LUTY 2021

Akumulacja pyłu zawieszonego przez wybrane gatunki łąk miejskich

RAPORT Z BADANIA W BIAŁYMSTOKU

Autorzy: dr hab. Arkadiusz Przybysz, dr inż. Robert Popek, Sebastian Kowalenko, Szymon Podoba, Monika Małecka-Przybysz, Agnieszka Nowak

Spis treści

1. Lokalizacje doświadczenia | 3

1.1. Ulica Zwycięstwa | 3
1.2. Ul. Rocha, ul. Jana Pawła II x Sikorskiego | 5
1.3. Ul. Maczka | 6

2. Zbiór roślin | 8

2.1. Akumulacja pyłu zawieszonego przez rośliny rosnące na łące jedno- i wieloletniej | 8
2.2. Akumulacja pyłu zawieszonego przez łąkę wieloletnią | 8

3. Metodyka oznaczania akumulacji pyłu zawieszonego przez rośliny | 9

4. Wyniki | 11

4.1. Całkowita akumulacja pyłu zawieszonego | 11
Wykres 1. Całkowita akumulacja pyłu zawieszonego | 13

4.2. Akumulacja pyłu zawieszonego na powierzchni roślin i w woskach | 14
4.3. Procentowy udział pyłu zawieszonego powierzchniowego i zatrzymanego w wosku | 14
Wykres 2. Akumulacja pyłu zawieszonego na powierzchni roślin i w woskach | 15–16
Wykres 3. Procentowy udział pyłu zawieszonego powierzchniowego i zatrzymanego w wosku | 17

4.4. Akumulacja pyłu zawieszonego różnych frakcji wielkości (0,2–2,5, 2,5–10, 10–100 µm) | 18
Wykres 4. Akumulacja pyłu zawieszonego różnych frakcji wielkości (0,2–2,5, 2,5–10, 10–100 µm) | 19–21

Wykres 5. Procentowy udział pyłu zawieszonego różnych frakcji wielkości (0,2–2,5, 2,5–10, 10–100 µm) | 22

Wykres 6. Ilość wosku na roślinach | 23

Autorzy i autorki
dr hab. Arkadiusz Przybysz
dr inż. Robert Popek
Sebastian Kowalenko
Szymon Podoba
Monika Małecka-Przybysz
Agnieszka Nowak

Wyd. Fundacja Łąka
ul. Wandy 3/7 m. 20
03-949 Warszawa
Warszawa 2021

Redaktorka wydania
Agnieszka Nowak

1. Lokalizacje doświadczenia

1.1. Ulica Zwycięstwa

Badanym obiektem była łąka wieloletnia o powierzchni około 2 500 m^2 znajdująca się pomiędzy przeciwległymi pasami ruchu (2 pasy na kierunek ruchu) ul. Zwycięstwa w Białymstoku (Zdjęcie 1). Łąka założona została w 2019 roku. Wysiano rośliny jednoroczne i wieloletnie (byliny). Badania przeprowadzono w kolejnym sezonie wegetacyjnym (rok 2020). W trakcie pierwszego sezonu łąka była pielona w przypadku pojawienia się gatunków inwazyjnych i niewchodzących w skład wysianej mieszanki. Po pierwszym sezonie łąka została skoszona jesienią, nisko przy ziemi. Pas łąki przy krawędzi drogi o szerokości jednego metra koszony był regularnie, prawie do poziomu gruntu.

ZDJĘCIE 1: LOKALIZACJA ŁĄKI WIELOLETNIEJ PRZY ULICY ZWYCIĘSTWA W BIAŁYMSTOKU (ZDJ. GOOGLE MAPS)

Głównym źródłem zanieczyszczeń powietrza w tej lokalizacji była ulica Zwycięstwa. Droga ta jest bardzo ruchliwa, w godzinach szczytu regularnie zdarzają się korki. Blisko łąki znajduje się rondo, które w istocie jest skrzyżowaniem ze światłami. Z tego powodu w najbliższym sąsiedztwie łąki, czekając na zmianę świateł, samochody wielokrotnie ruszają i hamują, co znacząco zwiększa emisję spalin. W obu kierunkach ulicą Zwycięstwa kursuje komunikacja miejska. Znajdują się tam przystanki autobusowe. Łąka dodatkowo przecięta jest drogą krajową (aleja Solidarności), którą poza samochodami osobowymi przemieszczają się liczne samochody ciężarowe.

W roku wysiania łąki (2019) bujnie rosły i kwitły rośliny jednoroczne (Zdjęcie 2A), które w roku badań (2020) w dużej mierze zastąpione zostały przez wieloletnie byliny (Zdjęcie 2B). Rośliny jednoroczne nie były dosiewane w drugim sezonie. Duża gęstość wysokich bylin nie pozwoliła na

kiełkowanie ani optymalny wzrost roślin jednorocznych (wystąpiła konkurencja o światło, wodę i składniki pokarmowe). Łąka cechowała się zróżnicowanym dostępem do światła słonecznego i w konsekwencji dużą bioróżnorodnością gatunkową. Wyróżniono strefy mniejszego i większego nasłonecznienia, co spowodowało dość duże zróżnicowanie siedliskowe i obecność blisko siebie gatunków, które rzadko występują razem, takich jak pokrzywy i dziewanny. W drugim sezonie łąka była wysoka. Na początku lipca nostrzyk żółty, żmijowiec, marchew dzika i dziewanna miały ponad 1,5 metra wysokości. W 2020 roku łąka była koszona jednokrotnie, dwa miesiące przez zbiorem roślin do niniejszego badania, na przełomie sierpnia i września.

ZDJĘCIE 2. ŁĄKA PRZY ULICY ZWYCIĘSTWA W BIAŁYMSTOKU W PIERWSZYM (2019, A) I DRUGIM SEZONIE (2020, B) ZDJ. A. NOWAK

Jesień 2020 roku była wilgotna, ale stosunkowo słoneczna i ciepła. Rośliny szybko odbiły po letnim koszeniu i osiągnęły kilkadziesiąt centymetrów wysokości w okresie 2 miesięcy (wrzesień – październik, Zdjęcie 3). Niektóre gatunki zakwitły po raz drugi, np. wrotycz, mniszek lekarski, ślazy, lepnica rozdęta i wiele innych. Mimo późnej jesieni, łąka miała też intensywnie zieloną barwę.

ZDJĘCIE 3. ŁĄKA PRZY UL. ZWYCIĘSTWA W DNIU POBRANIA PRÓB DO BADANIA – 7 LISTOPADA 2020 R. (ZDJ. A. NOWAK)

W najbliższym sąsiedztwie badanej łąki wieloletniej znajdowała się też inna zieleń miejska, która uczestniczyła w oczyszczaniu powietrza z pyłu zawieszonego. Drzewa (wysokie, sięgające kilkunastu metrów) i krzewy rosły wzdłuż ulicy Zwycięstwa. W momencie zbierania prób drzewa i krzewy były już w stanie bezlistnym. Okoliczne trawniki były często i nisko koszone. Dowodzi to, że łąki miejskie są funkcjonalne ekologicznie (między innymi akumulują pył zawieszony, asymilują CO_2, stanowią pożytek dla zapylaczy i in.) także poza sezonem wegetacyjnym, w momencie gdy roślinność zdrewniała jest już w fazie spoczynku.

1.2. Ul. Rocha oraz skrzyżowanie drogi gen. Sikorskiego z al. Jana Pawła II

Łąka miejska o pow. 500 m^2 przy ul. Rocha wysiana została w 2020 roku (Zdjęcie 4) jako łąka jednoroczna, właściwie pozbawiona roślin wieloletnich, także w momencie zbioru. Po założeniu przez większość sezonu wegetacyjnego łąka ta była ręcznie pielona w celu usunięcia gatunków potencjalnie inwazyjnych. Nie była koszona. W trakcie zbierania prób łąka była już w bardzo złym stanie. Większość roślin zakończyła sezon wegetacyjny i zostały jedynie martwe resztki. Liczba gatunków roślin jednorocznych, których zbiór był możliwy, była niewielka. Powyższe obserwacje sugerują, że łąki jednoroczne tracą swoje właściwości ekosystemowe szybciej niż łąki wieloletnie. Łąki jednoroczne zazwyczaj cechują się większą dekoracyjnością i akceptacją społeczną, ale mając na uwadze jakość powietrza w mieście inwestycja w łąki wieloletnie wydaje się o wiele lepszym rozwiązaniem.

ZDJĘCIE 4. LOKALIZACJA ŁĄKI JEDNOROCZNEJ PRZY ULICY ROCHA W BIAŁYMSTOKU (ZDJ. GOOGLE MAPS)

Łąka znajdowała się na placyku otoczonym ulicami o średnim natężeniu ruchu (Zdjęcie 4). W pobliżu znajdowały się skupiska krzewów i pojedyncze drzewa. Stopień zanieczyszczenia powietrza w tej lokalizacji można określić jako typowo miejski. Zdjęcie 5 przestawia lokalizację przed założeniem łąki.

ZDJĘCIE 5. LOKALIZACJA PRZY UL. ROCHA PRZED ZAŁOŻENIEM ŁĄKI JEDNOROCZNEJ (ZDJ. A. NOWAK)

Dodatkowo na skrzyżowaniu drogi Generała Władysława Sikorskiego i alei Jana Pawła II (53.13975606680012, 23.10771155532786) zebrano słonecznika zwyczajnego. Rośliny rosły w monokulturze, tworzyły wysoki i zwarty łan.

1.3. Ul. Maczka

Przy ulicy Maczka zlokalizowana była łąka wieloletnia (2000 m^2), na której zbadano akumulację pyłu zawieszonego przez jeden metr kwadratowy łąki w przeliczeniu na cm powierzchni roślin. Dzięki temu możliwe było porównanie z pojedynczymi gatunkami. Ulica Maczka (Zdjęcie 6, droga krajowa nr 65) to droga wylotowa z miasta, cechująca się bardzo intensywnym ruchem kołowym pojazdów różnego typu: osobowych, ciężarowych, autobusów i in. Stężenie zanieczyszczeń powietrza w tej lokalizacji było bardzo wysokie.

ZDJĘCIE 6. LOKALIZACJA ŁĄKI WIELOLETNIEJ PRZY ULICY MACZKA W BIAŁYMSTOKU (ZDJ. GOOGLE MAPS)

Łąka przy ulicy Maczka założona została w podobnym terminie (rok 2019) i przy wykorzystaniu tych samych technik co łąka przy ulicy Zwycięstwa. Wysiano mieszankę roślin wieloletnich z niewielkim udziałem roślin jednorocznych. Skład gatunkowy był również podobny, łąka była bioróżnorodna, ale na łące przy ulicy Maczka udział traw był większy niż przy ulicy Zwycięstwa. Powodem mogły być warunki glebowe, przygotowanie gleby lub wcześniejsze wykorzystanie tej lokalizacji. W pierwszym roku istnienia, łąka była ręcznie pielona w celu eliminacji kłopotliwych chwastów. Pierwsze koszenie miało miejsce jesienią 2019 r. W drugim roku łąka została skoszona na 2 miesiące przed zbiorem prób.

Łąka wieloletnia zlokalizowana była na pasie środkowym, znajdującym się pomiędzy przeciwległym kierunkami ruchu (Zdjęcie 7). Pas środkowy łąka dzieliła z rzadko koszonym trawnikiem.

ZDJĘCIE 7. RĘCZNE PIELENIE ŁĄKI PRZY UL. MACZKA W PIERWSZYM ROKU, 2019. (ZDJ. A. NOWAK)

2. Zbiór roślin

2.1. Akumulacja pyłu zawieszonego przez rośliny rosnące na łące jedno- i wieloletniej

Próby pojedynczych gatunków z łąki jednorocznej pobrane były przy ulicy Rocha, a z łąki wieloletniej przy ulicy Zwycięstwa. Próby roślinne zebrane zostały w pierwszej dekadzie listopada (07.11), z różnych części łąk, zawsze nie dalej niż 3 metry od ich krawędzi. Łącznie dla każdego badanego gatunku zebrano 4 powtórzenia biologiczne, na powtórzenie biologiczne składało się zazwyczaj kilka roślin tego samego gatunku rosnących blisko siebie. Ścinane były całe, w pełni rozwinięte i nieuszkodzone mechanicznie rośliny, około 5 cm nad powierzchnią gleby. Łącznie zebrano próby z 30 gatunków roślin wieloletnich i 8 gatunków jednorocznych, które są powszechne na łąkach miejskich, tolerują różne siedliska i stanowią bazę wielu mieszanek nasion wysiewanych w terenie zurbanizowanym.

W okolicy ulicy Zwycięstwa zebrano również liście drzew (klon pospolity, lipa drobnolistna) oraz trawy (kostrzewa czerwona), które posłużyły jako materiał porównawczy.

2.2. Akumulacja pyłu zawieszonego przez łąkę wieloletnią

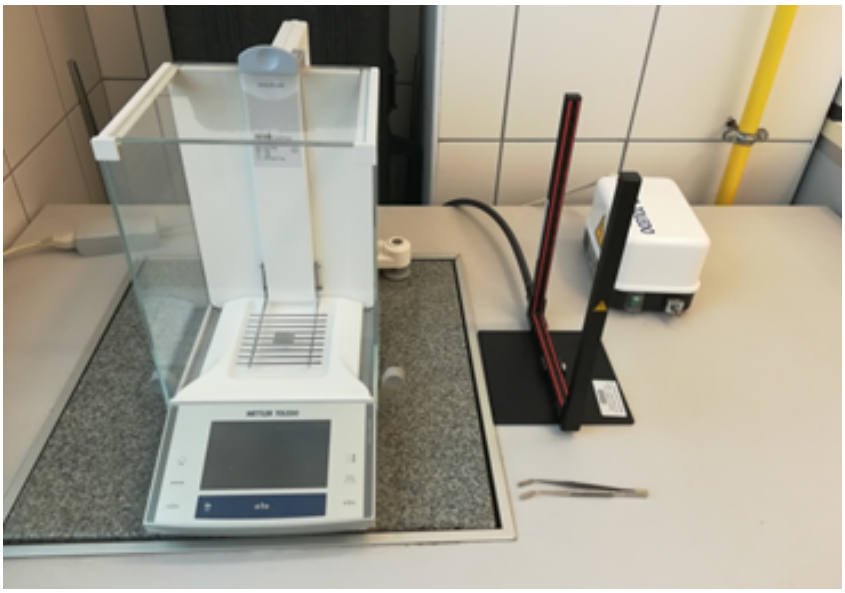
Próby zebrano w lokalizacji przy ulicy Maczka. Oznaczony został reprezentatywny fragment łąki wieloletniej o powierzchni jednego metra kwadratowego. Rośliny ścinane był nożycami (bez użycia sprzętu spalinowego), jak najbliżej powierzchni gleby.

3. Metodyka oznaczania akumulacji pyłu zawieszonego przez rośliny

Ilości pyłów zawieszonych na roślinach oznaczono za pomocą metody opracowanej w ZPPO, SGGW pod kierunkiem prof. dr. hab. Stanisława W. Gawrońskiego.

Analizę pyłów zawieszonych przeprowadzono z użyciem 3 rodzajów filtrów o średnicy 47 mm: bibułowe typ 91 (średnica porów 10 µm) i typ 42 (średnica porów 2,5 µm) oraz filtry membranowe PTFE (średnica porów 0,2 µm) wszystkie wyprodukowane przez firmę Whatmann, Wielka Brytania.

Każdorazowo przed analizą filtry suszono w temperaturze 60°C przez 45 minut w komorze cieplnej (KCW-100, PREMED, Polska). Następnie umieszczono je na zewnątrz komory, w temperaturze pokojowej, w chłodnym i suchym miejscu, na kolejne 45 minut w celu ustabilizowania wilgotności. Po tym czasie przystępowano do pierwszego ważenia filtrów (XS105DU, Mettler-Toledo International Inc., Szwajcaria) (Zdjęcie 8). Przed ważeniem filtry przesuwano przez bramkę dejonizującą, w celu zniwelowania ładunku elektrostatycznego (HAUG, Szwajcaria) (Zdjęcie 8). Zanotowano wagę każdego filtra.



ZDJĘCIE 8. WAGA LABORATORYJNA I BRAMA DEJONIZUJĄCA

Badane próby roślinne umieszczano w szklanym krystalizatorze. Zalewano je 250 ml wody destylowanej. Próbę starannie mieszano przez 60 sekund, w celu zmycia pyłów zawieszonych z powierzchni liści. Działanie to symulowało intensywne opady deszczu, powodując zmycie osadzonych na roślinach powierzchniowych pyłów, które w warunkach naturalnych spłukiwane są przez deszcz.

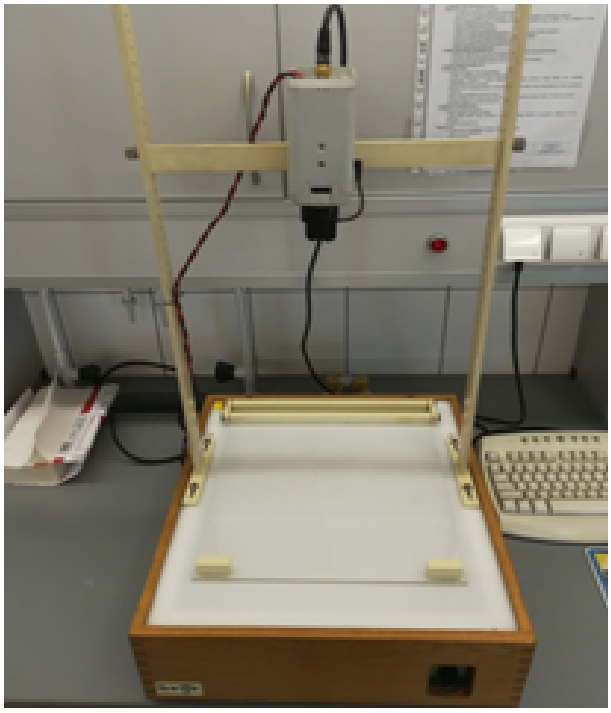
Wodę wraz ze zmytymi zanieczyszczeniami przelewano do czystego krystalizatora przez metalowe sito (Haver & Boecker, Niemcy) o wielkości oczek 100 µm w celu usunięcia zanieczyszczeń większych od 100 µm, których nie klasyfikuje się jako pyły zawieszone. Po przepłukaniu próby roślin wodą destylowaną, te same rośliny odłożono do kolejnego szklanego krystalizatora. Następnie zawiesinę filtrowano przy pomocy zestawu filtracyjnego (PALL Corp., USA) połączonego z pompą

próżniową (KNF Neuberger, Inc., USA). Wodę z jednej próby filtrowano najpierw przez filtry o średnicy porów 10 µm, aż do momentu kiedy cała woda znalazła się w kolbie. Następnie tę samą wodę filtrowano kolejno przez filtry o średnicy porów 2,5 µm i 0,2 µm. W przypadku filtrów PTFE, aby zmniejszyć napięcie powierzchniowe, nanoszono kilka kropli alkoholu izopropylowego przed filtracją. Powyższe zabiegi spowodowały zebranie następujących frakcji pyłu zawieszonego: PM 10 – 100 µm, PM 2,5 – 10 µm oraz PM 0,2 – 2,5 µm. Po zakończeniu analizy filtry poddawano identycznej procedurze jak przed filtracją i ponownie ważono. Z różnicy mas filtrów przed i po filtracji wyliczono masę PM każdej z badanych frakcji.

Po zakończeniu procedury płukania wodą, rośliny z tej samej próby płukano w 150 ml chloroformu przez 60 sekund. Użycie chloroformu miało na celu rozpuszczenie i zmycie warstwy wosków epikutykularnych z powierzchni roślin wraz z nagromadzonymi w nich pyłami zawieszonymi. Filtrowanie przeprowadzono jak w przypadku wody, na zestawie tej samej firmy, w tej samej kolejności wkładania filtrów, z wyjątkiem tego, że do przesączu filtru o średnicy porów 0,2 µm nie użyto alkoholu izopropylowego. Z „brudnymi" filtrami postępowano tak samo jak poprzednio. Pozostały po filtrowaniu chloroform wlewano do uprzednio zważonych i podpisanych czystych szklanych zlewek, w których po odparowaniu chloroformu pod wyciągiem pozostawała warstwa wosku. Następnie zlewki ważono na wadze laboratoryjnej. Z różnicy mas pustych zlewek i zlewek z woskiem obliczono ile wosków znajdowało się na liściach.

Rośliny z każdej próby po ostatnim płukaniu chloroformem odkładano do wyschnięcia na papierowych kartkach pod wyciągiem. W celu porównania zdolności poszczególnych gatunków do akumulacji pyłów zawieszonych oraz ilości wosków mierzono powierzchnię blaszek liściowych przy pomocy urządzenia Image Analysis System (Skye Instruments Ltd, Wielka Brytania) oraz oprogramowania SkyeLeaf (Zdjęcie 9). Pozwoliło to na przedstawienie uzyskanych wyników jako µg PM lub µg wosków deponowanych na cm^2 powierzchni liści.

Na uzyskanych wynikach przeprowadzono analizy statystyczne. Wszystkie otrzymane dane poddano jednoczynnikowej analizie wariancji (ang. One–Way ANOVA) za pomocą programu Statgraphics Plus 4.1. Istotność różnic oceniono stosując test Tukeya. Jest to tzw. test rozsądnej istotnej różnicy (ang. „honest significant difference", HSD), na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Wyniki przedstawiono w formie wykresów lub tabel z uśrednionymi wynikami uwzględniając błąd standardowy SE (ang. „standard error').



ZDJĘCIE 9. URZĄDZENIE IMAGE ANALYSIS SYSTEM

4. Wyniki

4.1. Całkowita akumulacja pyłu zawieszonego

Rośliny lepnicy rozdętej, bnieca białego (lepnicy białej) oraz koniczyny łąkowej akumulowały sumarycznie istotnie najwięcej pyłu zawieszonego (0,2–100 µm) z powietrza spośród gatunków zebranych z łąki wieloletniej (Wykres 1, str. 13). Lepnica rozdęta to roślina osiągająca około 1 metra wysokości. Łodyga jest bez włosków, ale pokryta grubym nalotem woskowym, który nadaje jej charakterystycznego niebieskiego zabarwienia. Gruby nalot woskowy sprzyja zwiększeniu lepkości powierzchni rośliny i akumulacji pyłu zawieszonego o lipofilnym charakterze, który wnika w głąb wosku. Bniec biały również osiąga rozmiary do 1 metra wysokości. Łodyga tej rośliny może być lepka w dotyku, dodatkowo jest owłosiona. Oba gatunki mają dość duże liście, gęsto pokrywające łodygę, co również zwiększa efektywność akumulacji pyłu zawieszonego. W przeciwieństwie do lepnicy i bnieca, koniczyna łąkowa to niska roślina, która poza akumulacją pyłu zawieszonego bezpośrednio z powietrza może dodatkowo akumulować pył zawieszony wtórny, unoszony z powierzchni ziemi. Dzięki temu chroni otoczenie przed bardzo groźnym zjawiskiem resuspencji pyłu zawieszonego i ogranicza erozję wietrzną gleby (Wykres 1).

Pył zawieszony był również efektywnie akumulowany przez żmijowca zwyczajnego, złocień zwyczajny, wilczomlecz lancetowaty oraz wrotycz pospolity (Wykres 1). Wszystkie te gatunki to wysokie rośliny, które w zwartym łanie mogą stanowić skuteczną barierę dla zanieczyszczonego powietrza emitowanego przez transport drogowy. Szczególnie interesującym gatunkiem jest żmijowiec zwyczajny, którego łodygi pokryte są dwoma rodzajami włosków: krótkimi i przylegającymi, oraz długimi (do 2,5 mm), odstającymi i szczeciniastymi, wyrastającymi na szczytach czerwonawych brodawek. Owłosione są również liście żmijowca zwyczajnego. Owłosiona łodyga bywa spotykana także u złocienia zwyczajnego. Atutem wrotyczu pospolitego są duże, pierzastosieczne liście. Pierzaste liście akumulują pył zawieszony znacznie efektywniej niż liście o regularnym kształcie (Wykres 1).

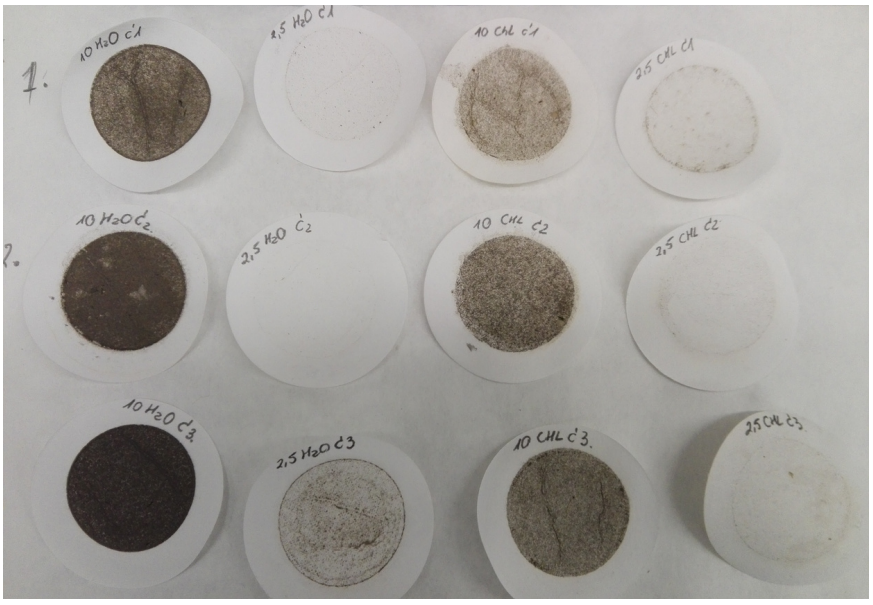
Istotnie najmniej pyłu zawieszonego zdeponowanego było na buraku liściowym (Wykres 1). Liście tego gatunku są zagięte na brzegach, pofalowane, mogą być gładkie lub pomarszczone. Niestety, położone są zbyt nisko aby akumulować pył zawieszony bezpośrednio z powietrza (szczególnie w warunkach gęstej łąki), a ich ułożenie względem podłoża nie sprzyja ograniczaniu resuspencji pyłu zawieszonego z powierzchni ziemi. Tylko niewiele więcej pyłu zawieszanego stwierdzono na krwawniku pospolitym oraz dziewannie wielkokwiatowej. Szczególnie zastanawiająca jest niewielka akumulacja pyłu zawieszonego przez dziewannę. Dziewanna wielkokwiatowa to bardzo wysoka roślina (nawet do 2 m wysokości) z łodygą i dużymi liśćmi pokrytymi kutnerem (gęste włoski). Wydaje się, że pod koniec sezonu wegetacyjnego roślina straciła zdolność nie tylko do wyłapywania pyłu zawieszonego z powietrza, ale także retencji tego pyłu, który zakumulowany został wcześniej (Wykres 1).

Spośród roślin rosnących na łące jednorocznej największą depozycję pyłu zawieszonego wykazano dla farbownika lekarskiego (Wykres 1). Roślina ta nie jest szczególnie wysoka (30-90 cm), ale charakteryzuje się wzniesioną, prostą i szorstko owłosioną łodygą. Lancetowate liście ułożone są skrętolegle i również szorstko owłosione. Dużą akumulację pyłu zawieszonego stwierdzono także u smagliczki skalnej, kosmosu pierzastego, szałwii omszonej i nagietka lekarskiego. Interesującym gatunkiem jest szałwia omszona. Łodyga tego gatunku jest rozgałęziona, owłosiona i gęsto ulistniona. Liście szałwii zwyczajnej również wykazują cechy sprzyjające wysokiej akumulacji pyłu zawieszonego, są lekko pomarszczone, karbowane i owłosione, szczególnie po spodniej stronie (Wykres 1).

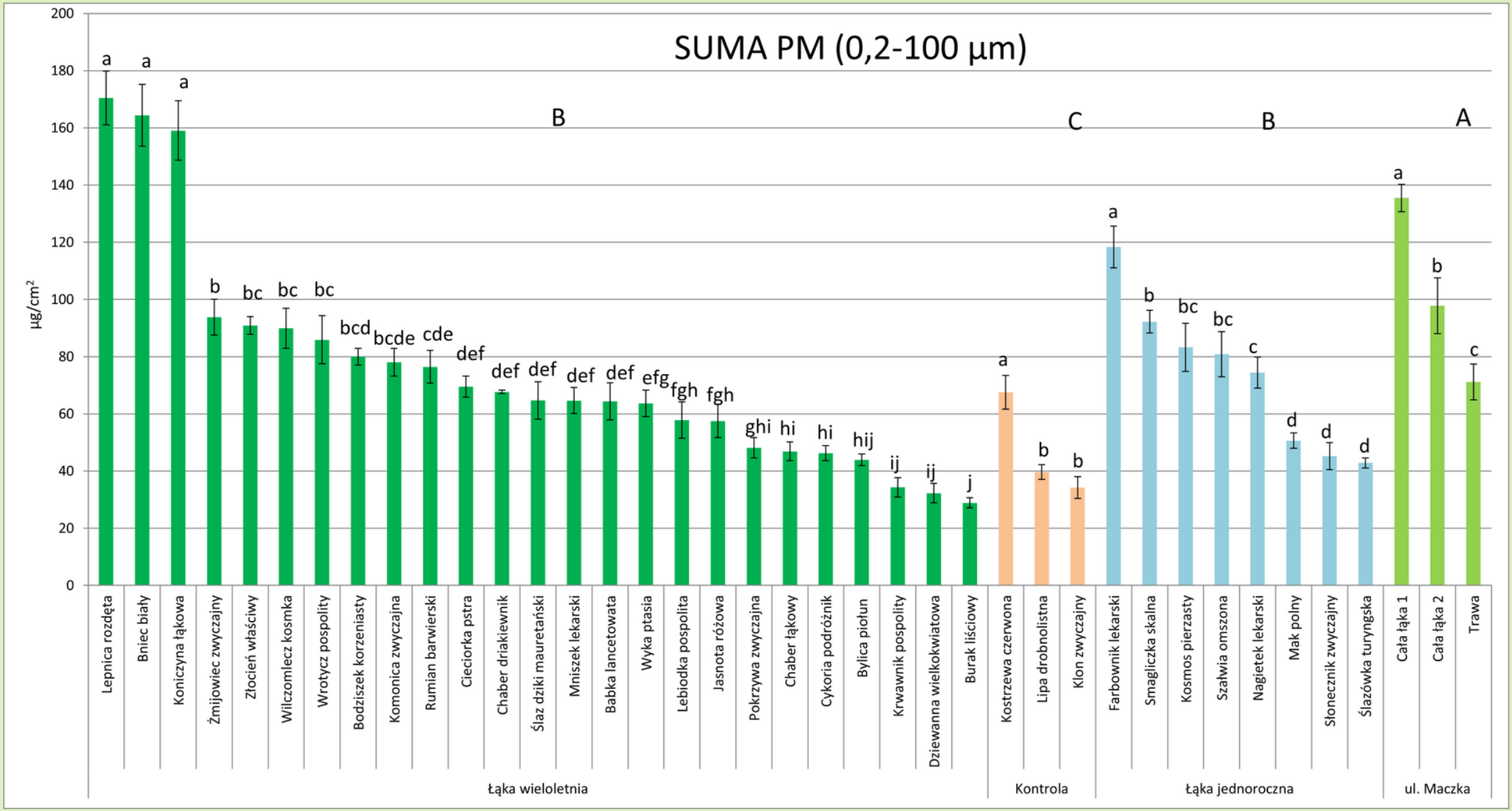
Najmniejszą akumulacją pyłu zawieszonego cechował się mak polny, słonecznik zwyczajny oraz ślazówka turyngska (Wykres 1). Mała akumulacja pyłu zawieszonego przez ślazówkę i słonecznik może być związana z momentem sezonu wegetacyjnego lub lokalizacją na łące (Wykres 1). Oba te gatunki w pełni sezonu wegetacyjnego (wiosna–lato) powinny charakteryzować się wysoką zdolnością do akumulacji pyłu zawieszonego.

Większość gatunków zebranych z łąk jedno- i wieloletnich akumulowało więcej pyłu zawieszonego niż referencyjne drzewa (lipa i klon) oraz trawa (kostrzewa) (Wykres 1). Lipa drobnolistna i klon zwyczajny to drzewa cechujące się co najmniej dobrą akumulacją pyłu zawieszonego w terenie zurbanizowanym. Uzyskane wyniki wskazują, że rośliny łąkowe są bardzo efektywne w akumulacji pyłu zawieszonego. Ich bliska obecność przy głównych źródłach emisji pyłu zawieszonego (drogi, skrzyżowania) i użyteczność nie tylko w sezonie wegetacyjnym, ale także w miesiącach jesiennych, a nawet zimowych, sprawiają, że powinny być one traktowane jako bardzo ważne narzędzie ograniczające zanieczyszczenie powietrza w miastach (Wykres 1).

Dużą akumulacją pyłu zawieszonego charakteryzowała się też cała łąka wieloletnia (zlokalizowana przy ulicy Maczka) (Wykres 1). W przeliczeniu na cm^2 powierzchni roślin, łąka wieloletnia akumulowała więcej pyłu zawieszonego niż większość pojedynczych gatunków z łąki wieloletniej i wszystkie z łąki jednorocznej. To oznacza, że na skuteczność akumulacji łąki wpływa nie tylko skład gatunkowy, ale także jej struktura i bioróżnorodność (Wykres 1).



Wykres 1. Całkowita akumulacja pyłu zawieszonego



WYNIKI STANOWIĄ ŚREDNIĄ ±SE, N = 4.
RÓŻNE MAŁE LITERY NAD SŁUPKAMI OZNACZAJĄ ŚREDNIE (DLA POJEDYNCZYCH GATUNKÓW) ISTOTNIE RÓŻNIĄCE SIĘ STATYSTYCZNIE.
DUŻE LITERY NAD SŁUPKAMI OZNACZAJĄ ŚREDNIE (DLA CAŁYCH GRUP ROŚLIN, OZNACZONYCH RÓŻNYMI KOLORAMI SŁUPKÓW) ISTOTNIE RÓŻNIĄCE SIĘ STATYSTYCZNIE.

4.2. Akumulacja pyłu zawieszonego na powierzchni roślin i w woskach

Pył zawieszony akumulowany jest bezpośrednio na powierzchni roślin lub zatrzymywany w woskach, czyli tłuszczowej warstwie pokrywającej tę powierzchnię (Wykres 2, str. 15–16). Pył zawieszony znajdujący się na powierzchni roślin może być z niej zmyty przez deszcz albo zostać usunięty przez silny wiatr czy przemieszczające się zwierzęta. Zanieczyszczenia, które zatrzymane są w woskach roślinnych, uznawane są z kolei za trawle unieszkodliwione. Pozostają związane z rośliną co najmniej do końca sezonu wegetacyjnego lub do degradacji wosku (np. w wyniku działania niekorzystnych czynników środowiskowych). Nie każdy pył zawieszony może penetrować z powierzchni roślin do warstwy woskowej. Jest to możliwe tylko w przypadku zanieczyszczeń o lipofilnym charakterze, np. spalin samochodowych czy mikroplastiku. Spośród badanych roślin lepnica rozdęta (istotnie najwięcej ze wszystkich gatunków) i koniczyna łąkowa zatrzymały najwięcej pyłu zawieszonego w woskach. Bniec biały, który akumulował bardzo dużo pyłu zawieszonego, charakteryzował się małą ilością pyłu zdeponowanego w woskach, a bardzo dużą ilością pyłu powierzchniowego. To oznacza, że w przypadku tego gatunku większość zakumulowanego pyłu zawieszonego mogłoby zostać usunięte z powierzchni rośliny i wrócić do środowiska. Najmniej pyłu zawieszonego w wosku stwierdzono u chabra driakiewnika, jasnoty różowej, pokrzywy zwyczajnej i buraka liściowego. Należy jednak zwrócić uwagę, że z wyjątkiem chabra, rośliny te były ogólnie słabymi akumulatorami pyłu zawieszonego. Wyniki sugerują, że chaber driakiewnik nie powinien być umieszczany na brzegach łąk, ponieważ pył zawieszony zatrzymany przez ten gatunek łatwo ulega resuspencji i wraca do atmosfery, stanowiąc zagrożenie dla ludzi (Wykres 2).

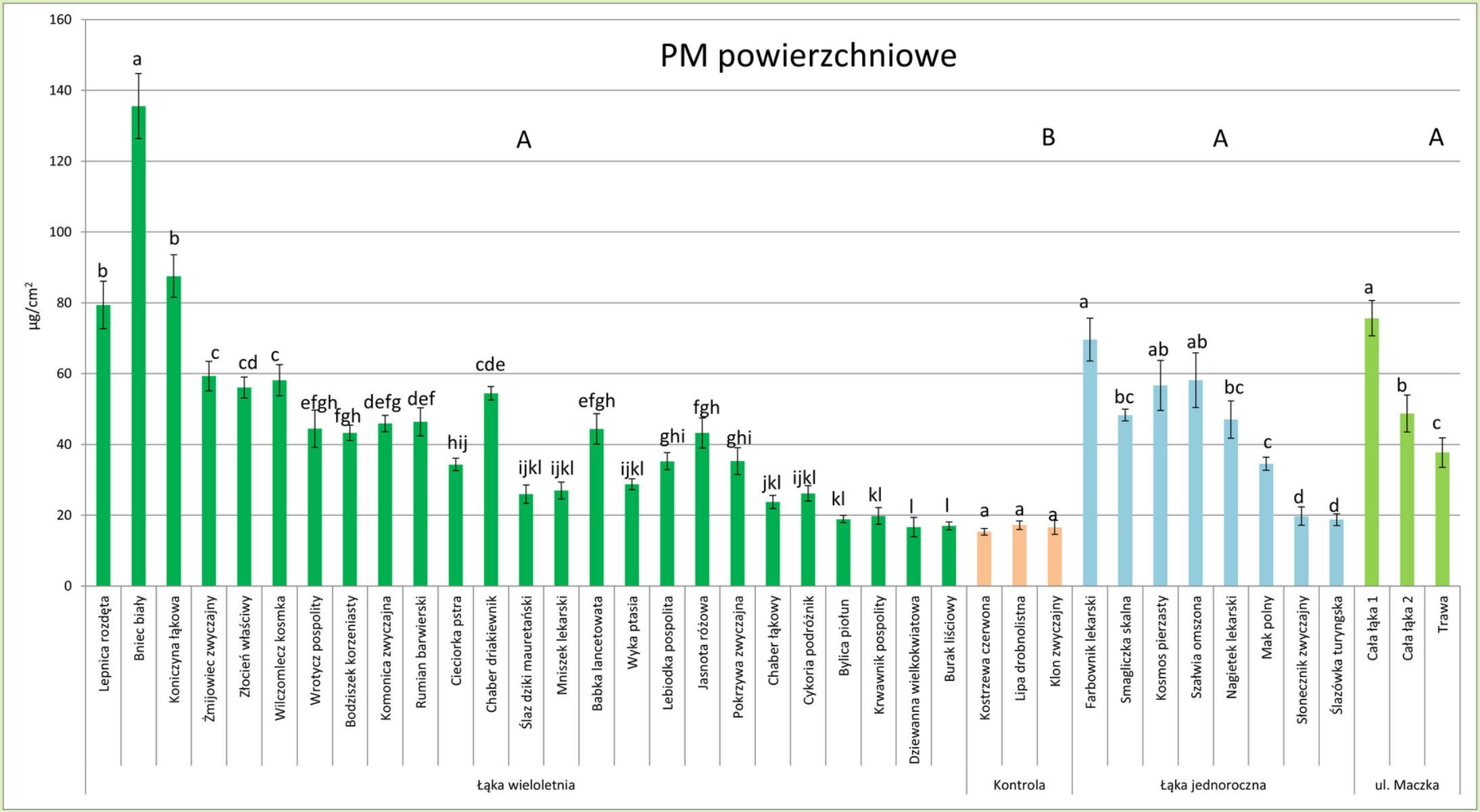
Na łące jednorocznej istotnie najwięcej pyłu zwieszonego w woskach zatrzymały farbownik lekarski i smagliczka skalna, a najmniej mak polny (Wykres 2). Mak polny wydaje się gatunkiem najmniej interesującym pod względem wpływu na jakość powietrza w miastach. Akumuluje on niewielką ilość pyłu zawieszonego i niewiele zanieczyszczeń zatrzymuje w wosku (Wykres 2).

Bardzo dużo pyłu zawieszonego w wosku akumulowała trawa (kostrzewa czerwona, Wykres 2). Z kolei dwa badane drzewa (lipa, klon) zatrzymywały relatywnie mało pyłu w woskach, szczególnie jeśli tę wartość porówna się do większości gatunków łąkowych (Wykres 2).

4.3. Procentowy udział pyłu zawieszonego powierzchniowego i zatrzymanego w wosku

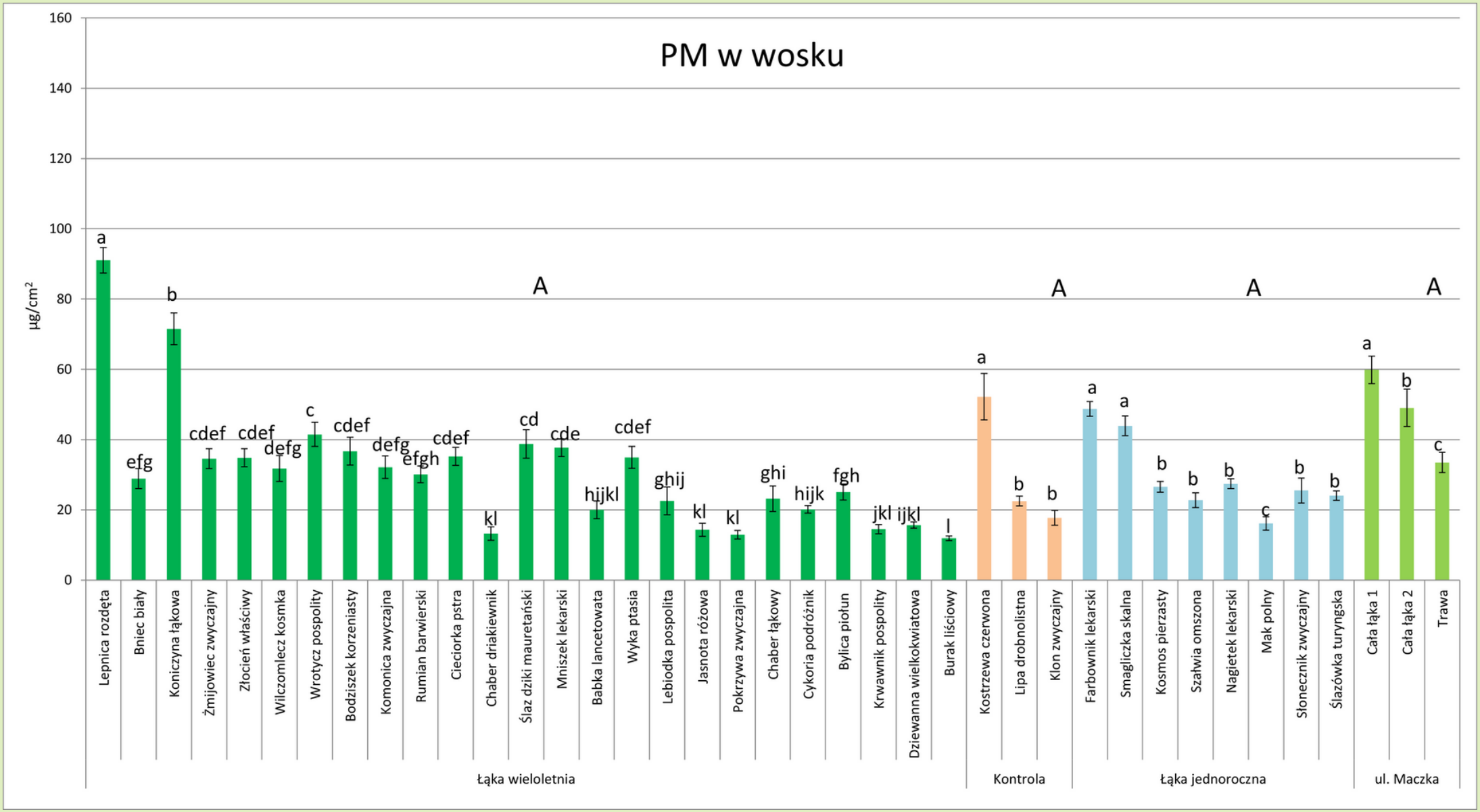
Wykres 3 (str. 17) prezentuje procentowy udział pyłów zawieszonych zatrzymanych na powierzchni roślin i w woskach. Dokonując selekcji najlepszych gatunków łąkowych do akumulacji pyłu zawieszonego z powietrza, poza całkowitą akumulacją pyłu warto wziąć pod uwagę również udział pyłów zatrzymanych w woskach. Nie powinien być on niższy niż 40%, a najlepiej gdyby wynosił 50% lub więcej. Procentowy rozkład pyłów powierzchniowych i zatrzymanych w woskach w próbie pobranej z jednego metra kwadratowego łąki rozkładał się niemal równomiernie (z niewielką przewagą pyłu powierzchniowego). Jest to kolejny dowód na znaczenie bioróżnorodności w tworzeniu funkcjonalnej mieszanki antypyłowej (Wykres 3).

Wykres 2.1 Akumulacja pyłu zawieszonego na powierzchni roślin i w woskach



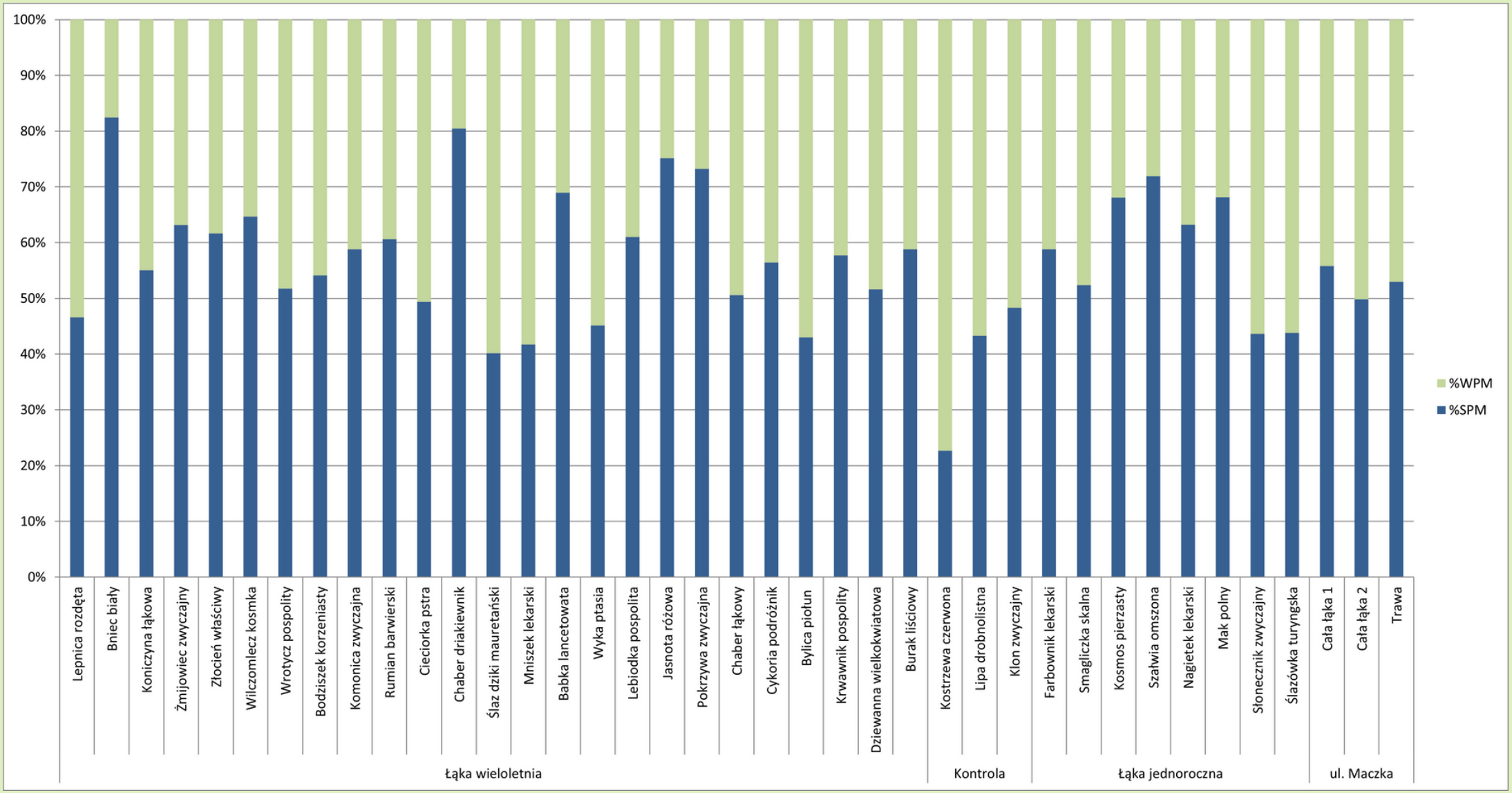
WYNIKI STANOWIĄ ŚREDNIĄ ±SE, N = 4.
RÓŻNE MAŁE LITERY NAD SŁUPKAMI OZNACZAJĄ ŚREDNIE (DLA POJEDYNCZYCH GATUNKÓW) ISTOTNIE RÓŻNIĄCE SIĘ STATYSTYCZNIE.
DUŻE LITERY NAD SŁUPKAMI OZNACZAJĄ ŚREDNIE (DLA CAŁYCH GRUP ROŚLIN, OZNACZONYCH RÓŻNYMI KOLORAMI SŁUPKÓW) ISTOTNIE RÓŻNIĄCE SIĘ STATYSTYCZNIE.

Wykres 2.2 Akumulacja pyłu zawieszonego na powierzchni roślin i w woskach



WYNIKI STANOWIĄ ŚREDNIĄ ±SE, N = 4.
RÓŻNE MAŁE LITERY NAD SŁUPKAMI OZNACZAJĄ ŚREDNIE (DLA POJEDYNCZYCH GATUNKÓW) ISTOTNIE RÓŻNIĄCE SIĘ STATYSTYCZNIE.
DUŻE LITERY NAD SŁUPKAMI OZNACZAJĄ ŚREDNIE (DLA CAŁYCH GRUP ROŚLIN, OZNACZONYCH RÓŻNYMI KOLORAMI SŁUPKÓW) ISTOTNIE RÓŻNIĄCE SIĘ STATYSTYCZNIE.

Wykres 3. Procentowy udział pyłu zawieszonego powierzchniowego i zatrzymanego w wosku



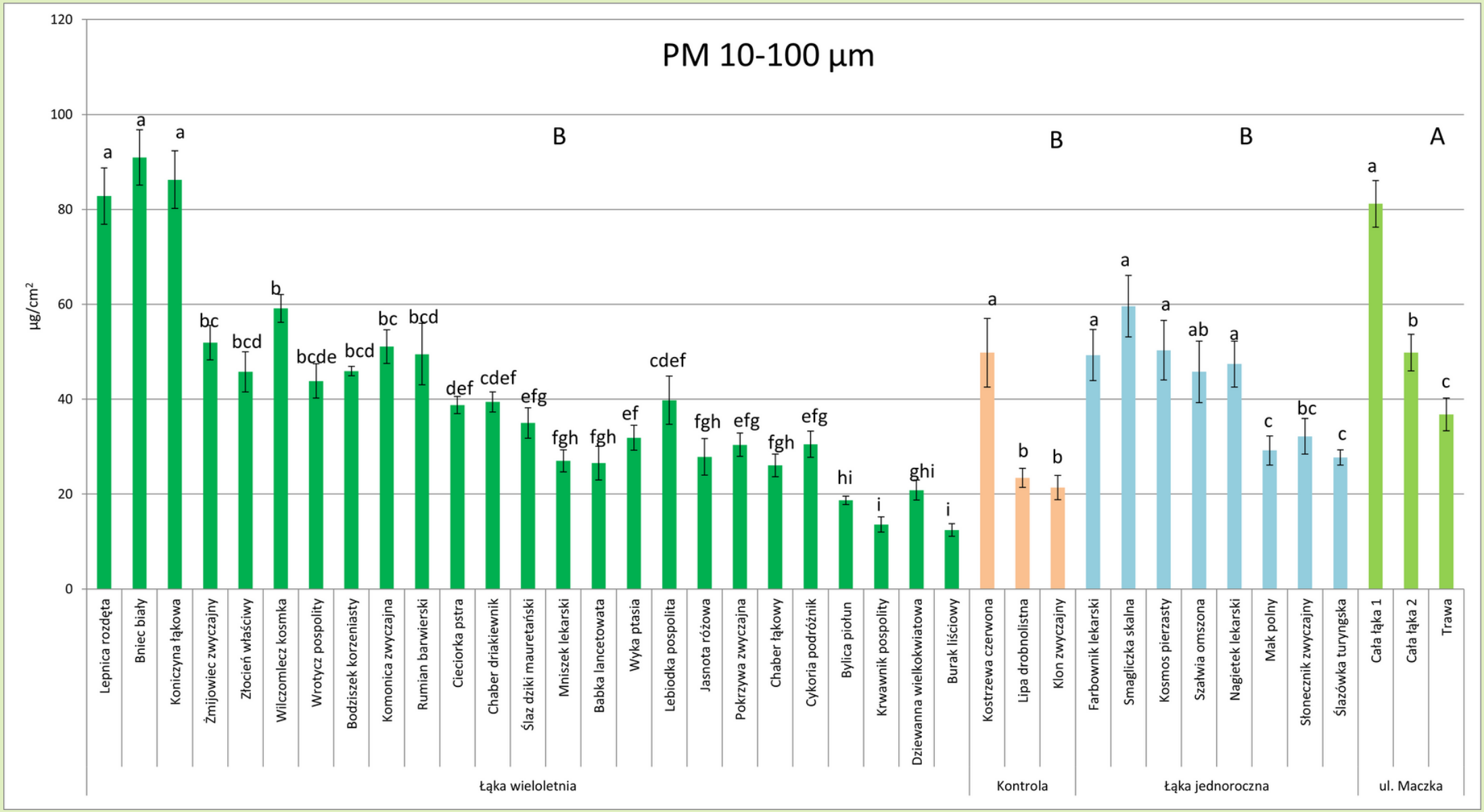
WYNIKI STANOWIĄ ŚREDNIĄ, N = 4.
KOLOR ZIELONY - WPM - WAX PARTICULATE MATTER - PYŁY W WOSKU
KOLOR GRANATOWY - SPM - SURFACE PARTICULATE MATTER - PYŁY POWIERZCHNIOWE

4.4. Akumulacja pyłu zawieszonego różnych frakcji wielkości (0,2–2,5, 2,5–10, 10–100 µm)

Rośliny akumulują pył zawieszony różnej wielkości. Wraz ze spadkiem wielkości cząstek pyłu zawieszonego rośnie jego toksyczność dla zdrowia wszystkich organizmów żywych, w tym oczywiście ludzi. W pracy tej oznaczono akumulację pyłu zawieszonego w trzech frakcjach wielkości: 0,2–2,5, 2,5–10 oraz 10–100 µm (Wykres 4, str. 19–21). Zgodnie z oczekiwaniami (zastosowana metodyka jest oparta na masie, a nie liczbie cząstek pyłu zawieszonego) rośliny łąkowe akumulowały najwięcej pyłu zawieszonego frakcji grubej (10–100 µm). Co zaskakuje, ilość frakcji średniej (2,5–10 µm) była często tylko nieznacznie mniejsza. Prawie nie zdarza się to w przypadku drzew i krzewów. Szczególną uwagę warto zwrócić na gatunki roślin, które akumulowały najwięcej pyłu zawieszonego frakcji drobnej (0,2–2,5 µm). Najwięcej drobnego pyłu zawieszonego na łące wieloletniej akumulowały bniec biały, żmijowiec zwyczajny oraz złocień właściwy, nieco niższe wyniki uzyskano dla wyki ptasiej, chabra łąkowego, mniszka lekarskiego, cieciorki pstrej i komonicy zwyczajnej. Spośród roślin rosnących na łące jednorocznej efektywną akumulacją drobnego pyłu zawieszonego wyróżniały się farbownik lekarski, szałwia omszona, nagietek lekarski i kosmos pierzasty. Podkreślić należy fakt, że droga i transport drogowy są źródłem przede wszystkim pyłu zawieszonego drobnego. Jest to kolejny dowód na to, że łąki miejskie skutecznie akumulują pył zawieszony, a ich obecność w najbliższym sąsiedztwie dróg może mieć bardzo duże znaczenie w walce z zanieczyszczonym powietrzem w miastach i poprawą zdrowia ludzi (Wykres 4). Ilość zakumulowanego pyłu zawieszonego frakcji drobnej powinna być kolejnym, po całkowitej akumulacji pyłu oraz ilości pyłu zdeponowanego w wosku, kryterium decydującym o składzie mieszanek roślin łąkowych oczyszczających powietrze miejskie. Bniec biały, który akumulował dużo pyłu zawieszonego, ale niestety w większości zatrzymanego na powierzchni rośliny, powinien w takiej mieszance się znaleźć z powodu bardzo efektywnej akumulacji pyłu frakcji drobnej. Interesujący jest fakt, że badane drzewa oraz kostrzewa akumulowały mniejszą ilość pyłu zawieszonego frakcji drobnej i średniej w porównaniu do roślin łąkowych (Wykres 4). Procentowy udział każdej z frakcji wielkości zaprezentowano na Wykresie 5 (str. 22).

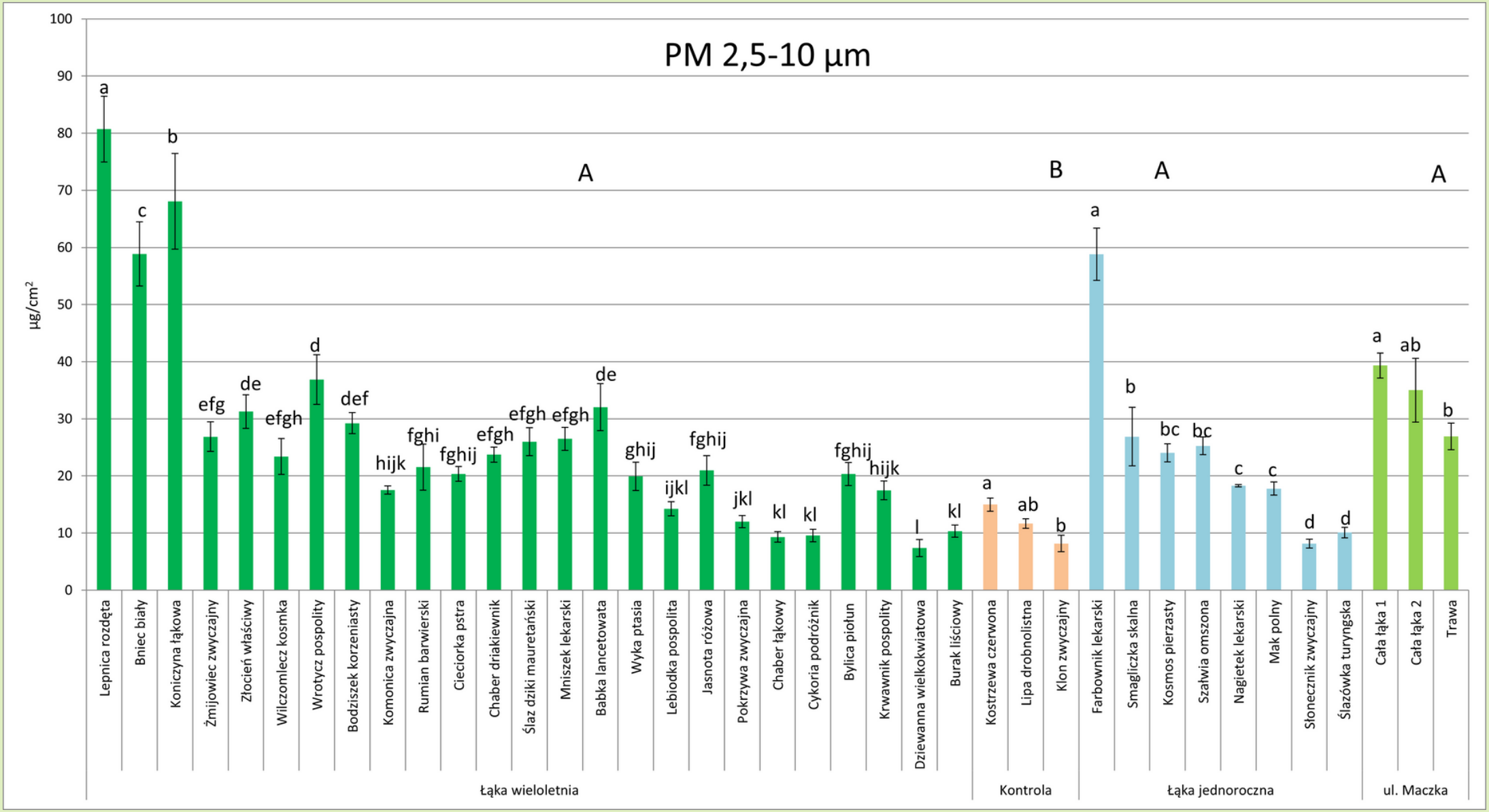
Badane gatunki różniły się również ilością wosków na swojej powierzchni (Wykres 6, str. 23). Większa ilość wosku przekłada się często (choć są liczne wyjątki) na efektywniejszą akumulację pyłu zawieszonego z powietrza. Niestety badania przeprowadzone na potrzeby tej pracy uniemożliwiają właściwą ocenę ilości wosku na poszczególnych gatunkach. Próby zebrane były bardzo późno, w momencie kiedy wosk ulega łatwej degradacji, a jego regeneracja jest niemożliwa. Uzyskane wyniki pozwalają jednak na wytypowanie gatunków, które mogą efektywnie wychwytywać pył zawieszony z powietrza także po sezonie wegetacyjnym (Wykres 6). Najwięcej wosku u roślin rosnących na łące wieloletniej stwierdzono u cieciorki pstrej, wrotycza pospolitego, wilczomleczu lancetowatego i cykorii podróżnik, a na łące jednorocznej u ślazówki turyngskiej (najwięcej ze wszystkich gatunków, Wykres 6).

Wykres 4.1 Akumulacja pyłu zawieszonego różnych frakcji wielkości (0,2-2,5, 2,5-10, 10-100 µm)



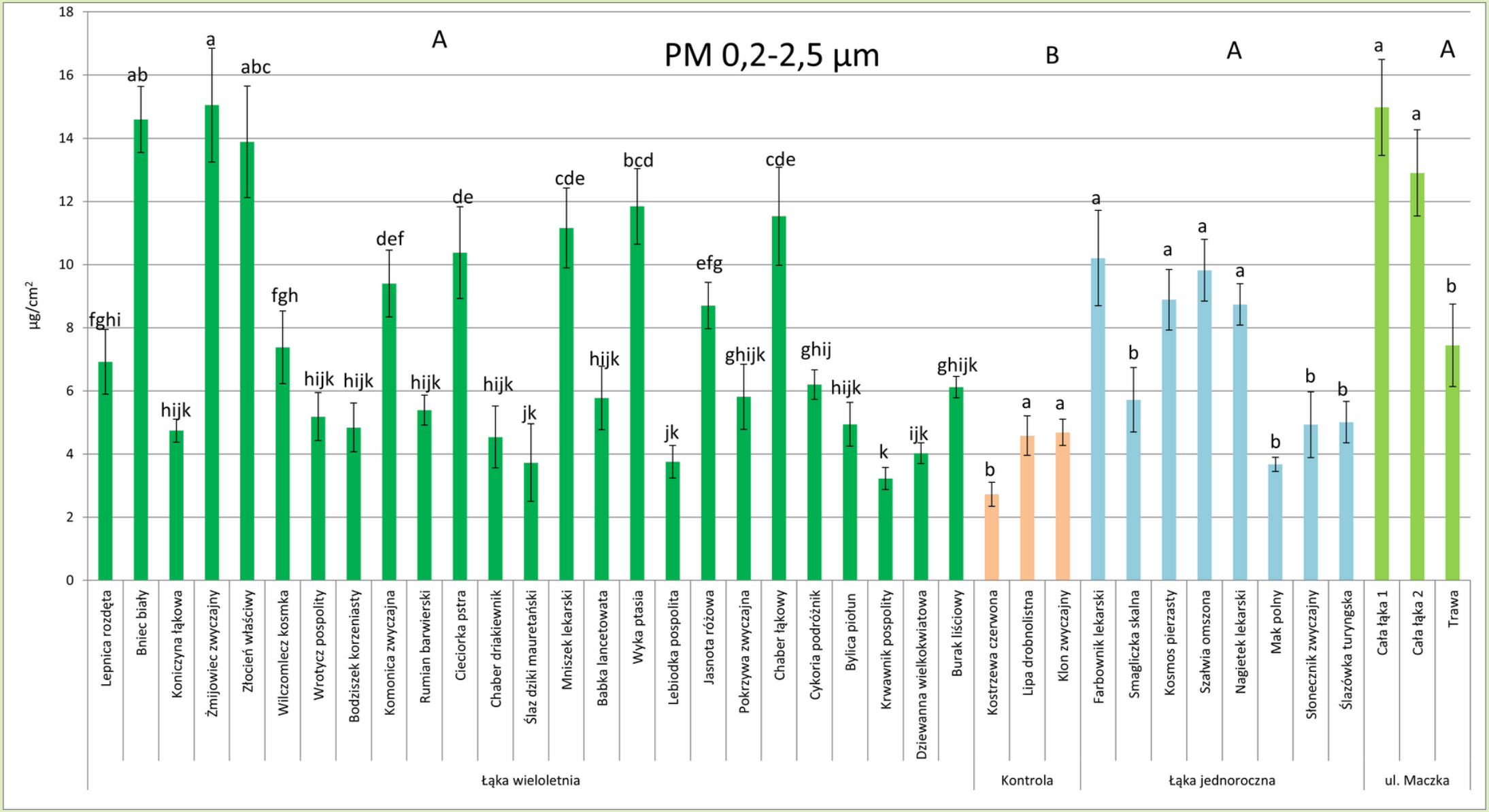
WYNIKI STANOWIĄ ŚREDNIĄ ±SE, N = 4.
RÓŻNE MAŁE LITERY NAD SŁUPKAMI OZNACZAJĄ ŚREDNIE (DLA POJEDYNCZYCH GATUNKÓW) ISTOTNIE RÓŻNIĄCE SIĘ STATYSTYCZNIE.
DUŻE LITERY NAD SŁUPKAMI OZNACZAJĄ ŚREDNIE (DLA CAŁYCH GRUP ROŚLIN, OZNACZONYCH RÓŻNYMI KOLORAMI SŁUPKÓW) ISTOTNIE RÓŻNIĄCE SIĘ STATYSTYCZNIE.

Wykres 4.2 Akumulacja pyłu zawieszonego różnych frakcji wielkości (0,2-2,5, 2,5-10, 10-100 µm)



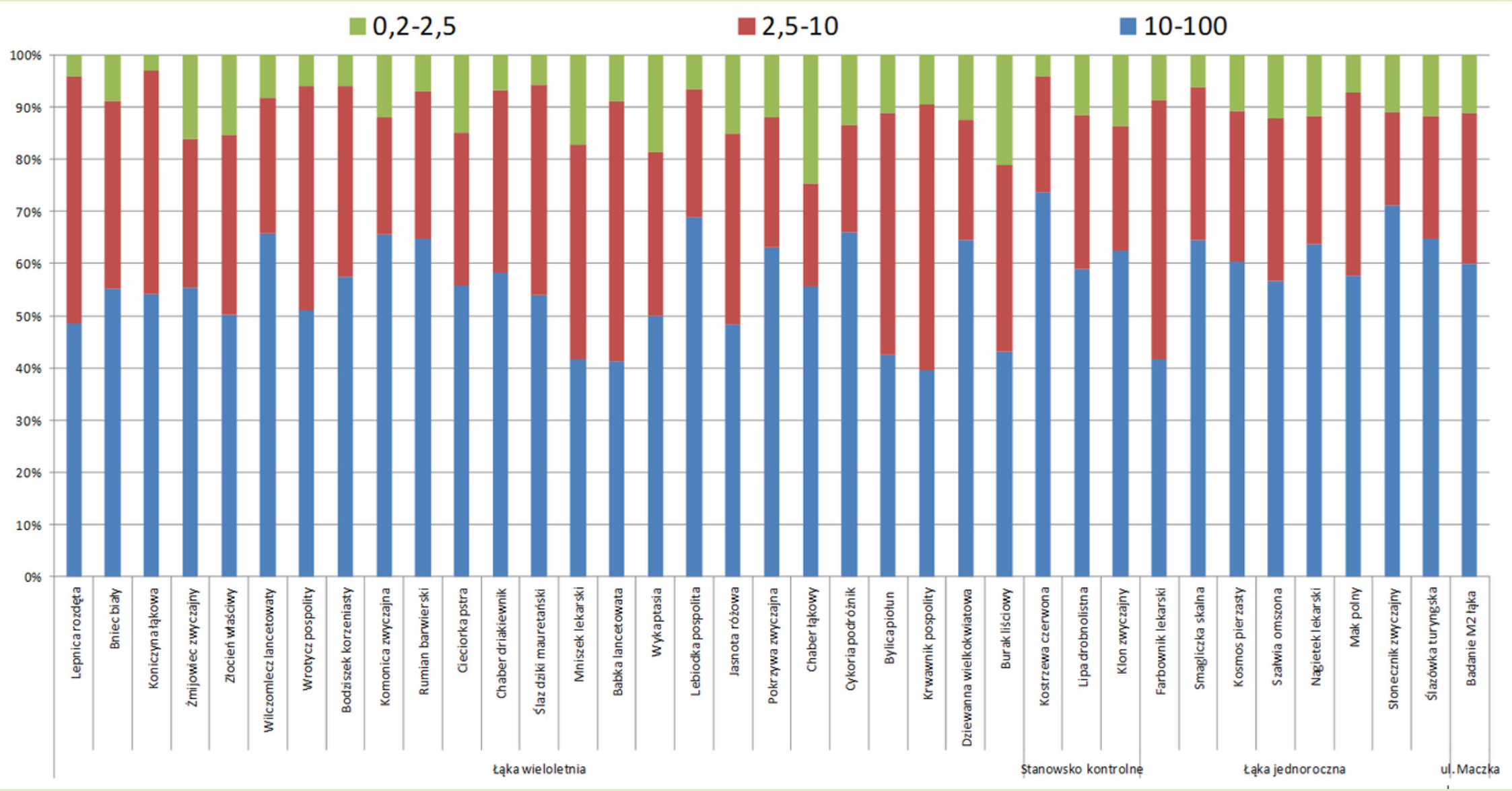
WYNIKI STANOWIĄ ŚREDNIĄ ±SE, N = 4.
RÓŻNE MAŁE LITERY NAD SŁUPKAMI OZNACZAJĄ ŚREDNIE (DLA POJEDYNCZYCH GATUNKÓW) ISTOTNIE RÓŻNIĄCE SIĘ STATYSTYCZNIE.
DUŻE LITERY NAD SŁUPKAMI OZNACZAJĄ ŚREDNIE (DLA CAŁYCH GRUP ROŚLIN, OZNACZONYCH RÓŻNYMI KOLORAMI SŁUPKÓW) ISTOTNIE RÓŻNIĄCE SIĘ STATYSTYCZNIE.

Wykres 4.3 Akumulacja pyłu zawieszonego różnych frakcji wielkości (0,2-2,5, 2,5-10, 10-100 µm)



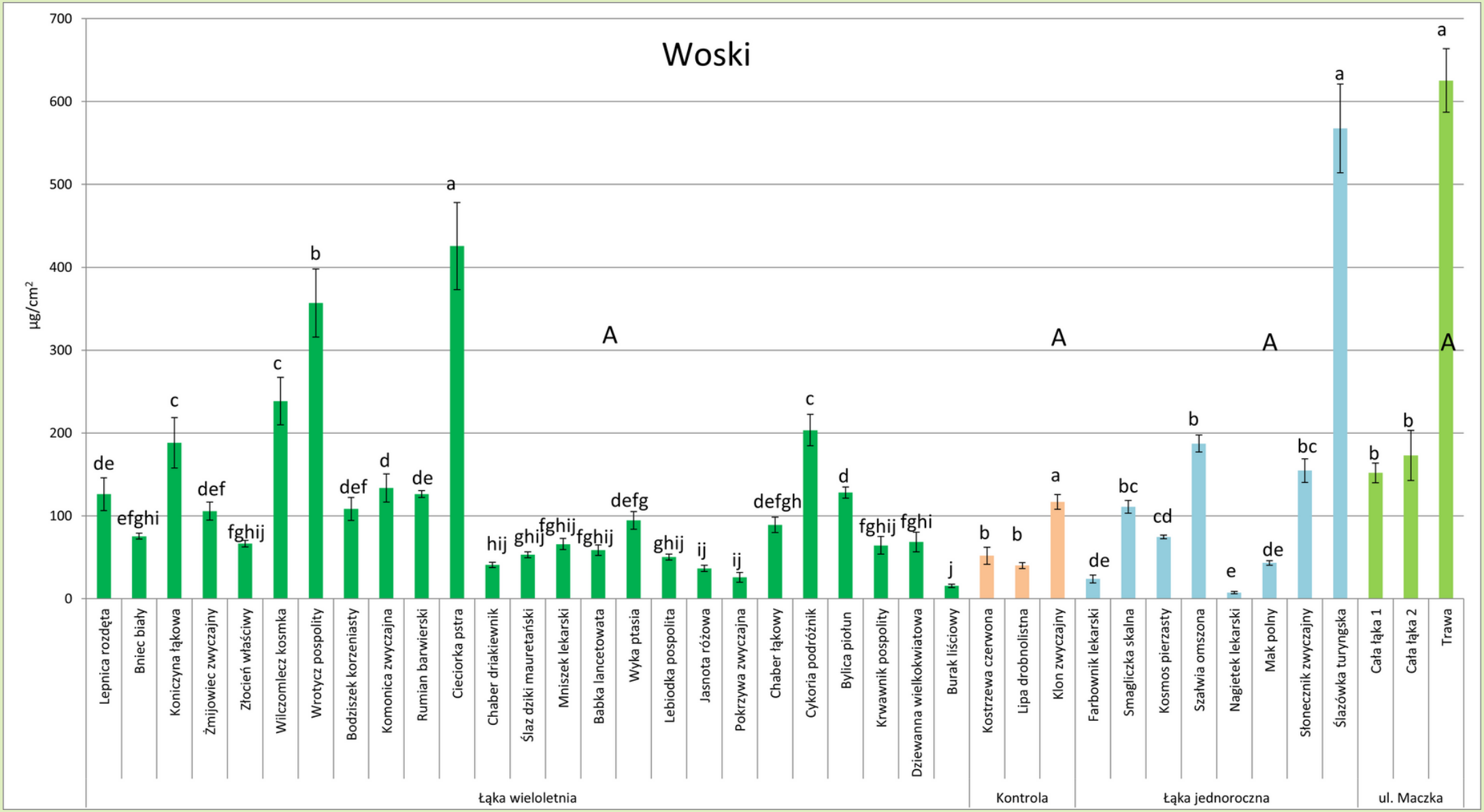
WYNIKI STANOWIĄ ŚREDNIĄ ±SE, N = 4.
RÓŻNE MAŁE LITERY NAD SŁUPKAMI OZNACZAJĄ ŚREDNIE (DLA POJEDYNCZYCH GATUNKÓW) ISTOTNIE RÓŻNIĄCE SIĘ STATYSTYCZNIE.
DUŻE LITERY NAD SŁUPKAMI OZNACZAJĄ ŚREDNIE (DLA CAŁYCH GRUP ROŚLIN, OZNACZONYCH RÓŻNYMI KOLORAMI SŁUPKÓW) ISTOTNIE RÓŻNIĄCE SIĘ STATYSTYCZNIE.

Wykres 5. Procentowy udział pyłu zawieszonego różnych frakcji wielkości (0,2-2,5, 2,5-10, 10-100 µm)



WYNIKI STANOWIĄ ŚREDNIĄ ±SE, N = 4.

Wykres 6. Ilość wosku na roślinach



WYNIKI STANOWIĄ ŚREDNIĄ ±SE, N = 4.
RÓŻNE MAŁE LITERY NAD SŁUPKAMI OZNACZAJĄ ŚREDNIE (DLA POJEDYNCZYCH GATUNKÓW) ISTOTNIE RÓŻNIĄCE SIĘ STATYSTYCZNIE.
DUŻE LITERY NAD SŁUPKAMI OZNACZAJĄ ŚREDNIE (DLA CAŁYCH GRUP ROŚLIN, OZNACZONYCH RÓŻNYMI KOLORAMI SŁUPKÓW) ISTOTNIE RÓŻNIĄCE SIĘ STATYSTYCZNIE.

łąka.
powrót natury