

# VLIV DUBU ČERVENÉHO (*QUERCUS RUBRA* L.) NA STAV LESNÍCH PŮD - PŘÍPADOVÁ STUDIE

## EFFECTS OF NORTHERN RED OAK (*QUERCUS RUBRA* L.) ON THE FOREST SOILS - A CASE STUDY

VILÉM PODRÁZSKÝ - IVO KUPKA ✉

Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129, 165 00 Praha 6 - Suchdol, Czech Republic

✉ e-mail: kupka@fld.czu.cz

ORCID: V. Podrázský 0000-0002-6736-5640

I. Kupka 0000-0003-4874-6007

### ABSTRACT

Effects of northern red oak on the forest soils were studied at the locality on the territory of the University forests of the Czech University of Life Sciences, Prague. The red oak stand part was compared to a stand part composed of native broadleaves with the dominance of European beech in a 71-year-old stand at the altitude 400 m a.s.l. The site was characterized as acid oak-beech site with *Luzula nemorosa*. Samples were taken in autumn 2022 for horizons L+F1, F2+H (quantitatively), and Ah, B in 4 replications. Results confirmed slight acidification of the upper soil horizons, consisting of a soil reaction decrease, bases content and base saturation, and especially worsening of the nitrogen dynamics, i.e. increase of the C/N ratio. Northern red oak was documented as a mildly acidifying species in given site conditions and its relevance should be limited to degraded sites and as a species, planted in conditions where domestic species cannot thrive.

[For more information see Summary at the end of the article.](#)

**Klíčová slova:** dub červený; humusové formy; půdní chemismus; dynamika půd

**Key words:** northern red oak; humus forms; soil chemistry; soil dynamics

### ÚVOD

Dub červený (*Quercus rubra* L.) patří k nejvýznamnějším introdukovaným dřevinám v České republice. Z údajů o lesním hospodářství vyplývá, že k roku 2010 zaujímala plocha této dřeviny v ČR kolem 6 000 ha a celková zásoba kolem 900 000 m<sup>3</sup> (KOUBA, ZAHRADNÍK 2011), k roku 2018 pak 6 101 ha a 1 138 000 m<sup>3</sup> (BERAN 2018). Dub červený se běžně využíval a stále využívá v parkových úpravách a rekultivacích a nepovažuje se za produkčně významnější dřevinu. Svého času měl i nahradit domácí druhy dubů ohrožené tracheomykózou (BURKOVSKÝ 1985; ŠTEFANČÍK 2011).

Dub červený je považován za druh, který je vhodný pro suché a semiaridní oblasti, protože se dobře vyrovnává s nedostatkem srážek už od stadia semenáček. Důvodem, proč se tato dřevina lépe vyrovnává s periodami půdního sucha, přestože klimatické podmínky na jejích původních lokalitách v Severní Americe zahrnují roční úhrny srážek od 700 až do 2 030 mm, je fakt, že listy červeného dubu mají vyšší hustotu průduchů na listech než domácí duby (TIMBAL, DREYER

1994), a tak mohou účinněji a rychleji reagovat na nedostatek vody. Tato dřevina je také výrazně odolnější vůči velmi nízkým teplotám, snáší až -30 °C nebo dokonce -40 °C (BRUS 2011). Je odolná vůči pozdním jarním mrazům, protože raší později než domácí duby (JACAMON 1987). Průměrná roční teplota v domovské oblasti Ameriky se pohybuje mezi 4 a 16 °C (SANDER 1990). V Evropě tento druh obvykle roste v nadmořských výškách 250–800 m n. m. s ročními srážkami pouze 500–550 mm za rok (NAGEL 2015). Známa je i odolnost vůči znečištěnému ovzduší a vyšší odolnost dubu červeného vůči mrazu (MILTNER et al. 2016).

Kořenový systém dubu červeného je podobný kořenům domácích dubů. Mladý stromek má dobře vyvinutý kořen, který za pět let může dosáhnout délky až 70 cm, později tvoří srdcovitý kořenový systém (BAUER 1953; NAGEL 2015). Ve svém dalším vývoji vytváří silné postranní kořeny, které zasahují do značné vzdálenosti od kmene a vytvářejí pevný kořenový systém, který odolává poškození větrem (TIMBAL, KREMER 1994; RÉH, RÉH 1997). Kořenový systém roste po celé vegetační období bez přerušení v letním období (DICKSON 1994;

HUBERT 1994). Je proto vhodný v místech s vysokým rizikem eroze a degradace půdy (MILTNER et al. 2016).

Dub červený je považován za dřevinu s relativně snadnou přirozenou obnovou, vyžaduje však časté lesnické zásahy (ŠTEFANČÍK 2011). Z tohoto důvodu je někdy uváděn jako příklad invazivního druhu. Dostupná literatura naznačuje, že jeho schopnost přirozené klíčivosti semen je závislá na typu stanoviště. Na chudých stanovištích se stává hojným a může mít invazivní charakter, zatímco na bohatších půdách je výrazně méně invazivní (HENIN, VANDEKERKHOVE 2016).

Mnoho autorů uvádí nižší požadavky dubu červeného na obsah živin v půdě (BAUER 1953; MILTNER et al. 2016). Červený dub snáší kyselé písčité půdy, ale také dobře roste na těžších oglejených půdách. Nesnáší půdy bohaté na vápník, i když se zdá, že s věkem se zvyšuje jeho tolerance k vyššímu obsahu vápníku. Lokality se stálou vysokou hladinou podzemních vod jsou také nevhodné. Obecně platí, že hlubší půdy mírně kyselé s minimálním obsahem vápníku jsou pro tuto dřevinu uváděny jako nejvhodnější typ stanoviště (DRESSEL, JÄGER 2002).

Naproti tomu analýzy dopadu na stav půd neprokázaly dosud výrazný meliorační vliv dubu červeného v lesních porostech (PODRÁZSKÝ, ŠTĚPÁNÍK 2002). Vhodný je spíše při rekultivacích devastovaných a degradovaných ploch díky své vyšší toleranci k environmentálním stresům. Zde tak může výrazně přispět k obnově lesních půd a jejich specifického charakteru. Díky svému charakteru spíše přípravné dřeviny může velmi výrazně prospět i v případě zalesňování zemědělských půd.

Cílem předkládané práce je doložit vliv dubu červeného na stav humusových forem a nejsvrchnější vrstvy minerální půdy. Jeho účinek na tyto půdní horizonty je srovnáván s přirozenými porosty s dominancí buku.

## MATERIÁL A METODIKA

Vzorok svrchních půdních horizontů byly odebrány v porostu 512C8a na území školního podniku Lesy ČZU v Praze na podzim r. 2022. Porost je charakterizován nadmořskou výškou 400 m n. m., průměrnými ročními srážkami 700–800 mm, průměrnou roční teplotou 7–8 °C a věkem 71 let. Typologicky je stanoviště zařazeno jako LT 3K1. Terén

je plochý, část porostu je tvořena čistým dubem červeným, druhá pak bukem s minimální příměsí dubu a lípy.

Sledovány byly následující půdní horizonty (GREEN et al. 1993): L+F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>+H, Ah, B. Hologanické horizonty byly kvantifikovány pomocí oceľových rámečků, v počtu 4 opakování (4× DBč, 4× Bk, celkem 32 vzorků), minerální půdní vrstvy byly odebrány bez možnosti kvantifikace. U jednotlivých typů substrátů byly prováděny následující analýzy:

- u hologanických horizontů:
  - množství sušiny při 105 °C a obsah celkových živin po mineralizaci kyselinou sírovou ve směsi se selenem (ZBÍRAL et al. 2001)
- u všech vzorků:
  - půdní reakce aktivní (výluh H<sub>2</sub>O) a potenciální (1 N KCl), potenciometricky
  - výměnná acidita, obsah výměnného vodíku a hliníku
  - základní charakteristiky půdního sorpčního komplexu podle KAPPENA (1929) (S – obsah bází, V – nasycení sorpčního komplexu bázemi, H – hydrolytická acidita, T – kationtová výměnná kapacita)
  - obsah uhlíku a organické hmoty (metoda Springer-Klee; např. CIAVATTA et al. 1989)
  - obsah celkového dusíku (Kjeldahlova metoda; např. KIRK 1950)
  - obsah přístupných živin ve výluhu (MEHLICH 1984).

Výsledky analýz byly zpracovány statistickým softwarem STATISTICA. Po ověření normality rozložení údajů byla použita metoda analýzy rozptylu ANOVA a post-hoc test Scheffého na významnost rozdílů aritmetických průměrů na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

## VÝSLEDKY

Množství nadložního humusu bylo v porostech s různým dřevinným složením s dominancí buku lesního bez významných rozdílů, přes patrnou tendenci vyšší akumulace v porostu dubu červeného (tab. 1). Hodnoty půdní reakce, aktivní i výměnné, indikovaly vyšší aciditu v horizontech nadložního humusu a v horizontu Ah pod touto dřevinou.

Tab. 1.

Zásoba nadložního humusu a charakteristiky půdní acidity ve srovnávaných porostech  
Amount of surface humus and soil acidity characteristics in compared stands

Dřevina/Species Horizont/Horizon	Nadložní humus/ Surface humus [t.ha <sup>-1</sup> ]	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	Výměnná acidita/ Exch. acidity [mval.kg <sup>-1</sup> ]	Výměnný Al/ Exch. Al [mval.kg <sup>-1</sup> ]	Výměnný H/ Exch. H [mval.kg <sup>-1</sup> ]
BK – L+F <sub>1</sub>	3,20 a					
BK – F <sub>2</sub> +H	14,35 a	5,21 a	4,27 a	8,81 a	2,54 a	6,28 a
BK – Ah		5,14 a	3,96 a	13,04 a	9,39 a	3,65 a
BK – B		5,12 a	3,48 a	43,43 a	41,65 a	1,74 a
DBč – L+F <sub>1</sub>	3,82 a					
DBč – F <sub>2</sub> +H	18,14 a	4,71 b	3,54 b	25,15 b	15,45 b	9,70 a
DBč – Ah		4,67 b	3,00 b	59,18 b	50,93 b	8,25 a
DBč – B		5,06 a	3,43 a	45,58 a	43,97 a	1,61 a

Vysvětlivky: BK – buk lesní, DBč – dub červený; statisticky homogenní skupiny jsou označeny stejnými písmeny

Captions: BK – European beech, DBč – northern red oak; statistically homogenous groups are marked with the same letter

nou. Množství vzorků svrchního holorganického horizontu bylo pro chemické analýzy nedostatečné a tyto nebyly analyzovány ve všech případech. Ve stejných vrstvách (L+F<sub>1</sub> a Ah) byly rovněž statisticky významně odlišné hodnoty celkové titrační acidity a obsahu výměnného hliníku; výsledky tak indikují acidifikační působení dubu červeného ve svrchních vrstvách půdy, resp. v humusových formách. Obsahy výměnného vodíku se statisticky významně nelišily.

S charakteristikami půdní acidity úzce souvisí i stav půdního sorpčního komplexu. Obsah výměnných bází byl zřetelně pod dubem červeným nižší, v minerálních horizontech byly rozdíly statisticky významné (tab. 2). Opačný trend vykazovala hydrolytická acidita. V důsledku toho byla výměnná kationtová kapacita mnohem vyrovnanější, statisticky významně nižší byla pouze v horizontu B pod dubem červeným.

Významně nižší byly pod touto dřevinou i hodnoty nasycení sorpčního komplexu bázemi.

Obsah celkového uhlíku (humusu) byl nevýrazně nižší pod porostem smíšeného porostu s dominancí buku a totéž bylo dokumentováno pro obsah celkového dusíku. Poměr C/N byl srovnatelný v holorganickém horizontu, v minerálních horizontech byl nevýznamně vyšší pod dubem červeným. To indikuje méně příznivý rozklad a transformaci opadu pod touto dřevinou.

Obsah celkového ani přístupného fosforu (tab. 3) nevykazoval významné rozdíly ani výraznou tendenci. Oproti tomu obsah celkového draslíku byl významně nižší v holorganických horizontech pod dubem červeným, což ale nekorespondovalo s obsahem této živiny v přístupné formě; v jeho případě byly hodnoty poměrně vyrovnané. Naopak

**Tab. 2.**

Charakteristiky sorpčního komplexu, obsah celkového uhlíku a dusíku ve srovnávaných porostech  
Soil adsorption complex characteristics, content of total carbon and nitrogen in compared stands

Dřevina/Species Horizont/Horizon	S [mval/100 g]	H [mval/100 g]	T [mval/100 g]	V %	C <sub>ox</sub> %	N %	C/N
BK – L+F <sub>1</sub>							
BK – F <sub>2</sub> +H	48,15 a	15,90 a	64,05 a	75,23 a	25,29 a	1,05 a	24,1 a
BK – Ah	21,28 a	11,18 a	32,46 a	65,40 a	8,44 a	0,51 a	16,5 a
BK – B	4,26 a	6,32 a	10,58 a	40,12 a	1,22 a	0,10 a	12,2 a
DBč – L+F <sub>1</sub>							
DBč – F <sub>2</sub> +H	30,78 a	28,65 b	59,44 a	50,25 b	32,18 a	1,35 a	23,8 a
DBč – Ah	7,35 b	23,55 a	30,50 a	26,93 b	15,63 a	0,63 a	24,8 a
DBč – B	2,49 b	5,86 a	8,36 b	30,25 a	1,29 a	0,09 a	14,3 a

Vysvětlivky: BK – buk lesní, DBč – dub červený, S – obsah výměnných bází, H – hydrolytická acidita, T – kationtová výměnná kapacita, V – nasycení sorpčního komplexu bázemi; statisticky homogenní skupiny jsou označeny stejnými písmeny

Captions: BK – European beech, DBč – northern red oak, S – base content, H – hydrolytical acidity, T – cation exchange capacity, V – base saturation; statistically homogenous groups are marked with the same letter

**Tab. 3.**

Obsah přístupných a celkových živin v půdních horizontech ve srovnávaných porostech  
Content of plant available and total nutrients in soil horizons in compared stands

Dřevina/Species Horizont/Horizon	P <sub>ex</sub> [mg.kg <sup>-1</sup> ]	K <sub>ex</sub> [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Ca <sub>ex</sub> [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Mg <sub>ex</sub> [mg.kg <sup>-1</sup> ]	P <sub>tot</sub> %	K <sub>tot</sub> %	Ca <sub>tot</sub> %	Mg <sub>tot</sub> %
BK – L+F <sub>1</sub>					0,063 a	0,333 a	0,92 a	0,087 a
BK – F <sub>2</sub> +H	20,0 a	641,0 a	3657,5 a	453,0 a	0,086 a	0,310 a	0,96 a	0,109 a
BK – Ah	7,0 a	275,0 a	1705,0 a	243,0 a				
BK – B	1,75 a	58,7 a	309,0 a	73,3 a				
DBč – L+F <sub>1</sub>					0,050 a	0,243 b	0,95 a	0,128 b
DBč – F <sub>2</sub> +H	22,5 a	859,5 a	2090,0 b	484,0 a	0,080 a	0,210 b	0,107 a	0,079 b
DBč – Ah	6,0 a	299,0 a	512,5 b	230,0 a				
DBč – B	1,25 a	47,5 a	213,0 b	68,3 a				

Vysvětlivky: BK – buk lesní, DBč – dub červený, X<sub>ex</sub> – přístupná forma živiny, X<sub>tot</sub> – pseudototální forma živiny; stejná písmena označují statisticky homogenní skupiny

Captions: BK – European beech, DBč – northern red oak, X<sub>ex</sub> – plant available form of nutrient, X<sub>tot</sub> – total form of nutrient; statistically homogenous groups are marked with the same letter

obsah přístupného vápníku byl významně nižší pod dubem červeným a hodnoty obsahu celkového se téměř nelišily, což byla přímo opačná situace pro případ celkového a přístupného hořčíku.

Celkově prokázaly hodnoty pedochemických analýz méně příznivý stav v případě porostu dubu červeného ve srovnání s porostem buku s příměsí jiných dřevin. Byly doloženy nižší hodnoty půdní reakce, obsahu bázi a nasycení sorpčního komplexu bázemi, naopak vyšší hodnoty výměnné acidity.

## DISKUSE

O vlivu dubu červeného na stav lesních půd ve srovnání s jinými dřevinami je v domácí literatuře poměrně málo údajů. Ekologické nároky a zásady pěstování v evropském měřítku předkládá NICOLESCU et al. (2020). Ty je možno shrnout jako požadavky na hlubší, čerstvé středně vlhké kyselější půdy bez většího obsahu vápníku, bez utužených horizontů a alespoň středně bohaté, čemuž naše stanoviště odpovídá. Taková stanoviště odpovídají i růstovému optimu v oblasti původního rozšíření (SANDER 1990). Na druhé straně má dub červený nižší nároky na živiny i půdní vláhu ve srovnání s domácími druhy, resp. dubem letním a zimním (BRUS 2011; MILTNER et al. 2016), a to přes poněkud vyšší produkci dřeva, které ovšem za domácími druhy dubů kvalitativně poněkud zaostává, nicméně je rovněž všestranně využitelné (KUPKA et al. 2018).

Vliv dubu červeného na stav půd je více studován v zahraničí, zejména v Polsku a v jihoevropských zemích. V těchto podmínkách byla prokázána výrazná degradační a acidifikační funkce dubu červeného ve srovnání s evropskými dominantními druhy, změny mikrobiálních společenstev a snížení dostupnosti řady živin, především fosforu a bázi (K, Ca, Mg). Také pokryvnost přizemní vegetace byla změněna díky méně příznivému opadu a intenzivnějšímu zápoji. Byl detekován posun humusových forem směrem k méně příznivějším formám a dynamika dusíku, s vyšším podílem C/N. Je vesměs potvrzeno invazivní chování dubu červeného a blokování obnovy jiných dřevin (BONIFACIO et al. 2015; STANEK, STEFANOVICZ 2019; FERRÉ, COMOLLI 2020; STANEK et al. 2020).

V domácích podmínkách je minimum relevantních údajů o půdotvorné funkci dubu červeného. Ze starších prací je k dispozici práce KANTORA (1989), který srovnával kvalitu opadu v porostech náhradních dřevin na Trutnovsku. Na rozdíl od jiných listnáčů, zejména olše a břízy, nebyla kvalita opadu v případě dubu červeného příznivá. Autor hodnotí dub červený ve srovnání s jinými dřevinami (osika, jívka, buk, bříza) jako dřevinu bez melioračních účinků, podobně jako borovicovní lesní. Jako dřeviny výrazně zhoršující stav humusových forem pak hodnotí smrky a vejmutovku. PODRÁZSKÝ, ŠTĚPÁNIK (2002) sledovali rozdíly v charakteristikách svrchních půdních horizontů na zalesněné zemědělské půdě v oblasti Českého Rudolce; srovnání se týkalo porostů dubu červeného, břízy bradavičnaté, smrku ztepilého a modřínu evropského. Dub červený vykázal sice příznivější vliv na vývoj půd ve srovnání s jehličnany, ale výrazně méně příznivý ve srovnání s břízou. U dubu červeného byly patrné vyšší nároky na odběr živin, což se na dané lokalitě projevilo poklesem obsahu celkového dusíku pod jeho porostem. Pomalejší dekompozici opadu a zhoršenou dynamiku koloběhu živin doložili také např. BONIFACIO et al. (2015). Na původním stanovišti dubu letního, dobře vyvinutých chudých půdách, došlo působením dubu červeného k akumulaci extrémnější humusové formy (mor místo dysmull-hemimoder), pomalejšímu rozkladu opadu a zhoršení dostupnosti fosforu a vápníku. JONCZAK et al. (2015) sledovali intenzitu rozkladu opadu olše, buku, dubu červeného a kleny pomocí opadových sáčků (litter bags). Jako výrazně meliorační dřevina se projevila olše, ostatní listnáče byly srovnatelné z hlediska rychlosti a typu rozkladu opadu.

Jako méně příznivé doložili působení dubu červeného i MILTNER et al. (2016). Ve srovnání s dubem zimním vykazovaly humusové formy pod dubem červeným nižší půdní reakci, vyšší aciditu, méně příznivý stav půdního sorpčního komplexu (především nižší obsah bázi a nasycení sorpčního komplexu bázemi), méně příznivý obsah humusu, dusíku a makroelementů. Na rozdíl od rekultivací a zalesňování degradovaných půd je tak nutno pohlížet na tuto dřevinu jako na snižující kvalitu lesního stanoviště přirozených doubrav, popřípadě porostů domácích listnatých dřevin. Na stav půd porostů původních listnatých dřevin má spíše negativní vliv, stejně tak i na dynamiku živin. Naproti tomu díky své vyšší toleranci k extrémnímu prostředí může hrát významnou roli v rámci rekultivací degradovaných a devastovaných půd (DIMITROVSKÝ 1999, 2001; DIMITROVSKÝ et al. 2008; KUPKA, DIMITROVSKÝ 2011). Další práce pak nepřímo dokládají vliv na stanoviště prostřednictvím analýzy rostlinných společenstev přizemní vegetace. STRAIGYTE et al. (2012) a CHMURA (2013) tak shodně popisují vliv dubu červeného na stav lesních fytoocenóz se stejným trendem – méně výrazný, nicméně patrný posun ke kyselějším a na živiny (především dusík) chudším stanovištím. Navíc dokládají poměrně výraznou schopnost přirozené obnovy, což vede k hodnocení této dřeviny až jako invazivní (MAJOR et al. 2013; NICOLESCU et al. 2020).

## ZÁVĚR

S výraznými melioračními účinky dubu červeného nelze v listnatých lesích počítat. Ve srovnání s domácími klimaxovými dřevinami, nejen s domácími druhy dubů, ale i s porosty s dominancí buku, je nutno počítat s mírnou acidifikací, poklesem půdní reakce, zhoršením charakteristik půdního sorpčního komplexu a snížením obsahu živin. Pozornost je třeba věnovat i dynamice dusíku a organické půdní hmoty obecně. Dub červený je nadále využitelný při rekultivaci výrazně degradovaných a devastovaných stanovišť a při tvorbě porostů, odolnějších k probíhajícím změnám klimatu. Při rostoucích problémech domácích listnáčů tak může hrát i významnější roli než doposud.

### Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu NAZV QK22020045: Potenciál geograficky nepůvodních druhů dřevin v lesním hospodářství ČR.

## LITERATURA

- BAUER F. 1953. Northern red oak. Frankfurt am Main, Sauerländer: 108 s.
- BERAN F. 2018. Introdukované dřeviny v lesním hospodářství ČR – Přehled. In: Vacek, Z., Podrázský, V. (eds.): Introdukované dřeviny jako součást českého lesnictví. ČLS, Kostelec nad Černými lesy 17. dubna 2018. Praha, ČLS: 7–16.
- BONIFACIO E., PETRILLO M., PETRELLA F., TAMBONE F., CELI L. 2015. Alien red oak affects soil organic matter cycling and nutrient availability in low-fertility well-developed soils. *Plant and Soil*, 395: 215–229. DOI: 10.1007/s11104-015-2555-9
- BRUS R. 2011. Dendrology for foresters. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 408 s.
- BURKOVSKÝ J. 1985. Viac pozornosti hromadnému hynutiu dubov v chránených územiach. *Pamiatky prírody*, 1:26–27.
- CIAVATTA C., VITTORI ANTISARI L., SEQUI P. 1989. Determination of organic carbon in soils and fertilizers. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 20: 759–773. DOI: 10.1080/00103628909368115

- DICKSON R.E. 1994. Height growth and polycyclism in northern red oak. In: Timbal J. et al. (eds.): *Le chêne rouge d'Amérique*. Paris, Institut National de la Recherche Agronomique: 131–140.
- DIMITROVSKÝ K. 1999. Metodika zemědělské, lesnické a hydrické rekultivace. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 66 s.
- DIMITROVSKÝ K. 2001. Tvorba nové krajiny na Sokolovsku. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 63 s.
- DIMITROVSKÝ K., KUPKA I., KUNT M., ŠTIBINGER J. 2008. Problematika obnovy lesů na výsypkových stanovištích, jejich vývoj, struktura a skladba. In: Prknová, H. (ed.): *Obnova lesního prostředí při zalesnění nelesných a devastovaných stanovišť*. Sborník referátů. Kostelec nad Černými lesy, 5. listopadu 2008. Praha, ČZU: 13–20.
- DRESSEL R., JÄGER E.J. 2002. Contributions to the biology of vascular plants of the Hercynian area. 5. *Quercus rubra* L. (northern red oak): life history and agriophytic spread in the Sächsische Schweiz National Park. *Hercynia*, 35 (1): 37–64.
- FERRÉ C., COMOLLI R. 2020. Effects of *Quercus rubra* L. on soil properties and humus forms in 50-year-old and 80-year-old forest stands of Lombardy plain. *Annals of Forest Science*, 77: 3. DOI: 10.1007/s13595-019-0893-0
- GREEN R.N., TROWBRIDGE R. L., KLINKA K. 1993. Towards a taxonomic classification of humus forms. *Forest Science*, 39 (suppl 1): a0001–z0002. DOI: <https://doi.org/10.1093/forestscience/39.s1.a0001>
- HENIN J.-M., VANDEKERKHOVE K. 2016. Belgium. In: Hasenauer H. et al. (eds.): *Non-native tree species for European forests: experiences, risks and opportunities*. FP 1403 NNEXT Country Reports, Joint Volume. Vienna, University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU): 20–31.
- HUBERT M. 1994. Tree shaping and pruning. In: Timbal, J. et al. (eds.): *Le chêne rouge d'Amérique*. Paris, Institut National de la Recherche Agronomique: 247–253.
- CHMURA D. 2013. Impact of alien tree species *Quercus rubra* L. on understory environment and flora: a study of the Silesian Upland (southern Poland). *Polish Journal of Ecology*, 61: 431–442.
- JACAMON M. 1987. Guide de dendrologie: arbres, arbustes, arbrisseaux des forêts françaises. Teil: 2. Feuillus. [Dendrology Handbook. Vol. II. Broadleaves]. Nancy, Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts: 256 s.
- JONCZAK J., PARZYCH A., SOBISZ Z. 2015. Decomposition of four tree species leaf litters in Headwater Riparian Forest. *Baltic Forestry*, 21: 133–143.
- KANTOR P. 1989. Meliorační účinky porostů náhradních dřevin. *Lesnictví*, 35: 1047–1066.
- KAPPEN H. 1929. *Die Bodenazidität*. Springer, Berlin: 363 s.
- KIRK P.L. 1950. Kjeldahl method for total nitrogen. *Analytical Chemistry*, 22: 354–358. DOI:10.1021/AC60038A038
- KOUBA J., ZAHRADNÍK D. 2011. Produkce nejdůležitějších introdukovaných dřevin v ČR podle lesnické statistiky. In: Prknová, H. (ed.): *Aktuality v pěstování méně častých dřevin v České republice 2011*. Sborník z konference. Kostelec nad Černými lesy 25. listopadu 2011. Praha, ČZU: 52–66.
- KUPKA I., DIMITROVSKÝ K. 2011. Výsledky testování vybraných dřevin pro lesnické rekultivace na Sokolovsku. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56 (Suppl.): 52–56.
- KUPKA I., BALÁŠ M., MILTNER S. 2018. Quantitative and qualitative evaluation of northern red oak (*Quercus rubra* L.) in arid areas of North-Western Bohemia. *Journal of Forest Science*, 64 (2): 53–58.
- MAJOR K.C., NOSKO P., KUEHNE C., CAMPBELL D., BAUHUS J. 2013. Regeneration dynamics of non-native northern red oak (*Quercus rubra* L.) populations as influenced by environmental factors: A case study in managed hardwood forests of southwestern Germany. *Forest Ecology and Management*, 291: 144–153. DOI: 10.1016/j.foreco.2012.12.006
- MEHLICH A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15: 1409–1416.
- MILTNER S., KUPKA I., TŘEŠTÍK M. 2016. Effects of northern red oak (*Quercus rubra* L.) and sessile oak (*Quercus petraea* /Mattusch./Liebl.) on the forest soil chemical properties. *Lesnický časopis – Forestry Journal*, 62: 169–172. DOI: 10.1515/FORJ-2016-0020
- NAGEL R.V. 2015. Northern red oak. In: Vor T. et al. (eds.): *Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten*. Baumartenportraits mit naturschutzfachlicher Bewertung. [Potentials and risks of introduced tree species]. Göttinger, Universitätsverlag Göttingen: 219–267.
- NICOLESCU V.-N., VOR T., MASON W.L. BASTIEN J.C., BRUS R., HENIN J.-M., KUPKA I., LAVNYI V., LA PORTA N., MOHREN F., PETKOVA K., RÉDEI K., ŠTEFANČÍK I., WASIK R., PERIĆ S., HERNEA C. 2020. Ecology and management of northern red oak (*Quercus rubra* L. syn. *Q. borealis* F. Michx.) in Europe: a review. *Forestry*, 93: 481–494. DOI: 10.1093/forestry/cpy032
- PODRÁZSKÝ V., ŠTĚPÁNÍK R. 2002. Vývoj půd na zalesněných zemědělských půdách – oblast LS Český Rudolec. *Zprávy lesnického výzkumu*, 47: 53–56.
- RÉH J., RÉH R. 1997. Dub červený (*Quercus rubra* L.), jeho vývoj, struktúra a rastové procesy vplyvom prebierok a možnosti využitia jeho dreva v drevospracujúcom priemysle. *Zvolen, Technická univerzita*: 71 s. Vedecké štúdie TU vo Zvolení, č. 12/1997/A
- SANDER I.L. 1990. Northern red oak (*Quercus rubra* L.). In: Burns, R.M., Honkala, B.H. (eds.): *Silvics of North America*. Vol. 2. Hardwoods. Washington, USDA, Forest Service: 727–733. *Agriculture Handbook* no. 654
- STANEK M., STEFANOWICZ A.M. 2019. Invasive *Quercus rubra* negatively affected soil microbial communities relative to native *Quercus robur* in a semi-natural forest. *Science of the Total Environment*, 696: 133977. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.133977
- STANEK M., PIECHNIK L., STEFANOWICZ A.M. 2020. Invasive red oak (*Quercus rubra* L.) modifies soil physicochemical properties and forest understory vegetation. *Forest Ecology and Management*, 472: 118253. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118253
- STRAIGHTYTE L., MAROZAS V., ŽALKAUSKAS R. 2012. Morphological traits of red oak (*Quercus rubra* L.) and ground vegetation in stands in different sites and regions of Lithuania. *Baltic Forestry*, 18: 91–99.
- ŠTEFANČÍK I. 2011. Vplyv výchovy na rast a vývoj porastu duba červeného (*Quercus rubra* L.). In: Prknová H. (ed.): *Aktuality v pěstování méně častých dřevin v ČR*. Sborník z konference. Kostelec nad Černými lesy 25. listopadu 2011. Praha, ČZU: 106–112.
- TIMBAL J., DREYER E. 1994. Water consumption and drought resistance. In: Timbal J. et al. (eds.): *Le chêne rouge d'Amérique*. Paris, Institut National de la Recherche Agronomique: 85–90.
- TIMBAL J., KREMER A. 1994. Root system. In: Timbal J. et al. (eds.): *Le chêne rouge d'Amérique*. Paris, Institut National de la Recherche Agronomique: 48–51.
- ZBÍRAL J. et al. 2001. Porovnání extrakčních postupů pro stanovení základních živin v půdách ČR. *Brno, ÚKZÚZ*: 205 s.

**EFFECTS OF NORTHERN RED OAK (*QUERCUS RUBRA* L.) ON THE FOREST SOILS - A CASE STUDY****SUMMARY**

The presented case study compares the upper soil state in the stand of northern red oak (*Quercus rubra* L.) and semi-natural mixed broad-leaved stand with dominance of beech growing at the same site. The comparison was limited to holorganic horizons (L+F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>+H), organomineral Ah horizon and mineral horizon B. The site is characterized by the altitude 400 m a.s.l. and forest type 3K1, i.e. acid oak-beech site with *Luzula nemorosa*. Sampling was performed in autumn 2022, the holorganic horizons were sampled quantitatively by iron frame 25 cm × 25 cm and quantified as dry matter (D.M.) at 105°C, the other horizons were sampled only for quality assessment. The number of replications of sampling was 4 under each stand part. Standard soil-chemical characteristics were determined: soil reaction in water and KCl leachate, soil adsorption complex characteristics (S – bases content, H – hydrolytical acidity, T – cation exchange capacity as S+H, V – base content as S/T), then exchangeable acidity, total carbon and nitrogen content as well as total nutrient content (P, K, Ca, Mg) in holorganic horizons only and exchangeable (plant available) macronutrients (P, K, Ca, Mg) in all horizons by Mehlich III method.

Results are presented in Tab. 1, 2 and 3. The total surface horizon accumulation was 21.96 t.ha<sup>-1</sup> under red oak, comparing to 17.35 t.ha<sup>-1</sup> under beech, difference was visible especially in the deeper holorganic horizon. Thus, slower degradation of litter is verified under red oak. This species also showed higher tendency to soil acidification – statistically significant lower values of soil reaction, significantly higher values of exchangeable acidity and exchangeable aluminum until Ah horizon, lower values of bases content as well as lower characteristics of base saturation of the soil adsorption complex (Tab. 1 and 2). The content of total carbon and nitrogen did not show significant differences, but C/N ratio was less favorable under red oak. Contents of total and plant available phosphorus was comparable under both stand parts, plant available potassium content was lower under red oak (Tab. 3). Total calcium content was lower significantly under red oak, plant available form of this macronutrient did not differ. Plant available magnesium content did not show differences, on the contrary, in the lower holorganic horizon it was significantly lower under red oak.

In general, northern red oak was acidifying visibly the soil at the site of broad-leaved forests and considering this point its use is disputable. The use of this species should be limited to restoration of degraded sites and the conditions, where the native broad-leaved species show decline because of site extremity and ongoing climate change.

Zasláno/Received: 24. 8. 2023

Přijato do tisku/Accepted: 22. 10. 2023