

PL ISSN 0065-0927

POLSKA AKADEMIA NAUK — ODDZIAŁ W KRAKOWIE
KOMISJA NAUK ROLNICZYCH I LEŚNYCH

acta agraria et silvestria

SERIES SILVESTRIS

Vol. LV

2017

KRAKÓW

POLSKA AKADEMIA NAUK — ODDZIAŁ W KRAKOWIE
KOMISJA NAUK ROLNICZYCH I LEŚNYCH

ACTA
AGRARIA ET SILVESTRIA

SERIES SILVESTRIS

Vol. LV, 2017

KRAKÓW

KOMITET REDAKCYJNY

Jerzy Skrzyszewski (redaktor serii)
Jerzy Starzyk, Maciej Pach, Anna Gazda (redaktor językowy)

RADA PROGRAMOWA

Przewodniczący – Stanisław Małek
Członkowie – Tadeusz Andrzejczyk, Andrej Bončina (Słowenia), Felipe Bravo (Hiszpania),
Stanisław Brożek, Lluís Coll (Hiszpania), David Forrester (Szwajcaria), Mikołaj Guż (Ukraina),
Andrzej Jaworski, Leon Jagoda, W.L.(Bill) Mason (Wielka Brytania), Jerzy Modrzyński,
Renzo Motta (Włochy), Bengt Nihlgard (Szwecja), Stanisław Orzeł, Sanja Perić (Chorwacja),
Quentin Ponette (Belgia), Milan Saniga (Słowacja), Janusz Sowa, Peter Spathelf (Niemcy),
Dejan Stojanović (Serbia)

ADRES REDAKCJI

Zakład Szczegółowej Hodowli Lasu
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
31-425 Kraków, al. 29 Listopada 46

REDAKTOR TOMU

Grażyna Fallowa

Publikacja tomu sfinansowana ze środków
Wydziału Leśnego Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie

© *Copyright by Authors, Polska Akademia Nauk, Wydział Leśny Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie
Kraków 2017*

Polska Akademia Nauk — Oddział w Krakowie
31-018 Kraków, ul. św. Jana 28
tel./faks (12) 356 23 80
Druk i oprawa: FALL, ul. Garczyńskiego 2, 31-524 Kraków

ZASTOSOWANIE MIKROORGANIZMÓW W PROCESIE BIOREMEDIACJI – MODELE APLIKACYJNE*

Anna Grobelak
Karolina Biś
Małgorzata Kacprzak

Politechnika Częstochowska
Wydział Infrastruktury i Środowiska
Instytut Inżynierii Środowiska
ul Brzeźnicka 60a, 42-200 Częstochowa
e-mail: agrobelak@is.pcz.czest.pl

ABSTRACT

A. Grobelak, K. Biś, M. Kacprzak 2017. *Use of microorganisms in bioremediation process – application models.* Acta Agr. Silv. ser. Silv. 55: 3–11.

For the reclamation of anthropogenic areas, contaminated with heavy metals or organic substances, living organisms, including microorganisms and plants, are increasingly used. In the bioremediation processes of soils, due to the high potential for degradation of pollutants, bacteria and fungi are used more commonly. Phytoremediation is a process based on the use of appropriately selected plants, characterized by the ability to accumulate trace metals in their tissues. The bacteria that live in the root zone of the plant, so-called Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR), affect plants, contributing to growth promotion. Specific microorganisms, due to their properties for producing siderophores, supplying plants with valuable minerals, and their defense against pathogens, provide plants with adequate conditions for their growth and development, limiting the impact of biotic and abiotic stressors. The aim of the study was to select consortia of synergistic microorganisms for possible applications in the remediation of degraded soils and in promoting plant growth in agriculture. The next objective was to create application models for the use of bioproducts on specific soils (landslide of lignite open-cast mines and soil contaminated with heavy metals) and using selected plants. Rhizosphere bacteria because of the ability to inhibit the growth of pathogenic fungi as an alternative to chemical pesticides used in agriculture on a large scale. The study found that the consortium for the reclamation of areas contaminated with organic substances besides bacteria should also enter the fungi for more effective detoxification of pollution. However, in order to carry out more effective bioremediation process, use the consortium of microorganisms, not only single strains is recommended.

KEY WORDS: bioremediation, plants growth promoting bacteria, anthropogenic soil

SŁOWA KLUCZOWE: bioremediacja, mikroorganizmy wspomagające wzrost roślin, gleba antropogeniczna

I. WSTĘP

Na skutek rozwoju przemysłu oraz postępującej antropogenizacji obserwuje się tendencję do wzrostu zanieczyszczenia środowiska naturalnego. W celu rekultywacji terenów antropogenicznych, skażonych metalami ciężkimi czy substancjami pochodzenia organicznego, coraz częściej wykorzystuje się organizmy, w tym zarówno mikroorganizmy, jak i rośliny. W procesach remediacyjnych

* Źródło finansowania: TANGO1/266740/NCBR/2015

gleb zwanych bioremediacją, z uwagi na wysoki potencjał do degradacji zanieczyszczeń, znajdują zastosowanie bakterie oraz grzyby. Bakterie, które bytują w strefie korzeniowej roślin, tak zwane PGPR (ang. *Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) wpływają na roślinę w sposób pośredni oraz bezpośredni, przyczyniając się do poprawy jej wzrostu. Mikroorganizmy promujące wzrost zapewniają roślinom korzystne warunki do wzrostu i rozwoju, ograniczając wpływ biotycznych i abiotycznych czynników stresowych. Z tego też względu wiele mikroorganizmów zostało skomercjalizowanych w celu wykorzystania w rolnictwie jako tak zwane biopreparaty, wpływające pozytywnie nie tylko na rośliny, ale również na właściwości gleb.

Bioremediacja odnosi się do zastosowania biologicznego systemu mikroorganizmów w celu eliminacji zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych, jakie znajdują się w glebie. Najczęściej w celu rekultywacji terenów zdegradowanych wykorzystuje się bakterie, których zadaniem jest unieruchomienie oraz detoksykacja zanieczyszczeń (Gadd 2010). Mikroorganizmy odgrywają kluczową rolę w procesach bioremediacji z uwagi na kilka zasadniczych właściwości oraz cech. Substancje skażające stanowią dla nich pokarm, źródło węgla i energii. Mikroorganizmy są powszechne, zasiedlają prawie każde środowisko, a z uwagi na ich małe rozmiary oraz właściwości chemotaktyczne posiadają zdolność dotarcia do każdego rodzaju zanieczyszczenia, którego stężenie nie jest toksyczne. Ich zdolność do rozkładu wielu różnych zanieczyszczeń wynika głównie z ogromnej bioróżnorodności posiadanych enzymów katabolicznych oraz zdolności do aranżacji specyficznych szlaków metabolicznych indukowanych obecnością określonego skażenia (Błaszczuk 2009).

Zastosowanie mikroorganizmów do gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi i substancjami pochodzenia organicznego

a) gleby zanieczyszczone metalami ciężkimi

Metale ciężkie występują w środowisku głównie jako skutek działalności antropogenicznej i stanowią potencjalne zagrożenie dla organizmów żywych (Krzyżak 2013). Niektóre z tych metali są podstawowymi mikroelementami roślin niezbędnymi do prawidłowego wzrostu i rozwoju (Karimi i in. 2011). Zdolność do wiązania metali w glebach posiadają przede wszystkim bakterie oraz grzyby. Mechanizm unieruchamiania metali przez mikroorganizmy polega na immobilizacji tych związków przy użyciu mechanizmów takich jak adsorpcja, precypitacja, kompleksowanie, wymiana jonowa, a także aktywny transport do komórki (Grobela, 2016). Rodzaj *Trichoderma* jest jednym z najbardziej obiecujących grzybów wykorzystanych w procesach wspomagania fitoremediacji. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, iż szczep *T. harzianum* może usunąć cyjanek potasu oraz przyczynić się do rozwoju korzeni paproci *Pteris vittata*, hiperakumulatora arsenu. W przypadku *T. harzianum* T22 stwierdzono jego pozytywny wpływ na wzrost młodych drzew wierzby kruchej rosnącej na glebie skażonej metalami ciężkimi. Obecność *T. atroviride* T6 w strefie korzeniowej

Brassica juncea var. *foliosa* wpływa na wzrost tych roślin w glebie zanieczyszczonej kadmem oraz niklem, a także zwiększa wartość wskaźnika biokoncentracji (BFC) oraz indeksu translokacji (TI), a zatem sprzyja fitoekstrakcji (Kacprzak 2013).

b) gleby zanieczyszczone substancjami pochodzenia organicznego

W Polsce zanieczyszczenie środowiska naturalnego przez związki ropopochodne związane jest głównie z małymi, rozproszonymi źródłami emisji tych zanieczyszczeń do ziemi, wód powierzchniowych oraz systemów kanalizacji (Kołoczek i Kaszycki 2004). Proces biodegradacji substancji organicznych w glebie polega na wykorzystaniu mikroorganizmów w celu rozłożenia tych zanieczyszczeń do CO₂ i H₂O. Efektywność tego procesu zależy od czynników takich jak: temperatura, pH gleby, dostęp tlenu, wody, substancji odżywczych (N, P), rodzaju rozkładanej substancji oraz ilości mikroorganizmów znajdujących się w glebie. W bioaugmentacji stosowane są zarówno pojedyncze szczepy, jak i konsorcja bakterii, grzybów oraz tak zwane konsorcja mieszane (Mrozik, 2016). Do unieszkodliwiania zanieczyszczeń ropopochodnych występujących w glebie stosowane są mieszane gatunki bakterii właściwych wraz z promieniowcami, do których należą: *Pseudomonas*, *Corynebacterium*, *Flovobacterium*, *Micrococcus*, *Nocardia*, *Arthrobacter*, *Alcaligenes*, *Achromobacter*, *Mycobacterium*, *Actinobacter*. Bakterie to dominująca grupa mikroorganizmów glebowych, zdolna do degradacji węglowodorów w skażonym środowisku. W warunkach tlenowych stwierdzono zdolność do rozkładu tych związków wśród bakterii typu *Proteobacteria*, *Flexibacter*, *Cytophaga*, *Bacteroides*. Zastosowanie pojedynczego szczepu lub gatunku ogranicza rozkład związków, które występują w ropie, natomiast zastosowanie konsorcjów, składających się z różnych gatunków, przyczynia się do skuteczniejszego rozkładu tych zanieczyszczeń (Błaszczyk, 2009). Zdolność do wykorzystywania WWA jako głównego źródła energii wykazują *Mycobacterium* oraz grzyby *Aspergillus niger*, *Streptomyces cerevisiae*, *Cunninghamella elegans*, *A. ochraceus*, *Phanerochaete chrysosporii* a także *Syncephalastrum racemosum*, wykazujące zdolność do utleniania związków takich jak antracen i piren. W glebach zanieczyszczonych substancjami ropopochodnymi występują głównie bakterie z rodzaju *Pseudomonas* (Gałązka 2015).

c) biologiczna ochrona roślin w leśnictwie

Do metod ochrony szkółek leśnych przed czynnikami chorobotwórczymi zaliczyć można metody alternatywne, do których należy biologiczna ochrona roślin (Oszako i in. 2014). Baker i Cook (Baker i Cook 1974) sformułowali podstawy biologicznej ochrony roślin, które odnoszą się do wykorzystania mikroorganizmów w celu zwalczania patogenów. Schouten (Schouten i in. 2008) pojęcie biologicznej ochrony roślin zdefiniował jako wykorzystanie biopestycydów, zawierających czynnik biotyczny, w celu wyeliminowania organizmów patogennych, bezpośrednio lub pośrednio na nie oddziałując. Bezpośrednie oddziaływanie polega na wytwarzaniu enzymów, antybiotyków, czy nawiązywaniu kontaktu pasożytniczego z patogenem. Na skutek obecności roślin biologiczne czynniki kontroli indukują odporność poprzez mechanizm SAR (*Systematic*

Acquired Resistance) lub ISR (*Induced Systemic Resistance*) (Salas-Marina i in. 2011). W ochronie ekosystemów leśnych główną rolę odgrywają grzyby mikoryzowe, które licznie zaangażowane są w ektomykoryzy (Kowalski i in. 2007). Grzyby mikoryzowe w sposób korzystny oddziałują na rośliny, dlatego też stosowane jest zaszczepianie sadzonek ze szkółek kontenerowych w celu poprawy ich przeżywalności. Działanie to polega między innymi na absorpcji składników mineralnych i wody (Domenech i in. 2004), zwiększaniu odporności na infekcje (Graham 2001), czy też produkcji sideroforów (Grobelać i Hiller, 2017). Do najważniejszych grzybów mikoryzowych stosowanych w biologicznej ochronie roślin należą gatunki *Gigaspora margarita*, *Hebeloma crustuliniforme*, *Sclerocystis dussi* (Kowalski i Wojnowski 2009).

Sposoby aplikacji mikroorganizmów

W procesach bioremediacji stosowane są zarówno pojedyncze szczepy, jak i konsorcja bakterii, grzybów, a także konsorcja mieszane oraz preparaty handlowe (Duffy i in. 1999).

Preparaty biologiczne, w których skład wchodzi między innymi *Bacillus megaterium* i *Pantoea agglomerans*, wykorzystywane są w celu promowania wzrostu roślin, uzyskania dużej ilości biomasy oraz ochrony roślin przed patogenami. W skład biopreparatów wchodzi mikroorganizmy PGPR, bakterie brodawkowe oraz grzyby mikoryzowe (Dąbrowska i in. 2011). Jedną z kolejnych metod wprowadzania mikroorganizmów do środowiska jest zastosowanie tak zwanych mieszanych konsorcjów. Ze względu na synergistyczne efekty działania różnych szczepów wzrasta efektywność degradacji zanieczyszczeń. Istnieje kilka metod wprowadzania mikroorganizmów do środowiska. Najczęściej do zanieczyszczonych gleb mikroorganizmy wprowadza się poprzez równomierne rozpylenie zawiesiny komórek na powierzchni lub poprzez bezpośrednie dostarczenie w głąb gleby. Skuteczniejszym sposobem jest zastosowanie immobilizowanych komórek na, lub w odpowiednich nośnikach. Immobilizowane komórki odznaczają się większą stabilnością, zwiększoną odpornością na czynniki zewnętrzne oraz wydłużonym czasem życia w porównaniu z wolnożyjącymi komórkami. Jedną z kolejnych metod wprowadzania mikroorganizmów do gleby jest tak zwane mieszanie jej z „aktywną glebą”, czyli glebą, która zawiera populacje mikroorganizmów eksponowanych przez dłuższy czas na obecność określonych związków i zaadaptowanych do ich rozkładu. Taki sposób zastosowali w swych badaniach Barbeau i wsp. w celu rozkładu gleb zanieczyszczonych PCB. Po okresie 130 dób nastąpił rozkład tych związków w 90% (Mrozik 2016).

II. WYNIKI

Na podstawie zebranych informacji literaturowych zostały opracowane modele aplikacyjne dedykowane glebie zanieczyszczonej metalami ciężkimi (teren oddziaływania huty cynku w Miasteczku Śląskim), glebie skażonej substancjami

Tabela 1 – Table 1

Model aplikacyjny przeznaczony do rekultywacji terenów zanieczyszczonych metalami ciężkimi
Application model for reclamation of areas contaminated with heavy metals

| Roślina | Konsorcjum mikroorganizmów |
|--|--|
| Rzepak | <i>P. fluorescens</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>A. brasilense</i> , <i>P. putida</i> |
| Gleba | |
| zanieczyszczona metalami ciężkimi głównie Pb, Zn i Cd, kwaśny odczyn | |

pochodzenia organicznego (glebie z terenu kopalni odkrywkowej węgla brunatnego).

Dla modelu aplikacyjnego dedykowanego rekultywacji terenów skażonych metalami ciężkimi, w celu opracowania realnych warunków, z jakimi musiałyby się zmierzyć zarówno mikroorganizmy, jak i rośliny, posłużyła gleba pochodząca z terenu Miasteczka Śląskiego, charakteryzująca się zawartością: Zn (1017 mg/kg), Pb (1276 mg/kg), Cd (10 mg/kg) oraz kwaśnym odczynem (Pająk i Jasik 2010). W skład konsorcjum (tabela 1) dedykowanemu glebie antropogenicznej o podobnych parametrach powinny wchodzić następujące mikroorganizmy: *P. fluorescens* z uwagi na zdolność biosorpcji metali ciężkich jak Cd i Pb (Jankowska i Swędryńska, 2016), *P. putida* ze względu na produkcję kwasu IAA (indoliloocetowego) (Shaharoon i in 2006). *B.subtilis* jako bakteria zdolna do biosorpcji Pb, dodatkowo odznaczająca się zdolnością do przekształcania związków fosforu czy wiązania azotu atmosferycznego (Dąbrowska i Zdziechowska 2015). *Aspergillus brasilense* jako mikroorganizm zdolny do biosorpcji metali Zn i Pb oraz z uwagi na dodatkowe cechy jak wytwarzanie proteaz, przekształcanie związków fosforu do form biodostępnych, czy wiązanie azotu (Klama 2004). Na podstawie doniesień literaturowych idealną rośliną w przypadku fitoremediacji takich gleb byłby rzepak z uwagi na szybki przyrost biomasy i wysoki potencjał fitoekstrakcyjny, a także dobrze rozwinięty system korzeniowy (Dąbrowska i in. 2011).

W przypadku konsorcjum z przeznaczeniem do gleb zanieczyszczonych substancjami organicznymi (całkowita ilość węglowodorów ropopochodnych na poziomie 3752 ± 2641 , TPH mg/kg s.m., odczyn gleby 6,18–6,43) (Steliga 2009), obok bakterii jak: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azospirillum*, powinny znajdować się także *Paracoccus*. Według Mrozika (Mrozik, 2016) bakterie te zdolne są do rozkładu WWA, a także grzyby *Fusarium*, *Penicillium* czy *Aspergillus* w celu skuteczniejszej detoksykacji zanieczyszczeń. Preferowaną rośliną dla takiego rodzaju zanieczyszczeń, na podstawie doniesień literaturowych, są trawy z rodzaju kostrzew (Krzyżak, 2013). Liczne badania potwierdzają korzystny wpływ bakterii strefy korzeniowej na szczepienie roślin, zmagających się z niekorzystnymi czynnikami środowiskowymi jak susza, zasolenie gleb, czy zmiany temperatur (Dąbrowska i in. 2015). Środowisko glebowe zasiedlane jest przez różne gatunki mikroorganizmów, które decydują o żyzności i urodzajności gleb. Czynniki ograniczającymi rozwój mikroflory glebowej jest w głównej mierze dostęp do materii organicznej. Ilość mikroorganizmów w danej glebie odgrywa istotną rolę

Model aplikacyjny przeznaczony do rekultywacji terenów zanieczyszczonych węglowodorami ropopochodnymi

Application model for reclamation of areas contaminated with petroleum hydrocarbons

| Roślina | Konsorcjum mikroorganizmów |
|--|---|
| trawy z rodziny kostrzew | <i>P. fluorescens</i> , <i>P. putida</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>A. brasilense</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Paracoccus</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Penicillium</i> |
| Gleba | |
| Gleba: występowanie zanieczyszczeń organicznych, w tym także WWA | |

w rozkładzie materii organicznej i odpowiada za obieg składników pokarmowych. Jakość gleby zależy od czynników takich jak: zawartość enzymów, liczby występujących w niej mikroorganizmów, zarówno bakterii, jak i grzybów oraz zawartości substancji organicznych. W celu określenia aktywności gleb należy zwrócić szczególną uwagę na aktywność dehydrogenaz oraz fosfataz z uwagi na ich bezpośredni wpływ na zawartość materii organicznej, żyzność gleb, czy występowanie w glebie żywych mikroorganizmów (Kowalska i in. 2011). W celu promowania wzrostu roślin na glebach rolnych należy dokonać doboru mikroorganizmów odpowiednio do realnych warunków środowiskowych (tabela 2). W skład proponowanego konsorcjum mikroorganizmów przeznaczonego do użytku rolnego wchodziłyby następujące mikroorganizmy: *P. fluorescens*, *P. putida*, *B. subtilis*, *A. brasilense*, *Burkholderia phytofirmas*. Wymienione mikroorganizmy znalazły praktyczne zastosowanie w promowaniu wzrostu roślin. Między innymi wchodzi w skład stosowanych w rolnictwie biopreparatów, a ich korzystne oddziaływanie na wzrost i rozwój roślin zostało niejednokrotnie potwierdzone badaniami (Di Barbaro i in. 2015).

III. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Mikroorganizmy znajdują zastosowanie zarówno w bioremediacji gleb antropogenicznych z uwagi na zdolność do biosorpcji zanieczyszczeń, a także w promowaniu wzrostu roślin, co jest podstawą wykorzystania ich w rolnictwie. W literaturze można odnaleźć wiele przykładów efektywnej inokulacji roślin wybranymi szczepami bakterii PGPR, które poprzez mechanizm bezpośredni oraz pośredni wpływają na ich wzrost oraz rozwój. W badaniach (Di Barbaro i in. 2015) potwierdzają korzystny wpływ inokulacji papryki bakteriami *Azospirillum*, które spowodowały wzrost wykiełkowanych nasion w porównaniu z kontrolą, a także przyczyniły się do wzrostu suchej masy roślin. Bakterie ryzosferowe, z uwagi na zdolność do hamowania rozwoju grzybów patogenicznych, mogą stanowić alternatywę do chemicznych środków ochrony roślin wykorzystywanych w rolnictwie na szeroką skalę.

W celu doboru odpowiednich mikroorganizmów do realnych warunków glebowych, należy także wziąć pod uwagę właściwości związane z produkcją

fitohormonów, syntezą deaminazy ACC, pobieraniem związków mineralnych oraz zwalczaniem patogenów roślin.

W skład konsorcjum, przeznaczonego do rekultywacji terenów zanieczyszczonych substancjami organicznymi, oprócz bakterii powinny wchodzić także grzyby w celu skuteczniejszej detoksykacji zanieczyszczenia. Bakterie z rodzaju *Pseudomonas* są jednym z podstawowych szczepów stosowanych do bioremediacji gleb zanieczyszczonych substancjami ropopochodnymi. W celu przeprowadzenia skuteczniejszego procesu bioremediacji należy zastosować konsorcjum kilku mikroorganizmów, które będą się wzajemnie uzupełniać dzięki działaniu synergistycznemu. Do rozkładu zanieczyszczeń ropopochodnych na powierzchni gleby powinny być stosowane rośliny wykształcające głęboki i bardzo rozbudowany system korzeniowy. Odpowiednie do tego celu są trawy z rodzaju kostrzew. Natomiast do skutecznej i szybkiej fitoekstrakcji metalami ciężkimi z gleb odpowiedni jest rzepak, który podobnie jak tobołek alpejski (metalofit) należy do rodziny kapustowatych. Wśród mikroorganizmów stosowanych do procesu fotoekstrakcji nie może zabraknąć bakterii *Pseudomonas fluorescens* wytwarzających siderofory. Znaczenie mikroorganizmów glebowych, szczególnie ryzosferowych i endofitycznych, w rozwoju technik fitoremediacyjnych nie do końca jest całkowicie wyjaśnione, a potencjalne możliwości zastosowania w celu przyspieszenia i optymalizacji tych technik, wydają się być ogromne.

LITERATURA

- Błaszczuk M.K., *Mikroorganizmy w ochronie środowiska*, PWN, 2009.
- Baker K.F., Cook R.J., *Biological Control of Plant Pathogens*. Amer Phytopathol Soc, St. Paul, MN, 1974, 35–50.
- Dąbrowska G., Hryniewicz K., Kłosowska K., Goc A., *Selekcja bakterii ryzosferowych usprawniających procesy fitoremediacji gleb zawierających metale ciężkie*. Ochrona Środowiska, 2011, 33, 2, 53–58.
- Dąbrowska G., Zdziechowska E., *The role of rhizobacteria in the simulation of the growth and development processes and protection of plants against environmental factors. Rola bakterii ryzosferowych w stymulacji procesów wzrostu i rozwoju oraz ochronie roślin przed czynnikami środowiska*. Progress in Plant Protection, 2015, 55,4, 498–506.
- Di Barbaro G., Pernasetti S., Stegmayer A., *Effects evaluation of Azospirillum brasilense inoculation on pepper (Capsicum annum L. var. trompa de elefante) seeds germination and plant emergence*. Revista del CIZAS, 2015, 6, 1/2, 74–85.
- Domenech J., Ramos-Solano B., Probanza A., Lucas-Garcia J.A., Colon J.J., Gutierrez-Manero F.J., *Bacillus spp. and Pisolithus tinctorius effects on Quercus ilex ssp. ballot: a study on tree growth, rhizosphere community structure and mycorrhizal infection*. For Ecol Manage, 2004, 194, 293–303.
- Duffy, Brion K., Genevičve D., *Environmental Factors Modulating Antibiotic and Siderophore Biosynthesis by Pseudomonas fluorescens Biocontrol Strains*. Applied and Environmental Microbiology, 1999, 65.6, 2429–2438.
- Gadd G.M., *Metals, minerals and microbes geomicrobiology and bioremediation*. Microbiology, 2010, 156, 609–643.

- Gałązka A. Zanieczyszczenia gleb substancjami ropopochodnymi z uwzględnieniem biologicznych metod ich oczyszczania. *KOSMOS*, 2015, 64,1, 145–164.
- Graham J.H., *What do root pathogens see in mycorrhizas?* *New Phytologist*, 2001, 149, 357–359.
- Jankowska M., Swędrzyńska D., *Analiza oddziaływań wybranych drobnoustrojów w środowisku glebowym*. *KOSMOS*, 2016, 65, 1, 49–55.
- Grobelak A., *Organic Soil Amendments in the Phytoremediation Process*. [W:] A.A. Ansari et al. (eds.) *Phytoremediation, Management of Environmental Contaminants*, 2016, 4, I, 21–39.
- Grobelak A., Hiller J., *Bacterial siderophores promote plant growth: Screening of catechol and hydroxamate siderophores*. *International Journal of Phytoremediation*, 2017, 19, 9, 825–833.
- Kacprzak M., *Fitoremediacja gleb skażonych metalami ciężkimi*. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, 2013.
- Karimi A., Khodaverdiloo H., Sepehri M., Rasouli Sadaghiani M., *Arbuscular mycorrhizal fungi and heavy metal contaminated soil*. *African Journal of Microbiology Research*, 2011, 5, 13, 1571–1576.
- Klama J., *Współżycie endofitów bakteryjnych z roślinami*. *ACTA*, 2004, 3, 1, 19–28.
- Kołoczek H., Kaszycki P., *Biologiczne mechanizmy oczyszczania skażeń organicznych w glebie*, 2004.
- Kowalska J., Sosnowska D., Remlein-Starosta D., Drożdżyński D., Wojciechowska R., Łopatka L., *Efektywne mikroorganizmy w rolnictwie ekologicznym*. Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu, 2011.
- Kowalski S., Wojnowski L., *Armillaria root rot dynamics in the experimental plantation with Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings non mycorrhized and mycorrhized with the fungi *Hebeloma crustuliniforme* and *Laccaria bicolor**. *Sylwan*, 2009, 153, 1, 31–38.
- Kowalski S., Chomicz E., Czeremuga M., Piecha M., *Selected Hebeloma species in ectomycorrhizal synthesis with scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in container nursery*. *Acta Agraria et Silviculturae. series Silvestris*, 2007, XLV, 3–24.
- Krzyżak J., *Wspomagana fitostabilizacja metali ciężkich w glebach*. Politechnika Wroclawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska, 2013.
- Mrozik A., *Mikroorganizmy w bioaugmentacji zanieczyszczonych środowisk*. *Post. Mikrobiol.*, 2016, 55, 2, 147–156.
- Oszako T. (ed.), *Zintegrowana ochrona szkółek przed nowymi, inwazyjnymi patogenami w warunkach ograniczonego wyboru fungicydów*. Zakład Ochrony Lasu. Sprawozdanie końcowe w temacie BLP 367. Sękocin Stary, 2014.
- Pająk M., Jasik M., *Poziom akumulacji cynku, kadmu i ołowiu w wierzchniej warstwie gleb leśnych w sąsiedztwie Huty Cynku, Miasteczko Śląskie*. *Inżynieria Środowiska*, 2010, 17, 112–122.
- Salas-Marina M.A., Silva-Flores M.A., Uresti-Rivera E.E., Castro-Longoria E., Herrera-Estrella A., Casas-Flores S., *Colonization of Arabidopsis roots by Trichoderma atroviride promotes growth and enhances systemic disease resistance through jasmonic acid/ethylene and salicylic acid pathways*. *Eur. J. Plant Pathol.*, 2011, 131, 15–26.
- Schouten A.O., Maksimova O., Cuesta-Arenas Y., Berg G.V.D., Raaijmakers J.M., *Involvement of the ABC transporter in defence of Botrytis cinerea against the broad-spectrum antibiotic 2,4-diacetylphloroglucinol*. *Environ Microbiol.*, 2008, 10, 1145–1157.
- Shaharouna B., Arshad M., Zahir Z. A., Khalid A., *Performance of Pseudomonas spp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (Zea mays L.) in the presence of nitrogenous fertilizer*. *Soil Biology & Biochemistry*, 2006, 38, 2971–2975.
- Steliga T., *Biodegradacja odpadów wiertniczych zanieczyszczonych substancjami ropopochodnymi*. NAFTA-GAZ, Krosno, 2009.

Summary

Anna Grobelak, Karolina Biś, Małgorzata Kacprzak

Use of microorganisms in bioremediation process – application models

The paper presents the results of studies on the selection of bacterial consortiums with synergistic properties for possible application in the remediation of degraded soils and in promoting plants growth in agriculture purposes. We proposed an application model, consisted of specific microbes and plants for reclamation of areas contaminated with heavy metals and the application model for reclamation of areas contaminated with petroleum products. Plants growth is dependent on microorganisms in different ways. Some microorganisms cause disease and inhibit plant growth, while others may actively or passively promote plant growth through various mechanisms (nitrogen binding, phosphorus dissolution, siderophores production, phytohormones and ACC deaminase). There is a large number of soil microorganisms that do not directly affect plant growth, but they can contribute changes in soil conditions such as organic matter, pH, temperature or nutrient content, and also affect the level of pollution. Phytoremediation assisted by microorganisms is an effective process of soil reclamation, but depends on many environmental factors.

SPOSÓB ZAGOSPODAROWANIA LASU A ZMIANA ILOŚCI WĘGLA WIĄZANEGO PRZEZ DRZEWOSTAN*

Emilia Wysocka-Fijorek

Zakład Zarządzania Zasobami Leśnymi
Instytut Badawczy Leśnictwa
Sękocin Stary
ul. Braci Leśnej 3
05-090 Raszyn
e-mail: e.wysocka-fijorek@ibles.waw.pl

ABSTRACT

Wysocka-Fijorek E. 2017. *Forest management practices and the variation in carbon storage by stand*. Acta Agr. Silv. ser. Silv. 55: 13–24.

The forest as a continental ecosystem is the main reservoir of carbon. The dynamics of the carbon cycle in forest ecosystems depends on the course of natural processes and the disturbances of these processes, including forest management. The purpose of the publication is to determine the change in the increment of carbon in tree stands in age sub-classes. In order to conduct the analysis, 25 districts were drawn. Carbon circulation on a regional/local scale strongly depends on the adopted production cycle, the intensity of care treatments and the age structure of tree stands. The study presents results for two tree species (pine and oak). It was noted that both species, the way of management and the class of site index have an impact on the carbon balance in the forest ecosystem.

KEY WORDS: oak, pine, carbon accumulation, method of forest management

SŁOWA KLUCZOWE: dąb, sosna, wiązanie węgla, sposób zagospodarowania

I. WSTĘP

Las jako ekosystem lądowy jest głównym rezerwuarem węgla. Ze względu na swoją złożoność, nawet niewielkie zmiany w jego obrębie mogą mieć istotne konsekwencje dla globalnego obiegu omawianego pierwiastka (Wiśniewski i in. 1993, Malhi i in. 1999). Wkład lasów do budżetu węgla netto jest wynikiem relacji pomiędzy pochłanianiem dwutlenku węgla z atmosfery w trakcie procesu fotosyntezy, a jego uwalnianiem w wyniku oddychania żywych organizmów, obumierania pojedynczych drzew i fragmentów lasu, dekompozycji martwej materii organicznej. W naturalnym cyklu rozwoju lasu węgiel jest akumulowany zarówno w biomacie drzew, jak i w martwej materii organicznej na powierzchni gleby i w glebie (glebowa materia organiczna) (Landsberg, Gower 1997).

* Praca powstała w ramach tematu „Optymalizacja użytkowania oraz zasobności drzewostanów z punktu widzenia dochodowej funkcji produkcji drewna oraz kumulacji węgla” zleconego przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych.

Dynamika obiegu węgla w ekosystemach leśnych zależy od kierunku przebiegu procesów o charakterze naturalnym oraz od wpływu różnych zakłóceń, w tym gospodarki leśnej (Oliver, Larson 1996). Jednym z celów gospodarki leśnej jest maksymalizowanie produkcji surowca drzewnego o jak najwyższej jakości technicznej. Aby zwiększyć sekwestrację dwutlenku węgla w ekosystemach leśnych, zabiegi z zakresu hodowli lasu powinny zmierzać do kierowania produktów fotosyntezy (fotoasymilatów) w kierunku przyrostu pni drzew, grubych gałęzi, a także systemów korzeniowych, a więc komponentów odpowiedzialnych za retencję węgla w biomase roślin drzewiastych w aspekcie długofalowym (Beedlow i in. 2004). Istotne jest przy tym takie wykorzystanie pozyskanego surowca drzewnego, które umożliwi długotrwałe przetrzymywanie węgla pochłoniętego przez drzewostan.

Z punktu widzenia gospodarki leśnej i produkcji drewna korzystniejsze są krótkie okresy rotacji. Co prawda hodowla lasu w krótkich cyklach produkcji surowca drzewnego maksymalizuje tempo produkcji biomasy nadziemnej, to jednak nie jest to korzystne w odniesieniu do retencji węgla w całych ekosystemach leśnych (Binkley i in. 1997, Hyvönen i in. 2007, Jandl i in. 2007b). Podobnie, bardzo długie cykle nie zapewniają dodatniego bilansu węgla (Jandl i in. 2007a). Drzewa szybko rosnące akumulują węgiel intensywniej aniżeli gatunki wolno rosnące, jednakże w długofalowej perspektywie gatunki drzew wolno rosnących akumulują więcej węgla w biomase. W drzewostanach mieszanych zauważa się na ogół większą retencję węgla w porównaniu do drzewostanów jednogatunkowych.

Obecnie w literaturze przedmiotu nadal brakuje informacji na temat oceny bilansu węgla zakumulowanego w nadziemnej biomase zdrewniałej pod wpływem przyrostu miąższości i pozyskania drewna. W niniejszej pracy podjęto próbę analizy przyrostu ilości węgla zakumulowanego w nadziemnej biomase zdrewniałej w podklasach wieku w drzewostanach z panującymi w składzie sosną lub dębem.

II. MATERIAŁ BADAWCZY I METODYKA BADAŃ

W celu przeprowadzenia analizy wylosowano 25 nadleśnictw (Gromnik, Strzyżów, Strzebielino, Zaporowo, Kędzierzyn, Dobrzany, Świdnik, Henryków, Krotoszyn, Brzesko, Kańczuga, Suchedniów, Miechów, Pińczów, Starogard, Srokowo, Choszczno, Międzyrzec, Niedźwiady, Pomorze, Olesno, Krzystkowice, Łądek Zdrój, Czerwony Dwór, Ujsoły). Dane niezbędne do wykonania opracowania pozyskano z Banku Danych o Lasach (BDL). Analizie poddano dane z 2014 roku. Analizowano drzewostany sosnowe – So oraz dębowe – Db (Db, Dbb, Dbs), w których gatunki te zajmowały od 80 do 100%. Pulę danych ograniczono do gospodarstw o kodzie GPZ (przerębowo-zrębowe), GZ (zrębowe), O (lasów ochronnych). Wyłączono gospodarstwa specjalne (S) ze względu na indywidualne podejście do użytkowania oraz prowadzenia drzewostanów. Nie analizowano także drzewostanów o budowie przerębowej (GP) ze względu na znikomą ich powierzchnię. Opisy danych źródłowych oraz ich pochodzenie przedstawia tabela 1.

Tabela 1 – Table 1

Źródła danych w BDL/SILP
Data sources in BDL / SILP

| Cecha / Feature | Źródło danych SILP/BDL / Data sources in BDL / SILP | |
|---------------------------------------|---|-------------------|
| | Tabela / table | Pole / field |
| Nadleśnictwo | F_ARODES | ADRESS_FOREST |
| Gatunek | F_STOREY_SPECIES | SPECIES_CD |
| Wiek | F_STOREY_SPECIES | SPECIES_AGE |
| Zapas | F_STOREY_SPECIES | VOLUME |
| Powierzchnia | F_SUBAREA | SUB_AREA |
| Przyrost | F_STOREY_SPECIES | INCREMENT_CURRENT |
| Wskazówka gospodarza | F_AROD_CUE | MEASURE_CD |
| Udział gatunku | F_STOREY_SPECIES | PART_CD_ACT |
| Gospodarstwo | F_SUBAREA | SILVICULTURE_CD |
| Pozyskanie (wg struktury BDL): | | |
| Czynność | F_LOGGING | MEASURE_CD |
| Sortyment | F_LOGGING | ASSORT_CD |
| Wielkość pozyskania | F_LOGGING | WOOD_QTY |

Tabela 2 – Table 2

Grupy czynności
Action groups

| Grupa czynności / Action groups | Czynności / Management |
|---------------------------------|--|
| CPp | CP-P, CP-PK |
| TW | TWP, TWN, TWPK, TWNK |
| TP | TPP, TPN, TPPK, TPNK |
| RbI | IA, IB, IC, IAK, IBK, ICK |
| RbII | IIA, IIB, IIC, IID, IIAU, IIBU, IICU, IIDU, IIAK, IIBK, IICK, IIDK, IIAUK, IIBUK, IICUK, IIDUK |
| RbIII | IIIA, IIIB, IIIAU, IIIBU, IIIAK, IIIBK, IIIAUK, IIIBUK |
| RbIV | IVA, IVB, IVC, IVD, IVAU, IVBU, IVCU, IVDU, IVAK, IVBK, IVCK, IVDK, IVAUK, IVBUK, IVCUK, IVDUK |
| RbV | V, VK |
| Uprz | PŁAZ, PRZEST, DRZEW, UPRZPOZ, PŁAZK, PRZESTK, DRZEWK, UPRZPOZK |
| Przy | PR, PTW, PTP, CSS, PRK, TPWK, PTPK, CSSK |

Przyrost bieżący roczny został wyznaczony wg procedury zaimplementowanej w Systemie Informatycznym Lasów Państwowych (SILP), czyli z wykorzystaniem współczynników i równania Gompertza. Wykonane pozyskanie [m^3] zostało zagregowane wg grup czynności (tab. 2) i grup sortymentowych. Dane o pozyskaniu zostały wyznaczone na podstawie danych z SILP poszczególnych nadleśnictw, które znajdują się w Banku Danych o Lasach.

Dla wybranych 25 nadleśnictw przypisany został sposób zagospodarowania wg ustaleń/wytycznych zapisanych w planie urzędzenia lasu (PUL) dane go nadleśnictwa. Dla wydzieleń, w których brakowało informacji o sposobie zagospodarowania lasu, utworzono zestawienia, w których z uwzględnieniem TSL i krajiny przyrodniczo-leśnej (KPL) określono najbardziej prawdopodobny sposób zagospodarowania bazując na wiedzy eksperckiej autora oraz danych z BDL dotyczących wskazówek gospodarczych. W przypadkach, gdzie do jednego TSL, KPL i gatunku panującego były przypisane dwa sposoby zagospodarowania (np. III/I), pierwszy z nich został przypisany dla 60% przypadków, a drugi dla 40% przypadków. Sposoby zagospodarowania pogrupowano wg rodzaju rębni:

- I – rębnia zupełna (Ia, Ib, Ic)
- II – rębnia częściowa (IIa, IIb, IIc, IId)
- III – rębnia gniazdowa (IIIa, IIIb)
- IV – rębnia stopniowa (IVa, IVb, IVc, IVd).

Dla wybranych nadleśnictw pozyskane dane zostały zagregowane wg podklasy wieku (10 lat) z uwzględnieniem gatunku panującego. Obejmowały one m.in. informacje o: zasobach drzewnych na pniu, przyroście oraz planowanym rozmiarze pozyskania. Tak pozyskane i wstępnie przetworzone dane (łącznie dla wszystkich 25 nadleśnictw) poddano dalszym analizom. W obliczeniach przyjęto, iż miąższość na początku okresu to miąższość 25 nadleśnictw z uwzględnieniem podklasy wieku (10 lat) i gatunku panującego. Miąższość na koniec roku obliczono natomiast wg wzoru [1]:

$$V_k = V_p - E + Z_d \quad [1]$$

gdzie:

V_k – miąższość na końcu roku

V_p – miąższość na początku roku

E – planowane pozyskanie roczne

Z_d – przyrost (obliczony zgodnie z metodyką SILP).

Różnica zasobności (bez drobnicy) pomiędzy końcem (V_k) a początkiem (V_p) okresu w podklasie wieku były podstawą obliczania zmiany bilansu węgla. Zmianę bilansu węgla obliczono (Y_c), jako różnicę pomiędzy ilością węgla na końcu okresu a ilością zakumulowanego węgla w drewnie na początku okresu. Uzyskaną zmianę miąższości przeliczono używając wskaźników IPCC. Metoda

ta wykorzystuje wskaźniki stosowane aktualnie w charakterystyce obiegu węgla w ekosystemie leśnym i jego alokacji w drzewostanie (biomasie drzewnej) w celu określania ilości pochłaniania CO₂. Metoda ta przyjęta została przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami na potrzeby raportowania magazynowanego węgla w lasach. Dla określenia zasobów węgla w danym czasie wykorzystana została następująca formuła (Krajowy... 2014) [2]:

$$Y_c = V_c \cdot D \cdot BEF_2 \cdot CF \quad [2]$$

gdzie:

V_c – różnica zasobności (bez drobnicy) pomiędzy końcem a początkiem okresu w podklasie wieku [m³/ha],

D – średnia gęstość drewna: sosna – 0,43 t/m³, dąb – 0,57 ton/m³

BEF_2 – współczynnik ekspansji – 1,4

CF – frakcja węgla – współczynnik udziału węgla w biomasie (wartość parametru dla drewna iglastego i liściastego wynosi 0,5).

W celu łatwiejszej prezentacji wyników, obliczenia wykonano w dwóch wariantach (w wartościach bezwzględnych oraz przeliczonych na jednostkę powierzchni). Przykładowe obliczenia wykonano dla dwóch gatunków – sosny oraz dębu.

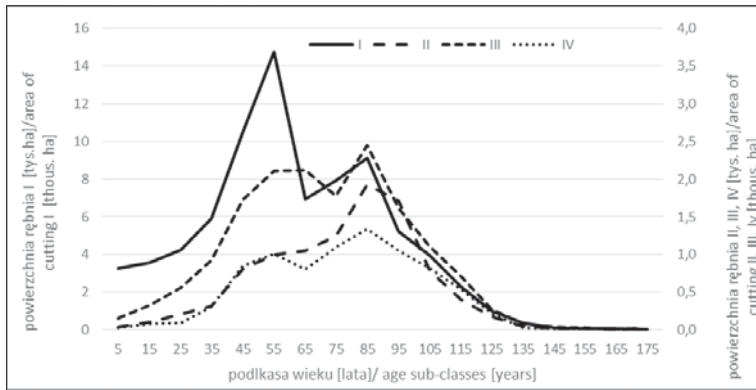
III. WYNIKI

Sosna. Przeanalizowano drzewostany sosnowe zagospodarowane czterema podstawowymi sposobami zagospodarowania (I, II, III, IV).

Zdecydowanie największą powierzchnią w podklasach wieku charakteryzują się drzewostany sosnowe zagospodarowane rębniami zupełnymi. Pozostałe rębne mają mniejsze znaczenie. Zwrócić warto uwagę na małą powierzchnię drzewostanów sosnowych w wieku do 35 lat oraz bardzo mały udział powierzchni drzewostanów sosnowych powyżej 85 roku życia (rys. 1).

Najmniejszą średnią zasobność charakteryzują się drzewostany zagospodarowane rębniami zupełnymi. W związku z niewielkim udziałem powierzchni drzewostanów w wyższych klasach wieku następują znaczące wahania zasobności (niezależnie od sposobu zagospodarowania) w drzewostanach starszych niż 105 lat. W przypadku rębni złożonych (II, III, IV sposób zagospodarowania) w związku ze specyfiką prowadzonych cięć w drzewostanach powyżej 85 lat zasobność sukcesywnie spada, a w przypadku rębni zupełnych, poza pewnymi wahaniami wynikającymi z małej powierzchni drzewostanów, zasobność cały czas rośnie (rys. 2).

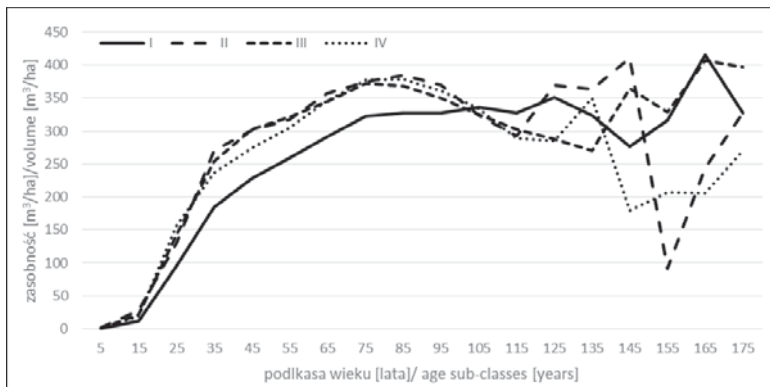
Na podstawie danych (dla 25 nadleśnictw) można stwierdzić, iż niezależnie od sposobu zagospodarowania więcej węgla jest akumulowane w drzewostanach w wieku do około 85 lat (rys. 3). Z kolei w starszych drzewostanach sosnowych użytkowanych rębniami II, III i IV (na ogół w klasie odnowienia) ponownie



Rys. 1. Powierzchnia drzewostanów sosnowych [tys. ha] wg sposobów zagospodarowania w podklasach wieku

Fig. 1. The area of stands dominated by Scots pine... [thous. ha] according to the method of forest management

Sposób zagospodarowania / method of forest management: I (rębnia zupełna / clear cutting), II (rębnia częściowa / group cutting), III (rębnia gniazdowa / nets cutting), IV (rębnia stopniowa / gradual cutting)

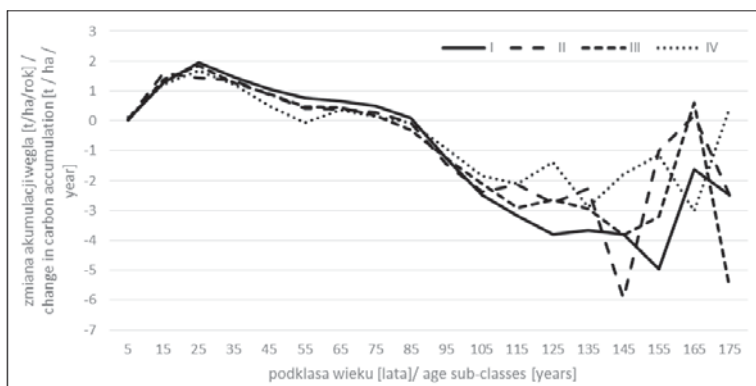


Rys. 2. Zasobność drzewostanów sosnowych [m³/ha] wg sposobów zagospodarowania w podklasach wieku

Fig. 2. The average volume of Scots pine stands [m³/ha] according to the method of forest management

wyższa jest natomiast akumulacja węgla. Wynik taki może być konsekwencją małej powierzchni drzewostanów w wyższych klasach wieku, w których nawet niewielkie zmiany mogą powodować duże różnice w wynikach akumulacji węgla.

Analizując całkowitą akumulację węgla w 25 nadleśnictwach uwagę zwracają duże wahania wielkości akumulacji węgla w przypadku gospodarki prowadzonej rębniami zupełnymi. Rozmiar akumulacji węgla w drzewostanach sosnowych w pozostałych sposobach zagospodarowania ze względu na małe wartości ma mniejsze znaczenie (rys. 4).



Rys 3. Zmiana akumulacji węgla w drzewostanach sosnowych [t/ha/rok] wg sposobów zagospodarowania w podklasach wieku

Fig 3. Change in the accumulation of carbon in pine stands [t/ha/year] according to the method of forest management

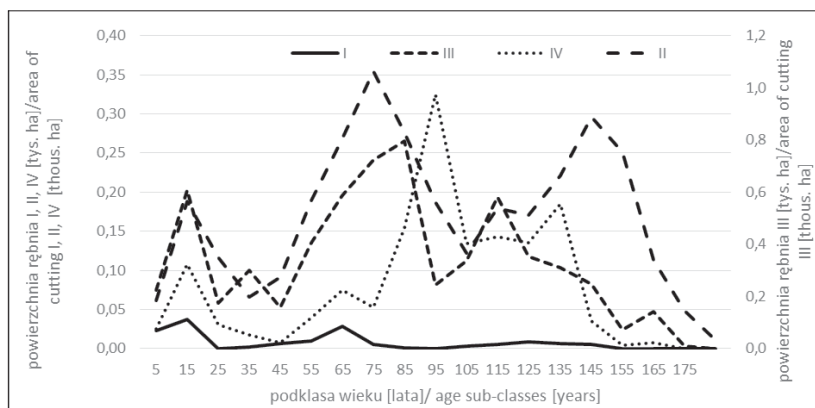


Rys. 4. Zmiana akumulacji węgla w drzewostanach sosnowych [tys. t/rok] wg sposobów zagospodarowania w podklasach wieku

Fig. 4. Change in the accumulation of carbon in pine stands [thous. t / year] according to the method of forest management

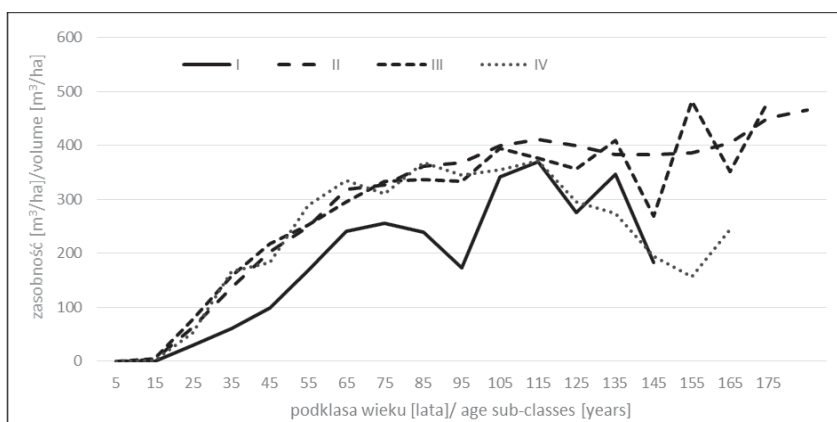
Dąb. Drzewostany z panującym w składzie dębem (udział 80% i więcej) były najczęściej zagospodarowane cięciami gniazdowymi. Najmniejszą powierzchnię zajmowały natomiast drzewostany zagospodarowane cięciami zupełnymi. Powierzchnia drzewostanów dębowych w podklasach wieku była zróżnicowana, przy czym najmniej liczne są drzewostany w wieku powyżej 150 lat (rys. 5).

Najniższą zasobność mają drzewostany dębowe zagospodarowane cięciami zupełnymi. W przypadku pozostałych sposobów zagospodarowania zasobność drzewostanów jest na zbliżonym poziomie. Ze względu na charakter w drzewostanach zagospodarowanych rębniami stopniowymi w wieku powyżej 115 lat zasobność jest wyraźnie niższa (rys. 6).



Rys. 5. Powierzchnia drzewostanów dębowych [tys. ha] wg sposobów zagospodarowania w podklasach wieku

Fig. 5. The area of oak stands [thous. ha] according to the method of forest management

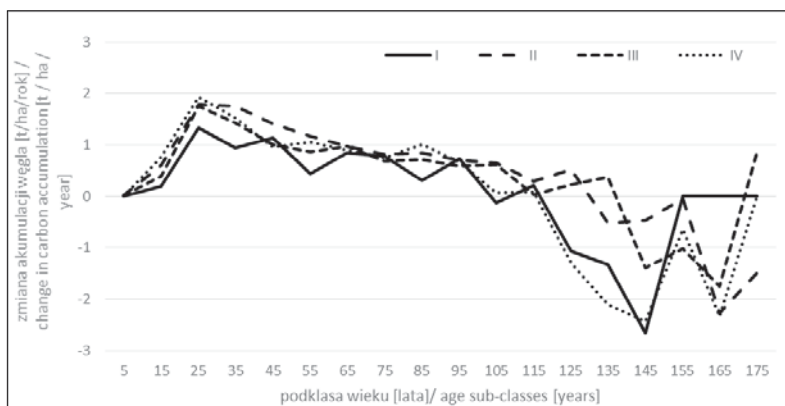


Rys. 6. Zasobność drzewostanów sosnowych [m³/ ha] wg sposobów zagospodarowania w podklasach wieku

Fig. 6. The average volume of oak stands [m³/ha] according to the method of forest management

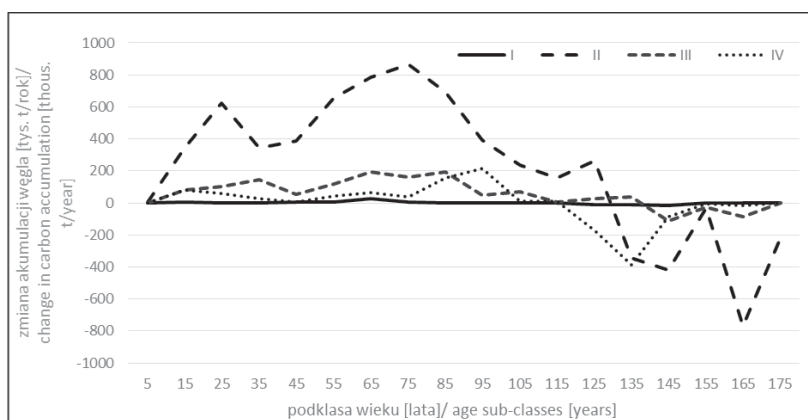
W przypadku I oraz IV sposobu zagospodarowania wcześniej następuje wyzerowanie akumulacji węgla (około 105 lat). Później, tj. w wieku około 130 lat (rębnia II) i 140 (rębnia III), bilans węgla jest ujemny (rys. 7)

Zdecydowanie największa część drzewostanów dębowych (rys. 8) zagospodarowana jest III sposobem. Stwierdzono, że w drzewostanach tego typu w wieku powyżej około 130 lat nie następuje akumulacja węgla. Przy pozostałych sposobach zagospodarowania nie następuje tak znaczące uwalnianie węgla w przypadku cięć częściowych.



Rys. 7. Zmiana akumulacji węgla w drzewostanach dębowych [t/ha/rok] wg sposobów zagospodarowania w podklasach wieku

Fig. 7. Change in the accumulation of carbon in oak stands [t/ha/year] according to the method of forest management



Rys. 8. Zmiana akumulacji węgla w drzewostanach dębowych [tys. t/rok] wg sposobów zagospodarowania w podklasach wieku

Fig. 8. Change in the accumulation of carbon in oak stands [thous. t/year] according to the method of forest management

IV. DYKUSJA I PODSUMOWANIE

Zasoby węgla i jego obieg w skali regionalnej/lokalnej silnie zależą od przyjętego cyklu produkcyjnego, intensywności zabiegów pielęgnacyjnych oraz struktury wiekowej drzewostanów. Zmiany długości cyklu produkcyjnego wpływają na poziom węgla związanego w biomase roślin drzewiastych oraz glebie (Aber i in. 1978, Cooper 1983, Lasch i in. 2005). Na ogół przyjmuje się, że im krótszy jest cykl produkcyjny, tym mniejszy jest zasób węgla w biomase drzew,

a także w glebie. Długość cyklu produkcyjnego wpływa na dymensje i jakość techniczną surowca drzewnego, a tym samym na potencjalne przeznaczenie surowca, mniejsze są zasoby i czas, na jaki węgiel zostanie związany w produktach drzewnych (Karjalainen i in. 1999). Jeśli wyrąb drzew realizowany będzie rzadziej, więcej węgla zostanie związane w danym okresie i mniej węgla zostanie wyprowadzone do atmosfery na skutek zakłóceń ekosystemu w trakcie pozyskiwania surowca. Starsze drzewa na ogół produkują więcej drewna tartaczno-ego (w szczególności wielkowymiarowego), co z kolei prowadzi do związania węgla w produktach drzewnych w perspektywie dziesięcioleci i wieków.

Tak więc jedną z możliwych dróg redukcji stężenia dwutlenku węgla w atmosferze jest prowadzenie racjonalnej gospodarki leśnej (Dyson 1976). Węgiel związany przez rośliny przechowywany jest w poszczególnych komponentach biomasy, tzn. drewnie, korze, gałęziach, liściach, owocach oraz korzeniach, a także w wyniku obumierania całych roślin i ich części – w glebie. Pamiętać należy o tym, że zakłócenia w ekosystemach leśnych, wynikające zarówno z przyczyn naturalnych, jak i antropogenicznych, powodują uwalnianie znacznie większych ilości dwutlenku węgla do atmosfery niż rośliny pochłaniają w wyniku procesu fotosyntezy. Realizacja strategii zrównoważonego rozwoju jest zatem niezwykle istotna, by lasy były rezerwuarem, w którym gromadzony jest węgiel, a nie źródłem jego emisji.

Za istotne należy przyjąć, iż w fazie drzewostanu dojrzewającego i dojrzałego przyrost biomasy znacznie się zmniejsza. W tych fazach ilość opadających na powierzchnię zdrewniałych części drzew (drobnych gałązek, gałęzi oraz kory drzew) może przekraczać masę opadających igieł/liści.

Głównym celem analizy zmian akumulacji węgla w zależności od sposobów zagospodarowania w układzie podklas wieku było stwierdzenie wpływu tych czynników na bilans akumulacji węgla w zależności od wieku drzewostanów. W niniejszym opracowaniu przedstawiono wyniki dla dwóch gatunków (sosny i dębu). Wykazano między innymi, iż zarówno gatunek, jak i sposób zagospodarowania mają wpływ na bilans węgla w ekosystemie leśnym. Zwrócono też uwagę na duże wahania udziału węgla w starszych drzewostanach wynikające w głównej mierze z prowadzonych cięć rębnych.

Włączenie lasów do realizacji celów polityki klimatycznej wzmocniło znaczenie pozaprodukcyjnej funkcji lasów polegającej na pochłanianiu i akumulowaniu węgla, w szczególności jako czynnika kształtującego klimat. Rozwój tej funkcji lasów pociąga za sobą nie tylko wymierne korzyści dla gospodarki leśnej, ale też stanowi dla niej wyzwanie. Wiązanie (akumulacja węgla) przez drzewostany jest wymierną funkcją pełnioną przez las. Pamiętać jednak należy o tym, iż nie można traktować lasu jako magazynu biomasy, chociażby ze względu na inne pełnione przez niego funkcje.

LITERATURA

- Aber J.D., Botkin D.B., Melillo J.M., 1978. *Predicting the effects of different harvesting regimes on forest floor dynamics in northern hardwoods*. Canadian Journal of Forest Research 8: 306–315.
- Beedlow P.A., Tingey D.T., Phillips D.L., Hogsett W.E., Olszyk D.M., 2004. *Rising atmospheric CO₂ and carbon sequestration in forests*. Frontiers in Ecology and Environment 2: 315–322.
- Binkley C.S., Apps M.J., Dixon R.K., Kauppi P.E., Nilsson L.O., 1997. *Sequestering carbon in natural forests*. Critical Reviews in Environmental Science and Technology 27: S23–S45.
- Cooper C.F. 1983. *Carbon storage in managed forests*. Canadian Journal of Forest Research 13: 155–166.
- Hyvönen R., Ęgren G.I., Linder S., Persson T., Cotrufo M.F., Ekblad A., Freeman M., Grelle A., Janssens I.A., Jarvis P.G., Kellomäki S., Lindroth A., Loustau D., Lundmark T., Norby R.J., Oren R., Pilegaard K., Ryan M.G., Sigurdsson B.D., Strömgren M., Ojinen M., Wallin G. 2007. *The likely impact of elevated [CO₂], nitrogen deposition, increased temperature and management on carbon sequestration in temperate and boreal forest ecosystems: a literature review*. New Phytologist 173: 463–480.
- Jandl R., Lindner M., Vesterdahl L., Bauwens B., Baritz R., Hagedorn F., Johnson D.W., Minkinen K., Byrne K.A. 2007a. *How strongly can forest management influence soil carbon sequestration?* Geoderma 137: 253–268.
- Jandl R., Vesterdal L., Olsson M., Bens O., Badeck F., Rock J. 2007b. *Carbon sequestration and forest management*. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources 2, 017.
- Karjalainen T., Pussinen A., Kellomäki S., Makipää R. 1999. *Scenarios for the carbon balance of Finnish forests and wood products*. Environmental Science Policy 2: 165–175.
- Krajowy Raport Inwentaryzacyjny. 2014. *Inwentaryzacja gazów cieplarnianych w Polsce dla lat 1988–2012*. Raport wykonany na potrzeby Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu oraz Protokołu z Kioto. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, Warszawa.
- Landsberg J.J., Gower S.T. 1997. *Applications of physiological ecology to forest management*. Academic, San Diego, CA.
- Lasch P., Badeck F.W., Suckow F., Lindner M., Mohr P. 2005. *Model-based analysis of management alternatives at stand and regional level in Brandenburg (Germany)*. Forest Ecology and Management 207: 59–74.
- Malhi Y., Baldocchi D.D., Jarvis P.G. 1999. *The carbon balance of tropical, temperate and boreal forests*. Plant, Cell and Environment 22: 715–740.
- Oliver C.D., Larson B.C. 1996. *Forest stand dynamics*. Wiley, New York.
- Wisniewski J., Dixon R.K., Kinsman J.D., Sampson R.N., Lugo A.E. 1993. *Carbon dioxide sequestration in terrestrial ecosystems*. Climate Research 3: 1–5.

Summary

Emilia Wysocka-Fijorek

Forest management practices and the variation in carbon storage by stand

The paper attempts to analyse the increase in the amount of carbon accumulated in above-ground biomass woody in sub-classes of age in pine and oak stands. In order to conduct the analysis, 25 districts were drawn. The data necessary to the preparation the study was obtained from the Forest Data Bank (BDL). The data from 2014 have been analysed.

The largest area in the age sub-classes is characterised by pine stands developed with clear cutting. Other methods of forest management are less important (Fig. 1, Fig. 2). Based on the data (for 25 forest districts), it can be stated that method of forest management, more carbon is accumulated in pine stands up to about 85 years old (Fig. 3, Fig. 4).

Oak-dominated stands in the tree composition were most often developed with a group cutting. The oak stands and their stock in sub-classes was varied, with the most common stands being over 150 years old (Fig. 5, Fig. 6). The great majority of oak stands (fig. 7, fig. 8) management a group cutting.

Including forests to achieve the objectives of climate policy has strengthened the importance of the non-productive function of forests consisting in the absorption and carbon accumulation, in particular as a factor shaping the climate. The development of this forest function entails not only tangible benefits for forest management, but also a challenge for it. Binding (accumulation of carbon) by stands is a measurable function performed by the forest. It should be remembered, however, that the forest can not be treated as a biomass warehouse, if only because of its other functions.

CECHY FENOTYPOWE KOZICY ALPEJSKIEJ POZYSKANEJ W ALPACH GAILTALSKICH (AUSTRIA)

Marek Wajdzik
Katarzyna Szyjka
Iza Murzynowska

Zakład Bioróżnorodności Leśnej
Uniwersytet Rolniczy
Wydział Leśny
Al. 29-Listopada 46
31-425 Kraków

ABSTRACT

Wajdzik M., Szyjka K., Murzynowska I. 2017. *The phenotypic characteristics of Alpine chamois collected in the Gailtal Alps (Austria)*. Acta Agr. Silv. ser. Silv. 55: 25–36.

The objective of the study was to determine the phenotypic characteristics of Alpine chamois from the Gailtal Alps (Austria). The evaluation criteria included carcass weight and horn characteristics such as length, height, span, and circumference.

The study showed that carcass weight was significantly correlated with age both in males ($r=0.74$) and females ($r=0.52$). This characteristic was also found to vary with the season, peaking in October/November. Horn length, height, and span increased with the age of chamois, with the oldest individuals exhibiting the largest features. In turn, horn circumference increased significantly only until the age of two.

KEY WORDS: chamois, Alps, phenotypic characteristics, horns

SŁOWA KLUCZOWE: kozice, Alpy, cechy fenotypowe, rogi

I. WSTĘP

Kozica alpejska (*Rupicapra rupicapra rupicapra* L.) jest podgatunkiem należącym do rzędu parzystokopytnych (*Artiodaktyla*), rodziny krętorogich (*Bovidae*), podrodziny kozłowych (*Carpinae*) i gatunku kozica północna (*Rupicapra rupicapra*) (Shackleton 1997). Do najbliższych krewniaków kozicy, oprócz *Rupicapra* należą jeszcze trzy rodzaje: goral (*Naemorhedus*) pochodzący z południowo-wschodniej Azji, serau (*Capricornis*) wywodzący się z Japonii oraz kozioł śnieżny (*Oreamnos*) zamieszkujący tereny górskie Ameryki Północnej. Korzenie tych czterech grup wywodzą się z Azji, skąd przodkowie gatunku przywędrowali i osiedlili się w zachodniej Euroazji (Zeiler 2012).

Kozica alpejska jest obecnie najliczniej występującym i zajmującym największy obszar podgatunkiem (Shackleton 1997), zamieszkującym głównie górskie obszary Austrii, Szwajcarii, północnych Włoch, a także francuską część Alp zachodnich (Zeiler 2012). Introdukowane populacje występują również w Czechach i na Słowacji.

Kozice zazwyczaj zamieszkują piętro alpejskie. Często przebywają również w piętrze subniwalnym, którego nagie skały zapewniają im bezpieczne schronienie (Jamrozy i in. 2007). Gatunek ten można spotkać nie tylko wysoko w górach, gdyż wystarczająco strome skały niższych położań z powodzeniem zapewniają kozicom bezpieczne schronienie, oferując jednocześnie dostęp do obfitszego pokarmu (Zeiler 2012).

Kozice, zarówno samce (capy), jak i samice (kozy), posiadają haki, czyli wydłużone w kształcie rogi na końcach łukowato wygięte do tyłu. Wzrost haków jest rozłożony nierównomiernie, a największe przyrosty przypadają na pierwsze trzy–cztery lata życia, czyli na okres kiedy organizm się jeszcze rozwija (Zeiler 2012). W ciągu roku rogi wzrastają od marca do końca października, a w miesiącach zimowych, czyli od listopada do lutego, wzrost haków całkowicie ustaje (Couturier 1938). Poprzez nierównomierny wzrost haków na ich powierzchni powstają coroczne zgrubienia, które umożliwiają określenie wieku kozic.

Rogi u tego gatunku, podobnie jak i inne trofea łowieckie, są mierzone i wyceniane według kryteriów Międzynarodowej Rady Łowieckiej, a trofeom najokazalszym przyznawane są złote, srebrne i brązowe medale (Szederjei i Szederjei 1971, Földes 1972, Bieger i Nüsslein 1996).

Celem niniejszej pracy jest scharakteryzowanie podstawowych cech fenotypowych kozic alpejskich pochodzących z obwodów łowieckich Foscari (Alpy Gailtalskie). Jako kryterium oceny przyjęto: masę tuszy oraz wymiary rogów (haków) kozic w zależności od ich wieku oraz płci.

II. TEREN BADAŃ

Badania przeprowadzono w Alpach austriackich, w paśmie Alp Gailtalskich, będących częścią Alp Wschodnich. Pasma to leży prawie w całości w Karyntii, kraju związkowym Austrii najbardziej wysuniętym na południe.

Na terenie badań dominuje klimat alpejski, charakteryzujący się krótkim i stosunkowo chłodnym oraz wilgotnym latem, suchą jesienią oraz długą i obfitą w opady zimą. Jest on różny w zależności od położenia Alp. W południowo-wschodniej części Alp, która jest stroną zawietrzną, panuje klimat iliryski. O pogodzie decydują tutaj pochodzące z południa i południowego wschodu ciepłe fronty, które zwłaszcza na skraju Alp charakteryzują się wysoką temperaturą i obfitymi opadami (www.biologischesvielfalt.at).

W podłożu Alp Gailtalskich przeważają dolomity i wapień, a dominującym typem gleby są rędziny. Opady roczne na szczytach pasma wynoszą 1700 mm, a w dolinach około 1500 mm. Średnia temperatura roczna wynosi tu około 8°C (www.foscari.at).

Na terenie badań dominującym gatunkiem lasotwórczym jest świerk. Druhim pod względem udziału jest modrzew. Pozostałe gatunki o znaczeniu gospodarczym to: sosna, buk oraz jodła, a wśród gatunków domieszkowych brzoza, klon i jesion (www.foscari.at).

III. METODY BADAŃ

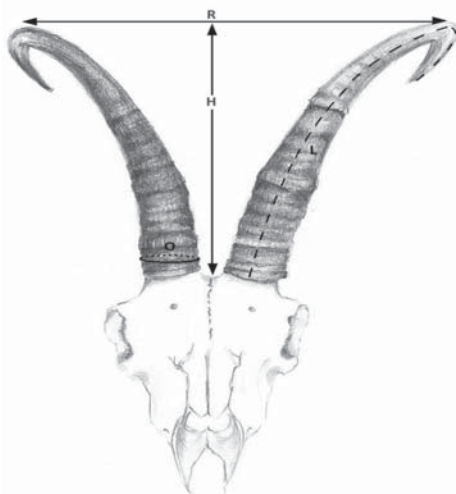
W ramach prac badawczych pomierzono 188 par haków kozic (86 capów i 102 kozy) pozyskanych na terenie badań w latach 1935 – 2013. Do obliczeń przyjęto podział na następujące klasy wieku: 1 rok – I klasa; 2 rok – II klasa; 3–4 rok – III klasa; 5–6 rok – IV klasa; 7–8 rok – V klasa; 9+ – VI klasa.

Ponieważ na hakach pomierzone zostały ich przyrosty roczne, z powodzeniem można było np. dla osobnika 5-letniego uzyskać dodatkowe dane odnośnie długości haków w 1., 2., 3. oraz 4. roku życia. Postępowanie takie doprowadziło do rozszerzenia bazy danych do 508 pozycji w przypadku długości haków kóz i 332 capów.

Analizie poddano także masy tusz kozic strzelonych na terenie badań w latach 1990–2013. W sumie zebrano dane dotyczące masy ciała 1939 osobników w tym 918 capów i 1021 kóz. Materiał badawczy analizowano w 9 klasach wieku, przyjmując że osobniki w I klasie wieku to kozice jednoroczne, a osobniki w IX klasie wieku to osobniki dziewięcioletnie i starsze.

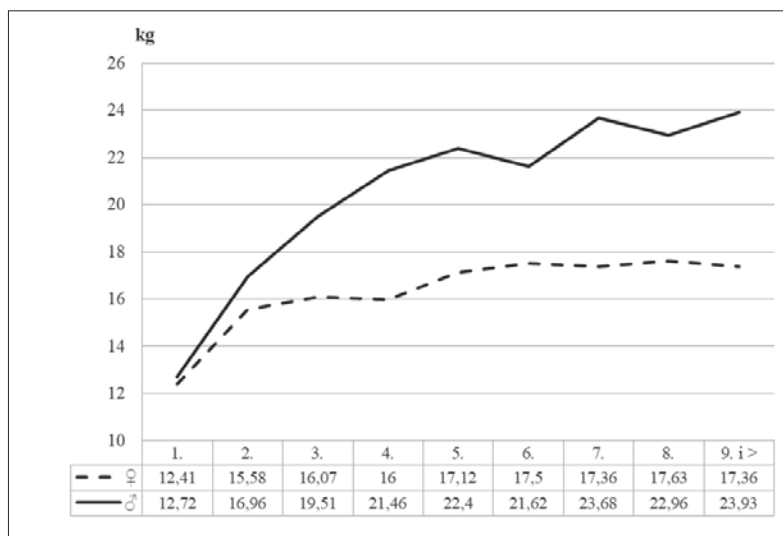
Przy wykonywaniu poszczególnych pomiarów stosowano procedurę wyceny CIC (Conseil Internationale de la Chasse et de la Conservation du Giber) zatwierdzoną przez Międzynarodową Radę Łowiecką i Ochrony Zwierzyny (Stachowiak 1994).

Wszystkie pomiary wykonane były z dokładnością do 1 mm za pomocą taśmy stalowej o szerokości 0,5 cm. Na każdym z haków zmierzono: długość obydwu pokryw rogowych – po zewnętrznej ich stronie, począwszy od podstawy do szpiczastego zakończenia (L); długość rocznych przyrostów – po zewnętrznej stronie haków pomiędzy kolejnymi wrębami (karbami); obwody każdego



Ryc. 1. Sposób wykonania pomiarów na hakach kozic
(R – rozłoga, H – wysokość, O – obwód, L – długość)

Fig. 1. Chamois horn measures (R – span, H – height, O – circumference, L – length)



Ryc. 2. Zmiana średniej masy tuszy kóz i capów w zależności od ich wieku (w latach)

Fig. 2. Mean carcass weight of male and female chamois as a function of age (in years)

z haków – w najgrubszym ich miejscu (O), wysokość haków – od środkowego szwu czaszki pomiędzy ich nasadą do linii poziomej łączącej najwyższe punkty zaokrąglenia haków (H); rozłogę – czyli największą odległość pomiędzy hakami, to jest odcinek łączący najwyższe punkty ich zaokrąglenia (R) (ryc. 1).

Wiek pozyskanych osobników określono z dokładnością do jednego roku na podstawie rocznych karbów (wrębów) powstających w okresie zimowym, kiedy to przyrost rogów praktycznie ustaje.

Wartości pomiarów poszczególnych cech kozic poddano analizie statystycznej. W celu określenia istotności różnic pomiędzy wartościami średnimi poszczególnych cech zastosowano test t-Studenta oraz analizę wariancji. W przypadku, gdy analiza wariancji wykazała istotność różnic, wykonano także test wielokrotnych porównań NIR. Wszystkie obliczenia przeprowadzono przy użyciu programu Statistica 10 PL.

II. WYNIKI

Masa tuszy

We wszystkich wyróżnionych klasach wieku samce (capy) były istotnie cięższe od samic (ryc. 2). Wartości tych różnic zmieniały się wraz z klasami wieku. Najmniejsze różnice w średnich masach tusz wykazano u osobników najmłodszych będących w pierwszej klasie wieku, kiedy to capy były średnio cięższe od kóz o 0,31 kg. W drugiej klasie różnica ta wzrosła do 1,40 kg, a w trzeciej wynosiła

już 3,43 kg. W następnych klasach różnice wynosiły odpowiednio: 5,46 kg (IV klasa), 5,28 kg (V), 4,12 kg (VI), 6,31 kg (VII), 5,33 kg (VIII) i 6,57 kg u osobników najstarszych będących w wieku minimum 9 lat.

Zarówno w przypadku samców, jak i samic wartości średnich mas tusz generalnie wzrastały wraz z wiekiem osobników (ryc. 2). Najmniejsze średnie masy tusz zarówno u samic, jak i samców odnotowano u osobników będących w pierwszym roku życia (12,72 kg – capy i 12,41 kg – kozy). Z kolei wartości największe odnotowano u capów najstarszych (23,93 kg) oraz ośmioletnich kóz (17,63 kg). Masa tuszy była istotnie skorelowana z wiekiem i to zarówno u capów ($r=0,74$), jak i kóz ($r=0,52$).

Wyniki przeprowadzonego testu NIR wykazały, że istotne statystycznie różnice w masie tuszy odnotowanej u capów wystąpiły pomiędzy osobnikami: jednorocznymi i dwuletnimi ($p<0,001$), dwuletnimi i trzyletnimi ($p<0,001$), trzyletnimi i czteroletnimi ($p=0,0016$), czteroletnimi i pięcioletnimi ($p=0,028$) oraz sześćioletnimi i siedmioletnimi ($p=0,01$). Z kolei w przypadku kóz różnice takie odnotowano między osobnikami należącymi do klas: I i II ($p<0,001$) oraz IV i V ($p=0,024$).

Masa tuszy kozic, zarówno w przypadku capów, jak i kozic podlegała sezonowym zmianom, przy czym większe zmiany tej cechy obserwowane były u samców. Pora roku miała wpływ na dynamikę tych zmian, a w miesiącach sierpień–wrzesień różnice w masie tuszy samców i samic w poszczególnych klasach wieku z reguły były wyższe niż w listopadzie i grudniu (tab. 1). Wartości tych różnic wahały się od 4,4% u osobników 2-letnich w grudniu, do nawet 39,4% u kozic 4-letnich odstrzelonych w październiku.

Długość haków

Porównanie haków lewych i prawych u obu płci wykazało, że zarówno u capów, jak i kóz hak lewy nie różnił się statystycznie istotnie od prawego pod względem długości i obwodów, dlatego też w dalszych analizach posługiwano się wartościami średnimi tych cech (tab. 2).

Średnia długość haków wzrastała wraz z wiekiem osobników. Najkrótsze haki posiadały osobniki znajdujące się w pierwszej klasie wieku, a najdłuższe notowano u kozic siedmioletnich i starszych (tab. 2). Cecha ta wykazywała znaczne indywidualne zróżnicowanie, i tak najkrótsze haki noszone przez kozy mierzyły zaledwie 6,5 cm i należały do jednorocznego osobnika, a najdłuższe miały 25,6 cm. Z kolei u samców najkrótsze rogi miały 9,5 cm długości (1 rok), a najdłuższe 25,5 cm (8-letni).

Średnie długości haków u obu płci miały zbliżone wymiary w poszczególnych klasach wieku i tylko w IV klasie wieku, tj. u osobników 5–6-letnich odnotowano istotne statystycznie różnice. W klasie tej średnia długość haków u capów była większa od średniej długości haków kóz o 2,5 cm.

Dla obu płci statystycznie istotne różnice w długości haków wystąpiły pomiędzy następującymi klasami wieku: I i II oraz II i III. Pomiędzy I a II klasą wieku u capów średni przyrost długości wynosił 6 cm, a u kóz 7 cm. Z kolei

Sezonowe zmiany masy ciała u kóz i capów w klasach wieku II–VI
 Seasonal variation in the carcass weight of chamois in the 2nd to 6th age classes

| II klasa wieku (2-letnie) 2nd age class (2 years old) | | | | |
|---|------|------|--|---|
| | ♀ | ♂ | różnica kg Difference in kg | % różnica masy Difference in % |
| Sierpień / August | 15.4 | 16.6 | 1.3 | 7.6 |
| Wrzesień / September | 15.5 | 16.9 | 1.4 | 8.4 |
| Październik / October | 16.2 | 18.3 | 2.0 | 11.0 |
| Listopad / November | 15.7 | 17.2 | 1.4 | 8.3 |
| Grudzień / December | 15.5 | 16.2 | 0.7 | 4.4 |
| III klasa wieku (3-letnie) III age class (3 years old) | | | | |
| Sierpień / August | 16.1 | 19.3 | 3.2 | 16.8 |
| Wrzesień / September | 15.8 | 20.7 | 4.9 | 23.7 |
| Październik / October | 16.3 | 20.3 | 4.0 | 19.7 |
| Listopad / November | 16.2 | 21.4 | 5.3 | 24.6 |
| Grudzień / December | 16.0 | 17.2 | 1.2 | 7.0 |
| IV klasa wieku (4-letnie) IV age class (4 years old) | | | | |
| Sierpień / August | 16.3 | 21.2 | 4.9 | 23.1 |
| Wrzesień / September | 15.5 | 22.5 | 7.0 | 31.1 |
| Październik / October | 15.2 | 25.0 | 9.8 | 39.4 |
| Listopad / November | 16.2 | 21.0 | 4.8 | 22.8 |
| Grudzień / December | 16.0 | 18.0 | 2.0 | 11.1 |
| V klasa wieku (5-letnie) V age class (5 years old) | | | | |
| Sierpień / August | 16.9 | 22.5 | 5.6 | 24.9 |
| Wrzesień / September | 16.7 | 22.3 | 5.6 | 25.1 |
| Październik / October | 17.8 | 26.0 | 8.2 | 31.5 |
| Listopad / November | 17.8 | 21.2 | 3.4 | 16.2 |
| Grudzień / December | 16.8 | 19.2 | 2.4 | 12.5 |
| VI klasa wieku (6-letnie) VI age class (6 years old) | | | | |
| Sierpień / August | 16.0 | 21.3 | 5.3 | 24.7 |
| Wrzesień / September | 16.6 | 22.8 | 6.2 | 27.2 |
| Październik / October | 18.0 | 23.5 | 5.5 | 23.4 |
| Listopad / November | 18.5 | 22.8 | 4.3 | 18.8 |
| Grudzień / December | 17.0 | 18.5 | 1.5 | 8.1 |

Tabela 2 – Table 2

Wymiary haków capów i kóz pozyskanych w latach 1935–2013

Horn dimensions for chamois collected in the years 1935–2013

| Mierzona cecha Measured dimension | | Wiek / Age | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|---|-------------|--|--------------|---|--------------|---|--------------|--|--------------|---|--------------|
| | | I klasa 1 rok 1st class 1 year old | | II klasa 2 lata 2nd class 2 years old | | III klasa 3–4 lata 3rd class 3–4 years old | | IV klasa 5–6 lat 4th class 5–6 years old | | V klasa 7–8 lat 5th class 7–8 years old | | VI klasa 9+ 6th class 9 years old+ | |
| | | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ |
| Długość haków [cm] Horn length [cm] | <i>M</i> | 13.9 | 13.2 | 19.9 | 20.2 | 21.0 | 20.8 | 22.4 | 19.9 | 22.8 | 21.8 | 21.9 | 22 |
| | <i>SD</i> | 2.01 | 2.26 | 2.77 | 2.11 | 3.49 | 2.31 | 1.90 | 2.91 | 1.40 | 2.38 | 2.92 | 1.95 |
| | <i>min</i> <i>max</i> | 9.5 17.6 | 6.5 17.4 | 14.6 23.9 | 17.5 22.1 | 10.9 23.9 | 17.5 24.0 | 17.6 25.1 | 15.3 25.1 | 20.5 25.5 | 16.7 25.1 | 16.5 24.5 | 19.5 25.6 |
| Obwód haków [cm] Horn circumference [cm] | <i>M</i> | 7.4 | 6.8 | 8.7 | 8.3 | 8.5 | 8.1 | 8.6 | 7.9 | 7.3 | 7.8 | 8.2 | 7.3 |
| | <i>SD</i> | 0.6 | 1.61 | 0.71 | 0.59 | 0.53 | 0.88 | 0.7 | 0.95 | 3.27 | 0.89 | 0.57 | 0.68 |
| | <i>min</i> <i>max</i> | 6.0 8.3 | 5.0 8.8 | 6.8 9.8 | 7.5 8.8 | 7.5 9.4 | 6.7 9.0 | 6.5 9.9 | 6.1 9.1 | 8.0 9.5 | 6.6 9.0 | 7.5 9.0 | 6.3 9.0 |
| Rozłoga [cm] Horn span [cm] | <i>M</i> | 5.9 | 5.7 | 8.9 | 8.7 | 10.7 | 10.0 | 10.4 | 9.8 | 12.3 | 11.7 | 11.6 | 12.2 |
| | <i>SD</i> | 1.06 | 0.94 | 1.81 | 1.33 | 2.06 | 1.44 | 1.98 | 2.21 | 2.95 | 2.12 | 3.1 | 2.7 |
| | <i>min</i> <i>max</i> | 3.7 7.5 | 3.7 7.5 | 6.0 11.5 | 7.5 10.6 | 7.0 13.3 | 7.7 11.4 | 7.0 14.3 | 6.4 14.1 | 9.7 21.0 | 8.5 15.5 | 6.0 14.5 | 8.3 17.8 |
| Wysokość haków [cm] Horn height [cm] | <i>M</i> | 8.2 | 7.9 | 12.3 | 13.2 | 14.3 | 14.1 | 14.7 | 13.5 | 14.8 | 15.0 | 14.5 | 15.8 |
| | <i>SD</i> | 1.13 | 1.67 | 2.62 | 1.14 | 1.06 | 1.27 | 1.54 | 2.05 | 1.06 | 1.77 | 2.43 | 1.51 |
| | <i>min</i> <i>max</i> | 5.8 10.6 | 1.5 10.3 | 6.3 15.0 | 11.8 14.4 | 12.1 15.8 | 12.4 15.8 | 11.1 17.1 | 9.6 16.8 | 13.0 16.3 | 11.7 18.2 | 10.0 16.8 | 13.1 19.0 |

M – średnia, *SD* – odchylenie standardowe, *min* – minimum, *max* – maximum*M* – mean, *SD* – standard deviation, *min* – minimum, *max* – maximum

między osobnikami dwuletnimi, a 3–4-letnimi przyrost ten wyniósł dla capów 1,1 cm, a dla kóz 0,6 cm.

Obwody haków

Przeprowadzone porównanie średnich obwodów haków u kóz i capów wykazało istotne różnice w IV (5–6-letnie) i VI (9 i >) klasie wieku. W IV klasie wieku średni obwód odnotowany u capów był większy od obwodu u kóz o 7 mm, a w VI o 9 mm. Obwody haków wzrastały zarówno u kóz, jak i capów do drugiej klasy wieku, po czym w przypadku samców odnotowano stagnację tej cechy u osobników 2–6-letnich (8,6–8,7 cm) oraz spadek w V klasie wieku (7–8 lat) i ponowny wzrost u capów najstarszych.

Z kolei u samic średnie obwody haków sukcesywnie malały do ostatniej klasy wiekowej. Największe średnie obwody odnotowano u capa w wieku 6 lat (9,9 cm), pozyskanego 24 września 1936 roku oraz kozy w wieku pięciu lat

(9,1 cm). Z kolei wartości minimalne odnotowano u osobników jednorocznych (♀ – 5cm; ♂ – 6 cm – tab. 2)

Przeprowadzone analizy statystyczne wykazały, że w przypadku samców statystycznie istotne różnice w obrębie obwodów haków wystąpiły pomiędzy pierwszą a drugą ($p=0,014$) oraz między czwartą a piątą klasą wieku ($p=0,009$). Z kolei w przypadku kóz istotne różnice wykazano wyłącznie pomiędzy klasą pierwszą a drugą ($p=0,016$). Pomędzy pozostałymi klasami nie odnotowano różnic istotnych statystycznie.

Rozłoga

Przeprowadzone porównanie rozłogi u kóz i capów w poszczególnych klasach wieku nie wykazało istotnych różnic. Rozłoga wzrastała wraz z wiekiem osobników. Wartości najwyższe odnotowano u osobników 7-letnich i starszych, a najmniejsze u kozic jednorocznych. W przypadku capów największą wartość rozłogi (21 cm) odnotowano u osobnika pozyskanego w 1985 roku w wieku 7 lat. W przypadku kóz wartość maksymalna rozłogi wynosiła 17,8 cm i odnotowano ją u 10-letniej samicy pozyskanej w czerwcu 2013 roku. Rozłogi najmniejsze (3,7 cm) notowano u osobników jednorocznych obu płci (tab. 2).

Przeprowadzone analizy statystyczne wykazały, że istotnie większe rozłogi odnotowano u capów dwuletnich niż jednorocznych ($p=0,0002$) oraz u capów 3–4-letnich w stosunku do dwuletnich ($p=0,046$). Pozostałe klasy wiekowe nie różniły się w sposób statystycznie istotny. Z kolei u kóz różnice istotne wykryto pomiędzy klasami: pierwszą a drugą ($p=0,004$) oraz czwartą i piątą ($p=0,002$).

Wysokości haków

Porównanie wysokości haków u kóz i capów w różnych klasach wieku wykazało statystycznie istotne różnice tylko w IV klasie wieku (5–6 lat), kiedy to różnica ta wynosiła 1,28 cm na korzyść capów. W pozostałych klasach wieku wysokości haków kóz i capów były do siebie zbliżone i nie różniły się istotnie.

Wraz z wiekiem zarówno u kóz, jak i capów wysokość haków wzrastała, a najintensywniejszy przyrost przypadał na okres od I do II klasy wieku u kóz oraz od I do III u capów. Najwyższymi hakami charakteryzowały się osobniki z ostatniej najstarszej klasy wieku (♂ – 14,5 cm; ♀ – 15,8 cm), a najniższymi osobniki jednoroczne (♂ – 5,8 cm; ♀ – 1,5 cm) (tab. 2). Największa indywidualna wartość tej cechy wśród kóz to 19 cm, a wśród capów 17,1 cm.

Przeprowadzone analizy statystyczne wykazały istotne różnice w wysokości haków u capów pomiędzy pierwszą i drugą klasą ($p<0,0001$) oraz drugą i trzecią klasą wieku ($p=0,004$). Z kolei u kóz różnice pod względem wysokości haków odnotowano pomiędzy pierwszą a drugą klasą wieku ($p<0,0001$) oraz pomiędzy czwartą (5–6-letnie) a piątą klasą (7–8-letnie). Dla pozostałych klas wiekowych w obrębie tej cechy różnic istotnych nie odnotowano.

III. DYSKUSJA

Z przeprowadzonych badań wynika, że zarówno średnia masa tusz pozyskanych kozic, jak i średnia długość haków wzrastały wraz z wiekiem. Wysoką korelację pomiędzy wymiarami haków a wiekiem osobników wykazały także badania nad bułgarską populacją kozicy w górach Rodopy (Milanov 2012) oraz u kozic pozyskanych na wschodnim grzbiecie Karavanke w Zachodniej części Słowenii (Hafner 2004).

Największy przyrost masy tuszy u badanych kozic (3,5 kg) odnotowano pomiędzy pierwszym a drugim rokiem życia. W kolejnych latach do 5 roku włącznie obserwowano wzrost masywności o około 1 kg rocznie, a u osobników starszych przyrost był już niewielki. Potwierdziły to także badania Zeilera (2012) i Andreeva (2009), którzy stwierdzili, że największe przyrosty zarówno haków, jak i masy obserwuje się w pierwszych trzech–czterech latach życia. Andreev (2009) oszacował ponadto, że rogi osiągają w tym czasie 75–80% swojej długości a ich ostateczny wzrost trwa do 14.–15. roku życia osobnika.

Z kolei kanadyjski biolog Bubenik (1984), który zestawiał przyrosty haków wraz z produkcją hormonów płciowych stwierdził, że największe przyrosty występują wtedy, gdy w organizmie praktycznie brak jest produkcji hormonów płciowych – czyli w pierwszych dwóch latach życia. Bubenik (1984) zwraca również uwagę na to, że u capów, u których na skutek choroby jądra nie funkcjonują lub też u starych kóz, które stają się niepłodne, następują ponowne silne przyrosty haków.

Wzrost haków zależy również od jakości pożywienia i warunków atmosferycznych, jak dowodzi włoska biolog Chirchella (2010). Na podstawie przeprowadzonych przez nią badań na temat wzrostu haków w pierwszym roku życia okazało się, że u rocznych kozłat, które dorastały na podłożu, w którym dominowały skały magmowe i osadowe, przyrosty haków były mniejsze niż u kozłat wzrastających w rejonach, gdzie w podłożu dominuje wapień z dolomitem. Miało to między innymi związek również z północnym położeniem skał wapiennych i dolomitów, gdzie teren w lecie nie wysychał tak szybko jak po stronie południowej, przez co również roślinność była bujniejsza.

Największa różnica pod względem średniej masy ciała u kóz i capów została odnotowana w 9 (6,57 kg) i 7 klasie wieku (6,31 kg). Podobne wyniki uzyskali Bassano i współautorzy (2003), którzy pomierzyli grupę 548 kozic pozyskanych w Alpach włoskich. Na podstawie tych pomiarów stwierdzono, iż największa różnica w masie ciała wystąpiła w wieku 7,5 lat i wynosiła ona 31,1%. Dla kozicy alpejskiej pochodzącej z terenów Foscari różnica masy tuszy w wieku 7 lat wynosiła 26,7%, a dla osobników w wieku od 9 lat 27,5%. Również inni badacze (Loison 1999, Garel i in. 2009) stwierdzili, że masa ciał samców jest większa średnio o 20–30% niż masa samic, ale zebrane dane pochodziły głównie z okresu lata oraz jesieni. Z kolei na podstawie badań nad populacją kozicy pirenejskiej wykazano brak różnic w masie ciała pomiędzy kozami i capami w okresie zimowym (Crampe i in. 1997). Ponadto na podstawie innych badań wykazano, iż różnica w masie ciała capów i kóz zmniejszyła się z 32% do 6% w okresie od września do grudnia (Garel i in. 2009). Podobne wyniki uzyskano badając kozice pochodzące

z Alp Gailtalskich, gdzie wykazano, że w miesiącach sierpień–wrzesień różnice w masie tusz cap i kóz w poszczególnych klasach wieku z reguły były wyższe niż w listopadzie i grudniu (tab. 1).

Na podstawie zestawionych powyżej danych (tab. 1) można wnioskować, iż dymorfizm płciowy pod względem masy ciała u kozicy alpejskiej jest zjawiskiem sezonowym, ponadto można stwierdzić, iż masa tuszy samców w ciągu sezonu ulega dużo większym zmianom niż u samic. Do podobnych wniosków doprowadziły badania nad dwoma populacjami kozic z południowo-zachodniej części Alp (we Włoszech) (Rughetti i Festa-Bianchet 2011), gdzie udowodniono, iż wczesną jesienią samce były średnio o około 40% cięższe niż samice. Po odbytej rui masa ciała capów zmniejszała się, podczas gdy masa ciała kóz utrzymywała się na tym samym poziomie, a w okresie wczesnozimowym samce i samice miały podobną masę ciał.

Z kolei badania przeprowadzone na kozicy kantabryjskiej wykazały, iż samce zaczynały sezon rui z trzy razy większą zawartością tłuszczu nerkowego niż samice (Pérez-Barberia i in. 1998). Wczesną wiosną z kolei zawartość tłuszczu nerkowego samców była o 25% niższa niż u samic (Forsyth i in. 2005).

Przyczyną takich zmian w masie tuszy u capów należy upatrywać w przygotowywaniu się samców do okresu rui. Na początku okresu godów tj.: pod koniec października można u capów zaobserwować tzw. „demonstrowanie się” i „wystawianie się na widok”. W okresie tym starsze, dominujące i posiadające swoje terytorium samce niewiele się poruszają, eksponując się i obserwując samice. Na początku listopada, w zależności od terenu, samce utrzymują swoje rewiry lub dołączają się do grup kóz z kozłętami. W połowie listopada, gdy właściwa ruja się zacznie, capy zmieniają swój wygląd w przeciągu 2–3 tygodni. W okresie tym samce prawie wcale nie przyjmują pokarmu, a żwacz kurczy się prawie o połowę. Podczas gdy w pierwszym okresie rui najaktywniejsze stają się samce od około 7 lat wżwyż, w późniejszym, drugim okresie „rujności”, aktywne stają się capy młodsze, które mogą mieć szansę na zapłodnienie samicy, która nie została zapłodniona w pierwszym okresie (Zeiler 2012).

Na podstawie spadku różnicy masy ciała przedstawionej w tabeli 1 można zauważyć, iż większy procentowo spadek masy występuje u capów starszych, co jest zgodne z obserwacjami Zeilera (2012).

IV. WNIOSKI

Przeprowadzone badania, mające na celu scharakteryzowanie podstawowych cech fenotypowych kozic pochodzących z Alp Gailtalskich, dały podstawę do sformułowania następujących wniosków:

1. Malejące wraz z wiekiem tempo przyrostu haków powoduje, iż cenne (medalowe) trofea mogą być pozyskane już u osobników w wieku 6–7 lat.
2. We wszystkich analizowanych klasach wieku capy były istotnie cięższe od kóz, a największe różnice odnotowano wśród osobników 7-letnich oraz 9-letnich i starszych.

3. U capów zmienność masy tuszy w ciągu roku była znacznie większa niż u samicy, co może być spowodowane okresem rui.
4. Różnice w masie tuszy capów i kóz wahały się od około 7–12% w okresie zimowym do około 20–40% w okresie jesiennym.

LITERATURA

- Andreev R. 2009. *Status and future development of the chamois (Rupicapra rupicapra balcanica Bolckay, 1925) population from Stara planina Mountain*. PhD Thesis, University of Forestry, Sofia, Bulgaria, 2009, 161 (in Bulgarian).
- Bassano B., Perrone A. & von Hardenberg A. 2003. *Body weight and horn development in Alpine chamois, Rupicapra rupicapra (Bovidae, Caprinae)*. *Mammalia*. 67, 65–73.
- Bieger W., Nüsslein F. 1996. *Die formelmässige Bewertung der europäischen Jagdtrophäen*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- Bubenik A. B. 1984. *Ernährung, Verhalten Und Umwelt des Schalenwildes*. BLV Verlagsgesellschaft, München. 272.
- Chirichella R. 2010. *Ecological factors affecting investment in body mass, and horns in the alpine chamois (Rupicapra rupicapra)*. Dissertation, University of Sassari, Ph.D. School in Natural Sciences, Sassari, Italy. 133.
- Couturier M.A.J. 1938. *Le chamois*. Ed. B. Arthaud, Grenoble.
- Crampe J.C., Caens J.C., Dumerc J.L. & Pépin D. 1997. *La masse corporelle comme indicateur de la condition physique hivernale de l'Isard, Rupicapra pyrenaica (Artiodactyla, Bovidae)*. *Mammalia*. 61, 73–86.
- Forsyth D.M., Duncan R.P., Tustin K.G. & Gaillard J.M. 2005. *A substantial energetic cost to male reproduction in a sexually dimorphic ungulate*. *Ecology*, 86, 2154–2163.
- Földes L. 1972. *Waidwerk der Gegenwart. Erinnerungswerk an die Welt-Jagdausstellung 1971 in Budapest*. Corvina Verlag, Budapest.
- Garel M., Loison A., Jullien J.-M., Dubray D., Maillard D. & Gaillard J.M. 2009. *Sex-specific growth in Alpine chamois*. *J. Mammal.* 90, 954–960.
- Hafner M. 2004. *Does the fluctuating asymmetry in horn length in chamois (Rupicapra rupicapra L.) reflect the quality and age of the animal*. *Zbornik Gozdarstva in Lesarstva, Ljubljana*, No.73 pp.5–29 ref.41.
- Jamrozny G., Pęksa Ł., Urbanik Z., Gąsienica Byrcyn W. 2007. *Kozica tatrzańska Rupicapra rupicapra tatrca*. Wydawnictwo Tatrzańskiego Parku Narodowego, Zakopane, 1–336.
- Loison A., Festa – Bianchet M., Gaillard J., Jorgenson J.T. & Jullien J.-M. 1999. *Age-specific survival in five populations of ungulates: evidence of senescence*. *Ecology* 80, 2539–2554.
- Milanov Z. 2012. *Age development of chamois (Rupicapra rupicapra Balcanica Bolckay, 1925) hunting trophy*. *Silva Balcanica, Gorno Sahrane*, 13 (1), 66–69.
- Pérez – Barberia, F.J., Mutuberria G. & Nores C. 1998. *Reproductive parameters, kidney fat index, and grazing activity relationships between the sexes in Cantabrian chamois Rupicapra pyrenaica parva*. *Acta Theriol.* 43, 311–324.
- Rughetti M., Festa-Bianchet M. 2011. *Seasonal changes in sexual size dimorphism in northern chamois*. *Journal of Zoology* 284: 257–264.
- Shackleton D.M. (ed.) & IUCN/SSC Caprinae Specialist Group, 1997. *Wild Sheep and Goats and their Relatives*. Status Survey and Conservation Action Plan for Caprinae. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK: 390+vii pp.
- Stachowiak I. 1994. *Wycena trofeów łowieckich*. Wydawnictwo Łowiec Polski, Warszawa. 99–106.

Szederjei A., Szederjei M. 1971. *Geheimnis des Weltrekordes*. Terra Vrlag, Budapest.
Zeiler H. 2012. *Gams*. Österreichischer Jagd- und Fischerei-Verlag. Wien.

Inne

www.foscari.at

www.biologischesvielfalt.at

Summary

Marek Wajdzik, Katarzyna Szyjka, Iza Murzynowska

The phenotypic characteristics of Alpine chamois collected in the Gailtal Alps (Austria)

The objective of the study was to determine the phenotypic characteristics of Alpine chamois from the Gailtal Alps (Austria). The evaluation criteria included carcass weight and horn characteristics such as length, height, span, and circumference (Fig. 1) depending on the age and sex of the animals.

The study involved measurements of 188 pairs of chamois horns (86♂, 102♀), as well as 1939 carcasses (918♂, 1021♀).

Carcass weight was significantly correlated with age both in males ($r=0.74$) and females ($r=0.52$). Males were significantly heavier than females (Fig. 2) in all age classes, with the smallest differences found for the youngest animals (yearlings), and the largest for 9-year-old and older chamois. This characteristic revealed seasonal variability, with the largest values reached in October and November; the changes were more pronounced in the males (Fig. 1).

Horn size increased with age (Table 2), with the greatest length noted in 7-year-old and older individuals. The mean lengths of male and female horns were similar in particular age groups, with statistically significant differences found only in the 4th age class (5- and 6-year-olds). In turn, horn circumference increased significantly up to the 2nd age class both in males and females, and then either stagnated (in males) or decreased (in females, see Table 2). Horn span increased with age: yearlings revealed the smallest values of this feature, while 7-year-old and older individuals exhibited the largest values. The mean horn spans of males and females were similar in particular age groups, without any statistically significant differences. Finally, horn height significantly differed between 5–6-year-old males and females. This characteristic also significantly increased with age, reaching a maximum in the oldest age group (Table 2).

DYNAMIKA ZMIAN MIAŻSZOŚCI GÓRSKICH DRZEWOSTANÓW MIESZANYCH ZAGOSPODAROWANYCH RĘBNIAMI ZŁOŻONYMI

Stanisław Zięba
Jan Banaś
Leszek Bujoczek
Anna Kozuch

Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie
Instytut Zarządzania Zasobami Leśnymi
Zakład Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa
Al. 29 Listopada 46/410, 31-425 Kraków,
e-mail: rlzieba@cyf-kr.edu.pl

Alicja Słupska

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Wydział Agrobioinżynierii, Katedra Roślin Przemysłowych
i Lecznicych, Zakład Gospodarki Leśnej

Karol Zaborski

Nadleśnictwo Marcule, Marcule 1, 27-100 Iłża

ABSTRACT

Zięba S., Banaś J., Bujoczek L., Kozuch A., Słupska A., Zaborski K. 2017 *The changes of stands volume in managed mountain mixed forest*. Acta Agr. Silv. ser. Silv. 55: 37–49.

The work presents analysis of volume and structure of timber resources in mountain mixed forest stands managed according to Swiss irregular cutting system. Research material consist of results of trees measurements on 413 control sample plots located in square net with the length of side 100 m in "Szcawiczne" object in Forest Experimental Station in Krynica. The results include analysis of tree measurements carried out in year 1975 and repeated in following years: 1986, 1994, 2001, 2006 and 2011. Calculations were performed for 16 interpretation units created by joining together stands with the same species composition category and phase of stand development with total area of 455,86 ha.

KEY WORDS: statistical-mathematical system of forest control and inventory, forecrop stand, mixed stand, mountain forests

SŁOWA KLUCZOWE: statystyczno-matematyczny system kontroli i inwentaryzacji lasu, stanowisko przedplonu, stoisko mieszane, lasy górskie

I. WSTĘP

Zgodnie z obecnie obowiązującym modelem leśnictwa wielofunkcyjnego las powinien być prowadzony według zasad zapewniających zrównoważony rozwój jego funkcji ochronnych, społecznych i produkcyjnych. Wskazuje się przy tym, iż dla zapewnienia wewnętrznej trwałości jego budowa i struktura powinna nawiązywać do postaci lasów naturalnych. Według Nagela i Svobody (2008) odtworzeniu drzewostanów naturalnych sprzyja stosowanie naturalnego kierunku hodowli lasu. Właściwą formą jego realizacji w ocenie Chodzickiego jest przerębowo-zrębowy sposób zagospodarowania lasu (Poznański, Banaś 2001).

Umożliwia on, bowiem nie tylko przemianę drzewostanów jednowiekowych na różnowiekowe oraz przebudowę na drzewostany o składzie gatunkowym dostosowanym do siedliska, ale również zapewnia utrzymanie ich biologicznej i gospodarczej trwałości (Banaś 2010).

Rozwój lasów różnowiekowych kształtują naturalne procesy lasotwórcze, które charakteryzują się różną intensywnością zarówno w czasie, jak i przestrzeni (Banaś 2010). Ich ocena stanowi podstawę oceny stabilności ekosystemów zagospodarowanych zgodnie z naturalnym kierunkiem hodowli lasu (Jaworski i Podlaski 2007a, 2007b). Pełnią one zatem istotną rolę w podejmowaniu decyzji urzędzeniowych w zakresie zarządzania funkcjami obszarów leśnych. Pozwalają między innymi na ocenę potencjalnych możliwości produkcyjnych drzewostanów oraz na określanie wielkości etatów w lasach pełniących różne funkcje priorytetowe.

Jednym z ważniejszych elementów charakteryzujących dynamikę lasów różnowiekowych jest przyrost miąższości. Jest on wynikiem relacji pomiędzy wzrostem drzew a ich śmiertelnością (Bruchwald 2004), co pozwala na określenie kierunku zmian zachodzących w biomase ekosystemu leśnego w warstwie drzew.

Celem pracy była ocena zmian składu gatunkowego, wielkości zasobów drzewnych oraz intensywności procesów wzrostu i ubywania w długim okresie, w górskich drzewostanach mieszanych zagospodarowanych rębniami złożonymi. Analizie poddano więc skład gatunkowy, wielkość i strukturę zasobów leśnych na początku okresu kontrolnego oraz intensywność procesu przyrastania i kierunku zmian wielkości zasobów drzewnych w poszczególnych, następujących po sobie okresach kontrolnych.

II. OBIEKT BADAŃ

Badania zostały zrealizowane w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy, położonym w Mezoregionie Beskidu Sądeckiego, pomiędzy doliną Dunajca a Przełęczą Tylicką i doliną Kamienicy Nawojowskiej. Obiekt swym zasięgiem obejmuje pasmo Jaworzyny Krynickiej oraz przyległe obszary o urozmaiconej rzeźbie terenu, rozmaitych stosunkach wodnych i geologicznych. Stwarza to dobre warunki dla wzrostu drzewostanów pochodzenia naturalnego, głównie: jodłowych, jodłowo-bukowych oraz bukowych z domieszką jaworu, wiązu i jesionu. Szczególnie dobre warunki rozwoju znalazła tu jodła, która miejscami tworzy lite drzewostany, charakteryzujące się korzystnymi wartościami genetycznymi (Sabor i in. 1991). Z kolei świerczyny, sośniny i drzewostany modrzewiowe powstały wskutek zalesień gruntów porolnych, po przymusowym wysiedleniu Łemków. W ten sposób ukształtowały się tzw. drzewostany przedplonowe, które poddawane są obecnie przebudowie.

III. MATERIAŁ I METODA BADAŃ

Do realizacji celu badań wybrano drzewostany położone w obiekcie „Szcza-wiczne” Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Krynicy, o łącznej powierzchni 455,86 ha, znajdujące się w różnych fazach rozwojowych oraz kategoriach składu gatunkowego. Do ich oceny w pracy wykorzystano materiały archiwalne Zakładu Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa UR w Krakowie obejmujące wyniki okresowych pomiarów wykonywanych od 1975 do 2011 r. na 413 stałych powierzchniach próbnych rozmieszczonych zgodnie z założeniami statystyczno-matematycznego systemu inwentaryzacji i kontroli lasu.

Na podstawie wyników inwentaryzacji z roku 1975 drzewostany tej samej kategorii składu gatunkowego i fazy rozwoju połączono w grupy (Słupska 2015). Utworzono w ten sposób 16 jednorodnych jednostek obliczeniowo-interpretacyjnych (tab. 1).

Obliczenia cech dla każdej jednostki obliczeniowo-interpretacyjnej wykonano zgodnie z metodyką statystyczno-matematycznego systemu inwentaryzacji (Rutkowski 1989). W szczególności przyjęto następujące rozwiązania:

- W celu określenia miąższości drzew na powierzchniach próbnych posłużono się krzywymi wysokości. Do ich sporządzenia wykorzystano funkcję Näslanda (Bruchwald, Rymer-Dudzińska 1981).
- Krzywe wysokości sporządzono odrębnie dla gatunków w oparciu o drzewa, którym pomierzono pierśnicę i wysokość (na małym kole).
- Dla drzewostanów przedplonowych krzywe wysokości sporządzano odrębnie dla każdego terminu inwentaryzacji.
- W drzewostanach różnowiekowych w fazie optymalnej i terminalnej krzywe wysokości sporządzono wykorzystując wyniki pomiarów wysokości z wszystkich okresów kontrolnych.
- W dalszym etapie prac z *Tablic miąższości kłód odziomkowych i drzew stojących* Czuraja (1998) odczytano poszczególne miąższości drzew na podstawie pierśnicy i wysokości.
- Bieżący roczny przyrost miąższości drzewostanów ($Z_{V(1-2)}$) w okresie kontrolnym (1–2) obliczono według następującej formuły:

$$Z_{V(1-2)} = V_2 - V_1 + U_{V(1-2)} - D_{V(1-2)}$$

gdzie:

V_1 – miąższość drzewostanów na początku okresu kontrolnego,

V_2 – miąższość drzewostanu na końcu okresu kontrolnego,

$U_{V(1-2)}$ – miąższość ubytków w okresie kontrolnym (1–2),

$D_{V(1-2)}$ – miąższość dorostów w okresie kontrolnym (1–2).

Tabela 1 – Table 1

Podział drzewostanów na jednostki obliczeniowo-interpretacyjne według kategorii składu gatunkowego i fazy rozwojowej w obiekcie Szczawicze w roku 1975

Classification of stands for interpretation units, according to species composition group and development phase in Szczawicze in 1975

| Kategoria składu gatunkowego / Species composition group | Faza rozwoju / Development phase | Skrót jednostki obliczeniowo-interpretacyjnej / Symbol of unit | Powierzchnia [ha] / Area [ha] | Udział [%] / Percentage [%] |
|--|-------------------------------------|---|----------------------------------|--------------------------------|
| Sośniny / Pine stands | Terminalna / Terminal | So T | 7,84 | 1,7 |
| Jedlino-świerczyny / Fir-spruce stands | Optymalna / Optimal | Jd – Św O | 31,2 | 6,8 |
| Świerczyno-jedliny / Spruce-fir stands | Terminalna / Terminal | Św – Jd T | 6,56 | 1,4 |
| Wielogatunkowe z przewagą świerka / Multispecies spruce stands | Optymalna / Optimal | Św wg O | 79,6 | 17,5 |
| Jedliny / Fir stands | Terminalna / Terminal | Jd T | 25,01 | 5,5 |
| Jedliny / Fir stands | Optymalna / Optimal | Jd O | 5,95 | 1,3 |
| Sośnino-świerczyny / Pine-spruce stands | Optymalna | So – Św O | 18,03 | 4,0 |
| Sośnino-świerczyny / Pine-spruce stands | Terminalna / Terminal | So – Św T | 17,17 | 3,8 |
| Wielogatunkowe z przewagą sosny / Multispecies pine stands | Terminalna / Terminal | So wg T | 30,98 | 6,8 |
| Świerczyno-sośniny / Spruce-pine stands | Optymalna / Optimal | Św – So O | 40,86 | 9,0 |
| Wielogatunkowe z przewagą jodły / Multispecies fir stands | Optymalna / Optimal | Jd wg O | 11,95 | 2,6 |
| Modrzewino-sośniny / Larch-pine forecrop stands | Przedplonowa / Forecrop | Md – So P | 26,96 | 5,9 |
| Wielogatunkowe z przewagą olszy / Multispecies alder stands | Przedplonowa / Forecrop | Ol wg P | 25,67 | 5,6 |
| Sośnino-świerczyny / Pine-spruce forecrop stands | Przedplonowa / Forecrop | So – Św P | 21,59 | 4,7 |
| Wielogatunkowe z przewagą sosny / Multispecies pine forecrop stands | Przedplonowa / Forecrop | So wg P | 70,26 | 15,4 |
| Świerczyno-sośniny / Spruce-pine forecrop stands | Przedplonowa / Forecrop | Św – So P | 36,23 | 7,9 |
| Razem / Total | | | 455,86 | 100,0 |

IV. WYNIKI BADAŃ

W roku 1975 w składzie drzewostanów obiektu Szczawiczne stwierdzono 16 gatunków drzew. Wśród nich największy udział (wg miąższości) zajmowały sosna (38,8%), świerk (33,4%) i jodła (18,3%), natomiast pojedynczo (poniżej 5% udziału) występowały olsza i modrzew oraz sporadycznie (poniżej 1%) buk, brzoza, czereśnia, dąb, wierzba iwa, jarząb, jawor, lipa, osika. Średnia zasobność drzewostanów była niewielka i wynosiła $147 (\pm 15) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$ (tab. 2). Do najzasobniejszych należały drzewostany starsze, tj. w fazie terminalnej: lite sośniny ($230 (\pm 42) \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), jedliny ($224 (\pm 55) \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), a także świerczyno-jedliny ($228 (\pm 27) \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$). Z kolei zasobnością poniżej wartości przeciętnej charakteryzowały się głównie drzewostany przedplonowe, np. olszyny wielogatunkowe ($99 (\pm 11) \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) i sośnino-świerczyny ($112 (\pm 6) \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) oraz drzewostany młode, tj. w optymalnej fazie rozwoju, np. jedlino-świerczyny ($117 (\pm 14) \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), czy też jedliny wielogatunkowe ($129 (\pm 17) \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$).

Przyrost miąższości w okresie kontrolnym 1975–1986 w całym obiekcie kształtował się na poziomie $5,92 (\pm 1,31) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$ (tab. 3). Odkładał się on przede wszystkim na sosnach (40%), świerkach (20%), jodłach (17%) i modrzewiach (9%). W mniejszym stopniu (poniżej 5%) na bukach, brzozach, wierzbach i olchach. Największy przyrost wykazywały głównie drzewostany ze znacznym udziałem sosny, a więc przedplonowe drzewostany modrzewiowo-sosnowe ($10,67 (\pm 1,30) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$), świerczyno-sośniny ($9,14 (\pm 1,34) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$) oraz sośnino-świerczyny ($8,99 (\pm 2,13) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$). Najślabiej przyrastały natomiast drzewostany jodłowe w fazie terminalnej ($1,50 (\pm 1,36) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$) oraz w fazie optymalnej ($2,16 (\pm 1,29) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$). Procent przyrostu (w stosunku do zasobności na początku okresu) wyniósł średnio 4,0% i przyjmował wartości od 0,7% (w jedlinach w fazie terminalnej) do 8,9% (w przedplonowych drzewostanach modrzewiowo-sosnowych).

W roku 1986 w drzewostanach stwierdzono niewielkie zmiany składu gatunkowego. Nadal największy udział (wg miąższości) zajmowały sosna (38,0%), niższy był jednakże udział świerka (29,4%) i jodły (15,8%), nieznacznie wzrósł też udział modrzewia (4,8%) i buka (1,5%). Wyraźnie wyższa była natomiast średnia zasobność drzewostanów, która wynosiła $192 (\pm 16) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$. Największy wzrost zasobności wystąpił w drzewostanach ze znacznym udziałem świerka i jodły, tj. w świerczyno-jedlinach w fazie terminalnej (o $128 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$ oraz w jedlino-świerczynach w fazie optymalnej (o $91 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$). Z kolei najmniejszy jej wzrost stwierdzono w drzewostanach świerkowo-sosnowych w optymalnej fazie rozwoju (o $30 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$).

W okresie kontrolnym 1986–1994 wartość bieżącego przyrostu miąższości wyraźnie się zwiększyła i wynosiła średnio dla całego obiektu $8,22 (\pm 0,64) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$. Nadal największym przyrostem miąższości odznaczały się drzewostany przedplonowe. Podobnie jak w poprzednim okresie najwyższą wartość przyrostu miąższości wykazywały drzewostany modrzewiowo-sosnowe ($12,65 (\pm 0,47) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$) oraz przedplonowe świerczyno-sośniny ($10,94 (\pm 0,77) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$). Przyrost miąższości wyższy był również

Tabela 2 – Table 2

Zasobność drzewostanów według kategorii składu gatunkowego i faz rozwojowych w obiekcie Szczawiczne w latach 1975–2011

Stands volume in species composition groups and development phase in Szczawiczne in years 1975–2011

| Jednostka obliczeniowo-interpretacyjna / Interpretation units | Zasobność (błąd średni) / Volume (mean error) | | | | | | |
|---|---|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| | 1975 | 1986 | 1994 | 2001 | 2006 | 2011 | |
| So T | 230 (± 41,6) | 281 n (± 53,7) | 284 n (± 86,9) | 292 n (± 102,8) | 339 n (± 127,5) | 219 n (± 79,3) | |
| Jd – Św O | 117 (± 14,4) | 208 n (± 18,6) | 242 t (± 17,5) | 273 t (± 16,3) | 314 t (± 20,5) | 331 t (± 27,7) | |
| Św – Jd T | 228 (± 26,6) | 356 t (± 43,6) | 378 t (± 36,4) | 377 t (± 34,9) | 368 t (± 27,7) | 421 t (± 34,3) | |
| Św wg O | 171 (± 9,1) | 170 n (± 8,8) | 211 n (± 8,8) | 225 t (± 10,3) | 248 t (± 10,1) | 251 t (± 11,3) | |
| Jd T | 224 (± 55,3) | 93 n (± 8,9) | 165 n (± 13,7) | 234 n (± 21,6) | 262 n (± 29,1) | 294 n (± 35,5) | |
| Jd O | 131 (± 34,4) | 218 n (± 36,8) | 286 n (± 30,2) | 359 t (± 30,5) | 420 t (± 38,9) | 449 t (± 49,7) | |
| So – Św O | 160 (± 10,2) | 252 n (± 33,7) | 279 n (± 29,9) | 277 n (± 29,7) | 261 n (± 32,5) | 288 n (± 29,2) | |
| So – Św T | 131 (± 21,8) | 205 n (± 35,5) | 248 n (± 36,7) | 261 n (± 34,6) | 288 n (± 36,3) | 301 t (± 34,2) | |
| So wg T | 174 (± 12,1) | 153 n (± 14,1) | 189 n (± 17,8) | 217 n (± 19,8) | 234 n (± 19,5) | 250 n (± 22,8) | |
| Św – So O | 140 (± 11,0) | 170 n (± 12,7) | 201 t (± 15,6) | 199 t (± 18,2) | 207 t (± 17,8) | 229 t (± 19,2) | |
| Jd wg O | 129 (± 17,1) | 201 n (± 23,3) | 230 n (± 23,4) | 258 n (± 28,5) | 266 t (± 24,5) | 247 n (± 32,8) | |
| Md – So P | 120 (± 8,6) | 219 n (± 15,3) | 304 t (± 21,2) | 341 t (± 28,3) | 343 t (± 32,4) | 360 t (± 36,5) | |
| Ol wg P | 99 (± 11,3) | 183 n (± 14,7) | 245 t (± 17,7) | 281 t (± 23,4) | 295 t (± 117,4) | 316 t (± 118,1) | |
| So – Św P | 112 (± 5,6) | 182 n (± 14,4) | 229 t (± 15,4) | 244 t (± 14,0) | 223 t (± 8,1) | 195 t (± 11,1) | |
| So wg P | 126 (± 6,1) | 198 t (± 10,5) | 240 t (± 13,5) | 281 t (± 61,9) | 228 t (± 17,0) | 281 t (± 19,4) | |
| Św – So P | 132 (± 7,1) | 221 t (± 10,6) | 283 t (± 13,6) | 305 t (± 17,6) | 325 t (± 21,4) | 337 t (± 23,1) | |
| Ogółem | 147 (± 14,8) | 192 t (± 16,3) | 237 t (± 18,6) | 262 t (± 21,1) | 268 t (± 27,4) | t (± 29,3) | |

* t – zmiana istotna w stosunku do roku 1975 / significant change in comparison to 1975 ($p < 0,05$)

n – zmiana nieistotna w stosunku do roku 1975 / insignificant change in comparison to 1975 ($p < 0,05$)

Tabela 3 - Table 3

Bięący przyrost miąższości w drzewostanach obiektu Szczawiczne w LZD Krynica
w latach 1975–2011 /

Current volume increment in stands of Szczawiczne in LZD Krynica in 1975–2011

| Jednostka obliczeniowa – interpretacyjna / Interpretation units | Przyrost bięący miąższości (błąd średni) procent przyrostu / Current volume increment (mean error) percentage of volume increment | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 1975–1986 | 1986–1994 | 1994–2001 | 2001–2006 | 2006–2011 |
| So T1 | 7,99 (± 4,55) 3,5% | 8,84 n (± 2,76) 3,1% | 4,94 n (± 2,17) 1,7% | 8,46 n (± 3,20) 2,9% | 5,52 n (± 1,75) 1,6% |
| Jd – Św O | 8,10 (± 1,58) 6,9% | 8,66 n (± 0,60) 4,2% | 8,68 n (± 0,85) 3,6% | 13,58 t (± 1,08) 5,0% | 10,86 t (± 1,08) 3,5% |
| Św – Jd T | 6,75 (± 2,74) 2,9% | 7,78 t (± 0,72) 2,2% | 6,54 t (± 1,80) 0,4% | 7,61 t (± 2,00) 0,2% | 14,45 t (± 3,40) 3,9% |
| Św wg O | 2,35 (± 0,58) 1,4% | 7,7 t (± 0,30) 4,5% | 6,54 t (± 0,29) 3,1% | 10,23 t (± 0,32) 4,6% | 9,77 t (± 0,44) 3,9% |
| Jd T | 1,50 (± 1,36) 0,7% | 8,38 t (± 0,99) 9,0% | 10,72 t (± 1,32) 6,5% | 10,79 t (± 1,26) 4,6% | 14,64 t (± 1,63) 5,6% |
| Jd O | 2,16 (± 1,29) 1,6% | 9,34 t (± 0,47) 4,3% | 11,64 t (± 0,66) 4,1% | 17,54 t (± 1,58) 4,9% | 16,04 t (± 2,11) 3,8% |
| So – Św O | 8,99 (± 2,13) 5,6% | 6,1 n (± 0,79) 2,4% | 6,29 n (± 0,65) 2,3% | 6,72 n (± 0,81) 2,4% | 10,7 n (± 1,13) 4,1% |
| So – Św T | 6,81 (± 2,60) 5,2% | 5,39 n (± 0,99) 2,6% | 8,07 n (± 0,94) 3,2% | 8,57 n (± 0,78) 3,3% | 9,75 n (± 1,34) 3,4% |
| So wg T | 3,25 (± 1,90) 1,7% | 6,29 t (± 0,73) 4,1% | 7,56 t (± 0,68) 4,0% | 9,18 t (± 0,58) 4,2% | 10,8 t (± 0,78) 4,6% |
| Św – So O | 3,45 (± 0,99) 2,5% | 6,38 t (± 0,49) 3,7% | 6,58 t (± 0,40) 3,3% | 9,15 t (± 0,55) 4,6% | 9,10 t (± 0,61) 4,4% |
| Jd wg O | 7,28 (± 1,62) 5,7% | 8,5 t (± 0,87) 4,2% | 7,56 n (± 0,77) 3,3% | 10,8 n (± 2,14) 4,2% | 7,43 n (± 1,20) 2,8% |
| Md – So P | 10,67 (± 1,30) 8,9% | 12,9 n (± 0,52) 5,5% | 11,54 n (± 0,57) 3,8% | 11,81 n (± 1,01) 3,5% | 9,65 n (± 0,88) 2,8% |
| Ol wg P | 4,70 (± 1,18) 4,7% | 9,86 t (± 0,75) 5,4% | 10,66 t (± 0,86) 4,3% | 9,34 t (± 0,71) 3,3% | 13,07 t (± 1,11) 4,4% |
| So – Św P | 6,51 (± 1,27) 5,8% | 9,47 t (± 0,60) 5,2% | 9,01 t (± 0,45) 3,9% | 7,83 n (± 0,94) 3,2% | 10,82 t (± 1,08) 4,8% |
| So wg P | 8,65 (± 0,97) 6,9% | 8,98 n (± 0,40) 4,5% | 10,2 t (± 0,36) 4,2% | 4,22 t (± 0,59) 1,5% | 9,69 t (± 0,74) 3,4% |
| Św – So P | 9,14 (± 1,34) 6,9% | 10,94 n (± 0,77) 4,9% | 9,79 n (± 0,50) 3,5% | 11,21 n (± 0,97) 3,7% | 10,31 n (± 0,98) 3,2% |
| Ogółem | 5,92 (± 1,31) 4,0% | 8,22 t (± 0,64) 4,3% | 8,52 t (± 0,62) 3,6% | 9,22 t (± 0,82) 3,5% | 11,93 t (± 0,95) 4,5% |

* t – zmiana istotna w stosunku do roku 1975 / significant change in comparison to 1975 ($p < 0,05$)

n – zmiana nieistotna w stosunku do roku 1975 / insignificant change in comparison to 1975 ($p < 0,05$)

w drzewostanach ze znacznym udziałem jodły, np. jedlinie w fazie terminalnej ($8,38 (\pm 0,99) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$) oraz optymalnej ($9,34 (\pm 0,47) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$). Z kolei najmniejszy przyrost stwierdzono w drzewostanach sosnowo-świerkowych w fazie terminalnej ($5,39 (\pm 0,99) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$).

W 1994 w składzie drzewostanów zaszły podobne zmiany jak w poprzednim okresie. W miąższości drzewostanów stwierdzono bowiem dalszy spadek udziału sosny (o 2,3%) i świerka (o 3,7%) oraz wzrost udziału buka (o 1,6%) i modrzewia (o 1%). Nastąpił też dalszy wzrost przeciętnej zasobności drzewostanów do $237 (\pm 19) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$. Do najzasobniejszych należały zarówno drzewostany starsze w terminalnej fazie rozwoju: świerkowo-jodłowe ($378 (\pm 36) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$), modrzewiowo-sosnowe ($304 (\pm 21) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$), jak i w optymalnej fazie rozwoju jedliny ($286 (\pm 30) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$). Wyższą zasobnością charakteryzowały się również drzewostany ze znacznym udziałem sosny, tj. sośniny w terminalnej fazie rozwoju, czy też przedplony świerkowo-sosnowe ($283 (\pm 14) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$). Najniższą zasobność posiadały drzewostany wielogatunkowe drzewostany sosnowe w fazie terminalnej ($189 (\pm 18) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$) oraz drzewostany młode w fazie optymalnej: świerczyny wielogatunkowe ($211 (\pm 9) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$) i świerczyno-sośniny ($201 (\pm 16) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$). Przyrost miąższości średnio dla całego obiektu w okresie kontrolnym 1994–2001 kształtował się na poziomie $8,52 (\pm 0,62) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$. Odkładał się on głównie na sosnach (33%), jodłach (24%), świerkach (18%), bukach (8%) i modrzewiach (6%). W mniejszym zaś stopniu (poniżej 5%) na olchach, jesionach i jaworach. Największym przyrostem $11,64 (\pm 0,60) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$ cechowały się drzewostany jodłowe w optymalnej fazie rozwoju oraz jedliny w fazie optymalnej młodszej ($10,72 (\pm 1,32) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$), a także przedplonowe drzewostany modrzewiowo-sosnowe ($11,54 (\pm 0,57) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$). Najniższy przyrost stwierdzono w drzewostanach sosnowych w fazie terminalnej ($4,94 (\pm 2,17) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$).

W roku 2001 w składzie drzewostanów następował dalszy spadek udziału gatunków przedplonowych oraz wzrost udziału gatunków docelowych, dostosowanych do siedlisk. Nadal jednakże największą część zapasu stanowiły: sosna (34,2%), świerk (22,7%) oraz jodła (21,6%), wyraźny udział w miąższości zaznaczyły również modrzew (6,0%), olsze (5,4%) oraz buki (8%). Stwierdzono również dalszy wzrost średniej zasobności drzewostanów, która w 2000 r. wynosiła $262 (\pm 21) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$. Największy wzrost zasobności wystąpił w drzewostanach jodłowych (od $69 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$ w jedlinie w fazie terminalnej do $73 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$ w jedlinie w fazie optymalnej), a także w drzewostanach przedplonowych (od $15 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$ w sośnino-świerczynie do $41 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$ w sośninie wielogatunkowej). Z kolei niewielki spadek ($1\text{--}2 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$) stwierdzono w jednostkach ze znacznym udziałem świerka zarówno w optymalnej (świerczyno-sośninie i sośnino-świerczynie), jak i terminalnej fazie rozwoju (w świerczyno-jedlinie).

W okresie 2001–2006 średni przyrost w całym obiekcie kształtował się na poziomie $9,22 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$. Największym przyrostem $17,54 (\pm 1,58) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$ cechowały się drzewostany jodłowe oraz jedlino-świerczyny w optymalnej fazie rozwoju ($13,58 (\pm 1,08) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$). Najniższy przyrost wykazywały przedplonowe, wielogatunkowe drzewostany z przewagą sosny ($4,22 (\pm 0,59) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$).

W roku 2006 stwierdzono niewielkie zmiany składu gatunkowego. W szczególności zmniejszył się udział miąższości sosny (o 3,1%) i świerka (o 1,1%) oraz wzrósł udział jodły (o 4,1%). W roku 2006, pomimo wzrostu zasobności w całym obiekcie, nastąpił niewielki spadek zasobności w sośnino-świerczynach fazy optymalnej i przedplonowej (odpowiednio do $261 (\pm 33) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$ i $223 (\pm 8) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$) oraz w przedplonowych drzewostanach sosnowych do $228 (\pm 17) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$.

Przyrost miąższości średnio dla całego obiektu w okresie kontrolnym 2006–2011 wyniósł $11,93 (\pm 0,95) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$. Odkładał się on głównie na jodłach (39%), sosnach (27%), świerkach (14%), bukach (10%). Największy przyrost wykazywały jedliny w fazie optymalnej ($16,04 (\pm 2,11) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$) i w fazie terminalnej ($14,64 (\pm 1,63) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$) oraz świerczyno-jedliny w fazie terminalnej ($14,45 (\pm 2,00) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$). Najniższym przyrostem ($5,52 (\pm 1,75) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$) cechowały się drzewostany sosnowe w terminalnej fazie rozwoju.

W roku 2011 na końcu okresu badawczego stwierdzono w składzie gatunkowym dalszy wzrost (wg miąższości) udziału jodły (do 30,7%), buka (18,2%) oraz modrzewia (do 6,4%), natomiast spadek udziału świerka (25,7%), sosny (do 12,0%) oraz olszy (do 2,1%). Wyższa była również średnia zasobność drzewostanów, która wynosiła $284 (\pm 29) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$. Największy wzrost zasobności wystąpił w jedlinach (o $32 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$) oraz świerczyno-jedlinach (o $53 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$) znajdujących się w fazie terminalnej do $421 (\pm 34) \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$. Niższą zasobność stwierdzono z kolei w drzewostanach sosnowych w terminalnej fazie rozwoju (o $120 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$) oraz przedplonach sosnowo-świerkowych (o $28 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$).

V. DYSKUSJA

W obiekcie Szczawiczne z uwagi na występowanie siedlisk lasu górskiego (LG) celami hodowlanymi są drzewostany jodłowe, jodłowo-bukowe, świerkowo-jodłowo-bukowe oraz wielogatunkowe (Poznański 2010). W efekcie realizowanych zabiegów gospodarczych i naturalnej sukcesji, w analizowanym obiekcie nastąpiły wyraźne zmiany wielkości zasobów drzewnych oraz składu gatunkowego. Zmiany te wystąpiły praktycznie we wszystkich, wyróżnionych jednostkach obliczeniowo-interpretacyjnych, a ich intensywność zależała od początkowego składu gatunkowego oraz fazy rozwoju.

Ogólnie w latach 1975–2011, a więc w ciągu 36-letniego okresu badawczego, przyrost miąższości zwiększył się z 5,92 do $11,93 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$. Podobny trend stwierdzono również w innych obiektach. W Powroźniku, w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy, w latach 1975–2010 przyrost zmienił się z 6,34 do $11,78 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$, natomiast w lasach szkoleniowych Křtiny (Czechy) – w ciągu 38 lat wzrósł z 9,8 do $15,6 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$ (Kantor i in. 2001; Hurt i Kantor 2007).

Gatunkiem, który miał największy wpływ na zmiany wielkości zasobów drzewnych i intensywność przyrostu była jodła pospolita. W każdym bowiem

okresie kontrolnym wzrostowi jej udziału towarzyszyło powiększanie zasobów drzewnych i wielkości przyrostu. Na ten związek zwrócili uwagę Jaworski i Jakubowska (2012), którzy zauważyli, iż w drzewostanach Pienińskiego Parku Narodowego, gdzie jodła stanowiła ponad 30% miąższości drzewostanu, przyrost miąższości kształtował się na poziomie od $7,11 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$ (Przełącz Sosnów) do $7,29 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$ (Walusiówka), natomiast przy ponad 90% udziale jodły przyrost miąższości sięgał $13,78 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$ (Facimiech). Podobne wyniki uzyskano w lasach roztoczańskich (Obroc) przy nieco niższym udziale jodły (58%), w których bieżący przyrost miąższości określono na poziomie $11,3 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$ (Słupska 2007, Zięba i in. 2014). W Leśnym Zakładzie Doświadczalnym, w młodych drzewostanach jodłowych, w których jodła stanowiła ponad 70% udziału, przyrost miąższości wynosił od $14,74 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$ (w obiekcie Powroźnik) do $16,04 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$ (w obiekcie Szczawiczne).

Wysoki przyrost miąższości jest zjawiskiem, które jest notowane szczególnie w ostatnich latach (Banaś i in. 2012). W latach dziewięćdziesiątych, notowana wielkość przyrostu była znacznie niższa. Na przykład w „Lesie pod Huzarami” w LZD Krynica, pomimo wysokiego udziału jodły (ponad 70%), przyrost miąższości wynosił od $7,2 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$ (Przybylska 1994) do $8,37 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$ (Przybylska 1993). Niższe wartości przyrostu stwierdzono również w jedlinach LZD – $7,93 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$ (Przybylska i Zięba 2003), oraz Gorczańskiego Parku Narodowego – $10,05 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$ (Chwistek 2008).

Stosunkowo niski przyrost zaobserwowano również w drzewostanach mieszanych z panującą jodłą. W latach 2006–2011 w Uroczysku Szczawiczne najmniejszą wielkość przyrostu miąższości ($7,43 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$) charakteryzowały się jedliny wielogatunkowe w optymalnej fazie rozwoju. Wielkość ta była wyraźnie niższa od określonej w innym obiekcie LZD w Krynicy (w Powroźniku – $11,95 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$).

Wyraźnie wyższy przyrost stwierdzono w drzewostanach, w których współpanowały świerk i jodła. Bieżący okresowy (2006–2011) przyrost miąższości w świerczyno-jedlinach w fazie terminalnej w Szczawiczne wynosił $14,45 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$, natomiast w Uroczysku Powroźnik w optymalnej fazie rozwoju wynosił $10,44 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$.

W drzewostanach mieszanych, w których gatunkiem panującym był świerk, przyrost miąższości był zwykle niższy od wielkości przeciętnych, określonych w innych typach drzewostanów. Wielogatunkowe świerczyny krynickie w ostatnim okresie charakteryzowały się przyrostem na poziomie $9,77 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$, co było o $1,67 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$ większą wartością niż w gorczańskich drzewostanach tej samej kategorii składu gatunkowego (Chwistek 2000). Jaworski i Karczmarski (1995) badający w Babiogórskim Parku Narodowym drzewostany świerkowe wykazali, iż jest to skutek pogorszenia się żywotności świerków, na co wpływ mogły mieć szkody spowodowane przez wiatr, jak i wysokie skażenie immisjami przemysłowymi.

W innych typach drzewostanów niedostosowanych do siedliskach, a więc w przedplonach odnotowywano wysokie wartości przyrostu miąższości. W obiekcie Szczawiczne kształtował się on od $9,65 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$ (w sośninach

wielogatunkowych) do $13,07 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$ (w olszynach wielogatunkowych), na co wpływ niewątpliwie miała obecność grubych sosen oraz wzrost udziału gatunków docelowych w ramach przebudowy. Zbliżony wysoki przyrost stwierdzono również w innych drzewostanach przedplonowych w LZD Krynica, tj. w Czarnym Potoku, gdzie wartości omawianego procesu zawierały się w przedziale od $10,70$ do $18,20 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$.

VI. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W pracy przedstawiono analizę zmian wielkości zasobów drzewnych oraz wynikających z intensywności procesów wzrostu i ubywania w górskich lasach mieszanych zagospodarowanych rębniami złożonymi. Badania przeprowadzono w drzewostanach Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Krynicy o łącznej powierzchni $455,86 \text{ ha}$, położonych w obiekcie badawczym Szczawiczne. Cechują się one dużym zróżnicowaniem: gatunkowym, budowy oraz wielkości i struktury zasobów drzewnych. Wśród licznych gatunków drzew główną rolę odgrywają buk, jodła, świerk oraz sosna.

Pomiary zostały przeprowadzone na 413 kontrolnych powierzchniach próbnych, rozmieszczonych w siatce kwadratów o boku 100 metrów i wielkości od $0,025$ do $0,05 \text{ ha}$ uzależnionej od fazy rozwoju drzewostanu. W obiekcie Szczawiczne powierzchnie zostały założone w 1975 r., a pomiary kontrolne powtórzono w latach: 1986, 1994, 2001, 2006 oraz 2011. Dla każdego drzewostanu określono kategorię składu gatunkowego oraz fazę rozwojową. Drzewostany o tej samej kategorii składu gatunkowego i fazy rozwoju pogrupowano w jednostki obliczeniowo-interpretacyjne tworząc w ten sposób 16 grup.

W oparciu o uzyskane wyniki sformułowano następujące stwierdzenia i wnioski:

1. W objętych badaniami drzewostanach w ciągu prawie czterech dziesięcioletnich okresów gospodarczych zaszły znaczne zmiany, korzystne zarówno z gospodarczego, jak i przyrodniczego punktu widzenia. W składzie gatunkowym drzewostanów nastąpił progres gatunków docelowych: jodły i buka oraz regres gatunków przedplonowych i niedostosowanych do siedliska lasu górskiego: sosny, świerka i olszy.
2. Średnia zasobność w obiekcie Szczawiczne wzrosła prawie dwukrotnie z 147 do $284 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$. Największy wzrost zasobności miał miejsce w jedlinach, najmniejszy zaś w drzewostanach przedplonowych i wielogatunkowych drzewostanach z przewagą świerka. W drzewostanach sosnowych fazy terminalnej zasobność uległa obniżeniu.
3. Wielkość przyrostu wzrosła średnio ponad dwukrotnie z poziomu $5,92 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$ w pierwszym okresie do około $11,93 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$ w ostatnim okresie. W latach 2006–2011 największym przyrostem miąższości (ok. $16,04 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$) cechowały się drzewostany jodłowe.

LITERATURA

- Banaś J. 2010. System planowania urzędzeniowego w lasach różnowiekowych. Sylwan, 154 (7): 456–462.
- Banaś J., Bujoczek L., Drozd M., Zięba S. 2012. Zmiany bieżącego przyrostu miąższości wybranych drzewostanów jodłowych Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Krynicy w latach 1971–2011. Sylwan, 156 (12): 908–913.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T. 1981. Zastosowanie funkcji Näslunda do budowy stałych krzywych wysokości dla świerka. Sylwan, 125 (6): 21–29.
- Bruchwald A. 2004. Relacje między użytkowaniem głównym i przyrostem miąższości. Sylwan, 148 (5): 3–12.
- Chwistek K. 2000. Lasy Gorczańskiego Parku Narodowego: historia, stan aktualny, tendencje rozwojowe. Praca doktorska. Poręba Wielka – Kraków.
- Chwistek K. 2008. Zmiany wybranych cech taksacyjnych drzewostanów Gorczańskiego Parku Narodowego w okresie 1992–2002 na tle oceny naturalności lasów gorczańskich z 1932 roku. Roczniki Bieszczadzkie 16: 125 – 144.
- Czuraj M. 1998. Tablice miąższości kłód odziomkowych i drzew stojących. Oficyna „Wydawnictwo Świat” Warszawa.
- Hurt V., Kantor P. 2007. Production potential and ecological stability of mixed forest stands in uplands – VI. A beech/larch stand on a mesotrophic site of the Křtiny Training Forest Enterprise. Journal of Forest Science, 53 (4): 170–184.
- Jaworski A., Jakubowska D. 2012. Ubytek, dorost i przyrost drzewostanów o charakterze pierwotnym na wybranych powierzchniach w Pienińskim Parku Narodowym. Sylwan, 156 (3): 182–191.
- Jaworski A., Karczmarski J. 1995. Budowa, struktura, dynamika i możliwości produkcyjne górnoregłowych borów świerkowych w Babiogórskim Parku Narodowym. Acta Agraria et Silv. ser. Silv., vol. 33: 75–113.
- Jaworski A., Podlaski R. 2007a. Structure and dynamics of selected stands of primeval character in the Pieniny National Park. Dendrobiology. vol. 58, 25–42.
- Jaworski A., Podlaski R. 2007b. Processes of loss, recruitment, and increment in stands of a primeval character in selected areas of the Pieniny National Park (southern Poland). Journal of Forest Science. 53(6): 278–289.
- Kantor P., Knott R., Martiník A. 2001. Production potential and ecological stability of mixed forest stands in uplands – III. A single tree mixed stand with Douglas fir on an eutrophic site of the Křtiny Training Forest Enterprise. Journal of Forest Science, 47:45–59.
- Nagel T.A., Svoboda M. 2008. Gap disturbance regime in an old – growth Fagus – Abies forest in the Dinaric Mountains, Bosnia-Herzegovina. Can. J. For. Res. 38: 2728–2737.
- Poznański R. 2010. Podstawy nowoczesnych zasad gospodarowania w różnowiekowych lasach górskich. Sylwan, 154 (9): 603–614.
- Poznański R., Banaś J. 2001. Ocena procesów ubywania, przeżywania i ubywania w lasach o zróżnicowanej strukturze. Acta Agr. Silv. ser. Silv., 39: 183–194.
- Przybylska K., Zięba S. 2003. Rezultaty wdrażania rębni stopniowej udoskonalonej w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy. Sylwan. 2: 20–29.
- Przybylska K. 1993b. Badanie dynamiki procesów lasotwórczych na podstawie stałych powierzchni próbnych statystyczno-matematycznego system inwentaryzacji i kontroli lasu. Roczniki Bieszczadzkie 2: 95–107.
- Przybylska K. 1994. Wpływ intensywności cięć rębnych na kształtowanie struktury lasu jodłowego w obiekcie doświadczalnym LZD Krynica. Sylwan, 12: 49–58.
- Rutkowski B. 1989b. Urządzanie lasu. Część I. Skrypt dla szkół wyższych. Kraków.

- Sabor J., Bałut S., Skrzyszewska K., Kulej M., Baran S., Banach J. 1996. *Ocena zróżnicowania i wartości hodowlanej polskich pochodzeń jodły pospolitej w ramach Ogólnopolskiego Doświadczenia Proweniencyjnego „Jd PL 86/90”*. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, Ser. Leśnictwo, 24: 1–264.
- Słupska A. 2007. *Dynamika procesów ubywania, dorastania i przyrostu miąższości drzewostanów Uroczyska Obroc w Roztoczańskim Parku Narodowym*. Praca magisterska. Kraków.
- Słupska A. 2015. *Kierunki rozwoju zasobów drzewnych w obiekcie Szczawiczne i Powroźnik Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Krynicy w latach 1975–2011*. Praca doktorska wykonana w Zakładzie Urządzenia Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa, UR w Krakowie (maszynopis). ss. 124.
- Zięba S., Przybylska K., Banaś J., Bujoczek L. 2014. *Obszary ochrony zachowawczej w parkach narodowych, jako punkt odniesienia dla zrównoważonej gospodarki leśnej*. Barometr Regionalny 4 (2014), nr 13, 145–153.

Summary

Stanisław Zięba, Jan Banaś, Leszek Bujoczek, Anna Kożuch, Alicja Słupska, Karol Zaborski

The changes of stands volume in managed mountain mixed forest

The work presents analysis of changes of volume and structure of timber resources in mountain mixed forest stands managed according to Swiss irregular cutting system. The study was conducted in stands of “Szczawiczne” object in Forest Experimental Station in Krynica.

Research material consist of results of trees measurements on 413 control sample plots located in square net with the length of side 100 m in “Szczawiczne” object in Forest Experimental Station in Krynica. The results include analysis of tree measurements carried out from year 1975 and repeated in following years: 1986, 1994, 2001, 2006 and 2011. Calculations stand volume were performed for 16 interpretation units created by joining together stands with the same species composition category and the phase of stand development with total area 455,86 ha. On the basic of obtained results following conclusions were formulated:

In analyzed stands there were observed significant changes of forest resources favorable from economic as well as natural point of view. The progress of target species such as: fir and beech and regress of forecrop species such: pine, spruce and alder were observed.

Mean stand volume in “Szczawiczne” almost doubled from level of 147 to 284 $\text{m}^3 \times \text{ha}^{-1}$. The biggest increase of volume occurred in Silver fir stands the smallest in forecrop stands. In Scots pine stands in terminal phase of development volume decreased.

The volume increment doubled in average from the level of 5,92 $\text{m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{year}^{-1}$ in first period to about 11,93 $\text{m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{year}^{-1}$ in the last period. In years 2006–2016 Silver fir stands had the biggest volume increment (about 16,04 $\text{m}^3 \times \text{ha}^{-1} \times \text{year}^{-1}$).

ZARZĄDZANIE POPULACJAMI ZWIERZĄT ŁOWNYCH W EKOSYSTEMIE MIEJSKIM

Katarzyna Szyjka
Marek Wajdzik

Zakład Bioróżnorodności Leśnej; Instytut Ekologii
i Hodowli Lasu, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie;
Al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków
e-mail: rlwajdzi@cyf-kr.edu.pl

ABSTRACT

Szyjka K., Wajdzik M. 2017. *Big game populations management in urban ecosystem*. Acta Agr. Silv. ser. Silv. 55: 51–63.

The objective of the present work was to analyze game management in the city of Cracow in the years 1972/73–2016/17. The paper focuses on the population size and hunting of large game (red deer *Cervus elaphus*, roe deer *Capreolus capreolus*, and wild boar *Sus scrofa*), and evaluates the individual quality of roebucks and boars hunted within the city limits.

Recent years have revealed increasing numbers of ungulates in the studied area, as well as higher hunting intensity thereof. The mean weight of roebuck carcasses and antlers in particular age classes (Table 3) were amongst the largest in Poland. This suggests that roe deer have found some satisfactory habitats in Cracow with an ample food base, translating into high quality of individual animals.

KEY WORDS: roe deer, red deer, wild boar, city, synurbization

SŁOWA KLUCZOWE: sarny, jelenie, dziki, miasto, synurbizacja

I. WSTĘP

Szybki rozwój miast i postępująca urbanizacja stały się jednym z najbardziej charakterystycznych procesów XX wieku. Powstawanie bardziej lub mniej złożonych zespołów miejskich niemal zawsze oznaczało, i nadal oznacza, zaburzenia w funkcjonowaniu wielu złożonych struktur przyrodniczych w świecie zwierząt (Kamienicki i Kuśpak 1998, Laurance i in. 2009), prowadzących m.in. do przerwania ciągłości korytarzy ekologicznych oraz przekształcania naturalnych siedlisk (Schwaderer 2008, Okarma i Tomek 2008). Postępujące przestrzenne rozrastanie się miast skutkuje wchłanianiem nie tylko terenów zabudowanych, lecz coraz częściej rolniczych, leśnych oraz wodnych. Pomimo tak drastycznych zmian niektóre gatunki dzikich zwierząt, nierzadko początkowo ustępujące przed cywilizacją, zdołały zaadaptować się do życia w zniekształconych, a nawet typowo miejskich środowiskach, zmieniając przy tym utrwalone przez wieki sposoby zachowania (Cheremennykh 2005, Parker i Nilon 2012, Łopucki i in. 2013). Ten proces adaptacji, nazywany synurbizacją (Andrzejewski

i in. 1978), obserwowany jest na całym świecie i dotyczy coraz większej liczby gatunków zwierząt (Luniak 2004, Okarma i Tomek 2008).

O możliwości osiedlania się zwierząt w środowisku zurbanizowanym, połączonym z wykształceniem przez nie specyficznych przystosowań do przeżycia i rozmnażania się w mieście, już dawno przekonali się mieszkańcy Krakowa. Wieloletnie, bezpośrednie obserwacje mieszkańców miasta, lokalnych myśliwych oraz regularne tropienia prowadzone w różnych rejonach Krakowa (Tomek 2010), pozwoliły stwierdzić dotychczas obecność takich gatunków jak: dziki, jelenie, sarny, lisy, a także zające, borsuki, kuny i bobry. W przypadku większości wymienionych gatunków ich egzystencja nie ma już charakteru czasowego, lecz stały, a swoistym wskaźnikiem ich dostosowania jest fakt, że od lat na terenie aglomeracji krakowskiej prowadzi się regularną gospodarkę łowiecką.

Zróźnicowanie warunków środowiskowych, jakie panują w naturalnie zajmowanych przez zwierzęta biotopach, decyduje o dużej rozbieżności w obrębie ich podstawowych wymiarów biometrycznych (Fruziński 1992, Dzieciolowski 2000), świadcząc jednocześnie o kondycji osobniczej zwierząt (Kjellander i in. 2006). Należy zatem domniemywać, że bytowanie w mieście uwidacznia się również w kondycji osobniczej żyjących tam zwierząt.

Celem pracy była analiza gospodarki łowieckiej prowadzonej na terenie aglomeracji krakowskiej w latach 1972/73–2016/17. Szczegółowej analizie poddano pozyskanie zwierzyny grubej (jeleni, saren i dzików), a także scharakteryzowano jakość osobniczą rogaczy i dzików pozyskanych na terenie miasta.

II. TEREN BADAŃ

Badaniami objęto obszar aglomeracji krakowskiej leżący na styku trzech krain geograficznych: Wyżyny Krakowskiej, Kotliny Sandomierskiej i Pogórza Karpackiego (Kondracki 1998), zajmujący powierzchnię około 327 km² i zamieszkały przez ponad 766 tysięcy mieszkańców (Urząd Statystyczny w Krakowie 2017).

Oprócz terenów charakteryzujących się zwartą zabudową, na terenie miasta znajdują się tereny zieleni urządzonej (parki miejskie, zieleńce, tereny zieleni osiedlowej, cmentarze, ogródki działkowe, zieleń forteczna i przyuliczna) zajmującej łącznie obszar 3542,55 ha, co stanowi 10,8% ogólnej powierzchni miasta. Na tym obszarze występują ponadto trzy obszary Natura 2000, pięć rezerwatów przyrody, trzy parki krajobrazowe, dwanaście użytków ekologicznych oraz czterdzieści cztery parki miejskie, które wydatnie zwiększają ogólną powierzchnię zieloną w mieście (16,1%). Użytki rolne zajmują około 40% (13 000 ha) powierzchni aglomeracji, z czego ponad połowa (53,9%) to grunty orne wykorzystywane przede wszystkim pod uprawę roślin zbożowych oraz ziemniaków, około 13% stanowią łąki trwałe, a nieco ponad 3% sady (Kulczycki 2014).

III. GOSPODARKA ŁOWIECKA W KRAKOWIE

Zgodnie z art. 26 pkt 2 ustawy Prawo łowieckie (DzU 1995.147.713, z późn. zm.), w skład obwodu łowieckiego z mocy ustawy nie wchodzi tereny w granicach administracyjnych miast (obligatoryjnie), w tym tereny, które obejmują większe obszary leśne lub rolne (fakultatywnie), o ile nie zostaną włączone w skład obwodu łowieckiego. Dyspozycja dotycząca włączenia terenu administracyjnego miasta znajduje się w stosownej uchwale właściwego sejmiku wojewódzkiego.

Na terenie aglomeracji krakowskiej gospodarka łowiecka prowadzona jest w dwóch obwodach łowieckich. Na obszarze około $\frac{3}{4}$ powierzchni aglomeracji, nieprzerwanie od 70 lat, gospodaruje koło łowieckie "Podwawelskie", którego początek historii sięga 1954 roku.

Obecnie koło gospodaruje na terenie obwodu nr 70, który swym zasięgiem obejmuje miasto Kraków. Łączna powierzchnia obwodu to 24132 ha, z czego 9448 ha (39%) to powierzchnia użytkowana łowiecko (głównie tereny na obrzeżach miasta) w tym 606 ha (2,5%) zajmują lasy (Uchwała nr VIII/92/07 Sejmiku Województwa Małopolskiego).

IV. METODYKA BADAŃ

Podstawą do analiz zmian liczebności i pozyskania zwierzyny grubej występującej na terenie aglomeracji krakowskiej w latach 1972/1973–2016/2017 były dane pochodzące z rocznych planów łowieckich opracowanych dla obwodu nr 70., zawierających m.in. informacje o szacowanej liczebności zwierząt łownych oraz liczbie osobników pozyskanych w drodze odstrzałów i odłowów w danym roku gospodarczym.

W celu określenia cech fenotypowych pozyskanych samców saren przeanalizowano arkusze oceny prawidłowości odstrzału rogaczy i formularze wyceny medalowej parostków. W przypadku dzików podstawą oceny były formularze wyceny medalowej oręży.

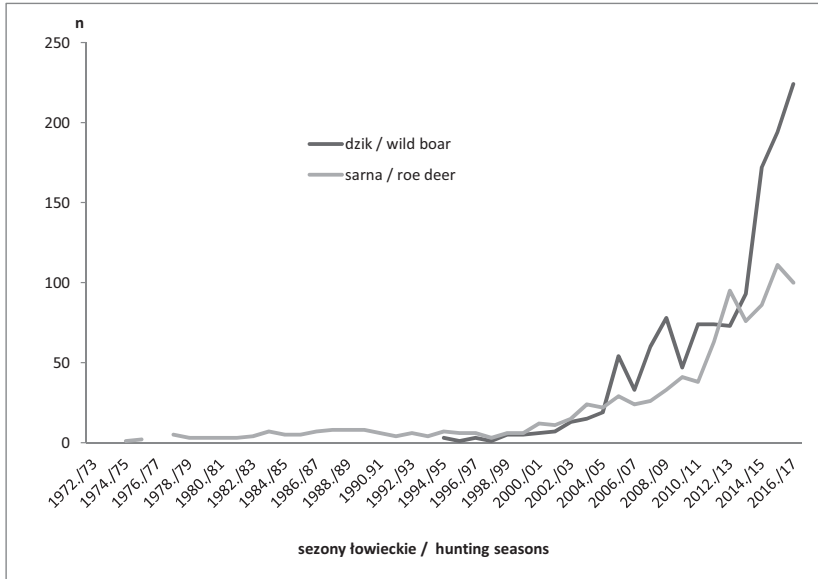
V. WYNIKI

Sarna europejska *Capreolus capreolus*

Sarna jest najliczniejszym przedstawicielem zwierzyny grubej na terenie obwodu. Jej liczebność wiosną 2017 roku oszacowano na 320 osobników, podczas gdy dziesięć lat temu kształtowała się ona na blisko czterokrotnie mniejszym poziomie – 88 osobników (Roczne plany łowieckie).

Do końca XX wieku liczba odstrzelonych saren w poszczególnych sezonach łowieckich nie przekraczała 10 osobników. Początek XXI wieku przyniósł zauważalny wzrost pozyskania, do kilkunastu zwierząt w sezonach 2000/01–2002/03

oraz do około 25 w latach 2003/04–2007/08. Na przestrzeni ostatnich pięciu sezonów odstrzał saren oscylował w granicach 90 osobników rocznie, a w sezonie 2015/2016 wyniósł 111 osobników (52♂, 59 ♀ + juv.) (ryc. 1).



Ryc. 1. Pozyskanie saren i dzików na terenie obwodu nr 70 w sezonach łowieckich 1972/1973–2016/2017

Fig. 1. The hunted individuals of roe deer and wild boar in the hunting district no. 70 in years 1972/73–2016/17

Dzik *Sus scrofa*

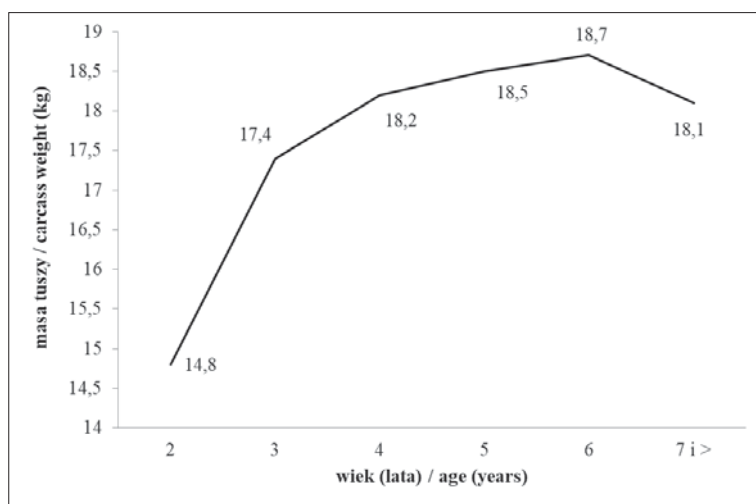
Dziki pojawiły się w Krakowie wraz z początkiem transformacji społeczno-ekonomicznej kraju, a ich obecność w tym czasie zarejestrowana została w Skotnikach (Tomek i in. 2004). W ciągu ostatnich 10 lat najwięcej dzików, bo aż 134, zinwentaryzowano w 2013 roku, podczas gdy w 2005 roku ich liczebność oszacowano na zaledwie 26 osobników.

Pierwszy dzik został pozyskany na terenie Krakowa w 1994 r., a w tym sezonie pozyskano ich łącznie trzy. Od tego czasu odstrzał regularnie wzrastał. W latach 2000–2006 w ciągu sezonu wielkość pozyskania wynosiła średnio około 20 dzików. Kolejne lata z wielokrotności wielkość pozyskania do liczby około 70 osobników. W ostatnich trzech sezonach 2014/15–2016/17 rozmiar łowieckiego użytkownika przekroczył już znacznie liczbę stu dzików i wynosił kolejno 172, 194 i 224 (ryc. 1).

Jeleń europejski *Cervus elaphus*

Z obserwacji krakowskich myśliwych wynika, że jeleń występuje na terenie obwodu znacznie rzadziej niż sarna, ale jego egzystencja nie ma już charakteru czasowego, lecz stały. Gatunek ten na terenie miasta inwentaryzowany jest od dekady, a szacowana jego liczebność to aktualnie około 20–25 osobników.

Po raz pierwszy jelenie (2 osobniki) zostały włączone do planu pozyskania w sezonie łowieckim 2009/2010, ale nie został on wykonany. Od tego czasu odstrzał tego gatunku był planowany na poziomie 2–3 osobników rocznie, a jego realizacja wynosiła średnio po jednym osobniku w latach 2010–2015. W ostatnim sezonie odstrzelone zostały 3 jelenie w tym łania, cielę i byk, którego wieniec został wyceniony na medal brązowy.



Ryc. 2. Zmiany masy tuszy wraz z wiekiem kozłów

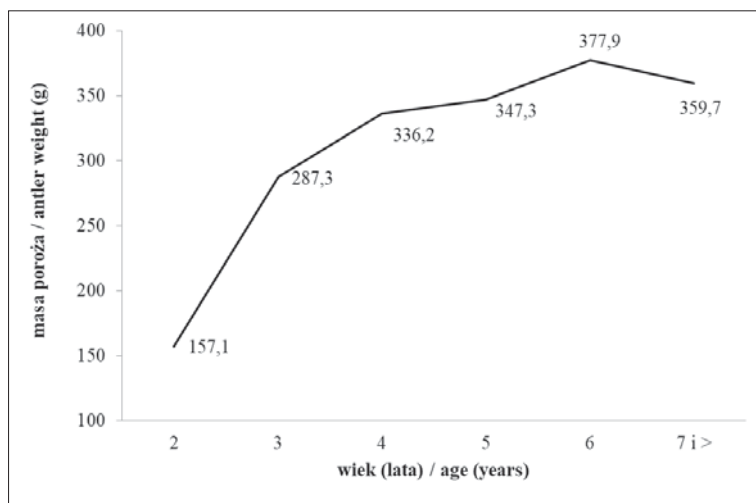
Fig. 2. The changes of carcass weight of male roe deer

Cechy fenotypowe saren rogaczy

W życiu osobniczym saren rogaczy pozyskanych na terenie aglomeracji krakowskiej średnia masa tuszy zwiększała się od 14,8 kg u osobników 2-letnich do 18,7 u kozłów 6-letnich, a następnie odnotowano jej niewielki spadek do 18,1 kg u rogaczy najstarszych (ryc. 2).

Największy i istotny wzrost tej cechy (o 2,6 kg – 17%) odnotowano pomiędzy 2 a 3 rokiem życia. U rogaczy 4-letnich i starszych średnie masy tusz przyjmowały wartości wyrównane z przedziału 18,1–18,7 kg. Masa tuszy była istotnie skorelowana z wiekiem osobników ($r=0,88$), a także masą parostków ($r=0,98$).

Masa poroża wzrastała wraz z wiekiem osobników, osiągając kulminację (377,9 g) u osobników 6-letnich, by następnie nieznacznie się obniżyć do 359,7 g u osobników najstarszych (ryc. 3). Średnio najłżejsze poroża (157,1 g) nosiły



Ryc. 3. Zmiany masy poroża wraz z wiekiem kozłów

Fig. 3. The changes of antler weight of male roe deer

rogacze 2-letnie, które były o ponad 130 g lżejsze od tych nakładanych przez osobniki 3-letnie ($p < 0,05$). Z kolei u osobników 4/5 letnich średnie masy parostków były do siebie zbliżone (brak różnic statystycznie istotnych), ale istotnie cięższe od tych nakładanych przez rogacze 3-letnie ($p < 0,05$). Masa parostków była istotnie skorelowana z wiekiem osobników ($r = 0,91$).

Trofea medalowe

Wśród ponad dwustu dzików pozyskanych w latach 1994–2006 na terenie obwodu nr 70 tylko cztery osobniki posiadały medalowe oręża (wszystkie brązowo-medalowe). Ostatnie dziesięciolecie obfitowało jednak, obok ilościowego pozyskania dzików (800), w dziki duże (ponad stukilogramowe – odstrzelono ich 16) oraz dziki z „atrakcyjnym” medalowym orężem. Wśród nich jeden był złoto-medalowy, 2 wyceniono na medal srebrny, a 4 brązowy (tab. 1).

Wśród pozyskanych na terenie Krakowa rogaczy 11 było medalowych (tab. 2). Wśród nich 1 był złoto-medalowy, 3 srebrno i 7 brązowo-medalowych. Wszystkie pozyskane zostały w XXI wieku, a osiem z nich w latach 2014–2017.

VI. DYSKUSJA

Coraz większe uznanie dla znaczenia badań nad ekosystemami miejskimi, w tym również tych dotyczących synurbizacji zwierząt, wydaje się być naturalną reakcją na zachodzące zmiany, których jako obywatele miast jesteśmy współuczestnikami i współautorami. Zjawisko to pozostaje jednak wciąż mało rozpoznane,

Tabela 1 – Table 1

Wyniki ocenianych odyńców pozyskanych na terenie obwodu nr 70 w latach 2006–2016
 Game trophy rating of wild boars (♂) hunted in the hunting district no. 70 in years 2006–2016

| Lp. | Rok pozyskania Year of hunting | Masa tuszy Carcass weight [kg] | Liczba punktów Number of points | Medal Medal |
|-----|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------|
| 1. | 2008 | 115 | 110,15 | brązowy brown |
| 2. | 2008 | 112 | – | – |
| 3. | 2009 | 182 | – | – |
| 4. | 2013 | 130 | 121,8 | złoty gold |
| 5. | 2013 | 100 | 110,40 | brązowy brown |
| 6. | 2014 | 140 | – | – |
| 7. | 2014 | 130 | – | – |
| 8. | 2014 | 118 | – | – |
| 9. | 2014 | 110 | – | – |
| 10. | 2015 | 140 | 115,05 | srebrny silver |
| 11. | 2015 | 87 | 110,20 | brązowy brown |
| 12. | 2015 | 150 | – | – |
| 13. | 2015 | 138 | – | – |
| 14. | 2015 | 120 | – | – |
| 15. | 2015 | 116 | – | – |
| 16. | 2016 | 123 | 119,20 | srebrny silver |
| 17. | 2016 | 159 | 113,45 | brązowy brown |

Tabela 2 – Table 2

Wyniki ocenianych rogaczy pozyskanych na terenie obwodu łowieckiego nr 70 w latach 2005–2017
 Game trophy rating of roe deer (♂) hunted in the hunting district no. 70 in years 2006–2017

| Lp. | Rok pozyskania Year of hunting | Liczba punktów Number of points | Medal Medal |
|-----|-----------------------------------|------------------------------------|----------------|
| 1. | 2005 | 130,25 | złoty gold |
| 2. | 2007 | 108,50 | brązowy brown |
| 3. | 2010 | 106,50 | brązowy brown |
| 4. | 2014 | 128,50 | srebrny silver |
| 5. | 2014 | 118,60 | srebrny silver |
| 6. | 2014 | 115,73 | srebrny silver |
| 7. | 2014 | 107,38 | brązowy brown |
| 8. | 2014 | 106,20 | brązowy brown |
| 9. | 2015 | 108,85 | brązowy brown |
| 10. | 2017 | 110,05 | brązowy brown |
| 11. | 2017 | 105,75 | brązowy brown |

czego dowodzą liczne publikacje rozpatrujące wciąż kwestię samego definiowania pojęcia *ekosystemu miasta*, czy kryterium przyznawania gatunkom statusu gatunku synurbijnego (McIntyre i in. 2000, Francis i Chadwick 2012).

Wśród zwierząt tworzących faunę miast najlepiej dotychczas zbadano ptaki (Monitier 1977, Witt 1984, Hewlett 2002, Kelcey i Reinwald 2005). Choć takie przedsięwzięcie w odniesieniu do ssaków wydaje się być, choćby w kontekście identyfikacji gatunków, prostsze, to jednak w żadnym z miast nie udało się wykonać ich pełnej inwentaryzacji. Problem ten dotyczy również aglomeracji krakowskiej, gdzie liczebność zwierząt, za wyjątkiem bobrów (Szyjka i Wajdzik 2015) i lisów (Tomek 2010, Tomek 2015), opiera się wyłącznie na ocenie szacunkowej, prawdopodobnie mocno zaniżonej, o czym może świadczyć m.in. rozmiar szkód rejestrowanych każdego roku nie tylko w gospodarstwach rolnych, ale również w ogródkach działkowych, sadach, czy parkach miejskich.

Też o szybkim tempie zmian liczebności populacji zwierząt w miastach dokumentują dane przedstawione w niniejszej pracy. Najbardziej spektakularny wzrost liczebności dotyczy dzików. Jest on zgodny z ogólnokrajowym i ogólnoeuropejskim trendem, co stanowi jednak pewnego rodzaju paradoks, gdyż dzik to zwierzę związane siedliskowo głównie z obszarami leśnymi, a koło "Podwawelskie" posiada w obrębie miasta tylko 606 ha obszarów leśnych. W mieście nie brakuje jednak terenów zakrzaczonych. Wydaje się zatem, że to właśnie gęste i kolczaste rewiry sprzyjają wzrostowi lokalnej populacji dzika oraz jego ukryciu, co potwierdzają między innymi badania telemetryczne dzików na terenie Krakowa (Baś i in. 2017). Swoistym matecznikiem dzików w Krakowie jest jednak Las Wolski (pow. 419 ha), obszar wyłączony z dzierżawy koła od połowy lat 50. Powierzchnia leśna, liczne mokradła i zagłębienia tego terenu, zwłaszcza pod Klasztorem na Bielanych, zapewniają świetne warunki do rozwoju populacji dzików, które według wędkarzy, przepływają nocą przez Wisłę i rozchodzą się w ten sposób po Krakowie (Pakuła 2016).

Chociaż wzrost liczebności populacji dzików w aglomeracjach miejskich Polski (Trójmiasto, Szczecin, Katowice, Warszawa, Kołobrzeg i in.) i Europy (Berlin, Barcelona) został rozpoznany (Janczarski 2014), to zaskakująca jest obserwowana presja tego gatunku, rosnąca mimo zwielokrotnionego odstrzału (ryc. 1). W Krakowie znajduje to częściowe usprawiedliwienie, gdyż miasto zostało oddzielone w ostatnich latach od strony zachodniej i południowo-wschodniej autostradą, a brak wybudowanych przejść dla zwierzyny przesądza o braku możliwości jej powrotu do naturalnych ostoi.

Zaistniałe konflikty z powodu szkód, a także interwencje mieszkańców miasta decydują o uzasadnionej potrzebie redukcji liczebności dzików. Kraków stanowi jednak w tym względzie ewenement w skali kraju, gdyż w przeciwieństwie do innych miast redukcja pogłowia zwierzyny opiera się tutaj wyłącznie na jej regularnym odstrzale (w terenach niezabudowanych, na obrzeżu aglomeracji itp.), a nie dokonywanym w zamian odłowem i wywożeniu do wielkich kompleksów leśnych, jak to się dzieje choćby w Warszawie, gdzie w latach 2008–2015 odłowiono łącznie 2112 dzików (Kowal i in. 2016). Za prowadzeniem odstrzału dzików, a nie ich odłowem przemawia jeszcze koszt prowadzenia

Tabela 3 – Table 3

Porównanie średniej masy tuszy i parostków rogaczy pozyskanych na terenie aglomeracji krakowskiej oraz z wybranych regionów Polski

Comparison of the average weight of carcasses and deer antlers acquired in the Krakow agglomeration and selected regions of Poland

| Autor Author | Region Region | Klasa wieku* Age class | Cecha / parameter | |
|------------------------------------|---|---------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | | Masa tuszy Carcass weight | Masa poroża Antler weight |
| | | | kg | g |
| Badania własne / Own research | Kraków | I | 16,2 | 223,9 |
| | | II | 18,3 | 342,5 |
| | | III | 18,5 | 372,0 |
| Szczerbiński i in. (1972) | Okolice Poznania Surroundings of Poznań | I | 12,0 | – |
| | | II | 14,6 | – |
| | | III | 16,0 | – |
| Wajdzik i in. (2015) | Okręg opolski Opole region | I | 14,3 | 182,7 |
| | | II | 16,3 | 287,7 |
| | | III | 16,3 | 308,8 |
| Żurkowski i Chartanowicz (1998) | Puszcza Piska Piska forest | I | 14,3 | 196,8 |
| | | II | 16,4 | 270,8 |
| | | III | 17,4 | 290,0 |
| Wajdzik i in. (2007) | Okręg krakowski Cracow region | I | 15,1 | 181,8 |
| | | II | 17,3 | 296,8 |
| | | III | 17,9 | 361,9 |
| Wajdzik i in. (2016) | Okręg kielecki Kielce region | I | 15,5 | 211,6 |
| | | II | 18,1 | 339,2 |
| | | III | 18,6 | 381,4 |
| Zalewski i Mrozek (2006) | Okręg olsztyński Olsztyn region | I | 15,5 | 175,6 |
| | | II | 17,5 | 267,4 |
| | | III | 18,0 | 320,6 |
| Flis (2012) | Wyżyna Lubelska Lublin Upland | I | 16,6 | 225,9 |
| | | II | 18,8 | 346,2 |
| | | III | 19,5 | 395,3 |

- * I klasa (2–3 lata) / I age class (2–3 years)
 II (4–5 lat) / II age class (4–5 years)
 III (6 lat i więcej) / III (6 years and more)

takich prac, który choćby na terenie Warszawy oscyluje w granicach 300–350 zł od osobnika (Różalski 2013). Jeśli do tego dodamy koszt transportu, który wg Kowala i współautorów (2016) wynosi 350–400 zł, to otrzymujemy kwotę około 700 zł, co przy potrzebie redukcji o 200 osobników daje wartość 140 000 zł.

Za dotkliwymi szkodami w uprawach rolnych, ogródkach działkowych, posesjach, trawnikach ulicznych, czy też na boiskach szkolnych powodowanych

przez dziki stoi prosta kalkulacja i wartość wypłaconych odszkodowań, które dla przykładu w sezonie 2006/2007 wyniosły 9 800 zł, a w 2015/2016 aż 28 800 zł. Odstrzał wydaje się więc jedynym skutecznym i jednocześnie ekonomicznie akceptowalnym sposobem ograniczenia liczebności zwierząt w Krakowie.

W praktyce topografia i infrastruktura aglomeracji nastroczają polującym myśliwym wiele trudności. Poniesiony wysiłek potęgują również względy bezpieczeństwa, o zachowanie których trudno, o czym świadczy przypadek agresywnego odyńca (120 kg) odstrzelonego w połowie listopada 2009 roku w centrum Krakowa – nad Wisłą, naprzeciw Galerii Kazimierz.

Spośród dużych zwierząt żyjących na terenie Krakowa najliczniejsza jest sarna, zaliczana dzięki swej dużej plastyczności biologicznej do gatunków eurytopowych. System organizacji przestrzennej sarny decyduje zasadniczo o jej osiadłym trybie życia (Pielowski 1999). W konsekwencji cechy fenotypowe gatunku związane są zatem głównie ze środowiskiem, w którym przebywa (Dziedzic 1991, Pielowski 1999, Drozd i in. 2000). Według Pielowskiego (1999) masa ciała saren w Polsce waha się w zależności od regionu od około 15 do 19 kg, choć na wschodzie kraju i w Karpatach może sięgać nawet 30 kg. Przeprowadzone analizy wykazały, że średnie masy tusz u rogaczy pozyskanych na terenie badań w poszczególnych klasach wieku (tab. 3) należały do najwyższych w Polsce. Krakowskie rogacze ustąpiły nieznacznie „pola” tylko kozłom z Lubelszczyzny, gdzie występują populacje cechujące się wysoką jakością osobniczą (Flis 2012). Podobnie sytuacja przedstawiała się w przypadku masy poroża (tab. 3). Może to świadczyć o fakcie, że sarna na terenie Krakowa znalazła dogodne warunki do egzystencji, a baza żerowa jest na tyle bogata, że przekłada się na jakość osobniczą.

Z jednej strony miasto generuje bariery, których część zwierząt nie jest w stanie pokonać i w konsekwencji tego ginie, z drugiej wyzwała w wielu plastyczność, pokazując jak szerokie spektrum warunków środowiskowych są one w stanie zaakceptować. Wciąż nie wiadomo jednak z jak dużym stresem wiąże się osiągnięcie przez nie wspomnianej możliwości adaptacyjnej. Jak zmieniają się zachowania terytorialne, łowieckie i drapieżne zwierząt, mające ogromny wpływ na życie osobnika w naturalnym środowisku? Przykład krakowskich rogaczy i dzików nie odpowiada również jednoznacznie na pytanie czy poziom życia w mieście jest dla nich faktycznie zdecydowanie gorszy, gdyż zwierzęta te cechuje dobra, a nawet ponadprzeciętna jakość osobnicza. Wydaje się, że poszukiwanie odpowiedzi na te i inne pytania stanie się w najbliższym czasie przedmiotem rozważań wielu prac badawczych. Znaczenie takich badań ma nie tylko wymiar ogólnopoznawczy, ale również praktyczny, gdyż obok naukowców zainteresowanych tematem synurbizacji coraz częściej zobaczyć będzie można mieszkańców miast, zarządców zieleni miejskiej i władze magistratów dla których problem dzikich zwierząt to codzienna, uciążliwa rzeczywistość.

VII. WNIOSKI

1. Najliczniej występującym gatunkiem na terenie miasta była sarna, co pozwala sądzić, że spośród zewidencjonowanych gatunków zwierzyny grubej, cechuje się ona największą plastycznością ekologiczną i behawioralną.
2. Wraz ze wzrostem liczebności saren i dzików na terenie miasta na przestrzeni ostatnich lat znacząco wzrósł rozmiar pozyskania tych gatunków.
3. Cechy fenotypowe u rogaczy pozyskanych na terenie badań w poszczególnych klasach wieku świadczą o ich wysokiej jakości osobniczej, dorównującej najlepszym krajowym populacjom.

LITERATURA

- Andrzejewski, R., J. Babińska-Werka, J. Gliwicz and J. Goszczyński 1978. *Synurbization processes in an urban population of Apodemus agrarius*. I. Characteristics of population in urbanization gradient. *Acta theriol.* 23: 341–358.
- Baś G., Bojarska K., Śnieżko S., Król W., Kurek K., Okarma H. 2017. *Wykorzystanie siedlisk przez dziki Sus scrofa na terenie miasta Krakowa*. *Chrońmy Przyr. Ojcz.* 73(5): 354–362.
- Cheremenykh N. 2005. *Structural and functional changes of small mammals communities in urban gradient*. *Sci. Bull. Uzhgorod Univ. (Ser. Biol.)* 17: 34–38.
- Drozd L., Pięta M., Piwniuk J. 2000. *Masa ciała i poroża u samców sarn w makroregionie środkowo-wschodniej Polski*. *Sylwan*, 144 (11): 83–89.
- Dzięciołowski R. 2000. *Sarna – zwierzę ciągle nieznanne*. *Łowiec Polski* 6: 13–15.
- Dziedzic R. 1991. *Ocena wybranych cech fenotypowych samców saren (Capreolus capreolus L.) oraz wpływ na nie czynników środowiskowych na przykładzie makroregionu środkowo-wschodniej Polski*. *Rozprawy naukowe*, 140, Wyd. A.R. Lublin, 1 – 55.
- Flis M. 2012. *Jakość osobnicza samców saren na Wyżynie Lubelskiej w zróżnicowanych warunkach środowiskowo-klimatycznych*. *Sylwan* 156 (7): 548–556.
- Francis R.A., Chadwick M.A. 2012. *What makes a species synurbic?* *Applied Geography* 32(2): 514–521.
- Fruziński B. 1992. *Dzik*. Wydawnictwo Cedrus Sp. z o. o., Warszawa.
- Hewlet J. (ed.) 2002. *The Breeding Bird of the London Area*. London Natural History Society, London.
- Janiszewski T., Wojciechowski Z., Markowski J. (red.) 2009. *Atlas ptaków lęgowych Łodzi*. Wydawnictwo UE, Łódź.
- Janczarski K. 2014. *Dziki u bram*. *Łowiec Polski*, 10: 35–36.
- Kamienicki K., Kuśpak A. (red.) 1998. *Unia Europejska a ochrona środowiska. Wybrane fakty i przemyslenia*. Instytut na rzecz Ekorozwoju, Warszawa, 70–77.
- Kelcey J. G., Reinwald G. (red.) 2005. *Birds in European cities*. Ginster Verlag, St. Katharinen, 389–415.
- Kjellander P., Gaillard J.M., Hewison A.J.M. 2006. *Density-dependent responses of fawn cohort body mass in two contrasting roe deer populations*. *Oecologia* 146, 4: 521–530.
- Kondracki J. 1998. *Geografia regionalna Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa.
- Kowal P., Jasińska K., Werka J., Ajdysiński J., Mierzwiński J. 2016. *Odlów dzików jako metoda ograniczenia ich liczebności na terenie Warszawy*. *Badania i Rozwój Młodych Naukowców w Polsce. Nauki przyrodnicze, część III.* (5): 78–85.
- Kulczycki R. (red) 2014. *Raport o stanie miasta 2013*. Urząd Miasta Krakowa, Wydział Rozwoju Miasta, Kraków.

- Laurance W.F., Goosem M., Laurance S.G. 2009. *Impacts of roads and linear clearings on tropical forests*. Trends in Ecology and Evolution 24 (12): 659–669.
- Luniak M. 2004. *Synurbization – adaptation of animal wildlife to urban development* [w:] Shaw Shaw W.W., Harris L.K., Van Druff L. 2004. Proceedings of the 4th International Symposium on Urban Wildlife Conservation. Tucson, University of Arizona.
- Łopucki R., Mróz I., Berliński Ł., Burzych M. 2013. *Effects of urbanization on small mammal communities and the population structure of synurbic species: an example of a medium-sized city*. Canadian Journal of Zoology 91(8): 554–561.
- McIntyre, N. E. 2000. *Ecology of urban arthropods: a review and a call to action*. Annals of the Entomological Society of America, 93, 825–835.
- Okarma H., Tomek A. 2008. *Łowiectwo*. Wydawnictwo Edukacyjno-Naukowe H₂O, Kraków.
- Pakuła L. 2016. *70 lat Koła Łowieckiego „Podwawelskie” w Krakowie*. Wyd. Lettra-Graphic, Kraków.
- Parker T.S., Nilon C.H. 2012. *Urban landscape characteristics correlated with the synurbization of wildlife*. Landscape & Urban Planning 106(4): 316–325.
- Pielowski Z. 1999. *Sarna*. Oficyna Edytorska Wydawnictwo Świat, Warszawa.
- Pieniążek A. 2013. *Blaski i cienie życia w mieście*. Wszechświat, t.114, nr 10–12.
- Różalski J. 2013. *Dziki mnożą się na potęgę. Złapano już 300. Ile zostało?* Wyborcza.pl, Warszawa, 12 października 2013 r.
- Schwaderer G. 2008. *Znaczenie sieci ekologicznej dla dużych ssaków drapieżnych w Europie*. Materiały konferencji międzynarodowej: „Wdrażanie koncepcji korytarzy ekologicznych w Polsce”, Białowieża, 61–64.
- Szczerbiński W., Fruziński B., Grudziński R., Łabudzki L., Wlazelko M. 1972. *Biometryczna charakterystyka sarny europejskiej (Capreolus capreolus L.) na terenach ośrodka hodowli zwierzyny „Zielonka”*. Roczn. WSR w Poznaniu, LVII, 145–156.
- Szyjka K., Wajdzik M. 2015. *Występowanie, rozmieszczenie i liczebność bobra europejskiego Castor fiber na terenie miasta Krakowa* [w:] XXI Zjazd Polskiego Towarzystwa Zoologicznego „Zwierzęta w zmieniającym się świecie”, Zielona Góra (Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Nauk Biologicznych) 11–13.09.2015, Abstrakty, 131.
- Tomek A. 2010. *Sposób użytkowania przestrzeni i proces synurbizacji lisa rudego Vulpes vulpes na obszarze aglomeracji miejskiej Krakowa*. Maszynopis, załącznik do raportu końcowego projektu badawczego 2P06L 03130, Kraków, 1–48.
- Tomek A. 2015. *Lisy miejskie w Krakowie* [w:] Kubajak A., Kubajak P. [red.] *Alweokokoza groźna choroba roznoszona przez lisy*. Polski Klub Ekologiczny, Okręg Małopolski, Kraków: 36–44.
- Tomek A., Kubacki T., Wajdzik M. 2004. *Projekt redukcji liczebności dzików na terenie Lasu Wolskiego metodą odłowów*. Zakład Badań i Ekspertyz Przyrodniczych, Kraków.
- Turzański K.P., Pauli-Wilgi J. (red.) 2002. *Raport o stanie środowiska naturalnego miasta Krakowa w latach 1999–2001 z analizą porównawczą pięciolecia 1994–1998*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Kraków.
- Uchwała Nr VIII/92/07 Sejmiku Województwa Małopolskiego z dnia 28 maja 2007 r. w sprawie obwodów łowieckich województwa małopolskiego.
- Urząd Statystyczny w Krakowie 2017 – krakow.stat.gov.pl
- Dziennik Ustaw nr 147, poz. 713, 1995. Ustawa Prawo łowieckie z dnia 13.10.1995r.
- Ustawa Prawo łowieckie, DzU 1995 nr 147 poz. 713.
- Wajdzik M., Kubacki T., Kulak D. 2007. *Diversification of the body weight and quality of the antlers in males of the roe deer (Capreolus capreolus L.) in southern Poland exemplified by surroundings of Cracow*. Acta Sci. Pol., Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 6 (2), 99–112.

- Wajdzik M., Nasiadka P., Skubis J., Szyjka K., Borecki S. 2015. *Charakterystyka cech fenotypowych samców saren na terenie Opolszczyzny*. Acta Sci. Pol., Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 14 (4): 347–358.
- Wajdzik M., Konieczny G., Nasiadka P., Szyjka K., Skubis J. 2016. *Wpływ lesistości i rodzaju gleb na jakość osobniczą rogaczy sarny na terenie Kielecczyny*. Sylwan 160 (5): 424–432.
- Witt K. (red.), 1984. *Brutvogelatlas Berlin (West)*. Ornithol. Ber. f. Berlin (West) 9, Sonderheft.
- Zalewski D., Mrozek A. 2006. *The quality of European roe deer (Capreolus c. capreolus L.) and an assessment of breeding and hunting procedures realized in its population in forest divisions located in the Olsztyn District of the Polish Hunting Association*. Acta Sci. Pol., Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 5(1), 123–133.
- Żurkowski M., Chartanowicz W. 1998. *Jakość kozłów w Puszczy Piskiej*. Łowiec Polski, 5, 8–9.

Summary

Katarzyna Szyjka, Marek Wajdzik

Big game populations management in urban ecosystem

Urban environments are usually characterized by highly varied spatial patterns. The use, degree of development, and isolation of their constituent elements are determined by adjustment to human needs resulting from civilizational evolution. Some animals have been able to adapt to the heterogeneous habitats of urban areas, mostly composed of traffic corridors and densely packed buildings (Pieniążek 2013). This process of wildlife adaptation, known as synurbanization, has been seen in Cracow for many years now. The objective of the work was to analyze game management in the city in the years 1972/73–2016/17. The paper focuses on the population size and hunting of large game (red deer *Cervus elaphus*, roe deer *Capreolus capreolus*, and wild boar *Sus scrofa*), and evaluates the individual quality of roebucks and boars hunted within the city limits. The most numerous species of large game was the roe deer, with an estimated 320 individuals in 2017 and an average shooting plan in recent years amounting to 90 individuals annually (Fig. 1).

The city's population of wild boars has been found to expand significantly, with an estimated 134 individuals in 2013, as compared to 26 in 2005. The considerable increase in this population has been accompanied by a rise in the quantities of hunted animals. In the years 2000–2006, an average of 20 boars were shot annually; subsequent years saw a dramatic surge in those numbers, now far exceeding 100 boars per year (Fig. 1).

Among the more than 200 wild boars hunted in 1994–2006 only 4 had tusks meeting the CIC medal criteria (in all cases for the bronze medal). In the last decade, the number of medal-class tusks increased to seven pairs, out of which 1 was awarded gold medal, 2 – silver medal, and 4 – bronze medal (Table 1). Among the roebuck antlers taken in Cracow, 11 met the medal criteria (including 1 for gold medal, 3 for silver medal, and 7 for bronze medal, see Table 2).

ZMIENNOŚĆ WYBRANYCH CECH JAKOŚCIOWYCH POCHODZEŃ SOSNY ZWYCZAJNEJ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) NA POWIERZCHNI TESTUJĄCEJ W NADLEŚNICTWIE RUDA MALENIECKA

Dominik Kowalewski

Zakład Genetyki, Nasiennictwa i Szkółkarstwa Leśnego
al. 29-Listopada 46, PL 31-425 Kraków, Poland
email: rlkskrzy@cyf-kr.edu.pl

Kinga Skrzyszewska

Jan Kowalczyk

Instytut Nauk Leśnych, Uniwersytet Łódzki,
filia w Tomaszowie Mazowieckim

ABSTRACT

Kowalewski D., Skrzyszewska K., Kowalczyk J. 2017. *Variability of quality traits of Scots pine (Pinus sylvestris L.) in the testing plots localized in Ruda Maleniecka Forest District*. Acta Agr. Silv. ser. Silv. 55: 65–80.

The aim of the research was assessment of variability of quality traits seven years old Scots pine. Research was concentrated on stem straightness, branch angle, crown width of particular trees. Observations: stem straightness, crown width, branch angle. Observations were made on the field provenance test in the forest district Ruda Maleniecka. The research covered the offspring of 35 seed stands Scots pine from the Lublin–Radom region. Studied feature that have real impact on future value of the wood raw material produced. Demonstration that best provenance in respect of stem straightness and crown width in the young period of growth were Scots pine of origin Syców, Ostrowiec Świętokrzyski, Międzyrzec and Stąporków. Least adapted to the conditions of growth provenance Nowa Dęba, Koźnice and Gościeradów. It was found also no correlation between branch angle and qualitative features. Based on the spatial arrangement Scots pine on cultivation observe the impact of external conditions (marginal cover of an elderly stand diversification of micro-habitat cultivation) on formation quality features studied populations Scots pine.

KEY WORDS: Scots pine, provenance, stem straightness, branch angle, crown width

SŁOWA KLUCZOWE: sosna zwyczajna, proveniencja, prostoliniowość łodygi, kąt gałęzi, szerokość korony

I. WSTĘP

Doskonalenie cech jakościowych drzew jest ważnym zadaniem gospodarki leśnej. W przypadku drzew leśnych cechy te są w dużym stopniu zależne od genotypu, a ich ulepszanie na drodze selekcji następuje powoli. Metodą badań stosowaną w leśnictwie w odniesieniu do populacji są doświadczenia rodowe i proveniencyjne, na których monitorowany jest wzrost i rozwój potomstwa drzew i populacji (Matras i in. 2014). Jest to metoda pozwalająca na wnioskowanie o wartości hodowlanej osobników i populacji, pozwalająca na oszacowanie

zysku genetycznego możliwego do osiągnięcia w następnym pokoleniu. W ten sposób poznajemy wartość hodowlaną potomstwa obiektów nasiennych wytypowanych w Lasach Państwowych, pod względem ich zróżnicowania genetycznego, skutkującego zróżnicowaniem cech przyrostowych i jakościowych oraz możliwości przystosowania się tych populacji do zmiennych warunków siedliskowych, co gwarantuje ich prawidłowy wzrost i rozwój w długiej perspektywie czasowej (Barzdajn 2009).

W Polsce lasy zajmują 29,5% powierzchni (www.lasy.gov.pl 31.12.2015). Głównym gatunkiem lasotwórczym jest sosna zwyczajna, której udział w powierzchni leśnej Polski wynosi ok. 67%. Sosna jest gatunkiem pionierskim, łatwo zasiedlającym również grunty zdegradowane. Realizując program hodowli selekcyjnej, uwzględniającej m.in. ocenę jakościową drzew, będzie można osiągnąć zysk przez produkcję dobrej jakości surowca drzewnego, zapewniając jednocześnie zachowanie trwałości lasu.

Prowadzone w Polsce badania dotyczące zmienności międzypochodzeniowej sosny wykazały zróżnicowane przystosowanie populacji do warunków środowiskowych w zasięgu jej występowania. Zmienność ta widoczna jest m.in. w przeżywalności, tempie wzrostu, a także w zróżnicowaniu wielu cech jakościowych (Kowalczyk 2005, 2013, Giertych 1993).

Celem badań była analiza cech jakościowych potomstwa sosny zwyczajnej w młodocianym okresie jej wzrostu, co pozwoli na wskazanie populacji najlepiej dostosowanych do warunków siedliskowych powierzchni doświadczalnej. Postawiono hipotezę badawczą mówiącą, że potomstwa różnych populacji sosny zwyczajnej różnią się pod względem cech jakościowych.

Opisane poniżej doświadczenie jest częścią programu testowania potomstwa wyłączonych drzewostanów nasiennych sosnowych w regionie IX – lubelsko-radomskim. Otrzymane wyniki dotyczą pierwszego etapu realizacji tego programu.

II. MATERIAŁ I METODY

Uprawa testująca sosnę zwyczajną została zlokalizowana w Nadleśnictwie Ruda Maleniecka w VI Krainie Małopolskiej, mezoregionie piotrkowsko-opoczyńskim (www.rudamaleniecka.radom.lasy.gov.pl/ 21.12.2016). Lokalizację uprawy w Leśnictwie Lipa, w oddziale 193b wyznaczają współrzędne 51°04'53" szerokości geograficznej północnej oraz 20°09'10" długości geograficznej wschodniej. Uprawa o powierzchni 3,33 ha została założona w 2010 roku na siedlisku boru mieszanego świeżego na wysokości 245 m n.p.m. W doświadczeniu testowane jest potomstwo 35 populacji (ryc. 1), które posadzono w czterech powtórzeniach. Każde pochodzenie reprezentowane jest przez 400 sadzonek (po 100 sadzonek w powtórzeniu). Zastosowano więźbę sadzenia 1,5 × 1,5 m, a pomiędzy poletkami pochodzeniowymi i blokami sosny pozostawiono pasy rozdzielające o szerokości 3 m. Na podstawie obserwacji roślinności runa stwierdzono zróżnicowanie mikrosiedliskowe w doświadczeniu. Gradient żyzności siedliska

wzrastał od bloku 1 do 4. Na powierzchni bloku 1 powierzchnia była porośnięta borówką czarną, natomiast teren na bloku 4 bujnie pokrywała jeżyna pospolita. Materiał doświadczalny wyhodowano w jednoletnim cyklu produkcyjnym w technologii kontenerowej. Łącznie na uprawie posadzono 14 000 sadzonek sosny.

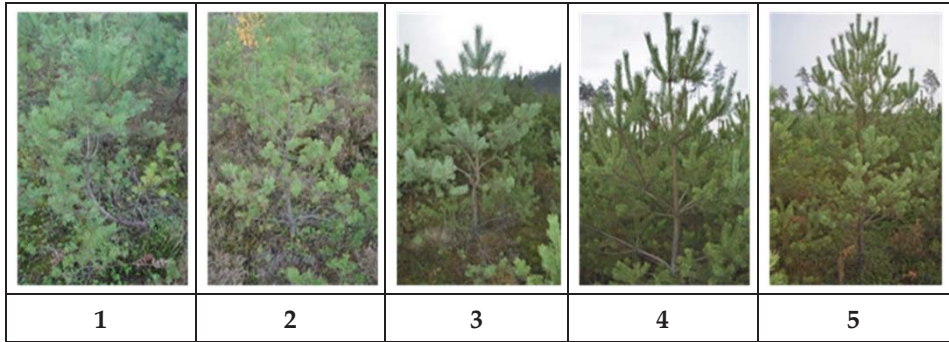


Ryc. 1. Rozmieszczenie drzewostanów matecznych (WDN) w IX regionie radomsko-lubelskim uwzględnionych w Programie testowania... (Sabor i in 2004)

Fig. 1. Distribution of mother stands (WDN) in the 9th region of Radom-Lublin included in the Program testowania... (Sabor i in 2004)

Obserwacje cech jakościowych wszystkich sosen na uprawie testowej wykonano po zakończeniu przyrostu wysokości drzew w 2016 r. Szacunkowo oceniono: prostotę strzały, szerokość korony i kąt wyrastania gałęzi. Do oceny każdej cechy wykorzystano skale pięciostopniowe, opisane przez Kowalczyka (2013).

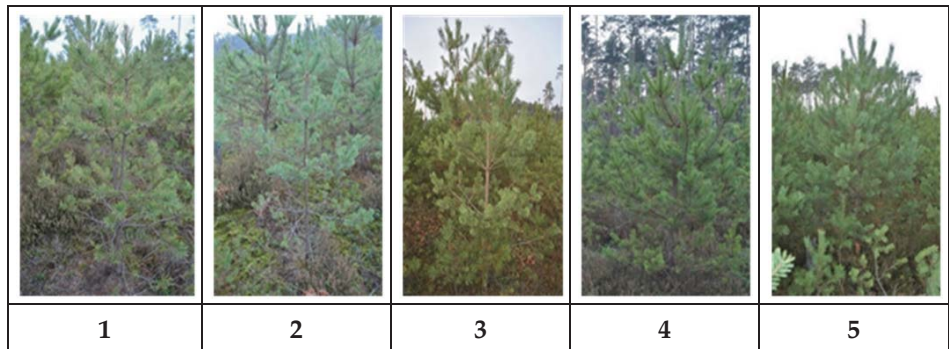
W ocenie **prostoty strzały** przyjęto następującą skalę: 1 – drzewa bardzo krzywe, mogące posiadać wiele wierzchołków, 2 – drzewa posiadające jedno wyraźne skrzywienie, 3 – drzewa przeciętne, możliwe niewielkie krzywizny, 4 – drzewa proste, możliwe jedno lub dwa niewielkie skrzywienia, 5 – drzewa proste (Kowalczyk 2013) (ryc. 2).



Ryc. 2. Skala oceny prostości strzały u sosny zwyczajnej (Kowalczyk 2013, fot. Kowalewski)

Fig. 2 The scoring scale of the stem straightness scoring (Kowalczyk 2013, fot. Kowalewski)

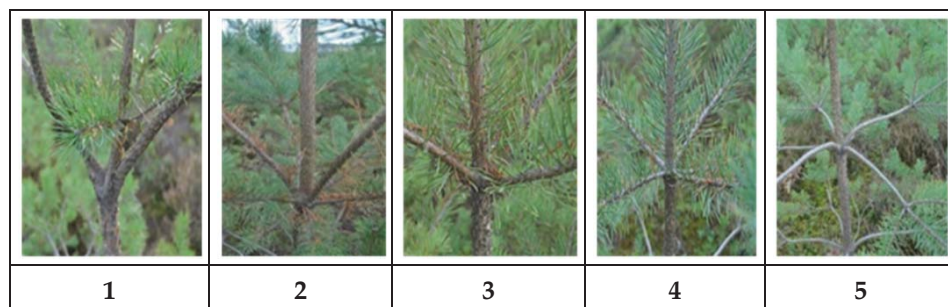
Szerokość korony oceniono przez porównanie szerokości do długości korony przyjmując skalę, w której stopnie 1–5 oznaczały korony: 1 – bardzo wąskie, 2 – wąskie, 3 – średnie, 4 – szerokie 5 – bardzo szerokie (Kowalczyk 2013) (ryc. 3). Przyjęta skala charakteryzowała zmienność tej cechy, nie wartościując jej, gdyż dla hodowcy najkorzystniejsze w uprawach nie są drzewka o koronach wąskich ani bardzo szerokich, lecz te, które wykształcają korony o średniej szerokości.



Ryc. 3. Skala oceny szerokości korony u sosny zwyczajnej (Kowalczyk 2013, fot. Kowalewski)

Fig. 3. The scale of the width rating of the crown (Kowalczyk 2013, fot. Kowalewski)

Przy ocenie **kąta wyrastania gałęzi** przyjęto następujące wartości skali: 1 – $< 30^\circ$, 2 – od 30 do 45° , 3 – od 46 do 55° , 4 – od 56 do 75° , 5 – od 76 do 95° (ryc. 4).



Ryc. 4. Skala oceny kąta wyrastania gałęzi u sosny zwyczajnej (Kowalczyk 2013, fot. Kowalewski)

Fig. 4. The scale of the angle rating of the rising branch (Kowalczyk 2013, fot. Kowalewski)

Cechy scharakteryzowano za pomocą średniej arytmetycznej i odchylenia standardowego. Analizę statystyczną wykonano w środowisku „R”, zakładając liniowość modelu R Core Team (2017). Średnie z obserwacji drzew dla poletek w blokach poddano dwuczynnikowej analizie wariancji. Gdy wynik analizy wariancji pozwolił odrzucić hipotezę o braku różnic między pochodzeniami, do dalszych porównań wykorzystano test najmniejszej istotnej różnicy Tukey’a, wyróżniając grupy homogeniczne, nie różniące się pod względem badanej cechy.

Zobrazowano przestrzenne rozmieszczenie drzew na powierzchni testowej według skal przyjętych do oceny badanych cech tj. prostości strzały, szerokości korony i kąta wyrastania gałęzi.

Spośród testowanych pochodzeń sosny do najwartościowszych zaliczono te, które osiągnęły wartość cechy jakościowej wyższą od założonego progu selekcji, tj. wartości średniej + 1 odchylenie standardowe ($X_{sr} + 1S$).

Otrzymane wyniki badań na uprawach *Programu testowania...* (Sabor i in. 2004) porównano do standardu krajowego – drzewostanu nasiennego charakteryzującego się cechami optymalnymi dla przeciętnych warunków, które panują na terytorium Polski, oraz standardu lokalnego – drzewostanu nasiennego charakteryzującego się cechami optymalnymi dla przeciętnych warunków, które panują na obszarze nadleśnictwa, gdzie zakładana jest uprawa testująca.

IV. WYNIKI

Ocena **prostoci strzały** (*PS*) wskazała na korzystną jej wartość w juvenilnym okresie wzrostu sosny. Średnia wartość wskaźnika *PS* wynosiła 3,47, co zalicza badane pochodzenia sosny do populacji o ponadprzeciętnej jakości tej cechy. Zakres zmienności międzypochodzeniowej wyznaczały wartości 4,17 i 3,01, a współczynnik zmienności kształtował się na poziomie $V = 7,5\%$. Najlepsze oceny prostoci strzały uzyskały sosny pochodzenia Syców (4,17), reprezentującego w doświadczeniu standard krajowy (*SK*) oraz Ostrowiec Świętokrzyski (4,06). Wartość wskaźnika jakości powyżej przyjętego progu selekcji osiągnęły

również proveniencje Międzyrzec i Stąporków. Wysoką pozycję w rankingu cechy (12) zajęło również pochodzenie lokalne sosny – Ruda Maleniecka (tab. 1). Różnica między pochodzeniami wykazującymi ekstremalne wartości wynosiła ponad jedną klasę jakości ($PS = 1,16$). Wskazuje to na duże zróżnicowanie badanej populacji pod względem tej cechy i ma znaczenie hodowlane.

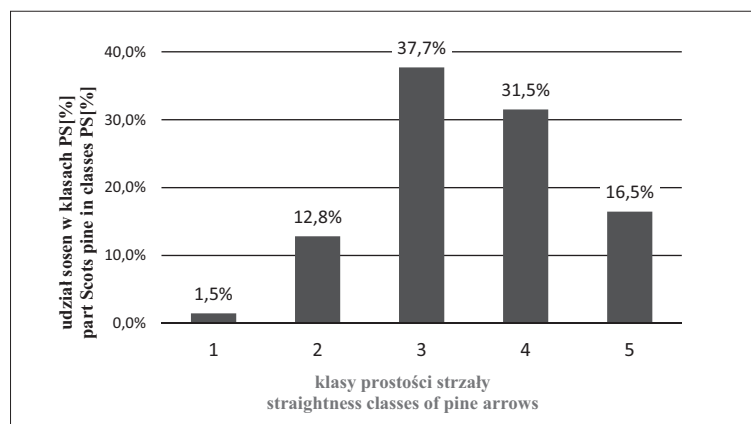
Tabela 1 – Table 1

Średnie wartości wskaźnika prostości strzały (PS) sosny zwyczajnej badanych pochodzeń oraz grupy jednorodnej ($p < 0,05$). Pochodzenia uszeregowano według malejącego wskaźnika; pogrubiono pochodzenia powyżej i poniżej progu selekcji $X_{sr} \pm 1S$

Average values the stem straightness rating (PS) Scots pine studied origins and homogeneous groups ($p < 0,05$). Provenance arranging by decreasing index; provenance bold above and below selection threshold $X_{sr} \pm 1S$

| Numer i nazwa pochodzenia Number and name of provenance | | Wskaźnik PS Index PS | Grupy jednorodnej Homogeneous groups | Numer i nazwa pochodzenia Number and name of provenance | | Wskaźnik PS Index PS | Grupy jednorodnej Homogeneous groups |
|--|-----------------|-----------------------------|---|--|------------------------|-----------------------------|---|
| SK | Syców | 4,17 | a | 33149 | Parczew | 3,48 | a |
| 13288 | Ostrowiec Św. | 4,06 | a | 8023 | Międzyrzec | 3,46 | a |
| 8025 | Międzyrzec | 3,83 | a | 30831 | Janów Lubelski | 3,44 | a |
| 9964 | Stąporków | 3,76 | a | 37626 | Ruda Maleniecka | 3,41 | a |
| 9972 | Stąporków | 3,66 | a | 10150 | Zwoleń | 3,41 | a |
| 34986 | Józefów | 3,65 | a | 30849 | Janów Lubelski | 3,37 | a |
| 7657 | Radzyń Podlaski | 3,65 | a | 13545 | Kozienice | 3,36 | a |
| 9970 | Stąporków | 3,61 | a | 6911 | Strzelce | 3,27 | a |
| 8026 | Międzyrzec | 3,61 | a | 36739 | Suchedniów | 3,25 | a |
| 36795 | Suchedniów | 3,60 | a | 30832 | Janów Lubelski | 3,25 | a |
| 8022 | Międzyrzec | 3,59 | a | 36738 | Suchedniów | 3,24 | a |
| SL | Ruda Maleniecka | 3,59 | a | 7656 | Radzyń Podlaski | 3,19 | a |
| 17524 | Starachowice | 3,58 | a | 34990 | Józefów | 3,13 | a |
| 30830 | Janów Lubelski | 3,56 | a | 33157 | Parczew | 3,12 | a |
| 34985 | Józefów | 3,55 | a | 35303 | Nowa Dęba | 3,11 | a |
| 13550 | Kozienice | 3,53 | a | 13542 | Kozienice | 3,04 | a |
| 10243 | Bilgoraj | 3,52 | a | 9786 | Gościeradów | 3,01 | a |
| 6981 | Sarnaki | 3,50 | a | Wartość średnia (X_{sr}) Average value (X_{sr}) | | 3,47 | |
| | | | | Odch. standardowe (S) Standard deviation (S) | | 0,26 | |
| | | | | Wsp. zmienności (V%) Coeff. of variation (V%) | | 7,5% | |

Pod względem udziału drzew w wyróżnionych klasach jakości **prostości strzały** aż 69,2% sosen zaliczonych zostało do grupy przeciętnych (klasa jakości 3) i z jednym lub dwoma niewielkimi skrzywieniami (klasa 4). Tylko 16,5% ocenianej populacji charakteryzowało się prostą strzałą, świadcząca o prawidłowym jej rozwoju (klasa 5). Złe ukształtowane strzały, krzywe, o wielu wierzchołkach (klasa 1) lub jednym wyraźnym skrzywieniu (klasa 2) zaobserwowano łącznie u 14,3% ocenianych sosen. Rozkład cechy w klasach jakości prostości strzały zilustrowano na rycinie 5.



Ryc. 5. Udział procentowy w klasach prostości strzały sosny badanych pochodzeń

Fig. 5. Percentage in stem straightness classes of pine of studied origins

Przeprowadzona analiza **szerokości korony** sosny wykazała, że zarówno średni wskaźnik jakości, jak i zakres zmienności tej cechy wyrażony współczynnikiem $V\%$ utrzymywały się na podobnym poziomie jak w ocenie prostości strzały (tab. 2). Średnia wartość szerokości korony wyniosła 3,49, a współczynnik zmienności tej cechy osiągnął 8,7%. Zmienność międzypochodzeniowa klas szerokości korony różnicowała się od wartości 4,19 do 2,80. Do pochodzeń, których średni wskaźnik szerokości korony był większy od wartości przeciętnej powiększonej o jedno odchylenie standardowe zaliczały się sosny pochodzenia Syców (standard krajowy), Ostrowiec Świętokrzyski oraz Międzyrzec i Stąporków, osiągając wartości wskaźnika szerokości korony w zakresie od 4,18 do 3,80. Z kolei sosny standardu lokalnego Ruda Maleniecka zajęły wysoką 9 pozycję w rankingu cechy (3,68), uzyskując lepszą lokatę w porównaniu do oceny prostości strzały. Na ostatnich pozycjach w klasyfikacji szerokości korony znalazło się potomstwo 7 pochodzeń sosny. Zdecydowanie najwęższą koroną wykształciły sosny pochodzenia Gościeradów (2,83). Stwierdzone różnice w szerokości korony potomstwa sosny mają wpływ na ich ocenę i wykorzystanie w hodowli selekcyjnej.

Tabela 2 – Table 2

Średnie wartości wskaźnika szerokości korony (SK) sosny zwyczajnej badanych pochodzeń oraz grupy jednorodne ($p < 0,05$). Pochodzenia uszeregowano według malejącego wskaźnika; pogrubiono pochodzenia powyżej i poniżej proggu selekcji $X_{sr} \pm 1S$

Average values index the crown width (SK) Scots pine studied origins and homogeneous groups ($p < 0,05$). Provenance arranging by decreasing index; provenance bold above and below selection threshold $X_{sr} \pm 1S$

| Numer i nazwa pochodzenia Number and name of provenance | | Wskaźnik SK Index SK | Grupy jednorodne Homogeneous groups | Numer i nazwa pochodzenia Number and name of provenance | | Wskaźnik SK Index SK | Grupy jednorodne Homogeneous groups |
|--|----------------------|-------------------------|--|--|------------------------|-------------------------|--|
| SK | Syców | 4,18 | a | 13550 | Kozienice | 3,49 | ab |
| 13288 | Ostrowiec Św. | 4,14 | a | 33149 | Parczew | 3,48 | ab |
| 8025 | Międzyrzec | 3,97 | a | 10243 | Biłgoraj | 3,45 | ab |
| 9964 | Stąporków | 3,80 | ab | 37626 | Ruda Maleniecka | 3,42 | ab |
| 7657 | Radzyń Podlaski | 3,77 | ab | 34986 | Józefów | 3,42 | ab |
| 17524 | Starachowice | 3,74 | ab | 34985 | Józefów | 3,32 | ab |
| 6981 | Sarnaki | 3,74 | ab | 6911 | Strzelce | 3,29 | ab |
| 10150 | Zwoleń | 3,70 | ab | 34990 | Józefów | 3,28 | ab |
| SL | Ruda Maleniecka | 3,68 | ab | 30849 | Janów Lubelski | 3,27 | ab |
| 8026 | Międzyrzec | 3,65 | ab | 36739 | Suchedniów | 3,20 | ab |
| 30831 | Janów Lubelski | 3,61 | ab | 7656 | Radzyń Podlaski | 3,18 | ab |
| 9970 | Stąporków | 3,60 | ab | 33157 | Parczew | 3,16 | ab |
| 30830 | Janów Lubelski | 3,56 | ab | 36738 | Suchedniów | 3,14 | ab |
| 36795 | Suchedniów | 3,56 | ab | 30832 | Janów Lubelski | 3,12 | ab |
| 9972 | Stąporków | 3,56 | ab | 13542 | Kozienice | 3,10 | ab |
| 13545 | Kozienice | 3,55 | ab | 35303 | Nowa Dęba | 3,06 | ab |
| 8022 | Międzyrzec | 3,55 | ab | 9786 | Gościeradów | 2,83 | b |
| 8023 | Międzyrzec | 3,51 | ab | Wartość średnia (X_{sr}) Average value (X_{sr}) | | 3,49 | |
| | | | | Odch. standardowe (S) Standard deviation (S) | | 0,30 | |
| | | | | Wsp. zmienności (V%) Coeff. of variation (V%) | | 8,7% | |

Analiza rozkładu klas szerokości koron sosen wskazuje na podobną tendencję jak przy ocenie prostości strzały. Największy udział sosen odnotowano w klasie 3 i 4. Są to sosny o średniej i szerokiej koronie (ryc. 6). Bardzo szeroką koronę (klasa 5) wykształciło 17,0% badanej populacji, natomiast 14,7% sosen charakteryzowało się wąską i bardzo wąską koroną (klasa 2 i 1).



Ryc. 6. Udział procentowy w klasach szerokości korony sosny badanych pochodzeń

Fig. 6. Percentage in classes of pine crown widths of studied origins

Ocena **kąta wyrastania gałęzi (KWG)** u sosen na uprawie testowej w Rudzie Malenieckiej wykazała niewielkie różnice pomiędzy badanymi pochodzeniami (tab. 3). Średni kąt wyrastania gałęzi zawierał się w przedziale 46 i 55° (wartość wskaźnika 3,09). Najwyżej w rankingu cechy sklasyfikowana została sosna pochodzenia Józefów (3,50). Z kolei standard krajowy Syców uplasował się na pozycji 7. Różnica pomiędzy tymi pochodzeniami w wartości cechy wynosi zaledwie 0,28 klasy jakości. Odmiennie niż dla wcześniejszych cech sosna standardu lokalnego z Rudy Malenieckiej zajęła dopiero 30 pozycję. Różnica pomiędzy standardem lokalnym i sosną najwyżej sklasyfikowaną z Józefowa wynosi 0,54. Zakres zmienności tej cechy był niewielki i wynosił 0,82 klasy jakości.

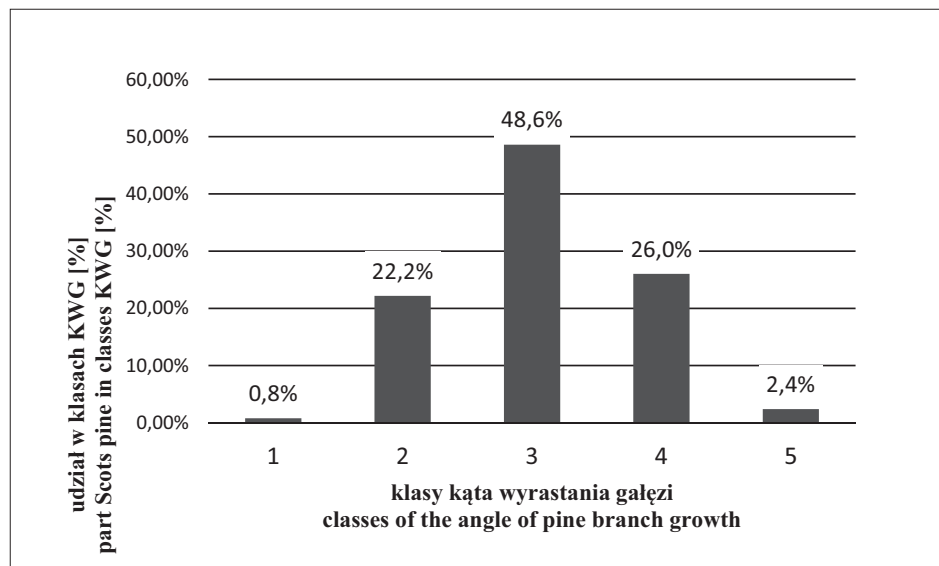
Oceniając rozkład procentowy sosen w pięcioklasowej skali kąta wyrastania gałęzi stwierdzono największy (48,61%) udział w klasie 3 (od 46 do 55°). 28,4% badanych sosen wykształciło gałęzie pod kątem od 56 do 75° (klasa 4), a jedynie 2,4% pod kątem zbliżonym do 90° (klasa 5). Udział sosen o KWG od 31 do 45° kształtował się na poziomie 22,2% (klasa 2), natomiast u zaledwie 0,8% sosen kąt wyrastania gałęzi był mniejszy od 30° (ryc. 7).

Tabela 3 – Table 3

Średnie wartości wskaźnika kąta wyrastania gałęzi (KWG) sosny zwyczajnej badanych pochodzeń oraz grupy jednorodnej ($p < 0,05$). Pochodzenia uszeregowano według malejącego wskaźnika; pogrubiono pochodzenia powyżej i poniżej progu selekcji $X_{st} \pm 1S$

Average values index the of the angle of branch rise (KWG) Scots pine studied origins and homogeneous groups ($p < 0,05$). Provenance arranging by decreasing index; provenance bold above and below selection threshold $X_{st} \pm 1S$

| Numer i nazwa pochodzenia Number and name of provenance | | Wskaźnik KWG Index KWG | Grupy jednorodnej Homogeneous groups | Numer i nazwa pochodzenia Number and name of provenance | | Wskaźnik KWG Index KWG | Grupy jednorodnej Homogeneous groups |
|--|-----------------|---------------------------|---|--|------------------------|---------------------------|---|
| 34986 | Józefów | 3,50 | a | 13545 | Kozienice | 3,06 | ab |
| 30849 | Janów Lubelski | 3,29 | ab | 8026 | Międzyrzec | 3,06 | ab |
| 30832 | Janów Lubelski | 3,29 | ab | 33149 | Parczew | 3,05 | ab |
| 35303 | Nowa Dęba | 3,25 | ab | 34990 | Józefów | 3,05 | ab |
| 36738 | Suchedniów | 3,24 | ab | 30830 | Janów Lubelski | 3,03 | ab |
| 13542 | Kozienice | 3,22 | ab | 8023 | Międzyrzec | 3,03 | ab |
| SK | Syców | 3,22 | ab | 34985 | Józefów | 3,01 | ab |
| 9972 | Stąporków | 3,22 | ab | 9970 | Stąporków | 3,01 | ab |
| 9786 | Gościeradów | 3,20 | ab | 8025 | Międzyrzec | 2,99 | ab |
| 9964 | Stąporków | 3,20 | ab | 8022 | Międzyrzec | 2,99 | ab |
| 33157 | Parczew | 3,19 | ab | 6911 | Strzelce | 2,97 | ab |
| 13550 | Kozienice | 3,19 | ab | SL | Ruda Maleniecka | 2,96 | ab |
| 36795 | Suchedniów | 3,17 | ab | 13288 | Ostrowiec Św. | 2,92 | ab |
| 7656 | Radzyń Podlaski | 3,13 | ab | 36739 | Suchedniów | 2,85 | ab |
| 30831 | Janów Lubelski | 3,12 | ab | 37626 | Ruda Maleniecka | 2,83 | ab |
| 6981 | Sarnaki | 3,10 | ab | 10243 | Biłgoraj | 2,80 | ab |
| 17524 | Starachowice | 3,10 | ab | 7657 | Radzyń Podlaski | 2,68 | b |
| 10150 | Zwoleń | 3,06 | ab | Wartość średnia (X_{st}) Average value (X_{st}) | | 3,09 | |
| | | | | Odch. standardowe (S) Standard deviation (S) | | 0,16 | |
| | | | | Wsp. zmienności (V%) Coeff. of variation (V%) | | | |



Ryc. 7. Udział procentowy w klasach kąta wyrastania gałęzi u sosny badanych pochodzeń
 Fig. 7. Percentage in classes of the angle of pine branch growth in the studied origins

Tabela 4 – Table 4

Populacja sosny o zróżnicowanych wartościach klas jakości prostości strzały i szerokości korony oraz kąta wyrastania gałęzi

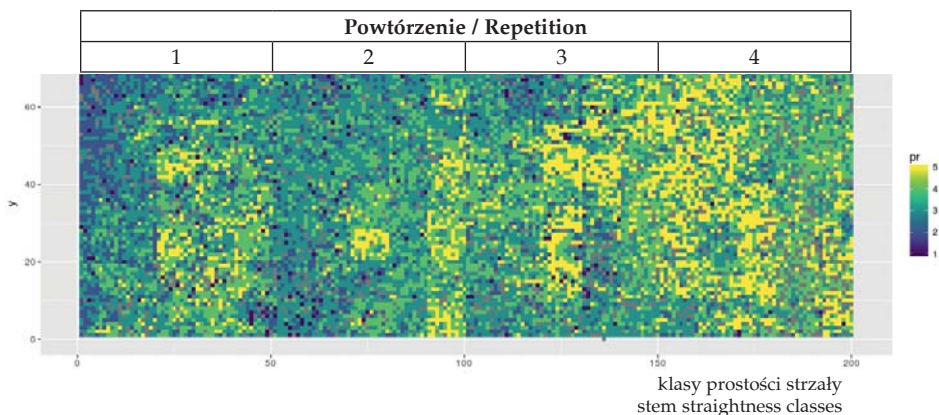
The pine population with diverse values of the quality classes of the arrow's stem straightness rating and crown width as well as the angle of branch rise

| Numer i nazwa pochodzenia Number and name of provenance | | Pozycja w rankingu cechy Position features in the ranking | | |
|--|-------------------------|--|----|-----|
| | | PS | SK | KWG |
| Pochodzenia sosny o wartościach $x \geq X_{sr} + 1S$ Provenance Scots pine with values $x \geq X_{sr} + 1S$ | | | | |
| SK | Syców | 1 | 1 | 7 |
| 13288 | Ostrowiec Świętokrzyski | 2 | 2 | 31 |
| 8025 | Międzyrzec | 3 | 3 | 27 |
| 9964 | Stąporków | 4 | 4 | 10 |
| Pochodzenia sosny o wartościach $x \leq X_{sr} - 1S$ Provenance Scots pine with values $x \leq X_{sr} - 1S$ | | | | |
| 36738 | Suchedniów | 29 | 31 | 5 |
| 7656 | Radzyń Podlaski | 30 | 29 | 14 |
| 34990 | Józefów | 31 | 26 | 22 |
| 33157 | Parczew | 32 | 30 | 11 |
| 35303 | Nowa Dęba | 33 | 33 | 4 |
| 13542 | Kozienice | 34 | 34 | 6 |
| 9786 | Gościeradów | 35 | 35 | 9 |

Porównanie wyników w odniesieniu do prostości strzały i szerokości korony dla populacji sosny o wartościach cech powyżej i poniżej progu selekcji ($X_{sr} \pm 1S$) wskazuje na zbieżność ocen dla obu tych cech jakości (tab. 4). Biorąc natomiast pod uwagę kąt wyrastania gałęzi (*KWG*) zarysowuje się odmienna tendencja. Proweniencje Nowa Dęba, Kozienice i Gościeradów, które najslabiej zostały ocenione pod względem *PS* i *SK*, w ocenie *KWG* znajdują się odpowiednio na 4, 6 i 9 pozycji rankingowej, natomiast pochodzenia sosny zajmujące czołowe lokaty: Ostrowiec Świętokrzyski i Międzyrzec dopiero na 31 i 27 miejscu w rankingu cechy. Wskazuje to na brak zależności pomiędzy tymi cechami. Potwierdza fakt, że kąt wyrastania gałęzi jest cechą, która w dużym stopniu jest zależna od pochodzenia sosny, natomiast czynniki zewnętrzne mają mniejszy wpływ na wartość tej cechy.

Wpływ warunków wzrostu na uprawie testowej na zmienność badanych cech jakościowych sosny zobrazowano na rycinach 8–10.

W przypadku **prostoci strzały** widoczna była zależność między klasą jakości a lokalizacją pochodzenia na uprawie (ryc. 8). Sosny w powtórzeniu czwartym i częściowo trzecim wykazały wyższą klasę jakości strzały w porównaniu do sosen rosnących na pozostałych powtórzeniach uprawy. Dla większości z nich zaobserwowano stopniowe obniżanie się jakości strzały (powtórzenie drugie i pierwsze). Może to wynikać z wpływu czynników zewnętrznych, które występują na uprawie, takich jak zróżnicowana żyzność mikrosiedlisk, sąsiedztwo uprawy z dojrzałym drzewostanem, czy odsłonięcie części brzegowej uprawy. Z punktu widzenia selekcji wartościowe są te pochodzenia sosny, które w zróżnicowanych warunkach wzrostu wykształcają prawidłowo ukształtowaną prostą strzałę.

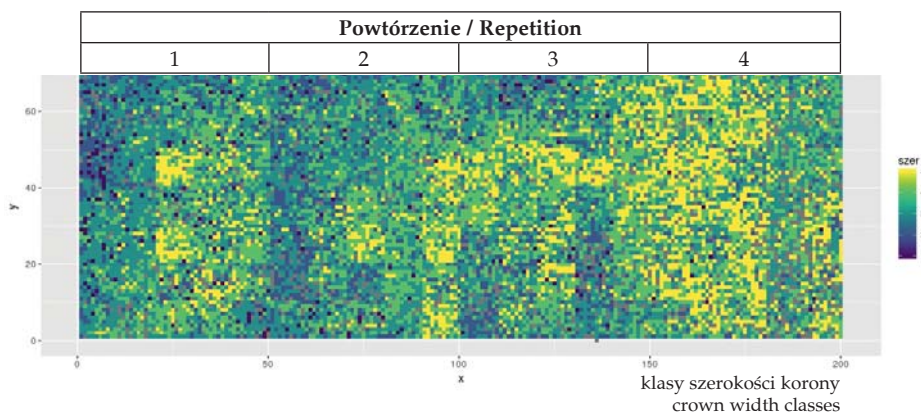


Ryc. 8. Przestrzenna zmienność sosny badanych pochodzeń pod względem prostoci strzały na uprawie w Rudzie Malenieckiej

Fig. 8. Spatial variability of the pine of studied origins in terms of the straightness of the arrow on the cultivation in Ruda Maleniecka

Obraz zmienności **szerokości korony** sosny na uprawie w Rudzie Malenieckiej był zbliżony do zaobserwowanej w odniesieniu do prostoci strzały (ryc. 9).

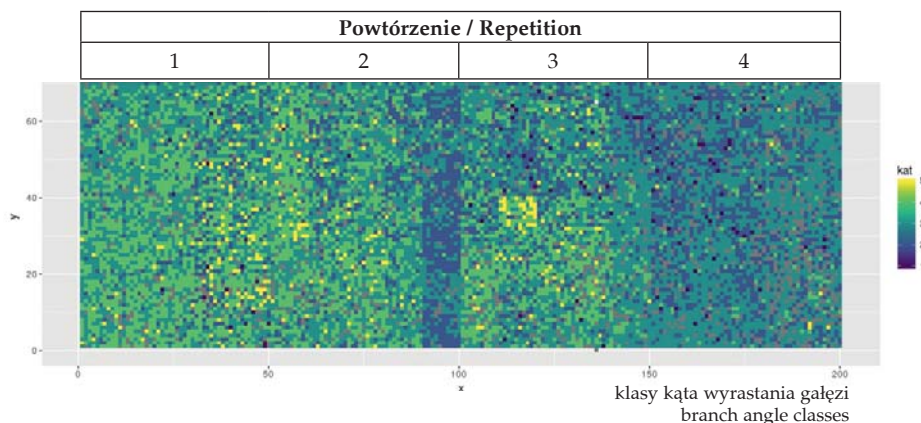
Wyraźniej jednak zaznaczyły się na wszystkich powtórzeniach uprawy pochodzenia sosny charakteryzujące się bardzo szeroką koroną (klasa 5). Widoczna zależność między tymi dwoma cechami w badanej populacji sosny znajduje również potwierdzenie w dużej zbieżności ich pozycji rankingowych w uszeregowaniu pochodzeń o największych i najmniejszych wartościach tych cech (tab. 4).



Ryc. 9. Przestrzenna zmienność sosny badanych pochodzeń pod względem szerokości korony na uprawie w Rudzie Malenieckiej

Fig. 9. Spatial variability of the pine of studied origins in terms of crown width on the cultivation in Ruda Maleniecka

Na wynik oceny **kąta wyrastania gałęzi** (ryc. 10) również wpływa zróżnicowanie mikrosiedliskowe. Z rycin 8, 9 i 10 można wnioskować, że tam gdzie prostota strzały i szerokość korony były wyższe, tam kąt wyrastania gałęzi był niższy.



Ryc. 10. Przestrzenna zmienność sosny badanych pochodzeń pod względem kąta wyrastania gałęzi na uprawie w Rudzie Malenieckiej

Fig. 10. Spatial variability of the pine of studied origins in terms of the angle of growing of branches on cultivation in Ruda Maleniecka

V. DYSKUSJA I WNIOSKI

Zakładanie powierzchni doświadczalnych testujących proveniencje sosny zwyczajnej ma na celu zdefiniowanie wartości hodowlanej różnych elementów leśnego materiału podstawowego, z którego korzysta się w gospodarce leśnej. Wyniki badań mogą być wykorzystywane w Lasach Państwowych, promując populacje o cechach pożądanых przez hodowcę (Sabor 2004). Wartość hodowlana jest to uwarunkowana genetycznie zdolność organizmu (drzewa) do przekazywania określonej cechy, lub cech potomstwu, wyrażona w zagregowanej wartości indeksowej (Chałupka i in. 2011). W przypadku Lasów Państwowych, jako instytucji, która ma przynosić zyski, jest to aspekt o znaczeniu ekonomicznym (Korczyk 2002). Program testowania potomstwa drzew leśnych definiuje obszar, który w przyszłości może posłużyć do uprawy testowanego materiału rozmnożeniowego. Zachowane są jednocześnie kryteria ochrony leśnych zasobów genowych (Chałupka i in. 2011). Celem jest również racjonalne wykorzystanie dotychczas stosowanej bazy rozmnożeniowej (Sabor i in. 2004).

Sosna zwyczajna charakteryzuje się dużą zmiennością na terenie całego kraju. Celem badań i testowania populacji jest wyodrębnienie grupy najlepszych pochodzeń, które będą w lepszym stopniu spełniały obrane cele hodowlane.

W wyniku prowadzonych badań stwierdzono, że sosna pochodząca z Sycowa, która jest standardem krajowym w doświadczeniu oraz sosna z Ostrowca Świętokrzyskiego, Międzyrzecza i Stąporkowa, pochodzenia z regionu testowania lubelsko-radomskiego odznaczają się w wieku 7 lat korzystniejszą dla hodowcy szerokością korony oraz prostością strzały. Ważną informacją jest również to, że lokalne pochodzenie sosny Ruda Maleniecka zajmuje stosunkowo wysoką pozycję w rankingu proveniencji pod względem badanych cech. Różnica dla wskaźnika prostości strzały pomiędzy skrajnymi wynikami dla pochodzeń wynosi 1,15, a dla szerokości korony 1,39. W przypadku kąta wyrastania gałęzi różnica ta wynosi jedynie 0,86, co wskazuje na nieznaczną zmienność oraz brak powiązaną z pozostałymi badanymi cechami jakościowymi.

Analiza doświadczeń w układzie bloków losowych dokumentuje wyraźnie potrzebę zakładania powtórzeń. Pozwala to na miarodajną ocenę badanych populacji. W ocenie przestrzennej zmienności prostości strzały i szerokości korony zaznacza się wpływ środowiska wzrostu (ryc. 8 i 9). Z obserwacji terenowych wynika, że bloki, na których mikrosiedlisko jest bogatsze cechuje nieco lepsza wartość prostości strzały drzewek, które mają jednocześnie bardziej rozłożyste korony, a kąt wyrastania gałęzi jest bardziej ostry. Trudno jest jednoznacznie wyjaśnić tę zależność. Szerokie korony mogą być wytwarzane przez drzewka na skutek większej dostępności składników pokarmowych, co skutkuje wcześniejszym zwarciem koron na uprawie i może wpływać na prostotę strzały. Jak dotychczas w polskojęzycznej literaturze nie przedstawiono podobnych badań dotyczących sosny zwyczajnej. Lepsze poznanie zależności pomiędzy żyznością siedliska (w tym i mikrosiedliska) a cechami jakościowymi drzew wymagają dalszych badań.

W przypadku badań proveniencyjnych istotnym aspektem jest wiek dojrzałości rębnej. Sosna zwyczajna uzyskuje ten wiek po około 100 latach, zależnie od regionu. Wraz z wiekiem badane parametry ulegną zmianie. Należy monitorować ten stan i w momencie posiadania wystarczającej liczby informacji będzie można jednoznacznie stwierdzić, którą z badanych proveniencji sosny zwyczajnej należy uprawiać w regionie testowania, mając na uwadze cechy jakościowe. Nie należy zapominać, że wyboru populacji do dalszej hodowli dokonujemy mając na uwadze cały kompleks uwarunkowań, tj. przeżywalność, cechy przyrostowe i jakościowe oraz podatność na szkody abiotyczne i biotyczne. Niniejsza praca dotyczy jedynie oceny cech jakościowych w juwenilnej fazie wzrostu upraw potomnych testowanych populacji. Nie upoważnia to do ostatecznego wnioskowania o wartości hodowlanej populacji, a jest jedynie przyczynkiem do poznania natury dziedziczenia i przekazywania cech sosny na uprawach potomnych.

VI. WNIOSKI

Badania wykazały dużą zmienność w obrębie badanych populacji sosny zwyczajnej. Najlepszy rezultat dla prostości strzały i szerokości korony osiągnęły proveniencje z Sycowa, Ostrowca Świętokrzyskiego, Międzyrzecza i Stąporkowa.

Współczynnik zmienności dla prostości strzały wyniósł 7,51%, z proponowanym progiem selekcji wskaźnika *PS* 3,73, natomiast dla szerokości korony współczynnik zmienności wyniósł 8,71%, z progiem selekcji wskaźnika *SK* 3,79.

Kąt wyrastania gałęzi jest cechą wyróżniającą badane pochodzenia, zależną w dużym stopniu od pochodzenia drzew. W warunkach wzrostu, jakie obserwowano w Rudzie Malenieckiej, dla sosen o wyższych wskaźnikach prostości strzały i szerokości korony kąt wyrastania gałęzi był niższy.

LITERATURA

- Barzdajn W. 2009. *Adaptacja i początkowy wzrost potomstwa drzewostanów nasiennych buka zwyczajnego (Fagus sylvatica L.) na uprawach porównawczych w nadleśnictwach Złotoryja i Łądek Zdrój*. Leśne Prace Badawcze: kwartalnik IBL, s.101–111.
- Chałupka W., Barzdajn W., Blonkowski S., Burczyk J., Wojciech F., Grądzki T., Gryzłó Z., Kacprzak P., Kowalczyk J., Kozioł C., Matras J., Pytko T., Rzońca Z., Sabor J., Szelań Z., Tarasiuk S., 2011. *Program zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew w Polsce na lata 2011–2035*. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych. Warszawa
- Giertych M. 1993. *Zmienność proveniencyjna* [w:] *Biologia sosny zwyczajnej*. Sorus. Poznań–Kórnik. 325–339.
- Korczyk A. 2002 *Jakość hodowlana drzewostanów sosnowych oraz wartość hodowlana i genetyczna drzew doborowych i porównawczych sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.) ośmiu polskich pochodzeń*, Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa

- Kowalczyk, J. 2005. Ocena wyników badań proveniencyjnych sosny (*Pinus sylvestris* L.). Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Malinówka, czerwiec 2005. „Ochrona leśnych zasobów genowych i hodowla selekcyjna drzew leśnych w Polsce – stan i perspektywy” Wydawnictwo Świat, Warszawa
- Kowalczyk J. 2013. *Międzypokoleniowa zmienność struktury genetycznej wybranych drzewostanów sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.)*. Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa Rozprawy i Monografie: Instytut Badawczy Leśnictwa.
- Matras J., Jastrzębowski S., Klisz M., Mionskowski M., Przybylski P. 2014. *Testowanie potomstwa drzew leśnych*. Notatnik Naukowy Instytutu Badawczego Leśnictwa, numer 3(98)/2014(XXII), Sękocin Stary
- R Core Team 2017. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Sabor J., Barzdajn W., Blonkowski S., Chałupka W., Fonder W., Giertych M., Korczyk A., Matras J., Potyrański A., Szelaż Z., Zajączkowski S. 2004. *Program testowania potomstwa wyłączonych drzewostanów nasiennych, drzew doborowych, plantacji nasiennych i plantacyjnych upraw nasiennych*. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, Warszawa.
- Skrzyszevska K., Banach J., Piela Ł. 2016. Specyfika zakładania powierzchni testujących w warunkach górskich. *Dotychczasowe doświadczenia z realizacji programu testowania potomstwa*. Postępy Techniki w Leśnictwie 134, Wydawnictwo Świat, Warszawa, 28–34.

Źródła internetowe

- „<http://www.rudamaleniecka.radom.lasy.gov.pl/>” stan z 10.11.2016
- „<http://www.encyklopedia.laspolskie.pl/doku.php?id=z:zasady-selekcji-drzew-le-snych>” stan na 20.12.2016

Summary

Dominik Kowalewski, Kinga Skrzyszevska, Jan Kowalczyk

Variability of quality traits of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the testing plots localized in Forest District Ruda Maleniecka

Observations were carried out in the Forest District Ruda Maleniecka forestry Lipa on the experimental plots. Experimental plantation was established in 2010 on the fresh mixed coniferous forest in a randomized block design. On each of the four blocks was planted 3,500 container pine seedlings with covered root system. The investigation concentrating on 35 different provenances from the area of Regional Forest Directorate Radom and Lublin (fig. 1). The tested populations are planted on a plot. Single plot consist of 100 plants, replicated in four blocks. Tested were quality characteristics stem straightness, crown width and branch angle. Trees evaluated on a 5-point scale (fig 2–4). The scale was adopted after Kowalczyk (2013). The results were developed in the program “R”. Relationships between features studied and estimation of the degree of similarity population are included in the tables 1–3. Shows information about the share of trees in assessment class studied feature, fig 5–7. Average value stem straightness was 3.5. 16.5% attempt it was characterized straight arrow which is evidence of proper development. Above the selection threshold at level 3,7 was Scots pine from Syców, Ostrowiec Świętokrzyski, Międzyrzec and Stąporków. For crown width average value was 3.5. Variation between origin this feature is in the range from 4,2 to 2,8. Above the selection threshold were Scots pine from Syców (national standard), Ostrowiec Świętokrzyski, Międzyrzec and Stąporków. Average branch angle it is located between 46° i 55°. The analysis showed slight variability this features between populations. There was no relationship between stem straightness, crown width and branch angle (table 4). Figures 8–10 illustrate spatial variability Scots pine on testing area. Scots pine from the block 3 and 4 has reached the average result better than the other blocks in respect of straightness and crown width. No found differences arrangement on area feature – branch angle.

**RECENZENCI ARTYKUŁÓW OPUBLIKOWANYCH
W „ACTA AGRARIA ET SILVESTRIA SER. SILVESTRIS”
VOL. LIV (2016), LV (2017)**

Krzysztof Adamowicz, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Zbigniew Bonczar, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Wojciech Dąbrowski, Politechnika Białostocka
Wojciech Grodzki, Instytut Badawczy Leśnictwa
Janusz Kocel, Instytut Badawczy Leśnictwa
Mariusz Kormanek, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Jerzy Kowal, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Jan Matras, Instytut Badawczy Leśnictwa
Piotr Mederski, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Wojciech Ochał, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Wojciech Ożga, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Łukasz Paluch, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Stanisław Parzych, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Anna Radko, Państwowy Instytut Badawczy w Balicach
Jacek Skubis, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Ewa Słowik-Opoka, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Grzegorz Szewczyk, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Marek Wajdzik, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Emilia Wysocka-Fijorek, Instytut Badawczy Leśnictwa
Iwona Zawieja, Politechnika Częstochowska
Wojciech Ząbecki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Stanisław Zięba, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

SPIS TREŚCI CONTENTS

| | |
|---|----|
| ANNA GROBELAK, KAROLINA BIŚ, MAŁGORZATA KACPRZAK: Zastosowanie mikroorganizmów w procesie bioremediacji – modele aplikacyjne | 3 |
| EMILIA WYSOCKA-FIJOREK Sposób zagospodarowania lasu a zmiana ilości węgla wiązanego przez drzewostan | 13 |
| MAREK WAJDZIK, KATARZYNA SZYJKA, IZA MURZYNOWSKA: Cechy fenotypowe kozicy alpejskiej pozyskanej w Alpach Gailtalskich (Austria) | 25 |
| STANISŁAW ZIĘBA, JAN BANAŚ, LESZEK BUJOCZEK, ANNA KOŻUCH, ALICJA SŁUPSKA, KAROL ZABORSKI: Dynamika zmian miąższości górskich drzewostanów mieszanych zagospodarowanych rębniami złożonymi | 37 |
| KATARZYNA SZYJKA, MAREK WAJDZIK: Zarządzanie populacjami zwierząt łownych w ekosystemie miejskim | 51 |
| DOMINIK KOWALEWSKI, KINGA SKRZYSZEWSKA, JAN KOWALCZYK: Zmienność wybranych cech jakościowych pochodzeń sosny zwyczajnej (<i>Pinus sylvestris</i> L.) na powierzchni testującej w Nadleśnictwie Ruda Maleniecka | 65 |

Journal indexed by
POLISH SCIENTIFIC JOURNALS CONTENTS — LIFE SCI.

<http://psjc.icm.edu.pl>



POLSKA AKADEMIA NAUK
ODDZIAŁ W KRAKOWIE