

NOSTOC GENTIES MELSVABAKTERIŲ ĮVAIROVĖ IR JOS APSAUGA LIETUVOJE**Ina Špakaitė¹, Jolanta Kostkevičienė²***Vilniaus universitetas**El. paštas: ¹ina.spakaite@gf.stud.vu.lt; ²jolanta.kostkeviciene@gf.vu.lt*

Anotacija. Straipsnyje aptariama *Nostoc* genties rūšių įvairovė ir ekologija Lietuvoje. Aptiktos devynios šios genties rūšys: *N. caeruleum*, *N. carneum*, *N. commune*, *N. ellipso sporum*, *N. linckia*, *N. pruni forme*, *N. puncti forme*, *N. spongiae forme* ir *N. verrucosum*. Plačiai paplitusios yra *N. commune* ir *N. caeruleum* rūšys. Penkios rūšys aptiktos NATURA 2000 buveinėse. Didžiausia rūšių įvairovė nustatyta vandens telkiniuose ir tik dvi rūšys (*N. commune* ir *N. ellipso sporum*) – sausumoje. *Nostoc* rūšių individai vystėsi natūraliuose ir dirbtiniuose vandens telkiniuose, kurių pH svyravo nuo 6,0 iki 8,7, temperatūra – 13,0–27,0 °C ir savitasis elektrinis laidis – 150–390 μS/cm.

Reikšminiai žodžiai: *Nostoc*, Cyanobacteria, įvairovė, ekologija, NATURA 2000.

Įvadas

Nostoc (Vaucher) Bornet et Flahault genties melsvabakterės yra prokariotiniai siūlinio gniužulo tipo mikroskopiniai ir mikroskopiniai plačios ekologinės amplitudės organizmai. Jie aptinkami įvairiose klimatinėse zonose nuo Arkties iki Antarktidos, įvairiose sausumos ir vandenų buveinėse. *Nostoc* – fotosintetiniai organizmai, gebantys įsisavinti molekulinį azotą, dėl to vystosi ir maisto medžiagų (ypač azoto) neturtingose buveinėse. Sausumoje tarpstančios *Nostoc* melsvabakterės yra atsparios sausrai, minusinei temperatūrai, ultravioletiniams spinduliams (Potts 2000).

Šios melsvabakterės išskiria įvairias biologiškai aktyvias medžiagas. Tai yra neurotoksinai, hepatotoksinai ir citotoksinai, sukeltantys įvairaus pobūdžio pažaidų vandens organizmams, sausumos žinduoliams, paukščiams ir žmogui (Dow, Swoboda 2000). Kai kurios maistui naudojamos melsvabakterės išskiria neurotoksines amino rūgštis – β-N-metilamino-L-alaniną (BMAA), kurios gali sukelti neurodegeneratyvines ligas, taip pat Alzheimerio ar Parkinsono (Johnson *et al.* 2008). *Nostoc* genties melsvabakterės išskiria citotoksiną – cianobakteriną, kuris pasižymi algicidiniu, herbicidiniu, priešgrybiniu ir antibakteriniu poveikiu (Verpritskii *et al.* 1991). Kita medžiaga – noskominas – pasižymi antibakteriniu poveikiu *Bacillus cereus*, *Staphylococcus epidermidis* ir *Escherichia coli* (Jaki *et al.* 1999).

Nostoc genties melsvabakterės daugelyje pasaulio šalių (Peru, Kinijoje, Japonijoje, Meksikoje) vietinių gyventojų nuo senų laikų iki dabar yra renkamos, auginamos ir naudojamos kaip maisto papildas – amino rūgš-

čių, monosacharidų ir polisacharidų šaltinis (Potts 2000). Maistui naudojamos *N. commune* ir *N. flagelliforme* melsvabakterės gali būti naudingos ir įvairiais medicininiais tikslais: gydant vėžį, mažinant cholesterolio kiekį kraujyje ir kraujo krešulius. Manoma, kad toks gydymasis poveikis gali būti dėl išskiriamų polisacharidų (Hori *et al.* 1994; Takenaka *et al.* 1998). Iš *N. commune* išskirtas alkaloidas – nostokarbolinas – galėtų būti naudojamas Alzheimerio ligai gydyti (Becher *et al.* 2005).

Kai kurios *Nostoc* rūšys (*N. caeruleum*, *N. commune*, *N. microscopicum*, *N. parmelioides*, *N. pruni forme*, *N. verrucosum*, *N. zetterstedtii*) paplitusios buveinėse, įrašytose į Europos Sąjungos saugomų teritorijų tinklą NATURA 2000 (3110, 3130, 3140, 3150, 3260, 6110, 6210, 7220, 8210 buveinių tipai). Kai kuriose Europos šalyse minėtos rūšys yra retos, nykstančios, o kai kur – jau išnykusios (Mollenhauer *et al.* 1999).

Nepaisant visų minėtų *Nostoc* genties melsvabakterių savybių, jų įvairovė, biologija ir ekologija iki šiol nėra pažinta. Beveik kasmet vis dar paskelbiamos naujos mokslui *Nostoc* rūšys (Skinner, Entwisle 2001; Sant’Anna *et al.* 2007). Kita problema, kad šiuo metu *Nostoc* rūšių individams identifikuoti naudojami morfolginiai požymiai yra daugeliu atvejų nepakankami arba netinkami tiksliai rūšių nustatymui. Todėl naujų morfolginių diagnostinių požymių paieška ir molekulinė tyrimų taikymas rūšims identifikuoti yra būtinas. Be to, *Nostoc* genties melsvabakterės dauginasi tik vegetatyviškai ir joms būdingas labai sudėtingas gyvenimo ciklas. Problema ta, kad *Nostoc* skirtingų rūšių individų gyvenimo ciklo pirminės stadijos yra beveik identiškos ir rūšių nustatyti galima tik tiriant brandžius individus. Tai yra

aktuali problema, nes gamtoje dažnai aptinkami jauni *Nostoc* rūšių individai.

Lietuvoje iki mūsų tyrimų pradžios, 2005 m., nebuvo atlikta detalių *Nostoc* genties melsvabakterių tyrimų, todėl yra labai mažai duomenų apie šios genties rūšių įvairovę bei ekologiją. Šiek tiek duomenų aptikta Jundziū (1811), Pabrėžos (1900), Sokolowska-Rutkowska (1932), Matuszkiewiczówna (1935) floristikos darbuose bei Pocienės (1960), Pocienės ir Indrašytės (1977) straipsniuose apie dirvožemio dumblis.

Medžiaga ir metodai

Tyrimai buvo atlikti 2005–2008 m., Ignalinos, Klaipėdos (Kuršių nerijoje), Švenčionių, Trakų, Varėnos ir Vilniaus rajonuose. Darbe taip pat analizuota 1980–2007 m. kitų mokslininkų tyrimų medžiaga, surinkta Ignalinos, Jurbarko, Panevėžio, Švenčionių, Telšių, Varėnos ir Vilniaus rajonuose. Taip pat analizuoti Vilniaus universiteto herbariume (WI) saugomi *Nostoc* genties individų pavyzdžiai. Iš viso 1980–2007 m. buvo ištirti 67 vandens telkiniai (9 upės, 20 ežerų, 38 tvenkiniai ir kūdros) ir 28 sausumos vietos.

Nostoc genties tyrimai atlikti maršrutiniu apžvalginiu metodu. Dumplių pavyzdžiai rinkti sausumoje ir vandenyje, planktone ir bentose (nuo augalų, akmenų). Stovinčio vandens telkiniuose mėginiai buvo semiami Apšteino planktoniniu tinkleliu paviršiniame vandens sluoksnyje (iki 0,5 m). Makroskopinių *Nostoc* kolonijų pavyzdžiai buvo rinkti pipete vandens paviršiuje, priedugniniame sluoksnyje ir tarp kitų augalų ar dumplių. Tyrimų vietoje buvo matuoti vandens pH, temperatūra ir savitasis elektrinis laidis. Medžiaga buvo fiksuojama 40 % formaldehido tirpalu iki galutinės 4 % koncentracijos. Sausumoje besivystančių rūšių individai buvo džiovinami. Identifikuoti naudoti šviesinis binokuliaras ir mikroskopas. Rūšių individams atpažinti buvo analizuoti tokie požymiai: kolonijų dydis, forma ir spalva; matuoti vegetatyvinių ląstelių, heterocistų bei akinečių plotis ir ilgis.

Rezultatai ir jų aptarimas

Nostoc rūšių įvairovė ir paplitimas Lietuvoje. Mūsų tyrimų laikotarpiu iš viso buvo identifikuotos 9 *Nostoc* genties rūšys. Tai yra *N. caeruleum* (Lyngb.) Born. et Flah., *N. carneum* (C. A. Agardh) Born. et Flah., *N. commune* (Vauch.) Born. et Flah., *N. ellipsosporum* (Rabenh.) Born. et Flah., *N. linckia* (Roth) Born. ex Born. Et Flah., *N. pruniforme* (C. A. Agardh) Born. et Flah., *N.*

punctiforme (Kütz.) Born. et Flah., *N. spongiaeforme* (C. A. Agardh) Born. et Flah. ir *N. verrucosum* (Vauch.) Born. et Flah. Apibendrinus literatūros šaltinių ir mūsų tyrimų duomenis Lietuvoje iš viso yra žinoma 12 *Nostoc* rūšių. Be jau minėtų, dar yra žinomos *N. paludosum* Kütz., *N. sphaeroides* Kütz. ir *N. microscopicum* (Carm.) Born. et Flah.

Remiantis 1980–2008 m. tyrimų duomenimis, plačiai Lietuvoje paplitusios yra dvi rūšys – *N. commune* ir *N. caeruleum*. Jų atitinkamai žinomos 27 (28,4 % visų tirtų vietų) ir 10 (15 %) radaviečių. Kitos *Nostoc* genties rūšys Lietuvoje yra retos: *N. spongiaeforme* žinomos 5 radavietės (7,5 % visų tirtų vietų), *N. verrucosum* – 4 (6 %), *N. pruniforme* ir *N. carneum* – po 2 radavietes (po 3 %) ir *N. ellipsosporum* (1,05 %), *N. linckia* bei *N. punctiforme* – žinoma tik po vieną radavietę (po 1,5 %) (žr. lentelę).

Lentelė. *Nostoc* genties rūšys, radaviečių skaičius, buveinė ir ekologinė grupė

Table. *Nostoc* species, number of localities, habitats and ecological types

Taksonas	Radaviečių skaičius	Pasitaikymo dažnis, %	Buveinė	Ekologinė grupė*
<i>N. caeruleum</i>	10	15	Ežeras, kūdra	P, B
<i>N. carneum</i>	2	3	Ežeras	M, P
<i>N. commune</i>	27	28	Pieva, šalikėlė	D
<i>N. ellipsosporum</i>	1	1	Pieva	D
<i>N. linckia</i>	1	2	Kūdra	P
<i>N. pruniforme</i>	2	3	Ežeras	M
<i>N. punctiforme</i>	1	2	Ežeras	M
<i>N. spongiaeforme</i>	5	8	Ežeras, tvenkinys, upė	M, P
<i>N. verrucosum</i>	4	6	Upė	B

*P – planktonas, M – metafitonas, B – bentosas, D – dirvožemis

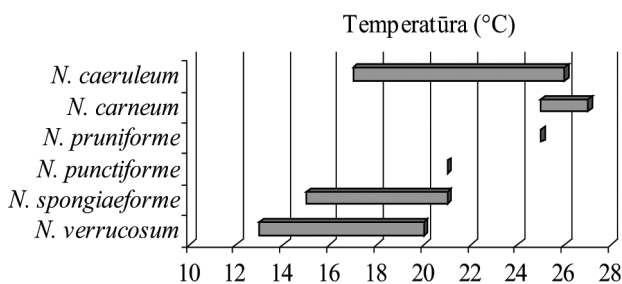
Nostoc rūšių paplitimas buveinėse. *Nostoc* rūšių individai buvo aptikti natūraliuose ir dirbtiniuose vandens telkiniuose. *N. verrucosum* yra reofilinė rūšis, aptinkama tik upeliuose ant natūralių (akmenų) ir antropogeninių substratų (pralaidų betoninių sutvirtinimų). Ežeruose aptiktos trys šios genties rūšys – *N. carneum*, *N. pruniforme* ir *N. punctiforme*. Likusių *Nostoc* rūšių (*N. caeruleum*, *N. linckia* ir *N. spongiaeforme*) tipiškos buveinės yra kūdros, tvenkiniai ir maži, seklūs, užželiančios ežerai. Šio tipo vandens telkiniuose dažnai atliekami arba pla-

nuojami atlikti gamtotvarkos darbai, kurie, išsamiai neįvertinus jų poveikio, gali neigiamai paveikti minimų *Nostoc* rūšių išlikimą.

Sausumoje tarpstančios *N. commune* rūšies individai aptikti ant įvairios mechaninės sudėties dirvožemio (smėlio, žvyro, juodžemio), sausuose ir drėgnuose (šalia vandens telkinių) vietose, rečiau – ant žolinių augalų natūralioje bei urbanizuotoje aplinkoje: pievose, mindžiojamose pievelėse, takuose, mažesnių ir didesnių kelių šalikelėse. Kelios populiacijos aptiktos intensyvaus eismo kelių šalikelėse (Vilniaus mieste). Galima manyti, kad antropogeninis veiksnys šiuo atveju turi teigiamą įtaką *N. commune* individų plitimui. Kitos – *N. ellipsoforum* sausumos rūšies individai, atvirksčiai, aptikti tik natūralioje aplinkoje ant samanų upės pakrantėje.

Nostoc rūšių ekologija. *Nostoc* genties melsvabakterės vystosi vandens telkinių planktone, metafitone ir bentose (lentelė). Daugiausia rūšių individų – *N. carneum*, *N. caeruleum*, *N. linckia*, *N. spongiaeforme* – aptikta planktone. Metafitonui priskiriamos keturios rūšys: *N. carneum*, *N. pruniforme*, *N. punctiforme* ir *N. spongiaeforme*. Dviejų rūšių – *N. caeruleum* ir *N. verrucosum* – kolonijos aptiktos bentose, prisitvirtinusios prie įvairių augalų, akmenų ar pralaidų betoninių sutvirtinimų.

Nostoc genties rūšys, aptiktos gegužės–spalio mėnesiais, vystėsi įvairios temperatūros vandenyje (13–27 °C) (1 pav.). Šiltavandenėms rūšims, aptiktoms 17–27 °C temperatūroje, galima būtų priskirti keturias rūšis: *N. caeruleum*, *N. carneum*, *N. pruniforme* ir *N. punctiforme*. Kitos dvi rūšys – *N. spongiaeforme* ir *N. verrucosum* vystėsi vandens telkiniuose, kurių vandens temperatūra buvo žemesnė ir svyravo 13–21 °C. Dėl mūsų ir literatūroje esamų negausių *Nostoc* genties individų ekologijos tyrimų duomenų sunku tiksliai pasakyti, ar vandens temperatūra turi įtakos atskirų *Nostoc* rūšių individų paplitimui ir vystymuisi vandens telkiniuose.

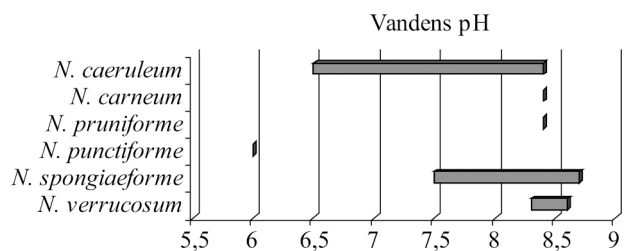


1 pav. *Nostoc* genties rūšių pasiskirstymas skirtingos temperatūros vandens telkiniuose

Fig. 1. Distribution of *Nostoc* species after the water temperature gradient

Vandens telkinių, kuriuose vystėsi *Nostoc* rūšių individai, pH svyravo nuo 6,0 iki 8,7 (2 pav.). Taigi *Nostoc*, mūsų tyrimų duomenimis, vystosi silpnai rūgščiuose ir šarminiuose vandenyse. Didžioji dalis rūšių (5 rūšys) aptikta šarminio vandens telkiniuose, kurių pH – 8,1–8,7. Mažiau rūšių (2) vystėsi neutralaus ir silpnai šarminio vandens telkiniuose (pH – 7,1–8,0) ir tik dvi rūšys (*N. punctiforme*, *N. caeruleum*) – rūgštaus vandens ežeruose (atitinkamai pH – 6,0; pH – 6,5).

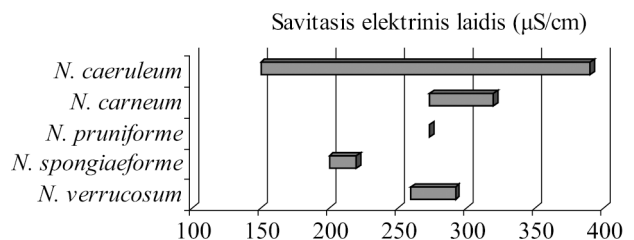
Nostoc rūšių individai vystosi vandenyse, kurių savitasis elektrinis laidis (S) nėra labai aukštas ir kinta nuo 150 iki 390 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (3 pav.). Tyrimų duomenys rodo, kad palankiausios sąlygos *Nostoc* genties rūšims vystytis susiformuoja vandenyje 250–300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ savitojo elektrinio laidžio intervale.



2 pav. *Nostoc* genties rūšių pasiskirstymas skirtingo pH vandens telkiniuose

Fig. 2. Distribution of *Nostoc* species after the water pH gradient

Nagrinėjant kiekvienos rūšies paplitimą, galima būtų išskirti *N. caeruleum*, kuri vystėsi įvairaus savitojo elektrinio laidžio vandenyje (150–390 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Kitų rūšių paplitimo amplitudė yra gerokai siauresnė (3 pav.).



3 pav. *Nostoc* genties rūšių pasiskirstymas skirtingo savitojo laidžio vandens telkiniuose

Fig. 3. Distribution of *Nostoc* species after the water conductivity gradient

Nostoc rūšys aptiktos NATURA 2000 buveinėse. Tyrimų metu penkios *Nostoc* genties rūšys buvo aptiktos Lietuvos saugotiniuose Europinės svarbos buveinėse. Tai yra *N. carneum* ir *N. pruniforme* – ežeruose su menturdumblių bendrijomis (3140), *N. caeruleum* ir *N. puncti-*

forme – natūraliuose distrofiniuose ežeruose (3160), *N. verrucosum* – upių sraunuose su kurklių bendrijomis (3260) bei *N. commune* – nesusivėrusiose žemyninėse smiltpievėse (2330). Daugumoje buveinių, ypač hidroekosistemose, dumbliai yra neatsiejami komponentai, todėl juos pažinti yra svarbu visapusiškam šių teritorijų išsaugojimui. Taip pat *Nostoc* galėtų būti naudojami kaip indikatoriniai organizmai saugotinioms buveinėms nustatyti. Kita vertus, unikalių buveinių saugojimas užtikrina *Nostoc* genties rūšių išlikimą, kurios yra svarbios tiek natūraliose ekosistemose, tiek žmogaus gyvenime.

Išvados

1. Lietuvoje 2005–2008 m. tyrimų metu yra aptiktos 9 *Nostoc* rūšys: *N. carneum*, *N. ellipso sporum*, *N. spongiaeforme*, *N. caeruleum*, *N. commune*, *N. linckia*, *N. pruniiforme*, *N. punctiforme* ir *N. verrucosum*.

2. *Nostoc* rūšys aptinkamos natūraliuose ir dirbtiniuose vandens telkiniuose. Kai kurių *Nostoc* rūšių (*N. caeruleum*, *N. linckia* ir *N. spongiaeforme*) tipiškos buveinės yra kūdros, tvenkiniai ir maži, seklūs, užželiančios ežerai, dažnai patenkantys į gamtotvarkininkų akiratį. Todėl gerai neapgalvoti vandens telkinių valymo darbai gali neigiamai paveikti šių *Nostoc* rūšių išlikimą.

3. Sausumoje aptiktos dvi *Nostoc* rūšys. Plačiai Lietuvoje paplitusi *N. commune*, aptinkama natūralioje ir urbanizuotoje aplinkoje (ant dirvožemio), kurios išplitimui teigiamą įtaką gali daryti žmogus. Kita rūšis – *N. ellipso sporum*, yra reta Lietuvoje, aptikta tik natūralioje aplinkoje – upės pakrantėje.

4. *Nostoc* genties individai yra prisitaikę vystytis įvairiomis aplinkos sąlygomis, yra pakantūs įvairiai vandens temperatūrai (13,0–27,0 °C), vandenilio jonų (pH – 6,0–8,7) koncentracijai ir savitajam elektriniam laidžiui (150–390 μS/cm).

5. Kai kurios *Nostoc* rūšys gali būti naudojamos kaip papildomi Europinės svarbos NATURA 2000 buveinių indikatoriai. *N. carneum* ir *N. pruniiforme* būdingos ežerams su menturdumblių bendrijomis (3140), *N. commune* – nesusivėrusioms žemyninėms smiltpievėms (2330), *N. caeruleum* ir *N. punctiforme* – natūraliems distrofiniams ežerams (3160) ir *N. verrucosum* – upių sraunoms su kurklių bendrijomis (3260).

Literatūra

Becher, P. G.; Beuchat J.; Gademann, K.; Jüttner, F. 2005. Nostocarboline: isolation and synthesis of a new cholinesterase inhibitor from *Nostoc* 78-12A, *J Nat Prod* 68: 1793–1795. doi:10.1021/np0503121

Dow, C. S.; Swoboda, U. K. 2000. Cyanotoxins, in B. A. Whitton and M. Potts (Eds.). *The Ecology of Cyanobacteria*, 613–632.

Hori, K.; Ishibashi, G.; Okita, T. 1994. Hypocholesterolemic effect of blue-green alga, ishikurage (*Nostoc commune*) in rats fed atherogenic diet, *Plant Foods Human Nutr* 45: 63–70. doi:10.1007/BF01091230

Jaki, B.; Orjala, J.; Sticher, O. 1999. A novel extracellular diterpenoid with antibacterial activity from the cyanobacterium *Nostoc commune*, *J. Nat. Prod* 62: 502–503. doi:10.1021/np980444x

Johnson, H. E.; King, S. R.; Banack, S. A.; Webster, C.; Callanapa, W. J.; Cox, P. A. 2008. Cyanobacteria (*Nostoc commune*) used as a dietary item in the Peruvian highlands produce the neurotoxic amino acid BMAA, *Journal of Ethnopharmacology* 118: 159–165. doi:10.1016/j.jep.2008.04.008

Jundziłł, S. B. 1811. *Opisanie roslin Litewskich wedlug ukladu Linneusza*. Wilno.

Matuszkiewiczówna, J. 1934. Glony Wilna i najbliższych okolic. Prace towarzystwa przyjaciół nauk w Wilnie, *Wydzial nauk Mat. i przyrodn.* 9: 263–277.

Mollenhauer, D.; Bengtsson, R.; Lindstrom E.-A. 1999. Macroscopic cyanobacteria of the genus *Nostoc*: a neglected and endangered constituent of European inland aquatic biodiversity, *Eur. J. Phycol.* 34: 349–360.

Pabrėža, A. 1900. *Botanica arba Taislius auguminis*. Shenandoach.

Pocienė, Č. 1960. *Apie Lietuvos vyraujančius dumblius*. Vilniaus valstybinio V. Kapsuko vardo universiteto mokslo darbai, XXXVI. Biologija, geografija, geologija, VII.

Pocienė, Č.; Indrašytė, A. 1977. Herbicido natrio trichloracetato įtaka dirvožemio dumbliams sėjomainos lauke. Lietuvos TSR aukštųjų mokyklų mokslo darbai, *Biologija* 16(1): 63–71.

Potts, M. 2000. *Nostoc*, in Whitton, B. A.; Potts, M. *The Ecology of Cyanobacteria*, 465–504.

Sant'Anna, C. L.; Paiva Azevedo, M. T.; Zanini Branco, L. H.; Komárek, J. 2007. New aerophytic morphospecies of *Nostoc* (Cyanobacteria) from São Paulo State, Brazil, *Hoehnea* 34(1): 95–101.

Skinner, S.; Entwisle, T. J. 2001. Non-marine algae of Australia: 1. Survey of colonial gelatinous blue-green macroalgae (Cyanobacteria), *Telopea* 9(3): 573–599.

Sokolowska-Rutkowska, 1932. Zespoły roślinne puszczy Rudnickiej w okolicy Rudnik i Żegaryna, *Prace Tow. Pryj., Naukw Wilnie* 7: 38–89.

Takenaka, H.; Yamaguchi, Y.; Sakaki, S.; Watarai, K.; Tanaka, N.; Hori, M.; Seki, H.; Tsuchida, M.; Yamada, A.; Nishimori, T.; Morinaga, T. 1998. Safety evaluation of *Nostoc* flagelliforme (Nostocales, Cyanophyceae) as a potential food, *Food Chem. Toxicol.* 36: 1073–1077. doi:10.1016/S0278-6915(98)00089-1

Verpritskii, A. A.; Gromov, B. V.; Titova, N. N.; Mamkava, K. A. 1991. Production of the antibiotic-algicide cyanobacterian LU-2 by the filamentous cyanobacterium *Nostoc* sp., *Microbiology* 60: 675–679.

DIVERSITY OF CYANOBACTERIUM *NOSTOC* AND ITS CONSERVANCY IN LITHUANIA

I. Špakaitė, J. Kostkevičienė

Summary

The article discusses the diversity, distribution and ecology of *Nostoc* genus in Lithuania. Nine *Nostoc* species including *N. caeruleum*, *N. carneum*, *N. commune*, *N. elliposporum*, *N. linckia*, *N. pruniforme*, *N. punctiforme*, *N. spongiaeforme* and *N. verrucosum* are recorded the most widespread of which

are *N. commune* and *N. caeruleum* species. Five species were found in NATURA 2000 territories. The widest diversity of species is recorded in aquatic habitats and only two species (*N. commune* and *N. elliposporum*) are terrestrial. *Nostoc* species grew in natural and artificial water bodies when water's pH is 6,0–8,7, temperature - 13,0–27,0 °C and conductivity - 150–390 μS/cm.

Keywords: *Nostoc*, Cyanobacteria, diversity, ecology, NATURA 2000.