

**14. СПРАВКА ЗА ОРИГИНАЛНИТЕ НАУЧНИ ПРИНОСИ,  
КЪМ КОИТО СЕ ПРИЛАГАТ СЪОТВЕТНИТЕ  
ДОКАЗАТЕЛСТВА**

**СПРАВКА ЗА ОРИГИНАЛНИТЕ НАУЧНИ ПРИНОСИ**

на ДОЦЕНТ Д-Р ДОЛЯ КАЛЧЕВА ПАВЛОВА-ТОНКОВА

КАТЕДРА БОТАНИКА,

БИОЛОГИЧЕСКИ ФАКУЛТЕТ, СУ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ”

**Приноси в научните трудове по Показател В 4.  
(Хабилитационна справка)****I. Въведение**

В хабилитационната справка са включени общо **14** публикации (**№№ 54-68** от списъка на научните трудове за участие в конкурса), които очертават изследователските интереси и научни приноси в проучването на висшата флора на серпентинитните терени в Родопи планина (Източни и Средни) по отношение на нейното разпространение, генезис и специфични особености на видове растящи при екстремни едафични условия.

Обект на проучване в продължение на повече от две десетилетия са най-големите територии у нас заети от ултрамафични скали (с > 70% феромагнезиеви минерали), каквито са серпентинитите разпространени в Родопския масив южно от Крумовград, южно от Ивайловград, източно от Златоград, западно от Асеновград. Флората на по-малките серпентинитни тела около гр. Гоце Делчев, с. Сатовча, връх Малка Сютка в Родопите, в Рила, Беласица, Огражден и Влахина планина (Кожухарова, 1977, 1985, 1987) също се явява обект на проучване и анализ, като значителна част от резултатите са представени в научните трудове по конкурса извън тези по хабилитационната справка.

Ултрамафичните скали заемат едва 1% от територията на Земята (Roberts, 1992) и в много части на света се свързват с *необичайна флора*, включваща редки и ендемични растения, както и различни морфотипове на известни таксони. Особеният интерес към тези скали от страна на ботаници и еколози се дължи на тяхната специфична геологична структура, явяваща се важен фактор за формообразуването при растенията. Уникалните химически и физически характеристики на скалите и на почвите образувани над тях включват: ниски нива на съществени макроелементи като калий (K), фосфор (P), азот (N); отсъствие на някои микроелементи; токсични концентрации на елементи като магнезий (Mg), никел (Ni), кобалт (Co) и хром (Cr); ниско съотношение на Ca:Mg, както и тенденция към слабо задържане на вода (Brooks, 1987). Комплексът от химични,

физични и биотични фактори и техните взаимовръзки формират „серпентинитен синдром“ оказващ значителен ефект върху растителната покривка (Jenny, 1980; Brady et al., 2005). В резултат на това се формира специфична флора, съставена от видове устойчиви в някаква степен към високото съдържание на метали (Williamson et al., 1997). Други растения при адаптацията си към серпентинитите са развили удивителни способности в процеса на еволюция, а именно да натрупват изключително високи концентрации от токсични елементи. Такива растения наричани „хиперакумулатори“ (Brooks, 1987) днес намират приложение в модерните технологии за почистване на почви от метали (фиторемедиация) както и за добиване на метал чрез растенията (фитомайнинг) използван в редица индустрии. Световно известни центрове на разпространение на растения Ni-хиперакумулатори са Средиземноморската област (основно видове от род *Odontarrhena* (syn. *Alyssum*, sect. *Odontarrhena*), Brassicaceae) и тропичните райони в Бразилия, Куба, Нова Каледония и Югоизточна Азия (видове от род *Phyllanthus*, Phyllanthaceae) (Reeves, 2003; Reeves et al., 2018).

Еволюцията на физиологичния толеранс към серпентинитната почва води до *изменения в морфологията на растенията* и често се наблюдава контраст между флората развиваща се върху серпентинити и тази формирана върху съседни несерпентинитни терени. Така растенията растящи върху серпентинити са адаптирани към сухи почви и са по-дребни в сравнение с техните родственици от несерпентинитните почви. Наличието на тежки метали в почвите води до токсичност при растенията предизвикваща хлороза, антагонизъм с други минерални елементи, йонен дефицит и потискане развитието и растежа на корена (Antonovics et al., 1971).

Серпентинитите са *моделна система за изучаване и представяне на фундаменталния въпрос за видообразуването*. Те допринасят за видообразуването по два основни начина. Първо, адаптацията към серпентинита може индиректно да допринесе за пре- и постзиготична репродуктивна изолационна бариера, която генетически изолира серпентинитните популации от несерпентинитните. Второ, мозаечното разпространение на популациите върху серпентинита допринася за географската им изолация.

*Серпентинитите се характеризират с наличието на нео- и палеоендемисти*, като формирането им зависи от биогеоисторията на дадена територия, от наличието на подходящи хабитати, а популациите им са малочислени и уязвими (Brooks, 1987; Changwe and Balkwill, 2003; Kay et al., 2011). Значението на серпентинитната скала като основа за флорогенезиса включва, както формирането и развитието на ендемична флора,

така и оцеляването на реликтите. Уникалността на серпентинитната флора според Kruckeberg (1984, 1992) произтича от особеното съчетание на четири типа флорни елементи: 1) ендемити тясно привързани към серпентинитите; 2) локални индикаторни видове показващи силна привързаност, но не и ограниченост към серпентинитите; 3) широко разпространени видове, които се явяват при различни хабитати, както върху серпентинитни, така и при несерпентинитни почви; 4) видове-изключения за ултрамафичните скали.

Най-големите територии със серпентинити в Европа се наблюдават в южните части на континента и главно на Балканския полуостров. Серпентинитните области на Балканите съществуват като огромни масиви или като малки, изолирани от други геологични формации петна в Централна Босна, Западна и Централна Сърбия, където областта е известна като Сръбска офиолитна зона (Tatić and Veljović, 1992), Северна и Югоизточна Албания и Северна Гърция. Малки серпентинитни тела се наблюдават в Южна България, Северна Македония, както и в европейската част на Турция. По-големите територии със серпентинити в Турция са съсредоточени в азиатската част на страната и са също обект на интензивни проучвания (Kruckeberg et al., 1999; Reeves and Adigusel, 2008). Най-големите масиви от серпентинити на Балканите и най-интересни от флористична гледна точка поради големия брой ендемити и активни формообразователни процеси са тези на територията на Албания и Гърция, които се считат все още за слабо проучени (Brooks, 1987).

Целенасочени изследвания върху серпентинитите у нас са започнати през 1997 г. с изучаване на флората им в Източните Родопи, а по-късно и на по-малки серпентинитни тела в други райони на страната ни. Първичният флористичен анализ е необходим, за да се докаже произхода и спецификата на флората на съответната територия и връзките ѝ със серпентинитните флори от другите страни на Балканския полуостров. Малко се знае за броя на ендемичните видове на тези територии и от тук изучаването на българските серпентинити се оказва важен момент при определяне на активни защитни мероприятия за запазване на един уникален тип растителност и екосистеми. Липсата на цялостно изследване на серпентинитната флора на България от таксономична и екологична гледна точка, както и нарастващият интерес в световен мащаб към тези скали и възможностите за използване на серпентинитни растения в съвременните биотехнологии и селскостопанската практика, стимулираха интензивните проучвания у нас.

Основните приноси с оригинален характер от публикуваните самостоятелно или в сътрудничество с колеги от страната и чужбина (Албания, Испания, Франция и Нова Зеландия) научни резултати при разработката на изследователски проекти са обобщени в следващата част.

## II. Основни научни приноси

Изследванията върху висшата серпентинитна флора в Родопи планина (Източни и Средни) и получените научни резултати с приносен характер могат да бъдат отнесени към следните основни направления:

### 1. Флористично направление

1.1 В резултат от проучванията във флористичен район Родопи са **локализирани серпентинитните терени** с най-големи площи и е направен **анализ на флората** на всеки един от посетените сайтове [№№ 54, 55, 65, 66]. Изследваните серпентинитни сайтове са класифицирани в две групи в зависимост от степента на развитие на растителната покривка:

1. терени с оскъдна растителност с ниска колонизационна възможност; и
2. „шибляци“ и пасища с компактна растителна покривка.

1.2 Принос от проучванията на флората на серпентинитните терени в Родопите е **изясняване на нейната таксономичната структура**. Установени са в Източните Родопи 440 вида, подвида и разновидности от 229 рода, принадлежащи към 59 семейства, докато в Средните Родопи техният брой е значително по-малък – 176 [№№ 54, 55, 66]. Въпреки разликата в броя на установените таксони в двете части на планината, таксономичната структура показва сходства по отношение на най-богатите на видове и родове семейства като Poaceae, Asteraceae, Fabaceae, Lamiaceae, Caryophyllaceae, Brassicaceae и др. Близостта в географското разположение, ниската надморска височина при която се намират серпентинитните сайтове, както и сходните климатични условия, са факторите определящи големия брой общи видове за серпентинитната флора в Източните и Средните Родопи.

1.3 Принос от флористичните изследвания е **изясняване на биологичния спектър** (жизнените форми) на серпентинитната флора, а установените модели потвърждават основните характеристики и принадлежността ѝ към флорите от умерените райони. Значителният брой

на едногодишните таксони се оказва типичен за флорите на серпентинитите, където растенията с кратък жизнен цикъл процъфтяват в суровите едафични условия предлагани от серпентинита [№№ 54, 55, 66].

1.4 Флористичните проучвания имат принос и към **изясняване на фитогеографските особености** на серпентинитната флора в Родопите. Субсредиземноморските и средиземноморски флорни елементи се оказват основните при формирането на флората на серпентинитите в Родопите. Съществено е различието между серпентинитните флори по отношение на средноевропейските (преобладават в Средните Родопи) и ориентало-туранските елементи (преобладават в Източните Родопи). Значителното присъствие на ориентало-турански флорни елементи се свързва главно с ксероморфни видове, намиращи подходящи фитоклиматични условия за развитие върху серпентинитите [№№ 54, 55, 66].

1.5 Важен принос е **установяване на флорните комплекси** и сравняването им със съществуващите от други територии с оглед изясняване на възрастта на серпентинитната флора и интензивността на формобразователните процеси. Установеният брой ендемити в Средните Родопи е по-нисък от този в Източните Родопи [№№ 54, 55, 66, 67, 68], а като цяло броят на ендемитите у нас по тези терени е по-малък в сравнение с другите балкански страни (Tatić and Veljović, 1992; Stevanović et al., 2003). Това се обуславя от по-ниската надморска височина при която се намират серпентинитите у нас, по-силно изразеното антропогенно влияние, различната биогеоистория и климат. За разлика от серпентинитните флори на Албания, Сърбия, Гърция, Босна и Херцеговина, видообразователните процеси у нас са доста по-млади и специфични флорни комплекси, особено в Средните Родопи, все още няма оформени.

1.6 В резултат от флористичните проучвания са **установени и описани три нови за науката вида** висши растения, принадлежащи към семействата Brassicaceae, Boraginaceae и Caryophyllaceae, съответно *Aethionema rhodopaeum* D. Pavlova [№56], *Onosma pavlovae* (D. Pavlova) Tan & Petrova [№58] и *Silene fetlerii* D. Pavlova [№64]. Направени са сравнения с морфологичните белези на близки до тях таксони и е оценен

консервационния им статус. Новоописаните видове са облигатни серпентинитофити с локално, ограничено разпространение и уязвими популации, някои от които са включени в Червена книга на Република България т.3 Хабитати (2015). Това са неоендемити обитаващи отворени серпентинитни каменисти терени с оскъдна растителна покривка с мозаечно разпространение и слаби колонизационни възможности. Установяването на тези видове е доказателство за формообразуващата роля на серпентинитите у нас.

1.7 **Представена е нова хорологична информация** като за Източните Родопи броят на новоустановените таксони е 34, а за Средните Родопи е само 1 [№№ 54, 67].

1.8 Проучванията на серпентинитната флора **предоставят възможност за първи път да се установят локални индикаторни видове** като източник на информация за еволюционните процеси и спецификата на серпентинитните терени [№№ 54, 55, 66, 68]. Видове като *Asplenium cuneifolium* Viv., *Cheilanthes marantae* (L.) Domin, *Convolvulus boissieri* Stend. subsp. *parnassicus* (Boiss. & Orph.) Kuzm., *Thymus bracteosus* Vis. ex Benth. се явяват индикаторни за такива терени у нас, а също така и в други страни като Гърция и Италия (Babalonas, 1984, 1988, 1989; Chiarucci and De Dominicis, 2001; Selvi, 2007).

1.9 **За първи път са определени броят на ендемитите и видовете с консервационна значимост**, както и степента на застрашеност на популациите им. Разпределението на ендемичните видове варира в отделните сайтове. Преобладават балканските ендемити (31), но заедно с тях макар и много по-малко (9) се срещат и български ендемити, много повече в Източните Родопи [№№ 54, 55, 66, 67, 68].

1.10 В резултат на проведените анализи на серпентинитната флора в Родопите **е доказан произхода, спецификата и връзките** ѝ със серпентинитните флори от другите страни на Балканския полуостров. Извършената съпоставка на таксономичната структура на българската серпентинитна флора от Източните Родопи с флората на серпентинитите от планината Воуринус в Северозападна Гърция доказва сходствата и спецификите между сравняваните флори. Установен е значителен брой общи видове, главно средиземноморски и таксони с космополитно

разпространение от една страна и по-голям брой локални ендемити в планината Воуринус от друга [№№ 54, 55, 68].

1.11 **За първи път** е направен **анализ на антропогенното влияние** върху естествената серпентинитна флора и разпространението на рудерални видове [№65]. Доказана е пионерната роля при възстановяване на естествената серпентинитна растителност на видове като *Juniperus communis* L., *J. oxycedrus* L., видове от род *Rubus*, *Rosa*, *Prunus*, *Crataegus*, *Pyrus*, *Cistus* и др., заедно с житни растения от родовете *Festuca*, *Dischantium*, *Koeleria*, *Chrysopogon*, *Poa* и др. върху каменисти серпентинитни терени на места в Родопите. В някои сайтове, главно в Средните Родопи, е отбелязано присъствието на инвазивните видове *Robinia pseudoacacia* L. и *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle.

## 2. Биолого-екологично направление

2.1. **Проучени и анализирани са кариотиповете** на растения от серпентинитите в Родопите, което представлява принос за изясняване на изменчивостта в популациите им като източник на информация за видообразуването и еволюционния процес, както и с оглед на вземане на таксономични решения [№57]. Установени са: а) **нови хромозомни числа** за локалните ендемити и серпентинофити *Aethionema rhodopaeum* D. Pavlova ( $2n=24$ ) и *Silene fetlerii* D. Pavlova (sub *S. spergulifolia*) ( $2n=24$ ); б) **за първи път от българската флора са установени хромозомните числа на** *Thlaspi apterum* Velen., *Arenaria procera* Spreng. subsp. *procera*; *Silene fabarioides* Hausskn., *Thlaspi ochroleucum* Boiss. & Heldr. В резултат от анализа се доказва, че представителите на различни таксономични групи реагират на едафичните условия по различен начин, като най-често остават консервативни по отношение на техния хромозомен брой, а променят кариотипната морфология чрез хромозомни преустройства.

2.2. **За първи път е анализирана морфологичната изменчивост** в популациите на *Teucrium chamaedrys* L. [№59] и *T. polium* L. [№60] растящи върху серпентинити и се сравнява с несерпентинитни популации, с което се доказва влиянието на този вид скала върху видообразуването при растенията. Доказано е че: а) видовете реагират специфично на серпентинитната скала като степента на изменчивост на



морфологичните белези позволява ясно разграничаване на серпентинитните от несерпентинитните популации при едни (*T. chamaedrys*) и невъзможност за разграничаване при други (*T. pollium* agg.); б) корелациите между белезите на цвета и корелациите между белезите на вегетативните органи са значително по-големи отколкото корелациите между тези две групи белези.

**2.3. Установени са за първи път в българската серпентинитна флора растения-хиперакумулатори на Ni (*Alyssum murale* Waldst. & Kit., *A. murale* subsp. *pichleri* (Velen.) Stoj. & Stef.; *Thlaspi praecox* Wulfen in Jacq., *Th. apterum* Velen., *Th. ochroleucum* Boiss. & Heldr.) [№63].** Проучени са различни популации на видовете, както от България, така и от Албания и Гърция. Получените данни потвърждават възможностите на видовете да извличат метали от почвата в концентрации значително по-високи от пределно допустимите (10 ppm). Толерантните към метали видове на род *Alyssum* и род *Thlaspi* са растения с добри възможности за стабилизация на почвата и могат да бъдат използвани за извличане на метали от почви с богато съдържание на такива (фитомайнинг) или за рехабилитация на терени след минна дейност, където обикновено растителната покривка е оскъдна. Установено е, че ендемичният вид *Alyssum markgrafii* и някои популации на *A. murale* показват най-добро извличане на никел от почвата и най-голяма продукция на биомаса.

**2.4. За първи път у нас са анализирани за съдържание на метали (Ca, Mg, Fe, Ni, Mn, Cr, Co, Cd, Cu, Zn, Pb) популации на медицински растения растящи върху серпентинити, както и способностите им да толерират/акумулират тези метали.** Анализирани са популации на б вида висши растения, разпространени върху серпентинитни и несерпентинитни почви и в резултат от проведените изследвания е установено че: а) металните концентрации в надземните части на растенията имат различен отговор към съдържанието на метали в почвите; б) общото количество на металите варира между популациите на един и същ вид, а също така показва видова специфичност; в) анализираните метали се извличат по различен начин от растенията и завишеното съдържание на металите синхронизира със завишеното им съдържание в растителните субстанции; г) във всеки серпентинитен сайт

е налице различно съдържание на метали, и въпреки че са в райони без промишлено замърсяване не е препоръчително събирането на растителни субстанции за медицински цели; д) необходим е стриктен контрол върху произхода на растителните субстанции преди прилагането им за медицински цели [№№ 61, 62].

### III. Библиография

- Antonovics, J., Bradshaw, H., Turner, R. 1971. Heavy metal tolerance in plants, **Advances in Ecological Research** 7: 1-85.
- Babalonas, D. 1984. Zur Kenntnis der Flora und Vegetation auf Serpentin-Standorte Nordgrichenlands I. Serpentinvegetation im Voras-Gebirge, **Feddes Repertorium** 95: 687-697.
- Babalonas, D. 1988. Zur Kenntnis der Flora und Vegetation auf Serpentin stadorten Nordgrichelands II Serpentinvegetation auf submontanen Stufen, **Botanik Jahrbucher Systematik** 110(2): 145-156.
- Babalonas, D. 1989. Beitrag zur Flora des serpentinischen Vourinos-Gebirges (Notdgricheland), **Willdenowia** 18: 387-399.
- Brady, K., Kruckeberg, A., Bradshaw, H. 2005. Evolutionary ecology of plant adaptation to serpentine soils. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics** 36: 243-266.
- Brooks, R. 1987. **Serpentine and its vegetation**, London, Groom Helm, 450p.
- Changwe, K., Balkwill, K. 2003. Floristics of the Cunbar Valley Serpentine Site, Songimvelo Game Reserve, South Africa, **Botanical Journal of the Linnean Society** 143: 271-285.
- Chiarucci, A., De Dominicis, V. 2001. The diversity and richness of the serpentine flora of Tuscany, **Boccone** 13: 557-560.
- Jenny, H. 1980. **The Soil Resource: Origin and Behavior**. Berlin and New York: Springer-Verlag, 378p.
- Kay, K., Ward, K., Watt, L., Schemske, D. 2011. Plant speciation, In: Harrison, S. & Rajakaruna, N. (eds.) **Serpentine. The Evolution and Ecology of a Model System**, University of California Press, Berkely, Los Angeles, London. pp. 71-95.
- Kruckeberg, AR. 1984. **California serpentines: flora, vegetation, geology, soil and management problems**, University of California Press: Berkeley, CA, USA, 180p.

- Kruckeberg, AR. 1992. Plant life of western north American ultramafics, In: Robertis, B. & J. Proctor (eds.) **The ecology of areas with serpentized rocks. A world view**, pp. 31-73.
- Kruckeberg, AR., Adiguzel, N., Reeves, RD. 1999. Glimpses of the flora and ecology of Turkish (Anatolian) serpentines, **The Karaça Arboretum Magazine** 5: 67-86.
- Reeves, R., Adiguzel, N. 2008. The Nickel Hyper accumulating plants of the serpentines of Turkey and adjacent Areas: A Review with new data, **Turkish Journal of Biology** 32: 143-153.
- Reeves, R., Baker, A.J.M., Jaffré, T., Erskine, P., Echevarria, G., van der Ent, A. 2018. A global database for plants that hyperaccumulate metal and metalloid trace elements, **New Phytologist** 218(2): 407-411.
- Reeves, R.D. 2003. Tropical hyperaccumulators of metals and their potential for phytoextraction, **Plant and Soil** 249: 57–65.
- Roberts, B. A. 1992. Plant life of western North American ultramafics. In: Roberts, B. & J. Proctor (eds.) **The Ecology of Areas with Serpentinized Rocks: A world view**, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp. 31-73.
- Selvi, F. 2007. Diversity, geographic variation and conservation of the serpentine flora of Tuscan (Italy), **Biodiversity & Conservation** 16: 1423-1439.
- Stevanović, V., Tan, K., Iatrou, G. 2003. Distribution of the endemic Balkan flora on serpentine I. Obligate serpentine endemics, **Plant Systematics and Evolution** 242: 149-170.
- Tatić, B., Veljović, V. 1992. Distribution of serpentized massifs on the Balkan Peninsula and their ecology. In: Roberts, B. & J. Proctor (eds.), **The ecology of areas with serpentine rocks. A world view**, Kluwer Acad. Publ., pp. 199-215.
- Williamson, S. D., Robinson E.R., Balkwill, K. 1997. Evolution of two endemic serpentine taxa in Mpumalanga, **South African Journal of Botany** 63: 507-513.
- Кожухарова, Е. 1977. Образование двухфациальных парагенезисов при региональном метаморфизме докембрийских серпентинитов в Западных Родобах, **Geochemistry, Mineralogy and Petrology** 7: 47-63.
- Кожухарова, Е. 1985. Происхождение и структурное положение серпентинизированных ультрабазитов докембрийской офиолитовой ассоциации в Родопском массиве. III Этапы развития и возраст офиолитовой ассоциации, **Geologica Balcanica** 15(5): 53-69.

Кожухарова, Е. 1987. Луковицкая пестрая свита в Гоцделчевском районе Западных Родоп, **Geologica Balcanica** 17(1): 33-46.

## Приноси в научните трудове по Показатели Г 7. и Г 8.

(№№ 69-92 от списъка на научните трудове за участие в конкурса)

По-голямата част от научните трудове включени в тези показатели се явяват логично продължение на целенасочените проучвания на серпентинитната флора с оглед на изясняване на флористичните връзки и ендемизма на Балканите, както и на ефекта на металите върху растенията. Основните научни приноси в тях могат да бъдат обобщени в следните насоки:

**1. Изясняване на растителното биоразнообразие** на серпентинитите в Югозападна България (Рила, Беласица, Огражден и Влахина планини) и изготвяне на първичен флористичен анализ, необходим за доказване произхода и спецификата на флората на съответната територия и връзките ѝ със серпентинитните флори от другите страни на Балканския полуостров. Броят на таксоните установени в тези планини по серпентинитни терени се оказва значително по-малък в сравнение с данните от Източните Родопи, съответно **136** за Рила [№69]; **115** за Беласица [№84], **121** за Огражден [№85] и **149** за Влахина планина [№85].

1.1. Установено е, че и по-малките по площ серпентинитни терени притежават **характерните видове** за серпентинитите (*Asplenium cuneifolium* Viv., *Cheilanthes marantae* (L.) Domin) и не следва да бъдат пренебрегвани от флористична гледна точка [№85].

1.2. Установен е още един вид-хиперакумулятор на Ni от българската флора *Thlaspi kovatsii* Neuff., с което общият им брой за страната нараства на **6** [№69].

1.3. За **първи път** е извършен **анализ и сравнение на разпространението на ендемичните, редки и видовете с конзервационна значимост** от серпентинитните терени в Рила с тези в Родопите, Беласица и Западните гранични планини (Влахина и Огражден) [№№ 69, 84, 85]. В заключение могат да бъдат направени следните основни изводи: а) във всички серпентинитни сайтове преобладават балканските ендемити; б) българските ендемити са малък брой; в) включени в Червена Книга на Република България са **22** за Родопите, **16**

за Рила, 4 за Беласица; 2 за Огражден и Влахина планина; г) във всички серпентинитни сайтове, с изключение на тези в Западните гранични планини, се срещат видове с консервационно значение за европейската флора включени в Международните Червени списъци на защитените и редки видове; д) една част от редките и ендемични видове в Рила са с малки популации или с единични екземпляри и следва да се считат като изключения за серпентинитната скална основа (*Geum bulgaricum* Pančić, *Swertia perennis* L., *Aquilegia aurea* Janka, *Pedicularis oederi* Vahl., *Empetrum nigrum* L., *Pinus peuce* Griseb., *Centaurea kernerana* Janka), докато други са добре представени върху този тип скална основа и могат да се считат за толерантни към серпентинита (*Athyrium distentifolium* Taush ex Opiz, *Cystopteris alpina* (Lam.) Desv., *Asplenium viride* L., *Sempervivum erythraeum* Velen., *Bartschia alpina* L., *Saxifraga sancta* Griseb. subsp. *pseudosanta* (Janka) Kuzm.).

2. Представени са **нови хорологични данни** за видове от различни флористични райони: Западни гранични планини **16 таксона** [№85], Беласица **14 таксона** [№84] и Средна гора **15 таксона** [№№ 88, 89], с което се обогатява съществуващата хорологична информация.

3. Извършена е **оценка на консервационния статус** на редки и ендемични растения от албанската флора във водосбора на река Девол [№87].

4. **За първи път** е анализирана растителността в 5 серпентинитни сайта от Източните Родопи и е сравнена с тази от други балкански страни. В резултат от анализа е **предложена нова асоциация** *Onosmo pavlovae – Festucetum dalmaticae* към алианса *Alyssion heldreichii* Bergmeier et al. 2009, описан от серпентинитите в Северна Гърция. Потвърдено е съществуването на подобни или викариантни ендемични асоциации върху изолирани серпентинитни терени в Северна Гърция и Югоизточна България [№72].

5. За **първи път** е проследен **ефекта на токсичния елемент Ni** (никел) върху растителни структури и процеси свързани с размножаването.

5.1 Изследван е негативният ефект на никела върху **кълняемостта на полена и дължината на поленовата тръбица** при серпентинитни и несерпентинитни популации на вида *Arabis alpina* L. Доказано е: а) никелът инхибира кълняемостта на полена и удължаването на поленовата тръбица, както при серпентинитните, така и при несерпентинитните

индивиди; б) процентът покълнал полен при серпентинитните растения третиран с никел е по-висок от несерпентинитните; в) липсва разлика при удължаването на поленовата тръбица при двете изследвани групи, а прекъсването на удължаването ѝ се дължи на различни аномалии; г) серпентинитните растения се оказват по-толерантни към завишени концентрации на никел [№76].

5.2 Проследен е негативният ефект на никела върху **клетъчното делене** при кореновите меристемни клетки на вида *Plantago lanceolata* L. Установено е: а) намаляване на митотичния индекс с увеличаване на концентрациите на никел и времето на третиране; б) увеличаване на процента на хромозомните аберации; в) по-голяма толерантност на коренчетата от серпентинитните растения към завишените концентрации на метала [№78].

5.3 Проследен е **за първи път** ефектът на никела при **покълване на семената** на облигатния (*Alyssum markgrafii*) и факултативния (*Alyssum murale*) серпентинитофити и Ni - хиперакумулатори, които видове имат значение за селскостопанската практика (агромайнинг). Резултатите показват: а) никелът повлиява кълняемостта, а различия са установени, както между видовете, така и между популациите им; б) кълняемостта намалява с повишаване на концентрациите никел в разтворите, с които са третирани семената; в) относителната честота на кълняемост на семената на *A. markgrafii* във времето е по-голяма; г) семената на *A. murale* показват по-голям синхрон на кълняемост; д) семената на *A. murale* са по-толерантни към завишените концентрации на никел, а процесът на покълване е по-малко повлиян в сравнение с този при *A. markgrafii*; е) ниските концентрации на никел стимулират удължаването на хипокотила, но подтискат удължаването на корена; ж) аномалиите установени в ранните етапи на кълняемост на семената и при двата вида са причина за анормалното развитие на семенчетата [№81].

5.3.1 Анализирани са **за първи път** връзката между жизнеността на семената на *A. markgrafii* и *A. murale* от различни серпентинитни популации и процента на кълняемост. В резултат от проведените експерименти е доказано, че жизнеността на семената е по-висока от процента на кълняемост и варира в изследваните популации [№86].

**6. Изяснена е локализацията на никел** в тъканите на тичинките и полена при Ni - акумулиращи растения от различни серпентинитни райони.

6.1. **За първи път** у нас е приложен методът на количествено определяне на никел в тъканите на различни части от тичинките при облигатни и факултативни серпентинитофити от род *Alyssum* разпространени в страни от Средиземноморската област с използване на енергийно дисперсионен X-Ray (EDX) анализ с Si-Li детектор (Oxford, England). Получените резултати показват, че видовете имат сходни модели на локализация и най-богати на никел са тъканите в дръжките, следвани от тези на прашника и поленовите зърна. Този модел на локализация на никела доказва наличието на физиологични механизми отговорни да възпрепятстват натрупването на метала в полена и да осигурят нормалното възпроизвеждане на видовете. Голямото количество на Ni в тичинковите дръжките вероятно е локализирано в епидермалните клетки, аналогично на установеното за клетките на листния епидермис при различни средиземноморски представители на сем. Brassicaceae, които се явяват Ni-хиперакумулатори [№75].

6.2. **За първи път се установява локализацията на никел** в поленовите зърна на вида *Orobanche nowackiana* Markgr., паразит върху Ni-хиперакумулатора *Alyssum murale*, с енергийно дисперсионен X-Ray (EDX) анализ. Изказано е предположение, че повишеното съдържание на никел в поленовите зърна на паразита влияе върху размера на полена и поленовата продукция [№82].

**7. Проучена е поленовата морфология на растения-акумулатори на никел.**

7.1. Поленовата морфология на представителите на род *Alyssum* показва нейната хомогенност, докато размерите на поленовите зърна варират от суб-пролатен до пролатен тип, както в рамките на отделните популации, така и в пределите на един прашник. Разграничени са два поленови типа и два подтипа въз основа размерите и формата на полена, които са потвърдени с приложения йерархичен клъстерен анализ. Изказано е предположението, че за вариабилността на формата на поленовите зърна от значение е наличието на токсични метали като никел. Допуска се също различието в размера на полена да е резултат от полиплоидия [№75].

7.2. Представена е характеристика на поленовите зърна на паразитното растение *Orobanche nowackiana* и въз основа на поленовата морфология се потвърждава таксономичната му принадлежност към род *Phelipanche* [№82].

7.3. **За първи път** се анализира **поленовата продукция** на паразита *Orobanche nowackiana* и е установена изменчивост в поленовата продукция, както в цветовете, така и в прашниците на един и същи индивид [№82].

**8.** Установени са **хромозомните числа** и е **анализиран кариотипа на видове**, както от флората на България така и от други страни (Албания, Гърция, Испания, Франция). В резултат от кариологичните проучвания са установени: а) **ново за науката** хромозомно число на локалния ендемит и серпентинофит *Alyssum markgrafii* ( $2n=32$ ) [№74]; б) **ново хромозомно число** за вида *Astragalus monspessulanus* L. subsp. *illyricus* (Bernh.) Chater ( $2n=16+1B$ ) [№77]. Изследвани са **за първи път** популации на 6 вида от серпентинитни терени у нас и Албания [№№ 74, 77].

**9.** **За първи път** се анализира връзката **паразит-гостоприемник** между локалния серпентинитен ендемичен вид *Orobanche nowackiana* и факултативния серпентинитофит и хиперакумулатор на никел *Alyssum murale*. Проследена е металната акумулация в различните растителни органи на паразита и гостоприемника, както и ефекта на паразита върху растежа на гостоприемника. Хиперакумулацията на никел не предпазва гостоприемника от заразяване с паразита. За заразените растения е доказано: а) по-ниската концентрация на никел във всички растителни органи на гостоприемника, както и редуция на биомасата, което е потенциална заплаха за използването на гостоприемника (*Alyssum murale*) за нуждите на селскостопанската практика (агромайнинг); б) паразитното растение съдържа най-висока концентрация на никел във вегетативните органи и най малка в цветовете [№79].

**10.** **За първи път** се изследва **фитоакумулацията на метали** в растителни и почвени проби от серпентинитни терени.

10.1. Проверени са **63** таксона висши растения от албанската флора за акумулация/хиперакумулация на никел и е **доказана хиперакумулацията на този метал** при всички изследвани популации на видовете *Alyssum murale*, *Alyssum bertolonii* Desv. subsp. *scutarinum* E. I. Nyàràdy, *Alyssum markgrafii*, *Bornmuellera baldaccii* subsp. *markgrafii* O.E. Schulz [№70].



10.2. Извършен е анализ за металните концентрации на 10 растения от серпентинитни сайтове в България и е проследена концентрацията на анализирания метал в растителните органи (корен, стъбло, листа и цветове) поотделно за 5 от тях. Установява се, че растенията показват специфична реакция към съдържанието на метала в почвата [№83].

10.3. Проверено е **съдържанието на метали в растителните субстанции, водни и метанолни екстракти** от серпентинитни и несерпентинитни популации на широкоизползваното в традиционната медицина растение *Hypericum perforatum* L.. Установени са различия в металното съдържание в зависимост от съдържанието на металите в почвата. Жълтият кантарион е никел толерантно растение, но съдържанието на елементите Cd, Ni и Cr е завишено и над пределно допустимите норми за тези метали. Трансферът на химичните елементи от растителната субстанция към екстракта зависи от вида на разтворителя и от метала, като най-голяма мобилност е установена за Cu, Zn и Ni във всички екстракти. Налице е риск при употребата на този вид за лични нужди от хората, когато растителният материал е събран от серпентинитни райони [№73].

10.4. Направена е оценка на **въздействието на серпентинитната скала върху количественото съдържание на биологично-активните съставки** (флавоноидите) при 5 вида от род *Hypericum*. Доказва се завишено съдържание на флавоноидите при всички видове растящи върху серпентинити като защитна реакция на вида към специфичните екологични условия предоставени от тази скална основа [№71].

11. Оценени са възможностите за **експлоатиране на серпентинитите** за нуждите на селското стопанство и икономиката.

11.1. Представени са различните етапи от проучването на почвената пригодност (фертилност и наличност на никел) и подбора на растения (потенциалът за фитоекстракция на Ni-хиперакумулиращите видове) до оптимизиране на селскостопанската практика, за да се въведе агромайнинг на Балканите [№92].

11.2. Извършено е проучване и оценка на: а) естествения процес на колонизация на изоставени места след добив на Fe-Ni от растенията разпространени върху такъв субстрат; б) връзката между особеностите на

почвата и разпространението на видовете; в) потенциала на хиперакумулиращите растения за фиторемедиация на почвата [№80].

**12. Предложени за опазване и популяризиране** са серпентинитите като хабитати с уникална флора и растителност, свързани с адаптивната стратегия за оцеляване при екстремни едафични условия, видообразователните процеси и еволюция, както и утвърждаването им като „гореща точка“ от световното природно наследство [№№ 90, 91].

гр. София  
12.09.2019 г.

**REVISED**  
4:15 pm, Nov 13, 2019

Подпис.  
(Доц. д-р Д. Павлова-Тонкова)