

**FAREBNÉ ZMENY NA POVRCHU PORANENÉHO BUKOVÉHO
KMEŇA VYVOLANÉ MECHANICKÝM ODSTRÁNENÍM KÔRY
3. VPLYV ROZDIELNEHO OBDOBIA PORANENIA**

**COLOR CHANGES ON WOUNDED SURFACE OF BEECH STEM
INDUCED BY MECHANICAL REMOVAL THE BARK
3. EFFECT OF DIFFERENT SEASON OF INJURY**

Vladimír Račko – Oľga Mišíková

ABSTRACT

The effect of different season on progress of color changes at injured surfaces of live trees were observed in the article. Observations were made in three beech forests stands with different altitude and species homogeneity. The color changes on injured surface were measured in color space CIEL*a*b* in three month period (March, June, September, December 2011 and June 2012) and during 55 days after injury.

Based on achieved results we can say that the most clear changes in both forests were found at the first twelve days after injury. In the next observed period the color changes were less clear.

The color changes found out on wounds and made in different season during years were statistically significant. On the other hand, between wounds made at the beginning and end of the growing season, the effect of factors were statistically non significant in the fourth and fifty-fifth day of injury.

Keywords: beech, injury, different season of injury, color changes, CIEL*a*b*.

ÚVOD

Vplyvom poranenia kmeňa živého stromu, dochádza k naštartovaniu biochemických obranných mechanizmov, snažiacich sa zabrániť vniknutiu vzduchu a patogénov do štruktúry dreva. Neustále tu prebiehajú fyziologické procesy, ktorých zmena je okrem množstva genetických predispozícií závislá aj od krátko a dlhodobých období jeho rastu (meniacej sa klímy v rámci dňa, v rámci vegetačného obdobia a obdobia vegetačného klľudu a v rámci celkovej doby rastu stromu). Vplyvom kyslíka, vlhkosti, teploty, UV žiarenia a biopatogénov, dochádza k zmene chemického zloženia dreva a následne k zmene jeho farby (MATSUO *et al.* 2011). Na povrchu kmeňa sa mení vlhkosť, odumiera kambium a tvorí sa kalus (DUJESIEFKEN *et al.* 2001, GRUNWALD *et al.* 2002, STOBBE *et al.* 2002). Tvorba tyl zas bráni úniku vlhkosti a difúzii vzduchu do rany, pričom chemickú bariéru vytvára aj suberín, ktorý sa koncentruje v tylách a okolitých pletivách (BIGGS 1987, SCHMITT a LIESE 1993, RIOUX *et al.* 1995, OVEN *et al.* 2010). Oxidačné reakcie vyvolajú v počiatočných štádiách na povrchu rany farebné zmeny (BAUCH 1984). Vplyvom oxidácie kyslíkom zo vzduchu dôjde v cytoplazme parenchymatických buniek k syntéze

karbohydrátov na fenolicke zlúčeniny tmavohnej farby. Tieto látky následne v tekutej forme penetrujú cez stenčiny do lumenov okolitých vláknitých elementov a ciev. Dlhodobým pôsobením UV žiarenia dochádza k zmene štruktúry lignínu a hemicelulózy. Na urýchlenie oxidačných reakcií a následnú zmenu farby majú významný vplyv aj klimatické podmienky v poraste (trvanie slnečného svitu a UV-žiarenia, relatívna vlhkosť, tlak a teplota vzduchu) (TSUCHIKAWA *et al.* 2004, KRISHNA K 2005, NZOKOU a KAMDEM 2006, OLTEAN *et al.* 2008, TOLVAJ a MITSUI 2010).

Vitalita stromu (vek, veľkosť koruny, sociologické postavenie v poraste) a environmentálne podmienky jeho rastu (drevinové zloženie porastu, vyživovací komplex v pôde, nadmorská výška, expozícia a sklon svahu atď.) tiež významne formujú tieto procesy.

Farebné zmeny na povrchu rany sú prvým indikátorom, ktorý poukazuje na vytvorenie zmien v štruktúre, súvisiacich s poranením kmeňa. Poznať dynamiku procesu týchto farebných zmien na umelo poranenom bukovom kmeni je dôvod, prečo sme pristúpili k riešeniu uvedenej problematiky. V prvom zo série článkov (RAČKO a MIŠÍKOVÁ 2012a) bol skúmaný vplyv rozdielnej drevinovej skladby bukových porastov, v druhom (RAČKO a MIŠÍKOVÁ 2012b) sme sa zamerali na posúdenie vplyvu nadmorskej výšky.

Cieľom tohto článku bolo zistiť, ako sa menila farba rany dreva po odstránení kôry v rôznych obdobiach (marec, jún, september a december) počas prvých 55 dní.

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Experimentálne merania boli vykonané v troch porastoch Vysokoškolského lesného podniku Technickej univerzity Zvolen. Porasty boli vybrané tak, aby sa výrazne líšili drevinovým zložením, nadmorskou výškou a lokalitou rastu. Charakteristiky skúmaných porastov sú uvedené v tab. 1

Tab. 1 Základné charakteristiky skúmaných porastov podľa LHP za roky 2010–2020.

Tab. 1 Basic characteristics of investigated forest stands according to FMP 2010–2020.

Porast	Lokalita	Vek porastu [rok]	Drevinové zloženie porastu		Bonita (buk)	Nadm. výška [m.n.m.]	Expozícia svahu	Sklon svahu
			BK	Ostatné dreviny				
587	Budča – Kremenný jarok	100	30 %	DB – 55 %, HB – 10 %, CR – 3 %, SM, OS – 2 %	28	450	SV	30 %
541	Turová - Včelien	75	100 %	0 %	28	510	V	40 %
727A	Železná Breznica - Kamenná	100	100 %	0 %	28	710	V	40 %

V každom poraste boli na dvoch živých stromoch vo veku 75–100 rokov vytvorené štyri rany s rozmermi 10 × 20 cm. Rany boli vytvorené na pozíciách 0, 90, 180 a 270° braných od základnej expozície svahu. Kôra bola opatrne zlúpnutá a kambium odstránené zoškrabaním.

Meranie farby

Meranie farby vo farebnom priestore CIEL*a*b* bolo vykonané spektrofotometrom (BYK-Gardner Spectro-guide 6834). Na každej rane bolo vykonaných 30 meraní. 10 meraní v ľavej časti rany, 10 v strede a 10 v pravo. Merania počiatočných referenčných súradníc (L_0^* , a_0^* , b_0^*) skúmaných porastoch boli vykonané hneď po odstránení kôry každý štvrtrok (marec, jún, september a december), v priebehu dvoch rokov – 2011 a 2012. Merania súradníc (L_i^* , a_i^* , b_i^*) boli vykonané v intervaloch (i) po 4, 12, 28 a 55 dňoch od poranenia. Následne boli vypočítané farebné rozdiely jednotlivých CIEL*a*b* súradníc (ΔL_i^* , Δa_i^* , Δb_i^*) (RAČKO a MIŠÍKOVÁ 2012a).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Analýza rozptylu vplyvu polohy rany na tom istom strome nepreukázala štatisticky významný vplyv na zmenu farby rany (tab. 2), preto sme jednotlivé hodnoty výberových súborov za strom zlúčili do jedného výberového súboru.

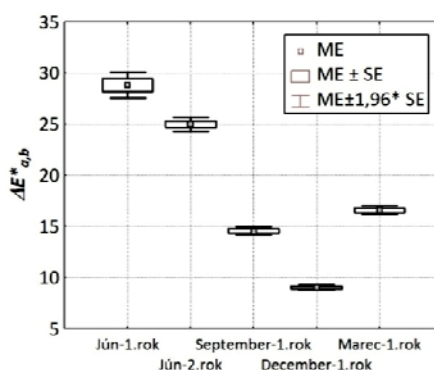
Tab. 2 Jednofaktorové analýzy rozptylov - vplyvu polohy rany na kmeni stromu vzhľadom k orientácii svahu.

Tab. 2 One-way analysis of variances - influence the injury position on tree stem in relation to slope orientation.

Skúmaný porast	Súradnice CIEL*a*b*		
	L*	a*	b*
587	ns.	ns.	ns.
541	ns.	ns.	ns.
727A	ns.	ns.	ns.

Poznámka: Štatisticky nevýznamný vplyv faktora (n.s.). Štatisticky významný vplyv faktora (*) na hladine významnosti $\alpha = 0,05$, (**) na hladine významnosti $\alpha = 0,01$, (***) na hladine významnosti $\alpha = 0,001$

Z obr. 1 je vidieť, že obdobie v ktorom poranenie vzniklo má štatisticky významný vplyv na celkovú zmenu farby rany $\Delta E^*_{a,b}$.



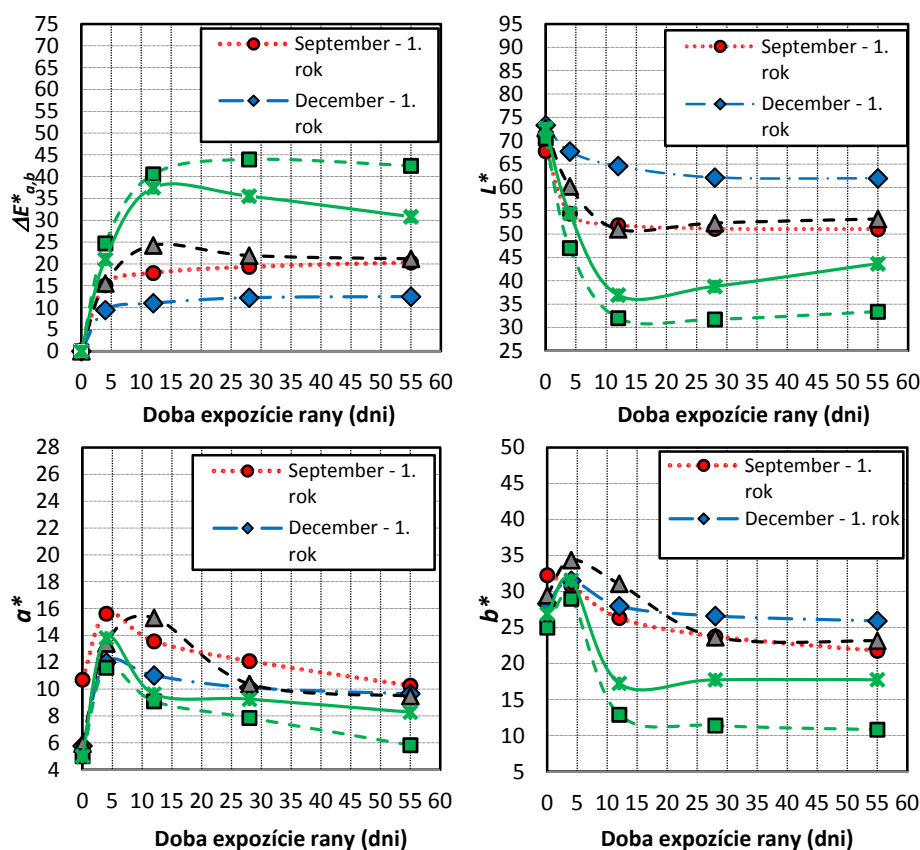
Obr. 1 Graf intervalov spoľahlivosti (95%) a priemerných hodnôt celkových farebných zmien $\Delta E^*_{a,b}$ v sledovaných obdobiach a rokoch.

Fig. 1 Graph of confidence intervals (95%) and average values of the total color changes $\Delta E^*_{a,b}$ during sampled periods a the years.

Najvýraznejšie zmeny $\Delta E^*_{a,b}$ sme zistili v strede vegetačného obdobia (tab. 3, obr. 2). Naproti tomu, najmenej výrazné sme zistili v období vegetačného kľudu v decembri. Zmeny, vzniknuté na začiatku a konci vegetačného obdobia, v marci

a septembri boli podobné. Ale ich priemerné hodnoty sa od ostatných období líšili výraznejšie, ako medzi sebou.

Z detailnejšieho pozorovania priebehu zmeny farby v sledovaných periodach 55 dní od poranenia (tab. 3, obr. 2) je vidieť, že farba (reprezentovaná jednotlivými CIEL*a*b* súradnicami) sa najvýraznejšie menila cca do 5 až 15 dňa od poranenia. Naopak, v ďalšom období boli zmeny len veľmi malé a vo väčšine prípadov sa dajú považovať za konštantné. Najväčší vplyv na rozdielny priebeh časových závislostí zmien farby $\Delta E^*_{a,b}$ mala vo všetkých sledovaných ročných obdobiach zložka farby charakterizovaná súradnicou L^* . U rán, vzniknutých v oboch sledovaných rokoch v júni mala výrazný vplyv aj zložka farby charakterizovaná súradnicou b^* .



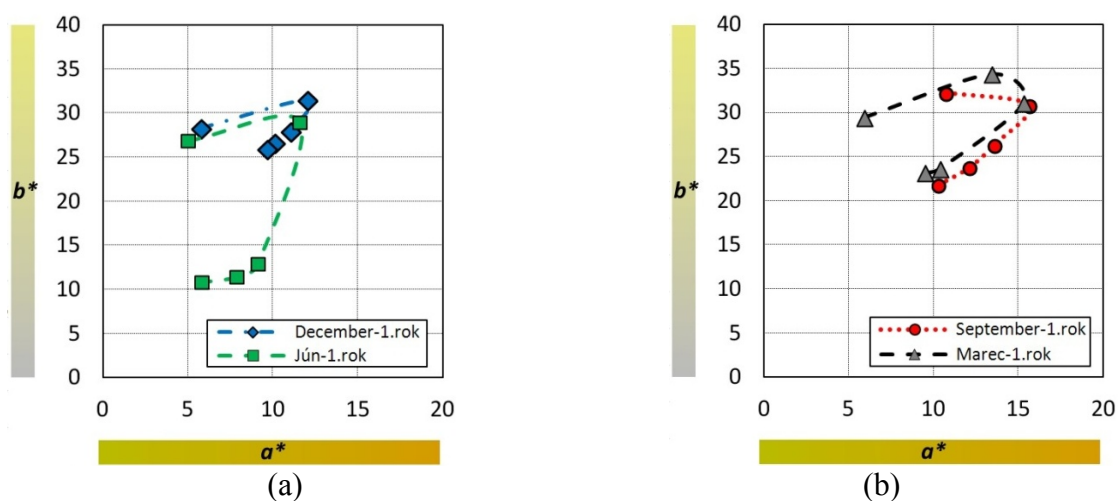
Obr. 2 Farebné zmeny povrchu rany súradníc L^* , a^* , b^* a $\Delta E^*_{a,b}$ ako funkcia času expozície poraneného kmeňa.

Fig. 2 The color changes of injured surface of coordinates L^* , a^* , b^* a $\Delta E^*_{a,b}$ as a exposure time function of injured stem.

Z tab. 3 a obr. 2 je vidieť, že farebné odtiene reprezentované súradnicami a^* a b^* sa pohybovali v kladnom kvadrante farebného priestoru, v odtieňoch kombinácie farieb červeno/žltej. Pokým súradnica a^* sa v prvých štyroch dňoch menila výrazne s posunom k červeným odtieňom, súradnica b^* zas k žltým odtieňom farby (obr. 3). V druhej časti sledovaného obdobia bol trend opačný, s posunom u súradnice a^* k zelenej a u súradnice b^* k modrej zložke farby.

Ak porovnáme zmeny uvedených súradníc v čase najvyššej fyziologickej aktivity (jún) a v čase vegetačného kľudu (december), zistíme zhodný priebeh zmeny oboch súradníc len v prvých štyroch dňoch od poranenia. V ďalšom období reverzná zmena hlavne súradnice b^* u decembrových rán bola veľmi malá, naopak u júnových rán veľká. Naproti tomu u rán vzniknutých v marci a septembri, t.j. na konci a začiatku vegetačného obdobia,

trendy zmeny súradníc boli podobné s výnimkou prvých 15 dní od poranenia. Z obr. 3a,b je vidieť, že oproti zmenám súradníc u júnových rán celková zmena v b^* súradnici je len asi polovičná.



Obr. 3 Farebné zmeny povrchu rany reprezentované súradnicami a^* a b^* . Zmeny na ranách, vzniknutých v období (a) – december a jún, (b) – september a marec.

Fig. 3 The color changes of injured surface represented by the coordinates a^* a b^* . The changes on injuries originated in (a) - December and June, (b) - September and March.

Rozdielne obdobie poranenia malo významný vplyv na celkovú zmenu farby ΔE_{ab}^* skoro medzi všetkými sledovanými obdobiami (tab. 4). Momentálna klíma a jej zmena počas vegetačného obdobia alebo obdobia vegetačného kľudu vplyva na novo prirastajúce pletivá, na fyziologické a biochemické obranné reakcie na povrchu rany a následne na zmenu jej farby (ARMSTRONG *et al.* 1981, DUJESIEFKEN *et al.* 1991, DUJESIEFKEN a LIESE 2007, OLADI *et al.* 2011, PRISLAN *et al.* 2011). Výnimku ale tvorili rany vzniknuté v na začiatku a konci vegetačného obdobia (marec a september) a to po štyroch a päťdesiatich piatich dňoch po poranení (tab. 4). Podobné podmienky klímy na začiatku a konci vegetačného obdobia prispeli k tomu, že farba ich rán sa podobala. Ale v strede vegetačného obdobia obranné reakcie boli oveľa intenzívnejšie, než na jeho začiatku a konci. Najmenej výrazné biochemické reakcie, ktoré vyvolali najmenej výrazné zmeny farby, boli zaznamenané v čase vegetačného kľudu. Z tab. 4 je tiež vidieť, že zmena farby sa významne menila nie len počas roka, ale aj v rozdielnych dvoch rokoch v tých istých mesiacoch (jún 1. a 2. rok).

Farba na povrchu rany môže byť chápaná ako prvotný indikátor následného rozšírenia sfarbenia v kmeni. Hraničné tkanivá preto indikujú odozvu belí obmedziť prílev vzduchu a zabrániť šíreniu infekcie patogénov v dreve (SHORTLE *et al.* 1995). Najvýraznejšie rozšírenie vzduchu, patogénov a sfarbenia v pozdĺžnom smere v kmeni bolo zistené v decembri, najmenej výrazné v októbri a apríli (len cca 30%) (DUJESIEFKEN a LIESE 1990, DUJESIEFKEN *et al.* 2005). Môžeme konštatovať, že rýchla a výrazná zmena farby povrchu rany (počas vegetačného obdobia) indikuje obmedzenie rozšírenia sfarbenia pozdĺž kmeňa. Pomalá a nevýrazná zmena (počas obdobia vegetačného kľudu) indikuje naopak zmeny výrazné. Preto poranenie vzniknuté pri prebierkovej a ťažbovej činnosti v zimnom období zvyšuje riziko zníženia kvality drevnej suroviny z pohľadu sfarbenia, hniloby a tiež vznik tvorby nepravého jadra v drevných sortimentoch (DUJESIEFKEN *et al.* 2005).

Tab. 3 Štatistické charakteristiky CIEL*a*b* súradníc, a ich rozdielov ΔL^* , Δa^* , Δb^* a celkových farebných rozdielov ΔE_{ab}^* .

Tab. 3 Statistical characteristics of CIEL*a*b* co-ordinates, its differencies ΔL^* , Δa^* , Δb^* and total color differences ΔE_{ab}^* .

Obdobie poranenia počas roka	Doba expozície rany (dni)	n	L^*	ΔL^*	a^*	Δa^*	b^*	Δb^*	ΔE_{ab}^*
September 1. rok	0	355	67,8 ± 3,3	0,0	10,7 ± 3,1	0,0	32,3 ± 3,4	0,0	0,0
	4	355	54,4 ± 3,5	13,4	15,6 ± 2,4	-4,9	30,8 ± 2,7	1,4	15,1 ± 3,8
	12	354	51,9 ± 4,9	15,9	13,6 ± 2,9	-2,9	26,3 ± 3,8	5,9	17,9 ± 5,5
	28	355	51,1 ± 4,9	16,6	12,1 ± 1,6	-1,4	23,8 ± 2,2	8,5	19,4 ± 4,8
	55	355	51,1 ± 4,8	16,7	10,3 ± 1,5	0,4	21,8 ± 1,9	10,5	20,4 ± 4,6
December 1. rok	0	360	73,3 ± 1,7	0,0	5,8 ± 0,8	0,0	28,3 ± 1,8	0,0	0,0
	4	360	67,7 ± 2,5	5,6	12,0 ± 2,0	-6,2	31,5 ± 2,6	-3,2	9,4 ± 3,0
	12	359	64,6 ± 2,7	8,7	11,0 ± 1,7	-5,2	28,0 ± 1,8	0,4	11,0 ± 3,2
	28	330	62,1 ± 3,2	11,2	10,1 ± 1,0	-4,3	26,6 ± 1,6	1,7	12,3 ± 2,9
	55	360	62,0 ± 3,0	11,4	9,7 ± 0,8	-3,9	25,9 ± 1,3	2,4	12,5 ± 2,5
Marec 1. rok	0	360	72,7 ± 1,6	0,0	5,9 ± 0,8	0,0	29,5 ± 1,4	0,0	0,0
	4	360	60,2 ± 4,0	12,5	13,4 ± 1,8	-7,5	34,4 ± 2,0	-4,9	15,5 ± 3,9
	12	359	51,0 ± 5,3	21,7	15,3 ± 2,2	-9,4	31,1 ± 3,0	-1,6	24,3 ± 5,3
	28	360	52,4 ± 5,6	20,3	10,4 ± 1,4	-4,4	23,7 ± 2,5	5,8	21,9 ± 5,2
	55	361	53,2 ± 5,1	19,5	9,5 ± 1,5	-3,6	23,2 ± 2,9	6,3	21,2 ± 4,7
Jún 1. rok	0	360	72,6 ± 1,8	0,0	5,0 ± 1,0	0,0	26,9 ± 2,5	0,0	0,0
	4	360	47,0 ± 2,5	25,6	11,6 ± 3,2	-6,6	29,0 ± 2,2	-2,1	26,5 ± 3,4
	12	360	32,0 ± 3,1	40,6	9,1 ± 2,9	-4,1	12,9 ± 2,9	14,0	43,2 ± 4,0
	28	360	31,7 ± 3,9	40,9	7,9 ± 2,7	-2,9	11,4 ± 3,3	15,5	44,0 ± 4,4
	55	360	33,4 ± 5,6	39,2	5,8 ± 1,5	-0,8	10,8 ± 3,5	16,1	42,5 ± 6,1
Jún 2. rok	0	360	72,6 ± 1,8	0,0	5,0 ± 1,0	0,0	26,9 ± 2,5	0,0	0,0
	4	360	54,4 ± 4,9	18,2	13,8 ± 2,1	-8,8	31,6 ± 1,8	-4,7	21,1 ± 5,2
	12	360	37,0 ± 4,8	35,7	9,6 ± 2,2	-4,6	17,3 ± 3,0	9,6	37,5 ± 5,1
	28	360	38,8 ± 4,4	33,8	9,2 ± 2,0	-4,2	17,8 ± 3,3	9,1	35,6 ± 4,8
	55	360	43,7 ± 5,3	29,0	8,3 ± 1,9	-3,3	17,8 ± 3,8	9,1	30,8 ± 5,8

Poznámka: Vo vnútri stĺpcov (aritmetický priemer ± smerodajná odchylka)

Tab. 4 Duncanov test priemerných hodnôt celkových farebných rozdielov ΔE_{ab}^* medzi rôznymi obdobiami poranenia.

Tab. 4 Duncan's test average values of total color differences ΔE_{ab}^* between different seasons of injury.

Doba od vzniku poranenia	v čase poranenia	po 4 dňoch	po 12 dňoch	po 28 dňoch	po 55 dňoch
1. rok – september × december	-	***	***	***	***
1. rok – september × marec	-	ns.	***	*	ns.
1. rok – marec × jún	-	***	***	***	***
Jún – 1. rok × jún – 2. rok	-	*	*	***	***

Poznámka: Štatisticky nevýznamný vplyv faktora (n.s.). Štatisticky významný vplyv faktora (*) na hladine významnosti $\alpha = 0,05$, (**) na hladine významnosti $\alpha = 0,01$, (***) na hladine významnosti $\alpha = 0,001$.

ZÁVER

V práci bol sledovaný vplyv rôzneho obdobia poranenia na vývoj farebných zmien na poranených plochách živých stromov.

Meranie boli vykonané v troch bukových porastoch, s rozdielnou nadmorskou výškou, rozdielnym drevinovým zložením. Poranenie bolo vykonané v trojmesačnom intervale (v marci, júni, septembri, decembri 2011 a v júni 2012). Farebné zmeny boli merané vo farebnom priestore *CIEL*a*b** na poranených plochách počas 55 dní po poranení. Najvýraznejšie farebné zmeny boli zistené v prvých dvanástich dňoch po poranení. V ďalšom sledovanom období zmeny farby neboli výrazné.

Na základe dosiahnutých výsledkov môžeme povedať, že farebné zmeny zistené na ranách vytvorených v rôznom vegetačnom období a v čase vegetačného klľudu boli štatisticky významné. Naproti tomu, medzi ranami vzniknutými na začiatku a konci vegetačného obdobia bol vplyv faktora v štvrtom a päťdesiatom piatom dni od poranenia štatisticky nevýznamný.

LITERATÚRA

- ARMSTRONG, J., SHIGO, A., FUNK, D., MCGINNES, E., SMITH, D. 1981. A Macroscopic and Microscopic Study of Compartmentalization and Wound Closure after Mechanical Wounding of Black Walnut Trees. *Wood and Fiber Science*, 1981, 13(4): 275–291.
- BAUCH, J. 1984. Discoloration in the wood of living and cut trees. *IAWA Bulletin*, 1984, 592–598.
- BIGGS, A. R. 1987. Occurrence and Location of Suberin in Wound Reaction Zones in Xylem of 17 Tree Species. *Phytopathology*, 1987, 77(5): 718–725.
- DUJESIEFKEN, D., KOWOL, T., STOBBE, H. 2001. Callus growth on the wound surface — a response of trees to damage caused by logging and traffic accidents. *Der Flächenkallus — eine Wundreaktion von Bäumen an Rucke- und Anfahrtschäden*. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 2001, 120(1): 80–89.
- DUJESIEFKEN, D., LIESE, W. 1990. Influence of the season of injury on wound healing in beech (*Fagus sylvatica*). [German]. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 1990, 48(3): 95–99.
- DUJESIEFKEN, D., LIESE, W. 2007. Time of wounding and wound healing in beech (*Fagus sylvatica* L.) Einfluß der Verletzungszeit auf die Wundheilung bei Buche (*Fagus sylvatica* L.). *European Journal of Wood and Wood Products*, 2007, 48(3): 95–99.
- DUJESIEFKEN, D., LIESE, W., SHORTLE, W., MINOCHA, R. 2005. Response of beech and oaks to wounds made at different times of the year. *Eur. J. Forest Res.*, 2005, 124(2): 113–117.
- DUJESIEFKEN, D., PEYLO, A., LIESE, W. 1991. Influence of time of wounding on the compartmentalization in different hardwoods and spruce. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 1991, 110(1): 371–380.
- GRUNWALD, C., STOBBE, H., SCHMITT, U. 2002. Entwicklungsstufen der seitlichen Wundüberwallung von Laubgehölzen. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 2002, 12150–58.
- KRISHNA K, P. 2005. Study of the effect of photo-irradiation on the surface chemistry of wood. *Polymer Degradation and Stability*, 2005, 90(1): 9–20.
- MATSUO, M., YOKOYAMA, M., UMEMURA, K., SUGIYAMA, J., KAWAI, S., GRIL, J., KUBODERA, S., MITSUTANI, T., OZAKI, H., SAKAMOTO, M., IMAMURA, M. 2011. Aging of wood: Analysis of color changes during natural aging and heat treatment. *Holzforschung*, 2011, 65(3): 361–368.
- NZOKOU, P., KAMDEM, D. P. 2006. Influence of wood extractives on the photo-discoloration of wood surfaces exposed to artificial weathering. *Color Research & Application*, 2006, 31(5): 425–434.
- OLADI, R., POURTAHMASI, K., ECKSTEIN, D., BRÄUNING, A. 2011. Seasonal dynamics of wood formation in Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) along an altitudinal gradient in the Hyrcanian forest, Iran. *Trees - Structure and Function*, 2011, 25(3): 425–433.
- OLTEAN, L., TEISCHINGER, A., HANSMANN, C. 2008. Wood surface discolouration due to simulated indoor sunlight exposure. *European Journal of Wood and Wood Products*, 2008, 66(1): 51–56.
- OVEN, P., MERELA, M., VEK, V. 2010. Response of wood in beech to mechanical wounding. In: *Wood Structure and Properties'10*. Zvolen : Arbora Publishers, 2010, s. 63–66.

- PRISLAN, P., SEHMITT, U., KOCH, G., GRICAR, J., CUFARL, K. 2011. Seasonal ultrastructural changes in the cambial zone of beech (*Fagus sylvatica*) grown at two different altitudes. *Iawa Journal*, 2011, 32(4): 443–459.
- RAČKO, V., MIŠÍKOVÁ, O. 2012a. Farebné zmeny na povrchu poraneného bukového kmeňa vyvolané mechanickým poškodením kôry. 1. Vplyv rozdielneho drevinového zloženia porastu. *Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen*, 2012a, 54(1): 5–14.
- RAČKO, V., MIŠÍKOVÁ, O. 2012b. Farebné zmeny na povrchu poraneného bukového kmeňa vyvolané mechanickým poškodením kôry. 2. Vplyv nadmorskej výšky porastu. *Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen*, 2012b, 54(2): 5–13.
- RIOUX, D., CHAMBERLAND, H., SIMARD, M., OUELLETTE, G. B. 1995. Suberized tyloses in trees: An ultrastructural and cytochemical study. *Planta*, 1995, 196(1): 125–140.
- SHORTLE, W. C., SMITH, K. T., DUDZIK, K. R., PARKER, S. 1995. Response of maple sapwood to injury and infection. *European Journal of Forest Pathology*, 1995, 25(5): 241–252.
- SCHMITT, U., LIESE, W. 1993. Response of xylem parenchyma by suberization in some hardwoods after mechanical injury. *Trees - Structure and Function*, 1993, 8(1): 23–30.
- STOBBE, H., SCHMITT, U., ECKSTEIN, D. 2002. Developmental stages and fine structure of surface callus formed after debarking of living lime trees (*Tilia* sp.). *Annals of Botany*, 2002, 89(8): 773–782.
- TOLVAJ, L., MITSUI, K. 2010. Correlation between hue angle and lightness of light irradiated wood. *Polymer Degradation and Stability*, 2010, 95(4): 638–642.
- TSUCHIKAWA, S., INOUE, K., MITSUI, K. 2004. Spectroscopic monitoring of wood characteristics variation by light-irradiation. *Forest products journal*, 2004, 54(11): 71–76.
- <http://www.shmu.sk/sk/?page=1611&id=>

Pod'akovanie

Práca je súčasťou projektu 1/0163/12 ktorý je financovaný Vedeckou grantovou agentúrou MŠ SR a SAV.

Táto štúdia/publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívnelesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Adresa autorov

Ing. Vladimír Račko, PhD.
Ing. Oľga Mišíková, PhD.
Technická univerzita vo Zvolene
Drevárska fakulta
Katedra náuky o dreve
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen