

Mirosław Kletkiewicz

Nadleśnictwo Tuchola, adres e-mail: mkletkiewicz@wp.pl

Antoni Sienkiewicz

*Wyższa Szkoła Zarządzania Środowiskiem w Tucholi, adres e-mail:
at.sienkiewicz@wp.pl*

**WPLYW PRODUKCYJNYCH PODSADZEŃ BUKOWYCH
NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI GLEB SIEDLISK
POROLNYCH I CECHY TAKSACYJNE DRZEWOSTANÓW
SOSNOWYCH W NADLEŚNICTWIE TUCHOLA**

*THE IMPACT OF PRODUCTIVE BEECH UNDERPLANTING
ON SELECTED PROPERTIES OF SOILS
OF POSTAGRICULTURAL HABITATS AND CHARACTERISTICS
OF PINE STANDS IN THE TUCHOLA FOREST DISTRICT*

Słowa kluczowe: bory sosnowe, podsadzenia bukowe, piaski fluwioglacjalne, gleby rdzawe, siedliska porolne, przebudowa drzewostanów

Key words: pine forests, beech plantings, rusty soils, fluvioglacial sands, post-agricultural habitats, reconstruction of tree stands

Abstract. As a result of past forest management practices, where economic considerations dominated over ecological ones, large areas of Polish forestry are currently occupied by pine monocultures. These stands urgently require restructuring (diversification of species composition) based on native deciduous species, under habitat properties and the characteristics of the natural-geographical landscape. Within the territorial range of the Tuchola Forest District, one such species is the European beech (*Fagus sylvatica* L.). The main objective of the conducted research was to determine the impact of European beech underplanting on the morphological structure of forest litter, as well as the physicochemical and chemical properties of the humus mineral horizons (A/Ap), and their effect on the biometric characteristics of Scots pine. The research was conducted on former agricultural soils in the habitat of a fresh mixed coniferous forest. It was established that beech underplanting in middle-aged pine stands positively affects the morphological structure of forest litter and the physicochemical and chemical properties of the humus mineral soil horizons (A/Ap). Additionally, the research demonstrated the beneficial impact of European beech underplanting on the silvicultural and technical characteristics and current productivity of pine stands.

WSTĘP

W różnorodnych i złożonych ekosystemach leśnych kształtują się specyficzne stosunki pomiędzy światem roślinnym, zwierzęcym, klimatem i glebą. Główną przyczyną tego rodzaju zależności jest dominująca rola roślin drzewiastych

i rozbudowana struktura pionowa drzewostanów. Pionowy układ powoduje również zróżnicowanie warunków ekologicznych wewnątrz lasu, a zwłaszcza poszczególnych elementów klimatu (natężenia światła, siły wiatru, temperatury i wilgotności powietrza), co wywiera znaczący wpływ na występowanie we wszystkich warstwach drzewostanu określonych gatunków roślin. Głównymi gatunkami drzew polskich lasów są: sosna zwyczajna, świerk pospolity, jodła pospolita, modrzew europejski, dąb szypułkowy, dąb bezszypułkowy, buk zwyczajny, jesion wyniosły, olsza czarna, klon zwyczajny, klon jawor, grab pospolity oraz lipy i wiązy (Puchalski, Prusinkiewicz 1990, Zielony, Kliczkowka 2012).

W zmieniających się warunkach środowiska przyrodniczego trwałość lasów w gospodarce leśnej powinna być osiągnięta na skutek uwzględniania naturalnych wzorców ukształtowanych przez przyrodę w przeszłości, jak i wykorzystywanie przebiegających współcześnie naturalnych procesów biologicznych. Najważniejszym zadaniem dla polskich leśników jest utrzymanie trwałości lasu, czyli ciągłości jego istnienia. Trwałość lasu jest podstawowym elementem racjonalnego (zrównoważonego) rozwoju gospodarki leśnej. Jednym z podstawowych celów leśnictwa wielofunkcyjnego jest zachowanie bioróżnorodności naszych lasów. Różnorodność biologiczna w lasach jest przez leśników traktowana jako niezbędna cecha ekosystemów leśnych będąca warunkiem ich trwałości i zdolności do ewolucji w zmieniającym się środowisku przyrodniczo-geograficznym. Najbardziej narażone na zagrożenia abiotyczne, biotyczne oraz antropogeniczne są proste (ubogie gatunkowo) ekosystemy leśne, głównie biocenozy wielkopowierzchniowych drzewostanów sosnowych niedostosowanych do warunków siedliskowych. W Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe wiodącym sposobem przekształcania niestabilnych, niezgodnych z siedliskiem drzewostanów, jest ich przebudowa prowadząca do częściowej lub całkowitej zmiany składu gatunkowego, struktury przestrzennej i wiekowej (Szymański 2000, Rozwałka 2001, Fonder 2007, Zasady hodowli lasu 2012).

Jednym ze sposobów częściowej zmiany składu gatunkowego, zwiększenia bioróżnorodności, struktury przestrzennej i wiekowej sosnowych drzewostanów, szczególnie na żyzniejszych glebach porolnych, jest wprowadzanie drugiego piętra produkcyjnego (Fot. 1). Najbardziej odpowiednim gatunkiem do zrealizowania tak ważnego celu hodowlanego w litych drzewostanach sosnowych drugiej klasy wieku na siedliskach boru mieszanego świeżego i lasu mieszanego świeżego jest buk zwyczajny – *Fagus sylvatica* L. (Włoczewski 1968, Ilmurzyński 1969, Białobok, red. 1990, Rozwałka 2005, Bernadzki 2006, Cyzman 2013, Puchniarski 2014).



Fot. 1. Bukowe podsadzenie produkcyjne w litym drzewostanie sosnowym na glebie porolnej w oddziale 24 g Leśnictwa Żółwiniec-Szkółka na terenie Nadleśnictwa Tuchola
Źródło: M. Kletkiewicz.

CEL I ZAKRES PRACY

Celem trwale zrównoważonej i wielofunkcyjnej gospodarki leśnej jest kształtowanie ekosystemów leśnych o składzie gatunkowym zgodnym z siedliskiem oraz o budowie odpowiadającej pełnionym funkcjom, w szczególności produkcyjnym i ochronnym. Pierwszoplanową rolę w prowadzeniu takiego rodzaju gospodarki w ekosystemach leśnych spełnia nauka o siedlisku leśnym, która jest głównym działem przyrodniczych podstaw hodowli lasu. Podstawą planowania hodowlanego jest odpowiednia znajomość fundamentalnego czynnika produkcji leśnej, którym jest siedlisko (Puchalski, Prusinkiewicz 1990, Poradnik Leśniczego 1991, Siedliskowe podstawy hodowli lasu 2004).

Gleba w ekosystemie leśnym jest naturalnym, przenikniętym procesami życiowymi utworem powierzchniowej warstwy skorupy ziemskiej (litosfery). W sferze tej zachodzą nieustannie procesy rozkładu oraz syntezy związków organicznych i mineralnych, z równoczesnym ich przemieszczaniem profilowym. Podstawowym, charakterystycznym składnikiem gleby jest materia organiczna. Glebowe związki organiczne stanowią układ dynamiczny. Dynamizm tych procesów zależy od szaty roślinnej, działalności mikroorganizmów i edafonu, warunków hydrotermicznych oraz fizykochemicznych i chemicznych właściwości gleby. Gleba w zasięgu terytorialnym każdego nadleśnictwa jest elementem różnicującym i wyróżniającym typy siedlisk leśnych (Klasyfikacja gleb leśnych Polski 2000, Siedliskowe podstawy hodowli lasu 2004, Plan urządzenia lasu dla Nadleśnictwa Tuchola 2008, Brożek 2017).

Głównym celem wykonanych badań było określenie wpływu produkcyjnych podsadzeń bukowych w warunkach gleb porolnych boru mieszanego świeżego, w drzewostanach sosnowych III b klasy wieku, na budowę i właściwości fizykochemiczne ektopróchnicy leśnej oraz próchnicznych poziomów mineralnych (Ap) w Leśnictwie Żółwiniec-Szkółka na terenie Nadleśnictwa Tuchola.

Równocześnie istotnym celem przeprowadzonych prac badawczych była ocena stopnia oddziaływania produkcyjnych podsadzeń bukowych na cechy biometryczne sosny zwyczajnej.

Dla zweryfikowania zaplanowanych celów w ramach wykonanych badań sformułowano następujące pytania:

1. Czy występują różnice w składzie chemicznym gleb na powierzchniach po zastosowaniu podsadzeń bukiem zwyczajnym i bez podsadzeń bukowych?

2. Czy możliwe są do stwierdzenia różnice w budowie morfologicznej gleb na powierzchniach z podsadzeniami bukiem zwyczajnym oraz bez podsadzeń bukowych?

3. Czy produkcyjne podsadzenia bukowe wywierają wpływ na jakość drzewostanu sosnowego na glebach porolnych?

4. Czy produkcyjne podsadzenia bukowe wykazują dostrzegalne oddziaływanie na produktywność porolnych drzewostanów sosnowych?

OBIEKT I METODY BADAŃ

Lokalizacja obiektu badań

W celu oceny właściwości pokrywy glebowej oraz określenia cech taksacyjnych sosnowych drzewostanów porolnych, zgodnie z założeniami merytorycznymi niniejszej pracy, dokonano wyboru trzech powierzchni badawczych na terenie Nadleśnictwa Tuchola w Leśnictwie Żółwiniec-Szkółka.

Nadleśnictwo Tuchola, zgodnie z Regionalizacją przyrodniczo-leśną Polski 2010 (Zielony, Kliczkowska 2012), znajduje się w III krainie Wielkopolsko-Pomorskiej. Ukształtowanie powierzchni terenu całej krainy jest głównie wynikiem zlodowacenia bałtyckiego (północnopolskiego). Część północno-wschodnia lasów Nadleśnictwa Tuchola (Plan urządzenia lasu Nadleśnictwa Tuchola 2008, Zielony, Kliczkowska 2012) wchodzi w skład mezoregionu Borów Tucholskich (III.1), część zachodnia występuje w mezoregionie Pojezierza Krajeńskiego (III.8), część południowa lasów nadleśnictwa znajduje się w mezoregionie Doliny Brdy (III.9), a część południowo-wschodnia należy do mezoregionu Wysoczyzny Świeckiej (III.10).

Badania terenowe

Dla zrealizowania zaplanowanych zadań badawczych, zgodnie z przyjętym zakresem metodycznym i harmonogramem pracy, dokonano wyboru drzewostanów w Nadleśnictwie Tuchola odpowiadających ustalonym kryterium:

- drzewostany sosnowe z produkcyjnymi podsadzeniami bukowymi na glebach porolnych;
- aktualny wiek drzewostanów: 54-56 lat;

- wiek podsadzonego buka zwyczajnego: 18-20 lat;
- typ siedliskowy lasu – bór mieszany świeży.

Kierując się powyższymi kryteriami, wybrano trzy wydzielenia drzewostanowe znajdujące się w Leśnictwie Żółwiniec-Szkółka. Wydzielania zakwalifikowane do założenia powierzchni badawczych występują w następujących oddziałach: 24g, 42f, 42Ab. W ramach wykonywanych prac terenowych poszczególnym powierzchniom badawczym przyporządkowano następującą numerację:

- Nr 1 – powierzchnia badawcza w oddziale 42Ab bez podsadzeń bukowych;
- Nr 1A – powierzchnia badawcza w oddziale 42Ab z podsadzeniami bukowymi;
- Nr 2 – powierzchnia badawcza w oddziale 24g bez podsadzeń bukowych (Fot. 2);
- Nr 2A – powierzchnia badawcza w oddziale 24g z podsadzeniami bukowymi;
- Nr 3 – powierzchnia badawcza w oddziale 42f bez podsadzeń bukowych;
- Nr 3A – powierzchnia badawcza w oddziale 42f z podsadzeniami bukowymi (Fot. 3).

W każdym wydzieleniu drzewostanowym założono jedno poletko obserwacyjne o wymiarach 50 m x 50 m (0,25 ha), z występującymi produkcyjnymi podsadzeniami bukowymi oraz jedną o takich samych wymiarach we fragmencie drzewostanu, gdzie nie zastosowano podsadzeń bukowych.



Fot. 2. Powierzchnia badawcza w oddziale 24g (Nr 2) bez podsadzeń bukowych - oznaczona czterema palikami w narożnikach

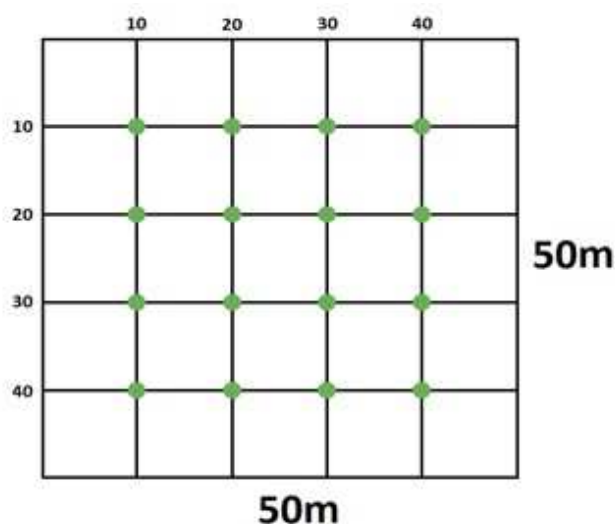
Źródło: M. Kletkiewicz.



Fot. 3. Powierzchnia badawcza w oddziale 42f (Nr 3A) z podsadzeniami bukowymi – oznaczona czterema palikami w narożnikach
Źródło: M. Kletkiewicz.

Poszczególne poletka obserwacyjne zostały trwale oznaczone w terenie przy pomocy czterech palików umieszczonych w punktach narożnych.

Przed przystąpieniem do realizacji terenowych prac związanych z pobraniem próbek glebowych oraz wykonaniem pomiaru poszczególnych elementów taksacyjnych sosny zwyczajnej każde dwudziestopięcioarowe poletko obserwacyjne podzielono na kwadraty o wymiarach 10 m x 10 m (Ryc. 1).



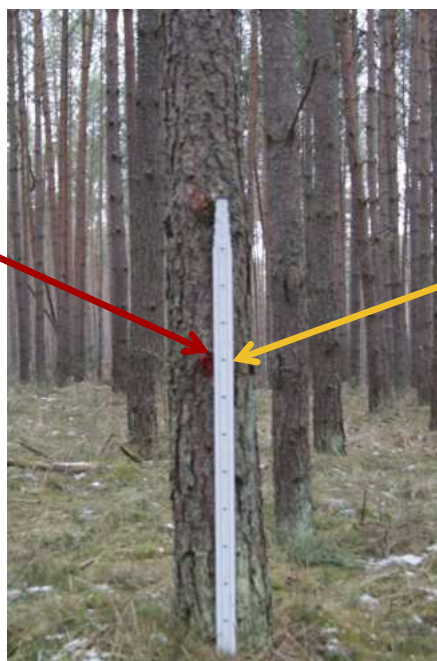
Ryc. 1. Schemat podziału poletka obserwacyjnego na kwadraty o wymiarach 10 m x 10 m
Źródło: M. Kletkiewicz.

Podział obiektów badawczych na kwadraty pozwolił na losowe wyznaczenie szesnastu drzew, które wykorzystano do pomiaru grubości pierśnicowej i wysokości.

Dla określenia miąższości drzew sosny zwyczajnej występujących na każdym dwudziestopięcioarowym poletku obserwacyjnym, w dniach od 15 lipca do 10 sierpnia 2017 roku, dokonano pomiarów grubości pierśnicowej wszystkich drzew. Pomierzono także wysokość drzew oraz odległość od powierzchni gleby do pierwszego sęka otwartego na drzewach wyznaczonych według schematu przedstawionego na rycinie Nr 1. Pomiar wysokości drzew został wykonany przy pomocy wysokościomierza Suunto oraz taśmy mierniczej, a odległość od powierzchni gleby do pierwszego sęka otwartego ustalono przy pomocy łąty mierniczej (Fot. 4).

Średnie (mieszane) próbki glebowe do analiz fizycznych i chemicznych, po trzy o wadze 0,5 kg każda, pobrano 10 września 2017 roku. Do prac związanych z pobieraniem próbek glebowych wykorzystano łaskę glebową Egnera. Glebę pobierano każdorazowo z poziomów próchnicznych mineralnych (Ap), w przedziale głębokości: 0–25 cm.

Miejsce występowania pierwszego otwartego sęka na pniu rosnącego drzewa



Odczytana wartość na łącie mierniczej

Fot. 4. Pomiar odległości od powierzchni gleby do pierwszego sęka otwartego na pniu sosny zwyczajnej w oddziale 24 g na powierzchni bez podsadzeń bukowych

Źródło: M. Kletkiewicz.

Na wytypowanych powierzchniach badawczych Nr 2 i 2A, zlokalizowanych w oddziale 24g na terenie Leśnictwa Żółwiniec-Szkółka, wykonano odkrywki glebowe, które wykorzystano do opisu budowy morfologicznej gleb występujących we wszystkich wariantach badawczych z produkcyjnymi podsadzeniami bukowymi oraz bez bukowych podsadzeń produkcyjnych.

Prace kameralne i laboratoryjne

W trakcie wykonywania prac kameralnych zostały wykorzystane materiały i dokumenty udostępnione przez Nadleśnictwo Tuchola. Skorzystano między innymi z Operatu siedliskowego na podstawach glebowych i fitosocjologicznych (1998), Planu urządzenia lasu dla Nadleśnictwa Tuchola (2008) oraz uaktualnianych obecnie danych podczas trwających prac związanych z tworzeniem nowego Planu urządzenia lasu dla Nadleśnictwa Tuchola na lata 2018-2027. Dla sporządzenia charakterystyki wydzieleń drzewostanowych na powierzchniach badawczych uwzględniono również informacje zawarte w kartach ewidencyjnych drzewostanów. W pracach kameralnych wykorzystano także dane bibliograficzne zamieszczone w spisie literatury.

Wyniki właściwości fizycznych, fizykochemicznych i chemicznych gleb poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem programu komputerowego SigmaPlot 11.0 przy zastosowaniu testu t Studenta dla prób niezależnych. Normalność rozkładu danych została przetestowana przy użyciu testu Shapiro-Wilka oraz sprawdzono homogeniczność wariancji testem Brown-Forsythea. Wybrane wyniki zaprezentowano w formie wykresów kolumnowych. Dane przedstawiono jako średnie \pm odchylenie standardowe (SD). Poziom istotności ustalono na poziomie $p \leq 0,05$. Parametry taksacyjne badanych drzewostanów nie miały rozkładu zgodnego z rozkładem normalnym, dlatego zostały przeanalizowane z zastosowaniem testu U Manna-Whitneya, który jest nieparametryczną odmianą testu t-Studenta dla prób niezależnych. Wyniki tych analiz zostały zobrazowane w postaci wykresów pudełkowych. Poziom istotności ustalono na poziomie $p \leq 0,05$.

CHARAKTERYSTYKA PRZYRODNICZO-LEŚNA NADLEŚNICTWA TUCHOLA

Budowa geologiczna i urzeźbienie powierzchni terenu

Nadleśnictwo Tuchola swoim zasięgiem terytorialnym obejmuje zróżnicowane tereny pod względem geologicznym i geomorfologicznym. Dominującymi utworami geologicznymi są plejstocenijskie piaski i żwiry sandrowe zlodowacenia bałtyckiego (północnopolskiego). Powierzchnia sandru jest urozmaicona obniżeniami wytopiskowymi, dolinami rzecznyymi, rynnami subglacjalnymi i wydmami. W zachodniej oraz południowo-wschodniej części nadleśnictwa występuje wysoczyzna morenowa z licznymi rynnami jeziornymi oraz zagłębieniami wytopiskowymi (Kondracki 2000, Plan urządzenia lasu dla Nadleśnictwa Tuchola 2008).

W czwartorzędzie (w okresach plejstocenu i holocenu) została ukształtowana ostatecznie litologia i rzeźba powierzchni terenu nadleśnictwa. Na podstawie przeprowadzonych prac typologicznych i kartograficznych na terenie Nadleśnictwa Tuchola wyróżniono następujące utwory geologiczne: piaski i żwiry akumulacji lodowcowej, gliny zwałowe, deluwia glin zwałowych, piaski sandrowe, piaski

rzeczne, piaski eoliczne, piaski deluwialne, torfy, gytie, mursze i namuły. Skały plejstocenijskie (starsze od holocenijskich), będące dominującymi utworami powierzchniowymi na omawianym terenie, reprezentowane są głównie przez piaski sandrowe. W skład utworów holocenijskich (młodszych od plejstocenijskich) wchodzi osady powstałe w rezultacie zanikania jezior (torfy, gytie i mursze), a także osady budujące terasy zalewowe dolin rzecznych (piaski i żwiry rzeczne oraz namuły). Na ukształtowanie rzeźby powierzchni terenu istotny wpływ wywarła także leśna szata roślinna (Matuszkiewicz 2008, Operat siedliskowy na podstawach glebowych i fitosocjologicznych Nadleśnictwa Tuchola 1998, Plan urządzenia lasu dla Nadleśnictwa Tuchola 2008).

Pokrywa glebowa i jej ważniejsze właściwości

Na obszarze Nadleśnictwa Tuchola dominują gleby zaliczane do gleb autogenicznych, które zostały wytworzone w wyniku procesów glebotwórczych bez wyraźnej przewagi któregoś z tych procesów glebotwórczych. Związane są one z jednoczesnym oddziaływaniem skały macierzystej i szaty roślinnej. Na niewielkiej powierzchni nadleśnictwa spotykane są gleby hydrogeniczne i semihydrogeniczne, które wytworzyły się z utworów ukształtowanych pod wpływem stałego oddziaływania wody. Wymienić należy również gleby litogeniczne, gdzie głównym czynnikiem glebotwórczym była skała macierzysta oraz gleby antropogeniczne ukształtowane w wyniku działalności człowieka (gleby porolne).

Teren Nadleśnictwa Tuchola charakteryzuje się małym zróżnicowaniem pod względem wyróżnionych typów glebowych. Dominującymi typami gleb na omawianym terenie są gleby bielcowe i rdzawe, zajmujące 97% powierzchni leśnej, które powstały z sandrów, piasków rzecznych, utworów zwałowych i piasków eolicznych. Gleby te są szczególnie charakterystyczne dla siedlisk borowych, borów mieszanych oraz częściowo lasów mieszanych. Na obszarze nieprzekraczającym 1% powierzchni występują gleby brunatne, płowe i deluwialne, odpowiadające pod względem potencjału produkcyjnego siedliskom lasowym. Gleby glejbielcowe, murszowe i murszowate zalegające często na glinach oraz gleby torfowe, torfowo-murszowe i glejowe charakterystyczne dla siedlisk wilgotnych i bagiennych zajmują około 2% powierzchni leśnej. Na niewielkich obszarowo, rozproszonych powierzchniach występują inne typy gleb, między innymi: arenosole, czarne ziemie i mady rzeczne oraz gleby kulturoziemne, industrioziemne i urbanoziemne (Operat siedliskowy na podstawach glebowych i fitosocjologicznych Nadleśnictwa Tuchola 1998).

Warunki klimatyczne

Według regionalizacji klimatycznej Polski (Woś 1999) lasy Nadleśnictwa Tuchola położone są w strefie przejściowej pomiędzy regionem IV – Dolnej Wisły, a regionem VIII – Wschodniopomorskim. Strefa ta charakteryzuje się dużą zmiennością typów pogody.

Temperaturę powietrza atmosferycznego dla terenów nadleśnictwa scharakteryzowano na podstawie danych ze stacji meteorologicznej w Chojnicach, odległej od zachodnich obszarów o 15 km i posterunku meteorologicznego w Śliwicach, usytuowanego przy wschodniej granicy Nadleśnictwa Tuchola. Z danych zawartych w tabeli 1 wynika, że najchłodniejszym miesiącem na badanym terenie jest miesiąc styczeń, z średnią dobową temperaturą wynoszącą od $-3,2^{\circ}\text{C}$ do $-3,3^{\circ}\text{C}$, a najcieplejszym miesiącem z średnią dobową temperaturą od $16,5^{\circ}\text{C}$ do $17,2^{\circ}\text{C}$ był miesiąc lipiec. Okres wegetacyjny dla wszystkich obszarów znajdujących się w zasięgu terytorialnym Nadleśnictwa Tuchola waha się w granicach 205-220 dni.

Średnie i ekstremalne wartości temperatur powietrza atmosferycznego w okresie od 1951 do 1980 roku z punktów pomiarowych w Chojnicach i Śliwicach zamieszczono w tabeli 1.

Tab. 1. Średnie i ekstremalne temperatury powietrza atmosferycznego ($^{\circ}\text{C}$) w Chojnicach i Śliwicach w latach 1951-1980

Parametr	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Chojnice													
Średnie dobowe	-3,2	-2,7	0,7	5,9	11,3	15,5	16,5	16,0	12,3	7,6	2,7	-1,0	6,8
Średnie minimalne	-5,7	-5,5	-2,6	1,7	6,2	10,1	11,7	11,5	8,3	4,6	0,6	-3,2	3,1
Średnie maksymalne	-1	0,0	4,4	10,9	16,8	21,0	21,8	21,5	17,3	11,3	4,9	1,0	10,8
Śliwice													
Średnie dobowe	-3,3	-2,8	0,6	5,9	11,5	16,1	17,2	16,4	12,3	7,5	2,9	-0,9	6,9
Średnie minimalne	-5,8	-6,2	-3,1	1,0	5,4	9,5	11,4	10,9	7,6	3,8	0,4	-3,3	2,6
Średnie maksymalne	-0,6	0,6	5,0	11,5	17,4	21,9	22,1	22,3	18,2	11,8	5,4	1,4	11,4

Źródło: Operat siedliskowy na podstawach glebowych i fitosocjologicznych Nadleśnictwa Tuchola 1998. Opracowanie własne.

Średnia suma rocznych opadów atmosferycznych Nadleśnictwa Tuchola kształtuje się w granicach 515 – 561 mm. Niekorzystną cechą opadów atmosferycznych jest duża ich zmienność w poszczególnych latach. Na szczególną uwagę zasługuje fakt występowania lat bardzo suchych, w których sumy roczne opadów nie przekraczają 200 mm. Z analizy przebiegu rocznych sum opadów wynika, że maksimum opadów przypada na miesiąc lipiec, a minimum na okres lutego-marca. Liczba dni z opadami powyżej 1 mm waha się w granicach 100–105 dni, a z opadami najobfitszymi powyżej 10 mm wynosi około 10–12 dni (Operat siedliskowy na podstawach glebowych i fitosocjologicznych Nadleśnictwa Tuchola 1998).

Warunki hydrograficzne

Najważniejsze znaczenie hydrograficzne w zasięgu terytorialnym Nadleśnictwa Tuchola posiada rzeka Brda i jej dopływy wraz z licznymi jeziorami i bagnami rozsianymi po całym terenie nadleśnictwa. Naturalne zbiorniki retencyjne tworzą także liczne, różnego typu torfowiska. Rzeka Brda stanowi oś

hydrograficzną na omawianym obszarze z dopływającymi do niej rzekami: Bielską Strugą, Kiczą, Rudą, Szumionką i Kamionką (Plan urządzenia lasu dla Nadleśnictwa Tuchola 2008).

Wody stojące reprezentowane są przez średniej wielkości jeziora (od kilkunastu do ponad stu hektarów). Ze względu na swoje pochodzenie zaliczane są one do kilku grup: rynnowych i wytopiskowych oraz wypełniających doliny i obniżenia polodowcowe przez wody roztopowe.

W sąsiedztwie jezior występują rozległe płaty różnego typu torfowisk. Torfowiska spotykane są również w obniżeniach lokalnych wysoczyzn oraz w dolinach rzecznych i postglacjalnych, gdzie tworzą naturalne zbiorniki retencyjne magazynujące wodę. Wywierają one korzystny wpływ na kształtowanie się stosunków wodnych w glebach przyległych terenów oraz zwiększają wilgotność powietrza dna lasu w najbliższym otoczeniu.

Głównymi źródłami zasilania terenów leśnych w wodę są: opady atmosferyczne, wody gruntowe związane z poziomem wód w rzekach oraz wody glebowo-gruntowe, czyli tzw. wody międzywarstwowe (Operat siedliskowy na podstawach glebowych i fitosocjologicznych Nadleśnictwa Tuchola 1998, Plan urządzenia lasu dla Nadleśnictwa Tuchola 2008).

Szata roślinna

Pojęcie szaty roślinnej obejmuje ogół gatunków roślin występujących na danym terenie (florę) i zbiorowiska roślinne powstałe w określonych warunkach siedliskowych (roślinność), które tworzą mozaikę w zależności od aktualnego stanu środowiska przyrodniczego (Szymański 2000, Matuszkiewicz 2008, Zielony, Kliczkowska 2012).

Szata roślinna Nadleśnictwa Tuchola charakteryzuje się zróżnicowaniem lokalnym związanym ze zmieniającymi się warunkami klimatycznymi – z zachodu na wschód regionu, a także z budową geologiczną i właściwościami gleb – zmieniającymi się z południa na północ.

Szata roślinna Borów Tucholskich, a tym samym Nadleśnictwa Tuchola, w obecnym kształcie formowała się w okresie wielu wieków w rezultacie zmian klimatycznych, jak również w zależności od warunków troficznych pokrywy glebowej, procesów geologicznych oraz oddziaływania czynników antropogenicznych (zwłaszcza rolnictwa). Leśna szata roślinna omawianego obszaru jest młoda, licząca 11,5-12,0 tysięcy lat. Zaczęła ona kształtować się dopiero po ustąpieniu lądolodu skandynawskiego. Flora Borów Tucholskich w porównaniu z innymi regionami kraju jest na ogół uboga pod względem gatunkowym. (Plan urządzenia lasu dla Nadleśnictwa Tuchola 2018).

Powstałą tundrę po ustąpieniu lądolodu skandynawskiego na skutek stopniowego ocieplania się klimatu zastępowała formacja stepowo-leśna. Od ponad 10 tysięcy lat dominującym gatunkiem ekosystemów leśnych Borów Tucholskich jest sosna zwyczajna – *Pinus sylvestris* L. (Kondracki 2000, Matuszkiewicz 2008).

Głównym gatunkiem lasotwórczym w drzewostanach Nadleśnictwa Tuchola jest sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.), która występuje na obszarze wynoszącym 94,95% powierzchni leśnej. Pozostałą część nadleśnictwa zajmują drzewostany dębowe (1,68%), brzoźowe (1,62%) i olchowe (1,02%). Niewielką powierzchnię (0,73%) porastają inne gatunki: buk zwyczajny, grab pospolity, jesion wyniosły, modrzew europejski, świerk pospolity, topola osika i lipa drobnolistna (Plan urządzenia lasu dla Nadleśnictwa Tuchola 2008). Dominacja monokultur sosnowych jest efektem destrukcyjnej gospodarki leśnej prowadzonej w przeszłości. Przez wieki lasy nadleśnictwa były niszczone wskutek wylesień w celu przeznaczania gleb leśnych na potrzeby rolnictwa. Do pustoszenia lasów przyczyniała się również nadmierna (rabunkowa) eksploatacja drzewostanów, wielkopowierzchniowe pożary oraz duże gradacje szkodliwych owadów (np. strzygoni choinówki). Protegowanie sosny zwyczajnej spowodowało eliminację wielu innych, cennych pod względem hodowlanym gatunków drzew i krzewów liściastych. Zubażanie siedlisk leśnych następowało także na skutek odwadniania jezior, regulacji rzek, osuszania bagien, pozyskiwania ściółki leśnej i mchu. W rezultacie tych wszystkich czynników na terenie administrowanym przez Nadleśnictwo Tuchola powstały monokultury sosnowe o niskiej odporności biologicznej. Monotonie drzewostanów sosnowych w zasięgu terytorialnym nadleśnictwa urozmaicają jednak lasy zbliżone do zbiorowisk naturalnych, które występują w dolinach rzecznych, na wysoczyznach morenowych oraz torfowiskach (grądy, łęgi, olsy i bory bagienne).

Typy siedliskowe lasu

W Nadleśnictwie Tuchola pod względem troficznym dominującymi typami siedliskowymi lasu są siedliska borowe, które występują na powierzchni 12455,84 ha lasów, co stanowi 89,1% stanu posiadania całego nadleśnictwa. Siedliska lasowe zajmują powierzchnię 1515,70 ha, co odpowiada 10,9% całkowitej powierzchni ekosystemów leśnych. Z uwagi na stan uwilgotnienia przeważają siedliska świeże występujące na powierzchni 13692,35 ha (98,0%), siedliska wilgotne zajmują powierzchnię 122,91 ha (0,9%), natomiast siedliska bagienne reprezentowane są przez 156,28 ha gleb leśnych (1,1%). Na powierzchni 2107,79 ha nadleśnictwa (15,1%) występują siedliska związane z glebami porolnymi (Operat siedliskowy na podstawach glebowych i fitosocjologicznych Nadleśnictwa Tuchola 1998, Plan urządzenia lasu dla Nadleśnictwa Tuchola 2008).

Ukształtowane w przeszłości gleby na terenie Nadleśnictwa Tuchola oraz warunki hydrograficzne i klimatyczne mają swoje odzwierciedlenie w strukturze siedlisk. Najczęściej wyróżnianymi typami siedliskowymi lasu są: bór świeży (Bśw) i bór mieszany świeży (BMśw) powiązane z glebami rdzawymi właściwymi oraz rdzawymi bielcowymi, a także z glebami bielcowymi właściwymi występującymi głównie w warunkach boru świeżego (Bśw).

Aktualny stan fitocenoz leśnych ukształtowany został w rezultacie oddziaływania czynników zewnętrznych (głównie antropogenicznych), które spowodowały obniżenie jakości troficznej siedlisk leśnych oraz ich dekompozycję. Żywność siedlisk została obniżona na skutek wielu czynników sprawczych. Spośród tych czynników należy wymienić w pierwszej kolejności następujące: czasowe wylesianie gleb leśnych z przeznaczeniem na cele rolnicze, użytkowanie lasów zrębami zupełnymi o dużych powierzchniach, wprowadzanie monokultur sosnowych, pozyskiwanie ektopróchnicy leśnej (wygrabianie ściółki leśnej), odwadnianie siedlisk z wysokim poziomem wód gruntowych oraz bagien i torfowisk, emisje zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego do pokrywy glebowej (Operat siedliskowy na podstawach glebowych i fitosocjologicznych Nadleśnictwa Tuchola 1998, Plan urządzenia lasu dla Nadleśnictwa Tuchola 2008).

PRZEBUDOWA DRZEWOSTANÓW W TRWALE ZRÓWNOWAŻONYM GOSPODARSTWIE LEŚNYM

Trwałość i stabilność ekosystemów leśnych

Różnorodność biologiczna ekosystemów leśnych jest traktowana jako cecha warunkująca ich trwałość i stabilność. Bioróżnorodność jest równocześnie istotnym kryterium zarządzania, hodowli i ochrony lasu w celu osiągnięcia trwałego i zrównoważonego gospodarowania (Rozwałka 2005, Fonder 2007).

Obecny stan wiedzy przyrodniczej pozwala na stwierdzenie, że lasy są najbardziej naturalnym, długowiecznym i wieloprzestrzennym zespołem przyrodniczym wywierającym ogromny wpływ na zachowanie stabilnej równowagi w przyrodzie. Stan równowagi zależy od stopnia naturalności lasu i potencjału przyrodniczego, a walory te decydują o możliwościach adaptacyjnych ekosystemów leśnych do zmieniających się warunków środowiskowych (Kowalkowski 1983, Szymański 2000, Rozwałka 2001, Rutkowski, Maciejewska-Rutkowska 2004, Puchniarski 2014).

Koncepcja leśnictwa wielofunkcyjnego uwzględniająca prowadzenie trwale zrównoważonej gospodarki leśnej została sformułowana w rezolucjach Ministerialnej Konferencji Ochrony Lasów w Europie (Ministerial Conference on the Protection of Forest in Europe) w 1993 w Helsinkach. Rezolucja definiuje trwale zrównoważoną gospodarkę leśną jako: „Zarządzanie i użytkowanie lasów i obszarów leśnych w taki sposób i w takim tempie, które pozwolą zachować je jako odnawialne zasoby naturalne i nie uszczuplać ich w długim czasie, zachować ich różnorodność biologiczną, produktywność, zdolność do odnawiania się, żywotność oraz zdolność do spełniania teraz i w przyszłości odpowiednich ekologicznych, ekonomicznych i społecznych funkcji na lokalnym, krajowym i globalnym poziomie, nie powodując przy tym szkód w innych ekosystemach”.

W postanowieniach Polityki Leśnej Państwa wiele miejsca poświęca się problemowi stabilności i przebudowy drzewostanów, gdzie stwierdzono między

innymi, że: „Szczególnie istotne znaczenie dla stanu lasu ma zbyt duży udział jednogatunkowych drzewostanów, które nie wykorzystują możliwości produkcyjnych bogatszych siedlisk leśnych, odpowiednich dla lasów wielogatunkowych, ... zwiększanie zasobów leśnych będzie następować przez restytucję i rehabilitację ekosystemów leśnych, głównie przez przebudowę na odpowiednich siedliskach, drzewostanów jednogatunkowych na mieszane oraz na drodze zabiegów biomelioracyjnych”. Efektem zaproponowanych działań w Polityce Leśnej Państwa powinno być zwiększenie bioróżnorodności lasów, w tym wzrost udziału gatunków liściastych do 2050 roku z 22 do 33%, zwiększenie udziału drzewostanów wielogatunkowych do 48%, wprowadzenie drugiego piętra, podszytów lub podsadzeń produkcyjnych do drzewostanów sosnowych na siedliskach boru świeżego oraz boru mieszanego świeżego na obszarze 1000000 ha.

Cele i sposoby przebudowy drzewostanów

Przebudowa drzewostanów jest długotrwałym i skomplikowanym procesem przywracania naturalnej równowagi dynamicznej w układzie biocenoza-ekotop, a także kształtowania wzajemnie korzystnych powiązań pomiędzy ekosystemami leśnymi oraz ich społeczno-gospodarczym otoczeniem.

Głównymi celami przebudowy drzewostanów w naszym kraju są:

- zwiększenie stopnia zgodności biocenozy z ekotopem;
- kształtowanie korzystnych powiązań pomiędzy lasem i jego społeczno-gospodarczym otoczeniem;
- zwiększenie stopnia wypełnienia przestrzeni produkcyjnej w lesie materia organiczną (żywą i martwą);
- intensyfikacja aktywności biologicznej zarówno w lesie, jak i w środowisku glebowym;
- zrównoważenie zarówno procesów dopływu, jak i rozkładu martwej materii organicznej, a także jej humifikacji i mineralizacji;
- wzrost stopnia wykorzystania minerałów glebowych (produktów ich wietrzenia) oraz wody;
- przyspieszenie obiegu materii i przepływu energii w ekosystemach leśnych.

Ocena indywidualna każdego drzewostanu pod kątem celowości przebudowy gatunkowej w nadleśnictwie jest dokonywana na etapie prac urzędniowych. W trakcie prac urzędniowych typuje się drzewostany, które wymagają całkowitej zmiany składu gatunkowego oraz ich struktury, a także drzewostany wymagające tylko częściowej regulacji składu gatunkowego w ramach dolesień i zabiegów pielęgnacyjnych. Przebudowa całkowita polega na zastąpieniu obecnego drzewostanu nowym pokoleniem drzew z jednoczesnym dostosowaniem składu gatunkowego do poziomu troficznego siedliska. W przebudowie częściowej następuje zmiana struktury przestrzennej lub składu gatunkowego tylko we fragmentach istniejącego drzewostanu w wyniku stosowania następujących zabiegów hodowlanych: wykonywanie poprawek i uzupełnień, dolesienia luk i przerzedzeń oraz wprowadzanie drugiego piętra produkcyjnego i podszytów.

Do przebudowy częściowej kwalifikuje się drzewostany młodsze, zdolne do przetrwania, a przynajmniej w ich części do wieku rębności, stosując cięcia pielęgnacyjne o charakterze przekształceniowym (Szymański 2000, Rozwałka 2001, Fonder 2007, Puchniarski 2014).

Przebudowa struktury wiekowej, przestrzennej i warstwowej drzewostanów młodszych klas wieku w Nadleśnictwie Tuchola

Tab. 2. Zestawienie powierzchni upraw i młodników w stopniach zgodności składu gatunkowego z aktualnym typem siedliska leśnego

Stopień zgodności składu gatunkowego upraw i młodników z aktualnym typem siedliska leśnego	Obręb				Nadleśnictwo	
	Świt		Zalesie		ha	%
	ha	%	ha	%		
Zgodny	150,26	94,1	225,01	99,0	375,27	97,0
Częściowo zgodny	9,34	5,9	2,33	1,0	11,67	3,0
Niezgodny	–	–	–	–	–	–
Razem (pow. leśna zalesiona)	159,60	100,0	227,34	100,0	386,94	100,0

Źródło: Plan urządzenia lasu dla Nadleśnictwa Tuchola 2008. Opracowanie własne.

Tab. 3. Zestawienie powierzchni drzewostanów w stopniach zgodności składu gatunkowego z aktualnym typem siedliska leśnego

Stopień zgodności składu gatunkowego drzewostanów z aktualnym typem siedliska leśnego	Obręb				Nadleśnictwo	
	Świt		Zalesie		ha	%
	ha	%	ha	%		
Zgodny	4070,93	74,9	7718,18	91,4	11789,11	84,9
Częściowo zgodny	1195,08	22,0	562,88	6,7	1757,96	12,7
Niezgodny	171,55	3,1	158,88	1,9	330,43	2,4
Razem (pow. leśna zalesiona)	5437,56	100,0	8439,94	100,0	13877,50	100,0

Źródło: Plan urządzenia lasu dla Nadleśnictwa Tuchola 2008. Opracowanie własne.

W Nadleśnictwie Tuchola zdecydowanie dominują uprawy o składzie zgodnym z pożądanym. Wynika to zarówno z dbałości nadleśnictwa o stosowanie odpowiednich składów gatunkowych na etapie odnowień, jak i naturalnych warunków siedliskowych preferujących sosnę zwyczajną. Uprawami częściowo zgodnymi są z reguły drzewostany brzożowe na siedliskach borowych (nie porolnych) oraz olchowe na siedliskach lasowych lub olsu jesionowego. Upraw i młodników (Ia klasy wieku) o składzie niezgodnym z pożądanym jest brak w Nadleśnictwie Tuchola (Tab. 2).

Głównym składnikiem szaty roślinnej lasów Nadleśnictwa Tuchola jest sosna zwyczajna, która występuje na obszarze 13266,60 ha, co stanowi 94,95% ogólnej powierzchni. Szata roślinna ukształtowana została wskutek prowadzonej w przeszłości gospodarki leśnej. Po II wojnie światowej w Nadleśnictwie Tuchola zalesiano gleby porolne i nieużytki gatunkami nie zawsze odpowiadającymi zdolnościom produkcyjnym siedliska, ponieważ nie były one dobrze rozpoznane (Tab. 3). Na żyznych glebach wprowadzano najczęściej sosnę zwyczajną z domieszką brzozy brodawkowatej jako gatunku pionierskiego. Aktualnie w nadleśnictwie na powierzchni 2107,97 ha występują drzewostany na glebach porolnych, co stanowi 15,1% ogólnej powierzchni leśnej. Dominującym gatunkiem w tych drzewostanach jest sosna zwyczajna, niekiedy zajmująca do 90% składu gatunkowego, głównie na siedliskach boru mieszanego świeżego.

Dużym problemem w drzewostanach powstałych w wyniku zalesień gleb porolnych było ich zamieranie w młodym wieku. Wzmoczone zamieranie sosny zwyczajnej powodowane było występowaniem choroby wywoływanej przez korzeniowca sosnowego – *Heterobasidio anannosum* (Fr.) Bre. Czynnikiem szczególnie sprzyjającym rozwojowi tej choroby jest gleba dotychczas uprawiana rolniczo.

W Nadleśnictwie Tuchola podjęto działania mające na celu spowolnienie procesu zamierania drzewostanów na glebach porolnych, dokonując wprowadzania do tych biocenoz gatunków liściastych. Proces przebudowy składu gatunkowego w takich ekosystemach rozpoczyna się zwykle na początku drugiej klasy wieku poprzez wykonanie pierwszej trzebieży selekcyjnej. Po osiągnięciu przez drzewostany wieku około 30–35 lat wprowadza się gatunki drzew liściastych w ramach podsadzeń produkcyjnych (II piętro). Głównym gatunkiem stosowanym w ramach podsadzeń produkcyjnych jest buk zwyczajny. Decydującą rolę w tym zakresie odgrywają wymagania ekologiczne tego gatunku. Buk zwyczajny nie jest jedynym taksonem wprowadzanym na tym etapie przebudowy składu gatunkowego. Wykorzystując fragmenty drzewostanów, z odpowiednim dostępem światła do dna lasu, wprowadza się w takich drzewostanach dąb bezszypułkowy oraz lipę drobnolistną, niejednokrotnie grab pospolity. Po wykonaniu trzebieży stosuje się podsadzenia bukiem zwyczajnym, najczęściej w więźbie 1,4 x 1,5 metra. W ramach podsadzeń produkcyjnych wprowadza się wówczas około pięciu tysięcy sadzonek na jeden hektar powierzchni.

W Nadleśnictwie Tuchola – w Planie urzędzenia lasu dla Nadleśnictwa Tuchola z 2008 roku – przyjęto ograniczoną ilość buka zwyczajnego w składzie biocenoz leśnych. W rezultacie do litych drzewostanów sosnowych na siedliskach boru mieszanego świeżego zalecało się wprowadzanie buka zwyczajnego do 20% w formie dużych kęp na powierzchni poszczególnych wydziałów.

CHARAKTERYSTYKA WYDZIELEŃ DRZEWOSTANOWYCH NA POWIERZCHNIACH BADAWCZYCH

Charakterystyka drzewostanów

Tab. 4. Ogólna charakterystyka drzewostanów na powierzchniach badawczych w Leśnictwie Żółwiniec-Szkółka na terenie Nadleśnictwa Tuchola

Opis powierzchni badawczych	Powierzchnia badawcza I – oddział 42A b	Powierzchnia badawcza II – oddział 42 f	Powierzchnia badawcza III – oddział 24 g
Adres leśny	12-19-1-07-42A-b-	12-19-1-07-42-f-00	12-19-1-07-24-g-
Pow. w ha	3,74	7,53	6,47
Typ lasu	Db-So	Db-So	Db-So
Skład gatunkowy	10So	10So	10So
Wiek drzewostanu	56 lat	55 lat	56 lat
Przeciętna pierśnica	23 cm	23 cm	22 cm
Przeciętna wysokość	21 m	22 m	20 m
Zadrzewienie	0,8	1,0	0,9
Zwarcie	um.	um.	um.
Uszkodzenia	20%-grzyby	10%-grzyby	10%-grzyby
Jakość drzewostanu	22	32	12
Zapasy grubizny na 1 ha	280 m ³	340 m ³	300 m ³
Zgodność składu gatunkowego	częściowo zgodny	częściowo zgodny	zgodny
Gatunki domieszkowe	Brz,Ol,Św	Brz	Brz, Db
Podszyt	czm, św, db	czm, bk, brz, db, kru, lp	czm, brz, db
Runo	trawiasto-zielne	trawiasto-zielne	trawiasto-zielne
Pokrywa	zadarniona	zadarniona	zadarniona
Cecha gleby	porolna	porolna	porolna
Bonitacja	I	IA	I
Typ siedliskowy lasu	BMśw(ś)z1	BMśw(ś)z1	BMśw(ś)z1
Typ gleby	RDw	RDw	RDw
Gatunek gleby	ps/pl	ps/pl	ps/pl
Podsadzenia	Bk	Bk	Bk
Ilość sadzonek na 1 ha	5000	5000	5000
Wiek podsadzeń	18 lat	18 lat	18 lat
Jakość podsadzeń	12	11	11

Źródło: Plan urządzenia lasu dla Nadleśnictwa Tuchola 2018. Opracowanie własne.

Charakterystyka wybranych właściwości gleb boru mieszanego świeżego.

Tab. 5. Wybrane właściwości fizykochemiczne i chemiczne gleb boru mieszanego świeżego

Właściwości gleb	Poziomy genetyczne gleb			
	O	A/Ap oraz AEes	ABvBbr oraz Bhfe	C
pH w 1M KCl	2,6-3,0	2,8-3,6	3,6-4,3	3,8-7,7
Kwasowość hydrolityczna (Hh) w me/100g gleby	93,06 (70,85-172,86)	8,12 (5,94-11,35)	3,45 (1,58-6,57)	1,17 (0,39-2,75)
Suma metalicznych kationów wymiennych (Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ , K ⁺ , Na ⁺) w me/100g gleby	7,55 (5,14-9,67)	0,43 (0,26-0,68)	0,31 (0,14-0,50)	0,42 (0,31-0,51)
Pojemność sorpcyjna (T) w me/100g gleby	100,61 (75,99-182,37)	8,55 (6,16-11,78)	3,76 (1,74-6,76)	1,59 (0,69-7,86)
Stopień wysycenia glebowego kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi (Vs) w %	7,50 (5,26-11,05)	5,03 (3,52-8,35)	8,24 (3,08-13,82)	26,41 (16,35-65,60)
Zawartość węgla organicznego (C _{org.}) w %	31,77 (25,12-36,65)	3,23 (2,43-5,23)	n. o	n. o
Zawartość azotu ogółem (N _{ogół.}) w %	1,31 (1,12-1,52)	0,14 (0,09-0,25)	n. o	n. o
Stosunek węgla organicznego do azotu ogółem (C:N)	24,25 (21,50-26,74)	23,07 (19,10-27,05)	n. o	n. o

Objaśnienie: n. o – nie oznaczano

Źródło: *Operat siedliskowy na podstawach glebowych i fitosocjologicznych Nadleśnictwa Tuchola 1998. Opracowanie własne*

Ważniejsze zabiegi hodowlane

Ważniejsze zabiegi hodowlane wykonane na powierzchniach badawczych w latach 2001–2017 wyszczególniono w tabelach 6, 7 i 8.

Tab. 6. Zabiegi hodowlane wykonane w oddziale 42Ab na powierzchniach badawczych: Nr 1 oraz 1A, w latach 2001-2017

Rok	Zabiegi hodowlane	Pow. w ha	So	Brz	Razem	Grubizna na 1 ha	Inne zabiegi hodowlane		
			w m ³				Rodzaje zabiegów	Ilość	Jednostka
2001	PTW	3,26	19,01	–	19,01	5,83	–	–	–
2002	TWP	3,26	81,14	–	81,14	24,89	–	–	–
2003	PTW	3,26	6,93	–	6,93	2,16	AKT-WYPRG.	1,50	ha
2004	PTW	3,26	28,82	–	28,82	8,84	AKT-WYPRG.	7,50	tys.
2004	–	–	–	–	–	–	GRODZN.	8,20	hm
2005	PTW	3,26	9,19	0,39	9,58	2,94	PIEL.	1,50	ha
2006	PTW	3,26	16,26	0,65	16,91	5,19	PIEL.	1,50	ha
2007	–	–	–	–	–	–	PIEL.	1,50	ha
2008	PTP	3,74	2,11	–	2,11	0,56	–	–	–
2009	–	–	–	–	–	–	CW	1,50	ha
2010	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2011	PTP	3,74	11,00	–	11,0	2,94	ROZ-GRODZ.	8,20	hm
2012	PTP	3,74	1,97	–	1,97	0,53	–	–	–
2013	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2014	TPP	3,74	97,81	9,56	107,37	28,71	–	–	–
2015	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2016	PTP	3,74	0,58	–	0,58	0,15	–	–	–
2017	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Źródło: Karta ewidencyjna drzewostanów Nadleśnictwa Tuchola. Opracowanie własne.

Tab. 7. Zabiegi hodowlane wykonane w oddziale 24g na powierzchniach badawczych: Nr 2 oraz 2A, w latach 2001-2017

Rok	Zabiegi hodowlane	Pow. w ha	So	Brz	Razem	Grubizna na 1 ha	Inne zabiegi hodowlane		
			w m ³				Rodzaje zabiegów	Ilość	Jednostka
2001	PTW	3,53	7,30	–	7,30	2,07	AKT-SADZ.	5,00	tys.
2002	PTW	3,53	7,59	3,87	11,46	3,25	PIEL.	1,00	ha
2003	PTW	3,53	10,27	–	10,27	2,91	–	–	–
2004	PTW	3,53	9,99	–	9,99	2,83	PIEL.	1,00	ha
2005	PTW	3,53	10,17	–	10,17	2,88	PIEL.	1,00	ha
2006	PTW	3,53	28,46	–	28,46	8,06	PIEL.	1,00	ha

2007	PTW	3,53	5,44	–	5,44	1,54	CW	1,00	ha
2008	PTP	6,47	17,84	–	17,84	2,76	–	–	–
2009	PTP	6,47	15,14	–	15,14	2,34	–	–	–
2010	PTP	6,47	25,52	0,56	26,08	4,03	–	–	–
2011	PTP	6,47	2,26	–	2,26	0,35	–	–	–
2012	PTP	6,47	21,45	–	21,45	3,32	–	–	–
2013	PTP	6,47	3,41	–	3,41	0,53	CP	1,00	ha
2014	TPP	6,47	250,09	20,59	270,68	41,84	–	–	–
2015	PTP	6,47	17,93	3,34	21,27	3,29	–	–	–
2016	PTP	6,47	3,72	2,61	6,33	0,98	–	–	–
2017	PTP	6,47	–	0,98	0,98	0,15	–	–	–

Źródło: Karta ewidencyjna drzewostanów Nadleśnictwa Tuchola. Opracowanie własne.

Tab. 8. Zabiegi hodowlane wykonane w oddziale 42f na powierzchniach badawczych: Nr 3 oraz 3A, w latach 2001-2017

Rok	Zabiegi hodowlane	Pow. w ha	So	Brz	Razem	Grubizna na 1 ha	Inne zabiegi hodowlane		
			w m ³				Rodzaje zabiegów	Ilość	Jednostka
2001	TWP	7,44	124,56	0,19	124,75	16,77	AKT-WYPRG.	2,00	ha
2002	PTW	7,44	23,44	–	23,44	3,15	AKT-SADZ.	10,0	tys.
2002	–	–	–	–	–	–	GRODZN.	6,20	hm
2002	–	–	–	–	–	–	PIEL.	2,00	ha
2003	PTW	7,44	22,44	2,51	24,95	3,53	–	–	–
2004	PTW	7,44	39,39	–	39,39	5,29	PIEL.	2,00	ha
2005	PTW	7,44	12,73	–	12,73	1,71	PIEL.	2,00	ha
2006	PTW	7,44	21,29	–	21,29	2,86	PIEL.	2,00	ha
2007	PTW	7,44	20,58	0,63	21,21	2,85	CW	2,00	ha
2008	PTP	7,53	10,01	–	10,01	1,33	ROZ-GRODZ.	6,20	hm
2009	PTP	7,53	2,42	–	2,42	0,32	–	–	–
2010	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2011	PTP	7,53	5,68	–	5,68	0,75	–	–	–
2012	PTP	7,53	6,66	2,73	9,39	1,25	–	–	–
2013	TPP	7,53	241,81	2,39	244,20	32,43	–	–	–
2014	PTP	7,53	0,78	–	0,78	0,10	CP	2,00	ha
2015	PTP	7,53	3,10	–	3,10	0,41	–	–	–
2016	PTP	7,53	8,72	2,81	11,53	1,53	–	–	–
2017	PTP	7,53	6,22	–	6,22	0,83	–	–	–

Źródło: Karta ewidencyjna drzewostanów Nadleśnictwa Tuchola. Opracowanie własne.

Objaśnienia do tabel 6, 7 i 8: TWP – zabieg trzebieży wczesnej pozytywnej w drzewostanach do 40 lat; PTW – pozyskanie drewna przygodnego w drzewostanach do 40 lat; TPP – zabieg trzebieży późnej w drzewostanach powyżej 40 lat; PTP – pozyskanie drewna przygodnego w drzewostanach powyżej 40 lat; AKT-WYPRG. – ręczne wyprzedzające przygotowanie gleby; AKT-SADZ. – ręczne sadzenie; GRODZN. – grodzenie upraw; PIEL. – pielęgnowanie upraw leśnych; CW – czyszczenia wczesne; CP – czyszczenia późne; ROZ-GRODZ. – rozgradzanie upraw leśnych.

Z analizy hodowlanych zabiegów gospodarczych na powierzchniach badawczych wynika, że przed wprowadzeniem produkcyjnych podsadzeń bukowych wykonano trzebież wczesną (TWP) o intensywności od 16,70 m³ z jednego hektara w oddziale 42f do 24,89 m³ w oddziale 42Af. Dla oddziału 24g brak danych o zakresie trzebieży wczesnej (TWP). We wszystkich trzech przypadkach przed wprowadzeniem buka zwyczajnego zastosowano wyprzedzające ręczne przygotowanie gleby, które polegało na zdarcie pokrywy dna lasu i wykonaniu talerzy o wymiarach 40 x 40 cm oraz przekopaniu gleby w miejscach sadzenia na głębokość do 20 cm. Po wprowadzeniu bukowych podsadzeń produkcyjnych zabezpieczono każdą powierzchnię przed zniszczeniem przez zwierzynę, wykonując grodzenia. W pierwszych latach pielęgnacji podsadzeń wykaszano chwasty i naloty. Po upływie pięciu lat wykonano zabieg czyszczenia wczesnego (CW). W roku 2013 przeprowadzono trzebież późną (TPP) w oddziale 24g o intensywności 41,84 m³/ha, natomiast w oddziale 42f – o intensywności 32,43 m³/ha. W 2014 roku podobny zabieg wykonano w oddziale 42Ab o intensywności 28,71 m³/ha. W drzewostanach z bukowymi podsadzeniami produkcyjnymi w oddziale 24g w 2013 roku przeprowadzono zabieg czyszczenia późnego, a w 2014 roku taki sam zabieg wykonano w oddziale 42f.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Na podstawie przeprowadzonej analizy uzyskanych wyników badań, dotyczących oddziaływania produkcyjnych podsadzeń bukowych na właściwości gleb i cechy taksacyjne drzewostanów, nie można jednoznacznie stwierdzić, że większa różnorodność biologiczna ma bezpośredni wpływ na stabilność ekosystemów leśnych. Dotychczasowy stan wiedzy pozwala stwierdzić, że proste układy przyrodnicze, takie jak np. monokultury iglaste, są bardziej podatne na destabilizację w porównaniu z ekosystemami o bogatszym składzie gatunkowym (Tarasiuk 1999, Szymański 2000, Rutkowski, Maciejewska-Rutkowska 2004).

Wielofunkcyjna rola lasów wymaga utrzymania potencjału biologicznego i produktywności siedlisk na możliwie najwyższym poziomie. Potencjał biologiczny ekosystemów leśnych zależy między innymi od charakteru różnorodnych procesów przebiegających w środowisku glebowym. Istotnym czynnikiem wpływającym na stabilność ekosystemów leśnych jest intensywność

rozkładu opadu organicznego, jego humifikacja i mineralizacja, a także stopień wykorzystania mineralnych składników pokarmowych roślin i wody przez drzewostan oraz sprawność obiegu materii organicznej i przepływu energii w środowisku leśnym (Kowalkowski 1983, Olszewska 2018).

Wybrane właściwości gleb

W celu określenia wpływu produkcyjnych podsadzeń bukowych na siedliskach boru mieszanego świeżego w drzewostanach sosnowych na glebach porolnych scharakteryzowano budowę morfologiczną oraz określono jednostki taksonomiczne gleb (w tym również ektopróchnicy leśnej), a także pobrano średnie (zbiorcze) próbki glebowe do analiz laboratoryjnych z powierzchniowych poziomów genetycznych badanych gleb (Ap, AEes, ABv, ABvBbr, Bhfe). W pobranym materiale glebowym wykonano, zgodnie z ustalonym zakresem badań, niezbędne analizy fizyczne, fizykochemiczne oraz chemiczne gleb, na podstawie aktualnie obowiązujących metod stosowanych w doświadczałnictwie leśnym (Bednarek, Dziadowiec, Pokojska, Prusinkiewicz 2004).

Integralną częścią składową wszystkich gleb leśnych, niezależnie od sposobu ich użytkowania, jest zawsze materia organiczna. Skład glebowej materii organicznej może być bardzo zróżnicowany, ponieważ zależy od rodzaju materiału wyjściowego oraz od stopnia i charakteru przetworzenia mikrobiologicznego w ściśle określonych warunkach siedliskowych. Przed przystąpieniem do wykonania analiz laboratoryjnych, w celu wyeliminowania wpływu słabo rozłożonej materii organicznej oraz szkieletowych frakcji glebowych (>2,0 mm) – próbki glebowe pobrane w trakcie prac terenowych przesiano na sitach o średnicy oczek wynoszących 2,0 mm. Przygotowany w ten sposób materiał glebowy poddano analizom laboratoryjnym. Uziarnienie (skład granulometryczny) gleb określono metodą areometryczną Bouyoucosa-Casagrande'a w modyfikacji M. Prószyńskiego. Wyniki wykonanych analiz zostały zamieszczone w tabelach 9 i 10. Wyróżnienia poszczególnych frakcji i podfrakcji granulometrycznych przeprowadzono według Klasyfikacji uziarnienia gleb i utworów mineralnych Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego z 2008 roku (2009). Zawartość węgla organicznego oznaczono metodą I. W. Tiurina, natomiast azotu ogółem metodą J. Kjeldhala. Przed przystąpieniem do wykonania wyżej wymienionych analiz – węgla organicznego i azotu ogółem – każdą próbkę gleby roztarto oraz sproszkowano w młynku automatycznym. Odczyn gleb określono metodą potencjometryczną w zawiesinie glebowej, w przygotowanym roztworze wodnym (pH w H₂O) i 1M KCl. Skład wymiennych kationów alkalicznych (Ca⁺², Mg⁺², K⁺, Na⁺) w badanych glebach oznaczono na aparacie ICP w pięciogramowych próbkach glebowych sporządzonych z roztworem 1M CH₃COONH₄ (1M octanu amonu) o pH = 7,0. Wszystkie analizy laboratoryjne obejmujące omawiane gleby wykonano w Laboratorium Analiz Glebowych (posiadającym certyfikat ISO 9001:2015, Nr rejestracyjny 0198 100 00143) Biura Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej, Oddział w Poznaniu. Uzyskane wyniki (w trzech powtórzeniach)

uśredniono i przedstawiono w formie tabelarycznej (Tab. 11, 12, 13 i 14). Akumulacja i rozkład szczątków obumarłych roślin oraz zwierząt, a także procesy przemiany i syntezy nowych jakościowo związków organicznych w glebach kształtują się również od charakteru zabiegów hodowlanych (czyszczeń i trzebieży), wykonywanych w poszczególnych fazach wzrostu i rozwoju drzewostanów.

Przedstawione w tej części pracy wyniki wykazały, że w glebach z produkcyjnymi podsadzeniami bukiem zwyczajnym zaistniały bardziej sprzyjające warunki dla wzrostu i rozwoju sosny zwyczajnej, zwłaszcza w porównaniu z glebami bez podsadzeń bukowych, ze względu na zawartość węgla organicznego i azotu ogółem oraz skład wymiennych kationów zasadowych w powierzchniowych poziomach próchniczno-mineralnych. Należy równocześnie zwrócić uwagę na potencjalnie korzystny wpływ rozdrobnienia gleby, które przypuszczalnie oddziałuje na ich pojemność sorpcyjną. Odnosząc się do możliwości rozwoju korzeni drzew leśnych, najbardziej sprzyjającymi frakcjami glebowymi są różnoziarniste piaski (Puchalski, Prusinkiewicz 1990).

Kolejnymi cechami gleb, które zostały wykorzystane w celu weryfikacji postawionych w prezentowanej pracy hipotez były wyniki analiz zawartości węgla organicznego i azotu ogółem oraz stosunek C:N w glebach, a także ich odczyn (Tab. 11 i 12) w poziomach próchnicznych mineralnych leśnych gleb porolnych ze wszystkich badanych powierzchni. Wyniki wykonanych analiz laboratoryjnych w pobranym materiale glebowym wykazały istotnie wyższą zawartość węgla organicznego ($t=-4,197$; $p<0,001$; test t Studenta; Ryc. 2) i azotu ogółem ($t=-3,833$; $p=0,001$; test t Studenta; Ryc. 2) w glebach na powierzchniach z produkcyjnymi podsadzeniami bukowymi ($M=1,948$; $SD=0,234$ i $M=0,121$; $SD=0,0191$; odpowiednio) w porównaniu do gleb na powierzchniach badawczych bez produkcyjnych podsadzeń bukowych ($M=1,493$; $SD=0,225$ i $M=0,0883$; $SD=0,0173$; odpowiednio). Zasoby węgla organicznego, występującego w powierzchniowych poziomach próchniczno-mineralnych badanych gleb wahają się w szerokich granicach. Podobnie kształtuje się zawartość azotu ogółem. Stosunek C:N w rozkładającej się materii organicznej w poziomach próchnicznych mineralnych omawianych gleb na powierzchniach badawczych bez produkcyjnych podsadzeń bukowych wynosił średnio 16,97 (Tab. 11). Natomiast na powierzchniach z produkcyjnymi podsadzeniami bukowymi stosunek ten był zbliżony do poziomu liczbowego wynoszącego 16,10 (Tab. 12).

W glebach leśnych stosunek C:N jest różny w zależności od gatunku gleby oraz sposobu jej użytkowania. Dla większości gleb stosunek C:N w poziomie próchnicznym mineralnym waha najczęściej od 8 do 15. Gdy stosunek ten jest zbyt szeroki (powyżej 25-30), wówczas następuje spowolnienie mineralizacji materii organicznej oraz ograniczenie pobierania azotu przyswajalnego dla roślin przez drobnoustroje glebowe, jak również czasowe unieruchomienie związków azotu w ich organizmach (Puchalski, Prusinkiewicz 1990, Bednarek, Dziadowiec, Pokojska, Prusinkiewicz 2004).

Tab. 9. Uziarnienie (skład granulometryczny) w poziomach próchnicznych mineralnych (Ap) leśnych gleb porolnych na powierzchniach badawczych, bez produkcyjnych podsadzeń bukowych, w średniowiekowych drzewostanach sosnowych (10.09.2017r.)

Lokalizacja powierzchni badawczych	Podstawowe obliczenia statystyczne	Procentowa zawartość poszczególnych frakcji granulometrycznych (mm)							
		> 2,0	2,0 - 1,0	1,0 - 0,5	0,5 - 0,25	0,25 - 0,1	0,1 - 0,05	0,05 - 0,002	< 0,002
Powierzchnia badawcza Nr 1, oddział 42Ab	od - do	1,95 - 2,75	2,0 - 3,0	6,0 - 8,0	22,0 - 24,0	47,0 - 52,0	8,0 - 9,0	6,0 - 9,0	2,0 - 3,0
	\bar{x}	2,38	2,7	7,0	23,0	49,0	8,3	7,3	2,7
	Δ	0,33	0,5	0,8	0,8	2,2	0,5	1,2	0,5
	V (%)	13,86	18,52	11,43	3,48	4,49	6,02	16,44	18,52
Powierzchnia badawcza Nr 2, oddział 24g	od - do	1,55 - 2,25	1,0 - 3,0	5,0 - 6,0	25,0 - 29,0	45,0 - 48,0	7,0 - 9,0	8,0 - 9,0	2,0 - 3,0
	\bar{x}	1,98	2,0	5,3	27,3	46,7	7,7	8,3	2,7
	Δ	0,31	0,8	0,5	1,7	1,2	0,9	0,5	0,5
	V (%)	15,66	40,00	9,43	6,23	2,57	11,69	6,02	18,52
Powierzchnia badawcza Nr 3, oddział 42f	od - do	2,65 - 3,25	2,0 - 4,0	9,0 - 11,0	26,0 - 28,0	38,0 - 40,0	9,0 - 11,0	7,0 - 9,0	2,0 - 3,0
	\bar{x}	2,92	3,0	10,3	27,0	39,0	10,0	8,0	2,7
	Δ	0,25	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,5
	V (%)	8,56	26,67	8,74	2,96	2,05	8,00	10,00	18,52

Źródło: Wyniki badań laboratoryjnych gleb. Opracowanie własne.

Tab. 10. Uziarnienie (skład granulometryczny) w poziomach próchnicznych mineralnych (Ap) leśnych gleb porolnych na powierzchniach badawczych, z produkcyjnymi podsadzeniami bukowymi, w średniowiekowych drzewostanach sosnowych (10.09.2017 r.)

Lokalizacja powierzchni badawczych	Podstawowe obliczenia statystyczne	Procentowa zawartość poszczególnych frakcji granulometrycznych (mm)									
		> 2,0	2,0 – 1,0	1,0 – 0,5	0,5 – 0,25	0,25 – 0,1	0,1 – 0,05	0,05 – 0,002	< 0,002		
Powierzchnia badawcza Nr 1A, oddział 42Ab	od - do	2,05 - 3,15	2,0 - 4,0	6,0 - 8,0	21,0 - 23,0	45,0 - 50,0	9,0 - 11,0	7,0 - 9,0	3,0 - 4,0		
	\bar{x}	2,52	3,0	7,0	22,0	47,3	9,7	7,7	3,3		
	Δ	0,46	0,8	0,8	0,8	2,1	0,9	0,9	0,5		
	V (%)	18,25	26,67	11,43	3,64	4,44	9,28	11,69	15,15		
Powierzchnia badawcza Nr 2A, oddział 24g	od - do	1,85 - 3,65	2,0 - 3,0	4,0 - 7,0	19,0 - 22,0	46,0 - 51,0	9,0 - 12,0	8,0 - 10,0	3,0 - 4,0		
	\bar{x}	2,68	2,3	5,3	20,3	48,7	10,7	9,0	3,7		
	Δ	0,74	0,5	1,2	1,2	2,1	1,2	0,8	0,5		
	V (%)	27,61	21,74	22,64	5,91	4,31	11,21	8,89	13,51		
Powierzchnia badawcza Nr 3A, oddział 42f	od - do	2,95 - 4,15	3,0 - 4,0	9,0 - 12,0	25,0 - 27,0	36,0 - 38,0	9,0 - 11,0	8,0 - 9,0	4,0 - 5,0		
	\bar{x}	3,72	3,7	10,7	26,0	37,0	10,0	8,3	4,3		
	Δ	0,54	0,5	1,2	0,8	0,8	0,8	0,5	0,5		
	V (%)	14,52	13,51	11,21	3,08	2,16	8,00	6,02	11,63		

Źródło: Wyniki badań laboratoryjnych gleb. Opracowanie własne.

Tab. 11. Zawartość węgla organicznego, azotu ogółem i stosunek C:N oraz odczyn w poziomach próchnicznych mineralnych (Ap) leśnych gleb porolnych na powierzchniach badawczych, bez produkcyjnych podsadzeń bukowych, w średniowiekowych drzewostanach sosnowych (10.09.2017r.)

Lokalizacja powierzchni badawczych	Podstawowe obliczenia statystyczne	C org. w %	N ogół. w %	C:N	pH w H ₂ O	pH w 1M KCl
Powierzchnia badawcza Nr 1, oddział 42Ab	od - do	1,386 - 1,873	0,079 - 0,119	15,74 - 18,86	4,90 - 5,15	4,15 - 4,40
	\bar{x}	1,684	0,098	17,18	5,03	4,30
	Δ	0,213	0,016	1,28	0,10	0,11
	V (%)	12,65	16,33	7,45	1,99	2,56
Powierzchnia badawcza Nr 2, oddział 24g	od - do	1,218 - 1,576	0,069 - 0,112	14,07 - 17,79	4,65 - 4,95	4,05 - 4,25
	\bar{x}	1,418	0,088	16,11	4,78	4,13
	Δ	0,149	0,018	1,72	0,12	0,08
	V (%)	10,51	20,45	10,68	2,51	1,94
Powierzchnia badawcza Nr 3, oddział 42f	od - do	1,266 - 1,527	0,072 - 0,086	16,23 - 18,57	4,60 - 4,86	3,95 - 4,20
	\bar{x}	1,377	0,079	17,43	4,73	4,10
	Δ	0,110	0,006	0,97	0,10	0,11
	V (%)	7,99	7,59	5,56	2,11	2,68
Łącznie powierzchnie badawcze Nr 1, Nr 2 i Nr 3	od - do	1,218 - 1,873	0,069 - 0,112	14,07 - 18,86	4,60 - 4,96	3,95 - 4,40
	\bar{x}	1,493	0,088	16,97	4,85	4,18
	Δ	0,212	0,016	1,43	0,17	0,13
	V (%)	14,20	18,18	8,43	3,50	3,11

Źródło: Wyniki badań laboratoryjnych gleb. Opracowanie własne.

Tab. 12. Zawartość węgla organicznego, azotu ogółem i stosunek C:N oraz odczyn w poziomach próchnicznych mineralnych (Ap) leśnych gleb porolnych na powierzchniach badawczych, z produkcyjnymi podszadzeniami bukowymi, w średniowiekowych drzewostanach sosnowych (10.09.2017r.)

Lokalizacja powierzchni badawczych	Podstawowe obliczenia statystyczne	C org. w %	N ogół. w %	C:N	pH w H ₂ O	pH w 1M KCl
Powierzchnia badawcza Nr 1A, oddział 42Ab	od - do	1,746 - 2,083	0,097 - 0,134	15,54 - 17,41	4,95 - 5,25	4,25 - 4,55
	\bar{x}	1,839	0,113	16,27	5,08	4,38
	Δ	0,174	0,016	0,77	0,12	0,12
	V (%)	9,46	14,16	4,73	2,36	2,74
Powierzchnia badawcza Nr 2A, oddział 24g	od - do	1,819 - 2,254	0,109 - 0,143	15,76 - 16,69	5,10 - 5,35	4,35 - 4,65
	\bar{x}	2,088	0,130	16,06	5,20	4,50
	Δ	0,192	0,015	0,41	0,11	0,12
	V (%)	9,19	11,54	2,55	2,11	2,67
Powierzchnia badawcza Nr 3A, oddział 42f	od - do	1,638 - 2,164	0,094 - 0,136	14,76 - 17,42	4,95 - 5,20	4,20 - 4,55
	\bar{x}	1,916	0,121	15,83	5,10	4,40
	Δ	0,216	0,019	1,09	0,11	0,15
	V (%)	11,27	15,70	6,89	2,16	3,41
Łącznie powierzchnie badawcze Nr 1A, Nr 2A i Nr 3A	od - do	1,638 - 2,254	0,094 - 0,136	14,76 - 17,42	4,95 - 5,35	4,20 - 4,65
	\bar{x}	1,948	0,121	16,10	5,13	4,43
	Δ	0,221	0,018	0,82	0,12	0,14
	V (%)	11,34	14,88	5,09	2,34	3,16

Źródło: Wyniki badań laboratoryjnych gleb. Opracowanie własne.

Jednym z najważniejszych czynników decydujących o aktualnych możliwościach produkcyjnych gleb w środowisku leśnym jest ich odczyn. Wzrost i rozwój większości gatunków drzew leśnych jest uzależniony od odczynu gleb. W ekosystemach leśnych odbiegających od stanu normalnego, czyli w lasach gospodarczych (duży pobór biomasy) tworzą się warunki sprzyjające zakwaszeniu gleb. W glebach kwaśnych stosunki tlenowo-wodne są niekorzystne na skutek niestabilności struktury gruzełkowej, która jest spowodowana destrukcyjnym działaniem kwaśnej próchnicy. Związki pokarmowe roślin przy niskim pH są w mniejszym stopniu dostępne. Ograniczona jest również aktywność biologiczna bakterii i promieniowców. Kierunek zmian odczynu gleby z kwaśnej na obojętną prowadzi do polepszenia wielu właściwości gleb (Sienkiewicz, Szymańska, Zientarski 1988, Puchalski, Prusinkiewicz 1990, Bednarek, Dziadowiec, Pokojska, Prusinkiewicz 2004).

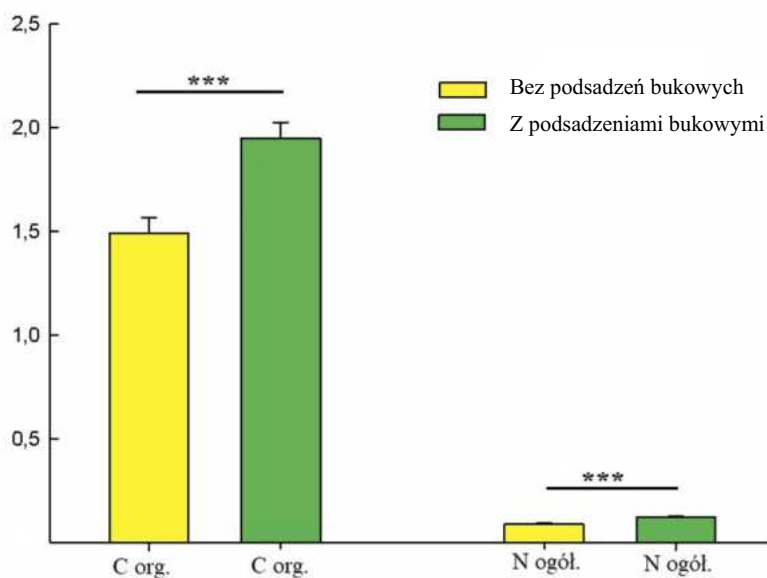
Gleby w drzewostanach sosnowych z produkcyjnymi podsadzeniami bukowymi charakteryzowały się istotnie wyższym pH (pH w H₂O: $t=-3,711$ i pH w 1M KCl: $t=-3,641$; $p<0,01$; test t Studenta; Ryc. 3) Zaobserwowana tendencja wzrostu wartości pH świadczy o stopniowym polepszaniu się warunków glebowych na tych powierzchniach ($M=5,127$; $SD=0,133$ i $M=4,427$; $SD=0,151$; odpowiednio). Natomiast w glebach bez produkcyjnych podsadzeń bukowych stan zakwaszenia gleb był zdecydowanie większy (pH niższe) ($M=4,847$; $SD=0,183$ i $M=4,167$; $SD=0,152$; odpowiednio).

Ustalenie optymalnej wartości pH jest bardzo trudne ze względu na fakt, że optymalny zakres pH dla rozwoju roślin ma wieloczynnikowe uwarunkowania. Zakwaszenie gleb jest korzystne ze względu na symbiozę drzew leśnych z grzybami mikoryzowymi, jednak bakterie glebowe preferują najczęściej obojętny odczyn gleby (Puchalski, Prusinkiewicz 1990, Bednarek, Dziadowiec, Pokojska, Prusinkiewicz 2004).

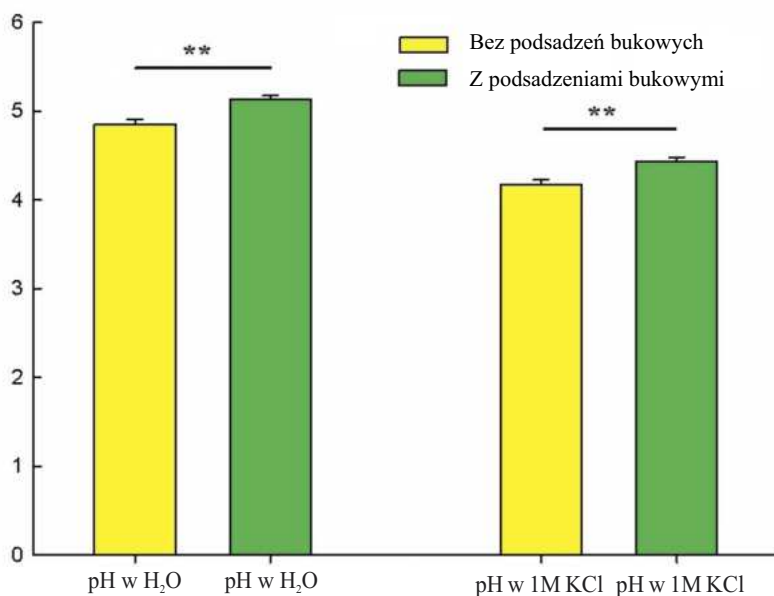
W prezentowanej pracy dotyczącej gleb występujących na wszystkich powierzchniach badawczych oznaczono także skład wymiennych kationów zasadowych. Wyniki wykonanych analiz glebowych zamieszczono w tabelach 13 i 14.

Suma wymiennych kationów zasadowych jest istotnie wyższa ($t=-3,718$; $p<0,01$; test t Studenta; Ryc. 4) w glebach występujących w drzewostanach sosnowych z produkcyjnymi podsadzeniami bukowymi ($M=2,066$; $SD=0,191$) w porównaniu z glebami bez produkcyjnych podsadzeń bukowych ($M=1,760$; $SD=0,157$).

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono również wyższą zawartość kationów wapnia ($t=-3,062$; $p<0,01$; test t Studenta; Ryc. 4) w glebach z produkcyjnymi podsadzeniami bukowymi ($M=1,608$; $SD=0,177$) w porównaniu z glebami bez produkcyjnych podsadzeń bukowych ($M=1,385$; $SD=0,128$).



Ryc. 2. Wpływ podsadzeń bukowych na zawartość węgla organicznego i azotu ogółem w poziomach próchnicznych mineralnych leśnych gleb porolnych
Dane przedstawiono w postaci średniej \pm odchylenie standardowe (SD). Istotność statystyczną oznaczono: *** $p \leq 0,001$; test t Studenta.
Źródło: Opracowanie własne.



Ryc. 3. Wpływ podsadzeń bukowych na odczyn w poziomach próchnicznych mineralnych leśnych gleb porolnych
Dane przedstawiono w postaci średniej \pm odchylenie standardowe (SD). Istotność statystyczną oznaczono: ** $p < 0,01$; test t Studenta.
Źródło: Opracowanie własne.

Tab. 13. Skład wymiennych kationów zasadowych ($\text{cmol} \times \text{kg}^{-1}$) w poziomach próchnicznych mineralnych (Ap) leśnych gleb porolnych na powierzchniach badawczych, bez produkcyjnych podsadzeń bukowych, w średniowiekowych drzewostanach sosnowych (10.09.2017 r.)

Lokalizacja powierzchni badawczych	Podstawowe obliczenia statystyczne	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Suma wymiennych kationów zasadowych
Powierzchnia badawcza Nr 1, oddział 42Ab	od - do	1,325 - 1,649	0,167 - 0,194	0,137 - 0,164	0,063 - 0,086	1,708 - 2,069
	\bar{x}	1,497	0,179	0,153	0,076	1,905
	Δ	0,133	0,011	0,012	0,010	0,149
Powierzchnia badawcza Nr 2, oddział 24g	V (%)	8,88	6,14	7,84	13,16	7,82
	od - do	1,268 - 1,429	0,147 - 0,172	0,116 - 0,145	0,058 - 0,067	1,589 - 1,783
	\bar{x}	1,347	0,158	0,131	0,062	1,698
	Δ	0,066	0,010	0,012	0,004	0,081
	V (%)	4,90	6,33	9,16	6,45	4,77
Powierzchnia badawcza Nr 3, oddział 42f	od - do	1,265 - 1,382	0,149 - 0,195	0,128 - 0,146	0,047 - 0,075	1,615 - 1,772
	\bar{x}	1,312	0,167	0,139	0,058	1,676
	Δ	0,050	0,020	0,008	0,012	0,069
	V (%)	3,81	11,98	5,75	20,69	4,12
	od - do	1,265 - 1,649	0,147 - 0,195	0,116 - 0,164	0,047 - 0,086	1,589 - 2,069
Łącznie powierzchnie badawcze Nr 1, Nr 2 i Nr 3	\bar{x}	1,385	0,168	0,141	0,065	1,760
	Δ	0,121	0,017	0,014	0,012	0,148
	V (%)	8,74	10,12	9,93	18,46	8,41

Źródło: Wyniki badań laboratoryjnych gleb. Opracowanie własne.

Tab. 14. Skład wymiennych kationów zasadowych ($\text{cmol} \times \text{kg}^{-1}$) w poziomach próchnicznych mineralnych (Ap) leśnych gleb porolnych na powierzchniach badawczych, z produkcyjnymi podszadzeniami bukowymi, w średniowiekowych drzewostanach sosnowych (10.09.2017 r.)

Lokalizacja powierzchni badawczych	Podstawowe obliczenia statystyczne	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Suma wymiennych kationów zasadowych
Powierzchnia badawcza Nr 1A, oddział 42Ab	od - do	1,418 - 1,676	0,192 - 0,251	0,148 - 0,174	0,072 - 0,092	1,856 - 2,174
	\bar{x}	1,517	0,223	0,159	0,083	1,982
	Δ	0,114	0,024	0,011	0,008	0,138
	V (%)	7,51	10,76	6,92	9,64	6,96
Powierzchnia badawcza Nr 2A, oddział 24g	od - do	1,502 - 1,943	0,183 - 0,235	0,134 - 0,167	0,069 - 0,078	1,946 - 2,341
	\bar{x}	1,729	0,212	0,149	0,074	2,164
	Δ	0,180	0,022	0,014	0,004	0,164
	V (%)	10,41	10,38	9,40	5,40	7,58
Powierzchnia badawcza Nr 3A, oddział 42f	od - do	1,412 - 1,684	0,173 - 0,258	0,136 - 0,196	0,068 - 0,087	1,789 - 2,196
	\bar{x}	1,579	0,226	0,168	0,079	2,052
	Δ	0,119	0,038	0,025	0,008	0,186
	V (%)	7,54	16,81	14,88	10,13	9,06
Łącznie powierzchnie badawcze Nr 1A, Nr 2A i Nr 3A	od - do	1,412 - 1,943	0,173 - 0,258	0,134 - 0,196	0,068 - 0,092	1,789 - 2,341
	\bar{x}	1,608	0,220	0,159	0,079	2,066
	Δ	0,167	0,029	0,019	0,007	0,180
	V (%)	10,38	13,18	11,95	8,86	8,71

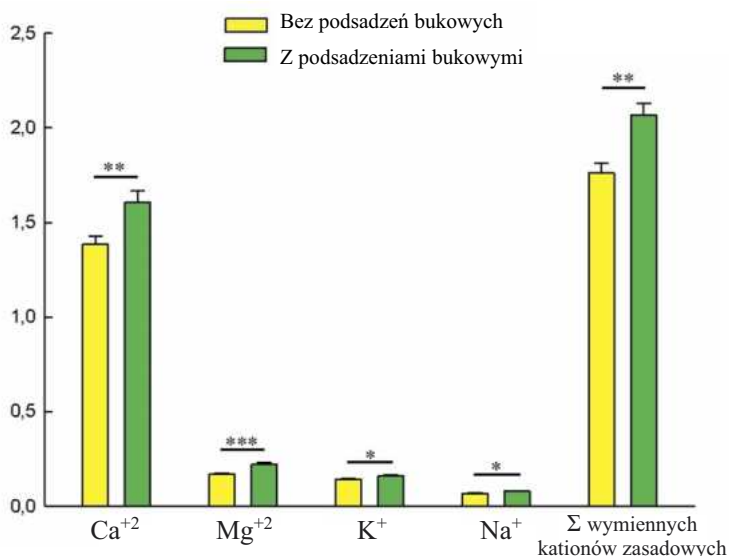
Źródło: Wyniki badań laboratoryjnych gleb. Opracowanie własne.

W roślinach wapń pełni różnorodne funkcje, między innymi inkrustuje błony komórkowe, reguluje gospodarkę wodną i przebieg procesów metabolicznych. Natomiast obecność kationów wapnia w glebie oddziałuje na jej właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne. Wapń zmniejsza zakwaszenie gleb (Puchalski, Prusinkiewicz 1990, Brożek 2017), co również zostało potwierdzone w przeprowadzonych badaniach. Wykonane analizy laboratoryjne gleb wykazały, że w drzewostanach sosnowych z podsadzeniami bukiem zwyczajnym w porównaniu z glebami bez podsadzeń bukowych kształtuje się korzystniejszy odczyn gleb.

Uzyskane wyniki badań wykazały również wyższą zawartość kationów magnezu ($t=-4,367$; $p<0,001$; test t Studenta; Ryc. 4) w glebach na powierzchniach z bukiem zwyczajnym ($M=0,220$; $SD=0,0311$). Z kolei na powierzchniach badawczych, bez produkcyjnych podsadzeń bukowych zawartość tego pierwiastka była niższa ($M=0,168$; $SD=0,0180$). Magnez jest istotnym składnikiem chlorofilu oraz aktywatorem wielu reakcji enzymatycznych. W glebach o odczynie kwaśnym jony tego pierwiastka są znacznie łatwiej usuwane niż jony wapnia, stąd też w powierzchniowych poziomach glebowych jego zawartość jest niewysoka (Puchalski, Prusinkiewicz 1990, Bednarek, Dziadowiec, Pokojska, Prusinkiewicz 2004, Brożek 2017).

Kolejnym badanym pierwiastkiem był potas. W glebach z produkcyjnymi podsadzeniami bukowymi stwierdzono wyższą zawartość kationów potasu ($M=0,159$; $SD=0,0203$) w porównaniu z glebami bez bukowych podsadzeń ($M=0,141$; $SD=0,0149$). Potas nie wchodzi w skład podstawowych związków organicznych roślin, jednak odgrywa on ważną rolę w wielu procesach, szczególnie w przebiegu fotosyntezy, oddychania i regulacji uwodnienia tkanek (Puchalski, Prusinkiewicz 1990, Brożek 2017). Wyższą zawartość tego pierwiastka odnotowuje się w glebach zawierających frakcje ilowe (np. gleby gliniaste), szczególnie w porównaniu z piaszczystymi glebami lekkimi. Wykonane analizy laboratoryjne wykazały, że w glebach występujących na powierzchniach badawczych, gdzie wykonano podsadzenia bukowe, stwierdzono istotnie większą zawartość potasu w porównaniu z glebami bez podsadzeń bukowych ($t=2,068$; $p<0,05$; test t Studenta; Ryc. 4).

Ostatnimi analizowanymi kationami wymiennymi były jony sodu, których wyższa zawartość ($t=-2,106$; $p<0,05$; test t Studenta; Ryc. 4) występuje w glebach pod okapem drzewostanów sosnowych z produkcyjnymi podsadzeniami bukowymi ($M=0,0866$; $SD=0,0238$), niż w glebach bez podsadzeń ($M=0,0679$; $SD=0,0120$). Pierwiastek ten, podobnie jak potas, nie wchodzi w skład związków organicznych roślin. Jest on jednak istotnym składnikiem regulującym gospodarkę wodną roślin. W przypadku, gdy jego zawartość w glebie jest wysoka, rośliny pobierają więcej potasu (Puchalski, Prusinkiewicz 1990, Bednarek, Dziadowiec, Pokojska, Prusinkiewicz 2004, Brożek 2017).

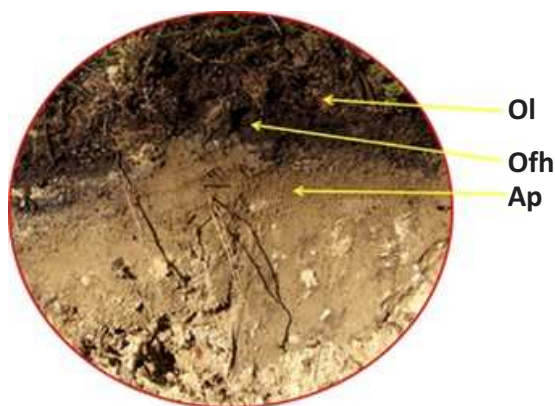


Ryc. 4. Wpływ podsadzeń bukowych na skład wymiennych kationów zasadowych (cmol×kg-1) w poziomach próchnicznych mineralnych leśnych gleb porolnych. Dane przedstawiono w postaci średniej ± odchylenie standardowe (SD). Istotność statystyczną oznaczono: * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001; test t Studenta.

Źródło: Opracowanie własne.

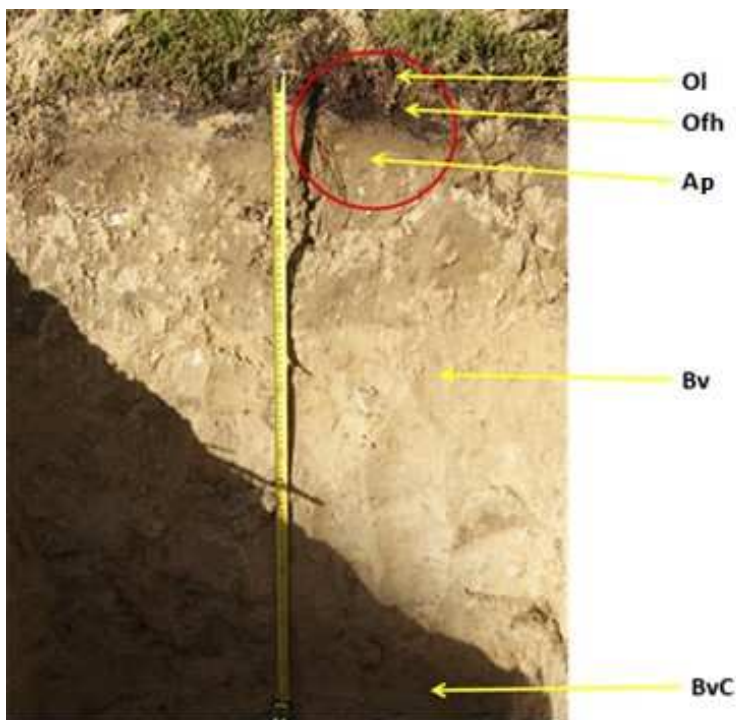
Budowa morfologiczna gleb na powierzchniach badawczych

Gleby rdzawe występujące w kompleksach leśnych naszego kraju dominują w drzewostanach sosnowych, szczególnie w krainach przyrodniczo-leśnych terenów nizinnych. Znaczne powierzchniowo areale gleb rdzawych były i są nadal użytkowane rolniczo. Poziomem diagnostycznym tych gleb jest poziom sideric Bv, który charakteryzuje się homogenicznym uziarnieniem oraz żółtobrunatnym zabarwieniem (Klasyfikacja gleb leśnych Polski 2000).



Fot. 5. Próchniczny profil glebowy na powierzchni badawczej (Nr 2A) bez produkcyjnych podsadzeń bukowych – gleba rdzawa właściwa porolna

Źródło: M. Kletkiewicz.



Fot. 6. Profil porolnej gleby rdzawej właściwej porolnej na powierzchni badawczej (Nr 2A) bez produkcyjnych podsadzeń bukowych
Źródło: M. Kletkiewicz.

Budowę morfologiczną porolnych gleb rdzawych właściwych na badanych powierzchniach (2 i 2A w oddziale 24g) przedstawiono na fotografiach 5, 6, 7 i 8.

Ważniejsze cechy charakterystyczne dla poszczególnych poziomów genetycznych gleb porolnych na siedlisku boru mieszanego świeżego bez produkcyjnych podsadzeń bukowych przedstawiają się następująco:

O – poziom główny organiczny o zabarwieniu brunatnoszarym. Warstwa materiału organicznego, w skład której wchodzi opadłe igły sosny zwyczajnej, kora i gałązki oraz szczątki obumarłych roślin runa leśnego. Znaczną objętość tego poziomu zwiększają resztki mchów, zwłaszcza z dominującym udziałem rokitnika pospolitego –*Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt. Przeważnie luźno powiązany materiał organiczny ułożony jest w warstwy o miąższości od 4 do 6 cm. Poziom ten powstawał przy pełnym dostępie powietrza i jest aktualnie zróżnicowany na dwa podpoziomy: Ol – surowinowy oraz Ofh – detrytusowy.

Ol – podpoziom surowinowy (o miąższości od 1 do 2 cm) powstał z części nadziemnych roślin (głównie igliwia sosnowego), w którym licznie występują duże, wolne przestrzenie.

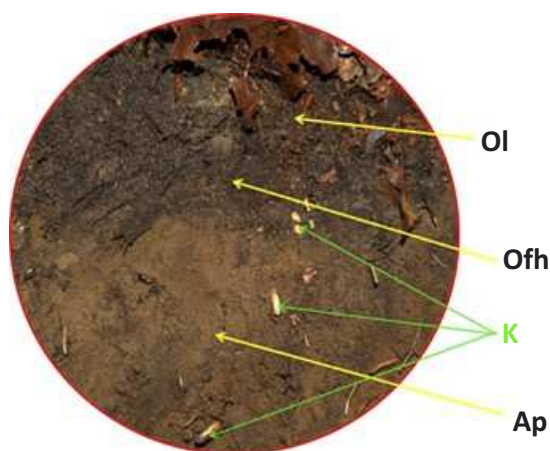
Ofh – podpoziom detrytusowy, znajdujący się w dolnej części głównego poziomu organicznego (o miąższości około 3-4 cm), zbudowany jest z słabo rozkładających się szczątków organicznych, charakteryzujących się zanikającą budową tkankową. Struktura materiału organicznego jest przeważnie włóknista, układ pulchny.

Typ próchnicy leśnej, na podstawie budowy morfologicznej poziomu organicznego, z wyraźnym podpoziomem detrytusowym i rozpoznawalną strukturą tkankową, o zabarwieniu ciemnobrunatnym, określić należy jako moder. W związku z tym, że wykształcony jest on w glebie rdzawej pod okapem drzewostanu sosnowego, w warunkach siedliska świeżego, można ten typ ektopróchnicy leśnej zakwalifikować jako moder świeży.

A/Ap – poziom próchniczny mineralny (płuczny – rozluźniony, wzruszony i wymieszany przez orkę), o miąższości około 20-25 cm, barwy szarej i szarordzawej. Dobrze ukształtowany w profilu glebowym poziom próchniczny mineralny o uziarnieniu piasku słabogliniastego przechodzi wyraźnie w poziom rdzawienia Bv. Fakt ten świadczy o tym, że gleby te w przeszłości były użytkowane rolniczo.

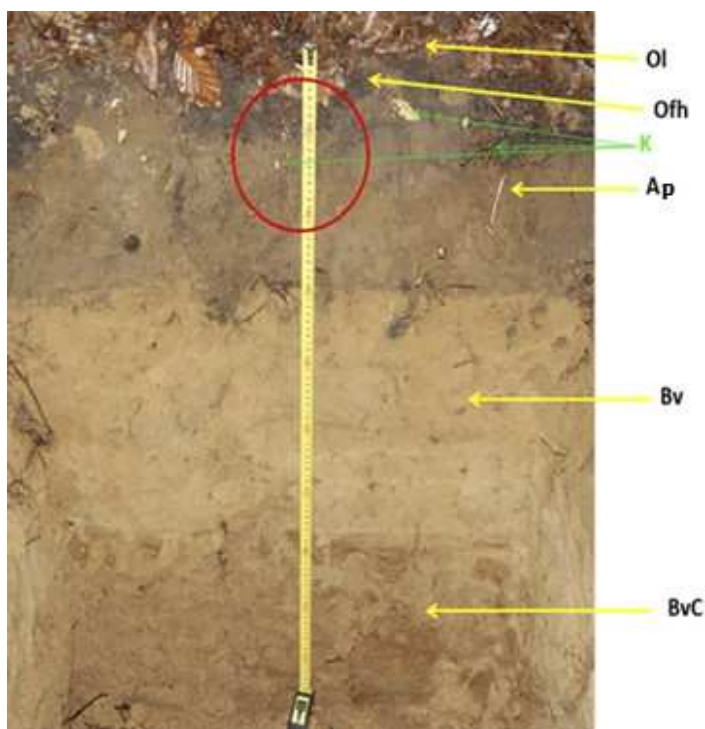
Bv – poziom wzbogacania wietrzeniowego o miąższości około 60 cm charakteryzuje się rdzawym zabarwieniem z punktowymi i smugowymi przebarwieniami rdzawobrunatnymi. W poziomie tym, o uziarnieniu piasku luźnego, nastąpiło nieiluwialne nagromadzenie się związków mineralnych, między innymi żelaza, glinu i manganu.

BvC – jasnożółty materiał macierzysty o uziarnieniu piasku luźnego występuje poniżej 80 cm i charakteryzuje się obecnością wyraźnie dostrzegalnych przebarwień rdzawych o cechach odpowiadających pseudofibrom.



Fot. 7. Próchniczny profil glebowy na powierzchni badawczej (Nr 2) z produkcyjnymi podsadzeniami bukowymi – gleba rdzawa właściwa porolna

Źródło: M. Kletkiewicz.



Fot. 8. Profil gleby rdzawej właściwej porolnej na powierzchni badawczej (Nr 2) z produkcyjnymi podsadzeniami bukowymi
Źródło: M. Kletkiewicz.

Cechy charakterystyczne poszczególnych poziomów genetycznych gleb porolnych w warunkach boru mieszanego świeżego z bukowymi podsadzeniami produkcyjnymi są następujące:

O – poziom główny organiczny o barwie ciemnoszarej. W poziomie organicznym występują obumarłe części roślin, a w szczególności liście bukowe, igły sosnowe oraz korowina i drobne gałązki tych drzew. Miąższość tego poziomu jest bardzo zróżnicowana i waha się w granicach od 3 do 6 cm.

OI – podpoziom surowinowy o miąższości od 2 do 4 cm z niewielkimi wolnymi przestrzeniami. Materiał organiczny występujący w tym podpoziomie jest bardziej spoiście ułożony, zwłaszcza w porównaniu z glebami bez podsadzeń bukowych.

Ofh – podpoziom detrytusowy znajdujący się w dolnej części poziomu organicznego charakteryzuje się zróżnicowaną miąższością i waha się najczęściej w granicach 1-2 cm. W niektórych fragmentach profilu glebowego jest on trudno rozpoznawalny, ponieważ stopniowo przechodzi w poziom endopróchnicy glebowej (A/Ap). Układ tego podpoziomu jest mniej pulchny, zwłaszcza w porównaniu z glebami bez podsadzeń bukowych.

Na podstawie budowy morfologicznej poziomu organicznego z występującym, niejednokrotnie w sposób nie ciągły, zanikającym podpoziomem detrytusowym ektopróchnicę leśną w glebach z produkcyjnymi podsadzeniami bukowymi, z słabo jeszcze zaznaczonymi, jednak już dostrzegalnymi cechami przejściowymi można określić jako ektopróchnicę typu moder-mull.

A/Ap – poziom próchniczny mineralny (płuczny – rozluźniony i mechanicznie wzruszony oraz wymieszany przez orkę) o miąższości około 20-30 cm charakteryzuje się zabarwieniem szarobrunatnym. Uzewnętrzniający się morfologicznie w profilu glebowym, o uziarnieniu piasku słabogliniastego, poziom ten przechodzi bardzo wyraźnie w żółtordezawy poziom Bv, świadczący jednoznacznie o tym, że w przeszłości te gleby były użytkowane rolniczo. W poziomie A/Ap występuje bardzo dużo korzeni buka zwyczajnego – oznaczone na fotografii profilu glebowego literą **K** (Fot. 8).

Bv – poziom wzbogacania wietrzeniowego o uziarnieniu piasku luźnego (o miąższości około 60 cm) z smugowymi przebarwieniami koloru rdzawego charakteryzuje się wyraźnie ciemniejszym zabarwieniem w porównaniu z glebami bez podsadzeń produkcyjnych. Poziom ten przechodzi najczęściej stopniowo (w niektórych fragmentach profilu glebowego w sposób wyraźny) w poziom BvC.

BvC – jasnożółty piasek luźny występujący poniżej 80-85 cm z licznymi rdzawymi przebarwieniami i pseudofibrami.

W trakcie opisu morfologicznego gleb stwierdzano dostrzegalne różnice w budowie poziomu organicznego i próchnicznego mineralnego. W ekosystemach leśnych materiał organiczny (znajdujący się w różnym stopniu mikrobiologicznego rozkładu) nagromadzony na powierzchni gleby leśnej przyjęto określać jako ektopróchnicę, a wewnątrz gleby mineralnej – jako endopróchnicę. Na budowę morfologiczną oraz właściwości próchnicy leśnej duży wpływ wywiera struktura wiekowa i gatunkowa fitocenozy, z dominującą rolą roślinności drzewiastej (Kowalkowski 1983, Sienkiewicz, Szymańska, Zientarski 1988, Puchalski Prusinkiewicz 1990).

W omawianych glebach bez podsadzeń bukowych martwy materiał roślinny, powstały z opadu organicznego pod okapem drzewostanu sosnowego, jest zbudowany głównie z igliwia i gałązek drzew sosny zwyczajnej, runa leśnego i resztek mchów. Materia organiczna ułożona jest w luźne warstwy o miąższości 4-6 cm. Miąższość poziomu organicznego jest stosunkowo niewielka, ponieważ badany drzewostan sosnowy jest już lekko rozluźniony, co wpływa na mniejszy opad igliwia, głównego składnika poziomu organicznego.

Porównując badane gleby pod okapem drzewostanów sosnowych, można dostrzec duże różnice w budowie morfologicznej poziomu detrytusowego. W drzewostanach bez produkcyjnych podsadzeń bukowych stwierdzono wyraźne występowanie tego podpoziomu na całej szerokości profilu glebowego. Materia organiczna jest ułożona luźno i można ją oddzielać niewielkimi płatami. Równocześnie w drzewostanach sosnowych z podsadzeniami bukowymi

podpoziom detrytusowy jest nierównomierny, w niektórych fragmentach nieciągły, a także trudniejszy do wyodrębnienia. Stwierdzone różnice sugerują nieuniknione zmiany w budowie ektopróchnicy leśnej typu mor, które przebiegają w kierunku bardziej wartościowej ektopróchnicy typu moder-mull w drzewostanach z podsadzeniami bukowymi. Świadczy o tym również większa liczba cienkich (drobnych) korzeni drzew w glebach z podsadzeniami bukiem zwyczajnym. Buk zwyczajny od młodego wieku (20-30 lat) wykształca obfity (gęsty) system korzeniowy w powierzchniowych poziomach glebowych. Występuje silna zależność rozwoju systemu korzeniowego od biofizykochemicznych właściwości gleb. Udział drobnych korzeni buka zwyczajnego, w zbliżonych warunkach siedliskowych, jest od 2 do 3 razy większy w porównaniu z sosną zwyczajną. Bardzo cienkie korzenie buka zwyczajnego rozrastają się w najbardziej dobrze zaopatrzonych (zasobnych) w składniki pokarmowe roślin powierzchniowych warstwach glebowych. Korzenie wywierają wpływ na lepsze przenikanie wody w głąb gleby, poprawiają ich natlenienie oraz kształtują sprzyjające warunki dla bytowania mikroorganizmów glebowych (Ilmurzyński 1969, Białobok, red. 1990, Puchalski, Prusinkiewicz 1990, Tarasiuk 1999, Rutkowski, Maciejewska-Rutkowska 2004).

Cechy biometryczne badanych drzewostanów

W celu poszukiwania odpowiedzi na pytania, czy podsadzenia produkcyjne oddziałują na jakość oraz produktywność drzewostanów sosnowych, wykonano pomiary biometryczne sosny zwyczajnej, których wyniki zamieszczono w tabelach 15, 16, 17, 18 i 19. W rezultacie przeprowadzonych pomiarów dokonano klasyfikacji drzew według ich grubości pierśnicowej. Równocześnie pomierzono wysokość drzew w poszczególnych klasach grubości w celu wykreślenia krzywej wysokości, a także zmierzono odległość od powierzchni gleby do pierwszego sęka otwartego na pniu. Wyniki wykonanych analiz badanych cech biometrycznych drzew, zamieszczone w tabelach 15-19, wskazują na zarysowujące się różnice pomiędzy drzewostanami sosnowymi bez podsadzeń bukiem zwyczajnym oraz drzewostanami z produkcyjnymi podsadzeniami bukowymi.

W drzewostanach sosnowych bez podsadzeń bukowych odnotowano większą liczbę drzew sosny zwyczajnej (wynoszącą o 14,85%) w porównaniu z drzewostanami, w których zastosowano podsadzenia bukiem zwyczajnym. Największą liczbę drzew na powierzchniach bez podsadzeń bukowych stwierdzono w oddziale 24g (245 sztuk), a najniższą w oddziale 42f (207 sztuk). Natomiast na badanych powierzchniach z podsadzeniami bukowymi najwięcej drzew sosny zwyczajnej występuje w oddziale 24g (209 sztuk), a najmniej w oddziale 42f (185 sztuk). Drzewostany sosnowe bez podsadzeń bukowych charakteryzowały się istotnie niższą wysokością wynoszącą 11,76%, jak również mniejszą grubością pierśnicową sięgającą 13,91% (Tab. 16 i 17).

Tab. 15. Miąższość sosny zwyczajnej na powierzchniach badawczych

Oddział 42A b								
Grubość pierścicowa w cm	Drzewostany bez podsadzeń bukowych				Drzewostany z podsadzeniami bukowymi			
	Liczba drzew	Wysokość w m	Miąższość pojedynczego drzewa w m ³	Miąższość ogółem w m ³	Liczba drzew	Wysokość w m	Miąższość pojedynczego drzewa w m ³	Miąższość ogółem w m ³
12	7	12,0	0,06	0,42	1	12,0	0,06	0,06
13	12	13,0	0,08	0,96	3	13,0	0,08	0,24
14	6	14,0	0,10	0,60	1	14,0	0,10	0,10
15	9	14,5	0,11	0,99	1	15,0	0,12	0,12
16	18	15,5	0,14	2,52	8	16,0	0,14	1,12
17	12	16,5	0,16	1,92	12	16,5	0,16	1,92
18	18	17,0	0,19	3,42	9	17,5	0,20	1,80
19	14	18,0	0,23	3,22	3	18,5	0,23	0,69
20	24	19,0	0,27	6,48	18	19,0	0,27	4,86
21	16	19,5	0,30	4,80	9	20,0	0,32	2,88
22	21	20,0	0,34	7,14	19	20,5	0,35	6,65
23	7	21,0	0,40	2,80	13	21,5	0,41	5,33
24	12	21,5	0,44	5,28	16	22,0	0,45	7,20
25	8	22,0	0,49	3,92	3	22,5	0,51	1,53
26	14	22,5	0,54	7,56	17	23,0	0,55	9,35
27	3	23,0	0,59	1,77	11	24,0	0,62	6,82
28	4	23,5	0,65	2,60	14	24,5	0,67	9,38
29	3	24,0	0,71	2,13	9	25,0	0,74	6,66
30	8	24,0	0,75	6,00	9	25,5	0,81	7,29
31	1	24,5	0,81	0,81	2	25,5	0,84	1,68
32	1	24,5	0,87	0,87	4	26,0	0,91	3,64
33	1	25,0	0,94	0,94	2	26,0	0,98	1,96
34	–	–	–	–	2	26,5	1,05	2,10
35	–	–	–	–	1	26,5	1,12	1,12
36	1	26,0	1,15	1,15	2	27,0	1,18	2,36
38	1	26,5	1,30	1,30	1	27,0	1,32	1,32
40	–	–	–	–	2	27,5	1,39	2,78
Ogółem	221	X	X	69,60	192	X	X	90,96

Źródło: Opracowanie własne na podstawie pomiarów terenowych. M. Kletkiewicz.

Tab. 16. Miąższość sosny zwyczajnej na powierzchniach badawczych

Oddział 24 g								
Grubość pierścicowa w cm	Drzewostany bez podsadzeń bukowych				Drzewostany z podsadzeniami bukowymi			
	Liczba drzew	Wysokość w m	Miąższość pojedynczego drzewa w m ³	Miąższość ogółem w m ³	Liczba drzew	Wysokość w m	Miąższość pojedynczego drzewa w m ³	Miąższość ogółem w m ³
12	6	12,0	0,06	0,72	–	–	–	–
13	3	13,0	0,08	0,24	–	–	–	–
14	14	13,5	0,09	1,26	–	–	–	–
15	10	14,0	0,11	1,10	5	15,0	0,12	0,60
16	25	15,0	0,13	3,25	8	16,0	0,14	1,12
17	10	16,0	0,16	1,60	14	17,0	0,17	2,38
18	30	16,5	0,19	5,70	17	18,0	0,21	3,57
19	13	17,0	0,21	2,73	11	18,5	0,23	2,53
20	36	17,5	0,24	8,64	18	19,5	0,28	5,04
21	16	18,0	0,28	4,48	17	20,0	0,32	5,44
22	15	18,5	0,31	4,65	17	21,0	0,37	6,29
23	9	19,0	0,35	3,15	13	21,5	0,41	5,33
24	16	19,5	0,39	6,24	16	22,0	0,45	7,20
25	6	20,0	0,43	2,58	9	22,5	0,51	4,57
26	14	20,5	0,48	6,72	12	23,0	0,52	6,24
27	4	21,0	0,53	2,12	12	23,5	0,56	6,72
28	4	22,0	0,60	2,4	15	24,0	0,66	9,90
29	2	22,5	0,66	1,32	5	24,0	0,71	3,55
30	–	–	–	–	5	24,5	0,77	3,85
31	1	23,5	0,79	0,79	2	24,5	0,81	1,62
32	4	23,5	0,83	3,32	2	25,0	0,88	1,76
33	1	24,0	0,90	0,90	3	25,0	0,94	2,82
34	–	–	–	–	1	25,0	0,99	0,99
35	6	25,0	1,05	6,30	1	25,5	1,07	1,07
36	–	–	–	–	1	25,5	1,11	1,11
38	–	–	–	–	1	26,0	1,32	1,32
40	–	–	–	–	4	26,0	1,42	5,68
Ogółem	245	x	x	70,21	209	x	x	90,70

Źródło: Opracowanie własne na podstawie pomiarów terenowych. M. Kletkiewicz.

Tab. 17. Miąższość sosny zwyczajnej na powierzchniach badawczych

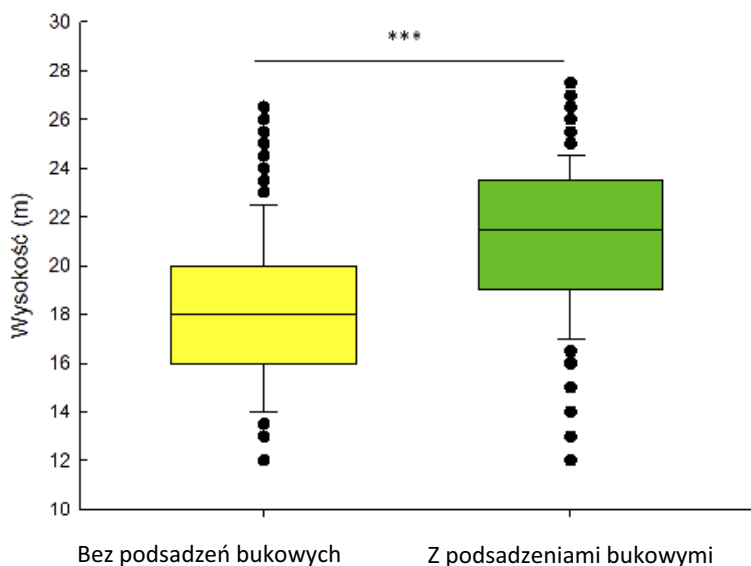
Oddział 42 f								
Grubość pierścicowa w cm	Drzewostany bez podsadzeń bukowych				Drzewostany z podsadzeniami bukowymi			
	Liczba drzew	Wysokość w m	Miąższość pojedynczego drzewa w m ³	Miąższość ogółem w m ³	Liczba drzew	Wysokość w m	Miąższość pojedynczego drzewa w m ³	Miąższość ogółem w m ³
12	3	13,0	0,06	0,18	–	–	–	–
13	11	13,5	0,08	0,88	–	–	–	–
14	6	13,5	0,09	0,54	–	–	–	–
15	8	14,0	0,11	0,88	1	15,0	0,12	0,12
16	11	15,0	0,13	3,25	11	16,0	0,14	1,54
17	16	16,0	0,16	2,56	8	17,0	0,17	1,36
18	8	16,5	0,19	1,52	8	18,0	0,21	2,52
19	16	17,0	0,21	2,73	13	18,5	0,23	2,99
20	14	17,5	0,24	8,64	11	19,5	0,28	3,08
21	26	18,0	0,28	4,48	6	20,0	0,32	1,92
22	12	18,5	0,31	4,65	14	21,0	0,37	5,18
23	17	19,0	0,35	3,15	19	21,5	0,41	7,79
24	6	19,5	0,39	6,24	17	22,0	0,45	7,65
25	8	20,0	0,43	2,58	11	22,5	0,51	5,61
26	11	20,5	0,48	6,72	7	23,0	0,52	3,64
27	3	21,0	0,53	2,12	17	23,5	0,56	9,52
28	4	22,0	0,60	2,40	10	24,0	0,66	6,60
29	3	22,5	0,66	1,32	6	24,0	0,71	4,26
30	6	23,0	0,72	4,32	9	24,5	0,77	6,93
31	1	23,5	0,79	0,79	2	24,5	0,81	1,62
32	2	23,5	0,83	3,32	4	25,0	0,88	3,52
33	8	24,0	0,90	0,90	2	25,0	0,94	1,88
34	–	–	–	–	2	25,0	0,99	1,98
35	3	25,0	1,05	3,15	1	25,5	1,07	1,07
36	4	25,5	1,14	4,56	2	25,5	1,11	2,22
38	–	–	–	–	1	26,0	1,32	1,32
42	–	–	–	–	3	27,0	1,53	4,59
Ogółem	207	x	x	71,88	185	x	x	88,91

Źródło: Opracowanie własne na podstawie pomiarów terenowych. M. Kletkiewicz.

Tab. 18. Wyniki pomiarów biometrycznych sosny zwyczajnej oraz porównanie danych procentowych z powierzchni badawczych bez produkcyjnych podsadzeń bukowych i z powierzchni badawczych z produkcyjnymi podsadzeniami bukowymi

Badane cechy biometryczne w drzewostanach sosnowych	Oddział 42A b			Oddział 24 g			Oddział 42 f		
	Pow. bez buka	Pow. z bukiem	Różnice w %	Pow. bez buka	Pow. z bukiem	Różnice w %	Pow. bez buka	Pow. z bukiem	Różnice w %
Liczba drzew w sztukach	221	192	115,10	245	209	117,22	207	185	111,89
Miaższość w m ³	68,48	85,33	80,25	70,21	90,70	77,41	75,32	88,91	84,72
Średnia wysokość w m	20,29	21,56	94,11	18,70	22,19	84,27	19,23	22,23	86,51
Średnia grubość pierśnicowa w cm	20,67	23,80	86,85	20,55	23,28	88,27	21,23	24,06	88,24
Średnia wysokość sęka otwartego w cm	89,12	239,62	37,19	76,69	185,69	41,30	72,75	221,06	32,91

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników zamieszczonych w tabelach 15, 16 i 17. M. Kletkiewicz.



Ryc. 5. Wpływ podsadzeń bukowych na wysokość sosny zwyczajnej

Istotność statystyczną oznaczono: *** $p < 0,001$; test Manna-Whitneya. Dolne i górne krawędzie pudełka wskazują odpowiednio 25. i 75. percentyl, linia ciągła wskazuje medianę (Me), a wąsy rozciągają się do najbardziej skrajnych punktów danych, które nie są uznawane za wartości odstające. Górne i dolne wartości odstające zostały oznaczone czarnymi kropkami.

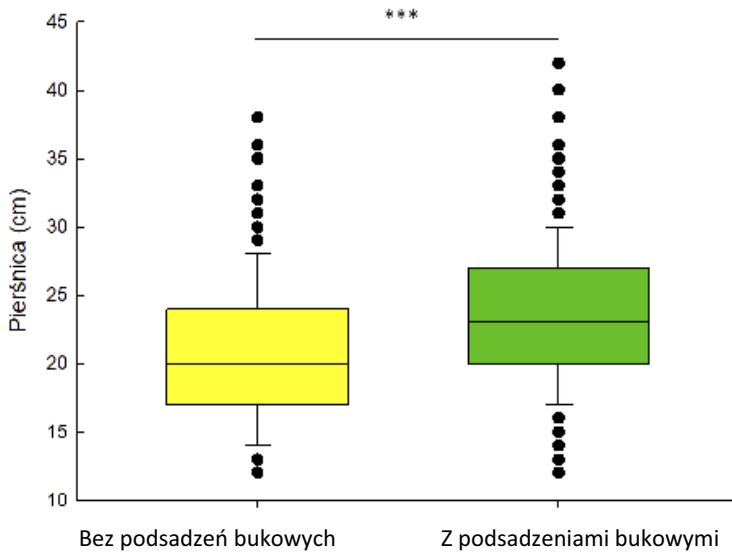
Źródło: Opracowanie własne.

Tab. 19. Odległość od powierzchni gleby do pierwszego sęka otwartego (w cm) na pniu sosny zwyczajnej w badanych drzewostanach

L.p.	Oddział 42A b		Oddział 24 g		Oddział 42 f	
	Pow. bez podsadzeń bukowych	Pow. z podsadzeniami bukowymi	Pow. bez podsadzeń bukowych	Pow. z podsadzeniami bukowymi	Pow. bez podsadzeń bukowych	Pow. z podsadzeniami bukowymi
w centymetrach						
1.	162	623	35	150	45	149
2.	42	208	98	172	89	58
3.	69	167	139	35	63	198
4.	116	180	43	188	41	249
5.	95	384	78	212	131	411
6.	18	212	83	421	28	243
7.	43	251	64	342	57	67
8.	92	264	20	112	78	412
9.	53	207	110	98	82	153
10.	30	203	134	316	135	168
11.	28	132	64	201	101	397
12.	92	155	57	131	34	179
13.	141	301	69	98	49	205
14.	232	238	23	189	79	299
15.	92	241	121	173	53	99
16.	121	68	89	133	99	250
Śr.	89,12	239,62	76,69	185,69	72,75	221,06

Źródło: Opracowanie własne na podstawie pomiarów terenowych. M. Kletkiewicz.

Cechy taksacyjne wywierające wpływ na miąższość pojedynczych drzew w drzewostanach, czyli na wysokość ($Me=21,5$) i grubość pierśnicową ($Me=23$), są znacząco wyższe ($U=96723,000$; $p<0,001$; test Manna-Whitneya; Ryc. 5 i $U=139286,500$; $p<0,001$; test Manna-Whitneya; Ryc. 6) na powierzchniach z bukiem zwyczajnym niż na powierzchniach bez podsadzeń ($Me=18$ i $Me=20$; odpowiednio). Zaprezentowane wyniki w tej części badań wskazują, że w drzewostanach z podsadzeniami bukowymi występują korzystniejsze warunki dla intensywniejszego przyrostu drzew sosny zwyczajnej na wysokość i grubość pierśnicową.

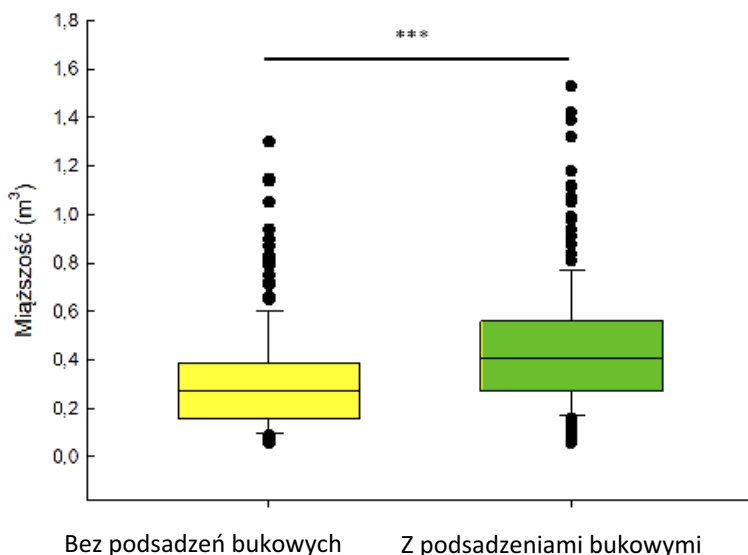


Ryc. 6. Wpływ podsadzeń bukowych na grubość pierśnicową sosny zwyczajnej. Istotność statystyczną oznaczono: *** $p < 0,001$; test Manna-Whitneya. Dolne i górne krawędzie pudełka wskazują odpowiednio 25. i 75. percentyl, linia ciągła wskazuje medianę (Me), a wąsy rozciągają się do najbardziej skrajnych punktów danych, które nie są uznawane za wartości odstające. Górne i dolne wartości odstające zostały oznaczone czarnymi kropkami.

Źródło: Opracowanie własne.

Znaczący wpływ na przebieg wzrostu sosny zwyczajnej na wysokość wywiera stan troficzny siedliska. Na żyzniejszych siedliskach, w tym samym wieku, drzewa osiągną większą wysokość w porównaniu z siedliskami słabszymi. Przyspieszeniu wzrostu drzew na wysokość sprzyja między innymi rozluźnione zwarcie drzewostanu. W drzewostanach jednogatunkowych i jednowiekowych wpływ na wysokość drzew wywiera również położenie biosocjalne drzew. Na przyspieszenie wzrostu wysokości sosny zwyczajnej korzystnie oddziałują przede wszystkim warunki świetlne. Te same czynniki mają także istotny wpływ na przyrost grubości pierśnicowej poszczególnych drzew.

Obliczenie miąższości drzewostanów dokonano na podstawie pomiaru grubości pierśnicowej na powierzchniach badawczych oraz wysokości drzew odczytanej z krzywej wysokości. Krzywą wysokości wykreślono w oparciu o wyniki pomiarów wysokości drzew w poszczególnych klasach grubości pierśnicowej dla każdej powierzchni badawczej. Miąższość grubizny pojedynczego drzewa uzyskano z tablic miąższości kłód odziomkowych i drzew stojących dla sosny zwyczajnej w wieku do 80 lat.



Ryc. 7. Wpływ podsadzeń bukowych na miąższość sosny zwyczajnej
Istotność statystyczną oznaczono: *** $p < 0,001$; test Manna-Whitneya. Dolne i górne krawędzie pudełka wskazują odpowiednio 25. i 75. percentyl, linia ciągła wskazuje medianę (Me), a wąsy rozciągają się do najbardziej skrajnych punktów danych, które nie są uznawane za wartości odstające. Górne i dolne wartości odstające zostały oznaczone czarnymi kropkami.

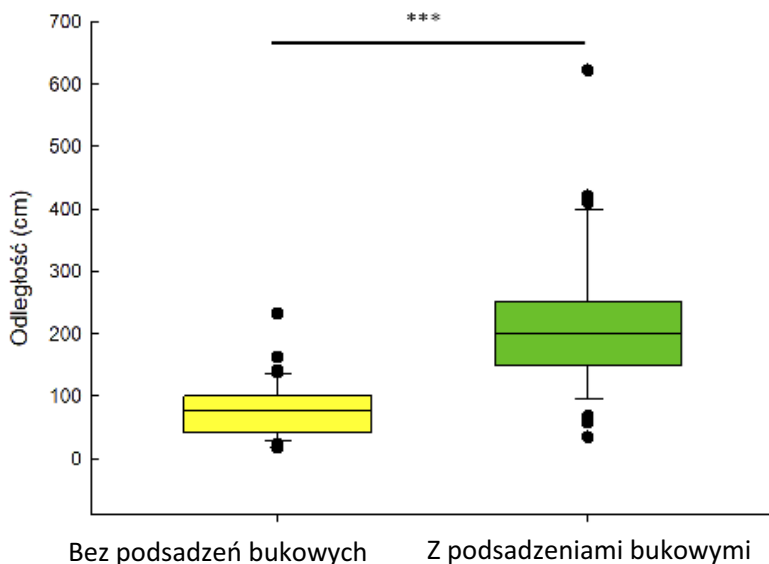
Źródło: Opracowanie własne.

Miąższość drzew sosny zwyczajnej różniła się w zależności od występowania buka zwyczajnego na wybranych powierzchniach badawczych. Znacząco wyższą miąższość ($U = 124650,000$; $p < 0,001$; test Manna-Whitneya; Ryc. 7) stwierdzono w drzewostanach z produkcyjnymi podsadzeniami bukowymi: $90,70 \text{ m}^3$ – oddział 24g, a także $88,91 \text{ m}^3$ – w oddziale 42f oraz $90,96 \text{ m}^3$ – w oddziale 42Ab (Me= 0,410). Natomiast pomimo większej liczby drzew (o 14,85%) drzewostany sosnowe bez podsadzeń bukiem zwyczajnym mają istotnie niższą miąższość: $71,88 \text{ m}^3$ – oddział 42f, jak również $70,21 \text{ m}^3$ – w oddziale 24g oraz $69,60 \text{ m}^3$ – w oddziale 42Ab (Me= 0,270). Uzyskane wyniki przeprowadzonych badań wykazały wyższą produktywność drzewostanów występujących aktualnie na powierzchniach z podsadzeniami bukowymi, w porównaniu z drzewostanami bez podsadzeń bukiem zwyczajnym.

W ramach prac terenowych dokonywano również pomiaru odległości od powierzchni gleby do pierwszego otwartego sęka występującego na pniu sosny zwyczajnej (Tab. 18 i 19). W drzewostanach z podsadzeniami bukowymi stwierdzono znacząco większą odległość ($U = 216,500$; $p < 0,001$; test Manna-Whitneya; Ryc. 8) do pojawienia się pierwszego sęka, wynoszącą od 185,69 do 239,62 cm, średnio 215,46 cm (Me=199,5). Równocześnie w drzewostanach bez podsadzeń bukowych (Tab. 18) pierwszy sęk występował już od 72,75 do 89,12 cm, średnio na wysokości 79,52 cm od powierzchni gleby (Me=78). Uzyskane wyniki analiz pozwalają stwierdzić, że proces oczyszczania się drzew sosnowych z gałęzi

jest wydajniejszy w drzewostanach sosnowych, w których zastosowano produkcyjne podsadzenia bukowe.

Pojawianie się sęków otwartych na pniach sosny zwyczajnej jest istotnym elementem klasyfikacji drewna. Bezszęczność jest bardzo pożądaną cechą surowca drzewnego. Drewno bezszęczne jest i będzie bardziej cenne w porównaniu z drewnem posiadającym sęki, ponieważ warunkuje uzyskanie wartościowszych sortymentów (Poradnik Leśniczego 1991, Szymański 2000). Dokonano również porównania wpływu obecności buka zwyczajnego na jakość hodowlaną i techniczną drzew sosny zwyczajnej, które zaprezentowano na rycinie 8.



Ryc. 8. Wpływ podsadzeń bukowych na wysokość występowania nad powierzchnią gleby pierwszego sęka otwartego na pniu sosny zwyczajnej

Istotność statystyczną oznaczono: *** $p < 0,001$; test Manna-Whitneya. Dolne i górne krawędzie pudełka wskazują odpowiednio 25. i 75. percentyl, linia ciągła wskazuje medianę (Me), a wąsy rozciągają się do najbardziej skrajnych punktów danych, które nie są uznawane za wartości odstające. Górne i dolne wartości odstające zostały oznaczone czarnymi kropkami.

Źródło: Opracowanie własne.

PODSUMOWANIE WYNIKÓW BADAŃ I WNIOSKI

Podstawowymi cechami ekosystemów leśnych są zawsze ciągłość istnienia oraz ich różnorodność. Nieustanny obieg materii (harmonijny i cykliczny), a także przepływ energii sprawiają, że nie stanowią one systemów zamkniętych i równocześnie wyizolowanych w krajobrazie przyrodniczo-geograficznym.

Istotą trwałego i zrównoważonego rozwoju lasu jest takie zarządzanie i użytkowanie jego zasobami, które pozwolą w długim czasie na utrwalanie

różnorodności biologicznej, produktywności i zdolności do naturalnego odnawiania się.

Związki organiczne występujące w glebie są szczególnie cenne z punktu widzenia kształtowania możliwości produkcyjnych leśnej pokrywy glebowej. Materia organiczna oddziałuje nieustannie na fizyczne, fizykochemiczne, chemiczne i biologiczne właściwości gleb w stopniu niewspółmiernie większym w porównaniu z jej niską zawartością, ponieważ pod względem budowy chemicznej jest ona bardzo skomplikowanym składnikiem gleb niezależnie od sposobu ich użytkowania.

Wprowadzenie buka zwyczajnego na gleby porolne w drzewostanach sosnowych ma niezwykle istotne znaczenie dla wzrostu i rozwoju ekosystemów leśnych. Produkcyjne podsadzenia bukowe korzystnie wpływają zarówno na fizyczne właściwości gleb, jak i również na właściwości chemiczne. Równocześnie kształtują one warunki bytowania organizmów oraz procesy mikrobiologicznego rozkładu opadu organicznego. Wymienione procesy wywierają pośredni wpływ na cechy biometryczne sosny zwyczajnej, poprawiając jej jakość hodowlaną i techniczną oraz zwiększając produktywność drzewostanów. Jakość techniczna, a także miąższość drzew sosny zwyczajnej są niezwykle istotne ze względów ekonomicznych, gospodarczych i ekologicznych.

Idea trwale zrównoważonej gospodarki leśnej jest równoznaczna z obowiązkiem trwałego utrzymywania lasów przy zapewnieniu ciągłości jego użytkowania. Schematyzm gospodarowania biocenozy jest główną przyczyną uproszczenia oraz zubożenia ekosystemów leśnych, co w konsekwencji prowadzi do zmniejszenia odporności lasu na czynniki szkodliwe zarówno abiotyczne i biotyczne, jak i również antropogeniczne.

Gospodarka leśna funkcjonująca w obecnym stanie prawnym musi przynosić dochody. Ciągły wzrost zapotrzebowania na ekologiczne i społeczne funkcje lasu ogranicza wypełnianie funkcji produkcyjnej, co powoduje ograniczanie przychodów. W takich okolicznościach bardzo istotnym zadaniem jest wykorzystywanie wszystkich możliwości intelektualnych i merytorycznych pracowników terenowych Lasów Państwowych w zakresie kształtowania korzystnej jakości hodowlanej i technicznej drzewostanów.

Na podstawie przeprowadzonych badań terenowych i uzyskanych w ich rezultacie wyników dotyczących zarówno pokrywy glebowej, jak i cech biometrycznych drzewostanów sosnowych, a także w oparciu o materiały źródłowe można sformułować następujące uogólnienia i wnioski szczegółowe:

1. Budowa geomorfologiczna, warunki klimatyczne (zwłaszcza opady atmosferyczne), właściwości skał glebotwórczych, monotonia leśnych zbiorowisk roślinnych i wielowiekowa działalność człowieka sprawiły, że w zasięgu terytorialnym Nadleśnictwa Tuchola, w tym również na terenie Leśnictwa Żółwiniec-Szkółka, występują różne stadia rozwojowe porolnych gleb rdzawych właściwych, biellicowych i brunatnych.

2. Zawartość oraz przestrzenno-profilowe rozmieszczenie produktów rozkładu szczątków obumarłych organów i tkanek roślinnych (szczególnie węgla organicznego) w porolnych glebach leśnych pod okapem średniowiekowych drzewostanów sosnowych ma doniosłe znaczenie praktyczne, ponieważ dopływ składników pokarmowych roślin wraz z opadem organicznym (np. azotu, wapnia, magnezu i potasu) jest ściśle powiązany z naturalnym obiegiem materii w środowisku leśnym i nie może, przynajmniej w obecnych warunkach gospodarki leśnej, być uzupełniany w sposób sztuczny.

3. Wprowadzenie buka zwyczajnego, w charakterze produkcyjnych podsadzeń, na glebach porolnych w warunkach boru mieszanego świeżego wydaje się – w świetle przeprowadzonych badań – gospodarczo uzasadnione. Typem gospodarczym drzewostanu pozostaje nadal drzewostan sosnowy, jednak pojawiający się pod jego okapem (w późniejszym wieku) podrost bukowy w wystarczającym stopniu spełniać będzie swoją funkcję biocenotyczną.

4. Budowa morfologiczna (poziom płuźny Ap) oraz fizykochemiczne i chemiczne właściwości gleb porolnych są w dużym stopniu rezultatem stosowanych w przeszłości zabiegów corocznej homogenizacji powierzchniowych warstw gleby oraz nawożenia organicznego i mineralnego, a także środków ochrony roślin. Wysoka zawartość wymiennych kationów alkalicznych w poziomie próchnicznym mineralnym (Ap) umożliwia leśne zagospodarowanie gleb rolniczo użytkowanych w minionych dziesięcioleciach, z zastosowaniem bardzo urozmaiconego składu gatunkowego, chroniącego gleby te przed degradacją i zwiększającego odporność biologiczną pierwszych pokoleń lasu.

5. Produkcyjne podsadzenia bukowe w średniowiekowych drzewostanach sosnowych, w warunkach siedlisk porolnych, wywierają korzystny wpływ na budowę morfologiczną i właściwości biofizykochemiczne ektopróchnicy leśnej typu moder.

6. Buk zwyczajny (*Fagus sylvatica* L.) wprowadzony w charakterze podsadzeń produkcyjnych w sosnowych drzewostanach porolnych oddziałuje w znaczącym stopniu przede wszystkim na budowę morfologiczną oraz na właściwości fizyczne, fizykochemiczne i chemiczne powierzchniowych (próchniczno-mineralnych) poziomów glebowych (A/Ap).

7. Na badanych powierzchniach w drzewostanach sosnowych z produkcyjnymi podsadzeniami bukowymi stwierdzono wyraźne różnice nie tylko w budowie ektopróchnicy leśnej (OI+Ofh), lecz również w mineralnych poziomach próchnicznych (Ap) pokrywy glebowej w porównaniu z budową morfologiczną gleb pod okapem drzewostanów bez podsadzeń bukowych.

8. W drzewostanach sosnowych z produkcyjnymi podsadzeniami bukowymi występują w znacząco większym stopniu oczyszczone pnie drzew wykazujące tym samym lepszą jakość hodowlaną i techniczną zapewniającą produkcję bezszęcznego drewna sosnowego.

9. Wyższą produktywność porolnych drzewostanów sosnowych, w warunkach boru mieszanego świeżego, stwierdzono na wszystkich badanych powierzchniach z produkcyjnymi podsadzeniami bukowymi w porównaniu z drzewostanami, w których nie zastosowano podokapowych podsadzeń bukiem zwyczajnym.

Podziękowania

Autorzy bardzo serdecznie dziękują Pani dr Hannie Kletkiewicz za nieocenioną pomoc przy opracowaniu analizy statystycznej uzyskanych wyników badań laboratoryjnych gleb oraz cech biometrycznych drzewostanów sosnowych na powierzchniach badawczych.

LITERATURA

- Bednarek R., Dziadowiec H., Pokojska U., Prusinkiewicz Z. (2004). *Badania ekologiczno-gleboznawcze*. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
- Bernadzki E. (2006). *Cele hodowlane i ich realizacja w przebudowie drzewostanów*. Sylwan, 150, 12: 3-11.
- Białobok S., red. (1990). *Buk zwyczajny (Fagus sylvatica L.)*. *Nasze drzewa leśne*, t. 10. Polskie Wydawnictwo Naukowe. Warszawa-Poznań.
- Brożek S. (2017). *Gleboznawstwo leśne. Synteza wiedzy o glebach zbliżonych do naturalnych i o ich relacjach z roślinnością w lasach Polski*. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.
- Cyzman W. (2013). *Uwarunkowania siedliskowe i gospodarcze kształtowania naturalnych buczyn ze związku Fagion sylvaticae na granicy zasięgu buka zwyczajnego w Polsce północnej i środkowej*. W: Kannenberg K., red. Zarządzanie ochroną przyrody w lasach, t. VII: 38-65. Wyższa Szkoła Zarządzania Środowiskiem w Tucholi.
- Fonder W. (2007). *Przebudowa drzewostanów w trwale zrównoważonym leśnictwie*. Biblioteczka Leśniczego, z.251. Wydawnictwo Świat. Warszawa.
- Gwiazdowicz D., red. (2006). *Gospodarka leśna a ochrona przyrody*. Wydanie I. Polskie Towarzystwo Leśne, Oddział Wielkopolski. Wydawnictwo ORNATUS. Poznań.
- Ilmurzyński E. (1969). *Szczegółowa hodowla lasu*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa.
- Klasyfikacja gleb leśnych Polski* (2000). Opracowanie zespołowe (Biały K., Brożek S., Chojnicki J., Czępińska-Kamińska D., Januszek K., Kowalkowski A., Krzyżanowski A., Okołowicz M., Sienkiewicz A., Skiba S., Wójcik J., Zielony R.). Wydanie trzecie. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych. Warszawa.
- Kletkiewicz M. (2018). *Wpływ produkcyjnych podsadzeń bukowych na wybrane właściwości gleb i cechy taksacyjne sosnowych drzewostanów porolnych w Nadleśnictwie Tuchola*. Praca dyplomowa magisterska, maszynopis: 1-99. Wyższa Szkoła Zarządzania Środowiskiem w Tucholi.

- Kletkiewicz M., Sienkiewicz A. (2021). *Glebowe kopce posówkowe – geneza, aktualny stan i możliwości ich zagospodarowania w drzewostanach sosnowych na przykładzie Nadleśnictwa Tuchola*. W: Kannenberg K., red. Zarządzanie ochroną przyrody w lasach, t. XIV: 63-105. Rocznik Wyższej Szkoły Zarządzania Środowiskiem w Tucholi.
- Kondracki J. (2000). *Geografia regionalna Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
- Kowalkowski A. (1983). *Wpływ pozyskania biomasy w drzewostanach sosnowych na obieg składników mineralnych oraz właściwości gleb siedlisk borowych*. Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Nr 598: 68-85. Warszawa.
- Matuszkiewicz J. M. (2008). *Regionalizacja geobotaniczna Polski*. Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN. Warszawa.
- Olszewska G. (2018). *Określenie intensywności przemian biochemicznych gleb w zależności od składu gatunkowego drzewostanu*. Leśne Prace Badawcze, 79, 4: 327-334. Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie.
- Operat siedliskowy na podstawach glebowych i fitosocjologicznych Nadleśnictwa Tuchola* (1998). Stan na 01.01.1998. Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej, Oddział w Gdyni.
- Plan urządzenia lasu dla Nadleśnictwa Tuchola sporządzony na okres od 01 stycznia 2008 roku do 31 grudnia 2017 roku na podstawie stanu lasu na dzień 01 stycznia 2008 roku*. Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej, Oddział w Gdyni, Wydział produkcyjny w Toruniu.
- Plan urządzenia lasu dla Nadleśnictwa Tuchola sporządzony na okres od 01 stycznia 2018 roku do 31 grudnia 2027 roku na podstawie stanu lasu na dzień 01 stycznia 2018 roku*. Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej, Oddział w Gdyni, Wydział produkcyjny w Toruniu.
- Poradnik Leśniczego* (1991). Praca zbiorowa pod redakcją Rogalińskiego K. (Przewodniczący): 1-690. Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Leśnictwa i Drzewnictwa. Wydawnictwo Świat. Warszawa.
- Puchalski T., Prusinkiewicz Z. (1990). *Ekologiczne podstawy siedliskoznawstwa leśnego*. Wydanie II zmienione. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa.
- Puchniarski T. H. (2014). *Gatunki domieszkowe i ich rola w kształtowaniu drzewostanu*. Biblioteczka Leśniczego, z.365. Wydawnictwo Świat. Warszawa.
- Rozwałka Z. (2001). *Sposoby prowadzenia przebudowy drzewostanów w świetle celów trwałej, zrównoważonej i wielofunkcyjnej gospodarki leśnej*. Biblioteczka Leśniczego, z. 144. Wydawnictwo Świat. Warszawa.
- Rozwałka Z. (2005). *Przebudowa składu gatunkowego i struktury drzewostanów w Lasach Państwowych*. Biblioteczka Leśniczego, z. 210. Wydawnictwo Świat. Warszawa.
- Rutkowski P., Maciejewska-Rutkowska I. (2004). *Coniferous mixed mesic forest as an example of divergence between a forest site type and unit of potential natural vegetation*. In: Brzeg A., Wojterska M. (Eds.). Coniferous forests vegetation – differentiation, dynamics and transformations. Wydawnictwo Naukowe UAM, Seria Biologia, t. 69: 305-312.
- Siedliskowe podstawy hodowli lasu* (2004). Załącznik do Zasad hodowli lasu (2003). Ośrodek Rozwojowo-Wdrożeniowy Lasów Państwowych w Bedoniu. Warszawa.

- Sienkiewicz A., Szymańska M., Zientarski J. (1988). *Wpływ zrębowego sposobu zagospodarowania lasu na kształtowanie się wybranych właściwości biologicznych gleb leśnych*. Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Wydział Nauk Rolniczych i Leśnych, Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych, 66: 129-137.
- Szymański S. (2000). *Ekologiczne podstawy hodowli lasu*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa.
- Tarasiuk S. (1999). *Buk zwyczajny (Fagus sylvatica L.) na obrzeżach zasięgu w Polsce*. Fundacja „Rozwój SGGW”. Warszawa.
- Włoczewski T. (1968). *Ogólna hodowla lasu*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa.
- Woś A. (1999). *Klimat Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
- Zasady hodowli lasu* (2012). Centrum Informacyjne Lasów Państwowych. Załącznik do Zarządzenia Nr 53 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 21 listopada 2011 roku, obowiązującym w jednostkach organizacyjnych Lasów Państwowych od dnia 01 stycznia 2012 roku.
- Zasady hodowli lasu* (2023). Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe. Załącznik Nr 1 do Zarządzenia DGLP Nr 108 z dnia 05 grudnia 2023 r.
- Zielony R., Kliczkowska A. (2012). *Regionalizacja przyrodniczo-leśna Polski 2010*. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych Warszawa.

STRESZCZENIE

Istotą trwałego i zrównoważonego rozwoju lasu jest takie zarządzanie i użytkowanie jego zasobami, które pozwolą w długim czasie na zachowanie różnorodności biologicznej, produktywności i zdolności do naturalnego odnawiania się.

Celem przeprowadzonych badań w Nadleśnictwie Tuchola było określenie wpływu produkcyjnych podsadzeń bukowych na siedlisku boru mieszanego świeżego w sosnowych drzewostanach porolnych na wybrane właściwości fizyczne i fizykochemiczne poziomów próchnicznych mineralnych (Ap) gleb. Równocześnie ważnym celem pracy jest poszukiwanie odpowiedzi na pytanie, czy produkcyjne podsadzenia bukowe wywierają istotny wpływ na cechy taksacyjne sosny zwyczajnej?

Terenowe prace badawcze (gleboznawcze i biometryczne) wykonano na powierzchniach doświadczalnych założonych w Leśnictwie Żółwiniec-Szkółka w wybranych drzewostanach sosnowych (oddziały 24g, 42f, 42Ab). W każdym wydzieleniu (pododdziale) wybrano po dwa warianty badawcze: bez podsadzeń bukowych oraz z podsadzeniami bukowymi.

Uzyskane wyniki w rezultacie przeprowadzonych badań potwierdziły, że wprowadzenie buka zwyczajnego na gleby porolne w średniowiekowych drzewostanach sosnowych (III b klasy wieku) ma niezwykle istotne znaczenie dla zwiększenia bioróżnorodności ekosystemu leśnego w warunkach boru mieszanego świeżego. Produkcyjne podsadzenia bukowe oddziałują korzystnie na fizyczne i fizykochemiczne właściwości powierzchniowych poziomów genetycznych gleb porolnych, w szczególności na budowę morfologiczną ektopróchnicy leśnej oraz wywierają istotny wpływ na cechy taksacyjne sosny zwyczajnej (grubość pierśnicową i bieżące roczne przyrosty wysokości), poprawiając jej jakość techniczną i zwiększając aktualną produktywność drzewostanów.

SUMMARY

The essence of sustainable forest development is the management and use of its resources in such a way that allows for the long-term preservation of biodiversity, productivity, and the ability for natural regeneration.

The aim of the research conducted in the Tuchola Forest District was to determine the impact of productive beech underplanting in a fresh mixed forest in pine stands on former agricultural land on selected physical and physicochemical properties of the mineral humus horizons (Ap) of soils. At the same time, an important objective of the study is to seek an answer to the question of whether productive beech underplanting has a significant impact on the biometric characteristics of Scots pine.

Field research (soil science and biometric) was conducted on experimental plots established in the Żółwiniec-Szkółka Forest District within selected pine stands (compartments 24g, 42f, 42Ab). Two experimental variants were selected in each compartment: one without beech underplanting and one with beech underplanting.

The results obtained from the conducted research confirmed that introducing European beech onto former agricultural soils in middle-aged pine stands (III b age class) is highly significant for increasing the biodiversity of the forest ecosystem in conditions of fresh mixed coniferous forest. Productive beech underplanting positively influences the physical and physicochemical properties of the surface genetic horizons of former agricultural soils, particularly enhancing the morphological structure of forest litter and significantly affecting the biometrical characteristics of Scots pine (stem diameter at breast height and current annual height increments), thereby improving its technical quality and increasing the current productivity of the stands.