

DYNAMIKA I ZRÓŻNICOWANIE PRZESTRZENNE TEMPERATURY PODCZAS WIOSENNEGO WYPALANIA NIELEŚNYCH ZBIOROWISK ROŚLINNYCH

Jan ZARZYCKI, Artur SZYMACHA

Akademia Rolnicza w Krakowie, Katedra Ekologicznych Podstaw Inżynierii Środowiska

Słowa kluczowe: ekologia wypalania, kontrolowane wypalanie, temperatura wypalania roślinności

Streszczenie

Celem podjętych badań było określenie temperatury podczas wypalania nieleśnych zbiorowisk roślinnych. Czynnikiem ten jest najważniejszym wśród bezpośrednio oddziałujących na ekosystem. Przeprowadzono 65 kontrolowanych wypaleń w różnych zbiorowiskach nieleśnych, dokonując pomiaru temperatury w glebie i ponad nią. Odnotowywano także czynniki środowiskowe, mające wpływ na przebieg spalania.

Najwyższa temperatura występowała nad płonąca biomasa, gdzie zanotowano maksymalnie 930°C (szuwar trzcinowy). Temperatura na powierzchni rzadko osiągała 300°C, a na głębokości 5 cm pod powierzchnią wzrastała w bardzo niewielkim stopniu. Stwierdzono jej duże zróżnicowanie przestrzenne.

Głównym czynnikiem wpływającym na temperaturę i przebieg spalania była ilość materiału roślinnego, jego struktura i wilgotność. Duży wpływ na wysokość temperatury i szybkość przesuwania się ognia miała siła wiatru. Wyniki badań wskazują na bardzo niewielkie, bezpośrednie oddziaływanie zimowo-wiosennego wypalania roślinności na ekosystem. Znacznie większe znaczenie może mieć pośrednie oddziaływanie wypalania, a więc przyspieszenie mineralizacji i nagrzewania się gleby oraz usunięcie warstwy hamującej wzrost młodych pędów.

WSTĘP

Ogień jest czynnikiem ekologicznym, kształtującym strukturę i dynamikę ekosystemów na znacznych przestrzeniach Ziemi, szczególnie w strefach tropikalnych

Adres do korespondencji: dr inż. J. Zarzycki, Akademia Rolnicza, Katedra Ekologicznych Podstaw Inżynierii Środowiska, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków; tel. +48 (12) 662-40-67, e-mail: janzar@ar.krakow.pl

i subtropikalnych, a także borealnych Eurazji i Ameryki Północnej [PYNE, 1997; RABOTNOW, 1985; The role..., 1983]. W przeszłości pożary pochodzenia naturalnego odgrywały także pewną rolę w Europie Środkowej. Na tym obszarze ogień był jednak narzędziem stosowanym głównie przez ludzi w gospodarce rolnej [GOLDAMMER, 1998]. Wykorzystywano go na terenach Polski do połowy XX w. [KOWALSKA-LEWICKA, 1961; SŁAWIŃSKI, 1956]. Zwyczaj wypalania łąk, pastwisk i nieużytków pozostał prawdopodobnie z tamtych czasów. Mimo przepisów zabraniających tego typu działań, co roku w okresie wczesnowiosennym obserwuje się w Polsce masowe wypalanie wyschniętej roślinności na łąkach, nieużytkach i w szuwarach nadbrzeżnych [SZYMACHA, ZARZYCKI, 2001].

W polskiej literaturze naukowej brak opracowań dotyczących tego problemu. Nieliczne publikacje traktują to zagadnienie dość ogólnie, koncentrując się tylko na niektórych jego aspektach [LIPKA, 1994]. W zbiorowiskach nieleśnych Ameryki Północnej i Południowej wypalanie stosuje się jako zabieg przeciwdziałający wkraczaniu lasu i zwiększający żyzność pastwisk [PYNE, 1997]. W większości krajów Europy Zachodniej wypalanie jest, podobnie jak w Polsce, zabronione. Na większą skalę stosuje się kontrolowane wypalanie wrzosowisk w Wielkiej Brytanii [HOBBS, GIMINGHAM, 1984]. W niektórych krajach europejskich prowadzi się jednak badania nad zastosowaniem ognia w ochronie przyrody w celu utrzymania cennych przyrodniczo obszarów nieleśnych [GOLDAMMER, 1998; GOLDAMMER, PRÜTER, PAGE, 1997].

Bezpośrednie oddziaływanie ognia jest tylko jednym z elementów wpływu wypalania na funkcjonowanie ekosystemów nieleśnych. Jak wynika z wielu badań [ALLEN, 1966; HOBBS, GIMINGHAM, 1984; WHITTAKER, 1961], wysokość temperatury i czas jej trwania decydują zarówno o sile bezpośredniego oddziaływania wypalania, jak i późniejszych konsekwencjach, zmieniających warunki środowiskowe przez przyspieszenie mineralizacji związków organicznych, zmniejszenie ilości biomasy (zmiana warunków świetlnych i wilgotnościowych) czy selektywne zniszczenie niektórych gatunków roślin. Mając to na uwadze, w pierwszym etapie prac związanych z wypalaniem postanowiono skoncentrować się na zagadnieniu dynamiki temperatury w glebie, na jej powierzchni i ponad nią w trakcie wypalania nieleśnych zbiorowisk roślinnych.

METODY BADAŃ

Doświadczenia zlokalizowano na obszarach, na których obserwowano co roku wypalanie roślinności, oraz nieużytkach z zalegającą niezbraną jesienią biomasą. Poniżej opisano krótko obiekty badań.

1. Mydlniki (Kraków) – brzegi i skarpy kanałów doprowadzających wodę do stawów rybnych. Porośnięte dość bujnym zbiorowiskiem roślinnym z dominacją trzciny pospolitej (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud) i mozgi trzciniowatej

(*Phalaris arundinacea* L.). Udział tych gatunków na poszczególnych powierzchniach był bardzo zróżnicowany. Rośliny tworzyły dość luźną strukturę.

2. Solvay (Kraków) – zreultywowane osadniki byłych Krakowskich Zakładów Sodowych. Porośnięte zwartym, dość wyrównanym łanem trzcinnika piaskowego (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth), wśród którego występowały pojedynczo kępy wysokołodygowych roślin, np.: wrotycza pospolitego (*Tanacetum vulgare* L.), nawłoci późnej (*Solidago gigantea* Aiton) czy komosy białej (*Chenopodium album* L.).

3. Cisowa (Pogórze Przemyskie) – odłogowane tereny byłego PGR. Porośnięte wieloletnią roślinnością zielną o charakterze przejściowym między odłogiem polnym a łąkowym. W runi występowały głównie gatunki łąkowe, jak: mietlica pospolita (*Agrostis capillaris* L.), kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata* L.), krwawnik pospolity (*Achillea millefolium* L.), ale także chwasty polne, np. ostrożeń polny (*Cirsium arvense* (L.) Scop.). Poszczególne powierzchnie były dość mocno zróżnicowane zarówno pod względem składu gatunkowego, jak i ilości biomasy.

4. Milówka (Beskid Żywiecki) – hala górská (520 m n.p.m.). W części objętej doświadczeniem niewypasana od kilku lat. W runi dominowały kłosówka miękka (*Holcus mollis* L.) i dziurawiec czteroboczny (*Hypericum maculatum* Crantz). Długi okres zalegania śniegu i charakterystyczny, płózący typ wzrostu kłosówki powodują, że ruń tworzy zbitą, „sfilcowaną” warstwę. Dwa powtórzenia zlokalizowano w płatach pokrytych bliźniczką psią trawką (*Nardus stricta* L.).

5. Karniowice (Wyżyna Krakowsko-Częstochowska) – łąka uprawna z dominacją traw wysokich, takich jak: kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata* L.), rajgras wyniosły (*Arrhenatherum elatius* (L.) P. Beauv. ex J. Presl & C. Presl) i konietlica łąkowa (*Trisetum flavescens* (L.) P. Beauv.), ale także z rozwiniętą warstwą traw niskich, jak wiechlina łąkowa (*Poa pratensis* L.) i kostrzewa czerwona (*Festuca rubra* L. s.s.). W roku poprzedzającym wypalanie zebrano tylko pierwszy pokos.

6. Kobylany (Wyżyna Krakowsko-Częstochowska) – łąka od kilku lat niekoszona, z dominacją kostrzewy czerwonej (*Festuca rubra* L.). Po zimie utworzyła się zbita warstwa zeszłorocznej roślinności.

W obrębie poszczególnych obiektów jesienią roku poprzedzającego wypalanie wybrano, oznaczono i obkoszono, ze względu na zabezpieczenie pożarowe, powierzchnie przeznaczone do wypalania. Wczesną wiosną dokonano wypaleń na obiektach różniących się pod względem rodzaju biomasy (tab. 1). Liczba wypaleń na poszczególnych obiektach była różna, wielkość wypalanych powierzchni wynosiła kilkadziesiąt m² i zależała od jednorodności wypalanej runi. Przed przystąpieniem do wypalania mierzono wysokość wyschniętej roślinności i pobierano jej próbki w celu oszacowania masy i wilgotności. Pobierano także próbki gleby do oznaczenia wilgotności. Podczas palenia mierzono także prędkość wiatru anemometrem. W obrębie każdego obiektu wypalanie prowadzono „pod wiatr” i „z wiatrem”, obliczając na wybranych odcinkach prędkość przesuwania się czoła ognia.

Tabela 1. Lokalizacja obiektów i liczba wykonanych wypaleń**Table 1.** Location of objects and the number of experimental fires

Obiekt Object	Data wypalania Date of experimental fire	Łączna liczba wypaleń w obrębie obiektu Total number of experimental fires
Mydlniki	13.03.2002	9
Solvay	28.03.2002	8
Cisowa	04.04.2002	18
Milówka	18.04.2002	11
Mydlniki	26.03.2003	6
Karniowice	02.04.2003	8
Więckowice	02.04.2004	5
Razem Total		65

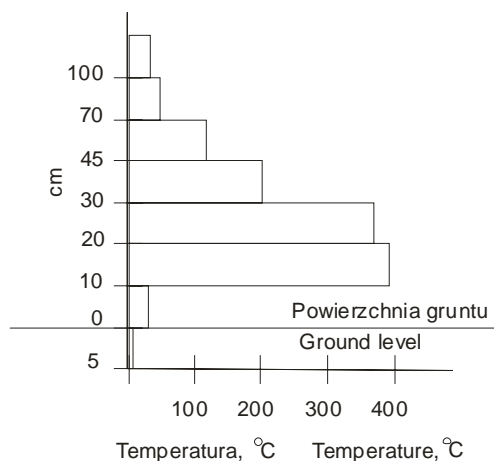
Pomiaru temperatury dokonywano elektronicznie za pomocą termopar typu K podłączonych do przetwornika TC-08 i komputera przenośnego, zapisującego przebieg zmian temperatury w sposób ciągły. Podczas wypaleń, w których rejestrowano rozkład pionowy temperatury, czujniki umieszczone były na głębokości 5 cm pod powierzchnią gleby, na powierzchni oraz ponad powierzchnią wypalanej biomasy. Czujniki rozmieszczono w kępach traw, obok roślin grubołądogowych (np. barszczu zwyczajnego – *Heracleum sphondylium* L.) oraz między kępami w celu określenia poziomego zróżnicowania temperatury na powierzchni gleby podczas wypalania.

WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

Maksymalne wartości temperatury mierzonej podczas wypalania różniły się znacznie w zależności od wielu czynników. Generalnie zachowany był powtarzalny wzór rozkładu wysokości temperatury (tab. 2). Najniższą temperaturę rejestrowano w glebie, wyższą – na powierzchni gruntu, a najwyższą – nad płonąca biomasa. Przykładowy pionowy rozkład temperatury przedstawiono na rysunku 1. Na głębokości 5 cm pod powierzchnią gleby w większości przypadków stwierdzono niewielki wzrost temperatury (o kilka stopni). Jedyne w przypadku intensywnego ognia temperatura nieznacznie przekraczała 100°C, wyższe wartości notowano sporadycznie. Temperatura maksymalna, mierzona na powierzchni gruntu, wyjątkowo przekraczała 300°C. Najwyższe wartości występowały ponad płonąca biomasa. Zwykle osiągały one 500–600°C, najwyższą odnotowaną temperaturą było 935°C – nad płonąca szuwarem trzcinowym. W badanych ekosystemach nieleśnych intensywność i czas trwania ognia nie wpływały na silniejsze nagrzewanie się gleby. Jest to zgodne z wieloma obserwacjami prowadzonymi nad wypalaniem różnych zbiorowisk nieleśnych. Podczas wypalania muraw kserotermicznych

Tabela 2. Zakres temperatury maksymalnej podczas poszczególnych wypaleń oraz prędkość przesuwania się czoła ognia**Table 2.** Maximum temperatures recorded during experimental fires and the velocity of fire spreading

Obiekt Object	Temperatura maksymalna Maximum temperature °C			Średnia prędkość przesuwania się czoła ognia Mean velocity of fire spreading m·s ⁻¹	
	pod powierzchnią gruntu beneath the ground	na powierzchni gruntu on the ground	nad powierzchnią biomasy above the biomass	z wiatrem leeward	pod wiatr windward
Mydlniki	8–148	221–721	78–935	0,026	0,013
Solvay	5–365	25–640	210–715	0,033	0,020
Cisowa	5–10	24–305	34–488	0,029	0,009
Milówka	6–9	15–30	31–564	0,059	0,011
Mydlniki	1–230	12–231	81–732	0,072	0,040
Karniowice	0,4–18	15–39	25–633	0,061	0,021
Więckowice	8–14	16–160	16–322	0,029	0,009



Rys. 1. Rozkład pionowy temperatury maksymalnej (wypalenie w Karniowicach)

Fig. 1. Vertical distribution of maximum temperatures (experimental fire in Karniowice)

w Szwajcarii stwierdzono, że ogień oddziaływał tylko kilkanaście milimetrów w głąb gleby, mimo temperatury dochodzącej do 640°C ponad jej powierzchnią [KEEL, 1995]. Temperatura na powierzchni gruntu nie przekraczała 145°C. Wyniki te osiągnięto, spalając stosunkowo niewielką biomasę (100–180 g·m⁻²), podobną do występujących na powierzchniach w Cisowej (tab. 3). W większości przypad-

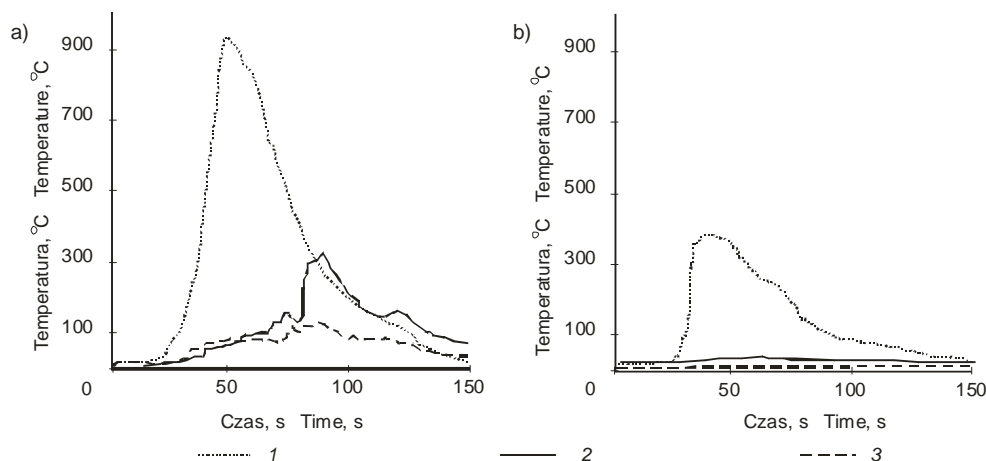
Tabela 3. Wybrane czynniki charakteryzujące biomasę, glebę i atmosferę powierzchni poddanych wypalaniu**Table 3.** Selected parameters of biomass, soil and atmosphere during experimental fires

Obiekt Object	Biomasa Biomass			Gleba Soil		Atmosfera Atmosphere	
	sucha masa dry matter g·m ⁻²	średnia wysokość average height cm	wilgot- ność moisture %	wilgotność moisture %	tempe- ratura tempe- rature °C	średnia prędkość wiatru mean windspeed m·s ⁻¹	tempe- ratura tempe- rature °C
Mydlniki	540–1130	18	9–64	16	5,6	2,5	12,8
Solvay	660–1690	14	14–36	19	5,0	2,7	12,4
Cisowa	150–800	9	13–42	10	6,4	3,0	10,2
Milówka	90–1470	10	18–29	21	6,6	2,6	18,3
Mydlniki	430–790	40	14–25	29	2,4	3,2	17,4
Karniowice	190–440	31	12–25	27	1,1	1,5	15,0
Więckowice		10	19–31	25	8,6	5,2	9,6

ków powszechnie stosowanego w Anglii wypalania wrzosowisk temperatura gleby na głębokości 1 cm nie przekraczała 70°C, gdy temperatura na powierzchni wynosiła 600°C [HOBBS, GIMINGHAM, 1984]. W przypadku eksperymentów laboratoryjnych ze spalaniem różnej ilości biomasy stwierdzono, że gdy maksymalna temperatura ponad powierzchnią gleby osiągała 812°C, to w glebie tylko 175°C. W warunkach polowych warstwa gleby do głębokości 3 cm nie nagrzewała się do temperatury ponad 85°C [DEBANO, EBERLEIN, DUNN, 1979].

Maksymalną temperaturę rejestrowano na różnej wysokości nad gruntem, gdyż rozkład pionowy temperatury zależy od wysokości i struktury spalanej biomasy. Najwyższa temperatura utrzymywała się niedługo – do kilkudziesięciu sekund. Zmiany tego parametru w glebie na głębokości 5 cm pod powierzchnią charakteryzowały się bardziej spłaszczonym przebiegiem. Przykładowe wykresy zmian wartości temperatury w czasie, w zależności od stanu biomasy, przedstawiono na rysunku 2.

Wypala się zwykle obszary niekoszone i niewypasane, charakteryzujące się dużą niejednorodnością florystyczną. Ruń na nich ma charakter kępowy, występujące gatunki wytwarzają dużą biomasę i większość z nich jest wysoka. Rosną tam także gatunki niskie, zwykle trawy. W związku z tym temperatura osiągana w punktach nieznacznie oddalonych różni się kilkudziesięciokrotnie (tab. 4). Mały wzrost temperatury zanotowano wewnątrz zbitych kęp traw (bliźniczka psia trawka – *Nardus stricta* L., śmiełek darniowy – *Deschampsia caespitosa* (L.) P. Beauv.), natomiast zdecydowanie większy bezpośrednio nad kępami. Najwyższa temperatu-



Rys. 2. Dynamika temperatury na powierzchniach o zróżnicowanej biomacie: a) 1100 g·m⁻² (Mydlniki), b) 300 g·m⁻²; 1 – pod powierzchnią gruntu, 2 – na powierzchni gruntu, 3 – nad powierzchnią biomasy

Fig. 2. Temperature dynamics on plots with different biomass: a) 1100 g·m⁻² (Mydlniki), b) 300 g·m⁻²; 1 – beneath the ground, 2 – on the ground, 3 – above the biomass

Tabela 4. Zakres temperatury maksymalnej na powierzchni gruntu podczas jednego wypalenia

Table 4. Range of maximum temperatures on the ground recorded during one experimental fire

Obiekt	Object	Tempertura, °C	Temperature, °C
	Mydlniki	9–19	
	Mydlniki	28–311	
	Mydlniki	8–128	
	Solvay	25–640	
	Cisowa	56–360	
	Cisowa	17–310	
	Cisowa	46–231	
	Cisowa	14–234	
	Cisowa	8–382	
	Cisowa	32–512	
	Cisowa	14–450	
	Cisowa	68–152	
	Cisowa	6–322	

ra występowała w kępach dość wysokich roślin o luźnej strukturze biomasy, takich jak: trzcina pospolita (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud), trzcinnik piaskowy (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth) czy wrotycz pospolity (*Tanacetum vulgare* L.). Temperatura między kępami traw osiągała wartości pośrednie. Duże

zróżnicowanie w poziomym rozkładzie temperatury jest typowe dla większości wypalanych powierzchni leśnych i nieleśnych [Wildland..., 2005].

Na przebieg procesu spalania wpływ ma bardzo wiele czynników siedliskowych. Do najważniejszych należy ilość materiału palnego. Na badanych powierzchniach była ona bardzo zróżnicowana (tab. 3). Najwięcej biomasy, podlegającej spalaniu, występowało w szuwarach mozgowo-trzcinowych (Mydlniki) oraz zwartych łąkach trzcinika piaskowego (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth) (Solvay), najmniej natomiast na mało żyznych odłogach łąkowych (Cisowa, Miłówka, Więckowice). Mimo dużego zróżnicowania masy roślinności, jej średnia wysokość znacznie mniej się różniła. Było to spowodowane niejednakowym stopniem „sprasowania” biomasy, wywołanego zwykle grubością pokrywy śnieżnej i czasem jej zalegania oraz różnym składem gatunkowym roślinności.

Wilgotność biomasy, w warunkach której wypalanie było możliwe, znacznie się zmieniała (9–64%). W niektórych miejscach stwierdzono występowanie dwóch warstw o różnej wilgotności, np. w jednym z wypaleń na powierzchni w Mydlnikach dolna warstwa miała wilgotność 78, a górna 50%. W tym wypadku częściowemu spaleniu uległa tylko górna warstwa. Również duże zróżnicowanie wilgotności biomasy stwierdzono między powierzchniami o ekspozycji północnej i południowej. Wypalanie przeprowadzano wczesną wiosną, kiedy gleby miały dość dużą wilgotność i niską temperaturę (tab. 3), w kilku przypadkach gleba była jeszcze zamrożona, jednak w warunkach bezchmurnej pogody powietrze szybko się nagrzewało i roślinność wysychała. W warunkach angielskich także stwierdzono duże zróżnicowanie wilgotności wypalanej biomasy – 32–60% [HOBBS, GIMINGHAM, 1984].

Czynnikiem istotnie wpływającym zarówno na intensywność procesu spalania, a pośrednio na wysokość temperatury, jak i na szybkość przesuwania się czoła ognia, okazał się wiatr. Wypalania przeprowadzano w doświadczeniach tylko wówczas, gdy wiatr miał umiarkowaną siłę ($0\text{--}5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), w podmuchach był on jednak silniejszy i wtedy obserwowano krótkotrwałe zwiększenie się intensywności ognia. Na intensywność i prędkość przesuwania się czoła ognia duży wpływ miał kierunek wiatru. Prędkość palenia „z wiatrem” była często dwukrotnie większa niż „pod wiatr”. Zarejestrowane prędkości przesuwania się ognia (od $0,009$ do $0,072\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) – tabela 2. – są zbliżone do zmierzonych przez HOBBSA i GIMINGHAMA [1984] oraz KEELA [1995].

Bardzo duże zróżnicowanie temperatury, zarejestrowane na tych samych powierzchniach, wynika głównie ze znacznej zmienności czynników mających wpływ na przebieg procesu spalania. Dotyczy to zwłaszcza ilości biomasy oraz jej struktury. W przypadku zbitej warstwy biomasy spalanie zachodzi bardzo słabo ze względu na utrudniony dostęp powietrza i zwykle większą wilgotność dolnych warstw. Występowanie niejednorodności roślinności w postaci np. kęp traw również powoduje powstanie miejsc, w których temperatura wzrasta w niewielkim stopniu. Duży wpływ na stopień spalania biomasy ma kierunek wiatru. W przy-

padku powolnego wypalania „pod wiatr” stwierdzono pełniejsze spalanie biomasy, a w warunkach szybkiego wypalania „z wiatrem” zaobserwowano pozostawanie większej liczby niewypalonych płatów. Tak więc podczas wypalania roślinności nieleśnej tworzyła się mozaika płatów, w których temperatura była bardzo wysoka i takich, w których wzrastała w niewielkim stopniu. W przypadku dużych, otwartych przestrzeni, na których oddziaływanie wiatru jest większe, proces spalania może odbywać się ze znacznie większą intensywnością.

Ogień, podobnie jak każdy inny czynnik ekologiczny, wpływa na organizmy żywe, ograniczając występowanie jednych gatunków i stwarzając jednocześnie warunki do rozwoju innych. Oddziaływanie ognia na organizmy żywe może być bezpośrednie i wtedy związane jest z letalnym działaniem wysokiej temperatury. Przyjmuje się, że podgrzanie komórki do temperatury 50–55°C powoduje jej śmierć, jednak wrażliwość organizmów na temperaturę zależy od ich budowy oraz długotrwałości działania wysokiej temperatury [WRIGHT, BAILEY, 1982]. W okresie wczesnowiosennych wypaleń rośliny znajdują się jeszcze w okresie zimowego spoczynku, a ich najbardziej wrażliwe części (stożki wzrostu) znajdują się pod powierzchnią, gdzie wzrost temperatury jest niewielki. Większość zwierząt również unika bezpośredniego oddziaływania wysokiej temperatury dzięki migracjom, ukryciu się w glebie lub schronieniu w miejscach niewypalonych [GOLDAMMER, PRÜTER, PAGE, 1997; Wildland..., 2000]. Jedynie nieliczne grupy zwierząt, np. ślimaki, giną w dużym stopniu [GOSSOW, 1997]. Znacznie większe znaczenie ma pośrednie, długotrwałe oddziaływanie ognia na cały ekosystem. Wypalenie martwej roślinności i pozostawienie czarnego popiołu zwiększa nagrzewanie się gleby i szybsze jej obsychanie, co stymuluje wiosenny odrost roślinności [SŁAWIŃSKI, 1956]. Usunięcie zalegającej biomasy umożliwia kiełkowanie nasion oraz wzrost drobnych gatunków roślin. Stosunkowo wysoka temperatura nad powierzchnią gruntu ogranicza rozwój drzew i krzewów i zatrzymuje wtórną sukcesję, prowadzącą do odtworzenia ekosystemu leśnego. Jest to jedna z ważniejszych przyczyn stosowania kontrolowanych wypaleń w ochronie przyrody [GOLDAMMER, PRÜTER, PAGE, 1997]. Także w Polsce sporadyczne wypalanie roślinności umożliwia zachowanie niektórych cennych przyrodniczo typów zbiorowisk nieleśnych (np. muraw kserotermicznych), które po zaprzestaniu użytkowania zarosłyby lasem [CEYNOWA-GIELDON, 1986]. Spalenie biomasy jest szybkim sposobem jej mineralizowania. Wiąże się to wprawdzie z ponad 50% utratą azotu [ALLEN 1966], ale zwiększa dostępność związków pokarmowych dla roślin, umożliwiając ich lepszy wzrost i większą smakowitość dla zwierząt [GOSSOW, 1987; Wildland..., 2000]. Niewielkie podgrzanie gleby, w przeciwieństwie do silnego ogrzania podczas pożarów lasów, może także korzystnie wpływać na zwiększenie żyzności gleby i plonowanie roślin [GIOVANNINI, LUCCHESI, GIACHETTI, 1990].

Końcowy efekt wypalania ekosystemu jest więc wypadkową bardzo wielu czynników. Wypalanie roślinnych zbiorowisk nieleśnych nie powoduje drastycznych szkód w ekosystemie, jednak – podobnie jak każdy inny czynnik ekologiczny

– zmienia kierunek rozwoju ekosystemu i z tego też względu może być oceniane zarówno pozytywnie, jak i negatywnie. W pracy nie uwzględniono pozaekologicznych konsekwencji wypalania roślinności.

WNIOSKI

1. Temperatura podczas wypalania może osiągać bardzo wysokie wartości, stymulowane bardzo wieloma czynnikami, zwłaszcza ilością, strukturą i wilgotnością biomasy oraz prędkością wiatru.

2. Najwyższa temperatura występuje ponad powierzchnią płonącej roślinności, znacznie niższa na powierzchni gruntu, a temperatura gleby wzrasta w niewielkim stopniu.

3. Temperatura na powierzchni gruntu jest bardzo zróżnicowana, co wynika z niejednorodności wypalanej roślinności i zmiennych warunków atmosferycznych.

4. Bezpośrednie oddziaływanie ognia na organizmy glebowe oraz podziemne części roślin w przypadku wczesnowiosennego wypalania jest bardzo niewielkie i dotyczy głównie zwierząt zimujących w nadziemnych częściach roślin oraz roślinności zdrewniałej. Znacznie większe znaczenie ma pośrednie oddziaływanie wypalania na ekosystem, a więc zmiana warunków troficznych na skutek przyspieszonej mineralizacji materii organicznej, szybsze nagrzewanie się gleby oraz usunięcie warstwy hamującej kiełkowanie i wzrost młodych pędów roślin.

Artykuł opracowany w ramach projektu badawczego nr 6P04G 064 21, finansowanego ze środków Komitetu Badań Naukowych.

LITERATURA

- ALLEN S.E., 1966. Chemical aspects of heather burning. *J. Ecol.* s. 347–367.
- CEYNOWA-GIELDON M., 1986. Ocena stanu flory kserotermicznej w rezerwach stepowych nad dolną Wisłą. *Acta Univ. Lodz. Fol. Sozol.* 3 s. 131–142.
- DEBANO L.F., EBERLEIN G. E., DUNN P. H., 1979. Effects of burning on chaparral soil. Cz. 1. Soil nitrogen. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 43 s. 504–509.
- GIOVANNINI G., LUCCHESI S., GIACHETTI M., 1990. Effects of heating on some chemical parameters related to soil fertility and plant growth. *Soil Sci.* 149 s. 344–350.
- GOLDAMMER J.G., 1998. History of fire in land-use systems of the Baltic Region. W: Implications on the use of prescribed fire in forestry, nature conservation and landscape management. *Proc. First Baltic Conf. Forest Fires.* www.fire.uni-freiburg.de
- GOLDAMMER J.G., PRÜTER J., PAGE H., 1997. Feuereinsatz im Naturschutz in Mitteleuropa. Ein Positionspapier. *Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz, Schneverdingen, NNA-Berichte* 5 s. 2–17.
- GOSSOW H., 1997. Feuereinfluss auf Wildtierfauna und Biodiversität. *Feuereinsatz im Naturschutz.* *NNA-Berichte* 5 s. 39–45.

- HOBBS R. J., GIMINGHAM C. H., 1984. Studies on fire in Scottish heathland communities. Cz. 1. Fire characteristics. *J. Ecol.* 72 s. 223–240.
- KEEL A., 1995. Vegetationkundlich-ökologische Untersuchungen und Bewirtschaftungsexperimente in Halbtrockenwiesen (*Mesobromion*) auf dem Schasffhauser Randen. Veröff. Geobot. Institut. ETH 124 ss. 181.
- KOWALSKA-LEWICKA A., 1961. Gospodarka i trzebież żarowa w Karpatach Poiskich w XIX i XX wieku. *Uprawa krzycy. Etnogr. Pol.* 5 s. 101–116.
- LIPKA K., 1994. Skutki pożarów dawno zmeliorowanych torfowisk. *Zesz. Nauk. AR Wroc. Ser. Konf.* t. 2. z. 246 s. 145–152.
- PYNE S.J., 1997. *Fire in America: a cultural history of wildland and rural fire.* Seattle, London: University of Washington Press ss. 654.
- RABOTNOW T.A., 1985. *Fitocenologia. Ekologia zbiorowisk roślinnych.* Warszawa: PWN ss. 574.
- SŁAWIŃSKI W., 1956. Zarys teorii szaty roślinnej łąk. *Rocz. Nauk Rol. Ser. F t. 71 z. 4 s. 823–881.*
- SZYMACHA A., ZARZYCKI J., 2001. Wypalanie roślinności jako czynnik kształtujący szatę roślinną. W: *Trwała okrywa roślinna jako podstawa zrównoważonego rozwoju rolnictwa w zlewniach karpackich. Mater. Konf. Nauk. IMUZ, Jaworki, 9–11 października 2001 r. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 99–103.*
- The role of fire in northern circumpolar ecosystems, 1983. Pr. zbior. Red. R. Wein, D. MacLean. SCOPE 18. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons ss. 344.
- WHITTAKER E., 1961. Temperatures in heath fires. *Ecology* 49 s. 709–715.
- Wildland fire in ecosystems: effects of fire on fauna, 2000. Pr. zbior. Red. J. K. Smith. Dep. Agr. Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42 vol. 1 ss. 83.
- Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soils and water, 2005. Pr. zbior. Red. D. G. Neary, K. C. Ryan, L. F. DeBano. Dep. Agr. Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42 vol. 4 ss. 250.
- WRIGHT H. A., BAILEY A. W., 1982. *Fire ecology United States and southern Canada.* New York: John Wiley & Sons ss. 528.

Jan ZARZYCKI, Artur SZYMACHA

**DYNAMICS AND SPATIAL DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
DURING SPRING BURNING OF NON-FOREST PLANT COMMUNITIES**

Key words: controlled fire, fire ecology, temperatures in vegetation fires

S u m m a r y

Every year in early spring a vast area of grasslands, wastelands and rushes is burnt in Poland. The aim of the study was to measure the temperature during such a burn, as it is the main factor, which affects the ecosystem. A total number of 65 experimental fires in different kinds of non-forest plant communities were carried out. The temperature was measured constantly in the ground, on the ground and over the burning biomass. The environmental factors during fires were recorded.

The highest temperature was found over the burning biomass and the maximum temperature reached 930°C in rushes. Temperature on the ground rarely exceeded 300°C. The temperature 5 cm below the soil surface increased only a little. Low homogeneity of the biomass caused high variability of temperature on the ground level during the same experimental fire.

Main factor that influenced the fire was the quantity and structure of biomass. It was possible to set fire in relatively broad range of biomass moistures (9–64%). Temperature and the velocity of fire spreading increased with higher wind speed. Leeward fire was faster but windward fire burnt the biomass thoroughly. Results of the study showed that the direct effect of early spring fires is relatively small. It is suggested that indirect effect like faster mineralization and warming of the soil may be of greater importance.

Recenzenci:

prof. dr hab. Zygmunt Mikołajczak

prof. dr hab. Mikołaj Nazaruk

Praca wpłynęła do Redakcji 12.12.2005 r.