

ZBIOROWISKA OKRZEMEK ROZWIJAJĄCE SIĘ NA GLEBIE UPRAWNEJ W POGÓRSKIEJ WOLI KOŁO TARNOWA

Jadwiga Stanek-Tarkowska¹, Teresa Noga², Natalia Kochman-Kędziora³, Mateusz Rybak²

¹ Katedra Gleboznawstwa Chemii Środowiska i Hydrologii, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Zelwerowicza 8B, 35-601 Rzeszów, e-mail: jagodastanek@wp.pl

² Katedra Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Zelwerowicza 8B, 35-601 Rzeszów, e-mail: teresa.noga@interia.pl, matrybak@gmail.com

³ Katedra Agroekologii, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Zelwerowicza 8B, 35-601 Rzeszów, e-mail: kochman_natalia@wp.pl

STRESZCZENIE

Celem pracy było zbadanie różnorodności gatunkowej okrzemek rozwijających się na glebie pod uprawą pszenicy w Pogórskiej Woli koło Tarnowa oraz charakterystyka zbiorowisk okrzemek w oparciu o wybrane właściwości fizykochemiczne gleby. Badania prowadzono w okresie wegetacyjnym (od kwietnia do listopada 2011 r.), próbki powierzchniowej warstwy gleby pobierano w odstępach comiesięcznych. Badania fizykochemiczne wykazały odczyn kwaśny lub lekko kwaśny oraz niskie wartości uwilgotnienia (od około 6% w kwietniu i październiku do 1,93% w czerwcu). Łącznie oznaczono 47 taksonów okrzemek. Największym bogactwem gatunkowym charakteryzowały się rodzaje *Luticola*, *Navicula* i *Mayamaea*. Wyróżniono 8 gatunków dominujących, z których zdecydowaną większość stanowiły gatunki aerofityczne i glebowe. Najliczniejsze populacje tworzyły: *Hantzschia amphioxys* (Ehrenb.) Grunow, *Luticola nivalis* (Ehrenb.) D.G. Mann, *Pinnularia borealis* Ehrenb. var. *borealis* i *Stauroneis borrichii* (Petersen) Lund.

Słowa kluczowe: okrzemki glebowe, bogactwo gatunkowe, ekologia, Polska SE.

DIATOM ASSEMBLAGES GROWING ON CROPPING SOIL IN POGÓRSKA WOLA NEAR TARNÓW

ABSTRACT

Studies were conducted on a farmland located in the Pogórska Wola near Tarnów. The aim of the studies was to examine the species richness of diatoms growing on soil under wheat cropping in the Pogórska Wola and characteristic of diatoms assemblages based on selected physico-chemical parameters of soil. Studies were conducted in vegetation season (from April to November 2011). Samples were collected once a month. Soil reaction in each month was acid or slightly acid. Humidity was low and balanced between 6% in April and October down to 1.93% in June. 47 diatom taxa were recorded in total. The biggest species richness occurred in genus *Luticola*, *Navicula* and *Mayamea*. Eight taxa were considered as dominant from which the most was aerophytic and soli species. The biggest populations were created by: *Hantzschia amphioxys* (Ehrenb.) Grunow, *Luticola nivalis* (Ehrenb.) D.G. Mann, *Pinnularia borealis* Ehrenb. var. *borealis* and *Stauroneis borrichii* (Petersen) Lund.

Keywords: soil diatoms, species diversity, ecology, SE Poland.

WSTĘP

Większość glonów to organizmy typowo wodne, jednak wiele z nich zasiedla także środowiska lądowe, a znaczna część rozwija się w wierzchniej warstwie gleby. Rola glonów w środowisku jest ogromna. Należą one do gatunków pionierskich, zasiedlających różne typy siedlisk,

wykazują znaczną odporność na zmieniające się czynniki środowiskowe, są producentami materii organicznej, stanowiącej pokarm dla wyższych ogniw łańcuchów troficznych [Lund 1962, Siemiński 2000].

W ekosystemach glebowych występują duże wahania warunków środowiskowych. Najważniejszymi elementami warunkującymi występo-

wanie i rozwój glonów glebowych są: dostępność wody, światła, substancji organicznych oraz odpowiednia temperatura i odczyn gleby. Mikroskopijne glony jako organizmy glebowe narażone są przede wszystkim na deficyt światła (promienie świetlne przenikają tylko na głębokość kilku milimetrów w głąb profilu glebowego) oraz na skrajne temperatury [Booth 1946, Clair i in. 1981, Evans, Johanes 1999].

Istotnym czynnikiem wpływającym na skład gatunkowy i ilościowy zbiorowisk glonów jest odczyn gleby. Spośród różnych grup glonów, okrzemki wyraźnie wykazują preferencje w stosunku do odczynu preferując gleby o odczynie od obojętnego do alkalicznego [Hustedt 1957, Skalna, Żurek 1957, Hoffmann 1989].

Glony glebowe badane są głównie pod kątem występowania zielenic i sinic, okrzemki natomiast oznaczane są zazwyczaj sporadycznie [Skalna 1979, Żurek 1981, Ettl, Gärtner 1995, Sieminiak 2000, 2007, 2009, Skowroński i in. 2002, Zancan i in. 2006, Kalinowska i in. 2008]. W dalszym ciągu nieliczne są prace dotyczące ekologii i składu gatunkowego okrzemek rozwijających się na glebach [Hahn & Neuhaus 1997, Bérard i in. 2004, Zankan i in. 2006, Dorokhova 2007, Kalinowska, Pawlik-Skowrońska 2008, Coghill i in. 2009, Škaloud 2009]. Na terenie południowo-wschodniej Polski dopiero od kilku lat prowadzone są badania nad różnorodnością zbiorowisk okrzemek rozwijających się na glebach uprawnych [Stanek-Tarkowska, Noga 2012a,b,

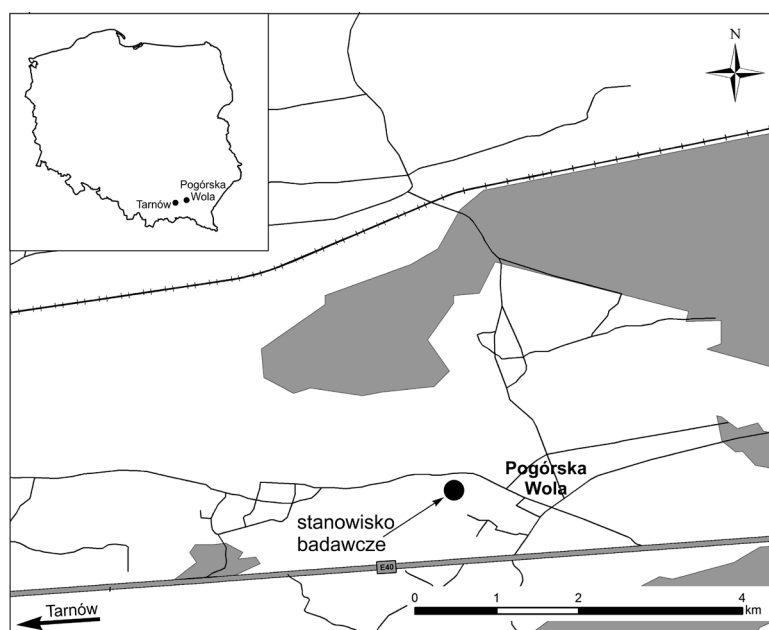
Stanek-Tarkowska i in. 2013, Noga i in. 2014] oraz na glebach odłogowanych [Stanek-Tarkowska i in. 2015].

Celem pracy było zbadanie różnorodności gatunkowej okrzemek rozwijających się na glebie pod uprawą pszenicy w Pogórskiej Woli koło Tarnowa oraz charakterystyka zbiorowisk okrzemek w oparciu o wybrane właściwości fizyko-chemiczne gleby.

TEREN BADAŃ

Teren badań wyznaczono w Pogórskiej Woli, na obszarze gminy Skrzyszów (powiat tarnowski) położonej w obrębie dwóch dużych jednostek morfologicznych: Pogórza Karpackiego i Kotliny Sandomierskiej (Kondracki 2001). Stanowisko wyznaczono na polu uprawnym na glebie piaszczystej, pseudobielicowej, gdzie skałę macierzystą stanowił piasek luźny. Na polu wysiana była pszenica jara, a gleba nawożona była tylko obornikiem (rys. 1).

Klimat na badanym obszarze ma charakter przejściowy. Okolice Tarnowa są tzw. „wyspą ciepłą” z najdłuższym w Polsce latem (około 114 dni), dlatego okres wegetacyjny na tym obszarze trwa nawet 225 dni (Pulit 2003). Podczas prowadzenia badań w 2011 koniec lata i jesień były bardzo suche. Średni roczny opad dla okolic Tarnowa wyniósł w 2011 roku 600,7 mm (IMGW-PIB Warszawa).



Rys. 1. Położenie terenu badań
Fig. 1. Location of study area

METODYKA

Badania prowadzono w okresie od kwietnia do grudnia 2011 r. Materiały do badań pobierano z gleby (raz w miesiącu), na której uprawiano pszenicę jarą. Próbki gleby pobierano z warstwy 0–3 cm do trzech szalek Petriego o średnicy 8,8 cm (średnia masa świeżej gleby w szalce wynosiła ok. 90 g). Jednocześnie pobrano próbki z wierzchniej warstwy gleby (0–5 cm) w celu wykonania podstawowej analizy fizyko-chemicznej. Dodatkowe próbki gleby zebrano do cylinderków Kopeckiego (w trzech powtórzeniach) celem zbadania uwilgotnienia.

Bezpośrednio po powrocie z terenu wykonano pomiar uwilgotnienia gleby metodą suszarkowo-wagową [Lityński i in. 1976] oraz pH (w KCl). Niewielką ilość materiału glebowego (ok. 10 g) z szalek Petriego umieszczono w zlewkach o pojemności 100 ml i zalano chromianką (roztworem kwasu siarkowego i dwuchromianu potasu w stosunku 3:1). Następnie materiał oczyszczano przez wirowanie (2500 obr./min). Dokładną obróbkę laboratoryjną materiału okrzemkowego wykonano wg metod stosowanych m.in. przez Kawecką [2012] oraz Stanek-Tarkowską i Noga [2012a,b, 2015]. Trwałe preparaty mikroskopowe zatopiono w żywicy syntetycznej Pleurax (indeks załamania światła 1.75).

Analizy fizyko-chemiczne gleby wykonano w Wydziałowym Laboratorium Analiz Zdrowotności Środowiska i Materiałów Pochodzenia Rolniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego.

Okrzemki oznaczano przy użyciu mikroskopu świetlnego NIKON ECLIPSE 80i (pod powiększeniem 1000x) oraz specjalistycznych kluczy: Krammer i Lange-Bertalot [1986, 1988, 1991a,b], Ettl i Gärtner [1995], Krammer [2000], Hofmann i in. [2011]. Zdjęcia okrzemek wykonano w mikroskopie świetlnym (NIKON ECLIPSE 80i).

Liczebność okrzemek uzyskano przez zliczanie wszystkich okryw w losowo wybranych polach widzenia mikroskopu, aż do uzyskania łącznej liczby 400 okryw.

W oparciu o czerwoną listę glonów Siemińskiej i in. [2006] sporządzoną dla Polski poszczególnym gatunkom okrzemek przyporządkowano kategorie zagrożeń (E – wymierające, V – narażone, R – rzadkie, oraz I – o nieokreślonym zagrożeniu). Różnorodność gatunkową zbiorowisk okrzemek określono za pomocą wskaźnika różnorodności gatunkowej Shannona-Wienera (H'):

$$H' = \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{n} \log_2 \frac{n_i}{n} \right)$$

gdzie: n_i – liczba okazów okrzemek gatunku i ,
 n – całkowita liczba zliczonych osobników (n_i/n – względna liczebność gatunku i),
 s – całkowita liczba taksonów oznaczona na stanowisku.

WYNIKI

Wyniki badań przeprowadzonych w Pogórskiej Woli koło Tarnowa wykazały, iż gleba pod uprawą pszenicy charakteryzowała się kwaśnym lub lekko kwaśnym odczynem. Najniższe pH odnotowano w miesiącach letnich, w lipcu (pH = 4,8) i sierpniu (pH = 4,9). Natomiast najwyższe wartości odczynu zmierzono w czerwcu (pH = 6,4) oraz w październiku (pH = 6,2). Wartości uwilgotnienia były niskie i wahały się od około 6% w kwietniu i październiku do 1,93% w czerwcu (tab. 1).

Podczas badań prowadzonych na polu uprawnym w Pogórskiej Woli od kwietnia do listopada 2011 roku oznaczono łącznie 47 taksonów okrzemek z 29 rodzajów. Wybrane taksony okrzemek przedstawiono na rysunku 2. Największym bogactwem gatunkowym charakteryzowały się rodzaje *Luticola* (7 taksonów) oraz *Navicula* (6 taksonów) i *Mayamaea* (5 taksonów).

Pośród wszystkich taksonów okrzemek osiem uznano za dominujące, tj. takie których procentowy udział w zbiorowisku wynosił minimum 5%. Dwa taksony osiągnęły ponad 50% udziału w zbiorowisku *Hantzschia amphioxys* (Ehrenb.) Grunow i *Luticola nivalis* (Ehrenb.) D.G. Mann. W miesiącach letnich licznie rozwijały się także *Pinnularia borealis* Ehrenb. var. *borealis* i *Stauroneis borrichii* (Petersen) Lund oraz *Stauroneis thermicola* (Petersen) Lund w kwietniu (tab. 2).

W badanym materiale oznaczono także okrzemki znajdujące się na Czerwonej Liście Glonów Polski [Siemińska i in. 2006]. Znalezione jeden gatunek wymierający (kategoria E) – *Pinnularia schoenfelderi* Krammer oraz dwa gatunki rzadkie (kategoria R): *Luticola acidoclinata* Lange-Bert. i *Stauroneis thermicola* (Petersen) Lund. Jeden gatunek – *Gomphonema tergestinum* (Grunow) M. Schmidt – znalazł się w kategorii I, tj. o nieokreślonym zagrożeniu.

Tabela 1. Wartości parametrów fizykochemicznych gleby zmierzone na stanowisku w Pogórskiej Woli w poszczególnych miesiącach badawczych (IV–XI) wraz z ilością taksonów i wartościami wskaźnika różnorodności gatunkowej Shannona-Wienera (H')

Table 1. The physico-chemical parameters of the soil sample from Pogórska Wola including Shannon-Wiener diversity index (H') and number of noted diatom taxa in individual months

Miesiąc	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
pH	5,1	5,6	6,4	4,8	4,9	5,7	6,2	5,6
Uwilgotnienie [%]	6,0	3,8	1,9	3,1	2,9	3,0	5,8	2,8
Ilość taksonów	20	11	20	11	10	14	12	13
H'	3,05	2,54	2,71	1,97	2,39	2,83	2,27	1,80

Tabela 2. Procentowy udział okrzemek dominujących oznaczonych w 2011 roku na glebie uprawnej w Pogórskiej Woli w poszczególnych miesiącach badawczych (IV–XI)

Table 2. Dominance in diatom communities (in individual months from April to November) noted in cultivated soil sample from Pogórska Wola

Miesiąc	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
<i>Hantzschia amphioxys</i>								
<i>Luticola mutica</i>								
<i>L. nivalis</i>								
<i>Nitzschia palea</i>								
<i>Pinnularia obscura</i>								
<i>P. borealis</i> var. <i>borealis</i>								
<i>Stauroneis borrichii</i>								
<i>S. thermicola</i>								

Skala liczebności [%]:

brak	1–5	>5–25	>25–50	>50

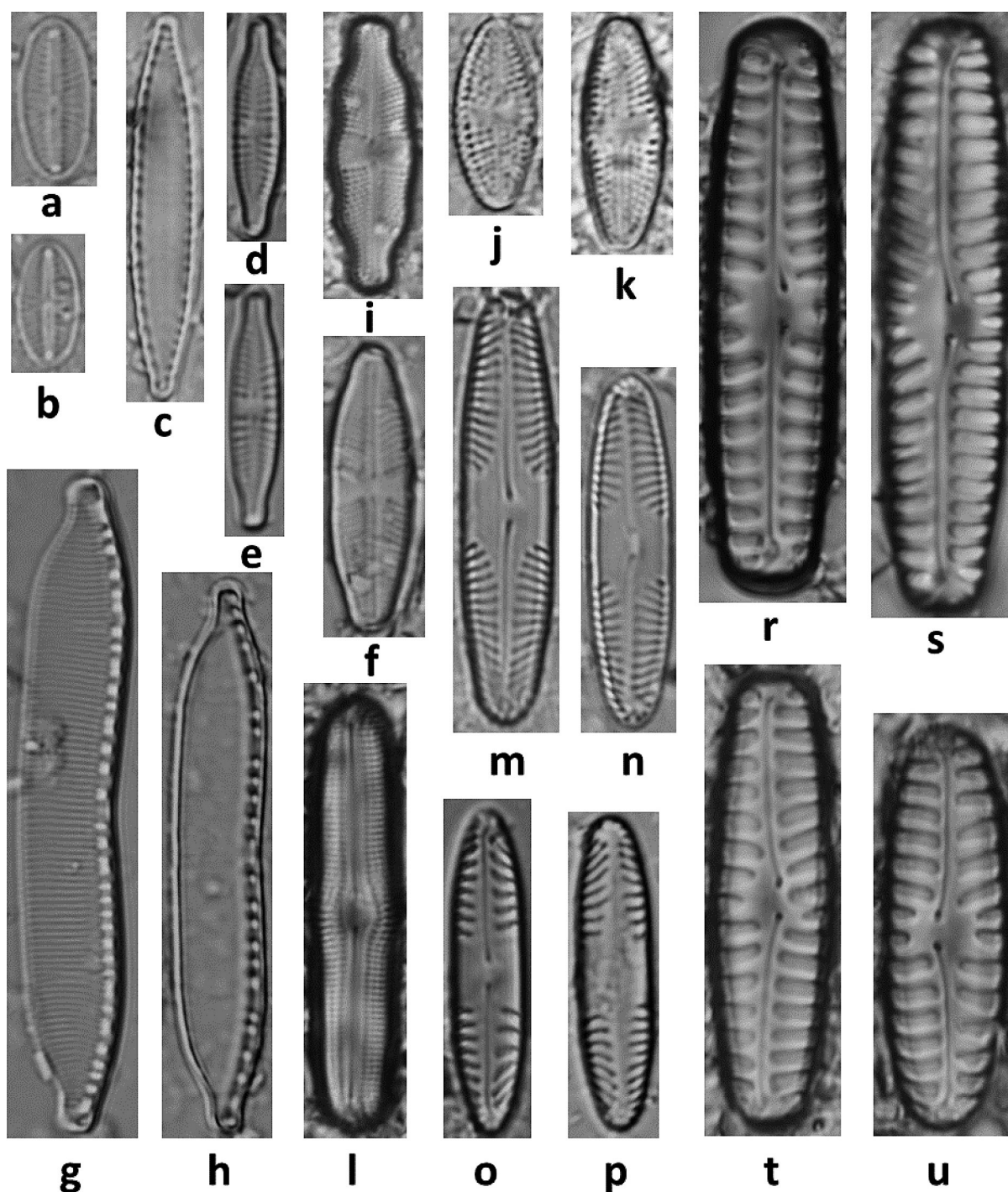
DYSKUSJA

Stwierdzono, że odczyn gleby uprawnej jest bardziej kwaśny (4,8–6,4) w porównaniu do badanych gleb uprawnych w województwie podkarpackim (6,5–7,2). Tylko gleby, na których prowadzono uproszczony system uprawy roli charakteryzowały się niższym odczynem (4,4–5,8) [Stanek-Tarkowska, Noga 2012a,b, Stanek-Tarkowska i in. 2013]. Najniższe wartości odczynu (4,1–5,3) zanotowano na glebach odłogowanych, również na terenie Pogórskiej Woli [Stanek-Tarkowska i in. 2015].

Biorąc pod uwagę zróżnicowane warunki pogodowe, jakie wystąpiły podczas prowadzenia badań w 2011 roku (duża liczba opadów do lipca, niewielka od sierpnia do grudnia), uzyskane wyniki wskazują na stosunkowo duże bogactwo gatunkowe okrzemek – oznaczono 47 taksonów. Gleby uprawne na terenie Podkarpacia, na których prowadzono badania w roku 2009 charakteryzowały się podobnym bogactwem gatunkowym okrzemek – na stanowisku w Boguchwale oznaczono 47 tak-

sonów, natomiast na stanowisku w Dąbrowie 62 taksony [Stanek-Tarkowska, Noga 2012a,b]. Na glebie odłogowanej w Pogórskiej Woli stwierdzono występowanie 57 taksonów okrzemek [Stanek-Tarkowska i in. 2015]. Najliczniejsze populacje w zbiorowisku okrzemek tworzyły *Hantzschia amphioxys* i *Luticola nivalis* – gatunki uznawane za typowo glebowe lub aerofityczne [Krammer, Lange-Bertalot 1986, 1988, Ettl, Gärtner 1995, Krammer 2000, Hofmann et al. 2011].

Hantzschia amphioxys jest gatunkiem kosmopolitycznym i jednym z najczęściej rozwijających się w miejscach suchych i na glebie [Ettl, Gärtner 1995, Krammer, Lange-Bertalot 1988, Hofmann et al. 2011]. Określana jest jako gatunek ubikwistyczny, o bardzo szerokim zasięgu geograficznym, który w środowisku suchym często tworzy formy karłowate [Patrick 1977, Kawecka, Eloranta 1994]. Gatunek ten występował także na glebach uprawnych na Podkarpaciu, jednak nie przekraczał 5% liczebności w zbiorowisku [Stanek-Tarkowska, Noga 2012a,b]. *Hantzschia*



Rys. 2. Zdjęcia mikroskopowe wybranych gatunków okrzemek

Fig. 2. Light microscopic images of selected diatoms taxa

a – *Mayamaea atomus* (Kütz.) Lange-Bert. var. *atomus*, b – *M. atomus* var. *permitis* (Hust.) Lange-Bert., c – *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Smith, d-e – *Stauroneis thermicola* (Petersen) Lund, f – *S. borrichii* (Peterson) Lund, g-h – *Hantzschia amphioxys* (Ehrenb.) Grunow, i – *Luticola nivalis* (Ehrenb.) D.G. Mann, j-k – *L. mutica* (Kütz.) D.G. Mann, l – *Muelleria gibbula* Cleve, m-n – *Pinnularia schoenfelderi* Krammer, o-p – *P. obscura* Krasske, r-u – *P. borealis* Ehrenb. var. *borealis*.

amphioxys najliczniej rozwijała się w Pogórskiej Woli w maju i od sierpnia do października, kiedy jej udział w populacji przekraczał często 50%.

Drugi licznie rozwijający się gatunek – *Luticola nivalis* – występuje powszechnie od nizin, aż po

obszary górskie. Optimum ekologiczne posiada w aerycznych biotopach o zmiennej wilgotności, jak np. torfowiska, wilgotne mury czy skały [Hofmann i in. 2011]. Gatunek był najliczniej oznaczany w lipcu i listopadzie, a jego udział procentowy w

zbiorowisku wynosił nawet 60%. Na glebach na terenie Podkarpacia jest oznaczana do tej pory rzadko, tylko w postaci pojedynczych komórek [Noga i in. 2014]. Pozostałe okrzemki, które występowały również licznie, zwłaszcza w miesiącach letnich to: *Pinnularia borealis* var. *borealis* i *Stauroneis borrichii*. Obydwa gatunki uznawane są za aerofityczne, glebowe i kosmopolityczne. Występują również w środowiskach wodnych, jednak dużo rzadziej (zwłaszcza *S. borrichii*) a także wśród mchów, na murach i skałach [Krammer 2000, Hofmann i in. 2011]. Na terenie Podkarpacia są często oznaczane jako gatunki dominujące na glebach uprawnych [Stanek-Tarkowska, Noga 2012a,b, 2013].

Podobną ekologią odznacza się *Stauroneis thermicola*, który najliczniej rozwinął się w kwietniu, osiągając 29% udziału w zbiorowisku. Występuje od równin po obszary górskie, jest gatunkiem aerofilnym, rozwijającym się wśród wilgotnych mchów, pojedynczo na glebach. Obserwowany był przede wszystkim w niewielkich wodach płynących na terenach bogatych w krzemiany [Krammer, Lange-Bertalot 1988, Hofmann i in. 2011]. Na glebach Podkarpacia użytkowanych rolniczo, gatunek był oznaczany jako dominant [Stanek-Tarkowska, Noga 2012 a,b].

Badania prowadzone w ostatnich latach na glebach uprawnych wykazują, że niektóre gatunki (np. *Sellaphora nana*, *Stauroneis borrichii* i *Stauroneis thermicola*) są okrzemkami typowymi dla gleb. Często osiągają większe rozmiary w porównaniu do tych, które rozwijają się w środowisku wodnym [Stanek-Tarkowska i in. 2013].

Oprócz okrzemek kosmopolitycznych, występujących powszechnie w różnych typach siedlisk, oznaczono także taksony znajdujące się na Polskiej Czerwonej Liście Glonów [Siemińska i in. 2006]. Niektóre z nich, jak np. *Pinnularia schoenfelderi* czy *Stauroneis thermicola* występują bardzo rzadko w środowisku wodnym, natomiast na glebach wydają się znajdować bardziej korzystne warunki do rozwoju. *Pinnularia schoenfelderi* jest prawdopodobnie gatunkiem kosmopolitycznym często notowanym w rejonach podgórskich i górskich Europy [Krammer 2000]. Występuje w wodach o odczynie obojętnym, m.in. w źródłach Polski Środkowej [Żelazna-Wieczorek 2011]. Na Polskiej czerwonej Liście Glonów znajduje się w kategorii E – wymierające [Siemińska i in. 2006]. Na terenie Podkarpacia w ekosystemach wodnych oznaczana jest rzadko w postaci pojedynczych okazów [Noga i in. 2014], natomiast badania prowadzone na glebach w okolicach Tarnowa wyka-

zały, iż lepiej rozwija się w środowisku glebowym. Zbiorowiska okrzemek glebowych charakteryzują się mniejszym bogactwem gatunkowym w porównaniu do typowo wodnych, głównie ze względu na duże wahania warunków środowiskowych.

LITERATURA

1. Bérard A., Rimet F., Capowiez Y., Le Boulanger C. 2004. Procedures for determining the pesticide sensitivity of indigenous soil algae: a possible bio-indicator of soil contamination? Arch. Environ. Contam. Toxicol. 46, 24–31.
2. Booth W.E. 1946. The thermal heat point of certain soil inhabiting alga. Proc. Montana Academy Science, 5-6, 21–23.
3. Clair L.L., Rushforth S.R., Allen J.V. 1981. Diatoms of Oregon Caves National Monument. Oregon, Great Basin Nat. 41, 317–322.
4. Coghill G.T., Kostadinovic L. J., Bojat N., Hojka Z. 2009. Agro-ecosystems under high voltage powerlines. Proceeding of the 11th International Conference on Environmental Science and Technology Chania, 3–5.09, Crete – Greece, 293–298.
5. Dorokhova M.F. 2007. Diatoms as indicators of soil conditions in oil production regions. Oceanological and Hydrobiol. Studies, 36(1), 129–135.
6. Ettl H., Gärtner G. 1995. Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart – Jena – New York, 721 pp.
7. Evans R.D., Johannes J.R. 1999. Microbiotic crusts and ecosystems processes. Critical Reviews in Plant Sciences, 18, 183–225.
8. Hahn A., Neuhaus W. 1997. Boden-Diatomeen einer landwirtschaftlichen Nutzfläche bei Potsdam, Deutschland. Nova Hedwigia, 65(1-4): 285–298.
9. Hoffmann L. 1989. Algae of terrestrial habitats. Botanical Review, 55, 77–105.
10. Hofmann G., Werum M., Lange-Bertalot H. 2011. Diatomeen im Süßwasser – Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflores Kieselaigen für die kologische Parxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie. [W:] (red. H. Lange-Bertalot), A.R.G. Ganter Verlag KG, Knigstein/Germany.
11. Hustedt F. 1957. Die Diatomeenflora des Fluss-Systems der Wasser im Gebirge der Hansestadt Bremen. Abh. Naturw. Ver. Bremen, 34, 181–440.
12. Kalinowska R., Pawlik-Skowrońska B. 2008. Metal resistance of soil algae (Chlorophyta) occurring in post-flotation Zn/Pb- and Cu-tailing ponds. Pol. J. Ecol. 56(3), 415–430.
13. Kalinowska R., Trzcińska M., Pawlik-Skowrońska B. 2008. Glony glebowe terenów pogórnicych skażonych metalami ciężkimi. Wiad. Botan. 52 (3–4), 63–79.

14. Kawecka B. 2012. Diatom diversity in streams of the Tatra National Park (Poland) as indicator of environmental conditions – Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, 213 pp.
15. Kawecka B., Eloranta P., 1994. Zarys ekologii glonów wód słodkowodnych i środowisk lądowych. PWN, 1–256 pp.
16. Kondracki J. 2001. Geografia Polski. Mezoregiony fizyko geograficzne. PWN, Warszawa, pp. 340.
17. Krammer K. 2000. The genus *Pinnularia* [W:] (red. H. Lange-Bertalot) Diatoms of Europe. A.R.G. Gantner Verlag KG, Vaduz, pp. 530.
18. Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986. Bacillariophyceae. 1. Naviculaceae [W:] Süßwasserflora von Mitteleuropa 2(1), H. Ettl, J. Gerloff, H. Heyning, D. Mollenhauer (red.), G. Fischer Verlag, Stuttgart – New York, 876 pp.
19. Krammer K., Lange-Bertalot H. 1988. Bacillariophyceae. 2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae [W:] Süßwasserflora von Mitteleuropa 2(2), H. Ettl, J. Gerloff, H. Heyning, D. Mollenhauer (red.), G. Fischer Verlag, Stuttgart – New York, 596 pp.
20. Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991a. Bacillariophyceae. 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae [W:] Süßwasserflora von Mitteleuropa 2(3), H. Ettl, J. Gerloff, H. Heyning, D. Mollenhauer (red.), G. Fischer Verlag, Stuttgart – Jena, 576 pp.
21. Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991b. Bacillariophyceae. 4. Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolate) und *Gomphonema* Gesamtliteraturverzeichnis [W:] Süßwasserflora von Mitteleuropa 2(4), H. Ettl, G. Gärtner, J. Gerloff, H. Heyning, D. Mollenhauer (red.), G. Fischer Verlag, Stuttgart – Jena, 437 pp.
22. Lund J.W.G. 1962. Soil algae. [W:] Lewin R.A. (red.), Academic Press, New York, Physiology and biochemistry of algae, 759–770.
23. Noga T., Kochman N., Peszek Ł., Stanek-Tarkowska J., Pajęczek A. 2014. Diatoms (Bacillariophyceae) in rivers and streams and on cultivated soils of the Podkarpacie Region in the years 2007–2011. Journal of Ecological Engineering 15(1), 6–25.
24. Patrick R. 1977. Ecology of freshwater diatoms and diatom communities. [W:] D. Werner (red.). The biology of diatoms 10: 284–332. Blackwell Science Publications, Oxford, London, Melbourne.
25. Pulit F. 2003. Opracowanie ekofizjograficzne dla gminy Skrzyszów, Tarnów.
26. Sieminiak D. 2000. Glony glebowe – organizmy sprzyjające dobremu gospodarowaniu. Działalność Naukowa PAN, 10, 125–128.
27. Sieminiak D. 2007. Filamentous green alga *Pleurastum sarcinoideum* Groover et Bold – first record in Poland. Oceanological and Hydrobiol. Studies, 36(1), 249–254.
28. Sieminiak D. 2009. Unicellular green alga *Scotiellopsis terrestris* (Reisgl) Punčoch & Kalina – first record in Poland. Oceanological and Hydrobiol. Studies, 38(2), 163–169.
29. Siemińska J., Bąk M., Dziedzic J., Gabka M., Grygorowicz P., Mrozińska T., Pełechaty M., Owsiany P.M., Pliński M. & Witkowski A. 2006. Red list of the alga in Poland [W:] (red. Mirek Z., Zarzycki K., Wojewoda W., Szelaż Z.) Red list of the plant-sand fungi in Poland. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, 37–52.
30. Skalna E. 1979. Glony ziemne występujące w uprawach niektórych warzyw w Prusach koło Krakowa [Soil Algae Occurring in Vegetable Cultivations at Prusy near Kraków]. Frag. Flor. et Geobot. 25(4), 607–648.
31. Skalna E., Żurek L. 1957. Glony żyjące w glebie. Kosmos 1(132), 59–64.
32. Skowroński T., Kalinowska R., Pawlik-Skowrońska B. 2002. Glony środowisk zanieczyszczonych metalami ciężkimi. Kosmos 51(2), 165–173.
33. Stanek-Tarkowska J., Noga T. 2012a. The diatoms communities developing on dust soils under sweet corn cultivation in Podkarpackie region. Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonjca 19(2), 525–536.
34. Stanek-Tarkowska J., Noga T. 2012b. Diversity of diatoms (Bacillariophyceae) in the soil under traditional tillage and reduced tillage. Inżynieria Ekologiczna, 30, 287–296.
35. Stanek-Tarkowska J., Noga T., Pajęczek A., Peszek Ł. 2013. Występowanie *Sellaphora nana* (Hust.) Lange-Bertalot, Cavacini, Tagliaventi & Alfinito, *Stauroneis borrichii* (J.B. Petersen) J.W.G. Lund, *S. parathermicola* Lange-Bertalot i *S. thermicola* (J.B. Petersen) J.W.G. Lund na gruntach rolnych. Algological Studies 142, 109–119.
36. Stanek-Tarkowska J., Noga T., Kochman-Kędziora N., Peszek Ł., Pajęczek A., Kozak E. 2015. The diversity of diatom assemblages developed on fallow soil in Pogórska Wola (southern Poland). Acta Agrobotanica 68(1), 33–42.
37. Škaloud P. 2009. Species composition and diversity of aero-terrestrial algae and Cyanobacteria of the Boreč Hill ventaroles. Fottea, 9(1), 65–80.
38. Zacan S., Trevisan R., Paoletti M.G. 2006. Soil algae composition under different agro-ecosystems in North-Eastern Italy. Agriculture, Ecosystems & Environment, 112, 1–12.
39. Żelazna-Wieczorek J. 2011. Diatom flora in springs of Łódź Hills (Central Poland). Biodiversity, taxonomy and temporal changes of epipsammic diatom assemblages in springs affected by human impact. A.R.G. Gantner Verlag K.G. Diatom Monographs 13, 1–420.
40. Żurek L. 1981. The influence of the herbicides Lenacil and Pyrazon on the soil algae. Ekol. Pol. 29(3), 327–342.