

WALDEMAR HYLLA, DOROTA DOBROWOLSKA

Rozmieszczenie populacji cisa pospolitego (*Taxus baccata* L.) w rezerwacie „Cisy nad Liswartą”

Distribution of European yew (*Taxus baccata* L.) in the 'Cisy nad Liswartą' reserve

ABSTRACT

Hylla W., Dobrowolska D. 2015. Rozmieszczenie populacji cisa pospolitego (*Taxus baccata* L.) w rezerwacie „Cisy nad Liswartą”. Sylwan 159 (11): 948-957.

The study analyses the spatial distribution of European yew and its co-occurrence with other trees or different individuals of the species. The study was conducted in the 'Cisy nad Liswartą' nature reserve (50°46'27.12"N, 18°47'11.86"E). Data was collected in the whole reserve as well as on three 40×40 m study plots. The selected plots varied in terms of yew density, stand species composition and soil humidity. Study plots were divided into 16 squares (10×10 m). Ripley's K functions were used to examine spatial patterns of yew and other tree species populations. The distribution of all trees was random in the reserve. However, distribution of yew population was clumped. Yew preferred sites close to the creeks. Significant clustering of yew trees at distances up to 60-180 m was found. Distribution of yew on plot II was random, while clumped on plots I and III. The co-occurrence of yew and other tree species was random on plot I. Nevertheless, the positive correlation was found for yew and other tree species at the scale of 13-19 m and negative correlation at the distance 0-4 m. Co-occurrence of yew and other tree species was random on plot III as well. Negative correlation was found for thin yew and spruce at the distance of 8 m on plot I. Positive correlations were noticed for yew and other tree species, yew and sycamore at the distance 16 m on plot II. Negative correlations at the distance 18 m were achieved on plot III for: yew and alder, large yew and alder, yew and other tree species of diameter 15-35 cm. Yew grows on higher places, on small islands. The competition between spruce and yew (negative correlation) was the consequence of light and humidity demand of both tree species. The negative correlation between yews and medium alders on longer distance was the result of light competition.

KEY WORDS

spatial distribution, nature reserve, trees co-occurrence, Ripley's function

ADDRESSES

Waldemar Hylla ⁽¹⁾ – e-mail: waldemar.hylla@katowice.lasy.gov.pl

Dorota Dobrowolska ⁽²⁾ – e-mail: d.dobrowolska@ibles.waw.pl

⁽¹⁾ Nadleśnictwo Herby; ul. Lubliniecka 6, 42-284 Herby

⁽²⁾ Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

Wstęp

Struktura drzewostanu jest jednym z najważniejszych czynników wpływających na funkcjonowanie ekosystemu leśnego [Szwagrzyk i in. 1997; Pukkala i in. 2013]. Struktura danej cechy to frekwencja osobników w kolejnych wzrastających wartościach danej cechy (np. grubości drzew)

[Szymański 1986]. Spośród elementów taksacyjnych najczęściej uwzględnia się grubość, wysokość, wiek czy rozkład grubości drzew w klasach biologicznych Krafra [Szymański 1986]. Obecnie to pojęcie obejmuje także aspekt przestrzenny, określający poziome rozmieszczenie drzew na powierzchni [McElhinny i in. 2005; Szmyt, Korzeniewicz 2010]. Badania struktury przestrzennej skupiają się często na określeniu typu wzorca rozmieszczenia przestrzennego osobników w badanej populacji oraz na próbach zidentyfikowania i wyjaśnienia mechanizmów odpowiedzialnych za jego kształtowanie się [Bolibok 2001]. W ekologii lasu pojawia się coraz więcej prac uwzględniających wpływ zróżnicowania gatunkowego, ich wielkości oraz ich wzajemnego usytuowania na przebieg różnych procesów ekologicznych (konkurencji wewnątrz- i międzygatunkowej, odnowienia itp.) [Pommerening 2006; Ruprecht i in. 2010; Szmyt 2012; Pastorella, Paletta 2013]. Innym celem analiz przestrzennych jest badanie zależności występowania przestrzennego między osobnikami należącymi do różnych kategorii, np. dwóch lub więcej gatunków, osobników różniących się wielkością czy osobników męskich i żeńskich [Szwagrzyk, Ptak 1991; Bolibok 2001]. Znajomość przestrzennego rozmieszczenia drzew w lesie, oprócz znaczenia poznawczego i wyjaśniającego, może mieć także znaczenie praktyczne, np. dla prowadzenia odpowiednich zabiegów hodowlanych w gospodarce leśnej czy też opracowywania nowych modeli wzrostu i rozwoju drzewostanów.

Wiele badań dotyczących struktury przestrzennej drzewostanów prowadzono w lasach naturalnych lub wykazujących cechy takich lasów [Szwagrzyk i in. 1997; Iszkuło i in. 2012], rzadziej natomiast wykonywane są w drzewostanach sztucznego pochodzenia, będących często pod wpływem gospodarki leśnej [Szmyt, Korzeniewicz 2010].

Poznanie budowy przestrzennej zbiorowisk roślinnych oraz procesów zachodzących w tych zbiorowiskach pozwala na określenie prawidłowości przestrzennego rozmieszczenia osobników w danej populacji oraz wyjaśnienie mechanizmów i procesów odpowiedzialnych za kształtowanie się tych prawidłowości. Cis pospolity jest rzadkim gatunkiem w lasach, a badania wzorca przestrzennego rozmieszczenia populacji tego gatunku są bardzo nieliczne [Ruprecht i in. 2010; Iszkuło i in. 2012]. Wiedza dotycząca wzajemnych relacji przestrzennych między osobnikami cisa w różnych stadiach rozwojowych, a także pomiędzy cisem i innymi gatunkami drzew jest także uboga. Poznanie tych zależności pozwoli na lepszą ochronę tego gatunku w naturalnych populacjach, m.in. poprzez prowadzenie odpowiednich prac hodowlanych czy wprowadzanie osobników tego gatunku do lasów w ramach programu jego introdukcji.

W prezentowanych badaniach podjęto próbę weryfikacji hipotezy, że rozmieszczenie osobników cisa w rezerwacie jest skupiskowe. Celem pracy było 1) poznanie wzorca rozmieszczenia przestrzennego cisa pospolitego oraz innych gatunków w rezerwacie (analizy jednoczynnikowe) oraz 2) określenie zależności przestrzennych pomiędzy występowaniem cisa a pozostałymi gatunkami (analizy dwuczynnikowe). Cel ten zrealizowano, wykorzystując analizy przestrzenne oparte na procesach punktowych.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono na trzech powierzchniach pomiarowych o wielkości 40×40 m założonych w 2007 roku w rezerwacie „Cisy nad Liswartą”. Powierzchnie zostały wybrane na podstawie mapy rozmieszczenia wszystkich cisów w rezerwacie uzyskanej dzięki wcześniejszym pomiarom GPS. Wybrane powierzchnie różniły się zagęszczeniem cisów, składem gatunkowym oraz zwarciem drzewostanu, obecnością luk i uwilgotnieniem terenu. W celu określenia współrzędnych drzew na powierzchniach wyznaczono azymut oraz odległość od południowo-zachodniego narożnika każdego z kwadratów. Odległość określono dalmierzem HAGLOF DME 201 z do-

kładnością do 1 cm. Azymuty zmierzono busolą USHIKATA z dokładnością do 0,5°. Na każdej powierzchni zmierzono grubość wszystkich drzew, których pierśnica przekraczała 3 cm.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów sporządzono szczegółowe mapy rozmieszczenia drzew na powierzchniach pomiarowych, które posłużyły do przeprowadzenia analiz przestrzennych. Analizę jedno- i dwuczynnikową przeprowadzono z wykorzystaniem darmowego oprogramowania SPPA 2.0 [Haase 2002].

Zgodność rozmieszczenia osobników z rozkładem losowym (Poissona) analizowano z wykorzystaniem funkcji $K(t)$ Ripleya. Funkcja ta oparta jest na określeniu spodziewanej (teoretycznej) liczby osobników występujących w odległości t od dowolnego punktu rozmieszczenia:

$$K(t) = \lambda^{-1} \cdot E(x)$$

gdzie:

λ – liczba obiektów na jednostkę powierzchni (zagęszczenie),

$E(x)$ – wartość oczekiwana liczby obiektów znajdujących się w odległości nie większej niż t od dowolnego obiektu,

t – odległość (m).

Estymatorem funkcji $K(t)$ jest:

$$\tilde{K}(t) = n^{-2} A \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}^{-1} I_t(u_{ij}), i \neq j$$

gdzie:

n – liczba drzew na powierzchni próbnej,

u_{ij} – odległość pomiędzy drzewami i oraz j ,

w_{ij} – współczynnik korekcyjny konieczny do ograniczenia efektu brzegowego,

A – wielkość powierzchni próbnej,

I_t – funkcja, która przyjmuje wartość 0 (dla $u_{ij} > t$) lub 1 (dla $u_{ij} \leq t$).

W celu łatwiejszej interpretacji graficznej stosuje się najczęściej transformowaną postać funkcji $K(t) - L(t)$ [Illian i in. 2008], która stabilizuje wariancję estymatora $K(t)$:

$$L(t) = \sqrt{\frac{K(t)}{\pi}} \quad \text{dla } t \geq 0$$

Dla idealnie losowego rozmieszczenia drzew na powierzchni wartość funkcji $L(t)=0$, dla rozmieszczenia skupiskowego $L(t)>0$, a regularnego $L(t)<0$.

W przypadku analizy dwuczynnikowej, tj. badania zależności przestrzennego występowania drzew należących do różnych gatunków, stosuje się dwuczynnikową postać funkcji Ripleya:

$$K_{ij}(t) = \lambda_j^{-1} \cdot E$$

gdzie:

λ_j – zagęszczenie osobników j -tego typu,

E – spodziewana liczba osobników j -tego typu w odległości t od losowo wybranego osobnika i -tego typu.

Estymatorem funkcji $K_{ij}(t)$ jest:

$$\check{K}_{ij}(t) = \frac{n_j \tilde{\check{K}}_{ij}(t) + n_i \tilde{\check{K}}_{ji}(t)}{n_i + n_j}$$

gdzie:

$$\tilde{K}_{ij}(t) = \frac{A}{n_i n_j} \sum_{i=1}^{n_i} \sum_{j=1}^{n_j} w_{ij}^{-1} I_t(u_{ij})$$

$$\tilde{K}_{ji}(t) = \frac{A}{n_i n_j} \sum_{j=1}^{n_j} \sum_{i=1}^{n_i} w'_{ij}^{-1} I_t(v_{ij})$$

gdzie:

- A – wielkość powierzchni rejonu badań,
- n_i – liczba obiektów i -tego typu,
- n_j – liczba obiektów j -tego typu,
- w_{ij} i w_{ji} – współczynniki ograniczające efekt brzegowy,
- u_{ij} – odległość i -tego obiektu pierwszej kategorii do j -tego obiektu drugiej kategorii,
- v_{ij} – odległość i -tego obiektu drugiej kategorii do j -tego obiektu pierwszej kategorii.

Podobnie jak w przypadku analiz jednoczynnikowych, tak i tutaj stosuje się postać transformowaną $L_{ij}(t)$:

$$L_{ij}(t) = \sqrt{\frac{K_{ij}(t)}{\pi}}$$

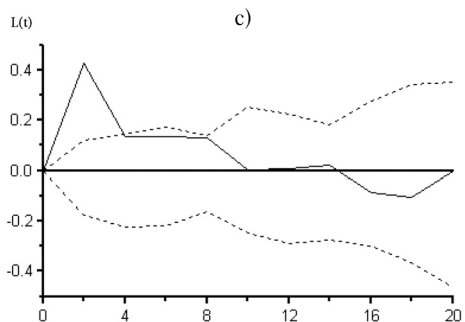
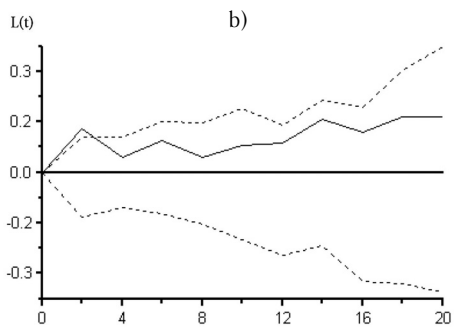
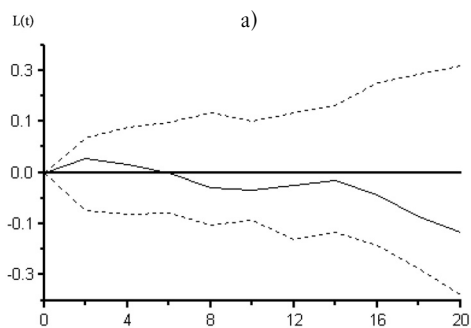
Wartość $L_{ij}(t)=0$ świadczy o przestrzennie niezależnym występowaniu obu gatunków, wartość $L_{ij}(t)>0$ – o ich wzajemnym „przyciąganiu się”, natomiast wartość $L_{ij}(t)<0$ wskazuje na wzajemną segregację obu gatunków w odległości t . Wszystkie analizy przestrzenne wykonano przy użyciu programu SPPA wersja 2.0.

Wyniki

PRZESTRZENNE ROZMIESZCZENIE DRZEW WSZYSTKICH GATUNKÓW. Na powierzchni I wystąpiło 178 drzew, w tym 57 cisów. Oprócz cisa występowały również: olsza czarna *Alnus glutinosa* (36 drzew), świerk pospolity *Picea abies* (35 drzew) oraz brzoza brodawkowata *Betula pendula* (18 drzew). Na powierzchni II stwierdzono 166 drzew, w tym tylko 9 cisów. Gatunkiem dominującym był jawor *Acer pseudoplatanus* (83 drzewa). W drzewostanie rosła także olsza czarna (31 drzew). Powierzchnia III charakteryzowała się następującym składem gatunkowym drzewostanu: 31 cisów, 55 olsz oraz 14 jaworów. Z przebiegu funkcji Ripleya wynika, że rozmieszczenie drzew na powierzchni I było losowe (ryc. 1a), a na powierzchni II drzewa wykazywały skupiskowe występowanie w małej skali przestrzennej ($t < 2$ m) (ryc. 1b). Na powierzchni III (ryc. 1c) drzewa żywe wykazywały inny niż losowy typ rozmieszczenia jedynie przy małych odległościach ($t < 4$ m), a przebieg funkcji wskazywał na ich grupowanie się.

ROZMIESZCZENIE CISÓW NA POWIERZCHNIACH BADAWCZYCH I W REZERWACIE. Cisy na wszystkich powierzchniach badawczych były w zasadzie rozmieszczone skupiskowo (ryc. 2), a odchylenia od wzorca losowego były statystycznie istotne (tab. 1). Na powierzchni I skupiskowość stwierdzono w odległości $r < 14$ m. Rozmieszczenie cisów na powierzchni II nie wykazywało istotnych różnic od wzorca losowego, natomiast na powierzchni III cisy wykazywały większe zagęszczenie niż dla rozkładu losowego w odległościach $r < 5$ m oraz 13-18 m. Występowanie wszystkich cisów na powierzchni III było skupiskowe. Funkcja Ripleya przecinała przedział ufności dla odległości 5, 12 i 17 m.

Rozmieszczenie populacji cisów w rezerwacie przedstawiono na rycinie 3. Okazało się, że cisy najczęściej występowały wzdłuż cieków wodnych lub w ich pobliżu.



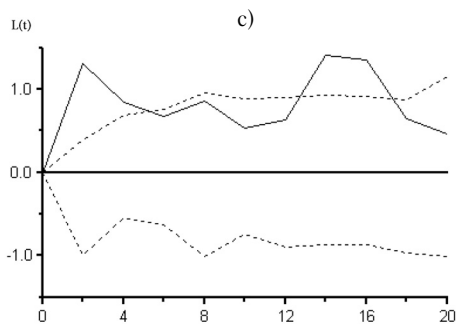
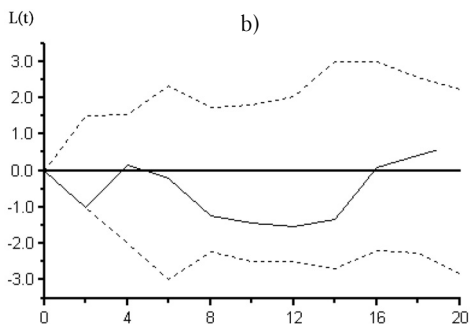
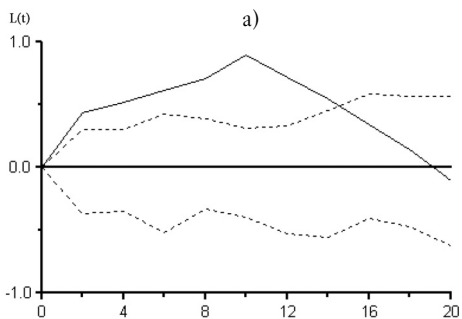
Ryc. 1.

Przebieg funkcji Ripleya dla wszystkich drzew w rezerwacie „Cisy nad Liswartą” (a – powierzchnia I, b – powierzchnia II, c – powierzchnia III)

Ripley's function for all the trees in the 'Cisy nad Liswartą' reserve (a – plot I, b – plot II, c – plot III)

linie przerywane – przedziały ufności; linia ciągła gruba – funkcja $L(t)$ dla danych empirycznych; linia ciągła cienka ($L(t)=0$) – funkcja $L(t)$ dla rozmieszczenia całkowicie losowego

dashed lines – confidence intervals; bold solid line – $L(t)$ function for empirical data; thin solid line ($L(t)=0$) – $L(t)$ function for completely random distribution



Ryc. 2.

Przebieg funkcji Ripleya dla populacji cisów w rezerwacie „Cisy nad Liswartą” (a – powierzchnia I, b – powierzchnia II, c – powierzchnia III)

Ripley's function for all yew populations in the 'Cisy nad Liswartą' reserve (a – plot I, b – plot II, c – plot III)

Oznaczenia jak na rycinie 1, denotes as in figure 1

WYSTĘPOWANIE CISÓW Z INNYMI GATUNKAMI DRZEW. Analiza dwuczynnikowa wskazuje, że inne gatunki drzew nie wykazywały istotnej korelacji przestrzennej w odniesieniu do cisa (ryc. 4). Na powierzchniach I i III krzywa funkcji Ripleya zawiera się między przedziałami ufności dla wszystkich analizowanych odległości. Jedynie na powierzchni II stwierdzono przestrzenną segregację

Tabela 1.

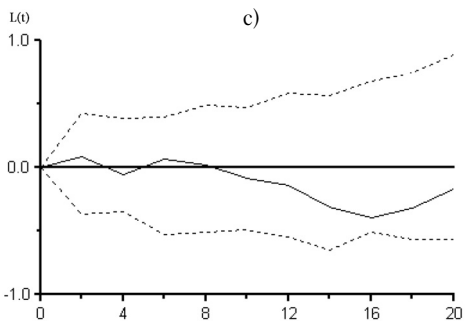
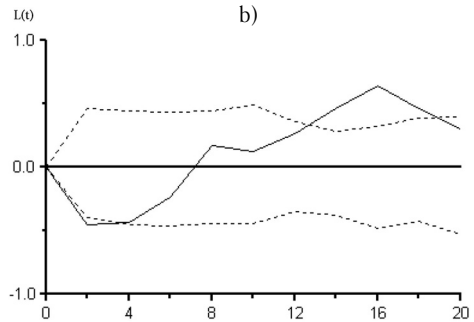
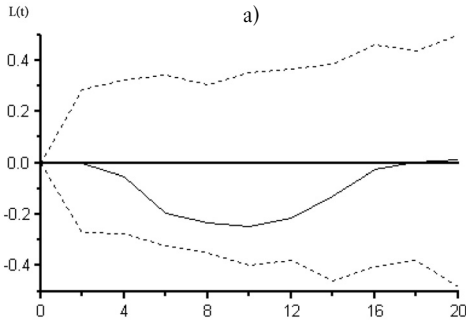
Przestrzenne rozmieszczenie cisów na powierzchniach próbnych w rezerwacie „Cisy nad Liswartą”
 Spatial distribution of yews on the sample plots in the ‘Cisy nad Liswartą’ reserve

Powierzchnia Plot	Skala przestrzenna [m] Space scale [m]	Test istotności Test of significance	
		Ripley supremum	Cramer von Mises
Wszystkie drzewa All trees			
I			
II			
III		98 0,849809*	90 1,01153*
Wszystkie cisy All yews			
I	10	99 1,78563*	99 12,1373*
II			
III	2, 14	99 2,80646*	99 34,366*



Ryc. 3.

Rozmieszczenie populacji cisa w rezerwacie „Cisy nad Liswartą” na tle cieków wodnych
 Distribution of yew populations in the ‘Cisy nad Liswartą’ reserve in relation to watercourses



Ryc. 4.

Współwystępowanie cisów i pozostałych gatunków drzew w rezerwacie „Cisy nad Liswartą” (a – powierzchnia I, b – powierzchnia II, c – powierzchnia III)
 Co-occurrence of yew and the other tree species in the ‘Cisy nad Liswartą’ reserve (a – plot I, b – plot II, c – plot III)

Oznaczenia jak na rycinie 1, denotes as in figure 1

między cisem a innymi gatunkami przy niewielkich odległościach ($r < 4$ m) oraz pozytywną korelację ich występowania przy $r > 12$ m. Na powierzchni I stwierdzono ujemną korelację pomiędzy występowaniem cisów cienkich ($d \leq 10$ cm) i świerków, istotną statystycznie przy odległości $r < 8$ m (tab. 2). Na powierzchni II zauważono dodatnią korelację istotną statystycznie dla odległości 16 m, dla wariantów: cisy i pozostałe gatunki drzew, cisy i jawory, cisy i drzewa o pierśnicy mniejszej od 15 cm oraz cisy i drzewa o pierśnicy 15-35 cm. Dla cisów i jodeł krzywa funkcji Ripleya w skali od 0 do 4 m przebiegała po linii dolnego przedziału ufności, sugerując tendencję do ujemnej zależności przestrzennej obu gatunków. Test Ripleya wskazywał na wysoką istotność wyników (tab. 2). Na powierzchni III stwierdzono korelację ujemną, najsilniejszą w odległości 16 m, dla wariantów: cisy i olsze, a także dla cisów i drzew pozostałych gatunków o pierśnicy 15-35 cm dla odległości 18 m.

Dyskusja

Rozmieszczenie wszystkich drzew na powierzchniach badawczych było losowe. Wiele badań dotyczących rozmieszczenia drzew w przestrzeni wskazuje na bardzo zróżnicowaną strukturę, daleko odbiegającą od struktury regularnej [Kenkel 1988; Moeur 1993; He i in. 1997]. W drzewostanach liściastych i mieszanych w Polsce również stwierdzono, że najczęstszym sposobem rozmieszczenia drzew był sposób losowy [Szwagrzyk, Czerwczak 1993; Szwagrzyk i in. 1997]. Brak regularności w rozmieszczeniu drzew jest zgodny chociażby z poglądami Włoczewskiego [1968], który zauważył, że drzewa dążą do tworzenia naturalnych skupisk lub biogrów w drzewostanach.

Tabela 2.

Występowanie cisów i innych gatunków drzew w skali przestrzennej w rezerwacie „Cisy nad Liswartą” (+ korelacja dodatnia, – korelacja ujemna)

Spatial distribution of yews and other tree species in the ‘Cisy nad Liswartą’ reserve (+ positive correlation, – negative correlation)

Powierzchnia Plot	Wariant Variant	Skala przestrzenna [m] Spatial scale [m]		Test istotności Test of significance	
		+	–	Ripley supremum	Cramer von Mises
I	Cisy cienkie i świerki Thin yews and spruces		8	95 1,65545*	95 8,61728*
	Cisy i pozostałe drzewa Yews and other species	16	2	99 1,27702*	99 5,7729*
	Cisy i jawory Yews and sycamores	16	4	97 1,6539*	99 15,08*
II	Cisy i drzewa o $d_{1,3} \leq 15$ cm Yews and trees with $d_{1,3} \leq 15$ cm		4	95 1,50116*	98 9,02929*
	Cisy i drzewa o $d_{1,3}:15-35$ cm Yews and trees with $d_{1,3}:15-35$ cm	16		99 2,16122*	98 15,08*
	Cisy i jodły Yews and firs		4	96 4*	91 37,3533*
III	Cisy i olsze Yews and alders		16	97 1,48107*	96 7,12279*
	Cisy i średnie drzewa Yews and medium trees		18	97 2,23519*	96 17,2318*

Populacja cisa w rezerwacie rozmieszczona była w sposób skupiskowy. Funkcja Ripleya sugeruje występowanie skupisk o średnicy 60-180 m, co może wiązać się z usytuowaniem cieków wodnych. Większość osobników cisa koncentrowała się wzdłuż strumieni i ich odnóg. Prawdopodobnie cisy znajdują tam najlepsze warunki wzrostu i rozwoju. Cis jest wymagający w stosunku do gleby, najlepiej rośnie na glebach wapiennych dostatecznie wilgotnych i głębokich [Tomanek, Witkowska-Żuk 2008].

Rozmieszczenie cisów na powierzchniach próbnych różniło się od wzorca losowego. Na trzech powierzchniach badawczych dominował skupiskowy typ rozmieszczenia cisów. Skupiska były niewielkie (mniejsze od 4 m). Czynnikiem decydującym o rozmieszczeniu cisów były warunki wilgotnościowe oraz mikrosiedliskowe. Cisy rosły na lokalnych wywyższeniach, których wielkość nie przekraczała 4 m. Mozaika mikrosiedlisk może być czynnikiem wpływającym na sposób występowania osobników, co potwierdza wcześniejsze opinie [Faliński 1986]. W badanym rezerwacie dominują zbiorowiska łągu olszowo-jesionowego, które charakteryzują się występowaniem niewielkich wysepek między bardziej wilgotnymi, często zabagnionymi miejscami [Zaręba 1984]. Lewandowski i Tumiłowicz [1962] również stwierdzili wykorzystywanie przez osobniki cisa miejsc wokół bezodpływowych lokalnych zagłębień terenu, gdzie znajdują one dobre warunki rozwoju.

Na obu powierzchniach zaobserwowano też skupiska cisów o średnicy 10 i 16 m (odpowiednio na powierzchni I i III). Występowanie skupisk cisów o takiej średnicy prawdopodobnie zależy od zwarcia drzewostanu macierzystego. Powierzchnia I charakteryzowała się większym zwarciem okapu. Cisy tworzyły skupienia w miejscach przerwanych zwarcia koron, mniej więcej o średnicy 10 m. Natomiast zwarcie drzewostanu było znacznie luźniejsze na powierzchni III, przerwy w okapie drzewostanu spowodowały powstanie skupisk cisa o średnicy 16 m.

Cis charakteryzuje się strategią typu S, czyli tolerowania stresu [Brzeziecki 2000]. W omawianym rezerwacie stresem mogły być warunki świetlne i wilgotnościowe (zabagnienie terenu). Cis występował w skupiskach ze względu na konieczność wykorzystywania wywyższeń terenu spośród lokalnych bezodpływowych zabagnień, a także utrudniony dostęp do światła.

Analizując występowanie cisów z innymi gatunkami drzew, stwierdzono ujemną korelację pomiędzy cisem i świerkiem oraz pomiędzy występowaniem cisów i jaworów. Można przypuszczać, że ujemne relacje pomiędzy tymi gatunkami wiążą się z konkurencją odzwierciedlającą ich wymagania ekologiczne (zabagnienie terenu). Busing [1996] stwierdził „unikanie się” małych i dużych świerków oraz niezależność występowania małych świerków i dużych jodeł. Natomiast dodatnia korelacja pomiędzy cisami i pozostałymi drzewami rosnącymi w odległości około 16 m czy też pomiędzy cisami i jaworami oraz drzewami o średniej grubości (głównie jawory) może świadczyć o wykorzystywaniu przerw w zwarcu drzewostanu macierzystego przez te drzewa. Występowanie cisów i olsz charakteryzowało się ujemną korelacją. Szwagrzyk i in. [1997] również wykazali tendencję do „unikania się” drzew o małych i dużych pierśnicach w drzewostanach w Babiogórskim Parku Narodowym.

Badania dotyczące współwystępowania drzew, gatunków czy ich wielkości są mniej powszechne niż badania dotyczące wzorców rozmieszczenia [Bolibok 2001]. W Polsce nie prowadzono badań dotyczących współwystępowania cisa z innymi gatunkami. Negatywna korelacja pomiędzy występowaniem różnych gatunków najczęściej wiąże się z ich odmiennymi wymaganiami. Przykładem jest ujemna korelacja charakteryzująca występowanie *Pseudotsuga menziesii* i *Pinus ponderosa* w Kolumbii Brytyjskiej [Pielou 1961]. Natomiast ujemna korelacja pomiędzy małymi i dużymi drzewami w mieszanych drzewostanach Idaho potwierdza istotną rolę luk w sklepieniu drzewostanu w lasach naturalnych [Moer 1993].

Wnioski

- ✚ Cisy charakteryzują się skupiskowym typem rozmieszczenia w rezerwacie. Osobniki tego gatunku gromadzą się głównie wzdłuż cieków lub w ich pobliżu.
- ✚ Występowanie cisa w niewielkich skupiskach (średnica 2-4 m) spowodowane jest warunkami mikrosiedliskowymi w rezerwacie. Cisy występują w miejscach wywyższonych, unikając miejsc silnie zabagnionych.
- ✚ Występowanie cisów cienkich i świerków, cisów i olszy, cisów i jawora oraz cisów i jodły charakteryzuje ujemna korelacja.
- ✚ Wyniki badań dotyczące koegzystencji cisa z innymi gatunkami oraz struktury przestrzennej mogą być przydatne w ochronie czynnej tego rzadkiego gatunku drzewa.

Literatura

- Bolibok L. 2001. Analiza prawidłowości przestrzennego rozmieszczenia drzew w drzewostanach naturalnych Białowieskiego Parku Narodowego. Praca doktorska, Katedra Hodowli Lasu, SGGW, Warszawa.
- Brzeziecki B. 2000. Strategie życiowe gatunków drzew leśnych. Sylwan 144 (8): 5-14
- Busing R. T. 1996. Estimation of tree replacement patterns in an Appalachian *Picea-Abies* forest. Journal of Vegetation Science 7: 685-694.
- Faliński J. B. 1986. Vegetation dynamics in temperate lowland primeval forest. Ecological studies in Białowieża Forest. W. Junk. Dordrecht.
- He F., Legendre P., LaFrankie J. V. 1997. Distribution patterns of tree species in a Malaysian tropical forest. Journal of Vegetation Science 8: 105-114.
- Hylla W. 2011. Struktura naturalnej populacji cisa pospolitego *Taxus baccata* L. w rezerwacie „Cisy nad Liswartą”. Rozprawa doktorska. SGGW Warszawa.
- Illian J., Penttinen A., Stoyan H., Stoyan D. 2008. Statistical Analysis and Modelling of Spatial Point Patterns (Wiley-Interscience).
- Iszkuło G., Didukh Y., Giertych M. J., Jasińska A. K., Sobierajska K., Szymt J. 2012. Weak competitive ability may explain decline of *Taxus baccata*. Annals of Forest Science 69: 705-712.
- Kenkel N. C. 1988. Pattern of self-thinning in Jack Pine: Testing the random mortality hypothesis. Ecology 69 (4): 1017-1024.
- Kwiatkowska A. J., Symonides E. 1980. Przegląd metod oceny typu rozkładu przestrzennego populacji roślinnych. Wiadomości Ekologiczne 26: 25-56.
- Lewandowski Z., Tumiłowicz J. 1962. Cisy w nadleśnictwie Purda Leśna. Rocznik Dendrologiczny 16.
- McElhinny Ch., Gibbons P., Brack B., Bauhus J. 2005. Forest and woodland stand structural complexity: Its definition and measurement. Forest Ecology and Management 218 (1-3): 1-24.
- Moeur M. 1993. Characterizing spatial patterns of trees using stem-mapped data. Forest Science 39 (4): 756-775.
- Pastorella E., Paletto A. 2013. Stand structure indices as tools to support forest management: an application in Trentino forests (Italy). Journal of Forest Science 4: 159-168.
- Pielou E. C. 1961. Segregation and symmetry in two-species populations as studies by nearest-neighbor relationships. Journal of Ecology 49: 255-269.
- Pommerening A. 2006. Evaluating structural indices by reversing forest structural analysis. Forest Ecology and Management 224: 266-277.
- Pukkala T., Lahde E., Laiho O. 2013. Species interactions in the dynamics of even- and uneven-aged boreal forests. Journal of Sustainable Forestry 32 (4): 371-403.
- Ripley B. D. 1977. Modelling spatial patterns. Journal of the Royal Statistical Society B 39: 172-192.
- Ruprecht H., Dhar A., Aigner B., Oitzinger G., Klumpp R., Vacik H. 2010. Structural diversity of English yew (*Taxus baccata* L.) populations. European Journal of Forest Research 129: 189-198.
- Salas Ch., Le May V., Núñez P., Pacheco P., Espinosa A. 2006. Spatial patterns in an old-growth *Nothofagus obliqua* forest in south-central Chile. Forest Ecology and Management 231 (1-3): 38-46.
- Spies T. A., Franklin J. F. 1991. The structure of natural young, mature, and old-growth Douglas-Fir forests in Oregon and Washington. W: Aubry K. B., Brookes M. H., Agee J. K., Anthony R. G., Franklin J. F. [red.]. Wildlife and Vegetation of Unmanaged Douglas-Fir Forests, USDA Forest Service, Portland, Oregon. 91-109.
- Szwagrzyk J. 1988. Struktura i dynamika lasu: teoria, metody badania, kontrowersje. Wiadomości Ekologiczne 4: 355-373.
- Szwagrzyk J., Czerwczak M. 1993. Spatial patterns of trees in natural forests of East-Central Europe. Journal of Vegetation Science 4: 469-476.

- Szwańgrzyk J., Ptak J. 1991. Analiza struktury przestrzennej populacji i zbiorowisk oparte na znajomości rozmieszczenia osobników. *Wiadomości Ekologiczne* 37: 107-124.
- Szwańgrzyk J., Szewczyk J., Bodziarczyk J., 1997. Spatial variability of a natural stand in the Babia Góra National Park. *Folia Forestalia Polonica A* 39: 61-78.
- Szmyt J. 2012. Spatial structure of managed beech dominated forest: applicability of nearest neighbors indices. *Dendrobiology* 68: 69-76.
- Szmyt J., Korzeniewicz R. 2007. Poziome rozmieszczenie drzew w osiemdziesięcioletnich gospodarczych drzewostanach świerkowych w Nadleśnictwie Sławno. *Sylwan* 151 (9): 3-11.
- Szmyt J., Korzeniewicz R. 2010. Przestrzenne zróżnicowanie drzewostanów daglezjowych (*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco) odnowionych sadzeniem na siedliskach BMśw i LMśw. *Sylwan* 154 (11): 791-800.
- Szmyt J., Korzeniewicz R. 2012. Zróżnicowanie przestrzenne niepielęgowanych drzewostanów brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* L.) odnowionych sadzeniem. *Leśne Prace Badawcze* 73 (4): 323-330.
- Szmyt J., Sugiero D. 2006. Horizontal distribution of the young generation of trees in fir- beech (*Abies alba* Mill, *Fagus sylvatica* L.) stands developed with the improved gradual group cutting system. *Acta Scientiarum Polonorum* 5 (2): 109-121.
- Szymański S. 1986. Ekologiczne podstawy hodowli lasu. PWRiL, Warszawa.
- Tomanek J., Witkowska-Żuk L. 2008. Botanika leśna. PWRiL, Warszawa.
- Zaręba R. 1984. Możliwości reintrodukcji w lasach i utrzymania w rezerwach cisa pospolitego – *Taxus baccata* L. *Sylwan* 128 (11): 31-33.
- Watt A.S. 1947. Pattern and process in the plant community. *Journal of Ecology* 35: 1-22.
- Włoczewski T. 1968. Ogólna hodowla lasu. PWRiL, Warszawa.