

# PŘÍSPĚVEK K PROBLEMATICE BIOLOGICKÉ MELIORACE LESNÍCH STANOVIŠŤ LUPINOU ŽLUTOU

## CONTRIBUTION TO THE ISSUE OF BIOLOGICAL SOIL IMPROVEMENT OF FOREST HABITATS BY YELLOW LUPINE

ONDŘEJ ŠPULÁK ✉

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

✉ e-mail: [spulak@vulhmop.cz](mailto:spulak@vulhmop.cz)

### ABSTRACT

Restoration of large scale (calamitous) clearings and landscape reclamation are accompanied by problems associated with the extremity of an open habitats, such as increased nutrient leaching, unfavourable microclimate and development of unwanted weeds. One of the means how to modify soil properties is a targeted use of phytomelioration species, which could also help to moderate temperature extremes of the site and to limit the development of weeds. Annual yellow lupine is an herb recommended as a green-manuring crop in forest nurseries. The aim of the paper is to evaluate potential of using yellow lupine as soil improving and sheltering crop in restoration of large clearings and in sand mine reclamations. The research was carried out on two calamitous clearings, in a reclaimed sand mine, and as a control variant also in forest nursery in 2019–2020. Row, broadcast and individual sowings of yellow lupine to woody plants were tested in various combinations. The results showed very limited potential of the lupine application on calamitous clearings but also in areas of sand mine reclamation, due to its limited growth, low competitiveness and especially high share of game damage. Benefit of yellow lupine use as a green-manuring crop in forest nurseries was supported.

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

**Klíčová slova:** biomeliorace; ochrana půdy; živiny; kalamitní holiny; rekultivace; lesní školky

**Key words:** biomelioration; soil protection; nutrients; large-scale clearings; landscape reclamation; forest nursery

### ÚVOD

Mění se klima provázené stupňujícími se výkyvy počasí posledních let (nízké a nevyrovnané srážky v kombinaci s vysokými teplotami) oslabuje lesní porosty na mnoha stanovištích (RAMSFIELD et al. 2016). Ve střední Evropě je zhoršování zdravotního stavu a rozpad porostů nejvíce patrný u smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) H. Karst.), nevyhýbá se však ani řadě dalších dřevin. Vznik holin kalamitního charakteru s sebou přináší skokový pokles v plnění ochranných funkcí lesa a vytvoření mikroklimatu extrémit (KREČMER 1982; KANTOR 1992). V souvislosti se zvýšeným ozářením je akcelerována mineralizace organické hmoty lesních půd. Obsah organických forem dusíku klesá, zatímco koncentrace dusičnanů v krátkém období silně rostou. Zvýšený obsah dusičnanů a bazických kationtů vede k následnému vyplavování živin (KOHLPAINTENER et al. 2009), tedy jejich ztrátě z ekosystému

vedoucí spolu se zvýšenými průtoky z holin (ROBERTS, CRANE 1997) až k znečištění toků (BALDRIAN, MAŠÍNOVÁ 2017). Opožděná obnova lesa zároveň vede k rozvoji druhů přizemní vegetace (buřeň) konkurencijících výsadbám lesních dřevin, ale i případnému výskytu přirozené obnovy. Soustředěný pohyb těžební techniky zvyšuje riziko ztuhnutí půdního profilu.

Významnou skupinou rostlin s velkým potenciálem úpravy vlastností půdy jsou luskoviny. Jsou nezastupitelnou součástí zemědělství jak po stránce pěstování užitkových plodin, tak z hlediska agroekologického (HOUBA, DOSTÁLOVÁ 2018). Obecně je vyzdvihována jejich schopnost vázat pomocí symbiózy s bakteriemi vzdušný dusík. Ve srovnání s většinou ostatních plodin vytvářejí biomasu s úzkým poměrem C:N, která je dobře degradovatelná mikroorganismy a nevyvolává rizika imobilizace dusíku, a to po celou dobu vegetace (BRANT et

al. 2017). Kořenový systém luskoviny mimo to zlepšuje fyzikální stav půdy i půdní strukturu a umožňuje využívání živin z méně přístupných forem. Husté sítě luskoviny působí také na potlačování růstu plevelů (HOUBA et al. 2009), což by mohlo být užitečné pro omezení konkurence negativně působících druhů. K druhům luskoviny, které díky pronikání kořenů přijímají živiny z větších hloubek, patří např. lupiny.

Lupiny byly v minulosti využívány také pro melioraci půd v lesních porostech. Zvláště se jednalo o vytrvalé lupiny mnoholistou a modrou. Jejich pozůstatky lze v některých oblastech lokálně spatřit při krajích lesních porostů, kde se chovají jako byliny zdomácnělé. Obdobně byly lupiny využívány pro obnovu degradovaných lesních půd v zahraničí (např. MYROLD, HUSS-DANELL 2003) i při rekultivacích (PIETRZYKOWSKI et al. 2017). Vytrvalost nepůvodních druhů však může být nevýhodou při jejich současném uplatňování na kalamitních holinách pro zvýšené nebezpečí jejich šíření. Také v lesním školkařství se již dříve uplatňovaly lupiny, nejčastěji je uváděna jednoletá lupina žlutá, která má své ekologické optimum na chudších kyselých až neutrálních lehkých půdách (RÖMER 2007), je středně náročná na teplo a méně náročná na vláhu (HÝBL et al. 2011). Cílem příspěvku je posoudit perspektivu využití variantního výsevu lupiny žluté při obnově kalamitních holin a obdobně extrémních stanovišť rekultivovaných písniček jako meliorační i krycí mezplodiny.

## MATERIÁL A METODIKA

Osivo lupiny žluté bylo zajištěno firmou Farma Žiro, s. r. o., včetně inokulačního roztoku. Experiment byl realizován v letech 2019–2020 a zahrnoval tři skupiny prací: a) výsevy na kalamitní holiny, b) výsevy do rekultivovaného písničky, c) kontrolní výsevy do lesní školky.

První kalamitní holinou o velikosti více jak 10 ha byla dosud nezařazená výzkumná plocha Huzová (600 m n. m., SLT 50). Na jaře 2019 zde byl proveden výsev lupiny ve čtyřech základních variantách kombinujících přímý výsev k sazenicím břízy bělokore (Betula pendula Roth; průměrná výška (h) 36 cm), olše lepkavé (Alnus glutinosa (L.) Gaertn.; h 44 cm), osiky (Populus tremula L.; h 47 cm) a smrku ztepilého (h 33 cm; vše z výsadby na podzim 2018), řádkovou sjí a plnosjí (tab. 1). Varianty byly umístěny v oplocenkách. Do konce vegetační doby se zde lokálně rozvinula řídká vegetace s dominancí sítiny (Juncus sp.), starčeku (Senecio sp.) nebo třtiny křovištní (Calamagrostis epigejos (L.) Roth). Obdobně na druhé výzkumné ploše na kalamitní holině – Vítkov (500 m n. m., SLT 5B), na které se již začal projevoval rozvoj buřene (v průběhu roku se rozvinul porost, ve kterém dominovala třtina křovištní, dále štovík (Rumex sp.) a zlatobýl (Solidago sp.)), bylo založeno celkem 5 variant výsevu lupiny bez ochrany proti zvěři. Výsevy k sazenicím byly směřovány ke stejným dřevinám jako na ploše Huzová (tab. 1). Průměrná výška sazenic byla u břízy 28 cm, u olše 48 cm, u osiky 45 cm a u smrku 48 cm. Na přelomu července a srpna bylo na obou kalamitních holinách realizováno hodnocení výskytu (úspěšnost odrůstání: odrůstá X chybí; při výsevu k sazenici počet rostlin na jamku, u plnosjí počet rostlin na m<sup>2</sup>), poškození (bez poškození X okus) a prosperity (výška nadzemní části (pouze nepoškozené rostliny; cm), přítomnost květů, přítomnost plodů) rostlin lupiny podle variant. Hodnocení probíhalo na minimální celkové výměře 5 m<sup>2</sup> u volného výsevu (5 × 1 m<sup>2</sup>), 10 m u řádkové sje (5 × 2 m úsek) na příslušnou variantu a u minimálně 35 sazenic u individuálních výsevů k dřevinám.

V prostoru rekultivovaných svahů písničky Marokánka (katastr Běleč nad Orlicí) v nadm. výšce 250 m, stanoviště je řazeno do SLT 1M, byly pokusy založeny v květnu 2019 na čerstvě rozhrnuté skrývce původem z okolních porostů území určených k další těžbě písku. Bylo založeno celkem 6 variant v okolí čerstvých výsadeb borovice lesní (Pinus sylvestris L.) vysazené ve sponu 1 × 1,2 m, bez ochrany proti

zvěři (tab. 1). Výměra každé varianty (s výjimkou varianty 6 bez výsadeb) byla 0,06 ha, ošetřeno tak na ní bylo cca 500 sazenic borovice. Na konci července byly hodnoceny parametry uvedené v popisu experimentu na kalamitních holinách výše a také fytomasa rostlin lupiny (hmotnost sušiny nadzemní části a kořenů – g). Šetření probíhalo na celkové minimální výměře 5 m<sup>2</sup> u plnosje (5 × 1 m<sup>2</sup>), 10 m u řádkové sje (5 × 2 m úseky řádků), a u minimálně 80 sazenic v případě výsevů k sazenicím dřevin na každou variantu. Sušina byla hodnocena u 20 nepoškozených kvetoucích rostlin na variantu. Na konci vegetační doby v buřeni převládala starčekovec jestřábníkolistý (Erechtites hieracifolius (L.) Raf. ex DC.) o maximální výšce cca 80 cm, tvořící velice řídký porost (cca 15 tis. rostlin na ha).

Na lesní školce VS Opočno byl výsev lupiny realizován na počátku dubna 2019. Na dvou substrátech (substrát pro kultivaci jehličnanů (SJ) a hlinitá skrývka (SH)) bylo založeno 5 variant experimentu, včetně kontrolních bez výsevu lupiny, na hlinitém substrátu byla realizována také plnosje se zahrnutím zeminou cíleným pohybem hrábí (tab. 1). Testovanými dřevinami byly borovice lesní, buk lesní (Fagus sylvatica L.) a smrk ztepilý, z každé dřeviny 12 sazenic na substrát a variantu. Před výsevy byly odebrány směsné vzorky půdy (svrchních 15 cm) na chemickou analýzu (varianty 1, 3, 4 a 6 v tab. 1). Odběry a analýzy půdy byly zopakovány následující jaro, po částečném zetlení fyto-masy lupiny. V půdních vzorcích bylo stanoveno pH, koncentrace P, K, Ca, Mg, amoniakální dusík (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) a koncentrace dusičnanových iontů (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Část záhonu s řádkovou sjí byla 2× ročně pleťta, část ponechána bez redukce plevelů. Na substrátu SJ rostla např. vikev (Vicia sp.), přeslička rolní (Equisetum arvense L.), vrbovka úzkolistá (Epilobium angustifolium L.), kokoška (Capsella bursa-pastoris (L.) Medik), na SH se jednalo o vysoce pokryvný porost ruderalních druhů s dominancí merlíku (Chenopodium sp.), lebedy (Atriplex sp.), štovíku (Rumex sp.). Sledovanými parametry byl kromě parametrů uvedených výše také výškový (cm) a tloušťkový (mm) přírůst dřevin. Hodnocení probíhalo na celkové minimální výměře 1 m<sup>2</sup> (2 × 0,5 m<sup>2</sup>; až 1,7 m<sup>2</sup>) u každé z plošných či řádkových variant a u všech vysazených rostlin. Sušina lupin byla hodnocena vždy u rostlin ze dvou výsevových řádků, což v závislosti na hustotě porostu znamenalo 18 až 102 rostlin na variantu (průměrně 47 rostlin). Byla realizována také zkouška klíčivosti (3 × 100 semen) nových semen z produkce experimentálních porostů lupiny z řádkových sjí.

Po ověření výběrových předpokladů byly vybrané charakteristiky z hodnocení lupin i chemismu substrátu jednotlivých variant statisticky porovnávány pomocí studentova t-testu ve statistickém prostředí R (R CORE TEAM 2020), na základě charakteru dat byla zvolena varianta pro shodné rozptyly nebo Welch's test. Více variant bylo porovnáváno pomocí jednofaktorové ANOVA a následného Tukey testu. Rozdíly byly považovány za průkazné, jestliže p ≤ 0,05.

## VÝSLEDKY

### Kalamitní holiny

Z plnosje lupiny na ploše Huzová rostlo ve vrcholném pozdním létě průměrně 31,1 ks lupiny na 1 m<sup>2</sup> (sm. odchylka (SD) 30,0). Z nich však celkem 95 % bylo přes výsevy do oplocenek poškozeno okusem (pastvou), a to až na bezlisté stonky, menší část z nich obrážela. Průměrná výška nepoškozených lupin byla pouze 10,7 cm (SD 3,1 cm). Rozdíl počtu nebo výšky rostlin mezi volným výsevem bez zahrnutí nebo se zahrnutím semen zeminou se neprokázal (p = 0,2). Celkem 4 % lupin kvetlo a jen 0,2 % živých rostlin v době měření plodilo. Z individuálních výsevů k sazenicím rostla v termínu měření lupina celkově (bez ohledu na dřeviny) u 46 % ošetřených sazenic. Z nich průměrný počet rostlinek u jedné sazenice byl 1,5, průměrný počet nepoškozených okusem jen 0,4, většina z nepoškozených kvetla nebo

plodila. Z rostlin poškozených okusem obráželo jen 15 %. Průměrná výška nepoškozených jedinců individuálních výsevů byla 21,5 cm (SD 6,4 cm). Úspěšnost výskytu při výsevu k sazenicím lupiny byla nejvyšší u osiky (u 68 % osetých sazenic), obdobná u smrku a břízy (43 % a 40 %) a nejnižší u olše (24 %), u které byl zjištěn také nejnižší

průměrný počet rostlin u stromků, u nichž lupina rostla (0,3). Vliv lupiny na odrůstání dřevin nebyl prokázán.

Na experimentu Vítkov bylo z celého rozsáhlého pokusu v obdobném termínu hodnocení nalezeno pouze 5 rostlinek lupiny, vesměs poškozených okusem.

Tab. 1.

Varianty experimentu. Individuální výsevy (vzdálenost 10–15 cm od sazenic) a řádková síše byla vždy zahrnuta zeminou, hloubka setí cca 5 cm. Proces „zahrnutí zeminou“ u plnosíše probíhal cíleným střídavým pohybem hrábí  
Treatments of the experiment. Individual sowing (in distance of 10–15 cm from tree seedlings) and row sowing to the depth of ca 5 cm were always earthed up. “Earthing up” of broadcast sowing was done by targeted alternating movement of a rake

Zaměření/ Focus	Lokalita/ Locality	Experiment – typ síše/ design of sowin	Realizovaný rozsah/ Realized extend	Popis výsevu/Description of the sowing
Kalamitní holina/Calamity clear cut	Huzová	1) k sazenici/beside seedlings	150 m <sup>2</sup> pro dřevinu/ for each tree species	jamková síše 2–3 semen k BR, OL, OS a SM/ hole sowing of 2–3 seeds next to BI, AL, AS and SP
		2) řádková síše/row sowing	150 m <sup>2</sup> pro dřevinu	mezi řádky výsadeb BR, OL, OS a SM/ between rows of planted BI, AL, AS and SP
		3) plnosíše/broadcast sowing	100 m <sup>2</sup> pro dřevinu	<sup>a)</sup> do prostoru výsadeb BR, OL, OS a SM/ <sup>a)</sup> to the area of the planation of BI, AL, AS and SP
		4) plnosíše zahrnutá/ broadcast sowing earthed up	50 m <sup>2</sup> pro dřevinu	jako 3) +zahrnutí zeminou/as 3), earthed up
	Vítkov	1) k sazenici/beside seedlings	150 m <sup>2</sup> pro dřevinu/ for each tree species	jamková síše 2-3 semen k BR, OL, OS a SM/ hole sowing of 2-3 seeds next to BI, AL, AS and SP
		2) k sazenici+plnosíše /beside seedlings+broadcast	150 m <sup>2</sup> pro dřevinu	jako 1) +plnosíše <sup>a)</sup> /as 1) +broadcast sowing <sup>a)</sup>
		3) plnosíše prasata/ broadcast sowing wild-boar	100 m <sup>2</sup>	<sup>b)</sup> půda „přípravená“ divočáky zahrnutá zeminou/ <sup>b)</sup> soil „prepared“ by wild-boars, earthed up
		4) plnosíše buřeň/ broadcast sowing weed	100 m <sup>2</sup>	<sup>b)</sup> na zapojující se buřeň/ <sup>b)</sup> on the closing weedy stand
		5) řádková síše/raw sowing	75 m <sup>2</sup>	do řádků („brázd“) v zapojující se buřeni/ to the raws made in closing weed
	Rekultivace/Recultivation	Marokáňka	1) k BO/beside pines	0,06 ha
2) k BO+mezi řádky/ beside pines and between raws			0,06 ha	jako 1) + řádková síše mezi řádky BO/ as 1) + raw sowing between rows of planted PI
3) řádková síše/raw sowing			0,06 ha	mezi řádky BO/raws between rows of planted PI
4) plnosíše/broadcast sowing			0,06 ha	<sup>b)</sup> do prostoru výsadeb/ <sup>b)</sup> to the area of planted PI
5) plnosíše zahrnutá/ broadcast sowing earthed up			0,06 ha	jako 4) +zahrnutí zeminou/as 4), earthed up
6) řádková síše/row sowing			30 m <sup>2</sup>	<sup>a)</sup> řádky po 20 cm, bez výsadeb/ <sup>a)</sup> raws in distance of 20 cm, without plantation
Lesní školka/Forest nursery	VS Opočno/Opočno Research Station	1) plnosíše zahrnutá/ broadcast sowing earthed up	16 m <sup>2</sup>	<sup>b)</sup> se zahrnutím/ <sup>b)</sup> , earthed up
		2) řádková řídká/raw sowing sparse	2 <sup>c)</sup> × 8 m <sup>2</sup>	<sup>a)</sup> řádky po 25 cm/ <sup>a)</sup> , rows in distance of 25 cm
		3) řádková hustá/raw sowing dense	2 <sup>c)</sup> × 8 m <sup>2</sup>	<sup>b)</sup> řádky po 12,5 cm/ <sup>b)</sup> , rows in distance of 12,5 cm
		4) k sazenici/beside seedlings	2 <sup>c)</sup> × (12xBO, 12xBK, 12xSM)	jamková síše 2 semen k BO, BK a SM/ hole sowing of 2 seeds next to PI, BE and SP
		5) dřeviny/seedlings	2 <sup>c)</sup> × (12xBO, 12xBK, 12xSM)	výsadba dřevin bez lupiny/ planting of PI, BE and SP without lupine
		6) kontrola/control	2 <sup>c)</sup> × 8 m <sup>2</sup>	plocha bez ošetřování/no treatment

<sup>a)</sup>dávka doporučená pro agronomické výsevy, pro cca 700 až 800 tis. klíčivých semen na ha (HÝBL et al. 2011; tzn. 80–120 kg osiva, BLFL 2016)/dose recommended for agronomic sowing, for approx. 700 to 800 thousands of germinating seeds per ha (i.e. 80–120 kg of seeds)

<sup>b)</sup>dvojnásobná dávka, tzn. pro 1400 až 1600 tis. klíčivých semen na ha/double dose, (i.e. for 1400 to 1600 thousands of germinating seeds per ha

<sup>c)</sup>na dvou substrátech: hlinitá skrývka (SH) a substrát pro kultivaci jehličnanů (SJ)/on two growing media: loamy soil (SH) and medium for conifers (SJ)

AL, AS, BE, BI, PI, SP – alder, aspen, beech, birch, pine and spruce, respectively

### Rekultivovaný písniček

Na ploše Marokánka rostly v termínu měření lupiny u 27 % osetých borovic, větší úspěšnost byla na svahu orientovaném na J (34% úspěšnost), kde byl také oproti S svahu nižší podíl jedinců nepoškozených okusem (28 %; celkově 47 %). U 13 % borovic rostly dvě a více rostlin. Průměrná výška nepoškozených rostlin z individuálního výsevu byla 14,4 cm (SD 4,6 cm).

U plnosíje se zahrnutím zemínou byl průkazně vyšší počet lupin zjištěn na J svahu a na rovině náhorního plata okraje písničku, než na S svahu (obr. 1; ANOVA,  $p = 0,005$ ). Na S svahu nelze podíl nepoškozených rostlin adekvátně porovnat pro jejich minimální výskyt. Také u plnosíje bez zahrnutí zemínou byl vyšší průměrný počet živých rostlin na J svahu; obdobně jako u individuálního výsevu zde byl i nižší podíl nepoškozených jedinců ( $t$ -test;  $p < 0,001$ ). Zahrnutí zemínou mělo průkazně pozitivní vliv na počty rostoucích rostlin ( $t$ -test;  $p = 0,01$ ). Průměrná výška nepoškozených lupin z plnosíje byla 7,8 cm (SD 2,8 cm).

U řádkové síše nebyl rozdíl v počtu rostlin podle orientace průkazný ( $p = 0,3$ ), na S orientovaném svahu pak byl vyšší podíl nepoškozených rostlin (ANOVA,  $p < 0,001$ ; obr. 1). Průměrná výška nepoškozených rostlin z řádkové síše byla 7,8 cm (SD 3,3 cm) bez rozdílů mezi orientacemi terénu.

Celkově v experimentu rekultivovaného písničku většina nepoškozených rostlin kvetla, plod se stihl formovat omezeně, výskyt semen v plodech byl ojedinělý. Kořenové hlízky (většinou pouze 1) byly nalezeny jen u 29 % rostlin. Sušina nadzemní části průměrné rostliny dosahovala pouze 0,22 g a podzemní 0,07 g. V pozdně letním termínu se na ploše již lupina téměř nevykytovala vlivem poškození zvěří. Vliv na odrůstání sazenic borovice nebyl potvrzen.

### Lesní školka

Likvidaci buřeně (pletí) při plnosíji lupiny zvýšilo počet rostlin na ploše o 33 %, podíl plodících rostlin se nezměnil (61 %), ale vzrostl průměrný počet lusků na plodících rostlinách (tab. 2). Současně na variantě s pletím poklesla průměrná výška rostlin, vzrostla délka i sušina jejich kořenů, čímž podíl sušiny nadzemní a podzemní části poklesl, avšak

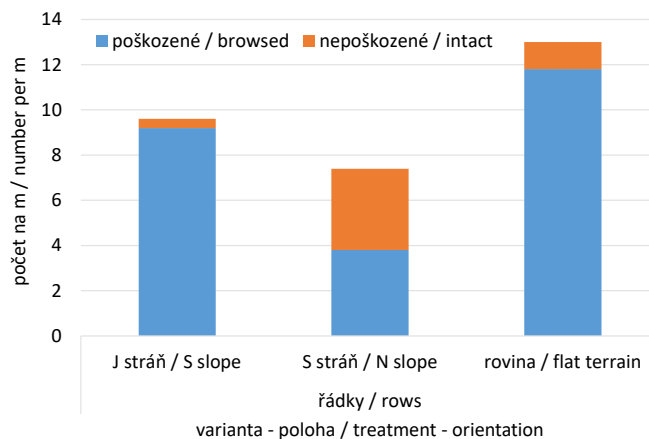
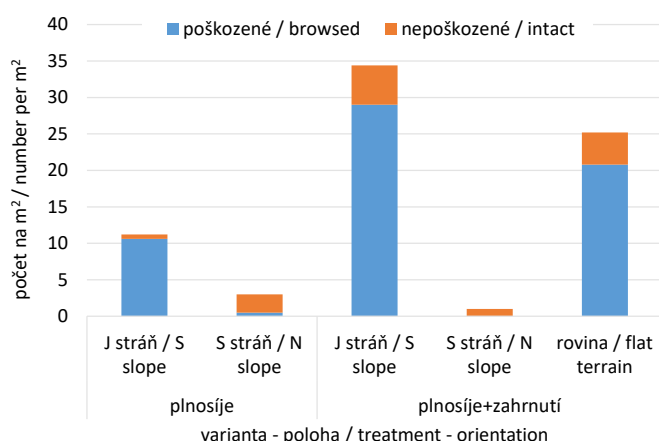
neprůkazně (tab. 3). Celková sušina biomasy porostu lupiny (tzn. bez zahrnutí buřeně) pak byla na plnosíji s pletím o 80 % vyšší (tab. 2). Maximální výška buřeně dosahovala na substrátu SJ 130 cm a na SH 165 cm, lupina však dosahovala výšky pouze okolo 30 cm (tab. 3).

U řádkové síše do obou substrátů, přes odlišný přístup k pletí, byla průměrná sušina rostlin (tab. 3) i celková sušina biomasy porostu lupiny vyšší u varianty řídkého výsevu, a to i přes výrazné rozdíly v hustotě porostu příslušných variant mezi substráty (tab. 2). Rozvětvení rostlin bylo výrazně četnější než v případě plnosíje, na substrátu SH však byl opačný poměr shledán u přítomnosti kořenových hlízek, kterých bylo více u plnosíje (tab. 2). Substrát SJ byl z hlediska tvorby hlízek i sušiny porostu celkově příhodnější než substrát SH, přestože rozdíly mezi výškou a délkou kořene nebyly patrné (tab. 3).

U porostu lupiny z řádkové síše plodilo více než 90 % rostlin (tab. 2), na obou substrátech měla lupina větší počty nových semen u řídké varianty výsevu (na SH substrátu 335 a u husté 165 semen na  $m^2$ , na SJ substrátu 1265 a 816 semen na  $m^2$ ). Semeno ze substrátu SJ mělo také průkazně vyšší klíčivost (51 % oproti 26 % semene ze SH). Na plochách, na kterých byla lupina kompletně ponechána přes zimu, však nedošlo k žádnému zmlazení.

Při hodnocení růstu dřevin byl zjištěn průkazně vyšší výškový přírůst buku s výsevy lupin na substrátu SJ ( $t$ -test,  $p = 0,03$ ), na substrátu SH však rozdíl potvrzen nebyl ( $p = 0,9$ ; tab. 4). Tloušťkový přírůst také naznačoval vyšší hodnoty u stromků s lupinami, avšak neprůkazně ( $t$ -test,  $p = 0,3$ ). Vyšší výškový i tloušťkový přírůst smrků, u kterých rostly lupiny, také nebyl průkazný ( $p = 0,3$  a  $0,1$ ). U borovice nebyly pozorovány žádné rozdíly.

Půdní reakce obou substrátů byla prakticky shodná, mírně zásaditá (pH 8,0 u SJ a 8,1 u SH). Chemické analýzy nepotvrdily jednoznačný pozitivní efekt proběhlého roku kultivace lupiny žluté na sledované parametry. Koncentrace dusičnanových iontů meziročně celkově poklesla, u kontrolních vzorků z části bez výsevu lupiny byl pokles nižší. Až na řádkovou síše na substrátu SH koncentrace amoniakálních iontů všech variant mírně vzrostla, tedy včetně kontrol. Také u dalších sledovaných prvků meziroční rozdíly nevykazovaly přímou souvislost mezi lupinou (jejím růstem a zetlením) a koncentrací (tab. 5).



Obr. 1.

Průměrné počty rostlin lupiny žluté na metr čtvereční u plnosíje podle způsobu výsevu a orientace stanoviště (vlevo) a na metr délky u řádkové síše (vpravo) u experimentu na rekultivovaném písničku

Fig. 1.

Average numbers of yellow lupines per square meter in broadcast sowing according to methods of sowing and partial-plot orientation (left) and per meter of length at the row sowing (right) at the reclaimed sand mine experiment

**Tab. 2.**

Průměrné počty a podíl rostlin lupiny podle substrátu (SH – hlinitá skrývka, SJ – substrát pro kultivaci jehličnanů) a vybraných parametrů (větvení, tvorba kořenových hlízek, plodnost) a sušina porostu lupiny na 1 m<sup>2</sup> u experimentu v lesní školce  
Average numbers and proportions of yellow lupine plants according to growing medium (SH – loamy soil, SJ – medium for conifers) and selected parameters (branching, formation of root tubers, fertility) and dry matter of lupine stand per 1 m<sup>2</sup> at the forest nursery experiment

substrát/ growing medium	síje/sowing	varianta/treatment	počet na m <sup>2</sup> / number per m <sup>2</sup>	podíl (%) rostlin s/ share (%) of plants with			počet lusků/ number of legumes	sušina na m <sup>2</sup> / dry matter per m <sup>2</sup> (g)		
				větvením/ branching	hlízkami/ tubers	lusky/ legumes		nadz. část/ abovegr.	kořeny/ roots	celkem/ in total
SH	plnosíje/ broadcast	v buřeni/weedy	82,1	39	45	61	2,9	108,5	22,1	130,6
		bez buřeně/weeded	121,4	59	59	61	4,0	187,7	48,0	235,7
	řádková/ row	hustá/dense	90,9	100	13	96	3,8	181,8	29,6	211,5
		řídká/sparse	60,0	100	11	100	6,6	244,5	35,2	279,7
SJ	řádková/ row	hustá bez buřeně/ dense weeded	157,3	88	80	90	6,2	539,0	70,2	609,2
		řídká bez buřeně/ sparse weeded	90,0	96	81	96	12,3	611,6	72,6	684,2

**Tab. 3.**

Průměrné parametry rostlin lupiny žluté podle substrátu (SH – hlinitá skrývka, SJ – substrát pro kultivaci jehličnanů) a varianty síje u experimentu v lesní školce. T-test  
Average plant of the yellow lupine according to growing medium (SH – loamy soil, SJ – medium for conifers) and treatment at the forest nursery experiment. T-test

substrát/ growing medium	síje/sowing	varianta/treatment	pravděpodobnost/ probability	délka/length (cm)		sušina/dry matter (g)			poměr nadz./ koř./abovegr. to roots ratio
				nadz. část/ abovegr.	kořen/root	nadz. část/ abovegr.	kořeny/ roots	celkem/ in total	
SH	plnosíje/ broadcast		<b>p</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,2	<b>&lt;0,001</b>	0,1	0,1
		v buřeni/weedy		33,1	13,0	1,3	0,3	1,6	4,9
		bez buřeně/ weeded		27,0	16,3	1,5	0,4	1,9	3,9
	řádková/row		<b>p</b>	0,6	0,2	<b>0,002</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,001</b>	0,2
		hustá/dense		31,9	15,9	2,0	0,3	2,3	6,1
		řídká/sparse		32,7	17,2	4,1	0,6	4,7	6,9
SJ	řádková/row		<b>p</b>	0,05	<b>0,04</b>	<b>0,006</b>	<b>0,002</b>	<b>0,005</b>	0,2
		hustá bez buřeně/ dense weeded		32,6	15,0	3,4	0,4	3,9	7,7
		řídká bez buřeně/ sparse weeded		36,1	17,4	6,8	0,8	7,6	8,4

**Tab. 4.**

Výškový přírůst (ih19) a tloušťka kořenového krčku (kr19) dřevin bez a s jamkovou sítí lupiny v experimentu v lesní školce podle substrátu (SH – hlinitá skrývka, SJ – substrát pro kultivaci jehličnanů); \* průkazný rozdíl (t-test)

**Tab. 4.**

Height increment (ih19) and root collar diameter (kr19) of tree seedlings growing untreated and with hole sowing of lupine in the forest nursery experiment according to growing medium (SH – loamy soil, SJ – medium for conifers); \* significant difference (t-test)

dřevina/species	substrát/growing medium	varianta/treatment	ih19				kr19			
			SH		SJ		SH		SJ	
			průměr/ average	SD	průměr/ average	SD	průměr/ average	SD	průměr/ average	SD
BK/BE		bez lupiny/without	2,3	1,7	3,6*	0,9	6,1	1,2	6,2	0,9
		s lupinou/with lupine	2,5	1,8	4,8*	0,7	6,1	0,8	7,1	1,1
BO/PI		bez lupiny/without	5,2	1,9	5,0	2,2	5,1	1,2	6,0	1,3
		s lupinou/with lupine	5,3	2,1	4,6	1,2	5,2	1,0	4,6	0,7
SM/SP		bez lupiny/without	4,3	2,0	3,4	2,0	8,0	2,2	7,7	0,9
		s lupinou/with lupine	5,2	1,6	5,0	1,9	9,0	1,2	9,0	1,8

BE, PI, SP – beech, pine and spruce, respectively

## DISKUSE

Výsledky poukázaly na rozdílnou reakci lupiny na odlišné růstové podmínky experimentů. Z hlediska půdní reakce je jako optimum pro pěstování lupiny uváděno pH 4,6–6 (BÖHME et al. 2016). Hodnoty blízké dolnímu limitu tohoto rozmezí lze očekávat na námi testovaných holinách po předchozích převážně smrkových porostech. Půdní reakce substrátů v lesní školce byla významně vyšší, přesto zde byla vyšší také prosperita lupin. V podmínkách 5. LVS je uváděný požadavek lupiny žluté na mírně teplé klima, přestože pro její růst potřebná délka vegetační doby 135–150 dní (BÖHME et al. 2016) je stále s rezervou dosažitelná, pravděpodobně hůře saturován. Tyto polohy jsou však z hlediska potřeby obnovy současných kalamitních holin klíčové, proto byly testovány. Lupina žlutá původním areálem pochází ze Středozeří (RHODES et al. 2016). To bude příčinou, že jí vyhovují teplejší polohy a vyšší úspěšnost obnovy a přežívání v našem experimentu byla potvrzena na J svahu rekultivovaného písníku. Ani zde však nevykazovala produkci (růst), která by slibovala významnější ovlivnění růstového prostředí. Zajímavou záležitostí je výrazný rozdíl v úspěšnosti odrůstání lupiny při individuálních výsevech u osiky a olše na kalamitní holině. Olše, podobně jako lupina, žije v symbióze s kořenovými bakteriemi (rod *Frankia*; CHEN et al. 2020). Je možné, že bakterie vázané na rozvíjející se kořenový systém olši tvořily pro bakterie rodu *Rhizobium* konkurenční prostředí. Rozdíly však mohou pocházet i z mírně odlišných stanovištních podmínek částí výzkumné plochy s výsadbami těchto dřevin, přestože stanoviště byla jednotně zmapována jako SLT 50 – část s výsadbou olše v jarním období netrpěla tak výrazným přemokřením.

Z hlediska narostlé biomasy korelující s výnosem semen se v lesní školce více osvědčila řádká řádková sje, tedy běžně doporučovaná

výsevová dávka. Mimo jiné to potvrzuje odpovídající klíčivost osiva a odrůstání rostlin. V zemědělství se počítá s výnosem lupiny žluté 2–3 tuny (HÝBL et al. 2011), u výnosově slabších šlechtěných odrůd s nízkou hořkostí pak 1,5 až 1,7 t na ha (ŽŮREK 2016). Při námi zjištěném počtu semen v 1 kg osiva (6912 ks) do tohoto rozmezí spadala pouze řádká varianta výsevu na substrátu SJ (cca 1,8 tun semen na ha), a to i přesto, že porost měl jen zhruba poloviční výšku, než je u lupiny žluté udáváno (do 80 cm; HEUZÉ et al. 2018). Hustá varianta výsevu již měla výnos pouze okolo 1,2 tun. Produkce vlastního osiva v lesní školce však není technologicky příliš uplatnitelná, zároveň by znamenala snížení objemu ponechané fytohmoty s kýženým melioračním účinkem. Přes významnou klíčivost osiva napěstovaného na experimentálních záhonech se potvrdila neschopnost lupiny žluté přirozené obnovy v podmínkách ČR.

Pokles produkce biomasy i výnosu semen při vyšší hustotě porostu, sledovaný v našem experimentu v lesní školce bude souviset s nízkou konkurenční schopností lupiny žluté, ještě výrazněji potvrzenou absolutním nezdarem jejího přežívání a růstu na ploše Vítkov, na které již v době výsevu byl patrný rozvoj buřeně. Množství narostlé biomasy by mělo vést k výraznější recyklaci a zpřístupnění živin na ploše, a tím přispět ke zvýšení dostupnosti živin při povrchu půdy následně po jejich dekompozici, a to nejen přístupných forem dusíku, ale i fosforu, draslíku a vápníku (HÝBL et al. 2011; MAUER et al. 2011). Analýzy půdy v experimentální školce, ve které narostlo až téměř 700 g sušiny lupiny na m<sup>2</sup> (nadzemní i podzemní části; tab. 2), následující jaro po kultivaci na pozitivní dopad lupiny na půdu nepoukázaly. Jelikož však v tomto období ještě nedošlo k celkové dekompozici rostlinného materiálu lupin, lze předpokládat, že se živiny mohly uvolnit dodatečně. Pozitivní vliv roční kultivace lupiny potvrdili také PIETRZYKOWSKI et al. (2017) na základě hodnocení zastoupení a poměrů živin v půdě

Tab. 5.

Chemismus půdy před výsevem lupiny žluté (jaro 2019) na lesní školce VS Opočno a rozdíl chemismu po roce pěstování lupiny (jaro 2020) podle substrátů (SH – hlinitá skrývka, SJ – substrát pro kultivaci jehličnanů; mg.kg<sup>-1</sup>) u experimentu v lesní školce. Pro popis variant viz tab. 1

Tab. 5.

Soil chemistry before sowing of yellow lupine (spring 2019) at the forest nursery of Opočno Research Station and differences of chemistry after year of lupine cultivation (spring 2020) according to growing media (SH – loamy soil, SJ – medium for conifers; mg.kg<sup>-1</sup>) at the forest nursery experiment. For description of treatments see Tab. 1

substrát/ growing medium	varianta/ treatment	pH		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		P		K		Ca		Mg	
		2020	2019	dif 2020	2019	dif 2020	2019	dif 2020	2019	dif 2020	2019	dif 2020	2019	dif 2020	
SH	plnosje/ broadcast sowing	8,0	70,0	-20,9	31,3	4,3	100,7	-9,6	796	-595	3511	943	282,6	82,3	
	kontrola/control	8,1	64,5	-40,1	10,1	3,2	119,8	7,6	619	-212	3976	401	369,2	-62,4	
	řádková/row sowing	8,2	72,8	-46,6	27,4	-25,2	107,2	-11,1	248	92	6117	-2576	604,4	-344,6	
SJ	k sazenici/ beside seedling	8,1	79,4	-66,8	8,2	0,0	77,3	48,3	404	28	4081	158	310,4	-23,1	
	kontrola / control	8,0	57,9	-43,6	15,0	6,5	23,7	46,5	53	31	1072	976	333,2	-114,2	
	řádková /row sowing	8,0	66,7	-47,9	15,2	8,0	78,1	0,6	95	-3	2171	977	214,4	84,6	
	k sazenici/ beside seedling	8,0	80,9	-65,1	19,5	2,3	86,2	-7,2	69	30	2281	1771	252,6	-2,0	

Pozn./Note: kladné hodnoty „dif 2020“ značí meziroční nárůst, záporné pokles/positive values of “dif 2020” indicate increase, negative values decrease

při rekultivace písniček v jižním Polsku. Její dlouhodobější pěstování již nebylo z hlediska pedologických poměrů více přínosné.

Jednoletá konkurenční buřeň na záhonech vedla k nárůstu průměrné výšky, ale poklesu délky kořene a celkové biomasy lupin. Při potenciálním využívání lupiny na kalamitních holinách by bylo třeba s přirozeným rozvojem buřene počítat, tedy i s ještě nižší produkcí porostu. Pro velice limitované uplatnění v terénních podmínkách svědčí také z našich výsledků vyplývající významná preference a vyhledávání lupiny žluté zvěří a pravděpodobně také myšovitými hlodavci, jak lze odvodit z poškozování lupin i při výsevu do oplocenek na ploše Huzová. A to i přes přirozeně zvýšený obsah hořkých alkaloidů v lupinách (MAKNICKIENĚ, ASAKAVIČIŮTĚ 2008), které však nebrání jejich využívání pro krmné účely (ABRAHAM et al. 2019). Okus se projevil většinou dříve, než byla lupina schopna vyrůst do fáze kvetení, tedy vytvořit biomasu potřebnou z hlediska melioračního a případného krycího účinku. Rozměry nepoškozených lupin ve všech částech experimentu, tedy ani v lesní školce, zdaleka nedosahovaly výšek uváděných při popisu druhu (60–100 cm; HÝBL et al. 2011). Pozitivní však byl poznatek, že lupinu bylo možné obnovit i plnosíjí bez úplného zahrnutí semen a tyto rostliny, přes menší biomasu, měly dokonce častěji vytvořené kořenové hlízký.

Z dat vyplynulo, že na přímý výsev lupiny k sazenici v našem experimentu v lesní školce pozitivně zareagoval buk. Příčinou mohou být drobné změny v koloběhu živin v půdě kořenového prostoru, které se mohly projevit jejich zpřístupněním. Již méně se zdá pravděpodobný stimul daný kompeticí nadzemní části rostlin, neboť rozměry lupin byly většinou menší než výška sazenic. Krycí účinek rostlinami pro citlivé dřeviny je tedy, i v podmínkách pro vývoj lupiny příznivých, málo pravděpodobný. Lupina je běžněji v lesním školkařství využívána jako meziplodina, nebo výstižněji přerušovač osevních sledů (NÁROVCOVÁ et al. 2016; NÁROVEC 2017) za účelem zeleného hnojení (MAUER et al. 2011). Např. ŁUKASZEWICZ a DUDA (2002) pozorovali vyšší růst borovic po tříletém ponechání pole lesní školky ladem pod výsevem lupiny žluté v Polsku.

## ZÁVĚR

Z výsledků vyplynul velice omezený potenciál využití lupiny žluté pro příznivé ovlivnění růstového prostředí současných kalamitních holin či při rekultivacích písničky v analyzovaných podmínkách ČR. Příčinou je její limitovaný růst v podmínkách lesní půdy, včetně omezené tvorby kořenových hlízek, nízká konkurenční schopnost a zvláště významné poškozování zvěří, což ztěžuje možnost melioračního vlivu a znemožňuje její využití jako krycího porostu pro výsadby dřevin. Studie však potvrdila potenciál využití lupiny žluté v lesním školkařství jako meziplodiny pravděpodobně nejlépe v rámci fyto-melioračních směsí, a to i přesto, že přímý efekt na přístupnost živin ve svrchní vrstvě půdy se po roce kultivace bezprostředně neprojevil. Příznivý efekt přímého výsevu k sazenicím na jejich odrůstání by bylo vhodné ověřit rozsáhlejším experimentem.

### Poděkování:

Příspěvek vznikl díky podpoře projektu QK1810126 „Zakládání a výchova směsí přípravných a cílových dřevin plnicích produkční a mimoprodukční funkce lesa v oblasti velkoplošně hynoucích smrkových porostů“ a díky institucionální podpoře Ministerstva zemědělství MZE-RO0118.

Děkuji za pomoc s realizací prací našim technikům Jiřímu Balcarovi, Evě a Ing. Zdeňkovi Ráčkovým a Věře Tošovské. Díky patří také Mgr. Jitce Součkové za konečné naformátování seznamu citací.

## LITERATURA

- ABRAHAM E.M., GANOPOULOS I., MADEŠIS P., MAVROMATIS A., MYLONA P., NIANIOU-OBEIDAT I., PARISS Z., POLIDOROS A., TANI E., VLACHOSTERGIOS D. 2019. The use of lupin as a source of protein in animal feeding: genomic tools and breeding approaches. *International Journal of Molecular Sciences*, 20 (4): 851. DOI: 10.3390/ijms20040851
- BALDRIAN P., MAŠÍNOVÁ T. 2017. Mikroorganismy v lesních ekosystémech: diverzita, dynamika a funkce. Praha, Středisko společenských činností AV ČR: 34 s.
- BLFL. 2016. Lupine. Anbau und Verwertung. 2. unveränderte Aufl. Freising-Weihenstephan, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL): 11 s. (LfL-Information)
- BÖHME A., DIETZE M., GEFROM A., PRIEPKE A., SCHACHLER B., STRUCK C., WEHLING P. 2016. Lupinen – Anbau und Verwertung. Bocksee, Gesellschaft zur Förderung der Lupine e.V.: 62 s.
- BRANT V., ZÁBRANSKÝ P., ŠKEŘÍKOVÁ M., VAILICH J., KROULÍK M., PROCHÁZKA P., KUNTE J. 2017. Alternativní využití luskovin (1) – důvody a cíle. *Agromanuál*, 12 (1): 118–121.
- HEUZÉ V., THIOUET H., TRAN G., LESSIRE M., LEBAS F. 2018. Yellow lupin (*Lupinus luteus*) seeds. In: Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO [on-line]. Dostupné na/Available on: <https://www.feedipedia.org/node/23097>, last updated on May 17, 2018, 10:41
- HOUBA M., HOCHMAN M., HOSNĚDL V. 2009. Luskoviny: pěstování a užití. České Budějovice, Kurent: 133 s.
- HOUBA M., DOSTÁLOVÁ R. 2018. Luskoviny: charakteristika, pěstování, využití. Praha, Profi Press: 94 s.
- HÝBL M., MICHAL O., SEIDENGLANZ M., VACULÍK A. 2011. Metodika pěstování lupiny bílé, žluté a úzkolisté. Certifikovaná metodika. Šumperk, Agritec: 32 s.
- CHEN H.R., RENAULT S., MARKHAM J. 2020. The effect of *Frankia* and multiple ectomycorrhizal fungal species on *Alnus* growing in low fertility soil. *Symbiosis*, 80 (2): 207–215.
- KANTOR P. 1992. Změny vodní bilance smrkového porostu po jeho obnově holou sečí. *Lesnictví – Forestry*, 38 (9/10): 823–838.
- KOHLPAINTNER M.C., HUBER W.W., GOTTLIN A. 2009. Spatial and temporal variability of nitrate concentration in seepage water under a mature Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst] stand before and after clear cut. *Plant and Soil*, 314 (1/2): 285–301.
- KREČMER V. 1982. Bioklimatické změny na obnovních sečích v imisních oblastech. In: *Obnova lesa v imisních oblastech. Sborník příspěvků ze semináře biologické komise odboru lesního hosp. ČSAZ v Nových Hamrech u Karlových Varů*, 29. a 30. září 1981. Praha, ČAZ: 63–68.
- ŁUKASZEWICZ J., DUDA B. 2002. Uprawa sosny zwyczajnej w płodozmianach szkółki leśnej z zastosowaniem różnych ugorów zielonych. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Seria A*, 944/947: 21–42.
- MAKNICKIENĚ Z., ASAKAVIČIŮTĚ R. 2008. Alkaloid content variations in lupin (*Lupinus* L.) genotypes and vegetation periods. *Biologija*, 54 (2): 112–115.
- MAUER O. et al. 2011. Zakládání lesů II. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta: 216 s.

- MYROLD D.D., HUSS-DANELL K. 2003. Alder and lupine enhance nitrogen cycling in a degraded forest soil in Northern Sweden. *Plant and Soil*, 254: 47–56.
- NÁROVCOVÁ J., NÁROVEC V., NĚMEC P. 2016. Optimalizace hnojení a hospodaření na půdách lesních školek. Certifikované metodiky pro praxi. Strnady, VÚLHM: 60 s. Lesnický průvodce 7/2016
- NÁROVEC V. 2017. Východiska pro návrhy soustav hnojení a hospodaření na půdách lesních školek. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 80 s. – ISBN 978-80-7458-093-2
- PIETRZYKOWSKI M., GRUBA P., SPROULL G. 2017. The effectiveness of yellow lupine (*Lupinus luteus* L.) green manurecropping in sand mine cast reclamation. *Ecological Engineering*, 102: 72–79.
- R Core TEAM 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Dostupné na/Available on: <https://www.R-project.org/>.
- RAMSFIELD T.D., BENTZ B.J., FACCOLI M., JACTEL H., BROCKERHOFF E.G. 2016. Forest health in a changing world: effects of globalization and climate change on forest insect and pathogen impacts. *Forestry*, 89 (3): 245–252. DOI: 10.1093/forestry/cpw018
- RHODES L., BARLOW J., MAXTED N. 2016. *Lupinus luteus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T174716A19404675 [online]. Dostupné na/Available on: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T174716A19404675.en>
- ROBERTS G., CRANE S.B. 1997. The effects of clear-felling established forestry on stream-flow losses from the Hore sub-catchment. *Hydrology and Earth System Sciences*, 1 (3): 477–482. DOI: 10.5194/hess-1-477-1997
- RÖMER P. 2007. Lupinen. Verwertung und Anbau. 5. Aufl. Rastatt, Gesellschaft zur Förderung der Lupine (G.F.L.): 36 s.
- ŽŮREK J. 2016. Přestaňte si plést lupinu úzkolistou a žlutou s lupinou bílou. *Agrární obzor*: 18–20.



## CONTRIBUTION TO THE ISSUE OF BIOLOGICAL SOIL IMPROVEMENT OF FOREST HABITATS BY YELLOW LUPINE

### SUMMARY

Climate change of the last periods, with its temperature extremes and precipitation irregularities, has been causing forest stands weakness, and increasing development of extensive calamity clearings. This phenomenon is accompanied by a sharp decrease in fulfilment of the protective functions of forest on the clearings and creation of a microclimate of extremities. Due to increasing irradiance and soil moisture, the mineralization of soil organic matter is accelerated, leading to subsequent leaching of nutrients. At the same time, ground vegetation develops, competing with forest tree regeneration.

Legumes are an important group of plants with a great potential to modify soil properties. They produce biomass with narrow C:N ratio, which is well degradable by microorganisms and does not cause risks of nitrogen immobilization. Lupins have also been used in forest nurseries: the most common is annual yellow lupine. This species has its ecological optimum on lighter and poorer acidic to neutral soils, it is moderately warm-demanding and less moisture-demanding. The aim of the paper is to evaluate the potential of sowing yellow lupine as soil improving and sheltering crop in restoration of large clear cuts and in sand mine reclamations.

The experiment was carried out in 2019–2020 and included three groups of activities: a) sowing on the calamity clear cuts, b) sowing for the reclamation of sand mine, and c) control sowing in forest nursery of the Opočno Research Station (Forestry and Game Management Research Institute). Yellow lupine seed was inoculated before sowing. The experiments were performed:

Ad a): 1) on the calamity clearing of more than 10 ha in size with initial stage of forest weed development (the research area of Huzová, 600 m a. s. l.) and 2) on the research area of Vítkov (500 m a. s. l.), which was partially weedy (Table 1);

Ad b): in the area of the reclaimed sand mine Marokánka (Běleč nad Orlicí cadastre; 250 m a. s. l.) on a freshly spread overburden (Table 1);

Ad c): on two substrates in the forest nursery (290 m a.s.l.; Table 1). Before sowing and the following spring, soil samples (upper 15 cm) were taken for chemical analysis (treatments 1, 3, 4 and 6 in Table 1). Soil acidity, concentrations of P, K, Ca, Mg, ammoniacal nitrogen ( $\text{NH}_4^+$ ) and concentrations of nitrate ions ( $\text{NO}_3^-$ ) were determined in soil samples. Part of the experiment with row sowings was weeded.

Mean number of growing lupine plants per  $\text{m}^2$  on the broadcast sowing on Huzová calamity clear cut was 31.1 (standard deviation (SD) 30,0), 95% of them were browsed. Average height of the unimpaired plants was only 10.7 cm (SD 3.1). There was no difference in the number of plants whether seeds were earth up or not ( $p = 0.2$ ). In total, 4% of plants were flowering and 0.2% had a legume, and 46% of lupines sowed individually to the tree seedlings grew, mostly browsed without recovery. Lupines sowed to aspen grew most successfully (by 68 % of the treated seedlings) less the sowed to alder. Average height of the unimpaired individually sowed lupines was 21.5 cm (SD 6.4 cm). In similar date, only 5 lupine plants, mostly damaged by browsing, were found on the Vítkov experiment, in which the clear cut was weedier at the beginning.

On the sand mine reclamation experiment, lupines grew by 27% of the pines threatened by individual sowing of lupine, higher success was on the south slope (34%), where also less lupines were browsed (28%; total browsing was 47%). Average height of the unimpaired plants was 14.4 cm (SD 4.6). Broadcast sowing was more successful on south slope and on flat terrain of the upper terrace (Figure 1) and less plants were browsed there ( $p < 0.001$ ), too. Earthing up of the seeds increased numbers of growing plants ( $p = 0.01$ ). Average height of unimpaired plants from broadcast sowing was 7.8 cm (SD 2.8). Row sowing was more successful on flat upper terrace (0.03), more unbrowsed plants were on northern slope ( $p < 0.001$ ; Figure 1). Average height of unimpaired plants was 7.8 cm (SD 3.3) without difference between terrains. Altogether, most of the unimpaired plants flowered, legumes were sporadic, seeds rare. Root tubers (mostly 1) had 29% of plants. Average aboveground and root dry matters were 0.22 g and 0.07 g, respectively. In late summer there were almost no lupines on the plot due to browsing.

In the forest nursery, weeding of the broadcast sowed lupine showed positive effect on lupine prosperity (Table 2 and 3). Maximal height of the weeds was 130 cm on growing medium for conifers (SJ) and 165 cm on loamy soil (SH), average height of lupine was about 30 cm (Table 3). Generally, more successful was lupine on SJ growing medium. Sparse (standard) density of rows was more suitable for lupine development in row sowing (Table 2 and 3), where also more new seed developed (on SH growing medium: 335 in sparse and 165 per  $\text{m}^2$  in dense sowing; on SJ: 1,265 in sparse and 816 in dense per  $\text{m}^2$ ). Higher germinability had new seed from SJ (51% against 26% in seed form SH), however no natural regeneration was found next spring where lupine was left. Beech growth was positively influenced by lupine plant proximity on SJ ( $p = 0.03$ ) with no impact on SH ( $p = 0.9$ ; Table 4). Chemistry of the soil after one year of lupine cultivation showed no significant improvement (Table 5).

The research revealed very limited perspective of yellow lupine utilisation for improvement of growing conditions of current large-scale clearings and also for sand mine reclamation in the analysed conditions of Czech Republic. The main reasons are limited growth of lupine in the conditions of forest soil including limited forming of root tubers, low competitiveness and particularly significant damage by game. These aggravate the potential of the lupine amelioration effect and makes its use as shelter plant for forest tree plantations impossible. Although a direct effect on soil chemistry next spring after one year of lupine cultivation was not confirmed, other results supported benefit of yellow lupine use as a green-manuring crop in forest nurseries, probably best in plant mixtures.

Zasláno/Received: 03. 05. 2021

Přijato do tisku/Accepted: 29. 06. 2021