

ГЛАСНИК ШУМАРСКОГ ФАКУЛТЕТА, БЕОГРАД, 2008, бр. 98, стр. 143-154

BIBLID: 0353-4537, (2008), 98, p 143-154

Obratov-Petković D., Vjedov I., Belanović S. 2008. *The content of heavy metals in the leaves of *Hypericum perforatum* L. on serpentinite soils in Serbia*. Bulletin of the Faculty of Forestry 98: 143-154.

Драгица Обратов-Петковић  
Ивана Бједов  
Снежана Белановић

UDK: 582.684.1 *Hypericum perforatum*  
+630\*114.2:[504.5:546.4]/8(497.11)  
Оригинални научни рад

## ТЕШКИ МЕТАЛИ У ЛИСТОВИМА *HYPERICUM PERFORATUM* L. НА СЕРПЕНТИНИТСКИМ ЗЕМЉИШТИМА СРБИЈЕ

**Извод:** Кантарион је једна од најпознатијих и највише коришћених лековитих биљака. Потребне за кантарионом, у нашој земљи, још увек се обезбеђују прикупљањем самониклих биљака. Стога је било неопходно испитати концентрације тешких метала у земљишту и биљном материјалу на серпентинитима, како би се утврдила могућност несметаног прикупљања и даљег коришћења ове биљне врсте. За истраживања су одабрана три серпентинитска локалитета у Србији: Златибор, Дивчибаре и Гоч. На овим локалитетима утврђени су основни типови земљишта и извршена је анализа садржаја 7 хемијских елемената у земљишту и биљном материјалу. Утврђено је да се у земљишту, на сва три локалитета, налази повећана концентрација никла, хрома и мангана. У биљном материјалу (листовима) кантариона утврђена је повећана концентрација гвожђа, никла и хрома. Закључено је да је кантарион толерантна врста у односу на садржај тешких метала, а препоручено је избегавање прикупљања на истраженим локалитетима.

**Кључне речи:** *Hypericum perforatum* L., земљиште, тешки метали, листови, могућност прикупљања

### THE CONTENT OF HEAVY METALS IN THE LEAVES OF *HYPERICUM PERFORATUM* L. ON SERPENTINITE SOILS IN SERBIA

**Abstract:** St John's wort is one of the best known and used medicinal plants. The demands for St John's wort in Serbia is still supplied by the collection of native plants. Therefore it was necessary to examine the concentration of heavy metals in the soil and in plant material on serpentinites and to assess the potential safe harvesting and further utilisation of this plant species. The research was performed

др Драгица Обратов-Петковић, редовни професор, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд

др Ивана Бједов, асистент, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд

др Снежана Белановић, доцент, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд

on three serpentinite sites in Serbia: Zlatibor, Divčibare and Goč. The main soil types were determined and the contents of 7 chemical elements were analysed in the soil and in the plant material. It was determined that the soils of all three localities had increased concentrations of nickel, chromium and manganese. The St John's wort plant material (leaves) showed the increased concentrations of iron, nickel and chromium. It was concluded that St John's wort was a tolerant species regarding the heavy metal content, and it was recommended to avoid its harvesting on the investigated localities.

**Key words:** *Hypericum perforatum* L., soil, heavy metals, leaves, possibility of collection

## 1. УВОД

Кантарион (*Hypericum perforatum* L.) је једна од пет најтраженијих врста у светској трговини лековитим биљем (Pank, 1998, Pank *et al.*, 1998). Годишња потражња на тржишту је виша од 5.000 t, са тенденцијом пораста (Frankе *et al.*, 1999). Иако је технологија производње кантариона усвојена, у нашој земљи потребе за овом биљком се, у највећој мери, још увек обезбеђују сакупљањем (Радановић, 2006). За фармацеутску индустрију неопходна је дрога (*Hyperici herba*) са стандардизованим карактеристикама.

Према литературним наводима, као и према нашим ранијим истраживањима (1994, Белановић, 2000, Поповић, 2005, Обрадов *et al.*, 2006/a, 2006/b), концентрације тешких метала у земљишту и биљкама зависе од више фактора међу којима се посебно могу издвојити:

- хемијске и физичке карактеристике земљишта и њихове интеракције;
- специфична способност одређених биљних врста да акумулирају различите токсичне тешке метале (Sústriková, Necl, 2004).

Акумулацијом у земљишту, тешки метали се укључују у биохемијске процесе кружења елемената. У том процесу подлежу различитим нивоима промена, које утичу на њихову покретљивост, везивање и испирање или површински транспорт у ерозионим процесима. Укупна концентрација тешких метала указује на оптерећеност земљишта неким елементом, али не и о токсичности или дефициту у односу на шумско дрвеће и приземну флору. Приступачност појединих метала биљкама зависи од облика у којем се јавља у земљишту и од биљне врсте (Кадовић, Кнежевић, 2002).

Разлике у усвајању тешких метала из земљишта пре свега зависе од генетске конституције биљке, а затим и од карактеристика кореновог система, његовог капацитета за апсорпцију јона и нивоа евапотранспирације (Alloway, 1995). Веома важна компонента у разматрању проблема усвајања тешких метала је индивидуални, специјски и инфраспецијски диверзитет, који је често изазван климатским карактеристикама и режимом влаге. Као и код земљишта, капацитет биљака да акумулирају тешке метале је ограничен. Прекорачење садржаја тешких метала у

земљиштима, чак и у случају есенцијалних елемената, доводи до фитотоксичности (Кадовић, Кнежевић, 2002).

Циљ овог рада је да се испитају популације кантариона на серпентинитима у погледу садржаја тешких метала у земљишту и биљном материјалу, како би могле да се препоруче за даље коришћење.

#### **Објекти истраживања**

Истраживања садржаја тешких метала у земљишту и листовима кантариона обављена су на три серпентинитска локалитета у Србији: Златибор (западна Србија), Дивчибаре (западна Србија) и Гоч (централна Србија).

На проучаваном локалитету на Златибору и на Гочу најчешћи тип земљишта је еутрични камбисол (Обратов-Петковић *et al.*, 2006/а, 2006/б, Белановић, 2000), а на Дивчибарама дистрично хумусно силикатно и дистрично смеђе земљиште (Поповић, 2005).

Клима ових подручја је умерено континентална.

Златибор је највећи серпентинитски масив у Србији (1.496 m н.в.). Добро развијене популације кантариона налазе се у заједницама *Festuca sulcata-Potentilla recta* и *Poa alpina-Plantago carinata*. Применом комбиноване скале за бројност и социјалност, кантарион се јавља са степеном присутности 9.

На Дивчибарама (960 m н.в.) највеће површине на којима су вршена истраживања су ливаде и пашњаци, четинарске шуме, шуме брезе и мешовите буково-јелове шуме. На овим локалитетима развијају се ливадске заједнице *Danthonietum calycinae* и *Nardetum strictae*, а вредност за бројност и социјалност кантариона је 8.

На серпентинитима Гоча, локалитет Равнине (1.100 m н.в.) развија се специфична заједница *Helleboro serbicae-Danthonietum calycinae* (Обратов *et al.*, 1994). Флористичку структуру заједнице чини 76 врста. Заједница се налази у оквиру мелиоративне јединице и припада деградационој фази шумске заједнице *Abieti-Fagetum serbicum*. Вредност за бројност и социјалност кантариона у овој заједници је 7.

## **2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА**

Проучавања земљишта обухватила су анализу садржаја тешких метала у органским и органо-минералним слојевима. Узорци земљишта су узети са фиксних дубина, из следећих слојева: 0-10 cm, 10-20 cm и 20-40 cm. Одређена су следећа својства земљишта према референтним методама:

- садржај Zn, Cu, Pb - укупна концентрација тешких метала одређена је методом атомске апсорпционе спектрофотометрије, на апарату Varian AA-10;
- конзервација и припрема узорака за „псеудо“ укупне садржаје Zn, Cu, Pb урађена је према методи UNEP-UN/ECE Метод 9107SA (земљиште се разара мешавином HNO<sub>3</sub>, HCl и H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> у односу 1:3:2), а елементи су мерени на следећим таласним дужинама (nm): Cd 231,2, Pb 219,1, Zn 215,9.

Општа флористичка истраживања обухватила су истраживања флоре Златибора, Дивчибара и Гоча. На експерименталним површинама вршена су посебна еколошка истраживања у трогодишњем периоду (2004-2007. год.). Сваке године, у периоду цветања кантариона, узимани су примерци за даље анализе.

У сврху истраживања садржаја тешких метала биљном материјалу сакупљен је надземни део биљке, који је потом осушен на собној температури, а потом и на 80°C 16 сати. Осушени и самлевен, биљни материјал је конзервиран и припремљен за одређивање укупних садржаја тешких метала методом атомско-апсорционе спектрофотометрије на апарату Varian AA-10.

За фитоценолошка истраживања коришћена је комбинована скала бројности и покривности по методи Wasthoff-van der Maarel (1973), у распону 1-9. Према тој скали, бројност и степен присутности кантариона у истраживаним заједницама је од 7 до 9.

### 3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Биолошки, серпентинска подлога „ускрађује“ развој великог броја биљних врста у поређењу са другим типовима матичног супстрата. Хемијске и физичке карактеристике серпентинитских станишта су неповољне за развој многих биљних врста. На таквим стаништима флористички покривач је редак што често доводи до ерозије земљишта и повећања температуре земљишта (Kruskeberg, 2002). Сваки од ових фактора доводи до повећаног стреса у биљним организмима. Концентрације есенцијалних макронутриената као што су калцијум, калијум и фосфор су ниже у поређењу са другим типовима станишта.

Земљишта формирана на серпентинитима обично имају већи садржај хрома, никла, кобалта и мангана. Прилагођавање биљака на повећан садржај ових елемената у земљишту је селективно (Reeves *et al.*, 1999).

Промене у земљишту, које утичу на функцију екосистема, су постепене и тешко приметне у кратком временском периоду. Киселост земљишта, као дуготрајан процес, изазван атмосферском депозицијом, узрокује ирверзибилно смањење способности измене катјона и мобилизацију потенцијално токсичних концентрација тешких метала (Blake, Goulding, 2002).

Кружење елемената је условљено како резервама у земљишту и садржајем у биљном остатку, тако и потребама биљака за одређеним елементом. Изменљиве јонске реакције између адсорптивног комплекса и земљишног раствора су важан извор хранљивих материја за биљке. Међутим, дистрибуција изменљивих катјона у земљишним профилима код истог типа земљишта условљена је типом вегетације, као и својствима одређеног елемента и његовим кружењем у екосистему. Усвајање нутриената је у интеракцији са другим елементима и карактеристикама биљака (Jogobay, Jackson, 2004).

### 3.1. Тешки метали у земљишту

Измерени садржаји тешких метала у земљишту, на сва три испитана локалитета, приказани су у табели 1.

Утврђене концентрације Zn, Pb, Cu, Ni и Cr у проучаваним земљиштима поређене су у односу на критична ограничења која важе у земљама Европске заједнице, а сагласна су концепту обезбеђења мултифункционалног коришћења земљишта, као и према De Vries и Bakker (1998).

Садржај цинка (Zn) у земљишту, на сва три истражена локалитета је испод критичних ограничења. Такође, измерене концентрације олова (Pb) у проучаваним земљиштима су у границама критичних вредности. Садржај бакра (Cu) у земљишту на Гочу је испод критичних вредности, а на остала два локалитета у границама истих.

Гвожђе (Fe) је присутно у земљишту више од других микроелемената, садржаји гвожђа се крећу у широком опсегу од 100–100000 mg.kg<sup>-1</sup> (Van mechelen, 1997). Измерени садржаји гвожђа су у границама просечних вредности садржаја гвожђа у шумским земљиштима Европе.

Веома висока концентрација никла (Ni) у односу на гранична ограничења за мултифункционално коришћење земљишта, утврђена је на сва три испитана локалитета. Измерене вредности за Ni на локалитету на Дивчибарама износе 1.806,75 mg.kg<sup>-1</sup> (на дубини од 0-5 cm) и чак 2265,47 mg.kg<sup>-1</sup> (на дубини од 5-10 cm), на Златибору 2.018,25 mg.kg<sup>-1</sup>, а на Гочу 1.100 mg.kg<sup>-1</sup>.

Анализа земљишта је показала и повећан садржај хрома (Cr) у односу на гранична ограничења за мултифункционално коришћење земљишта. Измерени садржаји хрома крећу се од 423,65 mg.kg<sup>-1</sup> на Дивчибарама, до 475 mg.kg<sup>-1</sup> на

**Табела 1.** Укупан садржај тешких метала у земљишту на истраживаним локалитетима  
**Table 1.** Total heavy metal content in the soil in the investigated localities

Локалитет Locality	Дубина Depth	Zn	Fe	Pb	Cu	Ni	Cr	Mn
	cm	mg.kg <sup>-1</sup>						
Златибор	0-10	74,25	6.253,52	42,81	31,25	2.018, 25	452,00	2.734,25
Дивчибаре	0-5	82,85	54.651,63	32,94	24,96	1.806,75	425,73	1.996,41
	5-10	70,86	56.536,93	5,99	30,94	2.265,47	423,65	1.996,01
Гоч	0-10	62,50	37.687,27	39,25	19,00	1.100,00	475,00	2.503,40
Критичне вредности Critical value*		60-150 (200)	100 -100.000**	25-100	20-70	10-85	20-130	500-1.000***

\* Мултифункционална могућност коришћења / Multifunctional use possibilities (De Vries, Bakker, 1998)

\*\* Просечне вредности / Average values (Van mechelen, 1997)

\*\*\* Просечне вредности / Average values (Adriano, 1986)

Златибору. Хром се комплексира са органском материјом, пре свега са хуминским киселинама, као и са минералима глина, градећи при том скоро нерастворљиве комплексе. Концентрација хрома се повећава са дужином земљишта и површином апсорпције.

Нормалан садржај мангана за већину земљишта креће се од 500-1.000  $mg \cdot kg^{-1}$  (Adriano, 1986). На посматраним локалитетима забележена је повећана концентрација мангана (Mn). Кабата-Пендиас и Пендиас (1989) су предложили концентрацију од 1.500  $mg \cdot kg^{-1}$  при којој се могу јавити токсични симптоми мангана. Од три истраживана локалитета, измерене концентрације су највеће на Златибору (2.734,25  $mg \cdot kg^{-1}$ ), а нешто мање на Гочу (2.503,40  $mg \cdot kg^{-1}$ ) и Дивчибарама (1.996,41  $mg \cdot kg^{-1}$ ). Овако високе концентрације у земљишту су очекиване с обзиром на серпентинитску геолошку подлогу.

### 3.2. Тешки метали у биљном материјалу

Измерени садржаји тешких метала у листовима *Hypericum perforatum* приказани су у табели 2.

Када се упореде садржаји тешких метала у земљишту и у листовима може се закључити да се, за разлику од земљишта, у листовима цинк, олово, манган и донекле бакар налазе у дозвољеним количинама. Садржај осталих елемената је повећан.

Према Balsberg-у и Pahlsson-у (1989), Zn је нешто мање токсичан за биљке. КрѓаГовѓа и Масаровићевѓа (2003) су у својим истраживањима закључиле да је цинк токсичан за биљке само ако је његова концентрација у земљишту веома висока. Према овим истраживањима, садржај цинка у земљишту није био повећан. Код врсте *Hypericum perforatum* и неких врста из рода *Achillea*, концентрације мангана и цинка, зависе и од рН земљишта. Према истраживањима из 2002. године,

**Табела 2.** Садржај тешких метала у листовима *Hypericum perforatum* на посматраним локалитетима

**Table 2.** The heavy metal content in the leaves of *Hypericum perforatum* in the investigated localities

Локалитет Locality	Zn	Fe	Pb	Cu	Ni	Cr	Mn
	$mg \cdot kg^{-1}$						
Златибор	44,00	170,52	0,75	22,00	49,50	1,83	80,67
Дивчибаре	83,98	244,94	0,5000	11,00	16,00	1,50	182,45
Гоч	62,45	749,44	1,499	12,49	53,46	18,99	106,92
Просечне вред. ЕССЕ* Average ЕССЕ*	15-150	5-200	0,1-5	2-20	0,4-4	0,2-1	1-700

\* Катастри концентрација елемената у екосистемима / Element Concentration Cadasters in Ecosystems (1994)

(Radanović *et al.*, 2002) садржаји ових елемената зависе од структуре земљишта и повећавају се са повећањем рН земљишта. У овим истраживањима није примећена оваква правилност.

Концентрација гвожђа (Fe) је нешто изнад просечне вредности ( $5\text{-}200\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) на Дивчибарама ( $244,94\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), али је на Гочу далеко изнад ових вредности ( $749,44\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Повећана концентрација гвожђа се делимично може објаснити хемијским карактеристикама серпентинитске подлоге.

Измерени садржај никла у листовима кантариона је далеко изнад просечних вредности ( $0,4\text{-}4\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) и највећи је, као и у претходном случају, на Гочу ( $53,46\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Веома високе вредности измерене су и на локалитету на Златибору ( $49,50\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), а упадљиво ниже на Дивчибарама ( $16\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Локалитет Равнине, на Гочу, је предмет истраживања већ дужи низ година. На овом подручју се налази мелиоративна јединица, на којој је констатована нова заједница са ендемичном врстом кукурека *Helleboro serbicae-Danthonietum calycine* (Obratov *et al.*, 1994). Флористички састав заједнице је сасвим посебан, а 5 ендемичних, типичних серпентинофитских врста су едификатори или субедификатори заједнице. Осим флористичке структуре, на овом локалитету су вршена истраживања садржаја тешких метала у земљишту и ендемичној, серпентинофитској врсти *Alyssum markgrafii* Shultz. Ова, као и друге врсте рода *Alyssum* се, према литературним подацима (Adriano, 1986), означавају као хиперакумулатори никла. Садржај никла је, према истраживањима из 1994. (Obratov *et al.*, 1994) и 1997. год. (Обратов *et al.*, 1997) износио  $5.125\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , односно  $6.250\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , са тенденцијом раста.

Иако је концентрација никла у биљном материјалу, на свим локалитетима веома повишена, она није у границама у којима би се кантарион могао означити као хиперакумулатор никла. Код биљака које су хиперакумулатори за никал, вредност садржаја овог елемента прелази  $1.000\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Такав је случај са наведеном ендемичном врстом *Alyssum markgrafii*.

Хром (Cr) се у листовима кантариона са Гоча јавља са већим садржајем од просечног ( $0,2\text{-}1\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Измерена вредност је  $18,99\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . То је знатно већа вредност од оне која је измерена на Златобору ( $1,83\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) или на Дивчибарама ( $1,50\text{-}1,83\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).

Према литературним подацима (Schneider, Marquard, 1996, Radanović *et al.*, 2002), кантарион испољава и значајну склоност ка акумулацији кадмијума (Cd) из земљишта. Висока варијабилност у акумулацији Cd, код тестираних популација кантариона, указује на могућност да се овај проблем може превазићи селекцијом генотипова који се карактеришу ниском способношћу усвајања Cd, при плантажној производњи (Marquard, Schneider, 1998).

Адаптација биљака на тешке метале је селективна током онтогенетског развоја. Њихова оптимална концентрација има веома важну улогу у метаболизму биљке. Неки од ових елемената су компоненте ензима или делови структурних протеина, док су други веома битни за одржавање осмотског потенцијала у ћелијама (Patterson, Givnish, 2004).

#### 4. ЗАКЉУЧАК

Садржај тешких метала у биљкама углавном зависи од концентрације и облика тешких метала у земљишном раствору, кретања тешких метала из чврсте фазе земљишта до кореновог система, транспорта од епиблема до централног цилиндра корена и премештања метала из корена у надземне делове биљке. За ова истраживања су изабрана три серпентинитска локалитета у Србији: Златибор, Дивчибаре и Гоч на којима су популације кантариона испитане у заједницама *Danthonietum calycinae* и *Nardetum strictae*, *Festuca sulcata-Potentilla recta*, *Poa alpina-Plantago carinata* и *Helleboro serbicae-Danthonietum calycinae*.

Проучаване локалитете на Златибору и Гочу карактерише тип земљишта еутрични камбисол, а локалитете на Дивчибарама дистрично хумусно силикатно и дистрично смеђе земљиште.

У земљишту и биљном материјалу испитан је садржај 7 хемијских елемената: цинк (Zn), гвожђе (Fe), олово (Pb), бакар (Cu), никл (Ni), хром (Cr) и манган (Mn). Према лабораторијским истраживањима садржај Zn, Fe, Pb и донекле Cu је испод или у границама критичних вредности. Измерене концентрације хрома и никла су повећане како у земљишту, тако и у биљном материјалу на сва три испитана локалитета. На свим испитаним локалитетима утврђена је и повећана концентрација мангана у земљишту.

Садржај никла је веома повећан у земљишту на Златибору. Просечне вредности за никл у земљишту крећу се од 10-85  $mg \cdot kg^{-1}$ , а измерена вредност износи 2.018,25  $mg \cdot kg^{-1}$ . И на остала два локалитета садржај овог елемента далеко прелази просечне садржаје: Дивчибаре 2.245,67  $mg \cdot kg^{-1}$  и Гоч 1.100  $mg \cdot kg^{-1}$ .

У биљном материјалу Zn, Pb, Mn и, донекле, Cu су испод или у границама критичних вредности. Садржај никла у листовима је, такође, веома повећан, нарочито на Гочу 53,46  $mg \cdot kg^{-1}$  и Златибору 49,50  $mg \cdot kg^{-1}$ , с обзиром да просечне вредности за никл у биљном материјалу износе 0,4-4  $mg \cdot kg^{-1}$ . Садржај Fe је повећан на Дивчибарама, а садржај Cr на Гочу.

Према анализи садржаја тешких метала у земљишту и листовима може се закључити да је *Hypericum perforatum* углавном толерантна врста. Кантарион се не може сврстати у ред хиперакумулатора никла, с обзиром да садржај никла код хиперакумулаторских врста прелази 1.000  $mg \cdot kg^{-1}$ . На основу резултата ових истраживања, препорука је да треба избегавати организовано прикупљање кантариона са ова три истражена локалитета.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Adriano D.C. (1986): *Trace elements in terrestrial environment*, Springer-Verlag, New York  
(1994): *Аерозајаћење и шумски екосистеми*, ур. Кадовић Р. *et al.*, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд (1-264)



- Alloway B.J. (1995): *Heavy Metals in Soils*, Second edition, Blackie Academic & Professional, London - Glasgow
- Balsberg-Pahlsson A.M. (1989): *Toxicity of heavy metals (Zn, Cu, Cd, Pb) to vascular plants, A literature review*, Water, Air & Soil Poll. 47, Kluwer Academic Publishers, Amsterdam (287-319)
- Белановић С. (2000): *Проучавање садржаја тешких метала у земљишту и наносу у ојледним сливовима под засадама смрче и црној бора на серпентинитима Гоча*, магистарски рад у рукопису, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд (146)
- Blake L., Goulding K.W.T. (2002): *Effect of atmospheric deposition, soil pH and acidification on heavy metal content in soil and vegetation of semi-natural ecosystems at Rothamsted experimental station*, Plant Soil 240 (235-251)
- Vanmechelen L., Groenemans R., Vanrast E. (1997): *Forest soil condition in Europe*, EC-UN/ECE, Brussels - Geneva
- Wasthoff-Van Der Maarel (1973): *The Braun-Blanquet approach*, Handbook of vegetation science V (ed. Whittaker R.H.), Ordination & Classification of Communities, Junk, Hague (617-726)
- De Vries W., Bakker D.J. (1998): *Manual of calculating critical loads of heavy metals for terrestrial ecosystems: Guidelines for critical limits, calculation methods and input data*, DLO Winnand Starting Centre, Report 166, Wageningen (144)
- (1994): *Element Concentration Cadaster in Ecosystems - ECCE*, Progres Report, presented at the 25<sup>th</sup> General Assembly of International Union of Biological Sciences, Paris
- Jogobay E.G., Jackson R.B. (2004): *The uplift of soil nutrients by plants: Biogeochemical consequences across scales*, Ecol. 85, Soc. Am. Ecol. (2380-2389)
- Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. (1989): *Микроелементи в почвах и растениях*, Мир, Москва (439)
- Кадовић Р., Кнежевић М. (2003): *Тешки метали у шумским екосистемима Србије*, Шумарски факултет и Министарство за заштиту животне средине, Београд
- Kráľová, Masarovičevá (2003) *Hypericum perforatum L. and Chamomilla recutita (L.) Rausch. - accumulators of some toxic metals*, Pharmazie 5, Vol. 58 (359-360)
- Kruckeberg A.R. (2002): *The influence of lithology on plant life*, „The effects of landforms and rock type on plants“, University Washington Press, Seattle
- Marquard R., Schneider M. (1998): *Zur Cadmiumproblematik im Arzneipflanzenbau*, Fachtagung „Arznei-und Gewürzpflanzen“ Tagungsband (eds. Marquard & Schulbert), Justus Liebig Universität, Giesse (271-278)
- Обратов Д., Кадовић Р., Цветковић М. (1994/а): *Асоцијација Helleboro serbicae-Danthoniet calycinae ass. nova на Гочу*, Гласник Шумарског факултета 75-76, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд (9-48)
- Обратов Д., Кадовић Р., Цветковић М. (1994/б): *Садржај никла у земљишту и неким биљним врстама ојледној сливи на Гочу*, „Аерозагађења и шумски екосистеми“, Центар за мултидисциплинарне студије, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд
- Obratov D., Kadović R., Mihajlović N. (1997): *Alyssum markgrafii (Brassicaceae, Capparales) as nickel hiperaccumulator on Goč and Kopaonik serpentinites*, Proceedings

- of the 3<sup>rd</sup> International Conference on the Development of Forestry & Wood Science/Technology, Belgrade (24-28)
- Obratov-Petković D, Popović I, Belanović S., Kadović R. (2006/a): *Ecobiological study of medicinal plants in some regions in Serbia*, Plant, soil & environment, International journal of Czech Academy of Agricultural Sciences 10, Vol. 52, Prague (459-467)
- Obratov-Petković D., Popović I., Belanović S. (2006/b): *Influence of some heavy metal content on exploitation of Hypericum perforatum L.*, IV AMAPSEEC Conference, Book of Abstracts, Jaši (50)
- Pank F. (1998): *Der Arznei und Gewürzpflanzen in der EU*, Z. Arzn.Gew, pfl 3 (81)
- Pank F., Heine H. (1998): *Ziele und Methoden der Arznei und Gewürzpflanzenzüchtung und vergüßte Sorten in Deutschland*, Z. Arzn.Gew. pfl. 3 (125-138)
- Patterson T.B., Givnish T.J. (2004): *Geographic cohesion, chromosomal evolution, parallel adaptive radiation and consequent floral adaptation in Calochortus (Calochortaceae): evidence from a cpDNA phylogeny*, New Phytology 161 (253-264)
- Поповић И. (2005): *Васкуларна флора Дивчибара*, магистарски рад у рукопису, Универзитет у Београду - Биолошки факултет, Београд (9-11)
- Radanović D., Antić-Mladenović S., Jakovljević M. (2002): *Influence of some soil characteristics on heavy metal content in Hypericum perforatum and Achillea millefolium*, Acta Hort. 576 (295-300)
- Radanović D., Jakovljević M., Antić-Mladenović S. (2000): *Content of potentially toxic trace elements in some medicinal plants*, Proceedings of the I Conference on medicinal and aromatic plants of Southeast European countries, IMPR „ Dr. Josif Pančić“, Belgrade (481-488)
- Радановић Д., Настовски Т., Максимовић С. (2006): *Технологија производње кантариона, „Кантарион (Hypericum perforatum L.) и друге врсте рода Hypericum“* (ур. Д. Радановић, Т. Настовски, Н. Менковић), Институт за проучавање лековитог биља „Др Јосиф Панчић“, Београд (51-73)
- Reeves D.R., Baker M.J.A., Borhidi A. Berazain R. (1999): *Nickel hyperaccumulation in the serpentine flora of Cuba*, Anals of Botany 83 (29-38)
- Sústriková A., Hecl J. (2004): *Influence of the environmental factors on the heavy metal content in some medicinal plants*, 3<sup>rd</sup> Conference on Medicinal and aromatic plants of Southeast European countries, Book of abstracts, Nitra (107)
- Franke R. (1999): *Neuentstehung von Kulturpflanzen heute*, Z. Arzn. Gew. Pfl. 4 (24-38)

Dragica Obratov-Petković  
Ivana Bjedov  
Snežana Belanović

#### **THE CONTENT OF HEAVY METALS IN THE LEAVES OF *HYPERICUM PERFORATUM* L. ON SERPENTINITE SOILS IN SERBIA**

##### **Summary**

Of 19 species of the genus *Hypericum* L. growing in Serbia, the most researched species is *Hypericum perforatum* L., thanks to its medicinal properties. Because of the increasing demand for

St John's wort, it is grown in plantations in many countries of west Europe. In Serbia, almost 95% of market demand is supplied by the collection of native plants. The harvesting of native plants requires the fulfilment of quality standards. For this reason, the aim of this study was to research St John's wort populations on serpentinite habitats and to determine the heavy metal concentrations in the soil and in plant material.

The research was performed on three serpentinite sites in Serbia: Zlatibor, the communities *Festuca sulcata-Potentilla recta* and *Poa alpina-Plantago carinata*, Divčibare, the communities *Danthonietum calycinae* and *Nardetum strictae* and Goč, the community *Helleboro serbicae-Danthonietum calycinae*. In these communities, according to Wasthoff-van der Maarel's scale (1973), St John's wort populations were represented by 7-9.

The soil study included the general morphological characteristics, as well as the spectrophotometric research of the concentration of heavy metals. Altogether 7 chemical elements were researched: Zn, Fe, Pb, Cu, Ni, Cr and Mn. It was found that the contents of zinc, iron, lead and to some extent copper were below the critical values or within the critical limits. Very high values were measured for nickel on all three localities. Average contents of nickel ranged between 10 and 85  $mg \cdot kg^{-1}$ , and based on our research the content of nickel ranged from 2,265.47  $mg \cdot kg^{-1}$  on Divčibare to 1,100.00  $mg \cdot kg^{-1}$  on Mt. Goč. The same refers to chromium, with the average concentration in the soil 20-130  $mg \cdot kg^{-1}$ . Based on this research, the content of chromium ranged from 423.65  $mg \cdot kg^{-1}$  on Divčibare to 475  $mg \cdot kg^{-1}$ , measured on Zlatibor. The higher concentration of manganese was also measured, it was the highest on Zlatibor (2,734.25  $mg \cdot kg^{-1}$ ), and somewhat lower on Goč (2,503.40  $mg \cdot kg^{-1}$ ) and Divčibare (1,996.41  $mg \cdot kg^{-1}$ ).

In the St John's wort foliage, zinc, lead, manganese and to some extent also copper occurred in admissible concentrations. The contents of other elements were higher. The content of nickel was extremely high on Mt. Goč (53.46  $mg \cdot kg^{-1}$ ). Very high values were found also on Zlatibor (49.50  $mg \cdot kg^{-1}$ ), and markedly lower on Divčibare (16  $mg \cdot kg^{-1}$ ). Although the content of nickel in St John's wort foliage was very high, this plant cannot be designated as the hyperaccumulator of nickel. In the hyperaccumulators of nickel, the concentration of this element in plant material, exceeds 1,000  $mg \cdot kg^{-1}$ . Measured values of chromium were high on Mt. Goč (18.99  $mg \cdot kg^{-1}$ ). This was a much higher value than that measured on Zlatibor (1.83  $mg \cdot kg^{-1}$ ) or on Divčibare (1.50  $mg \cdot kg^{-1}$ ). The content of iron was higher on Mt. Goč.

Based on the analysis of the content of heavy metals in the soil and plant material of St John's wort, it can be concluded that *Hypericum perforatum* is mainly a tolerant species. The recommendation regarding the harvesting of St John's wort native populations is that it should be avoided on these three researched sites.

