

ZMIANY WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNO-CHEMICZNYCH SUBSTRATÓW W UPRAWIE ROŚLIN W INTENSYWNYCH OGRODACH DACHOWYCH

Changes in the physical and chemical properties of substrates during the cultivation of plants in intensive green roofs

Małgorzata Kunka, Jacek S. Nowak

Instytut Ogrodnictwa
ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice
e-mail: Malgorzata.Kunka@inhort.pl

ABSTRACT

The aim of present study was to estimate the changes in the physical and chemical properties of green roof substrates over four growing seasons. In this study, the green roof substrates used were: a) substrate prepared at the Research Institute of Horticulture in Skierniewice: black mould, calcined clay (4-8 mm), peat, sand, green waste compost: 50:20:15:10:5% (v/v) + PG Mix N:14-P₂O₅:16-K₂O:18 and b) substrate produced by the MADAS company. The substrates were characterised well physical and chemical parameters according to guidelines of FLL. Generally, in the commercial substrate the maximum water capacity decreased but organic matter content and air content at maximum water capacity increased during the 4 years of cultivation. In the substrate of the Research Institute organic matter content decreased. Regardless of green roof substrates plant species: *Pinus mugo* Turra, *Campanula cochleariifolia* Lam. and *Thymus serpyllum* L. achieved the aesthetic qualities on the rooftops in 2011.

Key words: green roof substrates, physical and chemical properties, visual rating of plant growth

WSTĘP

Ogrody dachowe ze względu na korzyści ekologiczne i ekonomiczne oraz walory estetyczne stają się coraz bardziej popularne w Polsce. Przyczyniają się do łagodzenia klimatu w miastach (Alexandri i Jones 2008), ograniczają odpływ wód opadowych z warstwy substratu oraz obniżają zanieczyszczenie powietrza (Currie i Bass 2008; Rowe 2011). Ogrody dachowe dzielą się na ekstensywne (o grubości substratu < 15 cm) oraz

intensywne (o grubości substratu > 15 cm). Grubość warstwy substratu oraz właściwe proporcje części mineralnych do organicznych są jednym z czynników decydujących o wzroście roślin. Inne czynniki to odpowiednie właściwości powietrzno-wodne w substracie oraz lokalne warunki pogodowe. Zatem uzasadniona jest ocena przydatności substratów do zastosowania na dachach, przez określenie ich właściwości fizyczno-chemicznych oraz zbadanie ich wpływu na wzrost roślin.

Celem badań było określenie zmian właściwości fizyczno-chemicznych dwóch substratów do uprawy intensywnej w ogrodach dachowych oraz oznaczenie wpływu badanych substratów na wzrost kilku gatunków roślin.

MATERIAŁY I METODY

W badaniach przeprowadzonych w latach 2008-2011 wykorzystano dwa substraty przeznaczone do uprawy roślin w intensywnych ogrodach na dachach. Zastosowano gotowy substrat dachowy firmy MADAS oraz substrat, którego skład opracowano w Instytucie Ogrodnictwa w Skierniewicach: czarnoziem łąkowy 50% + keramzyt (4-8 mm) 20% + torf wysoki 15% + piasek 10% + kompost 5% obj. + PG Mix N:14 – P₂O₅:16 – K₂O:18 (1 kg m⁻³). Ogród dachowy typu intensywnego został założony na czterech stelażach o łącznej powierzchni 24 m². Każdy stelaż został podzielony na sekcje, w których znajdowały się substraty dachowe. Konstrukcja ogrodu dachowego została wykonana zgodnie z wymogami oraz wytycznymi niemieckich norm FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Land-schaftsbau e.V.) z układem warstw typowym dla ogrodów dachowych. Pierwszą warstwę (od dna w górę) stanowiła warstwa izolująca (styropian o grubości 50 cm), następnie folia hydroizolacyjna przeciwkorzenna (FolGam), geowłóknina chłonno-ochronna (TenCate P50), mata drenażowa, warstwa filtrująca w postaci geowłókniny (TenCate TS10) oraz warstwa wegetacyjna: substrat (grubość warstwy 15 cm) oraz rośliny.

Właściwości fizyczne substratów określono według Polskich Norm (PN-EN 13041 2002; PN-EN 13039 2002). Oznaczono maksymalną pojemność wodną (% obj.), pojemność powietrzną w maksymalnej pojemności wodnej (% obj.), porowatość ogólną (% obj.), zawartość materii organicznej (% masy) oraz gęstość objętościową suchej próbki (g cm⁻³). Właściwości powietrzno-wodne substratów oznaczono na aparacie piaskowym (Eijkelkamp) w zakresie podciśnienia -3,2 cm H₂O.

Zawartość materii organicznej oznaczono po spopieleniu próbki w temperaturze 600 °C (Leijn Van Dijk i De Bes 1987). Właściwości chemiczne (pH, stężenie soli) wykonano według metody uniwersalnej Nowosielskiego (1988). Analizy fizyczno-chemiczne wykonano w czasie zakładania doświadczenia oraz przez kolejne trzy lata uprawy roślin (w cylindrach wyjmowanych z warstwy wegetacyjnej). Oceniono również wpływ badanych substratów na wzrost roślin. Wzrost roślin oceniano wizualnie w czerwcu każdego roku według Monterusso i innych (2005) w skali od 0-5, gdzie: 0 – brak roślin, 1 – widoczne brązowienie i więdnienie roślin, 3 – powolny wzrost, 5 – właściwy wzrost i pokrój roślin. Materiał roślinny stanowiły: macierzanka piaskowa (*Thymus serpyllum* L.), dzwonek drobny (*Campanula cochleariifolia* Lam.), kostrzewa sina (*Festuca glauca* Lam. syn. *F. ovina* var. *glauca*), tawuła japońska (*Spiraea japonica* L. 'Goldmound'), nachyłek okółkowy (*Coreopsis verticillata* L.) oraz sosna górską (*Pinus mugo* Turra). Rośliny posadzono w lipcu 2008 roku i rosły one przez cztery lata bez nawadniania i dodatkowego nawożenia. W czasie trwania doświadczenia monitorowano przebieg warunków klimatycznych, wykorzystując stację meteorologiczną METOS (Pessl Instruments).

Doświadczenie założono w układzie bloków losowanych w czterech powtórzeniach po 4 rośliny w powtórzeniu. Wyniki pomiarów opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji dla doświadczeń dwuczynnikowych (rodzaj substratu x rok badań). Do oceny istotności różnic między średnimi użyto testu t-Duncana przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

W ciągu czterech lat doświadczenia badane substraty charakteryzowały się dobrymi właściwościami fizycznymi, których wartości mieściły się w zakresach optymalnych zaproponowanych przez FLL. Analiza fizyczna wykonana w momencie założenia doświadczenia wykazała, że substrat opracowany w Instytucie Ogrodnictwa charakteryzował się wysoką pojemnością wodną (67% obj.) oraz wysoką zawartością materii organicznej (19% masy) (tab. 1).

W drugim roku badań nastąpiły istotne zmiany fizycznych cech substratów. W obydwu badanych substratach obserwowano wzrost pojemności powietrznej, przy jednoczesnym obniżeniu pojemności wodnej. Taki stan utrzymywał się aż do 2011 roku. Maksymalna pojemność wodna jest parametrem, który określa stopień dostępności wody dla roślin

utrzymywanych w substratach po odcieknięciu wody grawitacyjnej. W praktyce pojemność wodna substratu dachowego jest bardzo ważna w przypadku magazynowania (zatrzymywania) wody opadowej w warstwie substratu. Dla utrzymania dobrych właściwości wodnych w substratach maksymalna pojemność wodna nie powinna przekraczać 65% obj. (FLL 2008).

Tabela 1. Zmiany właściwości fizycznych i chemicznych dwóch substratów do intensywnych ogrodów dachowych w latach 2008-2011 – Changes of physical and chemical properties at the two intensive green roof substrates in the years 2008-2011

Substrat – Substrate	Rok Year	pH	Zasolenie Salt content [g NaCl dm ⁻³]	Porowatość ogólna Total pore space [vol. %]	Maks. pojemność wodna Max. water capacity [vol. %]	Pojemność powietrzna w maks. poj. wod. Air content at max. water cap. [vol. %]	Materia organiczna Organic matter content [% masy] [mass %]	Gęstość objętościowa Bulk density [dry, g cm ⁻³]
1**	2008	7,6c*	1,63e	74,3bcd	66,7c	7,6a	19,5d	0,55ab
	2009	7,0a	0,97d	77,7d	52,7ab	25,0b	17,4cd	0,50a
	2010	7,9d	0,17a	75,0cd	48,4ab	26,7b	15,0bc	0,59abc
	2011	7,7c	0,30b	74,4bcd	54,1b	20,3b	15,2bc	0,58bc
2***	2008	7,9d	2,00f	68,5 a	64,6c	3,9a	7,7a	0,77d
	2009	7,2b	1,02d	75,0cd	47,8ab	27,1b	13,1bc	0,57abc
	2010	8,0de	0,24b	72,7bc	46,1ab	26,5b	13,3bc	0,65bc
	2011	8,1e	0,38c	70,8ab	43,3a	27,5b	11,1ab	0,69cd
Wartości optymalne ¹ Optimal level	6,0-8,5	≤ 2,5	–	≥ 45 ≤ 65	≥ 10	≤ 12 ²	– ³	

Objaśnienia – Explanation:

*średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ – means indicated by the same letter do not differ significantly at $\alpha = 0,05$

**czarnoziem łąkowy, keramzyt (4-8 mm), torf wysoki, piasek, kompost: 50:20:15:10:5% (obj.) – black mould, calcined clay (4-8 mm), peat, sand, green waste compost: 50:20:15:10:5% (v/v)

***substrat firmowy – commercial substrate

¹ według FLL (2008) – according to FLL (2008)

² według FLL (2002) – according to FLL (2002)

³ brak danych – no data available

W przypadku badanych substratów nie stwierdzono istotnych różnic w pojemności powietrznej oznaczonej po drugim roku badań. Według FLL (2008) zawartość powietrza przy potencjale wodnym $-3,2 \text{ H}_2\text{O}$ powinna wynosić powyżej 10% obj. Zarówno w substracie opracowanym w Instytucie Ogrodnictwa, jak i w substracie firmowym oznaczone wartości tej cechy oscyływały w granicach 20-27% obj.

Substrat opracowany w Instytucie Ogrodnictwa w początkowym etapie uprawy charakteryzował się wysoką zawartością materii organicznej oraz niską gęstością objętościową (tab. 1). Po 3 latach obserwowano spadek zawartości materii organicznej w badanym substracie. W ciągu czterech lat badań wartość materii organicznej obniżyła się z 19 do 15%. Różnice w zawartości materii organicznej w poszczególnych latach uprawy wystąpiły również w podłożu firmowym; po roku uprawy obserwowano istotny wzrost materii organicznej, która już do 2011 roku nie zmieniała się istotnie (tab. 1).

Według FLL (2002) substraty o gęstości objętościowej do $0,8 \text{ g cm}^{-3}$ powinny zawierać do 12% materii organicznej. Parametry fizyczne, takie jak gęstość objętościowa i porowatość ogólna, nie ulegały większym zmianom w czasie uprawy. Mimo to dało się zauważyć pewne zmiany, zwłaszcza w substracie firmowym. Normy niemieckie FLL (2002, 2008) nie podają wartości optymalnych dla tych parametrów. Przyjmuje się jednak, że porowatość ogólna substratów dachowych powinna wynosić minimum 55% obj. Badane substraty już przed sadzeniem roślin charakteryzowały się niską gęstością i wysoką porowatością ogólną (zwłaszcza substrat IO).

Właściwości chemiczne, tj. pH i stężenie soli, były odpowiednie dla substratów przeznaczonych do nasadzeń intensywnych na dachach (FLL 2008). W trakcie uprawy obserwowano zmiany pH i stężenia soli, zwłaszcza po pierwszym roku badań (tab. 1). W późniejszym okresie odczyn ustabilizował się i nie ulegał już większym zmianom, natomiast obserwowano istotne zmniejszenie się stężenia soli w substratach.

Wpływ zastosowanych substratów na wzrost sześciu gatunków roślin w ciągu czterech lat uprawy przedstawiano w tabeli 2. W pierwszych dwóch latach uprawy nie obserwowano istotnych różnic w jakości roślin uprawianych w obydwu badanych podłożach, z wyjątkiem tawuły japońskiej, która lepiej rosła w substracie opracowanym w Instytucie Ogrodnictwa. W następnych latach dekoracyjność roślin rosnących w badanych substratach znacznie się obniżyła. Wyjątek stanowiła sosna górska (*P. mugo*), która utrzymała wzrost i rozwój na poziomie oceny wizualnej

4,8 (tab. 2) do końca doświadczenia. Z grupy testowanych roślin do roku 2011, oprócz sosny górskiej, przetrwały oraz spełniały funkcję dekoracyjną: macierzanka piaskowa (*Th. serpyllum* L.), dzwonek drobny (*C. cochleariifolia* Lam.) oraz tawuła japońska (*S. japonica* L. ‘Goldmund’).

Tabela 2. Wpływ substratów na ocenę wizualną [skala 0–5] roślin mierzona od drugiego roku uprawy (2009) – Effect of substrates on the visual rating [0–5 scale] of plants measurement from the second year of cultivation (2009)

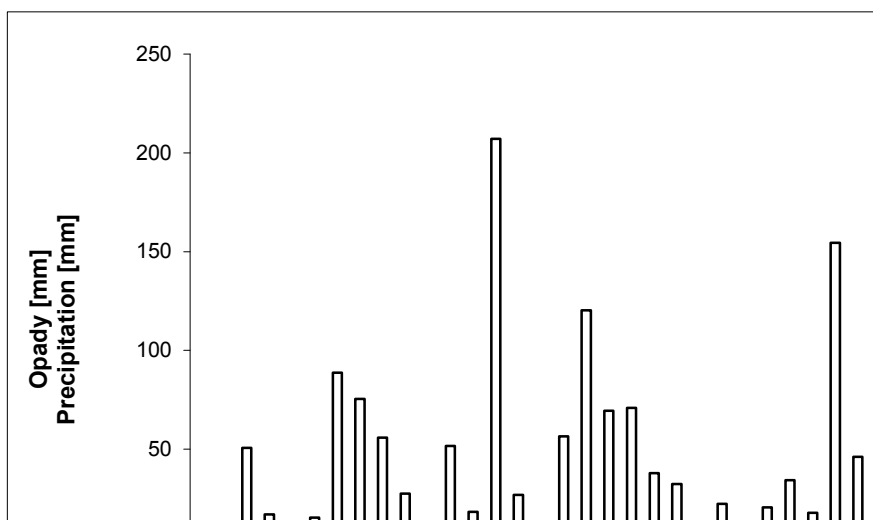
Gatunki Species	Ocena wizualna – Visual rating [skala – scale 0-5] ¹					
	substrat – substrate 1**			substrat – substrate 2***		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011
<i>Campanula cochleariifolia</i>	3,1b*	3,3b	1,0a	3,2b	2,9 b	3,5b
<i>Thymus serpyllum</i>	4,2a	3,9a	3,9a	3,4a	3,2a	3,2a
<i>Festuca glauca</i>	4,6b	0,2a	0,2a	4,4b	0,6a	0,6a
<i>Spiraea japonica</i>	3,5b	3,5b	3,1b	1,6a	1,3a	1,5a
<i>Coreopsis verticillata</i>	4,2c	0,2a	0,0a	3,3b	0,2a	0,0a
<i>Pinus mugo</i>	5,0b	4,8a	4,8a	5,0b	4,8a	4,8a

Objaśnienia – Explanation:

*, **, *** patrz tabela 1. – see Table 1.

¹ocena wizualna w skali 0-5: 0 – brak roślin, 1 – widoczne brązowienie i wędnięcie roślin, 3 – powolny wzrost i 5 – właściwy wzrost i pokrój roślin – visual rating was recorded on a scale of 0 to 5 where: 0 – dead, 1 – stressed plant showing visible wilting or browning, 3 – slow growth and 5 – exceptional growth and fullness

Niedobór opadów i niska wilgotność podłoża to czynniki najbardziej ograniczające wzrost roślin na dachach. W czasie trwania doświadczenia rozkład opadów atmosferycznych w poszczególnych miesiącach uprawy był korzystny dla wzrostu roślin (rys. 1). Szczególnie duże nasilenie opadów nastąpiło w lutym 2009 (207 mm) i lipcu 2011 (195 mm). Tylko w pierwszym roku po posadzeniu roślin (2008) roczna suma opadów (390 mm) była niższa od średnich wieloletnich dla tego regionu Polski (530 mm). W następnych latach ilość opadów atmosferycznych wynosiła kolejno: 661; 688 i 601 mm.



Rysunek 1. Sumy miesięczne opadów atmosferycznych [mm] w latach 2008-2011 (pomiar od 1 stycznia 2008 do 31 grudnia 2011) – Total monthly precipitation [mm] in the years 2008-2011 (measurement from 1 January 2008 to 31 December 2011)

WNIOSKI

1. Badane substraty przez cztery lata uprawy charakteryzowały się dobrymi właściwościami fizycznymi i chemicznymi, z tego powodu mogą być polecane jako substraty dla ogrodów dachowych.
2. W obu substratach zaobserwowano wzrost pojemności powietrznej oraz spadek maksymalnej pojemności wodnej po pierwszym roku badań.
3. Spośród 6 gatunków roślin do uprawy na dachach nadaje się sosna górską (*P. mugo*), dzwonek drobny (*C. cochlearifolia*) oraz macierzanka piaskowa (*Th. serpyllum*).

LITERATURA

- Alexandri E., Jones P. 2008. Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building Environ.* 43: 480-493.

- Currie B.A., Bass B. 2008. Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model. *Urban Ecosyst* 11: 409-422.
- FLL 2008. Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen- Dachbegrünungsrichtlinie. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V., Bonn.
- FLL 2002. Guidelines for the Planning, Execution and Upkeep of Green-roof sites. <http://www.greenroofsouth.co.uk/FLL%20Guidelines.pdf>; dostęp 3 stycznia 2013.
- Leijn-Van Dijk F.M., De Bes S.S. 1987. Methods for physical analysis of potting soil and peat. *Analytical procedures nr 2*. Naaldwijk, The Netherlands: 11 s.
- Monterusso M.A., Rowe D.B., Rugh C.L. 2005. Establishment and Persistence of *Sedum* spp. and Native Taxa for Green Roof Applications. *HortScience* 40(2): 391-396.
- Nowosielski O. 1988. Zasady opracowywania zaleceń nawozowych w ogrodnictwie. PWRiL, Warszawa.
- PN-EN 13041. 2002. Środki poprawiające glebę i podłoża uprawowe – Oznaczanie właściwości fizycznych – Gęstość objętościowa suchej próbki, pojemność powietrzna, pojemność wodna, kurczliwość i porowatość ogólna. PKN, Warszawa: 20 s.
- PN-EN 13039. 2002. Środki poprawiające glebę i podłoża uprawowe – Oznaczanie zawartości substancji organicznej i popiołu. PKN, Warszawa: 8 s.
- Rowe D.B. 2011. Green roofs as a means of pollution abatement. *Environmental Pollution* 159: 2100-2110.