

Skład gatunkowy, wzniesienie nad poziomem morza i kategoria ochrony jako czynniki wpływające na intensywność zgrzyzania odnowień w Tatrzańskim Parku Narodowym

Species composition, elevation, and former management type affect browsing pressure on forest regeneration in the Tatra National Park

Jan Bodziarczyk¹, Tomasz Zwijacz-Kozica², Anna Gazda¹, Janusz Szewczyk¹,
Magdalena Frączek¹, Antoni Zięba², Jerzy Szwagrzyk¹

¹Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja, Wydział Leśny, Instytut Ekologii i Hodowli Lasu, Zakład Bioróżnorodności Leśnej, al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków; ²Tatrzański Park Narodowy, Kuźnice 1, 34-500 Zakopane

Tel. +48126625120, e-mail: rlbodzia@cyf-kr.edu.pl

Abstract. Effects of ungulate pressure on the development of young generation of trees is one of the most important issues in ecology and forestry. Ungulate pressure influence on the development of natural regeneration has been also reported from several national parks. Our study on the effects of ungulate browsing on the young generation of trees was conducted on more than 500 sample plots controlled during one growing season.

The overall browsing pressure ranged from 7.6% in seedlings to 20.3% in low saplings. The pressure of ungulates on the regeneration of *Picea abies*, the dominant species in the Tatra National Park, was by and large below 1%. Broadleaved species were browsed more frequently. The relationship between the plot altitudes and browsing intensity was statistically significant for seedlings and low saplings; at the higher altitudes, the browsing pressure was greater. There was also observed a statistically significant relationship between the type of former management and the browsing degree in seedlings; in the areas subjected to “landscape protection”, the intensity of browsing was higher when compared to strictly protected areas. Pressure exerted by ungulates on tree regeneration was very unevenly distributed, i.e. some plots were heavily browsed and many others - not browsed at all. The most affected tree species were *Salix caprea* and *Sorbus aucuparia*, although the percentage of browsed individuals rarely exceeded 50%. Other species favored by ungulates was *Acer pseudoplatanus*; despite the high browsing pressure, this species was present among seedlings and tall saplings, suggesting that it would be able to recruit to the tree layer. *Abies alba* was browsed less frequently than the deciduous trees; however, among the tall saplings it was the third most browsed species.

Keywords: natural regeneration, montane forests, permanent sampling plots, ungulates, Western Carpathians

1. Wstęp

Zwierzęta kopytne wywierają ogromny wpływ na dynamikę lasu, przede wszystkim poprzez zgrzyzanie pędów młodych osobników drzew, co prowadzi do zmniejszenia tempa wzrostu, zamierania bardziej uszkodzonych osobników oraz zmian składu gatunkowego odnowień na rzecz gatunków mniej intensywnie zgrzyzanych (Frelich, Lorimer 1985; Kujiper et al. 2010; White 2012). Liczebność populacji zwierząt kopytnych w lasach strefy umiarkowanej od dłuższego czasu systematycznie zwiększa się, od Ameryki Północnej (Horsley et al. 2003) przez Europę (Milner et al. 2006) po Japonię (Takatsuki 2009). Większość zwierząt kopytnych zamieszkujących te lasy żywi się w znacznej mierze żerem

pędowym. Na wielu obszarach leśnych pędy młodych drzew stanowią jedyny dostępny żer. Zgrzyzanie odnowień stało się zatem poważnym problemem dla leśnictwa (Ammer 1996; Reimoser, Gossow 1996; White 2012).

Liczebność zwierząt kopytnych zwiększa się również w lasach Polski. Od połowy ubiegłego stulecia populacja jelenia wzrosła z 30 tys. do ponad 200 tys. osobników. Natomiast liczebność sarny wynosi ok. 860 tys. osobników i od początku XXI w. przyrosła o ok. 270 tys. (Górecki et al. 2016). W niektórych rejonach problem ten występuje już od wielu dziesięcioleci, jednak ostatnio rozszerzył się on także na tereny, na których jeszcze kilkanaście lat temu zwierząt kopytnych było niewiele. Rezultatem jest zwiększenie stopnia uszkodzeń drzew w lasach, głównie w wyniku zgrzy-

Wpłynęło: 13.04.2017 r., recenzowano: 21.07.2017 r., zaakceptowano: 31.08.2017 r.

zania. W lasach gospodarczych uszkodzenia od zwierząt kopytnych powodują uproszczenie ich składu gatunkowego i obniżenie jakości pozyskiwanego surowca drzewnego. Powszechną reakcją na presję roślinożerców stało się grodzenie upraw leśnych. Chronione grodzeniem są nawet duże powierzchnie odnowień naturalnych (Łukaszewicz et al. 2017).

Problem wzrostu presji jeleniowatych na odnowienia dotyczy także parków narodowych (Jamroz, Brewczyński 1998; Skrzydłowski 2009; Miścicki, Żurek 2015), szczególnie tych, w których prowadzi się przebudowę drzewostanów. W efekcie redukcja liczebności populacji jest stosowana także w większości parków narodowych. Przykładowo w 2015 roku odstrzał zwierząt kopytnych realizowano w 19 spośród 23 parków narodowych, a odstrzelono łącznie 9 łosi, 336 jeleni, 117 saren oraz 1899 dzików (GUS 2016). Informacje dotyczące presji zwierząt kopytnych na odnowienia drzew są jednak niewystarczające. Zbierane są one przy użyciu różnych metod, a w znacznej mierze polegają na subiektywnym szacowaniu. Szanse na zobiektywizowanie danych dotyczących wpływu zwierząt kopytnych na odnowienia drzew stanowią stałe powierzchnie monitoringowe (Miścicki, Żurek 2015). Są one zakładane w parkach narodowych od lat 70. XX wieku (Dziewolski 1972) i pozwalają na powtarzanie pomiarów w tych samych miejscach przy zastosowaniu tych samych metod, co stwarza możliwość obiektywnej oceny presji zwierząt kopytnych na odnowienia oraz zmian tego zjawiska w czasie.

W pierwszych latach istnienia Tatrzańskiego Parku Narodowego (TPN) presja dzikich zwierząt kopytnych na odnowienia nie była tak znacząca jak presja owiec i bydła wypasanego w Tatrach. Fabijanowski (1962) za główną trudność w przebudowie drzewostanów i zalesieniach uważał serwituty, którymi obciążona była znaczna część powierzchni lasów TPN, natomiast o negatywnym wpływie zwierzyny na odnowienia w ogóle nie wspominał. Pierwsze informacje o grodzeniu upraw dostępne w archiwach TPN pochodzą z 1967 roku, a o ich zabezpieczeniu przed zwierzyną z 1972 roku. Rzeczywisty poziom presji jeleniowatych na odnowienia, tak sztuczne, jak i naturalne, nie był nigdy w TPN przedmiotem dokładniejszych badań, a ograniczał się tylko do wybranych fragmentów Tatr Wysokich (Bragiel 1976). Dopiero niedawno pojawiły się na ten temat pierwsze prace (Skrzydłowski 2009; Stopka, Skrzydłowski 2014).

Celem pracy była analiza poziomu zgryzania odnowień przez zwierzęta kopytne w zachodniej części Tatrzańskiego Parku Narodowego, w zależności od gatunku drzewa, wzniesienia nad poziomem morza oraz typu ochrony obszarowej. Dzięki decyzji władz Parku o założeniu regularnej sieci stałych powierzchni badawczych można było, na podstawie dużej próby, zebranej w krótkim czasie, w sposób metodycznie jednolity obiektywnie przedstawić obraz przestrzennej zmienności zgryzania odnowień na dużym obszarze. Sieć taka została założona w TPN po raz pierwszy i służyć ma do wieloaspektowych badań.

2. Materiał i metody

2.1. Teren badań

Badaniami objęto lasy i zarośla kosodrzewiny w zachodniej części TPN. Obszar ten od zachodu przylega do granicy polsko-słowackiej (ponad Doliną Chochołowską), od południa do górnej granicy zwartych łańców kosodrzewiny (max. wys. 1773 m n.p.m.) aż do rejonu Przełęczy Liliowe i stamtąd w dół potokiem Sucha Woda, aż do Murzasichla, a następnie do północnej granicy TPN (min. wys. 816 m n.p.m.).

Północna i centralna część tego obszaru zbudowana jest ze skał osadowych, głównie wapieni i dolomitów, na których wytworzyły się różne warianty rędzin. Południową część stanowi tzw. trzon krystaliczny Tatr, zbudowany z gnejsów, granodiorytów i granitów, który pokryty jest bielicami, a w wyższych partiach również różnymi wariantami rankerów (Passendorfer 1996; Piotrowska et al. 2015; Skiba et al. 2015). Granicę pomiędzy tymi dwoma jednostkami tektonicznymi stanowi ciągnący się z zachodu na wschód pas piaskowców kwarcowych, łupków i zlepieńców (Piotrowska et al. 2015). Ponadto dna dolin na znacznej powierzchni przykryte są utworami morenowymi, które na wschodnim krańcu obszaru badań sięgają niemal do wylotów dolin, pokrywając tamtejsze skały osadowe warstwą głazów granitowych i gleb bielicowych (Piotrowska et al. 2015; Skiba et al. 2015).

Najniżej położone obszary TPN, znajdujące się w strefie regla dolnego, charakteryzują się klimatem umiarkowanie chłodnym (śr. temp. roczna +5°C, śr. suma opadów – ok. 1100 mm). Od wysokości ok. 1250 m n.p.m. rozciąga się regiel górny, o klimacie chłodnym (śr. temp. roczna +3°C, śr. suma opadów – ok. 1400 mm), a powyżej 1550 m n.p.m., do górnej granicy obszaru badań, rozciąga się piętro kosodrzewiny o klimacie bardzo chłodnym (śr. roczna temp. +1°C, śr. suma opadów – ok. 1700 mm) (Hess 1996; Ustrnul et al. 2015; Żmudzka et al. 2015). Obszary najniżej położone zajmuje w dużej mierze żyzna buczyna karpacka *Dentario glandulosae-Fagetum*, na znacznych obszarach przekształcona w sztuczne drzewostany świerkowe. Na nieco uboższych siedliskach wykształciły się jedliny *Galio-Abietetum*. Ponadto na eksponowanych do słońca skałkach wapiennych można spotkać reliktove laski sosnowe *Vario-Pinetum* i fragmenty ciepłolubnych buczyn w podzespole jodłowym *Carici albae-Fagetum abietetosum*, a u wylotu dolin, wzdłuż potoków – olszynkę karpacką *Alnetum incanae*. Z kolei na wilgotniejszych, stromych stokach zachowały się fragmenty jaworzyn *Sorbo-Aceretum s.l.* (Piękoś-Mirkowa, Mirek 1996). Na wschodnich krańcach badanego obszaru wykształciły się skrajnie rzadkie w polskich Karpatach zbiorowiska namorenowych świerczyn dolnoregłowych *Abieti-Piceetum montanum* i bagiennej świerczyny górskiej *Sphagno-Piceetum* (Mirek et al. 2013).

Strefa regla górnego stanowi domenę borów świerkowych. Dominującym zespołem leśnym jest zachodniokarpacki górnoregłowy bór świerkowy *Plagiothecio-Piceetum*, a na wyższych fragmentach, zbudowanych ze skał wapiennych, wykształciła się nawapienna świerczyna górnoregłowa *Poly-*

sticho-Piceetum (Piękoś-Mirkowa, Mirek 1996; Mirek et al. 2013). Tereny położone powyżej górnej granicy lasu pokrywają zarośla kosodrzewiny – ubogie *Pinetum mughi carpaticum silicicolum* oraz bogatsze florystycznie *P.m.c. calcicolum* (Piękoś-Mirkowa, Mirek 1996; Mirek et al. 2013).

2.2. Metody zbierania danych w terenie

Badaniami objęto 509 stałych powierzchni próbnych założonych w więźbie 500×500 m w układzie nawiązującym do państwowego układu współrzędnych. Zakres zmienności stałych powierzchni próbnych w gradiencie wysokościowym wahał się od 816 m do 2062 m n.p.m. Rozmieszczenie powierzchni badawczych na tle rodzajów ochrony obszarowej przedstawiono na rycinie 5. W celu określenia zagęszczenia odnowienia na każdej powierzchni badawczej pomierzono 30 osobników najbliższych środka, jednak w odległości nieprzekraczającej promienia 12,62 m, wyznaczającego granice powierzchni badawczej, na której prowadzono jednocześnie badania nad strukturą drzewostanów. Pomierzono wysokość odnowienia, jego odległość od środka powierzchni, azymut oraz określono jego gatunek. Odnowienie przypisano do trzech kategorii: nalot ($h \leq 0,5$ m), podrost niski ($0,5 < h \leq 1,3$ m) i podrost wysoki ($h > 1,3$ m i $DBH < 7$ cm). Każdy pomierzony osobnik z próby został poddany szczegółowym oględzinom pod kątem występowania uszkodzeń od zgrzyzania przez zwierzęta kopytne.

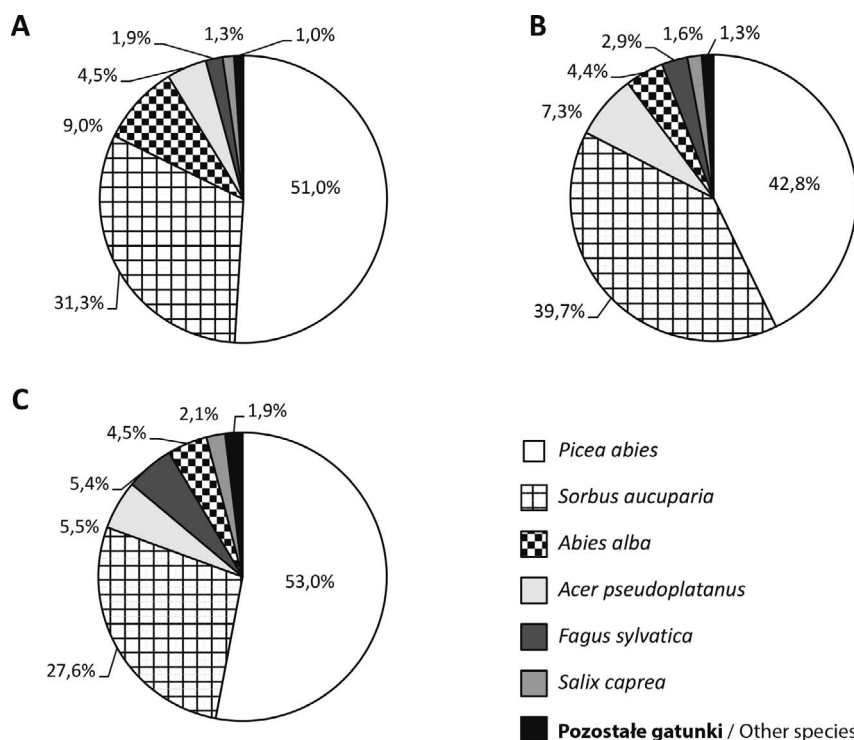
2.3. Metody statystycznej analizy danych

W celu analizy związku między poziomem zgrzyzania a wzniesieniem nad poziomem morza podzielono cały ob-

szar badań na przedziały wysokościowe: do 1000, od 1001 do 1200, od 1201 do 1400, od 1401 do 1600 i powyżej 1600 m n.p.m. Analizy danych prowadzono określając częstość zgrzyzania odnowień danego gatunku i danej kategorii wielkości (naloty, podrosty niskie i podrosty wysokie) w odniesieniu do liczby osobników odnotowanych na badanym terenie. Część analiz przeprowadzono na poziomie powierzchni próbnych, czyli obliczono te wielkości jako cechy powierzchni. Dlatego też w wynikach zaprezentowano dwa typy oszacowania intensywności zgrzyzania, które niekiedy dość wyraźnie różnią się między sobą; pierwszy oparty na liczbie zgrzyzionych osobników w stosunku do ogólnej ich liczby, drugi – na frekwencji powierzchni próbnych, na których dany gatunek był zgrzyzany. W obu przypadkach były to dane o charakterze ilościowym, oparte na udziałach procentowych lub na frekwencji powierzchni. Analizy statystyczne rozpoczęto od sprawdzenia, przy zastosowaniu testu Kołmogorowa-Smirnowa z poprawką Lillieforsa, czy wyniki pomiarów danej cechy dla poszczególnych gatunków charakteryzowały rozkłady normalne. W rezultacie wszystkie kolejne hipotezy testowano, stosując metody nieparametryczne: test Spearmana oraz test Kruskala-Wallisa. Wszystkie analizy wykonano w programie STATISTICA ver. 12 (StatSoft 2016).

3. Wyniki

Występowanie nalotów gatunków drzewiastych stwierdzono na 433 powierzchniach próbnych (łącznie 10 867 osobników), podczas gdy podrosty niskie (8313 osobników) i wysokie (7353 osobniki) odnotowano odpowiednio na 409 i 348 powierzch-



Rycina 1. Skład gatunkowy odnowienia na stałych powierzchniach badawczych
Figure 1. Species composition of regeneration in permanent sample plots

Objaśnienia / Explanations:

A – nalot / seedlings,

B – podrost niski / low saplings,

C – podrost wysoki / tall saplings

niach. W odnowieniu wystąpiły łącznie 22 gatunki drzewiaste, w tym 15 gatunków w warstwie nalotów, 17 gatunków w warstwie niskich podrostów i 18 gatunków – w warstwie wysokich podrostów. Skład gatunkowy odnowienia w poszczególnych klasach wysokości przedstawia rycina 1. Najliczniej występujące gatunki były takie same w każdej z trzech analizowanych klas wysokości odnowienia.

Średni poziom zgryzania wahał się od 7,6% dla nalotów do 20,3% dla niskich podrostów. Podrosty wysokie były zgryzane w 10,4%. Wystąpiły duże różnice między gatunkami. Praktycznie nie były zgryzane odnowienia świerkowe: tylko w przypadku niskich podrostów, czyli kategorii najbardziej narażonej na zgryzanie, jego poziom wyniósł 1%, w pozostałych kategoriach były to ułamki procenta. Bardzo rzadko zgryzonym gatunkiem był też buk – poziom jego zgryzania wyniósł od 1,9% w przypadku nalotów do 4,1% w przypadku niskich podrostów. Najbardziej zgryzonym gatunkiem była iwa *Salix caprea*, która miała najwyższy procent zgryzień wśród nalotów (27,1%) i wśród wysokich podrostów (26,6%), a wśród niskich podrostów była na trzecim miejscu (33,6% zgryzanych). Drugim najbardziej zgryzonym gatunkiem był jarząb pospolity *Sorbus aucuparia*, który miał najwyższy procent zgryzień w kategorii niskich podrostów (38,5%), a wśród nalotów (18,3%) i wysokich podrostów (25,1%) był na trzecim miejscu. Kolejne miejsca w rankingu intensywności zgryzania zajęły pospołu jawor i jesion. Pierwszy z nich był stosunkowo silnie zgryzany w warstwie niskich podrostów (35,5%), a drugi wśród nalotów (10%). Udział jesionu wśród odnowień w zachodniej części TPN był jednak mało znaczący, dlatego w analizach statystycznych i na rycinach gatunek ten nie został ujęty. Dopiero na piątym miejscu znalazła się jodła. W przypadku tego gatunku na uwagę zasługuje stosunkowo wysoki poziom zgryzania wśród wysokich podrostów (25,9%). Natomiast poziom zgryzania jodły w nalotach (7,8%) był tylko nieznacznie wyższy od średniej dla wszystkich gatunków.

Pod względem frekwencji powierzchni monitoringowych, na których naloty danego gatunku były zgryzane, na pierwszym miejscu znalazła się jarzębina (prawie 18%) przed iwą (17%), jaworem (12%), jodłą (6%) i bukiem (3%). Analiza przy pomocy testu Kruskala-Wallisa wykazała, że różnica we frekwencji zgryzania na powierzchniach monitoringowych między jarzębiną z jednej, a bukiem i jodłą z drugiej strony, była statystycznie istotna ($H=30,00$; $p<0,001$). Natomiast nie stwierdzono istotnych różnic między jarzębiną a jaworem i iwą, podobnie jak między bukiem i jodłą.

W grupie podrostów niskich największy procent powierzchni ze zgryzanymi osobnikami stwierdzono u jaworu (41%), przed jarzębiną (38%) i iwą (26%). W przypadku jodły procent powierzchni monitoringowych ze zgryzanymi podrostami niskimi osiągnął 24%, a w przypadku buka 6%. Test Kruskala-Wallisa wykazał, że różnice między bukiem z jednej, a jarzębiną, jaworem i jodłą z drugiej strony, były statystycznie istotne ($H=44,69$; $p<0,001$). Różnica między bukiem a iwą nie okazała się istotna statystycznie ze względu na mniej liczną próbę powierzchni, na których wystąpiła iwa.

Na podstawie procentu zgryzionych osobników stwierdzono, że wśród wysokich podrostów najczęściej zgryzanym gatunkiem była jarzębina (25%), przed jaworem (22%) i jodłą (20%). Iwa była na czwartym miejscu (13%), a na piątym buk (4%). Według testu Kruskala-Wallisa różnice między bukiem a jarzębiną, jaworem i jodłą były statystycznie istotne ($H=34,12$; $p<0,001$), natomiast różnica między bukiem i iwą, podobnie jak wszystkie pozostałe niewymienione powyżej różnice nie okazały się istotne.

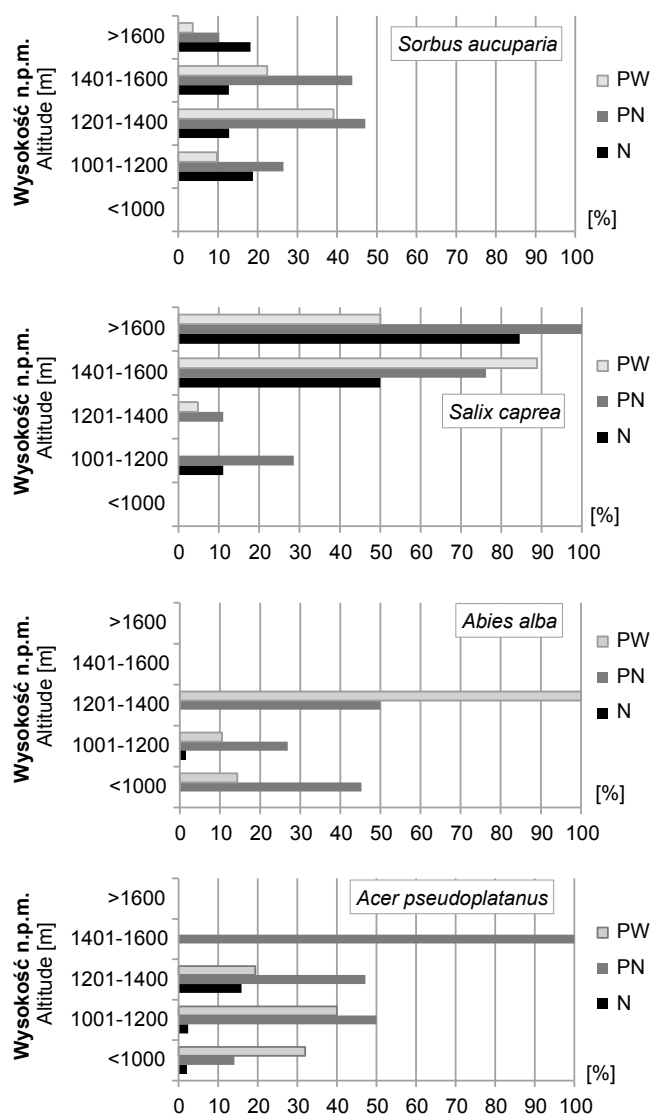
Na podstawie otrzymanych wyników odrzucono hipotezę o zgodności rozkładu empirycznego z teoretycznym rozkładem normalnym, dlatego stosowano testy nieparametryczne. Ze względu na otrzymane wartości p poniżej 0,05 odrzucono hipotezy o równości wszystkich median. Test mediany wykazał, że procent zgryzania był powiązany w sposób statystycznie istotny z przedziałem wysokości nad poziomem morza w przypadku nalotów (Chi-kwadrat=29,5; $p<0,001$) oraz podrostów niskich (Chi-kwadrat=24,3; $p=0,0001$); w obu przypadkach częściej były zgryzane osobniki rosnące w wyższych położeniach. Natomiast w przypadku podrostów wysokich nie było istotnego związku między częstością zgryzania a przedziałem wzniesienia n.p.m. (Chi-kwadrat=4,7; $p=0,3232$).

Analizowany przy pomocy testu Chi-kwadrat związek między procentem zgryzania a rodzajem ochrony okazał się statystycznie istotny jedynie w przypadku nalotów (Chi-kwadrat=13,7; $p=0,001$). Analiza wykonana przy zastosowaniu testu Kruskala-Wallisa wykazała istotne różnice między ochroną krajobrazową a ochroną ścisłą ($H=12,5$; $p=0,002$). Pozostałe różnice między typami ochrony nie były statystycznie istotne.

W ochronie ścisłej do wysokości 1000 m n.p.m. zgryzanie nalotów było sporadyczne. W pasie wysokości od 1001 do 1200 m zgryzanie nalotów wynosiło nieco ponad 5%, a najsilniej zgryzanymi gatunkami były: jarząb pospolity (19%) oraz iwa (11%). W przedziale od 1201 do 1400 m poziom zgryzania nalotów był podobny, ale najsilniej zgryzanym gatunkiem był jawor (16%) przed jarzębiną (13%). Od 1401 do 1600 m n.p.m. średni poziom zgryzania nalotów wyniósł 7%, a najsilniej zgryzanym gatunkiem był jarząb (13%). Powyżej 1600 m zgryzanie nalotów było nieco bardziej intensywne (13%), najsilniej zgryzana była iwa (85%) przed jarzębem (18%). Jodła pospolita, która najliczniej wystąpiła spośród wszystkich nalotów w pasie do 1000 m n.p.m., w ogóle nie była zgryzana, a między 1001 a 1200 m zgryzionych zostało zaledwie nieco ponad 1% osobników (ryc. 2).

Na obszarze objętym ochroną czynną zgryzanie nalotów na powierzchniach położonych do 1000 m n.p.m. było znikome (2%), a jedynym silnie zgryzanym gatunkiem był jesion wyniosły (30%).

W przedziale wysokości od 1001 do 1200 m średni poziom zgryzania wyniósł niecałe 7%, a spośród gatunków licznie występujących w warstwie nalotów zgryzany był przede wszystkim jawor – 23% i jarząb – 11%. W pasie wysokości między 1200 a 1400 m zgryzanie nalotów osiągnęło poziom niemal 24%, a najsilniej zgryzane były: iwa (73%), jawor (44%) i jarzębina (40%).



Rycina 2. Intensywność zgryzania odnowień w wyróżnionych strefach wysokości n.p.m. w obszarach ochrony ścisłej

Figure 2. Intensity of browsing of natural regeneration in different elevation bands in the strictly protected area

Objaśnienia / Explanations: N – **nalot** / seedlings, PN – **podrost niski** / low saplings, PW – **podrost wysoki** / tall saplings

Zgryzanie jodły, która wystąpiła na trzecim miejscu pod względem liczności, było nieco większe niż na obszarach podlegających ochronie ścisłej (ryc. 3). Na terenach ochrony krajobrazowej poziom zgryzania nalotów wzrastał wraz z wysokością, od 6% poniżej 1000 m n.p.m. do niemal 12% w przedziale wysokości 1201–1400 m, po czym gwałtownie spadał do 1,5% między 1401 a 1600 m i do zera powyżej 1600 m n.p.m. W najniższej strefie (do 1000 m) zgryzane były tylko jodła (27%) i jawor (6%). Zupełnie inaczej przedstawiała się presja kopytnych w następnej strefie wysokościowej, między 1001 a 1200 m (ryc. 4), gdzie najbardziej zgryzaniem gatunkiem był jarząb pospolity (28%),

przed jodłą (11%) i jaworem (3%). W najsilniej zgryzanej strefie wysokości, tj. w zakresie 1201–1400 m, kolejność była podobna (ryc. 3).

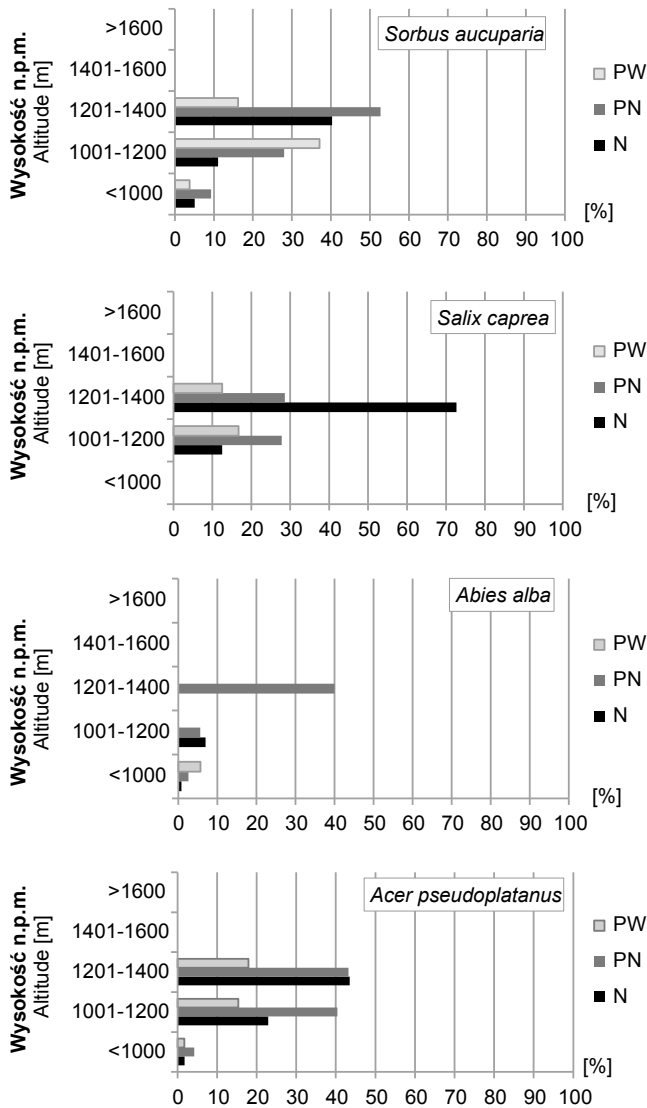
W strefie ochrony ścisłej zgryzanie podrostów niskich, podobnie jak nalotów, wzrastało wraz z wysokością: od 18% poniżej 1000 m, poprzez 19,5% między 1001 a 1200 m, po 26% w przedziałach wysokości 1201–1400 m i 1401–1600 m n.p.m. Gwałtowny spadek intensywności zgryzania podrostów niskich do niecałych 6% wystąpił dopiero powyżej 1600 m. Poniżej 1000 m n.p.m. najbardziej zgryzane były niskie podrosty jodły (45%) oraz jaworu (14%), podczas gdy jarzębina nie była zgryzana w ogóle. Pomiędzy 1001 a 1200 m n.p.m. najsilniej zgryzaniem gatunkiem wśród podrostów niskich był jawor (50%) przed jodłą (27%) i jarzębiną (26,5%), natomiast między 1201 a 1400 m podobnie wysoki poziom zgryzania (47%) wystąpił u niskich podrostów jarzębiny i jaworu. Powyżej 1400 m bardzo silnie zgryzana była iwa (76% z 21 osobników), a nieco mniej jarzębina (44%).

W strefie ochrony czynnej poniżej 1000 m n.p.m. procent zgryzania był bardzo niski (4%). Spośród zgryzanych gatunków najbardziej preferowanym był jarząb (9%) oraz jesion wyniosły (15% zgryzionych spośród zaledwie 20 osobników). W przedziale 1001 a 1200 m n.p.m. udział zgryzanych podrostów niskich wyniósł prawie 20%, a najsilniej zgryzaniem gatunkami były jawor (40%) oraz jarząb i iwa (po 28%). Pozostałe gatunki, które rosły w tej strefie, zgryzane były sporadycznie. Powyżej 1200 m poziom zgryzania niskich podrostów wyniósł 30%, a najbardziej zgryzaniem gatunkami były: jarzębina (53%), jawor (43%), iwa (29%) oraz rzadko stwierdzana olsza szara (21%).

W obszarze ochrony krajobrazowej w grupie podrostów niskich w strefie do 1000 m n.p.m. wśród liczniej występujących gatunków duży udział osobników zgryzanych odnotowano u jodły (51%) oraz jaworu (42%), natomiast jarzębina zgryzana była w stopniu umiarkowanym (18%). W przedziale między 1001 a 1200 m najsilniej zgryzaniem gatunkiem był jawor (86,5%) przed jarzębem (37%) i jodłą (22%). Uwagę zwraca również buk, którego 18% osobników było zgryzionych.

Powyżej 1200 m n.p.m. bardzo silnie zgryzany był jarząb (77%) oraz stosunkowo wysoko występująca jodła (13%), natomiast powyżej 1400 m n.p.m. jedynym silnie zgryzaniem gatunkiem wśród podrostów niskich był jarząb (75%).

Podrosty wysokie w obszarze ochrony ścisłej były zgryzane z częstością powyżej 10% tylko w reglu górnym – od 1201 do 1600 m n.p.m. Natomiast poniżej 1200 m i powyżej 1600 m n.p.m. poziom zgryzania nie przekraczał 10%. W strefie do 1000 m n.p.m. najczęściej zgryzaniem gatunkiem był jawor (32%) przed jodłą (14%), zaś pomiędzy 1001 a 1200 m n.p.m. ogólny poziom zgryzania podrostów wysokich kształtował się na poziomie 7%. W strefie tej najsilniej zgryzany był jawor (40%) i jodła (10,5%) oraz jarząb (10%). W kolejnej strefie wysokości – 1201–1400 m n.p.m. – najbardziej intensywnie zgryzany był najliczniej występujący jarząb (39%) oraz mniej licznie – jawor (19%). W stre-



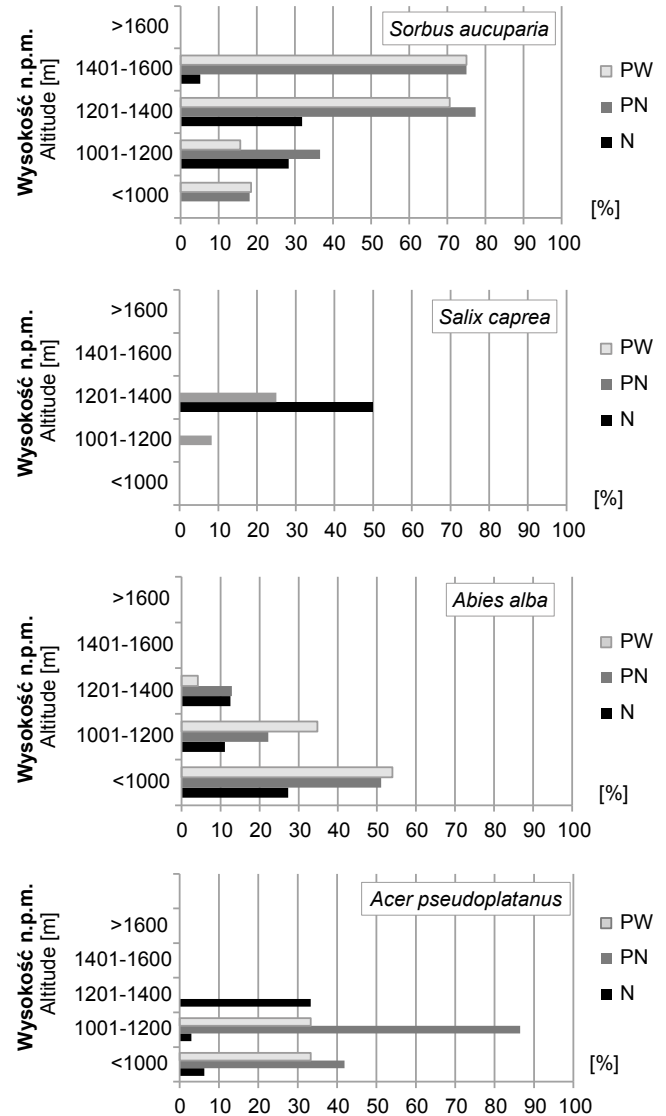
Rycina 3. Intensywność zgryzania odnowień w wyróżnionych strefach wysokości n.p.m. w obszarach ochrony czynnej

Figure 3. Intensity of browsing of natural regeneration in different elevation bands in the strictly protected area

Objaśnienia / Explanations: jak pod ryciną 2 / same as in figure 2

wie 1401–1600 m n.p.m. jedynymi gatunkami, na których stwierdzono znaczące uszkodzenia od zgryzania, były iwa (89%) oraz jarząb (22%). Natomiast w strefie powyżej 1600 m n.p.m. zgryzanie było poniżej poziomu 3%; te same gatunki wystąpiły już wielokrotnie mniej licznie i słabiej były uszkodzone (ryc. 2).

W obszarze objętym ochroną czynną schemat ogólny był podobny, najsilniejsze zgryzanie podrostów wysokich (19%) wystąpiło w przedziale od 1001 do 1200 m n.p.m. Poniżej 1000 m n.p.m. zgryzanie było bardzo niskie (niecałe 2%), natomiast powyżej 1200 m n.p.m. osiągnęło 7,5%. W przedziale poniżej 1000 m n.p.m. nieco wyższy poziom zgryzania odnotowano tylko u jodły (niecałe 6%), jarzębiny (4%) i jesionu (3%). Pomiędzy 1001 a 1200 m najsilniej zgryza-



Rycina 4. Intensywność zgryzania odnowień w wyróżnionych strefach wysokości n.p.m. w obszarach ochrony krajobrazowej

Figure 4. Intensity of browsing of natural regeneration in different elevation bands in the strictly protected area

Objaśnienia / Explanations: jak pod ryciną 2 / same as in figure 2

nym gatunkiem wśród podrostów wysokich był jarząb (37%), przed iwą (17%) i jaworem (15%), zaś powyżej 1200 m n.p.m. najsilniej zgryzany był jawor (18%) przed jarzębiną (16%) i iwą (12,5%). Szczegóły przedstawia rycina 3.

W obszarze ochrony krajobrazowej największy stopień zgryzania podrostów wysokich wystąpił w najniższych i najwyższych przedziałach wzniesienia n.p.m. Poniżej 1000 m n.p.m. najbardziej zgryzany gatunek wśród podrostów wysokich była jodła (54%), przed jaworem (33%) oraz jarzębiną (18,5%), podobnie w strefie 1001 a 1200 m najbardziej zgryzany gatunek była jodła (35%) przed jaworem (33%); a kolejnym gatunkiem był buk (22%), natomiast poziom zgryzania jarzębiny był stosunkowo niski (16%). Pomiędzy 1201 a 1400 m 71% zgryzania odnotowano w przypadku ja-

rzębu (ryc. 4). Spośród 24 wysokich podrostów jodłowych, które znalazły się w tej strefie wysokości, tylko jeden egzemplarz został zgryziony. Powyżej 1400 m zgryzane były tylko wysokie podrosty jarzębiny (75%).

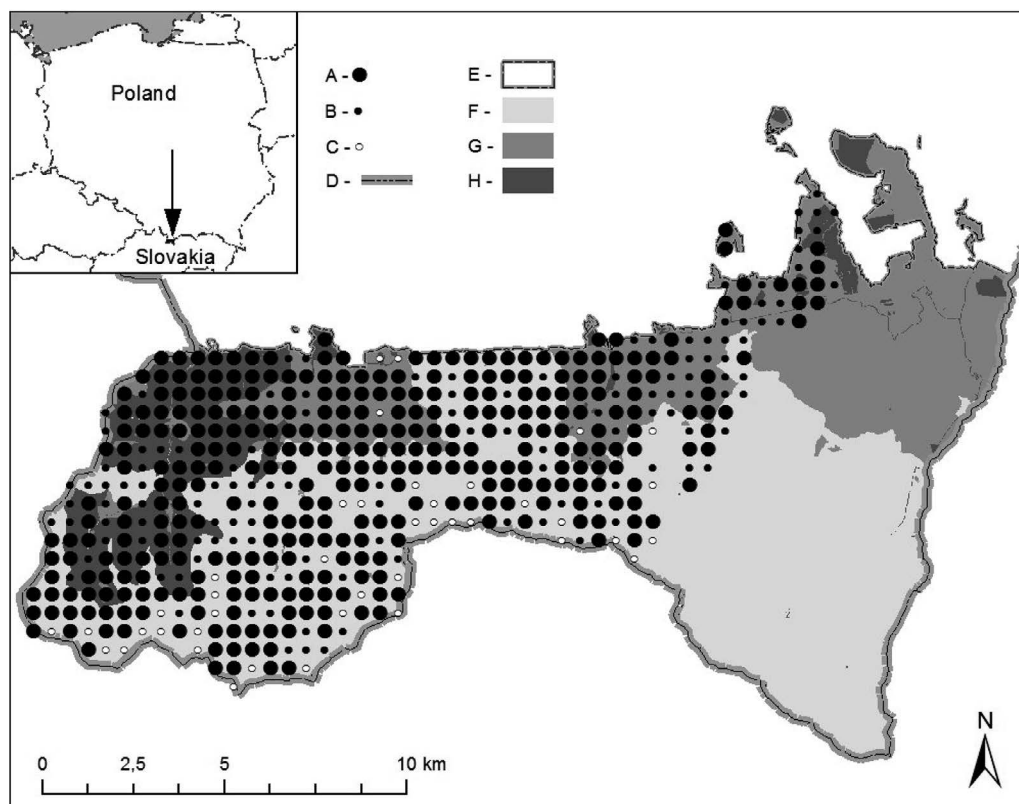
Zgryzanie odnowień było bardzo silnie zróżnicowane przestrzennie; zdecydowanie najczęściej było powierzchni próbnych, na których stwierdzono uszkodzenia odnowienia danego gatunku (ryc. 5), ale często obserwowano obok nich powierzchnie bez zgryzania lub takie, gdzie częstość zgryzania odnowień danego gatunku zbliżała się do 100%. W pewnym stopniu da się to wytłumaczyć obfitością występowania odnowień: choć zdarzały się przypadki, że na danej powierzchni badawczej zgryzane były osobniki gatunków występujących nielicznie, to jedyne statystycznie istotne związki między zagęszczeniem odnowień danego gatunku a częstością ich zgryzania miały charakter dodatni, czyli silniejsze zgryzanie występowało na ogół tam, gdzie odnowień danego gatunku było dużo.

Istotną zależność między zagęszczeniem nalotów a procentem ich zgryzania w przypadku nalotów jarzębiny stwierdzono, stosując korelację rang Spearmana ($R=0,176$; $p=0,002$) oraz korelację tau Kendalla ($\tau=0,126$; $p=0,001$). Podobnie w przypadku nalotów jodły związek ten okazał się

dodatni i statystycznie istotny zarówno w przypadku korelacji rang ($R=0,329$; $p=0,0005$), jak i w przypadku korelacji tau Kendalla ($\tau=0,260$; $p<0,001$). U iwy pozytywny związek stwierdzono przy zastosowaniu analizy tau Kendalla ($\tau=0,241$; $p=0,04$), jednak korelacja rang Spearmana nie wykazała istotnej zależności ($R=0,285$; $p=0,10$). Natomiast procent zgryzania nalotów jaworu i buka nie był istotnie związany z ich zagęszczeniem.

Wśród podrostów niskich jodły związek między zagęszczeniem a udziałem drzew zgryzionych był dodatni i statystycznie istotny, zarówno w przypadku korelacji rang Spearmana ($R=0,259$; $p=0,028$), jak i korelacji tau Kendalla ($\tau=0,203$; $p=0,012$). Natomiast w odniesieniu do podrostów niskich jarzębiny dodatni związek między zagęszczeniem a procentem zgryzania nie okazał się statystycznie istotny, zarówno z zastosowaniem korelacji rang Spearmana, jak i tau Kendalla. U pozostałych gatunków również nie stwierdzono istotnej zależności między zagęszczeniem a zgryzaniem podrostów niskich.

W przypadku podrostów wysokich żaden z gatunków nie wykazał statystycznie istotnej zależności między procentem osobników zgryzanych a ich zagęszczeniem na powierzchni próbnej.



Rycina 5. Rozmieszczenie odnowień na stałych powierzchniach badawczych na tle rodzajów ochrony

Figure 5. Distribution of natural regeneration in sample plots against the background of the zonation in the Tatra National Park

Objaśnienia / Explanations: A – powierzchnie z odnowieniem uszkodzonym od zgryzania / plots with regeneration present and browsed; B – powierzchnie z odnowieniem bez śladów zgryzania / plots with regeneration present, but not browsed; C – powierzchnie na których nie stwierdzono odnowienia / plots without regeneration; D – granica państwa / state border; E – granica Tatrzańskiego Parku Narodowego / borders of the Tatra National Park; F – obszar ochrony ścisłej / strictly protected areas; G – obszar ochrony czynnej / zone of active protection; H – obszar ochrony krajobrazowej / zone of landscape protection

4. Dyskusja

Poziom zgryzania odnowień drzew na badanym obszarze w Tatrzańskim Parku Narodowym jest stosunkowo niski, jeżeli porównać go z presją jeleniowatych na odnowienia w takich parkach narodowych jak Babogórski czy Magurski (Jamrozy, Brewczyński 1998). Z przeprowadzonych badań wynika, że na stosunkowo niską intensywność zgryzania odnowień w Tatrach wpływa fakt, że najliczniejszym gatunkiem drzewa w lasach zachodniej części TPN jest świerk (89%), który ma także największy (45%) udział wśród odnowień. Świerk w Tatrach praktycznie nie był zgryzany przez zwierzęta kopytne – ich presja skupiała się na innych gatunkach, głównie na drzewach liściastych i na jodle. Pomimo to, tylko w wyjątkowych przypadkach procent zgryzanych osobników był większy niż 50%, a wartości średnie były zdecydowanie niższe.

Wyniki badań uzyskane w Tatrach są bardziej zbliżone do wyników monitoringu uszkodzeń przez jeleniowate w Gorczańskim Parku Narodowym (GPN) (Miścicki, Żurek 2015). Zasadnicza różnica polega na tym, że o ile w GPN gatunkiem najbardziej zgryzonym był jawor, to w Tatrach były to iwa i jarzębina. Fakt, że dwa pierwsze miejsca pod względem częstości zgryzania zajmują gatunki wczesnosukcesyjne (Żywiec et al. 2013), których udział w większości lasów zagospodarowanych jest zwykle minimalny, zasługuje na baczność uwagi. Udział iwy (0,3%) i jarzębiny (0,8%) w drzewostanach zachodniej części TPN (Szwagrzyk et al. 2016) jest obecnie nieco większy niż w lasach innych parków narodowych, nie wspominając już o lasach zagospodarowanych (Czerepko 2008). Znajduje to wyraźne odzwierciedlenie w licznych pojawianiu się tych gatunków (a zwłaszcza jarzębiny) wśród odnowień. Zjawisko to wiąże się ze znacznym przereźaniem okapu drzewostanów na dużych powierzchniach wskutek wystąpienia w ciągu ostatnich kilkunastu lat uszkodzeń spowodowanych huraganowymi wiatrami oraz gradacji korników (Sproull et al. 2017). Przy tak dużym zagęszczeniu odnowień jarzębiny i iwy, ilość żeru pędowego dostępnego dla zwierząt kopytnych w lasach tatrzańskich jest stosunkowo duża w relacji do umiarkowanych zagęszczeń zwierząt kopytnych.

Kolejnym gatunkiem poddanym stosunkowo wysokiej presji kopytnych jest w zachodniej części Tatr jawor, gatunek bardzo silnie zgryzany praktycznie wszędzie, gdzie występuje wśród odnowień (Jamrozy, Brewczyński 1998; Miścicki, Żurek 2015). Warto jednak zwrócić uwagę na fakt, że jawor w Tatrach był stosunkowo często odnotowywany nie tylko wśród nalotów, ale i wśród podrostów. Dowodzi to, że jawor, mimo presji zgryzania, ma możliwość przechodzenia do kolejnych klas wysokości, a z czasem zapewne jego udział w drzewostanach wzrośnie.

Jodła w Tatrach jest traktowana w sposób szczególny; w obszarach ochrony czynnej i krajobrazowej jest ona podsadzana pod górnym okapem drzewostanu, a większe skupienia odnowień jodły są niekiedy chronione przez budowę ogrodzeń (Skrzydłowski 2009). Pod względem częstości zgryzania odnowienia jodłowe są dopiero na piątym miejscu;

naloty jodłowe są zgryzane zaledwie w kilku procentach, natomiast wart odnotowania jest fakt, że w odniesieniu do jodły presja kopytnych jest stosunkowo wysoka także w przypadku wysokich podrostów. W tej klasie wielkości drzew tylko odnowienia jarzębiny i jaworu są częściej zgryzane niż jodły, a w obszarach objętych ochroną krajobrazową – w pasie wysokości do 1000 m n.p.m. – ponad 50% podrostów jodłowych jest zgryzanych. Podobne wyniki otrzymano dzięki wcześniejszym pracom wykonanym w rejonie Doliny Chochołowskiej (Stopka, Skrzydłowski 2014). Oznacza to, że lokalnie zgryzanie odnowień jodły może być poważnym problemem, chociaż średnio w drzewostanach zachodniej części TPN jest ono umiarkowane.

Bardzo ważnym aspektem pracy jest ujawnienie dużego zróżnicowania przestrzennego presji zwierząt kopytnych na odnowienia. Duża liczba regularnie rozmieszczonych powierzchni próbnych umożliwiła przedstawienie tego zjawiska w sposób obiektywny. Rozkłady stopnia zgryzania odnowień na powierzchniach próbnych zdecydowanie odbiegają od rozkładu normalnego, a na części powierzchni (10%) zgryzania nie stwierdzono w ogóle. Za to na innych powierzchniach odnowienia bywają zgryzane bardzo intensywnie, nawet w 100%. Wyniki uzyskane w niniejszej pracy różnią się wyraźnie od wyników uzyskanych wcześniej na mniejszej liczbie subiektywnie rozmieszczonych powierzchni próbnych (Stopka, Skrzydłowski 2014), co wskazuje na zasadniczą trudność badania wpływu kopytnych na odnowienia bez założenia wielu regularnie rozmieszczonych powierzchni badawczych. Presja wywierana na odnowienia drzew przez zgryzanie wzrasta wraz ze wzniesieniem nad poziomem morza. Wiąże się to ze zmianą składu gatunkowego drzew w miarę wzrostu wysokości. O ile w piętrze regla dolnego występuje w sumie kilkanaście gatunków drzew, to w górnym reglu i w strefie górnej granicy lasu pozostaje ich tylko kilka, w tym panujący świerk, który praktycznie nie jest zgryzany przez zwierzęta kopytne. Presja zwierzyny w wyższych położeniach koncentruje się na stosunkowo licznej jarzębinie, chociaż procent zgryzania na mniej licznie występujących w tej strefie iwie i jaworze jest jeszcze wyższy. Wzrost presji kopytnych na odnowienia wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza był odnotowany w Górach Dynarskich w Słowenii w przypadku odnowień jodły (Cater, Kobler 2017), zakres wysokości analizowanych w tamtej pracy odpowiadał jednak tylko regłowi dolnemu w polskich Karpatach.

Obecnie prowadzone badania nad wpływem roślinożerców na rośliny przybierają szerszy wymiar. Badacze starają się poznać nie tylko bezpośredni wpływ zwierząt na konkretne gatunki roślin, ale też reakcję biocenoz na warunki środowiska zmodyfikowane przez roślinożerców (Sabo et al. 2017). Badania związku między warunkami świetlnymi i zgryzaniem a przyrostem młodych drzew, przeprowadzone w Białowieckim Parku Narodowym (Churski 2015) wykazały, że wpływ zwierzyny na spowolnienie tempa wzrostu odnowień jest bardzo silny w warunkach mocnego ocienienia, natomiast w przypadku dużej intensywności światła zgry-

zanie redukuje przyrost wysokości drzew tylko w umiarkowanym stopniu. Można się spodziewać, że przy obecnym zmniejszeniu zwarcia koron w drzewostanach tatrzańskich wzrost odnowień gatunków liściastych nie jest w sposób istotny hamowany przez presję zwierząt kopytnych.

Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

Źródło finansowania

Badania sfinansowano ze środków Funduszu Leśnego Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe przekazanych Tatrzańskiemu Parkowi Narodowemu w roku 2016.

Literatura

- Ammer C. 1996. Impact of ungulates on structure and dynamics of natural regeneration in mixed mountain forests in the Bavarian Alps. *Forest Ecology and Management* 88: 43–53. DOI 10.1016/S0378-1127(96)03808-X.
- Brażel W. 1976. Szkody wyrządzane przez jelenie (*Cervus elaphus* L.) na stokach Wołoszyna w Tatrach Wysokich. *Sylwan* 5: 11–19.
- Churski M. 2015. Wpływ ocienienia na odporność podokapowego odnowienia drzew na zgrzyzanie przez ssaki kopytne w lasach naturalnych Białowieskiego Parku Narodowego. Rozprawa doktorska, Uniwersytet Warszawski.
- Čáter M., Kobler A. 2017. Light response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. in different categories of forest edge – vertical abundance in two silvicultural systems. *Forest Ecology and Management* 391: 417–426. DOI 10.1016/j.foreco.2017.02.027.
- Czerepko J. (red.) 2008. Stan różnorodności biologicznej lasów w Polsce na podstawie powierzchni obserwacyjnych monitoringu. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary. ISBN 8387647756.
- Dziewolski J. 1972. Naturalne zmiany struktury wybranych drzewostanów Pienińskiego Parku Narodowego w okresie 32 lat (1936–1968). *Ochrona Przyrody* 37: 263–283.
- Fabijanowski J. 1962. Lasy Tatrzańskie, w: Tatrzański Park Narodowy (red. W. Szafer). Kraków, PAN, Zakład Ochrony Przyrody, 240–304.
- Frelich L.E., Lorimer C.G. 1985. Current and Predicted Long-term Effects of Deer Browsing in Hemlock Forests in Michigan, USA. *Biological Conservation* 34: 99–120. DOI 10.1016/0006-3207(85)90103-X.
- Górecki G., Matusiak T., Zefert Ł. 2016. Stopień uszkodzenia przez jeleniowate drzewostanów bukowych pierwszej klasy wieku na terenie Nadleśnictwa Leśny Dwór. *Acta Scientiarum Polonorum Silviculturae* 15(2): 65–71. DOI 10.17306/J.AFW.2016.2.8.
- GUS. 2016. Ochrona Środowiska 2016. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Horsley S.B., Stout S.L., DeCalesta D.S. 2003. White-tailed deer impact on the vegetation dynamics of a northern hardwood forest. *Ecological Applications* 13(1): 98–118. DOI 10.1890/1051-0761(2003)013[0098:WTDIOT]2.0.CO;2.
- Hess M. 1996. Klimat, w: Przyroda Tatrzańkiego Parku Narodowego (red. Z. Mirek) Kraków-Zakopane, Tatrzański Park Narodowy, 53–68.
- Jamrozy G., Brewczyński P. 1998. Presja jeleniowatych na lasotwórcze gatunki drzew w Babiogórskim i Magurskim Parkach Narodowych. *Parki Narodowe i Rezerwy Przyrody* 17(4): 79–89.
- Kluś K., Skrzydłowski T. 2014. Ocena wpływu zwierzyny płowej na odnowienia naturalne na terenie Tatrzańskiego Parku Narodowego – powierzchnie powiatrolomowe. Zakopane. Raport, 25 s.
- Kuijper D.P.J., Cromsigt J.P.G.M., Churski M., Adam B., Jędrzejewska B., Jędrzejewski W. 2009. Do ungulates preferentially feed in forest gaps in European temperate forest? *Forest Ecology and Management* 258: 1528–1535. DOI 10.1016/j.foreco.2009.07.010
- Kuijper D.P.J., Jędrzejewska B., Brzeziecki B., Churski M., Jędrzejewski W., Żybura H. 2010a. Fluctuating ungulate density shapes tree recruitment in natural stands of the Białowieża Primeval Forest, Poland – *Journal of Vegetation Science* 21: 1082–1098. DOI 10.1111/j.1654-1103.2010.01217.x.
- Łukaszewicz J., Krajewski S., Wrzesiński P., Zajączkowski P. 2017. W kleszczach zwierzyny. *Głos Lasu* 3(556): 22–24.
- Milner J.M., Bonenfant C., Mysterud A., Gaillard J.-M., Casanyi S., Stenseth N.C. 2006. Temporal and spatial development of red deer harvesting in Europe: biological and cultural factors. *Journal of Applied Ecology* 43: 721–734. DOI 10.1111/j.1365-2664.2006.01183.x.
- Mirek Z., Jaworski A., Holeksa J., Czerny M., Krawiec A., Mroczek K., Szmalec T., Łaptosz J., Myjak P., Mitka K., Bodzioch R., Lomber J. 2013. Operat ochrony ekosystemów leśnych i zarosłowych. Kramko, Kraków, 256 s.
- Miścicki S., Żurek Z. 2015. Monitoring uszkodzeń spowodowanych przez jeleniowate w młodych drzewostanach i odnowieniach Gorceńskiego Parku Narodowego. *Sylwan* 159(6): 505–515.
- Passendorfer E. 1996. Geologia, w: Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego (red. Z. Mirek), Kraków-Zakopane, Tatrzański Park Narodowy, 69–96.
- Piękoś-Mirkowa H., Mirek Z. 1996. Zbiorowiska roślinne, w: Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego (red. Z. Mirek). Kraków-Zakopane, Tatrzański Park Narodowy, 237–274.
- Piotrowska K., Danel W., Iwanow A., Gaździcka E., Rączkowski W., Bezák V., Maglay J., Polák M., Kohút M., Gross P. 2015. Budowa geologiczna. Atlas Tatr. Przyroda nieożywiona: IV.1.
- Reimoser F., Gossow H. 1996. Impact of ungulates on forest vegetation and its dependence on the silvicultural system. *Forest Ecology and Management* 88: 107–119. DOI 10.1016/S0378-1127(96)03816-9.
- Sabo A.E., Frerker K.L., Waller D.M., Kruger E.L. 2017. Deer-mediated changes in environment compound the direct impacts of herbivory on understory plant communities. *Journal of Ecology*: 1386–1398. DOI 10.1111/1365-2745.12748.
- Skiba S., Koreń M., Drewnik M., Kukla J. 2015. Gleby. Atlas Tatr. Przyroda nieożywiona: VI.1.
- Skrzydłowski T. 2009. Ocena wpływu zwierzyny płowej na odnowienia naturalne w buczynie karpackiej na terenie Tatrzańskiego Parku Narodowego. *Parki Narodowe i Rezerwy Przyrody* 11(4): 117–126.
- Sproull G.J., Bukowski M., McNutt N., Zwijacz-Kozica T., Szwarzgryk J. 2017. Landscape-level spruce mortality patterns and topographic forecasters of bark beetle outbreaks in managed and unmanaged forests of the Tatra Mountains. *Polish Journal of Ecology* 65(1): 24–37. DOI 10.3161/15052249PJE2017.65.1.003.
- Stopka A., Skrzydłowski T. 2014. Ocena wpływu jeleniowatych na odnowienia naturalne w różnych typach drzewostanu. Raport, Tatrzański Park Narodowy, Zakopane, 50 s.

- Szwagrzyk J., Bodziarczyk J., Gazda A., Szewczyk J. 2016. Budowa i struktura tatrzańskich drzewostanów na podstawie regularnej siatki powierzchni próbnych. Etap 1-Tatry Zachodnie. Raport, Tatrzański Park Narodowy, 33 s.
- Takatsuki S. 2009. Effects of sika deer on vegetation in Japan: A review. *Biological Conservation* 142: 1922–1929. DOI 10.1016/j.biocon.2009.02.011.
- Ustrnul Z., Walawender E., Czekierda D., Šťastný P., Lapin M., Mikulová K. 2015. Opady atmosferyczne i pokrywa śnieżna. Atlas Tatr. Przyroda nieożywiona: II.3.
- White M. 2012. Long-term effects of deer browsing: Composition, structure and productivity in a northeastern Minnesota old-growth forest. *Forest Ecology and Management* 269: 222–228. DOI 10.1016/j.foreco.2011.12.043.
- Žmudzka E., Nejedlík P., Mikulová K. 2015. Temperatura, wskaźniki termiczne. Atlas Tatr. Przyroda nieożywiona: II.2.
- Żywiec M., Holeksa J., Wesołowska M., Szewczyk J., Zwijacz-Kozica T., Kapusta P. 2013. *Sorbus aucuparia* regeneration in a coarse-grained spruce forest – a landscape scale. *Journal of Vegetation Science* 24: 735–743. DOI 10.1111/j.1654-1103.2012.01493.x.

Wkład autorów

J.B. – koncepcja badań, koordynowanie zbioru danych w terenie, pisanie i korekta tekstu, opracowanie rycin; T.Z-K. – zbiór danych w terenie, koncepcja badań, pisanie tekstu, przygotowanie ryciny; A.G. – analiza statystyczna danych, pisanie i korekta tekstu; J.Sze. – przygotowanie bazy danych; MF – pisanie tekstu; AZ – zbiór danych w terenie, pisanie tekstu; J.Szwa.– koncepcja badań, pisanie i korekta tekstu.