

Vliv laserového ošetření osiva na výnos a kvalitu cukrové řepy

IMPACT OF SEED LASER STIMULATION ON SUGAR BEET YIELD AND QUALITY

Petr Elzner – Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta,
Jaroslav Skopal, Jaroslav Wagner – FYTOLASER, s. r. o.

Více než padesát let probíhají pokusy s využíváním laseru v zemědělství. Studium laserového světla v interakci s biologickým materiálem probíhalo v různých částech světa a poskytlo důkazy o možnosti jeho využití v zemědělství. Vědecké práce (1–4) prokázaly následující zjištění: zvýšení energetického potenciálu semen (zvýšení rychlosti klíčení, procenta klíčivosti i klíčící energie, rovnoměrnosti klíčení a zvýšení vitality semen), rychlejší vývoj rostlin, vyšší odolnost proti chorobám, vliv na aktivitu α -amylázy i koncentraci volných radikálů v semeni rostlin, které by mohly deaktivovat jejich dormanci, vliv na dýchání, fotosyntetickou aktivitu a obsah chlorofylu a karotenoidů.

Vliv laseru jako monochromatického paprsku s vysokou hustotou světelného záření může zasahovat do četných fotobiologických procesů v rostlinách v souvislosti s fotosyntetickými pigmenty a redoxsystemy přes fytochrom až po vztahy k nukleovým kyselinám, enzymům a fytohormonům. Laserové ozařování se ukázalo jako aktivní i ve vztahu k tvorbě adventivních kořenů jeho pozitivním vlivem na aktivitu endogenních fytohormonů (5).

Základní výzkum již tedy otevřel cesty pro provozní aplikaci nadějných laboratorních výsledků. Jednotlivé pokusy ovšem

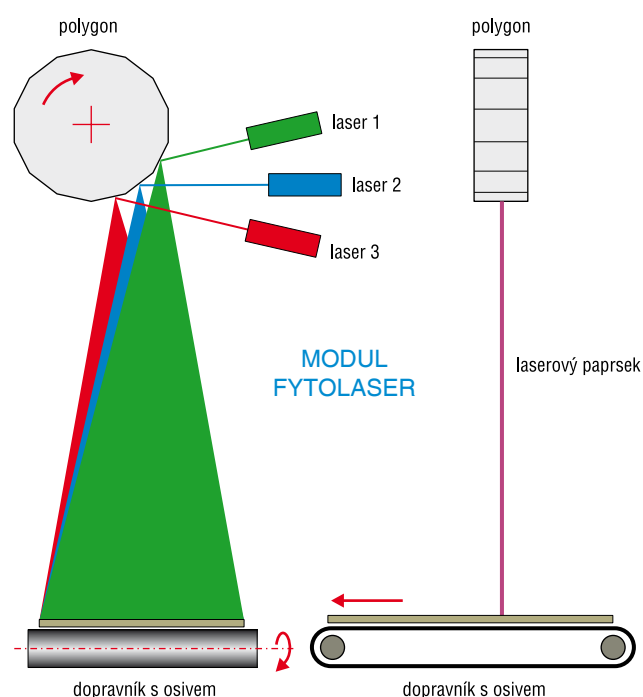
dosud narážely na praktickou proveditelnost, neboť dosavadní laboratorní expozice se nedařilo absorbovat do osiva v požadovaném čase a kvalitě, která by umožnila pěstitelům stabilní profit (nerovnoměrné rozmítání laserového paprsku, omezená nabídka a výkon laserů aj.).

Novou nadějí na efektivní, prakticky využitelnou laserovou stimulaci se stala metoda Fytolaser (obr. 1.), která využívá vysoce variabilní zařízení pro široké spektrum použití. Obsahuje lasery zvolených vlnových délek a výkonů a optomechaniku pro distribuci laserového záření na vrstvu osiva na pásu (obr. 2.). Zvolená konfigurace využívá rozmítání laserového svazku do linie pomocí rotujícího polygonu, který umožňuje úpravu a distribuci laserového svazku tak, aby pokryl osivo s vysokou rovnoměrností a zvolenou expoziční dávkou. Intenzita laserového svazku je upravována běžnou optikou, expozice je nastavena rychlostí posuvu pásu a výkonem laserového svazku. Metoda má za sebou pětileté pozitivní výsledky. Maloparcelní, poloprovozní i provozní testy ukazují na průlom ve fyzikální stimulaci osiva, neboť se jedná o metodu efektivní, nákladově přijatelnou a rychle návratnou.

Obr. 1. Laserová stimulace osiva metodou Fytolaser



Obr. 2. Schéma ošetření osiva laserem na dopravníkovém pásu



Tab. I. Výnos řepy (bulev) s laserově stimulovaným osivem (Žabčice 2020–2022)

Varianta	Laserová expozice*	Rok 2020		Rok 2021		Rok 2022		Roky 2020 (2021) – 2022	
		(t·ha ⁻¹)	(% rel.)	(t·ha ⁻¹)	(% rel.)	(t·ha ⁻¹)	(% rel.)	(t·ha ⁻¹)	(% rel.)
1	kontrola	93,6	100,0	139,3	100,0	104,8	100,0	112,6	100,0
2	1–2	94,4	100,8	136,0	97,6	114,7	109,5	115,0	102,2
3	12–8	94,3	100,7	140,8	101,1	118,9	113,5	118,0	104,8
4	1–4	96,9	103,6	144,3	103,6	103,9	99,1	115,0	102,2
5	1–8	93,2	99,6	154,2	110,7	104,1	99,3	117,2	104,1
6	2–4	86,6	92,5	128,5	92,2	124,4	118,7	113,2	100,5
7	4–8	91,6	97,9	135,6	97,3	121,4	115,8	116,2	103,2
8	42–8	—	—	130,0	107,0	118,2	112,8	124,1	101,7
9	12–4	—	—	150,3	104,1	112,5	107,4	131,4	107,7

* Čísla označují kombinace laserů podle vlnové délky, výkonu, hustoty osvětlení a rychlosti posunu pásu s osivem (konkrétní hodnoty jsou k dispozici u autorů).

Tab. II. Cukernatost řepy s laserově stimulovaným osivem (Žabčice 2020–2022)

Varianta	Laserová expozice*	Rok 2020		Rok 2021		Rok 2022		Roky 2020 (2021) – 2022	
		(% abs.)	(% rel.)	(% abs.)	(% rel.)	(% abs.)	(% rel.)	(% abs.)	(% rel.)
1	kontrola	15,1	100,0	17,2	100,0	15,9	100,0	16,1	100,0
2	1–2	15,5	102,6	17,8	103,5	16,5	103,8	16,6	103,3
3	12–8	15,4	102,0	18,0	104,7	16,3	102,5	16,6	103,1
4	1–4	15,7	104,0	18,4	107,0	16,7	105,0	16,9	105,4
5	1–8	15,3	101,3	18,1	105,2	15,8	99,4	16,4	102,1
6	2–4	16,0	106,0	18,2	105,8	16,1	101,3	16,8	104,4
7	4–8	15,8	104,6	17,9	104,1	15,5	97,5	16,4	102,1
8	42–8	—	—	18,4	107,0	15,7	98,2	17,1	103,0
9	12–4	—	—	17,9	104,1	16,3	102,1	17,1	103,3

* Čísla označují kombinace laserů podle vlnové délky, výkonu, hustoty osvětlení a rychlosti posunu pásu s osivem (konkrétní hodnoty jsou k dispozici u autorů).

Metodika

Maloparcelní pokusy byly prováděny v letech 2020–2022 na Polní pokusné stanici v Žabčicích (Mendelova univerzita v Brně). Lokalita v kukuřičné výrobní oblasti má průměrnou roční teplotu 10,3 °C a průměrný roční úhrn srážek 491,1 mm.

V prvním experimentálním roce 2020 bylo v pokusech sledováno 7 variant a v letech 2021–2022 pak 9 variant ve třech opakováních. U stimulovaných variant bylo před setím provedeno ošetření osiva cukrové řepy laserovým svazkem metodou Fytolaser. Varianty se lišily vlnovou délkou použitého laseru v rozmezí 532–650 nm výkonem použitého laseru v rozmezí 0,2–1,0 W a dobou expozice. Zařazena byla pro porovnání i kontrolní varianta bez ošetření laserem. Konkrétní hodnoty expozice jsou k dispozici u autorů.

Pokus probíhal na odrůdě cukrové řepy BTS 555. U všech pokusných parcel bylo uplatňováno jednotné ošetřování pesticidy a stejné hnojení. Na konci vegetace byly sledovány vybrané výnosové a kvalitativní parametry (výnos bulev, cukernatost,

výnos při 16% cukernatosti a výnos bílého cukru), které byly statisticky vyhodnoceny programem Statistica 12.

Výsledky a diskuze

V roce 2020 nebyl rozdíl ve výnosu bulev mezi jednotlivými variantami příliš výrazný (tab. I.). U některých variant sice došlo k nárůstu výnosu v porovnání s kontrolní variantou, např. u varianty 4, rozdíly však nebyly statisticky průkazné. V pokusném roce 2021 byly podmínky pro pěstování cukrové řepy lepší, takže u všech variant bylo dosaženo výrazně vyšších výnosů bulev než v předchozím roce. U varianty 5, která dosáhla nejvyššího výnosu, byl výnos statisticky průkazně vyšší v porovnání s kontrolní variantou. V roce 2022 bylo dosaženo více statisticky průkazných výsledků, a to u variant 2, 3, 6, 7, 8, a 9. Vzhledem ke rozdílnosti průběhu počasí v jednotlivých sledovaných letech byly spočítány víceleté průměry výnosů, u nichž bylo dosaženo statistické průkaznosti u varianty 9.

Tab. III. Výnos řepy standardní jakosti (s cukernatostí 16 %) s laserově stimulovaným osivem (Žabčice 2020–2022)

Varianta	Laserová expozice*	Rok 2020		Rok 2021		Rok 2022		Roky 2020 (2021) – 2022	
		(t _{16%} ·ha ⁻¹)	(% rel.)	(t _{16%} ·ha ⁻¹)	(% rel.)	(t _{16%} ·ha ⁻¹)	(% rel.)	(t _{16%} ·ha ⁻¹)	(% rel.)
1	kontrola	88,3	100,0	149,7	100,0	104,4	100,0	114,1	100,0
2	1 – 2	91,4	103,5	151,3	101,1	118,0	113,0	120,2	105,3
3	12 – 8	90,8	102,8	158,4	105,8	121,3	116,2	123,5	108,2
4	1 – 4	95,1	107,7	165,9	110,8	108,3	103,7	123,1	107,9
5	1 – 8	89,1	100,9	174,4	116,5	102,8	98,5	122,1	107,0
6	2 – 4	86,6	98,1	146,1	97,6	125,5	120,2	119,4	104,6
7	4 – 8	90,4	102,4	151,7	101,3	117,5	112,5	119,9	105,0
8	42 – 8	—	—	149,5	99,9	115,7	110,8	132,6	104,4
9	12 – 4	—	—	168,1	112,3	114,4	109,6	141,3	111,2

* Čísla označují kombinace laserů podle vlnové délky, výkonu, hustoty osvětlení a rychlosti posunu pásu s osivem (konkrétní hodnoty jsou k dispozici u autorů).

Tab. IV. Výnos bílého cukru (rafinády) řepy s laserově stimulovaným osivem (Žabčice 2020–2022)

Varianta	Laserová expozice*	Rok 2020		Rok 2021		Rok 2022		Roky 2020 (2021) – 2022	
		(t·ha ⁻¹)	(% rel.)	(t·ha ⁻¹)	(% rel.)	(t·ha ⁻¹)	(% rel.)	(t·ha ⁻¹)	(% rel.)
1	kontrola	12,7	100,0	21,7	100,0	15,0	100,0	16,5	100,0
2	1 – 2	13,0	102,4	22,4	103,2	17,2	114,7	17,5	106,5
3	12 – 8	12,9	101,6	23,4	107,8	17,6	117,3	18,0	109,1
4	1 – 4	13,7	107,9	24,6	113,4	15,8	105,3	18,0	109,5
5	1 – 8	12,5	98,4	25,8	118,9	15,0	100,0	17,8	107,9
6	2 – 4	12,3	96,9	21,5	99,1	18,2	121,3	17,3	105,3
7	4 – 8	12,9	101,6	22,2	102,3	17,1	114,0	17,4	105,7
8	42 – 8	—	—	22,2	102,3	16,8	112,0	19,5	106,3
9	12 – 4	—	—	24,6	113,4	16,7	111,3	20,7	112,5

* Čísla označují kombinace laserů podle vlnové délky, výkonu, hustoty osvětlení a rychlosti posunu pásu s osivem (konkrétní hodnoty jsou k dispozici u autorů).

Dalším sledovaným parametrem byla cukernatost. Pozitivní vliv ošetření osiva laserem byl u tohoto parametru zjištěn u všech ošetřených variant, kdy došlo k navýšení cukernatosti oproti kontrole, a to i v průměru všech pokusných let (tab. II.).

Důležitým parametrem pro ekonomiku pěstování cukrovky jak pro pěstitele, tak i zpracovatele je výnos přepočtený na 16% cukernatost (výnos řepy standardní jakosti). Kumulují se v něm požadavky na výnosové i kvalitativní parametry řepy. V jednotlivých letech v něm bylo dosahováno významné průkaznosti (tab. III.). V průměru zkoušených let dosáhla nejlepšího výsledku varianta 9 v porovnání s dvouletým průměrem kontrolní varianty (111,2 %).

Součástí hodnocení byl i výnos bílého cukru (rafinády). V roce 2020 nebyly u tohoto parametru statisticky průkazné rozdíly, i když u varianty 4 byl výnos cukru z hektaru o 1 t vyšší v porovnání s kontrolní variantou (tab. IV.). V pokusném roce 2021 dosáhly varianty 4 a 5 statisticky průkazně vyššího výnosu bílého cukru, než bylo dosaženo kontrolní neošetřenou variantou, a v následujícím roce dosáhlo statistické průkaznosti

více variant (tab. IV.). Ve víceletém průměru bylo dosaženo u všech variant významného navýšení výnosu bílého cukru od 0,8 do 4,2 t·ha⁻¹. Nejvíce statisticky průkazná byla opět varianta 9, u níž bylo dosaženo výnosu bílého cukru 112,5 % ve srovnání s průměrem kontrol (100 %).

Pozitivní vliv laserového ošetření osiva na obsah cukru v bulvách potvrzují ve své práci také SACALA ET AL. (6) a PULKRÁBEK ET AL. (7), kteří u některých expozic zjistili podobné navýšení cukernatosti, jaké bylo zjištěno v našich pokusech. Stejně tak PROŠBA-BIALCZYK ET AL. (8) potvrzují, že ozáření osiva laserem pozitivně ovlivňuje obsah sacharosy a přispívá ke snížení obsahu melasotvorných látek v bulvách cukrové řepy. PULKRÁBEK ET AL. (7) uvádí, že metoda Fytolaser napomáhá ke zvýšení výnosu bulev a následně i cukru. Provozní výsledky ukazují, že významného efektu je dosahováno ve stresových podmínkách aridní oblasti.

V roce 2023 byl založen nový tříletý pokus a novými odrůdami, které reflektují šlechtitelský pokrok v odolnosti proti chorobám (BTS 17410 CR+) a v nových technologiích (BTS 9635 Smart). Pro stimulaci byly vybrány nové typy laserů a jejich

Tab. V. Zvýšení obsahu chlorofylu, sušiny chrástu a výnosu bulev po laserové stimulaci osiva – Unčovice 2023

Odrůda	Expozice	Obsah chlorofylu k 26. 6. 2023		Sušina chrástu k 27. 7. 2023		Výnos stand. řepy (16%)	
		prům. měření	(% rel.)	(g-rostl. ⁻¹)	(% rel.)	(t·ha ⁻¹)	(% rel.)
BTS 9635	Fytolaser	678	102,4	54,0	109,5	96,9	130,4
	kontrola	662	100,0	49,3	100,0	74,3	100,0
BTS 1740 CR+	Fytolaser	679	104,1	57,2	131,3	94,4	113,6
	kontrola	652	100,0	43,4	100,0	83,1	100,0
Flamengo	Fytolaser	612	102,7	52,0	127,1	99,5	130,6
	kontrola	596	100,0	40,9	100,0	76,2	100,0
Vitus	Fytolaser	596	101,4	57,1	106,3	92,8	106,3
	kontrola	588	100,0	53,7	100,0	87,3	100,0

kombinace. První sklizňový rok potvrdil dosavadní výborné výsledky i v těchto nových podmínkách.

Z výsledků lze tedy potvrdit pozitivní vliv některých variant laserové stimulace osiva na výnosové parametry cukrové řepy. Podobné výsledky byly v minulosti potvrzeny i dalšími autory u různých plodin. Výsledky jednotlivých prací se obtížně porovnávají, vzhledem k různým parametrům použitých laserů, délce expozice atd., ale všichni se shodují, že laserová stimulace osiva pozitivně ovlivňuje počáteční stadia vývoje rostlin a stimuluje kořenovou soustavu. Agrobiologická kontrola našich poloprovozních pokusů potvrzuje tyto závěry a můžeme na nich objektivně doložit vyšší kořenový potenciál, větší obsah chlorofylu, větší listovou plochu a z toho vyplývající větší intenzitu fotosyntézy s vyšší tvorbou sušiny (tab. V.)

SACAŁA ET AL. (6) se zaměřili na obsah chlorofylu a karatenoidů u cukrové řepy a potvrdili pozitivní vliv laserové stimulace osiva na tyto parametry, což u většiny variant mělo zároveň pozitivní vliv i na výnos. Podobné výsledky uvádí i BIALCZYK ET AL. (9), kteří zjistili, že vlivem stimulace osiva dochází i k prodloužení délky řepné bulvy. Ještě větší navýšení výnosu cukrové řepy vlivem laserové stimulace bylo zjištěno v případě, že osivo řepy je současně ošetřeno dalšími metodami (hydropriming) (10).

Positivní vliv laserového ošetření osiva byl kromě cukrové řepy, sledován i u mnoha dalších plodin. OSMAN ET AL. (11) zjistili kladný vliv stimulace osiva na růst rostlin fenyklu a koriandru. HASAN ET AL. (12) potvrdili pozitivní vliv na růstové a výnosové parametry u kukuřice. Ale stejně jako v našich pokusech, nebylo navýšení výnosu zjištěno u všech sledovaných laserových expozic. PODLEŠNA ET AL. (13) uvádějí, že laserová stimulace kladně ovlivňuje koncentraci amylolytických enzymů u hrachu, dále i velikost jednotlivých produkčních orgánů a rovněž dosahovaný výnos.

Závěr

Laserová stimulace osiva cukrové řepy může mít pozitivní vliv na růst, výnos a kvalitativní parametry. Záleží na parametrech použitého laseru a délce expozice. Bylo zjištěno, že tento způsob přípravy osiva metodou Fytolaser pozitivně ovlivnil růst rostlin,

vzcházení porostu i růst v průběhu vegetace. Své uplatnění tato metoda najde především v aridních oblastech.

V tomto článku jsou prezentovány výsledky maloparcelních polních pokusů, ale k obdobným výsledkům jsme dospěli také v rámci poloprovozních pokusů prováděných na větší výměře i na provozních plochách u pěstitelů cukrovky, kde byly využity ty nejlepší expozice z maloparcelních pokusů.

Literatura

- ALADJADJIYAN, A.; KAKANAKOVA, A.: Physical methods in agro-food chain. *J. Cent. Eur. Agric.*, 9, 2008 (4), s. 789–794.
- GLADYSZEWSKA, B.: Pre-sowing laser biostimulation of cereal grains. *Tech. Sc., Pap. And Rep.*, 2006 (9), s. 33–38.
- HERNANDEZ, A. C. ET AL.: Laser in agriculture. *Int. Agrophys.*, 24, 2010, s. 407–422.
- JUNLIN, W.; XUEHONG, G.; SHEQI, Z.: Effect of laser pretreatment on germination and membrane lipid peroxidation of Chinese pine seeds under drought stress. *Front. Biol. China*, 2007 (3), s. 314–317.
- ŠEBÁNEK, J., ET AL.: Growth and hormonal effects of laser on germination and rhizogenesis in plants. *Přírodovědné práce ústavů ČSAV v Brně*, 23, 1989 (9), s. 49–69.
- SACAŁA, E. ET AL.: Impact of presowing laser irradiation of seeds on sugar beet properties. *Int. Agrophys.*, 26, 2012, s. 295–300.
- PULKRÁBEK, J. ET AL.: Vliv ošetření osiva laserem a hnojení pod patu na produkční ukazatele cukrové řepy. In *Osivo a sadba, XV. národní odborný a vědecký seminář*. Praha, 2021, s. 148–152.
- PROŠBA-BIALCZYK, U. ET AL.: Vliv stimulace osiva na produktivitu cukrové řepy. *Listy cukrov. řepař.*, 127, 2011 (11), s. 344–347.
- BIALCZYK, U. ET AL.: Effect of seed stimulation on germination and sugar beet yield. *Int. Agrophys.*, 27, 2013, s. 195–201.
- SACAŁA, E. ET AL.: Effect of laser- and hydropriming of seeds on some physiological parameters in sugar beet. *J. Elem.*, 21, 2016 (2), s. 527–538.
- OSMAN, Y. A. H. ET AL.: Effect of Laser Radiation Treatments on Growth, Yield and Chemical Constituents of Fennel and Coriander Plants. *J. App. Sci. Res.*, 5, 2009 (3), s. 244–252.
- HASAN, M. ET AL.: Laser Irradiation Effects at Different Wavelengths on Phenology and Yield Components of Pretreated Maize Seed. *Appl. Sci.*, 10, 2020 (1189), s. 1–12.
- PODLEŠNA, A. ET AL.: Changes in the germination process and growth of pea in effect of laser seed irradiation. *Int. Agrophys.*, 2015, 29, s. 485–492.