



dr inż.

**Marcin K. Dyderski**

Jest asystentem w Instytucie Dendrologii PAN. Prowadzi badania dotyczące reakcji roślin na działalność człowieka, obejmujące wpływ górnictwa, gospodarki leśnej, zmian klimatycznych i inwazji biologicznych, w szczególności inwazyjnych gatunków drzew.

mdyderski@man.poznan.pl

**Sonia Paż-Dyderska**

Pracuje w Instytucie Dendrologii PAN. Z wykształcenia jest leśniczką. Zajmuje się ekologią funkcjonalną roślin, w szczególności zmiennością cech funkcjonalnych liści. Interesuje się ochroną przyrody i zrównoważonym zarządzaniem ekosystemami lądowymi.

sdyderska@man.poznan.pl

# MIĘDZY WODĄ A LASEM

Woda jest niezbędna do wzrostu i rozwoju roślin. Jej ilość decyduje o tym, jak wyglądają ekosystemy poszczególnych stref klimatycznych. Jak niedobór i nadmiar wody wpływają na szatę roślinną różnych obszarów świata i Polski?

**Marcin K. Dyderski**  
**Sonia Paż-Dyderska**  
**Andrzej M. Jagodziński**

Instytut Dendrologii  
Polskiej Akademii Nauk w Kórniku

**R**ośliny produkują substancje odżywcze w procesie fotosyntezy, podczas której dzięki energii słonecznej woda i dwutlenek węgla są przekształcane w cukry proste, a przy okazji jest wydzielany tlen. Zarówno niedobór, jak i nadmiar wody ograniczają fotosyntezę, stąd rośliny występujące w różnych środowiskach wykształciły mechanizmy pozwalające im funkcjonować. Dostępność wody jest kluczowym czynnikiem wpływającym na to, jak wygląda szata roślinna danego miejsca.

**Gdy woda jest niedostępna dla roślin, czyli o krajobrazie arktycznym i alpejskim**

Przykładami ekosystemów magazynujących znaczne ilości wody są ekosystemy polarne. Funkcjonowanie tych układów ekologicznych jest determinowane w głównej mierze ich usytuowaniem na kuli ziemskiej. Bliskość biegunów wiąże się z występowaniem nocy i dni polarnych oraz bardzo niskich temperatur. Ze względu na warunki atmosferyczne panujące w pobliżu biegunów woda często jest tam niedostępna dla roślinności. Ponadto zamarzanie wody ogranicza roślinom możliwości sukcesji (wkraczania) na nieprzyjazne tereny. W tych warunkach wykształciła się tzw. wieczna zmarzlina sięgająca nawet kilkuset metrów w głąb ziemi. Jedynie w okresie krótkiego, chłodnego lata jej powierzchniowa warstwa rozmarza, umożliwiając wzrost nielicznym gatunkom roślin. Okresowa





SONIA PAŹDYRSKA

Skaliste podłoże, niskie temperatury i długo zalegający śnieg uniemożliwiają występowanie lasu w ekosystemach alpejskich. Czarny lodowiec Ventisquero Negro w argentyńskiej Patagonii



**dr hab. inż. Andrzej M. Jagodziński**

Profesor i dyrektor Instytutu Dendrologii PAN, profesor na Wydziale Leśnym Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Z wykształcenia leśnik i biolog. Zajmuje się analizą czynników determinujących produkcję biomasy i retencję węgla w lasach oraz analizą ekologicznych uwarunkowań różnorodności biologicznej ekosystemów leśnych. [amj@man.poznan.pl](mailto:amj@man.poznan.pl)

dostępność wody powoduje, że drzewa i krzewy tu nie występują. Jedynie rośliny o niewielkich rozmiarach, takie jak mszaki, glony czy drobne rośliny naczyniowe, w tym niewysokie krzewinki, są w stanie przejść tu cykl życiowy. Płożący pokrój większości z tych taksonów (w systematyce to grupa organizmów zwykle spokrewnionych, wyróżniających się konkretną cechą, która różni je od innych jednostek taksonomicznych), np. karłowatych wierzb, stanowi idealne przystosowanie do życia na obszarach, na których często występują porywiste wiatry. Są one wykorzystywane przez rośliny m.in. w celach reprodukcyjnych – silne podmuchy mogą przenosić ziarna pyłku, nasiona i zarodniki na znaczne odległości. Wykształcenie liści o grubych blaszkach liściowych i niewielkich rozmiarach pozwala uniknąć ich zamarzania i nadmiernej transpiracji, czyli wydzielania wody z powierzchni roślin. Takie liście jako trwalsze nie narażają zatem rośliny na dodatkowe wydatki energetyczne związane z wytwarzaniem nowych liści.

Podobnie radzą sobie rośliny w ekosystemach alpejskich. Niskie temperatury wynikają tu z położenia na dużych wysokościach nad poziomem morza. Wraz z wysokością temperatura obniża się i wzrasta ilość opadów. W wysokich partiach gór przeważają opady śniegu nad deszczami, co silnie wpływa na roślinność danego obszaru. W Polsce roślinność alpejską można zaobserwować np. w wysokich partiach Tatr, w tzw. piętrze alpejskim lub piętrze hal. Są to obszary położone ponad tzw. górną granicą lasu, czyli naturalną granicą, powyżej której drzewa nie są w stanie przetrwać ze względu na warunki środowiskowe. Rosnące ponad nią rośliny są wysoce wyspecjalizowane. Szczególnym dowodem na doskonałe przystosowanie występujących tu roślin do surowego klimatu jest obecność tzw. reliktywów epoki lodowcowej. Są to gatunki, które przybyły do Tatr w czasie zlodowaceń kontynentu europejskiego, podczas których na obszarach nizinnych, dziś zamieszkałych przez ludzi, dominowała bezdrzewna tundra. Wraz z wkraczaniem



## ACADEMIA PANORAMA Biologia roślin

W lasach górskich i borealnych dominują drzewa iglaste (świerk) w drzewostanie i krzewinki (borówka czernica) w runie. Park Narodowy Gór Stołowych

lasów na obszar nizin górskie populacje roślin zostały odcięte od populacji występujących na obszarach okołobiegunowych. Jednak niskie temperatury, duża ilość opadów i specyfika górskich gleb pozwoliły wielu z nich do dzisiaj przetrwać w wysokich partiach gór. Jedne z najbardziej znanych przykładów tatrzańskich relikwów to dębik osmiopłatkowy bądź wierzba zielna – oba gatunki mają budowę niskich, przylegających do podłoża krzewinek. Niestety, z powodu negatywnych skutków zmian klimatycznych, szczególnie szybko postępujących w ekosystemach górskich, gatunki te są wysoce zagrożone. Wiele gatunków nizinnych zmienia swój zasięg występowania, kolonizując obszary położone bardziej na północ lub pnąc się wyżej nad poziom morza. Tymczasem gatunki górskie mające swoje optimum ekologiczne w najwyższych partiach gór nie mają już dokąd „uciekać”.

### Lasy borealne i wysokogórskie – okresowe niedobory wody

W klimacie borealnym (który obejmuje głównie tereny położone w szerokościach geograficznych od 50 do 70 stopni, charakteryzujące się krótkim latem i długą zimą) i subalpejskim temperatury są nieco wyższe, a woda jest dostępna dla roślin przez okres umożliwiający wzrost drzew. Dominują tu gatunki przystosowane do niedoboru wody podczas zimy. Ponieważ rośliny zawierają dużo wody, zima jest okresem, w którym stanowi ona zagrożenie, gdyż jej zwiększająca się objętość podczas zamarzania może prowadzić do rozerwania komórek czy całych tkanek. Z tego powodu w strefie borealnej lub na wyżej położonych terenach górskich dominują drzewa iglaste. Są lepiej przystosowane do niskich temperatur niż gatunki liściaste – w ich drewnie znajduje się żywica, która ma niższą temperaturę zamarzania niż woda, pień zwykle chroni gruba kora, a stożkowa korona

Wysokie temperatury i brak ograniczeń w dostępie do wody w klimacie tropikalnym umożliwiają wykształcenie wilgotnych lasów równikowych z dominacją roślin drzewiastych. Park Narodowy Doi Inthanon w północnej Tajlandii



MARCIN K. DYDESKI

gromadzi mniej śniegu, którego ciężar mógłby połamać gałęzie. Grube igły są odporniejsze na zamarzanie niż cienkie blaszki liściowe, a ich mała powierzchnia pozwala na ograniczenie transpiracji. W ten sposób gatunki iglaste potrafią utrzymywać igły przez zimę. Odporne igły służą drzewom przez dłuższy czas, a im trudniejsze warunki, tym dłużej roślina korzysta z raz wyprodukowanych igieł. Na przykład w Polsce sosna zwyczajna korzysta z igieł przez około trzy lata, podczas gdy na północy Skandynawii – do siedmiu lat. W lasach borealnych i subalpejskich występuje niewiele gatunków drzew liściastych. Ich przystosowaniem do niekorzystnego klimatu jest zwężenie naczyń – rurkowatych komórek przewodzących wodę od korzeni do liści. Drugim ważnym mechanizmem jest zrzucanie liści na zimę – dzięki pozbyciu się części zawierającej najwięcej wody i przejściu w stan spoczynku drzewa liściaste mogą przetrwać niekorzystny okres. Z uwagi na gwałtowne zmiany klimatyczne najbliższe 50 lat może przynieść duże przeobrażenia szaty roślinnej obszarów borealnych i subalpejskich. Gatunki przystosowane do chłodniejszego klimatu ustępują gatunkom liściastym i przystosowanym do klimatu cieplejszego. Ponieważ wykształcenie cech adaptacyjnych zwykle odbywa się kosztem zdolności konkurencyjnych, dlatego sosny czy świerki zaczynają ustępować dębom i bukom.

### Gdy wody jest pod dostatkiem – o tropikalnych lasach deszczowych

Inaczej niż w przypadku rejonów subpolarnych i górskich, rośliny lasów tropikalnych nie borykają się z problemem niedoboru wody, więc głównym czynnikiem ograniczającym rozwój roślin jest konkurencja o światło. W lasach tropikalnych przeważają więc gatunki zdolne do szybkiego wzrostu i budujące duże, wydajne pod kątem fotosyntezy liście, które są szybko zastępowane przez nowe, ponieważ w miarę przyrostu drzew na wysokość tracą one dostęp do życiodajnego promieniowania słonecznego. Nie przeszkadza im szybkie tempo transpiracji (zwią-



SONIA PAZ-DYDESKA





zane z dużą powierzchnią blaszki liściowej), bo znaczna wilgotność pozwala natychmiastowo uzupełniać braki. Wzrost roślin na wysokość musi jednak podlegać ograniczeniom, takim jak hydrauliczna zdolność przewodzenia wody (związana z ciśnieniem wody w naczyniach), koszt budowy tkanek czy mechaniczna zdolność utrzymania ciężaru wysokich pni. Dwa ostatnie czynniki obrazują kompromis ekonomiczny – drzewo może mieć większy przyrost na wysokości kosztem gęstości tkanek (tj. zbudować tkanki o cieńszych ścianach lub o większej średnicy naczyń), ale by osiągnąć większą wysokość, musi zapewnić taką gęstość drewna, by nie zapaść się pod własnym ciężarem. Duża wilgotność powietrza pozwala także roślinom rosnąć poza głębią – na korze pni czy nawet liściach innych drzew. Gatunki rosnące na innych roślinach (epifity) potrafią tworzyć zwarte kobierce sięgające prawie wierzchołków drzew. Cechuje je także duża różnorodność gatunkowa – znajdziemy wśród nich porosty, mchy, wątrobowce, paprocie, a nawet rośliny kwiatowe – np. liany, storczyki i ananasowate. Często lasy te mają miliony lat, ponieważ znajdują się na obszarach, które nie podlegały zlodowaceniom. Z tego względu zachowało się w nich wiele gatunków o długiej historii ewolucji, występujących tylko w danym miejscu. Dlatego niszczenie lasów tropikalnych jest tak wielkim zagrożeniem dla różnorodności biologicznej.

## Sucho i gorąco

### – pustynie, stepy i sawanny

Klimat tropikalny i zwrotnikowy suchy determinują występowanie sawanny, stepu lub – w warunkach skrajnego niedoboru wody – pustyni. Występująca w danym miejscu formacja roślinna silnie zależy od stosunku ilości opadów i ewapotranspiracji (ilości wody traconej w wyniku bezpośredniego parowania z powierzchni wód i gleby oraz transpiracji). Okresowy dopływ wody silnie wpływa na strategię życiową roślin występujących na tych obszarach. Na terenach z wyraźnie zaznaczoną porą suchą i deszczową często wytwarzają się formacje trawiaste.

Pustynie stanowią jeden z najsurowszych dla roślin obszarów na kuli ziemskiej. Nie należy jednak za-

kładać, że wszystkie pustynie świata stanowią niczym nieróżniące się od siebie „morza” wydm. Poszczególne tereny pustynne różnią się np. charakterystyką geologiczną i zawartością pierwiastków w podłożu, co z kolei wpływa na potencjał danego miejsca pod kątem możliwości wzrostu roślin. Przykładowo, na niektórych obszarach pustyni Atakama w północnym Chile może występować nawet do kilkunastu gatunków roślin o doskonałym przystosowaniu do suszy i silnego nasłonecznienia. Rośliny występujące na tak nieprzyjaznych obszarach inwestują swoje zasoby w produkcję niewielkich liści o twardych blaszkach liściowych często pokrytych woskiem bądź w produkcję kolców. Co ciekawe, przypomina to strategię gatunków roślin występujących na obszarach polarnych. Cel tej koncepcji jest podobny i dotyczy przede wszystkim ograniczenia transpiracji. Ponadto cechą wspólną jest produkcja liści trwałych. Wiele roślin pustynnych charakteryzuje się dużą odpornością i bardzo wolnym wzrostem. Niezwykle rzadkie, nieregularne i obfite opady deszczu mogą spowodować wystąpienie fenomenu tzw. kwitnącej pustyni, kiedy jej powierzchnia pokrywa się dywanem wielokolorowych kwiatów. Rośliny te charakteryzują się budową odmienną od gatunków, które zazwyczaj występują na tych obszarach. Delikatne rośliny o dużych, atrakcyjnych kwiatach w niczym nie przypominają zdrewniałych półkrzewów czy kaktusów. Chwilowa dostępność wody diametralnie zmienia nie tylko krajobraz pustynny.

Stepy i sawanny charakteryzują się nieco większą, choć nadal jedynie okresową dostępnością wody. W czasie pory deszczowej zieleńcą, a soczyste trawy, liście drzew i krzewów stanowią dla zwierząt lepsze jakościowo pożywienie. Ze względu na niedobór wody oraz zgryzanie przez licznych roślinożerców drzewa i krzewy występują na sawannie pojedynczo, w pewnych odstępach. Jedynie w pobliżu okresowych cieków lub zbiorników wodnych można zaobserwować gęste drzewiaste zarośla. Stepy i pampy z kolei stanowią formacje bezdrzewne, złożone głównie z traw. Rośliny występujące w zasięgu opisywanych klimatów wykazują podobne cechy; wiele roślin ma płytki, talerzowy system korzeniowy, który penetruje glebę tuż pod powierzchnią. Taka

Pustynia Atakama w północnym Chile jest jednym z najsuchszych miejsc na Ziemi, co determinuje występowanie jedynie nielicznych, wyspecjalizowanych roślin



## ACADEMIA PANORAMA Biologia roślin

Lasy łęgowe w dolinach małych rzek to łągi olszowo-jesionowe. Dolina Bogdanki w Poznaniu

strategia pozwala w razie deszczu przechwycić własnymi korzeniami maksymalną ilość życiodajnej wody. Podobnie jak w przypadku pustyni, ze względu na wysokie temperatury i ograniczenie transpiracji liście drzew i krzewów nie osiągają tu znaczących rozmiarów. Dzięki twardej blaszce liściowej są też mniej atrakcyjne dla roślinożerców. Liście traw mają za to cieńsze blaszki liściowe, w związku z czym przyciągają roślinożerców. Z drugiej strony ich fotosynteza jest wydajniejsza, a wydatek energetyczny związany z budową nowych liści – mniejszy.

### U nas, czyli krajobrazy leśne strefy klimatu umiarkowanego

W strefie klimatu umiarkowanego warunki klimatyczne determinują dominację formacji leśnych w krajobrazie – odpowiednia ilość opadów i długość okresu wegetacyjnego sprawiają, że liczba czynników uniemożliwiających drzewom wzrost jest znikoma. Rośliny podlegają tym samym ograniczeniom co w innych strefach klimatycznych – występuje okres mniejszej dostępności wody (zima), w którym drzewa ograniczają aktywność. Niewiele jest tutaj miejsc, w których formacje bezleśne są w stanie utrzymać się trwale, poza piętnem subalpejskim i wydmami, i są to zwykle tereny podmokłe lub reliktowe stanowiska muraw, nawiązujących do roślinności stepów.

Polskie lasy różnią się w zależności od dostępności wody w glebie. Najmniejszą zawartością wody cechują się gleby bielcowe i arenosole (słabo wykształcone piaszczyste gleby), łatwo przepuszczalne i ubogie w substancje odżywcze, co ogranicza liczbę gatunków drzew mogących stworzyć na nich las. Dominuje tu sosna, tworząc ubogie bory podobne do lasów borealnych. W warunkach średnio żyznych i mniej przepuszczalnych gleb rdzawych i płowych występują bory i lasy mieszane, głównie ubogie dąbrowy i buczy-



MARCIN K. DYDESKI

ny, z mniejszą lub większą domieszką sosny. Siedliska żyzniejsze są porośnięte przez wielogatunkowe lasy liściaste, z bukami, dębami, lipami, klonami i grabami. Siedliska najżyźniejsze są związane z dużą dostępnością wody, której nadmiar stanowi czynnik ograniczający; rosną tu lasy łęgowe i bagienne. Oba te typy lasów łączy wysoki poziom wód gruntowych, a różni gospodarka wodna – lasy łęgowe rosną nad wodami płynącymi, a lasy bagienne w miejscach z wodą stojącą. Zarówno lasy bagienne, jak i łęgowe są związane z sezonowymi wahaniami stanu wody.

### Lasy łęgowe

Lasy łęgowe różnią się wyglądem w zależności od wielkości ciek, nad którym rosną. Nad brzegami małych rzek wykształcają się z reguły łągi olszowo-jesionowe, z bujnym runem zdominowanym wiosną przez byliny cebulowe, a latem przez wysokie rośliny zielne. W dolinach większych rzek roślinność różnicuje się wraz z odległością od brzegu rzeki. Przy brzegu występują zarośla wierzb krzewiastych – wierzy trójpręcikowej, wiciowej i purpurowej. Dzięki odporności na zalewanie i niszczenie pędów przez spływającą krętylko te elastyczne, szybko rosnące krzewy są w stanie

Lasy łęgowe w dolinie dużych rzek – łąg wierzbowych w dolinie Warty w Poznaniu



MARCIN K. DYDESKI



przetrwać wiele lat. Nieco dalej od wody, w strefie zalewanej średnio co najmniej raz na kilka lat, występują łągi wierzbowe i topolowe. Drzewa te są zdolne do bardzo szybkiego wzrostu oraz potrafią wytrzymać długotrwałe podtopienie korzeni. Inne drzewa nie są w stanie wytrwać w tych warunkach dłużej niż kilka lat. W strefie rzadziej zalewanej wykształcają się wielogatunkowe łągi wiązowo-jesionowo-olszowe. Lasy łąkowe dolin dużych rzek są bardzo żyzne dzięki zalewom, odkładającym drobnoziarnisty materiał zawierający dużo substancji odżywczych. W związku z tym występuje w nich wiele gatunków roślin o różnorodnych przystosowaniach do konkurencji o światło. Mamy tutaj pnącza (chmiel, bluszcz czy rdestówkę zaroślową), geofity (rośliny zielne z częścią przetrwalnikową pod ziemią), wykorzystujące wczesną wiosnę do kwitnienia i owocowania, wysokie ziołorośla, mszaki epifityczne i krzewy owocowe: porzeczkę, trzmieliny, wiciokrzew pospolity, derenia świdwę czy bez czarny. Cykle zalewów rzecznych powodują również zamieranie słabszych drzew, które rozkładając się, tworzą miejsca do życia dla wielu gatunków bezkręgowców i gniazdowania dziuplaków. Cały układ typów ekosystemów w dolinie rzecznej jest bardzo zależny od występowania zalewów – są one naturalnym czynnikiem hamującym rozwój roślinności, a więc utrzymującym to zróżnicowanie. W przypadku ograniczenia zalewania doliny rzecznej gatunki o lepszych zdolnościach konkurencyjnych (mniej światłolubne) miałyby możliwość wzrostu i zastąpienia gatunków przystosowanych do częstych zaburzeń, stanowiących o unikatowości krajobrazu dolin dużych rzek. Stąd tak wielkim zagrożeniem dla tych cennych ekosystemów jest regulacja rzek, ograniczająca występowanie corocznych zalewów. Dodatkowo większość lasów łąkowych w Polsce została zamieniona na pola uprawne i pastwiska, co przyczyniło się do zwiększenia ryzyka powodziowego przez utratę naturalnych rozlewisk, spowalniających falę powodziową.

## Lasy bagienne

Lasy bagienne wykształcają się najczęściej w miejscach, z których woda opadowa lub wysiękowa nie ma gdzie odpłynąć. W zależności od charakteru podłoża mogą być one bardzo ubogie w składniki odżywcze (bory bagienne) lub bardzo żyzne (olsy). Lasy bagienne występują na glebach organicznych powstających przez akumulację martwej materii organicznej w warunkach silnego uwilgotnienia. Tworzący się w ten sposób torf przez tysiące lat gromadzi węgiel organiczny, stanowiąc ważny element retencji tego pierwiastka. Najuboższe torfowiska przyrastają bardzo wolno – w tempie 1 mm rocznie, jednak głębokość osadów torfowych potrafi osiągać nawet kilkanaście metrów. Dzięki skrajnym warunkom torfowiska są miejscem występowania gatunków przystosowa-



MARCIN K. DYBERSKI

nych do dużej wilgotności, niedoborów substancji odżywczych i zakwaszenia. Porastające je sosny przyrastają bardzo wolno – często osiągają 1–2 m wysokości dopiero po 30–40 latach. Glebę pokrywają torfowce – mchy dostosowane do dominacji w miejscach wilgotnych i budujące torf. Ich rozkładające się dolne części stanowią część torfu, podczas gdy górna część nadal przyrasta, tworząc wilgotną poduszkę. Między łanami torfowców najczęściej występują krzewy i krzewinki z rodziny wrzosowatych: modrzewnica zwyczajna, borówka bagienna, żurawina błotna czy bagno zwyczajne. Torfowiska żyzne są zdominowane z kolei przez olszę czarną, tworzącą system dolinowo-kępkowy: doliny zwykle są wypełnione wodą, z której wystają kępki tworzone przez systemy korzeniowe drzew. Runo olsów tworzą głównie gatunki typowe dla wilgotnych łąk i szuwarów: turzyce, trzcina, kosaciec, ostrożeń warzywny, psianka słodkogórz czy karbieniec pospolity.

W Polsce oprócz żyznych i ubogich lasów bagiennych występują brzeziny bagienne, stanowiące formę pośrednią między torfowiskami skrajnie ubogimi a żyznymi. Dominuje w nich brzoza omszona, a runo ma charakter pośredni, bardziej zbliżony do borów bagiennych. Lasy bagienne i łąkowe zachowały się w niewielu miejscach, głównie tam, gdzie ich przekształcenie wiązało się ze zbyt wysokimi kosztami prowadzenia działalności gospodarczej (głównie w Polsce północno-wschodniej – w dolinach Biebrzy i Narwi, a także na Pomorzu). Są więc ostojami różnorodności biologicznej, zwłaszcza gatunków wrażliwych na zmianę sposobu zagospodarowania terenu. Dzięki dużej pojemności wodnej lasy są istotnym elementem w systemie zatrzymywania wody w skali lokalnej i regionalnej. Ich gleby, charakteryzujące się dużą zawartością węgla, są zarówno skutecznym akumulatorem tego pierwiastka, jak i potencjalnym źródłem emisji w przypadku odwodnienia. Z tego względu wszystkie polskie lasy łąkowe i bagienne są naszym szczególnym sprzymierzeńcem w walce o zmniejszenie ilości dwutlenku węgla w atmosferze, zatrzymanie wody i zachowanie różnorodności biologicznej. Wymagają jednak troski i objęcia ochroną.

Las bagienno  
na żyznym siedlisku  
– ols w Biebrzańskim  
Parku Narodowym

Chcesz wiedzieć  
więcej?

Czortek P., Dyderski M.K., Jagodziński A.M., *River regulation drives shifts in urban riparian vegetation over three decades*, „Urban Forestry & Urban Greening” 2020, 47: 126524.

Dyderski M.K., Czapiwska N., Zajdler M., Tyborski J., Jagodziński A.M., *Functional diversity, succession, and human-mediated disturbances in raised bog vegetation*, „Science of the Total Environment” 2016, 562: 648–657.

Dyderski M.K., Paź S., Frelich L.E., Jagodziński A.M., *How much does climate change threaten European forest tree species distributions?*, „Global Change Biology” 2018, 24: 1150–1163.

Jagodziński A.M., Horodecki P., Rawlik K., Dyderski M.K., *Do understory or overstory traits drive tree encroachment on a drained raised bog?*, „Plant Biology” 2017, 19 (4): 571–583.