

VLIV PÁSŮ DŘEVIN NA PRODUKCI A DRUHOVÉ SLOŽENÍ TRAVNÍHO POROSTU A VLASTNOSTI PROSTŘEDÍ - PŘÍPADOVÁ STUDIE AGROLESNICKÉHO VYUŽITÍ VRCHOVINNÉHO STANOVIŠTĚ

IMPACT OF WOODY-SPECIES STRIPS ON PRODUCTION AND SPECIES COMPOSITION OF GRASS CROP AND PROPERTIES OF THE ENVIRONMENT - A CASE STUDY OF AGROFORESTRY LAND USE AT SUBMONTANE SITE

JAN BARTOŠ  - ONDŘEJ ŠPULÁK - DUŠAN KACÁLEK - JAN LEUGNER - JARMILA MARTINCOVÁ

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Czech Republic

 e-mail: bartos@vulhmop.cz

ABSTRACT

Agroforestry systems do not belong to a common agricultural practice in the Czech Republic. These approaches are, however, seen as potentially beneficial in terms of sustainable use of landscape resources. At experimental submontane site with woody-species strips and extensively-managed meadow intercropping, production characteristics of hay harvested from the meadows and impacts of the strips on microclimate were studied. Microclimatic conditions were monitored using a set of meteorological stations. The site characteristics such as soil moisture and temperature, air temperature and precipitation were measured in transect C. The meadows were experimentally cut twice a year (June 1st cut, September 2nd cut), and herbal species were determined in the sampling points of transects. Impacts of the woody-species strips on the crop properties such as water content and its dry weight were found. The strips affected the soil temperature and the moisture compared to the open-area conditions and the strips also reduced precipitation. Moreover, reduced numbers of herbal species were found in the vicinity of the strips.

For more information see Summary at the end of the article.

Klíčová slova: agrolesnictví; pás dřevin; trvalý travní porost; mikroklima

Key words: agroforestry; woody-species strip; permanent grassland; microclimate

ÚVOD

Agrolesnictví je pravděpodobně nejstarším způsobem využití půdy (NAIR 2011; SANTIAGO-FREIJANES et al. 2018), známým již od neolitu (NERLICH et al. 2013) a je od nepaměti spojeno s domestikací rostlin a živočichů (DAGAR, TEWARI 2017). Obecně takové přístupy spočívají v souběhu využívání půdy pro zemědělskou výrobu a pěstování dřevin (KOTRBA et al. 2015; BROWN et al. 2018; SANTIAGO-FREIJANES et al. 2018; KRČMÁŘOVÁ 2019; PANTERA et al. 2021; EURAF), tedy jednoduše začlenění dřevin do zemědělské krajiny (SMITH 2010; LOVELL et al. 2018). Předpokladem úspěšné aplikace může být např. vzájemná prospěšnost společného pěstování plodin a stromů (RAEDEKE et al. 2003). Přesto si zemědělská kultura a stromy také vzájemně konkurují (SWIETER et al. 2022). Oproti tropům je dosud málo známo o vnímání

agrolesnictví v podmínkách mírného klimatu (GARCÍA de JALÓN et al. 2018) a velmi sporé jsou informace ze středoevropského prostoru; v České republice tato dříve běžná praxe vymizela (KRČMÁŘOVÁ, JELEČEK 2017; LOJKA et al. 2022).

V české krajině se, nicméně, vyskytují fragmenty dřevinné vegetace, jako jsou meze s dřevinami, větrolamy nebo břehové porosty (viz např. HOU et al. 2011; BLAŽEJOVÁ et al. 2020). Na první jmenovaný typ vegetace jsme zaměřili naši studii. Jedná se o liniové prvky extenzivně obhospodařované dřevinné (keřové i stromové) vegetace v krajině oddělující zemědělsky využívané pozemky. Na podobných lokalitách mohou být s výhodou agrolesnické systémy aplikovány (TSONKOVA et al. 2012). Cílem může být podpora postupů hospodaření šetrnějších k životnímu prostředí, zlepšení podmínek na klimaticky či terénně

extrémních stanovištích anebo čistě finanční profit plynoucí z pěstování mimořádně kvalitního dřeva (např. CHIFFLOT et al. 2006), představující pro farmáře dlouhodobou investici (BENJAMIN et al. 2000; REEG 2011). Pokud je cílem kvalita sortimentů, je třeba u některých dřevin předcházet tvorbě kmenových výmladků. Naopak pařezová či kořenová výmladnost může pomoci udržovat aleje dřevin v režimu nízkého či středního lesa. Cílem této studie bylo vyhodnocení vlivu dominantně listnatých opadavých pásů dřevin na produkční charakteristiky sklizeného sena a zároveň na vlastnosti stanoviště před první a druhou senosečí během vegetační doby 2019 a 2020.

METODIKA

Výzkumná plocha leží v Přírodní lesní oblasti 26 – Předhoří Orlických hor v katastrálním území Velkého Uhřínova v nadmořské výšce 590 m. Lokalita je využívána jako dvojsečná louka, což pro ovsíkové (viz sekce Druhová skladba bylin) louky zmiňují např. MLÁDEK, HEJCMAN (2006). Vegetační poměry území v okolí Velkého Uhřínova naznačují lesozemědělské využití trávající až do 2. světové války (KRČMÁŘOVÁ 2019). Od jejího konce na studované lokalitě probíhala pastva a méně svažitě části byly orány. Od 80. let minulého století jsou zde pouze nehnějené louky. Travní porost je rozčleněn cca 12 m širokými pásy dřevin s cca 15 m širokými korunovými projekcemi (obr. 1). Pásy dřevin v místě výzkumných prací jsou orientovány ze severovýchodu na jihozápad, sklon terénu orientovaného k západoseverozápadu je cca 8°. V místě pásů dřevin je patrný mírný terénní zlom mající původ v předchozí historické orbě půdy (do roku 1948). Zájmové území obdélníkového tvaru o výměře téměř 1 ha zahrnovalo 80 m dlouhé úseky dvou dřevinných pásů vzdálených cca 55 m od sebe. Linie dřevin se nacházejí na zemědělském půdním fondu a patří do kategorie pozemku „ostatní plocha“. Vzhledem k tomu nepodléhají zákonným ustanovením péče o pozemky určené k plnění funkcí lesů. Těžba musí být nicméně v souladu s legislativou platnou pro péči o dřeviny mimo lesní pozemky, tzn. zákonem č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. Dle tohoto zákona je třeba povolení ke kácení dřevin s obvodem kmene nad 80 cm, nebo ke kácení zapojeného porostu dřevin většího než 40 m².

V cca 60 m dlouhých úsecích pásů dřevin zahrnutých do výzkumné plochy byla v roce 2019 změřena výška a výčetní tloušťka stromů horního patra, podrobné měření tloušťky a výšky jedinců keřového patra a dřevin od výšky 2 m až cca 4 m bylo provedeno na úseku dlouhém 14 m. Tyto údaje byly základem pro výpočty výčetní kruhové základny a zásoby hroubí podle objemových tabulek (BERGEL 1973, 1974); údaje pro lísku obecnou, hloh a šípek byly odhadnuty podle vztahů pro jeřáb ptačí (HILLEBRAND, ROSENBERG 1996).

Travní biomasa byla vzorkována v letech 2019 a 2020 ve dvou termínech těsně předcházejících senosečím (první seč v červnu, otava v září). Odběr byl realizován v transektech orientovaných po spádnicí kolmo na dva sledované pásy dřevin, tedy SZ-JV směrem. Transekty zaujímaly celou šířku mezi pásy, protínaly horní pás a pokračovaly od něj JV směrem do vzdálenosti 16 m (2019) nebo 32 m (2020). V roce 2019 byly vzorkovány tři transekty (A, B, C), v následujícím roce byl experiment rozšířen o transekt D. Vzdálenost mezi jednotlivými transektami byla cca 25 m. Travní hmota byla odebrána z plošek o velikosti 1×1 m (obr. 2) od hrany průmětů korun pásů dřevin (0 m) a dále ve vzdálenostech po 8 m (8, 16, 24...m), a to v celém prostoru mezi dotčenými pásy SZ směrem (délka 55 m) a opačným JV směrem do vzdálenosti až 32 m od druhého, východního pásu. Pozice odběrů byly označeny vzhledem k orientaci vůči druhému, JV pásu (Z pro SZ směr, V pro JV směr od pásu dřevin) a vzdálenosti od jeho okraje: např. Z16 značí pozici 16 m SZ směrem od pásu, V0 pak pozici při JV hraně druhého pásu dřevin.

Na ploškách, ze kterých byla odebírána travní biomasa, byly v každém termínu určovány vyskytující se bylinné druhy. U travní biomasy byla v každém roce zjišťována celková čerstvá hmotnost a sušina, následně byl vypočten obsah vody v čerstvé biomase. Vzorky odběrů prvního roku byly předány na laboratorní analýzy. Ty zahrnovaly stanovení množství dusíkatých látek ($NL = N_{Kjehl Dahl} \times 6,25$), organické hmoty (OH), vlákniny (VL) a popela vlákniny (PVL) podle metodiky JAVORSKÝ et al. (1987). Brutto energie (BE; $MG \cdot kg^{-1}$) krmiva – travní biomasy byla stanovena na základě regresní rovnice, kterou publikovali SOMMER et al. (1984), kde

$$[1] BE = 0,00588 \times NL + 0,01918 \times OH$$

do které NL a OH vstupují v $g \cdot kg^{-1}$. Dále byla vypočtena brutto energie travní biomasy na jednotku plochy (BEP; $MJ \cdot m^{-2}$). Statisticky významné rozdíly mezi charakteristikami v jednotlivých pozicích byly zjišťovány pomocí analýzy variance (ANOVA) s následným Tukey testem, lineární trendy vztahu charakteristik s polohou na transektu byly posuzovány pomocí lineární regrese, korelace byly hodnoceny pomocí Pearsonova koeficientu. Testy byly prováděny ve statistickém prostředí R (4.0.3, R Core Team 2020). Rozdíly byly považovány za průkazné, jestliže $p \leq 0,05$.

Mikroklima zájmové lokality bylo monitorováno pomocí soustavy meteorologických stanic, měřících vlhkost a teplotu půdy, teplotu vzduchu a srážky v transektu protínajícím druhý (západní) pás dřevin (obr. 1; tab. 1). Hodnoty naměřené při okraji pásu dřevin jsou porovnávány s hodnotami v různé vzdálenosti od tohoto pásu.

VÝSLEDKY

Porost dřevin

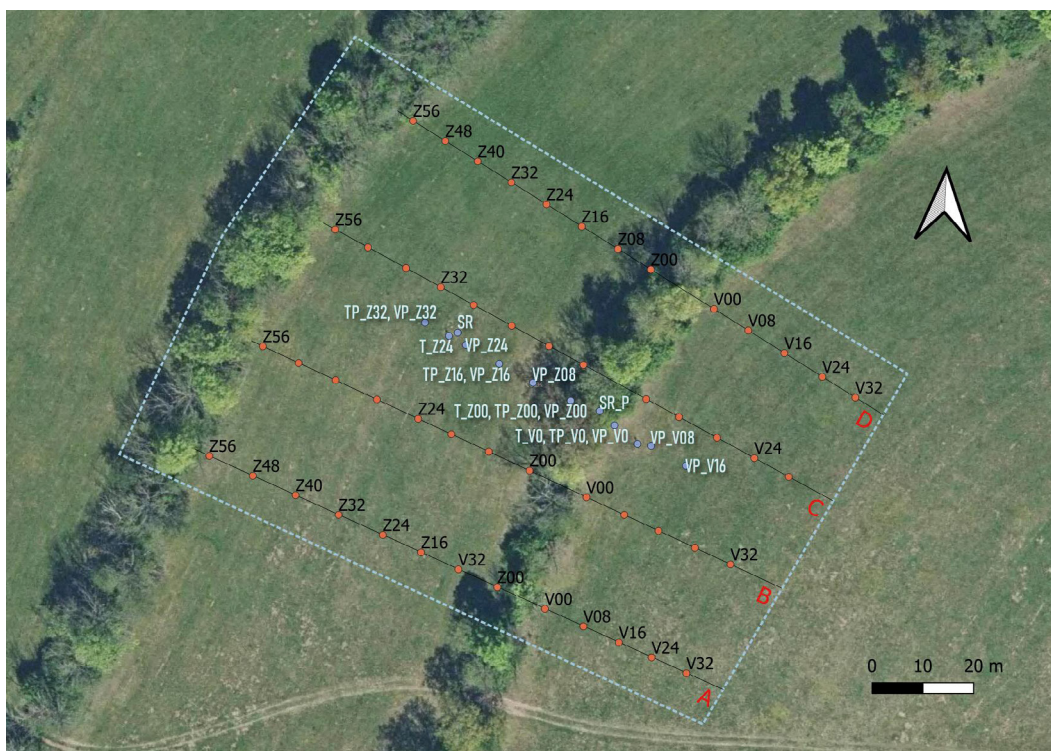
Na horním, jihovýchodním pásu dřevin byla před cca 15 lety aplikována probírka snižující dřevní zásobu o 50 %. Zásah byl zaměřen na zdravotní výběr a odstranění keřů lísky. V pásu byly ponechány dominantní úrovně stromy s průměrným rozestupem cca 6 m. Na prosvětlení zareagovala nejvýrazněji líska obecná díky bohaté pařezové výmladnosti. V současné době líska plošně výrazně dominuje spodní etáži dřevin. V horním pásu dřevin převažují jasan (*Fraxinus excelsior*) a javor klen (*Acer pseudoplatanus*); společně tvoří 87 % zásoby. Relativně vysoký podíl (27 %) výčetní kruhové základny (G) lísky však tvoří pouze 3 % z celkové zásoby (tab. 2).

Dolní severozápadní pás dřevin se liší od horního absencí výchovného zásahu. V tomto pásu dřevin se vyskytuje mnoho odumřelých jasanů (cca 10 % z celkové zásoby). Celkové G životaschopných jedinců přepočtené na plochu je v tomto pásu o 33 % menší oproti hornímu pásu (tab. 3). Největší zastoupení má jasan (64 % G), dále pak klen s necelými 28 %. Lísky se 7,7 % G je oproti hornímu pásu (27 % G) výrazně méně. Výrazně nižší hektarový počet jedinců dolního pásu jde také na vrub přestárých keřů lísky.

Travní biomasa

Obsah vody a sušina travní biomasy

V první seči (odběru) obou let vykazoval obsah vody v travní biomase závislost na vzdálenosti pozice od pásů dřevin, v roce 2019 výraznější (obr. 3). Se vzdáleností od pásů dřevin obsah vody narůstal, nižší obsahy byly pak v obou letech pozorovány v prostoru JV od druhého pásu, tedy v prostoru horní části plochy sousedícím s dřevinami pouze ze SZ. Závislost byla zřejmá, přestože průkazné rozdíly vykazovaly pouze krajní pozice v blízkosti pásů a pozice vzdálenější (středové; obr. 3).

**Obr. 1.**

Letecký pohled na sledovanou lokalitu, vlevo dolní, vpravo horní pás dřevin (zdroj podkladového obrázku: Mapy.cz)

Fig. 1.

Aerial view of the study site, downhill strip left, uphill strip right (source: Mapy.cz)

**Obr. 2.**

Zkusná ploška po odběru luční biomasy, 1. seč v roce 2019

Fig. 2.

Harvested square following meadow biomass sampling, 1st cut in 2019

Tab. 1.

Meteorologické prvky sledované na lokalitě a jejich poloha vůči JV pásu dřevin

Measured meteorological elements and their position in relation to the SE woody-species strip

Směr/Direction od pásu dřevin/from the woody-species strip	Vzdálenost/Distance	Označení polohy/ Position label	Teplota/Temperature (°C)		Vlhkost půdy/ Soil moisture (%)	Srážky/ Precipitation (mm)	Globální radiace/ Global radiation (W.m ⁻²)
			vzduchu/air (2 m)	půdy/soil (-20 cm)			
SZ/NW	32 m	Z32		TP_Z32**	VP_Z32		
SZ/NW	24 m	Z24	T_Z24		VP_Z24	SR	R*
SZ/NW	16 m	Z16		TP_Z16	VP_Z16		
SZ/NW	8 m	Z8			VP_Z08		
pás/strip	0 m – Z okraj pásu	Z0	T_Z00	TP_Z00	VP_Z00		
pás/strip	uvnitř pásu	P				SR_P	
pás/strip	0 m – V okraj pásu	V0	T_V00*	TP_V00	VP_V00		
JV/SE	8 m	V8			VP_V08		
JV/SE	16 m	V16		TP_V16	VP_V16		

*měření zahájeno až v VI (T_{pV}) a VII (R) 2019 / measured from VI (T_{pV}) and VII (R) 2019

**od srpna 2020 mimo provoz / from August 2020 out of order

Tab. 2.

Počty druhů a dendrometrická charakteristika horního pásu dřevin

Number of species and mensurational characteristics of uphill (SE) woody-species strip

Druh dřeviny ¹	Hektarový počet ² (ks/ha)	Průměrná tloušťka (D _{1,3}) ³ (mm)	Průměrná výška ⁴ (m)	G ⁵ (m ² /ha)	Celkový V ⁶ (m ³ /ha)
dub/oak	30	430	14,5	5,1	47,7
klen/sycamore	273	289	13,5	25,1	214,6
jasan/ash	803	189	13,5	32,8	234,6
jeřáb/rowan	30	7	1,9	0,0	0,0
habr/hornbeam	15	4	1,5	0,0	0,0
líška/hazel	63 333	22	4,1	23,2	17,3
hloh/hawthorn	1 111	16	2,0	0,3	0,9
šípek/brier rose	476	10	2,1	0,0	0,2
Celkem ⁷	66 072	-	-	86,6	515,2

Captions: ¹woody species; ²density per hectare; ³mean DBH; ⁴mean height; ⁵basal area; ⁶standing volume; ⁷total

Tab. 3.

Počty druhů a dendrometrická charakteristika dolního pásu dřevin

Number of species and mensurational characteristics of downhill (NW) woody-species strip

Dřevina ¹	Hektarový počet ² (ks/ha)	Průměrná tloušťka (D _{1,3}) ³ (mm)	Průměrná výška ⁴ (m)	G ⁵ (m ² /ha)	Celkový V ⁶ (m ³ /ha)
jasan/ash	613	175	14,1	37,7	237,4
klen/sycamore	267	239	13,7	16,2	129,5
líška/hazel	1307	26	4,0	4,5	4,6
hloh/hawthorn	187	22	2,2	0,1	0,3
šípek/brier rose	27	11	2,5	0,0	0,0
Celkem ⁷	2400	-	-	58,6	371,9

Captions: ¹woody species; ²density per hectare; ³mean DBH; ⁴mean height; ⁵basal area; ⁶standing volume; ⁷total

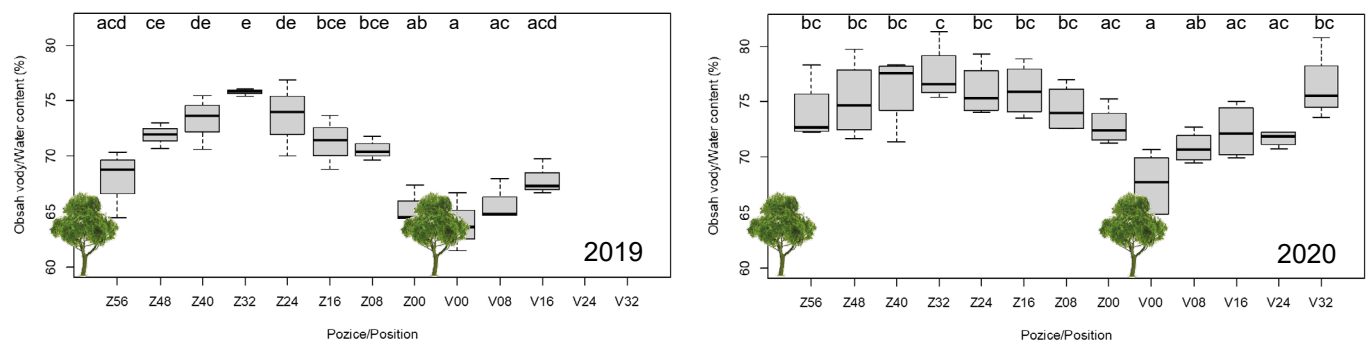
Sušina travní biomasy otavy (druhé seče) byla v letech 2019 a 2020 v průměru o 48 a 60 % nižší než první senoseč (obr. 4, 5). Závislost celkové sušiny travní biomasy na vzdálenosti od pásů dřevin, s výjimkou středních poloh mezi pásy, korelovala s obsahem vody v ní (obr. 3). Narůstání sušiny se vzdáleností od pásu bylo opět výraznější směrem do otevřeného prostoru JV od druhého pásu, kde byly statisticky průkazné rozdíly četnější (obr. 4, 5).

Chemické parametry travní biomasy

U zastoupení dusíkatých látek (NL) v travní biomase roku 2019 nebyl zjištěn žádný vztah mezi pozicí vůči pásům dřevin (obr. 6). Data z prvního odběru naznačovala slabý pokles koncentrace NL směrem SZ-JV, tzn. proti úklonu svahu ($p = 0,02$), při druhém odběru však již tento vztah potvrzen nebyl ($p = 0,23$). Zastoupení vlákniny v travní biomase nevykazovalo žádný trend, v první seči bylo v průměru o 5 % vyšší (průměr 32,7 %, rozmezí 26,7 až 36,5 %) než ve druhé (průměr 27,6 %, rozmezí 20,6 až 33,0 %).

V obou termínech odběrů (v roce 2020 průkazně) se nejnižším zastoupením vlákniny v porovnání s ostatními pozicemi vylčovala poloha uprostřed mezi pásy (Z32), v jejímž okolí bylo také potvrzeno nižší zastoupení organické hmoty (obr. 6).

Podíl organické hmoty (OH) první seče byl vyšší než u seče druhé a mírně, ale průkazně, stoupal směrem do svahu (tj. na obr. 6 směrem doleva; $p = 0,007$), přestože mezi jednotlivými pozicemi nebyly potvrzeny rozdíly ($p = 0,10$). Při odběru otavy naproti tomu podíl OH klesal se vzdáleností od pásů dřevin; průkazné rozdíly byly zjištěny pouze mezi střední polohou mezi pásy a východním okrajem pásu ($p = 0,001$; obr. 6). Zastoupení OH je hlavním faktorem ovlivňujícím bruto energii (BE) travní biomasy, což bylo příčinou výrazné korelace mezi těmito faktory ($p < 0,001$; $R = 0,994$). Trend nárůstu BE směrem SZ-JV, tedy do svahu u první seče ($p = 0,02$), stejně jako statistické rozdíly mezi pozicemi zjištěné u druhé, byly tak obdobné OH (obr. 7). BE první seče byla v rozmezí 18,01 a 18,56 MJ.kg⁻¹ (průměr 18,29 MJ.kg⁻¹), u otavy byl rozptýl hodnot větší – 16,94 až 18,63 MJ.kg⁻¹ (průměr 17,77 MJ.kg⁻¹).

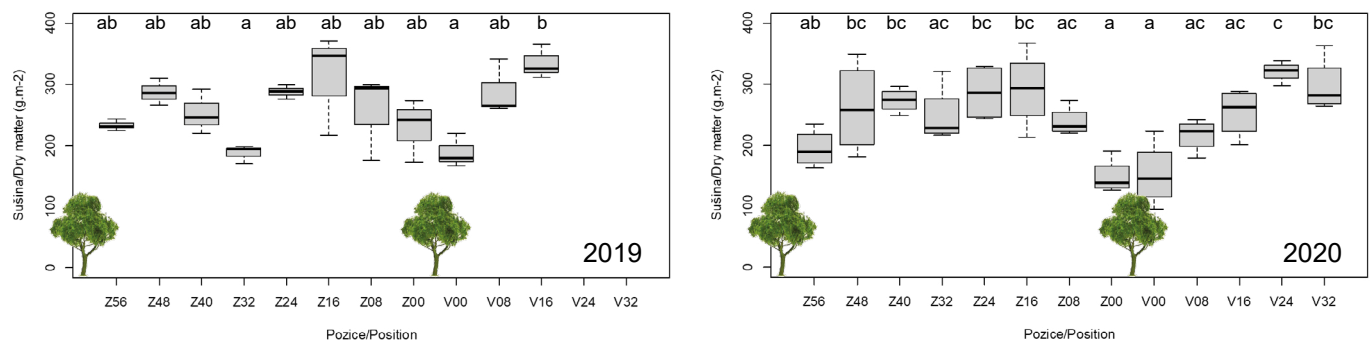


Obr. 3.

Obsah vody v travní biomase při první senoseči (červen) v závislosti na pozici v transektech v roce 2019 (nahore) a 2020 (dole); písmena značí příslušnost k statisticky homogenním skupinám (ANOVA, $p < 0,001$); piktogramy označují polohu pásů dřevin; označení pozice odběrů (osa x) tvoří zkratka orientace vůči druhému pásu (Z pro SZ směr, V pro JV směr od horního pásu dřevin) a vzdálenost od jeho okraje v metrech

Fig. 3.

Water content in 1st cut (June) above-ground herbal biomass in relation to transect positions in 2019 (above) and 2020 (below); letters denote statistically homogeneous groups (ANOVA, $p < 0,001$); tree pictograms denote position of the woody-species strips; sampling position in 8-m intervals is Z for NW direction and V for SE direction



Obr. 4.

Sušina travní biomasy (g.m⁻²) při první senoseči v závislosti na pozici vůči pásu dřevin v roce 2019 (nahore) a 2020 (dole); vysvětlivky viz v popisku obr. 3

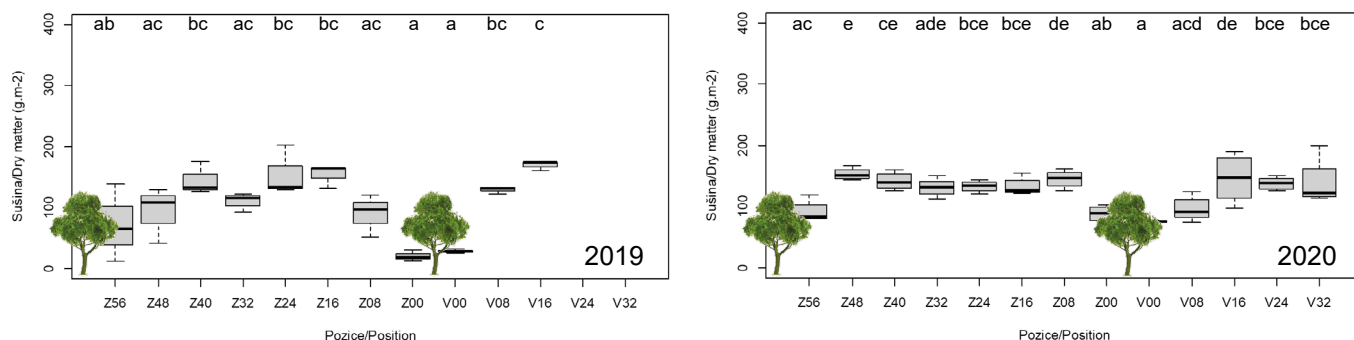
Fig. 4.

Dry herbal above-ground biomass (g.m⁻²) in 1st cut in relation to transect positions in 2019 (above) and 2020 (below); for captions see Fig. 3

S ohledem na výraznější rozdíly v sušině travní biomasy než v zastoupení OH a NL mezi pozicemi vůči pásům dřevin určovala celkovou brutto energii na plochu (BEP) sušina. S výjimkou středových pozic mezi pásy (Z32 a Z40) lze konstatovat nárůst BEP s rostoucí vzdáleností od pásu dřevin, obdobně jako u sušiny byly však rozdíly průkazné převážně pouze mezi krajními pozicemi (obr. 8). Průměrné BEP u prvního odběru dosahovalo $4,77 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ a u otavy pouze $1,87 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$.

Vliv pásů dřevin na druhové složení lučních porostů

Orientační zjišťování druhového složení rostlin na ploškách analyzovaných pozic poukázalo na odlišnou druhovou rozmanitost. Bezprostřední blízkost pásu dřevin vedla k výraznému snížení počtu druhů rostlin na zkusných ploškách (obr. 9).

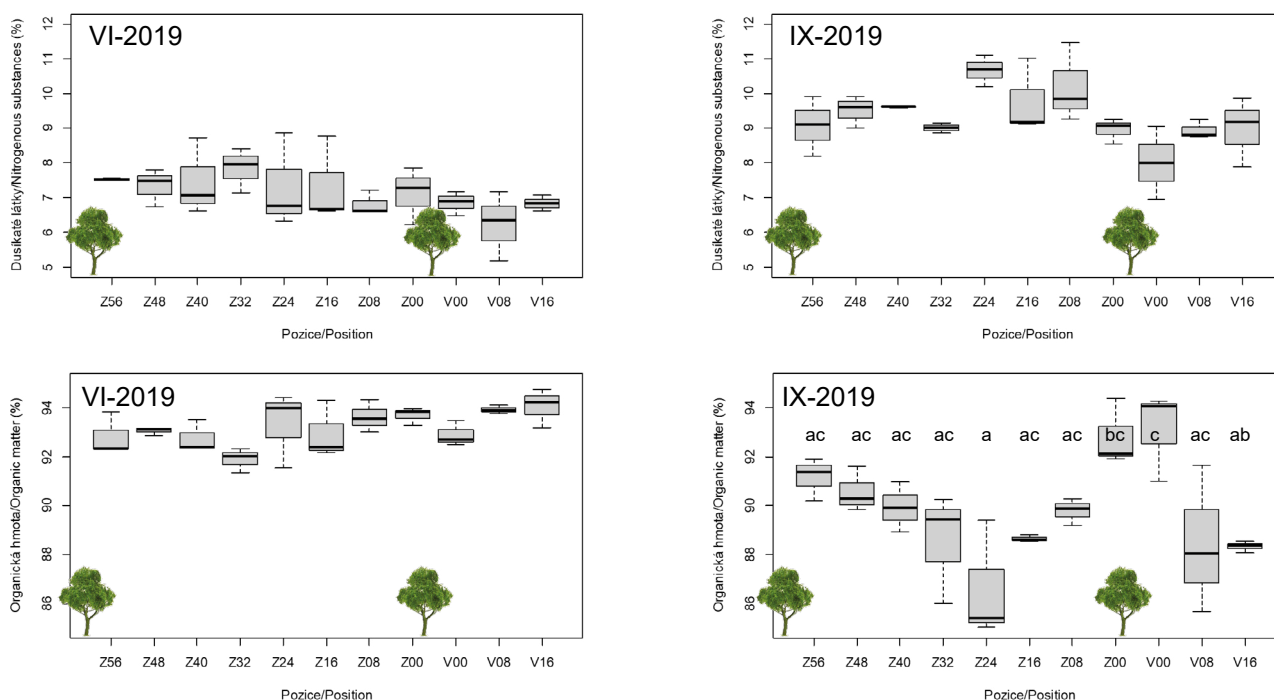


Obr. 5.

Sušina travní biomasy při druhé senoseči v závislosti na pozici vůči pásu dřevin v roce 2019 (nahore) a 2020 (dole); vysvětlivky viz v popisku obr. 3

Fig. 5.

Dry herbal above-ground biomass in 2nd cut in relation to transect positions in 2019 (above) and 2020 (below); for captions see Fig. 3



Obr. 6.

Procenta dusíkatých látek (nahore) a organické hmoty (dole) ve vzorcích travní biomasy podle pozice vůči pásům dřevin v termínech první a druhé seče; vysvětlivky viz v popisku obr. 3

Fig. 6.

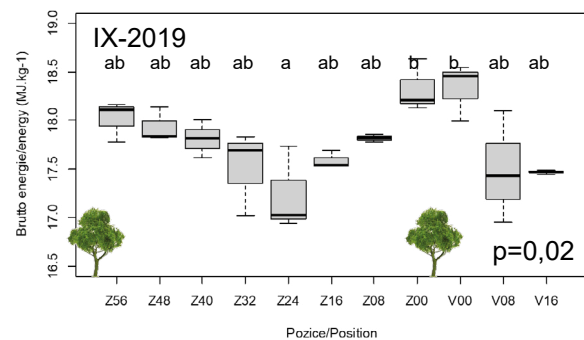
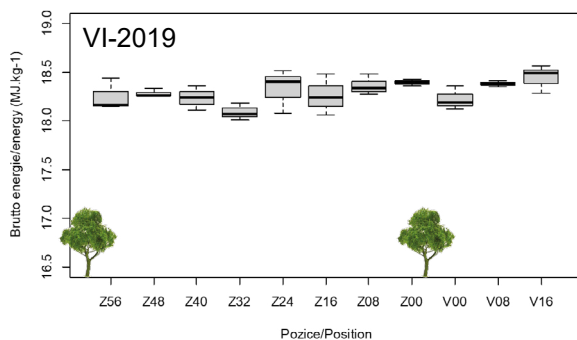
Nitrogen compounds (above) and organic matter (below) contents in 1st and 2nd cut herbal above-ground biomass in relation to transect positions; for captions see Fig. 3

Druhá skladba bylin na jihovýchodní části transektů – pozice V0 až V16

Převahu travní vegetace na sledovaných ploškách představoval především ovsík vyvýšený (*Arrhenanthrum elatius*). Nejblíže pásu dřevin se hojně vyskytoval jahodník obecný (*Fragaria vesca*), pryšec chvojka (*Euphorbia cyparissias*), klinopád obecný (*Clinopodium vulgare*) a svízel syřiškový (*Galium verum*). Další druhy se vyskytovaly pouze na některých ploškách. Byly pozorovány semenáčky jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior*) a dubu zimního (*Quercus petraea*), z keřů se vyskytoval hloh (*Crataegus*) a ostružiník (*Rubus*). Se zvětšující se vzdáleností od pásu dřevin se kromě ovsíku vyvýšeného zvyšoval podíl svízelů (syřiškový a nízký (*Galium verum* a *G. pumilum*)) a klinopádu obecného. Místo jahodníku a pryšce se objevuje například zvonek rozkladitý (*Campanula patula*), kerblík lesní (*Anthriscus sylvestris*), máchelka srstnatá (*Leontodon hispidus*), tolce dětelová (*Medicago lupulina*), srha laločnatá (*Dactylis glomerata*) a ojediněle další luční druhy. V pozici V08 byly ojediněle pozorovány semenáčky dubu zimního (*Quercus petraea*) a růže šípkové (*Rosa canina*), v následující pozici (V16) již nebyly žádné dřeviny zjištěny.

Druhá skladba bylin na severozápadní části transektů – pozice Z0 až Z56

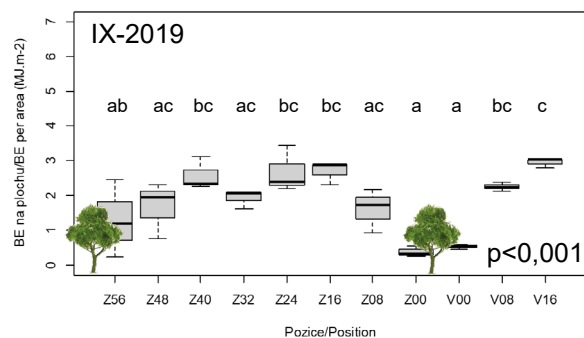
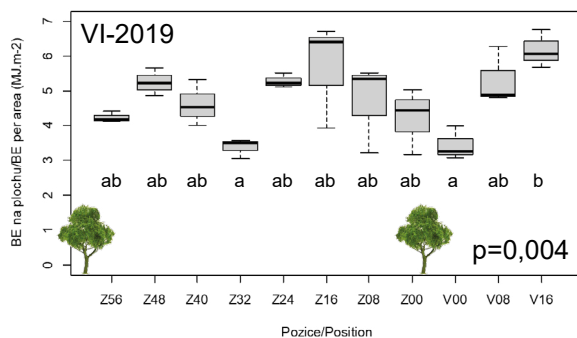
Také na západní části plochy byl převažující rostlinou ovsík vyvýšený (*Arrhenanthrum elatius*) a různé druhy svízelů (syřiškový, povázka, nízký (*Galium verum*, *G. mollugo* a *G. pumilum*)), byl zde nalézán také jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata*). Pozice Z0 u pásu dřevin jsou druhově velmi chudé, kromě ovsíku (*Arrhenanthrum*), svízelů (*Galium verum*) a krabilice zápašné (*Chaerophyllum aromaticum*) byly pozorovány převážně dřeviny – ostružiník (*Rubus*) a zmlazující se jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*) a ojediněle i dub zimní (*Quercus petraea*). Výskyt dalších druhů bylin byl ojedinělý. Dále od pásu dřevin již nebyly dřeviny pozorovány s výjimkou ojedinělého výskytu ostružiníku. Přibývají však postupně další druhy bylin, od vzdálenosti 24 m od pásu dřevin se jich na jednotlivých ploškách objevuje v průměru kolem 30 druhů. K nejčastějším patří rozrazil rezekvítek (*Veronica chamaedrys*), třezalka tečkovaná (*Hypericum perforatum*), zvonek rozkladitý (*Campanula patula*), klinopád obecný (*Clinopodium vulgare*), podzimka obecná (*Scorzonoides autumnalis*), jetel luční a zvrhlý (*Trifolium pratense*, *T. hybridum*), tolce dětelová



Obr. 7.

Brutto energie travní biomasy (MJ.kg^{-1}) podle pozice vůči pásům dřevin v termínech první a druhé seče; vysvětlivky viz v popisku obr. 3

Fig. 7. Gross energy (MJ.kg^{-1}) of herbal above-ground biomass in 1st and 2nd cut in relation to transect positions; for captions see Fig. 3



Obr. 8.

Brutto energie travní biomasy z plochy 1 m^2 podle pozice vůči pásům dřevin v termínech první a druhé seče; vysvětlivky viz v popisku obr. 3

Fig. 8. Gross energy per sampling plot (MJ.m^{-2}) of herbal above-ground biomass in 1st and 2nd cut in relation to transect positions; for captions see Fig. 3

(*Medicago lupulina*), kontryhel obecný (*Alchemilla vulgaris*), bršlice koží noha (*Aegopodium podagraria*), pryskyřník prudký (*Ranunculus acer*), srha laločnatá (*Dactylis glomerata*), bojínek luční (*Phleum pratense*) a vikev ptačí (*Vicia cracca*).

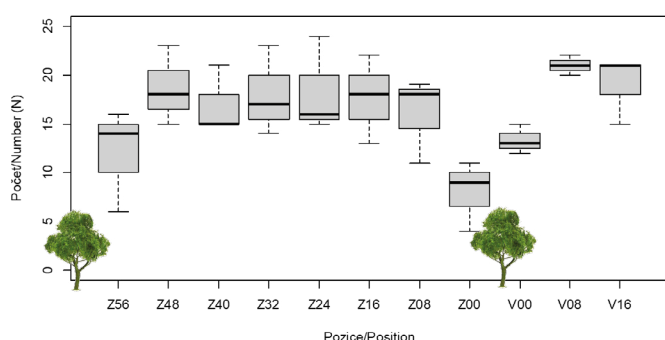
Mikroklimatické působení pásů dřevin

Charakter letních měsíců obou sledovaných roků se částečně lišil z hlediska průběhu záření a následně i teplot vzduchu (obr. 10). Teplotně se vymykal zvláště červen a červenec 2019 – teplota vzduchu byla v porovnání s rokem 2020 vysoká. Na rozdílech v teplotě vzduchu v meteorologické výšce 2 m byl mezi měřeními polohami okrajů

pásů dřevin patrný vliv orientace vůči světovým stranám. Teploty JV exponovaného okraje pásů byly ze sledovaných pozic vždy nejvyšší. Rozdíl denních průměrných teplot byl oproti SZ okraji větší ve vegetační době (dosahoval až 1,5 °C, průměrně 0,5 °C) než mimo vegetační dobu (až 0,8 °C, průměrně 0,3 °C).

Teplota půdy při okraji pásů dřevin byla ve vegetační době nižší než v polohách vzdálenějších s tím, že v souladu s teplotou vzduchu byly hodnoty vyšší při JV okraji pásů než při SZ. Mimo vegetační dobu se rozdíl sledovaných pozic nejprve vyrovnal, v zimních měsících byla teplota půdy v blízkosti pásů v porovnání s okolím průměrně vyšší (obr. 10). Směrem na SZ byl částečný vliv pásů snižující teplotu půdy patrný ještě ve vzdálenosti 16 m. Hodnoty ve stejné vzdálenosti JZ směrem byly ve vegetační době ze sledovaných pozic nejvyšší.

Měsíční srážky volné plochy (na louce) se ve sledovaném období pohybovaly v rozmezí 24 mm (I-2020) a 224 mm (VI-2020; obr. 11). V závislosti na jejich rozložení kolísala v jednotlivých měsících průměrný podíl podkorunových srážek mezi 45 % (I-2020, pravděpodobně velký vliv intercepce a desublimace sněhu) a 102 % (XI-2020, pravděpodobně lokální rozdíly se zvýšenými srážkami nad pásem dřevin), v dlouhodobém průměru tvořily podkorunové srážky 78,7 % srážek volné plochy. Intercepce korun pak měla pravděpodobně částečný vliv na redukci srážek i do prostoru mimo jejich půdorys, a to působením větru. Na vlhkosti půdy i jejím průběhu se projevila poloha vůči pásům dřevin i morfologie terénu, resp. sklon svahu s mírným terénním zlomem v prostoru pásů. Nižší vlhkost půdy byla pozorována při JV okraji pásů a ve vzdálenosti 8 m tímto směrem, tzn. nad terénním zlomem (obr. 12), naproti tomu ve vzdálenosti 16 m JV směrem již byla vlhkost ze sledovaných pozic nejvyšší. Nejnížší hodnoty vlhkosti v období nízkých srážek, jako byl červenec 2019 a červenec–srpen 2020 (obr. 11), byly pozorovány také v blízkosti pásů. Zatímco pokles vlhkosti půdy v polohách v blízkosti pásů v srpnu 2020 byl v porovnání s červencem 2019 obdobný, redukce vlhkosti půdy většiny poloh dál od pásů dřevin byla jen zhruba poloviční. Naproti tomu k poklesu vlhkosti půdy v dubnu a květnu 2020 došlo zejména v polohách od pásů dřevin vzdálenějších.

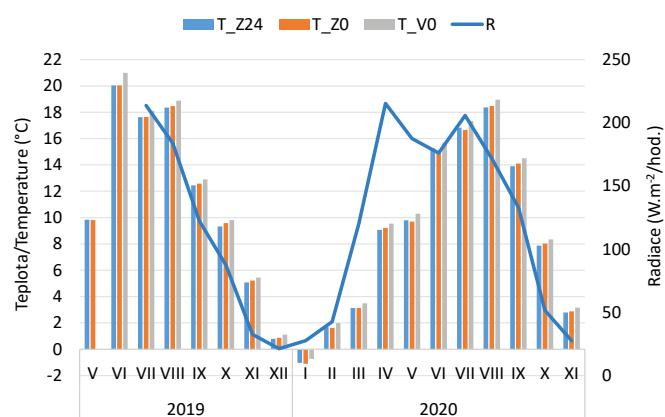


Obr. 9.

Počet druhů rostlin zjištěných na jednotlivých pokusných ploškách v rámci transektů realizovaných v letech 2019 a 2020; vysvětlivky viz v popisku obr. 3

Fig. 9.

Number of plant species in sampling plots of transects in 2019 and 2020; for captions see Fig. 3

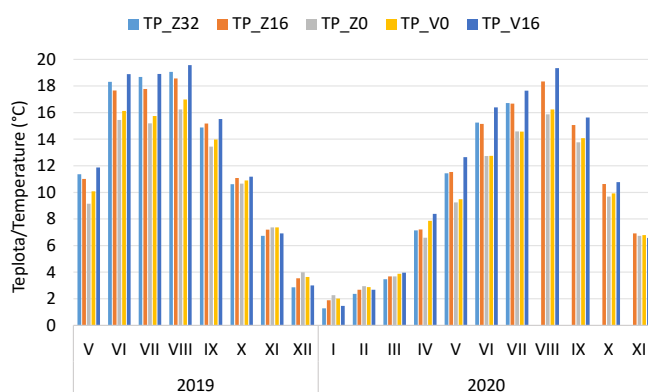


Obr. 10.

Průměrná měsíční teplota vzduchu a průměrná hodinová radiace (2 m nad zemí; nahoře) a průměrná teplota půdy (-20 cm; dole) podle polohy vůči JV pásu dřevin; pro vysvětlivky zkratk viz tab. 1

Fig. 10.

Mean monthly air temperature and mean hourly radiation (2 m above ground; above) and mean soil temperature (-20 cm; below) in relation to SE woody-species strip; for captions see Table 1



DISKUSE

Vliv dřevin na produkci a prostředí

SWIETER et al. (2022) uvedli, že stromové pásy nabízejí mnoho ekonomických, ekologických a sociálních benefitů, nicméně zároveň vzniká přechodová zóna mezi pásy a polní kulturou. Tito autoři konstatovali redukcí výnosu pšenice, řepky olejky nebo kukuřice v blízkosti linií topolů z důvodů kompetice o vodu, zastínění a krytu půdy listovým opadem (SWIETER et al. 2022). Také v naší studii jsme zaznamenali snížení produkce travní biomasy v pásu mezi pruhy dřevin průměrně o cca 15 % oproti pozicím (V 24, V 32) neovlivněným stromy.

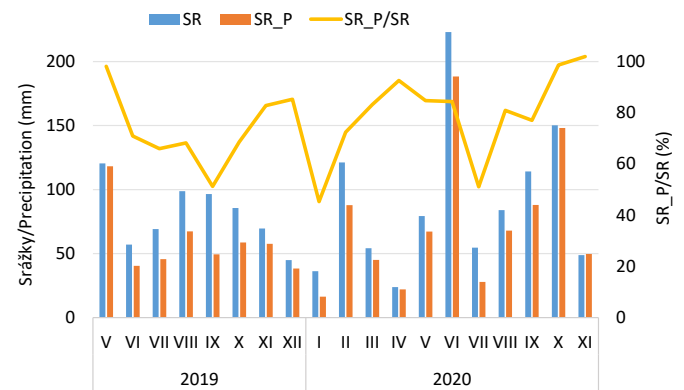
V blízkosti pásů dřevin byly také významně ovlivněny charakteristiky obsahu vody v travní biomase (pokles) a brutto energie travní biomasy (nárůst v otavě). Tyto rozdíly připisujeme rozvinuté dřevinné vegetaci ovlivňující nadzemní prostor svými korunami a půdní podmínky svými kořeny. Také např. KUMAR et al. (2001) konstatovali omezení rozvoje produkce bylin následně po rozvoji korun dřevinné složky. V našem experimentu byl konstatován nižší počet bylinných druhů v blízkosti dřevinných pásů. EHRET et al. (2018) studovali temperátní agrolesnický systém kombinující pěstování trávy a vrb poskytujících dřevo pro energetické účely. Ačkoliv byly vrby velmi mladé (2–3 roky), snižovaly množství dopadajícího slunečního záření a teplotu půdy ve své blízkosti (EHRET et al. 2018). V naší studii mnohem vzrostlejší pásy dřevin také ukazovaly tendenci ke snižování teploty půdy ve své těsné blízkosti během vegetační doby, a naopak zvyšování teploty půdy v zimním období (viz obr. 10). Spíše než tyto mikroklimatické rozdíly, které mohou mít vliv na kvantitativní i kvalitativní charakteristiky produkce, jsou důležité vlivy rozptýlené dřevinné vegetace na mezoklimatické poměry. Jsou to právě environmentální benefity plynoucí z existence agrolesnických systémů, co činí zemědělce ochotné zakládat a provozovat takové způsoby hospodaření na své půdě (LOJKA et al. 2022).

Mezi významné environmentální dopady aplikace agrolesnictví patří například sekvence uhlíku v biomase dřevin (MONTAGNINI, NAIR 2004; NAIR et al. 2009; NAIR 2012; LABATA et al. 2012; JOSE, BARDHAN 2012; UDAWATTA, JOSE 2012; ARÉVALO et al. 2013; GAUR, GUPTA 2013; DURÁN ZUAZO 2014; PANTERA et al. 2021) nebo půdoochranná (YOUNG 1989; AHMED et al. 2012) a vodoochranná (DOSSKEY et al. 2012; LOVELL et al. 2018) funkce. Agrolesnické systémy také přispívají k pokrytí poptávky po dřevu u rostoucí lidské populaci (MASON et al. 2012; PANTERA et al. 2021). Výhodou kombinovaného využití půdy je souběh produkčních funkcí podporujících udržitelnost hospodaření, environmentálních funkcí podporujících biodiverzitu (MCNEELY 2004; THEVATHASAN, GORDON 2004; MCADAM et al. 2007; GARCÍA de JALÓN et al. 2018) a také zachování kulturní, esteticky funkční krajiny (EICHHORN et al. 2006; GRALA et al. 2010; SMITH et al. 2013). Námí studovaný extenzivní agrolesnický systém tyto parametry splňuje např. i díky možné diverzifikaci obživy jednotlivých složek v pásech dřevin; typickými krajními případy mohou být líska poskytující obživu živočichům (biodiverzita) a palivo (produkce) a potom javor klen schopný produkce kvalitních sortimentů, což představuje dlouhodobou investici (CHIFFLOT et al. 2006). Vedle toho je studovaný systém složen nikoliv z jednoleté a víceleté složky (viz např. SCHROTH et al. 2008), ale ze dvou trvalých složek jako je trvalý travní porost a trvalý pás dřevin.

Při analýze travní biomasy druhé senoseče 2019 byly v porovnání s červnovým termínem zjištěny mezi polohami v transektu relativně velké rozdíly v obsahu organické hmoty. Průměrné hodnoty klesaly se vzdáleností od pásů dřevin (obr. 6), rozdíl mezi krajními hodnotami byl až téměř 9 %. Obsah organické hmoty má cca desetinásobně vyšší váhu při výpočtu brutto energie biomasy, než obsah dusíkatých látek (viz vzorec [1]), který byl nicméně v celém transektu oproti červnovému termínu vyšší. To způsobilo, že průběh obsahu BE otavy v transek-

tu byl obdobný, jako průběh obsahu organické hmoty, a celkové snížení hodnot oproti první seči bylo patrné zejména pouze v polohách mezi pásy dřevin a nad horním pásem (obr. 7).

Příčinu těchto rozdílů lze hledat pravděpodobně v rozdílech v abundanci druhů bylin v rámci pásu a zároveň v jejich rozdílné růstové fázi. Rostliny dosahují nejvyšší koncentrace energie a živin v rané fázi

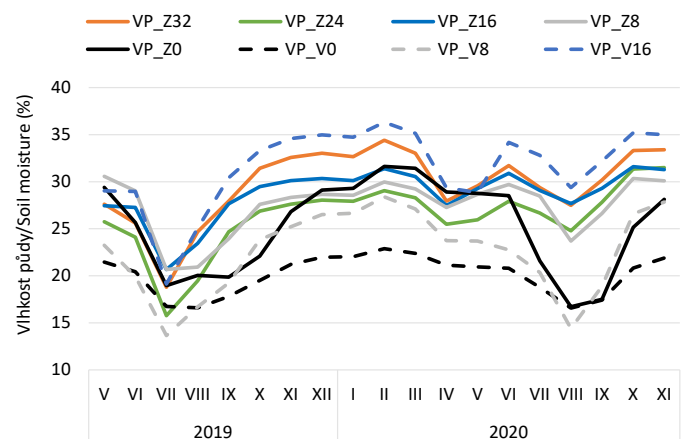


Obr. 11.

Měsíční srážkové úhrny na louce (SR), úhrny podkorunových srážek pod JV pásu dřevin (SR_P) a poměr SR_P a SR (%); pro vysvětlivky zkratk viz tab. 1

Fig. 11.

Monthly precipitation in meadow (SR), throughfall below SE strip (SR_P) and SR_P/SR ratio (%); for captions see Table 1



Obr. 12.

Průměrná měsíční vlhkost půdy (-25 cm) podle polohy vůči JV pásu dřevin; pro vysvětlivky zkratk viz tab. 1; polohy orientované na SZ od pásu dřevin jsou plnou čarou, na JV čárkovaně

Fig. 12.

Mean monthly soil moisture (-25cm) in relation to SE strip positions; for captions see Table 1; measurements placed to NW from the strip are given in full lines; measurements placed to SE are given in dashed lines

vývoje, nositeli živin jsou zejména listy. U trav i jetelovin obecně platí, že se stářím energie v nich obsažená klesá, v souvislosti s narůstajícím obsahem vlákniny (POZDÍŠEK et al. 2008). Travní porosty by se proto měly sklízet ve fázi metání dominantního druhu trav (FIALA 2007), resp. ve fázi začínajícího kvetení u jetelovin (MÍKA et al. 1997), kdy je s ohledem na objem biomasy v porostu nashromážděno nejvíce energie. Dá se předpokládat, že v polohách mezi pásy dřevin byl travní porost při senescenci v pozdější fázi svého vývoje. Tato skutečnost však nebyla předmětem hodnocení.

Současná praxe versus agrolesnictví

V České republice převažuje zemědělství, které maximalizuje produkci mechanizací prací a intenzivní péči o úrodnost půdy (např. KRČMÁŘOVÁ et al. 2021). Je zřejmé, že tomuto způsobu využití půdy nemožnou agrolesnické systémy přímo konkurovat (REEG 2011; NERLICH et al. 2013). Prioritní orientace na produkci je také pravděpodobně důvodem, proč v oblastech mírného pásu historicky došlo k ústupu od agrolesnického hospodaření (NERLICH et al. 2013). Mimo to, významnými důvody negativního vnímání agrolesnických postupů byla obava z nárůstu množství složité práce, nákladů a byrokratické zátěže (ANDRIANARISOA, DELBENDE 2016; GARCÍA de JALÓN et al. 2018). Častými důvody odstraňování dřevinné vegetace z pozemků bylo vnímání dřevin jako překážek pro mechanizaci a nepřímo i nastavení dotační podpory (EICHORN et al. 2006; SANTIAGO-FREIJANES et al. 2018) nebo i v případech pozitivního vnímání dřevin farmáři chyběly znalosti o možném propojení se zvířaty a plodinami (KRČMÁŘOVÁ et al. 2021). Přesto existují snahy obracející pozornost k širší aplikaci agrolesnictví (CURRENT et al. 2009; KOTRBA et al. 2015; SANTIAGO-FREIJANES et al. 2018; PANTERA et al. 2021; LOJKA et al. 2022). Opětovné zavedení agrolesnických systémů v temperátním klimatickém pásu má význam právě v souběhu produkčních a environmentálních funkcí krajiny (REEG 2011; SMITH et al. 2013; NERLICH et al. 2013). Bylo prokázáno, že menší farmáři vnímají environmentální benefity stromů (LOJKA et al. 2022) a také návrhy týkající se nové zemědělské politiky počítají s dotacemi na podporu agrolesnictví.

Poděkování:

Príspevek vznikl na základě institucionální podpory Ministerstva zemědělství České republiky MZE-RO0118 a během řešení projektu QK1810415 „Vliv dřevinné skladby a struktury lesních porostů na mikroklima“. Autoři děkují R. Poláčkovi za strpění výzkumných šetření na jeho pozemku.

LITERATURA

- AHMED Y. A.-R., PICHLER V., HOMOLÁK M., GÖMÖRYOVÁ E., NAGY D. PICHLEROVÁ M., GREGOR J. 2012. High organic carbon stock in a karstic soil of the Middle-European Forest Province persists after centuries-long agroforestry management. *European Journal of Forest Research*, 131: 1669–1680. DOI: 10.1007/s10342-012-0608-7
- ANDRIANARISOA K. S., DELBENDE F. 2016. Understanding the acceptance or refusal of agroforestry systems by farmers in the Nord-Pas-De-Calais region (Northern France). In: Gosme M. et al. (eds.): 3rd European Agroforestry Conference. Book of Abstracts. 23–25 May 2016 – Montpellier SupAgro, France. Montpellier, EURAF: 240–243.
- ARÉVALO J.R., GARCÍA-FARIÑA G., MONTES DE OCA Y., FERNÁNDEZ-LUGO S. 2013. Differences in carbon sequestration in native vs. exotic pine species (Tenerife, Canary Islands). *Bulletin UASMV serie Agriculture*, 70, 2: 299–303.
- BENJAMIN T.J., HOOVER W.L., SEIFERT J.R., GILLESPIE A.R. 2000. Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the midwestern USA, 4. The economic return of ecological knowledge. *Agroforestry Systems*, 48: 79–93. DOI:10.1023/A:1006367303800
- BERGEL D. 1973. Formzahluntersuchungen an Buche, Fichte, europäischer Lärche und japanischer Lärche zur Aufstellung neuer Massentafeln. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 144 (5/6): 117–124
- BERGEL D. 1974. Massentafeln für Nordwestdeutschland II: Eiche, Roteiche, Kiefer. Göttingen, Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, Abteilung Waldwachstum: 22 s.
- BLAŽEJOVÁ A., PÁSTOR M., MARTINÍK A. 2020. Stav a funkčnost větrolamů – příkladová studie z jižní Moravy. *Zprávy lesnického výzkumu*, 65, 1: 20–27.
- BROWN S.E., MILLER D.C., ORDONEZ P.J., BAYLIS K. 2018. Evidence for the impacts of agroforestry on agricultural productivity, ecosystem services, and human well-being in high-income countries: a systematic map protocol. *Environmental Evidence*, 7: 24. DOI: 10.1186/s13750-018-0136-0
- CURRENT D.A., BROOKS K.N., FFOLIOTT P.F., KEEFE M. 2009. Moving agroforestry into the mainstream. *Agroforestry Systems*, 75: 1–3. DOI:10.1007/s10457-008-9187-5
- DAGAR J.C., TEWARI V.P. 2017. The history of agroforestry. In: Dagar, J.C., Tewari, V.P. (eds.): *Agroforestry – Anecdotal to modern science*. Singapore, Springer: 16–22.
- DOSSKEY M.G., BENTRUP G., SCHOENEBERGER M. 2012. A Role for agroforestry in forest restoration in the Lower Mississippi Alluvial Valley. *Journal of Forestry*, 110 (1): 48–55. DOI: 10.5849/jof.10-061
- DURÁN ZUAZO V.H., RODRÍGUEZ PLEGUEZUELO C.R., CUADROS TAVIRA S., FRANCIA MARTÍNEZ J.R. 2014. Linking soil organic carbon stocks to land-use types in a Mediterranean Agroforestry Landscape. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16: 667–679.
- EHRET M., GRASS R., WACHENDORF M. 2018. Productivity at the tree-crop interface of a young willow-grassland alley cropping system. *Agroforestry Systems*, 92: 71–83. DOI: 10.1007/s10457-016-0015-z

- EICHHORN M.P., PARIS P., HERZOG F., INCOLL L.D., LIAGRE F., MANTZANAS K., MAYUS M., MORENO G., PAPANASTASIS V.P., PILBEAM D.J., PISANELLI A., DUPRAZ C. 2006. Silvoarable systems in Europe – past, present and future prospects. *Agroforestry Systems*, 67: 29–50. DOI: 10.1007/s10457-005-1111-7
- EURAF. Agroforestry in Europe [online]. European Agroforestry Federation [cit. 2022-03-21]. Dostupné na/Available on: <https://euraf.isa.utl.pt/about/agroforestry-europe>
- FIALA J. 2007. Travní porost vyžaduje pravidelnou péči. *Úroda*, LV, 5: 35–38.
- GARCÍA DE JALÓN S., BURGESS P.J., GRAVES A., MORENO G., MCADAM J., POTTIER E., NOVAK S., BONDESAN V., MOSQUERA-LOSADA R., CROUS-DURÁN J., PALMA J.H.N., PAULO J.A., OLIVEIRA T.S., CIROU E., HANNACHI Y., PANTERA A., WARTELE R., KAY S., MALIGNIER N., VAN LERBERGHE P., TSONKOVA P., MIRCK J., ROIS M., KONGSTED A.G., THENAIL C., LUSKE B., BERG S., GOSME M., VITYI A. 2018. How is agroforestry perceived in Europe? An assessment of positive and negative aspects by stakeholders. *Agroforestry Systems*, 92: 829–848. DOI: 10.1007/s10457-017-0116-3
- GAUR A., GUPTA S.R. 2013. Biomass production and carbon storage in agroforestry systems of *Eucalyptus tereticornis* (Clonal) in Northern India. *Annals of Agri-Bio Research*, 18 (2): 113–118.
- GRALA R.K., TYNDALL J.C., MIZE C.W. 2010. Impact of field windbreaks on visual appearance of agricultural lands. *Agroforestry Systems*, 80: 411–422. DOI: 10.1007/s10457-010-9335-6
- HILLEBRAND V.K., ROSENBERG A. 1996. Hinweise zu Höhenzonalem Wachstum und Ökotypen der Vogelbeere. *Forst und Holz*, 51: 216–220.
- HOU Q., YOUNG L.J., BRANDLE J.R., SCHOENEBERGER M.M. 2011. A spatial model approach for assessing windbreak growth and carbon stocks. *Journal of Environmental Quality*, 40 (3): 842–852. DOI:10.2134/jeq2010.0098
- CHIFFLOT V., BERTONI G., CABANETTES A., GAVALAND A. 2006. Beneficial effects of intercropping on the growth and nitrogen status of young wild cherry and hybrid walnut trees. *Agroforestry Systems*, 66: 13–21. DOI: 10.1007/s10457-005-3650-3
- JAVORSKÝ P., FOJTÍKOVÁ D., KALAŠ V., KRATOCHVÍL J., SCHWARZ M. 1987. Chemické rozbory v zemědělských laboratořích. Praha, Ministerstvo zemědělství a výživy ČR: 288 s.
- JOSE S., BARDHAN S. 2012. Agroforestry for biomass production and carbon sequestration: an overview. *Agroforestry Systems*, 86: 105–111. DOI: 10.1007/s10457-012-9573-x
- KOTRBA R., LOJKA B., HOUSKA J., WEGER J., MARTINÍK A., ERBER A., BÍLEK L. 2015. Agrolesnictví – „znovuobjevení“ historického způsobu hospodaření a jeho možnosti dnes [on-line] [cit. 2021-12-02] Dostupné na/Available on: <http://www.asz.cz/cs/aktualne-z-asz/agrolesnictvi-znovuobjeveni-historickeho-zpusobu-hospodareni-a-jeho-moznosti-dnes.html>.
- KRČMÁŘOVÁ J., JELEČEK L. 2017. Czech traditional agroforestry: historic accounts and current status. *Agroforestry Systems*, 91: 1087–1100. DOI: 10.1007/s10457-016-9985-0
- KRČMÁŘOVÁ J. 2019. Stručná historie stromů v zemědělství v Čechách. *Český lid*, 106: 179–204. DOI: 10.21104/CL.2019.2.03
- KRČMÁŘOVÁ J., KALA L., BRENDZOVÁ A., CHABADA T. 2021. Building agroforestry policy bottom-up: Knowledge of Czech farmers on trees in farmland. *Land*, 10: 278. DOI: 10.3390/land10030278
- KUMAR B.M., GEORGE S.J., SURESH T.K. 2001. Fodder grass productivity and soil fertility changes under four grass+tree associations in Kerala, India. *Agroforestry Systems*, 52: 91–106. DOI: 10.1023/A:1010756018265
- LABATA M.M., ARANICO E.C., TABARANZA A.C.E., PATRICIO J.H.P., AMPARADO R.F. 2012. Carbon stock assessment of three selected agroforestry systems in Bukidnon, Philippines. *Advances in Environmental Sciences, International Journal of the Bioflux Society*, 4 (1): 5–11.
- LOJKA B., TEUTSCHEROVÁ N., CHLÁDOVÁ A., KALA L., SZABÓ P., MARTINÍK A., WEGER J., HOUSKA J., ČERVENKA J., KOTRBA R., JOBBIKOVÁ J., DOLEŽALOVÁ H., SNÁŠELOVÁ M., KRČMÁŘOVÁ J., VÁVROVÁ K., KRÁLÍK T., ZAVADIL T., LAWSON G. 2022. Agroforestry in the Czech Republic: What hampers the comeback of a once traditional land use system? *Agronomy*, 12 (1): 69. DOI: 10.3390/agronomy12010069
- LOVELL S.T., DUPRAZ C., GOLD M., JOSE S., REVORD R., STANEK E., WOLZ K.J. 2018. Temperate agroforestry research: considering multifunctional woody polycultures and the design of long-term field trials. *Agroforestry Systems*, 92: 1397–1415. DOI: 10.1007/s10457-017-0087-4
- MASON A., BLANCHE C., CROWE T., GOLD M., JACOBSON M., JOSE S., JOSIAH S., NORLAND E., ONOKPISE K., WIGHT B. 2012. Advancing agroforestry through certification of agroforesters: Should the Society of American Foresters have a role? *Journal of Forestry*, 110, 8: 466–467. DOI:10.5849/jof.12-069
- MCADAM J.H., SIBBALD A.R., TEKLEHAIMANOT Z., EASON W.R. 2007. Developing silvopastoral systems and their effects on diversity of fauna. *Agroforestry Systems*, 70: 81–89. DOI: 10.1007/s10457-007-9047-8
- MCNEELY J.A. 2004. Nature vs. nurture: managing relationships between forests, agroforestry and wild biodiversity. *Agroforestry Systems*, 61: 155–165. DOI: 10.1023/B:AGFO.0000028996.92553.ea
- MÍKA V. et al. 1997. Kvalita píce. Praha, Ústav zemědělských a potravinářských informací: 227 s.
- MLÁDEK J., HEJCMAN M. 2006. Typy pastevně využívaných TTP dle Katalogu biotopů ČR. In: Mládek J. et al. (eds.): Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích. Praha, VÚRV: 104 s.
- MONTAGNINI F., NAIR P.K.R. 2004. Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 61: 281–295. DOI: 10.1023/B:AGFO.0000029005.92691.79
- NAIR P.K.R., KUMAR B.M., NAIR V.D. 2009. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172: 10–23. DOI: 10.1002/jpln.200800030
- NAIR P.K.R. 2011. Agroforestry systems and environmental quality: Introduction. *Journal of Environmental Quality*, 40 (3): 784–790. DOI: 10.2134/jeq2011.0076
- NAIR P.K.R. 2012. Carbon sequestration studies in agroforestry systems: a reality-check. *Agroforestry Systems*, 86: 243–253.
- NERLICH K., GRAEFF-HÖNNINGER S., CLAUPEIN W. 2013. Agroforestry in Europe: a review of the disappearance of traditional systems and development of modern agroforestry practices, with emphasis on experiences in Germany. *Agroforestry Systems*, 87: 475–492. DOI: 10.1007/s10457-012-9560-2

- PANTERA A., MOSQUERA-LOSADA M.R., HERZOG F., DEN HERDER M. 2021. Agroforestry and the environment. *Agroforestry Systems*, 95: 767–774. DOI: 10.1007/s10457-021-00640-8
- POZDÍŠEK J., MIKYŠKA F., LOUČKA R., BJELKA M. 2008. Metodická příručka pro chovatele k výrobě konzervovaných krmiv (siláží) z víceletých pícnin a trvalých travních porostů. Rapotín, Výzkumný ústav pro chov skotu: 38 s.
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- RAEDEKE A.H., GREEN J.J., HODGE S.S., VALDIVIA C. 2003. Farmers, the practice of farming and the future of agroforestry: An application of Bourdieu's concepts of field and habitus. *Rural Sociology*, 68, 1: 64–86. DOI: 10.1111/j.1549-0831.2003.tb00129.x
- REEG T. 2011. Agroforestry systems as land use alternatives in Germany? A comparison with approaches taken in other countries. *Outlook on Agriculture*, 40 (1): 45–50. DOI: 10.5367/oa.2011.0032
- SANTIAGO-FREIJANES J.J., PISANELLI A., ROIS-DÍAZ M., ALDREY-VÁZQUEZ J.A., RIGUEIRO-RODRÍGUEZ A., PANTERA A., VITYI A., LOJKA B., FERREIRO-DOMÍNGUEZ N., MOSQUERA-LOSADA M.R. 2018. Agroforestry development in Europe: Policy issues. *Land Use Policy*, 76: 144–156. DOI: 10.1016/j.landusepol.2018.03.014
- SCHROTH G., SCHALLER M., JIMÉNEZ F. 2008. Belowground interactions in tree-crop agroforestry: need for a new approach. In: Batish D.R. et al. (eds.): *Ecological basis of agroforestry*. Boca Raton, Taylor & Francis: 159–170.
- SMITH J. 2010. The history of temperate agroforestry. Elm Farm, The Organic Research Centre: 17 s.
- SMITH J., PEARCE B.D., WOLFE M.S. 2013. Reconciling productivity with protection of the environment: Is temperate agroforestry the answer? *Renewable Agriculture and Food Systems*, 28 (1): 80–92. DOI: 10.1017/S1742170511000585
- SOMMER A. et al. 1984. Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro přežvýkavce. Pohořelice, ČZSVÚVZ: 198 s.
- SWIETER A., LANGHOF M., LAMERRE J. 2022. Competition, stress and benefits: Trees and crops in the transition zone of a temperate short rotation alley cropping agroforestry system. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 208 (2): 209–224. DOI: 10.1111/jac.12553
- THEVATHASAN N.V., GORDON A.M. 2004. Ecology of tree intercropping systems in the North temperate region: Experiences from southern Ontario, Canada. *Agroforestry Systems*, 61: 257–268. DOI: 10.1023/B:AGFO.0000029003.00933.6d
- TSONKOVA P., BÖHM C., QUINKENSTEIN A., FREESE D. 2012. Ecological benefits provided by alley cropping systems for production of woody biomass in the temperate region: a review. *Agroforestry Systems*, 85: 133–152. DOI: 10.1007/s10457-012-9494-8
- UDAWATTA R.P., JOSE S. 2012. Agroforestry strategies to sequester carbon in temperate North America. *Agroforestry Systems*, 86: 225–242. DOI: 10.1007/s10457-012-9561-1
- YOUNG A. 1989. *Agroforestry for soil conservation*. Wallingford, CAB International: 276 s.

IMPACT OF WOODY-SPECIES STRIPS ON PRODUCTION AND SPECIES COMPOSITION OF GRASS CROP AND PROPERTIES OF THE ENVIRONMENT - A CASE STUDY OF AGROFORESTRY LAND USE AT SUBMONTANE SITE

SUMMARY

Agroforestry is likely to be the oldest agricultural practice (NAIR 2011; SANTIAGO-FREIJANES et al. 2018) that dates back to Neolithic period (see e.g. NERLICH et al. 2013). Despite some potential benefits of these systems, woody species grown deliberately within the same piece of agricultural land are seldom seen in Czech agricultural landscape; these land use systems have been abandoned (KRČMÁŘOVÁ, JELEČEK 2017; LOJKA et al. 2022). There are, however, sites left where only extensively-managed approaches are applied. And such a submontane site offered us an opportunity to assess impact of woody-species strips accompanying meadows on some production characteristics of herbal crop and environmental conditions.

The study site was established within 1-ha area with two parallel woody-species strips located ca 55 m from each other (Fig. 1). The trees and shrubs were mensurated to calculate basal area and standing volume. Herbal crop was sampled along three and four transects in 2019 and 2020, respectively. These transects were oriented from west-northwest to east-southeast, and sampling (see squares in Fig. 2) begun below the strip margin (0-m point), and then it went on in 8-m interval through the meadow in between the both strips (Z). Then transects intersected the upper strip to investigate herbal crop without influence of the strip shading (V). Microclimatic conditions were monitored using a set of meteorological stations. The site characteristics such as soil moisture and temperature, air temperature and precipitation were measured in transect C (Fig. 1). The meadows were experimentally cut twice a year (June 1st cut, September 2nd cut), and herbal species were determined in the sampling points of transects. Impacts of the woody-species strips on the crop properties such as water content and its dry weight were found. There were found also reduced numbers of herbal species in the vicinity of the strips. Both south-eastern and north-western limbs of transects were dominated by *Arrhenatherum elatius*. The strips also affected soil temperature and moisture compared to open-area conditions and canopy of the strips reduced precipitation. Soil was colder in the vicinity of the tree strips in growing season and warmer in winter. North-western site also lowered the soil temperature compared to south-eastern one. Throughfall amounted 78.7% of the open-area precipitation. Much more information on agroforestry is available in literature. Agricultural crop accompanied with woody species is called an intercropping. Woody-species rows or strips contribute to changes of site conditions as reported e.g. by SWIETER et al. (2022) who mentioned a transition zone along the woody-species, which reduced a crop yield due to competition for water, shading and cover of shed leaves (SWIETER et al. 2022). Reduced production of herbs in the vicinity of trees was found by KUMAR et al. (2001). Even much younger trees were capable of affecting soil temperature (EHRET et al. 2018). Our agroforestry study provides many benefits. For example hazel can be a source of forage for animals and also a source of fuelwood, sycamore maple can, on the other hand, provide valuable timber over much longer rotation, which can be a long-term investment (see CHIFFLOT et al. 2006). Besides that, the studied system is not composed of one-year and multi-year crops (see e.g. SCHROTH et al. 2008), but it represents the two permanent vegetation covers. It is necessary to educate further the farmers in possibilities of combinations of crop/livestock with woody species (KRČMÁŘOVÁ et al. 2021). LOJKA et al. (2022) reported the small farmers' willingness to establish agroforestry systems due to a positive perception of trees. This and also new subsidies to maintenance of such systems would support future agroforestry in the Czech Republic.

Zasláno/Received: 05. 01. 2022

Přijato do tisku/Accepted: 19. 04. 2022