

Dendrochronologiczny zapis zmian górnej granicy lasu w Polskich Tatrach Zachodnich

Barbara Czajka¹, Ryszard J. Kaczka¹, Marcin Guzik²

¹ Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec

² Tatrzański Park Narodowy, ul. Chałubińskiego 42a, 34-500 Zakopane

Słowa kluczowe: górna granica lasu, Tatry Zachodnie, dendrochronologia, pasterstwo, świerk

Keywords: timberline, Western Tatras, dendrochronology, pasturing, spruce

Streszczenie

Górna granica lasu stanowi jedną z najistotniejszych w krajobrazie wysokogórskim, stref granicznych oddzielającą pietra roślinne, klimatyczne i geoekologiczne. Zastosowanie teledetekcji umożliwia dokładne określenie zmian przebiegu górnej granicy lasu, a dendrochronologia pozwala na rekonstrukcję tego procesu w oparciu o przyrosty drzew ją tworzących. Na podstawie analizy zmian przebiegu 187 km granicy lasu w okresie 1954–2004, wytypowano stanowiska reprezentujące typ granicy stabilnej i progresywnej. Wiek drzew ze stanowisk, gdzie granica nie zmieniła swojej wysokości to średnio 100 ± 50 (Ornak) i 150 ± 25 (Pyszniańska). Mały udział (4%) najstarszych drzew (>200 lat) wskazuje, na wcześniejsze zmiany granicy lasu, najprawdopodobniej od schyłku małej epoki lodowej do połowy XX w. Najintensywniejsze zmiany pionowego zasięgu lasu w Tatrach Zachodnich są związane z zaniechaniem pasterstwa. Drzewa rosnące w obszarze dawnych hal, po uwolnieniu spod presji zgrzyzania i zdeptywania wykazują tendencję wzrostu szerokości przyrostów. Kondycja świerków rosnących w strefie dawnego, antropogenicznego ekotonu w tym samym czasie pogorszyła się.

Wstęp

Górna granica lasu (GGL) stanowi jedną z najistotniejszych w krajobrazie wysokogórskim przejściowych stref granicznych, oddzielającą pietra roślinne (Piękoś-Mirkowa, Mirek, 1996), klimatyczne (Hess, 1965) i geoekologiczne (Kotarba, 1996), silnie reagującą na zmiany środowiska. Definicja empirycznej granicy lasu (EGL), jako granicy łączącej wszystkie krańcowe punkty lasu (gdzie „las” to drzewostan przekraczający wysokość 8 m), najpełniej tłumaczy omawiany problem badawczy

(Sokołowski, 1928). W holocenie przebieg EGL ewoluował dostosowując się do rzeźby, klimatu i gleby. Bardziej współczesne zmiany wynikają z działalności człowieka oraz wahań klimatu.

Celem badań było określenie dendrochronologicznego zapisu zmian środowiska przyrodniczego ekotonu górnej granicy lasu w okresie 1955–2004.

Metodyka

W oparciu o kartograficzne analizy zmian przebiegu 187 km EGL w okresie 1955–2004 (Guzik, 2009) wytypowano 7 stanowisk badawczych reprezentujących różne typy zmian jej zasięgu: a) typ granicy stabilnej (w badanym okresie zmiany zasięgu mniejsze niż 10 m), b) progresywnej popasterskiej (miejsca gdzie zaprzestano gospodarki pasterskiej kontrolującej zasięg lasu), c) progresywnej klimatycznej (miejsca gdzie doszło do podniesienia się granicy lasu w wyniku naturalnych procesów). W przypadku stanowisk stabilnych próby pobierano z pojedynczej powierzchni badawczej. Dla stanowisk progresywnych próby pobierano z dwóch powierzchni: zlokalizowanej na granicy lasu z 1955 i na linii obecnego (2004) wyżej położonego ekotonu. Przy doborze stanowisk badawczych uwzględniono działalność lawin, spływów gruzowych, wiatrołomów i presję turystyczną wybierając miejsca, gdzie czynniki te nie wpływają na przebieg EGL.

Badania dendrochronologiczne przeprowadzono w oparciu o próby ze świerków pospolitych *Picea Abies* L. Karst., gatunku dominującego w strefie górnej granicy lasu (Krapiec, Zielski, 2004). Szerokości przyrostów rocznych drewna wtórnego były głównym nośnikiem informacji wykorzystanych w rekonstrukcjach zmian środowiska przyrodniczego górnej granicy lasu. Analizy przeprowadzono w oparciu o standardowe techniki dendrochronologiczne.

W badaniach wykorzystana zostały chronologie bezwzględne (pokazujące rzeczywistą szerokość przyrostów i pozwalające na zbadanie kondycji drzew, oraz chronologie rezydualne, najlepiej obrazujące długofalowe

wpływy klimatu, gdyż niwelują one trend wiekowy i autokorelację (Zielski, Krąpiec, 2004). W celu określenia indywidualnych cech kondycji świerków reprezentujących różne typy EGL chronologie z tych stanowisk porównywano z chronologią regionalną z Tatr (Kaczka, 2004).

Analizę struktury wiekowej drzewostanów przeprowadzono w oparciu o wiek pierśnicowy drzew, co pozwoliło na odtworzenie etapów rozwoju badanego lasu do około 200 lat wstecz.

Charakterystyka fizyczno-geograficzna stanowisk badawczych

Wybrano 7 stanowisk badawczych (ryc. 1) o różnym charakterze empirycznej granicy lasu: a) stanowiska stabilne pod Ornakiem (ORS) i Kamienistą (PS); b) stanowiska popasterskie pod Grzesiem w dolinie Chochołowskiej (CH) i w pobliżu polany Kalatówki (KAL); c) stanowisko o złożonej genezie (nakładające się ślady działania pasterskiego i górniczego) – w dolinie Jaworzynki (ZPC); d) stanowiska klimatyczne pod Niedźwiedziem w dolinie Tomanowej (NI) i pod Dolińczańskim Grzbieciem w dolinie Pyszniańskiej (PP).

Stanowiska stabilne reprezentują EGL w dłuższym okresie (50 lat) niezmienną. EGL pod Ornakiem (ORS) to stanowisko edaficzne (tab. 1), w którym postęp lasu zatrzymał się na granicy z płytkimi i słabo ukształtowanymi rankerami bielcowymi i butwinowymi (Komornicki, Skiba, 1996). EGL w dolinie Pyszniańskiej (PS) to tzw.

obniżenie dolinne. W dolinach Tatr Zachodnich górna granica lasu znajduje się o 100–150 metrów niżej, w porównaniu z jej lokalizacją na zboczach (Krzemień i in., 1995).

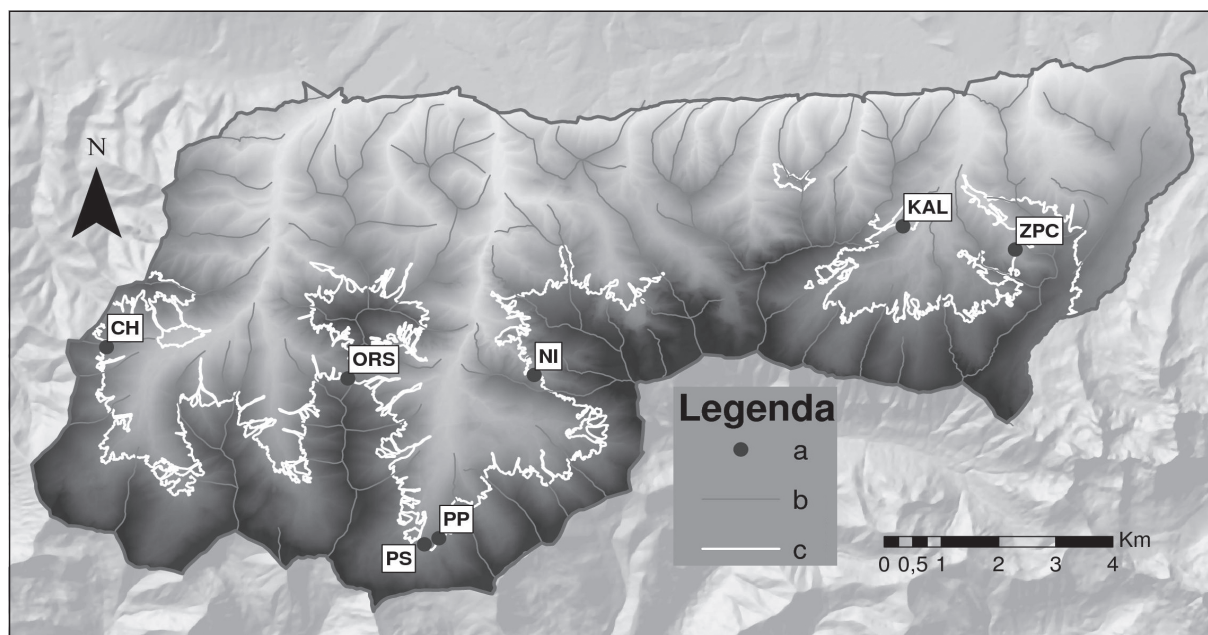
Stanowiska reprezentujące popasterskie zmiany EGL charakteryzują się największą przestrzenną skalą zmian (maksymalnie 700m odległości i 100m różnicy wysokości) między stanem lasu w 1955, a 2004. Stanowisko CH, w granicach hali Chochołowskiej, to najpóźniej (1978) uwolniony spod pasterskiej presji obszar w Tatrach (Guzik, Bukowski, 2009). Stanowisko PP leży na obszarze, który wcześniej (1935) został objęty ochroną (Śmiałowska, 1960).

Wyniki badań

Empiryczna górna granica lasu w polskich Tatrach Zachodnich w okresie od 1955 do 2004 roku uległa dużym zmianom – na 69% długości zmieniła ona swoje położenie. Przyczyny tych zmian są złożone i wynikają z nakładania się czynników naturalnych i antropogenicznych.

W niniejszym artykule szerzej scharakteryzowano jedynie wybrane stanowiska, reprezentujące typowy zapis zmian granicy lasu w przyrostach świerków.

Analiza struktury wiekowej wskazuje duże zróżnicowanie wieku drzew rosnących w ekotonie EGL (ryc. 2). Można wyróżnić kilka ogólnych zależności. Drzewa rosnące na stanowiskach o stabilnej EGL (ORS i PS) są starsze od tych rosnących na stanowiskach o progresywnej EGL



Ryc. 1. Lokalizacja stanowisk badawczych w Tatrach Zachodnich: a – stanowiska badawcze, b – główne grzbiety, c – przebieg analizowanej empirycznej granicy lasu z 2004 roku. Oznaczenia stanowisk badawczych: CH – Hala Chochołowska, ORS – Ornak, PS – pod Kamienistą w dolinie Pyszniańskiej, PP – pod Dolińczańskim Grzbieciem w dolinie Pyszniańskiej, NI – pod Niedźwiedziem w dolinie Tomanowej, KAL – w pobliżu polany Kalatówki, ZPC – dolina Jaworzynki

Fig. 1. Location of the sampling site within West Tatra: a – sampling sites, b – main ridges, c – course of timberline from 2004. Codes of the studied sites: CH – Hala Chochołowska, ORS – Ornak, PS – near Kamienista in Pyszniańska Valley, PP – near Dolińczański Grzbiec in Pyszniańska Valley, NI – near Niedźwiedź in Tomanowa Valley, KAL – near Kalatówki, ZPC – Jaworzynka Valley

Tabela 1. Lokalizacja i charakterystyka stanowisk badawczych**Table 1.** Location and main characteristics of sampling sites

Nazwa stanowiska	Lokalizacja	Charakter	Wysokość (n.p.m.)	Różnica wysokości (m)	Różnica odległości (m)	Ekspozycja
<i>Chochołowska (CH)</i>	1955	Progresywna popasterska	1380	100	100	NE
	2004		1480			E
<i>Pysznińska (PP)</i>	1955	Progresywna klimatyczna	1450	40	70	N
	2004		1480			N
<i>Jaworzynka (ZPC)</i>	1955	Progresywna popasterska pogórnicza	1280	-	300	NE
	2004		1270			W
<i>Kalatówki (KAL)</i>	1955	Progresywna popasterska	1230	100	700	E
	2004		1330			E
<i>Tomanowa (NI)</i>	1955	Progresywna klimatyczna	1550	40	90	S
	2004		1590			S
<i>Pysznińska (PS)</i>	49° 12' 13'' N 19° 51' 20'' E	Stabilna	1480	-	-	N
<i>Ornak (ORS)</i>	49° 13' 52'' N 19° 50' 03'' E	Stabilna	1510	-	-	SW

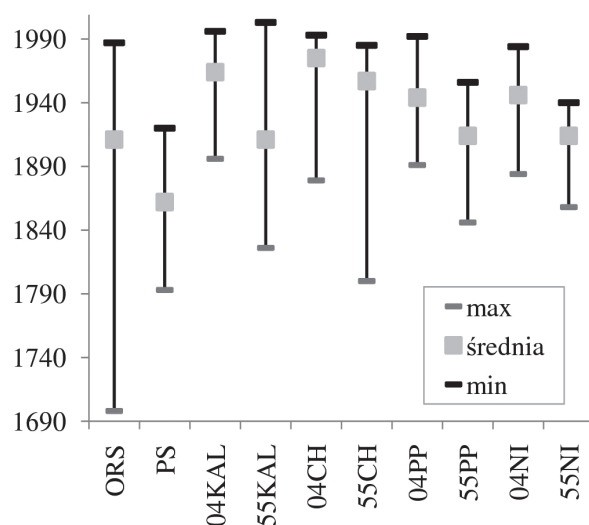
(CH i PP). Wśród drzewostanów na EGL progresywnej, stanowisko z roku 1955 jest zawsze starsze od swojego współczesnego odpowiednika (2004) zarówno wiekiem średnim jak i maksymalnym.

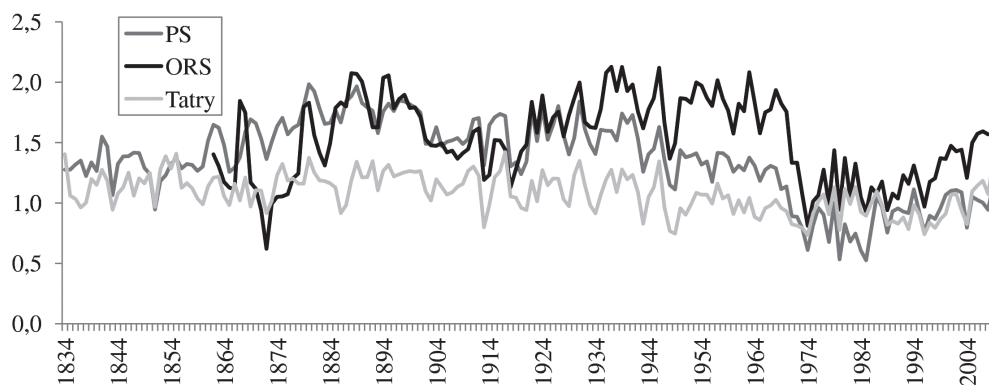
Drzewostany na stabilnej EGL oprócz zróżnicowanej struktury wiekowej, charakteryzują się również najdłuższymi sekwencjami przyrostów (ryc. 3). Pomimo tego, mały udział (4%) najstarszych drzew (> 200 lat) wskazuje na wcześniejsze zmiany EGL, najprawdopodobniej od schyłku małej epoki lodowej do poł. XX w. Zestawienie chronologii dla stanowiska stabilnej EGL i chronolo-

gii regionalnej wskazuje brak istotnych różnic (ryc. 3). Podobieństwo przebiegu obydwu chronologii oznacza, że wzrost drzew na tym stanowisku jest kontrolowany przez czynniki o charakterze regionalnym.

Główne zmiany pionowego zasięgu lasu w Tatrach Zachodnich związane są z zaniechaniem pasterstwa. Przykładem jest Hala Chochołowska, gdzie współczesny przebieg EGL kształtował się od momentu całkowitego zaniechania wypasu owiec w 1978 roku. Kondycja drzew na obydwu powierzchniach badawczych została silnie przekształcona w efekcie zaniku presji gospodarczej. Dowodzi tego odmienny przebieg chronologii z obydwu powierzchni i chronologii regionalnej (ryc. 4). Drzewa rosnące w obszarze dawnych pastwisk (04CH), po uwolnieniu spod presji wykazują tendencję do wykształcania szerszych przyrostów. Kondycja świerków rosnących w strefie dawnego, antropogenicznego ekotonu (55CH) w tym samym czasie pogorszyła się. Różnice w trendach szerokości przyrostów rocznych związane są z zanikiem bezpośredniej presji owiec (zgrzyzania i zadepytowanie) i zmianami zwarcia drzewostanu na powierzchni badawczej z 1955 roku. Istotnym czynnikiem mogą być również zmiany cech fizyko-chemicznych gleby.

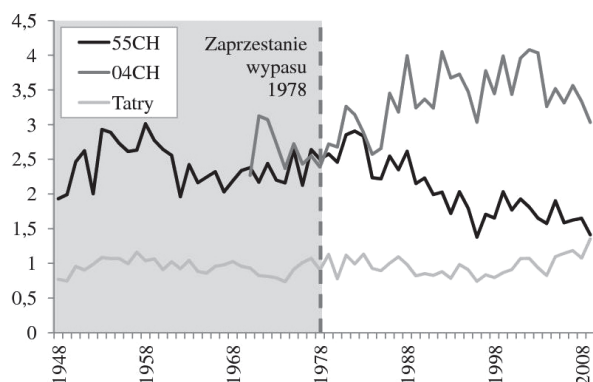
Zmiany kondycji świerków na stanowisku w Dolinie Pysznińskiej (PP), gdzie głównym czynnikiem kontrolującym wzrost jest klimat, są różne dla powierzchni badawczych EGL z 1955 i 2004 (ryc. 5). Świerki kolonizujące wyższe położenie (04PP) od początku lat 80-tych XX wieku wykształcają coraz szersze przyrosty. Wzrost drzew w ostatnich dekadach, w strefie starszego ekotonu, wykazuje podobne trendy do chronologii regionalnej dla Tatr. Znamienny jest początek lat osiemdziesiątych XX wieku, kiedy to chronologie EGL z roku 1955, 2004

**Ryc. 2.** Struktura wiekowa świerczyn na powierzchniach badawczych w pasie empirycznej granicy lasu**Fig. 2.** Age structure of the sampled spruce forest of all analyzed sites at the timberline



Ryc. 3. Chronologie reprezentujące wzrost świerków na stanowiskach stabilnej EGL pod Kamienistą w dolinie Pyszniańskiej (PS) i Ornakiem (ORS), w zestawieniu z chronologią regionalną świerka dla Tatr

Fig. 3. The tree-ring width chronologies of stable spruce sites: near Kamienista in Pyszniańska Valley (PS) and Ornak (ORS) in comparison with regional spruce chronology of Tatras (Tatry)



Ryc. 4. Chronologie reprezentujące wzrost świerków na stanowisku progresywnej popasterskiej EGL na Hali Chochołowskiej (CH), w zestawieniu z chronologią regionalną świerka dla Tatr: CH55 – powierzchnia badawcza na EGL z 1955 roku, CH04 – powierzchnia badawcza na EGL z 2004 roku

Fig. 4. The tree-ring width chronologies represented post-pasturing spruce site Hala Chochołowska (CH55 – timberline in 1955, CH04 – timberline in 2004) in comparison with regional spruce chronology of Tatras (Tatry)

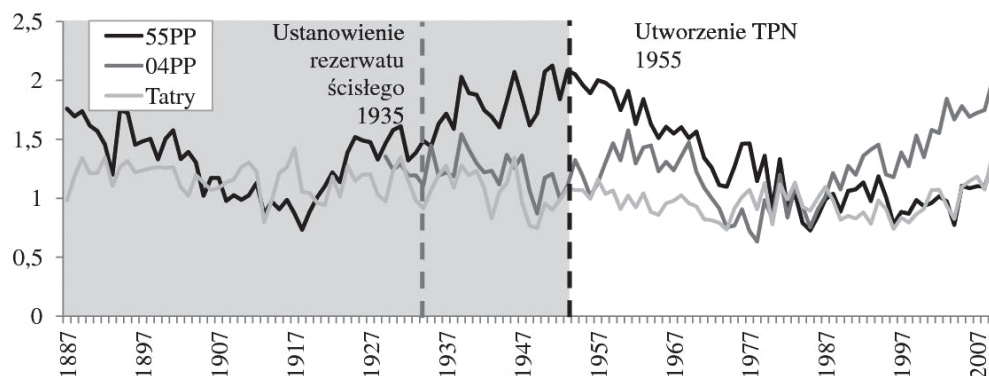
i chronologia regionalna osiągnęły niemal identyczny przebieg.

Przebieg chronologii z okresu bezpośrednio po utworzeniu rezerwatu wykazuje pewne podobieństwo do trendów ze stanowiska na Hali Chochołowskiej po zaprzestaniu tam pasterstwa.

Wnioski

1. Przebieg EGL, rzeczywistej linii wyznaczającej zasięg zwartego drzewostanu w polskich Tatrach Zachodnich, uległ od roku 1955 znaczącej modyfikacji. Kartograficzna analiza porównawcza wykazała, że na 69% długości empiryczna granica lasu przebiega obecnie w innym miejscu niż w połowie XX wieku.

2. Badania struktury wieku drzewostanów uzupełniły ten obraz. Stosunkowo mały udział starych osobników w drzewostanie na stanowiskach reprezentujących stabilną EGL sugeruje, że granica ta była ustalona jedynie w badanym pięćdziesięcioleciu. Jej wcześniejszy przebieg był zmienny i dostosowywał się do zmian klimatu od końca małej epoki lodowej.



Ryc. 5. Chronologie reprezentujące wzrost świerków na stanowisku progresywnej klimatycznej EGL pod Dolińczańskim Grzbietem w dolinie Pyszniańskiej (PP) w zestawieniu z chronologią regionalną świerka dla Tatr: PP55 – powierzchnia badawcza na EGL z 1955 roku, PP04 – powierzchnia badawcza na EGL z 2004 roku

Fig. 5. The tree-ring width chronologies represented climate controlled spruce site near Dolińczański Grzbiet in Pyszniańska Valley (PP55 – timberline in 1955, PP04 – timberline in 2004) in comparison with regional spruce chronology of Tatras (Tatry)

3. Wiek pierśnicowy drzew rosnących na powierzchniach badawczych z 2004 roku na stanowiskach popasterskich dowodzi, że pojedyncze świerki rosły na obszarach wypasanych nawet w czasie ich intensywnego wykorzystywania gospodarczego.

4. Największe zmiany zasięgu lasu w Tatrach Zachodnich związane są z likwidacją hodowli i wypasu owiec. Kondycja drzew na stanowiskach została silnie przekształcona w efekcie zaniku tego elementu presji środowiskowej. Drzewa rosnące w obszarze dawnych pastwisk, po zaniechaniu pasterstwa wykazują tendencję do wykształcania szerszych przyrostów. Kondycja świerków rosnących w strefie dawnego (1955) przebiegu EGL, w tym samym czasie pogorszyła się.

5. Wzrost świerków na EGL gdzie presja środowiskowa zanikła znacznie wcześniej kontrolowany jest obecnie przez czynniki klimatyczne. Osobniki kolonizujące wyższe położenia, w okresie od początku lat 80-tych XX wieku wykształcają coraz szersze przyrosty, a drzewa w strefie starszego ekotonu wykazuje podobne trendy do chronologii regionalnej dla Tatr.

Badania były finansowane z projektu badawczego MNiSW NN306049139. *Geograficzna i czasowa zmienność zapisów czynników środowiskowych w przyrostach drzew i jej wpływ na dendrochronologiczne rekonstrukcje klimatu Karpat.*

Tree-ring records of timberline changes in Polish Western Tatras

The recent changes of the timberline were studied in Polish Western Tatras, by use of GIS and dendrochronological methods. Dynamic of the timberline ecotone during 50 years (1955–2004) were investigated by use of the areal photos and satellite images. The substantial changes of timberline were revealed employing GIS analyses. During studied period the subalpine spruce forest advanced up to 100m above their location in 1955. The most significant changes were related to modifications of land use. Establishing of the National Park (in 1954) resulted in abandoning of traditional pasturing on high-located meadows. In this study we aim at assessing the tree-ring records of timberline at locations of different types: i) stable timberline (no changes of ecotone was recorded for analysed period), ii) advancing timberline in places where grazing was abandoned, iii) advancing timberline driven by natural factors as climate. Comparison of the site chronologies to the regional one, allows to exclude climatic influences on growth patterns. The analyses of the age structure shows that trees were present on the openings when they were using for grazing. Trees at stable ecotone are younger than anticipated, which suggests that so called 'stable timberline' has been evolving

before their location was registered by areal photo. Trends of tree growth at current (2004) and older (1955) timberline are different in most cases. The post-pasturing sites, show the most significant changes of timberline course and tree growth pattern. The chronologies from stable ecotone demonstrate strongest similarity to the regional one.

Literatura

- Guzik M., 2009. Analiza wpływu czynników naturalnych i antropogenicznych na kształtowanie się zasięgu lasu i kosodrzewiny w Tatrach, Praca Doktorska, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja, Wydział Leśny, Katedra Botaniki Leśnej i Ochrony Przyrody.
- Guzik M., Bukowski M., 2009. Wycofywanie pasterstwa z TPN (poster), „Długookresowe zmiany w przyrodzie i użytkowaniu obszaru TPN. Tatrzański Park Narodowy 1955–1977–2004.”, Zakopane, 21–22.05.2009.
- Hess M., 1965. Piętra klimatyczne w polskich Karpatach Zachodnich, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego, Prace Geograficzne, z. 11, s. 1–237.
- Kaczka R., 2004. Dendrochronologiczny zapis zmian klimatu Tatr od schyłku małej epoki lodowej (na przykładzie Doliny Gąsienicowej) [w:] Kotarba A. (red.) Rola małej epoki lodowej w przekształcaniu środowiska przyrodniczego Tatr, Prace Geograficzne, Warszawa.
- Kotarba A., 1996. Sedimentation rates in the High Tatra lakes during the Holocene – geomorphic interpretation, *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, t. 30, s. 51–61.
- Krąpiec M., Zielski A., 2004. Dendrochronologia. Warszawa, PWN.
- Krzemień K., Libelt P., Mączka T., 1995. Geomorfologiczne warunki środowiskowe linii drzewnej w Tatrach Zachodnich, *Environmental aspects of the timberline in Finland and in the Polish Carpatians*, Prace Geograficzne Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, z. 98, s. 153–170.
- Piękoś-Mirkowa H., Mirek Z., 1996. Zbiorowiska roślinne. [w:] Mirek Z. (red.), *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. Tatry i Podtatrze 3*, Kraków – Zakopane, TPN – PAN.
- Komornicki T., Skiba S., 1996. Gleby. [w:] Mirek Z. (red.), *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. Tatry i Podtatrze 3*, Kraków – Zakopane, TPN – PAN.
- Sokołowski M., 1928. O górnej granicy lasu w Tatrach. Kraków, Zakłady Kórnickie.
- Śmiałkowska Z., 1960. Zagospodarowanie hal i uregulowanie pasterstwa w Tatrzańskim Parku Narodowym. [w:] Figuła K. (red.), *Pastwiska podgórskie i górskie Tatr polskich i Podhala: teraźniejszość i przyszłość*, Wrocław, Zakład Narodowy im. Ossolińskich.

