

WOJCIECH GRODZKI, ANTONI ZIĘBA, TOMASZ ZWIJACZ-KOZICA

Zamieranie limby w Tatrach – ocena skali zjawiska i roli owadów kambiofagicznych*

Swiss stone pine dieback in the Tatra Mts. – assessment of intensity and impact of cambiofagous insects

ABSTRACT

Grodzki W., Zięba A., Zwiacz-Kozica T. 2019. Zamieranie limby w Tatrach – ocena skali zjawiska i roli owadów kambiofagicznych. Sylwan 163 (10): 795-801. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2019060>.

The strictly protected Swiss stone pine (*Pinus cembra*) is one of the most valuable elements of Polish dendroflora, naturally distributed only in the Tatra Mts. (S Poland/N Slovakia). In 2008-2009 intense *P. cembra* dieback was recorded in Slovak part of the mountains, especially in the localities adjacent to the Norway spruce stands affected by bark beetle *Ips typographus* outbreak. The mortality of individual *P. cembra* trees was observed in 2012 also in the Polish part, next to the area of the bark beetle outbreak on spruce. In the winter 2017/2018 the survey was carried out in order to assess the intensity of *P. cembra* dieback and the impact of the bark and wood boring insects on this process. In Sucheń Wody Valley, where all *P. cembra* trees were precisely mapped in 2004-2008, health status of all previously living trees were checked again. In the summer 2018 bark samples from 50 dying or dead standing trees attacked by those insects and distributed over the whole Tatra National Park area were collected in order to define their species composition based on the gallery systems and (if possible) beetles or their fragments. Only 4 out of 439 checked trees (<1%) were recorded as dead. The bark samples were collected mostly from dead trees (88%), and in some cases from dying ones. The presence of insects belonging to 10 taxa (Curculionidae, Scolytinae – 6, Molytinae – 1; Cerambycidae – 2) was detected. Most of them is known as infesting Norway spruce. The most frequently (on the entire tree level) occurring were Cerambycids *Tetropium* sp. (56%) and *Rhagium* sp. (36%), as well as *I. typographus* (52%), contrarily to the species known as living on or preferring *P. cembra* (*I. amitinus*, *Pissodes pini*, *Polygraphus* sp.). The dieback of Swiss stone pine seems to be a slow process, in which the bark and wood boring insects (*I. typographus*, *I. amitinus*, *Tetropium* sp., *Pityogenes chalcographus*, *Polygraphus* sp.) are involved, but rather as secondary factor affecting weakened trees. However, the possible impact of the bark beetle outbreak in neighbouring spruce stands, expressed by high *I. typographus* frequency, should be also taken in consideration.

KEY WORDS

Pinus cembra, Scolytinae, Cerambycidae, high-mountain forests, nature conservation

ADDRESSES

Wojciech Grodzki ⁽¹⁾ – e-mail: W.Grodzki@ibles.waw.pl

Antoni Zięba ⁽²⁾ – e-mail: azieba@tpn.pl

Tomasz Zwiacz-Kozica ⁽²⁾ – e-mail: twijacz@tpn.pl

*Badania sfinansowano ze środków Funduszu Leśnego Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe przekazanych Tatrzańskiemu Parkowi Narodowemu w roku 2018.

⁽¹⁾ Instytut Badawczy Leśnictwa; ul. Fredry 39, 30-605 Kraków

⁽²⁾ Tatrzański Park Narodowy; ul. Kuźnice 1, 34-500 Zakopane

Wstęp

Sosna limba (*Pinus cembra* L.) jest gatunkiem prawnie chronionym i stanowi jeden z najcenniejszych elementów krajowej dendroflory. Jej naturalny zasięg w Polsce ograniczony jest wyłącznie do Tatr, gdzie tworzy reliktowe zbiorowiska borów limbowo-świerkowych z modrzewiem (sie-dlisko Natura 2000: 9420) [Holeksa, Szwagrzyk 2004; Zięba i in. 2018]. Powierzchnia borów lim-bowych zajmuje w Tatrzańskim Parku Narodowym (TPN) około 166 ha [Zięba i in. 2019].

Literatura dotycząca owadów żerujących na limbie nie jest obszerna. W bazie Web of Science za okres od 1950 do 2018 roku znajduje się 12 pozycji dotyczących obszaru Alp i poświęconych w większości gradacyjnemu występowaniu żerującej na igłach zwójki *Zeiraphera griseana* (Hb.), a także owadom uszkadzającym szyszki i nasiona. Znacznie mniej wiadomo o owadach kambiofa-gicznych. Praca Jahna i Sinreicha [1960] zawiera informacje o gatunkach związanych z drzewami uszkodzonymi przez wiatr, Hellrigl [1985] podaje dane dotyczące korników zasiedlających zamarłe gałęzie, a Haendel i Wegensteiner [2004] – kambiofagów zasiedlających wyłożone w drzewostanie gospodarczym limbowe drzewa pułapkowe. Informacje dotyczące kambiofagów limby wystę-pujących w Tatrach słowackich zamieszczone są w pracach Jamnický’ego [1960, 1988] oraz Zeliny [1969]. Publikacja Jamnický’ego [1988], omawiająca 50 gatunków owadów z limby, w tym liczne kambio- i ksylofagi, jest jak dotąd najobszerniejszym opracowaniem dotyczącym entomofauny tego gatunku w Tatrach, opartym na prowadzonych wcześniej szerokich badaniach terenowych. W piśmiennictwie polskim limba wymieniana jest w podręcznikach i atlasach jako roślina żywi-cielska szeregu gatunków kambio- i ksylofagów. W fundamentalnym opracowaniu „Korniki ziem Polski” Karpiński i Strawiński [1948] wliczają 18 gatunków związanych z limbą, informacje do-tyczące dwóch występujących na niej kambiofagów przytacza Nunberg [1947], a syntetyczne dane o „pasożytach grzybowych i owadach” znajdują się w opracowanym przez Myczkowskiego [1971] rozdziale monografii limby. Brak jednak oryginalnych prac zawierających wyniki badań nad owadami uczestniczącymi w procesie zamierania drzew tego gatunku na obszarze jego natu-ralnego rozmieszczenia w Polsce.

W latach 2008-2009 w słowackiej części Tatr, na obszarze TANAP, odnotowano zjawisko zamierania sosny limby zarówno w reglu górnym, jak i w strefie górnej granicy lasu. Zamarłe limby były wcześniej zasiedlone przez korniki, głównie *Ips amitinus* i *I. typographus*, przelatujące z objętych gradacją świerków w obszarach ochrony biernej. W zachodniej części TANAP liczbę obumarłych limb oszacowano na 300-400 osobników [Vakula i in. 2009]. Także w polskiej części Tatr, zwłaszcza na obszarze Tatr Wysokich, doszło do zamierania znacznych obszarów świerczyn rosnących w sąsiedztwie borów limbowych w wyniku gradacji zespołu kornika drukarza. Obecnie proces ten, w różnym nasileniu, obejmuje większość drzewostanów świerkowych TPN. Wczesną jesienią 2012 roku pojedyncze zamarłe limby stwierdzono np. w rejonie Sywarnego nad drogą do Morskiego Oka, jednak nie ustalono stopnia ich zasiedlenia przez owady kambiofagiczne. W kolejnych latach skala naturalnych zaburzeń w drzewostanach tatrzańskich (zwłaszcza wiatro-łomów i wiatrowałów) sprzyjała postępowi gradacji korników, wzbudzając także obawy co do kondycji populacji limby. Wobec tego uznano, że istnieje potrzeba określenia skali ilościowej i przestrzennej występowania tego zjawiska, a także zebrania szczegółowych informacji na temat składu gatunkowego owadów kambiofagicznych mogących być sprawcami lub współsprawcami zamierania limby w TPN.

Celem badań było uzyskanie odpowiedzi na następujące pytania:

1. Czy w polskiej części Tatr także mamy do czynienia ze wzmożonym zamieraniem limby, a jeżeli tak, to w jakiej skali?
2. Czy i w jakim stopniu uczestniczą w tym owady kambio- i ksylofagiczne, zwłaszcza związane ze świerkiem pospolitym?
3. Czy może to być „skutkiem ubocznym” gradacji korników na świerku w TPN?

Materiał i metody

Badania prowadzono na obszarze Tatrzańskiego Parku Narodowego. W celu określenia przyczyn zamierania limby dokonano w pierwszej fazie przeglądu drzewostanów z udziałem limby (około 166 ha) pod kątem wyszukiwania ognisk jej zamierania. Aby ocenić skalę zjawiska, w okresie zimowym 2017/2018 skontrolowano stan zdrowotny populacji limb rosnących w Dolinie Suchej Wody, szczegółowo zinwentaryzowanych i skartowanych w latach 2004-2008 [Zwijacz-Kozica i in. 2010]. Wszystkie limby, które w czasie pierwszej inwentaryzacji miały pierśnicę co najmniej 7 cm, zostały odszukane i oceniono zmianę ich stanu zdrowotnego.

Następnie wybrano 50 drzew zamierających lub zamarłych rozmieszczonych pojedynczo w różnych rejonach TPN na wysokości 1216-1672 m n.p.m. (Czuba Roztocka – 14, Żabie – 8, Dolina Sucha Kasprowa – 7, Dolina Waksmundzka – 6, Roztocka – 5, Opalone – 3, Zamki – 2, Czarny Staw – 1, Koszysta – 1, Włosienica – 1). Próbkę z dwóch drzew pobrano także na terenie byłej plantacji nasiennej limby na szkółce leśnej TPN na Rondzie Kuźnickim w Zakopanem na wysokości 930 m n.p.m., gdzie w ostatnich latach doszło do zamarcia większości drzew posadzonych tu w latach 60. XX wieku. Ze wszystkich 50 drzew (bez ich ścinania) pobierano fragmenty kory z żerowiskami owadów kambiofagicznych, aby na ich podstawie (oraz ewentualnie znalezionych w nich chrząszczy lub ich fragmentów) określić skład gatunkowy i frekwencję stwierdzonych gatunków. Próbkę, mającą różną wielkość i kształt, pobierano wyłącznie jako fragmenty kory z żerowiskami, wobec czego określenie stopnia ich zasiedlenia wyrażonego zagęszczeniem żerowisk na jednostce powierzchni było niemożliwe.

Wyniki

Podczas przeglądu odnajdowano na obszarze TPN limby, które zamarły w różnym czasie – obok starego posuszu znajdowano także drzewa w fazie zamierania, w tym również uszkodzone i złamane przez wiatr lub rażone piorunem. Nigdzie nie stwierdzono grupowego zamierania drzew. Szczegółowa inwentaryzacja przeprowadzona w Dolinie Suchej Wody wykazała, że na 439 skontrolowanych drzew tylko 4 zamarły w ostatniej dekadzie, co stanowi mniej niż 1% populacji. Spośród 50 limb, z których pobierano fragmenty kory, 44 stanowiły drzewa martwe, 3 określone jako zamierające i 3 jako osłabione. Były to osobniki w wieku oszacowanym na 80-400 lat, z wyjątkiem 2 około 40-letnich drzewek pochodzących z terenu byłej plantacji nasiennej. Z badanych limb pobrano ogółem 104 próbki kory: 49 pochodziło z dolnej części strzały, 36 ze środkowej, a 19 z części wierzchołkowej (tab.).

Na podstawie żerowisk na fragmentach kory pobranych z zamierających i zamarłych limb stwierdzono obecność chrząszczy należących do 10 taksonów: *Ips typographus* (L.), *I. amitinus* (Eichh.), *Pityogenes chalcographus* (L.), *Polygraphus* sp., *Dryocoetes autographus* (Ratz.), *Hylurgops palliatus* (Gyll.), *Trypodendron lineatum* (Ol.), *Pissodes pini* (L.), *Tetropium* sp. oraz *Rhagium* sp. Pewne oznaczenie do gatunku chrząszczy z rodzaju *Ips* było możliwe zarówno na podstawie fragmentów żerowisk odbitych w korze, jak i fragmentów chrząszczy znalezionych w chodnikach macierzystych. Natomiast oznaczenie do gatunku korników z rodzaju *Polygraphus* oraz kózkowatych z rodzajów *Tetropium* i *Rhagium* na podstawie fragmentów żerowisk nie było możliwe.

Tabela.

Liczba próbek pochodzących z różnych części strzał badanych limb, na których stwierdzono żerowiska poszczególnych taksonów owadów

Number of Swiss stone pine bark samples on which the symptoms of infestation by different taxa were found

	Dół Bottom	Środek Middle	Góra Top
<i>I. typographus</i>	15	16	12
<i>I. amitinus</i>	5	5	6
<i>P. chalcographus</i>	0	1	1
<i>D. autographus</i>	3	2	1
<i>H. palliatus</i>	6	3	1
<i>Polygraphus</i> sp.	0	1	0
<i>T. lineatum</i>	3	3	0
<i>Tetropium</i> sp.	20	9	9
<i>Rhagium</i> sp.	18	6	2
<i>P. pini</i>	1	0	0
Razem	49	36	19
In total			

Frekwencja poszczególnych taksonów obliczona w obrębie całych 50 drzew była zróżnicowana (ryc.). Najczęściej (56% drzew) stwierdzano żerowiska ścig *Tetropium* sp. oraz kornika drukarza *I. typographus* (52%), często znajdowano także żerowiska rębaczy *Rhagium* sp. (38%). Na więcej niż co piątym drzewie znaleziono żerowiska kornika drukarczyka *I. amitinus*, a nieco rzadziej polesiaka obramowanego *H. palliatus* (14%) oraz drzewożerka jednożennego *D. autographus* (8%). Żerowiska pozostałych 4 gatunków stwierdzono na mniej niż 10% drzew.

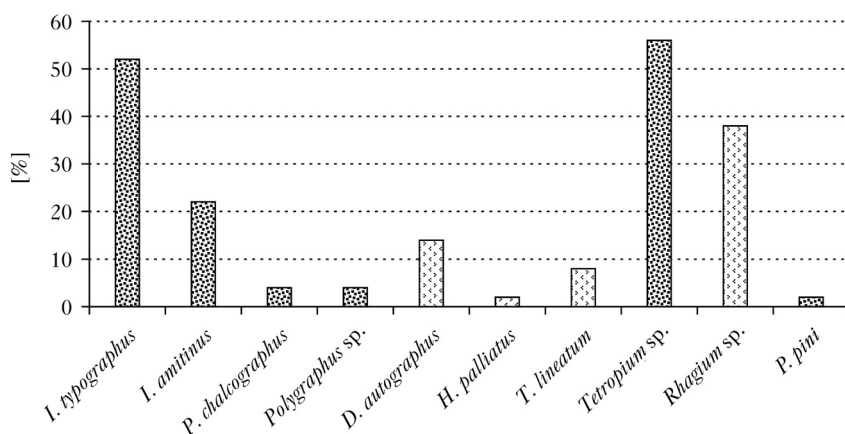
Żerowiska kornika drukarza *I. typographus* i kornika drukarczyka *I. amitinus* stwierdzane były we wszystkich partiach strzał, przy czym – ze względu na trudności techniczne – z partii górnych pochodziło znacznie mniej próbek kory (tab.). Ślady żerowania ścig *Tetropium* stwierdzano we wszystkich partiach strzał, jednak największa liczba próbek z ich żerowiskami pochodziła z dolnej partii strzały, podobnie jak jedyna próbka z żerowiskami smolika *P. pini*.

Stan zachowania i wielkość poszczególnych próbek nie pozwalały na metodyczne wykonanie pomiarów żerowisk. Nieliczne z nich, niemal w całości zachowane na analizowanych fragmentach kory, generalnie nie odbiegały parametrami (długość chodników macierzystych, liczba chodników larwalnych) od żerowisk *I. typographus* na świerku. Jednak z oceny wzrokowej wynikało, że ich zagęszczenie było dalece niższe (precyzyjne jego określenie nie było możliwe). Nie stwierdzano także otworów wylotowych kornika drukarza i drukarczyka.

Dyskusja

Wyniki inwentaryzacji limb w Dolinie Suchej Wody, a także obserwacji w innych rejonach TPN wskazują, że zjawisko zamierania limb ma w polskiej części Tatr charakter rozproszony i raczej epizodyczny, odbiegający intensywnością od niedawno opisanego ze słowackiej części Tatr [Vakula i in. 2009].

Przeprowadzone badania dotyczące owadów kambio- i ksylofagicznych zasiedlających limbę nie mają charakteru pionierskiego i stanowią kontynuację wykonanych wcześniej prac poświęconych temu zagadnieniu. Nunberg [1947] zajmował się owadami żyjącymi na limbie, koncentrując się na dwóch gatunkach: czterooczaku limbowcu *Polygraphus grandiclava* Thoms. oraz smoliku



Ryc.

Frekwencja taksonów owadów stwierdzonych na 50 badanych limbach (ciemnymi słupkami zaznaczono taksony, które mogą uczestniczyć w zamieraniu drzew)

Frequency of insect taxa detected on 50 sampled Swiss stone pines (dark bars indicate taxa that can be involved in the dieback of trees)

sosnowcu *P. pini* – zasiedlających obumierające dolne gałęzie drzew tego gatunku. Myczkowski [1971] podaje 14 gatunków owadów związanych z tym drzewem, w tym kambio- i ksylofagi. Jego praca zawiera jednak informacje zaczerpnięte ze starszych opracowań, niektóre wątpliwe – jak np. ta o występowaniu *I. cembrae* Heer, który związany jest z modrzewiem, a informacje mówiące o jego związku z limbą pochodzą z Alp sprzed wielu lat i nie zostały potwierdzone na obszarze Tatr [Nunberg 1947; Jamnický 1988], mimo stwierdzonej tu obecności tego gatunku kornika [Grodzki 2014].

Spośród stwierdzonych taksonów chrząszczy 6 to owady mogące przyczynić się do zamierania drzew, pozostałe 4 to owady związane z martwym tykiem lub drewnem (ryc.). Zagęszczenie żerowisk owadów z pierwszej grupy było jednak na tyle małe, że trudno uznać zasiedlenie przez nie drzew za wyłączną przyczynę ich zamarcia. Jednocześnie podczas przeglądu stanowisk badawczych stwierdzono obecność żywych niezasiedlonych osobników limby rosnących w otoczeniu świerków zamarłych w wyniku zasiedlenia przez owady z zespołu kornika drukarza. Brak otworów wylotowych kornika drukarza i drukarczyka wskazuje na to, że gatunki te nie były zdolne do zakończenia rozwoju nowego pokolenia na zasiedlonych drzewach. Podczas badań stwierdzano limby w różnych fazach zamierania, które u tego gatunku wydaje się mieć charakter powolny i długotrwały.

Wszystkie stwierdzone podczas niniejszych badań taksony chrząszczy były wymieniane w cytowanych wcześniejszych opracowaniach dotyczących entomofauny limby w Tatrach. Zaliczone do pierwszej grupy taksony, których przedstawiciele mogą mieć bezpośredni wpływ na zamieranie zasiedlonych drzew (*I. typographus*, *I. amitinus*, *P. chalcographus*, *Polygraphus sp.* oraz *Tetrotipium sp.*), to owady związane w pierwszym rzędzie ze świerkiem pospolitym. Występowanie tych taksonów na limbach (zwłaszcza gatunków tworzących zespół kornika drukarza [Grodzki i in. 2008]) mogło mieć związek z przebiegającą w ich otoczeniu gradacją kambiofagów świerka, które, będąc oligofagami, zdolne są także do zasiedlania innych gatunków drzew, w tym limby. Koresponduje z tym stosunkowo wysoka frekwencja ścigi, najprawdopodobniej notowanej z limby *Tetrotipium castaneum* (L.) [Jamnický 1988], także znanej jako gatunek związany głównie ze świerkiem pospolitym. Jamnický [1988] podczas badań prowadzonych w Tatrach Słowackich

odnotował tylko jeden przypadek stwierdzenia *I. typographus* na 44-letniej limbie rosnącej w parku w Tatrzańkiej Łomnicy, natomiast Myczkowski [1971] pisze: „dwa gatunki kornika (...) szkodniki fizjologiczne (...) atakujące żywe i zdrowe drzewa, a kornik drukarz (*Ips typographus* L.) i kornik drukarczyk (*Ips amitinus* Eichh.), niejednokrotnie pustoszą świerczyny górskie w bezpośrednim sąsiedztwie limby. (...) oba te korniki jak również (...) *Pityogenes chalcographus* L. opadały wprawdzie zdrowe limby w »zakorniczonych« świerczynach, jednakże nigdy w takim rozmiarze, żeby zabiły drzewo”. Warto jednakże zwrócić uwagę, że *I. amitinus* (który prawdopodobnie był mylnie oznaczany jako *I. cembrae*) często wymieniany był jako gatunek silnie związany z limbą w Alpach [Jahn, Sinreich 1960; Haendel, Wegensteiner 2004]. Jedyny gatunek wyraźnie związany z sosnami, w tym limbą – *P. pini* – stwierdzony został sporadycznie, natomiast spodziewany *Polygraphus grandiclavus* Thoms. [Nunberg 1947] nie został znaleziony z pewnością, choć jego występowanie jest prawdopodobne ze względu na brak możliwości oznaczenia gatunku z rodzaju *Polygraphus* na podstawie żerowisk oraz znalezionych w chodniku fragmentów jednego chrząszcza. Niskie zagęszczenie żerowisk oraz powolny charakter zamierania drzew zasiedlonych wskazują na to, że limby te najprawdopodobniej poddane były wcześniej działaniu innych czynników powodujących ich znaczne osłabienie, a zasiedlające je owady mogły stanowić jedynie czynnik przyczyniający się do ich zamierania. W procesie tym mogą bowiem dodatkowo uczestniczyć grzyby patogeniczne – kwestia ta wymagałaby dodatkowego wyjaśnienia. Biorąc jednak pod uwagę strefę wysokości, w jakiej występowała zdecydowana większość badanych limb (od ponad 1200 do niemal 1700 m n.p.m.), trudno doszukiwać się analogii np. do świerka, w przypadku którego patogeny korzeni stanowią istotny czynnik uczestniczący (obok owadów) w procesie zamierania drzew, ale w niższych położeniach górskich, co najwyżej do wysokości około 1000-1100 m n.p.m. [Lech, Żółciak 2006].

Występowanie gatunków związanych ze świerkiem na badanych limbach może być pochodną gradacyjnego występowania owadów z zespołu kornika drukarza na sąsiednich świerkach, co jednak nie wskazuje na bezpośredni ich wpływ na dynamikę tego procesu [Myczkowski 1971], jak to miało miejsce po stronie słowackiej [Vakula i in. 2009]. Wiadomo wprawdzie, że przynajmniej niektóre spośród stwierdzonych na badanych limbach gatunków owadów mogą żerować na obu gatunkach drzew, czyli także na świerku pospolitym [Karpiński, Strawiński 1948], jednak ich rola (zwłaszcza gatunków z pierwszej grupy) w procesie zamierania limby wydaje się być odmienna, z uwagi na sam przebieg tego procesu. Potwierdzenie jego powolnego przebiegu stanowi także stwierdzana równocześnie obecność należących do grupy drugiej owadów, związanych z drzewami w końcowych fazach zamierania lub wręcz martwymi, o znacznym stopniu uwilgotnienia i/lub fermentującym lyku. Możliwe jest, że zamieranie przynajmniej części z nich związane było z ich zaawansowanego wiekiem lub było wynikiem działania czynników natury nieożywionej, np. wyładowań atmosferycznych. Należy jednak stwierdzić, że skala i tempo zamierania limby nie są duże, a proces ma głównie charakter naturalny, będąc częścią przemian zachodzących spontanicznie w ekosystemach tatrzańskich borów limbowych. Jest ono też wyraźnie niższe od tempa naturalnego odnowienia [Zwijacz-Kozica, Żywiec 2007].

Wnioski

- ✚ Zamieranie limby w polskiej części Tatr ma charakter indywidualny i incydentalny, przez co nie stanowi zagrożenia dla liczebności jej populacji.
- ✚ Spośród stwierdzonych na podstawie żerowisk 10 taksonów kambio- i ksylofagów pewne znaczenie w procesie powolnego zamierania drzew mogą mieć: *Ips typographus*, *I. amitinus*, *Pityogenes chalcographus*, *Polygraphus* sp., *Tetropium* sp. i *Pissodes pini*. Występowanie pozostałych gatunków ma charakter wtórny.

- ✦ Stwierdzenie na badanych limbach zespołu kambiofagów typowego dla świerka wskazuje, że możliwy jest współdziałanie tych owadów w zamieraniu limb spowodowany ich wysoką liczebnością w drzewostanach objętych gradacją na świerku, jednak rola tych owadów w zamieraniu drzew nie jest decydująca, jak to ma miejsce w przypadku świerka.
- ✦ Brak lub bardzo niski udział gatunków typowych dla limby (np. *Polygraphus grandiclava*, *Pissodes pini*) także może wskazywać na pewien, choć bardzo ograniczony, wpływ gradacji kambiofagów świerka na występującą w Tatrach limbę.
- ✦ Badania entomofauny na limbie są trudne ze względu na status ochronny i rozmieszczenie gatunku. Z tego względu wyniki często są przybliżone i należy je traktować jako orientacyjne.

Podziękowania

Autorzy pragną złożyć podziękowania panu Kamilowi Klusiowi za zbiór próbek kory limby.

Literatura

- Grodzki W. 2014. Określenie zasięgu występowania korników: zrozłożonego *Ips duplicatus* (C.R.Sahlb.) i modrzewiowca *Ips cembrae* (Heer) w drzewostanach Tatrzańskie Parku Narodowego: wyniki badań z roku 2014. Maszynopis. Tatrzański Park Narodowy.
- Grodzki W., Kosibowicz M., Mączka T. 2008. Skuteczność wystawiania pułapek feromonowych na kornika drukarza *Ips typographus* (L.) w sąsiedztwie wiatrowałów i wiatrołomów. Leś. Pr. Bad. 69 (4): 365-370.
- Haendel U., Wegensteiner R. 2004. Rindenbruetende Borkenkaefer (Coleoptera, Scolytidae) und andere Arthropodain Fangbaueimen aus einem Zirbenbestand (*Pinus cembra* L.) in den Osttiroler Alpen. Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft fuer Allgemeine und Angewandte Entomologie 14 (1-6): 283-286.
- Hellrigl K. 1985. Über Borkenkaefer (Col., Scolytidae) in Zweigen der Zirbe (*Pinus cembra*) in Südtirol. Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz 58 (6): 108-110.
- Holeksa J., Szwagrzyk J. 2004. Górskie bory świerkowe z limbą i modrzewiem. W: Herbich J. [red.]. Poradnik ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000. Lasy i bory. Ministerstwo Środowiska, Warszawa. 312-316.
- Jahn E., Sinreich A. 1960. Befallsfolgen von Gliederfüßlern in absterbenden Zirben (*Pinus cembra* L.). Anzeiger für Schädlingskunde 33 (2): 17-20.
- Jamnický J. 1960. Kôrovce (Scolytidae) žijúci na borovici limbe (*Pinus cembra* L.). Biológia (Bratislava) 15 (11): 820-831.
- Jamnický J. 1988. Hmyz (Insecta) žijúci na borovici limbe (*Pinus cembra* L.). Zborník prác o Tatranskom narodnom parku 28: 5-54.
- Karpiński J., Strawiński K. 1948. Korniki ziem Polski. Annales Universitatis Mariae Curie Skłodowska 4 C.
- Lech P., Zółciak A. 2006. Uwarunkowania występowania opieńkowej zgnilizny korzeni w lasach Beskidu Żywieckiego. Leś. Pr. Bad. 2: 33-49.
- Myczkowski S. 1971. Pasożyty grzybowe i owadzie. W: Białobok S. [red.]. Limba *Pinus cembra* L. PWN, Poznań.
- Nunberg M. 1947. Z biologii niektórych szkodników limby (*Pinus cembra* L.). Sylwan 91 (1-4): 99-108.
- Vakula J., Gubka A., Galko J., Kunca A., Nikolov C. 2009. Lykožrút smrekový (*Ips typographus* L.) najobávnejší škodlivý činiteľ súčasnosti. Národné lesnícke centrum, Zvolen.
- Zelina V. 1969. Kôrovce (Scolytidae) žijúce na borovici limbe (*Pinus cembra* L.) vo Vysokých Tatrách. Sborník prác o Tatranskom národnom parku 11: 273-295.
- Zięba A., Róžański W., Szwagrzyk J. 2018. Syntaxonomy of relic Swiss stone pine (*Pinus cembra*) forests in the Tatra Mountains. Tuexenia 38: 155-176. DOI: <https://doi.org/10.14471/2018.38.004>.
- Zięba A., Róžański W., Bukowski M., Ciesielska B., Szwagrzyk J. 2019. Distribution and habitat conditions of *Pinus cembra* forests in the Tatra Mountains. Dendrobiology 81: 86-96. DOI: <https://doi.org/10.12657/denbio.081.010>.
- Zwijacz-Kozica T., Żywiec M. 2007. Fifty-year changes in a strictly protected stone pine population in the Tatra National Park. Nature Conservation 64: 73-82.
- Zwijacz-Kozica T., Żywiec M., Zwijacz-Kozica M. 2010. Występowanie limby i modrzewia europejskiego w Dolinie Suchej Wody na tle warunków środowiska. Nauka a zarządzanie obszarem Tatr i ich otoczeniem. Tom II: 25-30.