

Екол. Зашт. Живот. Сред	Том	Број	стр.	Скопје
5	2	85-92	1997	
Ekol. Zašt. Život. Sred.	Vol.	No.		Skopje

Презентирано на VIII научна трибина
на Друштвото на еколозите на Македонија
оригинален научен труд

ISSN 0354-2491
УДК: 582.4-145:547.979.83:504.3,054(497.17-25)

КАРОТЕНОИДИТЕ ВО ИГЛИЦИ НА *Pinus nigra* КАКО БИОИНДИКАТОРИ ЗА СТЕПЕНОТ НА ЗАГАДУВАЊЕТО НА АТМОСФЕРСКИОТ ВОЗДУХ ВО СКОПЈЕ

Сашко ЈОРДАНОВ, Милто МУЛЕВ, Љупчо МЕЛОВСКИ и Лидија ДЕРЛИЕВА

Институт за биологија, Природно-математички
факултет, п. фах 162, Скопје, Македонија

ИЗВОД

Јорданов, С, Мулев, М., Меловски, Љ., и Дерлиева, Л. (1997). Каротеноидите во иглици на *Pinus nigra* како биоиндикатори за степенот на загадувањето на атмосферскиот воздух во Скопје. Екол. Зашт. Живот. Сред., Том 5, Бр. 2, 85-92, Скопје

Содржината на каротеноидите беше одредувана во двегодишни иглици на црн бор (*Pinus nigra*) во текот на вегетациската 1993/94 година. Пробите беа земани еднаш месечно на три локалитети во градот Скопје: Аеродром, Чаир и Панорама, кои се со различен степен на аерозагадување. Во овие мерни точки од страна на Републичкиот Хидрометеоролошки завод -Скопје и Градскиот завод за здравствена заштита - Скопје, во подолг временски период континуирано е следена концентрацијата на чад во атмосферскиот воздух. На основа добиените податоци од овие институции, највисока просечна средногодишна вредност на концентрацијата на чад за 10 - годишен период беше утврдена во мерната точка Аеродром.

Во локалитетите Аеродром и Чаир кои се одликуваа со повисоки средногодишни вредности на концентрацијата на чад беа забележани повисоки средногодишни вредности на содржината на каротеноидите во иглиците на црниот бор во споредба со Панорама.

Клучни зборови: Каротеноиди, *Pinus nigra*, аерозагадување, чад

ABSTRACT

Jordanov, S., Mulev, M., Melovski, Lj., and Derlieva, L. (1997). Carotenoids in the needles of *Pinus nigra* as Bioindicators of the degree of pollution in the Atmospheric air' of Skopje. Ekol. Zašt. Život. Sred. Vol. 5, No. 2, 85-92, Skopje.

The content of the carotenoids was determined in the two year old needles of Black pine (*Pinus nigra*) in the course of the vegetational year 1993/94. The samples were collected once per month at three local areas in Skopje: Aerodrom, Chair and Panorama, which have different degrees of air pollution.. At these measuring points The Republic's Hydro - meteorological Institute - Skopje and The City Institute for Health Prevention-Skopje, are continuously following the concentration of smoke in the atmospheric air over a longer' period of time. On the basis of the obtained data from these institutes, the highest yearly average value of smoke concentration over' a 10 - year period was confirmed in the Aerodrom measuring point.

In the areas of Aerodrom and Chair which were characterized by higher yearly average values of smoke concentration, higher yearly average values were registered in the carotenoids content in needles of Black pine (*Pinus nigra*) in comparison with the Panorama area.

Key words: Carotenoids, *Pinus nigra*, Air pollution, smoke

ВОВЕД

Во последните децении на дваесеттиот век со интензивниот развој на индустријата, инфраструктурата, земјоделското производство, зголемената фреквенција на сообраќајот како и рапидниот пораст на бројот на населението се повеќе се загадува и уништува животната средина, Загадувањето на биосферата има глобален и универзален карактер и се изразува во вид на широк фронт на загадување на воздухот, водата, почвата, храната и др.

Една од компонентите на биосферата која потенцијално е изложена на загадување е атмосферата, Загадувањето на воздухот од антропогено потекло е последица на емисија и емисија на полуции од разновидни извори. Позначајните извори кои го загадуваат воздухот во градовите се објектите за централно и печките за локално греење на тврди и течни горива, разновидните индустриски процеси и моторните возила кај кои при непотполно согорување на горивото се ослободуваат: чад, јаглерод - моноксид, јаглерод-диоксид, азотни оксиди, сулфур-диоксид, соединенија на олово и др. Во загадувањето на воздухот како репрезенти се земаат сулфур - диоксидот и чадот,

Истражувањата за влијанието на загадениот воздух врз растенијата датираат од средината на минатиот век. Tharandt (цитат од Dassler, 1976) прв го проучувал штетното влијание на чадот, а

Stockhardt (1850, 1871) на SO₂ врз растенијата.

Во последните децении на овој век значајни се истражувањата на Dassler (1972) кој го проучувал влијанието на CO₂ и чадот врз хлоропластните пигменти. Во понатамошните истражувања е потврдено дека различните загадувачи на воздухот влијаат врз содржината и односот на пигментите на хлорофилната компонента и каротеноидите во листовите на дрвенестите растенија Попов и сор. (1974). Томчук, Спахова (1974); Гетко (1975); Turn et al. (1975). Слични истражувања во услови на атмосферно загадување предизвикано од автомобилскиот сообраќај се вршени од Великова и Иванова (1992) во листови на *Tilia argentea* и *Tilia cordata*; Худаир и Иванова (1992) во иглици на *Pinus nigra* и Saarinen (1993) во иглици на *Pinus sylvestris*.

На подрачјето на Скопје како најголем урбан центар во земјата, со голема концентрација на индустриски објекти и интензивен автомобилски сообраќај во подолг временски период во поедини локалитети аерозагадувањето достигнуваше енорни вредности што упатува на можноста од негово штетно влијание врз растителниот свет. Овој факт побуди интерес за истражување на влијанието на чадот врз содржината на каротеноидите во иглиците на црниот бор.

ОБЈЕКТ И МЕТОДИ НА РАБОТА

Содржината на каротеноидите во иглици на црн бор (*Pinus nigra*) беше одредувана еднаш месечно во текот на вегетационската 1993/94 година. Пробите беа земани од исто стебло, инсерција и експозиција од јужната страна на крошната, на три локалитети во градот Скопје: Аеродром, Чаир и Панорама кои се со различен степен на аерозагадување. Изборот на мерните точки беше направен според застапеноста на индустриските објекти и фреквенцијата на автомобилскиот сообраќај, Во локалитетите опфатени со истражувањата од

страна на Републичкиот Хидрометеоролошки завод - Скопје и Градскиот завод за здравствена заштита - Скопје во подолг временски период континуирано е следена концентрацијата на чад во атмосферскиот воздух. Добиените податоци од овие институции за имисијата на чад се однесуваа за временски период (1983-1992) година за мерните точки Аеродром и Чаир, а за Панорама (1988-1992) година.

Содржината на каротеноидите во иглици на *Pinus nigra* беше одредувана по методата на Robbelen (1957). За анализа

беа земени свежи иглици (0,2 g) со средна големина, а мацерацијата беше извршена со 85 % ацетон.

Концентрацијата на каротеноидите беше отчитувана на спектрофотометар Perkin - Elmer Coleman 54 B на бранова

должина од 452,5 nm. Добиените вредности за каротеноидите се прикажани во милиграми на грам свежа маса и статистички се обработени со компјутерската програма STATGRAPH.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Чадот е полутант од кој зависи степенот на аерозагадувањето. Истиот се состои од цврсти, гасовити и течни примеси во зависност од изворот на загадувањето. Главни компоненти на чадот се јаглерод, смолести соединенија и пепел во мали количини. Честичките на чадот се со мали големини под 1 μm поради што бавно се таложат и остануваат да лебдат во атмосферата по нивната емисија. Добиените вредности од Републичкиот Хидрометеоролошки завод - Скопје и Градскиот завод за здравствена заштита - Скопје кои се однесуваат за концентрацијата на чад во атмосферскиот воздух на локалитетите: Аеродром, Чаир и Панорама се прикажани табеларно и графички. Во Таб. 1 се дадени минималните, максималните и средногодишните вредности на концентрацијата на чад за временски период (1983-1992) година за мерните точки Аеродром и Чаир, а за Панорама (1988 -1992) година, додека просечните годишни средномесечни концентрации на чад се прикажани на (Сл. 1).

Од Таб. 1 се гледа дека во локалитетите Аеродром и Чаир за 10-годишен период и Панорама за 5 -годишен период, најниската средногодишна вредност на концентрација на чад во воздухот од 0,022 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ беше утврдена во Аеродром, а највисоката (0,060 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) во истата мерна точка.

Од локалитетите кои беа опфатени со истражувањата, највисока просечна средногодишна вредност на концентрацијата на чад (0,044 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) за истражувачкиот период (1983 - 1992) година беше добиена во мерната точка Аеродром, нешто пониска во Чаир (0,041 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) за истиот период, а најниска во Панорама (0,038 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) воздух за период (1988 - 1992) година.,

Таб. 1 Минимални, максимални и средногодишни вредности на концентрацијата на чад во воздухот во Скопје ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$).

Tab. 1 Minimum, maximum and yearly average values of smoke concentration in the air in Skopje ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$).

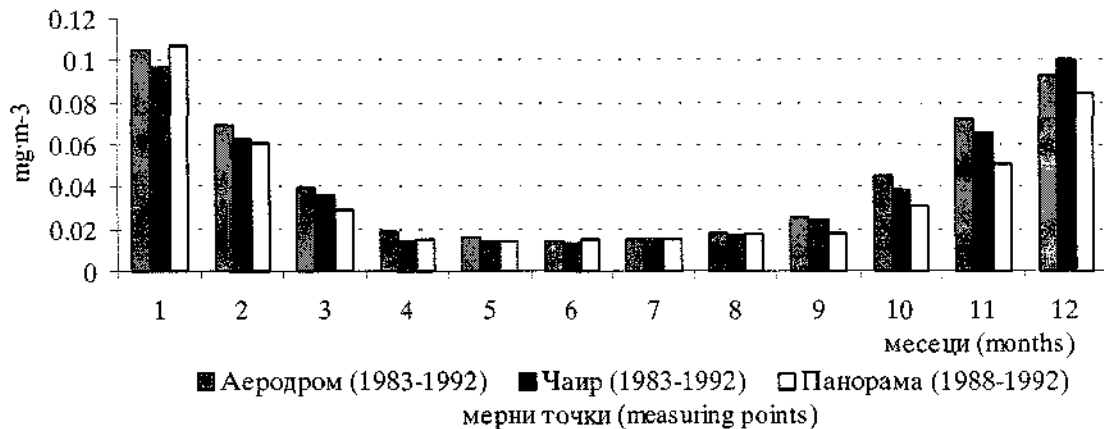
Мерна точка location	Временски интервал Time interval	мин. min.	макс. max.	сп. вред. average
Аеродром	1983-1992	0.022	0.060	0.044
Чаир	1983-1992	0.023	0.053	0.041
Панорама	1988-1992	0.028	0.044	0.038

Во 10 - годишниот период просечните средномесечни вредности на концентрацијата на чад во мерното место Аеродром варираа од 0,014 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ воздух во месец јуни до 0,105 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (јануари), во Чаир од 0,013 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (јуни) до 0,100 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (декември), додека во локалитетот Панорама за 5 - годишниот период од 0,014 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (мај) до 0,107 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ воздух во (јануари) (Сл. 1).

Каротеноидите се портокалово-жолти пигменти кои се среќаваат во фотосинтетичкиот апарат на зелените растенија и фотосинтезирачките бактерии. Каротеноидите се продукти на изопренот. Нивниот јаглероден ланец е изграден од 8 изопренски единици. Во хлоропластите тие се застапени со каротин и ксантофил. Каротеноидите вршат апсорпција на светлина во синиот дел на видливиот спектар (424 - 491 nm) и дел во зелениот (491 - 5.50 nm) каде апсорпцијата на светлина од хлорофилните пигменти е мала и ја предаваат апсорбираната енергија на хлорофилот-а. Каротеноидите имаат помошна функција во фотосинтезата, проширувајќи го спектарот на апсорпција на фотосинтетичкиот апарат. Овие пигменти го заштитуваат фотолабилниот фотосин-

тетички систем од оксидативна фотодеструкција и во нивно отсуство не може

да се одвива фотосинтезата.



Сл. 1 Просечни месечни концентрации на чад за пет и десет годишен период (mg·m⁻³).
Fig. 1 Average monthly concentrations of smoke for five and ten year period (mg·m⁻³).

Во Таб. 2 се дадени податоците за минималните, максималните и средногодишните вредности на содржината на каротеноидите во иглици на *Pinus nigra* во мерните точки кои беа опфатени во истражувањата, додека годишната динамика на каротеноидите почнувајќи од април 1993 до истиот месец 1994 година е прикажана на (Сл. 2),

Од Таб. 2 и Сл. 2 може да се забележи дека во мерните точки Чаир и Аеродром беа добиени повисоки вредности на каротеноидите во споредба со Панорама. Во локалитетот Чаир во текот на истражувачката година вредностите на содржината на каротеноидите варираа од 0,250 mg·g⁻¹ свежа маса во месец јули до 0,518 mg·g⁻¹ свежа маса во јануари, додека средногодишната вредност на каротеноидите изнесуваше 0,349 mg·g⁻¹ свежа маса. Многу блиска до оваа е средногодишната вредност на каротеноидите која беше утврдена во мерната точка Аеродром (0,335 mg·g⁻¹ свежа маса). Во текот на истражувачкиот период во локалитетот Аеродром апсолутните месечни вредности на каротеноидите варираа од 0,219 mg·g⁻¹ свежа маса (јуни) до 0,528 mg·g⁻¹ свежа маса (декември).

Таб. 2. Минимални, максимални и средногодишни вредности на содржината

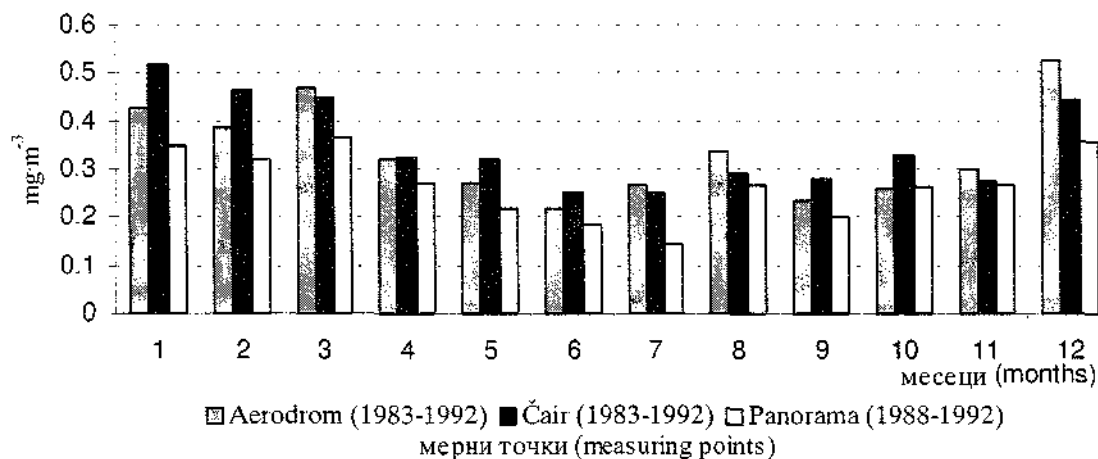
на каротеноиди во иглици од *Pinus nigra* во Скопје (mg·g⁻¹ cBe5KaMaca).

Tab. 2. Minimum and yearly average values of carotenoids content in *Pinus nigra* needles in Skopje (mg g⁻¹ fresh matter).

Мерна точка location	мин. min	макс. max	ср.вред. average
Аеродром	0,219	0,528	0,335
Чаир	0,250	0,518	0,349
Панорама	0,144	0,366	0,267

Во мерната точка Панорама апсолутните месечни вредности на каротеноидите се движеа од 0,144 mg·g⁻¹ свежа маса (јули) до 0,366 mg·g⁻¹ свежа маса (март), додека средногодишната вредност на каротеноидите беше најниска и изнесуваше 0,267 mg·g⁻¹ свежа маса (Таб. 2 и Сл. 2).

Од Сл. 2 може да се види дека релативно повисоки вредности на содржината на каротеноидите во истражуваните мерни точки беа забележани во зимските месеци, кога беа измерени повисоки концентрации на чад во воздухот,



Сл. 2 Годишна динамика на содржината на каротеноиди во иглици на *Pinus nigra* по мерни точки во Скопје (mg·g⁻¹ свежа маса)

Fig. 2 Annually dynamics of carotenoids content in *Pinus nigra* needles in different points in Skopje (mg g fresh matter)

Слични истражувања за содржината на каротеноидите во иглици на *Pinus sylvestris* во услови на атмосферно загадување со чад се вршени од Timo Saarineen (1993). Содржината на каротеноидите се движела од 0.200 - 0.270 mg·g⁻¹ свежа маса. Овие вредности се релативно пониски од вредностите на каротеноидите во иглици на црниот бор во нашите истражувања.

Според податоците на Jakucs (1985) во шумски екосистеми во листови на *Quercus cerris* во вегетациониот период вредностите на содржината на каротеноидите варирале од 0.700 - 1.200 mg·g⁻¹ свежа маса и се релативно повисоки од вредностите на каротеноидите кај црниот бор во мерните точки опфатени со нашите истражувања.

Добиените резултати од извршените истражувања беа статистички обработени. Во испитуваните локалитети каротеноидите покажува јака позитивна корелациона врска со чадот, што се гледа од високите вредности на коефициентите на корелација (чад: каротеноиди П= 0.687

за мерната точка Аеродром, чад: каротеноиди П= 0.739 за Чаир и чад: каротеноиди П= 0.705 за Панорама),

Од сето ова произлегува дека чадот позитивно влијае на содржината на каротеноидите т.е. поголеми концентрации на чад во атмосферскиот воздух предизвикуваат зголемување на содржината на каротеноидите во иглиците од црниот бор.

Поголемата концентрација на чад во воздухот во локалитетите Чаир и Аеродром го намалува интензитетот на светлина, при што до испитуваното растение веројатно најдобро продираат синовиолетовите зраци со бранова должина од 430 - 495 nm и зелените од 495 -565 nm од видливиот спектар, кои во најголем дел се апсорбираат од каротеноидите. Тоа веројатно условува повисоки вредности на испитуваните пигменти во мерните точки Чаир и Аеродром во споредба со Панорама.

ЗАКЛУЧОЦИ

Врз основа на добиените податоци за концентрацијата на чад во атмосферскиот воздух и измерените вредности за содржината на каротеноидите во иглиците на црниот бор (*Pinus nigra*) на три локалитети во градот Скопје може да

се изведат следните заклучоци:

1. Според податоците на Републичкиот Хидрометеоролошки завод и Градскиот завод за здравствена заштита -Скопје во мерните точки Аеродром и Чаир за 10 - годишен период и Панорама

за 5 - годишен период, најниската средно-годишна вредност на концентрацијата на чад од $0,022 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ како и највисоката ($0,060 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$) се утврдени во локалитетот Аеродром, Во истражуваните локалитети високите вредности на концентрацијата на чад главно се однесуваа на зимскиот период. Во мерната точка Аеродром за 10 - годишен период највисоката просечна средномесечна вредност на концентрацијата на чад во воздухот ($0,105 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$) е забележана во јануари, во Чаир за истиот период во декември ($0,100 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$), додека во локалитетот Панорама за 5 - годишен период во месец јануари ($0,107 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$). За временски период (1983 - 1992) година највисока просечна средногодишна вредност на концентрацијата на чад од $0,044 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ е утврдена во мерната точка Аеродром, што веројатно е условено од интензивниот автомобилски сообраќај и големата концентрација на индустриски објекти во тој дел на градот.

2. Во истражуваните локалитети високите вредности на содржината на каротеноидите се добиени во зимските месеци. Апсолутно максималната вредност на каротеноидите во иглиците на

црниот бор во текот на истражувачката 1993/94 година во мерната точка Аеродром е измерена во месец декември ($0,528 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ свежа маса), во Чаир во јануари ($0,518 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ свежа маса), додека во Панорама во март ($0,366 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ свежа маса). Во иглиците на црниот бор, највисока средногодишна вредност на содржината на каротеноидите е утврдена во мерната точка Чаир ($0,349 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ свежа маса), нешто пониска во Аеродром ($0,335 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ свежа маса), а најниска во локалитетот Панорама ($0,267 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ свежа маса).

3. Во мерните точки Чаир и Аеродром кои се одликуваа со повисоки просечни средногодишни вредности на концентрацијата на чад во воздухот, забележани се повисоки средногодишни вредности на содржината на каротеноидите во иглиците на *Finns nigra* во споредба со локалитетот Панорама.

4. Чадот значајно позитивно влијае на содржината на каротеноидите во иглиците на црниот бор од што произлегува дека овие пигменти се добри биоиндикатори за степенот на атмосферното загадување со чад.

РЕФЕРЕНЦИ

- Dassler, H.-G. (1972). Zur Wirkungsweise der Schadstoffe. Dei Einfluss von SO₂ auf Blattfarbstoffe. Mitt. Forstl. Bundesversuchsanstalt, Wien, H. 97, 353-366.
- Dassler, H.-G. (1976). Einfluss von Luftverunreinigungen auf die Vegetation. Urschen-Wirkungen-Gegenmassnahmen, VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Худаир, С. Н., Иванова, А. (1992). Динамика на хлорофил А и хлорофил В в неколку дрвесни вида в условията на атмосферно замърсяване и възможности за ранна биоиндикация. Годишник на Софийския Университет "Св. Климент Охридски", кн. 2-Ботаника, том 82, 165-185.
- Jakucs, P. (1985). Ecology of an oak forest in Hungary, Resultats of "Sikfokut" projekt, 1. Akademiai kiade Budapest.
- Kastori, R. (1993). Fiziologija biljaka, Nauka, Beograd.
- Македонска, Ц., Славова, В. (1981). Оводненост, дишане и съдържание на пигменти в листата на дрвесни видови при условия на промишлено замърсяване на въздуха в района на МК "Кремиковци".
- Saarinен, Т. (1993). Chlorophyll fluorescence, and nitrogen and pigment content of Scots pine (*Pinus sylvestris*) needles in polluted urban habitats. Ann. Bot. Fennici 30: 1-7, Helsinki.
- Sarić, M., Petrović, M., Krstić, B., Kastori, R., Stanković, Z., Petrović, N. (1986). Praktikum iz fiziologije biljaka., Naučna knjiga, Beograd.
- Stockhardt, A. (1850). Uber die Einwirkung des Rauches der Silberhütten auf die benachbarte Vegetation. Polytech. Cbl. 257.
- Stojanović, D. (1977). Vreme i aerozagadenje. Zaštita Čovekove Sredine.

Ekologija, I-kolo. "Rad", Beograd. Беликова, В., Иванова, А. (1992). Оценка на замърсяването на градската среда чрез растителна биоиндикация с *Tilia cordata* Mill and T.

argentea Desf. Годишник на Софийския Университет "Св. Климент Охридски", кн. 2- Ботаника, том 82,137-148.

CAROTENOIDS IN THE NEEDLES OF *Pinus nigra* AS BIOINDICATORS OF THE DEGREE OF POLLUTION IN THE ATMOSPHERIC AIR OF SKOPJE

Saško JORDANOV, Milto MULEV, Ljupčo MELOVSKI and Lidija DERLIEVA

Institute of Biology, Faculty of Sciences, 91000 Skopje, Macedonia

S u m m a r y

Carotenoids content was determined in two-year old needles of Black pine (*Pinus nigra*) in the course of the vegetation 1993/94 year. Samples were taken once per month from the same tree-trunk, insertion and exposition at three localities in the city of Skopje: Aerodrom, Chair and Panorama, which had different degree of air pollution. The selection of the measuring points was made according to the number of the industrial objects and the frequency of the traffic.

At the measuring points included in our investigation carried out by The Republic's Hydro-meteorological Institute — Skopje and The City Institute for Health Prevention — Skopje, smoke concentration in the atmospheric air is continuously followed during a longer period of time.

At the investigated localities, high smoke concentrations were mainly referred to the winter period. At the measuring point Aerodrom over a 10 - year period the highest average monthly value of smoke concentration of 0,105 mg-m⁻³ was registered in January and at the locality Chair for the same period in December a 0,100 mg-m⁻³ was registered, while at Panorama during a 5 - year period for the month of January the smoke value amounted to 0,107 mg-m⁻³.

The highest yearly average value of smoke concentration of 0,044 mg-m⁻³ over a 10 - year period was registered at the measuring point Aerodrom, which was probably conditioned by the intensity of the traffic and by the high concentration of industrial objects in that area of the city.

At the investigated localities high values of carotenoids content were obtained in winter.

The absolute maximum value of carotenoids content in needles of Black pine (*Pinus nigra*) during the investigational 1993/94 year was measured at the measuring point Aerodrom in December and amounted to (0,528 mg-g⁻¹ fresh matter), at Chair in January (0,518 mg-g⁻¹ fresh matter), while at Panorama in March (0,366 mg-g⁻¹ fresh matter).

In *Pinus nigra* needles during the whole period of the investigation which began in April 1993, and lasted until the same month in 1994, the highest yearly average value of carotenoids content of 0,349 mg-g⁻¹ fresh matter was determined at the measuring point Chair, somewhat lower at Aerodrom of 0,335 mg-g⁻¹ fresh matter' and the lowest at Panorama locality at 0,267 mg-g⁻¹ fresh matter.

At Chair and Aerodrom localities which were characterized by higher yearly average values of smoke concentration in the air, higher yearly average values of carotenoids content were noticed in needles of *Pinus nigra*, in comparison with Panorama.

On the basis of the mathematic and statistic processing of the obtained results, it was established that smoke has a positive influence on carotenoids content in needles of *Pinus nigra*.

Accordingly, carotenoids were good bioindicators of the extent of atmospheric smoke pollution.