

MARIA OLECH<sup>1,2</sup>, KATARZYNA CHWEDORZEWSKA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instytut Botaniki*

*Uniwersytet Jagielloński*

*Zakład Badań i Dokumentacji Polarnej im. Prof. Zdzisława Czeppego*

*Kopernika 27, 31-501 Kraków*

<sup>2</sup>*Instytut Biochemii i Biofizyki PAN*

*Zakład Biologii Antarktyki*

*Pawińskiego 5a, 02-106 Warszawa*

*E-mail: olech@ib.uj.edu.pl*

*kchwedorzewska@go2.pl*

## WIECHLINA ROCZNA (*POA ANNUA*) – GATUNEK INWAZYJNY WE FLORZE NACZYNIOWEJ ANTARKTYKI

### ŁĄDOWY EKOSYSTEM ANTARKTYCZNY

Łądowy ekosystem Antarktyki cechuje skrajne ubóstwo gatunkowe. Dotyczy to przede wszystkim roślin kwiatowych reprezentowanych jedynie przez dwa rodzime gatunki. Są nimi: trawa – śmiałek antarktyczny (*Deschampsia antarctica* Desv.) z rodziny Poaceae i *Colobanthus quitensis* – przedstawiciel rodziny goździkowatych (Caryophyllaceae). W wolnych od lodu rejonach Antarktyki rozwija się uboga tundra złożona prawie wyłącznie z organizmów zarodnikowych. Dominującą grupę stanowią porosty, których bogactwo w Antarktyce szacowane jest na przeszło 400 gatunków (OLECH 2001, 2004; VSTEDAL i LEWIS SMITH 2001; OLECH i SINGH 2009), ale wciąż opisywane są nowe dla nauki gatunki (OLECH i BYSTREK 2004, OLECH i CZARNOTA 2009, OSYCZKA i OLECH 2011). Znaczną rolę w budowie tundry antarktycznej odgrywają także mchy, których lista obejmuje 111 gatunków (OCHYRA i współaut. 2008).

Struktura i skład florystyczny zbiorowisk tundry zależy od stabilności podłoża, dostępności wody i zawartości substancji biogennej (OLECH 2002). Na suchych, zajmujących duże powierzchnie siedliskach, zwłaszcza tych położonych w głębi lądu, rozwijają się przede wszystkim zbiorowiska

porostów. W miejscach wilgotnych, czasem ze stagnującą wodą, występują higrofilne zbiorowiska mszyste. W niższych partiach terenu, Antarktyki morskiej, zwłaszcza na równinach nadmorskich, gdzie panują bardziej dogodne warunki siedliskowe, spotyka się zbiorowiska z dominacją roślin kwiatowych, śmiałka antarktycznego i kolobanta. Towarzyszą im zwykle mchy, a w pobliżu kolonii ptaków, także nitrofilne glony i sinice.

Jednym z czynników decydujących o specyfice ekosystemów antarktycznych jest izolacja tego obszaru spowodowana atmosferyczną i morską cyrkulacją. Tylko dwa gatunki roślin kwiatowych, spośród kilkuset występujących na Ziemi Ognistej (Ameryka Południowa), zdołały przekroczyć Cieśninę Drake'a i zasiedliły rejon morskiej Antarktyki.

Lista gatunków tego najuboższego florystycznie regionu kuli ziemskiej powiększyła się ostatnio o trzeci gatunek rośliny kwiatowej, *Poa annua* L., która początkowo opanowała siedliska antropogeniczne, a obecnie siedliska naturalne w miejscach niedawno uwolnionych spod lodu, gdzie wchodzi w skład zbiorowisk tundrowych.

## KOSMOPOLITA

Wiechlina roczna *Poa annua* L. (Poaceae) jest rośliną kosmopolityczną należącą do najszerzej rozpowszechnionych gatunków na świecie. Związana jest głównie z rejonami chłodnymi i umiarkowanymi, ale równie dobrze znosi klimat gorących pustyń czy wilgotnych tropików. Gatunek występuje na wszystkich kontynentach. *P. annua* spotykana jest także w Arktyce, gdzie stwierdzono jej najbardziej na północ wysunięte stanowiska na 69° szerokości geograficznej północnej (HEIDE 2001). Skutecznie skolonizowała również wyspy subantarktyczne (FRENOT i współaut. 2001), wkracza również w Antarktykę (OLECH 1994, 1996, 1998 a, b), gdzie ostatnio znaleziono pojedyncze egzemplarze na południe od 64°S (MOLINA-MONTENEGRO i współaut. 2012). Sądzi się, że centrum jej pochodzenia stanowi Eurazja. Wiechlina roczna zajmuje zwykle tereny silnie przeobrażone wskutek działalności człowieka, gdzie często bywa gatunkiem pionierskim.

*Poa annua* zawdzięcza swój szeroki zasięg ogromnym możliwościom adaptacyjnym i reprodukcyjnym (HEIDE 2001). Gatunek ten tworzy różne formy: jednoroczną, z krótkim okresem wzrostu i następującym po nim kwitnieniem, oraz formę wieloletnią, kwitnącą na początku sezonu wegetacyjnego i intensywnie rosnącą przez resztę sezonu (KŁYŚ i JANKUN 2002). Jedną z przyczyn sukcesu *P. annua* jest strategia wytwarzania nasion. W trudnych warunkach może rozmnażać się przez apomiksję, która polega na wytwarzaniu nasion bez zapłodnienia.

Sukces kolonizacyjny gatunek ten zawdzięcza również zdolności do wytwarzania ogromnego banku nasion w glebie. Jeden osobnik może wyprodukować w ciągu sezonu wegetacyjnego do 20 tysięcy nasion, które zachowują żywotność nawet ponad 6 lat (BASKIN i BASKIN 2001). W pełni żywotne ziarniaki charakteryzują się krótkim okresem spoczynku, rozwijają się zaledwie w dwa dni po zapłodnieniu (KŁYŚ i JANKUN 2002). Mogą kiełkować w szerokim spektrum temperatur i pH, zarówno w świetle, jak i w ciemności oraz na podłożu pozbawionym składników mineralnych (VARGAS i TURGEON 2004). *P. annua* toleruje wysokie zasolenie zarówno podczas wzrostu roślin, jak i w czasie kiełkowania nasion. Również rozmnażanie wegetatywne nie jest u tego gatunku rzadkością (VARGAS i TURGEON 2004).

*Poa annua* dobrze znosi niskie temperatury i reaguje na nie akumulacją niskocząsteczkowych cukrów, głównie sacharozy. Stężenie sacharozy w suchej masie liści może przekraczać 20%. Istnieją duże różnice między poszczególnymi populacjami w ilości gromadzonych cukrów. Prawdopodobnie dlatego obserwuje się bardzo duże różnice między poszczególnymi ekotypami jeśli chodzi o mrozoodporność. Spotyka się nawet ekotypy, których  $LT_{50}$  (ang. lethal temperature 50, temperatura, przy której ginie połowa ocenianych roślin) osiąga  $-31,2^{\circ}\text{C}$  (DIONNE i współaut. 2001). Poszczególne ekotypy różnią się pod względem morfologicznym i fizjologicznym (GRANT 2003).

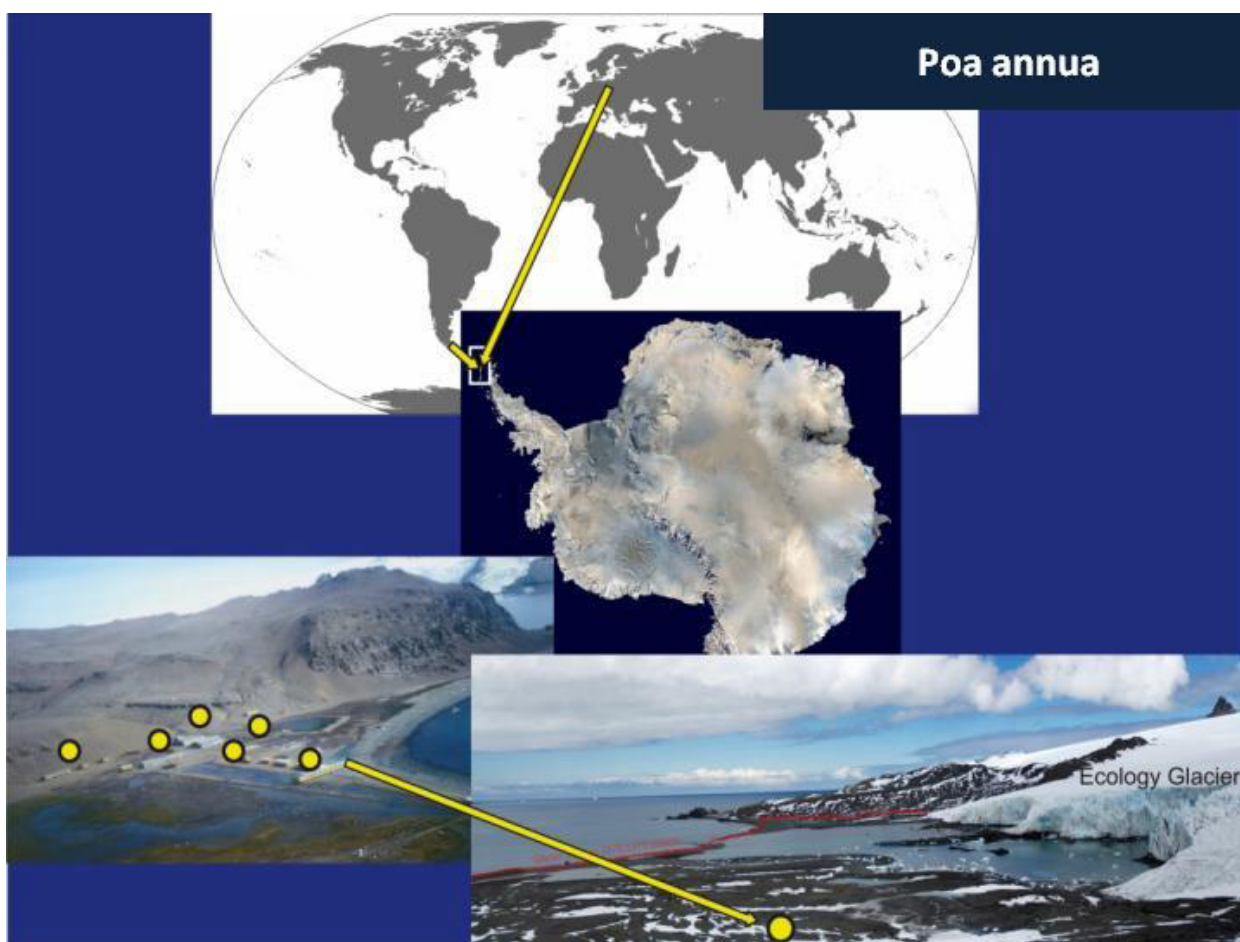
## POA ANNUA W ANTARKTYCE

Inwazja biologiczna, jak wszelkie inne formy ekspansji gatunków, jest zjawiskiem naturalnym. Jednak aktywność człowieka zwiększyła rozmiar tego zjawiska. Następuje to głównie przez otwarcie nowych dróg migracji i wzbogacenie liczby dotychczasowych środków sprzyjających dyspersji (np. szlaki komunikacyjne).

Antarktyka długo broniła się przed inwazją obcych gatunków, mimo że podczas dwustuletniej ludzkiej aktywności w tym rejonie było wiele świadomych, jak i przypadkowych incydentów introdukcji obcych organizmów

(OLECH 1994, LEWIS-SMITH 1996). Na kilku stacjach antarktycznych powstały szklarnie, gdzie do uprawy roślin wykorzystywano importowaną, często niesterylizowaną glebę. W pełni świadomie prowadzono także eksperymentalne introdukcje obcych roślin (TAYLOR 1913; HOLDGATE 1964, EDWARDS i GREENE 1973).

Pierwsze wzmianki o pojawieniu się obcych gatunków roślin w Antarktyce pochodzą z 1944 r., kiedy zaobserwowano pojawienie się *P. annua* i *P. pratensis* na Wyspie Deception (Szetlandy Południowe) (SKOTTS-



Ryc. 1. Kolonizacja *Poa annua* w Antarktyce (wg OLECH I CHWEDORZEWSKA 2011).

BERG 1954). Rośliny zostały zniszczone przez erupcję wulkanu w listopadzie 1967 r. (COLLINS 1969). Od tej pory odnotowano jeszcze kilka przypadków krótkotrwałego pojawienia się pojedynczych roślin, głównie w okolicach stacji badawczych (LEWIS-SMITH 1996).

Pojawienie się *P. annua* na terenie polarnej Stacji im. H. Arctowskiego (Wyspa Króla Jerzego, Sztetlandy Południowe) zauważono po raz pierwszy latem 1985/86 (OLECH 1994). Od 1986 r. prowadzony jest długoterminowy monitoring obecności wiechliny na tym obszarze (OLECH 1994, 1996, 1998 a, b). Po pokonaniu bariery geograficznej gatunek pojawił się początkowo w miejscach zaburzonych przez działalność ludzką, gdzie napotkał stosunkowo najmniejszą konkurencję miejscowych roślin. W latach następnych wiechlina poszerzała swój zasięg, opanowując coraz więcej stanowisk położonych głównie wzdłuż ścieżek oraz w miejscach, gdzie naruszona została wierzchnia warstwa gleby wskutek prowadzonych prac ziemnych.

Od 1995/96 na wielu stanowiskach stwierdzono gwałtowny wzrost liczebności osobników (obserwowano nawet ponad 1700 kęp na jednym stanowisku). Dużym zaskoczeniem było odkrycie w 2008 r. populacji *P. annua* na siedliskach naturalnych (po raz pierwszy w Antarktyce), na przedpolu cofającego się Lodowca Ekologii (OLECH i CHWEDORZEWSKA 2011). Badania demograficzne tej populacji wykazały obecność osobników w różnych stadiach rozwojowych, od siewek do kilkuletnich kęp. Pomimo krótkiego okresu wegetacyjnego rośliny te wytwarzają w pełni żywotne nasiona, które zimują zarówno na pędach zeszłorocznych, jak i w glebie (WÓDKIEWICZ i współ. 2013). Ustalona od kilku lat na stanowiskach antropogenicznych w rejonie stacji populacja *P. annua* rozpoczęła ekspansję i z powodzeniem kolonizuje przedpole lodowca, wchodząc w skład powstających tam zbiorowisk tundrowych. Występuje tam wraz z dwoma rodzimymi gatunkami roślin kwiatowych, *Deschampsia*



*antarctica* i *Colobanthus quitensis*, oraz z towarzyszącymi im mchami, takimi jak *Bryum pseudotriquetrum* i *Ceratodon purpureus* (OLECH i CHWEDORZEWSKA 2011).

Sukces kolonizacyjny wiechliny rocznej można rozpatrywać w różnych aspektach. Z jednej strony traktować ją należy jako trzeci gatunek we florze roślin kwiatowych w Antarktyce, gatunek kolonizujący obszary odsłonięte przez gwałtowną deglację i uczestniczący w sukcesji pierwotnej. Z drugiej strony, należy ją traktować jako gatunek inwazyjny, który niesie zagrożenie dla swoistego ekosystemu antarktycznej tundry. Wraz z gwałtownym ociepleniem się klimatu

pojawiły się ostatnio doniesienia o obecności pojedynczych osobników *P. annua* także na Półwyspie Antarktycznym, w sąsiedztwie stacji naukowych: General Bernardo O'Higgins (63°19'S; 57°54'W), Gabriel Gonzalez Videal (64°49'S; 62°51'W) i Almirante Brown (64°52'S; 62°54'W) (MOLINA-MONTENEGRO i współaut. 2012). Jak wykazały najnowsze badania, okolice stacji antarktycznych są narażone na ogromną presję propaguli obcych gatunków, szczególnie diaspor roślinnych corocznie przypadkowo przywożonych z zaopatrzeniem, osobistym bagażem i na ubraniach członków ekspedycji (LEE i CHOWN 2009, LITYŃSKA-ZAJĄC i współaut. 2012).

#### BADANIA GENETYCZNE

Turesson (1922) był jednym z pierwszych badaczy, który zaobserwował, że gatunki o szerokim zasięgu charakteryzują się dużą zmiennością wielu cech morfologicznych. *Poa annua* odznacza się bardzo dużą zmiennością fenotypową, będącą odpowiedzią na różnorodne warunki edaficzne i klimatyczne. *Poa annua* wykazuje dwie strategie życiowe (r i K) jak i wiele ich form pośrednich (LAW i współaut. 1977). Gatunki realizujące strategię „r” cechują się krótkim życiem, szybkim rozwojem i wczesnym przystępowaniem do rozmnażania, niewielkimi rozmiarami, i zdolnością do kolonizacji nowych obszarów, na których brak konkurencji. Gatunki realizujące strategię „K” żyją dłużej i osiągają większe rozmiary, wykazują zdolność do konkurencji, wydają mniej liczne potomstwo, jednakże wielokrotnie w ciągu życia. U *Poa annua* nie obserwowano istotnych różnic genetycznych pomiędzy osobnikami reprezentującymi różne strategie życiowe (DARMENCY I GASQUEZ 1983). Sugeruje to, że na strategię życiowe tego gatunku mają wpływ przede wszystkim czynniki środowiskowe. U podłoża tej zmienności nie tylko cech morfologicznych, ale i właściwości fizjologicznych leży duża zmienność genetyczna, która pozwala łatwo przystosować się do szerokiej gamy warunków środowiskowych (MENGISTU i współaut. 2000, CHWEDORZEWSKA 2008). Stwierdzono, że homozygotyczne populacje wiechliny, zarówno stworzone drogą hodowli odmiany komercyjnej jak i te powstałe w naturalny sposób na skutek selekcji w obecności silnego stresora (np. metale ciężkie, herbicydy), cechują się dobrym przystosowaniem do lokalnych warunków (LI i współaut. 2004,

MENGISTU i współaut. 2000). Nie są one jednak tak plastyczne w odpowiedzi na zmiany środowiskowe, jak populacje heterozygotyczne (NAYLOR i współaut. 1983). Stosunkowo niską zmienność genetyczną zaobserwowano w populacjach *P. annua* pochodzących z wysp Crozeta i Wysp Kerguelena (subantarktyka) (FRENOT i współaut. 1999). Może to sugerować pojedynczy incydent introdukcji albo silną selekcję, faworyzującą określone genotypy (FRENOT i współaut. 1998). Nasze badania populacji *P. annua* z okolic Stacji im. H. Arctowskiego wykazały, że populacja tam zawleczona odznacza się dość wysoką zmiennością genetyczną w porównaniu z materiałem pochodzącym z potencjalnych źródeł introdukcji (CHWEDORZEWSKA 2008; CHWEDORZEWSKA i BEDNAREK 2012), co wskazuje na stały dopływ materiału genetycznego z zewnątrz (LITYŃSKA-ZAJĄC i współaut. 2012) najprawdopodobniej z Polski (CHWEDORZEWSKA i BEDNAREK 2012). Jednak analizy wybranych cech morfologicznych, mających potencjalne znaczenie adaptacyjne wykazały znaczące różnice pomiędzy populacjami polskimi i populacją antarktyczną pod względem wszystkich badanych cech (GALERA i współaut. dane niepublikowane). Opisywane przez MOLINIER i współaut. (2006) zjawisko epigenetycznej „międzypokoleniowej pamięci” na czynnik stresowy u roślin, która może sięgać nawet kilku pokoleń po wystąpieniu stresu, może leżeć u podstaw tych znaczących różnic morfologicznych. Ten nie-mendelowski mechanizm regulacji ekspresji genów ma prawdopodobnie ogromny potencjał w przystosowaniu się do lokalnych warunków. Stres prowadzi nie tylko do transformacji,

ale prawdopodobnie bierze również udział w stabilizacji „nowego” fenotypu. Również badania populacji *P. annua* pochodzących z Antarktyki i z Polski, wykorzystujące zmodyfikowaną technikę AFLP zdolną określić zmienność genetyczną jak i metylacyjną, wykazały znacznie wyższą zmienność metylacyjną u populacji antarktycznej w stosunku do populacji polskich. Mimo, że zmienność genetyczna populacji antarktycznej była niższa niż populacji europejskich (CHWEDORZEWSKA

i BEDNAREK 2012). Jest to prawdopodobnie wynik reakcji na warunki stresowe panujące w nowym dla tego gatunku środowisku. Taka reakcja na stres, manifestowana znacznym zwiększeniem częstości zmian epigenetycznych, może prowadzić do zwiększenia zmienności fenotypowej i przyspieszać proces adaptacji. Nabyte cechy mogą być w ten sposób utrwalane, kiedy wymusza to stan środowiska (FINNEGAN 2001).

## WIECHLINA ROCZNA (*POA ANNUA*) – GATUNEK INWAZYJNY WE FLORZE NACZYNIOWEJ ANTARKTYKI

### Streszczenie

*Poa annua* jest jednym z najbardziej ubikwitywnych gatunków na Ziemi. Występuje już na wszystkich kontynentach i we wszystkich strefach klimatycznych. Została również introdukowana do Antarktyki, gdzie pierwszą ustabilizowaną populację zaobserwowano w okolicach Polskiej Stacji Antarktycznej im. H. Arctowskiego (Wyspa Króla Jerzego, Szetlandy Południowe). Początkowo pojawiła się na stanowiskach silnie zmienionych przez człowieka, następnie wkroczyła w siedliska naturalne, wcho-

dząc w skład zespołów tundrowych. Swoją ogromną sukces kolonizacyjny *P. annua* zawdzięcza ogromnej zmienności. *P. annua* odznacza się bardzo dużą zmiennością fenotypową, będącą odpowiedzią na różnorodne warunki edaficzne i klimatyczne, jak również zmiennością genetyczną. Ostatnie badania wykazały, że za jej ogromną plastycznością i szybkością odpowiedzi na zmienne warunki środowiska stoi prawdopodobnie duża zmienność epigenetyczna.

## *POA ANNUA* – NEW INVASIVE SPECIES IN ANTARCTIC VASCULAR FLORA

### Summary

*Poa annua* is one of the most ubiquitous plant species found around the World. It is already present at all continents and climatic zones. It is also established in maritime Antarctic in the vicinity of Polish Antarctic Station “Arctowski” (King George Island, South Shetland Islands), where it developed stable population, initially only in the anthropogenic, followed by natural habitats. The wide distribution of

*P. annua* resulted from its high diversity. This species is characterized by phenotypic high variability, which is response on diverse edaphic and climatic factors, as well as high genetic variability. Most recent studies shows high epigenetic diversity is resulted in that huge plasticity and rapid response to diverse environmental conditions of this species.

### LITERATURA

- BASKIN C. C., BASKIN J. M., 2001. *Seeds ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Academic Press.
- CHWEDORZEWSKA K. J., 2008. *Poa annua* L. in Antarctic – searching for the source of introduction. *Polar Biol.* 31, 263–268.
- CHWEDORZEWSKA K. J., BEDNAREK P. T., 2012. *Genetic and epigenetic variation in a cosmopolitan grass (*Poa annua* L.) from Antarctic and Polish populations*. *Pol. Polar Res.* 33, 63–80.
- COLLINS N. J., 1969. *The effects of volcanic activity on the vegetation of Deception I.* *Br. Antarct. Surv. Bull.* 21, 79–94.
- DARMENCY H., GASQUEZ J., 1983b. *Esterase polymorphism and growth from differentiation in *Poa annua* L.* *New Phytol.* 95, 289–297.
- DIONNE J., CASTONGUAY Y., NADEAU P., DESJARDINS Y., 2001. *Freezing tolerance and carbohydrate changes during cold acclimation of green-type annual bluegrass (*Poa annua* L.) Ecotypes*. *Crop. Sci.* 41, 443–451.
- EDWARDS J. A., GREENE D. M., 1973. *The survival of Falkland is transplants at South Georgia and Signy I., South Orkney Is.* *Br. Antarct. Surv. Bull.* 34, 33–45.
- FINNEGAN E. J., 2001. *Epialleles – a source of random variation in times of stress*. *Br. Antarct. Surv. Bull.* 5, 101–106.
- FRENOT Y., AUBRY M., MISSET M. T., GLOAGUEN J. C., GOURRET J. P., LÉBOUVIER M., 1999. *Phenotypic plasticity and genetic diversity in *Poa annua* L. (Poaceae) at Crozet and Kerguelen Islands (sub-antarctic)*. *Polar Biol.* 22, 302–310.
- FRENOT Y., GLOAGUEN J. C., MASSE L., LÉBOUVIER M., 2001. *Human activities, ecosystem disturbance and plant invasions in sub-Antarctic Crozet, Kerguelen and Amsterdam Islands*. *Biol. Conserv.* 101, 33–50.
- GRANT M. L., 2003. *A new, purple-leaved form of *Poa annua* L. (Poaceae) is a cryptic weed*. *Watsonia* 23, 525–526.
- HEIDE O. M., 2001. *Flowering responses of contrasting ecotypes of *Poa annua* and their putative*

- ancestors *Poa infirma* and *Poa supina*. *Ann Bot* 87, 795–804.
- HOLDGATE D. D., 1964. *An experimental introduction of plants to the Antarctic*. *Br. Antarct. Surv. Bull.* 3, 13–16.
- KEYŚ A., JANKUN A., 2002. *Biologia rozmnażania wiechliny – Poa L. (Poaceae)*. *Wiadomości Botaniczne* 46, 19–28.
- LAW R., BRADSHAW A. D., PUTWAIN P. D., 1977. *Life-history variation in Poa annua*. *Evolution* 31, 233–246.
- LEE J. E., CHOWN S. L., 2009. *Quantifying the propagule load associated with the construction of an Antarctic research station*. *Antarct. Sci.* 21, 471–475.
- LEWIS-SMITH R. I., 1996. *Introduced plants in Antarctica: potential impacts and conservation issues*. *Biol. Conserv.* 76, 135–146.
- LITYŃSKA-ZAJĄC M., CHWEDORZEWSKA K. J., OLECH M., KORCZAK-ABSHIRE M., AUGUSTYNIUK-KRAM A., 2012. *Diaspores and phyto-remains accidentally transported to the Antarctic Station during three expeditions*. *Biodivers. Conserv.* 21, 3411–3421.
- MENGISTU L.W., MUELLER-WARRANT G.W., BARKER R.E. 2000. *Genetic diversity of Poa annua in western Oregon grass seed crop*. *Theor Appl Genet* 101, 70–79.
- MOLINA-MONTENEGRO M. A., CARRASCO-URRA F., RODRIGO C., CONVEY P., VALLADARES F., GIANOLI E., 2012. *Occurrence of the non-native annual bluegrass on the Antarctic mainland and its negative effects on native plants*. *Conserv. Biol.* 26, 717–723.
- NAYLOR R. E. L., ABDALLA A. F., MCKELVIE A. D., 1983. *Variation in Poa annua L. from the North of Scotland*. *T Bot Soc Edinburgh* 44, 115–126.
- OCHYRA R., LEWIS-SMITH L. R. I., BEDNAREK-OCHYRA H., 2008. *The illustrated moss flora of Antarctica*. Cambridge University Press, Cambridge.
- OLECH M., 1994. *The human impact on terrestrial ecosystems in West Antarctica*. [W:] *Abstracts of XVII Symposium on Polar Biology*. National Institute of Polar Research, Tokyo, 106.
- OLECH M., 1996. *Human impact on terrestrial ecosystems in west Antarctica*. *Proc. NIPR Symp. Polar Biol.* 9, 299–306.
- OLECH M., 1998a. *Ekosystemy tundrowe Antarktyki*. *Kosmos* 47, 569–578.
- OLECH M., 1998b. *Synanthropization of the flora of Antarctica: an issue*. [W:] *Synanthropization of plant cover in new Polish research*. FALIŃSKI J. B., ADAMOWSKI W., JACKOWIAK B. (red.). *Phytocoenosis* 10 (Supplementum Cartographiae Geobotanicae 9), 269–273.
- OLECH M., 2001. *Annotated checklist of Antarctic lichens and lichenicolous fungi*. The Institute of Botany of the Jagiellonian University, Kraków.
- OLECH M., 2002. *Plant communities on King George Island*. [W:] *Geocology of Antarctic ice-free coastal landscapes*. BEYER L., BÖLTER M. (red.). *Ecol. Stud.* 154, 215–231.
- OLECH M., 2004. *Lichens of King George Island Antarctica*. The Institute of Botany of the Jagiellonian University, Kraków.
- OLECH M., BYSTREK J., 2004. *Bryoria forsteri (lichenized Ascomycotina), a new species from Antarctica*. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 73, 151–153.
- OLECH M., CZARNOTA P., 2009. *Two new Bacidia (Ramalinaceae, lichenized Ascomycota) from Antarctica*. *Polish Polar Res.* 30, 339–346.
- OLECH M., SINGH S. M., 2009. *Lichens and lichenicolous fungi of Schirmacher Oasis, Antarctica*. Cambridge University Press, India PVT LTD.
- OLECH M., CHWEDORZEWSKA K. J., 2011. *The first appearance and establishment of alien vascular plant in natural habitats on the forefield of retreating glacier in Antarctica*. *Antarct. Sci.* 23, 153–154.
- OSYCZKA P., OLECH M., 2011. *A new species of the genus Porpidia from Antarctica*. *Lichenologist* 43, 367–371.
- ØVSTEDAL D. O., LEWIS SMITH R. I. 2001. *Lichens of Antarctica and South Georgia*. Cambridge University Press, Cambridge.
- SKOTTSBERG C., 1954. *Antarctic Vascular Plants*. *Botanisk Tidsskrift* 51, 330–338.
- TAYLOR G., 1913. *The western journeys*. [W:] *Scott's last expedition*. HUXLEY L. (red.). Smith, Elder and Co., London, 182–290.
- TURESSON G., 1922. *The genotypical response of the plant species to the habitat* *Hereditas* 3, 211–350.
- VARGAS J. M., TURGEON A. J., 2004. *Poa annua – physiology, culture, and control of annual bluegrass*. Wiley and Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA.
- WARWICK S. I., 1979. *The biology of Canadian weeds. Poa annua L.* *Canad. J. Plant. Sci.* 59, 1053–1066.
- WÓDKIEWICZ M., GALERA H., CHWEDORZEWSKA K. J., GIEŁWANOWSKA I., OLECH M., 2013. *Diaspores of the introduced species Poa annua L. in soil samples from King George Island (South Shetlands, Antarctic)*. *Arct. Antarct. Alp. Res.* 45, 415–419.