONTENO W.C. 1988. *Know your media, the air, water, and container connection*. Grower Talks 51(11): 110–111.
- HANAN JOE J., OLYMPIOS CH., PITTAS CH. 1981. *Bulk density, porosity, percolation and salinity control in shallow, freely draining, potting soils*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106(6): 742–746.
- HANDREK K., BLACK N. 1999. *Growing media for ornamental plants and turf*. University of New South Wales Press Sydney: 448 ss.
- HENDERSON J.C., HENSLEY D.L. 1986. *Efficacy of hydrophilic gel as a transport aid*. Hort. Sci. 21(4): 991–992.
- HETMAN J. 1995. *Hydrożele jako składniki podłoża dla sadzonek gerbery rozmnażanej in vitro*. Mat. konf. „Intensyfikacja produkcji gerbery” Skierniewice 28 XI: 9–10.
- HETMAN J., MARTYN W. 1996. *Oddziaływanie hydrożeli na właściwości wodne podłoży ogrodnich*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 429: 133–136.
- HETMAN J., MARTYN W., MISZTAŁ M., LIGEŻA S. 1996. *Wpływ hydrożeli na właściwości sorpcyjne podłoży szklarniowych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 429: 137–1426.
- HETMAN J., MARTYN W., SZOT P. 1998. *Możliwość wykorzystania hydrożeli w produkcji ogrodnich pod ostonami*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 461: 31–45.
- HILLEL D. 1998. *Environmental soil physics*. Academic press, San Diego, USA: 771 ss.
- JACKSON D.K. 1974. *Some characteristics of perlite as an experimental growth medium*. Plant and Soil 40: 161–167.
- HOLCOMB J.E. 2000. *Growing media*. <http://hortweb.cas.psu.edu>
- JOERGENSEN 2004. *Plant propagation and seed starting – quality growing media*. <http://www.suite101.com/article.cfm/18505/105871>
- KIEHL P.A., LIETH J.H., BURGER D.W. 1992. *Growth response to chrysanthemum to various container medium moisture tension levels*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117(2): 224–229.
- MICHEL J.C., RIVIERE L.M., BELLON-FONTAINE M.N. 1997. *Characterization of the wettability of organic substrates (peat and composted bark) by adsorption measurements*. ISHS Symp. Growing Media and Hydroponics, Windsor, Canada, Abstract, paper 12.
- MICHEL J.C., RIVIERE L.M., BELLON-FONTAINE M.N. 2001. *Measurement of the wettability of organic materials in relation to water content by the capillary rise method*. European Journal of Soil Science 52: 459–467.

- MICHELIS P., HARTMAN R., COUSSENS C. 1993. *Physical properties of peat substrates in an ebb/flood irrigation system*. Acta Hort. 342: 205–219.
- MILKS R.R., FONTENO W.C., LARSON R.A. 1989. *Hydrology of horticultural substrates: II. Predicting physical properties of substrate in containers*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 53–56.
- NASH M.A., POKORNY F.A. 1990. *Shrinkage of selected two-component container media*. HortScience 28(8): 930–931.
- NELSON P.V. 1998. *Greenhouse operation and management, 5th ed.* Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ: 598 ss.
- NOWAK J.S., STROJNY Z. 1998. *Effect of soil water potential on poinsettia plants*. Acta Hort. 458: 273–276.
- NOWAK J.S., STROJNY Z. 2004. *Wpływ właściwości fizycznych podłoża organicznych na plonowanie gerbery*. Folia Univ. Agric. Stetin. 2004, Agricultura 236(94): 133–138.
- NOWAK J.S., STROJNY Z. 2004. *Comparison of physical properties determination results in peat-based substrates in bulk and in pots of different size according to root ball position*. Acta Hort. 648: 221–226.
- PHILIP J.R. 1966. *Plant water relations: some physiol aspect*. Annual Review of Plant Physiol. 17: 245–268.
- REGULSKI F.J. 1984. *Changes in physical characteristics of bark-based and gasifier residue-based container media over time and by sample depth*. HortScience 19(4): 494–496.
- SPOMER L.A., LANGHANS R.W. 1975. *The growth of greenhouse bench Chrysanthemum morifolium ramat. At high soil water contents: Effects of soil water aeration*. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 6: 454–553.
- SCHWÄRZEL K., RENGER M., SAUERBREY R., WESSOLEK G. 2002. *Soil physical characteristics of peat soils*. J. Plant Nutr. Soil Sci. 165: 479–486.
- ŚWIĘCICKI Cz., BROGOWSKI Z., CZERWIŃSKI Z. 1967. *Ćwiczenia z gleboznawstwa. Cz. II*. SGGW Warszawa: 158 ss.
- VALORAS N., LETEY J., MARTIN J.P., OSBORN J. 1976. *Degradation of a nonionic surfactant in soil and peat*. Soil Sci. Soc. Amer. J. 40: 60–63.
- VERDONCK O., PENNINEK R., DE BOODT M. 1983. *The physical properties of different horticultural substrates*. Acta Hort. 150: 155–160.
- VERDONCK O., DEMEYER P. 2004. *The influence of the particle sizes on the physical properties of growing media*. Acta Hort. 644: 99–101.
- VERIAGEN J.B.G.M. 2004. *Effectiveness of clay in peat based growing media*. Acta Hort. 644: 115–122.

Słowa kluczowe: porowatość ogólna, gęstość objętościowa, kurczliwość, ewaporacja, krzywa retencji, wysokość pojemnika, absorpcja wody

Streszczenie

W pracy przedstawiono jeden z podstawowych czynników decydujących o wzroście i rozwoju roślin ogrodniczych jakim są właściwości fizyczne podłoża.

Podstawowe z nich obejmują: relacja faza stała : woda : powietrze (gęstość i porowatość podłoża, wysokość pojemnika, wielkość porów i ich rozmieszczenie, osiadanie podłoża), zatrzymywanie wody, zdolność podłoża do ponownego nawilżania, zdolność retencji wody w zależności od potencjału wodnego podłoża (krzywa retencji wodnej) oraz ewaporacja z powierzchni bryły korzeniowej.

AIR-WATER PROPERTIES OF GROWING MEDIA

Jacek S. Nowak

Department of Floriculture,
Research Institute of Pomology and Floriculture, Skierniewice

Key words: total porosity, bulk density, shrinkage, water absorption, rewettability, water retention characteristics, evaporation

Summary

The objective of this review was to consider key aspects of growing medium physical properties which include air : water : soil ratios, water absorption, rewettability, water retention characteristics, and water loss due to evaporation from the medium surface.

Dr Jacek S. Nowak
Zakład Uprawy Roślin Szklarniowych
Instytut Sadownictwa i Kwiaciarstwa
ul. Waryńskiego 14
96-100 SKIERNIEWICE
e-mail: jacnowak@insad.pl