

KATARZYNA NIEDŹWIECKA 

e-mail: ke.niedzwiecka@uw.edu.pl

Instytut Genetyki i Biotechnologii, Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski
(ul. Pawińskiego 5A, 02-106 Warszawa, Polska)

Institute of Genetics and Biotechnology, Faculty of Biology, University of Warsaw
(Pawińskiego 5A, Warsaw, Poland)

Nauka dla zwykłych ludzi, zwykli ludzie dla nauki: o aplikacjach do rozpoznawania roślin i o nauce obywatelskiej

Science for common people, common people for science:
plant recognition applications and citizen science

DOI: <https://doi.org/10.12775/KOSMOS.2025.022>

Abstrakt

Aplikacje do rozpoznawania gatunków to potężne narzędzia, które wzbogacają wiedzę o bioróżnorodności, gromadząc ogromne ilości danych o występowaniu gatunków w danym miejscu i czasie. Obserwacje dokonywane za ich pośrednictwem mogą być wykorzystywane m.in. do monitorowania rozprzestrzeniania się gatunków inwazyjnych, oceny stanu gatunków rzadkich, dostarczania informacji o okresach wegetacyjnych, a także są formą edukowania społeczeństwa. Użytkownik aplikacji nie tylko poszerza swoją wiedzę, ale także może przyczynić się do rozwoju nauki i nawiązać kontakt z innymi miłośnikami przyrody. Do danych zbieranych za pośrednictwem aplikacji należy jednak podchodzić z ostrożnością, dokładnie je weryfikować i uwzględniać błędy systematyczne wynikające z zachowania użytkowników. W dalszej części artykułu przedstawiam przegląd najwydajniejszych aplikacji do rozpoznawania roślin z perspektywy użytkownika.

Słowa kluczowe: nauka obywatelska, aplikacje do rozpoznawania gatunków roślin

Abstract

Species identification applications are powerful tools that enhance our understanding of biodiversity by collecting vast amounts of data. Observations made through them can be used to monitor the spread of invasive species, assess the status of rare species, provide information on growing seasons, as well as educate the public. Application users not only expand their knowledge but also contribute to research and connect with other nature enthusiasts. However, it's important to remember that data collected through applications should be thoroughly verified and approached with caution, taking into account biases resulting from user behaviour. Further in the article, I provide an overview of the most effective plant identification applications from the user's perspective.

Key words: citizen science, plant species identification applications

WPROWADZENIE

Rozwój technologii komputerowych pozwolił na utworzenie aplikacji, które rozpoznają różne gatunki roślin, zwierząt i grzybów na podstawie fotografii dostępnych w smartfonie lub komputerze. Dzięki nim użytkownik może w dowolnym momencie zrobić zdjęcie lub nagrać dźwięk czy film, a na ich podstawie rozpoznać gatunek i uzyskać informacje na jego temat, korzystając z baz danych dostępnych online, bez konieczności noszenia przy sobie papierowych podręczników lub kluczy do oznaczania poszczególnych grup organizmów (Hart i in., 2023). Zarazem dokonywanie obserwacji przez wiele osób w różnym czasie i terenie generuje ogromne ilości danych, które, jeśli są udostępnione, mogą być wykorzystane przez przyrodników, a których zdobycie nie byłoby możliwe przy wyłącznym zaangażowaniu wąskiej grupy profesjonalistów.

NAUKA OBYWATELSKA

Badania prowadzone z udziałem wolontariuszy, którzy współuczestniczą z naukowcami w zbieraniu lub analizie danych, noszą nazwę nauki obywatelskiej. Od 2010 r. w ramach inicjatyw z jej udziałem zebrano więcej obserwacji o występowaniu gatunków niż tradycyjnymi metodami naukowymi przez cały XX wiek (Eckert i in., 2024). Obecnie przyrodnicy-amatorzy mogą brać udział w wielu projektach, zróżnicowanych m.in. pod względem stopnia zaangażowania i przeszkolenia wolontariuszy (Chandler

i in., 2017). Istnieją projekty, w ramach których wolontariusze wykonują prace terenowe pod kierownictwem ekspertów. Do takich inicjatyw należy m.in. obrączkowanie ptaków lub zadania związane z ochroną przyrody w parkach narodowych (PNGS 2024).

Są też programy, w których użytkownicy korzystający z aplikacji mobilnych służących do rozpoznawania gatunków rejestrują okazy przyrodnicze. W niniejszej publikacji przedstawiono zastosowanie takich aplikacji w botanice: korzyści i ryzyka dla użytkowników i dla naukowców, którzy analizują zgromadzone dane, a także scharakteryzowano najwydajniejsze aplikacje do rozpoznawania roślin dostępne w Polsce – zarówno pod kątem komfortu użytkowania, jak i przydatności dla nauki.

Przyrodnicy-amatorzy podczas spacerów i wycieczek po różnego rodzaju terenach są w stanie zebrać ogromną ilość informacji. Część aplikacji udostępnia zebrane przez nich i potwierdzone przez innych dane do ogólnodostępnych baz danych, takich jak GBIF – Światowa Sieć Informacji o Bioróżnorodności, ang. Global Biodiversity Information Facility, która jest finansowana międzynarodowo (GBIF Funders, 2025). Około połowę tych danych zebrano przy znaczącym udziale wolontariuszy (GBIF Citizen Science, 2025).

APLIKACJE A DANE FENOLOGICZNE

Wraz z dostarczaniem przez wolontariuszy zdjęciami i nagraniami gromadzone są metadane, m.in. współrzędne geograficzne i data

obserwacji. Umożliwia to monitorowanie czasu kiełkowania, kwitnienia czy owocowania poszczególnych gatunków roślin oraz obserwowanie zależności okresu wegetacji i zmian klimatycznych (Paż-Dyderska, Mytych 2025). Okazy kwitnące lub owocujące są częściej rejestrowane przez użytkowników niż rośliny, które nie mają takich charakterystycznych elementów (Mora i in., 2014; Katal i in., 2023). Analizowano m.in. obserwacje łatwych do identyfikacji roślin zielnych kwitnących wiosną i latem: zawilca gajowego *Anemone nemorosa* (Puchałka et al., 2022) i łubinu trwałego *Lupinus polyphyllus* (Klinger i in., 2023), a także drzew i krzewów (Katal i in., 2025). W wieloaspektowych badaniach stwierdzono, że wiosna przychodzi coraz wcześniej, a jej rozpoczęcie przesuwają się o 2–7 dni na dekadę (Mentzel i in., 2020; Mora i in., 2024). Istnieją algorytmy zoptymalizowane do rozpoznawania kwiatów (Mora i in., 2024) lub stadium ich kwitnienia czy też innych parametrów anatomicznych, np. wielkości rośliny lub powierzchni liścia (Schiller i in., 2021), koloru kwiatu (Perez-Udell i in., 2023), stopnia, w jakim liść został zjedzony przez roślinożercę, lub interakcji roślin z zapylaczami (Chozas i in., 2023).

APLIKACJE A GATUNKI INWAZYJNE

Introdukcja gatunków inwazyjnych przez ludzi, czy to celowa (np. roślin ozdobnych lub użytkowych), czy to przypadkowa (np. patogenów wraz z importowanymi sadzonkami), niejednokrotnie powiązana ze zmianą warunków siedliskowych, przyczynia się do utraty bioróżnorodności przez wypieranie rodzimych gatunków, zmiany klimatu i ograniczenie możliwości retencji zanieczyszczeń przez rodzime rośliny, a niekiedy pośrednio wpływa na zdrowie ludzi i powoduje straty gospodarcze (Kumar Rai, Singh, 2020; Bartz, Kowarik, 2019; Tokarska-Guzik i in., 2012). Liczba ich obserwacji rośnie wykładniczo (Goznález-Moreno i in., 2023; Mormul i in., 2023). Wczesne wykrycie pojawienia się gatunków inwazyjnych jest kluczowe dla walki z ich rozprzestrzenianiem się. Zaobserwowanie gatunku inwazyjnego w danym miejscu jest w 18% przypadków wcześniej rejestro-

wane na platformach internetowych niż przy pomocy tradycyjnych metod badawczych (Goznález-Moreno i in., 2023), zwłaszcza że zwykle najpierw pojawia się ich niewielka liczba, a obszar do nadzoru jest rozległy. Użytkownicy aplikacji mobilnych mają możliwość poruszania się po obszernych i odległych terenach, również prywatnych, podczas gdy badacze często koncentrują się na miejscach, w których spodziewają się napływu obcych gatunków, na przykład w okolicach lotnisk, dworców dalekobieżnych i portów. Zatem metody tradycyjne i oparte na nauce obywatelskiej wzajemnie się uzupełniają (Goznález-Moreno i in., 2023; Bila Dubaić i in., 2022, Palmer i in., 2017). Przykładem, choć nie botanicznym, jest wykrycie przez użytkownika programu iNaturalist w Lesie Kabackim na południu Warszawy inwazyjnego pomrowika czarnogłowego *Krynockia melanocephalus*, nieobecnego dotąd w Polsce (Maćkiewicz, Borys, 2023).

Zgodnie z obowiązującymi przepisami zgłoszenie stanowiska gatunku inwazyjnego do władz gminy, miasta lub dzielnicy jest obowiązkiem każdego obywatela, który takie stanowisko odkryje, jednak nie każdy jest świadom tego obowiązku ani też nie każdy zna listę gatunków, które podlegają temu obowiązkowi; przykładowo nie znajduje się na niej wspomniany wyżej pomrowik czarnogłowy (Rozporządzenie MKiŚ z dnia 10 marca 2022 r.). Samorządy terytorialne nie mają obowiązku korzystania z baz danych o bioróżnorodności w celu monitorowania gatunków inwazyjnych na podległym im terenie, a jedynie podjęcia środków zaradczych, gdy wpłynie zgłoszenie obecności gatunku z listy zagrażających rodzimym ekosystemom (Ustawa z dnia 11 sierpnia 2021 r. o gatunkach obcych; Łowca Obcych 2025) – nie dotyczy więc pomrowika czarnogłowego. Wskazane jest usprawnienie przepływu informacji pomiędzy ogólnodostępnymi bazami a władzami lokalnymi, które mają narzędzia, aby rozpoznawać zagrożenia i zapobiegać inwazjom lub walczyć z nimi, gdy się pojawiają, a także regularne uzupełnianie listy gatunków podlegających obowiązkowi obserwacji i/lub eksterminacji (zob. też: Carlen i in., 2023).

Za pomocą kilku aplikacji, które szerzej omawiam w dalszej części artykułu, zidentyfikowałam inwazyjny rdestowiec ostrokończysty *Reynoutria japonica*. Wydziela on metabolity wtórne do gleby i tym samym wpływa na jej mikrobiotę i możliwość wzrostu roślin rodzimych oraz zmienia stosunki troficzne (Abgrall i in., 2018). Nie każda aplikacja prezentuje od razu informację, że zaobserwowany gatunek jest inwazyjny. iNaturalist podaje ją od razu w wersji na komputer, ale w większości przypadków, by ją znaleźć, trzeba kliknąć w nazwę gatunku, co często prowadzi do notki z Wikipedii. Przykładowo Observation.org (nieopisywany tu dalej ze względu na koncentrację na danych zoologicznych) określa ten gatunek jako „rodzimy na świecie” („native worldwide”); LeafSnap ma na liście alternatywnych nazw „restaurację japońską”, co jest skutkiem tłumaczenia maszynowego z anglojęzycznej Wikipedii. Należy jednak podkreślić, że istnieją również zaawansowane projekty nauki obywatelskiej nakierowane na wykrywanie gatunków obcych (Probert i in., 2022), a także chorób drzew oraz wektorów chorób ssaczy (Goznález-Moreno i in., 2023). Jako przykłady aktywnych projektów można wymienić: na platformie iNaturalist „Unidentifiable Plant Damage” (2020, ang. „Niezidentyfikowane Uszkodzenia Roślin”), czy „Rdestowiec – pospolita roślina inwazyjna” (2025), a na platformie Flora Incognita „Invasive Pflanzen in der EU” (2025, niem. „Rośliny inwazyjne w Unii Europejskiej”).

APLIKACJE A GATUNKI CHRONIONE I ZAGROŻONE

Użytkownicy aplikacji do rozpoznawania roślin często identyfikują również gatunki zagrożone i objęte ochroną. Temat ten wymaga jednak dużej ostrożności, zarówno ze strony użytkowników, jak i badaczy korzystających z zebranych danych. Niektóre rzadkie gatunki chronione i zagrożone, ze względu na swoje podobieństwo do gatunków pospolitych, mogą być błędnie identyfikowane, co stanowi wyzwanie dla monitoringu bioróżnorodności. Kluczowe jest też, aby użytkownicy aplikacji do rozpo-



Ryc. 1. Rdestowiec ostrokończysty *Reynoutria japonica* – roślina inwazyjna w Europie

znawania roślin przestrzegali obowiązujących norm etycznych i prawnych. Należy pamiętać o zakazie niszczenia roślin chronionych, płoszenia zwierząt i schodzenia ze szlaków na obszarach chronionych w celu pozyskania obserwacji. W przypadku niektórych gatunków, zwłaszcza zwierząt, konieczne jest ukrywanie ich lokalizacji lub samego faktu ich występowania (OTOP 2025). Działanie to ma na celu przede wszystkim zapobieganie kłusownictwu oraz płoszeniu zwierząt przez osoby, które pragną zdobyć unikatowe zdjęcia. Publiczne udostępnianie danych o położeniu rzadkich czy wrażliwych gatunków może prowadzić do niekontrolowanego napływu ludzi w ich siedliska, co zakłóca naturalne cykle życia zwierząt, a w skrajnych przypadkach może nawet zagrażać ich przetrwaniu (Soroye i in., 2022; Chozas i in., 2023). Z drugiej strony – obserwacje gatunków chronionych mogą przyczynić się do monitorowania stanu ich populacji, dostarczając danych na temat ich występowania, i mogą posłużyć do ustanowienia nowych obszarów chronionych (Rozporządzenie MŚ z dnia 9 października 2014 r.). Przykładowo, jeszcze w cza-

sach przed powstaniem aplikacji do rozpoznawania gatunków, spacerowicz Marcin Wilga zaobserwował występowanie borowikowca tęgoskórowego *Pseudoboletus parasiticus* (dawną nazwą: podgrzybek pasożytniczy *Xerocomus parasiticus*) w Lasach Oliwskich koło Gdańska. Gdy zgłosił znalezisko władzom Trójmiejskiego Parku Krajobrazowego, wszczęto procedurę, która doprowadziła do ustanowienia pomnika przyrody w miejscu występowania tego grzyba (Wilga 1993; CRFOP 1998).

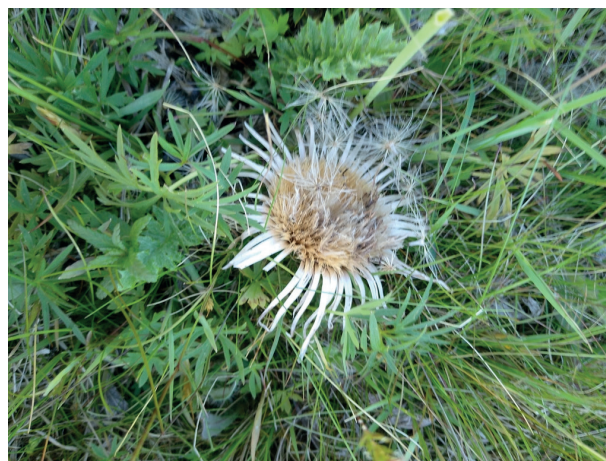
APLIKACJE A NOWE GATUNKI

Obecnie znanych jest na świecie między 298 a 390 tysięcy gatunków roślin, a co roku odkrywane są kolejne dwa tysiące, przeważnie w rejonach tropikalnych i trudno dostępnych (Worldplants 2025; Jardineriaon 2025). Odkrywanie nowych gatunków z wykorzystaniem aplikacji jest możliwe, pod warunkiem że platformy te nie bazują wyłącznie na automatycznym rozpoznawaniu, ale zapewniają kontakt użytkowników z ekspertami, którzy są w stanie rozpoznać na zdjęciach lub nagraniach nieznane dotąd nauce gatunki. Ten model działania stanowi cenne uzupełnienie dla tradycyjnych wypraw botanicznych.

Uchwycenie na zdjęciu cech charakterystycznych danego gatunku umożliwia jego trafną identyfikację, a czasami pozwala nawet na odkrycie gatunku nowego dla nauki lub uważanego za wymarły. Przykładem skuteczności nauki obywatelskiej w odkrywaniu nowych gatunków jest identyfikacja rośliny z rodziny astrowatych – *Ovicula biradiata*. Odkrycia dokonała wolontariuszka Debra Manley podczas obserwacji wiosennych efemeryd w Parku Narodowym Big Bend w Teksasie przy użyciu aplikacji iNaturalist (Mesaglio i in., 2025; Manley i in., 2025).

APLIKACJE A EDUKACJA

Nauka obywatelska nie tylko dostarcza danych, ale także stanowi wielowymiarowe narzędzie edukacyjne. Obserwacja przyrody zwiększa świadomość ekologiczną, co niekiedy prowadzi do większego zaangażowania obserwato-



Ryc. 2. Dziewięsił bezłodygowy *Carlina acaulis* – roślina chroniona w Polsce



Ryc. 3. *Ovicula biradiata* – roślina odkryta przez użytkowniczkę aplikacji iNaturalist (Bailey 2024; Santore 2024)

ra w ochronę przyrody. Wkład w rozwój nauki może dawać poczucie bycia potrzebnym. Niektóre aplikacje są związane z powstaniem społeczności, która wzajemnie się wspiera w poznawaniu przyrody. Organizowane są również

spotkania, na których uczestnicy i naukowcy nie wspólnie wyruszają w teren, np. w ramach wydarzenia Bioblitz, podczas którego rejestruje się w miarę możliwości wszystkie gatunki widoczne w wybranym obszarze w określonym czasie (Gisondi i in., 2025; Receveur i in., 2022; Chozas i in., 2023).

BŁĘDY SYSTEMATYCZNE APLIKACJI

Dane zbierane przez wolontariuszy są jednak obciążone błędami systematycznymi. Obserwatorzy częściej rejestrują gatunki w dni wolne od pracy, podczas wakacji oraz w sprzyjających warunkach pogodowych (Knape i in., 2022). Ponadto skłaniają się do dokumentowania tzw. gatunków charyzmatycznych, takich jak ptaki czy rośliny o dużych kwiatach, pomijając te mniej rzucające się w oczy lub uważane za chwasty (Carlen i in., 2023). Taka selektywność wpływa również na ilość i jakość materiału do uczenia algorytmów. Obserwatorzy pomijają organizmy żyjące w miejscach trudniej dostępnych, jak akweny, i w obszarach, w których mniej chętnie przebywają, np. zindustrializowanych (Carlen i in., 2023). Nie bez znaczenia są też nierówności społeczne: dostęp do Internetu i smartfonów oraz posiadanie wolnego czasu, który może być przeznaczony na obserwację przyrody (Carlen i in., 2023). Większość obserwacji pochodzi z terenów gęsto zaludnionych, a duże znaczenie ma bliskość drogi (Geurts i in., 2022; Katal i in., 2025; Katal i in., 2023). Zatem mamy do czynienia z nadreprezentacją obserwacji na terenach, gdzie na skład gatunkowy i czas kwitnienia czy rozwijania liści mają wpływ zjawiska charakterystyczne dla miast, np. miejskie wyspy ciepła, zanieczyszczenie powietrza, obecność sztucznego światła, zmodyfikowany skład i nawilżenie gleby, sadzenie sprowadzanych gatunków, fragmentacja dostępnego terenu (Li i in., 2021; Wohlfahrt i in., 2019; Wang i in., 2025; Fujiwara i in., 2025; Katal i in., 2023). Wspomniane efekty są jednak dobrze znane naukowcom i uwzględniane w algorytmach analizujących dane, dzięki czemu wyniki uzyskane dzięki nauce obywatelskiej są zbliżone z tymi, które pozyskano metodami tra-

dycyjnymi (Mora i in., 2024; Katal i in., 2023; Rzanny i in., 2024b; Katal i in., 2025; Receveur i in., 2022; Hart i in., 2023).

JAK DOKUMENTOWAĆ

Im lepiej wykonane zdjęcia, tym większe prawdopodobieństwo poprawnej identyfikacji danego gatunku. Fotografowany obiekt powinien w miarę możliwości wypełniać cały kadr, a obecność w nim innych organizmów należy ograniczać do minimum (Webinar 2024). Warunkiem prawidłowego rozpoznania jest również odpowiednia ostrość zdjęć (Webinar 2024). Współczesne aplikacje, dzięki integracji z oprogramowaniem aparatu, często oferują funkcje wspomagające ustawienie ostrości. Zalecane jest, by fotografowany obiekt znajdował się w cieniu, co minimalizuje zjawisko prześwietlenia i ułatwia rozpoznanie detali (Webinar 2024), ale zdjęcia w słońcu też mogą dobrze wyjść, a fotografia w szerszej perspektywie w całości w cieniu może być trudna do wykonania.

Aby zwiększyć szanse na poprawną identyfikację gatunku, należy dostosować sposób fotografowania do specyfiki danej aplikacji. Platformy takie jak Flora Incognita, które do rozpoznawania wymagają jednego, konkretnego ujęcia (np. wierzchu liścia), wymagają precyzji: zdjęcie powinno być wykonane w naturalnym środowisku, z właściwego kąta, bez zrywania rośliny. W przypadku liści złożonych, jak u paproci, należy ująć cały liść wraz z nasadą, a nie tylko pojedynczą blaszkę. Aplikacje umożliwiające dodawanie wielu zdjęć, takie jak iNaturalist, pozwalają na udokumentowanie organizmu z różnych perspektyw. Warto wtedy sfotografować kwiat od przodu i z boku, liść z obu stron, gdyż jego wygląd z wierzchu i od spodu może się różnić, owoce, pień lub łodygę oraz miejsce wyrostania z podłoża. Do zdjęcia warto dodać punkt odniesienia, np. linijkę, monetę, zapalkę lub dłoń, co pozwoli na ocenę skali (Webinar 2024). Należy jednak unikać fotografowania opuszków palców i twarzy, aby chronić dane biometryczne. Oprócz detali istotne jest również ujęcie całej rośliny, populacji i jej otoczenia, co dostarcza cennego kontekstu do identyfikacji.

Dla identyfikacji niektórych gatunków istotne są dodatkowe informacje, takie jak zapach rośliny, właściwości gleby czy obecność innych roślin w otoczeniu. Dlatego, jeśli aplikacja umożliwia robienie notatek, warto z tego skorzystać i dodać takie informacje, aby ułatwić pracę innym oznaczającym.

Nie każdą roślinę da się zidentyfikować przez cały rok; w niektórych przypadkach do identyfikacji gatunku potrzebny jest kwiat, owoc lub inna cecha występująca okresowo. W takiej sytuacji można ograniczyć się do określenia rodzaju danej rośliny.

Niektóre rodzaje roślin są szczególnie trudne w identyfikacji, np. ze względu na niewielkie rozmiary lub podobieństwo między gatunkami. W takich sytuacjach w ramach społeczności użytkownicy aplikacji często dzielą się instrukcjami, jak najlepiej udokumentować daną grupę roślin, aby ułatwić ich poprawne rozpoznanie (Kroolik 2021, Bobo-x 2023).

Aplikacje do rozpoznawania roślin gromadzą metadane, takie jak lokalizacja i czas obserwacji, dlatego ważne jest włączenie GPS-a przed rozpoczęciem dokumentowania lub późniejsze określenie lokalizacji na załączonej mapie (Webinar 2024; Flora Incognita 2025; Rzanny i in., 2024a). Należy zachować ostrożność przy korzystaniu z danych geolokalizacyjnych zaczerpniętych z oprogramowania aparatu fotograficznego w smartfonie, ponieważ może ono podawać niedokładne dane. Lepiej polegać na danych z aplikacji, które pokazują położenie użytkownika na bieżąco, i poczekać na stabilizację sygnału z satelity.

PRZEGLĄD APLIKACJI DO ROZPOZNAWANIA ROŚLIN

Aby wybrać najlepszą aplikację, warto przyrzeć się ich skuteczności. Hart i in. (2023) zmierzili efektywność pięciu aplikacji, analizując zestaw 857 zdjęć wykonanych w Wielkiej Brytanii. Znajdowało się na nich: 609 roślin zielnych, 162 drzew, 51 traw, 27 paproci i skrzypów oraz 8 turzyc i sitowia. Na większości fotografii znajdował się kwiat i/lub liść, a na nielicznych owoce – same lub z liściem albo kwiatem.

W badaniu każda roślina była reprezentowana przez jedno zdjęcie. Stwierdzono, że gatunek został prawidłowo określony w następującym procencie przypadków: LeafSnap – 86.9%, Pl@ntNet – 86.5%, iNaturalist – 65.6%, Google Lens – 57.2%, PlantSnap – 46.4%. Rok później Rzanny i in. (2024a) przetestowali aplikację Flora Incognita na tym samym zestawie danych, uzyskując 98,8% poprawnych oznaczeń. Należy zauważyć, że jeszcze kilka lat wcześniej najwyższa zmierzona wydajność identyfikacji algorytmów wynosiła 73,3% (Hart i in., 2023; Bonnet i in., 2018). Choć w badaniach występują różnice metodologiczne, dane te wyraźnie wskazują, że dokładność algorytmów identyfikujących gatunki systematycznie wzrasta.

Przedstawię cztery aplikacje, które uzyskały najwyższe wyniki w badaniach. Moim celem nie było stworzenie kompletnej listy, ale pokazanie dostępnych opcji i ich wyróżniających cech z punktu widzenia użytkownika. Jeżeli dany portal udostępnia więcej niż jedną aplikację, omawiam tylko tę podstawową – pozostałe łatwo znaleźć na stronie internetowej. Tekst uwzględnia również moje własne doświadczenia w korzystaniu z omawianych aplikacji, również przy identyfikacji gatunków spoza badanych grup, takich jak wodorosty i mchy, a także porosty.

O ile nie zaznaczono inaczej, informacje zawarte w poniższych podrozdziałach pochodzą z oficjalnych stron poszczególnych aplikacji lub są wynikiem moich własnych doświadczeń. Korzystam też z informacji, które przekazano mi w korespondencji mailowej.

iNaturalist (inaturalist.org)



iNaturalist jest aplikacją do rozpoznawania gatunków z następujących królestw: roślin (Plantae), zwierząt (Animalia), porostów i grzybów (Fungi), pierwotniaków (Protozoa) i chromistów (Chromista) bez ograniczeń do określonego terytorium. Strona iNaturalist.org powstała w 2008 r. jako projekt magisterski na Uniwersytecie Kalifornijskim w Berkeley. Jego twórcami byli: Ken-ichi Ueda, Nate Agrin i Jessica Kline. Z czasem projekt ewoluował w ra-

mach współpracy z przedstawicielami Uniwersytetu Stanforda i California Academy of Sciences, a od 2023 r. iNaturalist funkcjonuje jako niezależna organizacja non-profit (Paź-Dyderska, Mytych 2025).

iNaturalist umożliwia przesłanie do dwudziestu zdjęć dla każdej obserwacji i dla każdego z nich oddzielnie podaje listę potencjalnie zidentyfikowanych gatunków, z których użytkownik może potem wybrać identyfikację zgodną dla wszystkich zdjęć. Aplikacja pozwala również na porównanie widzianego okazu z potwierdzonymi fotografiami. Użytkownik może sam wybrać licencję, na jakiej udostępnia swoje pliki i obserwacje. Zarejestrowana obserwacja może być później oznaczana przez innych użytkowników, a gdy przynajmniej dwie osoby potwierdzą daną identyfikację gatunku, uzyskuje ona status badawczy i trafia do bazy GBIF. Taki mechanizm nakłada na użytkowników dużą odpowiedzialność, aby nie dokonywali pochopnych oznaczeń. Jeśli identyfikacja gatunku jest trudna lub niemożliwa w danych okolicznościach, można przyporządkować okaz do wyższego taksonu, np. rodziny czy rodzaju, co zwiększa prawdopodobieństwo, że zostanie on oznaczony przez specjalistę od danej grupy roślin.

Aplikacja udostępnia kompletne dane taksonomiczne, opis rośliny z Wikipedii, mapę obserwacji i ich wykresy w czasie i inne dane, a także listę gatunków, z którymi dany gatunek może być mylony, czy ostrzeżenie, gdy dany gatunek jest inwazyjny. Część tych danych jest jednak dostępna tylko na stronie internetowej, a nie w aplikacji mobilnej.

Platforma umożliwia tworzenie projektów, które grupują obserwacje określonych taksonów, z danego terenu lub o konkretnych cechach, np. dotyczące uszkodzeń roślin. Interfejs iNaturalist, wraz z nazwami gatunków, jest dostępny w języku polskim.

Flora Incognita (floraincognita.com)



Flora Incognita to aplikacja przeznaczona do identyfikacji wyłącznie roślin. Za pomocą algorytmów wyspecjalizowanych do rozpoznawania określonych organów potrafi zidentyfiko-

wać ponad 30000 gatunków roślin naczyniowych z całego świata, ze szczególnym uwzględnieniem regionu Europy Środkowej (Mora i in., 2024).

Projekt automatycznego rozpoznawania roślin Flora Incognita był planowany od 2010 r., a jego realizacja rozpoczęła się w 2014 r. dzięki współpracy Uniwersytetu Technicznego Ilmenau i Instytutu Biogeochemii im. Maxa Plancka w Jenie pod kierownictwem Patricka Mädera i Jany Wäldchen. W 2023 r. do projektu dołączył Uniwersytet Geisenheim oraz Wyższa Szkoła Techniki i Ekonomii w Dreźnie.

Flora Incognita identyfikuje gatunki w 90% przypadków na podstawie jednego zdjęcia, gdy przedstawia ono określony organ, np. wierzch liścia, w prawidłowym ujęciu. W razie potrzeby można dodać kolejne zdjęcia. Przed wykonaniem fotografii użytkownik musi określić, z jaką grupą roślin ma do czynienia: kwitnącą rośliną zielną, drzewem, paprocią, trawą, kaktusem czy inną. Po identyfikacji aplikacja podaje prawdopodobieństwo poprawności oznaczenia. Do fotografowania małych części roślin dostępne jest specjalne narzędzie do ustawiania ostrości w najbliższej możliwej odległości od obiektu.

Zgodnie z przyjętą polityką Flora Incognita domyślnie nie przekazuje danych do publicznych baz, ponieważ identyfikacje nie są weryfikowane przez ekspertów, a użytkownicy nie są domyślnie pytani o zgodę na udostępnienie swoich zdjęć. Nie oznacza to jednak, że dane są całkowicie niedostępne dla nauki. Obserwacje wykorzystywane w celach naukowych są publikowane w formie zagregowanej. W przeszłości niemieckie instytucje zajmujące się ochroną przyrody otrzymywały dane dotyczące rozmieszczenia gatunków inwazyjnych, a obecnie planowane jest również udostępnianie informacji o występowaniu gatunków zagrożonych (Wäldchen 2025).

Użytkownicy aplikacji mogą dołączać do projektów, np. dotyczących zapachów roślin (Duft Incognita, 2024) lub flory konkretnego obszaru. Dane z takich projektów mogą trafić do bazy GBIF, jeśli twórcy projektu tak zadecydują, a użytkownicy wyrażą na to zgodę. W przyszłości planowane jest wprowadzenie możliwo-

ści bezpośredniego przesyłania danych przez użytkowników do GBIF. Będzie to jednak wymagało świadomej zgody dla każdej obserwacji z osobna oraz potwierdzenia jej przez ekspertów (Wäldchen 2025).

Flora Incognita, podobnie jak większość aplikacji, przedstawia opisy gatunków zaczerpnięte z Wikipedii, ale dodatkowo podaje informacje o zastosowaniu i toksyczności roślin, które są tłumaczone z różnych źródeł. Obserwuję jej popularność szczególnie wśród osób zainteresowanych ogrodnictwem lub zielarstwem. Aplikacja i część jej strony internetowej jest dostępna w języku polskim.

LeafSnap (leafsnap.com, leafsnap.app) 

LeafSnap to aplikacja do rozpoznawania roślin, przede wszystkim drzew, występujących na terenie Stanów Zjednoczonych i Kanady, a także Europy Zachodniej, Afryki Północnej i Środkowej, Ameryki Środkowej i Australii. Pierwsza wersja, stworzona na system iOS, powstała w ramach współpracy Uniwersytetu Columbia, Uniwersytetu w Maryland i Smithsonian Institution, a jej twórcami byli Peter Belhumeur, David Jacobs i John Kress. Zapowiadano, że dzięki pracy wolontariuszy zostaną opracowane również wersje na systemy Android, Windows i inne. Obecnie (lipiec 2025 r.) wersja na Androida jest już dostępna.

Aplikacja LeafSnap jest dostępna w wersji darmowej oraz premium. Niestety skorzystanie z trzydniowego okresu testowego wersji premium jest niemożliwe bez podania danych umożliwiających ściągnięcie opłaty, np. danych karty kredytowej. W wersji podstawowej wyświetlane są reklamy, co wymaga od użytkownika dodatkowego kliknięcia przy każdej interakcji. Reklamy są obecne także na oficjalnej stronie internetowej.

LeafSnap udostępnia opisy gatunków, które prawdopodobnie zawierają fragmenty przetłumaczone maszynowo z anglojęzycznej Wikipedii, choć ich źródło nie jest podane. Aplikacja zawiera również linki do Wikipedii, GBIF-u i innych stron oraz informacje o zastosowaniach i toksyczności. W przypadku rdestowca ostrokończystego *Reynouria japonica* podano takie

określenia jak: żywność (warzywo), pasza (pasza), trucizna (ssaki).

Interfejs aplikacji w języku polskim jest tłumaczony maszynowo, co podważa jej wiarygodność w kwestii lokalnych nazw gatunkowych. Ma to miejsce na przykład w przypadku wspomnianego wyżej rdestowca ostrokończystego *Reynouria japonica*. Mimo że twórcy udostępniają zebrane dane społeczności naukowej, warunki tego udostępniania nie są jasno sprecyzowane. Brakuje również informacji na temat daty powstania aplikacji.

Pl@ntNet (plantnet.org)



Pl@ntNet to system, który rozpoznaje ponad 20 000 gatunków dzikich roślin, a także rośliny ozdobne i uprawne. Jego bazy danych w 2017 r. obejmowały następujące regiony świata: Afryka Północna, Afryka tropikalna, Amazonia, Ameryka Środkowa, Andy tropikalne (północne), Europa Zachodnia, Hawaje, Kanada, Karaiby, Komory, Mauritius, wschodnia część Morza Śródziemnego, Nowa Kaledonia, Polinezja, wyspa Reunion, USA (Pl@ntNet: the project, 2017). Przy pierwszym uruchomieniu aplikacja automatycznie wybiera odpowiednią bazę danych na podstawie lokalizacji użytkownika: w Warszawie jest to baza środkowoeuropejska (stan na sierpień 2025), co świadczy o tym, że projekt Pl@ntNet się rozwija o kolejne tereny. Utworzono go w 2009 r., w ramach konsorcjum francuskich instytucji naukowych, początkowo przy wsparciu Fundacji Agropolis.

Pl@ntNet identyfikuje rośliny na podstawie zdjęć analizowanych przez sztuczną inteligencję oraz weryfikowanych przez użytkowników, których doświadczenie wpływa na wagę ich opinii. Sztuczna inteligencja jest optymalizowana w cyklach miesięcznych w celu ograniczenia zużycia energii i emisji dwutlenku węgla. Obserwacje, które uzyskują wystarczający stopień wiarygodności, są deponowane w bazie GBIF (Pl@ntNet: En savoir +). Walidacja opiera się na trzech głównych kryteriach: (i) poziom pewności identyfikacji przez algorytm i przez użytkowników powyżej określonego progu, (ii) współczyn-

nik reputacji współautora identyfikacji powyżej określonego progu, (iii) nazwa gatunku zgodna z listą kontrolną uznawaną za najbardziej wiarygodną w kraju, w którym przeprowadzono obserwację (Pl@ntNet Observations 2020).

Aby zdjęcie mogło zostać przeanalizowane przez aplikację Pl@ntNet, musi zostać zakwalifikowane jako przedstawiające jeden z czterech organów: liść, kwiat, owoc lub korę, ale brane pod uwagę są także fotografie habitatu oraz innych cech. Aplikacja podaje możliwe identyfikacje wraz z prawdopodobieństwem ich poprawności, a w razie wątpliwości użytkownika pozwala na dodanie kolejnych zdjęć w celu ponownej, zbiorczej analizy. Możliwe jest również porównanie swojego okazu z dostępnymi w bazie fotografiami. Dla danego gatunku aplikacja udostępnia m.in. mapę potwierdzonych obserwacji, wykresy metadanych z podziałem na półkulę północną i południową, wysokości nad poziomem morza, na jakich dokonano obserwacji, informacje o zastosowaniach i toksyczności oraz zestaw linków zewnętrznych. W przypadku rdestowca ostrokończystego *Reynouria japonica*, podobnie jak w przypadku LeafSnap, podaje dodatkowe określenia: żywność (warzywo), pasza (pasza), toksyczność (ssaki).

Pl@ntNet umożliwia tworzenie mikroprojektów, w których uczestnicy obserwują florę małego obszaru, np. parku lub ogrodu (Pl@ntNet: the project, 2017). Większość interfejsu, w tym nazwy gatunkowe, jest dostępna w języku polskim.

APLIKACJE A ROŚLINY INNE NIŻ NACZYNIOWE

Badania dotyczące efektywności aplikacji do rozpoznawania roślin koncentrują się przede wszystkim na lądowych roślinach naczyniowych. Aby rozszerzyć analizy o inne grupy taksonomiczne, wykonałam kilka obserwacji mchów, roślin wodnych oraz porostów, które są organizmami symbiotycznymi grzybów z algami lub cyjanobakteriami (McMullin, Allen, 2022).

Mchy i porosty należą do taksonów szczególnie trudnych do identyfikacji ze względu na niewielkie rozmiary, a ich charakterystyczne cechy nie zawsze są widoczne gołym okiem. Ważne

jest wykonanie dobrej jakości fotografii makro, z odpowiednią ostrością, oświetleniem oraz realistycznym odwzorowaniem barw. Fotografować należy z różnych stron i pod różnymi kątami, bo nie wszystkie cechy charakterystyczne będą widoczne w tym samym ujęciu. W przypadku mchów istotny jest również stan nawodnienia. Z tego względu zaleca się wykonanie dwóch serii zdjęć: jednej w stanie suchym, a drugiej po spryskaniu wodą, gdyż jedne gatunki łatwiej się identyfikuje, gdy są suche, a inne – po nawilżeniu.

Tylko niektóre gatunki mchów i porostów da się zidentyfikować na podstawie dobrych zdjęć makroskopowych. Niekiedy potrzebne są zdjęcia konkretnych organów spod mikroskopu lub binokularu. Takie można uzyskać, przykładając obiektyw smartfonu do okularu mikroskopu. Do identyfikacji niektórych gatunków porostów kluczowe są analizy chemiczne ze względu na produkowane przez nie barwniki. Z drugiej strony – należy unikać pobierania z terenu próbek gatunków chronionych i zagrożonych, jednak niedoświadczony użytkownik może mieć problem z ich odróżnieniem. W razie konieczności pobierania próbek należy ograniczyć się do minimalnej ilości materiału, a na pobieranie próbek gatunków chronionych i z terenów chronionych trzeba mieć zezwolenie.

Ważne jest też otoczenie danego okazu. Niektóre gatunki mchów i porostów rosną tylko na drzewach określonego gatunku lub na skałach jednego rodzaju. Dlatego warto w miarę możliwości zanotować dodatkowe informacje, które nie są widoczne na zdjęciach, takie jak rodzaj podłoża czy cechy siedliska.

Warto też pamiętać, że do automatycznej identyfikacji należy podchodzić z dużą ostrożnością. Lepiej określić poprawnie wyższy takson, np. typ lub rodzinę, niż błędnie wpisać nazwę gatunku, gdy brakuje pełnych danych do jego odróżnienia. Jeśli aplikacja na to pozwala, warto poprosić o pomoc społeczność użytkowników lub ekspertów (McMullin, Allen, 2022; Wojciechowska, 2025).

Dokonałam obserwacji dwóch gatunków porostów, które rosły na tym samym klonie jaworze. Aplikacja iNaturalist poprawnie zidentyfikowała je jako tarczownicę bruzdkowaną (*Parmelia sul-*

cata) i złotorost ścienny (*Xanthoria parietina*), co zweryfikowałam, porównując okazy z dostępnymi zdjęciami. Następnie identyfikacja została potwierdzona przez innego użytkownika i użytkownika status badawczy. Z kolei Flora Incognita, mimo że jest przeznaczona do rozpoznawania roślin naczyniowych, poprawnie oznaczyła tarczownicę bruzdkowaną. Nie udało jej się jednak zidentyfikować złotorostu ściennego, gdyż próbowała przypisać mu nazwę tarczownicy, która znajdowała się na obrzeżach zdjęcia. Natomiast aplikacje Pl@ntNet i LeafSnap nie rozpoznały porostów, a zamiast tego zidentyfikowały korę klonu jawora, na którym rosły porosty, pomimo wskazania liścia jako fotografowanego organu.

Wykonałam też próbę identyfikacji makroskopowych zdjęć dwóch mchów rosnących na innym klonie jaworze. Flora Incognita podawała nazwy różnych gatunków mchów lub informowała o niemożności rozpoznania. Natomiast aplikacja iNaturalist podała różne gatunki mchów, a także typ mchy, a po dłuższej dyskusji w społeczności oraz po dodaniu przeze mnie zdjęć spod binokularu użytkownicy platformy określili je jako należące rodziny szurpkowatych (Orthotrichaceae) oraz rzędu rókietowców (Hypnales).

Dokonałam obserwacji trzech roślin wodnych: zielenicy taśmy jelitowej (*Ulva intestinalis*), wątrobowca wglębki wodnej (*Riccia fluitans*; o kontrowersjach za chwilę) oraz rogatek krótkoszyjkowego (*Ceratophyllum submersum*), należącego do okrytonasiennych. Rogatek krótkoszyjkowy jest podobny do rogatek sztywnego (*Ceratophyllum demersum*), przez co aplikacje podają te dwa gatunki zamiennie bez wyraźnego rozróżnienia. iNaturalist pozwolił na oznaczenie wyższego taksonu, jakim jest rodzaj *Ceratophyllum*, a po opublikowaniu obserwacji społeczność potwierdziła, że jest to rogatek krótkoszyjkowy.

iNaturalist poprawnie zidentyfikował taśmę jelitową (*Ulva intestinalis*), a identyfikacja ta została potwierdzona przez społeczność. Z kolei Flora Incognita nie rozpoznała tego gatunku, a po dodaniu kolejnych zdjęć podała błędne oznaczenie. W przypadku wglębki wodnej (*Riccia fluitans*) Flora Incognita rozpoznała ją z 99% prawdopodobieństwem. iNaturalist po-

daje ten sam gatunek, choć w społeczności opinie są podzielone (dwie osoby potwierdziły, dwie miały odmienne zdanie, ale wszyscy byli zgodni co do rodzaju *Riccia*). Natomiast Pl@ntNet i LeafSnap w odniesieniu do obu tych gatunków podawały różne rośliny wodne z niskim prawdopodobieństwem, a LeafSnap dodatkowo sugerował nazwy roślin lądowych dla taśmy jelitowej.

Analiza tych kilku przypadków sugeruje, że iNaturalist może być skutecznym narzędziem do identyfikacji różnorodnych gatunków, w czym pomaga zaangażowana społeczność, Flora Incognita niekiedy może być pomocna w identyfikacji roślin innych niż naczyniowe, zaś użytkownicy aplikacji Pl@ntNet i LeafSnap mogą liczyć na poprawną identyfikację tylko roślin naczyniowych. Są to jednak tylko wyrywkowe obserwacje, zebrane w przypadkowych miejscach, dlatego nie można na ich podstawie wyciągać daleko idących wniosków.

PODSUMOWANIE I PERSPEKTYWY DALSZEGO ROZWOJU BADAŃ

Możliwości aplikacji do rozpoznawania roślin stale rosną, co wynika zarówno ze zwiększającej się mocy obliczeniowej, jak i rozbudowy baz danych. Użytkownicy i użytkowniczki mają wybór, z których platform korzystać, w zależności od potrzeb, obszaru zainteresowań botanicznych i miejsca przebywania. Zarazem wzrasta ilość danych zbieranych przez wolontariuszy, które stają się dostępne zarówno dla nauki, jak i dla społeczeństwa. Większość aplikacji ułatwia ten proces i umożliwia tworzenie projektów przeznaczonych do konkretnych celów badawczych. Naukowcy i naukowczynie zyskują możliwość rekrutacji wolontariuszy i zebrania większej ilości danych do badań, którymi się zajmują. Wolontariusze natomiast zyskują możliwość, by zaangażować się w inicjatywy, w których ich obserwacje są szczególnie cenione.

Dane zbierane przez amatorów zawsze niosą ze sobą ryzyko nieprawidłowej identyfikacji, dlatego należy podchodzić do nich z ostrożnością. Ponadto są one obciążone błędami systematycznymi, wynikającymi z zachowań użytkowników, takimi jak większa liczba obserwacji

w dni wolne od pracy czy na obszarach gęsto zaludnionych. Zjawiska te są jednak badane, a algorytmy analityczne stają się coraz skuteczniejsze w ich korygowaniu.

Wolontariusze nie zastąpią naukowców w projektowaniu, przeprowadzaniu i opisywaniu badań, ale ich wkład w postęp nauki o środowisku jest nieoceniony, a i oni przy okazji zdobywają wiedzę.

PODZIĘKOWANIA (KOLEJNOŚĆ ZBLIŻONA DO CHRONOLOGICZNEJ)

Dziękuję mgr. Jarosławowi Maćkiewiczowi za konsultacje oraz odkrywanie fascynującego świata mięczaków podczas wycieczek na ślimaki oraz na blogu Malakofila. Dziękuję dr Magdalenie Wronie, lic. Oldze Pieniążek i mgr Alicji Klebkie za pomoc w redakcji tekstu. Dziękuję dr Agnieszce Gozdek za pomoc w wykonaniu abstraktu graficznego, a dr Magdalenie Wronie za udostępnienie zdjęcia kosmosu pierzastego (*Cosmos bipinnatus*), które zostało w nim wykorzystane. Dziękuję użytkownikom platformy iNaturalist: Jamesowi Baileyowi (silversea_star-song) i Joeyowi Santoremu (joeysantore) za zezwolenie na przedruk fotofrafii *Ovicula biradiata*, opublikowanych na licencji CC-BY-NC. Pozostałe zdjęcia w opublikowanej pracy są mojego autorstwa. Dziękuję zespołowi prof. Joanny Kufel za wsparcie i zachętę do pracy nad artykułem. Dziękuję dr Danucie Soleckiej za życzliwą i merytoryczną korespondencję. Dr Jana Wäldchen odpowiedziała szczegółowo na moje pytania dotyczące udostępniania danych przez aplikację Flora Incognita, dr Rafał Maciaszek rozwił niektóre wątpliwości dotyczące walki z gatunkami inwazyjnymi, a inż. Hugo Gresse pomógł w temacie platformy Pl@ntNet. Dziękuję Członkom i Członkiniom społeczności iNaturalist (w kolejności alfabetycznej): guidobrusa, iacomane, piotr3, roman_romanov, tomaszwilk za oznaczenia gatunków roślin i porostów, które pojawiły się w niniejszej publikacji; szczególne podziękowania kieruję do Urszuli Wojciechowskiej (kroolik), a także Bartosza Czołczyńskiego (bagli) i Marcina Klisza (marcinklisz) za twórcze i krytyczne dyskusje na temat moich obser-

wacji mchów. Dziękuję mgr Annie Kowalewskiej z Trójmiejskiego Parku Krajobrazowego, a także mgr Elwirze Ahmad z Parku Krajobrazowego Doliny Słupi, za informacje o ochronie przyrody na Pomorzu.

BIBLIOGRAFIA

- Abgrall, C., Forey, E., Mignot, L., Chauvat, M., 2018. Invasion by *Fallopia japonica* alters soil food webs through secondary metabolites, *Soil Biology and Biochemistry* 127, 100–109. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.09.016>
- Bailey 2024. <https://www.inaturalist.org/observations/205757136> (dostęp 13 sierpnia 2025)
- Bartz, R., Kowarik, I., 2019. Assessing the environmental impacts of invasive alien plants: a review of assessment approaches, *Neo-Biota* (2019). <https://doi.org/10.3897/neo-biota.43.30122>
- Bila Dubaić, J., Lanner, J., Rohrbach, C., Meimberg, H., Wyatt, F. I. in., 2022. Towards a real-time tracking of an expanding alien bee species in Southeast Europe through citizen science and floral host monitoring. *Environmental Research Communications* 4, Number. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ac8398>
- Bobo-x 2023. https://www.inaturalist.org/journal/blue_celery/21213-european-broomrapes-how-to-ask-for-an-identification (dostęp 30 lipca 2025)
- Carlen, E.J., Estien, C.O., Caspi, T., Perkins, D., Goldstein, B.R. i in., 2024. A framework for contextualizing social-ecological biases in contributory science, *People and nature*, 6(2):377–390, 26 November 2023. <https://doi.org/10.1002/pan3.1>
- Chandler, M. See, L., Copas, K., Bonde, A.M.Z., López, B.C. i in., 2017. Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. *Biological Conservation* 213, 280–294. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2016.09.004>
- CRFOP 1998. <https://crfop.gdos.gov.pl/CRFOP/widok/viewpomnikprzyrody.jsf> (dostęp 14 października 2025).
- Chozas S., Nunes A., Serrano H.C., Ascensão F., Tapia S. i in., 2023. Rescuing Bota-

- ny: using citizen-science and mobile apps in the classroom and beyond. *NPJ Biodiversity* 2023 Mar 1;2(1):6. <https://doi.org/10.1038/s44185-023-00011-9>
- Duft Incognita, 2024. <https://floraincognita.de/duft-incognita/> (dostęp 24 października 2024)
- Eckert I., Bruneau A., Metsger D.A., Joly S., Dickinson T.A., Pollock L.J., 2024. Herbarium collections remain essential in the age of community science. *Nature Communication*. 2024 Aug 31;15(1). <http://doi.org/10.1038/s41467-024-51899-1>
- Flora Incognita 2025. <http://floraincognita.com> (dostęp 6 sierpnia 2025).
- Fujiwara, H., Yamaguchi, H., Nakata, K., Katsuhara, K.R., 2025. Urbanised landscape and microhabitat differences can influence flowering phenology and synchrony in an annual herb. *Journal of Applied Ecology* 2025;00:1–13. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.70159>
- GBIF Citizen Science, 2025. www.gbif.org/citizen-science (dostęp 6 sierpnia 2025).
- GBIF Funders, 2025. <https://www.gbif.org/funders> (dostęp 6 sierpnia 2025).
- Geurts, E.M., Reynolds, J.D., Starzomski, B.M., 2022. Turning observations into biodiversity data: Broad-scale spatial biases in community science. *Ecosphere*, 08 June 2023. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4582>
- Gisondi S., Giardullo P., Lenzi A., Di Buccio E., Roversi P.F., Campanaro A., 2025. Engaging me softly: Comparing social drivers for continuative citizens' participation in a long-term citizen science initiative on protected species monitoring. *PLOS One* 20(6): e0324701. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0324701>
- González-Moreno, P., Anđelković, A.A., Adriaens, T., Botella, C., Demetriou, J. i in., 2025. Citizen science platforms can effectively support early detection of invasive alien species according to species traits. *People and Nature* 7, 278–294. <https://doi.org/10.1002/pan3.107677>
- Hart, A.G., Bosley, H., Hooper, C., Perry, J., Sellers-Moore, J. i in., 2023. Assessing the accuracy of free automated plant identification applications. *People and Nature* 5, 929–937. <https://doi.org/10.1002/pan3.10460>
- Invasive Pflanzen in der EU 2025. <https://floraincognita.de/invasive-pflanzen-in-der-eu-teil-6-einjahrige-pflanzen/> (dostęp 14 października 2025).
- Jardineriaon 2025. en.jardineriaon.com/how-many-species-of-plants-are-there-in-the-world.html (dostęp 22 lipca 2025).
- Katal N., Rzanny M., Mäder P., Römermann C., Wittich H.C. i in., 2023. Bridging the gap: how to adopt opportunistic plant observations for phenology monitoring. *Frontiers in Plant Science* 14:1150956. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1150956>
- Katal, N., Rzanny, M., Mäder, P., Boho, D., Wittich, H. C. i in., 2025. Expanding phenological insights: automated phenostage annotation with community science plant images. *International Journal of Biometeorology*. <https://doi.org/10.1007/s00484-025-02972-x>
- Klinger, Y.P., Eckstein, R.L., Kleinebecker, T., 2023. Iphenology: Using open-access citizen science photos to track phenology at continental scale. *Methods in Ecology and Evolution*, 14, 1424–1431. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.14114>
- Knape, J., Coulson, S.J., van der Wal, R., Arlt, D., 2022. Temporal trends in opportunistic citizen science reports across multiple taxa. *Ambio* 51, 183–198. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01550-w>
- Kroolik 2021: <https://www.inaturalist.org/people/kroolik> (dostęp 24 października 2025)
- Kumar Rai, P., Singh, J.S., 2020. Invasive alien plant species: Their impact on environment, ecosystem services and human health. *Ecological Indicators*. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106020>
- Li, D., Barve, N., Brenskelle, L., Earl, K., Barve, V. i in., 2021. Climate, urbanization, and species traits interactively drive flowering duration. *Global Change Biology* 27, 892–903. <https://doi.org/10.1111/gcb.15461>
- Lista Inwazyjnych Gatunków Obcych stwarzających zagrożenie dla Unii i listy inwazyjnych gatunków obcych stwarzających zagrożenie dla Polski, działań zaradczych oraz środków mających na celu przywrócenie naturalnego stanu ekosystemów, 2022. <https://sip.lex>

- pl/akty-prawne/dzu-dziennik-ustaw/lista-inwazyjnych-gatunkow-obcych-stwarzajacych-zagrozenie-dla-unii-i-21766854 (dostęp 11 października 2025)
- Łowca Obcych 2025. lowcaobcych.pl/zgloszenieigo/ (dostęp 6 sierpnia 2025)
- Maćkiewicz, J., Borys, O., 2023. First record of invasive slug *Krynio Killus melanocephalus* Kaleniczenko, 1851 (Gastropoda: Eupulmonata: Agriolimacidae) in Poland. *Folia Malacologica*, 31(4), 229–235. <https://doi.org/10.12657/folmal.031.024>
- Manley D.L., Lichter Marck I.H., Peralta K., Castro Castro A., Wogan K.A. i in., 2025. *Ovicula biradiata*, a new genus of Compositae from Big Bend National Park in Trans-Pecos Texas. *PhytoKeys*. Feb 18;252, 141–162. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.252.137624>
- McMullin, R.T., Allen, J.L., 2022. An assessment of data accuracy and best practice recommendations for observations of lichens and other taxonomically difficult taxa on iNaturalist. *Botany*. <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/cjb-2021-0160>
- Menzel A., Yuan Y., Matiu M., Sparks T., Scheifinger H. i in., 2020. Climate change fingerprints in recent European plant phenology. *Global Change Biology* Apr;26(4), 2599–2612. <https://doi.org/10.1111/gcb.15000>
- Mesaglio T., Sauquet H., Cornwell W.K., 2025. Citizen science records are fuelling exciting discoveries of new plant species. *American Journal of Botany* 2025 Jun;112(6):e70048. <https://doi.org/10.1002/ajb2.70048>
- Mira, A.F., Hortal, J., Portela, A.P., Albertos, B., Estébanez, B. i in., 2024. eBryoSoil: a citizen science application to monitor changes in soil ecosystems. *Scientific Reports* 2024 Oct 19;14(1), 24577 <https://doi.org/10.1038/s41598-024-74464-8>
- Mora, K., Rzanzy, M., Wäldchen, J., Feilhauer, H., Kattenborn, T. i in., 2024. Macrophenological dynamics from citizen science plant occurrence data. *Methods in Ecology and Evolution*, 15, 1422–1437. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.14365>
- Mormul, R.P., Vieira, D.S., Bailly, D., Fidanza, K., da Silva, V.F.B. i in., 2022. Invasive alien species records are exponentially rising across the Earth. *Biological Invasions* 24, 3249–3261 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10530-022-02843-1>
- OTOP 2025. Ogólnopolskie Towarzystwo Ochrony Ptaków, Kodeks Osób Obserwujących Ptaki, 2025. <https://otop.org.pl/wp-content/uploads/2025/04/Kodeks-Osob-Obserwujacych-Ptaki.pdf> (dostęp 8 października 2025).
- Paź-Dyderska, S., Mytych, J., 2025. <https://naukaoklimacie.pl/aktualnosci/wybiasz-sie-na-spacer-przy-okazji-pomoz-w-badaniach-skutkow-zmiany-klimatu> (dostęp 13 października 2025).
- Palmer, J.R.B., Oltra, A., Collantes, F., Delgado, J.A., Lucientes, J. i in., 2017. Citizen science provides a reliable and scalable tool to track disease-carrying mosquitoes. *Nature Communications* 8, 916. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-00914-9>
- Perez-Udell, R.A., A.T. Udell, S.-M. Chang, 2023. An automated pipeline for supervised classification of petal color from citizen science photographs. *Applications in Plant Sciences* 11(1), e11505. <https://doi.org/10.1002/aps3.11505>
- Pl@ntNet: En savoir + 2024. <https://plantnet.org/apropos/> (dostęp 13 października 2025).
- Pl@ntNet observations, 2020. <https://www.gbif.org/fr/dataset/7a3679ef-5582-4aaa-81f0-8c2545cafc81#description> (dostęp 13 października 2020).
- Pl@ntNet: the project, 2017. <https://docs.google.com/document/d/15BtA1L5csp3paGvkBnaC214UU4kbkUEjfaHAVyZwmus/edit> (dostęp: 13 października 2025).
- PNGS 2024, Góry Stołowe – kraina zrodzona z morza. <https://www.pngs.com.pl/pl/pngs/wolont.html> (dostęp 18 lipca 2025).
- Probert A.F., Wegmann D., Volery L., Adriaens T., Bakui R., i in., 2022. Identifying, reducing, and communicating uncertainty in community science: a focus on alien species. *Biological Invasions*. 2022;24(11), 3395–3421. <https://doi.org/10.1007/s10530-022-02858-8>
- Puchalka, R., Klisz, M., Koniakin, S., Czortek, P., Dylewski, Ł. i in., 2022. Citizen science helps predictions of climate change im-

- pact on flowering phenology: A study on *Anemone nemorosa*, *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume 325. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2022.109133>.
- Rdestowiec – pospolita roślina inwazyjna, 2025. <https://www.inaturalist.org/projects/rdestowiec-pospolita-roslina-inwazyjna> (dostęp 11 października 2025).
- Receveur A., Poulet L., Dalmas B., Gonçalves B., Vernay A., 2022. Citizen science: How to extend reciprocal benefits from the project community to the broader socio-ecological system. *Quantitative Plant Biology* 2022 Oct 3;3:e20. <https://doi.org/10.1017/qpb.2022.16>
- Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 10 marca 2022 r. w sprawie listy inwazyjnych gatunków obcych stwarzających zagrożenie dla Unii i listy inwazyjnych gatunków obcych stwarzających zagrożenie dla Polski, działań zaradczych oraz środków mających na celu przywrócenie naturalnego stanu ekosystemów (Dz.U. 2022 poz. 733), <https://sip.lex.pl/akty-prawne/dzu-dziennik-ustaw/lista-inwazyjnych-gatunkow-obcych-stwarzajacych-zagrozenie-dla-unii-i-21766854> (dostęp 6 października 2025).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 października 2014 r. w sprawie ochrony gatunkowej roślin (Dz.U. 2014 poz. 1409), <https://sip.lex.pl/akty-prawne/dzu-dziennik-ustaw/ochrona-gatunkowa-roslin-18132148> (dostęp 6 października 2025).
- Rzanny, M., Bebbier, A., Wittich, H.C., Fritz, A., Boho, D. i in., 2024). More than rapid identification—Free plant identification apps can also be highly accurate. *People and Nature*, 6, 2178–2181. <https://doi.org/10.1002/pan3.10460>
- Rzanny, M., Mäder, P., Wittich, H.C., Boho, D., Wäldchen, J., 2024b. Opportunistic plant observations reveal spatial and temporal gradients in phenology. *NPJ Biodiversity* 3, 5. <https://doi.org/10.1038/s44185-024-00037-7>
- Santore 2024. <https://www.inaturalist.org/observations/212032714> (dostęp 13 sierpnia 2025)
- Schiller, C., Schmidtlein, S., Boonman, C., Moreno-Martínez, A., Kattenborn, T., 2021. Deep learning and citizen science enable automated plant trait predictions from photographs. *Scientific Reports* 11, 16395. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95616-0>
- Soroye, P., Edwards, B.P.M., Buxton, R.T., Ether, J.P., Frempong-Manso, A. i in., 2022. The risks and rewards of community science for threatened species monitoring. *Conservation Science and Practice*. Aug 8;4(9). <https://doi.org/10.1111/csp2.12788>
- Tokarska-Guzik, B., Dajdok, Z., Zając, M., Zając, A., Urbisz, A., i in. 2012. Rośliny obcego pochodzenia w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem gatunków inwazyjnych, wyd. Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska. <https://www.gov.pl/attachment/2d244c7c-8dc6-4235-8b91-52ee0c0fe9ba> (dostęp 20 lipca 2025).
- Unidentifiable Plant Damage, 2020. <https://www.inaturalist.org/projects/unidentifiable-plant-damage> (dostęp 11 października 2025).
- Ustawa z dnia 11 sierpnia 2021 r. o gatunkach obcych (Dz.U. 2021 poz. 1718), <https://sip.lex.pl/akty-prawne/dzu-dziennik-ustaw/gatunki-obce-19146678> (dostęp 6 października 2025).
- Wang, L., Meng, L., Richardson, A.D., Hölkner, F., Li, H., Mao, J., Longcore, T., Xia, J., She, D. i in., 2025. Artificial light at night outweighs temperature in lengthening urban growing seasons, *Nature Cities*, June. <https://doi.org/10.1038/s44284-025-00258-2>
- Wäldchen 2025. Korespondencja z Janą Wäldchen przez adres support@floraincognita.com.
- Webinar 2024. How Your iNaturalist Data Makes a Difference for Biodiversity. www.youtube.com/watch?v=LGgOeRJIYCs (dostęp 30 lipca 2025).
- Wilga, M.S. 1993. Stanowisko podgrzybka pasożytniczego *Xerocomus parasiticus* w Lasach Oliwskich, *Chrońmy Przyr. Ojcz.* 49, 4: 90–94.
- Wohlfahrt, G., Tomelleri, E., Hammerle, A., 2019. The urban imprint on plant phenology. *Nature Ecology and Evolution* 3, 1668–1674. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-1017-9>

Wojciechowska, 2025. Korespondencja z użytkowniczką kroolik za pośrednictwem strony inaturalist.org.

Worldplants, 2025. www.worldplants.de/world-plants-complete-list/total-species-count (dostęp 22 lipca 2025)