

Fizyczne własności substratów

Physical properties of cactus substrates

Krzysztof Stefański

Poznań

W artykułach dotyczących uprawy kaktusów zwykle omawia się własności chemiczne substratów. Nie mniej ważne są jednak własności fizyczne, m.in. omawiane w artykule stosunki powietrzno-wodne w podłożu oraz kompleks sorpcyjny.

Zamiast wstępu

Do napisania tego tekstu skłoniło mnie znalezienie własnych notatek sprzed przeszło 20 lat – projektu podobnego artykułu, który jednak wtedy nie powstał. Wracając do mojej pasji kaktusiarskiej po dwudziestoletniej przerwie spowodowanej okolicznościami niezależnymi ode mnie stwierdziłem, że notatki te nie straciły na aktualności, z drugiej zaś strony przeglądając polskie czasopisma i strony internetowe nie znalazłem podobnej publikacji. Artykuł ten przeznaczony jest dla amatorów kaktusów nie będących zazwyczaj biologami czy inżynierami ogrodnictwa. Podaję w nim więc tylko niezbędne fakty z gleboznawstwa i fizjologii roślin, bez przeładowania tekstu teorią. Pewne minimum wiadomości teoretycznych i danych liczbowych jest jednak (moim zdaniem) i konieczne, i pożyteczne. Z wielu zagadnień wartych omówienia wybrałem dwa: stosunki powietrzno-wodne w podłożu oraz kompleks sorpcyjny substratu i jego znaczenie w uprawie.

Optimum ekologiczne i optimum fizjologiczne

W literaturze poświęconej kaktusom dość szczegółowo omawia się własności chemiczne prawidłowego podłoża do uprawy sukulentów, tj. odczyn pH, zawartość makro i mikrośladników itp. Pisząc o własnościach fizycznych substratu autorzy ograniczają się zazwyczaj do stwierdzenia, że podłoże powinno być przewiewne, dobrze przepuszczalne, czyli „takie, jak trzeba”, nie określając bliżej, jakie właściwie warunki to podłoże powinno spełniać. Również zamieszczane w niektórych publikacjach wyniki analiz gleby ze stanowisk naturalnych, mające skądinąd dużą wartość poznawczą, nie mogą być wzorcem do naśladowania w uprawie kaktusów. Dostarczają one bowiem informacji o optimum ekologicznym, czyli o zespole warunków, w jakich kaktusy rosną najlepiej przy jednoczesnej konkurencji ze strony innych gatunków. Dla uprawy w naszych kolekcjach większe znaczenie ma jednak ich optimum fizjologiczne, to znaczy warunki optymalne dla rozwoju danego gatunku, bez uwzględnienia konkurencji międzygatunkowej. Te dwa optima w przypadku sukulentów (i wielu innych roślin) mogą

In articles about cactus culture, chemical properties of cactus substrates are described as a rule. However equally important are their physical properties, including air-water conditions in soil, and substrate sorption complex, discussed here.

In place of introduction

What has prompted me to write this paper was finding by me my notes dated back over 20 years ago – a project of a similar paper, yet the one that had not been written at the time. On returning to my cactus passion after the 20-year break caused by reasons beyond my control, I found that the notes did not become out of date. Moreover, when leafing through the Polish journal and websites, I have not found a similar publication. This paper is meant for cactus amateurs, which are not biologists or gardening engineers as a rule, so I am giving only necessary facts relating to soil science and plant physiology, without overloading the text with theory. But some minimum theoretical knowledge and numerical data are in my opinion necessary and useful. From the many issues worth discussion, I chose two: air-water conditions in soil, and substrate sorption complex and its importance.

Ecological optimum and physiological optimum.

In the cactus literature, there are given quite detailed descriptions of chemical properties of a good soil for cacti cultivation, that is: pH value, macro- and microelements contents. However when writing about physical features of substrates, authors end up the question by concluding that the soil should be airy, permeable, just ‘as it should be’ without precising what specific conditions such a soil should have. Also analyses of habitat soils that appear in some publications, being of great value in general, should not be a pattern for cactus cultivation. This is because they provide us with information about ecological optimum, i.e. a set of conditions in which cacti grow best when rivaling other species. However, for cultivation in our collections, much more important is their physiological optimum, i.e. conditions for optimal growth without interspecific rivalry. These two optimums may largely differ in case of succulents (and many other plants)¹. In habitats, there are mainly primitive soils derived from weathered rocks, often of volcanic origin. These are sandy-loamy soils, sometimes quite heavy, with high

znacznie różnić się od siebie¹. Na stanowiskach naturalnych występują zwykle prymitywne gleby powstałe ze zwięzłych skał, często pochodzenia wulkanicznego. Są to gleby piaszczysto-gliniaste, nieraz dość ciężkie, o dużej zawartości soli mineralnych (z wyjątkiem soli azotu), o niskiej lub bardzo niskiej zawartości próchnicy. Odczyn ich jest dość zróżnicowany, na ogół zbliżony do neutralnego. Nie jest to, zwłaszcza przy niedostatecznym nawodnieniu, najlepsze środowisko do rozwoju kaktusów, ale inne rośliny w tych warunkach w ogóle nie mogą przeżyć, przez co nie stanowią konkurencji i nie zagłuszają wolniej rosnących kaktusów. Ponieważ w kolekcjach zagadnienie walki o byt między gatunkami nie ma znaczenia, w dalszym ciągu artykułu zajmiemy się wyłącznie problemami związanymi z optimum fizjologicznym. Skoncentrujemy się przede wszystkim na prawidłowych stosunkach powietrzno-wodnych, jakie winny panować w dobrym podłożu do uprawy kaktusów.

Pojemność wodna substratu

Większość specjalistów jest zdania, że idealne podłoże do uprawy roślin lądowych (territifów) powinno składać się w przybliżeniu w 50% z części stałych, w 25% z powietrza i w 25% z wody (Fig. 1a). Wynika stąd, że substrat w postaci suchej musiałby mieć porowatość rzędu 50% (faza powietrzna + wodna). Niewiele mieszanek glebowych spełnia to wymaganie, te zaś, które mają pożądaną własność zawierają zazwyczaj dużo próchnicy i przez to są niezbyt wskazane dla kaktusów, szczególnie dla wrażliwszych gatunków. W dalszym ciągu zajmiemy się zatem głównie kruszywami mineralnymi i podłożami syntetycznymi, koncentrując się przy tym na materiałach dostępnych w naszym kraju.

Jeśli ziarna substratu są w przybliżeniu kuliste (substratów o strukturze włóknistej w uprawie kaktusów raczej się u nas nie używa) oraz mają jednakową średnicę, to zajmują one około 75% objętości podłoża. Przy różnych średnicach ziaren zajmują one jeszcze większą część objętości, ponadto może wtedy wystąpić niekorzystne zjawisko przemieszczania się skutkiem podlewania mniejszych ziaren w przestrzeniach między większymi, co może doprowadzić do rozwarstwienia się podłoża na frakcje o różnej granulacji. Gdyby ziarna substratu były pełne, bez wewnętrznych por, wówczas miałyby on porowatość rzędu 25%, a więc zbyt małą. Łatwo zauważyć, że do uzyskania pożądanego pięćdziesięcioprocentowej porowatości substratu ziarna muszą mieć także strukturę porowatą, a ich wewnętrzne pory powinny zajmować około 1/3 objętości ziaren (Fig. 1b). Nie mogą one także pęcznieć skutkiem wilgoci, gdyż zmniejszałoby to objętość por. Wymóg porowatości eliminuje tak popularne wśród kaktusiarzy podłoża jak żwir i piasek. Kaktusy mogą w nich wprawdzie rosnąć, nie oznacza to jed-

ratios of mineral salts (except for nitrogen salts), with low or very low content of humus. The pH value is somewhat variable, close to neutral on the whole. This is not the best environment for growth of cacti, especially with insufficient watering, but other plants are not capable of living under such conditions and so they do not compete with cacti that grow slower. Because in our collections the struggle for living between species does not matter, so in the next part of the paper we will be considering only problems related to the physiological optimum. We will focus mainly on proper air-water conditions, that should prevail in a good culture mix.

Water capacity of a substrate

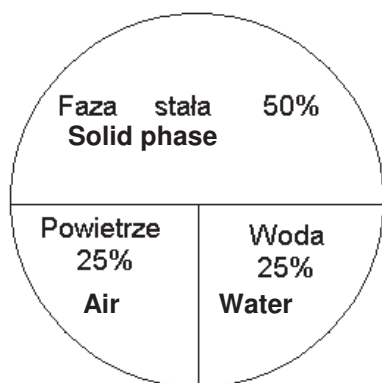
Most of specialists maintain that ideal mix for cultivation of terrestrial plants (terriphytes) should consist of ca. 50% of solid components, 25% of air and 25% of water (Fig. 1a). It implies that a substrate in a dry form would have porosity about 50% (air + water). Not many mixes comply to this requirement, and those that do have this proper quality, usually contain too much humus, hence are not advised for cacti, especially for the more delicate species. So next we will fix our attention on mineral components and synthetical mixes, focusing on materials available in our country.

If a substrate particles are more or less spherical (substrates of fibrous structure are generally not used in cacti cultivation in Poland) and they have the same diameter, then they occupy about 75% of soil volume. When diameters of the particles differ, then they occupy even larger part of volume; moreover, in such a case there may occur unfavourable shifting of smaller particles through gaps between the larger ones due to watering, and this may lead to stratification of the soil into fractions of different granulation. If the substrate particles were solid, without inner pores, then its porosity would be about 25% which would be too small. One may easily observe that for obtaining the desirable 50-% porosity of the substrate, also the particles must have a porous structure, and their inner pores are supposed to occupy about 1/3 of the particle volume (Fig. 1b). They also should not swell with moisture because that would diminish the pores volume. The necessity for porosity eliminates such components as sand and gravel, very popular among cactophiles. Cacti would grow in them but that does not mean they would feel very good in such a soil.

So in the scope of our interest there remain the porous components, such as brick, keamzite, coke, slag, perlite, granulated polystyrene, plastic fibers or

¹ Szczegóły i ciekawe przykłady dotyczące optimum ekologicznego i fizjologicznego można znaleźć np. w książce K. Kreeb, *Ekofizjologia roślin*, PWN, Warszawa 1979

(a)



(b)

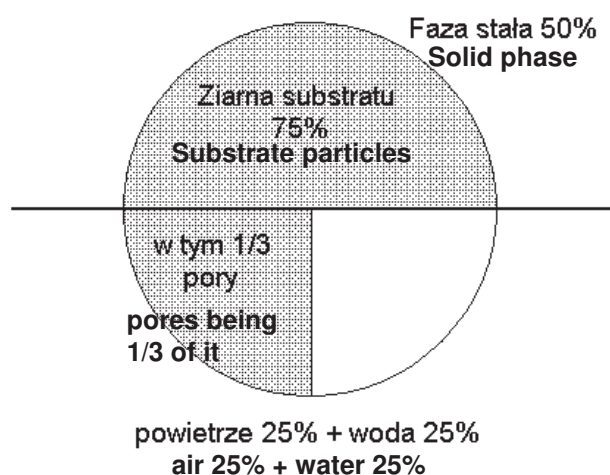


Fig. 1.

nak, że czują się w takim podłożu najlepiej.

W zasięgu naszych rozważań pozostają więc kruszywa porowate, takie jak cegła, keramzyt, koks, żużel, perlit, spieniony polistyren w granulach, włókna lub pałeczki z tworzyw sztucznych (PCV) itp. Zanim przejdziemy do dalszych rozważań na temat ich własności fizycznych omówimy krótko pewne charakterystyczne cechy tych substratów².

Perlit, będący spienionym szkliwem wulkanicznym, jest powszechnie stosowany w rozmaitych uprawach szklarniowych jako dodatek polepszający porowatość podłoża. Jako podstawowe kruszywo przy uprawie kaktusów jest rzadko stosowany, ma bowiem określone wady, jak mały ciężar właściwy, co utrudnia podlewanie i może spowodować przewracanie się większych egzemplarzy roślin, ponadto ma bardzo wysoką pojemność wodną (rzędu 80%), co może stworzyć zagrożenie dla systemu korzeniowego wrażliwszych gatunków. Nie ma natomiast przeszkód, aby stosować perlit jako dodatek do rozmaitych mieszanek glebowych stosowanych w uprawie kaktusów. Podobne do perlitu wady ma spieniony polistyren i inne tworzywa sztuczne w granulach czy pałeczkach. Tworzywa sztuczne jako substraty niosą ze sobą jeszcze inne zagrożenie dla roślin. Korzenie sukulentów wydzielają różne agresywne chemiczne substancje powodujące destrukcję podłoża. To, co w warunkach naturalnych pozwala roślinie wykorzystać związane w podłożu sole mineralne, może po wielomiesięcznym czy nawet kilkuletnim kontakcie z tworzywem sztucznym spowodować jego destrukcję i wydzielanie bardzo szkodliwych dla roślin związków chemicznych. Podobne niebezpieczeństwo grozi ze strony koksu i żużla, które zawierają fenol i jego pochodne. Mogą one jednak być dobrymi podłożami, pod warunkiem uprzedniego kilkuletniego leżakowania na wolnym powietrzu i wytrawienia rozcieńczonym kwasem siarkowym lub azotowym oraz dokładnego wypłukania. Znacznie bezpieczniejsze pod tym względem są materiały ceramiczne, jak żwir ceglany i keramzyt (mający postać porowatych kulek z wypal-

sticks (PCV) etc. Before we move on to further debating over their physical properties, let us discuss in short some characteristics of these substrates².

Perlite, which is foamy volcanic glaze, is commonly used in various greenhouse cultures as an addition improving soil porosity. It is rarely used as a main component in cactus culture, as it has some faults such as low gravity which makes watering difficult and may cause larger plants fall down, besides, it has very high water capacity (about 80%) which may pose a threat to root systems of more delicate species. But there are no obstacles for using perlite as a addition to various mixes for cacti culture. Foamed polystyrene and other synthetic substances in ganules or sticks also have similar drawbacks. Synthetic substances used as substrates pose another threat to plants. Plant roots secrete various aggressive chemical substances causing destruction of soil. What in habitat allows the plant to use mineral salts fixed in the soil, may, after many-month- or even years-long contact with a synthetic substance, induce destruction of the soil and appearance of many chemical compounds harmful for plants. A similar danger may be caused by coke and slag, both containing phenol and its derivatives. But the two can be good components provided several-year-long lying in open air and being treated with diluted sulphur or nitric acid, and thorough washing. In this respect, much safer are ceramic materials, such as brick gravel and keramzite (in a form of porous globules made of burned clay). Both brick and keramzite (used as a component in the building trade) are easily accessible, have suitable porosity and gravity, may be regenerated if needed. They do not give off any compounds harmful to plants, when

²Podstawowe kruszywa i ich własności są omówione zwięźle w godnej polecenia książce Z. Fleischer, B. Schütz, *Kaktusy*, PWRiL, Warszawa 1978 (lub późniejsze wydania)

onej gliny – Fig. 2). Zarówno cegła jak i keramzyt (używany jako kruszywo w budownictwie) są łatwo dostępne, mają odpowiednią porowatość i ciężar właściwy, można je w razie potrzeby regenerować. Nie wydzielają żadnych substancji szkodliwych dla roślin, pod wpływem czynników chemicznych i wietrzenia degradują się do substancji, z której powstały – nieszkodliwej dla roślin gliny. Dodatkową zaletą cegły jest zmiana jej zabarwienia w zależności od stopnia wilgotności.

Gdy już dysponujemy substratem mającym wymaganą porowatość rzędu 50%, pozostaje problem jak spowodować, by na fazę powietrzną i wodną przypadało po 25%. Można oczywiście podlewać rośliny odmierzoną ilością wody, ale jest to niezmiernie kłopotliwe i znacznie lepiej będzie, jeśli podłoże będzie w stanie zatrzymać tylko tyle wody, ile chcemy, to jest 25%. Pożądaną własność podłoża można uzyskać dobierając odpowiednio średnicę ziaren. Im grubsze ziarno, tym więcej będzie w substracie powietrza, bowiem w substracie drobnoziarnistym mamy większy procent wody przywierającej do ziaren (ze względu na ich większą powierzchnię) oraz łatwo dostępnej dla roślin tzw. wody kątowej, zatrzymującej się w miejscach zetknięcia ze sobą ziaren substratu (Fig. 3).

Prawidłowe stosunki wodne gwarantuje zazwyczaj podłoże o średnicy ziaren 3-5 mm. Najlepiej jednak wykonać samemu dokładny pomiar tzw. *pełnej pojemności wodnej i pojemności polowej* posiadanego substratu. Można to zrobić w bardzo prosty sposób. Do naczynia o znanej pojemności (np. plastikowej doniczki z otworem w dnie) wsypujemy do pełna suchy substrat. Następnie, zatykając otwór w dnie palcem, nalewamy do naczynia wody z menzurki tak długo, aż jej poziom zrówna się z powierzchnią podłoża. Procent objętości, którą zajmie woda, tj

$$(\text{ilość wody wlanej} / \text{objętość substratu}) * 100\%$$

nazywamy pełną pojemnością wodną. Powinna ona wynosić około 50%. Po zmierzeniu pełnej pojemności wodnej odtykamy otwór w dnie, wypływającą wodę zbieramy w menzurkę i mierzymy jej objętość (pozwalamy wodzie odpływać przez co najmniej kilka minut). Procent objętości, który będzie zajmowała woda pozostająca w doniczce czyli:

$$[(\text{ilość wody wlanej} - \text{ilość wody, która wypłynęła}) / \text{objętość substratu}] * 100\%$$

nazywamy pojemnością polową substratu³. Powinna ona wynosić około 25%.

Przykład.

Doniczka ma objętość 200 ml. Napęlniamy ją suchym substratem i wlewamy wodę „do pełna”. Wlaliśmy 106 ml wody, a następnie odciekło 54 ml. Pełna pojemność wodna (tj. całkowita porowatość = powietrze

treated with chemical factors and the air they degrade to substances they originate from – clay un-harmful to plants. Another advantage of brick – it changes its hue according to humidity degree.

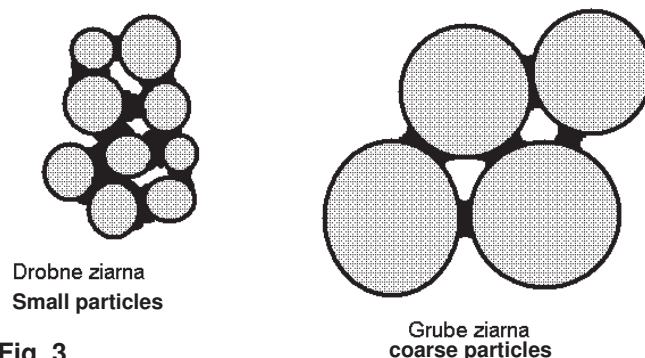


Fig. 3.

When finally we get a substrate of the desired 50% porosity, we have to decide what to do in order to obtain 25% for air phase and water phase each. Of course we can supply the plants with a measured amount of water but it is highly inconvenient. It would be much better if the soil could retain only such amount of water as we wanted, that is: 25%. This preferred feature of the soil may be acquired by suitably adjusting particles' diameter. The larger diameter – the more air in the substrate, because in a small-particle substrate there is a higher percentage of water adhering to the particles (due to their larger surface as a whole), and of the so called corner water – that which is retained in places where the particles adjoin each other (Fig. 3).

The proper water conditions are as a rule guaranteed by a soil composed of 3-5 mm particles. But the best way is to take by oneself a precise measure of the so called *complete water capacity* and substrate *field capacity*. It can be done very easily. We fill a vessel of known volume (e.g. a plastic pot with a hole in the bottom) with our dry substrate up to the brim. Next, after shutting up the bottom hole, we pour water into the vessel from a measuring glass till its level and the substrate level are equal. The percentage of volume occupied by water, i.e.:

$$(\text{poured water amount} / \text{substrate volume}) * 100\%$$

is called the complete water capacity. It should be about 50%. After measuring the complete water capacity, we open the bottom hole, collect the flowing water in a measuring glass and measure its volume (we let the water flow for at least several minutes). The percentage of volume occupied by water remained in the pot, i.e.:

$$[(\text{amount of poured water} - \text{amount of flown-out water}) / \text{substrate volume}] * 100\%$$

is called field capacity³ of the substrate. It should be around 25%

+ woda) wynosi $(106/200) \cdot 100\% = 53\%$, a pojemność połowa (część por zajęta przez wodę) jest równa $[(106-54)/200] \cdot 100\% = 26\%$

Substrat po podlaniu składa się więc w 47% (100% - 53%) z fazy stałej, w 26% z fazy wodnej i w 27% (100% - 47% - 26%) z fazy powietrznej, ma więc własności zbliżone do idealnych.

Pouczające może być także zbadanie w opisany wyżej sposób różnych mieszanek glebowych stosowanych w uprawie roślin. W wielu przypadkach otrzymamy wyniki mocno odbiegające od optymalnych, zwłaszcza zawartość powietrza w wielu mieszankach jest zbyt mała. Jest to bardzo szkodliwe dla korzeni kaktusów, które oddychają i potrzebują powietrza do swojego normalnego funkcjonowania.

Siła ssąca gleby

Z porowatością podłoża wiąże się następna niezwykle ważna dla uprawy własność gleby – jej siła ssąca. Cecha ta jest ściśle związana z dostępnością dla roślin wody zawartej w podłożu, mianowicie woda jest dostępna dla roślin, jeśli korzenie potrafią ją wyciągnąć, czyli jeśli siła ssąca włókien jest większa od siły ssącej gleby. Warto więc omówić ją dokładniej.

Woda jest utrzymywana w glebie dzięki siłom włoskowatości (kapilarnym). Siły te zależą przede wszystkim od średnicy por (kapilar) w podłożu. Im mniejsza jest średnica kapilary, tym większa jest jej siła ssąca. Zjawisko włoskowatości jest dobrze znane i można je zilustrować prostym doświadczeniem – zanurzając w wodzie rurki o różnych średnicach. Woda podnosi się wyżej w rurce o mniejszej średnicy. Dla określenia zależności między siłą ssącą a średnicą kapilary stosuje się w gleboznawstwie wzór: $h = 3 / d$ (przy temperaturze 15°C), gdzie

h = wysokość słupa wody (w cm)

d = średnica kapilary (w mm).

Jest to wzór przybliżony, ale dostatecznie dokładny dla potrzeb praktycznych. Ponieważ siłę ssącą, czyli z fizycznego punktu widzenia ciśnienie, podaje się często w innych niż wysokość słupa wody jednostkach, dla lepszej orientacji czytelnika podaję przeliczniki między nimi:

1000 cm słupa wody = 1 atm

10 atm \approx 1 MPa

W gleboznawstwie stosowana jest jeszcze jedna jednostka siły ssącej gleby, oznaczana symbolem pF. Jest to logarytm z wysokości słupa wody w cm odpowiadającej ciśnieniu z jakim gleba zasysa (i utrzymuje) wodę.

³Pojęcia pełnej pojemności wodnej i pojemności połowej gleb są omawiane w każdym podręczniku gleboznawstwa a także w jasno i przystępnie napisanej książce W. Czerwińskiego *Fizjologia roślin*, PWN, W-wa (rok zależny od wyd.). Książkę tę powinien przeczytać każdy miłośnik roślin (nie tylko kaktusów), by zrozumieć wymagania roślin i stworzyć im w swej kolekcji komfortowe warunki.

Example:

A pot has 200 ml volume. We fill it with a dry substrate and pour water in up to the brim. We poured in 106 ml of water, then 54 ml of it has flowed out. The complete water capacity (e.i. complete porosity = air + water) is $(106/200) \cdot 100\% = 53\%$, and the field capacity (the part of the pores occupied by the water) is:

$$[(106-54)/200] \cdot 100\% = 26\%$$

So, the substrate, after the watering, is composed of 47% (100% - 53%) of solid phase, 26% of water phase and 27% (100% - 47% - 26%) of air phase, thus having its properties nearly perfect.

It also may be instructive to examine with the above method various mixes used in plant culture. In many cases we would obtain results much different from the optimum; especially air content in many mixes is too low. It is very harmful for cactus roots which breathe hence they need the air for their normal functioning.

Soil suction power

Another extremely important feature is connected with soil porosity: its suction power. This property is strictly connected with availability of water ready for plants in a soil. Water is available for plants if roots are able to suck it, that is if the suction power of the hair roots is stronger than suction power of a soil. So it is worth a more thorough discussion.

Water is held in soil thanks to capillarity forces. These depend mainly on soil pores' (capillaries') diameter. The smaller are diameters of the capillaries the stronger is their suction power. Capillarity is well known and may be illustrated with a simple test – by dipping in water tubes of different diameters - in a tube of smaller diameter, water will come up higher. To precise a proportion between the suction power and capillary diameter, there is a formula in soil science: $h = 3 / d$ (at a temperature of 15 °C), wherein

h = water column height (in cm)

d = capillary diameter (in mm).

This is an approximate formula, but precise enough for practical uses. Because the suction power, which means pressure in physical terms, is often given in units other than height of water column, I give here their conversions:

1000 cm of water column = 1 atm

10 atm \approx 1 MPa

In soil science another unit of soil suction power is used, defined as pF. It is a logarithm of water column height in centimeters, corresponding to pressure by which the soil sucks (and maintains) water.

$$pF = \log h$$

It has the virtue of increasing by 1 unit with pressure

$pF = \log h$

Ma ona tę zaletę, że przy dziesięciokrotnym zwiększeniu ciśnienia wzrasta o 1, pozwala więc na wygodne operowanie zarówno małymi jak i dużymi wartościami ciśnienia. Zależności między wprowadzonymi jednostkami ciśnienia a średnicą por ilustruje przykładowo następująca tabelka →

Wartość siły ssącej gleby, która przekracza siłę ssącą włóśników, przez co zawarta w niej woda staje się niedostępna dla roślin, określamy mianem *punktu trwałego wędnięcia*. Dla większości roślin punkt trwałego wędnięcia odpowiada wartości $pF=4.2$ (ostatni wiersz tabeli powyżej). Wartościom pF poniżej 2.2 odpowiada woda grawitacyjna przesiąkająca powoli w niższe warstwy gleby (lub opuszczająca doniczkę otworami drenażowymi). Pojemność połowa podłoża (po całkowitym odcieku wody) odpowiada wartości $pF= 2.5$. Zakres pF między 2.2 a 3.7 odpowiada wodzie łatwo dostępnej dla roślin, między 3.7 a 4.2 wodzie trudno dostępnej, a powyżej 4.2 wodzie niedostępnej dla roślin. Wartości te odpowiadają przeciętnej sile ssącej korzeni roślin lądowych (o ile udało mi się ustalić taką typową rośliną testową jest słonecznik). Powstaje pytanie, w jakim stopniu dane te są miarodajne dla kaktusów i innych sukulentów, które przystosowały się do życia w warunkach półpustynnych i stepowych. Okazuje się, że korzenie kaktusów mają podobną siłę ssącą do innych roślin, ich odporność na suszę wynika z tego, że potrafią zgromadzić wodę, której mają pod dostatkiem w okresie opadów i później oszczędnie nią gospodarują. Według wielu źródeł, m.in. cytowanej już książki Kreeba, punkt trwałego wędnięcia (czy raczej przejścia w stan spoczynku) wynosi także około 4.2 dla dorosłych kaktusów i około 3.7 dla siewek. Znacznie wyższą wartość punktu trwałego wędnięcia ($pF=5$) ma inna grupa roślin środowisk suchych – sklerofity, wykracza to jednak poza zakres tego artykułu. Nie będę zajmował się tu także dokładniejszymi zależnościami między procentową zawartością wody w podłożu a siłą ssącą gleby, wykres tej zależności, tzw. krzywa pF jest ważną charakterystyką gleby, zainteresowanych odsyłam do podręczników gleboznawstwa, względnie do wyszukiwarki internetowej.

Buforowe własności substratu i kompleks sorpcyjny

Następnym ważnym zagadnieniem jest znaczenie wody niedostępnej dla roślin. Niedostępnej nie oznacza, że nieprzydatnej. Woda niedostępna dla roślin jest w podłożu ważnym czynnikiem buforującym pH i stężenie soli, tj. zapobiegającym zbyt gwałtownym ich zmianom. Wynika z tego, że substrat powinien mieć dostatecznie dużo tzw. mikropor, czyli por o średnicy poniżej 0.2 μm . Dzięki mikroporom podłoże ma silnie rozwiniętą powierzchnię sorpcyjną zdolną

zwiększając dziesięć razy, co czyni to wygodnym do obsługi zarówno małych jak i dużych wartości ciśnienia. Zależności między jednostkami ciśnienia a średnicą por są zilustrowane w tabeli poniżej.

d (mm)	h (cm)	atm	pF
3	1	0.001	0
1	3	0.003	0.5
0,3	10	0.01	1
0,03	100	0.1	2
0,02	150	0.15	2.2
0,003	1000	1	3
0,0006	5000	5	3.7
0,0003	10000	10	4
0,0002	15000	15	4.2

A value of soil suction power that exceeds suction power of the hair roots, so the water in the soil is no longer available for hair roots, is defined as *permanent withering point*. For most plants the permanent withering point matches with $pF=4.2$ (the bottom line of the table above). The pF values below 2.2 corresponds with gravity water permeating slowly down the lower parts of soil (or flowing out of the pot through its bottom holes). The field capacity of a soil (after the water stops flowing out) corresponds with $pF= 2.5$. The pF scope between 2.2 and 3.7 means water is easily accessible to plants, the scope between 3.7 and 4.2 – water of difficult access to plants, and above 4.2 – water inaccessible to plants. These values refer to average suction power of land plants' roots (an example may be a sunflower). A question arises as to what extent these data are authoritative for cacti and other succulents which are adapted to living in semi-desert and steppe-like environments. It appears that cacti roots have suction power similar to that of other plants. Their drought resistance lies in that they are able to store water which is abundant in the rainy period and then use it economically. According to many sources, including the above mentioned Kreeb's book, the permanent withering point (or rather point of changing into the rest period) is also about 4.2 for adult plants, and about 3.7 for seedlings. Much higher value of permanent withering point ($pF=5$) has another group of plants of dry habitats: sclerophytes, but these lie beyond the scope of this paper. Also I will not discuss here more precise relationship between percentage of water in a substrate and soil suction power. A graph of this function, a pF curve, is an important soil characteristic. Let those that are interested in this problem use manuals concerning soil science or an internet search engine.

zatrzymywać jony i z zapobiegać z jednej strony ich wypłukaniu, a z drugiej ich nadmiernej koncentracji w wodzie dostępnej dla roślin.

W glebach tę rolę spełnia tak zwany kompleks sorpcyjny, to jest zestaw koloidów glebowych. W glebach środowisk wilgotnych, gdzie przeważającym procesem glebotwórczym jest humifikacja, kompleks sorpcyjny składa się głównie z koloidów organicznych, określanych zbiorowo mianem próchnicy, w glebach środowisk suchych, gdzie przeważają procesy wietrzenia, w skład kompleksu sorpcyjnego wchodzi głównie koloidy mineralne określane potocznie mianem gliny (w rzeczywistości w skład gliny wchodzi różne materiały osadowe w zależności od rodzaju skały, z której przez wietrzenie powstały).

Zarówno koloidy organiczne (próchnica) jak i nieorganiczne (gлина) charakteryzują się dużą pojemnością sorpcyjną (rzędu 50 - 250 mval/100 g) jak i silnie rozwiniętą powierzchnią (kilkaset m²/g). Próchnica zawiera znacznie więcej związków azotu niż glina, a także rozmaite związki organiczne o charakterze stymulatorów wzrostu, ale jest jednocześnie doskonałą pożywką dla mikroorganizmów, na które sukulent, jako roślina środowisk półpustynnych i stepowych, są znacznie mniej odporne od roślin naszej strefy klimatycznej. Azot i ewentualnie stymulatory wzrostu (jak witamina B1 i kwas nikotynowy) możemy dostarczyć roślinom w pożywce, nie narażając ich na infekcję. Zwietrzała glina ma podobne własności sorpcyjne do próchnicy i nie zawiera jednocześnie (po wygrzaniu w piekarniku) mikroorganizmów.

Wypróbowanym przeze mnie rozwiązaniem praktycznym w uprawie kaktusów jest kombinacja kruszywa (żwir ceglany po wypłukaniu lub drobnoziarnisty keramzyt) ze zwietrzałą gliną. Gлина polepsza własności sorpcyjne, kruszywo polepsza stosunki powietrzno-wodne. Dodatkową zaletą takiego kombinowanego podłoża jest możliwość wymiany fazy gliniastej przez intensywne podlanie czystą wodą, aby wypłukać cząstki gliniaste a następnie ostrożne podlanie wodą z rozbettaną w niej gliną, której duża część zostaje zatrzymana między ziarnami kruszywa. Jest to jakby „przesadzanie bez przesadzania”, nie uszkadzające korzeni i nie przerywające wegetacji roślin. Ze względu na duże ilości wody, którą musimy wręczyć zalać pojemnik z kaktusami, zabieg ten trzeba wykonywać przy ładnej, ciepłej pogodzie.

W artykule poruszyłem jedynie podstawowe zagadnienia, nie chcąc tracić z oczu ich przydatności w praktycznej uprawie kaktusów. Czytelników chcących poszerzyć swoją wiedzę na omawiane tematy odsyłam do cytowanej literatury a także do Internetu.

Substrate buffer properties and sorption complex.

Another important question is significance of water which is not available for plants. But unavailability does not mean unusefulness. Water unavailable for plants is an important factor buffering pH and concentration of salts, i.e. preventing their too violent changes. This implies that a substrate should have sufficient amount of the so called micropores – pores of diameters less than 0.2 μm. Presence of micropores means that the substrate has strongly developed sorptive surface able to retain ions and prevent them both from washing away and from their too much concentration in the water available for plants.

These functions in soil are maintained by the so called sorption complex which is a set of soil colloids. In soils of wet habitats, where the dominant process responsible for soil nature is humification, the sorption complex is composed mainly of organic colloids, collectively referred to as humus. In the soils of dry habitats, where weathering processes are dominant, the sorption complex is mainly composed of mineral colloids, commonly referred to as clay (in fact clay is composed of various alluvial minerals according to kind of rock of which they were made by weathering).

Both organic colloids (humus) and inorganic ones (clay) are characterized by high sorptive capacity (about 50 - 250 mval/100 g) and highly developed surface (several hundred m²/g). Humus contains much more nitrogen compounds than clay, and also various organic compounds which perform the functions of growth stimulators, but at the same time it is a perfect nourishment for microorganism to which succulents, being the plants of semi-desert and steppe-like environments, are considerably less immune than plants coming from our climatic zone. We may deliver nitrogen and possibly growth stimulators (B vitamin and nicotine acid) together with a nourishment, without exposing the plants to infections. Weathered clay has similar sorptive properties to humus and does not possess microorganisms (after heating it through).

A practical solution in cacti cultivation that I had tested is to combine a mineral component (brick gravel after rinsing it through or small-particle keramzite) with weathered clay. Clay improves sorptive properties, whereas mineral component improves air-water conditions. An additional advantage of such a combined substrate is possibility of exchanging clay phase, which may be done by intensive application of clean water in order to wash out clay particles, and subsequent careful application of water with clay mixed in it, what makes a considerable amount of clay are stopped between particles of the mineral component. The process is kind of 'repotting



Fig. 2

without repotting', that which does not damage the roots and does not stop plants' growth. Considering large amounts of water with which we have nearly to flood the container containing cacti, this operation should be done in a nice, warm weather.

In this article I have touched only basic questions, in order not to lose their usefulness in practical cacti culture. To those readers that are willing to extend their knowledge about the above topics, I would recommend the mentioned literature or Internet.

Opowieści z życia euforbii 1

Konrad Stelmaszczyk

Sukulentyczne euforbie, zwane po polsku wilczomleciami, to prawdopodobnie najbardziej popularne sukulenty obok kaktusów, a słynne *E. trigona* czy *E. milii* są pewnie w co trzecim polskim domu, przekazywane w postaci odrostów „pocztą pantoflową” i „z pokolenia na pokolenie”. W sklepach i hipermarketach, w których można nabyć kaktusy, najczęściej też można napotkać euforbie, a ze względu na zewnętrzne podobieństwo do kaktusów i atrakcyjne kształty, trafiają do kolekcji początkujących kaktusiarzy, często wręcz brane omyłkowo za kaktusy. Dzięki niewygórowanym wymaganiom uprawowym z reguły trudno się od nich „uwolnić” i raz wproszone, rosną sobie nadal wraz z kaktusami.



Euphorbia stenoclada



Euphorbia stenoclada

W naszym kraju nie ma chyba większych kolekcji tych interesujących roślin, a w kolekcjach nastawionych na kaktusy najczęściej spotyka się euforbie, które określam jako „kaktusopodobne” – są to te, które przypominające swoim wyglądem bądź to kaktusy kuliste, bądź to kolumnowe. Szczególnym wzięciem wśród miłośników kaktusów cieszy się *E. obesa*, czemu trudno się dziwić, gdyż ten kulisty gatunek