

TOMASZ SKRZYDŁOWSKI

Zmienność przestrzenna i czasowa opadu bukwi na podstawie obserwacji w Babiogórskim i Ojcowskim Parku Narodowym

Spatial and temporal variation in seed fall of beech in the Babia Góra and Ojców National Parks

ABSTRACT

Spatial and temporal pattern of seed fall of beech was examined in the subalpine and upland natural forests with prevailing beech. The obtained results point to several regularities associated with seed density, fraction of full seeds in the seedlot, date of seeding and constant of the spatial pattern of beech seed fall.

KEY WORDS

Fagus sylvatica, seed production, seed dispersal, seed viability

Wstęp

Ważnymi czynnikami determinującymi poziom szans naturalnego odnowienia się drzew są między innymi liczba wykształconych nasion oraz ich kondycja zdrowotna.

Poszczególne gatunki drzew leśnych wykazują duże różnice w liczbie wytworzonych diaspor, wynoszące niekiedy wiele tysięcy sztuk. Ilość wytworzonych w danym roku nasion może się również bardzo zmieniać w obrębie każdego gatunku. Dotyczy to zwłaszcza gatunków drzew ciężkonasiennych, u których szczególnie wyraźnie obserwowana jest zmienność czasowa obradzenia nasion [Burschel 1966, Healy i in. 1999]. Wielkość urodzaju zależy również od warunków siedliskowych [Gadekar 1975, Dzwonko 1990], w tym zwłaszcza od warunków świetlnych, klimatycznych oraz od wielu innych czynników [Watt 1923, Burschel 1966, Suszka 1977, 1983, 1990, Graber, Leak 1993, Gurnell 1993, Harmer 1994, Hilton i Packham 1997, Chałupka 1999, Tylkowski 1999].

W celu poznania rzeczywistych możliwości produkcyjnych dolnoreglowych i wyżynnych drzewostanów bukowych wykonano badania w lasach o charakterze pierwotnym. Istotnym elementem pracy było również poznanie różnych względów przestrzennych i czasowych związanych z opadaniem nasion.

Materiał i metody

TEREN BADAŃ. Badania prowadzono w rezerwacie „Żarnówka” położonym w reglu dolnym Babiogórskiego Parku Narodowego (BPN) oraz w rezerwacie „Chełmowa Góra” w Ojcowskim Parku Narodowym (OPN).

TOMASZ SKRZYDŁOWSKI

Pracownia Naukowa
Tatrzański Park Narodowy
ul. Chałubińskiego 42a
34-500 Zakopane
skrzydlowski@wp.pl

Rezerwat Żarnówka obejmuje kilkadziesiąt hektarów lasu o charakterze pierwotnym, należącego w przeważającej części do zespołu buczyny karpackiej *Dentario glandulosae-Fagetum* [Celiński, Wojterski 1983]. W drze-

wostanie gatunkiem dominującym jest buk (57%), obok niego występują: jodła (18,9%) i świerk (23,9%) [Szewczyk 2001].

Na powierzchni „Chelmowa Góra” najczęstszym zespołem jest również buczyna karpacka *Dentario glandulosae-Fagetum* [Michalik 1987]. Drzewostan stanowi głównie buk (69,3%). Występuje również jodła, jawor, sosna pospolita, klon pospolity, brzoza brodawkowata i jesion [Skrzydłowski 2002].

Prace terenowe i kameralne

Badania trwały od 1995 roku do 2001 roku w BPN i od 1999 roku do 2001 roku w OPN. W celu oceny zmienności czasowej i przestrzennej obsiewu bukwi wystawiono na siatce kwadratów (20 × 20 m), koliste chwytki o powierzchni 0,5 m² (w sumie 80 sztuk na obu powierzchniach). Zawartość chwytek była wybierana w cotygodniowych odstępach czasu (w sezonie 1995/1996 co dwa tygodnie) w okresie od pierwszego września do pojawienia się na powierzchni trwałej pokrywy śnieżnej tj. do około dziesiątego listopada. Nasiona wybierano z chwytek również wiosną po zejściu śniegów.

Opadłe nasiona buka zostały policzone i podzielone na cztery kategorie: pełne (prawidłowo wykształcone), puste, uszkodzone przez owady oraz uszkodzone przez kręgowce w koronach drzew (najprawdopodobniej przez ptaki).

Do obliczenia siły związków przestrzennych i czasowych między nasionami w poszczególnych latach zastosowano współczynnik korelacji rang Spearmana (test nieparametryczny) oraz test zgodności Kendalla [Sokal i Rohlf 1981]. W obliczeniach nie uwzględniono lat 1996-1997, ponieważ w tym okresie zebrano tylko pojedyncze nasiona.

Wyniki

Na obu powierzchniach objętych badaniami najliczniejszą grupę nasion stanowiły nasiona buka. Jedynie w 2000 roku na powierzchni w BPN, wystąpiła przewaga nasion świerka.

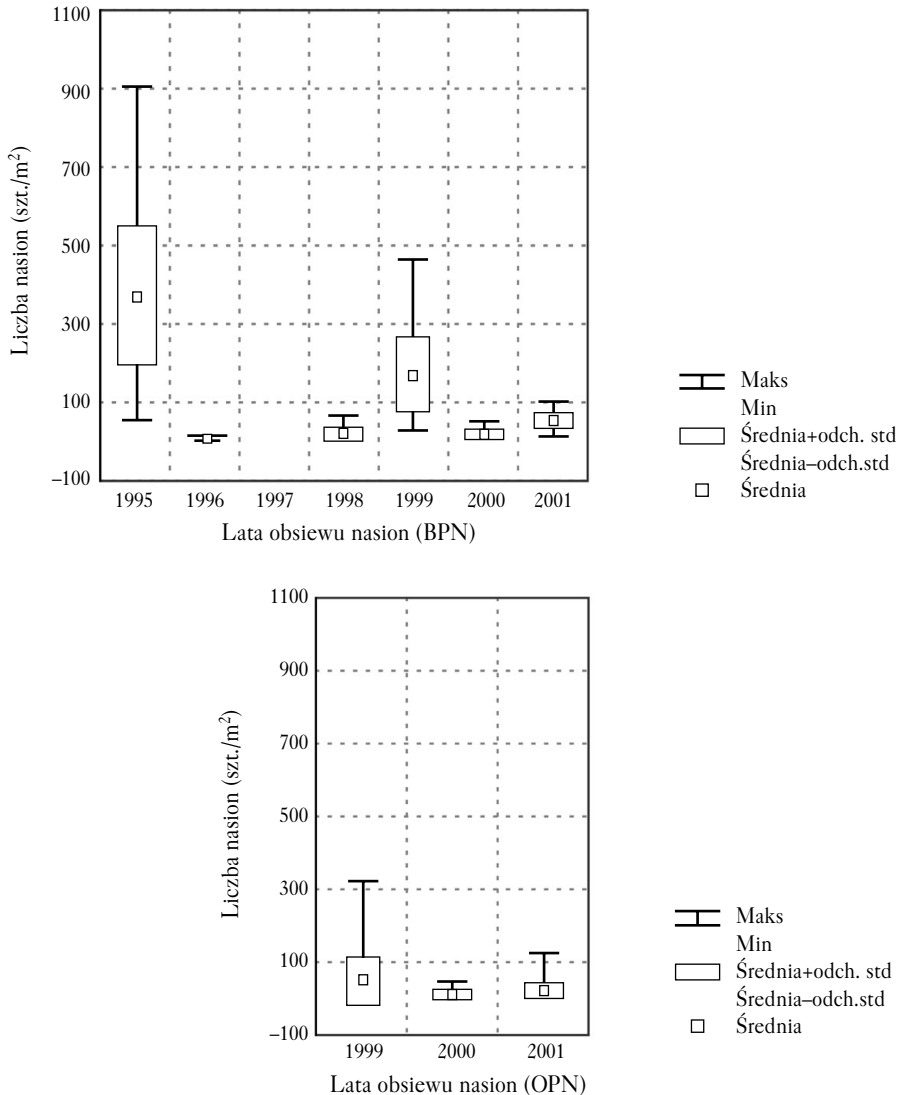
W BPN, w okresie tych siedmiu lat zaobserwowano jeden rok bardzo dużego urodzaju buka (1995). Średnie zagęszczenie nasion w sezonie 1995/1996 wyniosło 409,05 szt./m². Kolejnym rokiem dużego urodzaju był rok 1999 – 177,04 szt./m². W pozostałych latach nasiona pojawiały się nielicznie. Wśród tych lat, zanotowano jeden rok małego urodzaju (2001), w którym było 38,93 szt./m² oraz cztery lata tzw. głuche (1996, 1997, 1998, 2000). W latach 1996-1997 zanotowano jedynie pojedyncze nasiona buka. W roku 1998 było 13,12 szt./m², natomiast w roku 2000 – 8,38 szt./m² (ryc. 1).

Udział procentowy bukwi w stosunku do wszystkich nasion w BPN w poszczególnych latach kształtował się następująco; w roku 1995 – 76,81%, 1998 – 63,08%, 1999 – 87,05%, 2000 – 26,18%, 2001 – 76,71%.

W OPN, w ciągu trzech lat obserwacji nie stwierdzono dużego urodzaju bukwi. Największą wartość średniego zagęszczenia otrzymano w roku 1999 – 46,06 szt./m². W pozostałych latach było to; w roku 2001 – 23,48 szt./m² oraz w roku 2000 – 21,19 szt./m² (ryc. 1).

W OPN, udział bukwi w stosunku do wszystkich nasion (z wyjątkiem nasion brzozy), wyniósł 66,79% w sezonie 1999/2000, 56,41% (2000/2001) oraz 63,41% (2001/2002). Rozproszenie nasion na dnie lasu w BPN było dość równomierne, podczas gdy w OPN w badanych sezonach nasiona pojawiły się liczniej jedynie na pięciu powierzchniach (z 32).

Zagęszczenie nasion pełnych buka zasadniczo różniło się od zagęszczenia wszystkich nasion na jednostkę powierzchni. Udział procentowy nasion pełnych względem puli wszystkich nasion wyniósł dla powierzchni babiogórskiej; dla 1998 roku – 57,52%, dla 1999 roku – 82,45%,



Ryc. 1.

Wielkość obsiewu bukwi w poszczególnych latach na powierzchniach w BPN i OPN. W roku 1997 nie zebrano szczególnych danych o wielkości obsiewu nasion

Self-seeding of beech in the Babia Góra and Ojców National Parks. In 1997 no data on self-seeding of beech were collected

dla 2000 roku – 10,67%, dla roku 2001 – 26,26%. W przypadku OPN wartości te kształtowały się na następującym poziomie: dla 1999 roku – 66,57%, dla 2000 roku – 18,86%, dla 2001 roku – 4,36%.

ZMIENNOŚĆ CZASOWA OPADU BUKWI. Opad nasion buka był bardzo rozciągnięty w czasie (zwłaszcza w BPN). Największe średnie zagęszczenia bukwi stwierdzono między 19 września a 3 listopada w BPN oraz między 14 września a 4 października w OPN. W roku imponującego obsiewu (1995) najwięcej nasion zebrano na przełomie października i listopada (15.X-03.XI)

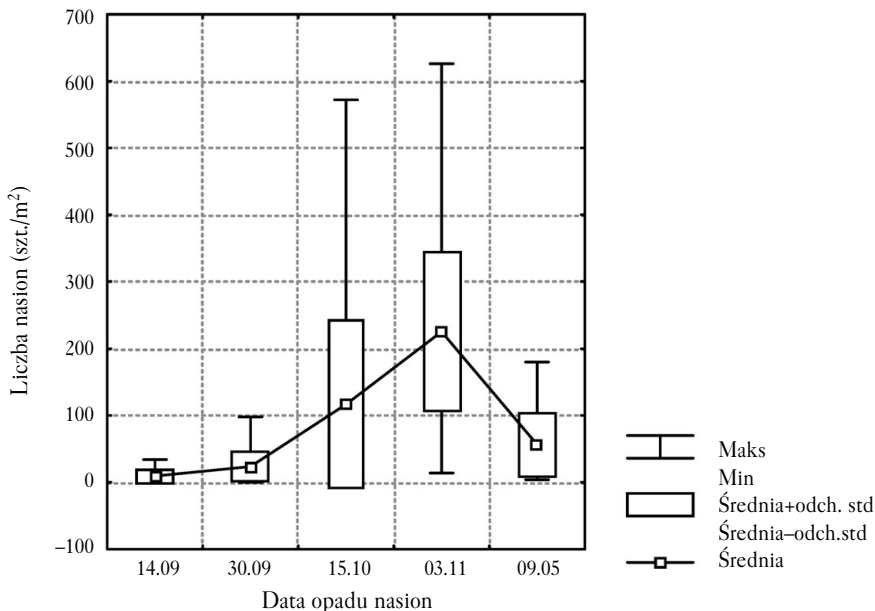
tj. w najpóźniejszym z obserwowanych terminów jesiennych – średnie zagęszczenie nasion wyniosło 224,21 szt./m² (ryc. 2). W roku 1999 wskutek zaistnienia w pierwszej połowie października niekorzystnych warunków atmosferycznych dla obsiewu nasion (opady deszczu, obniżenie się temperatury), zaznaczają się wyraźnie dwa okresy intensywnego ich opadu. Średnie zagęszczenia nasion w tym okresie wyniosły; 79,46 szt./m² (od 18.IX do 30.IX) oraz 41,96 szt./m² (od 14.X do 23.X) (ryc. 3).

W pozostałych sezonach (1998, 2000 i 2001) wartości średnich maksymalnych zagęszczeń oraz odpowiadających im terminów kształtowały się następująco; 10,4 szt./m² (od 02.X do 18.X) w 1998 roku, 4,21 szt./m² (od 19.IX do 01.X) w roku 2000 oraz 14,09 szt./m² (od 01.X do 10.X) w 2001 roku.

Średnie wartości najintensywniejszego opadu nasion w OPN dla roku 1999 wyniosły 15,56 szt./m² dla okresu od 14.IX do 25.IX (ryc. 4), dla 2000 roku – 7,25 szt./m² (od 30.IX do 04.X). W roku 2001 najwięcej nasion (12,45 szt./m²) spadło w okresie od 20.IX do 01.X.

Z kolei największe wartości średnich zagęszczeń nasion pełnych zanotowano między 18.IX a 23.X. na powierzchniach babiogórskich. W roku nasiennym 1999 największy procent nasion pełnych na poziomie 83% odnotowano w terminach obserwacji przypadających na okresy 18. IX – 6.X oraz 14.X – 23.X.

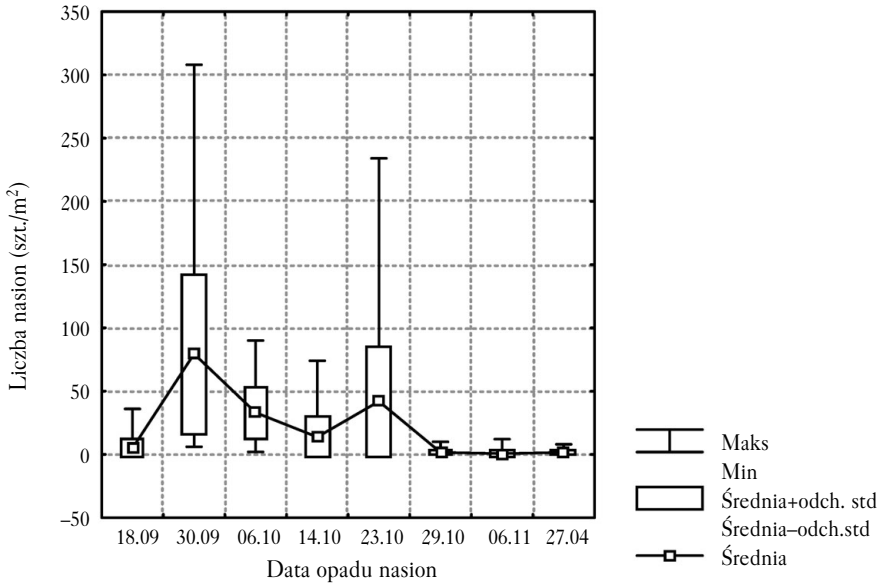
W OPN największe wartości średnich zagęszczeń nasion pełnych pojawiły się między 14.IX a 04.X. W roku 1999, będącym rokiem najliczniejszego pojawienia się nasion największy udział nasion pełnych (68%) stwierdzono między 25.IX a 2.X.



Ryc. 2.

Przebieg procesu opadania bukwi (wszystkich nasion) w BPN w sezonie 1995/1996. Przedstawione na rycinie wartości oparte są na materiale zebranym z 25 chwytaków.

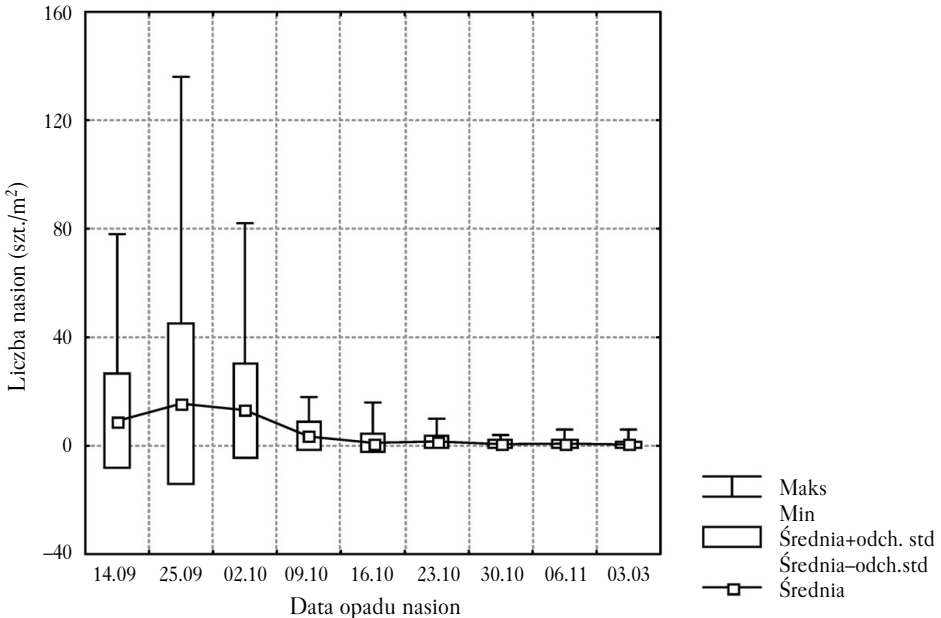
The fall of beech seeds (all seeds) in the Babia Góra National Park in the 1995/1996 season. The values presented in the diagram are based on the material collected in 25 interceptors



Ryc. 3.

Przebieg procesu opadania bukwi (wszystkich nasion) w BPN w sezonie 1999/2000. Przedstawione na rycinie wartości oparte są na materiale zebranym z 48 chwytaków

The fall of beech seeds (all seeds) in the Babia Góra National Park in the 1999/2000 season. The values presented in the diagram are based on the material collected in 48 interceptors



Ryc. 4.

Przebieg procesu opadania bukwi (wszystkich nasion) w OPN w sezonie 1999/2000. Przedstawione na rycinie wartości oparte są na materiale zebranym z 32 chwytaków

The fall of beech seeds (all seeds) in the Ojców Góra National Park in the 1999/2000 season. The values presented in the diagram are based on the material collected in 32 interceptors

ZMIENNOŚĆ PRZESTRZENNA OPADU BUKWI. Obliczone dla powierzchni babiogórskiej współczynniki korelacji rang Spearmana wskazują na istnienie wysokiej powtarzalności wzorca przestrzennego pojawiania się nasion między latami dużego urodzaju nasion (1995/1999). W pozostałych przypadkach osiągnięte poziomy korelacji są niższe bądź nieistotne statystycznie (tab. 1). Dla całego zestawu danych o wielkości obsiewu nasion obliczono również współczynnik zgodności Kendalla. Otrzymany wynik korelacji zgodności Kendalla ($\tau=0,911$; $p<0,000$) wskazuje na wysoką powtarzalność wzorca przestrzennego opadu nasion podczas całego okresu obserwacji.

Tabela 1.

Współczynniki korelacji rang Spearmana pomiędzy liczbami nasion buka na powierzchniach badawczych w BPN

Spearman's rank correlation coefficients for the numbers of beech seeds on the study sites in the Babia Góra National Park

| Data | Współczynnik korelacji rang Spearmana | | | |
|----------|---------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Poziom istotności (p) | | | |
| | BPN 1998 | BPN 1999 | BPN 2000 | BPN 2001 |
| BPN 1995 | 0,07 p=0,728 | 0,622 p=0,000 | 0,478 p=0,004 | 0,128 p=0,470 |
| BPN 1998 | – | 0,04 p=0,823 | 0,471 p=0,017 | 0,333 p=0,202 |
| BPN 1999 | – | – | 0,254 p=0,08 | 0,444 p=0,002 |
| BPN 2000 | – | – | – | 0,227 p=0,133 |

Tabela 2.

Współczynniki korelacji rang Spearmana pomiędzy liczbami nasion buka na powierzchniach badawczych w OPN

Spearman's rank correlation coefficients for the numbers of beech seeds on the study sites in the Ojców Góra National Park

| Data | Współczynnik korelacji rang Spearmana | |
|----------|---------------------------------------|------------------|
| | Poziom istotności (p) | |
| | OPN 2000 | OPN 2001 |
| OPN 1999 | 0,517 p=0,02 | 0,632 p=0,000 |
| OPN 2000 | – | 0,281 p=0,125 |

W OPN uzyskane wartości korelacji rang Spearmana wskazują na istnienie związku przestrzennego między latami o większym urodzaju nasion. Wartość współczynnika korelacji zwiększa się w miarę wzrostu zagęszczenia nasion w danym roku (tab. 2). Dla całego zestawu danych obliczono również współczynnik zgodności Kendalla. Wartość współczynnika okazała się jednak niska ($\tau=0,245$) przy poziomie istotności $p<0,000$.

Dyskusja

Obfite obradanie nasion buka odbywa się co kilka lat, przy czym stopień jego nasilenia w poszczególnych latach jest bardzo zmienny [Burschel i in. 1992]. Częstość obradania nasion buka co 8-10 lat podawana przez Tyszkiewicza [1947, za: Suszka 1990] wydaje się, że jest okresem zbyt długim. Obserwacje z BPN wskazują, że lata dobrego urodzaju (powyżej 150 szt./m²) pojawiają się częściej, co 3-4 lata [Szewczyk 2001]. W warunkach Niziny Niemieckiej okres ten jest nawet jeszcze krótszy (2-3 lata) [Burschel 1966]. U północnoamerykańskiego gatunku *Fagus grandifolia*, lata nasienne występują co 3 lata [Graber, Leak 1993]. Zdarzają się jednak sezony, w których liczba wytworzonych nasion może przekroczyć 500 szt./m² np. w Holstein [Burschel 1966] i na Babiej Górze [Szewczyk 2001]. Być może właśnie takie lata Tyszkiewicz miał

na uwadze. Z danych podanych przez Kantorowicza [2000] wynika natomiast, że lata o bardzo dużej urodzajności pojawiają się znacznie rzadziej – w ciągu ostatnich 50 lat były dwa takie przypadki (1957 i 1995).

Opad bukwi u *Fagus sylvatica* występuje głównie w październiku [Burschel 1966, Gurnell 1993, Suszka 1990], ale dotyczy to lat dobrego urodzaju. W BPN termin opadu nasion był tym późniejszy im zagęszczenie nasion w danym roku było wyższe. Wrześniowy opad nasion w OPN ze względu na krótki cykl obserwacji trudno uznać za regułę. W BPN i w OPN pierwsze nasiona opadają pod koniec sierpnia lub na początku września. Znacznie później opadają nasiona pełne, zwykle w drugiej połowie września, a często dopiero pod koniec tego miesiąca. W miarę wzrostu intensywności opadu nasion frakcja nasion pełnych dominuje w puli wszystkich nasion, a dominacja ta jest tym większa im większy urodzaj w danym roku i opad nasion w określonym terminie obserwacji. Nie należy jednak oczekiwać, że w pewnym okresie czasu będą spadały wyłącznie nasiona pełne [Suszka 1990]. Udział nasion pełnych w miesiącu najintensywniejszego opadu bukwi (październiku) kształtuje się na poziomie od około 60% (przy 100 szt./m²) i 70% (160 szt./m²) [Burschel 1966] do ponad 80% (180 szt./m²) w BPN.

W przeciwieństwie do buka zwyczajnego, u północnoamerykańskiego buka *Fagus grandifolia* zaobserwowano dwie kulminacje obsiewu nasion; pierwszą, lipcową i drugą październikową. W terminach najintensywniejszego opadu nasion udział nasion pełnych wahał się jednak na bardzo zbliżonym poziomie, od 70 do 90% [Graber i Leak 1993].

Uzyskane wyniki korelacji rang Spearmana, a zwłaszcza współczynnika zgodności Kendalla wskazują na istnienie związków przestrzennych opartych na powtarzalności zagęszczeń nasion w poszczególnych latach. Związki te zaobserwowano głównie między latami nasiennymi, a ich siła wzrasta w miarę wzrostu zagęszczeń nasion. Wynika to prawdopodobnie z obecności w drzewostanie pojedynczych drzew bądź grupy drzew o dużym podobieństwie właściwości produkcyjnych; tak w sensie liczby wykształconych nasion jak i synchronizacji częstości lat nasiennych. W OPN zwraca uwagę stosunkowo duża wartość współczynników korelacji mimo małych zagęszczeń nasion (w porównaniu do BPN). Ma to zapewne związek z obecnością w sąsiedztwie kilku chwytków, rozmieszczonych na siatce kwadratów grupy drzew o dużej średnicy i rozbudowanej koronie.

Wnioski

1. Bukiew najintensywniej opada od połowy września do pierwszych dni listopada; termin jej opadu jest tym późniejszy im większy jest urodzaj w danym roku.
2. Wykazano dodatni związek między frakcją nasion pełnych a liczbą opadłych nasion.
3. Uzyskane wyniki wskazują na powtarzalność wzorca przestrzennego opadu bukwi w poszczególnych latach. Siła związku między latami wzrasta wraz ze zwiększającym się zagęszczeniem nasion w danym roku.

Literatura

- Burschel P. 1966. Untersuchungen in Buchenmastjahren. Forstwiss. Cbl., 85: 204-219.
- Burschel P., El Kateb H., Mosandl R. 1992. Experiments in mixed mountain forests in Bavaria [W:] Kelty M.J., Larson B.C., Oliver C.D. [red.]. The Ecology and Silviculture of Mixed-Species Forests. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 83-216.
- Celiński F., Wojterski T., 1983. Szata roślinna Babiej Góry. [W:] Zabierowski K. [red.] – Park Narodowy na Babiej Górze. Przyroda i człowiek. PWN, Warszawa. 121-178.
- Chałupka W. 1999. Faza rozwoju generatywnego w ontogenezie. [W:] Bugała W. [red.]. Klony, 720 str.]. PWN. Warszawa-Poznań. 187-197.
- Dzwonko Z. 1990. Ekologia [W:] Białobok S. [red.]. Buk zwyczajn. PWN. Warszawa-Poznań. 237-328.

- Gadekar H. 1975. Ecological conditions limiting the distribution of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. near Schwarzenberg (Lucerne) Switzerland. Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH, Stiftung Rubel, Zurich, 54. Heft.
- Graber R. E., Leak W. B. 1993. Six-Year Beechnut Production in New Hampshire. Res. Pap. NE – 677. Radnor, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. 11 p.
- Gurnell J. 1993. Tree Seed Production and Food Conditions for Rodents in an Oak Wood in Southern England. *Forestry* Vol. 66. 3: 291-315.
- Harmer R. 1994. Natural regeneration of Broadleaved Trees in Britain: II Seed Production and Predation. *Forestry* Vol. 67. 4: 275-286.
- Healy M.W., Lewis A.M., Boose E.F. 1999. Variation of red oak acorn production. *Forest Ecology and Management* 116: 1-11.
- Hilton G. M., Pachham J. R., 1997. A sixteen-year record of regional and temporal variation in the fruiting of beech (*Fagus sylvatica* L.) in England (1980-1995). *Forestry*, Vol. 70. 1: 7-16.
- Kantorowicz W. 2000. Obradzenie oraz zbiór nasion buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) w latach 1951-1999. W: Ocena wartości genetycznej oraz problemy zagospodarowania selekcyjnego buczyn karpackich. Referaty i materiały pokonferencyjne, *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie*. 69: 265-269.
- Michalik S. 1987. Zbiorowiska roślinne stałej powierzchni badawczej „Chełmowa Góra” w Ojcowskim Parku Narodowym. *Parki Narodowe i Rezerwy Przyrody*. 79-88.
- Skrzydłowski T. 2002. Analiza mechanizmów kształtujących zmienność przestrzenną i czasową pojawiania się odnowień w naturalnych lasach bukowych. Praca doktorska. Katedra Botaniki Leśnej i Ochrony Przyrody AR w Krakowie. 166.
- Sokal R.R., Rohlf J.F. 1981. *Biometry*. W: H. Freeman and Co., New York. 859.
- Suszka B. 1977. Rozmnażanie generatywne. W: Białobok S. [red.]. *Świerk polspolity*, 545. PWN, Warszawa-Poznań. 199-238.
- Suszka B. 1983. Rozmnażanie generatywne. W: Białobok S. [red.]. *Jodła pospolita*, 566. PWN, Warszawa-Poznań. 175-266.
- Suszka B. 1990. Rozmnażanie generatywne. W: Białobok S. [red.]. *Buk zwyczajny*, 654. PWN, Warszawa-Poznań. 375-498.
- Szewczyk 2001. Uwarunkowania procesu odnowienia lasu w naturalnych drzewostanach bukowych. Praca doktorska. Katedra Botaniki Leśnej i Ochrony Przyrody AR w Krakowie. 137.
- Tylkowski T. 1999. Rozmnażanie generatywne. W: Bugała W. [red.]. *Klony*, 720. PWN, Warszawa-Poznań: 199-227.
- Watt A. S. 1923. On the ecology of British beechwoods with special reference to their regeneration. *J. Ecol.* 11 1-148.

SUMMARY

Spatial and temporal variation in seed fall of beech in the Babia Góra and Ojców National Parks

A total of 80 interceptors arranged on a grid 20 × 20 m squares on the permanent study sites to obtain information about the number of beech seeds produced in a given year and the dates of their fall in individual seasons.

Observations indicate that the mast years (over 150 seeds/m²) occur every 3-4 years. The seed fall in the Babia Góra National Park in the mast years takes place in October. The greater seed production in a given year the later is the seed fall. Information about the September seed fall in the Ojców National Park should not be regarded as reliable because the observation period was too short.

The fraction of full seeds dominating in the seedlot increases with the increasing intensity of the seed fall. The greater seed production in a given year and seed fall on a given observation date the dominance is greater.

The results obtained on the basis of the Spearman's rank correlation, and Kendall coefficient of concordance in particular, point to spatial relationships based on the repetitiveness of densities of produced beech seeds in individual years. These relationships were noticed mainly in the periods between the mast years and the strength of these relationships was higher with the increase in seed densities. This probably results from the presence of single trees or groups of trees in a stand with a high similarity of productive abilities both with regard to the number of well-developed seeds and frequency of mast years.