

Wzrost, zawartość azotu w liściach i lotne związki allelochemiczne siewek dębu bezszypułkowego *Quercus petraea* i czeremchy amerykańskiej *Prunus serotina* w różnych warunkach ocienienia i konkurencji

Piotr Robakowski, Ernest Bieliniś, Jerzy Stachowiak, Bartosz Bułaj

Abstrakt. Celem badań jest poznanie ekofizjologicznych przyczyn sukcesu lub porażki w konkurencji między siewkami dębu bezszypułkowego *Quercus petraea* a czeremchą amerykańską *Prunus serotina*. Przyjęto założenie, że warunki świetlne wzrostu będą wpływać na wynik konkurencji. W doświadczeniu doniczkowym ustalono trzy warianty: 100%, 25% lub 5% światła pełnego. W każdym wariantcie świetlnym ustawiono doniczki z pięcioma kombinacjami konkurencji i allelopatii: 1) trzy siewki dębu; 2) trzy siewki czeremchy; 3) trzy siewki dębu i sześć siewek czeremchy; 4) trzy siewki dębu z dodatkiem liści czeremchy do substratu; 5) trzy siewki dębu i sześć siewek czeremchy z dodatkiem liści czeremchy. Siewki *Prunus serotina* osiągnęły przewagę wzrostową nad dębowymi, która zależała od ocienienia. W wariantcie (5) czeremcha miała więcej azotu w liściach w porównaniu do kontroli, a dąb odwrotnie. Różnice w dynamice wzrostu w kontrolowanym doświadczeniu sugerują, że regulacja warunków świetlnych w drzewostanach gospodarczych może istotnie wpływać na wynik konkurencji. W powietrzu, nad koronami czeremchy wykryto alfa hydroksy benzacetonitryl, który może być pochodną amigdaliny o potencjalnym działaniu allelopatycznym.

Słowa kluczowe: allelopatia, konkurencja międzygatunkowa, koncentracja azotu, światło, wzrost

Abstract. Growth, leaf nitrogen concentration and volatile allelochemical compounds of *Quercus petraea* and *Prunus serotina* seedlings growing in different conditions of shade and competition. The aim of this study was to determine the ecophysiological causes of success or defeat in the competition between *Quercus petraea* and *Prunus serotina* seedlings. It was hypothesized that the light conditions of growth will influence the results of the competition. In the experiment with the potted seedlings there were three treatments: 100 %, 25% and 5% of full light. In each light treatment there were five combinations of the competition and allelopathy: 1) three oak seedlings; 2) three cherry seedlings; 3) three oak and six cherry seedlings; 4) three oak seedlings with cherry leaves added to the substrate; 5) three oak and six cherry seedlings with cherry leaves added to the substrate. *P. serotina* took the advantage of height over *Q. petraea* seedlings, but it depended on the light regime. In the treatment (5), cherry had higher leaf nitrogen concentration compared with the control. The differences in growth dynamics

suggested that the regulation of light conditions in stands can significantly influence the *Prunus* – *Quercus* competition. In air, above the cherry crown, benzacetone nitrile alfa hydroxy was found. This derivative of amygdalin can have allelochemical properties.

Keywords: allelopathy, growth, interspecific competition, light, nitrogen concentration

Wstęp

Pod okapem drzewostanów sosnowych zaobserwowano występowanie naturalnego odnowienia ważnego gospodarczo *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. i obcej dla naszych lasów *Prunus serotina* (Ehrh.) Borkh. Gatunki te konkurują o zasoby siedliska. Reprezentują one skrajnie odmienne strategie wzrostu i konkurencji (Grime 1977). Dąb bezszypułkowy ma konserwatywne wymagania ekologiczne, co 5-8 lat wytwarza duże nasiona, w młodości rośnie wolno (Suszka i in. 2000; Modrzyński i in. 2006; Jaworski 2011). W przeciwieństwie do niego czeremcha amerykańska wykazuje cechy gatunku inwazyjnego: produkuje dużą ilość drobniejszych nasion, posiada zdolność do rozmnażania wegetatywnego, toleruje niskie temperatury i szybko rośnie (Marquis 1990). W podobnych warunkach glebowych i klimatycznych, w zależności od warunków świetlnych, obfitości odnowienia oraz prawdopodobnie oddziaływań allelopatycznych jeden z tych gatunków osiąga przewagę wzrostową.

W młodości obydwa dobrze znoszą średnie ocienienie pod okapem drzewostanów sosnowych (Ellenberg i in. 1991; Zarzycki i in. 2002), jednak porównanie ich wymagań świetlnych przy jednoczesnej kontroli pozostałych warunków siedliskowych nie zostało do tej pory przeprowadzone. Obserwacje terenowe sugerują, że w silnym ocienieniu młodników i tyczkowiń dynamika czeremchy jest ograniczona, dlatego jej dominacja w odnowieniu jest mniej widoczna niż pod okapem starszych drzewostanów sosnowych, gdzie dociera więcej światła. Tempo wzrostu dębu w młodym wieku jest znacznie mniejsze niż czeremchy, jednak ta różnica jest szczególnie widoczna w prześwietlonych drzewostanach. Na podstawie własnych obserwacji w Puszczy Zielonce pod Poznaniem stwierdzono, że mimo znacznej przewagi czeremchy w młodym wieku, nie zawsze wygrywa ona konkurencję z dębem. W starszych drzewostanach sosnowych wytworzyło się drugie piętro dębowe, pod którym rośnie nieliczna czeremcha w postaci podszytu, chociaż nie brakuje dojrzałych drzewostanów sosnowych, gdzie gatunkiem dominującym w drugim piętrze jest czeremcha amerykańska. Przyczyny sukcesu lub porażki jednego z tych gatunków są niejasne. Wynik konkurencji w końcowej fazie sukcesji wtórnej pod okapem sosny zależy od biologicznych właściwości konkurujących ze sobą gatunków, czynników siedliskowych i biotycznych, a także zabiegów pielęgnacyjnych, w których najczęściej nieskutecznie usuwa się czeremchę. Chociaż strategie i mechanizm konkurencji o światło i inne zasoby siedliska są dość dobrze poznane i wykorzystywane w hodowli lasu (Balandier i in. 2006; Novopolansky 2009), to jednak mniej wiadomo o wpływie allelopatycznych interakcji między drzewami na wynik konkurencji.

Czeremcha posiada wiele różnych związków o udowodnionym znaczeniu allelopatycznym (Drogoszewski, Barzdajn 1984). W ekstrakcie z liści lub korzeni stwierdzono między innymi występowanie prunazyny i amigdaliny (Vetter 2000). Dąb także wytwarza szereg substancji allelochemicznych (Robakowski i in. niepubl.). Badania nad oddziaływaniem tych związków są najczęściej prowadzone w warunkach laboratoryjnych, przy zachowaniu

sterylności ekstraktów i badanych roślin (Wójcik-Wojtkowiak i in. 1998). Allelopatyczne interakcje mogą jednak zachodzić poprzez bezpośrednie oddziaływanie rośliny donora na roślinę akceptora lub za pośrednictwem mikroorganizmów glebowych rozkładających martwe organy roślin (Weir 2007; Mallik 2008). Doświadczenia doniczkowe, w których hodowla trwa przynajmniej w okresie całego sezonu wegetacyjnego umożliwiają prowadzenie obserwacji w częściowo kontrolowanych warunkach, gdzie swobodnie mogą zachodzić oddziaływania allelochemiczne poprzez eksudaty korzeniowe i emisję kolin.

Celem naszej pracy jest poznanie ekofizjologicznych mechanizmów konkurencji między dębem bezszypułkowym a czeremchą amerykańską w juvenilnej fazie rozwoju, w warunkach sztucznego ocienienia. Wymagania świetlne badanych gatunków i świetlne warunki wzrostu będą decydować o tym, który z nich osiągnie przewagę w konkurencji. Silna konkurencja o światło ujawni się w dynamice przyrostów wysokości i grubości siewek. Zawartość azotu w liściach badanych gatunków będzie zależeć od warunków ocienienia i konkurencji. Siewki czeremchy amerykańskiej i dębu bezszypułkowego będą emitować do powietrza lotne związki chemiczne o potencjalnym znaczeniu allelochemicznym, które mogą wpływać na wynik konkurencji.

Material i metody

Material

Owoce czeremchy zebrano w Puszczy Zielonce, w październiku 2010 roku. Po namoczeniu w wodzie owoce przetarto przez sito i zebrano nasiona, które zostały wysiane w pojemnikach umieszczonych w foliowym tunelu. W podobnych warunkach wysiano żołądźcie zebrane w dębowym drzewostanie nasiennym, w Nadleśnictwie Jarocin. W maju 2011 r. siewki z bryłką przesadzono do 5,5 litrowych donic z mieszaniną piasku, torfu i próchnicy (2:2:1). W doniczkach posadzono siewki w pięciu kombinacjach różniących się intensywnością konkurencji i allelopatii: 1) trzy siewki dębu; 2) trzy siewki czeremchy; 3) trzy siewki dębu z dodatkiem rozdrobnionych, świeżych liści czeremchy do substratu; 4) trzy siewki dębu i sześć siewek czeremchy; 5) trzy siewki dębu i sześć siewek czeremchy z dodatkiem liści czeremchy. W wariantach 4 i 5, raz w miesiącu od maja do listopada, świeże liście czeremchy były cięte na kawałki i dodawane do substratu w ilości 10 g na doniczkę. Rośliny były podlewane automatycznie do pełnej zdolności polowej. Zastosowano nawożenie wolno uwalniającym się nawozem „Osmocote” (15 g nawozu na doniczkę).

Układ doświadczenia

Siewki rosły w jednym z trzech wariantów świetlnych: 5% (silne ocienienie, dwie warstwy siatki cieniującej), 25% (średnie ocienienie, warstwa siatki cieniującej) i 100% światła pełnego. Ocienienie uzyskano przy pomocy plastikowej, zielonej siatki stosowanej w szkółkach, którą rozpięto na metalowych rusztowaniach w formie tuneli. W doświadczeniu są trzy powtórzenia każdego wariantu świetlnego. 675 doniczek z wszystkimi kombinacjami konkurencji i allelopatii umieszczono na poletkach w świetle pełnym i w cieniówkach. W jednym powtórzeniu wariantu świetlnego i w jednym wariantcie konkurencji było 15 doniczek. 5 z nich wyłączono na dwa sezony do ciągłych, niedestruktywnych pomiarów i obserwacji fenologicznych

Pomiary przyrostów

Od maja do września 2011 r., pod koniec każdego miesiąca wykonywano pomiary wzrostu wysokości siewek oraz ich grubości 0.5 cm nad powierzchnią substratu. Miejsce pomiaru grubości zaznaczono markerem. Wysokość mierzono metalową linijką z dokładnością ± 1 mm, a grubość elektroniczną suwmiarką z dokładnością ± 0.01 mm.

Analizy zawartości azotu w liściach

Zawartość azotu w liściach dębu i czeremchy określono metodą Kjeldahla w laboratorium Katedry Chemii Rolnej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Przed wykonaniem analiz chemicznych liście były skanowane w celu zmierzenia ich powierzchni. Następnie liście były suszone przez trzy doby w temperaturze 65°C i ważone. Obliczono stosunek suchej masy do powierzchni liści. Koncentrację azotu przeliczono na gram suchej masy lub m^2 powierzchni liści.

Zawartość lotnych związków w powietrzu nad siewkami

Do jakościowego określenia lotnych związków emitowanych przez siewki czeremchy zastosowano metodę mikroekstrakcji do fazy stałej (SPME). Na doniczce z roślinami umieszczano butlę laboratoryjną z odciętym dnem. Wylot butli był szczelnie zamknięty gumową membraną. Po upływie pół godziny membrana była przekłuwana igłą z sorbentem lotnych związków chemicznych. Próbkę umieszczono w zamkniętych naczynkach podajnika prób GC i termostatowano w temp. 40°C . Sorpcję do aktywnej powierzchni prowadzono przez 15 min. Bezpośrednio po tym czasie dokonywano analizy chromatograficznej prowadząc desorpcję przez 2 min.

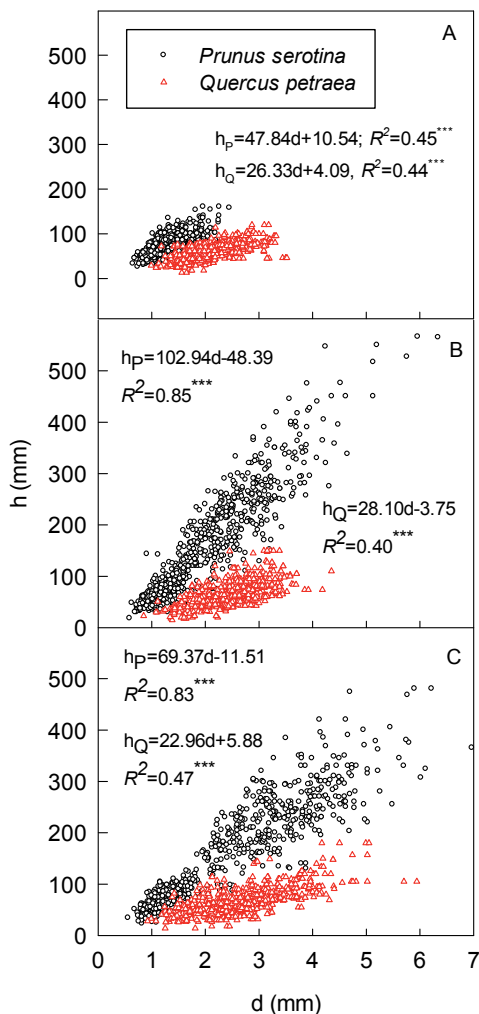
Analiza danych

Do porównania dynamiki wzrostu dębu bezszypułkowego i czeremchy amerykańskiej zastosowano analizę regresji liniowej między grubością szyi korzeniowej a wysokością siewki. W miesięcznych odstępach, od maja do września porównano średnie wysokości, grubości siewek oraz koncentrację azotu w liściach przy pomocy dwuczynnikowej analizy wariancji z interakcją, po której zastosowano test a posteriori Tukey'a na poziomie istotności $\alpha = 0.05$. Jeśli dane nie spełniały warunku normalności rozkładu i jednorodności wariancji stosowano transformację logarytmiczną lub transformację Boxa-Coxa.

Wyniki

Wzrost siewek w warunkach ocienienia i konkurencji

Model regresji liniowej wyjaśniał zależność między grubością a wysokością siewek dębu w 40-50%, a siewek czeremchy w 45% w silnym ocienieniu i w ponad 80% w średnim ocienieniu i pełnym świetle (ryc. 1). W 5% światła pełnego współczynnik kierunkowy równania prostej dla czeremchy był prawie dwukrotnie większy niż współczynnik równania dla dębu (ryc. 1A). W 25% różnica między współczynnikami kierunkowymi była około czterokrotna, a w pełnym świetle trzykrotna, zawsze na korzyść czeremchy (ryc. 1B, C).



Ryc. 1. Regresja liniowa między grubością szyi korzeniowej a wysokością siewek *Quercus petraea* i *Prunus serotina*. Na rycinach pokazano równania regresji liniowej i współczynniki determinacji (R^2). $***P < 0.001$, P – prawdopodobieństwo testowe

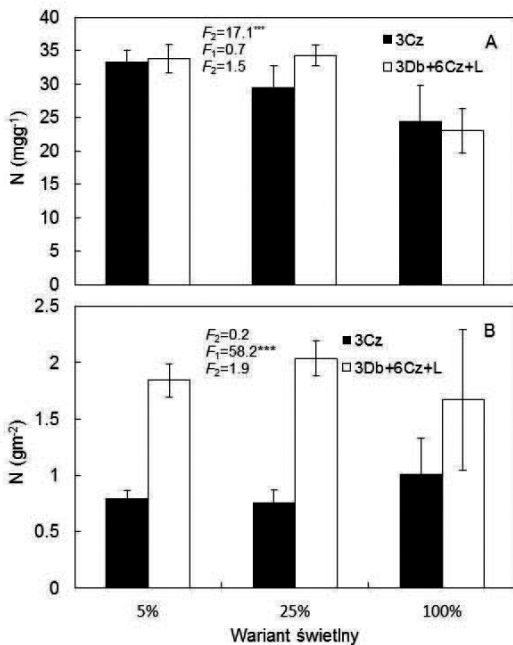
Fig. 1. Linear regression between the diameter at root collar and height of *Quercus petraea* and *Prunus serotina* seedlings

Początkowo siewki obu gatunków nie różniły się wysokością, jednak dęby były 1.5-2 razy grubsze. We wrześniu średnia grubość siewek dębowych była większa tylko w silnym ocienieniu, w pozostałych wariantach świetlnych czeremcha była grubsza. We wrześniu, w 100% czeremcha była 2.5 krotnie grubsza niż czeremcha w silnym ocienieniu ($F_2 = 496.4^{***}$; F – wartość funkcji Snedecora otrzymana w analizie wariancji, w dolnym indeksie liczba stopni swobody, $***P < 0.001$). Dąb był 1.5 krotnie grubszy w 100% w porównaniu do siewek z wariantu 5% ($F_2 = 130.6^{***}$). W tym samym miesiącu, statystyczne różnice między wariantami konkurencji stwierdzono dla grubości czeremchy i dębu ($F_2 = 11.5^{***}$, $F_3 = 10.3^{***}$), jednak nie były one istotne dla wysokości siewek. W wariancie 3Db+6Cz

siewki czeremchy miały najmniejszą grubość w porównaniu do siewek tego gatunku w pozostałych wariantach konkurencji. W przypadku dębu wyraźnie zaznaczył się pozytywny wpływ domieszki liści czeremchy na przyrost grubości, który zależał także od warunków świetlnych (istotna interakcja $\hat{S} \times K$).

Zawartość azotu w liściach

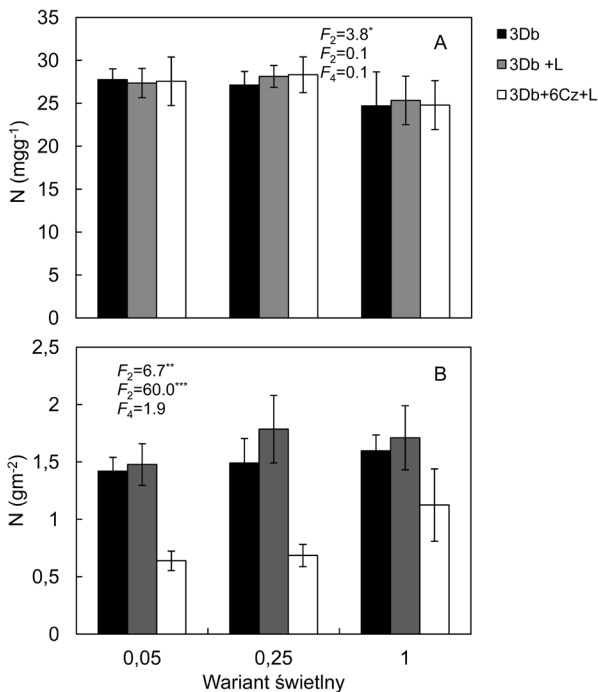
Czeremcha wykazała niższą koncentrację azotu w suchej masie liści w świetle pełnym i brak różnicy między kontrolą (3Cz) a wariantem 3Cz+6Cz+L. Po przeliczeniu N na powierzchnię liści ujawniły się różnice między wariantami konkurencji (ryc. 2A, B). Prawie dwukrotnie więcej było N (g m^{-2}) w warunkach konkurencji z domieszką liści niż w kontroli (ryc. 2B).



Ryc. 2. Średnia (\pm odch. stand.) koncentracja azotu w przeliczeniu na suchą masę (A) lub powierzchnię (B) liści siewek *Prunus serotina* aklimatowanych do 5, 25 lub 100 % światła pełnego. Rośliny rosły w jednym z dwóch wariantów konkurencji: 3Cz lub 3Db+6Cz+L. Podano wartości funkcji F wraz z liczbą stopni swobody (dolny indeks) i prawdopodobieństwem testowym $***P < 0.001$, które otrzymano w dwuczynnikowej analizie wariancji z interakcją na poziomie istotności $\alpha = 0.05$

Fig. 2. Mean (\pm SD) nitrogen concentration expressed per *Prunus serotina* leaf dry mass (A) or area (B) acclimated to 5, 25 or 100% of full light. Plants were grown in one of two competition treatments: 3 seedlings of *Prunus* or 3 *Quercus*+6*Prunus*+*Prunus* leaves. The F-values together with the degrees of freedom in lower index and test probability $***P < 0.001$ obtained in two-way ANOVA with interaction are given at the significance level $\alpha = 0.05$

Koncentracja N w liściach dębu w zależności od światła zmieniała się podobnie jak w liściach czeremchy (ryc. 3A, B). Dopiero po przeliczeniu koncentracji N na powierzchnię stwierdzono istotne różnice między wariantami konkurencji (ryc. 3B), przy czym miały one odwrotny kierunek niż u czeremchy: w warunkach najsilniejszej konkurencji i domieszki liści czeremchy było mniej N w liściach dębu w porównaniu do wariantów 3Db i 3Db+L (ryc. 2B i 3B).



Ryc. 3. Średnia (\pm odch. stand.) koncentracja azotu w przeliczeniu na suchą masę (A) lub powierzchnię (B) liści siewek *Quercus petraea*. W odróżnieniu od czeremchy do porównań wzięto także wariant 3Db+L (siewki dębu z domieszką liści czeremchy do substratu). Pozostałe objaśnienia Ryc. 2
 Fig. 3. Mean (\pm SD) nitrogen concentration expressed per *Quercus petraea* leaf dry mass (A) or area (B). In contrast to *Prunus serotina*, the additional treatment 3 *Quercus* seedlings + *Prunus* leaves added to the substrate was also taken for comparison. The further explanations as in Fig. 2

Lotne związki o potencjalnym znaczeniu allelochemicznym

Nad siewkami dębu wykryto 7 różnych związków chemicznych o potencjalnym znaczeniu allelopatycznym. Nad siewkami czeremchy wykryto 6 innych związków, w tym benzaconitryl alfa hydroksy, który jest pochodną amigdaliny.

Dyskusja

Dąb bezszypułkowy i czeremcha amerykańska reprezentują skrajnie różne strategie życiowe (Brzeziecki, Kienast 1994). Dąb ma konserwatywne wymagania siedliskowe i charakteryzuje się niewielką ekspansywnością w odróżnieniu od czeremchy amerykańskiej, która posiada cechy typowe dla gatunków inwazyjnych (Marquis 1990; Danielewicz, Pawlaczky 2006). Biologiczne różnice między tymi gatunkami odgrywają kluczową rolę w konkurencji o zasoby siedliskowe.

Po pierwszym sezonie badań, wyniki kontrolowanego doświadczenia przeprowadzonego w trzech wariantach świetlnych i pięciu kombinacjach konkurencji i alleopatii potwierdzają wzrostową dominację czeremchy nad dębem, która znana jest z obserwacji w warunkach leśnych (Rutkowski i in. 2002). Wyniki pomiarów przyrostów grubości i wysokości siewek wskazują, że różnice w dynamice wzrostu między tymi gatunkami silnie zależały od warunków świetlnych. Największe były w średnim ocienieniu (25%) i świetle pełnym (100%), a najmniejsze w silnym ocienieniu (5%). W warunkach leśnych, gdy pod okapem sosnowym naturalne odnowienie dębu konkuruje z odnowieniem czeremchy, regulacja warunków

świetlnych poprzez odpowiednią częstotliwość oraz natężenie czyszczeń i trzebieży może mieć kluczowe znaczenie dla rezultatów tej rywalizacji. Nasze wyniki sugerują, że wzrost w większym ocienieniu zwiększa szansę dębu bezszypułkowego w konkurencji z czeremchą amerykańską. Pod koniec okresu wegetacji, w 25% i 100% światła dominacja wzrostowa czeremchy była tak duża, że dąb został zagłuszony, jednak nie wykazał obniżenia żywotności. Na podstawie obserwacji w lasach gospodarczych Rutkowski i in. (2002) zalecali przebudowę drzewostanów sosnowych zagrożonych inwazją czeremchy poprzez wprowadzanie gatunków cienioznośnych.

Dodatkowym czynnikiem obniżającym skuteczność siewek dębowych w konkurencji z siewkami czeremchy może być zdolność tych ostatnich do absorbowania większej ilości azotu (N). Obaj konkurenci gromadzili N w liściach w silnym ocienieniu. Czeremcha, odrotnie niż dąb, kumulowała N w przeliczeniu na powierzchnię liści w warunkach największego stresu spowodowanego konkurencją. N pełni podstawową rolę we wszystkich procesach życiowych, a w szczególności jest składnikiem enzymu karboksylazy/oksygenazy rybulozo-1.5-bisfosforanu (Rubisco), który pełni kluczową rolę w asymilacji CO₂ (Farquhar i in. 1980). Większa zawartość azotu w liściach zazwyczaj przekłada się na większą intensywność fotosyntezy i dynamikę wzrostu.

Czeremcha amerykańska jest donorem związków o potwierdzonym działaniu allelopacyjnym: prunazyny i amigdaliny (Vetter 2000). Źródłem siedmiu lotnych związków okazał się także dąb. W prezentowanym doświadczeniu wykazano, że substancje o potencjalnie allelochemicznym znaczeniu zawarte są nie tylko w organach czeremchy i dębu, ale także są emitowane do powietrza nad koronami siewek. Znaczenie fizjologiczne benzonitrylu alfa hydroksy, lotnej pochodnej amigdaliny, nie jest znane w odniesieniu do konkurencji między dębem a czeremchą. Lotne substancje emitowane przez siewki mogą wpływać na przebieg konkurencji międzygatunkowej, jednak mechanizm tych oddziaływań nie został jeszcze wyjaśniony.

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane w ramach grantu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr N N309 026939.

Literatura

- Balandier P., Collet C., Miller J.H., Reynolds P.E., Zedaker S.M. 2006. Designing forest vegetation management strategies based on the mechanisms and dynamics of crop tree competition by neighbouring vegetation - *Forestry*, 79 (1): 3-27.
- Brzeziecki B., Kienast F. 1994. Classifying the life-history strategies of trees on the basis of the Grimian model. *Forest Ecology and Management* 69: 167-187.
- Danielewicz, Pawlaczyk 2006. W: Bugała W., Boratyński S. (red.) *Dęby Quercus robur L. i Q. petraea (Matt.) Liebl. Nasze Drzewa Leśne* 11: 411-474. Bogunki Wyd. Naukowe, Poznań.
- Drogoszewski B., Barzdajn W. 1984. Wpływ ekstraktów wodnych z tkanek *Prunus serotina* (Ehrh.) na kiełkowanie nasion *Pinus sylvestris* L. *Pr. Kom. Nauk Roln. Leśn.* 58: 33-38.
- Farquhar G. D., von Caemmerer S., Berry J.A. 1980. A biochemical model of photosynthetic CO₂ assimilation in leaves of C3 species. *Planta* 149: 78-80.
- Grime J.P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *American Naturalist* 111: 1169-1194.

- Jaworski A. 2011. Hodowla lasu. Charakterystyka hodowlana drzew i krzewów leśnych. T. 3, PWRiL, Warszawa, str.: 267-300.
- Mallik U.A. 2008. Allelopathy in forested ecosystems. W: (Zeng, R.S., Mallik, U.A., Luo, M.S., red.) Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry. Springer, str.: 363-386. on-line: www.springerlink.com/content/978-0-387-77336-0.
- Marquis 1990. *Prunus serotina* Ehrh. Black cherry. W: Burns, R.M.: Honkala, B.H. Silvics of North America. U.S. Forest Service Agric. Handbk.: 594-604.
- Modrzyński J., Robakowski P., Zientarski J. 2006. Zarys ekologii. W: Bugała W., Boratyński S. (red.) Dęby [*Quercus robur* L. i *Q. petraea* (Matt.) Liebl.]. Nasze Drzewa Leśne 11: 411-474. Bogunki Wyd. Naukowe, Poznań.
- Novoplansky A. 2009. Picking battles wisely: plant behaviour under competition. *Plant, Cell and Environment* 32: 726-741.
- Rutkowski P., Maciejewska-Rutkowska I., Łabędzka M. 2002. Właściwy dobór składu gatunkowego drzewostanów jako jeden ze sposobów walki z czeremchą amerykańską (*Prunus serotina* Ehrh.). *Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria* 1(2): 59-73.
- Suszka B., Muller C., Bonnet-Masimbert M. 2000. Nasiona leśnych drzew liściastych. Od zbioru do siewu. PWN, Warszawa - Poznań, str.: 250-261.
- Vetter J. 2000. Plant cyanogenic glycosides. *Toxicon* 38: 11-36.
- Weir T.L. 2007. The role of allelopathy and mycorrhizal associations in biological invasions. *Allelopathy Journal* 20 (1): 43-50.
- Wójcik-Wojtkowiak D., Politycka B., Weyman-Kaczmarkowa W. 1998. Allelopatia. Wyd. Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, str.: 1-91.

¹Piotr Robakowski, ¹Ernest Bieliniś, ²Jerzy Stachowiak, ¹Bartosz Bułaj

¹Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,

Katedra Hodowli Lasu,

Zakład Ekologicznych Podstaw Hodowli Lasu

²Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,

Katedra Chemii

pierrot@up.poznan.pl