

Влияние на факторите на околната среда върху микробната ценоза при два типа горски почви

Биляна Григорова-Пешева

Факултет Горско стопанство, Лесотехнически университет, София
E-mail: grigorovabilyana.b@gmail.com

Резюме

В контекста на важната роля, която имат микроорганизмите във всяка една екосистема е от изключителна значение да се познава влиянието на факторите на средата върху развитието на микроорганизмите (МО) и разнообразието на микробните съобщества. Много малък брой проучвания са акцентирани върху промяната в количеството и разпределението на микробите спрямо комплекс от фактори – тип почва, надморска височина, растителност. Настоящото проучване включва проследяването на ефекта, който оказват факторите на средата върху микробната ценоза на Кафяви горски почви и Планинско-ливадни почви на територията на Природен парк “Витоша”. Изследвани са четири пробни площи. Определени са общото микробно число на хетеротрофната микрофлора и структурата на микробните съобщества. Микробното обилие варира, в пряка зависимост от почвения тип, надморската височина и видът на растителността. Увеличаването на надморската височина, промяната в почвения тип, понижаването на температурата и промяната в растителността водят до намаляване на общото микробно число. Факторите на средата влияят на разпределението на микробните групи в различните почвени типове (Кафява горска почва и Планинско-ливадна почва).

Ключови думи: микроорганизми, Кафяви горски почви, Планинско-ливадни почви фактори на средата, биогенност

Influence of environmental factors on microbiocenosis under two types of forest soils

Bilyana Grigorova-Pesheva

Faculty of Ecology and Landscape Architecture, University of Forestry, Sofia
E-mail: grigorovabilyana.b@gmail.com

Abstract

Grigorova-Pesheva, B. (2019). Influence of environmental factors on microbiocenosis under two types of forest soils, *Bulgarian Journal of Soil Science, Agrochemistry and Ecology*, 53(3-4), 34-44

In the context of the important role that micro-organisms play in each ecosystem, it is crucial to know the impact of environmental factors on microbial development and the diversity of microbial communities. Only a couple of studies have highlighted the change in the amount and distribution

of microbes according to a complex of factors - type of soil, altitude, vegetation. Our study includes the tracking of the effect of environmental factors on Cambisols and Umbrisols on the territory of the Vitosha Nature Park. Four test areas were investigated, the total microbial number of the heterotrophic microflora, as well as the structure of the microbial communities, were analyzed. The microbial abundance varies, in direct dependence on the soil type, altitude and the type of vegetation. The increase in altitude, the change in soil type and the change in vegetation lead to a decrease in the total microbial number. Environmental factors affect the biogenicity and distribution of microbial groups in different soil types (Cambisols and Umbrisols).

Keywords: microorganisms, Cambisols, Umbrisols, environmental factors, biogenicity

Горските територии имат основна роля в регулирането на климатичните процеси, участие в геохимичните цикли и основно в глобалния кръговрат на въглерода, където те се явяват главен резервоар на този елемент (Malhi et al., 1999). Почвените микроорганизми участват активно в тези процеси и са неизменна част от всяка екосистема. Състоянието, обилието и разнообразието в микробните съобщества е основен индикатор за оценката на цялата горска екосистема. Изследването на аспектите на микробната екология са от съществено значение за обяснение на процесите, които протичат във всяка една екосистема (Li et al., 2014). Съставът и структурата на микробните съобщества често се различават в зависимост от факторите на средата – тип почва, надморска височина, растителност. От редица проучвания е известно, че условията на почвообразуване оказващи влияние за отделянето на почва на ниво тип и дълбочината на отделните хоризонти са във връзка с разпределението на микробните групи, тяхната плътност и функционалната им активност (Fierer et al., 2003; Bhattarail et al., 2015). Различия могат да са породени и от промяна в температурата (Sundqvist et al., 2013).

Установена е зависимостта на микробните съобщества от растителната покривка. Наблюдава се намаляване на богатството на бактериалните таксони и тяхното филогенетично разнообразие с намаляване на надморската височина, което контрастира с пика в богатството и филогенетичното разнообразие на растителните видове при средна надморска височина (Bryant et al., 2008).

В някои проучвания се отчита връзка между промяната в надморската височина и температурата, както и положителна корелацията между повишаването на температурата и увеличаване на скоростта на разлагане, като всичко това е съпроводено с увеличаване на микробната активност (Uchida et al., 2000). В други изследвания се доказва връзката между структурата на микробните съобщества и промяната в температурата при нарастване на надморската височина (Lipson, 2007).

Целта на настоящата работа е анализ на състава на почвения микробоценоз и неговото разнообразие при два почвени типа – Кафява горска почва и Планинско-ливадни почви.

Материали и методи

Изследването е проведено на територията на Природен парк „Витоша“, който се характеризира с големи различия във височинния градиент на релефа (800 m н.в.-2290 m н.в.). Заложени са четири пробни площи на територията на природен парк „Витоша“. Паркът е разположен в югозападна България. Координатите на географският му център са 42°32'39" г.ш и 23°15'43" г.д., а средната му височина е 1317,4 m. Той обхваща почти цялата планина, която граничи с най-високите полета у нас – Софийското /550 m/, Пернишкото /750 m/ и Самоковското /950 m/. Витоша е първият национален парк в страната. Територията му е с изключително биологично и ландшафтно разнообразие. За обект на изследване са избрани територии с различен почвен тип – Кафяви

горски и Планинско-ливадни, при различни растителни съобщества. Заложени са 4 пробни площи (ПП). В зоната на Кафява горска почва една в букови насаждения (*Fagus sylvatica*) и в насаждения от смърч (*Picea abies*). В зоната на Планинско ливадните почви са заложени профил под тревна растителност (*Nardus stricta*, *Vaccinium* sp, *Juniperus* sp.) и профил под клек (*Pinus mugo*). Пробовземането е извършено по генетични хоризонти в това число и мъртвата горска постилка (МГП). Пробонабирането е направено през септември 2018 година.

Анализирани са следните показатели на почвите: рН във вода, потенциометрично (ISO 10390). Общ и органичен въглерод са определени чрез модифициран метод на Тюрин (Kononova, 1963; Filcheva & Tsadilas, 2002). Общ N е определен по метода на Келдал (ISO 11261:1995). Микробиологичните анализи са извършени по метода на разреждането (от 10^{-1} до 10^{-4}) за всяка почвена проба, чрез посявка на селективни хранителни среди, в три повторения.

Микробиологичните анализи включват определяне на:

- Неспорообразуващи бактерии и бацили – на месопептонен агар (МПА) и култивиране при температура около 28°C , за 48 часа.

- Актиномицети – на селективна среда за актиномицети и култивиране при 27°C - 28°C до 14 денонощия;

- Микромицети – на среда Чапек, при 25°C , култивиране за 7 дни;

Броят на жизнеспособните клетки е отчетен чрез метода на броене в петри на твърда хранителна среда (Parks & Ronald, 1997; Küsel et al., 1999; Davis et al., 2005). Отчитането на получените резултати е извършено в КОЕ g/ абс.сух. почва.

Резултати и обсъждане

Различните групи микроорганизми като част от живите организми са пряко свързани с факторите на почвообразуване. Изследването в зоната на различни почвени типове е свързано с промяна в състоянието и поведението на

микроорганизмите, а с увеличаване на надморската височина това се изразява в потискане на развитието и размножаването на микрофлората (Beales, 2006).

Почвената киселинност влияе върху разпределението на микроорганизмите в почвата. Резултатите представени в таблица 1 показват, че всички изследвани почви, според своята активна киселинност рН във вода попадат в диапазон на рН между 4,3-5,3 от силно до средно кисела. Отчетената киселинност в изследваните почвени типове не позволява протичане на гнилостни процеси, респективно амонифициращите процеси в почвата протичат нормално. Стойностите за рН при ПП2 и ПП4 са много силно кисела реакция, която се свързва и с присъствие на фулвокиселини (Ganev, 1990). За ПП1 и ПП3 отчетеното рН е по-благоприятно за живите организми. Според изследвания за Планинско-ливадните почви в ПП „Витоша“ при тях с най-кисела реакция се характеризира повърхностния 10 cm слой при които рН е $4,53 \pm 0,06$ (Malinova et al., 2019).

Кафяви горски почви от ПП1 са средно хумусни, а тези от ПП2 са обилно запасени с хумус (Penkov, 1995). Кафявите горски почви от ПП1 имат средно съдържание на общ N, а при почви от ПП2 съдържанието му е много високо (Vanmechelen et al., 1997).

Количеството на хумус се увеличава с повишение на надморската височина (таблица 1). При Планинско-ливадни почви имат по-голям запас хумус, както и азот в сравнение с Кафявите горски почви (Penkov, 1995). В проучване за съдържанието на органичен въглерод при основни почвени типове са охарактеризирани профили на Кафява горска и Планинско ливадна като хумусни, ненаситени, с кисел и груб хумус като тази тенденция се увеличава с вертикалното зонирание (Hristova et al., 2016).

Степента и скоростта на разлагане на органиката са силно зависими от съотношението на C:N. В този смисъл при най-ниското съотношението C:N при ПП1 на 1289 н.в. микроорганизмите в по-малка степен ще се конкурират с растенията за азотните форми и разлагането на органиката

Таблица 1. Основни характеристика на изследваните почви
Table 1. Main characteristics of the studied soils

ПП №	Надморска височина Altitude (m)	Почвен тип Soil type	Растителност Vegetation	pH	Хумус Humus %	Орг. С org. C g.kg ⁻¹	Общ N Total N g.kg ⁻¹	C:N
1	1289	Кафявагорска (Cambisols)	Бук (Fagus sylvatica)	5,3	2,74	15,9	2,0	8
2	1565	Кафявагорска (Cambisols)	Обикновен смърч (Picea abies)	4,3	9,39	54,5	4,7	12
3	1845	Планинско-ливадна (Umbrisols)	Клек (Pinus mugo)	5,0	12,03	69,8	5,3	13
4	2261	Планинско-ливадна (Umbrisols)	(Nardus stricta, Vaccinium sp, Juniperus sp.)	4,5	20,24	117,4	9,4	12

ще протича по-интензивно в сравнение с пробните площи на по-висока надморска височина (Barber, 1995).

В таблица 2 са представени микробиологични показатели при двата почвени типа (КОЕ g/абс.сух. почва). Изследванията показват, че проучвания в зоната на различни почвени типа са свързани с промени в тяхната биогенност (Bhattarai et al., 2015, Fierer, 2003).

Биогенност на почвата

Микробиологичните анализи показват различно количество обща микрофлора и различна степен на минерализация при двата типа почви, като подобни резултати са получени и от други автори (Zhanget al., 2013). И при двата типа изследвани почви, биогенността на почвата намалява по дълбочината на почвения профил. Това намаляване е свързано с понижението на аерация, на влажност и достъп на свежа органика, което потиска развитието на микробната биота по дълбочина на почвения профил.

Съдържанието на микроорганизми е няколкократно по-високо в МГП отколкото по дълбочината на почвения профил, като тази тенденция е ясно очертана и при двата почвени типа, но между

тях по-голямо е обилие на микробоценоза при Кафявите горски почви. Интересно е повишеното съдържание на микроби в МГП под букови насаждения при Кафяви горски почви спрямо тази от смърч. Преходът между почвените типове отличава силно надморската височина като фактор за намаляване в общото микробно число в МГП, разбира се наред с влиянието на растителните видове. По-голямо количество на микроби в МГП на Кафявите горски почви под бук е свързано основно с видът на опада. Широколистният опад стимулира развитието на МО, докато иглолистния поради киселият си характер ги потиска. Нашите изследвания кореспондират с други които доказват, че опада от широколистни и иглолистни видове, имат различен химичния състав и влияят по различен начин върху развитието на почвените микроорганизми (Bach et al., 2010; Prescott & Grayston, 2013).

Резултатите показват по-обилно количество микроорганизми в хумусно-акумулативния хоризонт на Кафявите горски почви спрямо Планинско-ливадни почви. С нарастване на надморската височина се установява плавен спад в общото микробно число, което е обусловено от по-ниските температури и промяната във физичните и химичните параметри при прехода

Таблица 2. Отчетени микробиологични показатели (КОЕ g/абс.сух. почва)
Table 2. Reported microbiological parameters (Colony forming units g/absolute dry soil)

№ПП	Почвени хоризонти	Дълбочина на пробовземане (cm)	Обща микрофлора	Бацили	Неспоро-образуващи бактерии	Плесенни гъби	Актиномицети
1	МГП	1	1,3x10 ⁷	5,6x10 ⁶	7,5x10 ⁶	1,4x10 ⁵	7,7x10 ⁵
	А	1	3,0x10 ⁶	9,5x10 ³	1,9x10 ⁶	1,6x10 ⁴	1,2x10 ⁵
	В	10	1,4x10 ⁵	5,6x10 ⁴	5,7x10 ⁴	5,0x10 ³	1,5x10 ⁴
2	МГП	1	7,3x10 ⁶	1,9x10 ⁶	3,6x10 ⁶	6,3x10 ⁵	1,1x10 ⁶
	А	10	2,8x10 ⁶	6,9x10 ⁵	1,8x10 ⁶	7,3x10 ⁴	2,0x10 ⁵
	В	25	5,5x10 ⁵	1,1x10 ⁵	3,9x10 ⁵	3,7x10 ⁴	1,3x10 ⁴
3	МГП	2	7,1x10 ⁶	2,3x10 ⁶	2,6x10 ⁶	1,6x10 ⁵	2,0x10 ⁶
	А чим	6	6,6x10 ⁶	2,1x10 ⁶	2,3x10 ⁶	1,0x10 ⁶	1,1x10 ⁶
	А	11	1,6x10 ⁶	5,2x10 ⁵	8,2x10 ⁵	9,6x10 ⁴	1,5x10 ⁵
4	Ачим	2	9,1x10 ⁶	7,1x10 ⁶	2,7x10 ⁵	6,4x10 ⁵	1,1x10 ⁶
	А	25	9,0x10 ⁵	3,2x10 ⁵	3,9x10 ⁵	4,8x10 ⁴	1,4x10 ⁵

от Кафяви горски към Планинско ливадни почви (фиг. 1). Този факт се потвърждава и от други изследвания доказващи, че микробната активност намалява с увеличаване на надморската височина и понижаване на температурата при алпийски и субалпийски почви (Margestin et al., 2008). Отнова в субалпийската и алпийска пояс други проучвания показват нарастване на обилието с увеличаване на надморската височина, поради по-високо количество на органичен въглерод, азот и други хранителни елементи (Siles & Margestin, 2016).

В метаморфния хоризонт, по-високо съдържание на микроби е отчетено в насаждения от обикновен смърч сравнено с буковите насаждения на същия тип почва – Кафява горска. По-високото съдържание на микроорганизми може се обясни със състава на МГП от смърч и на по-високата влажност. Иглолистната маса се разгражда по-бавно в началния етап на опада, като част от хранителните вещества се отмиват в дълбочина на почвения профил и заедно с по-високата влажност създават подходящи условия за развитие на микроорганизми.

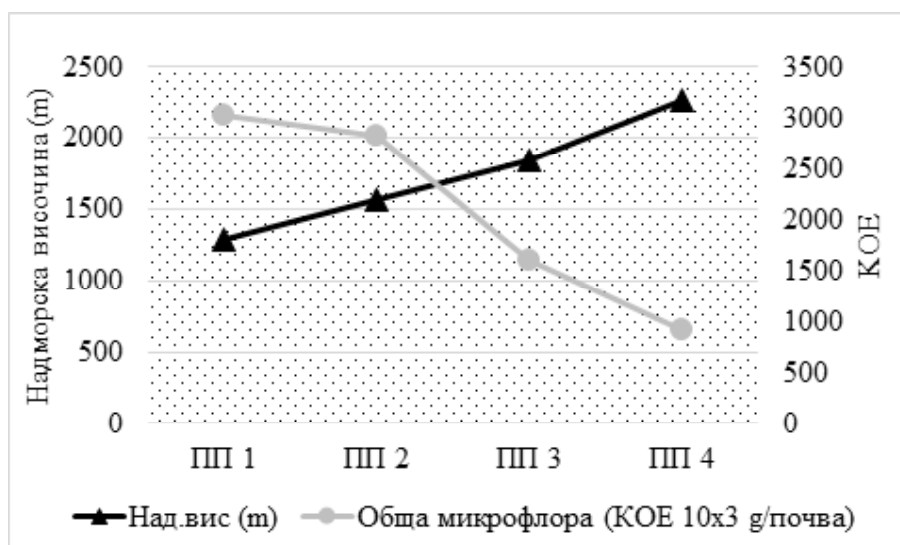
В Планинско-ливадните почви в Ачим се установява увеличаване на микробното число

с увеличаване на надморската височина. От сравнителния анализ се установява намаляване на общата микрофлора в дълбочина на всички изследвани почвени профили, независимо от факторите на средата, като подобни резултати се съобщават и от други автори (Tripathi et al., 2018).

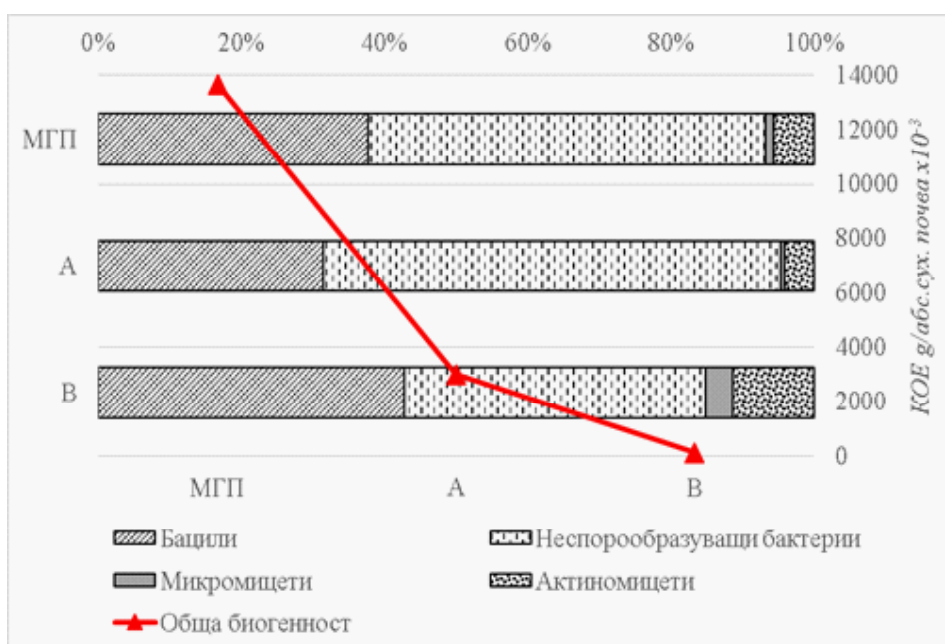
Състав и разпределение на микробните групи в дълбочина

Резултатите от микробиологичните анализи през месец септември за относителното разпределение на микробните групи и динамиката в общата биогенност по хоризонти са показани на фигури от 2 до 5. Профилното разпределение на МО в почвите е индикатор за протичането на биогеохимичните процеси в почвените екосистеми (Perfanova et al., 2015).

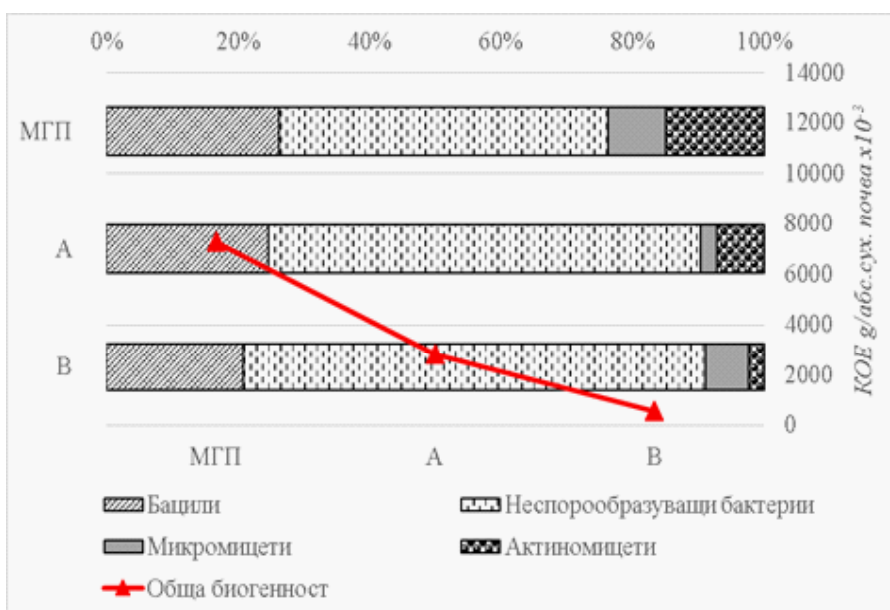
Резултатите от микробиологичните анализи сочат различно относително разпределение на микробните групи в изследваните профили. Наблюдават различни тенденции в разпределението на тези групи в двата почвени типове. Първите две пробни площи са заложени в Кафяви горски почви на надморска височина



Фиг. 1 Изменение на общата микрофлора в А-хоризонт, с промяна на надморската височина
Fig. 1 Changes in the total microflora in the A horizon, in relation to the altitude change

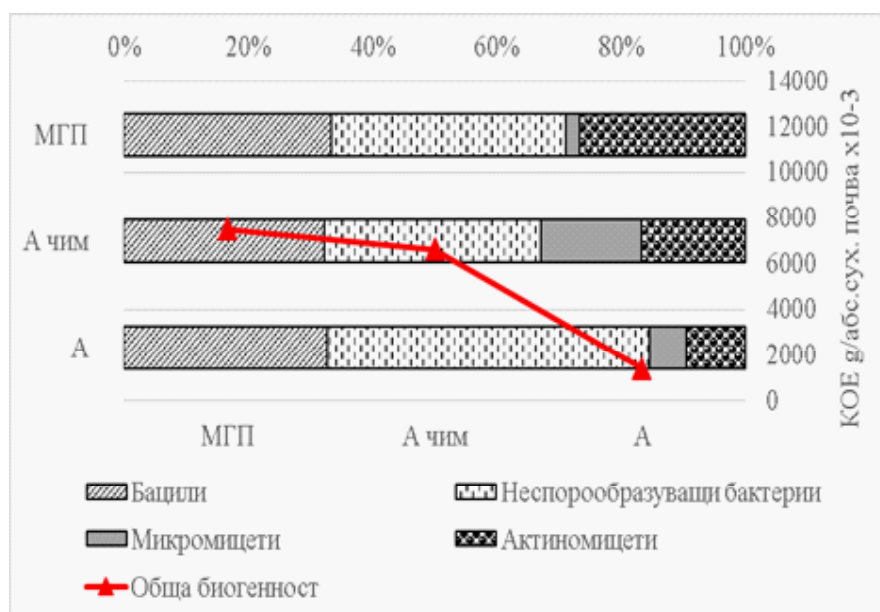


Фиг. 2 Относителен дял на микробните групи(ПП1)
Fig. 2 Relative share of microbial groups (Test Area 1)



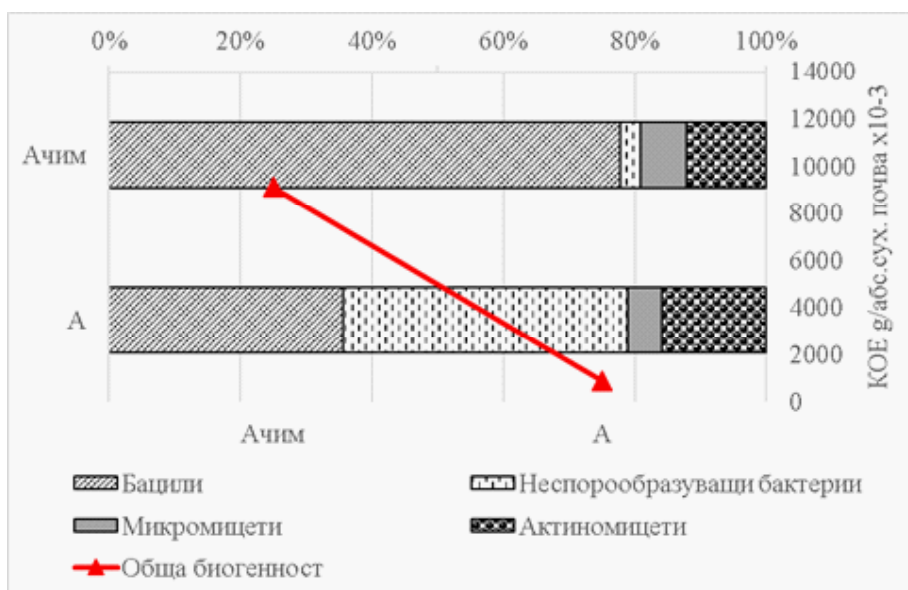
Фиг. 3 Относителен дял на микробните групи(ПП2)

Fig. 3 Relative share of microbial groups (Test Area 2)



Фиг. 4 Относителен дял на микробните групи(ПП3)

Fig. 4 Relative share of microbial groups (Test Area 3)



Фиг. 5 Относителен дял на микробните групи(ПП4)
Fig. 5 Relative share of microbial groups (Test Area 4)

както следва, ПП1 на 1289 m и ПП2 на 1565 m (фиг. 2, фиг. 3).

При Кафяви горски почви ясно се открояват няколко тенденции в относителното количествено разпределение на микробните групи. Във всички изследвани хоризонти доминират неспорообразуващите микроорганизми, следвани от бацилите. Това разпределение на микробните групи говори за превес на процесите на деструкция на лесноразградима органика. В МГП с най-голям дял са неспорообразуващите бактерии. Голямото относително участие на тази микробна група е свързано с намиращите се в опада лесноразградими органични компоненти. Тяхното относително количество намалява с увеличаване на надморската височина, като на 1032 m то е 1,2 пъти по-голямо спрямо отчетеното на 1565 m. Това намаляване вероятно се дължи на промяна в количеството и видът на органичната маса, която попада с опада, както и на намаляване на температурата. Относителното количество на бацилите намалява във височина за сметка на повишаване на относителното участие на гъбите и актиномицетите. Микромшицетите в МГП се увеличават драстично с увеличаване на надморската височина с над 12 пъти, което се

дължи на по-високата влажност във височина и натрупването на по-трудно разградими органични вещества, като целулоза, лигнин и восъци, които се явяват хранителна база за тези микроорганизми.. Наблюдава се и увеличаване на относителното участие на актиномицетите с увеличаването на надморската височина при този тип почви, което потвърждава, че започват процеси на активна деструкция на трудноразградимата органика.

В А-хоризонт на Кафявите горски почви се наблюдава обратна тенденция в относителното участие на неспорообразуващите бактерии в сравнение с МГП. Тук относителното участие на неспорообразуващите МО нараства с увеличаване на надморската височина. Нарастването на относителния дял на неспорообразуващите микроорганизми в А хоризонт показва засилени процеси на деструкция на лесноразградима органика. Тенденцията в дяла на бацилите спрямо общата микрофлора следва намаляване с увеличаване на надморската височина. При групата на актиномицетите и гъбите се наблюдава повишаване на относителното участие във височина, което говори, че с нарастване на надморската височина се подобряват суловията

за развитие на тези микробни групи- влажност, аерация, подходяща хранителна база.

В В-хоризонт отново има ясно изразена тенденция за увеличаване на относителния дял на неспорообразуващите бактерии с увеличаване на надморската височина. При 1289 m те съставляват 1,7 пъти по-малък дял от общата микрофлора спрямо отчетените стойности на 1565 m н.в. При групата на бацилите се наблюдава обратна тенденция към намаляване на дяловото участие с увеличаване на надморската височина. Бацилите участват в по-напредналата фаза на минерализиране на органични вещества. Тяхното намаляване във височина предполага, че с увеличаване на надморската височината процесите на дълбока минерализация в дълбочина на почвения профил затихват. Увеличеното количество на неспорообразуващите бактерии, както и сравнително ниското относително участие на бацили и актиномицети дава основание да се заключи, че процесите на дълбока минерализация на органичните вещества намаляват с увеличаване на надморската височина в дълбочина на почвения профил. При групата на актиномицетите и микромицетите не се наблюдава ясно изразена тенденция спрямо височинния градиент.

При Планинско-ливадните почви на надморска височина съответно на 1845 m и 2261 m се наблюдават съществени различия в процентното разпределение на микробните групи (фиг. 4, фиг. 5). На 1845 m, доминиращите групи в Ачим, неспорообразуващи бактерии и бацили са с почти изравнено дялово участие от общата микрофлора. С увеличаване на надморската височина над 2000 m, относителното количество на бацилите се увеличава с 2,3 пъти и достига до 77,78% от общата микрофлора. Това увеличаване е свързано с драстичното намаляване на неспорообразуващите бактерии с над 12 пъти, като на надморска височина от 2261 m те съставляват едва 3,03% от общата микрофлора. Тези данни показват рязка промяна в условията на средата, което обуславя промяна в доминиращата група микроорганизми. По наличието на бацили може да се съди за степента

на минерализация на органични съединения. Увеличаването на техния относителен дял от общата микрофлора предполага протичане напреднала фаза на минерализиране на органични вещества с увеличаване на надморската височина над 2000 m в Ачим хоризонт, поради натрупването в него на големи количества неразложена коренова органична маса.

В Планинско-ливадните почви относителният дял на актиномицетите е по-висок спрямо Кафявите горски почви. С увеличаване на надморската височина, въпреки това намалява относителното количество на актиномицетите с 1,4 пъти. По-високото количество на актиномицети в Планинско-ливадните почви предполага, че в тези почви спрямо Кафявите горски се наблюдават минерализиране на по-трудно разлагаща се органика. Наблюдава се намаляване на участието на микромицетите с над 2 пъти.

В А-хоризонт на разглежданите Планинско-ливадни почви както и при Кафявите горски почви доминират неспорообразуващите микроорганизми. Относителното участие на бацилите се увеличава с увеличаване на надморската височина с 1,1 пъти, което говори че при този тип почви напредналата фаза на минерализация на органиката протича по-активно с увеличаване на надморската височина. Отново се наблюдава намаляване на относителното участие на неспорообразуващите микроорганизми с увеличаване на надморската височина. За разлика от Ачим хоризонт, в А хоризонт участието на актиномицетите във височина се увеличава. Това говори, че с увеличаване на надморската височина при този тип почви се увеличава относителното участие на микроорганизмите участващи в минерализиране на по-трудно разлагаща се органика. Количеството на микромицетите намаляват в дълбочина и при двата разглеждани профила. Относителния дял на тази група микроорганизми в Планинско-ливадните почви намалява с увеличаване на надморската височина, което се дължи на намаляване на хигроскопичната влажност на почвата.

При сравнителен анализ на двата почвени типа са

установени ясни тенденции в разпределението на микробните групи. В Кафявите горски почви процентното участие на неспорообразуващите микроорганизми е многократно по-високо спрямо изследваните Планинско-ливадни почви. В минералният хоризонт тази тенденцията се запазва. При сравняване на процентното участие на бацилите се наблюдава обратна тенденция. При Планинско ливадните почви бацилите заемат по-голямо процентно участие спрямо Кафявите горски почви.

Заклучение

В резултат на проведеното изследване е установено, че факторите на средата влияят на биогенността на почвата и на разпределението на микробните групи в различните почвени типове (Кафява горска почва и Планинско-ливадна почва). Установява се намаляване на общата микрофлора при Планинско-ливадните почви спрямо Кафявите горски почви, което се дължи на промени в надморската височина, респективно в температурата и растителността. При Кафява горска почва в А и В хоризонти процентното участие на неспорообразуващите бактерии се увеличава с увеличаване на надморската височина, а на бацилите намалява. При изследваните Планинско-ливадни почви процентното количество на бацилите се увеличава с нарастване на надморската височина, докато процентното участие на неспорообразуващите микроорганизми спада с увеличаване на височинния градиент.

Благодарности

Изследването е възможно благодарение на проект № Б22/07.03.2018 на НИС ЛТУ

Литература

Bach, L., Grytnes, J., Halvorsen, R., & Ohlson, M. (2010). Tree influence on soil microbial community structure. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(11), 1934-1943.

Barber, S. (1995). Soil Nutrient Bioavailability. A mechanistic approach. *Wiley*, 414.

Beales, N. (2006). Adaptation of microorganisms to cold temperatures, weak acid preservatives, low pH and osmotic

stress. *Food Science and Food Safety*, 3(1), 1-20.

Bhattarai, A., Bhattarai, B., & Pandey, S. (2015). Variation of Soil Microbial Population in Different Soil Horizons. *Journal of Microbiology & Experimentation*, 2(2), 44-47.

Bryant, J., Lamanna, S., Morlon, H., Kerkhoff, A., Enquist, B., & Green, J. (2008). Microbes on mountain-sides: Contrasting elevational patterns of bacterial and plant diversity. *PNAS*, 105, 11505-11511.

Davis, K., Joseph, S., & Janssen, P. (2005). Effects of growth medium, inoculum size, and incubation time on culturability and isolation of soil bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 826-834.

Fierer, N., Schimel, J., & Holden, P. (2003). Variations in microbial community composition through two soil depth profiles. *Soil Biology and Biochemistry*, 35(1), 167-176.

Filcheva E., & Tsadilas, C. (2002). Influence of Clin-iptilolite and Compost on Soil Properties. *Communication of Soil Science and Plant Analysis*, 33, 595-607.

Ganev, S. (1990). Modern soil chemistry. *Science and art, Sofia*, 371 (Bg).

Hristova, M., Katsarova, A., & Filcheva, E. (2016). Assessment of organic carbon content in the main soil types of Bulgaria. *Scientific Reports Published by BHSS*, 329-338 (Bg).

Kononova, M. (1963). Organic soil. Its nature, properties and methods of study. *Academy of Sciences of the USSR, Moscow*, p. 314.

Küsel, K., Wagner, C., & Drake, H. (1999). Enumeration and metabolic product profiles of the anaerobic microflora in the mineral soil and litter of a beech forest. *FEMS Microbiology Ecology*, 29, 91-103.

Li, J., Wang, G., Allison, S., Mayes, M., Luo, Y. (2014). Soil carbon sensitivity to temperature and carbon use efficiency compared across microbial-ecosystem models of varying complexity. *Biogeochemistry*, 119, 67-84.

Lipson, D. (2007). Relationships between temperature responses and bacterial community structure along seasonal and altitudinal gradients. *FEMS Microbiology Ecology*, 59(2), 418-427.

Malhi, Y., Baldocchi, D., & Jarvis, P. (1999). The carbon balance of tropical, temperate and boreal forests. *Plant Cell Environ*, 22, 715-740.

Malinova, L., Pavlov, P., & Hristov, B. (2019). Content and stock of organic carbon in soils on the territory of Vitosha Nature Park, *Forestry ideas*. in press.

Margestin, R., Jud, M., Tscherko, D., & Schinner, F. (2008). Microbial communities and activities in alpine and subalpine soils. *FEMS Microbiol Ecology*, 67(2), 208-218.

Parks, L. C., & Roland, M. (1997). Handbook of Microbiological Media. *CRC Press, Inc.*

Penkov, M. (1995). Assessment of agricultural land in Bulgaria, Institute of Architecture and Construction (Bg).

Perfanova, J., Valchovski, H., & Petrova, V. (2015). Distribution of soil microorganisms in four soil types. *Soil*

and agrotechnology in a changing world, Sofia, 637-641 (Bg).

Prescott, C., & Grayston, S. (2013). Tree species influence on microbial communities in litter and soil: Current knowledge and research needs. *Forest Ecology and Management*, 309, 19-27.

Siles, J., & Margesin, R. (2016). Abundance and Diversity of Bacterial, Archaeal, and Fungal Communities Along an Altitudinal Gradient in Alpine Forest Soils: What Are the Driving Factors?. *Microbial Ecology*, 72, 207–220.

Sundqvist, M., Sanders, N., & Wardle, D. (2013). Community and Ecosystem Responses to Elevational Gradients: Processes, Mechanisms, and Insights for Global Change. *Ecology, Evolution, and Systematics*, 44, 261-280.

Tripathi, B., Kim, M., Kim, Y., Byun, E., Yang, J., Ahn, J., & Lee, Y. (2018). Variations in bacterial and archaeal communities along depth profiles of Alaskan soil cores. *Scientific Reports*, 8(1), 504.

Uchida, M., Nakatsubo, T., Kasai, Y., Nakane, K., & Horikoshi, T. (2000). Altitudinal differences in organic matter mass loss and fungal biomass in a subalpine coniferous forest, Mt. Fuji, Japan. *Antarctic, and Alpine Research*, 32(4), 262–269.

Vanmechelen, L., Groenemans, R., & Van Ranst, E. (1997). Forest Soil Condition in Europe. Results of Large-Scale Soil Survey. *Brussels*, 261.

Zhang, B., Liang, C., He, H., & Zhang, X. (2013). Variations in Soil Microbial Communities and Residues along an Altitude Gradient on the Northern Slope of Changbai Mountain. *PLoS One*, 8(6).