

Analiza wpływu pożaru na wybrane cechy fitocenozy boru sosnowego w aspekcie hodowli lasu

Piotr Sewerniak

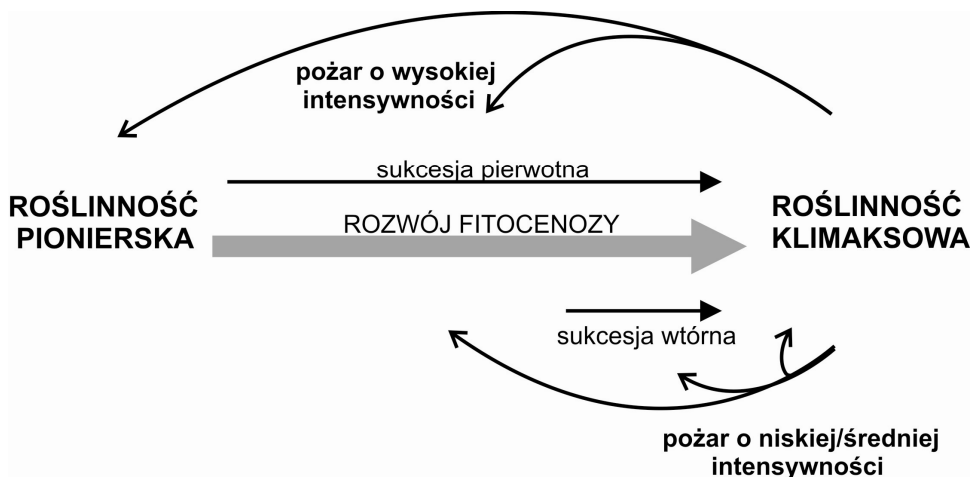
Wprowadzenie

Pożar, jako zjawisko katastroficzne, ma fundamentalny wpływ na fitocenozę. Wpływ ten ma charakter bezpośredni, kiedy rośliny ulegają całkowitemu lub częściowemu spaleniowi oraz gdy na skutek wysokich temperatur występują zmiany w fizjologii roślin. Drzewa cierpią od działania ognia na pień (głównie przez zaburzenie czynności miazgi i łyka), a także korony oraz korzeni [Smirnova i in. 2008]. Wpływ pożaru na fitocenozę może mieć również charakter pośredni [Daubenmire 1973], głównie poprzez kształtowanie właściwości gleby [Pritchett 1979, Kasischke i in. 1995, DeBano i in. 1998, Kaczmarek i in. 2004, Dziadowiec 2010, Gonet 2010]. Zazwyczaj po kataklizmie ma miejsce krótkotrwały wzrost żyzności gleby, jednak po kilku latach większość uwolnionych na skutek wpływu ognia, dostępnych dla roślin składników pokarmowych zostaje z niej wymytych i ostatecznie pożar przyczynia się do wyjałowienia gleby [Daubenmire 1973, Pritchett 1979, Brais i in. 2000].

Kluczowe znaczenie dla rozwoju fitocenozy ma intensywność pożaru [Pritchett 1979, DeBano i in. 1998], od której ściśle zależy stopień uwstecznienia roślinności na mniej zaawansowany etap sukcesji. Nawiązuje to do klasycznego modelu sukcesji Clementsa (Rysunek 1), zgodnie z którym klimaksowe zbiorowisko roślinne dla danego obszaru jest w warunkach naturalnych zastępowane po pożarze przez zbiorowisko odpowiadające wcześniejszemu etapowi sukcesji. Charakter odtwarzającego się zbiorowiska jest natomiast ściśle zależny od intensywności pożaru, uwstecznienie roślinności w szeregu sukcesyjnym jest tym większe im bardziej intensywny pożar miał miejsce [DeBano i in. 1998]. Ze względu na to, że po pożarach lasu roślinność powraca na wcześniej zajmowane stanowiska sukcesja na pożarzyskach leśnych ma charakter sukcesji wtórnej [Falińska 2004].

Istnieje przynajmniej kilka podziałów pożarów lasu. Najczęściej pożary te dzieli się na następujące rodzaje: pożary ziemne, przyziemne, wierz-

chołkowe oraz pożary pojedynczych drzew [Dominik 1977]. Wielki pożar lasu w Cierpiszewie z 1992 roku (2868 ha [Sroka i in. 2010]), na przykładzie którego dokonano analizy podjętego tematu, był pożarem mieszanym. W części miał on charakter pożaru przyziemnego (zwanego też dolnym), w części zaś pożaru wierzchołkowego (inaczej górnego). Żywiol w poszczególnych drzewostanach miał także różną intensywność, w efekcie czego jego wpływ na fitocenozę był zróżnicowany. Wystąpiły części lasu, w których wszystkie drzewa, krzewy oraz rośliny runa obumarły na skutek pożaru. W innych rejonach pożarzyska (głównie tam gdzie miał miejsce pożar przyziemny) nadpalony został poziom organiczny gleby, z roślin w największym stopniu ucierpiała roślinność runa, zaś drzewa z drzewostanu głównego w większości przeżyły pożar, choć w następnych latach odchorowały nadpalenie pnia.



Rysunek 1. Rozwój roślinności według klasycznego modelu sukcesji Clementsa. Sukcesja pierwotna zachodzi na podłożu świeżo uformowanym, (np. lawa, piaski wydmowe), zaś sukcesja wtórna np. po pożarach lasu [wg DeBano i in. 1998]

Sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris*) jest gatunkiem wyraźnie przystosowanym do życia w warunkach presji ze strony ognia. Świadczy o tym gruba kora w odziomkowej części pnia, głęboki system korzeniowy, wysoko położona korona oraz budowa szyszek, które charakteryzują się relatywnie grubymi łuskami chroniącymi nasiona przed wysoką temperaturą.

Pomimo ewidentnych przystosowań sosny do życia w warunkach występowania pożarów, bory sosnowe, zwłaszcza ubogie o braku lub z niewielkim udziałem domieszek gatunków liściastych, są w Polsce drzewostanami szczególnie silnie narażonymi na pożary [Dominik 1977, Czerwiński 1993, Puchniarski 2008]. Jednogatunkowy charakter lasów okolic Cierpiszewa, wynikający w dużej mierze z ubożego charakteru siedlisk, predysponował ten obszar do pożaru. Występowanie rozległych monokultur so-

snowych z pewnością przyczyniło się do wielkopowierzchniowego charakteru kataklizmu. Dwa inne wielkoobszarowe pożary w Polsce podczas upalnego lata w 1992 r. (w Potrzebowicach i w Rudach Raciborskich) również miały miejsce w lasach ze zdecydowaną dominacją sosny zwyczajnej w składzie gatunkowym drzewostanów.

Czynnikiem dodatkowo predysponującym lasy w okolicach Torunia do pożaru są warunki klimatyczne. Średnioroczne opady atmosferyczne wynoszą w tym rejonie zaledwie około 520 mm [Wójcik i Marciniak 2006], co sprawia że pod względem klimatu jest to jeden z najsuchszych obszarów w skali całej Polski.

Zagospodarowanie wielkich pożarzysk wiąże się z poważnymi dylematami związanymi z hodowlą lasu [Szabla 1994, Dobrowolska 2008, Sroka i in. 2010]. Dotyczą one między innymi zasadności pozostawiania na pniu drzew nadpalonych, które zdołały przeżyć kataklizm, a także wykorzystania w hodowli lasu pojawiających się często licznie po pożarze samosiewów sosny. Celem niniejszej pracy jest dokonanie analizy wpływu pożaru na wybrane cechy fitocenozy boru sosnowego. W związku z tym, że podjęty temat jest istotny z punktu widzenia praktyki leśnej, problem badawczy analizowano w nawiązaniu do hodowli lasu.

Najważniejsze zagadnienia metodyki badań

Wpływ pożaru na fitocenozę boru sosnowego analizowano na trzech powierzchniach badawczych na terenie Nadleśnictwa Cierpiszewo (Obręb Cierpiszewo). Wszystkie z nich charakteryzują się zbliżonymi warunkami litologiczno-glebowymi, z glebą biellicowo-rdząwą wytworzoną z piasków luźnych. Zestawienie powierzchni oraz założonych na nich poletek badawczych przedstawiono w Tabeli 1.

Pierwsza z powierzchni badawczych położona jest w pododdziale 97d, w 93-letnim borze sosnowym. W drzewostanie tym przebiega granica zasięgu pożaru, który miał tu charakter przyziemny. Na powierzchni tej założono dwa poletka badawcze (każde o wielkości 1600 m²), jedno na terenie, a drugie tuż poza granicą pożarzyska. Na poletkach tych pomierzono wysokości oraz pierśnice wszystkich sosen z górnego piętra drzewostanu. Na każdym poletku, w 20 sosnach o przeciętnej pierśnicy (około 25 cm), wykonano odwiert świdrem Presslera, na podstawie którego określono szerokość jednostronnego przyrostu radialnego drewna z okresu od 1993 do 2008 r. W obrębie obu poletek rozstawiono po 10 chwytaczy opadu roślinnego z warstwy drzew, którego dynamikę analizowano w cyklu rocznym (od 12.2006 do 11.2007 r.). Zawartość chwytaczy była wybierana w połowie każdego miesiąca, a w okresie najintensywniejszego opadu w jesieni, także na przełomie miesięcy. Na obu poletkach badawczych wykonano zdjęcie fitosocjologiczne, a także zinwentaryzowano występujące podokapowe samosiewy sosny.

Drugą powierzchnię badawczą założono w środkowej części pożarzyska, gdzie w bezpośrednim sąsiedztwie występują trzy pododdziały o

odmiennym sposobie postępowania hodowlanego. W wydzieleniu 237a po pożarze przyziemnym został pozostawiony na pniu drzewostan sosnowy, pod okapem którego obecnie występuje młodnik pochodzący z samosiewu (obsiew górny). Na dwóch kolejnych poletkach doświadczalnych omawianej powierzchni badawczej sosny po pożarze zostały wycięte, a teren uprzątnięty z nadpalonych pozostałości organicznych. W pododdziale 217d glebę przygotowano za pomocą pługu LPZ i założono uprawę sosnową sadzeniem, zaś teren w wydzieleniu 236b pozostawiono bez przygotowania gleby, celem naturalnego odnowienia sosny. Na wszystkich trzech poletkach powierzchni badawczej dokonano pomiarów dendrometrycznych młodego pokolenia sosen. Samosiewy mierzono na powierzchniach kołowych, zaś w młodniku odnowionym sadzeniem mierzono wszystkie drzewa w co drugim rzędzie. Dla celów porównawczych, w analogiczny sposób jak w pododdziale 217d, dodatkowo przeprowadzono pomiary dendrometryczne w młodniku sosnowym odnowionym sadzeniem znajdującym się poza terenem pożarzyska (oddz. 166b, Tabela 1).

Tabela 1. Zestawienie powierzchni i poletek badawczych

Numer powierzchni badawczej	Lokalizacja [pododdz.]	Charakterystyka poletka badawczego
I	97d	Drzewostan sosnowy w wieku 93 lat po pożarze przyziemnym z podokapowym samosiewem sosny
	97d	Drzewostan sosnowy w wieku 93 lat tuż poza granicą pożarzyska
II	237a	Drzewostan sosnowy w wieku 77 lat po pożarze przyziemnym z podokapowym samosiewem sosny
	236b	Młodnik sosnowy z naturalnego odnowienia z obsiewu bocznego (bez osłony górnej) na terenie pożarzyska
	217d	Młodnik sosnowy odnowiony sadzeniem na terenie pożarzyska
	166b	Młodnik sosnowy odnowiony sadzeniem poza pożarzyskiem (kontrola)
III	911	Uprawa sosnowa założona na terenie niewielkiego pożarzyska z 2003 r.
	911	Uprawa sosnowa tuż poza granicą pożarzyska z 2003 r.

Analizowane młodniki z odnowienia sztucznego w roku pomiaru były w wieku 14 lat, zaś wszystkie samosiewy (oddz. 97d, 236b, 237a) w wie-

ku 13-14 lat. Grubość drzew w młodnikach mierzono na wysokości 1 m, zaś w przypadku sosen niższych niż 1,5 m w połowie ich wysokości.

W pododdziale 911, na uprawie sosnowej powstałej z sadzenia, założono trzecią powierzchnię badawczą. Uprawa ta częściowo założona została na terenie objętym niewielkim pożarem w 2003 roku. Na tej powierzchni badawczej pomierzono wszystkie występujące młode sosny (wysokości w latach 2005 – 2008 na podstawie okółków rocznych oraz grubość na wysokości 10 cm od powierzchni gleby) na 200 metrach bieżących rzędów, na poletku z pożarem oraz bez pożaru. Sosny w roku pomiaru były na tej powierzchni badawczej w wieku 6 lat.

Górne piętro drzewostanu

Pożar wierzchołkowy najczęściej powoduje obumarcie drzew w drzewostanie iglastym. W przypadku pożaru przyziemnego, który nie obejmuje koron dojrzałych drzew, a jedynie powoduje nadpalenie ich pni, kluczowe znaczenie ma stopień zabicia miazgi przez wysoką temperaturę, co jest ściśle zależne od intensywności pożaru, długości ogrzewania pnia i grubości kory [Bova i Dickinson 2005]. Dominik [1977] wyróżnił cztery kategorie drzew ze względu na charakter uszkodzenia kambium:

1. drzewa o zabitej miazdze wokół całego obwodu pnia,
2. drzewa jednostronnie uszkodzone przez ogień, przy czym w miejscu uszkodzenia kora i powierzchniowe warstwy drewna są zwęglone,
3. drzewa jednostronnie uszkodzone przez ogień, przy czym kora jest nadpalona, a pod nią miazga uległa zabiciu,
4. drzewa o jednostronnie nadpalonej lub odymionej korze, przy czym miazga wokół całego obwodu pnia pozostała żywa.

Jedynie drzewa pierwszej kategorii ulegają szybkiemu obumarciu. Drzewa grupy 2 i 3 najczęściej nie zamierają, choć ich kondycja zdrowotna, zależnie od intensywności pożaru, okresowo bądź trwale pogarsza się. Uszkodzenia pnia opisane w kategorii 4 wydają się nie wpływać istotnie na pogorszenie kondycji drzew [Dominik 1977].

Istotne znaczenie dla stopnia negatywnego wpływu pożaru przyziemnego na sosnę ma grubość jej kory w dolnej części pnia [Daubenmire 1973]. Ze względu na małą wilgotność i przewodność termiczną tej tkanki jest ona dobrym izolatorem ciepła i gruba korowina często skutecznie chroni miazgę przed wysokimi temperaturami [Bova i Dickinson 2005]. Dodatkłą korelację między grubością kory, a przeżywalnością sosny żółtej zaobserwowali w lasach Kaliforni badacze van Mantgem i Schwartz [2004].

Grubość kory sosny najczęściej ściśle nawiązuje do wieku drzewa, stąd znacznie poważniej od pożaru przyziemnego cierpią sosny młodsze niż starsze. Na Fotografii 1 i 2 przedstawiono przykład trwałego uszkodzenia

pnia sosny, która podczas pożaru w Cierpiszewie była w wieku 34 lat. Na skutek jednostronnego nadpalenia drzewa (2 lub 3 kategoria uszkodzenia kambium według Dominika [1977]) 16 lat po pożarze w dolnej części pnia zaznacza się wyraźna martwica (zabitka) pożarowa (Fot. 1 i 2), której występowanie znacznie obniża jakość techniczną i wartość użytkową drewna. W drzewostanach sosnowych, które przeżyły kataklizm w Nadleśnictwie Cierpiszewo, będących podczas pożaru w starszych klasach wieku podobne wady drewna występują obecnie relatywnie rzadko.

DeBano i in. [1998] zwracają uwagę, że większa przeżywalność pożarów przyziemnych przez drzewa grubsze niż cieńsze nie jest regułą, czasami nawet może występować zjawisko odwrotne. Wynika to z faktu, że drzewa posiadające grubszą korę mają przeważnie większe rozmiary od drzew z korą cieńszą, tak więc najczęściej dostarczają więcej opadu biomasy z koron. W efekcie przy pniach drzew o grubej korowinie może gromadzić się więcej ściółki, co przekłada się na większą intensywność pożaru przyziemnego, a przez to większe zagrożenie dla życia i zdrowia drzewa.

Okolicznością sprzyjającą przeżyciu przez część drzewostanów sosnowych pożaru przyziemnego w Cierpiszewie był letni termin kataklizmu (10-11.08.1992 r.). W okresie lata wilgotność kory jest najniższa [DeBano 1998], a odporność tkanek roślinnych na wysoką temperaturę jest ujemnie skorelowana z zawartością wody. Letni termin pożaru umożliwił zatem najlepszą w ciągu roku ochronę miazgi przez korę przed wysoką temperaturą. Innym czynnikiem sprzyjającym przetrwaniu pożaru przez część drzewostanów sosnowych w Cierpiszewie był brak podrostów świerkowych pod górnym piętrzem drzewostanu (teren pożarzyska leży poza naturalną granicą świerka). Wykorzystując takie podrosty pożar przyziemny często przekształca się w zdecydowanie bardziej groźny dla drzewostanu głównego pożar wierzchołkowy, co miało miejsce na przykład podczas wielkopowierzchniowego pożaru w Rudach Raciborskich w 1992 r. [Szabla 1994].

Efektom osłabienia kondycji dojrzałych sosen przez pożar przyziemny jest zmniejszenie dynamiki ich wzrostu. Zjawisko to analizowano na terenie pożarzyska w Cierpiszewie w pododdziale 97d. Na podstawie wyników pomiarów dendrometrycznych wykazano niższą średnią wysokość oraz pierśnicę sosen występujących w tym pododdziale na poletku z pożarem dolnym w porównaniu z sosnami na poletku bez pożaru (Tabela 2).

Analiza średniego przyrostu radialnego drewna drzew w okresie 1993-2008 r. potwierdza, że ma to związek z wpływem kataklizmu z 1992 r. Wydaje się, że pożar wpłynął na powierzchni badawczej w oddziale 97d w większym stopniu na zmniejszenie wzrostu na grubość niż na wysokość sosen (Tabela 2), co potwierdza analiza istotności statystycznej uzyskanych różnic cech dendrometrycznych sosen na porównywanych poletkach. Różnice w pierśnicy oraz przyroście radialnym są istotne statystycznie ($p < 0,05$), zaś różnice w wysokości porównywanych grup drzew były na granicy istotności ($p = 0,06$). Warto zwrócić uwagę, że różnice w przyroście drewna są mniejsze niż różnice w pierśnicy drzew na analizowanych poletkach badawczych. Odwierty świdrem Presslera wykonano w drzewach o

przeciętnej pierśnicy w drzewostanie (około 25 cm), być może zatem mniejsza średnia pierśnica drzew na poletku po pożarze wynika ze słabszego przyrostu na grubość po kataklizmie sosen najcieńszych lub najgrubszych.

Tabela 2. Wyniki pomiarów dendrometrycznych górnego piętra drzewostanu sosnowego (oddz. 97d)

Poletko badawcze	Liczba drzew	H [m]	D [cm]	PR [mm] (N = 20)	Zasobność grubizny [m ³ · ha ⁻¹]
bez pożaru	71	19,0±1,4 (V=7,4)	25,9±3,7 (V=14,3)	18,2±3,4 (V=18,7)	207
po pożarze przyziemnym	77	18,6±1,1 (V=5,9)	24,3±4,3 (V=17,8)	15,9±3,5 (V=22,1)	196

Oznaczenia: H – średnia wysokość; D – średnia pierśnica; PR – średnia szerokość przyrostu radialnego drewna drzew w okresie 1993-2008 r.; V – współczynnik zmienności

Zmniejszenie dynamiki wzrostu sosen, które przeżyły pożar przyziemny jest naturalnym efektem osłabienia drzew przez wysoką temperaturę. Negatywny wpływ pożaru dolnego na funkcjonowanie drzewa nie wiąże się wyłącznie z nadmiernym ogrzaniem pnia i możliwością uszkodzenia miazgi. Pomimo tego, że poziom organiczny gleby jest dobrym izolatorem ciepła [Wojtkowiak i in. 2003], a także poziomy mineralne gleby charakteryzują się słabą przewodnością termiczną [Dziadowiec 2010], w czasie pożaru mogą istotnie ucierpieć korzenie drzew [Dominik 1977, DeBano i in. 1998, Smirnova i in. 2008]. Wysoka temperatura wpływa również niekorzystnie na edafon glebowy, co z punktu widzenia sosny zwyczajnej, gatunku drzewa obligatoryjnie mikoryzowego [Rudawska 1993], może mieć istotne znaczenie w przypadku choć częściowej eliminacji grzybów mikoryzowych. DeBano i in. [1998] podają, że temperaturą progową dla przeżywalności grzybów jest wartość 60–80°C, zaś dla korzeni drzew jedynie 48–54°C. Negatywny wpływ ognia na system korzeniowy dotyczy w największym stopniu korzeni drobnych. Smirnova i in. [2008] wykazali, że w północnej Szwecji ogólna biomasa żywych korzeni sosny zwyczajnej zmniejszyła się w następstwie pożaru o 26%, zaś korzeni najcieńszych (o średnicy mniejszej niż 2 mm) aż o 80%.

Pnie sosen na poletku po pożarze przyziemnym w pododdziale 97d są nadpalone w największym stopniu od strony zachodniej i tylko w pojedynczych przypadkach kora jest nadpalona na całym obwodzie strzały. Świadczy to o względnie stałym kierunku przemieszczania się ognia podczas pożaru (z zachodu na wschód) w tym wydzieleniu. Pożar w pododdziale 97d przemieszczał się prawdopodobnie stosunkowo szybko, a czas ogrzewania pnia był krótki, co umożliwiło drzewom przeżycie. Warto zaznaczyć, że mimo opalenia tylko części obwodu pni sosen, pożar spowodował wyraźne straty w masie drzewostanu. Obliczona zasobność grubizny na po-

letku po pożarze przyziemnym jest, mimo większej liczby drzew, około 5% niższa w porównaniu z poletkiem bez pożaru w oddz. 97d (Tabela 2).

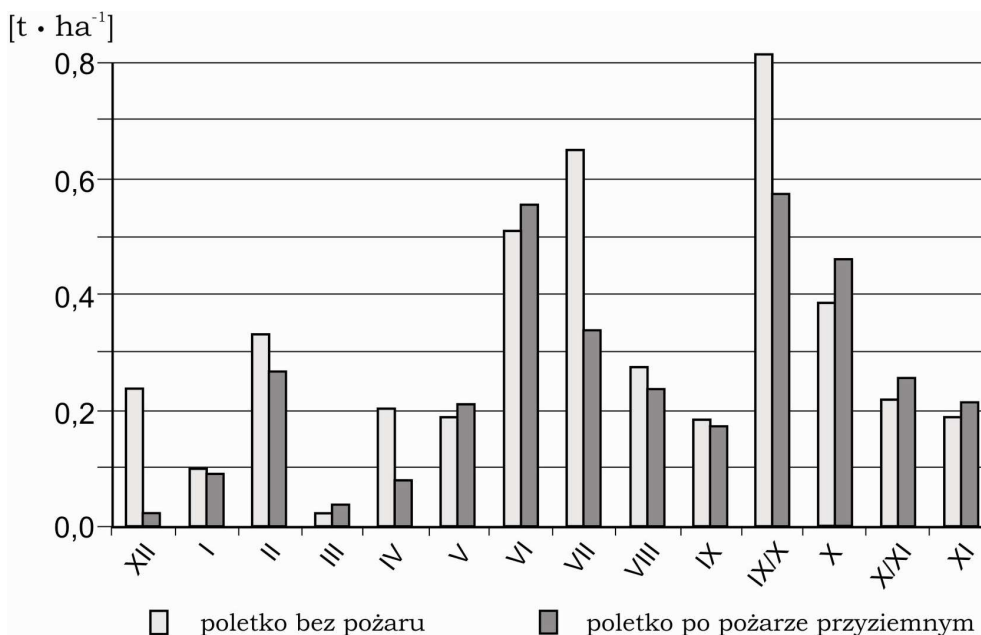
Ważną fizjologiczną zmianą funkcjonowania sosen osłabionych przez pożar jest znaczny wzrost wytwarzanych ilości lotnych związków organicznych, które są produkowane przez wiele gatunków roślin w warunkach stresu [Kelsey i Joseph 2003]. Badania przeprowadzone w stanie Oregon USA, wykazały że w drzewostanie sosny żółtej istnieje silna zależność między zawartością etanolu w drzewie, a jego kondycją zdrowotną po pożarze. Autorzy cytowanych badań [Kelsey i Joseph 2003] wykazali, że zawartość etanolu w drzewach dotkniętych pożarem była nawet do 53 razy wyższa niż w sosnach z powierzchni kontrolnej oraz, że zawartość tego związku może być dobrym wskaźnikiem oceny możliwości przeżycia sosen osłabionych przez ogień.

Sosna po pożarze obficie wytwarza żywice [Santoro i in. 2001], których zapach stymuluje szkodniki owadzie do zasiedlenia osłabionych drzew. Może to doprowadzić do obumarcia sosen, a także do powstania w lesie ognisk rozprzestrzeniania się niepożądanych z punktu widzenia ochrony lasu gatunków owadów. Z tego powodu dotknięte przez pożar sosny, które przeżyły kataklizm, są w praktyce prowadzenia gospodarki leśnej w Polsce często wycinane. Spełniany jest w ten sposób postulat nadrzędności zabiegów ochroniarskich nad celami hodowlanymi na pożarzyskach [Szabla 1994], co z punktu widzenia hodowli lasu może być kontrowersyjne. Pozostawione na pniu sosny na terenie pożarzyska w Cierpiszewie spośród szkodników owadzych w największym stopniu zaatakowane zostały przez przyplaszczka granatka (*Phaenops cynaeva*) oraz przez cetyńce (*Tomicus sp.*). Zjawisko to zdecydowanie jednak nie miało charakteru inwazji powodującej masowe zamieranie drzew. Żywe sosny pozostawione na pożarzysku odegrały natomiast bardzo istotną rolę reprodukcyjną. Pożary pobudzają sosny do obradzania nasion [Czerwiński 1993], co wyraźnie miało miejsce na pożarzysku w Cierpiszewie. W okresie kilku lat po pożarze pozostawione na pniu sosny dokonały intensywnego obsiewu nasion umożliwiając powstanie, jak się okazało, najczęściej w pełni wartościowych pod względem hodowlanym samosiewów.

W niektórych przypadkach zaznacza się pozytywny wpływ pożaru na dynamikę wzrostu drzew w górnym piętrze drzewostanu [DeBano 1998]. Sytuację taką wiązać należy z pożarami o małej intensywności, które szkodzą drzewom w niewielkim stopniu, zaś powodują krótkotrwałe lecz wykorzystane przez drzewa wzrost żyzności gleby. Pozytywny wpływ ognia na wzrost drzew może także mieć miejsce w przypadku pożaru o większej intensywności, w wyniku którego część drzew zamiera i zagęszczenie żywych drzew z górnego piętra drzewostanu ulega zmniejszeniu. Drzewa które przeżyły kataklizm mogą mieć w następnych latach większą dynamikę wzrostu, co wynika głównie z mniejszej konkurencji o składniki pokarmowe, wodę i światło [DeBano i in. 1998]. Istotną rolę może mieć w takiej sytuacji zjawisko zrastania się korzeni drzew w biogrupach. Jak stwierdza Obmiński [1970] po usunięciu części drzew z drzewostanu sosnowego w

cięciach pielęgnacyjnych wzrost pozostawionych na pniu osobników staje się bardziej dynamiczny. Wynika to między innymi z polepszenia gospodarki wodnej i pokarmowej drzew na skutek przejścia części systemu korzeniowego sosen wyciętych przez sosny pozostawione na powierzchni. Prawdopodobnie analogiczne zjawisko może występować również na pożarzyskach, po uśmierceniu przez ogień części drzew w drzewostanie.

Oslabienie drzew spowodowane przez pożar często powoduje ubytek ich aparatu asymilacyjnego, co powszechnie obserwowane było na pożarzysku w Cierpiszewie w okresie kilku lat po kataklizmie. Efektem ubytku aparatu asymilacyjnego sosen jest w następnym okresie zmniejszenie masy opadu roślinnego z warstwy drzew, co przebadano na powierzchni badawczej w oddziale 97d. Roczna suma tego opadu na poletku bez pożaru ($4,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) była wyraźnie wyższa niż na poletku z pożarem przyziemnym ($3,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), co zaznaczyło się we większości poszczególnych terminów zbioru opadu z chwytnicy w ciągu roku (Rysunek 2).



Rysunek 2. Dynamika roczna masy opadu roślinnego z warstwy drzew w okresie 12.2006-11.2007 (oddz. 97d)

W rocznej dynamice opadu roślinnego na analizowanej powierzchni badawczej zaznaczają się na obu poletkach dwa maksima – wczesnojesienne (druga połowa września i pierwsza połowa października) związane ze zrzucaniem igieł oraz z przełomu wiosny i lata (czerwiec i lipiec) wiążące się głównie z opadem kwiatostanów sosny.

Należy zwrócić uwagę, że masa opadu roślinnego z warstwy drzew była badana w okresie od 12.2006 r. do 11.2007 r., a więc 14-15 lat po pożarze. Pomimo tego różnice na badanych poletkach były wyraźne. Świadczy to o tym, że ubytek w aparacie asymilacyjnym i związane z tym zmiany w fizjologii, a także w obiegu składników pokarmowych w układzie roślin-gleba są w drzewostanach sosnowych dotkniętych pożarem przyziemnym zjawiskami relatywnie długotrwałymi.

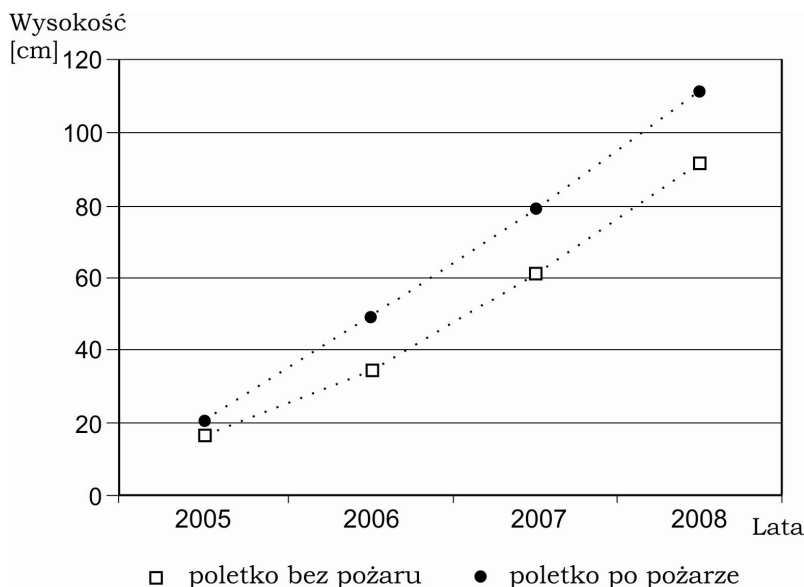
Wzrost sosny na etapie uprawy leśnej założonej sadzeniem

Dynamika wzrostu młodych sosen rosnących na terenie pożarzysk nawiązuje do dostępności składników pokarmowych w glebie. W pierwszych kilku latach uprawy założonej na powierzchni pokłeskowej obserwuje się najczęściej dynamiczny wzrost sosen. Jest on związany z wykorzystaniem przez drzewka dużej ilości składników pokarmowych uwolnionych na skutek pożaru z poziomu organicznego i przemieszczonych, w dostępnych dla roślin formach, do mineralnych poziomów gleby. Po kilku latach po pożarze, wraz z postępującym ubożeniem gleby związanym z wymywaniem składników pokarmowych poza system korzeniowy roślin, następuje wyraźny spadek dynamiki wzrostu młodych drzewek [Fraszewski 1994, Elliott i in. 1999, Johnstone i in. 2004]. Wyniki badań przeprowadzonych przez Mária i in. [2006] w młodych drzewostanach z sosną alepską w Katalonii świadczą o tym, że kilkuletni, korzystny wpływ pożaru na wzrost sosny występuje jedynie po pierwszym pożarze. Pozytywny wpływ pożaru na wzrost sosny nie został zaobserwowany przez cytowanych badaczy po kolejnych, dwóch pożarach powtarzających się na danej powierzchni w odstępie kilku lub kilkunastu lat.

Dynamika ilości składników pokarmowych w glebie po pożarze, wyraźnie odzwierciedla się w zawartości makroskładników w aparacie asymilacyjnym sosny. Olejarski [2003] badając uprawy sosnowe na pożarzysku w Cierpiszewie i w Rudach Raciborskich wykazał, że zawartość azotu, fosforu, potasu, wapnia i magnezu była 2 lata po pożarze znacznie wyższa w igłach sosen rosnących na pożarzyskach niż na powierzchniach kontrolnych położonych poza pożarzyskami. W kolejnych dwóch latach doświadczenia zależność ta utrzymała się w przypadku azotu i fosforu, natomiast zawartość potasu, wapnia i magnezu w igłach sosen rosnących na pożarzysku wyraźnie zmniejszyła się.

Pomiary dendrometryczne przeprowadzone na terenie Nadleśnictwa Cierpiszewo potwierdziły powyższe rozważania. Na podstawie wyników badań przeprowadzonych w pododdziale 911 można stwierdzić, że w okresie od 2005 do 2008 r., sosny rosnące w części wydzielenia objętej pożarem z 2003 r. miały większą dynamikę wzrostu niż sosny z powierzchni kontrolnej (Rysunek 3). Zaznacza się to nie tylko w średniej wysokości drzewek lecz także w ich przeciętnej grubości. Średnia grubość sosen rosnących na powierzchni po pożarze wyniosła w 2008 roku 3,1 cm, zaś na powierzchni bez pożaru 2,6 cm. Różnica ta, podobnie jak różnice w wysokości sosen dla

poszczególnych lat, były istotne statystycznie ($p < 0,01$). W świetle wyżej cytowanych badań [Fraszewski 1994, Olejarski 2003, Johnstone i in. 2004] można przypuszczać, że obserwowane różnice w dynamice wzrostu sosen na obu badanych poletkach w pododdziale 911 w przyszłości zanikną.



Rysunek 3. Średnie wysokości sosen w poszczególnych latach na etapie uprawy leśnej (oddz. 911)

Ciekawe wyniki badań dotyczące wzrostu sosny zwyczajnej na uprawach pożarzyska w Potrzebowicach i w Rudach Raciborskich uzyskali Hawryś i in. [2004]. Pomimo lepszych warunków siedliskowych powierzchni badawczych w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie, sosny na uprawach tego pożarzyska wykazały wyraźnie słabszą dynamikę wzrostu niż na uprawach pożarzyska w Potrzebowicach. Jak sugerują autorzy cytowanej pracy [Hawryś i in. 2004] główną przyczyną tej sytuacji jest różny stopień degradacji gleb obu pożarzysk. Według Zwolińskiego i in. [2004] oraz Olszowskiej [2009] w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie niekorzystny wpływ pożaru na chemiczne i mikrobiologiczne właściwości gleby był znacznie większy niż w przypadku gleb pożarzyska w Potrzebowicach. Hawryś i in. [2004] sugerują, że wynika to prawdopodobnie z odmiennej intensywności obu pożarów.

Naturalne odnowienie sosny i jego wartość w hodowli lasu

Sosna zwyczajna, jako lekkonasienny i światłoządny gatunek pionierski, często i licznie obsiewa się na terenach pożarzysk leśnych [Obmiński 1970]. Sprawia to, że w niektórych krajach (głównie w strefie lasów bo-

realnych) kontrolowane pożary wykorzystuje się w hodowli lasu do wymiany pokoleń w drzewostanach sosnowych.

Czynnikami sprzyjającymi powstawaniu naturalnego odnowienia sosny na pożarzyskach są: występowanie korzystnych warunków świetlnych na terenie pokłeskowym, częściowa lub całkowita eliminacja poziomu organicznego gleby i roślin runa, okresowy wzrost trofizmu gleby. W przypadku obumarcia drzew z górnego piętra drzewostanu ważnym czynnikiem zwiększającym szansę przeżycia młodego pokolenia sosen jest brak konkurencji korzeniowej starych drzew o wodę. Ma to szczególnie duże znaczenie dla kondycji młodego pokolenia na siedliskach o niewielkiej wilgotności [Andrzejczyk 2007].

Na terenie pożarzyska w Cierpiszewie obfity obsiew sosny zwyczajnej występował przez kilka kolejnych lat po pożarze z 1992 r. Naloty powstałe w 1993 r. w części przypadły, głównie za sprawą suchego lata, w mniejszym stopniu także w efekcie występowania przyczepki falistej (*Rhizina undulata*) oraz szeliniaka sosnowca (*Hylobius abietis*). Obfity obsiew sosny nastąpił także w roku 1994, tak więc większość pokłeskowych młodników sosnowych powstałych w wyniku naturalnego odnowienia występujących obecnie na terenie pożarzyska w Cierpiszewie pochodzi z obsiewu w 1993 i 1994 r. Nasiona wysiały się głównie z niewielkich kęp drzewostanów pozostawionych na pożarzysku, w rejonach w których pożar miał charakter przyziemny i osłabił drzewa lecz nie spowodował ich obumarcia. Część samosiewów powstała także z obsiewu bocznego na skutek wysiewu nasion z drzewostanów sosnowych nie dotkniętych pożarem, położonych niedaleko poza granicą pożarzyska.

Udane naturalne odnowienia sosny powstały na pożarzysku w Cierpiszewie na powierzchniach o zróżnicowanym stopniu spalania próchnicy nadkładowej. Miało to miejsce także tam, gdzie poziom organiczny został nadpalony jedynie w niewielkim stopniu. Stopień spalania tego poziomu może być dodatkowo skorelowany zarówno z zagęszczeniem [Hancock i in. 2005], jak i dynamiką wzrostu [Hille i Ouden 2004] siewek sosny na pożarzyskach. Częściowe, a nie całkowite zniszczenie próchnicy nadkładowej teoretycznie powinno zmniejszać szanse przetrwania powstałym samosiewom, gdyż siewki sosny, pod względem zaopatrzenia w wodę, do czasu ukorzenienia się w mineralnej części gleby, całkowicie uzależnione są od opadów atmosferycznych [Oleskog i Sahlen 2000].

W warunkach klimatycznych okolic Torunia, o średniej rocznej sumie opadów wynoszącej zaledwie około 520 mm, dostępność wody dla przeżycia nalotów sosny jest czynnikiem szczególnie istotnym. W praktyce prowadzenia hodowli lasu w Polsce przyjmuje się, że dla inicjowania naturalnego odnowienia sosny średnia roczna suma opadów powinna być wyższa niż 550 mm [Tomczyk 1993, Puchniarski 2008]. Wobec relatywnie licznie występujących na terenie pożarzyska w Cierpiszewie udanych samosiewów sosny zwyczajnej wydaje się, że dla naturalnego odnowienia tego gatunku obecność zespołu sprzyjających warunków powstałych w wyniku pożaru lasu jest nadrzędna w stosunku do ilości opadów atmosferycznych.

Przeszkodą dla dynamicznego rozwoju samosiewów sosny na terenie pożarzyska w Cierpiszewie nie było także występowanie nadpalonego poziomu organicznego gleby. Podobne zjawisko zaobserwowali na terenie Appalachów Waldrop i Brose [1999]. Badacze ci stwierdzili, że występowanie po pożarze nadpalonego poziomu organicznego nawet o miąższości 7,5 cm nie przeszkodziło rozwojowi siewek sosny kłującej (*Pinus pungens*).

W Tabeli 3 przedstawiono wyniki pomiarów dendrometrycznych badanych na terenie pożarzyska w Cierpiszewie młodników sosnowych na poletkach badawczych powierzchni II.

Tabela 3. Wyniki analiz dendrometrycznych młodników sosnowych

Poletko badawcze (oddział)	Wariant	N [szt.]	Śr. zagęszczenie [szt. na 100 m ²]	H [m]	D [cm]
Poletka na pożarzysku					
Samosiew pod okapem (97d)	wszystkie drzewa	232	116	0,84±0,42 (V=50,00)	0,78±0,28 (V=35,90)
	I i II kl. Krafta	101	51	1,19±0,39 (V=32,77)	1,05±0,10 (V=9,52)
Samosiew pod okapem (237a)	wszystkie drzewa	518	216	2,41±0,87 (V=36,10)	1,67±1,33 (V=79,64)
	I i II kl. Krafta	208	87	3,18±0,71 (V=22,33)	2,95±1,16 (V=39,32)
Samosiew bez osłony górnej (236b)	wszystkie drzewa	495	206	3,68±1,02 (V=27,72)	3,35±1,79 (V=53,43)
	I i II kl. Krafta	243	101	4,45±0,62 (V=13,93)	4,65±1,43 (V=30,75)
Młodnik odnowiony sadzeniem (217d)	wszystkie drzewa	905	75	4,29±0,89 (V=20,75)	4,51±1,21 (V=26,83)
	I i II kl. Krafta	672	56	4,58±0,73 (V=15,94)	4,87±1,08 (V=22,18)
Poletko poza pożarzyskiem (kontrola)					
Młodnik odnowiony sadzeniem (166b)	wszystkie drzewa	991	83	4,08±1,16 (V=28,43)	3,60±0,81 (V=22,50)
	I i II kl. Krafta	686	57	4,58±0,91 (V=19,87)	3,96±0,62 (V=15,66)

Oznaczenia: H – średnia wysokość; D – średnia grubość; V – współczynnik zmienności

Wszystkie analizowane młodniki powstałe z samosiewu charakteryzują się zdecydowanie większym zagęszczeniem drzewek, a więc także większą konkurencją wewnątrzgatunkową, niż oba analizowane młodniki

powstałe w wyniku sadzenia. Jest to typową cechą różniącą młodniki powstałe z naturalnego odnowienia od młodników odnowionych sadzeniem.

W celu zminimalizowania wpływu konkurencji wewnątrzgatunkowej na rozmiary sosen, poniżej przeanalizowano średnie wysokości i grubości sosen na poletkach badawczych w odniesieniu wyłącznie do drzew górujących i panujących (I i II klasa Krafta). Zakłada się [Szymański 2001], że na wzrost drzew tych klas biosocjalnych konkurencja wewnątrzgatunkowa ma relatywnie niewielki wpływ.

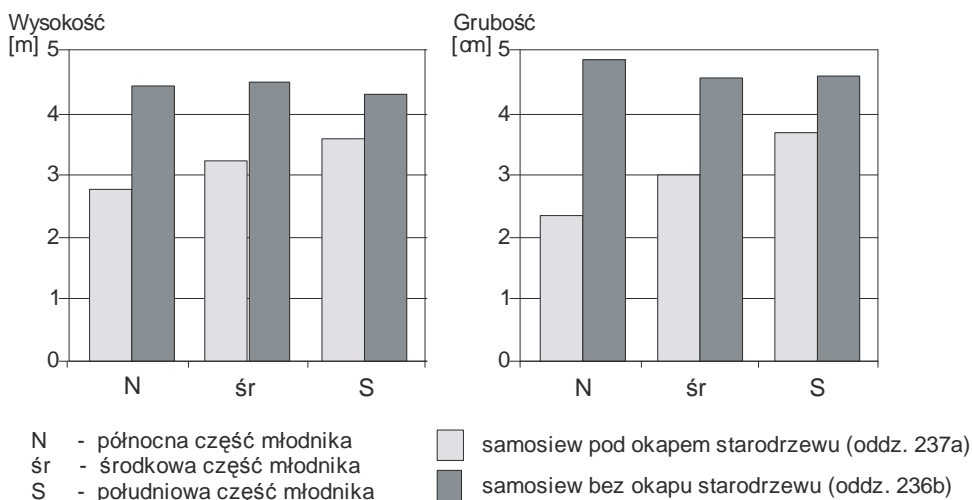
Średnie wysokości drzew I i II klasy Krafta w młodnikach wzrastających bez osłony górnej (pododdział 236b, 217d i 166b) są bardzo zbliżone, natomiast ich średnia grubość na obu poletkach na pożarzysku (pododdział 236b i 217d) jest istotnie statystycznie ($p < 0,01$) większa niż na powierzchni kontrolnej poza pożarzyskiem (166b, Tabela 3). Być może zależność ta wynika z omówionego wyżej często obserwowanego na pożarzyskach bardziej dynamicznego wzrostu sosen w okresie kilku lat bezpośrednio po pożarze.

Rozmiary sosen w samosiewach rosnących pod okapem (pododdział 97d i 237a) są mniejsze niż w przypadku samosiewów rosnących bez osłony górnej (Tabela 3), co spowodowane jest różnymi warunkami świetlnymi. Odmienne oświetlenie jest także przyczyną różnic cech dendrometrycznych sosen obu badanych poletek z okapem górnego piętra drzewostanu. W wydzielaniu 97d występowanie podrostów ściśle nawiązuje do zasięgu pożaru przyziemnego, który stworzył korzystne warunki (usunięcie runa i nadpalenie poziomu organicznego, okresowy wzrost trofizmu gleby, poprawa warunków świetlnych dzięki zrzuceniu części igieł przez drzewostan z górnego piętra) do powstania samosiewów. W części tego pododdziału, w której pożar nie wystąpił, podrosty sosnowe występują jedynie pojedynczo, zaś w części w której miał miejsce pożar przyziemny ich zwarcie wynosi około 50% (Fot. 3 i 4). Po okresie, w którym sosny górnego piętra miały w następstwie pożaru zredukowane korony, następuje powolna odbudowa ich aparatu asymilacyjnego. W efekcie ilość światła w dolnej części drzewostanu ulega zmniejszeniu, co odzwierciedla się w dynamice wzrostu podrostów - średnia wysokość i grubość młodych sosen jest na powierzchni w pododdziale 97d najmniejsza ze wszystkich analizowanych poletek badawczych powierzchni II (Tabela 3).

Podrosty występujące w pododdziale 237a, mimo że także wzrastają w warunkach podokapowych, mają znacznie lepsze warunki świetlne niż te z wydzielania 97d. Drzewostan sosnowy w pododdziale 237a jest otoczony młodnikami, ma on kształt równoleżnikowej kulisy o szerokości około 30 m. Wzrastające tu podokapowe, młode pokolenie lasu, korzysta oprócz niepełnego światła górnego także z oświetlenia bocznego, co odzwierciedla się w jego relatywnie wysokiej dynamice wzrostu.

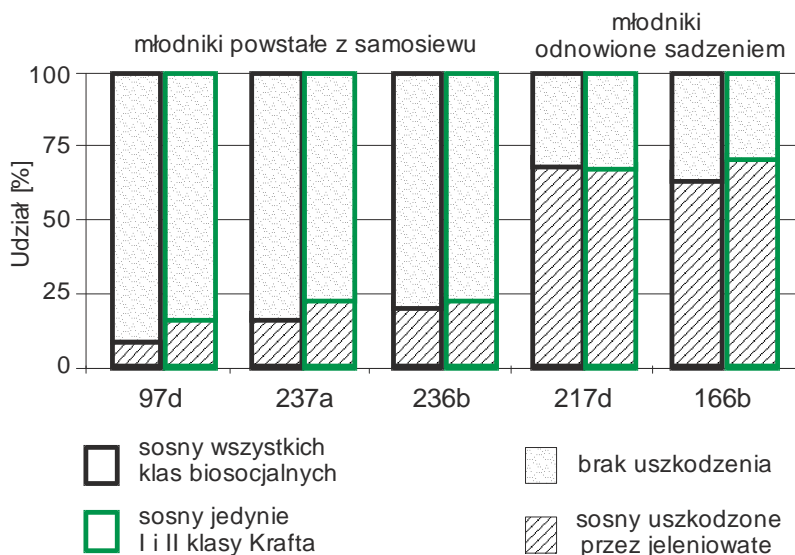
Znaczenie warunków świetlnych dla wzrostu sosny w młodym wieku zobrazowano na Rysunku 4, na którym zestawiono średnie wysokości i grubości sosen z powierzchni kołowych znajdujących się w południowej, środkowej oraz północnej części poletek badawczych w pododdziale 237a

oraz 236b. Zależność między położeniem w młodniku względem stron świata a wzrostem samosiewów sosny jest wyraźna w warunkach ocienienia górnego (pododdział 237a). Podrosty rosnące w południowej części drzewostanu, dzięki intensywnej insolacji światłem bocznym, wykazują wyraźnie większe rozmiary niż sosny z północnej i środkowej części młodnika. Ze względu na relatywnie niewielką możliwość korzystania z oświetlenia bocznego najslabszą dynamikę wzrostu wykazały w tym wydzieleniu sosny położone w północnej części drzewostanu. Różnice zarówno między wysokością, jak i grubością sosen w poszczególnych częściach młodnika w pododdziale 237a są istotne statystyczne ($p < 0,01$). W pododdziale 236b, w którym brak okapu starodrzewu ograniczającego dostęp światła do młodego pokolenia lasu, podrosty sosnowe wykazały podobne wysokości i grubości ($p > 0,05$) bez względu na położenie względem stron świata (Rysunek 4).



Rysunek 4. Średnia wysokość i grubość sosen w poszczególnych częściach młodników powstałych z samosiewu

Wysokie zagęszczenie sosen w młodnikach powstałych z samosiewu (Tabela 3) powoduje, że szkody od jeleniowatych są w nich znacznie mniej istotne gospodarczo niż w luźniejszych młodnikach powstałych z odnowienia sztucznego. Udział sosen uszkodzonych (spalowanych lub osmykanych) przez jeleniowate był wyraźnie niższy w badanych młodnikach powstałych z samosiewu (poletka w pododdziale 97d, 237a i 236b) niż odnowionych sadzeniem (poletka w pododdziale 217d i 166b, Rysunek 5). Podobną zależność zaobserwowali Miścicki i in. [2002] na terenie pożarzyska w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie. W analizowanych przez tych badaczy uprawach, w odnowieniach z samosiewu odsetek sosen uszkodzonych przez jeleniowate był średnio kilkakrotnie niższy niż w uprawach powstałych z sadzenia.



Rysunek 5. Udział sosen bez uszkodzeń oraz uszkodzonych przez jeleniowate (spalowane lub osmykane) w badanych młodnikach sosnowych

Warto zwrócić uwagę, że znacznie większy udział sosen uszkodzonych w młodnikach z sadzenia niż w samosiewach dotyczy nie tylko zbiorów drzew ogółem lecz także kiedy uwzględni się wyłącznie sosny z I i II klasy Krafta (Rysunek 5). Zgodnie z zasadami hodowli drzewostanów sosnowych drzewa tych klas stanowią przyszły szkielet drzewostanu, co sprawia że stwierdzona zależność ma wysokie znaczenie gospodarcze. Biorąc pod uwagę zagęszczenie sosen I i II klasy Krafta (Tabela 3) oraz udział w tych klasach drzew uszkodzonych na poszczególnych poletkach (Rysunek 5) okazuje się, że w młodnikach powstałych z sadzenia część drzew uszkodzonych będzie musiała być wykorzystana w dalszej hodowli. Sytuacja taka prawdopodobnie nie będzie miała miejsca w samosiewach.

Konieczność pozostawienia na pniu części drzew uszkodzonych w pododdziale 217d i 166b będzie miała prawdopodobnie wymierne znaczenie ekonomiczne. Jakość techniczna, a tym samym i wartość rynkowa drewna tych drzew będzie w przyszłości, w wyniku występujących uszkodzeń od zwierzyny i ich następstw (m.in. wnikanie zarodników grzybów patogennych powodujących zgniliznę drewna), wyraźnie obniżona.

Na podstawie obserwacji terenowych można stwierdzić, że przedstawione w niniejszym rozdziale wyniki dotyczące naturalnego odnowienia sosny zwyczajnej są reprezentatywne dla występujących na terenie pożaryska w Cierpiszewie innych powierzchni z samosiewami tego gatunku.

Uzyskane wyniki badań mogą mieć wartość praktyczną dla hodowli lasu. Masowy charakter wysiewu nasion, relatywnie niewielkie gospodarcze

znaczenie uszkodzeń od jeleniowatych, a także wysoka dynamika wzrostu samosiewów sosny w korzystnych warunkach pożarzyska dowodzą, że naturalne odnowienie tego gatunku powinno być szerzej wykorzystywane w praktyce hodowlanej, szczególnie na powierzchniach po pożarze lasu. Potwierdzają to także wyniki uzyskane przez innych autorów badających samosiewy sosnowe na terenie pożarzysk [Miścicki i in. 2002, Dobrowolska 2008].

Samosiewy wzrastające na podtoruńskim pożarzysku bez osłony górnej w pełni nadają się do dalszej hodowli (Fot. 5). Pod względem dynamiki wzrostu nie ustępują one młodnikom powstałym z sadzenia (Tabela 3). Pozostawienie na pożarzysku w Cierpiszewie kępy starodrzewu sosnowego, mimo potencjalnego ryzyka związanego z zagrożeniem ze strony szkodników owadzych, okazało się bardzo trafną decyzją hodowlaną, umożliwiającą powstanie relatywnie licznych naturalnych odnowień sosny zarówno podokapowych, jak i w sąsiedztwie drzewostanów macierzystych. Obecnie pozostawione kępy stanowią drzewostany dwugeneracyjne z podrostami o wysokiej wartości hodowlanej (Fot. 6), chociaż podrosty te wykazują mniejszą dynamikę wzrostu niż samosiewy występujące w warunkach bez okapu (Tabela 3).

Z punktu widzenia hodowli lasu mniejszą wartość mają obecnie podrosty sosnowe występujące w drzewostanach dwugeneracyjnych o większej powierzchni, w relatywnie niekorzystnych warunkach świetlnych, występujące przeważnie w przygranicznych częściach pożarzyska. Jak wynika jednak z licznych badań [m.in. Ilmurzyński i Mierzejewski 1956, Barzdajn i in. 1992, Andrzejczyk 2003], wykorzystanie w dalszej hodowli także i takich samosiewów wydaje się nie tylko realne pod względem technicznym, ale i wskazane z punktu widzenia prowadzenia gospodarki leśnej w oparciu o wzorce naturalne. Założenie takie jest wyraźnie akcentowane w obecnie obowiązujących Zasadach hodowli lasu [2003].

Skład gatunkowy runa

Pożar lasu powoduje całkowite lub częściowe spalenie roślin runa, a odradzająca się po pożarze roślinność dna lasu ma najczęściej inny skład gatunkowy od tego sprzed kataklizmu [DeBano i in. 1998]. W następstwie zwiększonego dopływu światła do powierzchni gleby w składzie gatunkowym runa po pożarze często występują heliofity [Daubenmire 1973].

Wpływ pożaru na skład gatunkowy runa analizowano na terenie pożarzyska w Cierpiszewie na powierzchni badawczej w pododdziale 97d. Wykonane 16 lat po pożarze zdjęcia fitosocjologiczne na dwóch badanych poletkach dokumentują wyraźne różnice w składzie gatunkowym oraz w ilościowości roślin runa (Tabela 4).

Przedstawione w Tabeli 4 różnice wynikają z odmiennego etapu sukcesji runa w analizowanych częściach drzewostanu o odmiennej przeszłości. Sądząc po nadpaleniu prawie wszystkich pni sosen na poletku z pożarem przyziemnym, w tej części wydzielenia ogień w 1992 roku całko-

wicie zniszczył runo lub pozostawił tylko niewielkie jego fragmenty. Fitoce-
noza runa rozwija się więc na tym poletku zaledwie od 16 lat, co wyraźnie
zaznacza się na wykonanym zdjęciu fitosocjologicznym.

Tabela 4. Skład gatunkowy i ilościowość roślin runa na powierzchni
badawczej w pododdziale 97d

Gatunek	Warstwa	Ilościowość na poletku	
		bez pożaru	po pożarze przyziemnym
Borówka brusznica (<i>Vaccinium vitis-idaea</i>)	zielna	3	1
Borówka czernica (<i>Vaccinium myrtillus</i>)		1	.
Jastrzębiec (<i>Hieracium sp.</i>)		r	.
Jastrzębiec kosmaczek (<i>Hieracium pilosella</i>)		.	+
Nerecznica krótkoostna (<i>Dryopteris carthusiana</i>)		r	.
Przetacznik leśny (<i>Veronica officinalis</i>)		.	r
Śmiałek pogięty (<i>Deschampsia flexuosa</i>)		3	4
Trzcinnik piaskowy (<i>Calamagrostis epigejos</i>)		+	+
Wierzbówka kiprzyca (<i>Epilobium angustifolium</i>)		.	r
Brodawkowiec czysty (<i>Pseudoscleropodium purum</i>)	mchów i porostów	2	2
Chrobotek (<i>Cladonia sp.</i>)		.	r
Gajnik lśniący (<i>Hylocomium splendens</i>)		2	1
Knotnik zwisły (<i>Pohlia nutans</i>)		.	r
Płonnik jałowcowaty (<i>Polytrichum juniperinum</i>)		.	2
Rokiet pospolity (<i>Pleurozium schreberi</i>)		3	3
Widłóżab falisty (<i>Dicranum undulatum</i>)		1	1
zwarcie warstwy zielnej [%]		85	70
zwarcie warstwy mchów i porostów [%]		70	80

Poletko, na którym miał miejsce pożar przyziemny zostało skolonizowane głównie przez trawy, ze śmiałkiem pogiętym (*Deschampsia flexuosa*) na czele, które cechują się znacznie większą dynamiką zajmowania

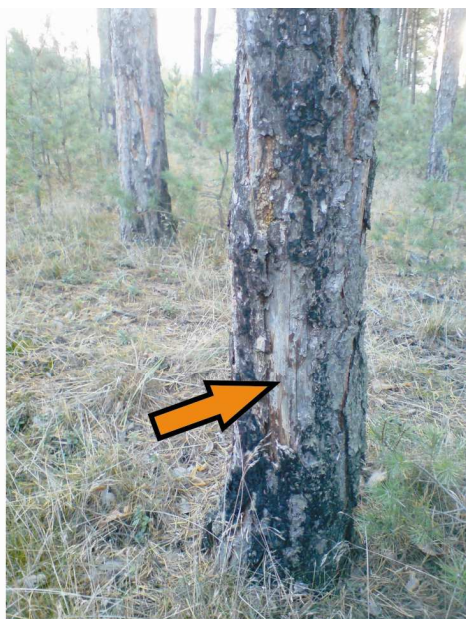
nowych stanowisk niż borówki. Ubytek aparatu asymilacyjnego sosen osłabionych przez ogień spowodował większą insolację w dnie lasu na poletku po pożarze w porównaniu z poletkiem kontrolnym. W efekcie w składzie florystycznym runa na poletku z pożarem zaznacza się obecność taksonów roślin światłolubnych, które jednocześnie są często typowe dla początkowych etapów sukcesji (*Polytrichum juniperinum*, *Epilobium angustifolium*, *Cladonia* sp.).

Wzbogacenie flory pożarzysk przedstawicielami tych grup roślin powoduje, że często w okresie kilku lat po pożarze lasu obserwuje się zwiększenie liczby gatunków roślin występujących w runie [Elliott i in. 1999, Marozas i in. 2007]. Zjawisko to nie jest jednak długotrwałe i ściśle zależy od dostępu do światła, a prawdopodobnie także od okresowego zwiększenia trofizmu gleby. Na badanym poletku po pożarze przyziemnym można się spodziewać, że na skutek pogarszania się warunków świetlnych w dolnej warstwie lasu, w najbliższych latach wierzbówka kiprzyca (*Epilobium angustifolium*, Fot. 7) całkowicie zniknie, a płonnik jałowcowaty (*Polytrichum juniperinum*, Fot. 8) znacznie zmniejszy swój udział w runie. Ten ostatni gatunek jest szczególnie typowy dla wczesnych etapów sukcesji runa w borach sosnowych w Polsce, co obserwować można w nawiązaniu do faz rozwojowych drzewostanu od uprawy (lub nalotu) do starodrzewu. Powszechnie i licznie płonnik jałowcowaty występuje na uprawach i w młodnikach, zostaje natomiast najczęściej zupełnie wyparty przez inne gatunki w miarę pogarszania się warunków świetlnych w dnie lasu w starszych drzewostanach. Taka sytuacja miała miejsce na poletku bez pożaru, na którym w roku wykonywania zdjęcia fitosocjologicznego, w drzewostanie 93-letnim, nie stwierdzono obecności tego mchu (Tabela 4).

Analizując skład florystyczny na poletku bez pożaru można stwierdzić, że poletko to reprezentuje bardziej zaawansowany etap sukcesji runa. Wynika to z różnic trwania kolonizacji dna lasu w obu częściach pododdziału 97d. Runo na poletku bez pożaru rozwijało się znacznie dłużej, gdyż przez cały okres życia drzew z górnego piętra, a więc przez 93 lata. O bardziej zaawansowanym sukcesyjnym rozwoju runa świadczy na poletku bez pożaru większa ilościowość obu gatunków borówek (*Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium myrtillus*) oraz gajnika lśniącego (*Hylocomium splendens*), a także obecność nerczownicy krótkoostnej (*Dryopteris carthusiana*) (Tabela 4, Fot. 9).



kierunek
przemierzania się
ognia



Fot. 1 i 2. Martwica (zabitka) pożarowa powstała na skutek pożaru przyziemnego (fot. P. Sewerniak)



poletko bez pożaru



poletko po pożarze przyziemnym

Fot. 3 i 4. Występowanie podokapowych podrostów sosny w oddz. 97d wyraźnie nawiązuje do zasięgu pożaru przyziemnego (fot. P. Sewerniak)



Fot. 5. Samosiewy sosnowe wzrastające na pożarzysku w Cierpiszewie bez osłony górnej cechują się wysoką wartością hodowlaną (oddz. 236b, fot. P. Sewerniak)



Fot. 6. Dwugeneracyjny drzewostan sosnowy (oddz. 237a, fot. P. Sewerniak)



Fot. 7 i 8. Wierzbówka kiprzyca (*Epilobium angustifolium*) i płonnik jałowcowaty (*Polytrichum juniperinum*) występują na powierzchni badawczej w oddz. 97d jedynie na poletku położonym na terenie pożarzyska (fot. P. Sewerniak)



Fot. 9. Nerecznica krótkoostna (*Dryopteris carthusiana*) występuje na powierzchni badawczej w oddz. 97d jedynie na poletku zlokalizowanym poza pożarzyskiem (fot. P. Sewerniak)

Literatura

- Andrzejczyk T., 2003. Różnowiekowe drzewostany sosnowe. Powstawanie, struktura, hodowla. Wyd. SGGW. Warszawa.
- Andrzejczyk T., 2007. Wpływ przerzedzenia okapu górnego na rozwój podrostów sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w pogradacyjnych drzewostanach w lasach pilskich. Sylwan 1: 20-29.
- Barzdajn W., Drogoszewski B., Zientarski J., 1992. Wzrost podrostów sosnowych (*Pinus sylvestris* L.) pod drzewostanami matecznymi w Nadleśnictwie Gubin. Pozn. Tow. Przyj. Nauk, Pr. Kom. Nauk Roln. i Leśn. 74: 17-27.
- Bova A.S., Dickinson M.B., 2005. Linking surface-fire behavior, stem heating, and tissue necrosis. Can. J. For. Res. 35: 814-822.
- Brais S., David P., Ouimer R., 2000. Impacts of wild fire severity and salvage harvesting on the nutrient balance of jack pine and black spruce boreal stands. For. Ecol. a. Manage. 137: 231-243.
- Czerwiński A., 1993. Bory sosnowe i zbiorowiska leśne z udziałem sosny w Polsce. [w:] Biologia sosny zwyczajnej. (red. Białobok S., Boratyński A., Bugała W.), Sorus, Poznań-Kórnik: 282-300.
- Daubenmire R.F., 1973. Rośliny i środowisko. PWN. Warszawa.
- DeBano F.L., Neary D.G., Ffolliott P.F., 1998. Fire's effects on ecosystems. J. Wiley&Sons, Inc. New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto.
- Dobrowolska D., 2008. Odnowienie naturalne na powierzchniach uszkodzonych przez pożar w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie. Leś. Pr. Bad. 3: 255-264.
- Dominik J., 1977. Ochrona lasu przed szkodami związanymi z działalnością człowieka [w:] Ochrona lasu (red. Dominik J.), PWRiL, Warszawa: 143-303.
- Dziadowiec H., 2010. Wpływ pożaru lasu na właściwości gleb leśnych [w:] Środowiskowe skutki pożaru lasu (red. Sewerniak P., Gonet S.S.), PTSH, Wrocław: 7-25.
- Elliott K.J., Hendrick R.L, Major A.E., Vose J.M., Swank W.T., 1999. Vegetations dynamics after a prescribed fire in the southern Appalachians. For. Ecol. a. Manage. 114: 199-213
- Falińska K., 2004. Ekologia roślin. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Fraszewski D., 1994. Rozwój sosny zwyczajnej na słabych siedliskach borealnych zdegradowanych pożarzyskami. Sylwan 6: 95-100.
- Gonet S.S., 2010. Wpływ pożaru lasu na właściwości materii organicznej gleb [w:] Środowiskowe skutki pożaru lasu (red. Sewerniak P., Gonet S.S.), PTSH, Wrocław: 51-81.
- Hancock M., Egan S., Summers R., Cowie N., Amphlett A., Rao S., Hamilton A., 2005. The effect of experimental prescribed fire on the establishment of Scots pine *Pinus sylvestris* seedlings on heather *Calluna vulgaris* moorland, For. Ecol. a. Manage. 212: 199-213.

- Hawryś Z., Zwoliński J., Kwapis Z., Małecka M., 2004. Rozwój sosny zwyczajnej na terenie pożarzysk leśnych z 1992 roku w nadleśnictwach Rudy Raciborskie i Potrzebowice. *Leś. Pr. Bad.* 2: 7-20.
- Hille M., Ouden J., 2004. Improved recruitment and early growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings after fire and soil scarification. *Eur. J. Forest Res.* 123: 213-218.
- Ilmurzyński E., Mierzejewski W., 1956. Badanie możliwości wykorzystania starszych odnowień podokapowych sosny. *Biul. IBL* 3: 72-84.
- Johnstone J.F., Chapin F.S., Foote J., Kemmett S., Price K., Viereck L., 2004. Decadal observations of tree regeneration following fire in boreal forests. *Can. J. For. Res.* 34,2: 267-273.
- Kaczmarek Z., Michalik J., Spychalski W., 2004. Wybrane właściwości chemiczne i zawartość rozpuszczalnych w wodzie składników w glebach leśnych pożarzyska Potrzebowice w zależności od sposobu rekultywacji. *Rocz. Glebozn.* 55,2: 201-208.
- Kasichke E.S., Christensen N.J., Stocks B.J., 1995. Fire, global warming and the carbon balance of boreal forests. *Ecolog. Applic.* 5,2: 437-451.
- Kelsey R.G., Joseph G., 2003. Ethanol in ponderosa pine as a predictor of physiological injury from fire and its relationship to secondary beetles. *Can. J. For. Res.* 33,5: 870-884.
- Màrcia E., Verkaik I., Lloret F., Espelta J.M., 2006. Recruitment and growth decline in *Pinus halepensis* populations after recurrent wildfires in Catalonia (NE Iberian Peninsula). *For. Ecol. a. Manage.* 231: 47-54.
- Marozas V., Racinskas J., Bartkevicius E., 2007. Dynamics of ground vegetation after surface fires in hemiboreal *Pinus sylvestris* forests. *For. Ecol. a. Manage.* 250: 47-55.
- Miścicki S., Szerszenowicz A., Szerszenowicz K., Szukiel E., 2002. Stan odnowień lasu i jego uszkodzeń przez jeleniowate na terenie pożarzyska w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie. *Sylwan* 146,4: 43-55.
- Obmiński Z., 1970. Zarys ekologii. [w:] *Nasze drzewa leśne. Sosna zwyczajna* (red. Białobok S.), PWN, Warszawa-Poznań: 152-231.
- Olejarski I., 2003. Wpływ zabiegów agrotechnicznych na niektóre właściwości gleb oraz stan upraw sosnowych na pożarzyskach wielkoobszarowych. *Prace Inst. Bad. Leśn., A*, 2(954): 47-77.
- Oleskog G., Sahlen K., 2000. Effects of seedbed substrate on moisture conditions and germination of *Pinus sylvestris* seeds in a clearcut. *Scand. J. For. Res.* 15: 225-236.
- Olszowska G., 2009. Aktywność enzymatyczna gleb pożarzysk wielkoobszarowych w zróżnicowanych warunkach siedliskowych i po zastosowaniu różnych sposobów odnowienia lasu. *Leś. Pr. Bad.* 70 (2): 183-188.
- Pritchett W.L., 1979. *Properties and management of forest soils*. J. Wiley&Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto.
- Puchniarski T.H., 2008. *Sosna zwyczajna. Hodowla i ochrona*. PWRiL, Warszawa.

- Rudawska M., 1993. Mikoryza [w:] *Biologia sosny zwyczajnej* (red. Białobok S., Boratyński A., Bugała W.), Sorus, Poznań-Kórnik: 137-182.
- Santoro A.E., Lombardero M.J., Ayres M.P., Ruel J.J., 2001. Interactions between fire and bark beetles in an old growth pine forest. *For. Ecol. a. Manage.* 144: 245-254.
- Smirnova E., Bergeron Y., Brais S., Granstrom A., 2008. Postfire root distribution of Scots pine in relation to fire behaviour. *Can. J. For. Res.* 38: 353-362.
- Sroka Z., Wrzosek K., Mazanowski J., Falkowski B., 2010. Zagospodarowanie pożarzyska w Cierpiszewie na tle uwarunkowań środowiskowych [w:] *Środowiskowe skutki pożaru lasu* (red. Sewerniak P., Gonet S.S.), PTSH, Wrocław: 27-49.
- Szabla K., 1994. Warunki powstawania i rozwoju pożarów, niektóre działania organizacyjne oraz aktualne zagadnienia hodowlane i ochronne na pożarzysku w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie. *Sylwan* 6: 75-83.
- Szymański S., 2001. *Ekologiczne podstawy hodowli lasu*. Poradnik leśniczego. PWRiL, Warszawa.
- Tomczyk S., 1993. *Odnowienie naturalne. Sosna*. Biblioteczka leśniczego, zeszyt 29. Wyd. Świat. Warszawa.
- van Mantgem P., Schwartz M., 2004. An experimental demonstration of stem damage as a predictor of fire-caused mortality for ponderosa pine. *Can. J. For. Res.* 34,6: 1343-1347.
- Waldrop T.A., Brose P.H., 1999. A comparison of fire intensity levels for stand replacement of table mountain pine (*Pinus pungens* Lamb.). *For. Ecol. a. Manage.* 113: 155-166.
- Wojtkowiak R., Nowiński M., Tomczak R. J., 2003. Spalanie pozostałości poźrębowych a nagrzewanie się gleby. *Sylwan* 6: 22-27.
- Wójcik G., Marciniak K., 2006. *Klimat [w:] Toruń i jego okolice* (red. Andrzejewski L., Weckwerth P., Burak H.), Wyd. UMK, Toruń: 99-128.
- Zasady hodowli lasu*. Dyrektor Generalny Lasów Państwowych. Warszawa 2003.
- Zwoliński J., Matuszczyk I., Hawryś Z., 2004. Właściwości chemiczne gleb i igieł sosny oraz aktywność mikrobiologiczna gleb na terenie pożarzysk leśnych z 1992 roku w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie i Potrzebowice. *Leś. Pr. Bad.* 1: 119-133.