



WPLYW WYPALENIA RUNI TRAWIASTEJ NA SKŁAD GATUNKOWY I WYBRANE ELEMENTY SIEDLISKOWE

Jan Zarzycki, Dawid Bedla

Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

IMPACT OF BURNOUT SWARD GRASS ON THE SPECIES COMPOSITION AND SELECTED HABITAT PARAMETERS

Streszczenie

Wiosenne wypalanie roślinności łąk i nieużytków co roku stanowi duży problem związany z zagrożeniem pożarowym. Podkreśla się także niekorzystne oddziaływanie tego zjawiska na ekosystem. W doświadczeniu polowym zlokalizowanym w miejscowości Prandocin badano wpływ kontrolowanego wypalenia runi powstałej z wysianej mieszanki łąkowej na wybrane elementy siedliskowe i skład gatunkowy roślinności. Porównano także oddziaływanie ognia z wpływem koszenia, koszenia i usuwania biomasy oraz brakiem koszenia. Podczas wypalania najwyższe maksymalne temperatury (600 C°) odnotowano na wysokości 15 cm, to jest w niewielkiej wysokości ponad biomasą. Temperatura na powierzchni gleby nie przekroczyła 400 C°, a na głębokości 5 cm nagrzewanie się gleby było niewielkie (do 35 C°). Nie stwierdzono statystycznie istotnego zróżnicowania obiektów pod względem plonowania i wilgotności gleby po wypaleniu. Istotnie szybsze było nagrzewanie się gleby na poletkach wypalonych i koszonych z usuwaniem biomasy. Skład gatunkowy pomiędzy poszczególnymi obiektami doświadczenia nie różnił się istotnie. Główną przyczyną niewielkiego wpływu wypalania była prawdopodobnie mała ilość biomasy, a więc krótki czas i niskie temperatury oraz niewielki negatywny wpływ nieusunętej biomasy na wzrost

roślin. Wydaje się, że w przypadku zbiorowisk roślinnych o niewielkiej biomacie oddziaływanie ognia na rośliny jest stosunkowo niewielkie.

Słowa kluczowe: wypalanie traw, nieużytki, łąki

Summary

Spring burning of meadows and wasteland vegetation makes every year a big problem associated with the risk of fire. The negative impact of fire on the ecosystem is also often stressed. In a field experiment located in the Prandocin village the influence of a controlled burning on selected elements of habitat and species composition of the meadow sward was investigated. The effect of fire was compared to mowing, mowing and removal biomass and lack of treatment. The highest maximum temperature during the burning (600 ° C) was recorded at a height of 15 cm, above soil surface, that is a short distance above the biomass. The temperature at the soil surface did not exceed 400 ° C and at a depth of 5 cm below the soil the temperature only slightly increased (up to 35 C °). There were no statistically significant differences of treatments in terms of yield and soil moisture measured two weeks after burning. However, the soil was heated significantly faster in plots burned and cut with the removal of biomass. The plant species composition did not differ significantly between treatments of the experiment. The main reason for the modest effect of burning may be a small amount of biomass. That caused short duration and low temperature of fire. The low level of old biomass on unburned plots only slightly hampered the regrowth of plants. The results suggest that in the case of plant communities with low biomass the effect of fire on plants is relatively small.

Key words: *grassland burning, wasteland, grassland*

WSTĘP

Ogień jest bardzo ważnym naturalnym czynnikiem ekologicznym kształtującym zbiorowiska roślinne i wpływającym na możliwość występowania wielu gatunków zwierząt (Bond i Keeley 2005, Wilkomirski i Gutry 2010). Szczególnie związane z pożarami są obszary, gdzie występuje pora sucha. Należą tu między innymi sawanna afrykańska czy busz australijski (Rabotnov 1985). Także w tajdze pożary lasów występują bardzo często (The role of fire... 1983). W Polsce nie występują ekosystemy zależne od ognia, a naturalne pożary pojawiają się sporadycznie. Pomimo tego co roku odnotowuje się wiele pożarów lasów, a szczególnie duży problem stanowi wiosenne wypalanie nieużytków

(Jankowska-Huflejt 2006, Jankowski i Sosnowski 2012.). W większości wypadków jest to świadome podpalanie mające na celu „oczyszczenie” terenu z resztek nieskoszonej roślinności lub podpalania jako forma rozrywki. Tego typu działania niosą zazwyczaj wielkie ryzyko rozprzestrzeniania się ognia na lasy i zabudowania. Corocznie odnotowuje się śmiertelne ofiary wypaleń. Oprócz zagrożenia pożarowego, ogień oddziałuje także na ekosystem, zarówno na część nieożywioną (Giovannini i in. 1990) jak i zwierzęta (Wildland fire ... 2000a), rośliny (Wildland fire ... 2000b) oraz mikroorganizmy (Prędecka i in. 2010). Każdego roku wiosną prowadzone są akcje uświadamiające szkodliwość wypalania, jednak niewiele jest w Polsce badań naukowych analizujących ekologiczne oddziaływanie ognia na ekosystem. Istniejące opracowania dowodzą, że wpływ ten jest jednoznacznie niekorzystny jeśli chodzi o ekosystemy leśne (Szczygieł 2010) i torfowiskowe (Kania i in. 2006, Lipka 1994). W przypadku innych ekosystemów nieleśnych zagadnienie to nie jest tak jednoznaczne. W wielu krajach europejskich stosuje się wypalanie jako zabieg umożliwiający zachowanie pewnych typów ekosystemów (Montiel i Kraus 2010). Szczególnie istotne jest to dla zachowania wrzosowisk i powiązanych z nimi gatunków ptaków (Yallop i in. 2006). W wielkiej Brytanii opracowano nawet zasady dla stosowania kontrolowanego wypalania (The Heather ... 2007). Również w Niemczech prowadzone są próby wykorzystania ognia jako alternatywy dla użytkowania pasterskiego różnego typu muraw (Goldammer i in. 1997). Niektórzy autorzy sugerują szersze wykorzystanie tego sposobu ochrony czynnej, zwracają jednak uwagę na małą liczbę badań związanych z tym zagadnieniem (Valkó i in. 2014).

Celem pracy była ocena kontrolowanego wiosennego wypalenia roślinności łąkowej na wybrane elementy siedliskowe i skład gatunkowy runi.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe prowadzono w latach 2011-2013, w miejscowości Prandocin (N 50°16'3"; E 20°5'33") położonej na terenie Wyżyny Środkowomłopolskiej, w pobliżu Słomnik. Czteroczynnikowe doświadczenie zlokalizowano na czarnoziemie lessowym i założono metodą kwadratu łacińskiego w 4 powtórzeniach, o wielkości poletka 3,25 x 3,75 m. Czynnikiem doświadczenia były: 1 – wypalanie, 2 – kontrola bez zabiegów, 3 – koszenie i usuwanie biomasy, 4 – koszenie bez usuwania biomasy. Wiosną 2011 r. na całej powierzchni doświadczenia wysiano mieszanek łąkową o składzie gatunkowym: życica trwała, kostrzewa łąkowa, wiechlina łąkowa, kupkówka pospolita, koniczyna biała, koniczyna łąkowa, kostrzewa trzcinowa. W roku siewu, z uwagi na znaczne zachwaszczenie zasiewu, wykonano wiosną koszenie pielęgnacyjne. Jesienią wykoszono odpowiednie poletka. W marcu 2012 i kwietniu 2013 dokonano wypalenia poletek z pomiarem temperatury. Wypalania dokonywano pod wiatr.

Pomiar temperatury przeprowadzono za pomocą termopar typu K podłączonych do przetwornika TC-08 i komputera, w którym w sposób ciągły zapisano przebieg zmian temperatury podczas przechodzenia czoła ognia. Na każdym poletku rozmieszczono po dwa czujniki 5 cm pod powierzchnią, na powierzchni oraz 15 cm nad powierzchnią. Na wysokości 50 cm nad powierzchnią, z powodu uszkodzenia termopary, umieszczono tylko jeden czujnik. Z uwagi na niekorzystne warunki i słaby rozwój roślinności w 2012 nie prowadzono obserwacji, jedynie dokonano koszenia i wypalenia suchej runi na odpowiednich poletkach. W 2013 r. przeprowadzono ocenę wybranych parametrów roślinnych i siedliskowych. Przed wypaleniem pobrano i zważono próby nekromasy. Średnio masa zeszłorocznej roślinności wyniosła 130 g·m⁻². Nie stwierdzono istotnego statystycznie zróżnicowania pomiędzy poletkami. Po wypaleniu wyschniętej roślinności oznaczono wilgotność gleby metodą wagową. Zmierzono nagrzewanie się gleby na powierzchni i 5 cm pod powierzchnią. Pomiaru dokonano w dwóch terminach, przy ciepłej, słonecznej pogodzie oraz w warunkach pełnego zachmurzenia i niskiej temperatury. Pod koniec czerwca zebrano próby biomasy, oraz dokonano oceny składu gatunkowego roślinności, stosując skalę procentową pokrycia powierzchni. Analizę wariancji wykonano za pomocą programu Statistica, a do analizy składu gatunkowego wykorzystano program Juice (Tichy 2002).

WYNIKI I DYSKUSJA

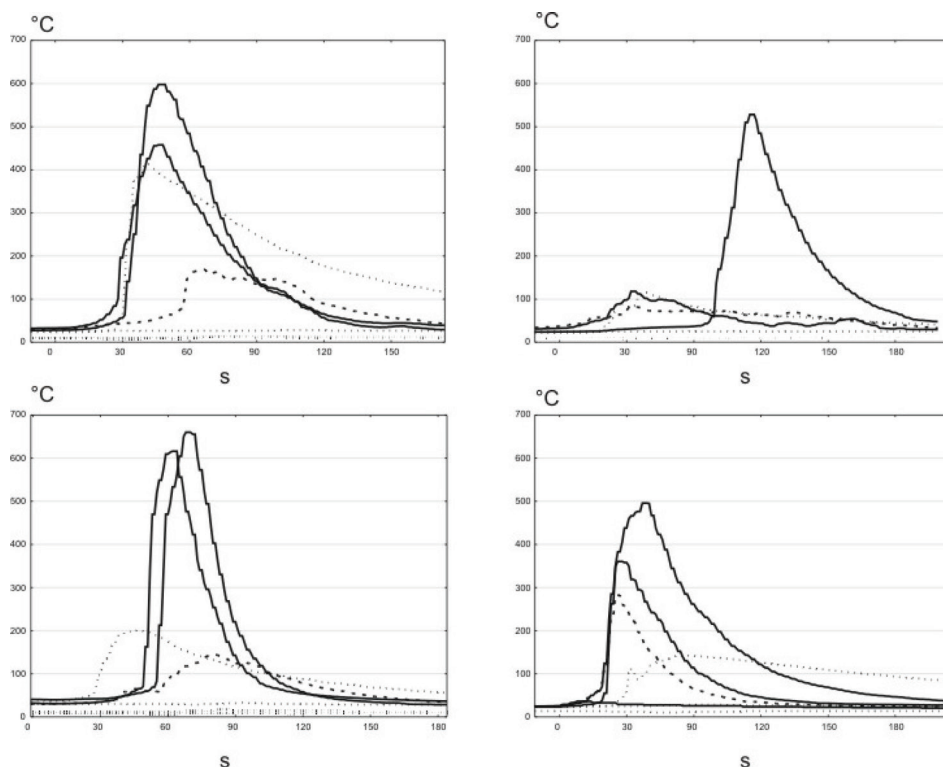
Wysoka temperatura, jaka powstaje podczas spalania biomasy jest głównym czynnikiem wpływającym na elementy biotyczne w ekosystemie. Maksymalna temperatura zmierzona podczas eksperymentu wahała się na poszczególnych poletkach od 495 C° do 660 C° (tab. 1).

Tabela 1. Temperatura maksymalna (C°) na różnych wysokościach, zarejestrowane na poszczególnych poletkach podczas wypalania roślinności

Table 1. The maximum temperatures (°C) at different heights on individual plots recorded during burning

Poletko	5 cm pod powierzchnią	na powierzchni	15 nad powierzchnią	50 cm nad powierzchnią
1	35	142	495	282
2	13	413	597	168
3	11	115	528	83
4	18	200	660	144

Badania własne – own research data



Rozmieszczenie czujników termicznych / Localisation of thermosensors

- 5 cm pod powierzchnią / 5 cm under ground
- 15 cm nad powierzchnią / 15 cm over ground
- na powierzchni / on the ground
- 50 cm nad powierzchnią / 50 cm over ground

Rysunek. 1. Przebieg zmian temperatury podczas wypalania biomasy
Figure. 1. Course of temperature changes during biomass burning

Najwyższe temperatury odnotowano na wysokości 15 cm nad powierzchnią ziemi, a że wiosną warstwa roślinności z poprzedniego roku miała niewielką miąższość, więc najwyższa temperatura znajdowała się w pewnej odległości ponad biomasą. Temperatura na wysokości 50 cm była zwykle niższa. Wywołane jest to charakterystyką płomienia, gdyż podczas spalania maksimum temperatury znajduje się w pobliżu spalanego materiału. W doświadczeniach innych autorów (Bailey i Anderson 1980) także stwierdzano zróżnicowaną wysokość, na której notowano temperatury maksymalne. Zależało to zwykle od ilości biomasy i rodzaju zbiorowiska roślinnego. Zmierzona temperatura maksymalna wynosząca około 600 C° jest stosunkowo niewielka ze względu na małą ilość spalonego materiału. W wielu doświadczeniach (Whittaker 1963) stwierdzano temperatury

dochodzące do 1000 °C. Miało to jednak miejsce przy wypalaniu zbiorowisk roślinnych o znacznie większej biomasy jak np. szuwarów trzcinowych (Zarzycki i Szymacha 2006). Analizując przebieg zmian temperatur na poszczególnych poletkach (ryc.1) można zauważyć, że zwykle na powierzchni ziemi nie były bardzo wysokie, a czas ich oddziaływania na glebę był dość krótki.

Nawet w obrębie tego samego poletka temperatura zanotowana na tej samej wysokości była różna. Związane było to głównie z niejednorodnością przestrzenną rozmieszczenia biomasy w obrębie jednego poletka. Ruń łąkowa była w różnym stopniu rozwinięta i z uwagi na znaczny udział kupkówki pospolitej miała charakter kępiasty. Tak więc wpływ usytuowania czujników w stosunku do ilości biomasy miał decydujący wpływ na wysokość zarejestrowanej temperatury. Ilość martwej biomasy wosną była stosunkowo niewielka. W efekcie nagrzewanie gleby było słabe. Na głębokości 5 cm wzrost temperatury był ledwo zauważalny (tab. 1). Jest to zgodne z obserwacjami nad rozkładem przestrzennym temperatury gleby podczas wypalania terenów nieleśnych (Bailey i Anderson 1980, Davies i in. 2010, Zarzycki i Szymacha 2006). Sugerowane przez niektórych autorów (Jankowski i Sosnowski 2012) zniszczenie życia w glebie wydaje się trochę przesadzone. Zupełnie inaczej wygląda sytuacja w przypadku pożarów lasów. Jeżeli nie jest to pożar pokrywy glebowej, przy której spalona jest tylko ściółka i posusz, ale całych drzew to przy tak dużej biomasy i długotrwałym oddziaływaniu ognia nagrzewanie się gleby jest znacznie silniejsze (De Bano 2000). W tym wypadku dochodzi do czasowego zniszczenia organizmów w górnych częściach profilu glebowego.

Oprócz bezpośredniego oddziaływania temperatury na biocenozę, wypalenie oddziałuje także na warunki abiotyczne (Certini 2005). Przyczyną, dla której wypala się wosną resztki roślinne jest chęć pozbycia się nekromasy, która utrudnia wzrost roślin. Po jej wypaleniu pozostaje odsłonięta powierzchnia gleby ze spalonymi resztkami roślin w kolorze czarnym. Powoduje to znaczne przyspieszenie ogrzewania się gleby. Temperatura gleby zmierzona po pewnym czasie na wypalonych poletkach była wyższa od temperatury na poletkach niewypalonych, jednak różnice te nie były istotne w stosunku do temperatury zmierzonej na poletkach koszonych z usuwaniem biomasy. Istotnie niższe była natomiast temperatura uzyskana na poletkach z pozostawioną biomasa (tab.2).

Intensywniejsze nagrzewanie gleby i brak pokrycia resztkami roślinnymi powinno także wpływać na wilgotność gleby, powodując zwiększone parowanie. W doświadczeniu nie stwierdzono jednak takiego wpływu. Wilgotność gleby w poszczególnych obiektach nie różniła się istotnie (tab. 3).

Wypalenie roślinności powoduje szybką mineralizację materii organicznej, której rozkład biologiczny trwałby dość długo. Część składników pokarmowych ulatnia się w postaci gazowej (zwłaszcza związki azotowe). Pozostałe jednak przechodzą w formy przyswajalne dla roślin. Efektem tego jest ich szybszy wzrost i zwiększenie wartości paszowej. Jest to przyczyna, dla której w wielu

częściach świata wypala się roślinność nieleśną (Pyne 1997). Także w Polsce w przeszłości zalecano takie postępowanie (Sławiński 1956). W przeprowadzonym doświadczeniu nie stwierdzono takiej zależności. Plon roślin zebranych w doświadczeniu był najwyższy w obiekcie kontrolnym, bez zabiegów, ale różnice nie były istotne statystycznie (tab. 3).

Tabela 2. Temperatura gleby (°C) gleby na poszczególnych obiektach w zależności od głębokości, pory dnia i warunków pogodowych. Temperatury dla poszczególnych terminów obserwacji i głębokości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie (test Duncana)

Table 2. Temperature of the soil (°C) for each plot depending on the depth, time of day and weather conditions. Temperatures for each observation date and depths marked with the same letter are not significantly different (Duncan's test)

	05.04.2013				01.05.2013			
	13.00		16.00		13.00		16.00	
Obiekt	0 cm	5 cm	0 cm	5 cm	0 cm	5 cm	0 cm	5 cm
wypalone	8,00 b	8,05 a	7,70 a	7,83 a	27,61 a	24,74 c	29,68 c	26,72 c
bez zabiegów	7,20 a	7,05 b	6,90 b	6,90 b	24,98 a	20,27 b	25,61 a	22,18 a
koszone z usuwaniem biomasy	7,87 b	7,85 a	7,67 a	7,80 a	25,48 a	21,88 a	28,04 bc	25,21 bc
koszone bez usuwania biomasy	7,37 a	7,35 c	7,17 c	7,28 c	26,08 a	21,55 a	27,00 ab	22,99 ab

05.04.2013 – pochmurno, temperatura powietrza 7,5 C°

01.05.2013 – słonecznie, temperatura powietrza 29 C°

Badania własne – own research data

Tabela 3. Wilgotność gleby i wybrane parametry roślinności w czerwcu 2013 r

Table 3. Soil moisture and vegetation selected parameters in June 2013.

Obiekt	Wilgotność gleby (%)	Masa roślin (g·m ⁻²)
wypalone	16,13	329
bez zabiegów	16,03	333
koszone z usuwaniem biomasy	16,79	224
koszone bez usuwania biomasy	16,35	318

Badania własne – own research data

W drugim roku po zasiewie z wysianej mieszanki pozostało jedynie pięć gatunków: kostrzewa łąkowa, kupkówka pospolita, życica trwała koniczyna łą-

kowa i biała, z czego główny udział miały kupkówka pospolita i kostrzewa łąkowa (tab. 4). Obliczone współczynniki wierności phi tych dwóch ostatnich gatunków do poszczególnych obiektów nie były istotne. Koniczyna łąkowa i życica trwała wykazywały przywiązanie do obiektów koszonych, a koniczyna biała do koszonych z usuwaniem biomasy. Z uwagi na ich niewielki udział w całkowitym pokryciu powierzchni, nie można było stwierdzić wpływu zabiegów na pojawianie się tych gatunków. Poza gatunkami wysianymi stwierdzono występowanie w runi 26 gatunków, które pojawiły się spontanicznie. Były to w przeważającej liczbie chwasty pół uprawnych. W przypadku niektórych z nich stwierdzono wprawdzie wysoką wartość współczynnika wierności phi, lecz także występowały z niewielkim pokryciem powierzchni. W badaniach dotyczących wpływu ognia na roślinność w Ameryce stwierdzono, że wpływ ognia na skład gatunkowy roślinności może być bardzo duży lub niewielki. Zależy to do od rodzaju zbiorowiska, a więc właściwości roślin i głównie intensywności i długotrwałości oddziaływania ognia (Wildland fire 2000b).

Tabela 4. Średnie pokrycie (%) i współczynnik wierności phi* dla gatunków występujących w poszczególnych obiektach w 2013 roku

Table 4. Average coverage (%) and phi * fidelity factor for the species in particular objects in 2013

	Obiekt							
	wypalone		bez zabiegów		koszone z usuwaniem biomasy		koszone bez usuwania biomasy	
	phi	średnie pokrycie	phi	średnie pokrycie	phi	średnie pokrycie	phi	średnie pokrycie
Gatunki wysiane								
<i>Fsetuca pratensis</i>	--	38	---	45,5	---	53	---	45,5
<i>Dactylis glomerata</i>	--	70,5	---	58	---	40,5	---	38
<i>Lolium perenne</i>	--	4,3	---	2,5	27,7	13	27,7	9
<i>Trifolium repens</i>	--	0	---	0	85,6	4	---	3
<i>Trifolium pratense</i>	--	3	---	3	28,9	2,3	28,9	6
Gatunki spontaniczne								
<i>Anagalis arvensis</i>	46,2	2	9,2	2	---	0	---	0
<i>Melandrium album</i>	44,7	2	---	0	---	0	---	0
<i>Lathyrus pratensis</i>	44,7	2	---	0	---	0	---	0
<i>Setaria viridis</i>	21,8	2	---	0	21,8	3	---	0
<i>Conyza canadensis</i>	21,8	2	21,8	3	---	0	---	0
<i>Sonchus arvensis</i>	14,9	2	---	3	---	3	14,9	2,5

	Obiekt							
	wypalone		bez zabiegów		koszone z usuwaniem biomasy		koszone bez usuwania biomasy	
	phi	średnie pokrycie	phi	średnie pokrycie	phi	średnie pokrycie	phi	średnie pokrycie
Gatunki wysiane								
<i>Galeopsis sp.</i>	--	0	44,7	2	--	0	---	0
<i>Cirsium arvense</i>	--	0	--	0	44,7	2	---	0
<i>Geranium pusillum</i>	---	0	--	0	44,7	2	---	0
<i>Plantago major</i>	--	0	--	0	44,7	2	---	0
<i>Matricaria maritima</i>	--	0	---	0	44,7	2	---	0
<i>Plantago lanceolata</i>	---	0	---	0	44,7	2	---	0
<i>Rumex crispus</i>	--	0	---	0	44,7	2	---	0
<i>Papaver rhoeas</i>	---	0	--	0	44,7	2	---	0
<i>Viola arvensis</i>	---	0	---	0	44,7	2	---	0
<i>Medicago sativa</i>	--	0	---	0	21,8	2	21,8	2
<i>Erigeon annuus</i>	---	0	21,8	2	21,8	2	---	0
<i>Taraxacum officinale</i>	--	0	21,8	2	21,8	2	---	0
<i>Lactuca seriola</i>	---	0	65,5	2,5	---	0	---	0
<i>Convolvulus arvensis</i>	---	0	21,8	2	21,8	2	---	0
<i>Avena fatua</i>	--	0	9,2	2	46,2	2	---	0
<i>Apera spica-venti</i>	---	0	46,2	2	9,2	2	---	0
<i>Medicago lupulina</i>	--	0	---	0	46,2	2,5	9,2	3
<i>Poa pratensis</i>	---	3	28,9	4,3	---	2	---	3
<i>Galium aparine</i>	---	2	21,8	3	50,9	2	---	3
<i>Vicia angustifolia</i>	--	0	14,9	2	14,9	2	14,9	2

* Współczynnik Phi jest miarą przywiązania gatunku do konkretnego obiektu doświadczenia (Tichy 2002)

* Phi coefficient is the positive fidelity value between a particular treatment and a species (Tichy 2002)

Badania własne – own research data

Otrzymane wyniki nie wskazują na znaczący wpływ wypalania na skład gatunkowy roślinności i wielkość biomasy. Przeprowadzone doświadczenie opierało się jednak na uproszczonej mieszance łąkowej, wysianej na gruntach ornych. W ciągu dwóch lat nie nastąpiło pełne zadarnienie na żadnym poletku, a ruń miała stosunkowo niewielką masę. Zróżnicowanie warunków siedliskowych, wywołane zastosowanymi zabiegami było na obiektach niewielkie. W warunkach naturalnych, wypalane zbiorowiska roślinne różnią się od siebie zarówno składem gatunkowym jak i biomasa. Wydaje się, że w przypadku zbiorowisk o małej biomacie oddziaływanie wypalania na roślinność, ze względu

na niskie temperatury gleby i małą ilość mineralizowanej materii organicznej będzie stosunkowo niewielkie. Może tylko uniemożliwić wzrost roślinności zdrewniałej i zubażać glebę w związki azotu. Dlatego też w niektórych krajach stosuje się kontrolowane wypalanie dla zachowania na przykład muraw kserotermicznych. Zupełnie inaczej wygląda problem wypalania odłogowanych pól, łąk i szuwarów. Charakteryzują się one dużą biomasą, a więc temperatury podczas wypalania mogą być bardzo wysokie, a także znacznie większe zagrożenie pożarowe.

WNIOSKI

1. Podczas wypalania roślinności temperatura osiąga najwyższe wartości na pewnej wysokości ponad spalaną biomasą
2. W czasie wypalania suchej roślinności temperatura górnej warstwy gleby wzrasta w niewielkim stopniu i na krótki czas
3. Wypalenie lub skoszenie i usunięcie zalęgającej biomasy przyspiesza tempo nagrzewania się gleby.
4. W przypadku zbiorowisk roślinnych o niskiej biomasie wpływ wypalania na roślinność jest niewielki.

LITERATURA

- Bailley A.W., Anderson M. L.. 1980. Fire temperatures in grass, shrubland and aspen forest communities of Central Alberta. *Journal of Range Management*, 33: 37-40
- Bond W. J., Keeley J. E. 2005. Fire as a global 'herbivore': the ecology and evolution of flammable ecosystems. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 20: 387-394
- Certini G. 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*, 143: 1-10
- Davies G. M., Smith A. A., MacDonald A. J., Bakker J. D., Legg C. J. 2010. Fire intensity, fire severity and ecosystem response in heathlands: factors affecting the regeneration of *Calluna vulgaris*. *Journal of Applied Ecology*, 47: 356-365
- De Bano L.F. 2000. The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review. *Journal of Hydrology*, 231-232: 195-206
- Giovannini G., Lucchesi S., Giachetti M., 1990. Effects of heating on some chemical parameters related to soil fertility and plant growth. *Soil Science*, 149: 344-350
- Goldammer J.G., Prüter J., Page H., 1997. Feuereinsatz im Naturschutz in Mitteleuropa. Ein Positionspapier. Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz, Schneverdingen, NNA-Berichte, 5: 2-17
- Jankowska-Huflejt H. 2006. Skutki wiosennego wypalania traw. *Poradnik Gospodarski*, 3: 28

- Jankowski K., Sosnowski J. 2012. Zmiany w użytkach zielonych pod wpływem wybranych oddziaływań naturalnych i antropogenicznych. *Widomości Melioracyjne i Łąkarskie*, 4: 184-186
- Kania J., Malawska M., Gutry P., Kamiński J., Wilkomirski B. 2006. Zmiany przyrodnicze torfowiska niskiego spowodowane pożarem. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie*, t. 6 z.2: 155-173
- Lipka K. 1994. Skutki pożarów dawno zmeliorowanych torfowisk. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Ser. Konf.*, 2(246): 145-152
- Montiel C., Kraus D. (Red.) 2010. Best practices of fire use – prescribed burning and suppression fire programmes in selected case study regions in Europe. *European Forest Institute Research Report*, 24.
- Prędecka A., Russel S., Chojnicki J., Charmuszko N. 2010. Wpływ kontrolowanego wypalania traw na liczebność grzybów glebowych. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, t. 10 z. 2 (30): 133-141
- Pyne S.J., 1997. *Fire in America: a cultural history of wildland and rural fire*. Seattle, London. University of Washington Press
- Rabotnow T.A., 1985. *Fitocenologia. Ekologia zbiorowisk roślinnych*. Warszawa: PWN
- Sławiński W. 1956. Zarys teorii szaty roślinnej łąk. *Rocz. Nauk Rol.* t. 71 Ser. F. z. 4: 823-881
- Szczygieł R. (Red.). 2010. Skutki pożarów lasów i działania prewencyjne. Kampania informacyjna pt. „Ogień w lesie a przyroda – podniesienie świadomości mieszkańców terenów wiejskich w zakresie zapobiegania pożarom lasów”, Warszawa
- The Heather and Grass Burning Code. 2007. Department for Environment, Food and Rural Affairs, London, UK
- The role of fire in northern circumpolar ecosystems. 1983. (Red.) R. Wein, D. MacLean. SCOPE 18. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons s. 344. http://dgc.stanford.edu/SCOPE/SCOPE_18/SCOPE_18.html
- Valkó O., Török P., Deák B., Tóthmérész B. 2014. Prospects and limitations of prescribed burning as a management tool in European grasslands. *Basic and Applied Ecology*, 15 (1): 26-33
- Whittaker E., 1961. Temperatures in heath fires. *Ecology*, 49: 709-715
- Wildland fire in ecosystems: effects of fire on fauna. 2000a. (Red.) J. K. Smith. Dep. Agr. Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42 vol. 1
- Wildland fire in ecosystems: effects of fire on flora. 2000b. Red. J.K. Brown, J.K. Smith. Dep. Agr. Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42 vol. 2
- Wilkomirski B., Gutry P. 2010. Zmiany przyrodnicze w ekosystemach pod wpływem pożarów środowiskowych. *Rocznik Świętokrzyski. Seria B, Nauki Przyrodnicze Tom 31*: 95-110
- Yallop A.R., Thacker J.I., Thomas G., Stephens M., Clutterbuck B., Brewer T., Sannier D. 2006. The extent and intensity of management burning in the English uplands. *Journal of Applied Ecology*, 43: 1138-1148

Zarzycki J., Szymacha A. 2006. Dynamika i zróżnicowanie przestrzenne temperatury podczas wiosennego wypalania nieleśnych zbiorowisk roślinnych. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, t.6 z. 1(16): 437-448.

Dr hab.inż. Jan Zarzycki, prof.UR, dr inż. Dawid Bedla
Katedra Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłataja w Krakowie
Al. Mickiewicza 24/24, 30-059 Kraków