

Geneza pagórków tamaryszkowych w rejonie Mhamid

Maciej Dłużewski

Instytut Nauk Fizycznogeograficznych
Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytet Warszawski
dluzewski@uw.edu.pl

Elżbieta Mycielska-Dowgiałło

Instytut Nauk Fizycznogeograficznych
Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytet Warszawski
myc-dow@uw.edu.pl

Kamila Radwańska

Instytut Nauk Fizycznogeograficznych
Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytet Warszawski

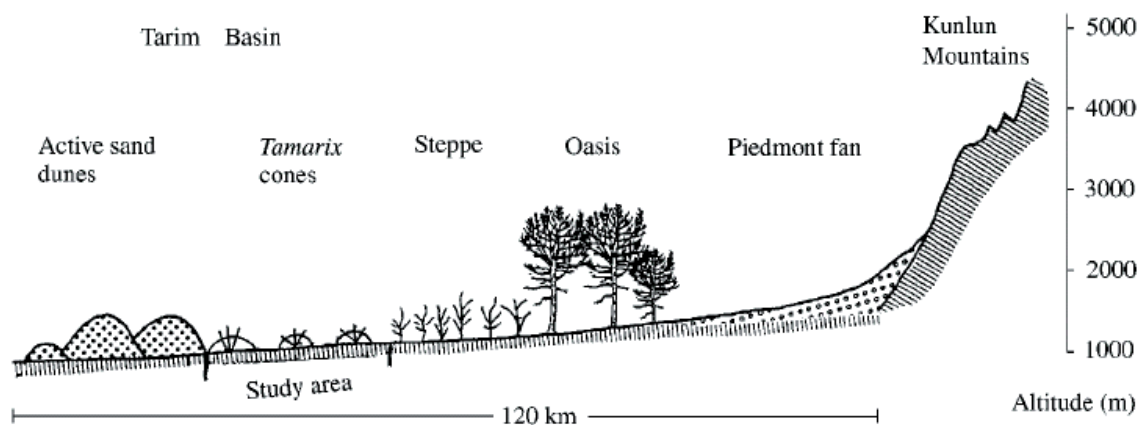
Barbara Woronko

Instytut Nauk Fizycznogeograficznych
Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytet Warszawski
bworonko@uw.edu.pl

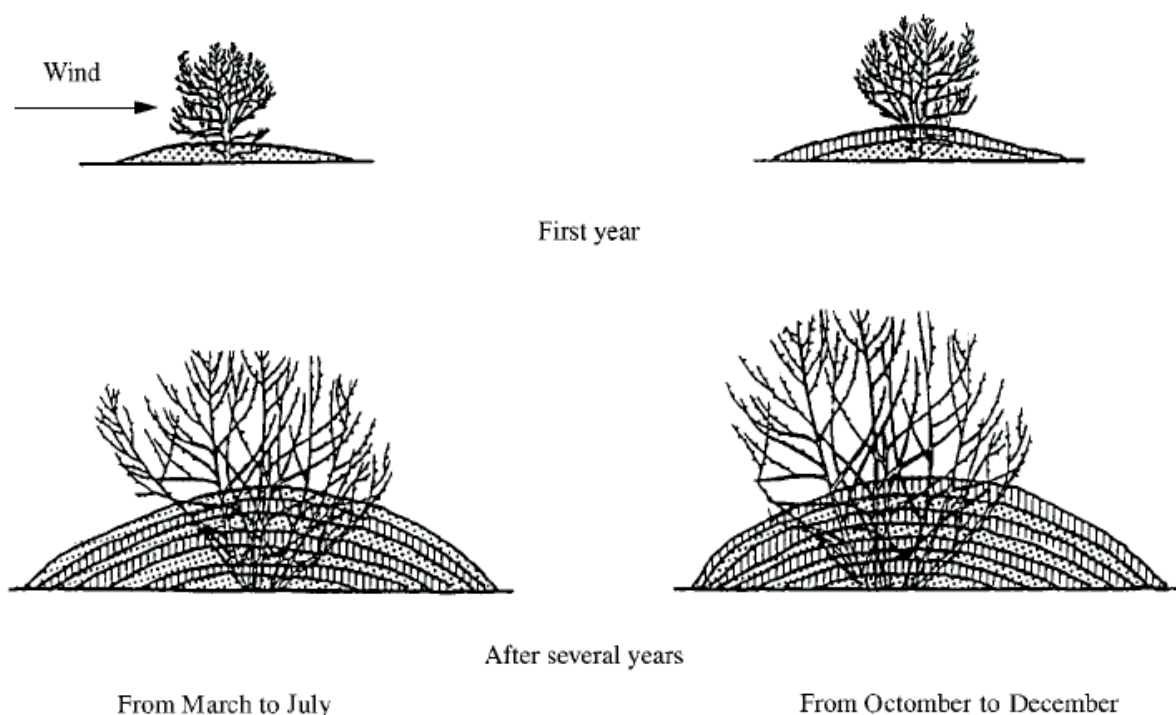
Prac na temat piaszczystych form akumulowanych wokół roślin typu tamaryszki jest niewiele. Najdokładniej formy takie zostały rozpoznane na obrzeżach Pustyni Taklamakan (Qong i in. 1997, 2002). Mają one kształt kopuły o wysokości 3–15 m i długości 5–50 m. Spotykane są na obszarach suchych i półsuchych, gdzie poziom wód gruntownych znajduje się na głębokości od 3 do 10 m, a więc na najniższych tarasach rzek, stożkach aluwialnych oraz pomiędzy oazami i ruchomymi piaskami (Qong i in. 1997, 2002) (ryc. 1). Zbudowane są z na przemian ułożonych warstw piaszczystych i organicznych. Te ostatnie to opadłe igły i gałęzie tamaryszka. Tuż pod powierzchnią są one świeże, natomiast głębiej wykazują różny stopień rozkładu. Jest to związane ze wzrostem wilgotności niżej leżących warstw. Rozwój takich form rozpoczyna się akumulacją piasku wokół przeszkody, jaką jest tamaryszek (Qong i in. 1997, 2002) (ryc. 2). W przypadku Pustyni Taklamakan ma to miejsce w suchszym sezonie, kiedy opadają igły tamaryszka. Większa wilgotność podłoża zapobiega wywiewaniu opadających igieł. Proces powtarza się w kolejnym latach. W efekcie forma osiąga kilka metrów wysokości. Jeśli obok siebie jest kilka tamaryszków, początkowo rozwijają się one niezależnie a po kilku sezonach łączą się (Qong i in. 2002).

Dumanowski (1998) badając genezę pagórków tamaryszkowych w rejonie miejscowości Guira (Libia) stwierdził, że przyczyną powstawania tego typu form, obok spadku prędkości wiatru związanego z przeszkodą roślinną prowadząca do akumulacji transportowanego materiału, jest równoczesna akumulacja materiału organicznego. Twierdzi on, że igły tamaryszka dzięki swojemu kształtowi nie ulegają sile wiatru i nie są przez niego transportowane. Stanowią one również element inicjujący akumulację materiału

mineralnego z powietrza, który zatrzymywany jest przez igły i obumarłe gałęzki zapobiegające jego wywieńaniu. Tempo akumulacji zależne jest także od dostępności luźnego materiału, jak również od częstości występowania wiatru aktywnego. Według Dumanowskiego (1998) w rozwoju pagórka tamaryszkowego decydującą rolę odgrywają korzenie, które pod powierzchnią gruntu znacznie powiększają swoje rozmiary zmieniając się z cienkich gałązek w korzenie o grubości od kilku do kilkunastu centymetrów. To rozwój korzeni decyduje o stabilności pagórka, jak również o jego kopułowym kształcie.



Ryc. 1. Występowanie wzgórz tamaryszkowych w profilu od Pustyni Taklamakan do Gór Kunlun (Qong i in. 2002).



Ryc. 2. Etapy formowania się wzgórz tamaryszkowych (Qong i in. 2002).

Charakterystyka rodziny *Tamarix*

Tamaryszek jest rodzajem z rodziny tamaryszkowatych liczącym 50–70 gatunków. Jest rośliną szeroko rozprzestrzenioną na wszystkich kontynentach, na obszarach o warunkach stepowych, półpustynnych i pustynnych (Podbielkowski 1995, Wtorow, Drozdow 1988, Kreeb 1979, Novak 1987, Chadeaud,

Emberger 1960). Tamaryszek ma bardzo niewielkie wymagania siedliskowe, jest on typowym kserofitem, rośliną wybitnie światłolubną i przystosowaną do życia w środowisku suchym. Występuje na obszarach o lekkich, piaszczystych i przepuszczalnych glebach, przede wszystkim w dolinach okresowych rzek i w obniżeniach terenu. Brak występujących na niewielkich głębokościach poziomów wodonośnych, jak również wilgoci w powietrzu nie stanowi bariery rozwojowej dla roślin tego rodzaju. Dobrze znoszą one temperatury ujemne, co jest warunkiem rozwoju na terenach często zimą nawiedzanych przez przymrozki. Jako roślina halofityczna tamaryszek dobrze czuje się w środowisku o dużych stężeniach soli zarówno w glebie jak i w wodach gruntowych. Jednocześnie potrzebuje do rozwoju dużej przestrzeni i dobrze nasłonecznionych stanowisk.

Tamaryszki przyjmują postać krzewu lub drzewa. Tamaryszki – krzewy są zwykle rozłożyste, ich gałęzie nierzadko opierają się o podłoże, a pędy wyginają łukowato w kierunku słońca. Tamaryszki – drzewa charakteryzują się luźną, szeroką koroną, cienkim, różgowatym pniem i drobnymi gałęziami. Pędy, mające zazwyczaj czerwone zabarwienie, nie drewnieją, lecz razem z liśćmi odpadają w porze zimowej. Kwiaty tamaryszka są obupłciowe, tylko w wyjątkowych przypadkach rozdzielнопłciowe; przyjmują barwę od białej do purpurowej i osiągają średnice od 1,5 do 5 mm. W zależności od gatunku, tamaryszki kwitną od wiosny do jesieni bądź dwa razy w ciągu roku, z reguły bardzo obficie. Liście pozbawione szypulek, osadzone są bardzo gęsto bezpośrednio na gałęzi; ich kształt zredukowany został do postaci drobnych lecz mięsistych łusek lub igiełek o wielkości od 1 do 7 mm (Wtorow, Drozdow 1988), co ogranicza powierzchnię liścia, a wraz z nią – ilość aparatów szparkowych. W ten sposób roślina zmniejsza powierzchnię parowania i jest w stanie zatrzymać w organizmie większą ilość wody. Charakterystyczne dla liścia tamaryszka są drobne punkciki na jego powierzchni – gruczoły solne, przez które roślina wydala nadmiar soli osmotycznie pobierany przez system korzeniowy z gleby i wód gruntowych.

System korzeniowy tamaryszka jest systemem palowym, w którym korzeń główny wrasta pionowo w głąb gruntu i może osiągać znaczne głębokości, a korzenie boczne wyrastają od korzenia głównego na dwóch poziomach (Chadefaud, Emberger 1960). Pierwszy z nich znajduje się stosunkowo blisko powierzchni, na poziomie zasięgu wód opadowych. Korzenie tego poziomu mogą pełnić swą funkcję zaopatrzenia organizmu w wodę i substancje mineralne jedynie w okresach wilgotniejszych. Głębokość usytuowania drugiego poziomu korzeni uzależniona jest od głębokości występowania stałego zwierciadła wód gruntowych. Nierzadko są to znaczne głębokości, co oznacza, iż główny korzeń jest w stanie osiągać dużą długość. Prawdopodobnie oznacza to również, że w pierwszych latach rozwoju *Tamarix* wymaga nieco bardziej wilgotnych warunków. Pionowe, długie korzenie palowe stanowią drogę przemieszczania wody z głębszego poziomu wód gruntowych. Tamaryszek oddaje ją w części roślinom zielnym rosnącym na powierzchni w zasięgu jego oddziaływania. Są to na ogół rośliny motylkowe, z których oddziaływania korzyści czerpie również tamaryszek.

Na obszarach pustynnych, na skutek akumulacji materiału eolicznego poziom powierzchni gruntu podnosi się. W przypadku zasypywania tamaryszka, jego pień przyrasta, a jego zasypana część traci cechy pnia i przeradza się w korzeń. Ta zdolność rośliny pozwala jej porastać pagórki bez groźby całkowitego zasypiania na skutek akumulacji piasku.

Opad roślinny z drzewa lub krzewu tamaryszka zawiera gałązki i listki. Wraz z nimi na podłoże ma miejsce opad soli wydzielonej na ich powierzchni. Tak ogromne stężenie soli wyklucza vegetację innych form roślinnych w otoczeniu krzewu/drzewa, a przy współudziale wody sól tworzy skorupę powodując spojenie materiału znajdującego się w zasięgu jej działania.

Charakterystyka form

Pagórek tamaryszkowy jest akumulacyjną formą kształtem zbliżoną do kopuły o wypukłych stokach. Nachylenie stoków jest na ogół dość znaczne, na badanym obszarze średnio 20–45°, przy czym kąt ten wzrasta w miarę zbliżania się do powierzchni regu i gwałtownie maleje przy podstawie. W przypadku, gdy cały pagórek porośnięty jest krzakami, nachylenie stoków jest nieco mniejsze – około 20°. Tam jednak gdzie porośnięty jest jedynie szczyt pagórka, niższe jego części mogą osiągać nachylenie 45°.

Struktura wewnętrzna pagórków jest złożona: w powierzchniowej części występuje warstwowanie, wewnątrz pagórka, na większych głębokościach, warstwowanie zanika. Dumanowski (1998) podzielił wnętrza pagórków tamaryszkowych na dwie części: A i B. Warstwę A określił jako warstwę zawierającą

najwięcej materii organicznej – suchych liści/igieł i gałązek opadłych z korony krzewu. W niektórych z badanych przez niego pagórkach warstwy szczątków roślinnych są przedzielone warstwami materiału ilasto-piaszczystego, których grubość waha się między 0,5 a 2 cm. Czasem struktura warstwowa zanika i tworzy ilasto-piaszczystą mieszaninę z zawartością szczątków organicznych. Barwa poziomu A zmienia się od jasnożółtej do szaro-brązowej, w zależności od zawartości substancji organicznej. Poziom A może mieć głębokość od 40 do 60 cm w wyższej części pagórka, a w jego niższych częściach (na stokach) może osiągać nawet 1 m.

Rdzeń pagórka – część B, buduje piasek z domieszką drobniejszych frakcji barwy żółto-brązowej. Dumanowski (1998) obserwował w materiale tego poziomu szczątki organiczne, zwykle mniejsze niż 2 mm, tworzące ciemniejsze fragmenty odcinające się w żółtym otoczeniu. Ilość tych wtrąceń zmniejsza się wraz z odległością do podłoża.

Dotychczasowe badania dotyczące pagórków tamaryszkowych wskazują, że tempo powiększania się formy uzależnione jest od wzrostu rośliny. Najmniejszy badany pagórek porośnięty był małym krzakiem, tymczasem na dużych formach tamaryszki osiągały rozmiar rozległych krzewów lub drzew. Maksymalna wysokość pagórków tamaryszkowych w rejonie Mhamid wynosi około 5 metrów.

Struktura form w rejonie Mhamid jest podobna do form opisywanych przez Dumanowskiego z obszaru Libii. Przebadany został poziom A zarówno na wierzchowinie, jak i na stokach pagórków i w znakomitej większości wykazywał on warstwowanie. Pomiar nachyleń tego warstwowania wykazały, że w większości przypadków było ono współkształtne do nachylenia stoków pagórka. Ponadto można stwierdzić, że mierzone kolejne warstwy są równoległe do siebie.

Uziarnienie osadów

Na podstawie wyników analizy uziarnienia wykonanej metodą sitową wykreślone zostały krzywe kumulacyjne uziarnienia i krzywe częstości oraz wyliczone wskaźniki uziarnienia (Radwańska 2003).

Z krzywych kumulacyjnych wynika, iż pagórki tamaryszkowe zbudowane są z materiału pochodzącego z różnego rodzaju transportu ze znaczną przewagą saltacji. W osadach budujących warstwy przypowierzchniowe zaznacza się wyraźny wzrost udziału transportu w zawieszynie

Rozkład krzywych częstości wykreślonych dla materiału budującego pagórki tamaryszkowe jest dość regularny. Charakterystyczne jest, że najczęściej występującą frakcją w materiale budującym te formy jest 0,125–0,063 mm (3–4 Φ).

Materiał budujący pagórki tamaryszkowe jest na ogół średnio wysortowany (tab. 1). Wskaźnik σ_1 mieści się w przedziałach 0,35–0,50 i 0,50–1,0, co wskazuje na dobry i średni stopień wysortowania. Na tym tle wyróżniają się występujące w sąsiedztwie wydmy, których stopień wysortowania jest zdecydowanie lepszy. Podłoże znajdujące się pomiędzy pagórkami ma niższy stopień wysortowania, co można tłumaczyć faktem, że pagórki powstały na obszarze dna epizodycznej rzeki o bardzo zmiennym przepływie. Średnia średnica ziaren M_z materiału budującego pagórki oscyluje wokół 0,125 mm (3 Φ) i jest podobna dla wszystkich pagórków tamaryszkowych (tab. 1). Średnia średnica ziaren w osadach wydmych występujących w okolicy, wskazuje na materiał nieznacznie grubszy 0,18 mm (2,5 Φ). Wartość skośności Sk_1 dla wszystkich form – pagórków i wydmy – jest podobna i bardzo zbliżona do 0 (tab. 1). Wskazuje to na równomierny rozkład osadu w stosunku do frakcji o maksymalnej częstości.

Rozwój pagórków tamaryszkowych – dyskusja i wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań dotyczących pagórków tamaryszkowych występujących w rejonie Mhamid można stwierdzić, że badane pagórki związane są z krzewem lub drzewem tamaryszka. Obserwacje wykazały, że wysokość i rozłożystość rośliny jest wprost proporcjonalna do wielkości formy. Można zatem wnioskować, że tamaryszek jest elementem inicjującym powstawanie pagórków. Rośliny te wpływają bezpośrednio na rozwój tych form poprzez akumulację materii organicznej w strukturze formy, umacnianie jej przez system korzeniowy oraz przyczynianie się do akumulacji materiału mineralnego z powietrza. Szczególna cecha rodzaju *tamarix*, jaką jest zdolność do wyrastania ponad zasypaną powierzchnię, tłumaczy dlaczego nie zostaje on zasypany przez akumulowany piasek i pył. Cecha ta powoduje również wspólną zależność wzrostu formy i wzrostu rośliny. Ze względu na tę zależność należy

tu wymienić następny czynnik, jakim jest obecność wody, niezbędnej do rozwoju tamaryszka. Obserwowane formy położone są w dolinach ouedów, a więc w miejscach, gdzie woda gruntowa zalega stosunkowo płytko. Można zatem zakładać, że ponieważ do rozwoju formy konieczne jest istnienie tamaryszka, mogą one powstawać na obszarach, gdzie głębokość poziomu wód gruntowych jest odpowiednia dla tego typu roślin. Należy tu również wspomnieć, iż wielkość formy ma wpływ na wysokość rośliny, albowiem rośliny tego gatunku mogą samodzielnie osiągać wysokość do 2 – 3 metrów, podczas gdy wysokość tamaryszków w rejonie Mhamid dochodzi do 7 metrów.

Tab. 1. Zestawienie wskaźników uziarnienia wg wzorów Foka i Warda (1957) próbek pobranych z pagórków tamaryszkowych oraz ich bezpośredniego otoczenia.

Położenie	M_z	σ_1	Sk_1
wierzchowina, warstwa podlegająca zmywaniu	3,23	0,64	-0,06
wierzchowina, materiał spod warstwy podlegającej zmywaniu	3,01	0,76	-0,08
wierzchowina, głębokość 20 cm od powierzchni	3,14	0,45	0,01
stok, powierzchnia pagórka	3,24	0,55	-0,05
wierzchowina pod drzewem, głębokość 30 cm od powierzchni	3,21	0,42	-0,01
rozwiany stok – odsłonięcie, 260 cm od wierzchowiny	3,04	0,41	0,11
grzbiet wydmy 1 przy drzewie	2,7	0,43	0,14
grzbiet wydmy 2 przy drzewie	2,54	0,43	0,33
grzbiet wydmy 3 oddalonej od drzewa	2,63	0,39	0,32
wierzchowina, głębokość 5 cm, osad bezstrukturalny	2,98	0,55	0,04
wierzchowina, głębokość 18 cm, osad warstwowany	3,01	0,62	0,01
reg koło pagórka	2,68	0,99	-0,41
grzbiet wydmy	2,3	0,42	0,21
reg pola wydmowego	2,11	0,58	0
wierzchowina, warstwa wierzchnia	3,31	0,64	-0,08
wierzchowina, głębokość 20 cm od powierzchni	3,41	0,59	0,03
stok, głębokość 10 cm od pow. pagórka, 0,5 m powyżej podstawy	3,43	0,6	-0,18
stok, głębokość 50 cm od pow. pagórka, 1,60 m powyżej podstawy	3,19	0,61	-0,11

Materiał organiczny znajdujący się wewnątrz formy powoduje większą zwięzłość osadu, co utrudnia proces erozji eolicznej i niszczenie formy. Warstwowanie współkształtne do formy wskazuje na jednoczesną akumulację w każdym punkcie pagórka. Dodatkowo stwierdzono, że osad budujący pagórki jest drobniejszy i gorzej wysortowany niż materiał sąsiadujących z nimi wydmy.

Wymienione powyżej cechy pagórków tamaryszkowych wskazują zasadniczą różnicę pomiędzy nimi a najpowszechniejszymi formami akumulacji eolicznej – wydmami, sugerując jednocześnie odmienną genezę. Badania wykazały istotne różnice morfologiczne obydwu rodzajów form mimo, że obydwie formy akumulacji eolicznej powstają w identycznych warunkach środowiska przyrodniczego. Najistotniejszą różnicą wydaje się współkształtne do powierzchni formy warstwowanie, które wynika z prostopadłej do podłoża akumulacji materiału. Można zatem przypuszczać, że akumulacja materiału budującego pagórki tamaryszkowe ma miejsce w końcowej fazie burzy piaszczystej, gdy spadek siły wiatru powoduje opadanie słabo wysortowanego materiału piaszczystego i pylastego z powietrza. Burzom pyłowym często towarzyszą opady deszczu, co mogłoby tłumaczyć istnienie warstw drobnego, scementowanego materiału.

Literatura

- Chadefaud M., Emberger L., 1960, *Traite de botanique (systematique)*, Masson et Cie Editeurs, Paris.
 Dumanowski B., 1998, *Geneza pagórków tamaryszkowych*. Africana Bulletin, WGiSR UW.
 Kreeb K., 1979, *Ekofizjologia roślin*, PWN, Warszawa.

- Folk R.L., Ward W., 1957, *Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters*, J. Sed. Petrol., 27.
- Novak F.A., 1987, *Wielki atlas roślin*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Qong, M., Takamura, H., 1997, *The formative process of Tamarix cones in the southern part of the Taklimakan Desert*, China. Journal of Arid Land Studies, 6, 121–130.
- Qong M., Takamura H., Hudaberdi M., 2002, *Formation and internal structure of Tamarix cones in the Taklimakan Desert*. Journal of Arid Environments, 50, 81–97.
- Podbielkowski Z., 1995, *Fitogeografia części świata*, tom I, PWN, Warszawa.
- Radwańska K., 2003, *Fizycznogeograficzna charakterystyka południowego Maroka ze szczególnym uwzględnieniem regionu Coud du Dra i genezy pagórków tamaryszkowych*. Praca magisterska, WGiSR, Warszawa.
- Wroterow P.P., Drozdow N.N., 1988, *Geografia kontynentów*, PWN, Warszawa.