

Ocena właściwości fizykochemicznych i biologicznych gleb ogrodów działkowych w Nysie po powodzi w 2024 roku

Jacek Antonkiewicz^{1*}, Iwona Paśmionka², Grzegorz Szychowski³

¹Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Aleja Mickiewicza 21, 31-120 Kraków

²Katedra Mikrobiologii i Biomonitoringu, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Aleja Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, iwona.pasmionka@urk.edu.pl

³Rodzinny Ogród Działkowy im. Bogdana Andrzejewskiego w Nysie, ul. Jagielly 23A, 48-300 Nysa, prezes@rodnysa.pl

* Autor korespondencyjny: prof. dr hab. Jacek Antonkiewicz, jacek.antonkiewicz@urk.edu.pl, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8753-2119>

Streszczenie

Received: 2025-05-14
Accepted: 2025-08-25
Published online: 2025-08-25
Associated editor: Beata Rutkowska

Słowa kluczowe:

Gleby
Powódź
Właściwości fizykochemiczne
Zanieczyszczenia chemiczne i biologiczne

Powódź, czasowe pokrycie przez wodę terenu oraz masowy przepływ wody, może wywoływać zmiany właściwości fizykochemicznych gleby, objęte jej wpływem. Zmiany wywołane powodzią mogą skutkować zanieczyszczeniem gleb, np. metalami ciężkimi, a także zanieczyszczeniem bakteriologicznym i parazytologicznym. W związku z powodzią istnieje potrzeba przeprowadzenia prac monitoringowych w zakresie zmian właściwości fizykochemicznych i biologicznych gleb. Celem badań była ocena właściwości fizykochemicznych i biologicznych gleb ogrodów działkowych w Nysie po powodzi w 2024 roku, w kontekście aktualnego ich użytkowania i przyszłego zagospodarowania. Badany teren objęty powodzią we wrześniu 2024 roku położony jest w obszarze ogrodów działkowych (ROD) w Nysie. Powódź w Nysie została zarejestrowana w dniu 14.09.2024, a ustąpienie wód powodziowych, nastąpiło po maksymalnie 14 dniach. Woda w ogrodach działkowych stagnowała od 7 do 14 dni. Wczesną wiosną 2025 roku do badań pobrano 12 próbek gleb z wyznaczonych działek i kwater z dwóch rodzinnych ogrodów działkowych. Do analiz fizykochemicznych pobrano próbki gleb z głębokości 0–20 cm, a do badań biologicznych z warstwy głębszej, tj. 15–30 cm. Wyniki badań wskazują, że w większości gleby ogrodów działkowych były zwapnowane, a zarazem zdezynfekowane. Z punktu widzenia sanitarnego zaleca się wykonać wapnowanie gleb o pH poniżej 6,5. Zabieg ten odkwasi środowisko glebowe, ale przede wszystkim zdezynfekuje glebę. Gleby ROD w Nysie charakteryzowały się wysoką i bardzo wysoką zawartością materii organicznej, która jest niezbędna do uprawy roślin wrażliwych na brak tej substancji w glebie. Gleby ROD w Nysie były najlepiej zaopatrzone w przyswajalny fosfor, a następnie w magnez i najsłabiej w potas. Celem zabezpieczenia roślin w przyswajalne składniki pokarmowe z jednoczesnym uniknięciem degradacji gleb, należy utrzymywać ich zasobność w te składniki przynajmniej na poziomie średnim. Całkowita zawartość makroskładników w glebach kształtowała się w przeciętnych zawartościach dla gleb ornych Polski. Z badań wynika, że gleby ROD w Nysie charakteryzowały się „niską” zawartością ogółem potasu, sodu i siarki. Zawartość cynku i miedzi w badanych próbkach gleb kształtowała się powyżej wartości średniej dla gleb uprawnych. Większe zawartości Zn i Cu w glebach ROD w Nysie wskazują na stosowanie środków wzbogaconych w te pierwiastki (np. środki ochrony roślin itp.). W analizowanych próbkach gleb nie stwierdzono przekroczeń dopuszczalnych zawartości metali ciężkich zgodnie z obowiązującym Rozporządzeniem w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni Ziemi. Zawartość metali w glebach nie wykazywała negatywnego oddziaływania na środowisko gruntowe grupy II, do której zalicza się ROD'y. Ocena zawartości metali ciężkich w badanych glebach w odniesieniu do wytycznych IUNG-PIB wykazała, że gleby ROD w Nysie charakteryzują się podwyższoną zawartością Zn i Cu (stopień I). Zanieczyszczenia mikrobiologiczne o większym znaczeniu występowały tylko w glebach, na których nie zastosowano podstawowych zabiegów jak przekopanie i wapnowanie. Obecność żywych jaj pasożytów jelitowych (*Toxocara canis*) tylko w dwóch próbkach badanych gleb nie koniecznie była związana z ubiegłoroczną powodzią, lecz może wynikać z przypadkowego skażenia odchodami, bowiem nosicielami tych parazytów są dzikie zwierzęta. Gleb ogrodów działkowych w Nysie nie należy dyskwalifikować z ogrodniczego i rekreacyjnego użytkowania. Ze względu na podwyższoną zawartość Zn i Cu w glebach, rekomenduje się uprawę warzyw z wyłączeniem konsumpcji przez dzieci i niemowlęta.

1. Wstęp

W związku z nasilającymi się w ostatnich latach zjawiskami powodzi szczególnie ważne staje się poznanie jej wpływu na właściwości gleb. Powódź jest wezbraniem wód rzecznych, w wyniku którego różnego rodzaju zanieczyszczenia obecne w wodach przenoszone są na tereny objęte wpływem tych wód. Zalanie gleb w wyniku powodzi może spowodować chemiczne i biologiczne ich zanieczyszczenie. Do chemicznych zanieczyszczeń zaliczamy między innymi metale ciężkie i węglowodory (Baran i in., 2006; Kicińska i Wikar 2024; Kucharzewski i in., 2003). Badania innych autorów wskazują, że za pogorszenie właściwości gleb odpowiadają głównie metale ciężkie (Tomczyk i in., 2024), które mogą być transportowane w wyniku masowego przepływu wody (powódź) a następnie deponowane w glebie wraz z naniesionymi osadami (Bednarek i in., 2014). Zanieczyszczoną glebę w wyniku powodzi należy zatem remediować, np. poddać procesom fitoekstrakcji lub stabilizacji chemicznej, dezynfekować poprzez wapnowanie i rewitalizować poprzez wzbogacanie jej w materię organiczną (Antoniewicz i Gworek, 2023; Siebielec i in., 2020).

Powódź niesie ze sobą również zagrożenie sanitarne, ponieważ powoduje przedostawanie się do gleby różnych organizmów, w tym chorobotwórczych (Mizgajska, 1999). Gleba stanowi jeden z podstawowych rezerwuarów drobnoustrojów. W środowisku glebowym oprócz mikroflory naturalnie bytującej mogą znajdować się także organizmy napływowe. Czynniki biologiczne powodującymi skażenie gleb w wyniku powodzi są nie tylko bakterie, ale także wirusy, grzyby i jaja pasożytów jelitowych (Samaddar i in., 2021). Bakterie jelitowe, będące miarą zanieczyszczenia wody, występują także po powodzi w osadach i produktach rozkładu materii organicznej. Na terenach powodziowych należy zatem liczyć się z możliwością występowania czerwonki, duru brzuszego, cholery, tężca i szeregu zatruc bakteriowych (Abramczyk i Gałązka, 2017). Zagrożeniem towarzyszącym powodzi są również pasożyty przewodu pokarmowego (Mizgajska, 1999). Przetworzenie wody często nie wystarcza, ponieważ zarażenie bakteriami lub innymi organizmami chorobotwórczymi możliwe jest także poprzez kontakt skóry z wodą, czy korzystanie z naczyń opłukanych w nieprzetworzonej wodzie. Organizmy żywe są miarodajnym źródłem informacji o zachodzących w środowisku procesach, zarówno pozytywnych, jak i negatywnych. Obecność mikroorganizmów wskaźnikowych w glebie nie tylko odzwierciedla stopień skażenia środowiska glebowego, ale stanowi również informację o potencjalnym ryzyku zanieczyszczenia produktów rolnych i zagrożeniu zdrowia ludzi (Chmiel i Frączek, 2016). Zgodnie z polskimi normami (PN-Z-19000-1:2001; PN-Z-19006:2003), w celu określenia jakości sanitarnej gleby, przeprowadza się badania w kierunku obecności bakterii z rodzaju *Salmonella*, a także jaj pasożytów jelitowych z rodzajów *Ascaris*, *Trichuris* i *Toxocara*. Coraz częściej jako wskaźnik stanu sanitarnego gleby wykorzystywane są również bakterie *Escherichia coli* i *Clostridium perfringens*.

W przypadku zalania gleb wodą powodziową, istnieje potrzeba opracowania strategii zarządzania środowiskiem glebowym w aspekcie: ograniczenia rozpuszczalności i mobilności

metali śladowych, poprawy właściwości fizykochemicznych gleb oraz usuwania zanieczyszczeń chemicznych, innych niż metale śladowe, np. zanieczyszczeń związkami organicznymi, bakteriologicznymi i parazytologicznymi z gleby.

Celem badań była ocena właściwości fizykochemicznych i biologicznych gleb ogrodów działkowych w Nysie po powodzi w 2024 roku, w kontekście aktualnego ich użytkowania i przyszłego zagospodarowania.

2. Materiał i metody

2.1. Opis powodzi w Nysie w 2024 roku

Badany teren, objęty powodzią we wrześniu 2024 roku położony jest w obszarze rodzinnych ogrodów działkowych (ROD) w Nysie. Powódź w Nysie została zarejestrowana w dniu 14.09.2024 r., a ustąpienie wód powodziowych, nastąpiło maksymalnie po 14 dniach (28.09.2024 r.) od przzerwania wału przeciwpowodziowego rzeki Biała Głuchołaska w okolicach miejscowości Przełęk. W ciągu kolejnej doby (15.09.2024 r.) powstała wyrwa o długości ponad 120 metrów, przez którą woda zalewała tereny w kierunku Nysy, m.in. pola uprawne, omijając zapórę czołową jeziora.

W dniu 15.09.2024 r. woda z Białej Głuchołaskiej zalała m.in. ogrody działkowe ROD, dzielnicę Zamłynie, park miejski, szpital oraz centrum miasta poprzez sieć starych kanałów m.in. Kanału Bielawskiego. W tym dniu został wprowadzony alarm przeciwpowodziowy na terenie gminy Nysa.

W dniu 16.09.2024 o godzinie 16:30 doszło do powstania wyrwy w wałach rzecznych w rejonie ul. Wyspiańskiego. Zarządzono ewakuację miasta, obawiając się zalania centrum przez wodę z rzeki Nysa Kłodzka.

Reasumując, woda z przerwanego wału koło miejscowości Przełęk z rzeki Białej Głuchołaskiej oraz z przelania wałów Nysy Kłodzkiej, w pierwszej kolejności zalała ogrody ROD Mickiewicza – punkty: 10, 11, 12 (woda stagnowała 10 dni). Kolejno po przejściu przez całe miasto (Nysa) woda zalała kolejny ogród ROD im. B. Andrzejewskiego (punkty 1–8. woda stagnowała 14 dni). Natomiast punkt nr 9 (woda stagnowała 7 dni) z ogrodów znajdujących się po drugiej stronie rzeki Nysy Kłodzkiej, został zalany poprzez przelanie wałów oraz w głównym stopniu poprzez przesiąkanie wody przez glebę z powodu różnicy poziomów rzeki i ogrodów. W tabeli 1 podano wykaz punktów objętych badaniami.

Woda w rzekach Białej Głuchołaskiej oraz Nysie Kłodzkiej była wcześniej wzbogacona różnymi substancjami, w tym zanieczyszczeniami wynikającymi z przepływu wody przez inne miasta i pola uprawne (m.in. Głuchołazy, Kłodzko, Stronie Śląskie, Paczków). Dlatego też zaistniała potrzeba przeprowadzenia monitoringu gleb terenów ROD w Nysie w celu zdiagnozowania zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych.

Współrzędne geograficzne dla ROD im. B. Andrzejewskiego w Nysie przedstawiają się następująco: 50°28'36.4"N 17°21'03.1"E, natomiast dla ROD im. A. Mickiewicza 50°27'51.3"N 17°19'02.1"E.

2.2. Pobieranie próbek gleby do analiz fizykochemicznych i biologicznych

Wczesną wiosną (13.03.2025 r.) do badań pobrano próbki gleb, z wyznaczonych działek i kwater, z dwóch rodzinnych ogrodów działkowych (Tabela 1). Do analiz fizykochemicznych pobrano próbki gleb z głębokości 0–20 cm, a do badań biologicznych z warstwy głębszej, tj. 15–30 cm, zgodnie z obowiązującą metodyką (PN-R-04031:1997). Próbki gleb do analiz fizykochemicznych zostały wysuszone w suszarce laboratoryjnej w temperaturze 80°C do stałej masy, a następnie przesiane przez sito o średnicy oczek 2 mm. Świeże próbki gleby z warstwy głębszej 15–30 cm zostały przeznaczone do bezpośrednich analiz biologicznych.

2.3. Metodyka analiz fizykochemicznych

W pobranych próbkach gleby z warstwy 0–20 cm wykonano podstawowe oznaczenia właściwości fizykochemicznych ogólnie przyjętymi metodami stosowanymi w laboratoriach akredytowanych: skład granulometryczny metodą areometryczną Bouyoucosa w modyfikacji Casagrande i Prószyńskiego (Systematyka gleb Polski, 2019), odczyn gleby – pH oznaczono w roztworze chlorku potasu o stężeniu 1 mol dm⁻³ (stosunek gleba : roztwór, 1:2,5) metodą potencjometryczną (PN-EN ISO 10390:2022-09), a węgiel organiczny metodą Tiurina (PN-ISO 10694:2002). Oznaczoną zawartość węgla organicznego przeliczono na zawartość materii organicznej, używając empirycznie ustalonego współczynnika 1,724. Zawartość przyswajalnych form fosforu i potasu oznaczono metodą Egnera-Riehma

(PN-R-04022:1996; PN-R-04023:1996), a przyswajalnego magnezu metodą Schachtschabela (PN-R-04020:1994).

Mineralizację próbek gleby przeprowadzono w mineralizatorze mikrofalowym Multiwave 5000 firmy Anton Paar, wyposażonym w Rotor 41HVT56, przy użyciu mieszaniny stężonych kwasów HCl(35–38%) i HNO₃(65%) (3:1 v/v, odwrócona woda królewska), (PN-ISO 11466:2002).

Zawartość pierwiastków w uzyskanych przesączach glebowych oznaczono z wykorzystaniem spektrometru emisji atomowej ICP-OES Optima 7300 DV firmy Perkin Elmer (Jones i Case, 1990). Oznaczenia w każdej z analizowanych próbek wykonywano w trzech powtórzeniach. W analizach chemicznych zastosowano odczynniki spektralnie czyste i roztwory standardowe Sigma-Aldrich (Niemcy).

2.4. Kontrola jakości analiz

Jakość metod analitycznych weryfikowano w oparciu o certyfikowane materiały referencyjne dostarczone przez WEPAL-QUASIMEME z certyfikatem analizy: ISE 953. WEPAL-QUASIMEME wchodzi w skład Wageningen University (nr rej. 09215846), który dostarczył materiały referencyjne z certyfikatem analizy.

2.5. Metodyka analiz biologicznych

Analizy ilościowe i jakościowe wybranych mikrobiologicznych wskaźników sanitarnych w badanych próbkach gleby wykonano standardową metodą seryjnych rozcieńczeń, w trzech powtórzeniach, stosując selektywne podłoża wzrostowe. Zgodnie z zasadą metody próbki gleby rozcieńczano w jałowym

Tabela 1

Wykaz punktów objętych badaniami

Table 1

List of points covered by the research

Lp. No	Ogrody Gardens	Nr działki Garden number	Nr kwatery Garden plot number	Opis wykonywanych prac po powodzi Description of the work performed after flood
1	ROD im.	222	IV	+Ca ¹ wiosną ² , nie przekopana ³
2	B. Andrzejewskiego	196	IV	-Ca ⁴ , nie przekopana
3		186	IV	-Ca, nie przekopana
4		85	IV	+Ca wiosną, przekopana ⁵
5		25	V	+Ca wiosną, nie przekopana
6		62	II	-Ca, nie przekopana
7		44	I	-Ca, nie przekopana
8		74	I	+Ca jesienią ⁶ , przekopana
9		39	VI	+Ca wiosną, przekopana
10	ROD im.	371	Sektor	-Ca, nie przekopana
11	A. Mickiewicza	246	„Junior”	+Ca wiosną, przekopana
12		53		+Ca wiosną, przekopana

Objaśnienia/Explanations: ¹+Ca – wapnowana / limed soil; ²wiosną / spring; ³nie przekopana / not dug up; ⁴-Ca – nie wapnowana / non-limed soil; ⁵dug up; ⁶jesienią / autumn.

roztworze soli fizjologicznej, w przedziale od 1 do 10^{-6} . Liczebność bakterii z rodzaju *Salmonella*, *Escherichia coli* oraz *Clostridium perfringens* oznaczano na podłożach różnicująco – wybiórczych, a następnie przeliczano ilość wyrosłych kolonii na jednostki tworzące kolonie w 1 g świeżej gleby (jtk g⁻¹), stosując wzór:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n x \cdot y}{n},$$

w którym:

N – ilość jednostek tworzących kolonie (jtk) w 1 g świeżej gleby,

x – ilość wyrosłych kolonii,

y – rozcieńczenie,

n – ilość dokonanych odczytów.

W pobranych próbkach glebowych określono liczebność *Escherichia coli*, *Salmonella* ssp. i *Clostridium perfringens* (Tabela 1, 5).

Escherichia coli izolowano z próbek gleby, w których wykryto obecność termotolerancyjnych bakterii grupy coli, stosując posiew na agarze EMB (Eosin-Metylen-Blue, Biocorp, Polska). Następnie kolonie podobne do *E. coli* (fioletowe kolonie z zielonym metalicznym połyskiem), które wyrosły po 24 godzinach inkubacji w 44°C, przeniesiono na chromogeny agar TBX (Tryptone Bile X-glukuronide, BTL, Polska). Niebiesko-zielone kolonie wyrosłe w 44°C wstępnie określono, jako przypuszczalne *Escherichia coli*. Pozycję systematyczną izolatów potwierdzono na podstawie ich właściwości biochemicznych zgodnie z podręcznikiem diagnostycznym (Pepper i in., 2011) oraz przy użyciu testów API20E (Bio-Merieux, Francja).

Liczebność *Salmonella* spp. określano metodą referencyjną, zgodnie z obowiązującą normą (PN-Z-19000-1:2001). Zasada tej metody polega na prowadzeniu hodowli na podłożu różnicująco-selektywnym SS (Bio-Rad, Francja) oraz potwierdzeniu wyników badaniem biochemicznym. W tym celu z każdego rozcieńczenia badanych próbek gleby pobierano za pomocą jałowych pipet po 1 cm³ materiału i przenoszono na sterylne płytki Petriego, które następnie zalewano jałowym podłożem, schłodzonym do temperatury około 45°C. Hodowlę inkubowano w temperaturze 37°C, przez 24 godziny. O charakterystycznym dla *Salmonella* spp. wytwarzaniu siarkowodoru świadczyło czarne zabarwienie środka kolonii, występujące po 24 godzinach inkubacji. Kolonie spełniające powyższe kryteria zostały wybrane do przeprowadzenia identyfikacji biochemicznej. Badanie wykonano stosując gotowy zestaw do identyfikacji biochemicznej drobnoustrojów z klasy *Enterobacterales* (API 20E, Bio-Merieux, Francja).

Liczebność *Clostridium perfringens* określono stosując podłoże wybiórcze Wilsona – Blaira (BLT, Polska). W tym celu, do jałowych płytek Petriego, przenoszono po 1 cm³ z kolejnych rozcieńczeń badanych próbek gleby. Następnie zalewano je jałowym podłożem, schłodzonym do temperatury około 45°C. Celem odcięcia dopływu tlenu do hodowli, po zestaleniu podłoża, całą powierzchnię płytki zalewano około 3 mm warstwą 3% agaru. Próbkę inkubowano w temperaturze 37°C przez 24 godziny. Wyrosłe na podłożu czarne kolonie *Clostridium perfringens* przeliczano na jednostki tworzące kolonie, zgodnie z powyższym wzorem (PN-Z-19000-3:2001).

Jaja pasożytów jelitowych z rodzaju *Ascaris*, *Trichuris* i *Toxocara* izolowano z 10 gram próbki świeżej gleby w trzech powtórzeniach, przez wytrząsanie i płukanie z zastosowaniem wirowania oraz flotacji. Następnie wykonano badania mikroskopowe. Metoda flotacji jest najczęściej stosowaną metodą w diagnostyce pasożytów. Polega na zastosowaniu roztworu nasyconego, o wyższym ciężarze właściwym niż ciężar jaj. Dzięki temu dochodzi do flotacji i zagęszczania jaj na powierzchni, skąd pobierane są do badania mikroskopowego. Największą skutecznością odznacza się zmodyfikowana metoda flotacji z azotanem sodu (Quinn i in., 1980). Za żywe i inwazyjne uznano tylko jaja z uformowaną larwą.

2.6. Analiza statystyczna

Podstawową analizę statystyczną wyników badań przeprowadzono przy użyciu arkusza kalkulacyjnego Microsoft Office Excel 2013 i pakietu Statistica 13 PL. Dla wybranych parametrów glebowych wyliczono wartość współczynnika korelacji liniowej (r) Pearsona, przy poziomie istotności $\alpha \leq 0.05$.

3. Wyniki badań i dyskusja

3.1. Systematyka i skład granulometryczny gleb

Na terenie gminy Nysa dominują gleby autogeniczne, reprezentowane przez typ gleb brunatnych (BB), podtyp gleby brunatne właściwe (BBw) oraz gleby brunatne kwaśne (BBkw), (Systematyka gleb Polski, 2019). Odpowiednikami gleb brunatnych w międzynarodowej klasyfikacji gleb WRB są Cambisols (IUSS Working Group WRB, 2022).

Analiza składu granulometrycznego wykazała, że gleby ROD w Nysie zawierały od 22 do 54% frakcji spławialnych, o średnicy poniżej 0,02 mm (Tabela 2). Na podstawie zawartości tej frakcji, próbki gleb 1–8 zaliczono do gleb średnich, a 9–12 do gleb ciężkich (Zalecenia nawozowe, 1990). Według Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego (PTG) badane gleby zaliczono do glin piaszczystych (próbki 1–5 i 7–8 – sandy loam – SL), próbkę nr 6 do glin zwykłych (loam – L), próbkę nr 9 do pyłu ilastego (silt loam – SiL), a próbki nr 10–12 do pyłów gliniastych (silt loam – SiL), (Systematyka gleb Polski, 2019). Z badań wynika, że próbki gleb ROD im. A. Mickiewicza charakteryzowały się większym udziałem części spławialnych, w porównaniu do próbek gleb pochodzących z ROD im. B. Andrzejewskiego. Gleby lekkie, w odróżnieniu od ciężkich, są bardziej podatne na zmiany właściwości fizykochemicznych i biologicznych wywołane intensywnym przepływem masowym wód powodziowych, czy też wodą stagnującą (Hailegnaw i in., 2024).

3.2. Odczyn gleb

Odczyn w większości badanych gleb ROD w Nysie był obojętny ($\text{pH}_{\text{KCl}} = 6,6\text{--}6,8$) i tylko w 4 próbkach stwierdzono odczyn lekko kwaśny ($\text{pH}_{\text{KCl}} = 5,9\text{--}6,5$). Wartości pH gleb powyżej 6,6 wskazują, że gleby ROD w Nysie zostały zwapnowane, a tym samym zdezynfekowane. Do wapnowania a zarazem dezynfekcji

Tabela 2

Podstawowe właściwości fizykochemiczne gleb ROD w Nysie

Table 2

Basic physicochemical properties of soils in family allotment gardens in Nysa

Lp. No.	% Udział frakcji % share of fraction <0,02 mm	% Udział łu % share of clay ≥ 0,002 mm	pH _{KCl}	Materia organiczna Organic matter g kg ⁻¹ s.m. g kg ⁻¹ d.m.	P przyswajalne formy mg kg ⁻¹ s.m. available forms mg kg ⁻¹ d.m.	K ¹	Mg ¹
1	28	5	6,7 ±0,01	26,6 ±1,2	453,9±119,1	128,3 ±5,1	69,4 ±1,1
2	22	5	6,8 ±0,26	26,3 ±2,6	443,5 ±73,0	52,7 ±2,5	56,2 ±1,0
3	34	9	6,8 ±0,19	24,4 ±0,2	446,2 ±76,6	98,1 ±1,2	69,7 ±7,2
4	30	7	6,8 ±0,19	46,2 ±1,0	725,0 ±135,5	358,4 ±8,6	146,6 ±8,4
5	26	4	6,7 ±0,11	50,8 ±0,3	556,5 ±114,6	156,2 ±43,3	111,8 ±9,2
6	33	10	6,5 ±0,13	22,4 ±0,4	131,7 ±8,5	82,2 ±8,2	91,2 ±34,5
7	29	5	6,3 ±0,07	38,6 ±0,1	303,9 ±9,6	267,3 ±62,3	87,4 ±11,0
8	22	5	6,7 ±0,21	39,8 ±2,0	573,4 ±78,6	112,7 ±1,4	73,1 ±7,7
9	51	15	6,7 ±0,04	20,2 ±0,6	153,4 ±12,4	47,9 ±28,3	102,0 ±1,2
10	54	10	5,9 ±0,01	42,6 ±0,2	87,2 ±2,6	170,4 ±32,0	166,8 ±22,9
11	52	10	6,6 ±0,02	33,6 ±0,2	163,7 ±18,7	55,0 ±31,3	90,3 ±8,3
12	54	10	6,5 ±0,10	33,9 ±0,2	191,6 ±15,2	79,9 ±33,3	113,5 ±3,8
Parametry statystyczne – wszystkie punkty Statistical parameters – all points							
Min. ²	22	4	5,9	20,2	87,2	47,9	56,2
Max. ³	54	15	6,8	50,8	725,0	358,4	166,8
Średnia ⁴	36	8	6,6	33,8	352,5	134,1	98,2
SD ⁵	13	3	0,3	9,9	208,7	94,2	32,7
V% ⁶	35	42	4,1	29,4	59,2	70,2	33,3

Objaśnienia/Explanations: ¹ Próbkę gleb 1–8 zaliczono do gleb średnich, a 9–12 do gleb ciężkich / Soil samples 1–8 were classified as medium-grade soils and 9–12 as heavy soils; ² minimum / minimum; ³ maksimum / maximum; ⁴ średnia / average; ⁵ odchylenie standardowe / standard deviation; ⁶ współczynnik zmienności / coefficient of variation.

gleby zastosowano wapno węglanowe, które zostało dostarczone działkowiczom. Dawka wapna węglanowego odpowiadała potrzebom wapnowania gleb mineralnych (ornych) i kategorii agronomicznej gleby, uwzględniając aspekt koniecznej dezynfekcji (Zalecenia nawozowe, 1990; Antonkiewicz, 2025). Z punktu widzenia sanitarnego zaleca się wykonać wapnowanie gleb, których wartość pH wynosi poniżej 6,5, co gwarantuje dezynfekujące oddziaływanie wapna na terenach popowodziowych (Antonkiewicz, 2025). Natomiast z punktu widzenia zaleceń nawozowych w ogrodnictwie, optymalna wartość pH dla większości warzyw mieści się w zakresie 6,0–7,5 (Kończak-Konarkowska, 2009). Wartości pH uzyskane dla badanych gleb ROD w Nysie były w większości optymalne dla warzyw (Tabela 2).

3.3. Zawartość materii organicznej

Zawartość materii organicznej w glebach ROD w Nysie była dość zróżnicowana i kształtowała się w zakresie 20,2–50,8 g kg⁻¹ s.m. (Tabela 2). W Polsce, ze względu na zawartość materii

organicznej w poziomie orno-próchnicznym wyróżnia się 4 klasy zasobności (g kg⁻¹ s.m.): <10 – niska; 10–20 – średnia; 20–35 – wysoka; >35 – bardzo wysoka (Siebielec i in., 2020). Na podstawie klas zawartości materii organicznej w glebach Polski stwierdzono, że gleby ROD w Nysie charakteryzowały się wysoką i bardzo wysoką zawartością tej substancji. Wskazuje to na systematyczne jej stosowanie, co pozwala utrzymać gleby w wysokiej kulturze i jest niezbędne do uprawy roślin wrażliwych na brak materii organicznej w glebie (Kończak-Konarkowska, 2009; Siebielec i in., 2020).

3.4. Zawartość przyswajalnych makroelementów (P, K, Mg)

Zawartość przyswajalnego fosforu w badanych glebach była bardzo zróżnicowana i kształtowała się w zakresie 87–725 mg P kg⁻¹ s.m. (Tabela 2). Według liczb granicznych IUNG-PIB (Zalecenia nawozowe, 1990) zawartość tego makroelementu w glebach ROD w Nysie była bardzo wysoka, co wskazuje na bardzo intensywne nawożenie tym pierwiastkiem. Wysoka zawartość

fosforu w glebie pozwala wytrącać metale ciężkie do form nierozpuszczalnych, a zarazem niedostępnych dla roślin (Antoniewicz i Gworek, 2023). Wysoka zawartość przyswajalnego fosforu w glebie może ograniczać intensywność pobierania mikroelementów, szczególnie Zn, Fe i Cu, które są niezbędne dla roślin (Zohar i in., 2024). Z punktu widzenia potrzeb pokarmowych roślin w glebach badanych ogrodów działkowych, w chwili obecnej, należy ograniczyć stosowanie nawozów fosforowych, ponieważ ilości fosforu w formach dostępnych zabezpieczają potrzeby pokarmowe roślin w ten pierwiastek podczas wegetacji, a wartość pH gleby uniemożliwia uwstecznianie fosforu (Grześkowiak, 2016). Duży ładunek fosforu jest przyczyną eutrofizacji środowiska, zwłaszcza w przypadku zastosowania nawozu na gleby narażone na powódź wywołującą zmywy powierzchniowe wierzchniej warstwy gleby (Zhao i in., 2023; Soil Survey Manual, 2018). Jest to niebezpieczne, zwłaszcza gdy bezpośrednio po zastosowaniu nawozu fosforowego wystąpi opad nawałny, ponieważ wtedy mogą zostać zmyte duże ilości fazy stałej gleby z zawartymi w niej świeżo zastosowanymi rozpuszczalnymi fosforanami (Huang i in., 2025). Ponadto na glebach o zawartości powyżej 200 mg P kg⁻¹ rzadko obserwuje się przyrosty plonów roślin uprawnych pod wpływem nawożenia fosforem, w związku z czym tę zawartość uznano za dobry wskaźnik do wstępnej oceny ryzyka związanego z nadmiarem fosforu w glebie (Kęsik, 2016).

Zawartość przyswajalnego potasu w badanych glebach była, podobnie jak w przypadku fosforu, również bardzo zróżnicowana i kształtowała się w zakresie 47,9–358,4 mg K kg⁻¹ s.m. (Tabela 2). Według liczb granicznych IUNG-PIB (Zalecenia nawozowe, 1990) zawartość tego makroelementu w glebach ROD w Nysie kształtowała się od poziomu bardzo niskiego do bardzo wysokiego. Gleby ROD im. A. Mickiewicza charakteryzowały się bardzo niską zawartością przyswajalnego potasu (próbki nr 11 i 12), natomiast gleby ROD im. B. Andrzejewskiego wykazywały większą zawartość przyswajalnego potasu. Ogrodników, w tym działkowiczów interesują przede wszystkim przyswajalne formy potasu w glebie. Na większą biodostępność tego pierwiastka wpływa między innymi dobre uwilgotnienie gleby, obecność w glebie sodu, magnezu i wapnia, a także wartość pH_{KCl} wynosząca od 5,5 do 7,0. Z badań własnych wynika, że wartości pH gleb ROD w Nysie kształtowały się w wyżej cytowanym zakresie, a zatem wspomagały udostępnianie tego pierwiastka (K) roślinom. Uzyskanie dobrych jakościowo plonów jest uzależnione od takiej dawki nawozów potasowych, która pozwoli uzyskać przynajmniej górną granicę średniej klasy zasobności gleby w ten pierwiastek (Grześkowiak, 2016). Uzupełnianie niedoborów potasu w glebach po powodzi powinno być przeprowadzane systematycznie, przez kilka lat, bo zbyt wysokie jednorazowe dawki potasu wpływają niekorzystnie na glebę i roślinę. W ogrodach działkowych należy utrzymywać zawartość tego składnika w glebie przynajmniej w górnej granicy średniej klasy zasobności (Zalecenia nawozowe, 1990; Jadczyzsyn i in., 2015). Należy jednak pamiętać, że stosowanie nadmiernych dawek potasu, zwłaszcza w postaci nawozów niskoprocentowych, o znacznej zawartości sodu, prowadzi do nadmiernej ilości przyswajalnych form potasu w kompleksie sorpcyjnym, oraz do zachwiania równowagi jonowej w glebie, a przede wszystkim do nadmiernego zasolenia gleby (Elmeknassi i in., 2024). Stosowanie dużych

dawek nawozów potasowych, w tym zawierających znaczne ilości sodu, wpływa nie tylko na zasolenie, ale zwiększa uwodnienie koloidów glebowych, co skutkuje rozmywaniem agregatów i zaskorupianiem się gleby (Grześkowiak, 2016).

Zawartość przyswajalnego magnezu w badanych glebach wahała się w zakresie 56,2–166,8 mg Mg kg⁻¹ s.m. (Tabela 2). Według liczb granicznych IUNG-PIB (Zalecenia nawozowe, 1990) zawartość tego pierwiastka kształtowała się od poziomu średniego do bardzo wysokiego. Z badań własnych wynika, że gleby ROD w Nysie zawierały wystarczającą ilość przyswajalnego magnezu, odpowiadającą potrzebom pokarmowym roślin, co zapewne wynikało z dostarczenia tego pierwiastka wraz z nawozami wapniowymi, wzbogaconymi w związki magnezu. Magnez, w formie jonu (Mg²⁺) jest słabo pobierany w niższych temperaturach oraz w glebach kwaśnych i bardzo kwaśnych. W glebach o wartości pH_{KCl} poniżej 5,1 praktycznie nie można spodziewać się prawidłowego rozwoju systemu korzeniowego rośliny i pobierania wody oraz składników pokarmowych (Grześkowiak, 2016; Jadczyzsyn i in., 2024). A zatem aby zabezpieczyć odpowiednią zawartość tego składnika dla roślin i nie powodować degradacji gleb należy utrzymywać ich zasobność w magnez na poziomie co najmniej średnim (Grześkowiak, 2016; Jadczyzsyn i in., 2024). Zwłaszcza, że powodzie prowadzą do wymywania z gleb przyswajalnych składników pokarmowych oraz metali alkalicznych łatwo rozpuszczalnych, co należy brać pod uwagę przy planowaniu nawożenia po powodzi (Bednarek i in., 2014; Hailegnaw i in., 2024).

3.5. Zawartość całkowita makroelementów (P, Ca, Mg, K, Na, S) w glebach ROD w Nysie

Zasobność gleb w składniki pokarmowe decyduje o jej żyzności, urodzajności i produktywności, warunkując ilość i jakość uzyskiwanych plonów roślin (Jadczyzsyn i in., 2024; Terelak i in., 2008). Całkowita zawartość makroskładników w glebach ROD w Nysie była zróżnicowana i zależała od rodzaju i gatunku gleby, a także od poziomu agrotechniki, w tym nawożenia mineralnego, naturalnego i organicznego (Tabela 3). Zależnie od skały macierzystej, gatunku i typu gleby, ilości substancji organicznej, poziomu nawożenia, przeciętna zawartość makroelementów w powierzchniowych poziomach gleb Polski wynosi: 0,2–1,2 g P kg⁻¹ s.m.; 3,0–10 g Ca kg⁻¹ s.m.; 1,0–5,0 g Mg kg⁻¹ s.m.; 1,0–21,0 g K kg⁻¹ s.m.; 0,01–10 g Na kg⁻¹ s.m.; 15,0–500 mg S kg⁻¹ s.m. (Andruszczak i Szczegodzińska, 1991; Czuba i in., 1996). Należy zwrócić uwagę, że gleby ogrodów działkowych bardzo różnią się właściwościami fizykochemicznymi w porównaniu do gleb ornych. Gleby ogrodów działkowych, ze względu na liczne zabiegi agrotechniczne, są często zasobniejsze w materię organiczną, przyswajalne i całkowite zawartości w makroskładniki, dlatego trudno jest porównywać ich parametry z glebami ornymi. Nie mniej jednak z analizy chemicznej gleb ogrodów działkowych w Nysie wynika, że zawartość badanych makroskładników generalnie mieściła się w granicach przeciętnej ich zawartości w glebach Polski (Andruszczak i Szczegodzińska, 1991; Tkaczyk i in., 2017).

Analizując ponadprzeciętne zawartości tych składników, stwierdzono że próbka nr 4 zawierała więcej P, Ca i S, próbka

Tabela 3

Zawartość ogółem makroskładników (P, Ca, Mg, K, Na, S) w glebach ROD w Nysie

Table 3

Content of total macroelements (P, Ca, Mg, K, Na, S) in soils of family allotment gardens in Nysa

Lp. No.	P g kg ⁻¹ s.m. / dry mass	Ca	Mg	K	Na	S mg kg ⁻¹ s.m. / dry mass
1	0,9 ±0,02	8,1 ±0,3	3,5 ±0,1	2,0 ±0,1	0,10 ±0,01	220 ±6
2	0,9 ±0,01	5,2 ±0,1	2,2 ±0,1	1,6 ±0,1	0,09 ±0,02	321 ±9
3	0,9 ±0,01	8,8 ±0,1	3,4 ±0,1	2,2 ±0,1	0,13 ±0,02	296 ±9
4	1,3 ±0,04	15,4 ±0,7	4,2 ±0,1	2,7 ±0,2	0,11 ±0,01	556 ±9
5	1,2 ±0,01	9,7 ±0,1	3,6 ±0,1	1,9 ±0,1	0,12 ±0,01	861 ±5
6	0,6 ±0,01	3,9 ±0,1	3,5 ±0,1	2,2 ±0,1	0,11 ±0,01	308 ±9
7	1,0 ±0,01	4,5 ±0,1	3,5 ±0,1	2,8 ±0,3	0,15 ±0,05	439 ±1
8	0,9 ±0,01	6,0 ±0,3	1,8 ±0,1	1,5 ±0,1	0,09 ±0,01	454 ±27
9	0,7 ±0,01	4,8 ±0,1	3,9 ±0,1	2,4 ±0,2	0,08 ±0,01	272 ±3
10	0,9 ±0,01	5,0 ±0,1	6,0 ±0,1	3,0 ±0,1	0,14 ±0,01	552 ±65
11	0,7 ±0,03	9,0 ±0,6	5,5 ±0,2	2,3 ±0,1	0,15±0,01	413 ±18
12	0,7 ±0,02	6,6 ±0,1	5,6 ±0,1	2,6 ±0,1	0,18 ±0,01	417 ±10
Parametry statystyczne – wszystkie punkty Statistical parameters – all points						
Min. ¹	0,6	3,9	1,8	1,5	0,08	220
Max. ²	1,3	15,4	6,0	3,0	0,18	861
Średnia ³	0,9	7,2	3,9	2,3	0,12	426
SD ⁴	0,2	3,2	1,3	0,5	0,03	174
V% ⁵	23	45	33	21	25	41

Objaśnienia/Explanations: ¹ minimum / minimum; ² maksimum / maximum; ³ średnia / average; ⁴ odchylenie standardowe / standard deviation; ⁵ współczynnik zmienności / coefficient of variation.

nr 5 tylko S, próbka nr 10 zawierała więcej Mg i S, a próbki 11 i 12 zawierały więcej tylko Mg (Tabela 3). Większe zawartości ogółem tych składników wynikały zapewne ze stosowania nawozów zawierających makroskładniki pokarmowe, nawozów wapniowych często wzbogacanych w magnez, a także stosowania gipsu lub innych materiałów nawozowych zawierających inne makroelementy, w tym związki siarki. W glebach ogrodów działkowych stwierdzono bardzo niskie zawartości sodu (Na), co wskazuje, że badane gleby nie są zasolone. Ponadto w wyniku powodzi pierwiastek ten jest łatwo wymywany w głąb profilu glebowego lub przemieszczany powierzchniowo, w efekcie zmywów powierzchniowych (Hailegnaw i in., 2024; Soil Survey Manual, 2018).

3.6. Zawartość mikroelementów i metali ciężkich (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cr, Cd, Pb) glebach ROD w Nysie

Zawartość mikroelementów i metali ciężkich w glebach ROD Nysy była zróżnicowana. Największy współczynnik zmienności zarejestrowano dla Cr, a najmniejszy dla Fe (Tabela 4). Poziom

zróżnicowania mikroelementów i metali ciężkich, podobnie jak w przypadku makroelementów, zależy od gatunku i typu gleby, stosowania środków ochrony roślin zawierających mikroelementy, poziomu nawożenia, stosowania środków na bazie materiałów odpadowych i innych substancji powodujących podwyższenie zawartości badanych metali w glebie (Andruszczak i Szczegodzińska, 1991; Karczewska i Kabala, 2017). Generalnie zawartość mikroelementów, podobnie jak metali ciężkich, jest mniejsza w glebach lekkich, piaszczystych, a większa w glebach ciężkich, o większym udziale frakcji ilastych (Kabata-Pendias, 2010; Karczewska i Kabala, 2017).

Zawartość mikroelementów w powierzchniowych poziomach gleb Polski waha się w dość szerokich zakresach i wynosi: 6,0–20,0 (śr. 12) g Fe kg⁻¹ s.m.; 7–92000 (śr. 400) mg Mn kg⁻¹ s.m.; 0,5–5754 (śr. 33) mg Zn kg⁻¹ s.m.; 0,2–725 (śr. 6,5) mg Cu kg⁻¹ s.m.; 0,1–328 (śr. 6,0) mg Ni kg⁻¹ s.m.; 7–150 (śr. 50) mg Cr kg⁻¹ s.m. gleby (Terelak i in., 2008; Kabata-Pendias i Szteke, 2012).

Niektóre mikroelementy, takie jak Zn, Cu, Mn, Ni i Cr⁺³ zalicza się także do metali ciężkich, które, jeśli występują w dużych ilościach, mogą powodować ryzyko ekologiczne, istotne dla

Tabela 4

Zawartość ogółem mikroelementów i metali ciężkich w glebach ROD w Nysie

Table 4

Content of total microelements and heavy metals in soils of family allotment gardens in Nysa

Lp. No.	Fe g kg ⁻¹ s.m. / / dry mass	Mn mg kg ⁻¹ s.m. / dry mass	Zn ± ¹ / St ²	Cu	Ni	Cr	Cd	Pb
1	10,5 ±0,2	373,7 ±1,3	99,6±6,1 / 0	31,7 ±0,5 / I	13,8 ±0,2 / 0	28,2±0,1 / 0	1,7±0,3 / II	24,7 ±4,4 / 0
2	9,7 ±0,2	342,6 ±6,6	108,0±2,0 / I	24,2 ±0,3 / 0	13,0 ±0,5 / 0	24,8±1,4 / 0	0,6±0,1 / I	22,6 ±0,7 / 0
3	12,3 ±0,1	435,1 ±3,4	182,9±4,9 / I	34,6 ±0,3 / I	16,3 ±0,2 / 0	81,4±0,6 / II	0,8±0,0 / I	35,1±2,0 / 0
4	11,3 ±0,1	407,5 ±9,4	147,6±1,8 / I	39,0 ±1,0 / I	14,1 ±0,1 / 0	64,1±1,9 / II	0,8±0,1 / I	24,3 ±1,2 / 0
5	11,2 ±0,3	320,7 ±2,8	257,3±4,0 / II	63,2 ±3,1 / I	15,5 ±0,3 / 0	32,4±0,1 / I	1,0±0,0 / I	63,2 ±0,3 / I
6	12,9 ±0,1	445,0 ±5,3	136,8±3,3 / I	30,9 ±0,3 / I	17,8 ±0,1 / 0	143,4±1,5 / II	0,7±0,0 / I	33,3 ±3,7 / 0
7	13,2 ±0,1	428,4 ±14,3	137,7±3,5 / I	37,0 ±0,9 / I	17,9 ±0,1 / 0	40,8 ±1,0 / I	0,7±0,0 / I	45,0 ±0,2 / I
8	10,3 ±0,1	341,5 ±9,1	150,8±1,0 / I	29,9 ±0,1 / I	13,4 ±0,1 / 0	26,9 ±5,9 / 0	0,5±0,0 / 0	37,3 ±2,2 / 0
9	13,5 ±0,1	418,5 ±6,0	86,1 ±0,3 / I	25,1 ±0,3 / I	18,6 ±0,1 / 0	32,7 ±0,9 / 0	0,6±0,0 / 0	25,9 ±1,4 / 0
10	17,9 ±0,2	818,0 ±11,9	160,7±0,1 / I	50,2 ±1,2 / I	26,4 ±0,5 / 0	49,6 ±0,6 / 0	1,0±0,0 / 0	46,3 ±2,1 / 0
11	16,0 ±0,3	542,2 ±13,8	171,6±5,6 / I	46,3 ±0,6 / I	24,3 ±0,7 / 0	43,5 ±1,0 / 0	0,8±0,1 / 0	42,1 ±1,5 / 0
12	16,0 ±0,1	532,8 ±3,0	177,6±2,6 / I	45,2±0,1 / I	24,3±0,4 / 0	44,7 ±1,2 / 0	0,8±0,0 / 0	40,6 ±1,0 / 0
Parametry statystyczne – wszystkie punkty Statistical parameters – all points								
Min. ³	9,7	320,7	86,1	24,2	13,0	24,8	0,5	22,6
Max. ⁴	17,9	818,0	257,3	63,2	26,4	143,4	1,7	63,2
Średnia ⁵	12,9	450,5	151,4	38,1	18,0	51,0	0,8	36,7
SD ⁶	2,6	134,9	45,4	11,4	4,7	33,5	0,3	11,8
V% ⁷	20,1	29,9	30,0	30,0	25,9	65,5	37,2	32,2
Podgrupy gleb ⁸	Dopuszczalna zawartość wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z 2016 r dla gruntów grupy II ⁹							
II-1 lekkie	–	–	300	100	100	150	2	100
II-2 średnie	–	–	500	150	150	300	3	250
II-3 ciężkie	–	–	1000	300	300	500	5	500
Lista Holenderska dla gleb niezanieczyszczonych ¹⁰								
–	–	–	200	50	50	100	1	50
Grupy gleb ¹¹	Liczby graniczne IUNG-PIB dla gleb niezanieczyszczonych (dla 0 stopień) ¹²							
a–g lekkie	–	–	50	10	10	20	0,3	20
b–g średnie	–	–	70	20	25	30	0,5	40
c–g ciężkie	–	–	100	25	50	50	1,0	60

Objaśnienia/Explanations: ¹ ± odchylenie standardowe / standard deviation; ² St – Stopień zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi według IUNG-PIB / The degree of soil contamination with heavy metals according to IUNG-PIB (Kabata Pendias i in., 1995); ³ minimum / minimum; ⁴ maksimum / maximum; ⁵ średnia / average; ⁶ odchylenie standardowe / standard deviation; ⁷ współczynnik zmienności / coefficient of variation; ⁸ podgrupy gleb: II-1 lekkie, II-2 średnie, II-3 średnie / soil subgroups II-1 – light, II-2 medium, II-3 heavy; ⁹ dopuszczalna zawartość wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z 2016 r. dla gruntów grupy II / Permissible content according to the 2016 Regulation of the Ministry of the Environment for group II soils; ¹⁰ lista Holenderska dla gleb niezanieczyszczonych / The Dutch list for uncontaminated soils; ¹¹ grupy gleb a–g lekkie, b–g średnie, c–g ciężkie / Soil groups a–g light, b–g medium, c–g – heavy; ¹² Liczby graniczne IUNG-PIB dla gleb niezanieczyszczonych (dla 0 stopień) / IUNG-PIB limit values for uncontaminated soils (for 0 degree).

ochrony powierzchni ziemi (Antonkiewicz i Gworek, 2023; Karczewska i Kabala, 2017; Rozporządzenie MŚ, 2016). Dodatkowo do metali ciężkich zalicza się Cd i Pb, które nie należą do grupy mikroelementów, ponieważ nie pełnią pożytecznych funkcji fizjologicznych niezbędnych dla żywych organizmów (roślina, zwierzę, człowiek), (Kabata-Pendias, 2010). W glebach niezanieczyszczonych ilości Cd mieszczą się w zakresie: 0,01–2,5 mg Cd kg⁻¹ s.m. gleby, przy średniej zawartości 0,22 mg Cd kg⁻¹ s.m. gleby (Kabata-Pendias i Szeke, 2012). Natomiast średnia zawartość ołowiu w glebach użytkowanych rolniczo wynosi 14 mg Pb kg⁻¹ s.m. gleby, przy dużym zakresie od 0,1 do 5000 mg Pb kg⁻¹ s.m. gleby (Kabata-Pendias i Szeke, 2012).

Zakres dopuszczalnych zawartości metali ciężkich w warstwie powierzchniowej gruntów grupy II, do której zalicza się rodzinne ogrody działkowe, według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 roku w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi, waha się w przedziałach: Zn – 300–1000; Cu – 100–300; Ni – 100–300; Cr – 150–500; Cd – 2–5; Pb – 100–500 mg kg⁻¹ s.m. gleby (Tabela 4), (Rozporządzenie MŚ, 2016). Zawartość metali ciężkich takich jak Zn, Cu, Ni, Cr, Cd i Pb dla gleb niezanieczyszczonych określona w Liście Holenderskiej (2011) wynosi odpowiednio: 200, 50, 50, 100, 1, 50 mg kg⁻¹ s.m. gleby (Tabela 4). Natomiast zawartość metali ciężkich dla gleb niezanieczyszczonych (0 stopień), według ramowych wytycznych dla rolnictwa opracowanych przez IUNG-PIB w Puławach, wynosi dla Zn – 50–100; Cu – 10–25; Ni – 10–50; Cr – 20–50; Cd – 0,3–1; Pb – 20–60 mg kg⁻¹ s.m. gleby (Tabela 4), (Kabata-Pendias i in., 1995). Na podstawie wyżej cytowanych wartości dopuszczalnych dokonano oceny zawartości metali ciężkich w badanych próbkach glebowych ROD w Nysie.

3.7. Ocena zawartości mikroelementów i metali ciężkich w glebach ROD w Nysie po powodzi

Porównując zawartość mikroelementów takich jak Fe, Mn w badanych glebach ROD w Nysie stwierdzono, że ich zawartości mieszczą się powyżej wartości średnich dla gleb Polski. Nie mniej ich zawartość nie wskazuje na zanieczyszczenie tymi pierwiastkami, a wynika zapewne z zawartości w skale macierzystej, gatunku i typu gleby oraz poziomu agrotechniki. Ponadto zawartości mikroelementów mieszczą się w przedziałach podawanych dla gleb Polski (Kabata-Pendias, 2010; Kabata-Pendias i Szeke, 2012; Terelak i in., 2008).

Ocenę zawartości metali ciężkich dokonano na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 5 września 2016 roku, w odniesieniu do II grupy gruntów, tj. terenów rolniczych oraz terenów rodzinnych ogrodów działkowych, które zostały podzielone na podgrupy: II-1, II-2, II-3 zależnie od zawartości frakcji granulometrycznej, wartości pH_{KCl} i zawartości węgla organicznego (Rozporządzenie MŚ, 2016). W oparciu o zawartość frakcji spławialnych i wartości pH do podgrupy II-1 zaliczono gleby lekkie, do podgrupy II-2 gleby średnie, do podgrupy II-3 przyjęto gleby ciężkie. Na podstawie analizy składu granulometrycznego badane próbki gleb ROD w Nysie zakwalifikowano do grupy II i podgrupy II-2 i II-3, jako gleby mineralne średnie i ciężkie. Dopuszczalna zawartość analizowanych metali

ciężkich, powodujących ryzyko, z podziałem na podgrupy II gruntów podano w tabeli 4. Z analizy bezpośredniej próbek gleb ROD w Nysie, zgodnie z powyższym rozporządzeniem wynika, że w analizowanym zakresie nie wykazano przekroczeń dopuszczalnych wartości zanieczyszczeń dla wszystkich badanych próbek gleby (Tabela 4). Stwierdzona zawartość metali ciężkich w badanych glebach nie wykazuje negatywnego oddziaływania na środowisko gruntowe grupy II (Rozporządzenie MŚ, 2016).

Oceniając zawartość metali ciężkich w badanych glebach według Listy Holenderskiej (2011), stwierdzono większe zawartości Zn, Cr, Cd i Pb dla gleb niezanieczyszczonych (po 1 próbce), a w przypadku Cu stwierdzono przekroczenie dla 2 próbek gleby. W pozostałych próbkach gleb zawartość metali ciężkich mieściła się w zakresie wartości naturalnych (Tabela 4), (Lista Holenderska, 2011).

Ocenę zawartości metali ciężkich w glebach ROD w Nysie dokonano również w oparciu o ramowe wytyczne dla rolnictwa opracowane w IUNG-PIB w Puławach (Kabata-Pendias i in., 1995). Według liczb granicznych dla metali ciężkich przyjęto 6 stopni zanieczyszczenia gleb, tj. 0 – gleby nie zanieczyszczone, I – gleby o podwyższonej zawartości, II – gleby słabo zanieczyszczone, III – gleby średnio zanieczyszczone, IV – gleby silnie zanieczyszczone, V – gleby bardzo silnie zanieczyszczone. Wyznaczone stopnie zanieczyszczenia gleb odnoszą się do wyróżnionych grup glebowych o określonych wartościach pH i zawartości frakcji spławialnej (a–g, b–g, c–g, Tabela 4).

Z analizy chemicznej wynika, że zawartość Zn i Cu w glebach ROD wskazuje na I stopień zanieczyszczenia, z wyjątkiem próbki gleby nr 5, którą pod względem zawartości Zn zakwalifikowano do II stopnia zanieczyszczenia. Zawartość Ni w badanych glebach ROD była niska, o naturalnej zawartości i zaliczono do gleb nie zanieczyszczonych (stopień 0). Zawartość Cr w 7 badanych próbkach zakwalifikowano do gleb nie zanieczyszczonych (stopień 0). Dwie próbki zakwalifikowano do gleb o podwyższonej zawartości (I stopień zanieczyszczenia), i trzy próbki do gleb słabo zanieczyszczonych (II stopień zanieczyszczenia). Zawartość Cd w 5 próbkach badanych gleb ROD była niska, o naturalnej zawartości i zaliczono do gleb nie zanieczyszczonych (stopień 0). W 6 próbkach stwierdzono podwyższoną zawartość Cd (stopień I), a w 1 próbce stwierdzono słabe zanieczyszczenie tym pierwiastkiem (II stopień). Badane gleby ROD w Nysie charakteryzowały się naturalną zawartością Pb (stopień 0), a jedynie dwie próbki podwyższoną zawartością tego pierwiastka (stopień I), (Tabela 4). Na podstawie analizy zawartości wyżej omawianych metali, gleby ogrodów działkowych o podwyższonej zawartości metali (stopień I) mogą być przeznaczone do pełnego wykorzystania rolniczego, z wyłączeniem upraw roślin do produkcji żywności z przeznaczeniem dla dzieci i niemowląt. Gleby, które charakteryzowały się słabym zanieczyszczeniem (stopień II), należy wykluczyć z uprawy warzyw, jak np. sałata, szpinak, kalafior, marchew. Dozwolona jest uprawa roślin zbożowych, okopowych i pastewnych oraz użytkowanie pastwiskowe, trawnik rekreacyjny (Kabata-Pendias et al., 1995).

Ruchliwość, a zarazem biodostępność metali ciężkich i mikroelementów w glebie zależy od rodzaju, gatunku, typu gleby i poziomu agrotechniki (Karczewska i Kabala, 2017; Tomczyk i in., 2024). Pobieranie metali ciężkich i mikroelementów przez

rośliny, jak również ich migracja w głąb profilu glebowego, a tym samym do wód gruntowych, są w znacznym stopniu regulowane przez odczyn gleb (Kabata-Pendias, 2010). Na ogół intensywność pobierania metali ciężkich i mikroelementów maleje w miarę zwiększania się wartości pH gleb do około 6,5–7,5 (Kabata-Pendias i in., 1995). Jak wynika z badań, wartości pH gleb ROD w Nysie mieściły się w większości w tym zakresie, co w konsekwencji zapobiegnie pobieraniu metali ciężkich przez uprawiane warzywa.

Badania innych autorów wskazują że zalanie gleby wodą w wyniku wymywania i spływów (powodzi) prowadzi jednak do uwalniania pierwiastków, co budzi obawy o potencjalną toksyczność zwłaszcza dla roślin konsumpcyjnych oraz zanieczyszczenie wód gruntowych i powierzchniowych (Hailegnaw i in., 2024). Dlatego też po powodzi istnieje potrzeba inwentaryzacji chemicznej gleb oraz prowadzenia monitoringu w ogrodach działkowych w aspekcie ich użytkowania i ewentualnego nowego zagospodarowywania, czy nawet rewitalizacji.

3.8. Zanieczyszczenia biologiczne gleb ROD w Nysie

Poziom zanieczyszczenia mikrobiologicznego i parazytologicznego w badanych glebach ROD w Nysie korelował ze stopniem ich natlenienia i wapnowaniem (Tabela 5 i 6).

Wśród 12 przebadanych próbek gleby największe zanieczyszczenie mikrobiologiczne bakteriami jelitowymi (*Escherichia coli*, *Salmonella* spp. i *Clostridium perfringens*) stwierdzono w próbkach gleb pochodzących z ROD im. B. Andrzejewskiego (próbki gleby nr 2, 3, 6, 7) oraz w glebie pobranej w Sektorze Junior z ROD im. A. Mickiewicza (próbka gleby nr 10) (Tabela 5).

Tabela 5
Ilość mikroorganizmów w świeżej masie badanej gleby (JTK g⁻¹)¹

Table 5
Number of microorganisms in fresh mass of tested soil (CFU g⁻¹)¹

Lp. No.	Opis wykonywanych prac po powodzi Description of works performed after flood	Pałeczka okrężnicy <i>Escherichia coli</i>	Pałeczka duru brzuszego <i>Salmonella</i> spp.	Laseczka zgorzeli <i>Clostridium perfringens</i>
1	² +Ca wiosną ³ , nie przekopana ⁴	6	4	4
2	⁵ -Ca, nie przekopana	36	14	24
3	-Ca, nie przekopana	28	13	31
4	+Ca wiosną, przekopana ⁶	<3	0	<3
5	+Ca wiosną, nie przekopana	4	4	5
6	-Ca, nie przekopana	22	11	27
7	-Ca, nie przekopana	29	36	22
8	+Ca jesienią ⁷ , przekopana	0	0	0
9	+Ca wiosną, przekopana	<3	0	<3
10	-Ca, nie przekopana	19	16	18
11	+Ca wiosną, przekopana	0	<3	0
12	+Ca wiosną, przekopana	<3	0	0

Objaśnienia/Explanations: ¹ Jednostki tworzące kolonie w 1g badanej gleby / Colony forming units in 1g of tested soil; ²+Ca – wapnowana / limed soil; ³ wiosna / spring; ⁴ nie przekopana / not dug up; ⁵ -Ca – nie wapnowana / non-limed soil; ⁶przekopana / dug up; ⁷jesień / autumn.

Na glebach pochodzących z wymienionych powyżej działek, po ustąpieniu powodzi nie zastosowano typowych w takiej sytuacji zabiegów agrotechnicznych (wapnowanie, przekopanie). Na glebach z dodatkiem wapna, które nie zostały przekopane, bakterie jelitowe występowały nielicznie (próbki gleby nr 1 i 5, zlokalizowane na terenie ROD im. B. Andrzejewskiego). Jest to zrozumiałe, ponieważ bakterie te są organizmami względnie beztlenowymi (przekopanie poprawia warunki powietrzne gleby), a zastosowane wapno węglanowe, które posiada właściwości dezynfekujące, prawdopodobnie nie zdążyło zdyfundować do głębszych warstw profilu gleby. Przeprowadzone analizy wykazały, że w glebach, które zostały zwapnowane, a następnie przekopane, badane mikroorganizmy występowały w śladowych ilościach (próbka gleby nr 4, 11 i 12) lub były nieobecne (próbka gleby nr 8 zlokalizowana w obrębie ROD im. B. Andrzejewskiego). Wskazuje to niezaprzeczalnie na skuteczność stosowania takich zabiegów agrotechnicznych (Tabela 5). Obecność bakterii z rodzaju *Salmonella* oraz *Escherichia coli* i *Clostridium perfringens* w prawie wszystkich analizowanych próbkach gleb potwierdza zasadność prowadzenia zabiegów agrotechnicznych (Abramczyk i Gałązka, 2017; Kłapeć i in., 2024).

3.9. Zanieczyszczenia parazytologiczne w glebach ROD w Nysie

Dane zamieszczone w tabeli 6 wskazują, że tylko w dwóch analizowanych próbkach gleby (nr 6 i 7), zlokalizowanych w obrębie ROD im. B. Andrzejewskiego, stwierdzono niewielkie ilości inwazyjnych jaj pasożytów jelitowych glisty psiej (*Toxocara canis*). Prawdopodobnie ich obecność nie była związana

Tabela 6

Ilość żywych i inwazyjnych jaj pasożytów jelitowych w próbkach badanej gleby

Table 6

The number of live and invasive eggs of intestinal parasites in the tested soil samples

Lp. No.	Opis wykonywanych prac po powodzi Description of works performed after flood	Glista ludzka <i>Ascaris lumbricoides</i>	Włosogłówka <i>Trichuris trichuria</i>	Glista psia <i>Toxocara canis</i>
1	¹ +Ca wiosną ² , nie przekopana ³	0	0	0
2	⁴ -Ca, nie przekopana	0	0	0
3	-Ca, nie przekopana	0	0	0
4	+Ca wiosną, przekopana ⁵	0	0	0
5	+Ca wiosną, nie przekopana	0	0	0
6	-Ca, nie przekopana	0	0	2
7	-Ca, nie przekopana	0	0	1
8	+Ca jesienią ⁶ , przekopana	0	0	0
9	+Ca wiosną, przekopana	0	0	0
10	-Ca, nie przekopana	0	0	0
11	+Ca wiosną, przekopana	0	0	0
12	+Ca wiosną, przekopana	0	0	0

Objaśnienia/Explanations: ¹+Ca – wapnowana / limed soil; ²wiosną / spring; ³nie przekopana / not dug up; ⁴-Ca – nie wapnowana / non-limed soil; ⁵przekopana / dug up; ⁶jesienią / autumn.

z ubiegłoroczną powodzią, lecz spowodowana przypadkowym zanieczyszczeniem badanych gleb. Nosicielami tych pasożytów są dzikie zwierzęta, np. lisy, psy, koty itp. (Deryło, 2000). W pozostałych próbkach gleb nie wykryto żywych jaj pasożytów jelitowych takich jak glista ludzka (*Ascaris lumbricoides*), włosogłówka (*Trichuris trichuria*) i glista psia (*Toxocara canis*).

Uzyskane wyniki nie potwierdziły badań prowadzonych we Wrocławiu rok po powodzi, która miała miejsce w lipcu 1997 roku (Mizgajski, 1999). Badania Autorki wykazały większe koncentracje jaj *Toxocara* spp. oraz jaj innych pasożytów na terenach popowodziowych w porównaniu z terenami niezalanymi (Mizgajski, 1999).

Uzyskane wyniki wskazują więc, że powódź, która spowodowała pokrycie rozległych terenów ROD'ów w Nysie masami wód niosących z sobą rozliczne organizmy, w tym również chorobotwórcze, nie przyczyniła się do pozostawienia w powierzchniowych warstwach gruntu potencjału inwazyjnego, lecz raczej spowodowała jego zmycie. Takie uogólnienie może nie być właściwe dla innych terenów objętych powodzią np. obszarów rolniczych.

3.10. Analiza korelacji liniowej Pearsona

Przeprowadzona analiza korelacji liniowej Pearsona, przy wykorzystaniu pakietu Statistica, umożliwiła wykazanie zależności między wybranymi parametrami właściwości fizykochemicznych i biologicznych gleby.

Wartość pH_{KCl} gleb ROD była ściśle skorelowana z zawartością przyswajalnego P i Mg oraz zawartością Ca, K, Mg, Na, Fe, Mn, Ni ogółem w glebie, co wskazuje na silny wpływ tego

parametru na przyswajalność i biodostępność składników z gleby ($-7,881 < r < 0,628$). Zawartość materii organicznej gleby była ściśle skorelowana z zawartością przyswajalnych form makroelementów (P, K, Mg) w glebie oraz zawartością ogółem makroelementów (Ca, P, S), mikroelementów (Zn i Cu), a także z zawartością Pb ($0,426 < r < 0,902$). Powyższe związki korelacyjne wskazują istotny wpływ materii organicznej gleby na magazynowanie składników pokarmowych i metali ciężkich w glebie. Zawartości makroelementów ogółem w glebie (Ca, K, Mg, Na, P, S) były istotnie skorelowane z zawartością przyswajalnych form makroelementów (P, K, Mg), ($-0,412 < r < 0,800$), co wskazuje na możliwość udostępniania tych składników w formach biodostępnych (przyswajalnych dla roślin). Z analizy korelacji wynika, że zawartość K, Mg, Na i P ogółem była także skorelowana z zawartością mikroelementów – Fe i Mn ($-0,417 < r < 0,904$). Nie stwierdzono zależności między zawartością Cd i Cr w glebie a ich właściwościami fizykochemicznymi. Natomiast zawartość Pb była ściśle skorelowana z zawartością materii organicznej ($r=0,624$), zawartością Na ($r=0,455$) i S ($r=0,764$) ogółem w glebie.

Analiza korelacji badanych parametrów fizykochemicznych gleby potwierdza że materia organiczna odgrywa kluczową rolę w magazynowaniu makroelementów i mikroelementów, a także w chelatowaniu, pasywacji szkodliwego ołowiu w glebie (Kabata-Pendias i Szteke, 2012; Karczewska i Kabała, 2017; Siebielec i in., 2020).

Analiza korelacji zanieczyszczeń biologicznych wskazuje istotne oddziaływanie pH_{KCl} gleby na występowanie pałeczki duru brzuszego (*Salmonella* spp.), ($r=-0,435$). Ilość laseczki zgorzeli (*Clostridium perfringens*) była ściśle skorelowana

z zawartością chromu w glebie. Zabieg wapnowania i przekopania gleby ogrodów był ściśle skorelowany z występowaniem pałeczki okrężnicy (*Escherichia coli*), pałeczki duru brzuszego (*Salmonella spp.*) i laseczki zgorzeli (*Clostridium perfringens*), a także występowaniem inwazyjnych jaj glisty psiej (*Toxocara canis*), ($-0,563 < r < -0,915$). Podsumowując z punktu widzenia skażenia mikrobiologicznego i parazytologicznego gleb po powodzi istotne jest więc przeprowadzenie zabiegów agrotechnicznych, takich jak wapnowanie i przekopywanie ogrodów, ponieważ wapno dezynfekuje, a przekopywanie dotlenia glebę, stwarzając niekorzystne warunki dla rozwoju mikroorganizmów chorobotwórczych i pasożytów jelitowych.

4. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań gleb z ROD w Nysie wyciągnięto następujące wnioski i przedstawiono niezbędne rekomendacje:

1. Wartości pH gleb powyżej 6,6 wskazują, że gleby ROD w Nysie zostały zwapnowane, a zarazem zdezynfekowane. Z punktu widzenia sanitarnego zaleca się wykonać wapnowanie gleb o wartości pH poniżej 6,5. Zabieg ten zmniejszy zakwaszenie środowiska glebowego, ale przede wszystkim zdezynfekuje glebę.
2. Stwierdzono, że gleby ROD w Nysie charakteryzują się wysoką i bardzo wysoką zawartością materii organicznej. Wskazuje to na systematyczne stosowanie tej substancji, co pozwala utrzymać gleby w wysokiej kulturze i jest niezbędne do uprawy roślin wrażliwych na brak materii organicznej w glebie.
3. Zawartość przyswajalnego fosforu (P) w glebach ROD w Nysie kształtowała się na bardzo wysokim poziomie. Natomiast zawartość przyswajalnego potasu (K) kształtowała się zakresie od poziomu bardzo niskiego do bardzo wysokiego, podczas gdy magnez (Mg) oscylował od poziomu średniego do bardzo wysokiego. Generalnie gleby ROD w Nysie były najbardziej zasobne w przyswajalny fosfor, następnie w magnez, a najsłabiej w potas. Celem zabezpieczenia roślin w przyswajalne składniki pokarmowe (P, K, Mg) z jednoczesnym uniknięciem degradacji gleb, należy utrzymywać ich zasobność w te składniki przynajmniej na poziomie średnim.
4. Całkowita zawartość makroelementów w glebach kształtowała się w przeciętnych zawartościach dla gleb ornych Polski. Z badań wynika, że gleby ROD w Nysie charakteryzowały się niską zawartością potasu (K), sodu (Na) i siarki (S).
5. Zawartość cynku (Zn) i miedzi (Cu) w badanych próbkach gleb kształtowała się powyżej wartości średniej dla gleb uprawnych. Większe zawartości Zn i Cu w glebach ROD w Nysie wskazują na stosowanie środków wzbogaconych w te pierwiastki (np. środki ochrony roślin, jak siarczan miedzi itp.).
6. W analizowanych próbkach gleb nie stwierdzono przekroczeń dopuszczalnych zawartości metali ciężkich zgodnie z obowiązującym Rozporządzeniem w sprawie sposobu

przewodzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni Ziemi. Zawartość metali ciężkich w glebach nie wykazywała negatywnego oddziaływania na środowisko gruntowe grupy II, do której zalicza się gleby rodzinnych ogrodów działkowych.

7. Ocena zawartości metali ciężkich w badanych glebach w odniesieniu do wytycznych IUNG-PIB wykazała, że gleby ROD w Nysie charakteryzują się podwyższoną zawartością Zn, Cu i Cd (stopień I).
8. Zanieczyszczenia mikrobiologiczne o większym znaczeniu występowały tylko w glebach, na których nie zastosowano podstawowych zabiegów takich jak przekopanie i wapnowanie.
9. Obecność żywych jaj pasożytów jelitowych (*Toxocara canis*) tylko w dwóch próbkach badanych gleb nie była związana z ubiegłoroczną powodzią, lecz może wynikać z przypadkowego skażenia odchodami, bowiem nosicielami tych parazytów są dzikie zwierzęta (np. lisy, psy, koty itp.).

5. Rekomendacje

1. Gleby ogrodów działkowych w Nysie nie należy dyskwalifikować z ogrodniczego i rekreacyjnego użytkowania.
2. Gleby niewapnowane, a także zakwalifikowane do bardzo kwaśnych, kwaśnych i lekko kwaśnych należy bezwzględnie zwapnować, w celu ich dezynfekcji, wytrącenia rozpuszczalnych, silnie toksycznych metali (np. Cd, Pb) i zwiększenia wartości pH do poziomu optymalnego (6,0–7,5) dla większości uprawianych warzyw.
3. Po powodzi należy bezwzględnie przeprowadzić wapnowanie gleby. Jeśli gleba charakteryzuje się optymalnym odczynem, zaleca się stosować wapno w celu dezynfekującym i zapobiegawczo w ilości 0,5–1,0 t CaO ha⁻¹, najlepiej w formie wapna węglanowego zawierającego magnez, by uzupełnić również zapasy tego składnika w glebie. Jednorazowa dawka wapna w czystym składniku nie może przekraczać na glebach bardzo lekkich i lekkich 1,0 t CaO ha⁻¹, na glebach średnich – 1,5 t CaO ha⁻¹, a na ciężkich 2,0 t CaO ha⁻¹. Jeśli ustalona dawka CaO przekracza wielkości podane wyżej, to wapnowanie winno się prowadzić w okresie dwóch lub więcej lat dzieląc ustaloną dawkę na wyznaczone lata.
4. Ze względu na podwyższoną zawartość Zn, Cu i Cd w glebach, rekomenduje się uprawę warzyw z wyłączeniem przeznaczonych do konsumpcji przez dzieci i niemowlęta.
5. Zaleca się także użytkowanie trawnika do celów rekreacyjnych, uprawę roślin ozdobnych, po uprzednim napowietrzeniu aeratorem, widłami i/lub dodaniu piasku.
6. Spożywane warzywa (np. rzodkiewki) i owoce (np. truskawki) powinny być wcześniej dokładnie wypłukane, umyte w wodzie wodociągowej, zdatnej do picia.
7. Zarówno z mikrobiologicznego, jak i parazytologicznego punktu widzenia, pracując z glebą, zaleca się używać rękawic ochronnych i częste mycie rąk.

Podziękowania

Składam serdeczne podziękowania moim koleżankom z Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, dr Oldze Gorczycy, mgr Iwonie Spalek, mgr inż. Małgorzacie Bołdak, mgr inż. Katarzynie Szczurowskiej z Katedry Chemii Rolnej i Środowiskowej za wykonanie analiz fizykochemicznych materiału glebowego.

Konflikt interesów

Autorzy nie zgłaszają żadnego konfliktu interesów. Autorzy oświadczają, że nie mają żadnych znanych konkurencyjnych interesów finansowych ani powiązań osobistych, które mogłyby mieć wpływ na proces redakcyjny. W badaniach tych nie prowadzono badań na ludziach ani zwierzętach.

Wkład autorów

Jacek Antonkiewicz – Koncepcja badań, Weryfikacja danych, Pozyskanie finansowania, Przeprowadzenie badań, Metodologia, Nadzór nad badaniami, Walidacja, Wizualizacja, Tekst – wersja oryginalna, Tekst – recenzja i redakcja. **Iwona Paśmionka** – Koncepcja badań, Weryfikacja danych, Przeprowadzenie badań, Metodologia, Nadzór nad badaniami, Walidacja, Wizualizacja, Tekst – wersja oryginalna, Tekst – recenzja i redakcja. **Grzegorz Szychowski** – Weryfikacja danych, Tekst – wersja oryginalna.

Literatura

- Abramczyk, K., Gałązka, A., 2017. Pałeczki *Salmonella* i *Escherichia coli* jako realne zagrożenie zdrowia ludzi oraz jakości gleby. *Studia i Raporty IUNG-PIB* 54(8), 73–82. <https://doi.org/10.26114/sir.iung.2017.54.05>
- Andruszczak, E., Szczegodzińska, K., 1991. Zawartość ogólnych i przyswajalnych form makro i mikroelementów w glebach różnych kompleksów przydatności rolniczej. *Roczniki Gleboznawcze – Soil Science Annual* 42(1/2), 89–99.
- Antonkiewicz, J., 2025. Nowy sezon po powodzi lub podtopieniu. Broszura bezpłatna dla działkowców z PZD wydana ze środków KR PZD. Wydawnictwo „Działkowiec” Sp. z o.o., ss. 40. ISBN 978-83-63544-00-3. Nakład 20 000 egz.
- Antonkiewicz, J., Gworek, B., 2023. Remediacja zanieczyszczonych gleb i ziem. Wydawnictwo Naukowe PWN ss. 204. ISBN 978-83-01-22827-1. <https://doi.org/10.53271/2022.138>
- Baran, S., Oleszczuk, P., Baranowska, E., 2006. Wpływ powodzi na zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w bielicowej glebie leśnej. *Roczniki Gleboznawcze – Soil Science Annual* 57(1/2), 5–12.
- Bednarek, W., Dresler, S., Tkaczyk, P., Hanaka, A., 2014. Physicochemical properties of surface soil layer after the flood in the middle Vistula River valley. *Journal of Elementology* 19(1), 17–29. <https://doi.org/10.5601/jelem.2014.19.1.596>
- Czuba, R., (red.), 1996. Nawożenie mineralne roślin uprawnych. Wyd. Zakłady Chemiczne „POLICE” S.A., ss. 413. ISBN 83-906560-0-0.
- Chmiel, M.J., Frączek, K., 2016. Mikroorganizmy wskaźnikowe w ocenie stanu sanitarnego gleby. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 587, 51–62.

- Deryło, A., 2002. *Parazytologia i akaroentomologia medyczna*. Wydawnictwo Naukowe PWN ss. 526. ISBN 978-83-011-3804-2.
- Elmeknassi, M., Elghali, A., de Carvalho, H.W.P., Laamrani, A., Benzazoua, M., 2024. A review of organic and inorganic amendments to treat saline-sodic soils: Emphasis on waste valorization for a circular economy approach. *Science of The Total Environment* 921, 171087. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171087>
- Grześkowiak, A., 2016. *Vademecum nawożenia czyli podstawowe i praktyczne informacje o zrównoważonym nawożeniu*. Wyd. II. Grupa Azoty Zakłady Chemiczne „Police” S.A. ss. 111.
- Hailegnaw, N.S., Bayabil, H.K., Li, Y.C., Gao, B., 2024. Seawater flooding of calcareous soils: Implications for trace and alkaline metals mobility. *Science of The Total Environment* 927, 172210. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172210>
- Huang, Y.Z., Lee, Y.Y., Fan, C., 2025. Innovative fertilization strategies for in-situ pollution control and carbon negativity enhancement in agriculture. *Agricultural Water Management* 307, 109270. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.109270>
- IUSS Working Group WRB, 2022. *World Reference Base for Soil Resources*. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria. pp. 234. ISBN 979-8-9862451-1-9.
- Jadczyzyn, T., Kowalczyk, J., Lipiński, W., 2015. Zalecenia nawozowe. Nawożenie mineralne na gruntach ornych i trwałych użytków zielonych. Instrukcja upowszechnieniowa nr 207. Wyd. IUNG-PIB ss. 24. ISBN 978-83-7562-191-4.
- Jadczyzyn, T., Lipiński, W., Kowalczyk, J., 2024. Nawożenie na gruntach ornych i trwałych użytkach zielonych. Instrukcja upowszechnieniowa nr 251, Wyd. IUNG-PIB ss. 21. <https://doi.org/10.26114/iu.iung.2024.02.251>
- Jones, J.B.Jr., Case, V.W., 1990. Sampling. Handling. and Analyzing Plant Tissue Samples. In R.L. Westerman. Ed., *Soil Testing and Plant Analysis*. Vol. 3. Third Edition. SSSA Book Series, Chapter 15, Soil Science Society of America, Madison. WI. pp. 389–427. <https://doi.org/10.2136/sssabookser3.3ed.c15>
- Kabata-Pendias, A., 2010. *Trace elements in soils and plants*. 4th (Fourth) Edition. CRC Press. Boca Raton, London, New York, pp. 548. eBook ISBN 9780429192036. <https://doi.org/10.1201/b10158>
- Kabata-Pendias, A., Piotrowska, M., Motowicka-Terelak, T., Maliszewska-Kordybach, B., Filipiak, K., Krakowiak, A., Pietruch, Cz., 1995. *Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb*. Metale ciężkie, siarka i WWA. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska. Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Warszawa, ss. 41. ISBN 83-86676-35-3.
- Kabata-Pendias, A., Szeke, B., 2012. *Pierwiastki śladowe w geo- i biosferze*. Wydawnictwo Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach-Państwowy Instytut Badawczy, Puławy ss. 270. ISBN 978-83-7562-120-4.
- Karczewska, A., Kabała, C., 2017. Analiza ryzyka środowiskowego jako nowa podstawa oceny stanu zanieczyszczenia gleb w polskim prawie. *Soil Science Annual* 68(2), 67–80. <https://doi.org/10.1515/ssa-2017-0008>
- Kęsik, K., 2016. Zastosowanie metody Mehlich3 w systemie doradztwa nawozowego. *Studia i Raporty IUNG-PIB* 48(2), 95–104. <https://doi.org/10.26114/sir.iung.2016.48.07>
- Kicińska, A., Wikar, J., 2024. Health risk associated with soil and plant contamination in industrial areas. *Plant and Soil* 498, 295–323. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-06436-2>
- Kłapeć, T., Wójcik-Fatla, A., Farian, E., Kowalczyk, K., Zdybel, J.M., Sroka, J., Jadczyzyn, T., Skowron, P., Siebielec, G., Cencek, T., 2024. Biologiczne skażenie gleby – zagrożeniem dla zdrowia ludzi i zwierząt oraz środowiska. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu* 30(3), 213–217. <https://doi.org/10.26444/monz/191899>
- Kończak-Konarkowska, B., 2009. *Podstawy zaleceń nawozowych w ogrodnictwie*. Wyd. Krajowa Stacja Chemiczno-Rolnicza w Warszawie ss. 70. ISBN 978-83-926441-8-7.

- Kucharzewski, A., Nowak, L., Kruhlak, A., 2003. Wpływ powodzi w 1997 roku na zawartość metali ciężkich w wierzchniej warstwie gleb województwa wrocławskiego. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 492, 173–178.
- Lista Holenderska., 2011. Soil and ground water criteria used in The Netherlands for contaminated land. Access: 2.03.2011. <http://www.epd.gov.hk/eia/register/report>
- Mizgajska, H., 1999. Biologiczne skażenie gleby na terenach popowodziowych we Wrocławiu. Wiadomości Parazytologiczne 45(1), 89–93.
- Pepper, I.L., Gerba, C.P., Brendecke, J.W., 2011. Environmental microbiology: A Laboratory Manual. 2nd. ed. Elsevier. pp. 232. ISBN 9780080470511.
- PN-R-04031:1997. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Pobieranie próbek. Agrochemical soil analyses. Sampling. International Classification for Standards (ICS): Publisher: Polish Committee for Standardization(PN)
- PN-EN ISO 10390:2022-09. Jakość gleby – Oznaczanie pH. Soil Quality – Determination of pH. Publisher: Polish Committee for Standardization(PN).
- PN-ISO 10694:2002 Jakość gleby – Oznaczanie zawartości węgla organicznego i całkowitej zawartości węgla po suchym spalaniu (analiza elementarna).
- PN-R-04020:1994 Analiza chemiczno-rolnicza gleby – Oznaczanie zawartości przyswajalnego magnezu.
- PN-R-04022:1996 Analiza chemiczno-rolnicza gleby – Oznaczanie zawartości przyswajalnego potasu w glebach mineralnych.
- PN-R-04023:1996 Analiza chemiczno-rolnicza gleby – Oznaczanie zawartości przyswajalnego fosforu w glebach mineralnych.
- PN-ISO 11466:2002. Jakość gleby - Ekstrakcja pierwiastków śladowych rozpuszczalnych w wodzie królewskiej.
- PN-Z-19000-1:2001. Jakość gleby – Ocena stanu sanitarnego mikrobiologicznego gleby – Wykrywanie obecności i oznaczania ilościowe bakterii z rodzaju *Salmonella*.
- PN-Z-19000-3:2001. Jakość gleby – Ocena stanu sanitarnego mikrobiologicznego gleby – Wykrywanie obecności i oznaczania ilościowe bakterii przetrwalnikujących *Clostridium perfringens*.
- PN-Z-19006:2003. Jakość gleby. Ocena stanu sanitarnego materiałów wprowadzanych do gleby. Wykrywanie jaj pasożytów jelitowych z rodzajów *Ascaris*, *Trichuris* i *Toxocara* w nawozach organicznych.
- Quinn, R., Smith, H.V., Bruce, R.G., Girwood, R.W.A., 1980. Studies on the incidence of *Toxocara* and *Toxascaris* spp. ova in the environment. 1. A comparison of flotation procedures for recovering *Toxocara* spp. ova from soil. Journal of Hygiene 84(1), 83–89. <https://doi.org/10.1017/s0022172400026553>
- Rozporządzenie MŚ., 2016. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi. Dz. U. RP. poz. 1395. <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20160001395>
- Samaddar, S., Karp, D.S., Schmidt, R., Devarajan, N., McGarvey, J.A., Pires, A.F.A., Scow, K., 2021. Role of soil in the regulation of human and plant pathogens: soils' contributions to people. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 376(1834), 20200179. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0179>
- Siebielec, G., Łopatka, A., Smreczak, B., Kaczyński, R., Siebielec, S., Koza, P., Dach, J., 2020. Materia organiczna w glebach mineralnych Polski. Studia i Raporty IUNG-PIB 64(18), 9–30. <https://doi.org/10.26114/sir.iung.2020.64.01>
- Soil Survey Manual, 2018. Soil Survey Manual. Soil Science Division Staff. USDA – United States Department of Agriculture. Handbook No. 18. pp. 605.
- Systematyka gleb Polski., 2019. Polskie Towarzystwo Gleboznawcze. Komisja Genezy Klasyfikacji i Kartografii Gleb. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Wrocław-Warszawa ss. 290. ISBN 978-83-7717-321-3.
- Terelak, H., Stuczyński, T., Motowicka-Terelak, T., Maliszewska-Kordybach, B., Pietruch, Cz., 2008. Monitoring chemizmu gleb ornych Polski w latach 2005–2007. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa ss. 135.
- Tkaczyk, P., Bednarek, W., Dreszer, S., Krzyszczak, J., Baranowski, P., Sławiński, C., 2017. Relationship between assimilable-nutrient content and physicochemical properties of topsoil. International Agrophysics 31(4), 551–562. <https://doi.org/10.1515/intag-2016-0074>
- Tomczyk, P., Wdowczyk, A., Wiatkowska, B., Szymańska-Pulikowska, A., Kuriqi, A., 2024. Fertility and quality of arable soils in Poland: spatial-temporal analysis of long-term monitoring. Ecological Indicators 166, 112375. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112375>
- Zalecenia nawozowe., 1990. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. Wyd. IUNG. Seria P (44) ss. 26.
- Zhao, L., Sun, Z.F., Pan, X.W., Tan, J.Y., Yang, S.S., Wu, J.T., Chen, C., Yuan Y., Ren, N.Q., 2023. Sewage sludge derived biochar for environmental improvement: Advances, challenges, and solutions. Water Research X 18, 100167. <https://doi.org/10.1016/j.wroa.2023.100167>
- Zohar, I., Ganem, H.E., DiSegni, D.M., Jonas-Levi, A., 2024. The impact of alternative recycled and synthetic phosphorus sources on plant growth and responses, soil interactions and sustainable agriculture – lettuce (*Lactuca sativa*) as a case model. Science of The Total Environment 948, 174719. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174719>

Assessment of physicochemical and biological properties of allotment garden soils in Nysa town (S Poland) after the flood in 2024**Keywords:**

Soils
Flood
Physicochemical properties
Chemical and biological contamination

Abstract

Flood, i.e. temporary covering of the area by water and mass flow of water, can cause changes in the physicochemical properties of the soil, which are affected by it. Changes caused by flood can result in soil contamination, e.g. with heavy metals, as well as bacteriological and parasitological contamination. In connection with floods, there is a need to carry out monitoring works in the scope of changes in the physicochemical and biological properties of soils. The aim of the research was to assess the physicochemical and biological properties of soils of allotment gardens in Nysa after the flood in 2024, in terms of their current use and future development. The analyzed area affected by the flood in September 2024 is located in the area of allotment gardens in Nysa. The flood in Nysa was recorded on 14.09.2024, and the flood waters receded after a maximum of 14 days. The water in the allotment gardens stagnated for 7 to 14 days. In early spring 2025, 12 soil samples were taken from designated plots in two family allotment gardens. For physicochemical analyses, soil samples were taken from a depth of 0–20 cm, and for biological tests from a deeper layer, i.e. 15–30 cm, in accordance with the methodology in force at chemical-agricultural stations. The results of the research indicate that in most of the allotment garden soils were limed and at the same time disinfected. From a sanitary point of view, it is recommended to lime soils with a pH below 6.5. This treatment deacidifies the soil environment, but above all disinfects the soil. The soils of family allotment gardens in Nysa were characterized by a high and very high content of organic matter, which is necessary for growing plants sensitive to a lack of this substance in the soil. These soils were best supplied with assimilable phosphorus and magnesium, and the least with potassium. In order to provide plants with assimilable nutrients (P, K, Mg), while avoiding soil degradation, their abundance in these components should be maintained at least at an average level. The total content of macroelements in soils was within the average range for Polish arable soils. The studies show that the soils of allotment gardens in Nysa were characterized by low total potassium (K), sodium (Na) and sulfur (S) content. The content of zinc (Zn) and copper (Cu) in the tested soil samples was above the average value for arable soils. Higher contents of Zn and Cu in the tested soils indicate the use of agents enriched with these elements (e.g. plant protection products, such as copper sulfate, etc.). The soil samples analyzed did not exceed the permissible heavy metal content in accordance with the applicable Regulation on the method of assessing the contamination of the Earth's surface. The content of heavy metals in the analyzed soils did not show a negative impact on the ground environment of group II, which includes family allotment gardens. The assessment of the heavy metal content in the analyzed soils in relation to the IUNG-PIB guidelines showed that they are characterized by an increased content of Zn and Cu (level I). Microbiological contamination of greater significance occurred only in soils where basic treatments such as digging and liming were not applied. The presence of live eggs of intestinal parasites (*Toxocara canis*) in only two samples of the analyzed soils was not necessarily related to last year's flood, but may result from accidental contamination with feces, because the carriers of these parasites are wild animals (e.g. foxes, dogs, cats, etc.). The soil of allotment gardens in Nysa should not be disqualified from horticultural and recreational use. Due to the increased content of Zn and Cu in the soil, it is recommended to grow vegetables with the exclusion of consumption by children and infants.