

BARTŁOMIEJ BEDNARZ

Oddziaływanie wyładowań atmosferycznych na drzewa

The lightning influence on trees

ABSTRACT

The article presents the review of information about physiological and mechanical injuries of trees stroked by lightning. The weakened trees synthesis less insect repellents or toxic substances than another ones and thereby are more susceptible to insects attack. Lightning trees suffer from water shortage, because their roots are usually also damaged by lightning.

KEY WORDS

lightning, trees weakness, roots damages, insects, fungi

Drzewa podobnie, jak inne rośliny, prowadzą swoistą „wojnę chemiczną” z atakującymi je pasożytami. Będąc w dobrej kondycji, syntetyzują dostateczną ilość substancji ochronnych, dlatego bardzo rzadko bywają opanowywane przez szkodliwe owady lub grzyby. Kiedy jednak pod wpływem czynników środowiskowych witalność drzew ulega osłabieniu, ilość produkowanych przez nie chemicznych substancji obronnych ulega zmniejszeniu. W konsekwencji stają się bardziej podatne na inwazje szkodników. Jedną z przyczyn powodujących osłabienie kondycji drzew są wyładowania elektryczne. Należą one do zjawisk dość często spotykanych w przyrodzie. Uderzenie pioruna jest z natury rzeczy przypadkowe [Diels i in. 1997], niemniej powstające w czasie burzy pioruny często uderzają w drzewa. Drewno jest bowiem lepszym przewodnikiem elektryczności niż powietrze. Drzewa więc spełniają rolę „masztów”, po których dodatnie ładunki elektryczne z ziemi mogą łatwiej przemieszczać się ku górze, bliżej ujemnych ładunków w chmurach [Fick 1974; Kenneth 1978; Orville 1988]. Pioruny uderzają najczęściej w wysokie, górujące nad otoczeniem drzewa, egzemplarze samotne i rosnące w ścianie lasu. Eliminują w ten sposób z drzewostanów wiele najokazalszych drzew [Forst 1970; Platt, Rathbun 1995; Palik, Pederson 1996]. Czasem jednak zdarza się, że wyładowania elektryczne trafiają w pojedyncze, młode osobniki o dużej witalności [Taylor 1971].

Według Berger i Vogelsanger [1966] oraz Bossharda i Meiera [1969], po uderzeniu pioruna w drzewo ładunek elektryczny spływa po nim do ziemi, gdzie rozchodzi się radialnie (ryc.). Oznacza to, że wielkość ładunku elektrycznego słabnie wraz ze wzrostem odległości od porażonego drzewa [Bosshard, Meier 1969]. Uderzenie pioruna dotyczy zazwyczaj pojedynczego drzewa, ale często dochodzi również do porażenia drzew sąsiednich. Dzieje się tak dlatego, gdyż ładunek elektryczny może przenosić się na drzewa sąsiednie za pośrednictwem gleby lub stykających się systemów korzeniowych. W lesie powstają wtedy większe powierzchnie z uszkodzonymi drzewami, tak zwane pogromiska. Powstawanie pogromisk większych rozmiarów jest związane z tworzeniem się w drzewostanach biogrup i przekazywaniem ładunków elektrycznych w obrębie wzajemnie połączonych, a nawet zrosniętych systemów korzeniowych [Rigg, Harrar 1931; Krzysik 1932; Graham, Bormann 1966; Kiełczewski, Wiśniewski 1973;

BARTŁOMIEJ BEDNARZ

Zakład Ochrony Lasu

Akademia Rolnicza

Al. 29 Listopada 46

31-425 Kraków

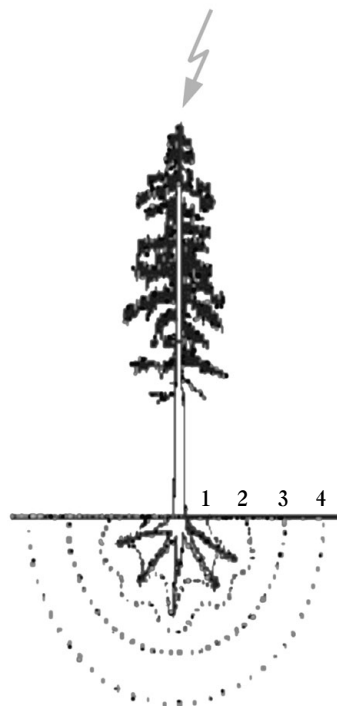
rlbednar@cyf-kr.edu.pl

Dominik 1974; Obmiński 1978; Szymański 1986; Loehle, Jones 1990; Zajączkowski 1991; Karaś 1995; Kula, Ząbecki 1997a; Mikułowski 2002]. Uszkodzone przez pioruny drzewa najczęściej obumierają. Główną przyczyną zamierania porażonych drzew jest ich osłabienie i zaburzenie gospodarki wodnej. Ładunek elektryczny spływający po drzewie do ziemi, przeważnie w większym lub mniejszym stopniu uszkadza korzenie. Uszkodzenia korzeni są najsilniejszym mechanicznym zakłóceniem występującym u drzew porażonych przez piorun. Powodują niemożność pobierania dostatecznej ilości wody i na skutek stresu wodnego, jeśli uszkodzenia są dość znaczne, drzewa usychają [Orville 1988; Coder 1996]. Dotyczy to całych biogrup drzew. Na uwagę zasługuje wielokrotnie notowane zjawisko, że w drzewostanach iglastych rosnące na pogromiskach drzewa liściaste pozostają żywe [Hauberg 1960]. Może to dowodzić, że piorunowy ładunek elektryczny przekazywany jest przez korzenie tylko w obrębie biogrupy drzew iglastych i nie dociera do liściastych. Nie można jednak wykluczyć większej odporności tych ostatnich na porażenie elektryczne [Łuczkiwicz 1924; Włoczewski 1968].

Jak wspomniano, uszkodzenie systemów korzeniowych na skutek działania wyładowań elektrycznych powoduje niemożność pobierania przez drzewa dostatecznej ilości wody. Szkodliwe oddziaływanie piorunów nie dotyczy w tym względzie tylko samych systemów korzeniowych. Uszkodzenie kory i drewna także powoduje masową utratę wody. Ponadto korniki zasiedlające porażone drzewo mogą blokować jej transport do górnych partii drzewa albo bezpośrednio, albo za sprawą towarzyszących im infekcji grzybowych [Hodges, Pickard 1971]. Mimo że ranne drzewa są zdolne do szybkiej reakcji, mają jedynie nieliczne mechanizmy umożliwiające zahamowanie strat wody wzdłuż pionowego pęknięcia. Jest to również przyczyną usychania wielu drzew.

Najczęściej pierwsze objawy zamierania drzew porażonych przez piorun są zauważalne już po kilku miesiącach od uderzenia pioruna, jednak bywa, że proces zamierania drzew jest przesunięty w czasie. Zdarza się, że mimo zabicia miazgi w dolnej części pnia, drzewa iglaste rażone piorunem utrzymują niezmienną igliwie przez całą zimę oraz wiosnę i dopiero latem igliwie ich żółknie i opada [Schwerdtfeger 1957; Forst 1970; Kula, Ząbecki 1997a; Koehler 1985]. Jest to najprawdopodobniej także związane z zaburzeniem gospodarki wodnej, a zwłaszcza z nasileniem się ewapotranspiracji w ciepłym okresie letnim.

Drzewa porażone przez piorun doznają szkód zarówno mechanicznych jak i fizjologicznych. Uszkodzenia mechaniczne mogą być znaczne, z roztrzaskaniem pnia lub jego rozłupaniem włącznie. Po uderzeniu pioruna, na większej lub mniejszej powierzchni drzewa kora zostaje odłupana, a w pniu najczęściej powstają bardziej lub mniej szerokie i głębokie rynny biegnące wzdłuż włókien, sięgające od wierzchołka do podstawy pnia. Są to oznaki widoczne na pierwszy rzut oka, natomiast doznane szkody fizjologiczne uwidaczniają się często dopiero po pewnym



Ryc.

Radialne rozchodzenie się ładunku elektrycznego w ziemi po uderzeniu pioruna w drzewo

Radial distribution of electric load in the soil after the tree was struck by lightning

czasie, nawet po upływie roku [Schwerdtfeger 1957]. Fizjologiczne zaburzenia związane z wyładowaniem elektrycznym niekoniecznie są w pełni zależne od stopnia i rozległości uszkodzeń mechanicznych, zdecydowanie jednak zależą od procentu uszkodzonego kambium na obwodzie pnia drzewa oraz od stopnia porażenia systemu korzeniowego [Taylor 1971]. Szczegółowy efekt fizjologiczny nie jest jeszcze znany, ale wiadomo, że poza gospodarką wodną dotyczy on spadku fotosyntezy oraz produkcji i proporcji różnego rodzaju węglowodanów, ograniczenia wytwarzania żywicy i zmiany w jej składzie, zmniejszenia produkcji olejków eterycznych oraz zahamowania procesów przyrostu drzew [Johnson 1966; Taylor 1971; Hodges, Pickard 1971; Capecki 1978; Blanche i in. 1985]. Wykazano [Hodges, Pickard 1971], że u 17 okazów *Pinus taeda* L. porażenie piorunem powodowało spadek ciśnienia, wydzielenia żywicy i zmniejszenie zawartości wody w wewnętrznych tkankach kory. Porażone drzewa, w związku ze zmianami w ich fizjologii, stają się atrakcyjne dla korników. Rozpatrując przyczyny szybkiego zasiedlenia drzew porażonych przez korniki uważa się, że głównym czynnikiem powodującym opanowanie przez nie drzew, w krótkim czasie po incydencie piorunowym jest przede wszystkim zmiana w jakości i redukcja ilości wypływu żywicy w ksylemie [Johnson 1966; Taylor 1971; Blanche i in. 1985]. Na skutek stresu piorunowego, np. u sosny, podwyższa się poziom α -pinenu, podczas gdy poziom β -pinenu wyraźnie maleje. Dochodzi również do charakterystycznego „zaparzenia” tyka [Kula, Ząbecki 1997a] i procesów jego fermentacji. Zmiany te osłabiają mechanizmy obronne drzew i wpływają na ich atrakcyjność dla korników. Potwierdza to szybkość z jaką owady pojawiają się na uszkodzonych przez pioruny drzewach [Anderson, Anderson 1968; Hodges, Pickard 1971; Taylor 1971; Capecki 1978; Blanche i in. 1985]. Jak wykazali Blanche i in. [1985] u drzew szpilkowych uderzonych piorunem następowała bardzo silna zmiana w poziomie monoterpenu. Związki te są znane jako biorące udział w chemicznej komunikacji korników z rodzaju *Dendroctonus* oraz *Ips*. Znaczący wzrost α -pinenu sprawia, że drzewa porażone stają się bardziej atrakcyjne dla korników. Atrakcyjność ta najprawdopodobniej zależy od ilościowych zmian w składzie monoterpenu żywicy. W drzewach piorunowych frakcje, które mają właściwości atraktantów lub oddziałują synergistycznie wzrastają, zaś te, które mają właściwości repelentów lub są toksyczne ulegają zmniejszeniu [Blanche i in. 1985]. Taki atraktant może być wytwarzany z innych związków obecnych w drzewie albo przez bezpośrednie działanie ładunku elektrycznego, albo dzięki fermentacji wywołanej przez mikroorganizmy atakujące wewnętrzną korę w strefie uderzenia pioruna [Johnson 1966]. Oprócz tego wyładowania atmosferyczne silnie oddziałują na zawartość i rodzaj cukrów u drzew [Hodges, Pickard 1971]. Po uderzeniu pioruna, ale jeszcze przed atakiem korników, zawartość sacharozy znacząco spada, zaś redukujących cukrów lekko wzrasta. Te zmiany wskazują odwrócenie proporcji cukrów, które występują w drzewach nie uszkodzonych. Stwierdzono też, że u drzew porażonych poziom cukrów tak redukujących jak i nie redukujących spada wyraźnie, podczas gdy u drzew nie uszkodzonych zawartość cukrów w takim samym czasie wzrasta. Rozwój korników, np. *Dendroctonus frontalis* Zimm. u porażonych drzew powodował spadek N-aminowego, wzrost poziomu N białek nierozpuszczalnych oraz całkowitej zawartości azotu. W obu przypadkach prawdopodobnie spadek zawartości cukrów i wzrost ilości azotu były wynikiem równoczesnej aktywności grzybów i *Dendroctonus frontalis*. Mimo to Hodges i Pickard [1971] zastrzegają, że nie można wykluczyć możliwości, iż badane przez nich drzewa miały różną zawartość cukrów jeszcze przed uderzeniem pioruna, co w konsekwencji mogło być przyczyną wyboru do wyładowania elektrycznego właśnie tego, a nie innego drzewa. Z tego opisu można wnosić, że na skutek zmian w swej fizjologii uderzone piorunem drzewa stwarzały bardzo sprzyjające warunki do zasiedlenia przez korniki. Jest to prawdopodobne, ponieważ pierwsze ataki *Dendroctonus frontalis* występowały na korze w pobliżu rany wyrządzonej przez piorun [Howe i in. 1971].

Atrakcyjność dla korników drzew porażonych piorunem jest wykorzystywana praktycznie przez leśników, do identyfikacji ewentualnych gniazd kornikowych w drzewostanie. Przy braku innych zewnętrznych oznak uszkodzenia piorunowego, sygnałem zaistniałego stresu i obniżenia żywotności drzew jest pojawienie się w lesie szkodników kambio- i ksylofagicznych, zwłaszcza nalot drwalnika paskowanego (*Xyloterus lineatus* Oliv.), który do żywego i zdrowego drzewa z zieloną koroną nigdy nie nalatuje [Kula, Ząbecki 1997a]. Na zasiedlanie przez szkodniki drzew osłabionych wyładowaniami elektrycznymi zwracają uwagę także Taylor [1971], Jamnick [1978], Hodges i Pickard [1971], Koehler [1985] oraz Kula i Ząbecki [1997b]. W wielu badaniach wykazano, że drzewa na pogromiskach są obficie zasiedlane przez charakterystyczne dla tego rodzaju szkód zespoły owadów. Wśród nich szczególne znaczenie dla wczesnej identyfikacji drzew osłabionych przez wyładowania atmosferyczne mają czterooczek świerkowiec (*Polygraphus poligraphus* L.), polesiak obramowany (*Hylurgops palliatus* (Gyll.) oraz drwalnik paskowany (*Xyloterus lineatus* Oliv.). Ten ostatni, wraz z kornikiem drukarczykiem (*Ips amitinus* L.), rytownikiem pospolitym (*Pityogenes chalcographus* L.), kornikiem drukarzem (*Ips typographus* L.) oraz bruzdkowcem zachodnim (*Pityophthorus pityographus* Ratz.), zasiedlają drzewa porażone piorunem nie od razu, lecz dopiero na wiosnę następnego roku [Capecki 1978; Jamnick 1978; Kula, Ząbecki 1997a, 1997b]. Porażone drzewa nie usunięte w porę, zwłaszcza w przypadku jednogatunkowych drzewostanów iglastych, mogą powodować powstawanie gniazd kornikowych i przyczynić się do wystąpienia gradacji szkodliwych owadów w całym drzewostanie [Dominik 1974; Kula, Ząbecki 1997a, 1997c].

Większe uszkodzenia czasem przynoszą mniejszą szkodę w fizjologii drzew niż słabo zauważalne. Drzewa, które były tylko lekko uszkodzone mogą wykazywać większe zmiany w swej fizjologii i przez to bardzo często być szybciej i obficiej zasiedlane przez szkodniki owadzie niż te, które noszą wyraźne i głębokie rysy piorunowe. Poza kornikami, porażone drzewa stają się również „atrakcyjne” dla grzybów, często swoim zasiedleniem wyprzedzających atak owadów [Jamnick 1978; Kula, Ząbecki 1998]. Według Capeckiego [1978], obserwowane zmiany w fizjologii drzew są przede wszystkim wynikiem uszkodzenia korzeni. Po uderzeniu pioruna, zwłaszcza u gatunków iglastych, redukcja witalności powoduje zwiększoną podatność drzew na infekcję opieńki [Kula, Ząbecki 1997a]. Niektórzy autorzy wiążą występowanie owadów kambio- i ksylofagicznych w drzewostanach właśnie z występowaniem opieńki pod korą szyi korzeniowej i na korzeniach drzew. Atmosferyczne wyładowania elektryczne osłabiając drzewostany, zwiększają ich podatność na infekcję opieńką [Lundquist 2000], a w konsekwencji na zasiedlenie przez szkodliwe owady [Capecki 1981, 1982; Kula, Ząbecki 1998]. W przeciwieństwie do tego stwierdzenia, inni autorzy [Anderson, Anderson 1968; Taylor 1971; Blanche, in. 1985; Capecki 1978; Hodges, Pickard 1971] sądzą, że w przypadku drzew porażonych piorunem obecność opieńki może być zjawiskiem wtórnym, poprzedzonym zasiedleniem drzew przez owady kambio- i ksylofagiczne, które przylatują w krótkim czasie po piorunowym incydencie i dodatkowo pogłębiają obniżenie kondycji tych drzew.

Literatura

- Anderson N. H., and Anderson D. B. 1968. *Ips* bark beetle attacks and brood development on a lightning-struck pine in relation to its physiological decline. Fla. Entomol. 51: 23-30.
- Berger K., Vogelsanger E. 1966. Photographische Blitzuntersuchungen der Jahre 1955-1965 auf dem Monte San Salvatore. Bull. Schweiz. Elektrotechnischer Verein, 57: 1-22
- Blanche J. D., Hodges J. D., Nebeker T. E. 1985. Changes in bark beetle susceptibility indicators in a lightning-struck loblolly pine. Can. J. For. Res. 15: 397-399.
- Bosshard H. H., Meier B. 1969. ber den Einflu von Blitzeinwirkungen auf Fichten.. Institut für Mikrotechnologische Holzforschung, ETH Zrich. 9: 476-485.

Oddziaływanie wyładowań atmosferycznych na drzewa 35

- Capecki Z. 1978. Badania nad owadami kambio- i ksylofagicznymi rozwijającymi się w górskich lasach świerkowych uszkodzonych przez wiatr i okiść. Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Warszawa. 563: 37-117.
- Capecki Z. 1982. Badania nad szkodnikami wtórnymi jodły i ich zwalczaniem. Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Warszawa. 593: 3-94.
- Coder K. D. 1996. Understanding lightning and associated tree damage and protection. The University of Georgia. str. internet. <http://www.forestry.uga.edu/docs/for96-03.html>.
- Diels J. C., Bernstein R., Stahlkopf K. E., Zhao X. M. 1997. Laserowe piorunochrony. Badania zjawisk elektrycznych w atmosferze. Świat Nauki, Warszawa. 35-37.
- Dominik J. 1974. Szkody powodowane przez czynniki natury nieożywionej oraz szkody związane z działalnością człowieka. Ochrona lasu. Skrypty Akademii Rolniczej w Warszawie. Warszawa.
- Fick A. S. 1974. Lightning. The Conservationist, Dep. of Environmental Conservation State of New York. 28, 4/2-3: 37-39.
- Forst P. 1970. Pokození stromu bleskem W: Ochrana les. Sttn Zemlsk Nakladatelstv, Praha. 117.
- Graham B. F., Bormann F. H. 1966. Natural root grafts. The Botanical Review. New York Botanical Garden. 32 (3): 255-292.
- Hauberg A. P. 1960. Lynnedslag i skov. Dansk skovforenings tidsskrift. Tillige organ for Danske Forstkandidates Forening. XLV (6): 235-246.
- Hodges J. D., Pickard L. S. 1971. Lightning in the ecology of the southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytidae). The Canadian Entomol. 103: 44-51.
- Howe V. K., Oberle A. D., Keeth T. G., Gordon W. J. 1971. The role of microorganisms in the attractiveness of lightning-struck pines to southern pine beetles. West. Ill. Univ. Bull. 3, 1. (Series in Biological Sciences 9).
- Jamnick J. 1978. Pokođenje lesnych drevin plonm bleskom. Lesnický asopis. 24 (4): 299-314.
- Johnson P. C. 1966. Attractiveness of lightning-struck ponderosa pine trees to *Dendroctonus brevicomis* (Coleoptera: Scolytidae), Ann. Entomol. Soc. Am. 59 (3): 615.
- Karaś M. 1995. Naturalne biogrupy świerkowe a problem restytucji lasu w reglu górnym Gór Izerskich. Prace IBL, Warszawa. Ser. B. 25/2: 235-250.
- Kenneth C. S. 1978. Arboriculture. Class Manual. Department of Horticultural Science University of Minnesota.
- Kielczewski B., Wiśniewski J. 1973. Wybrane zagadnienia z ochrony lasu. Skrypty Akademii Rolniczej w Poznaniu.
- Koehler W. 1985. Zarys hylopatologii. Wyd. III. PWN, Warszawa.
- Krzysik F. 1932. Ochrona lasu. Według wykładów Prof. inż. Aleksandra Kozikowskiego. Sekcja Wydawnicza Koła Studentów Inżynierji Lasowej Politechniki Lwowskiej. Lwów.
- Kula E., Ząbecki W. 1997a. Pogromiska przyczyną powstawania gniazd kornikowych w drzewostanach świerkowych. Sylwan 8: 89-97.
- Kula E., Ząbecki W. 1997b. Blesk a krovcov ohniska. Lesnick Prece. 76 (7): 254-255.
- Kula E., Ząbecki W. 1997c. Vliv socilno postaven stromu na faunu kambioxylofag smrku – Impacts of tree social position on the cambioxylophagous fauna of spruce trees. Lesnictv-Forestry. 43: 269-278.
- Kula E., Ząbecki W. 1998. Struktura kambioxylofagn kmene a vtv smrk oslabench houbovni patogeny. Zprvy lesnickho vzkumu, svazek 43 (1): 17-27.
- Loehle C., Jones R. H. 1990. Adaptive significance of root grafting in trees. Functional Ecology 4: 268-271.
- Lundquist J. E. 2000. A method of estimating direct effects of *Armillaria* root disease and other small-scale forest disturbances on canopy gap size. Forest Science 46 (3): 356-362.
- Łuczkiwicz W. A. 1924. Uszkodzenia od piorunów w lesie. Przegląd leśniczy, Poznań. 9: 145-156.
- Mikułowski M. 2002. Wpływ czynników atmosferycznych na las (8). Burze i pioruny. Głos Lasu 3: 12-13.
- Obmiński Z. 1978. Ekologia lasu. PWRiL, Warszawa.
- Orville R. 1988. More information on „When lightning strikes”. Cooperative Institute for Applied Meteorological Studies, Department of Meteorology Texas AM University. str. internet. <http://www.earthsky.com/1998/esmi980409.html>
- Palik J. B., Pederson N. 1996. Overstory mortality and canopy disturbances in longleaf pine ecosystems. Can. J. For. Res. 26: 2035-2047.
- Platt W. J., Rathbun S. L. 1995. Populations dynamics of an old-growth population of longleaf pine (*Pinus palustris*). Proceedings of the 18th Tall Timbers Fire Ecology Conference, 1992, Tallahassee, Fla. Tall Timbers Research Inc., Tallahassee.
- Rigg G. B., Harrar E. S. 1931. The root systems of trees growing in sphagnum. American Journal of Botany. 18 (6): 391-397.
- Schwerdtfeger F. 1957. Die Waldkrankheiten. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. 57.
- Szymański S. 1986. Ekologiczne podstawy hodowli lasu. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Taylor A. R. 1971. Lightning – agent of change in forest ecosystems. Journal of Forestry 69 (8):477-480.
- Włoczewski T. 1968. Ogólna hodowla lasu. Podręcznik dla studentów wydziałów leśnych WSR. PWRiL, Warszawa.
- Zajączkowski J. 1991. Odporność lasu na szkodliwe działanie wiatru i śniegu. Wydawnictwo Świat, Warszawa.

SUMMARY

The lightning influence on trees

The physiological and mechanical injuries of trees stroked by lightning are usually the cause of trees decay. Even of these trees do not come to die after lightning, the decrease in its vitality in mopre or less degree is observed. Weakened trees are abundantly attacked by cambio- and xylophagus insects as well as by fungi. Many authors suggest that lightning incident cause the changes in physilogy of trees, among other, the decrease in production of repelents or toxic substances against insects, and thereby lightning trees are more susceptible to insects attack. The weakness of trees is mainly caused by lightning damages in roots systems, because damaged roots cannot draw the sufficient quantity of water.