Vplyv zrážok na dynamiku rastu, fenológiu a opad lesných drevín

T. Priwitzer, J. Pajtík, J. Ištoňa and P. Pavlenda

National Forest Centre - Forest Research Institute Zvolen, T.G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen, Slovak Republic
(e-mail: priwitzer@nlcsk.org, istona@nlcsk.org, pajtik@nlcsk.org, pavlenda@nlcsk.org)

Abstract Precipitation amount and related water supplies in soil have been still a decisive ecological and physiological factor affecting the existence and production of forest ecosystems. Lack of water in soil, especially during vegetation period reflects negatively in the state of whole forest ecosystem as well as in individual trees, particularly in weakening their physiological activity. Trees have been affected by extreme fluctuations of weather as a result of significant global climatic changes. The contribution summarizes knowledge on the dynamics of diameter growth, phenology and litterfall of tree species on permanent monitoring plot Čifáre, during the different vegetation period.

Key words: *drought, increment, dendrochronological analysis, phenology, litterfall, Turkey oak*

Úvod

Les zaraďujeme medzi zložitý biologický systém, ktorý významne zasahuje do kolobehu vody v krajine a v ktorom aj samotné dreviny majú rozmanitý vzťah k vodnému režimu. Ich metabolická činnosť býva dobrá, ak hydrotermický režim prostredia odpovedá ich nárokom. Medzi najväčšie nebezpečenstvo, ktoré ich fyziologicky ohrozuje, patrí sucho. Sucho bude pri očakávanej zmene klimatických podmienok významný fyziologicky činiteľ ovplyvňujúci lesné dreviny a ich porasty. Jeho stresujúci účinok, okrem iného, priamo a veľmi negatívne ovplyvňuje produkciu biomasy.

Ak hovoríme o suchu, vždy máme na mysli nedostatok zrážok a vlhkosti. Miera jeho pôsobenia v lesnom ekosystéme závisí od ročného obdobia, časového trvania extrémnych teplôt ovzdušia a tiež od zásoby vody v pôde. Z doterajších zistení sa škodlivé suchá v našich prírodných pomeroch vyskytujú cca do nadmorskej výšky 500 m n. m. Prebiehajúce klimatické zmeny (i očakávané) povedú k tomu, že spomínané presychanie sa bude posúvať do vyššie položených oblastí Slovenska, pričom doterajšia rozkolísanosť zrážok i teplôt bude narastať. Aby sme mohli uvedené zmeny v závislosti od zrážok a teplôt prognózovať treba najprv čo najpresnejšie poznať ich režim už aj za terajších podmienok, a tiež dosah a dopady hlavne na trvalosť, druhovú i produkčnú stabilitu lesných spoločenstiev. Cieľom príspevku je zhodnotenie dynamiky hrúbkového rastu, opadu a fenologických prejavov lesných drevín na príklade duba cerového (*Quercus cerris L.*) a ich porovnanie v klimaticky rozdielnych rokoch.

Materiál a metodika

Charakteristika výskumného objektu

Experimentálny a podkladový materiál duba je získaný z trvalej monitorovacej plochy (TMP) v Čifároch (OZ Levice). TMP Čifáre predstavuje modelovú plochu pre lesné spoločenstvá dubín (cerín) na sprašiach a sprašových hlinách v dubovom vegetačnom stupni. Plocha sa nachádza na živnom stanovišti, ktoré reprezentuje ekologické pomery nížinnej až pahorkatinnej polohy. TMP sa nachádza v nadmorskej výške 225 m, na miernom svahu s JV expozíciou a sklonom 15%.

Na základe zistených vlastností bola pôda na ploche zaradená do skupiny pôd ilimerických, a to ako luvizem modálna (MKSP 2000), resp. Albi-Haplic Luvisol (WRB 1998). V tabuľke 1 sú uvedené vybraté vlastnosti charakterizujúce pôdu na monitorovacej ploche podľa odberových hĺbok určených pre plochy II. úrovne monitoringu v rámci programu ICP Forests. Výrazná je vertikálna textúrna diferenciácia s dominantným iluviálnym luvickým horizontom.

Stromovú vrstvu lesného ekosystému tvorí takmer na 100 % dub cerový (*Quercus cerris L.*) s ojedinelou prímesou duba zimného.

Tabuľka 1 Prehľad vlastností pôdy na TMP Čifáre

	íl %	C_{org} %	N_t %	pH-H_2O	pH-$CaCl_2$	CEC $cmol^+.kg^{-1}$
Pokr. humus	-	21,5	1,64	5,59	5,13	-
0 - 10 cm	7,2	3,2	0,28	4,90	4,19	9,4
10 - 20 cm	12,5	2,9	0,23	4,55	3,85	8,9
20 - 40 cm	31,6	1,8	0,14	4,64	4,25	12,2
40 - 80 cm	35,7	0,7	0,08	5,15	4,62	12,5

Krovitý podrast je silne vyvinutý s veľkou prevahou trnky nad zobom vtáčím, hlohom a ružou šípovou, ktoré doplňuje ojedinelý výskyt drieňa, rešetliaka prečisťujúceho, bresta hrabolistého a černice. Typologicky je TMP zaradená do skupiny lesných typov Carpineto-Quercetum (Zlatník, 1959) a do lesného typu č. 1307 - mrvicová hrabová dúbrava na spraši (Hančinský, 1972). Na ploche bolo v roku 2000 zaevidovaných 160 stromov. Je to tenšia cerová kmeňovina vo veku 75 rokov.

Meranie vlhkosti pôdy

Údaje potrebné na hodnotenie vlhkostného režimu na ploche sme získali z gravimetrických meraní vlhkosti pôdy, ktorú na ploche sledujeme celoročne v dvojtýždňových (jar, leto, jeseň) až štvortýždňových (zima) intervaloch do hĺbky 100 cm. Odber vzoriek sa robí pomocou pôdneho vrtáka. Hydrolimity pôdy sú charakterizované maximálnou kapilárnou kapacitou (MKK), bodom zníženej dostupnosti vody (BZD) a bodom vädnutia (BV). Uvádzané hydrolimity sú prevzaté z práce Tužinský (1998).

Meranie hrúbkového rastu drevín

Popri podrobnejšom sledovaní ročnej dynamiky hrúbkového rastu, ktorá sa na ploche sleduje od roku 2000, sme zisťovali v dvojtýždňových intervaloch aj množstvo zrážok. Priemerné údaje podkorunových zrážok sú z desiatich zberačov.

Dendrometre hrúbkového rastu boli nainštalované na úrovňové stromy vo výške 1,3 m a zaznamenávajú zmeny na obvode kmeňa. Hrúbkový prírastok sa meral v dvojtýždňových intervaloch pomocou mikrodendrometrov Ecological Measuring Systems. Po ploche bolo nainštalovaných 40 dendrometrov. Ich základom je oceľový pás, ktorý sa pomocou pružiny napína okolo kmeňa a pri raste sa napätie meračského pásu prenáša na vernierovu stupnicu s presnosťou 0,1 mm. Odčítanie je manuálne. Dendrometre EMS boli nainštalované na jeseň roku 1999. Krátkodobý vplyv klimatických faktorov na prírastok sme zhodnotili pomocou porovnania jeho veľkosti a dynamiky v suchom (2003) a vlhšom roku (2004). Dlhodobý vplyv klimatických faktorov na prírastok počas celého života sme vyhodnotili pomocou dendroklimatologického vyhodnotenia vývrtov a výpočtom funkcie odozvy (response function).

Letokruhová analýza bola vykonaná z vývrtov, ktoré boli odobraté na jar roku 2002 pred začatím rastového procesu. Jednotlivé letokruhové série (časové rady šírok letokruhov), ktoré boli pre jednotlivý strom vypočítané ako aritmetický priemer z oboch vývrtov boli synchronizované metódou krížového datovania a následne boli opravené nepravidelnosti v tvorbe letokruhov. Datácia a oprava sérií boli vykonané v programe DAS. Týmto programom boli vypočítané významné prírastkové minimá a maximá (roky s výrazne nízkym resp. vysokým prírastkom). Ďalším krokom letokruhovej analýzy bola indexácia – odstránenie vekového trendu z časovej rady šírok letokruhov prevedením absolútnych hodnôt šírok letokruhov na hodnoty letokruhových indexov, čím sa eliminuje vplyv veku stromu a bonity porastu . Indexácia bola vykonaná v programe DAS, pričom bola z ponúkaných rastových funkcií vybratá tá, ktorá najlepšie aproximovala trend (vo väčšine prípadov to bola mocninová funkcia štvrtého rádu). Pre dendroklimatologické vyhodnotenia boli využité údaje SHMÚ z najbližších meteorologických staníc. Dendroklimatologické vyhodnotenie spočívalo v porovnaní mesačných klimatických dát (priemerných mesačných teplôt a mesačných úhrnov zrážok) s radou letokruhových indexov pre jednotlivé vývrty. Veľkosť prírastku vyjadrená formou indexu bola postupne korelovaná s hodnotami klimatických parametrov v zadanej sekvencii mesiacov (15 mesiacov, od júla predošlého roku až do septembra roku, kedy sa daný letokruh vytvoril).

Súčasťou dendroklimatologického vyhodnotenia bol aj výpočet funkcie odozvy (response function, Fritts 1976) za použitia radov meteorologických prvkov. Jedná sa o mnohonásobnú regresiu, kde vstupnými parametrami sú indexovaná šírka letokruhu v danom roku, priemerné mesačné teploty a mesačné úhrny zrážok v danom období 15 mesiacov, celkom teda do modelu vstupuje 31 premenných. Výpočty boli prevedené v programe SPSS a samotným výpočtom predchádzala štandardizácia všetkých premenných. Ak sú premenné štandardizované, potom vo výpočtoch sa korelačný koeficient zhoduje s regresným koeficientom. Response function bola vypočítaná zvlášť pre každú letokruhovú sériu. Jej výpočet pre celú sadu sérií nebol prevedený, pretože hoci sa pri nej dosiahne vysoký koeficient determinácie model je nestabilný.
Vývrty pre účely letokruhových analýz boli odobraté metódou štandardne používanou v rámci ICP Forests. To znamená, že vývrty boli odoberané zo stromov mimo samotnej plochy, aby nedošlo k poškodeniu stromov na ploche. Bolo vybratých 24 úrovňových stromov bez poškodenia kmeňa s hrúbkou blízkou strednej hrúbke porastu, z ktorých sa odobrali dva vývrty v smere po svahu a proti svahu. Letokruhová séria pre daný strom bola vypočítaná ako aritmetický priemer z príslušných dvoch vývrtov. Vývrty boli vybrúsené a šírky letokruhov zmerané s presnosťou na 0,01 mm pomocou digitálneho poziciometra KUTSCHENREITER.
Dendroklimatický model pre plochu bol zostavený ako jednotlivo stromový a je nasledovného tvaru:

$$ {}_1I_n = {}_1R_m * {}_mK_n $$

kde: ${}_1I_n$ …vektor letokruhových indexov
${}_1R_m$ ..vektor regresných koeficientov
${}_mK_n$..matica klimatických premenných
n …. počet skúmaných rokov
m … počet klimatických charakteristík

V ďalšom kroku sa redukoval počet klimatických faktorov iba na štatisticky signifikantný počet (s) o ktorých môžeme povedať (P = 90 %), že ovplyvňujú tvorbu hrúbkového prírastku. Vlastná redukcia sa uskutočnila F-testom významnosti regresných koeficientov. Dendroklimatický model možno potom formulovať nasledovne:

$$ {}_1I_n = {}_1R_s * {}_sK_n $$

Fenologické pozorovania drevín

Jednotlivé fenologické pozorovania sú na TMP Čifáre vykonávané každoročne od roku 2001. Pri pozorovaniach sa pozornosť koncentruje na nasledovné fenologické fázy :

Fenologické fázy
listnaté dreviny
• začiatok pučania • zalisťovanie (začiatok a všeobecné) • letné žltnutie listov • jesenné žltnutie listov (začiatok a všeobecné) • opad listov (začiatok a koniec)

Jednotlivé fenofázy drevín sú hodnotené podľa stupnice, ktorú uvádza manuál pre fenologické pozorovania vypracovaný pre celoeurópsky monitorovací systém (Preuhsler 1999) a podľa stupnice vypracovanej Slovenským hydrometeorologickým ústavom (Braslavská a Kamenský 1996).
Za počiatočný deň uvádzaných fenologických pozorovaní bol vo všetkých sledovaných rokoch vybraný prvý apríl, pričom pozorovania sa vykonávali buď v pravidelných dvojtýždňových intervaloch, alebo v intervaloch kratších. Za nástup fenofázy bol považovaný deň, keď viac ako 50 % pozorovaných jedincov dosiahlo danú fenofázu. Dĺžka trvania fenofázy bola stanovená počtom dní medzi nástupom dvoch po sebe nasledujúcich fenofáz. Pozorovania sa robili individuálne, pomocou ďalekohľadu. Na monitorovacej ploche sa hodnotilo 10 úrovňových jedincov.

Stanovenie množstva, štruktúry a dynamiky opadu

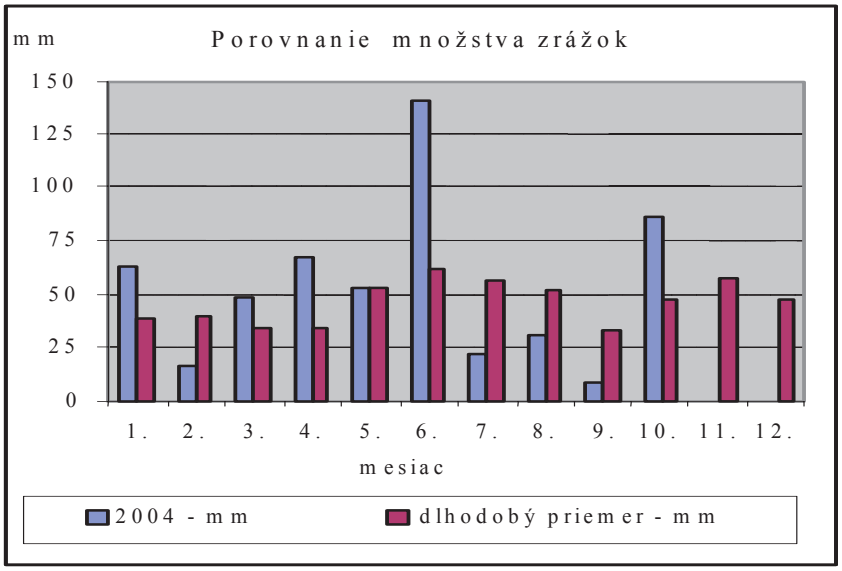
Sledovanie kvantity a kvality opadu na tejto ploche začalo v auguste roku 2002. Opad je zachytávaný do opadomerov kruhového pôdorysu so záchytnou plochou 0,5 m^2. Záchytná plocha opadomeru je umiestnená 1,5 m nad úrovňou terénu. Vymeniteľný vak opadomeru je vyrobený z umelohmotnej

sieťoviny s priemerom ôk pod 1 mm. Jednotlivé opadomery sú rozmiestnené na TMP nerovnomerne, v celkovom počte 10 ks.
Opad býva vyberaný nepravidelne cca 1x mesačne, v čase opadu asimilačných orgánov (október – november) každé dva týždne. Celkove sme na TMP Čifáre uskutočnili v jednotlivých rokoch nasledovné množstvo odberov: 2002 - 3, 2003 - 9, 2004 - 10, 2005 - 13.
Po prenesení do laboratória je opad ponechaný na preschnutie pri izbovej teplote. Po preschnutí je opad roztriedený na nasledovné tri frakcie: asimilačné orgány (listy a ihlice), drevo (konáre, kôra), zvyšok (šupiny, kvety, semená, drť a pod.). Následne sú jednotlivé frakcie vysušené pri 80 ^{o}C na konštantnú hmotnosť, čím je stanovená suchá hmotnosť jednotlivých frakcií opadu a to pre každý opadomer ako aj odber, ktorá je prepočítaná a vyjadrená v kg ha^{-1}.

Výsledky a diskusia

Vplyv zrážok na dynamiku rastu duba cerového

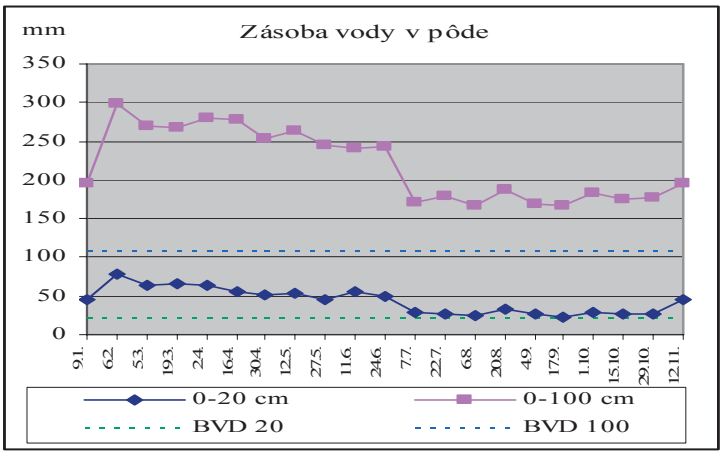
V priebehu rokov 2000 až 2004 sa vyskytli vlhkostne tri priaznivé a dva veľmi nepriaznivé roky. Z nich rok 2003 (vlhkostne veľmi nepriaznivý) a rok 2004 (vlhkostne priaznivejší) sme využili pre krátkodobé hodnotenie vplyvu zásoby vody v pôde na hrúbkový prírastok.
V nasledujúcich obrázkoch sa porovnávajú vstupy zrážok do dubového spoločenstva do konca októbra, ich dopad na zásobu vody v pôde i odraz sucha na tvorbu hrúbkového prírastku.
Na obrázku 1 je zobrazené porovnanie kvantity zrážok podľa mesiacov v roku 2004. Zobrazenie nám dokazuje, že aj za priaznivejších klimatických pomerov dochádza k veľkej rozkolísanosti zrážok oproti dlhodobému normálu, obzvlášť júnové zrážky boli mimoriadne veľké, po nich nastúpilo v letných mesiacoch teplé a suché obdobie, iba občas prerušované slabými zrážkami.



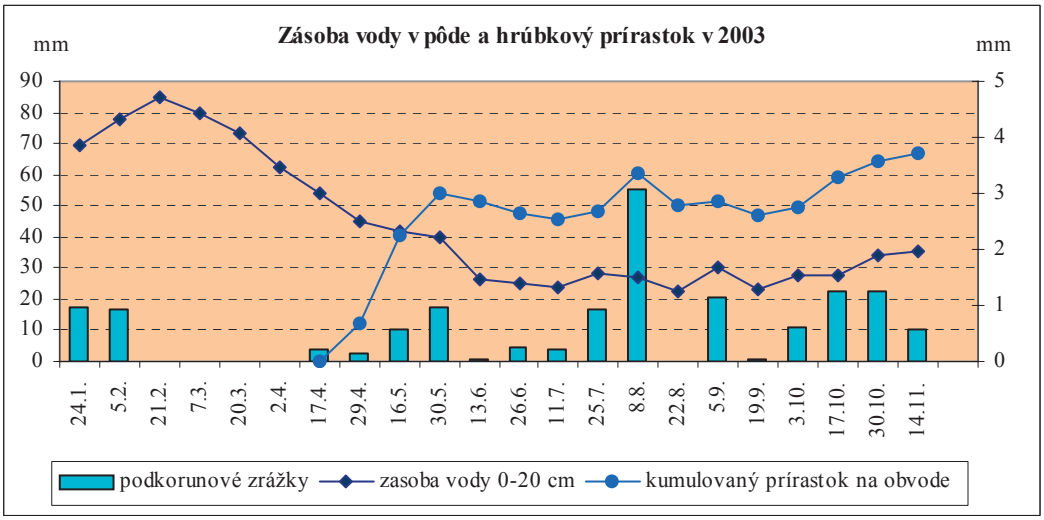
Obrázok 1 Porovnanie kvantity zrážok podľa mesiacov v 2004 s dlhodobým priemerom

Na obrázku 2, 3 a 4 je zobrazená dynamika zásoby pôdnej vody pre povrchových 20 cm a fyziologickú 100 cm hrúbku v porovnávaných rokoch. Pri hodnotení celej fyziologickej hĺbky za rok 2004 vidieť, že zásoba vody počas zimných a jarných mesiacov do začiatku júla väčšinou bola nad alebo tesne pod BZD (približne 250 mm). Jej maximálna hodnota dosiahla začiatkom februára takmer MKK (334 mm). Celkovo veľmi dobrá zásoba vody v pôde trvala do konca mája a júna. Jej významný pokles nastal v júli, keď v druhej polovici júla klesla pod hodnotu BZD na cca 160 mm a na tej hladine sa udržiavala až do polovice októbra. Iba zrážky namerané na konci októbra a v novembri vplývali na jej vzostup. Treba zdôrazniť skutočnosť, že na rozdiel od predošlého roku, ktorý bol už od mája podstatne suchší, sa v tomto roku vlhkosť pôdy pohybovala v semiaridnom intervale (zásoba vody medzi hydrolimitmi BZD a BV) iba počas leta a jesene, hoci zásoba vody za celú hrúbku bilančne

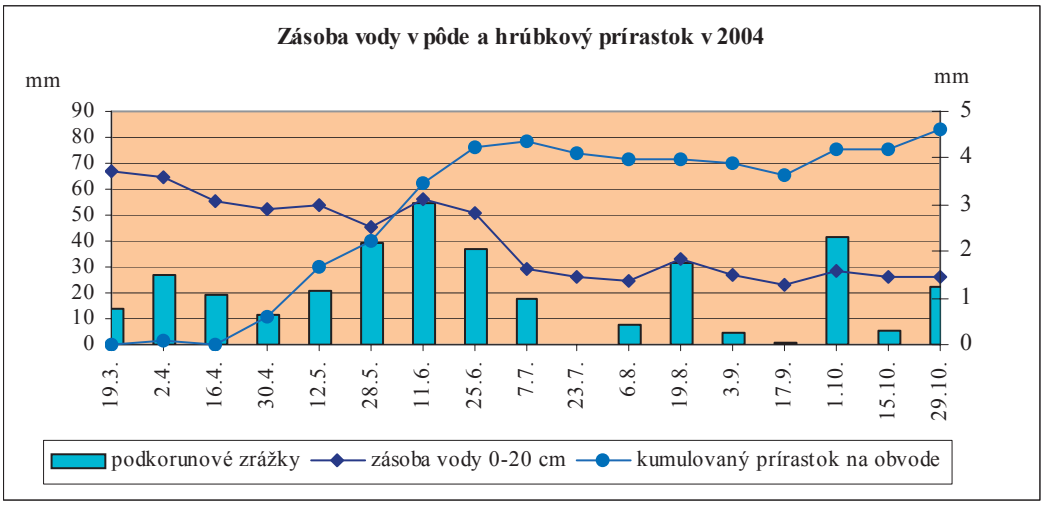
nepoklesla pod BV, pri povrchovej 20 cm vrstve sa jej obsah od leta do jesene pohyboval na BV! Z pohľadu využiteľnej vody hodnotíme letnú zásobu vody za celú hĺbku už ako veľmi nízku, čo sa výrazne prejavilo aj v stagnácii hrúbkového prírastku duba.



Obrázok 2 Dynamika v zásobe vody v pôde (2004) podľa hĺbky so zobrazením hodnoty hydrolimitu bodu vädnutia (BV) pre 20-100 cm

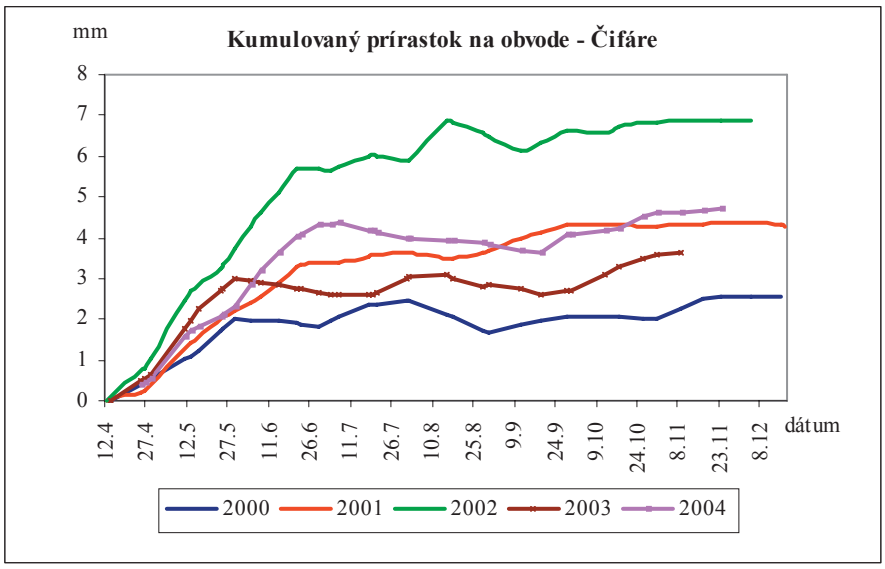


Obrázok 3 Dynamika podkorunových zrážok a zásoba vody v pôde pre hĺbku 0-20 cm počas roka 2003 a jej vplyv na hrúbkový prírastok (Q. cerris).



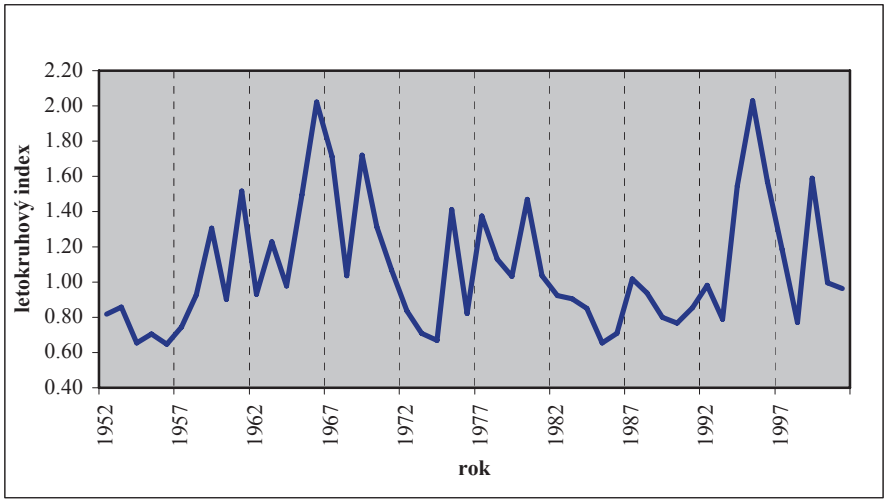
Obrázok 4. Dynamika podkorunových zrážok a zásoba vody v pôde pre hĺbku 0-20 cm počas roka 2004 a jej vplyv na hrúbkový prírastok (Q. cerris).

Z porovnania dynamiky hrúbkového prírastku zásoby vody v pôde (obr. 3 a 4) vidieť silnú závislosť sledovaného prírastku na jej dostatočnej zásobe v prvej polovici a nedostatku v druhej polovici vegetačného obdobia i rozdielnosti nástupu sucha v roku 2003 a 2004. Pre úplnosť uvádzame na obrázku 5 priebeh narastania prírastku na obvode stromu aj za ďalšie roky spolu (2000 až 2004), pričom negatívny vplyv sucha na prírastok sa najviac prejavil v roku 2000.



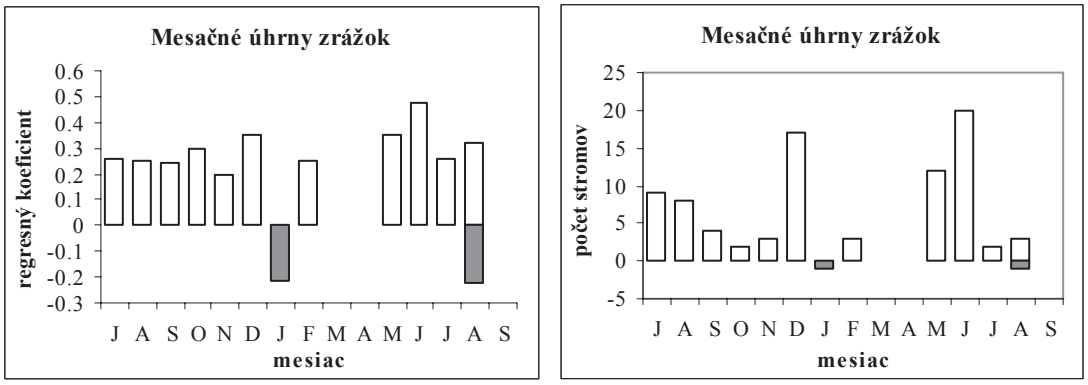
Obrázok 5 Priebeh rastu duba cerového na TMP Čifáre v rokoch 2000 – 2004

Uvedomujeme si, že okrem zrážok a zásob pôdnej vody veľkosť prírastku ovplyvňujú aj iné faktory, predovšetkým teplota, preto v ďalšej časti sme urobili dendroklimatologické vyhodnotenie vývrtov.
Prírastok je dendrometrická veličina charakterizujúca rast stromov a porastov. Prostredníctvom jeho sledovania možno získať ďalšie informácie vypovedajúce o stave jednotlivých stromov a celého porastu a ich zmien v čase.
Výsledkom dendrochronologických analýz sú jednak priemerné letokruhové chronológie, ktoré vyjadrujú vývoj prírastku a prírastkové minimá a maximá (obr. 6), jednak korelácia šírok letokruhov s klimatickými faktormi a funkcia odozvy.

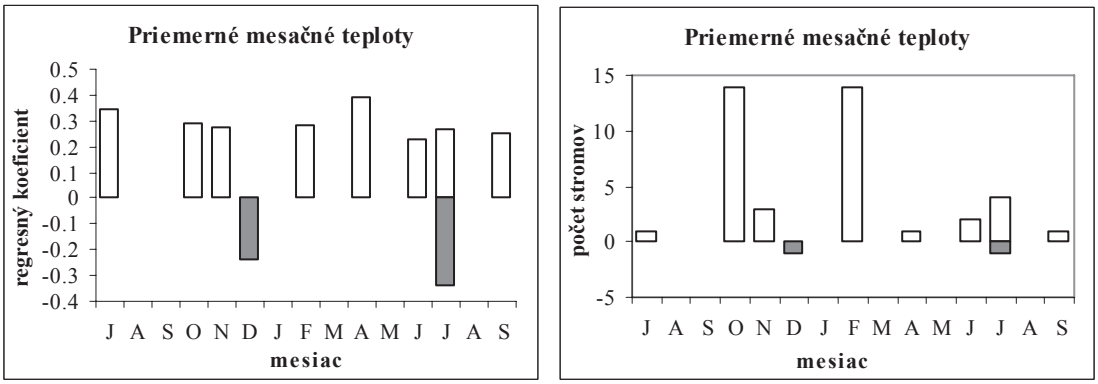


Obrázok 6 Priemerná letokruhová chronológia duba cerového z TMP Čifáre

Významnosť jednotlivých klimatických faktorov sa vyjadrila pomocou priemerného kladného resp. záporného regresného koeficientu a ich počtu a je znázornená na obr. 7 a 8.

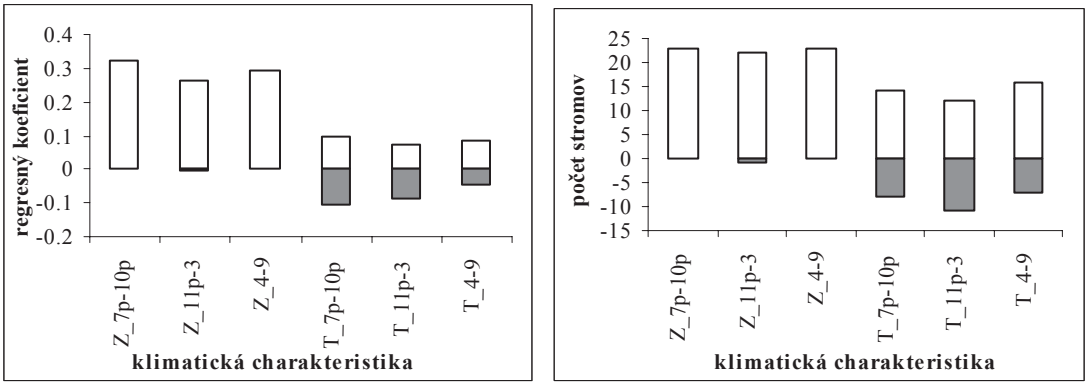


Obrázok 7 Prehľad vplyvu mesačných úhrnov zrážok na prírastok duba cerového na TMP Čifáre



Obrázok 8 Prehľad vplyvu priemerných mesačných teplôt na prírastok duba cerového na TMP Čifáre

Následne boli klimatické faktory kumulované do skupín a dendroklimatický model bol vypočítaný podľa prvého tvaru, to znamená, pre všetky kumulované klimatické faktory bez ich redukcie. Významnosť jednotlivých klimatických faktorov sa vyjadrila podobne ako v predchádzajúcom prípade pomocou priemerného kladného resp. záporného regresného koeficientu a ich počtu. Znázornená je na obr. 9.



Obrázok 9 Prehľad vplyvu jednotlivých klimatických faktorov na prírastok duba cerového na TMP Čifáre

Výsledky ďalej ukázali, že aj v rámci malej plochy existuje veľká variabilita sily vplyvu klimatických faktorov na rast jednotlivých stromov.

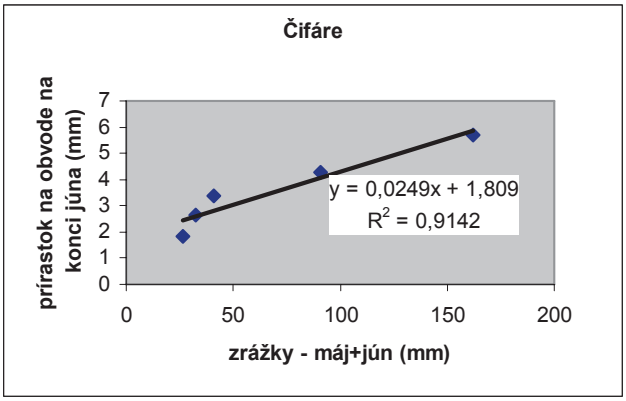
Vysvetliky k označeniu x-ovej osi v grafoch letokruhových analýz:

J, A, S,...,J, A, S	mesiace v poradí od júla predchádzajúceho roka do septembra aktuálneho roka
Z_7p-10p	úhrn zrážok od júla predchádzajúceho roka do októbra predchádzajúceho roka
Z 11p-3	úhrn zrážok od novembra predchádzajúceho roka do marca aktuálneho roka
Z 4-9	úhrn zrážok od apríla aktuálneho roka do septembra aktuálneho roka
T_7p-10p	priemerná mesačná teplota od júla predchádzajúceho roka do októbra predchádzajúceho roka
T_11p-3	priemerná mesačná teplota od novembra predchádzajúceho roka do marca aktuálneho roka
T_4-9	priemerná mesačná teplota od apríla aktuálneho roka do septembra aktuálneho roka

Výsledky dendroklimatickej analýzy rastu duba cerového, ktoré odrážajú dlhodobé klimatické vplyvy na monitorovanej ploche Čifáre dokazujú, že:

- najväčší vplyv na veľkosť prírastku má množstvo atmosferických zrážok počas celého roka, pričom najväčší vplyv majú zrážky počas vegetačného obdobia (v mesiacoch máj a jún)
- vplyv teplôt nie je taký významný ako vplyv zrážok, najväčší pozitívny vplyv na veľkosť prírastku má teplota v októbri predchádzajúceho roka a teplota vo februári hodnoteného roka

Skutočnosť, že najväčší vplyv na hrúbkový prírastok majú atmosférické zrážky v mesiacoch máj a jún potvrdzuje aj závislosť prírastku vytvoreného do konca júna od množstva podkorunových zrážok v mesiacoch máj a jún, znázornená na obr. 10.



Obrázok 10 Závislosť prírastku vytvoreného do konca júna od množstva podkorunových zrážok v mesiacoch máj a jún

Vplyv vonkajších faktorov na fenologické prejavy duba cerového

Priebeh jarných fenofáz

Výsledky časového priebehu fenofáz sledovaných v jednotlivých rokoch na TMP Čifáre uvádzame v tabuľke 2. Na základe získaných výsledkov môžme skonštatovať, že začiatok vegetačného obdobia - pučanie vegetatívnych púčikov, v jednotlivých sledovaných rokoch, spadá u duba do druhej až tretej aprílovej dekády v závislosti od charakteru počasia. Z výsledkov je zrejmé, že najskôr začali rašiť duby v roku 2004 a najneskôr v roku 2002.

Všeobecne možno konštatovať, že začiatok vegetačnej činnosti drevín mierneho pásma (jar) môže byť ovplyvnený súborom vonkajších faktorov (teplota, svetlo, vlhkostné pomery, kvalita stanovišťa) alebo vnútornou periodicitou dreviny, resp. jej genetickými vlastnosťami. Doba nástupu fenofáz v prvej polovici roka závisí predovšetkým od doby prekročenia určitých teplotných hraníc (Larcher 1988). Teplotná hranica pre otváranie púčikov a kvitnutie je väčšinou 6 -10 ^{o}C. Ale napr. topole, brezy a niektoré druhy ihličnanov rašia pri teplote tesne nad 0 ^{o}C. Tu je dôležité pripomenúť, že rašenie a kvitnutie môže byť teplom vyvolané iba ak sú stromy na to pripravené, to znamená, že skončilo ich zimné obdobie kľudu (Larcher 1988). Významným ukazovateľom pre zistenie začiatku pučania alebo dosiahnutia určitej fenofázy sa javí suma teplôt, ktorá predstavuje sumu priemerných denných teplôt vzduchu za určitú časovú periódu. Priebeh jarných fenofáz je dominantne určovaný charakterom ukončenia zimy a nástupom jarného oteplenia, pričom priebeh počasia v jarnom období môže mať značne premenlivý charakter, kedy teplé periódy sú striedané s periódami chladu (vpády arktických vzduchových hmôt).

Po rozpuku listových púčikov dochádza k rýchlemu rozvoju asimilačného aparátu drevín, pričom celkove možno tento proces nazvať ako fáza zalisťovania drevín. Výsledky uvedené v tab.2 nevykazujú výrazné rozdiely v dĺžke trvania zalisťovnia medzi rokmi 2004 a 2005. Celkove možno povedať, že táto fáza trvala v sledovaných rokoch 29 dní. Z výsledkov tiež vyplýva, že obdobie zalisťovania drevín spadalo do obdobia od konca apríla do polovice tretej májovej dekády. Od tohto obdobia bol dub cerový na uvedenej lokalite plne olistený.

Tabuľka 2 Fenologické fázy duba cerového (*Quercus cerris L.*) sledované v rokoch 2001 – 2005 na TMP Čifáre (údaj v zátvorke je trvanie fenofázy – vyjadrený počtom dní).

Rok	drevina	začiatok	zalisťovanie		letné	žltnutie listov		opad listov	
		pučania	začiatok	všeobecné	žltnutie	začiatok	všeobecné	začiatok	koniec
2001	dbc	25.4.	-	3.5.	-	25.9. (146)	26.10. (32)	26.10.	-
2002	dbc	26.4.	-	13.5.	-	11.10. (151)	23.10. (13)	11.10.	5.12. (21)
2003	dbc	17.4.	29.4. (13)	-	-	3.10.	17.10. (15)	3.10.	28.11. (57)
2004	dbc	16.4.	30.4. (15)	28.5. (29)	-	15.10. (141)	29.10. (15)	29.10.	26.11. (29)
2005	dbc	22.4.	29.4. (8)	27.5. (29)	-	30.9. (127)	14.10. (15)	28.10.	25.11. (29)

Podobne ako rozvoj asimilačného aparátu sú pre lesné dreviny veľmi dôležité aj nasledujúce fenofázy. Úplným rozvojom listov nastáva pre opadavé listnaté dreviny dôležité obdobie, kedy sú listy fyziologicky dospelé a vykazujú maximálny fotosyntetický výkon. Dĺžka trvania fázy plného olistenia, samozrejme spolu s inými faktormi, je rozhodujúca pre celkovú produkciu dreviny. Túto skutočnosť potvrdzujú aj Hicks a Chabot (1985), ktorí uvádzajú, že čistá ročná produkcia opadavých drevín závisí od trvania teplej sezóny, počas ktorej sú stromy plne olistené. Dĺžka tejto fenofázy trvala na pozorovanej TMP u duba cerového v priemere 141 dní, pričom najdlhšie trvanie sme zaznamenali v roku 2002 - 151 dní a najkratšie v roku 2005. Dĺžka trvania obdobia plného olistenia, je dôležitá nielen z hľadiska celkového rastu a produkcie lesných drevín, ale môže ovplyvniť napr. aj kvantitu a kvalitu podkorunových zrážok.

Priebeh jesenných fenofáz

Obdobie fotosyntetickej činnosti listov býva ukončené ďalšou fenofázou, ktorou je žltnutie listov. Na sledovanej TMP sa fenofáza žltnutie listov začínala od tretej septembrovej dekády do polovice októbra. Počas pozorovaní sa potvrdili rozdiely v nástupe žltnutia listov medzi jednotlivými rokmi. Najskorší nástup žltnutia asimilačného aparátu sme zistili v roku 2001 a najneskôr začali žltnúť duby v roku 2004. Čo sa týka dĺžky trvania farebných zmien asimilačných orgánov (žltnutie, červenanie, hnednutie) malé rozdiely boli zaznamenané medzi rokmi 2002 – 2005, kedy táto fenofáza trvala 13 až 15 dní. Výrazne odlišný bol rok 2001 kedy táto fenofáza trvala až 32 dní. Chalupa (1969) uvádza, že fáza sfarbovania listov brezy, duba a buka trvá väčšinou 4-9 dní, čo je výrazne kratšie obdobie ako bolo zistené pri našich pozorovaniach. .

Za konečné fázy fenologického kalendára možno označiť začiatok opadu až úplný opad listov. Z výsledkov uvedených v tab. 2 je zrejmé, že v prípade jedincov duba najskôr začali opadávať listy v roku 2003, najneskôr v roku 2004. Celkove bol začiatok opadu listov v jednotlivých rokoch rozložený do obdobia od začiatku októbra do jeho tretej dekády. Úplný opad listov v sledovaných rokoch nastal najskôr v roku 2005 koncom novembra, najneskôr v roku 2002 až začiatkom decembra. Dátum začiatku opadu aj jeho skončenia vymedzuje celkovú dĺžku trvania opadu listov. Táto bola všeobecne najdlhšia v roku 2003 (57 dní) a najkratšia v roku 2002 kedy došlo k rýchlejšiemu opadu listov (21 dní).

Opad a zmena farby asimilačných orgánov je fyziologický proces ovplyvňovaný nielen pôsobením vonkajších faktorov krátko pred ich nástupom, ale závisí aj od predchádzajúcich procesov, ktoré prebiehajú v liste od jeho vytvorenia (Chalupa 1969). Výsledky výskumov ukázali, že žltnutie a opadávanie listov významne ovplyvňujú klimatické faktory napr. vlhkosť, resp. vodný deficit (Escudero & Del Arco 1987), ale aj poveternostné vplyvy (najmä teplotné výkyvy a pokles minimálnych teplôt pod bod mrazu) na jeseň (Hejtmánek 1958, Chalupa 1969, Štefančík a Cicák 1992, Cicák a Štefančík 1993). (Larcher 1988) konštatuje, že fenologické procesy, ktoré spadajú do druhej polovice roka (dozrievenie plodov, sfarbovanie a opad listov) môžu byť ovplyvnené rôznymi podmienkami prostredia, ktoré tieto procesy urýchľujú alebo spomaľujú. Najväčší význam pripisuje teplote, ktorej úloha sa v tomto prípade týka urýchľovania syntetickej aktivity. Za ďalšie dôležité faktory považuje zásobu živín a vody a predovšetkým vplyv diurnálnej fotoperiódy na doby opadov listov a prechodu do zimného kľudu. Záverečné fázy fenologického kalendára sa dostavujú až vtedy, keď teploty klesnú pod prahové hodnoty, ležiace medzi 5 a 10 ^{o}C. Doba i samotný priebeh sfarbovania listov neprebieha v celej korune rovnako, ale podľa Chalupu (1969) závisí od postavenia listov na vetve, v korune, resp. od jeho fyziologického veku.

Fenologické pozorovania sú zaujímavé aj z hľadiska zistenia celkovej dĺžky vegetačného obdobia lesných drevín. Obdobie od všeobecného pučania až po opad listov sa u napr. u drevín breza, buk, dub pohybuje medzi 5,5 až 6 mesiacami (Chalupa 1969). Výsledky získané na uvedenej TMP potvrdzujú toto konštatovanie.

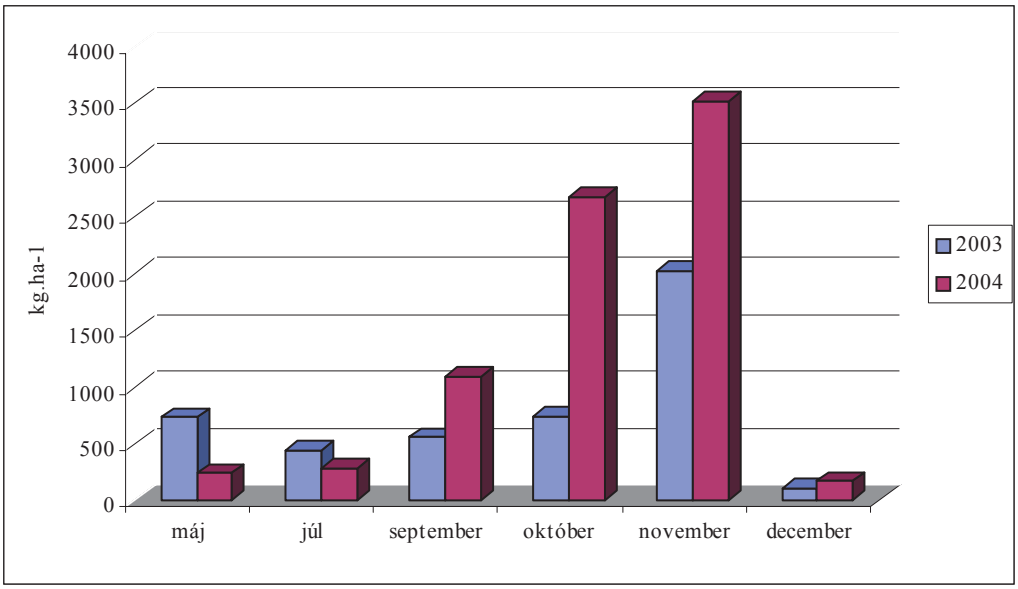
Množstvo, štruktúra a dynamika opadu v ekosystéme duba cerového

Množstvo, štruktúra a dynamika opadu v ekosystéme duba cerového boli porovnávané za obdobia január - máj, júl, september, október, november a december v rokoch 2003 a 2004 a výsledky sú uvedené v tabuľke 3 a na obr. 11 – 14.

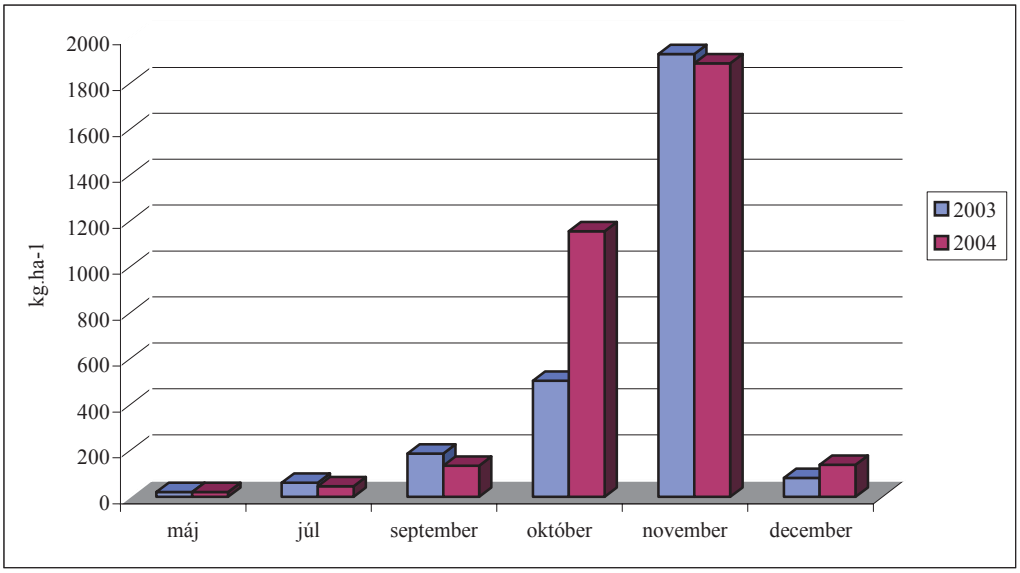
Tabuľka 3 Hodnoty celkového opadu a zastúpenia jednotlivých frakcií v ekosystéme duba cerového v rokoch 2003 a 2004 (kg ha^{-1})

2003	asimil. org.	% podiel	drevo	% podiel	zvyšok	% podiel	spolu
Máj	21	3	354	48	362	49	737
Júl	62	14	156	35	230	51	448
september	188	34	204	36	168	30	560
Október	506	68	41	5	200	27	747
november	1928	95	28	1	70	4	2026
december	82	75	17	15	11	10	110
Spolu	2787		800		1041		4628
2004							
Máj	21	9	47	19	175	72	243
Júl	46	16	25	9	216	75	287
september	136	12	640	58	322	30	1098
október	1157	43	289	11	1233	46	2679
november	1888	54	420	12	1216	34	3524
december	139	81	6	4	26	15	171
spolu	3387		1427		3188		8002

Celkové množstvo opadu v roku 2003 predstavovalo hodnotu 4628 kg ha^{-1} suchej hmoty (tab. 3). Podiel asimilačných orgánov v celkovom opade kolísal v intervale 3 – 95 %. Frakcia drevnej hmoty tvorila 1 – 48 %-ný a frakcia zvyšok 4 – 51 %-ný podiel. Príčinou vyššieho množstvo opadu listov v júlovom odbere môže byť dlho trvajúci nedostatok zrážok na uvedenej lokalite (viď. obr. 3).
V roku 2004 v sledovaných mesiacoch predstavovalo celkové množstvo opadu 8002 kg ha^{-1} (tab. 3). Z tohto množstva predstavovali asimilačné orgány 9 – 81 %-ný podiel. Frakcia drevo kolísala od 4 do 58 % a frakcia zvyšok vykazovala 15 – 75 %-ný podiel. Vyššie celkové množstvo opadu, v porovnaní s predchádzajúcim rokom, je možné pripísať najmä vysokým hodnotám frakcie zvyšok v októbri a novembri. Okrem toho bolo v tomto roku zaznamenané vyššie množstvo dreva (opadané konáre) ako aj vyššie množstvá asimilačných orgánov.
V porovnaní s našimi meraniami uvádza napr. Kubíček (1970), že celkové množstvo opadu v hrabovej dubine za rok predstavovalo 5225 kg ha^{-1}, z čoho 48,12 % tvorili asimilačné orgány. Vašíček (1985) sledoval ročný opad v lužnom lese (dub 74 %, jaseň 21 %, ostatné 5 %), pričom zistil ročný opad v množstve 5600 kg.ha^{-1}. Tóth et al. (1985) uvádzajú hodnoty množstva opadu pre dubový ekosystém v intervale 4500 – 6000 kg ha^{-1} za rok, pričom priemer za sledované 5-ročné obdobie bol 5200 kg ha^{-1}.
Maximálne hodnoty celkového opadu boli v obidvoch sledovaných obdobiach namerané v mesiaci november (obr. 11). V roku 2003 bola zaznamenaná hodnota 2026 kg ha^{-1} a v roku 2004 predstavovala 3524 kg ha^{-1} (tab. 3). V obidvoch sledovaných rokoch boli zistené minimálne množstvá celkového opadu v decembri. V roku 2003 predstavovalo najnižšie množstvo hodnotu 110 kg ha^{-1} a v roku 2004 bolo nameraných 171 kg ha^{-1} (tab. 3).

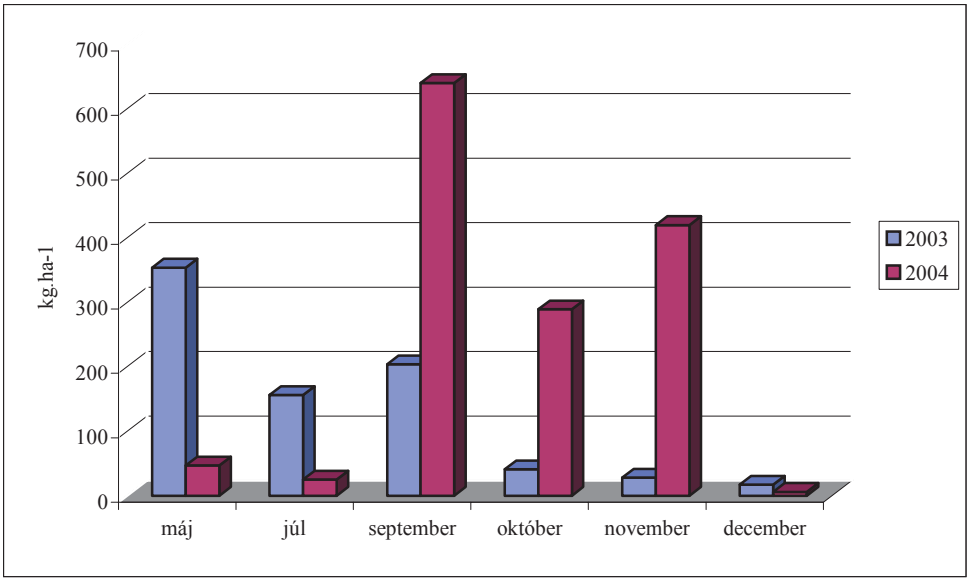


Obrázok 11 Dynamika celkového množstva opadu v ekosystéme duba cerového v rokoch 2003 a 2004



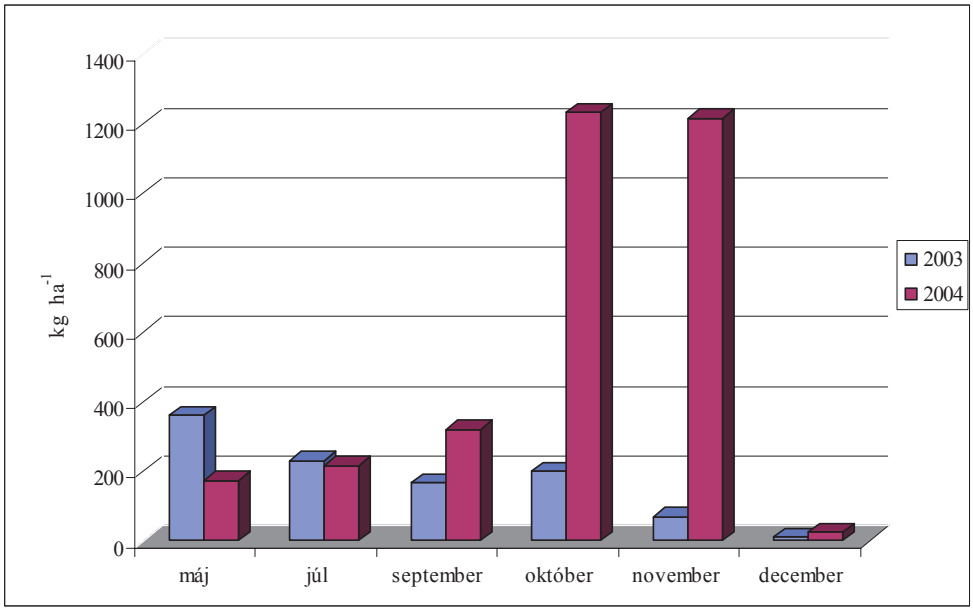
Obrázok 12 Dynamika opadu asimilačných orgánov v ekosystéme duba cerového v rokoch 2003 a 2004

Čo sa týka najväčšieho množstva opadu asimilačných orgánov tieto boli namerané v mesiaci november v obidvoch rokoch (obr. 12). Kým v roku 2003 maximálna hodnota predstavovala 1928 kg ha^{-1} a rok neskôr bola zistená hodnota nižšia o 40 kg ha^{-1} (tab. 3). Minimálne množstvá asimilačných orgánov boli namerané v mesiaci máj v obidvoch sledovaných obdobiach a vykazovali hodnotu 21 kg ha^{-1} (tab. 3).



Obrázok 13 Dynamika opadu frakcie drevnej hmoty v ekosystéme duba cerového v rokoch 2003 a 2004

Maximálne množstvo opadu frakcie drevo bolo v roku 2003 namerané v mesiaci máj 354 kg ha^{-1} (obr. 13). V nasledujúcom roku bola najväčšie množstvo dreva zistené v septembri - 640 kg ha^{-1} (tab. 3). Najnižšie množstvá tejto frakcie boli v obidvoch sledovaných obdobiach zistené v mesiaci december, pričom predstavovali hodnoty 17 kg ha^{-1} v roku 2003 resp. 6 kg ha^{-1} v roku 2004 (obr. 13).



Obrázok 14 Dynamika opadu frakcie zvyšok v ekosystéme duba cerového v rokoch 2003 a 2004

Čo sa týka poslednej frakcie – zvyšok, najvyššia hodnota - 362 kg ha^{-1}, bola v roku 2003 nameraná v máji (obr. 14). V roku 2004 bolo maximálne množstvo tejto frakcie zistené v októbri - 1233 kg ha^{-1}. V sledovanom roku bola zaznamenaná na skúmanej lokalite veľká úroda žaluďov, ktoré predstavovali výrazný podiel v tejto frakcii. Minimálne množstvá tejto frakcie boli v oboch rokoch zaznamenané zvyšok predstavovalo v decembri 2003 hodnotu 11 kg ha^{-1}. V decembri 2004 bola táto hodnota zvýšená o 15 kg ha^{-1} (tab. 3).

Závery a odporúčania

Z čiastkových výsledkov získaných pri výskume vplyvu zrážok na dynamiku rastu, fenologické prejavy a opad duba cerového je možné vyvodiť nasledovné parciálne závery:

- v nížinných polohách (aj napriek dobrej zimnej zásobe pôdnej vody) sa pri nedostatku zrážok v jarných mesiacoch jej obsah rýchlo vyčerpáva. Už na prelome mája a júna môže dôjsť pri skorom nástupe extrémnych teplôt k zastaveniu rastových procesov duba cerového. Túto možnosť dokazujú výsledky z meraní na TMP Čifáre v rokoch 2000 a 2003.
- najväčší vplyv na veľkosť prírastku má množstvo atmosférických zrážok počas celého roka, pričom najväčší vplyv majú zrážky počas vegetačného obdobia (v mesiacoch máj a jún)
- vplyv teplôt nie je taký významný ako vplyv zrážok, najväčší pozitívny vplyv na veľkosť prírastku má teplota v októbri predchádzajúceho roka a teplota vo februári hodnoteného roka
- fenologické prejavy sú ovplyvňované súborom vonkajších faktorov (teplota, svetlo, vlhkostné pomery, kvalita stanovišťa) alebo vnútornou periodicitou dreviny, resp. jej genetickými vlastnosťami. Podrobná kvantifikácia vplyvu jednotlivých faktorov sa fenológiu duba cerového sa ukazuje ako veľmi potrebná.
- na základe zistenia výrazných rozdielov v množstve a dynamike opadu v oboch prezentovaných rokoch, odporúčame vykonať podrobnejšiu analýzu príčin uvedených rozdielov.

Literatúra

[1]. Braslavská, O., Kamenský, L., 1996: Fenologické pozorovanie lesných rastlín. Metodický predpis. SHMÚ Bratislava. 22 s.

[2]. Bucha, T. - Maňkovská, B. - Minďáš, J. - Molnárová, H. - Pavlenda, P. - Pajtík, J. - Raši, R. - Varga, L., 2002: Zdravotný stav lesov Slovenska. Správa z monitoringu 2002. Zvolen, LVÚ 2002, 96 s.

[3]. Cicák, A., Štefančík, I., 1993: Phenology of bud breaking of beech (Fagus sylvatica L.) in relation to stocking of its tree component. Ekológia (Bratislava), Vol.12, č.4, s. 441-448

[4]. Escudero, A., Del Arco, J.M., 1987: Ecological significance of the phenology of leaf abscission. Oikos, 49, č. 1, p. 11-14

[5]. FAO-UNESCO-ISRIC, 1998: Soil Map of the World. Revised legend. World Soil Resources Report, No. 84, FAO. Rome, 118 s.

[6]. Fritts, H. C., 1976: Tree ring and climate, London, New York, San Francisco, Academic Press, 567 s.

[7]. Hančinský, L., 1972: Lesné typy Slovenska. Príroda, Bratislava 307 s.

[8]. Hejtmánek, J., 1958: K fenologické variabilitě buku. In: Práce Výzkumných ústavů lesnických ČSR, zv. 15, Zbraslav-Strnady, VÚLH v SZN, s. 193-210

[9]. Hicks, D.J., Chabot, B.F., 1985: Decidous forest. In: Chabot, B.F. and Mooney, H.A. (eds.), Physiological Ecology of North American Plant Communities, Chapman and Hall, NY., p. 257-277

[10]. Chalupa, V., 1969: Počátek, trvání a ukončení vegetační činnosti u lesních dřevin. In: Práce VÚLHM, zv. 37, Zbraslav - Strnady, VÚLHM, s. 41-68

[11]. Janíček, R., 1994: User´s Quide DAS (Dendrochronological analysis system), 53 s.

[12]. Kolektív, 1993: Meteorologický slovník výkladový a terminologický. Praha, Min. Živ. Prostředí ČR, 594 s.

[13]. Kolektív, 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia. VÚPOP Bratislava, 76 s.

[14]. Kubíček, F., 1970: Measurements of organic matter fall from tress and shrubs in the Báb forest. In: Research project Báb (IBP), p. 91 – 93

[15]. Larcher, W., 1988: Fyziologická ekologie rostlin. Vydání 1., Academia Praha, 368 s.

[16]. Pajtík, J. – IŠtoňa, J., 2003: Dynamika hrúbkového rastu duba cerového na sprašovej hline v závislosti od klimatických faktorov, Lesnícky časopis–Forestry Journal, roč.49,č.1, s.37-47.

[17]. Preushler, T., 1999: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forest. Part IX, Phenological Observation. UNECE, 35 p.

[18]. Šefančík, I., Cicák, A., 1992: Hodnotenie zdravotného stavu bukových porastov z pohľadu fenológie. In: Ekológia lesa a krajiny. Sekcia č. 1, TU Zvolen, s. 255-261

[19]. Tóth, J. A., Papp, B. L., Jakucs, P., 1985: Liter production of the forest. In: Jakucs, P. (Ed.): Ecology of an oak forest in Hungary, Akadémiai Kiadó, Budapest, s. 211-227

[20]. Tužinský, L. 1998: Výskum pôdy v luvizemi dubového ekosystému vo vzťahu k atmosferickým zrážkam. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 44 (1-2): 87-99.

[21]. UN-ECE, ICP Forests, 1998: Manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Hamburg, 3rd/4th edition.

[22]. Vašíček, F., 1985: Litter fall from the tree layer in a floodplain forest. In: Penka et al.: Ecosystems study on floodplain forest in Southern Moravia. Czechoslovak IBP Report No. 4, Univ. Agric., Brno, s. 251-258

[23]. Zlatník, A., 1959: Přehled slovenských lesů podle skupin lesních typů. Spisy lab. biogeocenologie a typologie lesa, LF-VŠZ Brno, 3, 178 s.