

doc. Ing. Ivan ČERNÝ, PhD. a kolektív

*Biologicky aktívne látky v systéme pestovania
slnečnice ročnej*

Nitra 2018

Biologicky aktívne látky v systéme pestovania slničnice ročnej

Vedúci autorského kolektívu: doc. Ing. Ivan ČERNÝ, PhD. (3,02 AH)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre,
FAPZ

Spoluautori:

prof. Ing. Dr. Richard POSPIŠIL (1,11 AH)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, FAPZ
Ing. Dávid ERNST, PhD. (5,27 AH)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, FAPZ

Recenzenti:

doc. Ing. Peter ONDRIŠÍK, PhD.
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, FAPZ
Ing. Rastislav BUŠO, PhD.
NPPC VÚRV Piešťany

Schválil rektor Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre dňa 6. 2. 2018
ako vedeckú monografiu.

© Černý, I. a kol.: Biologicky aktívne látky v systéme pestovania slnčnice ročnej
ISBN 978-80-552-1795-6

Obsah

Úvod	5
1 Prehľad o súčasných poznatkoch riešenej problematiky	6
1.1 Celospoločenské pestovanie olejnín v systéme rastlinnej výroby	6
1.2 Botanicko – morfológická charakteristika	11
1.3 Produkčný proces	13
1.4 Agroekologické podmienky prostredia	19
1.5 Technologické aspekty pestovania	21
1.6 Výživa a hnojenie	26
1.7 Biologicky aktívne látky	31
1.8 Produkcia energie	33
2 Vedecko – metodická charakteristika pokusov	40
2.1 Vedecký zámer problematiky	40
2.2 Metodická charakteristika experimentov	40
3 Výsledky práce a diskusia	49
3.1 Poveternostné podmienky ročníka	49
3.1.1 Vplyv ročníka na produkčné parametre	49
3.1.2 Vplyv ročníka na fyziologické parametre	54
3.2 Hybridy	61
3.2.1 Vplyv hybridov na produkčné parametre	61
3.2.2 Vplyv hybridov na fyziologické parametre	67
3.3 Biostimulátory rastu	73
3.3.1 Vplyv biostimulátorov rastu na produkčné parametre	73
3.3.2 Vplyv biostimulátorov rastu na fyziologické parametre	80
3.4 Energetická analýza	89
3.5 Ekonomická efektívnosť aplikácie biostimulátorov rastu	90
4 Závery	91
5 Návrh na využitie poznatkov pre ďalší rozvoj vedy a praxe	94
6 Zoznam použitej literatúry	96

Úvod

Hlavnou úlohou poľnohospodárskej výroby je zabezpečenie výživy obyvateľstva. Hlavným výrobným prostriedkom je pôda. Charakteristickou činnosťou rastlinnej výroby je obrábanie pôdy a pestovanie kultúrnych plodín. Široké spektrum činností v poľnohospodárstve podrobne skúmajú a vyvíjajú poľnohospodárske vedy.

V súlade s prezentovanými myšlienkami je rastlinná výroba považovaná za historicky tradičné a potenciálne opodstatnené odvetvie poľnohospodárskej výroby, zaoberajúce sa pestovaním rastlín, ktorých produkty sú okrem zabezpečenia potravinovej bezpečnosti obyvateľstva a kŕmenia hospodárskych zvierat vhodné aj pre iné spracovateľské odvetvia národného hospodárstva. Základom tvorby rastlinnej produkcie je v ovzduší zastúpený kyslíčnik uhličitý a v pôde nachádzajúce sa minerálne látky. V procese fotosyntézy rastliny transformujú slnečnú energiu do organických zlúčenín, ktoré následne ukladajú do svojich zásobných orgánov. Jedná sa teda o produkciu organických, energeticky bohatých látok (bielkoviny, cukry, tuky) slúžiacich ako základ existencie vyšších organizmov.

V systéme rastlinnej výroby nezastupiteľnou, dlhodobo hospodársky a komoditne významnou skupinou plodín sú olejiny. Z globálneho hľadiska olejiny zhmotňujú celosvetovo agronomicky a trhovo progresívnu skupinu poľných plodín. Z vývoja produkcie olejnatých semien vo svete a na Slovensku vyplýva, že význam ich pestovania, z dôvodu rôznorodosti využitia ich produkcie, má z roka na rok stúpajúcu tendenciu. Jedná sa o plodiny, ktoré vo svojich semenách alebo plodoch, resp. v iných morfológických častiach obsahujú väčšie množstvo potravinárskej a priemyselne využívaného oleja.

Podľa najnovších dostupných údajov je slnečnica ročná v súčasnom období celosvetovo štvrtou najvýznamnejšou olejninou sveta. Toto miesto jej zabezpečuje vysoká kvalita slnečnicového oleja daná predovšetkým vysokým obsahom nenasýtených mastných kyselín – kyseliny linolovej a kyseliny olejovej. Obe uvedené nenasýtené mastné kyseliny majú výrazné protisklerotické účinky, pôsobia proti vzniku rakoviny, proti kardiovaskulárnym chorobám, a preto sú vo výžive človeka nezastupiteľné. V súčasnosti je tento jav na celom svete, Slovensko nevynímajúc, obzvlášť závažný, nakoľko slnečnicu ročnú ovplyvňujú globálne zmeny klímy. Tie môžu nepriaznivo ovplyvniť kvantitu a kvalitu výslednej produkcie, čiže oleja a kyselín, ktoré obsahuje. Z uvedeného dôvodu je potrebné hľadať spôsoby, ktoré by mohli tento jav obmedziť, alebo úplne potlačiť.

K faktorom, tak ako to dokazujú v poslednom období intenzívne prezentované výsledky výskumu, významne zasahujúcim do produkčného procesu poľných plodín prináležia poveternostné podmienky ročníka, odrody, resp. hybridy a látky s tzv. regulačnou schopnosťou rastu. Biostimulátory rastu napomáhajú slnečnici ročnej prekonať nepriaznivé podmienky prostredia, čo sa môže následne prejavíť v zvýšení, alebo aspoň udržaní požadovaných vlastností výsledného produktu.

V predkladanej vedeckej monografii prezentujeme dosiahnuté výsledky výskumu, zameraného na experimentálne posúdenie vplyvu poveternostných podmienok ročníka, hybridov a biologicky aktívnych látok v systéme pestovania slnečnice ročnej za účelom posúdenia ich vplyvu na produkčné parametre dosiahnutej produkcie, ekonomické porovnanie ich účinku a energetické zhodnotenie poľnohospodárskej sústavy.

za autorský kolektív
doc. Ing. Ivan ČERNÝ, PhD.

1 Prehľad o súčasných poznatkoch z riešenej problematiky

1.1 Celospoločenské postavenie olejní v systéme rastlinnej výroby

V systéme rastlinnej výroby prináleží v súčasnej dobe nezastupiteľné miesto olejninám, ktoré sú považované za strategické plodiny a semená, resp. plody ktorých obsahujú hospodársky významné množstvo oleja, resp. tuku. Počet druhov poľných plodín obsahujúcich vo svojich morfológických orgánoch tuky je pomerne veľký, avšak iba obmedzené množstvo z nich je v celosvetovom meradle využívané. Mnoho z nich je iba regionálneho charakteru a slúži len na zvláštne, resp. alternatívne účely (BOCKISCH, 1998).

Produkcia olejní na Slovensku má stúpajúcu tendenciu, o čom svedčí nielen výrazný nárast produkcie, ale aj fakt, že v štruktúre osevu zaujímajú dominantné postavenie. Nasledujú hneď po obilninách. Sektor olejní je výrazne ovplyvňovaný trhovým charakterom produkcie kapusty repkovej pravej a slnečnice ročnej, aktívnou podporou spracovateľského priemyslu a prienikom do technickej oblasti – krmivárstvo, kozmetický, farmaceutický, stavebnícky priemysel a výroba biopalív (MERAVÁ, 2016).

Olejniny sú nezastupiteľné vo výžive ľudí. Potvrzuje to i vzostupný trend spotreby rastlinných olejov v porovnaní so živočíšnymi. Spotreba tukov v SR na osobu za rok je približne 25,3 kg, z toho asi 18,5 kg je rastlinného pôvodu. Obsah tukov v rastlinách kolíše od veľmi malých obsahov až po množstvá charakterizujúce ich 70 – 80 % podiel. Rastlinné oleje sa dostávajú v súčasnosti do povedomia vďaka svojim environmentálnym výhodám a vďaka skutočnosti, že sa jedná o obnoviteľný zdroj energie.

Oleje sú tekuté, nakoľko obsahujú vysoký podiel nenasýtených mastných kyselín. Tuky (južné tropické oblasti) sa vyznačujú vysokým obsahom nasýtených mastných kyselín, takže nie sú za bežných teplôt tekuté (cca 50 °C). Na to, aby bola rastlina vhodná na výrobu oleja v potrebnom rozsahu, musí spĺňať dve kritériá:

- minimálny obsah oleja musí byť na úrovni zabezpečujúcej jeho komerčné extrahovanie,
- dostatočná výmera záujmovej plodiny.

Okrem hlavného produktu poskytujú olejniny aj vedľajšie produkty (výlisky, resp. extrahované šroty), využívané v živočíšnej výrobe ako významná súčasť kŕmnych zmesí.

Olejniny patria k plodinám s vyššou rentabilitou výroby. Významné je využitie kapustovitých olejní na zelené hnojenie. Sú veľmi dobrými predplodinami a pôdu zanechávajú v optimálnom štruktúrnom stave. Druhy s kratším vegetačným obdobím, skôr uvoľňujúce pozemok, umožňujú pestovanie medziplodín na kŕmne účely. K najvýznamnejším olejninám vo svete patrí sója fazuľová, bavlník, kapusta repková pravá, podzemnica olejná, slnečnica ročná, olivovník európsky, palma olejová, ľan olejný, sezam, ricín obyčajný a ďalšie. V Európe, ale aj na Slovensku, sú najviac zastúpené kapusta repková pravá a slnečnica ročná (VOJTAŠŠÁKOVÁ *et al.*, 2000; PÉREZ, 2003; MÁLEK *et al.*, 2013; LAMAS *et al.*, 2014).

V Európe sa pestuje približne 58 druhov olejní. V podmienkach mierneho pásma prevládajú jednoročné alebo prezimujúce druhy. Najpočetnejšie je zastúpená čeľaď kapustovitých: kapusta repková pravá (*Brassica napus* L. conv. *napus*), kapusta poľná olejnatá (*Brassica rapa* L. subsp. *oleifera*), horčica biela (*Sinapis alba*

L.), kapusta čierna (*Brassica nigra* L.), kapusta sitinová (*Brassica juncea* L.), horčica habešská (*Brassica carinata* BRAUN), reďkev siata olejná (*Raphanus sativus*, var. *oleifera* L.), ľaničník siaty (*Camelina sativa* L.), katran tatarský (*Crambe tataria* L.), eruka siata (*Eruca sativa* MILLER). Z čeľade astrovitých je najvýznamnejším druhom slnečnica ročná (*Helianthus annuus* L.) a menej známy požlt farbiarsky (*Carthamus tinctorius* L.).

Čeľaď makovitých je zastúpená makom siatym (*Papaver somniferum* L.), čeľaď hluchavkovitých lalemanciou (*Lalemanzia iberica* L.). Z hľadiska hospodárskeho využitia je za olejninu považovaná aj najvýznamnejšia strukovina – sója. Z trvácich druhov sa pestuje olivovník európsky, palma olejová, kokosovník orechoplodý, ricín obyčajný a iné.

Z miesta pôvodu, Ameriky (oblasť Mexika a Peru), sa do Európy v 16. storočí dostala slnečnica ročná. Postupne, s objavením možnosti využitia oleja nachádzajúceho sa v slnečnicových nažkách, sa jej pestovanie rozšírilo do Belgicka, Holandska, Švajčiarska a Nemecka. Ako poľná plodina sa prvýkrát siala v Nemecku a Francúzsku. Cez Taliansko, Juhosláviu, Bulharsko a Rumunsko sa presunulo jej pestovanie až do Ruska, ktoré po druhej svetovej vojne rozvinulo jej mechanizovaný zber (BOCKISCH, 1998; BANIČOVÁ & RYŠAVÁ, 2003). V roku 1830 sa výroba slnečnicového oleja v Európe vykonávala aj pre komerčné účely (SCHNEITER, 1997). Všeobecný rozmach pestovania slnečnice ročnej na Slovensku začal v 50. rokoch 20. storočia (BORECKÝ & STIFFEL, 1995). V osevných postupoch má na Slovensku už historické miesto. Rozvoj jej pestovania, ako olejliny, možno datovať od roku 1985, kedy vznikali na území Slovenska prvé systémy pre jej produkciu (BARANYK *et al.*, 2010).

Plochou pestovania patrí slnečnica ročná medzi päť najvýznamnejších olejní sveta. Ako uvádza MÁLEK *et al.* (2013), svetové zberové plochy slnečnice ročnej sa v súčasnosti dlhodobo pohybujú na úrovni 25 miliónov ha. Najväčšie pestovateľské plochy slnečnice ročnej sú v Rusku, Ukrajine, krajinách EÚ a v Argentíne. Pestovateľské plochy Ukrajiny a Argentíny sa v posledných rokoch navyšujú, pričom pestovateľské plochy štátov EÚ sa v posledných rokoch stabilizovali a kolíšu v intervaloch 3,72 – 4,21 mil. ha. Za nezanedbateľných producentov slnečnice ročnej sa považuje Turecko (2,09 mil. ha), India (1 mil. ha) a Čína (1,78 mil. ha).

Podľa údajov FAO (2015) je v súčasnosti slnečnica ročná celosvetovo, za sójovými bôbmi, repkovým a bavlníkovým semenom, štvrtou najvýznamnejšou olejninou s priemernou produkciou 36 miliónov ton nažiek. Medzi troch najvýznamnejších pestovateľov slnečnice ročnej patrí Ukrajina (8,4 mil. ton), Rusko (7,8 mil. ton) a krajiny EÚ s produkciou 7,1 mil. ton. Podiel týchto krajín na celkovej produkcii je 52 – 68 %. Z uvedeného vyplýva, že viac ako polovica svetovej produkcie nažiek slnečnice ročnej je vypestovaná na severnej pologuli. Na južnej pologuli je najvýznamnejším producentom Argentína (VEGA, 2007; MÁLEK *et al.*, 2013).

V rámci krajín EÚ je najväčším producentom Francúzsko, s produkciou okolo 1,6 mil. ton, ďalej Bulharsko (1,35 mil. ton) a Rumunsko (1,2 mil. ton). Produkcia Slovenska sa najčastejšie pohybuje na hranici 200 tis. ton, čo mu zabezpečuje v rámci krajín EÚ siedmu priečku. Česká republika má priemernú produkciu na hranici 60 tis. ton.

Svetový trh s nažkami slnečnice ročnej tvorí významnú časť podielu na celkovom svetovom obchode s poľnohospodárskymi komoditami a predovšetkým s olejnatými semenami. V poslednom období bol v priemere zaznamenaný najväčší export nažiek z krajín EÚ v objeme 560 tis. ton, ďalej z Ukrajiny v množstve 314 tis. ton a taktiež z Číny (183 tis. ton). Priemerný svetový export sa pohybuje v objeme

okolo 1,8 mil. ton. Naopak, najväčším importérom nažiek slnečnice ročnej je dlhodobé Turecko a krajiny EÚ, kde sa v roku 2012 doviezlo 350 tis. ton nažiek a to predovšetkým z Ukrajiny a Ruska. Krajiny EÚ sú významnými exportérmi, aj importérmi. Pohyb nažiek udáva situáciu producenta bez účasti jeho spracovateľského priemyslu, ktorý však v prípade Ukrajiny, Argentíny a Ruska je vybudovaný na veľmi dobrej úrovni, takže podstatná časť ich produkcie je vyvážaná ako slnečnicový olej.

Medzi jednoznačne najvýznamnejších producentov slnečnicového oleja patrí Ukrajina, ktorá vyváža viac ako 2,9 mil. ton oleja ročne, pričom 50 % celkového svetového exportu je produkovaného práve na Ukrajine. Druhým najväčším exportérom oleja je Argentína (0,98 mil. ton) a Rusko (0,8 mil. ton). Svetový export slnečnicového oleja sa pohybuje na hranici 6 mil. ton. Jeho najväčšími importérmi sú India (0,97 mil. ton), krajiny EÚ (0,89 mil. ton) a Egypt (0,61 mil. ton). Svetový import slnečnicového oleja sa pohybuje na úrovni 6 mil. ton (MÁLEK *et al.*, 2013; FAO, 2015).

Slnečnica ročná ako poľnohospodárska plodina poskytuje mnohostranný úžitok. Dôležitá je ako predplodina, predovšetkým pre pšenicu letnú formu ozimnú a kukuricu siatu na zrno, preto patrí medzi tzv. prerušovačov obilných sledov. Ako jedna z mála plodín, z dôvodu zanechania veľkého množstva pozberových zvyškov, výrazne zvyšuje podiel organickej hmoty v pôde. Za významnú alternatívu považujeme jej pestovanie ako jarnej plodiny v arídnych podmienkach na ľahkých pôdach, kde by iné plodiny neobstáli (MÁLEK *et al.*, 2013).

Z dôvodu vyhovujúceho zloženia nenasýtených mastných kyselín (86 – 91 %) je olejninou poskytujúcou jeden z najkvalitnejších stolových olejov podieľajúcich sa na prevencii aterosklerózy, využívaných za účelom racionálneho zhodnotenia v ľudskej výžive. Obsahuje vitamíny komplexu B, tokoferoly a karotenoidy (VOJTAŠŠÁKOVÁ *et al.*, 2000; KANG *et al.*, 2014). Perspektívne zvýšenie využitia slnečnice ročnej na výrobu jedlých olejov je veľmi úzko späté s ďalším presmerovaním spracovania časti produkcie kapusty repkovej na výrobu biopalív (ZIEBELL *et al.*, 2013; KÖTSCHAU *et al.*, 2014).

Vysokú výživnú hodnotu má najmä pre vysoký obsah esenciálnej kyseliny linolovej (až 70 %), obsah lyzínu a metionínu v bielkovinách a pre prítomnosť karotenoidov. Obsah tukov kapusty repkovej pravej je 25 % a sójový 45 – 50 % kyseliny linolovej, ktorá má v ľudskom organizme antikarcinogénne účinky a znižuje hladinu cholesterolu v krvi. Na rozdiel od kapusty repkovej pravej, slnečnicový olej neobsahuje kyselinu erukovú a linolénovú (VOJTAŠŠÁKOVÁ *et al.*, 2000; BOZKURT & KARACAL, 2001; GESCH & JOHNSON, 2013; LAMAS *et al.*, 2014).

Hospodársky význam slnečnice ročnej môžeme posudzovať z viacerých hľadísk, zameraných predovšetkým na:

- *výrobu rastlinného oleja* obsahujúceho viac ako 85 % nenasýtených mastných kyselín, pričom viac ako dve tretiny z nich predstavuje kyselina linolová. Obsah kyseliny linolénovej musí byť nižší ako 0,1 %. Okrem už uvádzaných mastných kyselín obsahuje slnečnicový olej 0,1 – 0,2 % kyseliny palmitovej a stopy kyseliny myristovej (BOCKISCH, 1998). Komerčne dostupné hybridy slnečnice ročnej obsahujú od 39 – 49 % oleja v nažke. Rastlinné oleje sú obnoviteľným a potenciálne neobmedzeným zdrojom energie, s obsahom energie porovnateľným s motorovou naftou.

- *na výrobu krmív* pre živočíšnu výrobu. Poskytuje veľmi cenné a hodnotné krmivo. Výlisky, ktorých sa získa pri spracovaní slnečnicových semien 40 – 50 %, obsahujú približne 36 % kvalitných bielkovín. Sú vhodné najmä pre výkrmový hovädzí dobytok.

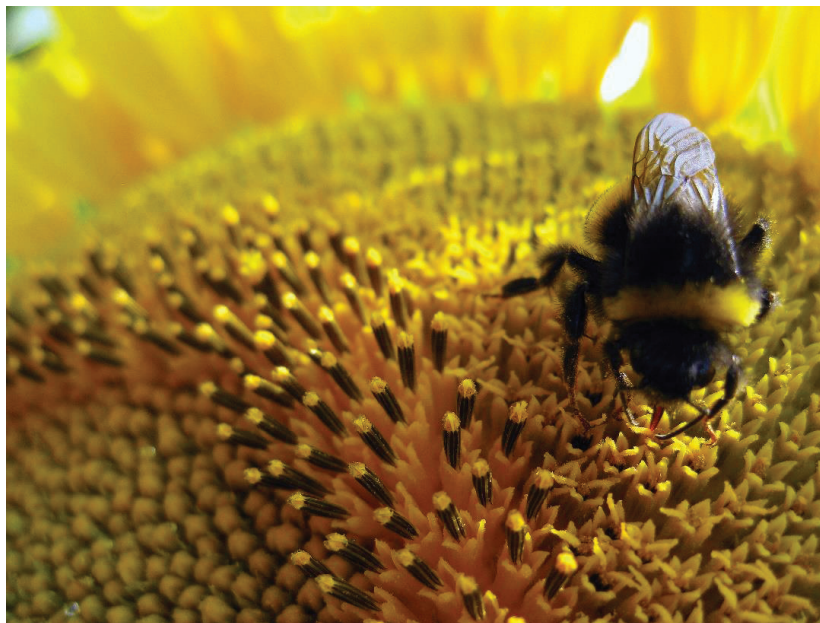
Nažky sa dajú použiť aj ako krmivo pre prežúvavce, ošípané či hydinu. Obsahujú vyšší podiel vlákniny a metionínu, ale majú nižšiu energetickú hodnotu a obsah lyzínu.

Zvyšky po spracovaní slnečnice ročnej pri výrobe oleja môžu byť využité ako náhradný zdroj bielkovín vo výžive zvierat. Okrem samotných nažiek sa môže slnečnica ročná skrmovať aj vo forme siláže. Zaujímavosťou silážnych slnečníc je dĺžka stonky, ktorá môže byť vyššia ako 5 m (MÁLEK *et al.*, 2013).

- *priemyselné využitie*, z dôvodu relatívne vysokej ceny slnečnicového oleja je jeho využitie v priemysle obmedzené. I napriek uvedenej skutočnosti uplatnenie nachádza v iných odvetviach priemyslu než potravinárskom – výroba lakov, farieb, plastov, mydiel, čistiacich prostriedkov, agrochemikálií, povrchovo aktívnych látok, lepidiel, zmäkčovadiel a mazív (FLAGELLA *et al.*, 2002; ZHELJAZKOV *et al.*, 2008).

Slnečnicové stonky sa v niektorých krajinách využívajú na kúrenie, stavbu prechodných plotov a pod. Vlákna zo stoniek sa využívajú na výrobu papiera alebo ako prísada do textílií. Popol stoniek obsahuje veľké množstvo draslíka a fosforu. Z popola stoniek a úborov sa získava furfurool. V suchej hmote listov slnečnice ročnej sa nachádza asi 0,6 % kaučuku a až do 3 % smoly (BANIČOVÁ & RYŠAVÁ, 2003).

- *mimoolejové využitie*, alternatíva ako krmivo pre exotické vtáctvo alebo ako potravinu pre ľudí. Druhy využívané pre mimoolejové využitie sú charakteristické väčšími načkami a vyžadujú mierne pozmenený manažment výroby. Nažky využívané na priamy konzum vo výžive ľudí majú nižší obsah oleja a vyšší obsah bielkovín a cukrov, ale i vlákniny, vitamínov a minerálnych látok. Používajú sa na priamy konzum bez, alebo s ďalšou úpravou – obaľovanie do čokolády, pridávanie do jogurtu, chleba, pečiva, šalátov a pod. (PÉREZ, 2003; BELINGHERI *et al.*, 2014; MÁLEK *et al.*, 2013).



Opel'ovanie slnečnice ročnej (Foto: D. Ernst)

Tabuľka 1 Výmera a produkcia slnečnice ročne na Slovensku (FAO, 2018)

Rok	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Plochy (mil.ha)	0,032	0,034	0,047	0,053	0,047	0,065	0,095	0,069	0,064	0,062	0,130	0,091	0,090	0,110	0,065	0,075	0,084	0,083	0,089	0,090	0,084	0,077	0,075	0,084
Úroda (t.ha ⁻¹)	2,01	1,63	1,71	1,92	1,42	1,63	1,33	1,74	1,81	1,83	1,91	2,12	2,14	2,13	2,11	2,51	2,24	1,81	2,27	2,19	2,33	2,62	2,31	2,94
Produkcia (mil. t)	0,064	0,056	0,081	0,105	0,068	0,107	0,124	0,117	0,120	0,116	0,251	0,194	0,193	0,231	0,134	0,193	0,190	0,150	0,201	0,197	0,196	0,201	0,174	0,246

Tabuľka 2 Výmera a produkcia slnečnice ročne v Európe (FAO, 2018)

Rok	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Plochy (mil.ha)	9,7	9,7	10,87	10,77	9,67	10,64	12,55	11,32	9,75	10,43	13,54	12,36	13,25	14,31	12,13	14,54	14,11	14,26	16,75	16,01	16,93	16,4	16,4	18,07
Úroda (t.ha ⁻¹)	1,13	1,11	1,25	1,13	1,2	1,12	1,09	1,17	1,09	1,25	1,21	1,26	1,36	1,38	1,26	1,51	1,46	1,40	1,66	1,51	1,89	1,75	1,79	1,91
Produkcia (mil. t)	11,01	10,79	13,6	12,21	11,56	11,89	13,73	13,26	10,65	13,03	16,32	15,57	17,97	19,77	15,22	21,95	20,57	19,89	27,78	24,19	31,89	28,9	29,30	34,44

Tabuľka 3 Výmera a produkcia slnečnice ročne vo svete (FAO, 2018)

Rok	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Plochy (mil.ha)	18,81	18,53	20,95	20,51	18,83	20,75	23,82	21,12	17,81	19,45	23,42	21,41	22,99	23,98	21,28	25,03	23,72	22,91	25,72	25,11	25,60	25,20	25,46	26,21
Úroda (t.ha ⁻¹)	1,06	1,18	1,26	1,21	1,24	1,21	1,22	1,25	1,15	1,26	1,17	1,22	1,33	1,32	1,24	1,44	1,37	1,32	1,59	1,50	1,75	1,64	1,74	1,81
Produkcia (mil. t)	20,01	21,87	26,3	24,85	23,37	25,05	29,15	26,45	20,45	24,5	27,4	26,03	30,58	31,6	26,34	36,08	32,39	30,41	40,86	37,54	44,75	41,42	44,37	47,35

1.2 Botanicko – morfológická charakteristika

Ríša:	rastliny	<i>Vegetabilia</i>
Podríša:	vyššie rastliny	<i>Cormobionta</i>
Oddelenie:	magnóliorasty	<i>Magnoliophyta</i>
<i>Trieda:</i>	dvojkľúčnicové	<i>Magnoliopsida</i>
Podtrieda:	astrové	<i>Asteridae</i>
Čeľaď:	astrovité	<i>Asteraceae</i>
Rod:	slnečnica	<i>Helianthus</i>
Druh:	slnečnica ročná	<i>Helianthus annuus</i>

(PECIAR, 2007)

Jedná sa o rastlinu jednoročnú, v rozsahu ktorej za štandardných podmienok pestovania hlavný kolovitý *koreň* zasahuje až do hĺbky viac ako 2 m, resp. 3 m. Na začiatku vývoja rastliny je koreňový systém charakterizovaný rýchlejšim rastom, v porovnaní s nadzemnou časťou rastliny (BANIČOVÁ & RYŠAVÁ, 2003). Hlavný koreň v rastovej fáze klíčnych listov dosahuje dĺžku 40 – 80 mm a má 6 – 10 vedľajších koreňov, z ktorých horné rastú rovnobežne s povrchom pôdy. V rastovej fáze 4 – 5 listov dosahuje hlavný koreň 500 – 700 mm a svoju maximálnu dĺžku dosahuje v rastovej fáze začiatku kvitnutia. Je intenzívne rozvetvený. Väčšina tenších postranných koreňov vyrastajúcich z hlavného koreňa sa nachádza v hĺbke 200 – 300 mm. Vďaka mohutnému koreňovému systému vykazuje slnečnica ročná pomerne vysokú odolnosť voči suchu a je schopná prijímať vodu a živiny aj z hlbších vrstiev pôdy. V dobre zapojených porastoch sú korene jednotlivých rastlín navzájom prestúpené a vyplňajú celú podzemnú pestovateľskú plochu (BURKE *et al.*, 2002; DALAI *et al.*, 2008; MÁLEK *et al.*, 2013).

Nevhodné fyzikálne vlastnosti pôdy sú príčinou neprimeraného, resp. nerovnomerného vývoja koreňov, čo má za následok zhoršenie príjmu vlhky a živín. Rastlina, ktorá má nedostatočne vyvinutý kolovitý koreň je v pôde ukotvená len nepatrne. Z dôvodu zvýšenej hmotnosti úboru sa následne z pôdy aj s koreňmi ľahko vyvracia.

Stonka slnečnice ročnej je mohutná a dobre olistená. Ma prevažne bylinný charakter, len v spodnej časti povrchovo drevnatie, na priereze valcovitá, vyplnená bielou hubovitou dreňou. Celková dĺžka stonky dosahuje u olejnatých druhov 0,40 – 2,0 m. V prípade silážnych a okrasných hybridov je dĺžka stonky aj 5 m. Priemerná hrúbka je najčastejšie 20 – 40 mm (BARANYK *et al.*, 2010).

Šľachtené hybridy sú v zásade nerozvetvené, rôzne typy vetvenia sa môžu vyskytovať u východiskového líniového materiálu. Základné typy vetvenia sú bazálne, vrcholové a po celej dĺžke stonky, s hlavným úborom alebo bez neho. Pri priemyselne využívaných typoch je vetvenie nežiaduce, pretože bočné úbory dozrievajú neskôr a nažky sú menšie (BANIČOVÁ & RYŠAVÁ, 2003).

Je pravidelne husto olistená, zelená, na povrchu nepravidelne hrboľatá, na hornej časti drsne bielo chlpatá. Na vrchole nesie kvetenstvo – úbor. V období rastu je vzpriamená, pred začiatkom kvitnutia sa však v hornej časti ohýba. Ohyb stonky, označovaný ako preklopenie úboru, má veľký praktický význam. Ovplyvňuje významné faktory určujúce výšku strát a úrody, akými sú prepád nažiek pri mechanizovanom zbere, poškodenie úboru vtáctvom a hubovými chorobami (BARANYK *et al.*, 2010). Pre stonku a taktiež aj listy je charakteristický heliotropizmus, t. j. snaha o natáčanie úboru a listov do polohy, v ktorej zvierajú s dopadajúcimi

slnečnými lúčmi uhol 90° (SNOW *et al.*, 1998; BURKE *et al.*, 2002; MÁLEK *et al.*, 2013).

Klíčne *listy* sú veľké, dlhé do 30 mm a široké 20 mm, mäsité, oválne, bez ochlpenia. Ich postavenie v priebehu dňa je vodorovné (FICK, 1978). Pravé listy sú okrem spodných 2 – 3 párov, ktoré majú protistočné postavenie, striedavé veľké trojžilové, dlhostopkaté. Počet listov je u pestovaných hybridov 20 – 30. Neskoršie hybridy mávajú viac listov ako skoršie. Tvar listov môže byť rôzny. Najčastejšie býva srdcovitý, trojuholníkovitý a kopijovitý, zriedkavejšie okrúhle alebo podlhovastý. Zúbkovanie okraja listov sa vyskytuje od jemného až po hrubé s rôznou pravidelnosťou. Farba listov je veľmi premenlivá od svetlozelenej až po tmavozelenú, s leskom alebo bez lesku. Ochlpenie sa vyskytuje na oboch stranách listu (FICK, 1978; BURKE *et al.*, 2002; BANIČOVÁ & RYŠAVÁ, 2003).

Okrem stonky aj listy sú charakteristické výrazným heliotropizmom. Listy sa väčšou časťou svojho povrchu neustále nastavujú slnku. Ich pohyb sa oneskoruje za azimutom slnka o 12° alebo 48 minút. Heliotropizmus sa prejavuje hlavne na mladých listoch. Avšak v poraste sa vždy nájdu také rastliny, ktoré takýmto spôsobom nereagujú (BANIČOVÁ & RYŠAVÁ, 2003; BARANYK *et al.*, 2010).

Kvety sú usporiadané do úboru (600 – 1200 kvetov), priemer ktorého je 0,05 – 0,75 m. Pri optimálne zapojenom poraste je priemer úboru 0,15 – 0,25 m. Lôžko úboru môže byť okrúhle alebo ploché, resp. na rôznom stupni vypuklé.

V súlade s postavením úboru na stonke v období zrelosti rozoznávame viaceré typy súkvetí (vodorovné, sklonené, vertikálne, poloprevisnuté a previsnuté). Súkvetie pozostáva z veľkého množstva drobných kvetov na priereze rúrkovitého tvaru (700 až 4 000 samostatných kvetov), vytvárajúce disk. Kvety lokalizované na okraji súkvetia majú tvar dlhých korunovitých pásov vytvárajúcich lúče zloženého kvetu. Zadná strana úboru je pokrytá malými zelenými listeňmi. Kruhovitá konštrukcia je tvorená okvetnými lístkami, ktoré sú viditeľné nad listeňmi. Tieto sú známe ako lúčovité kvety bez reprodukčnej funkcie, slúžiace len ako signalizátor pre včely a iných opeľovačov. Smerom k stredu úboru, sa nachádza veľké množstvo úplných kvietkov, známych ako diskové kvety. Každý z týchto kvetov je možným zdrojom nažiek alebo semien (SNOW *et al.*, 1998).

Lúčovité kvety sú úplne sterilné, majú bliznu a piestik, ale neobsahujú peľnice. Kvety vytvárajúce úrodu sú úplné, každý má trúbkovité okvetie a peľnice. Slnečnicové úbory sa otáčajú v závislosti od slnečného cyklu až do obdobia, pokiaľ nie sú všetky kvety opelené. Približne 70 dní je požadovaných od vysiatia po obdobie kvitnutia rastliny. Semená dosahujú zrelosť na 130. deň a môžu byť zberané o 10 dní neskôr.

V kvetenstve rozpoznávame jazykovité kvety (zlatožltej, niekedy slamovožltej farby, umiestnené v 1 – 2 radoch s počtom v rozpätí 30 – 70, priemernej dĺžky 80 mm a šírky 20 – 30 mm) kvety rúrkovité. Kvety umiestnené na terči v rozoznateľnej špirále, sú obojpohlavné. Ich farba môže byť žltá, červená prípadne purpurová. Každý kvet má listeň, ktorý drží nažku v úbore. Kalich je uchytený na hornom konci semenníka a skladá sa z dvoch kališných lístkov. Koruna má tvar rúrky. Tyčiniek je päť. Nitky sú voľné, iba na báze zrastajú s korunkou, peľnice po celej dĺžke zrastajú do kužeľa alebo valca. Piestik sa skladá zo semenníka s jednou oogéniou, čnelky a blizny. Blizna je protandrická, dozrieva neskôr ako peľnice. Intenzita antokyánového sfarbenia je rozlišovací znakom rúrkovitých kvetov. Peľové zrno je veľké, mierne sploštené, guľatého tvaru. Farba peľového zrna je žltá (SNOW *et al.*, 1998; BANIČOVÁ, RYŠAVÁ, 2003).

Slnečnica ročná je rastlinou výrazne hmyzomilnou. Porast kvitne pri priaznivých poveternostných podmienkach 2 – 3 týždne. Prevažne je cudzoopelivá, ale pri

nevhodnom priebehu poveternostných podmienok, v období kvitnutia, alebo nedostatku opelovačov dochádza k samoopelovaniu. Kvitnutie trúbkovitých kvetov začína postupne od kraja úboru k stredu (BURKE *et al.*, 2002; BANIČOVÁ, RYŠAVÁ, 2003).

Podmienkou oplodnenia a konečného vývinu nažiek je nielen dostatočné opelenie, ale dostatočná zásobenosť vodou a živinami. V prípade, že tieto podmienky nie sú úplne zabezpečené, dochádza k redukcii počtu nažiek, najmä uprostred úboru. Najlepšie vyvinuté nažky bývajú na obvode úboru. Úbor, rovnako ako stonka a listy, v priebehu rastu reaguje pohybom na smer dopadu slnečných lúčov. V období dozrievania uvedený jav ustane (BANIČOVÁ & RYŠAVÁ, 2003).

Plodom je nažka, na báze zahrotená a na špičke zaoblená. Dĺžka nažky je 10 – 15 mm, šírka 4 – 12 mm. Nažka dosahuje konečných rozmerov 14 dní po oplodnení. Podmienkou oplodnenia a konečného počtu nažiek je nielen dobré opelenie, ale aj dobré zásobenie vodou a živinami. Najlepšie vyvinuté nažky sú na periférii úboru, najhoršie vyvinuté sú v strede úboru (SNOW *et al.*, 1998).

Na priereze je štvorhranná, vonkajšia vrstva (*perikarp* alebo šupka) predstavuje 18 – 45 % celkovej hmotnosti nažky. Biela papierovitá vrstva bezprostredne pod *perikarpom* (*testa* alebo osemenie) je zložená z troch parenchymatických vrstiev, pre vnútornú vrstvu je charakteristická spongiovitá textúra. Endosperm sa skladá zo samostatnej vrstvy bohatej na proteíny, pevne spojenej so šupkou a embrya, zvyčajne nazývaného ako jadro. Embryo pozostáva z dvoch klíčkov spojených s vyčnievajúcim korienkom (BURKE *et al.*, 2002). Z hľadiska ochranného pôsobenia šupky proti škodlivým činiteľom má najvyšší význam stredná, vláknitá vrstva a k nej priliehajúca fytomelánová (pancierová) vrstva (BORECKÝ & STIFFEL, 1995).

Hlavná farba môže byť biela, sivá, hnedá, čierna s prípadným mramorovaním alebo pruhovaním. Farba pruhov býva biela, sivá, sivofialová alebo hnedá s rôznym umiestnením. Farba a pruhovanie je podobne ako tvar a veľkosť nažky, odrodový znak.

Podiel hmotnosti semena na hmotnosti nažky je biologicky limitovaný na úrovni 85 %. Neúmerne zväčšenie nažky má za následok zníženie výnosu oleja z rastliny. Nažky ťažšie ako 0,1 g majú veľké rozmery a sú menej olejnaté. Hmotnosť 1000 nažiek sa u súčasných hybridov pohybuje na úrovni 30 – 80 g, s optimom 40 – 60 g. Počet nažiek v úbore sa pohybuje v rozmedzí 1 000 – 3 000 (BANIČOVÁ & RYŠAVÁ, 2003).

1.3 Produkčný proces

Finálna úroda slnečnice ročnej je ovplyvňovaná interakciou početnej skupiny faktorov, ktoré majú rôzny podiel na jej celkovej úrovni (KARABÍNOVÁ, 1998, ION *et al.*, 2015). Jedná sa o:

- pôdne a stanovištné podmienky (geografická poloha, nadmorská výška, reliéf terénu, poloha pozemku, pôdne typy a druhy, kvalita a vlastnosti pôdy a pod.)
- klimatické a poveternostné podmienky (teplota, zrážky, vplyv ročníka, svetelné podmienky, množstvo vzduchu a vody v pôde a iné.
- individuálne schopnosti rastliny, resp. porastu: fotosyntetická aktivita, dýchanie, veľkosť asimilačného aparátu, aktivita koreňového systému, genetický základ, odolnosť voči nepriaznivým činiteľom, tvorba a redukcia úrodotočných prvkov, rast a vývoj rastlín, biologická hodnota osiva a pod.
- agrotechniku a spôsob hospodárenia: oševný postup, predplodina, základné a predsejbové obrábanie pôdy, predsejbová úprava osiva, výsevok, výživa a hnojenie,

aplikácia biologicky aktívnych látok, sejba, resp. sadenie, ochrana voči chorobám a škodcom, ošetrovanie v priebehu vegetačného obdobia, kvalita zberových prác, ľudský faktor a pod.

Slničnica ročná, ako každá rastlina, prekonáva počas svojho životného cyklu (ontogenézy) tri obdobia: vegetatívne, generatívne a produktívne. Vo vegetatívnom období prebieha klíčenie a vzchádzanie rastlín, ich zakoreňovanie a tvorba listov. V generatívnom období dochádza k diferenciacii vrcholového meristému (zakladaniu budúcich generatívnych orgánov). V produktívnom období dochádza po oplodnení k tvorbe plodov – nažiek. Počas životného cyklu dochádza v rastlinách k mnohým morfológickým a fyziologickým zmenám – rastu a vývoju, ktoré nemožno od seba navzájom oddeliť (PAČUTA & POSPIŠIL, 2001; ZHELJAZKOV *et al.*, 2008).

Pod pojmom rast rozumieme proces kvantitatívneho zväčšovania počtu, hmotnosti a veľkosti buniek (tvorba biomasy), sprevádzaný zmenou tvaru slnečnice ročnej. Vývoj predstavuje proces nevyhnutných kvalitatívnych zmien v bunkách, pletivách orgánov, ktorými rastlina prechádza od semena po odumretie rastliny (vytvorenie nových nažiek). Uvedené zmeny smerujú k vytvoreniu generatívnych orgánov slnečnice ročnej – kvetenstvu (ČERNÝ *et al.*, 2009). Pri raste a vývoji slnečnice ročnej rozlišujeme päť základných rastových fáz (BARANYK *et al.*, 2010):

Fáza A (A₀ – A₂) – fáza vzchádzania: trvá 7 – 20 dní, v závislosti od vlhkosti a teploty pôdy.

Fáza B (B₁ – B₄) – fáza výhradného vegetatívneho rastu: zohľadňuje obdobie 30 – 35 dní. V uvedenom období sa najintenzívnejšie rozvíja koreňový systém. Za významné z hľadiska uvedeného obdobia sa považuje kvalitné predsejbové obrábanie pôdy a z toho vyplývajúca štruktúra pôdy. Deficit vlahy môže spôsobiť redukciu počtu listových a kvetných základov. Dôsledkom je redukcia listovej plochy, počtu kvetov a následne nažiek, a tým aj celkovej úrody.

Fáza E (E₁ – E₅) – fáza hviezdčky: trvá v rozsahu 25 – 30 dní a v rámci nej dochádza k intenzívnemu rastu nadzemných vegetatívnych orgánov rastliny.

Fáza F (F₁ – F₄) – fáza kvitnutia: pre iniciáciu ktorej je nutné naplnenie sumy aktívnych teplôt v celkovej výške 800 – 900 °C. Kvitnutie porastu trvá približne 15 – 20 dní, jednotlivých rastlín okolo 8 – 10 dní. Úbor je v tejto fáze intenzívne fotosynteticky aktívny. Rastlina veľmi citlivo reaguje na nedostatok vody, čím narastá riziko napadnutia úboru chorobami.

Fáza M (M₀ – M₄) – fáza tvorby a dozrievania nažiek: je typická aktívnou syntézou zásobných látok a redistribúciou asimilátov z listov a stonky do nažiek. V tomto období často dochádza, v dôsledku výskytu a šírenia chorôb, k prerušeniu toku asimilátov, ku zníženiu úrody a zhoršeniu kvalitatívnych vlastností oleja.

Častejšie než vyššie uvedená metóda sa v praxi využíva stupnica BBCH. Jedná sa o makrofenologickú stupnicu, ktorá rozčleňuje jednotlivé rastové fázy na niekoľko ďalších stupňov, ktorými je možné rastovú fázu určiť detailnejšie (PASDA & DIEPENBROCK, 1991; ZHELJAZKOV *et al.*, 2008). V modernej agrotechnike je neznalosť jednotlivých rastových fáz neprípustná, nakoľko prostredníctvom nich sa určujú optimálne termíny pre agrotechnické a agrochemické zásahy, pre hodnotenie úrovne úrodovných prvkov a pre racionálne ovplyvňovanie úrodovného procesu (PAČUTA & POSPIŠIL, 2001).

BBCH stupnica slnečnice ročnej podľa autorov WEBER & BLEIHOLDER (1990) a LANCASHIRE (1991):

Rastová fáza 0: Klíčenie

- 00 Suché semeno (nažka)
- 01 Začiatok napučievania semena
- 03 Úplné napučievanie semena
- 05 Vynárajúci sa koreňok zo semena
- 06 Predlžovanie koreňka, tvorba koreňových vláskov
- 07 Hypokotyl a klíčne lístky vypučali zo semena
- 08 Hypokotyl a klíčne lístky vyrastajú smerom k povrchu pôdy
- 09 Vzchádzanie: klíčne lístky vyrastajú na povrchu pôdy

Rastová fáza 1: Vývoj listov

- 10 Úplne rozložené klíčne lístky
- 12 Prvý pár pravých listov rozložený
- 14 Druhý pár pravých listov rozložený
- 15 5. list rozložený
- 16 6. list rozložený
- 17 7. list rozložený
- 18 8. list rozložený
- 19 9. alebo viac listov rozložených

Rastová fáza 3: Predlžovanie stonky

- 30 Začiatok predlžovania stonky
- 31 1. viditeľne predĺžené internódium
- 32 2. viditeľne predĺžené internódium
- 33 3. viditeľne predĺžené internódium
- 3... fázy pokračujú až do...
- 39 9 alebo viac viditeľne predĺžených internódií

Rastová fáza 5: Vznik kvetov

- 51 Kvetenstvo viditeľné iba medzi najmladšími listami
- 53 Kvetenstvo oddelené od najmladších listov, listeň odlíšený od zelených listov
- 55 Kvetenstvo oddelené od najmladších zelených listov
- 57 Kvetenstvo jasne oddelené od zelených listov
- 59 Jazykové lístky viditeľné medzi listeňmi, kvetenstvo je stále uzavreté

Rastová fáza 6: Kvitnutie

- 61 Začiatok kvitnutia: jazykové lístky sú rozložené, kvety v disku sú viditeľné vo vonkajšej tretine kvetenstva
- 63 Kvetný úbor vo vonkajšej tretine rozkvitnutý (viditeľné tyčinky)
- 65 Plné kvitnutie: kvetný úbor v strednej tretine rozkvitnutý
- 67 Odkvitanie: kvetný úbor vo vnútornej tretine rozkvitnutý
- 69 Koniec kvitnutia: väčšina úboru odkvitnutá, jazykové kvety sú suché alebo opadané

Rastová fáza 7: Vývoj plodu

- 71 Na vonkajšej strane úboru sa nachádzajú sivé nažky v plnej veľkosti
- 73 Nažky na vonkajšej tretine úboru sú sivé a majú konečnú veľkosť
- 75 Nažky v strednej tretine úboru sú sivé a majú konečnú veľkosť
- 79 Nažky vo vnútornej tretine úboru sú sivé a majú konečnú veľkosť

Rastová fáza 8: Dozrievanie

- 80 Začiatok dozrievania: semená na vonkajšej strane čierne a tvrdé (anthocarp), úbor zo zadnej strany stále zelený
- 81 Semená na vonkajšej strane anthocarpu tmavé a tvrdé, zadný ofanthocarp stále zelený
- 83 Anthocarp žltá – zelený, semená obsahujú približne 50 % sušiny
- 85 Semená v strednej časti úboru tmavé a tvrdé. Zadná strana anthocarpu žltá, listene majú hnedé okraje. Semená obsahujú približne 60 % sušiny
- 87 Fyziologická zrelosť: zadná strana anthocarpu je žltá. Listene sú hnedo mramorované. Semená obsahujú približne 75 – 80 % sušiny
- 89 Plná zrelosť: semená sú z vnútornej strany anthocarpu tmavé a tvrdé. Zadná strana anthocarpu je tmavá a tvrdá. Listene sú hnedé. Semená obsahujú približne 85 % sušiny

Rastová fáza 9: Zrelosť

- 92 Prezretosť, semená obsahujú viac ako 90 % sušiny
- 97 Usychanie rastliny
- 99 Zber

Výsledná produkcia hmoty predstavuje biologickú úrodu, zachytávajúcu všetky časti rastliny na začiatku fyziologického dozrievania. Z hľadiska ekonomiky pestovania sa hodnotí len časť biologickej úrody – úroda hospodárska, čiže úroda tých častí rastlín, ktoré sa využívajú pri výžive ľudí, zvierat alebo pri priemyselnom spracovaní. Konečná hospodárska úroda je tvorená úrodotvornými prvkami (PASDA & DIEPENBROCK, 1991; ČERNÝ *et al.*, 2009). Slnečnica ročná je širokoriadková plodina (WEISS, 2000; BARANYK *et al.*, 2010; SPOSARO *et al.*, 2010), s nižšou kompenzačnou schopnosťou medzi jednotlivými úrodotvornými prvkami. Ako hlavný ukazovateľ pre konečné hodnotenie tejto skupiny plodín sa najčastejšie uvádza úroda oleja z jednotky plochy. Avšak v posledných rokoch sa dosiahnutý obsah oleja finančne nezhodnocuje, čiže sa jedná o veličinu skôr teoretickú. V praxi je rozhodujúce dosiahnutie vysokej úrody pri čo najvyššej rentabilite pestovania, za splnených normatívnych kvalitatívnych ukazovateľov nažiek. V praxi poskytujú vysoké úrody predovšetkým porasty kompletne a vývojovo homogénne (PASDA & DIEPENBROCK, 1991; KOVÁČIK, 2005; BARANYK *et al.*, 2010).

Zefektívnenie a optimalizáciu jednotlivých agrotechnických zásahov v priebehu produkčného procesu slnečnice ročnej je možné dosiahnuť pomocou nedeštruktívnej analýzy fyziologického stavu a kondície porastu (THENOT *et al.*, 2002; JONES *et al.*, 2009; PADHI *et al.*, 2012; TAGHVAEIAN *et al.*, 2014; ZHANG *et al.*, 2017). Významnými ukazovateľmi fyziologickej aktivity asimilačného aparátu sú spektrálne vegetačné indexy (PEÑUELAS *et al.*, 1998). Kvalitatívne charakteristiky fotosyntetického aparátu, najmä koncentrácia asimilačných pigmentov a aktivita primárnych fotosyntetických reakcií, umožňujú popísať fyziologický stav rastliny, ktorý ovplyvňuje celý produkčný proces. Pigmenty listu sa vyznačujú vysoko diferencovanou absorpciou v červenej spektrálnej oblasti fotosynteticky aktívneho žiarenia (FAR)

– chlorofyly, xantofyly a karotenoidy, ale nie v blízkej infračervenej oblasti (NIR). Z uvedeného vyplýva, že list sa vyznačuje slabým odrazom (reflektanciou) v oblasti FAR, ale vysokým odrazom v oblasti NIR. Spektrálne vegetačné indexy teda hodnotia fotosyntetickú výkonnosť na základe reflektancie žiarenia asimilačným aparátom rastlín v červenej a blízkej infračervenej spektrálnej oblasti. Je dlhodobo známe, že kompozícia asimilačných pigmentov, fotosyntetická aktivita, ako aj veľkosť listovej plochy modulujú reflektanciu listu (porastu), čo umožňuje hodnotiť spektrálne vegetačné indexy, ktoré sú v pozitívnej korelácii s fyziologickou (najmä s fotosyntetickou a transpiračnou) aktivitou rastliny. Meranie spektrálnych vegetačných indexov poskytuje významnú informáciu o stave fotosyntetického aparátu individuálnych listov alebo celého porastu (PRICE & BAUSCH, 1995; PEÑUELAS, 1990).

Podľa mnohých autorov sú najčastejšie využívanými reflektančnými indexmi parameter *NDVI* (normalized difference index) a *PRI* (photochemical reflectance index), korelujúce s fotosyntetickou výkonnosťou rastlín. Parametre sa využívajú v rýchlom nedeštruktívnom meraní koncentrácie asimilačných pigmentov, obsahu vody v rastline, efektívnosti využitia žiarenia, dusíkatej výživy, stresového stavu rastlín, veľkosti listovej plochy, či pri hodnotení primárnej produkcie porastov (PASDA & DIEPENBROCK, 1991; GAMON *et al.*, 1997; GAMON & QIU, 1997; PEÑUELAS *et al.*, 1997; GAMON & SURFUS, 1999; HILKER *et al.*, 2008; SUARÉZ *et al.*, 2008; VILFAN *et al.*, 2016; ALI *et al.*, 2017; ZHANG *et al.*, 2017).

Spektrálny vegetačný index NDVI je jedným z najstarších, najznámejších a najpoužívanejších vegetačných indexov. Je dôležitým ukazovateľom obsahu chlorofylu v rastlinách, absorpcie fotosynteticky aktívneho žiarenia, fotosyntetickej kapacity porastu, objemu prieduchov alebo evaporácie porastu (SELLERS, 1985). Zvýšené hodnoty *NDVI* a ich nárast počas vegetačného obdobia poukazujú na vyššiu koncentráciu chlorofylov spôsobujúcu nárast fotosyntetickej výkonnosti listu (GAMON *et al.*, 1997). *NDVI* je daný stupňom absorpcie chlorofylu pri červených vlnových dĺžkach – využíva detekciu odrazeného žiarenia z listu pri vlnových dĺžkach vo viditeľnej (660 nm) a blízkej infračervenej (740 nm) oblasti. Absorbancia je priamo úmerná obsahu chlorofylu v listoch a schopnosti odrážať blízke infračervené žiarenie (TUCKER *et al.*, 1985; 2001). Využíva sa najmä na monitoring stavu vegetácie, predikciu úrod poľnohospodárskych plodín a na detekciu sucha (MOULIN *et al.*, 1998).

Spektrálny vegetačný index PRI, nazývaný aj ako index fotochemickej reflektancie zaviedli do ekofyziológie rastlín GAMON *et al.* (1992). Je korelovaný s efektívnosťou využitia slnečného žiarenia, nakoľko citlivo odráža zmeny karotenoidových pigmentov v listoch (napr. xantofyl, zeaxantín), ktoré svedčia o efektívnosti využívania fotosyntetického svetla. *PRI* je možné zaznamenávať na dvoch blízkych pásmach žiarenia 531 a 570 nm. Je významným ukazovateľom efektivity využitia fotosyntetického žiarenia (GAMON *et al.*, 1997). Korelovaný je taktiež s aktivitou mnohých primárnych fotochemických reakcií. Udáva mieru absorpcie oxidu uhličitého na jednotku absorbovanej energie, vďaka čomu funguje aj ako spoľahlivý index vodného stresu špeciálne v podmienkach sucha (GAMON *et al.*, 1997; THENOT *et al.*, 2002; SUARÉZ, 2008).

Jednou z najvyužívanejších techník analýzy teploty listu rastlín je infračervená (IR) termografia (JONES *et al.*, 2009). S rozvojom infračervenej termografie sa bezkontaktné a nedeštruktívne meranie teploty listu či porastu stali jednoduchým nástrojom identifikácie fyziologického stavu rastliny a trendom v manažmente agrotechnických zásahov v modernej rastlinnej produkcii a potravinárstve (JONES

et al., 2009; QUI *et al.*, 2009; VADIVAMBAL & JAYAS, 2011; PADHI *et al.*, 2012; FERNANDO *et al.*, 2016; BODRONE *et al.*, 2017).

Transpirácia je spolu s fotosyntézou významným faktorom ovplyvňujúcim výslednú produkciu slnečnice ročne. Regulácia otvorenosti prieduchového aparátu (prieduchová vodivosť g_s) dobre reflektuje environmentálne stresové situácie, predovšetkým deficit vody, vysokú teplotu a chlad. Vodivosť prieduchového aparátu pre vodu a CO₂ je tiež ovplyvňovaná vlhkosťou atmosféry, rýchlosťou prúdenia vzduchu a intenzitou ožiarenia listu (BUNCE, 1997; RISHENG *et al.*, 2014). Regulácia prieduchovej vodivosti ovplyvňuje rýchlosť transpirácie rastlín (JONES, 1998). Zatváranie prieduchov a teda zníženie rýchlosti transpirácie vedie k zvyšovaniu teploty povrchu listu, na čo už začiatkom šesťdesiatych rokov poukazovali MONTEITH & SZEICZ (1962). Tento efekt sa môže potenciálne prejavovať zvýšením teploty listu až na okolitú teplotu atmosféry. Na druhej strane, intenzívne transpirujúci povrch disponuje nižšou povrchovou teplotou ako okolité prostredie, pretože vyparovanie vody je spojené s tepelnými stratami. Teplota listu je teda ovplyvnená rýchlosťou transpirácie rastliny, čo umožňuje predpovedať vodný režim rastliny a tiež prieduchovú vodivosť (JONES, 1998; RISHENG *et al.*, 2014; ZHANG *et al.*, 2017).

Najjednoduchším a najznámejším vyjadrením týchto rozdielov je kalkulácia *teplotnej diferencie* ΔT , ktorá predstavuje rozdiel medzi teplotou listu a teplotou okolitého prostredia rastliny. Nakoľko je ΔT priamo ovplyvňovaná mnohými fyziologickými procesmi v rastline, je vhodným indikátorom biologickej zdatnosti genotypu v danom prostredí (COSTA *et al.*, 2013; ANANDHI & BLOCKSOME, 2017). Ako zistil REYNOLDS *et al.* (1998), parameter teplotnej diferencie poukázal na vysokú genetickú koreláciu s úrodou, a preto je tento parameter možné využiť aj ako nepriame selekčné kritérium. Teplota listov, resp. porastu je priamo spojená s hodnotami evapotranspirácie porastu. Z toho dôvodu je práve infračervené snímanie teploty porastu vhodnou metódou na sledovanie vodivosti prieduchov a na odhad intenzity transpirácie rastlín (JACKSON, 1982; JONES *et al.*, 2002; COSTA *et al.*, 2013). Na základe ΔT , ktorá vypovedá o intenzite uzatvárania prieduchov a transpirácie, možno hodnotiť fyziologický a zdravotný stav rastlín (JONES *et al.*, 2009; QUI *et al.*, 2009), či správanie prieduchového aparátu. Úspešne sa využíva aj pri detekcii vodného stresu rastliny (FUENTES *et al.*, 2014; ARGYROKASTRITIS *et al.*, 2015; FERNANDO *et al.*, 2016), efektívnosti využitia vody, riadenia závlah, optimalizácii agrotechnických zásahov a pod. (JONES, 2004; COHEN *et al.*, 2005; JONES, 2009).

Ako uvádza JACKSON *et al.* (1981; 1988), POU *et al.* (2014), ARGYROKASTRITIS *et al.* (2015), FERNANDO *et al.* (2016) a ZHANG *et al.* (2017), použitie termovízie predstavuje síce značný pokrok v monitorovaní ukazovateľov fyziologického stavu rastlín, avšak relevantné závery z jej využívania je potrebné podložiť konzistentným a dôkladnejším prístupom pri zbere dát a následnej analýze obrazových snímkov. Jedným z takýchto prístupov je výpočet *indexu vodivosti prieduchov* (I_g) a *index vodného stresu rastlín* (CWSI), na základe ktorých je možné lepšie posúdiť stav vlhových podmienok, ktorý by bol inak meraný len prostredníctvom vodivosti prieduchov.

Výpočet I_g a CWSI je založený na troch hlavných environmentálnych premenných: teplotou porastu (T_c), teplotou vzduchu (T_a) a tlakom atmosférických pár. Všetky tieto tri premenné majú veľký vplyv na schopnosť rastlín prijímať vodu (REGINATO, 1983; BRAUNWORTH, 1989). Interpretácia CWSI v súvislosti s vodným režimom určitého rastlinného druhu vyžaduje vedomosti o produkčnom procese plodiny v podmienkach vodného stresu. V prípade plodín extrémne citlivých na vodný stres nemusí byť CWSI dostatočným ukazovateľom na stanovenie závlahových dávok.

Avšak pre plodiny, ktoré znášajú mierny až stredne intenzívny vodný stres, resp. dokážu profitovať z nedostatku vody v určitých rastových fázach môže byť CWSI významným indikátorom závlahových dávok (GARDNER *et al.*, 1992; POU *et al.*, 2014; TAGHVAEIAN *et al.*, 2014; FERNANDO *et al.*, 2016; ZHANG *et al.*, 2017).

Najdôležitejšou vlastnosťou zelených rastlín je schopnosť tvorby organických látok prostredníctvom fotosyntézy, od ktorej závisia všetky fyziologické procesy. Pre dosiahnutie maximálnej úrody je rozhodujúce, aby sa na organickú hmotu porastu premenil čo najväčší podiel celkovej využiteľnej energie slnečného žiarenia, ktoré na plochu dopadne (PASDA & DIEPENBROCK, 1991; ČERNÝ *et al.*, 2009).

1.4 Agroekologické podmienky pestovania

Najvhodnejšie podmienky na pestovanie slnečnice ročnej na semeno sa na Slovensku nachádzajú v kukuričnej výrobní oblasti. Keďže je pomerne náročná na teplo a svetlo a je relatívne suchovzdorná. Vyhovujú jej rovinaté pozemky s južnou alebo juhozápadnou expozíciou. Pri pestovaní na zelené kŕmenie a na siláž sa môže pestovať aj v chladnejších oblastiach (BANIČOVÁ & RYŠAVÁ, 2003).

S nastávajúcou situáciou zmeny klímy bude možné využiť možnosti postupného rozširovania jej pestovania do repárskej či zemiakovej výrobní oblasti. Z pôdných podmienok sú rozhodujúce fyzikálne, chemické a biologické vlastnosti pôdy, jej zásobenie vodou a živinami. Z klimatických sú to faktory ako svetlo, teplota, atmosférické zrážky a prúdenie vzduchu (BARANYK *et al.*, 2010; ION *et al.*, 2015). Všetky uvedené faktory (ZHELJAZKOV *et al.*, 2008) majú výrazný vplyv na množstvo a kvalitu produkcie.

Na pôdny druh a typ nie je slnečnica ročná obzvlášť náročná. Najvhodnejšími pôdnymi typmi sú černozeme, hnedozeme alebo fluvizeme vzniknuté na horninách bohatých na K, na ktorých poskytuje najvyššie úrody (MENGEL, 2007). Podobne sa jej darí na pôdach bohatých na organickú hmotu, s dobrou zásobou živín a vody. Veľmi dobre prospieva na štruktúrnych pôdach s vysokou biologickou aktivitou. Nie je prísne vyhranená ani pre pôdnu reakciu, optimálne hodnoty sa však pohybujú v rozmedzí 6,0 – 7,2 (HELMY & RAMADAN, 2009; BARANYK *et al.*, 2010; MÁLEK *et al.*, 2013).

Kyslé pôdy s hodnotou pH pod 5,5 sú nevyhovujúce, podobne ako pôdy zasolené, podzolové, glejové, či príliš utlačené. Problematické sú taktiež pôdy studené, podmáčané, s vysokou hladinou podzemnej vody, neumožňujúce včasnú a kvalitnú prípravu pôdy. Z pestovateľského hľadiska nie sú vhodné ani pôdy príliš ľahké, piesočnaté, na ktorých sa zväčša dosahuje nižšia produkcia (VEVERKA *et al.*, 2003; MÁLEK *et al.*, 2013).

Slnečnica ročná je náročná na dostatok svetla, ktoré ovplyvňuje jej rast, vývoj i produktivitu. Svetelné žiarenie ovplyvňuje úroveň fotosyntézy podstatne výraznejšie než teplota a zásobenie pôdy vodou, čo umožňuje jej rozširovanie do teplejších oblastí. Fotosyntetický výkon závisí od veľkosti listovej plochy, veku listu a jeho umiestnenia na rastline. Najväčší fotosyntetický výkon má 15. – 20. list. Tieto listy sú najväčšie a zachytávajú aj najviac slnečných lúčov. Mladé listy majú vyšší fotosyntetický výkon než staré a listy otáčajúce sa za slnkom majú účinnosť fotosyntézy vyššiu v priemere o 10 – 20 % než listy stacionárne (GIBBS, 2004; MÁLEK *et al.*, 2013).

Listová plocha slnečnice ročnej dosahuje maximálnu veľkosť v období 50 – 90 dní od vzídenia. Listový aparát zachytáva a zužitkováva najviac slnečného žiarenia v období začínajúcom 20 dní pred začiatkom kvitnutia a trvajúcom 30 – 40 dní (rastová

fáza kvitnutia a tvorby nažiek). V tomto období je porast na dĺžku osvetlenia najcitlivejší. Hustota porastu ovplyvňuje index pokryvnosti listovej plochy (LAI). Hodnota LAI 2,5 – 3,0 je považovaná za optimálnu a zodpovedá 2,5 – 3 m² listovej plochy na 1 m² pozemku. Vyššie hodnoty LAI spôsobujú zhoršené svetelné podmienky porastu a v konečnom dôsledku i pokles produkcie o 40 – 50 % (GIBBS, 2004; ČERNÝ *et al.*, 2009; MÁLEK *et al.*, 2013).

Napriek tomu, že je slnečnica ročná plodinou arídnych a semiarídnych oblastí, má relatívne vysoké nároky na vodu. Transpiračný koeficient je v porovnaní s ostatnými plodinami pomerne vysoký (k vytvoreniu 1 g sušiny spotrebuje približne 580 g vody). Ak však nastane situácia, že má vody nedostatok, dokáže s ňou veľmi dobre hospodáriť. Požiadavky na vlahu nemusia zabezpečovať iba atmosférické zrážky, pretože dobre využíva aj zásoby vody v pôde a to aj z väčších hĺbok. Avšak naopak, za vlhka pri jej nadbytku ňou plytvá (ČERNÝ *et al.*, 2011).

Bez výraznejšieho poklesu úrody nažiek znesie slnečnica ročná sucho trvajúce 4 – 6 týždňov, nakoľko je schopná produktívne asimilovať aj za sucha. Množstvo vody, ktoré potrebuje sa líši od zrnitostného zloženia pôdy, na ktorej sa pestuje. Menej vody potrebuje na vododržných, stredne ťažkých pôdach, pričom na priepustných, ľahkých jej potrebuje spravidla viac. Slnečnica ročná veľmi dobre využíva zrážkovú vodu vďaka „strechovite“ usporiadaným listom na stonke, ktoré odvádzajú dažďovú vodu ku koreňom. Nároky na sumu zrážok počas vegetácie sú pomerne nízke, v rozmedzí 450 – 500 mm (WANJARÍ *et al.*, 2001; AGELE, 2003; MÁLEK *et al.*, 2013).

Zvýšené nároky na prísun vody má v prvých 30 dňoch vegetačného obdobia, ďalej 15 – 20 dní pred kvitnutím a 10 – 15 dní po odkvitnutí. Výrazné daždivé počasie v období kvitnutia však vedie k zhoršovaniu opelovacích podmienok pre včely a tým pádom aj k menšej násade nažiek. Dlhotrvajúce dažde v období dozrievania sú nežiaduce a vedú k rozvoju hubovitých chorôb (KOVÁČIK, 1993).

Slnečnica ročná je plodinou teplej časti mierneho pásma, je teda teplomilná. Jej nažky klíčia už pri teplote 4 °C, avšak optimálna teplota pre ich klíčenie je 8 – 10 °C. Rozhodujúca je však teplota pôdy v hĺbke 50 mm a nie teplota vzduchu. Ak sú nažky pri klíčení vystavené nízkym teplotám, dochádza k veľmi pomalému klíčeniu a vzhádzajúce rastliny sú často napádané pôdnymi patogénmi. Slnečnica ročná je však napriek tomu voči nízkym teplotám pomerne odolná, pričom vo fáze klíčnych listov je jej odolnosť najvyššia, vtedy dokáže prečkať aj teploty od -2 do -6 °C. Neskôr jej odolnosť voči nízkym teplotám rýchlo klesá. Pri nízkych teplotách po vzídení dochádza neskôr počas vegetácie k pomerne častému negatívnemu javu – vetveniu stonky, čo vedie k zahusteniu porastu a tvorbe veľkého množstva maličkých úborov s nekvalitnými nažkami (MÁLEK *et al.*, 2013).

Slnečnica ročná má nároky na sumu aktívnych teplôt nad 5 °C v rozpätí 1 600 – 2 000 °C. Zvýšené požiadavky na teplotu v priebehu rastu a vývoja má v období kvitnutia a dozrievania nažiek. Teplota má taktiež nezanedbateľný vplyv na množstvo kvalitu oleja v nažkách. Najvyššie nároky na teplotu má rastlina v období tvorby generatívnych orgánov, čiže v priebehu kvitnutia a tvorby nažiek. V období od júla do polovice augusta by nemala priemerná nočná teplota klesnúť pod 18 °C a denná teplota pod 24 °C. Koncom augusta a v septembri vyžaduje slnečnica ročná priemernú nočnú teplotu vyššiu ako 15 °C a dennú teplotu nad 20 °C (BARANYK *et al.*, 2010).

1.5 Technologické aspekty pestovania

Pred samotným založením porastu je dôležitý výber pozemku, na ktorom sa bude slnečnica ročná pestovať. Zaraďujeme ju medzi tzv. veľkoplošné plodiny a jej pestovanie na menších a členitých plochách vedie k nižšej rentabilite pestovania. Nevhodné je vysievať slnečnicu ročnú na pozemky, na ktorých boli v rotácii osevného postupu aplikované vyššie dávky hospodárskych hnojív, ktoré spôsobujú vyššiu intenzitu zaburinenosti a jej sťažujú reguláciu.

Z hľadiska expozície najlepšie vyhovujú rovinaté a otvorené pozemky, s prirodzenou vzdušnou ventiláciou, resp. mierne svahy s južnou alebo juhozápadnou expozíciou. Na severných svahoch vzchádzajú porasty oneskorene a nevyrovnané, rastliny často poliehajú a vykazujú nízku odolnosť voči patogénom (BARANYK *et al.*, 2010; ION *et al.*, 2015). Pri výbere pozemku je taktiež potrebné vylúčiť pozemky v blízkosti lesných porastov a mestských aglomerácií (MÁLEK *et al.*, 2013).

Slnečnica ročná patrí medzi plodiny citlivo reagujúce na dodržanie zásad striedania plodín. Neodporúča sa monokultúrne pestovanie slnečnice ročnej na tom istom pozemku, ideálny odstup je 6 – 8 rokov. Problematickým je výmrav slnečnice ročnej, ktorý pri jej častejšom zaraďovaní na ten istý pozemok spôsobuje zaburinenie tzv. burinnými rastlinami. Medzi kapustou repkovou pravou a slnečnicou ročnou sa odporúča dodržať 3 – 5 ročný odstup a to v súlade so stupňom výskytu hubovitých chorôb v priebehu pestovateľských rokov.

Najvhodnejšími predplodinami sú hustosiate obilniny (pšenica letná forma ozimná) a kukurica siata, veľmi dobre regulujúce buriny a potláčajúce hubovité choroby. Okrem kapusty repkovej pravej za nevhodné predplodiny sú považované hlbokokoreniace rastliny, najmä sója fazuľová, lucerna siata, repa cukrová a väčšina druhov zelenín (MÁLEK *et al.*, 2013).

Optimálna voľba jednotlivých pracovných operácií, v technologickom systéme pestovania, vychádza z jej všeobecných požiadaviek na pôdnoklimatické podmienky v danej oblasti, resp. regiónu a závisí od pestovanej predplodiny. Z hľadiska obrábania pôdy je možné slnečnicu ročnú pestovať konvenčným, redukovaným, minimalizačným a pôdoochranným spôsobom (SCHNEITER, 1997; PERRETTI *et al.*, 2004). V systéme obrábania pôdy sa najskôr zameriavame na homogenizáciu pozberových zvyškov podmietskou. Po podmiatke sa odporúča pozemok povalcovať, čím sa zlepšia podmienky pre vzchádzanie burín a výmrav predplodiny. Po ich vzídení sa v priebehu októbra – novembra realizuje orba, ktorej hĺbka závisí od predplodiny, pôdneho profilu, potreby zapravenia organických hnojív, pozberových zvyškov a ničenia prežívajúcich štádií húb. Za štandardných pôdnych a poveternostných podmienok sa pred orbou zapracúvajú minerálne hnojivá a súčasne s orbou sa odporúča hrubé urovnanie povrchu pôdy.

V jarnom období sa kladie, najmä v suchších oblastiach a na ľahkých piesočnatých pôdach, dôraz na šetrenie pôdnou vlhkosťou. Slnečnica ročná veľmi citlivo reaguje na utuženie pôdy. Predsejbové obrábanie pôdy závisí od vyzretosti pôdy. Jarná príprava pôdy má za úlohu kvalitne pripraviť osivové lôžko, s dostatočným množstvom vlahy pre klíčenie a vzchádzanie a rovnomerný vývoj porastu. Pred samotným založením porastu je potrebné sa rozhodnúť pre optimálnu technológiu pestovania slnečnice ročnej, rešpektovať pravidlá výsevu a správneho výberu hybridu (KOVÁČIK, 2005; ION *et al.*, 2015).

Pri pestovaní slnečnice ročnej rozlišujeme niekoľko technológií pestovania. Z hľadiska filozofie hospodárenia možno ju pestovať v konvenčnom či ekologickom

systéme hospodárenia, integrovanej produkcii, presnom poľnohospodárstve a v poľnohospodárskych systémoch založených na rôznych holistických metódach a pod.

Kvalitu sejby ovplyvňujú základné agrotechnické parametre výsevu, za ktoré sa považujú termín, hĺbka, výsevne množstvo, kvalita osiva, technický stav sejačky a kvalitne pripravené osivové lôžko. Pri skorých výsevoch je vysoká pravdepodobnosť dosiahnutia vyšších úrod v porovnaní s výsevmi realizovanými neskôr. Agrotechnický termín výsevu, na základe pôdných a poveternostných podmienok, je nasledovný:

- *III. dekáda marca až I. dekáda apríla (skorý výsev)*. Je vhodný pre teplejšie oblasti s ľahkými piesočnatými pôdami a do oblastí s nedostatkom zrážok,
- *II. dekáda apríla (normálny výsev)*. Najvhodnejší termín výsevu pre väčšinu pestovateľských plôch, vo väčšine pestovateľských oblastí,
- *III. dekáda apríla až začiatok mája (neskorý výsev)*.

Hĺbka sejby závisí od zrnitostného zloženia pôdy a jej vlhkosti. Na ťažších a vlhších pôdach sa seje plytšie, na ľahších a suchších pôdach hlbšie. V optimálnych podmienkach sa seje do hĺbky 50 mm (MÁLEK *et al.*, 2013; ION *et al.*, 2015).

Pestovateľský spon v podmienkach strednej Európy vychádza z kontinuálneho mechanizačného vybavenia (sejačky a zberové adaptéry). Medziriadková vzdialenosť je 0,70 – 0,75 m a vzdialenosť v riadku 0,22 – 0,27 m. Široké riadky sú vhodné pre zabezpečenie lepších mikroklimatických podmienok v poraste a jeho rýchlejšie osychanie, čo je dôležité najmä v období kvitnutia (ČERNÝ *et al.*, 2009; MÁLEK *et al.*, 2013). V prehustených porastoch vytvára slnečnica ročná malé úbery s drobnými nažkami. Rastliny sa vzájomne zatieňujú, poliehajú, často trpia hubovitými chorobami, nažky horšie dozrievajú, zber je komplikovaný a úroda nízka (IBRAHIM, 2012). Orientácia riadkov by mala byť od severu na juh a zabezpečovať najväčšiu svetelnú expozíciu, nakláňanie úborov po riadkoch, nízke zberové straty, lepšie osychanie porastu (ČERNÝ *et al.*, 2009; MÁLEK *et al.*, 2013). Dôležitým faktorom zakladania porastu je kvalitné osivo. Horšiu kvalitu osiva nie je možné kompenzovať vyšším výsevom. Pri nastavení správneho výsevu je potrebné zohľadniť:

- špecifické požiadavky pre konkrétny hybrid,
- agroekologické podmienky danej lokality a konkrétneho pozemku,
- podmienky pre vzhádzanie,
- riziko možného poškodenia porastu.

Výsevom sa odporúča na úrovni vytvorenia 65 – 75 000 jedincov na hektár (MÁLEK *et al.*, 2013; ION *et al.*, 2015). ČERNÝ *et al.* (2009) udáva optimum 55 – 65 000 jedincov, pričom v závlahových podmienkach možno túto hodnotu zvýšiť o 10 %. Ako uvádza pestovateľský portál www.plantprotection.hu, vegetačné obdobie hybridov trvá 90 – 140 dní. Podľa dĺžky vegetačného obdobia sa hybridy rozdeľujú na skoré (do 105 dní), poloskoré (105 – 110 dní), poloneskoré (110 – 120 dní) a neskoré (viac ako 120 dní). Teplejšia pestovateľská oblasť zodpovedajúca kukuričnej až teplej repárskej výrobnjej oblasti je vhodná pre pestovanie hybridov všetkých skupín skorosti. Chladnejšia pestovateľská oblasť zodpovedá repárskej výrobnjej oblasti a je vhodná pre pestovanie hybridov zaradených do skorého a veľmi skorého sortimentu. V okrajovej pestovateľskej oblasti je výber hybridov obmedzený iba na veľmi skorý sortiment (MÁLEK *et al.*, 2013).

Pri výbere hybridu sa zohľadňuje (BARANYK *et al.* (2010):

1. Finálna produkcia:
 - *olejný (konvenčný) typ*: hybrid pre spracovanie na olej, obsah tuku nad 44 %, obsah kyseliny linolovej minimálne 62 %, patrí sem väčšina registrovaných hybridov,

- *high oleic typ*: hybrid so zvýšeným obsahom kyseliny olejovej v oleji (min. 82 %),
 - *kŕmny typ*: hybrid so zníženým obsahom tuku v rozmedzí 25 – 40 %,
 - *potravinársky typ*: hybrid so zníženým obsahom tuku a zvýšeným obsahom bielkovín.
2. Skorosť hybridu.
 3. Úroda a zodpovedajúce kvalitatívne ukazovatele.
 4. Odolnosť (tolerancia) voči hospodársky významným chorobám.
 5. Odolnosť (tolerancia) voči účinným látkam vybraných herbicídov.

Správny výber hybridov je jedným zo základov úspešného pestovania slnečnice ročnej (KÖTSCHAU, 2014; MÁLEK *et al.*, 2013). Výber hybridu by mal zohľadňovať pestovateľskú oblasť a pôdnoekologické podmienky. V štúdiách bolo zistené (FLAGELLA *et al.*, 2002), že obsah tukov je v rozhodujúcom rozsahu ovplyvnený geneticky (69,6 %), ďalej poveternostnými podmienkami ročníka (10,3 %) a termínom výsevu (6,8 %). Naopak celková úroda bola prevažne ovplyvnená ročníkom (58,8 %), termínom výsevu (12,9 %) a hybridom (10,7 %).

Pri hybridoch typu *high oleic* je potrebné pri ich pestovaní dodržať izolačnú vzdialenosť od olejného typu slnečnice ročnej minimálne 150 m, zabezpečiť oddelený zber, pozberovú úpravu a skladovanie produktu (BARANYK *et al.*, 2010; GESCH, JOHNSON, 2013). Voľba počtu hybridov slnečnice ročnej v rámci poľnohospodárskeho podniku pre rozloženie pestovateľského rizika je limitovaná celkovou plochou v podniku, rôznorodosťou klimatických a pôdnych podmienok na konkrétnych honoch. Na základe výmery v konkrétnom podniku je možné odporučiť počet hybridov nasledovne: do 50 ha dva hybridy, do 100 ha dva až tri hybridy, nad 100 ha tri a viac hybridov. Pre rozloženie zberu je vhodné kombinovať hybridy s rôznou skorosťou (MÁLEK *et al.*, 2013).

Z hľadiska regulácie zaburinenosti je známa technológia pestovania konvenčná, ClearField®, ClearField Plus® a ExpresSun®. Uvedené technológie sú zväčša založené na konvenčnom spôsobe obrábania pôdy a medzi sebou sa diferencujú konkrétnym spôsobom regulácie zaburinenosti (ELEZOVIC *et al.*, 2012; www.agroselect.md).

VISCHETTI *et al.* (2002) charakterizuje *konvenčnú technológiu regulácie zaburinenosti* ako systém založený na tradičnom spôsobe obrábania pôdy a ošetrovania porastov v priebehu vegetačného obdobia. Pri tejto technológii sa využívajú hybridy slnečnice ročnej určené pre konvenčný spôsob pestovania.

V snahe dosiahnuť čo najúčinnnejšiu kontrolu burín, pestovatelia a spoločnosti zaoberajúce sa ochranou rastlín spojili svoje sily a vyvinuli produkčné systémy, v ktorých sú herbicídy a rôzne druhy plodín vo vzájomnej interakcii. Tento prístup predstavuje pestovanie rôznych druhov plodín, ktoré sú tolerantné voči špecifickým herbicídom.

ClearField® produkčný systém predstavuje celosvetovo akceptovaný prístup, ktorý poskytuje výhodný spôsob ochrany rastlín farmárom na celom svete. ClearField® je technológia, pri ktorej je prirodzeným šľachtením v odrodách vyšľachtená tolerancia voči účinnej látke imazamox. Osivá a herbicídy sú špeciálne vyvíjané vo vzájomnej interakcii, ktorá vedie k vyššiemu využitiu úrodového potenciálu rastlín (KUDSK, 2002; NADASY *et al.*, 2008; BASF, 2013; DUPONT, 2013; SKALA, 2016; www.agro.basf.com).

Na Slovensku je ClearField® produkčný systém využívaný v slnečnici ročnej a umožňuje postemergentnú aplikáciu prípravku Pulsar 40® (www.agro.basf.sk). Pomocou tradičného preemergentného ošetrovania a ošetrovania postemergentným

prípravkom Pulsar 40[®] je možné dosiahnuť významné odburinenie a pri kombinácii s vhodne zvoleným výkonným hybridom tak môže pestovateľ dosiahnuť maximálnu úrodu nažiek. Táto technológia jednou z mála technológií, ktorá prináša úžitok v prvom rade pestovateľovi (www.agro.basf.com). Technológia ClearField[®] pokrýva výrazne viac ako polovicu všetkých plôch slnečnice ročnej nielen na Slovensku, ale aj v Maďarsku. Výrazne narastá jej realizácia v krajinách pri Čiernom mori (www.sunflowernsa.com). Túto technológiu nie je možné použiť pri bežných hybridoch, ale len pri hybridoch označených ako ClearField[®].

Technológia *ClearField Plus*[®] je progresívna technológia pestovania slnečnice ročnej. Využíva *herbicíd Pulsar Plus*[®] / *Listego Plus*[®] určený výhradne iba pre túto technológiu. Herbicíd likviduje štandardné hybridy slnečnice ročnej, ale aj tie, ktoré sú vhodné do technológie ClearField[®]. Jedná sa o selektívny herbicíd určený na dvojkľúčolistové a jednokľúčolistové jednoročné buriny. Clearfield Plus[®] technológia na rozdiel od ClearField[®] technológie je založená na jedinom gène rezistencie k účinnej látke imazamox u hybridov slnečnice ročnej Clearfield Plus[®]. Táto nová technológia zabezpečuje vyššiu toleranciu a selektivitu k účinnej látke imazamox.

Technológia regulácie zaburinenosti *ExpresSun*[®] (*Účinná látka*: 50 % tribenuron – methyl) umožňuje kontrolu rastu jednoročných a trvalých širokolistých burín v porastoch slnečnice ročnej. Herbicíd Express[®] 50 SX selektuje len hybridné odrody s toleranciou k herbicídu nesúce vlastnosť DuPont[™] ExpressSun[™]. Komplex umožňuje kontrolu rastu širokolistých burín, ktorá nemôže byť dosiahnutá pomocou starších metód a účinkuje nezávisle od dažďa a umožňuje tak vysokú spoľahlivosť programov kontroly zaburinenia.

Slnečnica ročná patrí k plodinám so strednou až nižšou konkurenčnou schopnosťou (WANJARI *et al.*, 2001), avšak po 6 týždňoch od vzídenia dokáže zakorenený porast slnečnice ročnej potláčať buriny sám (ČERNÝ *et al.*, 2009). Kritické obdobie z hľadiska konkurencie burín nastáva u slnečnice ročnej medzi 20. – 50. dňom od výsevu (WANJARI *et al.*, 2001; PANNACCI & TEI, 2014). V tomto období je potrebné, aby bol porast bez burín, čiže regulácia zaburinenosti herbicídmi patrí v súčasnosti medzi najdôležitejšie ošetrovanie slnečnice ročnej v priebehu vegetačného obdobia (ČERNÝ *et al.*, 2009; . (MÁLEK *et al.*, 2013). Buriny rastúce v porastoch slnečnice ročnej v období 30 dní od jej vzídenia, môžu pôsobiť na zníženie úrod v priemere až o 25 – 30 %. Vysoká zaburinenosť spôsobuje aj znehodnotenie kvality oleja v nažkách, menšiu veľkosť nažiek, vysokú prímes nečistôt, zberové straty a pod.

V súčasnosti je v pestovateľskej praxi najviac akceptovateľný spôsob regulácie burín preemergentný (ČERNÝ *et al.*, 2009; MÁLEK *et al.*, 2013). Všeobecne sa za najvýznamnejšie buriny vyskytujúce sa v slnečnici ročnej považujú buriny zo skupiny *jarných neskorých*.

V podmienkach Slovenska sa v porastoch slnečnice ročnej vyskytujú rôzne druhy burín, najmä napr. hluchavky (*Lamium* sp.), horčica roľná (*Sinapis arvensis*), lipkavec obyčajný (*Galium aparine*), mrlík biely (*Chenopodium album*), láskavec ohnutý (*Amaranthus retroflexus*), pýr plazivý (*Elytrigia repens*), durman obyčajný (*Datura stramonium*) a iné.

Za veľmi rizikový faktor pestovania slnečnice ročnej sa považujú hubovité choroby, z čoho vyplýva, že ich regulácia aplikáciou fungicídov bude taktiež jedným z najdôležitejších opatrení v jej vegetačnom období (MÁLEK *et al.*, 2013). BANIČOVÁ, RYŠAVÁ (2003), za základný krok fungicídnej ochrany považujú zdravé a morené osivo. V priebehu vegetačného obdobia sa odporúča prvé ošetrovanie vykonať čo najskôr, do vývojového štádia 12 – 16 listov. Druhé ošetrovanie je potrebné realizovať

pred kvetom a je možné ho spojiť spolu s aplikáciou insekticídov. K hospodársky najvýznamnejším hubovitým chorobám v podmienkach Slovenska (ČERNÝ *et al.*, 2009) patrí biela hniloba (*Sclerotinia sclerotiorum*), pleseň šedá (*Botrytis cinerea*) a pleseň slnečnicová (*Plasmopara halstedii*). Za menej významné sa zatiaľ považujú múčnatka slnečnice (*Podosphaera xanthii*), hrdza slnečnice (*Puccinia helianthi*), septorióza slnečnice (*Septoria helianthi*) a alternáriová škvrnitosť (*Alternaria helianthi*).

Nemenej dôležitým ošetrovaním v období vegetácie slnečnice ročnej je regulácia škodcov, najčastejšie insekticídmi či moluskocídmi (MÁLEK *et al.*, 2013). Ochrana voči škodcom však začína už pri sejbe prostredníctvom moridiel a aplikácia insekticídov sa v období vegetácie často spája s aplikáciou fungicídov (BANIČOVÁ & RYŠAVÁ, 2003). Škodcovia slnečnice ročnej patria do skupiny polyfágnych škodcov väčšiny poľnohospodárskych plodín alebo mnohých voľne rastúcich rastlín. Ich výskyt býva zväčša ovplyvnený priaznivými podmienkami pre ich vývoj (ČERNÝ *et al.*, 2009; MÁLEK *et al.*, 2013).

Pri slnečnici ročnej je možné kvalitný zber dosiahnuť iba pri zdravých porastoch. Zberová zrelosť nastáva približne 40 – 45 dní po odkvitnutí. Zvyčajne sa slnečnica ročná zberá od konca druhej dekády augusta do konca septembra. Termín zberu sa všeobecne určuje podľa stavu hornej časti stonky a úboru. Dôležité sú nasledovné znaky:

- farebné zmeny zo žltej na hnedú v spodnej časti úboru,
- listy sú na báze a strede stonky suché (vrchné ešte môžu byť zelené),
- opadávanie zaschnutých zvyškov obojpohlavných kvietkov,
- farba stonky prechádza zo zelenej na svetlo – béžovú farbu.

Ak sú splnené vyššie uvedené podmienky, vlhkosť nažiek sa v tejto rastovej fáze pohybuje v rozmedzí 9 – 11 %, čo možno považovať za optimálny obsah, pri ktorom je potrebné realizovať zber.

V porastoch slnečnice ročnej, ktoré sú menej stabilné, zaburinené, alebo napadnuté hubovitými chorobami je možné uplatniť pred zberom desikáciu. Desikácia je riadené ukončenie vegetácie (dozretie rastlín naraz) pomocou chemických látok (desikantov) za účelom rýchleho zníženia vlhkosti v poraste, obmedzenia šírenia hubovitých chorôb úborov, zjednodušenia zberu a zníženia pozberových strát. V priemere sa v súčasnosti desikuje asi 60 % všetkých porastov slnečnice ročnej.

K hlavným zásadám pozberovej úpravy patrí predčistenie a sušenie. Predčistenie sa realizuje za účelom zníženia celkového objemu produkcie separáciou prímiesí a nečistôt, čím klesá aj celková energetická náročnosť následného (ak je to potrebné) teplovzdušného sušenia. Úprava vlhkosti predčistených nažiek na požadovanú hodnotu 8 – 9 % býva zväčša najnáročnejšou energetickou operáciou pozberovej úpravy nažiek. Teplovzdušné sušenie sa odporúča v prípadoch, keď je vlhkosť pozbieraných nažiek vyššia ako 14 %. Pri nižších hodnotách vlhkosti je možné využiť dosušenie ventiláciou netemperovaným vzduchom.

Pre všetky dodávky olejnatých semien platí STN 46 2300. Norma stanovujúca podmienky pre dodávky nažiek slnečnice určených pre výrobu olejov je označená ako STN 46 2300-6 so slovenským názvom Olejnaté semená. Časť 6: Semeno slnečnice ročnej (www.sutn.sk). Hodnoty STN 46 2300-6 pre nažky slnečnice ročnej sú zhrnuté v Tabuľke 4.

Nažky slnečnice ročnej s výnimkou definovaných odchýliek (nažky mechanicky a biologicky poškodené) musia byť zdravé, vyzreté, s typickou farbou, bez živých škodcov v akomkoľvek štádiu ich vývoja a bez cudzích pachov. Nažky slnečnice ročnej určené k spracovaniu na výrobu olejov pre ľudskú výživu nesmú byť chemicky konzervované a nesmú obsahovať plesne.

V slnečnicovom oleji za štandardných podmienok prevládajú nenasýtené mastné kyseliny linolová a olejová. Ich vzájomný pomer v oleji sa môže podstatne meniť v závislosti na podmienkach prostredia. Definujúca je predovšetkým teplota v období dozrievania nažiek, ďalej svetelné pomery a zrážky. Uvedené faktory výrazným spôsobom ovplyvňujú kvalitu nažiek a výsledné zloženie oleja.

Pri vysokej teplote v období dozrievania je v nažkách viac zastúpená kyselina olejová, pri nízkej teplote naopak, kyselina linolová. Vyšší obsah kyseliny olejovej v porovnaní s kyselinou linolovou býva často aj za sucha, či v arídnych podmienkach. Obsah nenasýtených mastných kyselín v nažkách slnečnice ročnej je ovplyvňovaný taktiež geografickou šírkou, smerom na sever totiž stúpa podiel nenasýtených mastných kyselín, preto sú oleje vyrobené z nažiek dopestovaných v strednej Európe kvalitnejšie než oleje vyrobené z nažiek dopestovaných v južných častiach Európy.

V priebehu dozrievania nažiek stúpa obsah kyseliny linolovej (nie však u hybridov *high oleic* s prirodzene vyšším obsahom kyseliny olejovej v oleji). Skoré hybridy majú vyšší obsah kyseliny olejovej než neskoré. Na začiatku dozrievania je zastúpený vyšší obsah nasýtených mastných kyselín a v priebehu dozrievania sa na ich úkor zvyšuje podiel nenasýtených mastných kyselín. Najskôr prevláda kyselina olejová a nakoniec kyselina linolová. V procese dozrievania nažiek teda dochádza k zvyšovaniu obsahu oleja a jeho kvality (VOJTAŠŠÁKOVÁ *et al.*, 2000; PÉREZ, 2003; MÁLEK *et al.*, 2013; LAMAS *et al.*, 2014).

Tabuľka 4 Hodnoty STN 46 2300-6 pre nažky slnečnice ročnej

Ukazovatele	%
Obsah vody a prchavých látok	8
Obsah tuku pri 8 % vlhkosti	44
Nečistoty	2
Semená mechanicky a biologicky poškodené	3
Obsah vyšších mastných kyselín	max. 2
Obsah kyseliny linolovej z celkového obsahu mastných kyselín	min. 62

(MÁLEK *et al.*, 2013; www.sutn.sk)

1.6 Výživa a hnojenie

Polné plodiny sú zaradené medzi autotrofné organizmy, ktoré všetky organické látky, nevyhnutné pre stavbu svojho tela, tvoria z anorganických zlúčenín. Využívajú pritom svetelnú energiu a menia ju na energiu potenciálnu, zhmotnenú v organických látkach. V štátoch s intenzívnym pestovaním olejnín bolo publikované zodpovedajúce množstvo vedeckých a odborných príspevkov súvisiacich s problematikou výživy a hnojenia (KOVÁČIK, 2013).

Úrodou sa z pôdy odoberajú živiny v určitom pomere, v závislosti od jej množstva a druhu pestovaných plodín. V snahe zachovať, resp. zvyšovať pôdnu úrodnosť je potrebné úrodou odobraté živiny nahradiť hnojením. Hnojením sa pôsobí nielen na vyrábaný produkt, ale i na pôdu. Rastliny sú schopné prijímať všetky látky potrebné k životu len v minerálnej forme. Výživné látky, nachádzajúce sa v organickej hmote, v humuse alebo v organických hnojivách, môžu rastlinám slúžiť na výživu až po predchádzajúcej mineralizácii, t. j. po rozložení organickej hmoty. Názory na množstvo a vzájomný pomer živín zabezpečujúcich optimálne úrody nie sú jednotné, nakoľko proces výživy a transformácie živín na metabolické produkty úrody je ovplyvňovaný početnosťou faktorov, ktoré sa vo vzájomných reakciách vyznačujú

konkrétnou variabilitou (RUDD & FRANKLIN-TONG, 2001; MARSCHNER, 2003; VANĚK *et al.*, 2007).

Slničnica ročná vyžaduje bohatú a rovnomernú výživu, ale zároveň v porovnaní s inými kultúrnymi rastlinami dokáže dobre využiť živiny z pôdnej zásoby. Zaraďuje sa k plodinám s nižším až stredným odberom živín. Úrodou 1 t nažiek a zodpovedajúceho množstva biomasy odčerpá slnčnica ročná v priemere 225 kg čistých živín. Najväčšie nároky má na K, N, Ca, Mg, S a P (RUDD & FRANKLIN-TONG, 2001; MARSCHNER, 2003; ČERNÝ *et al.*, 2009; VANĚK *et al.*, 2007; MÁLEK *et al.*, 2013). V rozsahu produkcie 1 t nažiek a príslušného množstva nadzemnej biomasy spotrebuje cca 60 kg N, 10 kg P, 120 kg K a 60 kg Ca. Z ostatných, nemenej dôležitých prvkov odčerpá 27 kg Mg, 13 kg S, 150 kg B a 2 g Mo. Rešpektovanie požiadaviek slnčnice ročnej na výživu prispieva k zvyšovaniu využitia jej genetického potenciálu do 35 % a v priaznivých pestovateľských rokoch až 70 % (ŠKARPA *et al.*, 2007; KOVÁČIK, 2013).

Slničnica ročná dobre reaguje na hnojenie hospodárskymi hnojivami na menej úrodných a na živiny chudobných pôdach. Ich použitie na pôdach s obsahom humusu nad 1,5 %, alebo s priaznivou zásobou živín sa však považuje za rizikové, najmä z dôvodu zvýšenia infekčného tlaku hubovitých chorôb a zníženia obsahu tuku v nažkách. Pre použitie hospodárskych hnojív nie je rozhodujúci len obsah humusu, ale aj obsah prístupných živín a to najmä obsah anorganického dusíka (N_{an}), nakoľko na pôdach s vysokým obsahom organických látok (humusu) sa môže zaznamenať nízky obsah N_{an} , čo zapríčiňuje nízke úrody nažiek. Z uvedených dôvodov musí racionálna výživa slnčnice ročnej rešpektovať zásobu prístupných živín v pôde a musí vychádzať z agrochemických rozborov pôd (HELMY & RAMADAN, 2009; KOVÁČIK, 2013).

Hospodárske hnojivá je vhodné aplikovať k predplodine, čiže pestovať slnčnicu ročnú v druhej trati. Pestovanie v tretej trati je menej vhodné a za nevhodné sa považuje pestovanie v prvej trati, s výnimkou pestovania na ľahkých piesočnatých pôdach a pôdach s obsahom humusu menším ako 1,5 %, prípadne na pôdach so zásobou prístupného N, P, K, Ca a Mg na úrovni nízkej až vyhovujúcej (VANĚK *et al.*, 2007; KOVÁČIK, 2013).

Alternatívne, okrem maštalného hnoja a hnojovice, je možné využiť na hnojenie slnčnice ročnej aj slamu, zelené hnojenie alebo komposty (VANĚK *et al.*, 2007; HELMY & RAMADAN, 2009). Ako alternatívny zdroj organickej hmoty pre slnčnicu ročnú (ONDREJČÍKOVÁ *et al.*, 2008; HANÁČKOVÁ, 2010; MAREČEK, 2010) sa odporúča aj biokal.

Jednou z príčin nevyváženého stavu úrod a technologickej kvality slnčnice ročnej je nadbytok, resp. disharmónia jednotlivých prvkov výživy a preto aplikácia hnojív musí byť realizovaná v súlade s požiadavkami plodiny, na základe pôdnej analýzy a vyváženého výživového stavu (KOVÁČIK, 2013).

Dusík v technologickom systéme pestovania sa považuje za limitujúci faktor tvorby úrody. Nedostatok dusíka redukuje vegetatívny a generatívny rast a indukuje predčasné starnutie (ZHELJAZKOV *et al.*, 2008; MÁLEK *et al.*, 2013). Naopak, optimálna výživa dusíkom je predpokladom pre zodpovedajúci rast a vývoj slnčnice ročnej, úrodu nažiek a obsah oleja (ABBADI *et al.*, 2008). Dusík je rozhodujúci pri vývine listov a ich fotosyntetickej aktivite, počte kvetov a nažiek, obsahu dusíkatých látok v nažkách a pri hmotnosti nažiek (PASDA & DIEPENBROCK, 1991; SARKAR & MALLICK, 2009).

Stanovenie optimálnej dávky dusíkatých hnojív je v rozsahu rôznych agroekologických podmienok problematické a značne variabilné. Príjem dusíka je

intenzívny v období od vzídenia do kvitnutia, kedy rastlina prijme 70 – 90 % z celkového množstva (najväčšiu časť dusíka spotrebuje v období tvorby koreňov, listov a stonky až do rastovej fázy kvitnutia). Po odkvitnutí príjem dusíka klesá a začína transport živín z listov do stonky a napokon do nažiek (BANIČOVÁ & RYŠAVÁ, 2003). Aplikované dávky N rovnako ako dávky P, K, Ca a Mg sú ovplyvňované množstvom a kvalitou zapracovaných hospodárskych hnojív a zásobou prístupných a potenciálne prístupných živín v pôde (VANĚK *et al.*, 2007; KOVÁČIK, 2013). Aplikácia dusíka môže byť jednorazová pred sejbou, resp. delená, v rozsahu polovice dávky dusíka pred sejbou a následnej časti na list, v rastovej fáze 3 – 4 prvých listov, alebo pred kvitnutím

Nepriaznivé tendencie boli zaznamenané v zásobenosti pôd *fosforom*, ktorého obsah v ornici za posledné roky prudko poklesol. Fosfor je pri slnečnici ročne považovaný za významný energetický a stavebný prvok a v niektorých prípadoch limitujúci činiteľ úrody. Za normálnych podmienok sú symptómy nedostatku P málo výrazné. Nedostatok P spomaľuje rast nadzemnej i podzemnej časti rastliny. Listy sú malé, staršie postupne odumierajú. Výrazný nedostatok P spôsobuje hyperchlorofyláciu – tmavofialové sfarbenie listov (MÁLEK *et al.*, 2013). Symptómy nedostatku P sa prejavujú najmä vtedy ak sa slnečnica ročná pestuje na pozemkoch chudobných na P, avšak prejavíť sa môžu aj na pôdach s jeho dostatočným obsahom za pôsobenia nepriaznivých klimatických podmienok, najmä pri nízkych teplotách a suchu (DALAI *et al.*, 2008).

Dynamika odberu fosforu, ako regulátora energetickej činnosti v priebehu vegetačného obdobia, má pozvoľný charakter a to v rozsahu od začiatku vegetačného obdobia až po zber (VANĚK *et al.*, 2007). Na začiatku vegetačného obdobia je jeho odber síce nízky, postupne sa však zvyšuje a svoje maximum dosahuje v období kvitnutia, kedy rastlina prijme 60 – 70 % z celkovej potreby fosforu. V období zberu sa z celkového množstva fosforu nachádza 10 % v stonke a listoch a až 75 % v úbore a nažkách (MÁLEK *et al.*, 2013). Obdobie maximálneho príjmu fosforečnej výživy je od kvitnutia až do tvorbu nažiek (KOVÁČIK, 2013).

Vzhľadom k vysokej potrebe P v priebehu vegetačného obdobia je potrebné na pôdach s nízkym obsahom hnojiť fosforečnými hnojivami na jeseň alebo aj zásobne k predplodine, aby sa dosiahlo vyhnojenie celého pôdneho profilu, čo zabezpečí rastlinám dostatok prijateľného P už na začiatku vegetačného obdobia (MÁLEK *et al.*, 2013). Hnojením „pod päť“ (súčasne s výsevom semien) je možné v počiatočných fázach rastu uvedeným prejavom zabrániť, alebo ich výrazne obmedziť. Tento typ hnojenia sa môže pozitívne prejavíť obzvlášť pri chladnej a suchej jari, na pôdach s nižšou zásobou mobilného P, nehnojených, nedostatočne vyhnojených hospodárskymi hnojivami a pri skorých výsevoch. (KOVÁČIK, 2013; MÁLEK *et al.*, 2013).

Slnečnica ročná je *draslomilnou* plodinou, s dobrou osvojovacou schopnosťou draslíka aj z menej prístupných foriem a to počas celého vegetačného obdobia, s maximom v období kvitnutia. Draslík pôsobí na pevnosť stonky, zvyšuje odolnosť rastlín voči suchu a hubovitým chorobám (MENGEL, 2007). Jeho obsah v pôde vplýva na počet a olejnatosť nažiek (GERENDAS *et al.*, 2008).

Nedostatok K sa na slnečnici ročnej prejavuje žltnutím listov od ich okrajov, pletivo postupne odumiera, listy hnednú a postupne prechádzajú do hnedočervenej farby. Stonky sú tenké a slabé. Draslík výrazne napomáha syntéze bielkovín, cukrov, tukov a vysokomolekulárnych cukrov (GERENDAS *et al.*, 2008; MÁLEK *et al.*, 2013). Pri hnojení je potrebné rešpektovať zásobu draslíka v pôde a predpokladaný odber plodinou. Pri nízkej zásobe draslíka v pôde sa odporúča dosycovací systém hnojenia,

resp. bilančný spôsob výpočtu dávky draslíka. Pri dobrej zásobe v pôde sa preferuje nahradzovací systém.

Sľečnica ročná môže prijímať živiny všetkými morfológickými orgánmi. Mechanizmus vstupu živín do rastliny nadzemnými orgánmi je podobný ako pri vstupe koreňmi, má však niektoré zvláštnosti. Vstupuje prieduchmi a významnou prekážkou príjmu živín listami je kutikula (SARKAR & MALLICK, 2009). Príjem, transport a následné využitie živín pri ich mimokoreňovej aplikácii je ovplyvňované množstvom interakčne pôsobiacich faktorov. Za rozhodujúci sa považuje výživový stav rastlín. Viac živín je vstrebávaných a transportovaných u rastlín, ktoré vykazujú nižšiu hladinu živín. Za veľmi dôležitý sa považuje priebeh poveternostných podmienok ročníka.

Listovou výživou je možné optimálne využiť úrodový potenciál rastlín a zabezpečiť tak vysokú kvalitu produkcie. Listové hnojivá sú považované nielen za zdroj živín, ale zároveň pôsobia bioregulačne ako fyziologicky aktívna látka pozitívne ovplyvňujúca technologickú akosť. Hnojenie na list vyvoláva zmeny nielen v chemickom zložení listov, ale aj zmeny vo fyziologických procesoch, ale účinné je aj na chemické zmeny v koreňoch.

Listové hnojivá umožňujú korekciu výživového stavu v priebehu vegetačného obdobia, kedy má forma listových postrekov oveľa výraznejší účinok než mnohonásobne vyššie množstvo živín poskytované rastlinám cez korene. Uvedená skutočnosť sa odôvodňuje tým, že od dodania hnojív do pôdy až po ich príjem koreňmi "stojí v ceste" mnoho faktorov ovplyvňujúcich schopnosť rastlín prijímať živiny.

Princíp príjmu živín listami je obdobný ako pri koreňoch. Na rozdiel od koreňových buniek je príjem živín bunkami listov priamo stimulovaný svetlom. V rozsahu praktického monitorovania sa ale stretávame s tendenciou opačnou, čo je nepriamym výsledkom svetelného efektu. V priebehu dňa so stúpajúcou teplotou sa znižuje relatívna vlhkosť vzduchu, čo vedie k zvýšenému odparovaniu a zasychaniu foliárneho roztoku na povrchu listov.

Aplikácia listových hnojív má pozitívny nielen agronomický, ale aj ekonomický efekt. Hnojenie na list zohráva dôležitú úlohu pri prekonávaní nepriaznivých podmienok (nezodpovedajúci priebeh poveternostných podmienok, nepriaznivé hodnoty pH). Má preventívne účinky proti chorobám a škodcom. Účinok listových hnojív na úrodu a kvalitu závisí aj od pôdneho druhu a ročníka. Termín použitia je treba z jednej strany voliť relatívne skoro, zvlášť na ľahkých pôdach a na strane druhej musí byť pre mimokoreňovú aplikáciu dostatočne vyvinutá listová plocha, aby bol zaručený príjem výživných látok.

Listové hnojivá by sa mali aplikovať v období plného rastu rastlín, nakoľko starutím listov významne klesá schopnosť prijímať živiny. Pre dobrú účinnosť listových hnojív je dôležité jemné rozptýlenie postrekovej kvapaliny a pokrytie čo najväčšej plochy metabolicky aktívnych častí rastlín. Účinnosť mimokoreňovej aplikácie hnojív je závislá aj na vlastnostiach samotnej aplikovanej látky, prídavných látok a použitej koncentrácie. Hlavnou výhodou foliárnej výživy je rýchlosť pôsobenia a pri kombinácii s inými zásahmi aj ekonomika aplikácie. Pri výbere hnojív je možné použiť tuhé klasické hnojivá, ktoré sú veľmi dobre rozpustné vo vode, alebo rovno kvapalné hnojivá. V súčasnosti je vyrábané veľké množstvo kvapalných hnojív určených priamo pre mimokoreňovú aplikáciu. Ich výhodou je, že obsahujú aj vhodné adjuvanty, ako napr. nosiče, tenzidy, adhezíva a pod.

Na základe zloženia sa diferencuje listové hnojivá diferencujú na:

- preparáty obsahujúce len základné živiny,
- preparáty obsahujúce základné a sekundárne živiny, prípadne nízky obsah stopových prvkov,

- premixy mikroprvkov komplexne viazané na organické zlúčeniny,
- základné, sekundárne živiny aj mikroprvky viazané na organické zlúčeniny obohatené o syntetické stimulatory rastu.

Mimokoreňová výživa vychádza z analýzy výživového stavu rastlín, podmienok stanovišťa a má byť cielená, ako konkrétne opatrenie v určitej fáze rastlín. Nemôže plne nahradiť výživu koreňovú a preto je potrebné ju vnímať ako:

- doplnok výživy (hlavne pre širokolisté rastliny),
- riešenie výživy mikroelementami,
- opatrenie pre elimináciu nepriaznivých podmienok pre koreňový príjem živín pri nevhodných pôdnych podmienkach (utuženie), pri poškodení koreňov, pre prekonanie kritického obdobia rastu rastlín a prevenciu pred možným poškodením rastlín (napr. mrazom),
- ako súčasť intenzívnej agrotechniky pre stimuláciu vyššieho využitia úrodovného potenciálu a obmedzenia negatívneho pôsobenia stresových faktorov (VANĚK *et al.*, 2007; SARKAR & MALLICK, 2009).

Z makroelementov sa pri listovej výžive slnečnice ročnej najviac využíva N (ČERNÝ, 2012), dobre prijímaný vo forme močoviny (VANĚK *et al.*, 2007). Ku kontrole výživového stavu sa odoberajú listy na začiatku kvitnutia (E1 5. – 6. pár listov). Cieľom listovej výživy slnečnice ročnej dusíkom je jeho plynulejší prísun v takých fázach vývinu, kedy došlo k jeho vyčerpaniu z predsejbovej zásoby. V uvedenom období je výživa mimo dosah koreňovej sústavy. Foliárnu výživu je v takomto prípade najlepšie realizovať medzi kvitnutím a tvorbou úboru (ŠKARPA, 2013).

Po dusíku sú rastliny pomerne dobre schopné prijímať živiny ako K a Mg, ktoré však prenikajú do listu pozvoľnejšie, preto je ich príjem nižší a viac ovplyvňovaný priebehom poveternostných podmienok. Obzvlášť ťažko je povrchom listov resorbovaný P (VANĚK *et al.*, 2007). V prijímaní P a K nie je úloha listov, v porovnaní s koreňmi rovnocenná, pretože listy sú pri odovzdávaní uvedených živín do jednotlivých orgánov rastliny pasívnejšie. Dodanie kompletne potrebného množstva N, P, K alebo Mg, ktoré rastlina v priebehu vegetačného obdobia vyžaduje je aplikáciou listových hnojív nemožné (ČERNÝ, 2012).

Slnečnica ročná dobre reaguje najmä na B a Mo, ale aj na Cu, Mn, Zn, Fe, ktoré je možné aplikovať spolu s fungicídmi od fázy 6. – 8. páru listov (RASHID & RAFIQUE, 2005; VANĚK *et al.*, 2007). Na slabo alkalických a alkalických pôdach je možné aplikovať Fe, Zn a Mn závlahovou vodou (WANG *et al.*, 1999; EL-FOULY *et al.*, 2001; VANĚK *et al.*, 2007). Pri olejninách má význam aj hnojenie S, ktorá priaznivo pôsobí na obsah oleja a znižuje hladinu voľných mastných kyselín (SCHUNG, 1998; ČERNÝ, 2012).

Z mikroelementov má najväčší význam pre slnečnicu ročnú bór vplývajúci na tvorbu úboru predovšetkým v generatívnej fáze rastu v období kvitnutia a dozrievania nažiek. Pri aplikácii mikroprvkov sa môže eliminovať alebo korigovať ich nedostatok, ktorý sa prejavuje na poraste slnečnice ročnej morfológickými zmenami. Mikroprvky je možné tiež kombinovať s ochranou proti chorobám a škodcom. V súčasnosti sa naplňa nová koncepcia zloženia listových hnojív, ktorej základnou myšlienkou je zhmotnenie interdisciplinárneho prístupu (výživa – biochémia – fyziológia rastlín). Časť rozpúšťadla sa nahrádza extraktmi obsahujúcimi biologicky aktívne látky (ASAD *et al.*, 2002; ZERRARI & MOUSTAQUI, 2005; VANĚK *et al.*, 2007).

1.7 Biologicky aktívne látky

V priebehu posledných desaťročí je agronomická prax v regulácii rastu, vývinu a produkčnej výkonnosti plodín, svedkom obrovského rozmachu používania biologicky aktívnych látok (biostimulátorov). Existujú kvalifikované odhady, že globálny trh predaja biostimulátorov rastlín dosiahne každoročný nárast o 12 % a celkový obrat predaja presiahne v roku 2018 sumu 2,2 miliardy dolárov. Európske združenie výrobcov biostimulátorov (*European Biostimulants Industry Council*) uvádza, že v Európe bolo v roku 2012 ošetrovaných biostimulátormi rastu viac ako 6,2 milióna hektárov pôdy a ich používanie každoročne narastá (CALVO *et al.*, 2014; FAO, 2015).

Existujú viaceré teórie na diferencovanie a podstatu účinku stimulátorov rastu. Definícia a samotné fyzikálne a fyziologické poňatie rastlinných biostimulantov sa stále vyvíja a nie je plne terminologicky ustálená. Je to z dôvodu rozmanitosti chemickej štruktúry účinnej látky a ich biologickej účinnosti. Zo širšieho konceptu využívania a aplikácií biostimulátorov sú zrejmé dva základné smery definície. V Európe sú rastlinné biostimulátory definované ako látky a/alebo mikroorganizmy, ktorých funkciou pri aplikácii na rastliny alebo do rizosféry je stimulovať prirodzené procesy s cieľom zvýšenia úrody, príjmu minerálnych živín, účinnosti využitia živín, zvýšenia tolerance plodín k abiotickému stresu a kvality produkcie. Podľa tejto definície biostimulanty nemajú priamy efekt voči chorobám a škodcom a tak nespádajú do regulačného rámca pesticídov (CALVO *et al.*, 2014).

Vo všeobecnej polohe biostimulátory rastu podporujú rast vývin v priebehu životného cyklu plodín od klíčenia semien až po dozrievanie plodov, resp. koniec vegetatívnej fázy rastu, najmä prostredníctvom zlepšenia výkonnosti metabolizmu rastliny, čo môže indukovať:

- nárast úrody a zvýšenie kvality produkcie,
- zvýšenie tolerance rastlín k abiotickému stresu a rýchlejšie zotavenie zo stresovej situácie,
- efektívnejšiu asimiláciu, translokáciu a utilizáciu živín,
- ako aj podporenie akumulácie cukorných a farebných komponentov v cytoplazme a vakuole buniek, atď.

Biologicky aktívne látky sú substancie, ktoré ovplyvňujú fyziologické a morfológické procesy rastlín. Väčšina komerčne dostupných biologicky aktívnych látok je chemicky priradovaná k rastlinným hormónom, resp. ich chemickým analógom, alebo sú to jednoduché metabolické regulátory (napr. zo skupiny mikrobiogénnych živín), ktoré ovplyvňujú priebeh biochemických reakcií (ARTECA, 1995; OOSTERHUIS & ROBERTSON, 2000; RADEMACHER, 2000; BARANYK *et al.*, 2010; ČERNÝ, 2012). Výsledkom metabolického efektu biologicky aktívnych látok je ovplyvňovanie akumulácie organickej hmoty prostredníctvom zvyšovania efektívnosti využívania vody, žiarenia a minerálnych živín, cez reguláciu proteosyntézy, uhlíkového metabolizmu, metabolizmu hormonálnych látok, ako aj reguláciu energetických procesov rastliny, metabolismu dusíka, syntézy sekundárnych metabolitov a pod. (GUO *et al.*, 1994).

Stimulátory rastu a listové hnojivá vyrobené na báze biologicky aktívnych látok sa v posledných rokoch stávajú veľmi dôležitým intenzifikačným faktorom celej rastlinnej výroby. Uplatňujú sa totiž pri stimulácii produkcie v štádiu regulácie transportu látok v rastlinách, podporujú zakoreňovanie a prezimovanie rastlín. Rovnako urýchľujú poststresovú regeneráciu rastlín, a tým ovplyvňujú tvorbu úrody a kvality rastlinnej produkcie. Rastové stimulátory sú prínosom za predpokladu, že

všetky agrotechnické, výživárske, ochrannárske a pestovateľské opatrenia boli využité v maximálnej miere. Sú taktiež známe aj ako morforegulátory, ktoré vo veľmi nízkych dávkach stimulujú alebo inhibujú fyziologické procesy rastlín. Biostimulátory rastu sú organické zlúčeniny, ktoré pozitívne ovplyvňujú fyziologické procesy v rastlinách – podporujú fotosyntézu, stimulujú rast, kvitnutie, dozrievanie a chránia rastlinu proti nepriaznivým poveternostným podmienkam ročníka. Aplikácia stimulátorov rastu má pozitívny agronomický a ekonomický efekt (CALVO *et al.*, 2014; BROWN & SAA, 2015; BULGARI *et al.*, 2015; YAKHIN *et al.*, 2017).

POSMYK & SZAFRAŇSKA (2016) definujú biostimulátory ako biologicky aktívne látky obsahujúce hormóny, enzýmy, proteíny, aminokyseliny, mikroelementy a iné komponenty, ktoré keď sa aplikujú v malých dávkach, aktivujú metabolizmus zameraný na optimalizáciu rastu a vývinu rastliny. Za ich hlavnú úlohu považujú reguláciu životných procesov na úrovni bunky, jednotlivých orgánov a organizmu v celku. Ďalej ovplyvňujú rast a vývin rastliny a zúčastňujú sa priamo alebo nepriamo na fotosyntéze, príjme a transporte vody a tiež príjme živín. Autori uvádzajú, že pri štúdiu mechanizmu účinku rastlinných hormónov bolo pripravených veľa ich syntetických analógov vykazujúcich podobné alebo rovnaké stimulačné, resp. inhibičné účinky. Na základe uvedených zistení sa začali vyrábať aj priemyselne.

Používanie biologicky aktívnych látok, resp. prípravkov tzv. regulačnou schopnosťou rastu prírodne alebo chemicky vyrábaných je považované za dôležitý intenzifikačný prvok pri pestovaní poľných plodín, ktorý svojim podporným účinkom môže zvyšovať účinnosť i menej významných faktorov. Biostimulátory rastu ako biologicky aktívne látky v prípade, že sa aplikujú v zodpovedajúcich dávkach, regulujú životné procesy na úrovni bunky, jednotlivých orgánov a organizmu ako celku. Miera ich účinnosti na produkčné ukazovatele je veľmi často limitovaná konkrétnym priebehom poveternostných podmienok ročníka. Využívanie biostimulátorov rastu je podopreté o výskumy zaoberajúce sa vplyvom rastových stimulátorov najmä na zdravotný stav, priebeh transpirácie, fotosyntézy, úrodovorné prvky a úrodu nažiek slnečnice ročnej (WANDERLEY *et al.*, 2007; TOYOTA *et al.*, 2010). Pestovateľská prax však disponuje nedostatkom informácií o možnosti využitia stimulátorov rastu pri pestovaní slnečnice ročnej v oblasti využívania živých organizmov, úrovne koncentrácií a kombinácií prípravkov a ich účinku v rôznych agroekologických podmienkach pestovania (SPITZER *et al.*, 2011).

Súčasná ekonomická situácia vyžaduje rastlinnú výrobu s čo najefektívnejšími vstupmi. V priebehu rastu prechádzajú rastliny rôznymi záťažami zhoršujúcimi kvantitu a kvalitu úrody. Pri vývine rastlín dochádza k rôznej intenzívnej potrebe živín, vrátane stopových prvkov. Postupne sa mení potreba a pomery endogénnych fytohormónov, čo ovplyvňuje látkovú premenu (účinnosť enzýmov, tvorbu aminokyselín a bielkovín, z ktorých mnohé ovplyvňujú odolnosť rastlín voči nepriaznivým vplyvom stanovišťa a suchu). Často o miere účinnosti regulátorov rastu na produkčné ukazovatele rozhoduje priebeh poveternostných podmienok ročníka.

CALVO *et al.* (2014) diferencuje biologicky aktívne látky používané v poľnohospodárstve do troch skupín:

- rastlinné hormóny a ich synergické analógy,
- látky zasahujúce do metabolizmu alebo funkcie hormónov,
- rozličné syntetické zlúčeniny.

Rastové regulátory možno rozdeliť na rastlinné hormóny (fytohormóny) a ďalšie látky s regulačnou aktivitou, ktoré nie sú zaraďované medzi hormóny, nakoľko ich účinnosť je naviazaná na vyššie koncentrácie, resp. dostatočne nepoznáme podstatu ich pôsobenia. Podľa pôvodu sa biostimulátory ich hlavné zložky, rozdeľujú na

biostimulátory obsahujúce rastlinné hormóny, alebo syntetické hormóny a podľa účinku pôsobenia na rastliny na inhibítory a stimulátory. Rastové regulačné látky sa od rastových hormónov odlišujú predovšetkým tým, že nemajú porovnateľnú škálu účinkov a mnohé z nich nevykazujú polárny transport. Na druhej strane ich účinok je dlhodobejší, pretože rastlina nemá enzymatický systém, ktorým by ich degradovala. V praxi sa najviac využívajú deriváty indolov (BROWN & SAA, 2015; BULGARI *et al.*, 2015; YAKHIN *et al.*, 2017). Vo všeobecnom ponímaní sa aplikácia rastového stimulátora považuje za dôležitý významne vplyvajúci faktor na intenzifikáciu technologického systému pestovania slnečnice ročnej a iných poľných plodín (UGOLINI *et al.*, 2014; VITAL *et al.*, 2017).

Približne pred desiatimi rokmi bol jedným z najpoužívanejších stimulátorov rastu Atonik. Je použiteľný v rozsahu celého vegetačného obdobia. Lahko sa vstrebáva do rastlinných tkanív, podporuje prúdenie bunkovej plazmy, urýchľuje postresovú regeneráciu rastliny. Účinnými látkami Atoniku sú aromatické nitrozlúčeniny (ortho-nitrofenolát sodný, para-nitrofenolát sodný, 5-nitroguajakolát sodný), vplyvom ktorých narastá schopnosť rastlín primat' a osvojovať živiny (VEVERKOVÁ & ČERNÝ, 2011; ČERNÝ, 2012; MÁTYÁS *et al.*, 2013).

Produkčný proces slnečnice ročnej a výsledná úroda nažiek je ovplyvnená nízkou autoregulačnou a kompenzačnou schopnosťou porastu (WEISS, 2000; VEVERKOVÁ & ČERNÝ, 2011; MÁTYÁS & ČERNÝ, 2012; MÁTYÁS *et al.*, 2013) a náchylnosťou k poliehaniu (HALL *et al.*, 2010; SPOSARO *et al.*, 2010). Aj vzhľadom na konštatované biologické charakteristiky porastu, intenzifikácia pestovateľskej technológie slnečnice ročnej, rešpektujúca fyziologické potreby hybridov, s úspechom využíva foliárnu aplikáciu biologicky aktívnych látok (GHOSH *et al.*, 1991; TAHSIN & KOLEV, 2006).

K moderným, v praxi početne zastúpeným rastovým stimulátorom patrí napr. BiomagicPlus. Jedná sa o rastlinný biostimulátor na báze baktérií *Azospirillum sp.* – fixujúcich N, *Bacillus megaterium* – baktéria sprístupňujúca P a *Frateruria aurentia* – baktéria sprístupňujúca K. Ďalším je napr. prípravok BlackJak® – rastlinný biostimulátor na báze humínových kyselín a fulvokyselín (ERNST & ČERNÝ, 2015; 2016).

1.8 Produkcia energie

Poľnohospodárstvo je zložitý prírodný a ekonomický systém. Realizuje sa v ňom veľký objem premeny materiálov, energetický tok a prenos informácií. Rastlinná výroba patrí k tým odvetviám národného hospodárstva, ktoré vyrobia viac energie ako spotrebujú. Je to spôsobené tým, že rastliny sú schopné pri fotosyntéze využívať energiu slnečného žiarenia pre syntézu relatívne zložitých a na energiu bohatých organických zlúčenín z anorganických látok, ktoré majú nízku potenciálnu energiu (STRAŠIL, 1987).

Produkčná výkonnosť poľných plodín závisí od biologických vlastností rastlín a podmienok vonkajšieho prostredia. Primárnym faktorom vonkajšieho prostredia, ktorý ovplyvňuje priebeh produkčného procesu rastlinnej výroby je slnečné žiarenie, teplota a voda. Slnečné žiarenie zabezpečuje rastlinám energiu potrebnú pre priebeh fotosyntézy, výsledkom ktorej je tvorba organických látok. Dôležitým faktorom produktivity je príkon slnečného žiarenia a efektívnosť jeho využitia (ŠARIKOVÁ, 1999).

Účinnosť transformácie energie slnečného žiarenia sa vyjadruje koeficientom využitia energie žiarenia, ktorý vyjadruje vzťah medzi množstvom energie transformovanej v podobe biomasy k množstvu dopadajúcej alebo absorbovanej energie slnečného žiarenia porastom za definované časové obdobie. Hodnoty koeficientov využitia energie žiarenia sú jedným z objektívnych ukazovateľov energetickej efektívnosti produkčného procesu. Porasty poľných plodín sú v súčasnosti zložitý biologicko – ekologický systém premeny slnečného žiarenia, ktoré sú schopné existovať len vďaka dodatkovým formám energie (KOSTREJ & DANKO, 1996).

Všetky životné pochody sú prejavom zmien látok a energetických tokov. Ich úroveň je možné v danom okamihu na príslušnej produkčno – ekologickej úrovni kvantitatívne a kvalitatívne hodnotiť prostredníctvom energetických bilancií. Rozhodujúcim cieľom pri hodnotení bilancie energie v rastlinnej výrobe je stanovenie miery ovplyvnenia produkčného procesu vstupmi priamej a nepriamej energie a ich výsledná účinnosť pri tvorbe hospodársky cenného produktu vyjadreného úrodou (FECÁK *et al.*, 2008).

Produkčný proces môže prebiehať optimálne len za cenu vstupov dodatkovej energie, ktorá sa do tohto procesu dostáva vo forme hnojív, pesticídov, fosilnej energie. Ďalej do tohto procesu vstupuje aj energia dodaná vo forme osív a ľudskej práce (KOTOROVÁ *et al.*, 1999).

Energetické bilancie v poľnohospodárskych systémoch sa zvyčajne riešia globálne. V podstate analyzujú problematiku vstupov energie ako celok, z hľadiska priamych a nepriamych vkladov dodatkovej energie. Priame vstupy zahŕňajú spotrebu nafty, benzínu, vykurovacieho oleja, elektrickej energie, ľudskej práce, bezprostredne pri výrobných operáciách. Nepriame vstupy predstavujú prevažne spotrebu energie pri výrobe základných prostriedkov (poľnohospodárske stroje, priemyselné hnojivá, pesticídy) používaných v rastlinnej výrobe (POSPIŠIL & VILČEK, 2000).

PREININGER (1987) člení energetické vstupy do poľnohospodárskych výrobných systémov na:

E_0 – energiu vonkajšieho prostredia, ktorá obsahuje:

E_{01} – energiu slnečného žiarenia

E_{02} – energiu akumulovanú v pôde

E_{03} – energiu atmosféry

E_{04} – energiu infraštruktúry okolitého prostredia

E_1 – priame a nepriame energetické vstupy

E_{11} – priame energetické vstupy

E_{111} – energia živej ľudskej práce

E_{112} – fosílna energia (motorové palivá, elektrická energia, tepelné zdroje)

E_{113} – iné energetické zdroje (netradičné energetické zdroje)

E_{12} – nepriame energetické vstupy (energia spotrebovaná na výrobu výrobných prostriedkov)

E_{121} – energia strojov

E_{122} – energia výrobkov chemického priemyslu

E_{123} – energia v organických hnojivách

E_{124} – energia v osivách

E_{125} – ostatné vstupy nepriamej spotreby energie (závlahy, odvodňovanie, zúrodňovacie opatrenia, stavby a pod.)

Výstupy energie z poľnohospodárskeho systému člení na energiu vyprodukovanej biomasy, energiu rastlinných zvyškov a nenávratné straty energie.

Energetické hodnotenie považuje za jedno z významných objektívnych meradiel účelnosti poľnohospodárskej výroby ako celku (PREININGER, (1987).

Úroveň vstupov i výstupov energie rastlinnej výroby i energie jednotlivých plodín je limitovaná konkrétnymi jednotkami stanovišťa, ktoré človek nemôže výrazne ovplyvniť (klíma, pôda), ale aj faktormi, ktoré človek ovplyvniť môže (dodatkové vstupy energie, použité systémy hospodárenia, pestovateľské technológie, štruktúra osevu) (POSPIŠIL & VILČEK, 2000).

Kvantifikácia energetických vstupov a výstupov a zostavovanie energetických bilancií výrobného procesu rastlinnej výroby poskytuje nový pohľad na význam jednotlivých plodín v štruktúre osevných postupov. Zároveň umožňuje využitie týchto hľadísk pri optimalizačných prepočtoch a návrhoch energetických racionalizačných opatrení (PREININGER, 1987).

KOTOROVÁ (2008) pri svojich energetických bilanciách produkčného procesu kladie dôraz na presnú kvantifikáciu vstupov a výstupov energie, ako aj na ďalšie energetické ukazovatele. Pri kalkulácii vstupov dodatkovej energie je významné určenie potreby energie nielen pre jednotlivé poľné plodiny, ale aj na vykonanie potrebných agrotechnických zásahov.

Pri energetickej bilancii produkčného procesu sa porovnávajú vstupy a výstupy dodatkovej energie. Dôležitým ukazovateľom energetickej efektívnosti pestovateľského procesu je nielen zisk energie, ale aj koeficient energetickej efektívnosti. Pre energetickú bilanciu produkčného procesu je dôležité poznanie vzájomných vzťahov medzi vstupmi dodatkovej energie a výstupmi energie vo forme energie hospodársky cenného produktu. K energetickej bilancii pestovaných plodín sa pristupuje z rôznych hľadísk. Niektorí autori skúmajú prednostne efektívnosť hnojenia, účinnosť pesticídov, rôzneho obrábania pôdy (Šariková,1999), prípadne vplyv agroekologických podmienok (KOTOROVÁ & DANILOVIČ, 2005).

S rastom intenzity produkcie stúpa množstvo energetických vstupov do výrobného procesu. Zvyšovaním energetických vstupov sa spravidla zvyšuje aj objem poľnohospodárskej produkcie, ale jej zvyšovanie nie je priamo úmerné nárastu dodatkových energetických vstupov (VILČEK & GUTTEKOVÁ, 1997).

POSPIŠIL & VILČEK (2000) zistili pri porovnávaní rôznych systémov hospodárenia v rámci rôznych sústav rastlinnej výroby, že z hľadiska vstupov priamej a nepriamej energie sú v priemere najnáročnejšie intenzívne (industriálne) sústavy hospodárenia (22,91 GJ.ha⁻¹). Menej náročné na energetické vstupy sú sústavy konvenčné (20,65 GJ.ha⁻¹), integrované (18,19 GJ.ha⁻¹) a najmenej sústavy ekologické (17,02 GJ.ha⁻¹).

LÚNZER (1982) analyzoval výsledky francúzskych a nemeckých výskumov v tejto oblasti a zovšeobecňuje, že pri konvenčných systémoch hospodárenia je spotreba energie 1,6 až 2,2 krát vyššia ako v ekologických. Uvádza, že podľa amerických výskumov je ekologické hospodárenie z hľadiska energetického i v závislosti od pestovaných druhov rastlín a organizácie podniku o 15 až 300 % lacnejšie než konvenčné.

MAĐAROVÁ & KOTOROVÁ (2009) poukazujú na to, že zavádzanie technológií šetriacich nielen pôdne prostredie si vynútil výrazný ekonomický tlak na subjekty hospodáriace na pôde, predovšetkým v súvislosti so zvyšovaním cien vstupov do produkčného procesu. Základným cieľom optimálne fungujúcej ekonomicky výhodnej sústavy je čo najvyššie ekonomické zhodnotenie výslednej produkcie a to je možné predovšetkým cez znižovanie vstupov. Ak hodnotíme ekonomiku pestovania poľných plodín, potom je potrebné zdôrazniť podiel jednotlivých nákladov na pestovanie poľných plodín.

Poľnohospodárstvo je zložitý ekologický a ekonomický systém a preto treba venovať dostatočnú pozornosť jeho optimalizácii. Charakterizuje ho okrem iného materiálový obeh, energetický tok a prenos informácií, čím sa utvára dôležitá ekologická a ekonomická podstata. Energetické hodnotenie je významným objektívnym kritériom rastlinnej výroby zjednocujúcim rozdiely v charaktere výsledného produktu. Umožňuje porovnávať efektívnosť rôznych systémov pestovania rastlín nezávisle od cenových výkyvov a rôznych dotácií. Súčasne poskytuje nový pohľad na význam a postavenie pestovaných plodín v štruktúre osevu a energetickú náročnosť rôznych agrotechnických zásahov. To umožňuje objektivizovať a racionalizovať energetické a materiálové vklady do jednotlivých pestovateľských technológií (POSPIŠIL & VILČEK, 2000).

Významným ukazovateľom pri zvyšovaní efektívnosti produkčného procesu poľných plodín je porovnanie vstupov a výstupov energie (energetická bilancia). Pri hodnotení energetických vzťahov je tiež dôležité zatriedenie pôdy k pôdnym druhom. Z hľadiska energetickej bilancie, najviac energie vyprodukujú pôdy hlinité a ílovito – hlinité, aj keď zároveň sú pri nich najvyššie vstupy dodatkovej energie (POSPIŠIL & VILČEK, 2000).

Pri znižovaní podielu dodatkovej energie vo výrobnom procese v poľnohospodárskej výrobe sa treba zamerať hlavne na efektívnosť spotreby pohonných hmôt, na využívanie racionálnej agrotechniky s novými technologickými postupmi, optimalizáciu hnojenia a používanie techniky s vysokými parametrami (KOTOROVÁ & DANILOVIČ, 2005).

GABČOVÁ (2002) konštatuje, že pestovaním rôznych plodín je možné realizovať ekonomický efekt. Ten je ale ovplyvnený dosiahnutou úrodou i ekonomickým prostredím, ktoré je do značnej miery nezávislé od pestovateľského subjektu. Energetická bilancia je jedným z najdôležitejších ukazovateľov výkonnosti rastlinnej sústavy. Efektívne využívanie energie a správny manažment rastlinnej výroby môžu byť kľúčovým prvkom k udržateľným poľnohospodárskym systémom (CHAUDHARY *et al.*, 2006).

Vo všeobecnosti sú všetky životné pochody podmienené zmenami energetických tokov. Ich úroveň je možné v danom okamihu na príslušnej produkčno – ekologickej úrovni kvantitatívne a kvalitatívne hodnotiť prostredníctvom bilancií. Energetickú rovinu je možné považovať za všeobecne porovnateľnú základňu všetkých dejov v krajinnom priestore. Poznanie objektívnych zákonitostí umožňuje na základe vypočítaných bilancií reguláciu vstupov a výstupov energie v zhode s prírodným potenciálom záujmového územia (VLACHOVÁ *et al.*, 2004).

V zmenených ekonomických a spoločenských podmienkach prestávame uvažovať o maximálnych úrodách. Hovoríme skôr o optimálnych úrodách s najnižšími nákladmi, o ekologickej rastlinnej výrobe menej závislej na vysokých vstupoch energie a agrochemikálií a viac podmieňovanej úrovňou manažmentu. Ide o maximalizáciu zisku a o obmedzovanie negatívnych vplyvov na životné prostredie. Štrukturálna skladba rastlinnej výroby sa stáva kompromisom medzi ekonomikou a pestovateľskými podmienkami lokality, pričom musí spĺňať i požiadavky udržateľnosti. Súčasný agrónóm je nútený sledovať situáciu na trhu, mať cit pre marketing a z roka na rok korigovať štrukturálnu skladbu rastlinnej výroby v prospech trhovo atraktívnych plodín. Vždy pritom musí realizovať aspoň zásady minimálneho striedania plodín, so zachovaním funkčnosti agroekosystému i rešpektovať hľadisko akumulácie a recyklácie organickej hmoty. Správne využitie schopnosti rýchlo sa prispôbiť momentálnej situácii na trhu zmenami v optimalizácii vstupov

a štruktúrálnej skladbe plodín je základom úspešnosti realizovanej rastlinnej výroby (TÓTH, 2013).

Cieľom energetického hodnotenia rastlinnej výroby je odhaľovať existujúce rezervy a optimalizovať energetické vstupy z hľadiska dosiahnutia čo najvyššieho výrobného efektu pri nízkej spotrebe energie (PASTOREK *et al.*, 2009). Účelom energetického hodnotenia je odhaľovanie existujúcich rezerv a optimalizácia energetických vkladov do výrobného procesu z hľadiska dosiahnutia čo najvyššieho výrobného efektu pri nízkej mernej spotrebe energie (PREININGER, 1987).

Poľnohospodárstvo je podobne ako každá výrobná činnosť, procesom energetickej premeny surovín a cielenej zmeny ich vlastností. Toto odvetvie nie je najväčším spotrebiteľom energie, ale význam energetických bilancií v poľnohospodárskej prvovýrobe je nespochybniteľný (KOTOROVÁ & DANILOVIČ, 2005).

ŠARIKOVÁ (1999) uvádza, že produkčná výkonnosť poľných plodín závisí od biologických vlastností rastlín a podmienok vonkajšieho prostredia. Primárnym faktorom vonkajšieho prostredia, ktorý ovplyvňuje priebeh produkčného procesu je slnečné žiarenie, teplota a voda. Slnečné žiarenie zabezpečuje rastlinám energiu potrebnú pre priebeh fotosyntetickej činnosti, výsledkom ktorej je tvorba organických látok. Dôležitým faktorom produktivity je príkon slnečného žiarenia. Rozhodujúcim činiteľom je však efektívnosť využitia slnečnej energie. Účinnosť transformácie energie slnečného žiarenia sa vyjadruje koeficientom využitia energie žiarenia, ktorý vyjadruje vzťah medzi množstvom energie transformovanej v podobe biomasy k množstvu dopadajúcej alebo absorbovanej energie slnečného žiarenia porastom za definované časové obdobie. Hodnoty koeficientov využitia energie žiarenia sú jedným z objektívnych ukazovateľov energetickej efektívnosti produkčného procesu.

Všetky životné pochody sú prejavom zmien látkových a energetických tokov. Ich úroveň je možné v danom okamihu na príslušnej produkčno – ekologickej úrovni kvantitatívne a kvalitatívne hodnotiť prostredníctvom bilancií. Základným problémom bilancie energie v rastlinnej výrobe je miera ovplyvnenia produkčného procesu vstupmi priamej a nepriamej energie a ich výsledná účinnosť pri tvorbe biomasy, či hospodársky cenného produktu vyjadreného úrodou. Produkčný proces môže prebiehať optimálne len za cenu vstupov dodatkového energie, ktorá sa do tohto procesu dostáva vo forme hnojív, pesticídov, fosilnej energie. Ďalej do tohto procesu vstupuje aj energia dodaná vo forme osív a ľudskej práce (KOTOROVÁ *et al.*, 1999).

Energetické bilancie v poľnohospodárskych systémoch sa zvyčajne riešia globálne. V podstate analyzujú problematiku vstupov energie ako celok, z hľadiska priamych a nepriamych vstupov dodatkového energie. Priame vstupy sa chápu ako spotreba nafty, benzínu, vykurovacieho oleja, elektrickej energie, ľudskej práce, bezprostredne pri výrobných operáciách. Nepriame vstupy predstavujú prevažne spotrebu energie pri výrobe základných prostriedkov (POSPIŠIL & VILČEK, 2000).

KOTOROVÁ *et al.* (2004) pri svojich energetických bilanciách produkčného procesu kladú dôraz na presnú kvantifikáciu vstupov a výstupov energie, ako aj na ďalšie energetické ukazovatele. Pri kalkulácii vstupov dodatkového energie je významné určenie potreby energie nielen pre jednotlivé poľné plodiny, ale aj na vykonanie potrebných agrotechnických zásahov.

KOTOROVÁ (2008) konštatuje, že pri energetickej bilancii produkčného procesu sa porovnávajú vstupy a výstupy dodatkového energie. Dôležitým ukazovateľom energetickej efektívnosti pestovateľského procesu je nielen zisk energie, ale aj koeficient energetickej efektívnosti. Pre energetickú bilanciu produkčného procesu je dôležité poznanie vzájomných vzťahov medzi vstupmi

dotatkovej energie a výstupmi energie vo forme energie hospodársky cenného produktu.

POSPIŠIL & VILČEK (2000) upozorňujú, že úroveň vstupov i výstupov energie rastlinnej výroby i energie jednotlivých plodín je limitovaná konkrétnymi jednotkami stanovišťa, ktoré človek nemôže výrazne ovplyvniť (klíma, pôda), ale aj faktormi, ktoré človek ovplyvniť môže (dotatkové vstupy energie, použité systémy hospodárenia, pestovateľské technológie, štruktúra osevu). Z hľadiska produkcie energie, najviac energie vyprodukujú pôdy hlinité a ílovito – hlinité, aj keď zároveň sú pri nich najvyššie vstupy dotatkovej energie. Cieľom energetického hodnotenia rastlinnej výroby je odhaľovať existujúce rezervy a optimalizovať energetické vstupy z hľadiska dosiahnutia čo najvyššieho výrobného efektu pri nízkej spotrebe energie. Energetické hodnotenie umožňuje porovnávať značne odlišné pestovateľské technológie plodín vo výrobe z hľadiska energetickej efektívnosti a úzko súvisí nielen s ekonomickým, ale aj s ekologickým hľadiskom poľnohospodárskej výroby. CAO & DAWSON (2005) uvádzajú, že vplyvom vnútorných a vonkajších faktorov sa poľnohospodársky technologický systém vyvíja a mení v čase.

Významným ukazovateľom pri zvyšovaní efektívnosti produkčného procesu poľných plodín je determinovanie vzájomných vzťahov medzi vstupmi a výstupmi energie. Pri hodnotení energetických vzťahov je tiež dôležité zatriedenie pôdy k pôdnym druhom. Pri znižovaní podielu dotatkovej energie vo výrobnom procese v poľnohospodárskej výrobe sa treba zamerať hlavne na znižovanie spotreby pohonných hmôt, na využívanie racionálnej agrotechniky s novými technologickými postupmi, optimalizáciu hnojenia a používanie techniky s vysokými parametrami (KOTOROVÁ & DANILOVIČ, 2005).

GABČOVÁ (2002) upozorňuje, že pestovaním určitej plodiny je možné realizovať ekonomický efekt. Ten je ovplyvnený dosiahnutou úrodou i ekonomickým prostredím, ktoré je do značnej miery nezávislé od pestovateľského subjektu. Energia je jedným z najdôležitejších ukazovateľov výkonnosti rastlinnej sústavy. Efektívne využívanie energie a správny manažment rastlinnej výroby môžu byť kľúčovým prvkom k udržateľným poľnohospodárskym systémom (CHAUDHARY *et al.*, 2006).

POSPIŠIL a VILČEK (2000) zistili pri porovnávaní rôznych systémov hospodárenia v rámci rôznych sústav rastlinnej výroby, že z hľadiska vstupov priamej a nepriamej energie sú najnáročnejšie intenzívne (industriálne) sústavy hospodárenia (22,91 GJ.ha⁻¹). Menej náročné na energetické vstupy sú sústavy konvenčné (20,65 GJ.ha⁻¹), integrované (18,19 GJ.ha⁻¹) a najmenej sústavy ekologické (17,02 GJ.ha⁻¹).

Pri ekonomickej analýze je potrebné vychádzať zo základných ekonomických ukazovateľov, ako sú celkové náklady, tržby z predaja (výnosy) a zisku. Celkové výnosy (tržby) sú súčinom výslednej produkcie v naturálnom vyjadrení a realizačnej ceny. Z rozdielu medzi celkovými nákladmi a tržbami sa vypočítava zisk. Samotná ekonomická efektívnosť sa zisťuje pomocou:

- nákladovej rentability,
- efektívnosti nákladov.

ČISLÁK (1990) poukazuje na to, že rezervy v energetickej úspornosti a zvyšovaní energetickej efektívnosti treba hľadať a využívať v optimalizácii a racionalizácii pestovateľských systémov plodín, v genetike, šľachtení a i., pritom však treba zabezpečiť vysokú intenzitu toku energie. V súčasnosti je potrebné neustále optimalizovať výrobnú účinnosť poľnohospodárskeho systému, znižovať vstupy z neobnoviteľných zdrojov a zvyšovať vstupy z obnoviteľných zdrojov pri nezmenenej kvalite poľnohospodárskej produkcie (WEI *et al.*, 2008).

Energetické hodnotenie je jedno z najvýznamnejších objektívnych meradiel účelnosti poľnohospodárskej výroby. Umožňuje porovnávať značne odlišné spôsoby výroby z hľadiska energetickej efektívnosti. Energetická efektívnosť úzko súvisí nielen s ekonomickým, ale aj s ekologickým hľadiskom poľnohospodárskej výroby. Analýza energetickej efektívnosti poľnohospodárskej sústavy je základnou informáciou pre porovnanie stavu, dynamiky, vývoja, rezerv a ciest riešenia k znižovaniu energetickej náročnosti pestovateľských systémov jednotlivých plodín i celej rastlinnej výroby. Energetická bilancia vychádza zo stálej úžitkovej hodnoty poľnohospodárskych produktov, nepodlieha rôznym náhodným výkyvom a umožňuje objektívne porovnávať rozdielne druhy produkcie a značne odlišné spôsoby výrobných činností (MÍŠA & KŘEN, 2001).



Sľečnica ročná vo fáze vzchádzania (Foto: D. Ernst)



Sľečnica ročná vo fáze vegetatívneho rastu (Foto: D. Ernst)

2 Vedecko – metodická charakteristika experimentov

2.1 Vedecký zámer problematiky

Cieľom predkladanej problematiky bolo, na základe teoretických poznatkov a vlastných experimentálnych výsledkov, zhodnotiť vplyv biostimulátorov rastu na produkčný potenciál hybridov slnečnice ročnej (*Helianthus annuus* L.). Získané výsledky využiť pri hodnotení hybridov z hľadiska technologického a navrhnúť možnosti využitia biostimulátorov v praxi. V rámci sledovanej problematiky boli vytýčené niektoré parciálne zámery:

- **V podmienkach suchého, teplého, nížinného klimatického regiónu vyhodnotiť vplyv poveternostných podmienok ročníkov na:**
 - a) produkčné parametre:** vybrané úrodovtné prvky (počet rastlín na jednotku plochy, počet úborov na jednotku plochy, priemer úboru, hmotnosť úboru a HTN), úrodu nažiek a obsah oleja v nažkách slnečnice ročnej,
 - b) fyziologické parametre:** vegetačné indexy *NDVI* a *PRI*, teplotnú diferenciu ΔT , index vodivosti prieduchov I_g a index vodného stresu *CWSI* slnečnice ročnej.
- **Skúmať vplyv hybridov na:**
 - a) produkčné parametre:** úrodovtné prvky (počet rastlín na jednotku plochy, počet úborov na jednotku plochy, priemer úboru, hmotnosť úboru a HTN), úrodu nažiek a obsah oleja v nažkách slnečnice ročnej,
 - b) fyziologické parametre:** vegetačné indexy *NDVI* a *PRI*, teplotnú diferenciu ΔT , index vodivosti prieduchov I_g a index vodného stresu *CWSI* slnečnice ročnej.
- **Zistiť vplyv biostimulátorov rastu na:**
 - a) produkčné parametre:** úrodovtné prvky (počet rastlín na jednotku plochy, počet úborov na jednotku plochy, priemer úboru, hmotnosť úboru a HTN), úrodu nažiek a obsah oleja v nažkách slnečnice ročnej,
 - b) fyziologické parametre:** vegetačné indexy *NDVI* a *PRI*, teplotnú diferenciu ΔT , index vodivosti prieduchov I_g a index vodného stresu *CWSI* slnečnice ročnej.
- **Poukázať na vplyv termodynamických podmienok experimentálneho stanovišťa na dosiahnutú výšku úrody nažiek vybraných hybridov slnečnice ročnej.**
- **Zhodnotiť produkciu oleja slnečnice ročnej v energetických jednotkách.**
- **Vytvoriť ekonomické zhodnotenie pestovania slnečnice ročnej oštrenej biostimulátormi rastu.**

2.2 Metodická charakteristika experimentov

Experimenty a získané výsledky boli súčasťou grantového projektu VEGA 1/0093/13: Racionalizácia pestovateľského systému slnečnice ročnej (*Helianthus annuus* L.) a repy cukrovej (*Beta vulgaris* L. provar. *altissima* Doell.) v podmienkach globálnej zmeny klímy s dôrazom kladeným na klimatické zmeny, optimalizáciu produkčného procesu, množstva a kvality produkcie, riešeného na Katedre rastlinnej výroby Fakulty agrobiológie a potravinových zdrojov Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre.

Agroekologická charakteristika experimentálnej bázy

Experimenty boli riešené na výskumno – experimentálnej báze (EXBA) Strediska biológie a ekológie rastlín FAPZ SPU v Nitre – Dolná Malanta, lokalizovanej pri osade Dolná Malanta, vzdialenej cca 5 km od areálu SPU v Nitre. Geograficky sa územie nachádza v západnej časti Žitavskej pahorkatiny, vymedzenej pohorím Tribeč a riekami Nitra a Žitava. Lokalita výskumnej bázy má charakter roviny s nevýrazným sklonom k južnej expozícii. Výskumná báza SPU Nitra je tvorená tromi pôdno-ekologickými jednotkami s rozdielom len na úrovni sklonu reliéfu. Pôdne vzorky boli odobrané v 2 sondách, z ktorých bola vypracovaná charakteristika uvedená v Tabuľke 5. GPS súradnice: 48° 19' 25.41" E 18° 09' 2.87" (TOBIÁŠOVÁ & ŠIMANSKÝ, 2009).

Tabuľka 5 Pedologická charakteristika EXBA FAPZ SPU

Parameter	Charakteristika
Nadmorská výška	170 m n. m.
Pôdny typ	hnedozem kultizemná (HMa)
Pôdny druh	hlinitá, stredne ťažká
Stratigrafia pôdneho profilu	humusový horizont kultizemný ornícový (Akp) 0,00 – 0,29 m
	lluviálny luvický horizont (Bt) 0,30 – 0,66 m
	Pôdotvorný substrát (C) > 0,75 m
Merná hmotnosť	2 570 – 2 680 kg.m ⁻³
Objemová hmotnosť	1 500 – 1 680 kg.m ⁻³
Pórovitosť	36,12 – 43,40 %
Obsah humusu v ornici	1,99 – 2,19 %
Pôdna reakcia (pH KCl)	5,72 – 7,17

Územie patrí do agroklimateckej oblasti veľmi teplej so sumou priemerných teplôt vzduchu ($TS > 10$ °C) za hlavné vegetačné obdobie 3 000 °C a viac. Agroklimatecká podoblasť je veľmi suchá s ukazovateľom zavlaženia v letných mesiacoch (K_{VI-VIII}) 150 mm, čo zaraďuje lokalitu k najsuchším. Zásoba vody v pôde na začiatku jarného obdobia je 150 – 160 mm. Agroklimatecký okrsok je s miernou zimou s priemernou hodnotou absolútnych teplotných miním ($T_{\min} > 18$). Klimatická charakteristika pokusnej lokality je uvedená v Tabuľke 6 (ŠPÁNIK *et al.*, 2002).

Základná poveternostná charakteristika – priemerná teplota vzduchu (°C) a úhrn zrážok (mm) boli poskytnuté z Agrometeorologickej stanice Katedry biometeorológie a hydrológie FZKI SPU v Nitre (Tabuľka 7 a 8).

Tabuľka 6 Klimatická charakteristika pokusnej lokality EXBA FAPZ SPU

Parameter	Charakteristika
Priemerný ročný úhrn zrážok	539,0 mm
Priemerný úhrn zrážok za IV. – IX. mesiac	320,3 mm
Priemerná ročná teplota vzduchu	10,2 °C
Priemerná ročná teplota vzduchu za IV. – IX. mesiac	17,0 °C
Priemerná ročná teplota pôdy	10,9 °C
Priemerná relatívna vlhkosť vzduchu	75 %
Priemerná ročná suma globálneho žiarenia	1 336 kWh.m ²

Tabuľka 7 Priemerné mesačné teploty (°C) v rokoch 2015 – 2016

Mesiac	2015				2016		
	Klimatic. normál 1961/90	Teplota	Odchýlka Δt	Charakteristika mesiaca	Teplota	Odchýlka Δt	Charakteristika mesiaca
IV.	10,4	8,5	-1,9	studený	9,3	-1,1	studený
V.	15,1	12,8	-2,3	veľmi studený	13,6	-1,5	studený
VI.	18,0	17,3	-0,7	normálny	17,8	-0,2	normálny
VII.	19,8	21,0	1,2	teplý	18,8	-1,0	normálny
VIII.	19,3	21,2	1,9	teplý	16,8	-2,5	veľmi studený
IX.	15,6	14,9	-0,7	normálny	15,1	-0,5	normálny

Tabuľka 8 Priemerné mesačné úhrny zrážok (mm) v rokoch 2015 – 2016

Mesiac	2015				2016		
	Klimatic. normál 1961/90	Zrážky	% n	Charakteristika mesiaca	Zrážky	% n	Charakteristika mesiaca
IV.	39	25,6	66	suchý	24,8	64	suchý
V.	58	83,0	143	vlhký	89,0	153	veľmi vlhký
VI.	66	23,6	36	veľmi suchý	26,0	39	veľmi suchý
VII.	52	26,4	51	suchý	127,0	244	mimoriadne vlhký
VIII.	61	77,4	127	vlhký	50,0	82	normálny
IX.	40	43,2	108	normálny	43,0	108	normálny

Spôsob založenia experimentov

Polné polyfaktorové experimenty boli založené metódou kolmo delených blokov, s náhodným usporiadaním pokusných členov. Veľkosť pokusnej plochy bola 4 617 m² (57 × 81 m) a veľkosť pokusnej parcelky bola 60 m² (6 × 10 m). V oševnom postupe bola slnečnica ročná (*Helianthus annuus* L.) zaradená po pšenici letnej forme ozimnej (*Triticum aestivum* L.). Obrábanie pôdy (podmietka: 100 mm, stredná orba: 250 mm) a spôsob založenia porastu (medziriadková vzdialenosť: 0,70 m; vzdialenosť v riadku: 0,18 m) boli realizované konvenčným spôsobom pestovania. Regulácia zaburinenosti (Wing P v dávke 4 l.ha⁻¹) a ochrana proti chorobám (Bumper Super v dávke 1 l.ha⁻¹) boli realizované v súlade s ich výskytom a platnou *Metodickou príručkou pre ochranu rastlín*. Základné hnojenie bolo uskutočnené na základe agrochemického rozboru pôdy (Tabuľka 9 a 10), bilančnou metódou, na predpokladanú výšku úrody 3 t.ha⁻¹. Podrobný harmonogram technologického systému pestovania slnečnice ročnej v období realizácie pokusu je uvedený v Tabuľke 11.

Tabuľka 9 Agrochemický rozbor pôdy na jeseň

Rok	P	K	Mg	Na	Mn	Zn	humus	uhľičitany	pH
	mg.kg ⁻¹						%		
2014	87,5	367	283	15,0	8,10	2,15	1,96	0,20	6,32
2015	32,5	234	294	20,0	5,15	0,88	1,55	0,25	6,63

Tabuľka 10 Agrochemický rozbor pôdy na jar

Obdobie	N _{an}	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺
	mg.kg ⁻¹		
2015	3,61	1,04	2,63
2016	9,70	2,51	7,19

Tabuľka 11 Technologický systém pestovania slnečnice ročnej v pestovateľských rokoch 2015 a 2016

Dátum		Agrotechnický zásah
21. 7. 2014	14. 7. 2015	zber predplodiny
7. 8. 2014	24. 7. 2015	podmietka
8. 10. 2014	20. 10. 2015	odber pôdnych vzoriek
13.11. 2014	–	aplikácia priemyselných hnojív
14.11. 2014	16.10. 2015	stredná orba
20. 3. 2015	21. 3. 2016	odber pôdnych vzoriek na stanovenie N _{an}
9. 4. 2015	4. 4. 2016	aplikácia priemyselných hnojív
15. 4. 2015	5. 4. 2016	predsejbová príprava, sejba
16. 4. 2015	6. 4. 2016	aplikácia herbicídu
19. 5. 2015	30. 5. 2016	presekávanie uličiek
20. 5. 2015	31. 5. 2016	inventarizácia porastu
29. 5. 2015	1. 6. 2016	aplikácia biostimulátorov + fungicíd
1. 6. 2015	2. 6. 2016	aplikácia biostimulátorov
26. 6. 2015	24. 6. 2016	aplikácia biostimulátorov
30. 6. 2015	28. 7. 2016	aplikácia fungicídov
3. 9. 2015	9. 9. 2016	desikácia porastu Reglone®, dávka 2,5 l.ha ⁻¹
17. 9. 2015	13. 9. 2016	odber vzoriek
23. 9. 2012	21.9.2016	zber

Charakteristika hybridov

SY Neostar – dvojlíniový stredne skorý hybrid s normálnym typom oleja pre ClearField Plus® technológiu. Obsah oleja v priemere 47,0 % so štandardným pomerom olejových kyselín. Rastliny sú nižšieho vzrastu, úbory stredne veľké, vyrovnané a vzpriamené. Tolerantný proti všetkým typom *Plasmopara halstedii*, dobrá odolnosť proti *Diaporthe helianthi* a *Sclerotinia sclerotiorum*.

NK Neoma – dvojlíniový stredne neskorý hybrid s normálnym typom oleja pre ClearField® technológiu, imidazolin rezistentný hybrid. Obsah oleja v priemere 48 %. Rastliny sú nižšieho vzrastu, tolerantný proti všetkým typom *Plasmopara halstedii*, priemerná až dobrá odolnosť proti *Diaporthe helianthi* a *Sclerotinia sclerotiorum*.

SY Estiva – dvojlíniový stredne skorý hybrid s normálnym typom oleja pre ClearField® technológiu. Vysoká úrodnosť, obsah oleja bol nad 47 %, stredne vysoký vzrast, s konvexným vzpriameným typom úboru, vysoká odolnosť proti hubovým chorobám.

Charakteristika a varianty biostimulátorov rastu

V poľných polyfaktorových experimentoch, z hľadiska produkčných a fyziologických parametrov produkčného procesu slnečnice ročnej, bol sledovaný vplyv biostimulátorov rastu BiomagicPlus a BlackJak®. Varianty ošetrovania slnečnice ročnej rastovými biostimulátormi sú uvedené v Tabuľke 12.

BiomagicPlus: rastlinný biostimulátor na báze baktérií *Azospirillum* sp. fixujúcich N, *Bacillus megaterium* sprístupňujúcich P a *Frateuria aurentia* sprístupňujúcich K.

Prípravok zabezpečuje skorý vývoj koreňov, stimuluje a zabezpečuje vyrovnaný rast stonky a synchronizáciu kvitnutia, podporuje rýchly vývoj buniek (tým zvyšuje ich odolnosť proti chorobám), zvyšuje kvantitatívne a kvalitatívne parametre rastlinných produktov a celkový obsah proteínov, zvyšuje príjem stopových prvkov v pôde ako Fe, Zn, Cu, Mn, Mg, Bo, Mo a pod. Schopnosť mobilizácie K po aplikovaní prípravku umožňuje racionalizovať celkovú dávku o draslíka 50 – 60 %,

BlackJak®: rastlinný biostimulátor na báze humínových kyselín a fulvokyselín. Jedná sa o patentovanú suspenziu, v ktorej sú koncentrované humínové kyseliny, prirodzene vyskytujúce sa v prírodných látkach, formujúce sa počas dlhého degradačného procesu rastlinných a živočíšnych zvyškov za čiastočných aeróbnych podmienok. S ohľadom na proces vzniku, humínové kyseliny nemajú uniformné zloženie. Z uvedeného dôvodu nemožno od ich účinku očakávať vždy rovnaký výsledok, nakoľko obsah humínových kyselín obsiahnutých v prípravkoch kolíše v závislosti od ich pôvodu, typu a podmienok vzniku a od metódy ich získavania. Pochádzať môžu z rozličných zdrojov, ako napr. pôdny humus, rašelinníky, kompost alebo leonardit (mineraloid).

BlackJak® odvodený priamo z leonarditu má najuniformnejšie zloženie humínových kyselín. Rastový stimulátor BlackJak® obsahuje aj celý rad stopových prvkov, ktorých prijateľnosť rastlinou je úzko spojená s pôdnou hodnotou pH (19 – 21 % humínové kyseliny; 3 – 5 % fulvokyseliny; 16,8 % organický uhlík; 0,34 % organický N; 47 g .100 g⁻¹ Ca; 1,68 mg . kg⁻¹ Cu; 4,3 mg . kg⁻¹ Zn; 2,13 mg.kg⁻¹ P; 0,16 g.100 g⁻¹ Mg; 103 mg . kg⁻¹ K; pH 4 – 5).

Zintenzívňuje mnohé enzýmové aktivity, dýchanie, bunkové delenie a rast. Humínové látky výrazným spôsobom ovplyvňujú odolnosť rastlín voči mnohým stresovým faktorom. Po použití prípravku BlackJak® sa nepriamo zvyšuje bunkový tlak, čím sú rastliny zelenšie, zdravšie a vitálnejšie.

Tabuľka 12 Varianty ošetrovania slnečnice ročne rastovými biostimulátormi v pestovateľských sezónach 2015 – 2016

Variant	Termín aplikácie	Dávka (l.ha ⁻¹)
Kontrola	–	–
BiomagicPlus	BBCH 15	2
BlackJak®	BBCH 15	1,5
	BBCH 55	1,5
BiomagicPlus + BlackJak®	BBCH 15	2 + 4

Experimentálne pozorovania

a) produkčné parametre:

- počet rastlín na jednotku plochy (stanovený pri predzberovej inventarizácii a prepočítaný na plochu 1 ha),
- počet úborov na jednotku plochy (stanovený pri predzberovej inventarizácii a prepočítaný na plochu 1 ha),
- priemer úboru (stanovený mechanickým rozborom v laboratóriu v mm),
- hmotnosť úboru (stanovená mechanickým rozborom v laboratóriu v gramoch),
- HTN (stanovený mechanickým rozborom v laboratóriu v gramoch),
- úroda nažiek (zber maloparcelkovým kombajnom CLAAS, úroda prepočítaná na plochu 1 ha v t.ha⁻¹),

- *obsah oleja v nažkách* (stanovenie obsahu tukov pre jednotlivé hybridy extrakčnou metódou v %, pomocou extrakčného prístroja *SOXSHLET*, podľa metodiky SHAHIDI (2005). Na analýzu bol použitý potrebný počet vzoriek (podľa počtu variantov a opakovaní) s navážkou nažiek 200 g).

b) fyziologické parametre:

- priebeh fotosyntézy na základe *vegetačných indexov NDVI a PRI*
- *teplotná diferenciacia ΔT a index vodného stresu CWSI* prostredníctvom infračervenej (IR) termografie.

V priebehu vegetačného obdobia bol v každom opakovaní hodnotený fyziologicky dospelý list (tretí list počítaný od apexu rastliny) desiatich rôznych rastlín slnečnice ročnej. Rastliny, na ktorých bolo realizované každé meranie fyziologických ukazovateľov, boli označené identifikačným štítkom. Všetky merania boli v experimentálnych rokoch uskutočnené nedeštrukčnou metódou v poludňajších hodinách (11:00 – 13:00 hod.), v rovnakých dňoch, rastových fázach a na tých istých rastlinách:

- 1. meranie: rastová fáza vývoj listov (BBCH 15),
- 2. meranie: 2 týždne po 1. aplikácii biostimulátorov rastu/rastová fáza predlžovanie stonky (BBCH 35),
- 3. meranie: rastová fáza vznik kvetov (BBCH 55),
- 4. meranie: 2 týždne po 2. aplikácii biostimulátorov rastu/rastová fáza kvitnutie (BBCH 65),
- 5. meranie: rastová fáza vývoj plodu (BBCH 75),
- 6. meranie: rastová fáza dozrievanie (BBCH 85),
- 7. meranie: pred zberom/rastová fáza zrelosť (BBCH 99).

Vegetačný index NDVI bol kvantifikovaný prenosným prístrojom *PlantPen 300-U* (Photon Systems Instruments, Brno, Česká republika), nedeštrukčnou metódou listu, ktorý využíva detekciu odrazeného žiarenia z listu pri vlnových dĺžkach vo viditeľnej (660 nm) a blízkej infračervenej (740 nm) oblasti. *NDVI* bol kalkulovaný podľa rovnice:

$$NDVI = \frac{(R_{740} - R_{660})}{(R_{740} + R_{660})}$$

kde:

R_{740} a R_{660} – intenzita odrazeného žiarenia z listu pri vlnových dĺžkach 740 a 660 nm.

Vegetačný index PRI bol kvantifikovaný prenosným prístrojom *PlantPen 200-U* (Photon Systems Instruments, Brno, Česká republika), nedeštrukčnou metódou listu, ktorý využíva detekciu odrazeného žiarenia z listu pri vlnových dĺžkach 531 a 570 nm. *PRI* bol kalkulovaný podľa rovnice:

$$PRI = \frac{(R_{531} - R_{570})}{(R_{531} + R_{570})}$$

kde:

R_{531} a R_{570} – intenzita odrazeného žiarenia z listu pri vlnových dĺžkach 531 a 570 nm.

Obidva indexy reflektancie boli merané na liste slnečnice ročnej na desiatich rôznych miestach listovej plochy, rešpektujúc tak heterogenitu listu.

Teplotná diferenciacia ΔT bola meraná vo vyššie spomenutých rastových fázach za jasných, slnečných a bezveterných dní metódou podľa JONESA *et al.* (2009) infračervenou kamerou *EasIR-4* (Bibus AG, Fehrltorf, Švajčiarsko). Termokamera *EasIR-4* sníma obraz v spektrálnom rozsahu 8 – 14 μm , s citlivosťou $\leq 0,1$ °C a presnosťou ± 2 °C, pričom využíva nechladený *FPA* mikrobolometer s detektorom v rozlíšení 160 × 120 pixelov. Meranie bolo uskutočňované v čase medzi 11:00 – 13:00 hod. Termosnímky boli snímané diagonálne na spon rastlín slnečnice ročnej zo vzdialenosti cca 2,0 m, z výšky cca 1,5 m, v zornom poli 20,6° × 15,5° s režimom automatického zaostrovania. Z nameraných teplôt listu a atmosféry bola kalkulovaná teplotná diferenciacia (ΔT v °C) podľa rovnice:

$$\Delta T = T_{leaf} - T_{air}$$

kde:

T_{leaf} – teplota listu,

T_{air} – teplota atmosféry.

Kalibrácia dát získaných z termokamery bola uskutočnená meraním teploty listu na 10 miestach v diagonále pomocou prenosného elektrického teplomera *ama-digit ad 15 th* (Amarell Electronic, Kreuzwertheim, Nemecko). Teplomera je schopný pracovať v poľných i laboratórnych podmienkach v teplotnom rozmedzí od -40 do 120 °C.

Hodnotenie T_{leaf} a T_{air} bolo uskutočnené spracovaním termosnímkov programom *Guide IR Analyser* (Bibus AG, Fehrltorf, Švajčiarsko) na desiatich rôznych rastlinách všetkých opakovaní a na desiatich rôznych miestach povrchu listu, resp. atmosféry.

Index vodného stresu stanovíme na základe snímkov získaných termovíznou kamerou *EasIR-4*, kde R_{740} a R_{660} predstavujú intenzitu odrazeného žiarenia z listu pri vlnových dĺžkach 740 a 660 nm. Z termosnímkov boli získané údaje teploty listu, prostredia, suchej a mokrej plochy. Zo získaných údajov bol kalkulovaný *CWSI* podľa vzťahu:

$$CWSI = \frac{(T_c - T_a) - (T_c - T_a)_u}{(T_c - T_a)_{ul} - (T_c - T_a)_u}$$

kde:

T_c – hodnota teploty porastu,

T_a – hodnota teploty vzduchu,

$(T_c - T_a)$ – nameraný teplotný rozdiel,

$(T_c - T_a)_u$ – fiktívny rozdiel teplôt, ktorý by vznikol v prípade, že porast bol dobre zásobený vodou,

$(T_c - T_a)_{ul}$ – fiktívny teplotný rozdiel, ktorý by nastal v prípade, že by došlo k okamžitej desikácii porastu.

c) termodynamická analýza:

Na základe metódy termodynamickéj analýzy sústavy rastlina – pôda (KUDRNA, 1979) sme sledovali priebeh zmien vnútornej energie (charakterizuje úrodu suchej hmoty) pre posúdenie energetických transformácií v termodynamických fázach rastu slnečnice ročnej. Hodnotenie bolo prevedené prostredníctvom pomeru tepla a zrážok, a tiež z hodnôt maximálnej úrody Y_{max} .

Množstvo transformovanej kinetickej energie na potenciálnu bolo vyjadrené vzťahmi:

$$T = \frac{Y_{prod}}{t_c}$$

$$S = \frac{Y_{prod}}{h_s}$$

kde:

T	– súčiniteľ pre teploty,
S	– súčiniteľ pre zrážky,
Y_{prod}	– produktívna úroda ($t \cdot ha^{-1}$),
t_c	– suma teplôt za vegetáciu plodiny,
h_s	– úhrn zrážok za vegetáciu plodiny.

Na základe týchto vzťahov sme počítali Y_t a Y_{hs} nasledovne:

$$Y_t = T \times t_{cn}$$

$$Y_{hs} = S \times h_{sn}$$

kde:

T	– súčiniteľ pre teploty,
t_{cn}	– teplota vzduchu za sledované obdobie,
S	– súčiniteľ pre zrážky,
h_{sn}	– zrážky za sledované obdobie.

Hodnota úrody Y_t alebo Y_{hs} predstavuje určité množstvo energie sústavy, ktorá je v príslušnom období k dispozícii pre určitú výšku úrody, t.j. zmenu celkovej vnútornej energie sústavy (U_{Δ}).

$$U_{\Delta} = \frac{Y t_{cn}}{T_c} - \frac{Y h_{sn}}{h_s} = (T \times t_{cn}) - (S \times h_{sn}) = Y_t - Y_{hs}$$

kde:

U_{Δ}	– celková zmena vnútornej energie, ktorá charakterizuje úrodu suchej hmoty,
Y	– úroda plodiny ($t \cdot ha^{-1}$),
t_{cn}	– teplota vzduchu za sledované obdobie,
t_c	– suma teplôt za vegetáciu plodiny,
h_{sn}	– zrážky za sledované obdobie,
h_s	– úhrn zrážok za vegetáciu plodiny.

Za obvykle normálnych podmienok je pre Y_{max} slnečnice ročnej rozhodujúce:

$$U_{\Delta} = Y_t - Y_{hs}$$

Vyhodnotenie priebehu zmien vnútornej energie sústavy rastlina – prostredie bolo uskutočnené až po druhom experimentálnom roku z dôvodu, že výsledky z prvého roku neboli opodstatnené na vytvorenie typickej krivky a všeobecnej klimatickej rovnice pre slnečnicu ročnú.

Kvantifikácia energetických výstupov

Výpočet produkcie energie bol vykonaný podľa olejnatosti nažiek pomocou príslušného energetického ekvivalentu podľa metodiky PREININGER (1987) a KAVKA *et al.* (2006). Energetický obsah hlavnej produkcie oleja bol vyjadrený ukazovateľom produkcia oleja slnečnice ($\text{GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$), kde 1 t slnečnicového oleja = 37,53 GJ.

Ekonomická efektívnosť aplikácie biostimulátorov rastu

Koeficient ekonomickej efektívnosti K_{EE} (FECENKO & LOŽEK, 2000) aplikácie biostimulátorov rastu bol kalkulovaný podľa vzťahu :

$$K_{EE} = \frac{P}{N}$$

kde:

P – prírastok úrody v dôsledku aplikácie biostimulátorov rastu (€),

N – prírastok nákladov na aplikáciu – náklady na biostimulátory, náklady na dopravu a aplikáciu biostimulátorov a náklady na zber prírastku úrody (€).

Metódy štatistického spracovania získaných výsledkov

Získané výsledky z oboch experimentálnych rokov 2015 a 2016 boli spracované prostredníctvom štandardných grafických a štatistických metód štatistického balíka *Microsoft Excel* a v štatistickom programe *Statistica 10* (StatSoft, Inc., Tulsa, Oklahoma, USA). Použité boli štatistické metódy:

- základné metódy popisnej (deskriptívnej) štatistiky,
- testy normality experimentálnych dát (Studentov t-test, Shapiro-Wilkovov test),
- viacfaktorová analýza rozptylu (ANOVA) pri 99 % hladine významnosti,
- testovanie kontrastov (Fisherov LSD test) pri 99 % hladine významnosti,
- korelačná analýza pri 99 % hladine významnosti.

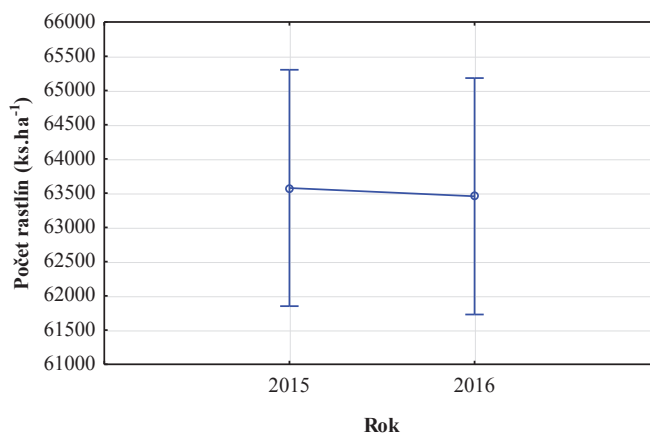
3 Výsledky práce a diskusia

3.1 Poveternostné podmienky ročníka

Poveternostné podmienky v pestovateľských obdobiach 2015 – 2016 boli, z hľadiska priemerných mesačných teplôt a priemerných mesačných úhrnov zrážok, variabilné (Tabuľka 7 a 8), čo sa prejavilo rozdielnymi hodnotami v produkčných aj fyziologických parametrov produkčného procesu slnečnice ročnej.

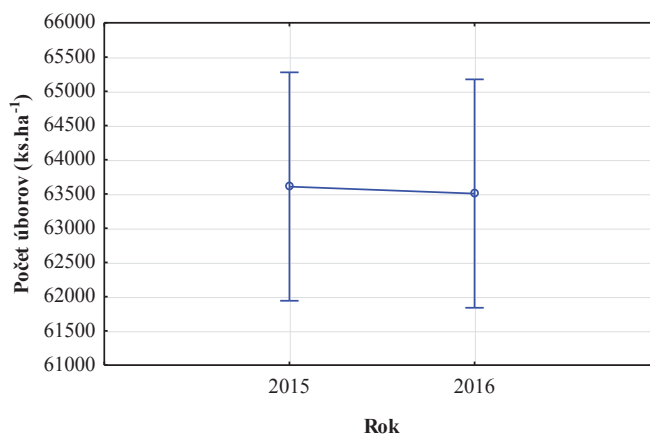
3.1.1 Vplyv ročníka na produkčné parametre

Priemerný počet rastlín slnečnice ročnej v pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bol zaznamenaný v počte 63 516 ks.ha⁻¹. Nižší počet rastlín bol zaznamenaný v roku 2016. V roku 2015 bol zistený vyšší počet rastlín, ktorý prevyšoval počet rastlín z roku 2016 o 0,19 %, čo predstavuje 121 ks.ha⁻¹. Výsledky analýzy rozptylu (Obrázok 1) potvrdili štatisticky nepreukazný vplyv ($P > 0,05$) ročníka na ukazovateľ počet rastlín.



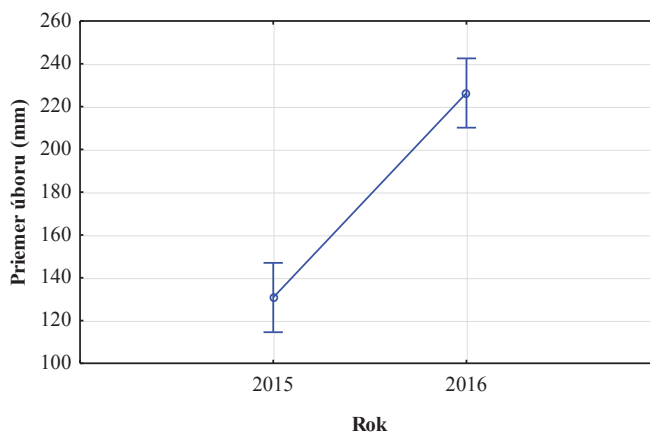
Obrázok 1 Vplyv ročníka na počet rastlín, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P > 0,05$)

Priemerný počet úborov slnečnice ročnej v pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bol zaznamenaný na úrovni 63 557 ks.ha⁻¹. Nižší počet úborov bol zistený v roku 2016. V roku 2015 bol zaznamenaný vyšší počet úborov, ktorý prevyšoval počet úborov z roku 2016 o 0,16 %, čo predstavuje 102 ks.ha⁻¹. Výsledky analýzy rozptylu (Obrázok 2) potvrdili štatisticky nepreukazný vplyv ($P > 0,05$) ročníka na ukazovateľ počet úborov.



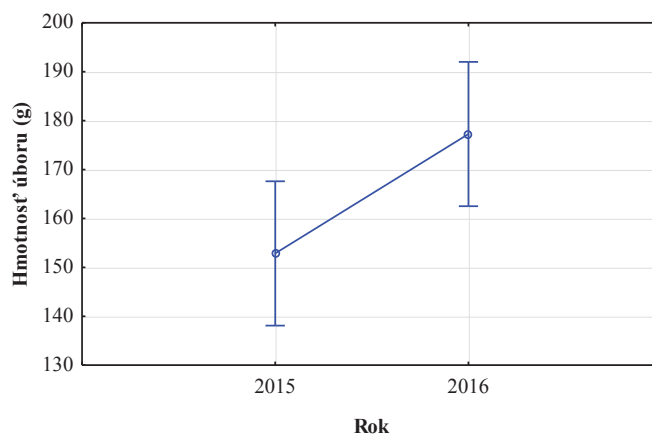
Obrázok 2 Vplyv ročníka na počet úborov, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P > 0,05$)

Stredná hodnota ukazovateľa *priemer úboru* slnečnice ročnej v pestovateľských sezónach 2015 – 2016 dosiahla hodnotu 179 mm. Rok 2015 sa prejavil ako menej priaznivý pre zväčšovanie priemeru úborov. Výskyt úborov s väčším priemerom bol zaznamenaný v roku 2016, kedy došlo k nárastu priemeru úboru v porovnaní s rokom 2015 až o 73 %, čo predstavuje 95 mm. Výsledky analýzy rozptylu (Obrázok 3) potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) ročníka na ukazovateľ priemer úboru.



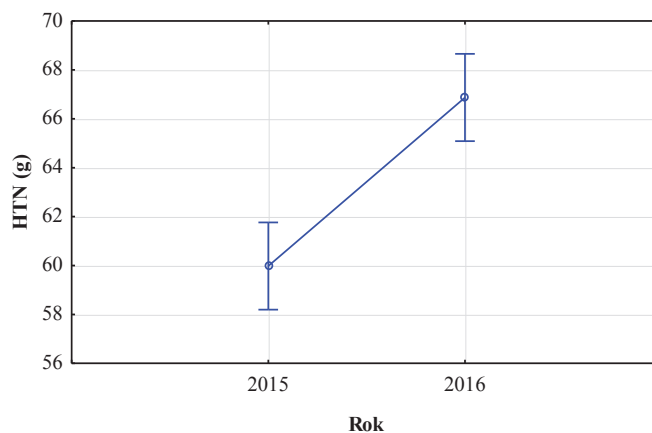
Obrázok 3 Vplyv ročníka na priemer úboru, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bola priemerná *hmotnosť úboru* slnečnice ročnej 165,05 g. Nižšia hmotnosť úboru bola zaznamenaná v roku 2015. V roku 2016 bola zaznamenaná vyššia hmotnosť úboru, ktorá prevyšovala hmotnosť úboru z roku 2015 o 16 %, čo predstavuje 24,4 g. Výsledky analýzy rozptylu (Obrázok 4) potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,01$) ročníka na ukazovateľ hmotnosť úboru.



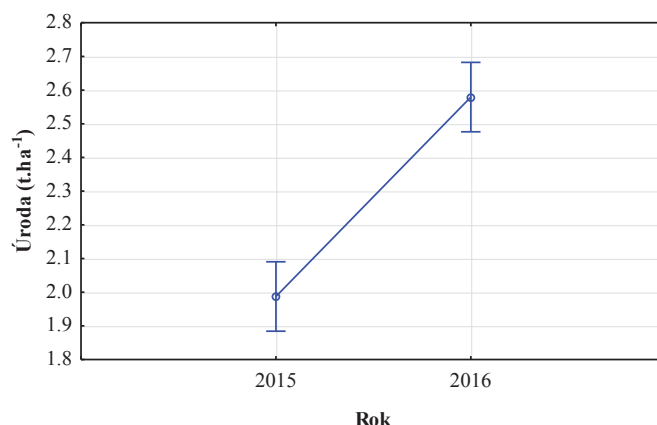
Obrázok 4 Vplyv ročníka na hmotnosť úboru, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,01$)

Priemerná hodnota *HTN* slnečnice ročnej v pestovateľských sezónach 2015 – 2016 dosiahla 63,42 g. Nižšia *HTN* bola zaznamenaná v roku 2015. Vyššia *HTN* bola zistená v roku 2016, ktorá prevyšovala *HTN* z roku 2015 o 11 %, čo predstavuje 6,89 g. Výsledky analýzy rozptylu (Obrázok 5) potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) ročníka na ukazovateľ *HTN*.



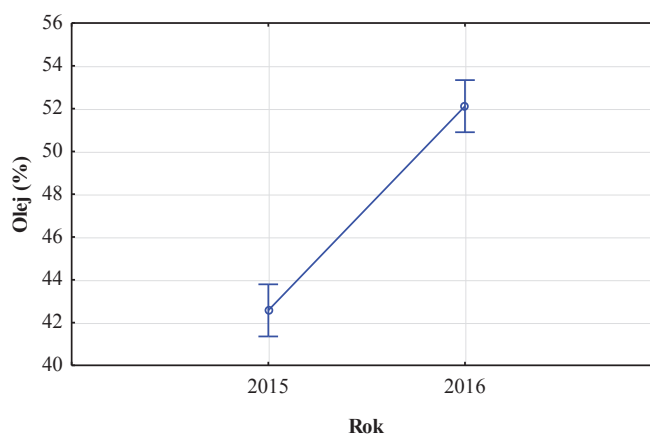
Obrázok 5 Vplyv ročníka na *HTN*, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

Priemerná úroda *nažiek* slnečnice ročnej v pestovateľských sezónach 2015 – 2016 dosiahla hodnotu 2,28 t.ha⁻¹. Nižšia úroda *nažiek* bola zistená v roku 2015. Vyššia úroda *nažiek* bola zaznamenaná v roku 2016, kedy bol pozorovaný nárast úrody v porovnaní s rokom 2015 až o 30 %, čo predstavuje 0,59 t.ha⁻¹. Výsledky analýzy rozptylu (Obrázok 6) potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) ročníka na ukazovateľ úroda *nažiek*.



Obrázok 6 Vplyv ročníka na úrodu nažiek, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

Priemerný obsah oleja v nažkách slnečnice ročne počas pestovateľských sezón 2015 – 2016 dosiahol hodnotu 47,34 %. V roku 2015 vykazovali nažky slnečnice ročne nižší obsah oleja. Rok 2016 bol pre olejnatosť nažiek priaznivejší, kedy bol pozorovaný nárast obsahu oleja v nažkách v porovnaní s rokom 2015 až o 22 %, čo predstavuje rozdiel 9,55 %. Výsledky analýzy rozptylu (Obrázok 7) potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) ročníka na ukazovateľ obsah oleja v nažkách.



Obrázok 7 Vplyv ročníka na obsah oleja v nažkách, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

Z analýzy vplyvu *termodynamických faktorov* na úrodu slnečnice ročne v pestovateľských sezónach 2015 – 2016 (Tabuľka 13; Obrázok 6) vyplýva značná variabilita základných poveternostných podmienok. V pestovateľskom roku 2016, v rozsahu ktorého bola dosiahnutá vyššia úroda nažiek (Y_{max}), boli agroklimatické podmienky pre tvorbu úrody odlišné v porovnaní s rokom 2015, kedy bola dosiahnutá nižšia úroda (Y_{min}).

Suma priemerných mesačných teplôt (91,4 °C) v priebehu vegetačného obdobia roka s Y_{max} (apríl 2016 – september 2016), bola nižšia (95,7 °C) ako priebehu vvegetačného obdobia roka s Y_{min} (apríl 2015 – september 2015). Suma zrážok za

vegetačné obdobie roka s Y_{max} (359,8 mm) bola vyššia ako v priebehu vegetačného obdobia v roku s Y_{min} (279,2 mm).

Dosiahnuté rozdiely v úrode nažiek v pestovateľských sezónach 2015 – 2016 vykazujú štatisticky vysoko preukaznú závislosť od agroklimatických podmienok ročníka (Obrázok 6). V roku s Y_{max} bola dosiahnutá úroda nažiek o $0,59 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ vyššia ako v roku s Y_{min} . Vyššia úroda nažiek v roku 2016 bola formovaná predovšetkým vyšším úhrnom zrážok za vegetáciu plodiny (359,8 mm).

Vegetačné obdobie slnečnice ročnej v roku s Y_{max} bolo ovplyvnené vyšším príkonom energie zo zrážok v mesiacoch máj a júl. V mesiacoch apríl, jún, august a september prevládal príkon energie z tepla nad zrážkami, priebeh ΔU mal pozitívny vplyv na úrodu nažiek. Z vyjadrenia ΔU v roku s minimálnou úrodou (Y_{min}) bola zaznamenaná výraznejšia prevaha vplyvu zrážok nad vplyvom teplôt v mesiacoch apríl, máj a august. V mesiacoch jún, júl a september bola zaznamenaná prevaha vplyvu teplôt nad vplyvom zrážok, čo sa negatívne prejavilo na úrode nažiek (Tabuľka 13).

Tabuľka 13 Zmeny vnútornej energie slnečnice ročnej

Mesiac	$Y_{max} 2,58 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (2016)			$Y_{min} 1,99 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (2015)		
	Y_t	Y_{hs}	ΔU	Y_t	Y_{hs}	ΔU
vegetačné obdobie						
IV.	0,263	0,178	0,085	0,177	0,182	-0,006
V.	0,384	0,638	-0,254	0,266	0,592	-0,325
VI.	0,502	0,186	0,316	0,360	0,168	0,192
VII.	0,531	0,911	-0,380	0,437	0,188	0,249
VIII.	0,474	0,359	0,116	0,441	0,552	-0,111
IX.	0,426	0,308	0,118	0,310	0,308	0,002

K základným faktorom ovplyvňujúcim proces tvorby úrody slnečnice ročnej patria environmentálne faktory (LEON *et al.*, 2003; ECHARTE *et al.*, 2013; GESCH & JOHNSON, 2013; GEORGESCU *et al.*, 2015; WANG *et al.*, 2015). Poveternostné podmienky pestovateľského ročníka (najmä priebeh teplôt a zrážok) majú rozhodujúci vplyv na produkčný proces slnečnice ročnej – na priaznivé formovanie úrodovných prvkov, výšku úrody nažiek a ich obsah oleja. Výrazné zmeny teplôt a zrážok počas vegetácie možno považovať za dve najpodstatnejšie príčiny variability úrod slnečnice ročnej (GONZÁLES *et al.*, 2013; GARCÍA-LÓPEZ *et al.*, 2016; SINHA *et al.*, 2017). Vplyv poveternostných podmienok pestovateľského ročníka na produkčný proces slnečnice ročnej je nepredvídateľný (ION *et al.*, 2015; BODRONE *et al.*, 2017) a je spájaný s čoraz extrémnejšími výkyvmi počasia, ktoré súvisia s globálnymi klimatickými zmenami (ANDRIANASOLO *et al.*, 2016; BALALIĆ *et al.*, 2016; AWAIS *et al.*, 2017). Konštatovanie uvedenej tendencie sme dosiahli aj v našich pokusoch.

VEVERKOVÁ (2012) a MÁTYÁS (2014) popisujú, rovnako ako táto štúdia, štatisticky nepreukazný vplyv ročníka na ukazovateľ počet rastlín. VEVERKOVÁ (2012) uvádza, že vplyv ročníka na ukazovateľ počet úborov bol štatisticky preukazný, naopak MÁTYÁS (2014) štatisticky nepreukazný.

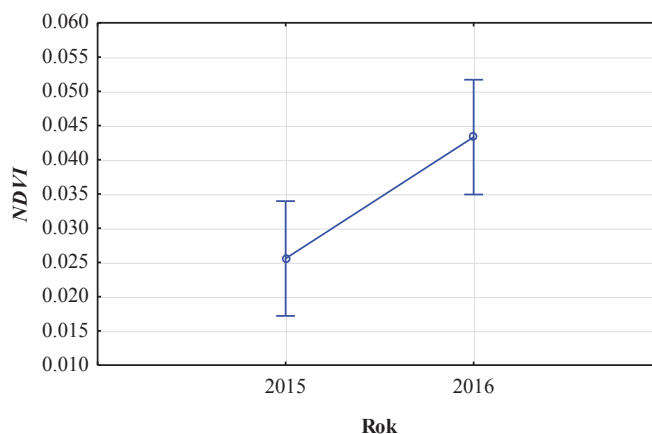
AMJED *et al.* (2011), RAUF *et al.* (2012), MÁTYÁS *et al.* (2014) a BALALIĆ *et al.* (2016) uvádzajú vplyv poveternostných podmienok ročníka na ukazovatele priemer úboru, hmotnosť úboru a HTN bol ako štatisticky vysoko preukazný, čo je komparatívne adekvátne aj s výsledkami našich experimentov. Autori dodávajú, že

HTN ako jeden z rozhodujúcich úrodotvorných prvkov slnečnice ročnej býva významne ovplyvňovaný priebehom poveternostných podmienok ročníka, najmä úhrnom zrážok vo fáze vývoja plodu. Vplyv poveternostných podmienok ročníka, ako najvýznamnejšieho faktora vplývajúceho na produkčný proces slnečnice ročnej, na výšku úrody nažiek a obsah oleja v nažkách bol štatisticky vysoko signifikantný, čo potvrdzujú aj ďalšie publikované práce autorov zaoberajúcich sa uvedenou problematikou (ECHARTE *et al.*, 2013; GONZÁLES *et al.*, 2013; GEORGESCU *et al.*, 2015; ION *et al.*, 2015; GARCÍA-LÓPEZ *et al.*, 2016; AWAIS *et al.*, 2017; BODRONE *et al.*, 2017; SINHA *et al.*, 2017),.

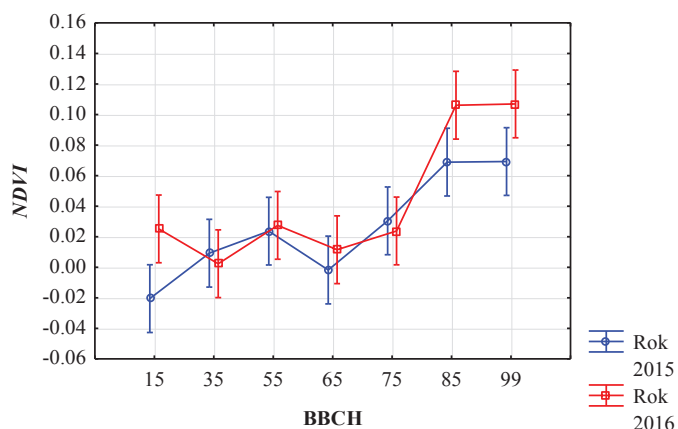
Hodnota vnútornej energie (ΔU) je významným kritériom hodnotenia vplyvu agroklimatických podmienok (zrážky, teplota a i.) počas vegetačného obdobia rastlín (KUDRNA, 1985) v sústave $E_s - E_{rs}$ (energia slnečného žiarenia – energia rastlinných spoločností). Analýza termodynamických podmienok prostredia predstavuje jednu z mnohých alternatív formovania produkčného procesu poľných plodín (ČERNÝ, 2011). V počiatočných fázach vegetačného obdobia je optimálne, ak so zvyšovaním priemerných denných teplôt sa zvyšuje aj úhrn zrážok. Pre obdobie dozrievania, resp. koniec vegetačného obdobia je vhodný postupný pokles priemerných teplôt a úhrnu zrážok (FÁBRY, 1990), čo potvrdzujú aj výsledky tejto štúdie a výsledky, ktoré vo svojej práci popisuje MÁTYÁS (2014). ΔU nadobúda kladnú hodnotu v prípade, že dochádza k hromadeniu energie, čiže prevláda príkon energie z tepla nad zrážkami. Naopak, zápornú hodnotu ΔU nadobúda, keď rastlina energiu spotrebuje, prevláda príkon energie zo zrážok nad teplom (KUDRNA, 1985).

3.1.2 Vplyv ročníka na fyziologické parametre

V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bola priemerná hodnota vegetačného indexu *NDVI* slnečnice ročnej zaznamenaná na úrovni 0,034. Nižšia hodnota *NDVI* (0,026) bola zaznamenaná v roku 2015. Vyššia hodnota *NDVI* (0,043) bola zaznamenaná v roku 2016, z čoho možno usudzovať, že porast slnečnice ročnej disponoval vyšším obsahom chlorofylu v listoch a zvýšenou fotosyntetickou aktivitou. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) ročníka na *NDVI* (Obrázok 8). Zvýšená fotosyntetická aktivita porastu slnečnice ročnej v roku 2016 vyústila do vyššej úrody nažiek a ich obsahu oleja (Obrázok 6 a 7). V roku 2016 bol zaznamenaný intenzívny nárast fotosyntetickej aktivity od rastovej fázy vývoj plodu (BBCH 75) až po rastovú fázu zrelosť (BBCH 99) v porovnaní s rokom 2015. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky preukazný vplyv ($P < 0,01$) interakčného pôsobenia rok \times BBCH na ukazovateľ *NDVI* (Obrázok 9).

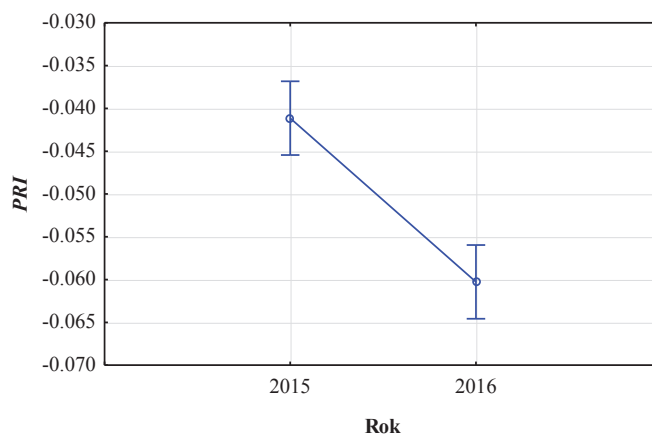


Obrázok 8 Vplyv ročníka na vegetačný index *NDVI*, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

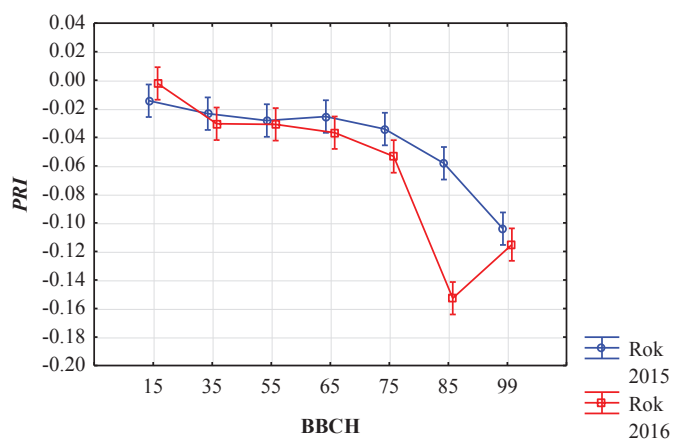


Obrázok 9 Vplyv interakcie rok \times BBCH na vegetačný index *NDVI*, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,01$)

V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bola priemerná hodnota *vegetačného indexu PRI* slnečnice ročne zaznamenaná na úrovni -0,051. Nižšia hodnota *PRI* (-0,060) bola zaznamenaná v roku 2016. Vyššia hodnota *PRI* (-0,041) bola zaznamenaná v roku 2015, z čoho možno dedukovať, že porast slnečnice ročne disponoval vyššou efektivitou využitia fotosyntetického žiarenia. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) ročníka na *PRI* (Obrázok 10). Zvýšená efektivita využitia fotosyntetického žiarenia porastu slnečnice ročne v roku 2015 však nevyústila do vyššej úrody nažiek a ich obsahu oleja (Obrázok 6 a 7). V roku 2016 bol zaznamenaný výrazný pokles využitia fotosyntetického žiarenia v rastovej fáze dozrievanie (BBCH 85). Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) interakcie rok \times BBCH na ukazovateľ *PRI* (Obrázok 11).

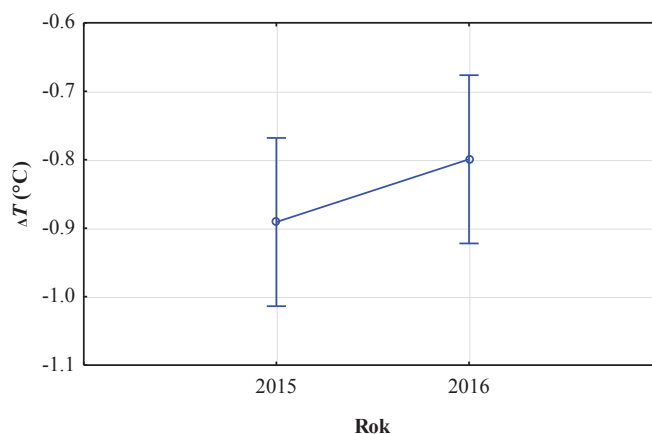


Obrázok 10 Vplyv ročníka na vegetačný index *PRI*, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

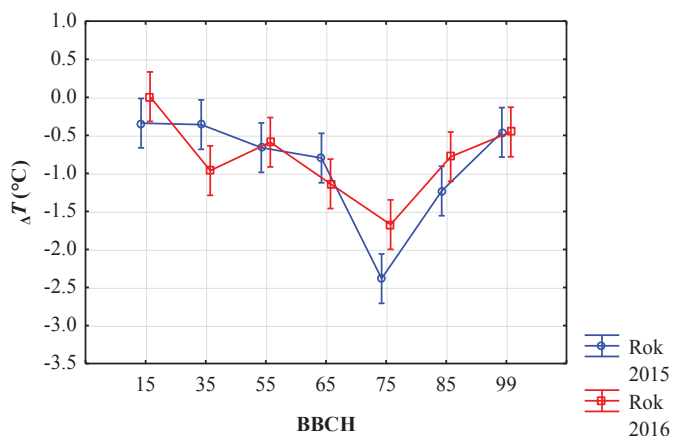


Obrázok 11 Vplyv interakcie rok \times BBCH na vegetačný index *PRI*, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bola priemerná hodnota *teplotnej diferencie* ΔT slnečnice ročnej zaznamenaná na úrovni $-0,845$ °C. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky nepreukazný vplyv ($P > 0,05$) ročníka na ΔT (Obrázok 12). V roku 2015 bol zaznamenaný výrazný nárast ΔT v rastovej fáze vývoj plodu (BBCH 75). Uvedené zistenie dokumentuje dobrú schopnosť daných hybridov slnečnice ročnej nezvyšovať svoju teplotu nad teplotu okolitého prostredia i počas podmienok vysokej teploty vzduchu (nad 30 °C) a sucha. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) interakčného pôsobenia rok \times BBCH na ukazovateľ ΔT (Obrázok 13).

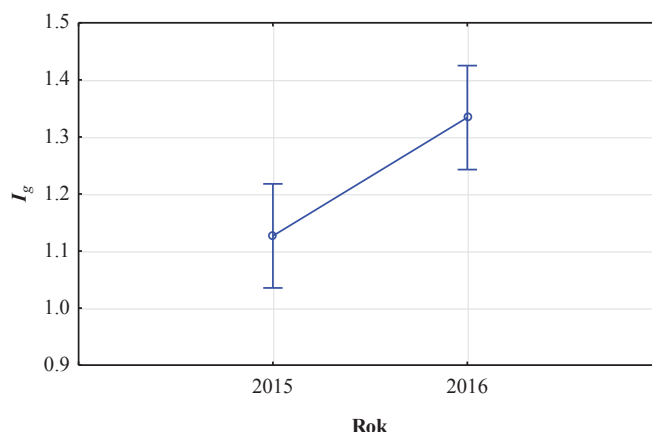


Obrázok 12 Vplyv ročníka na teplotnú diferenciu ΔT , testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P > 0,05$)

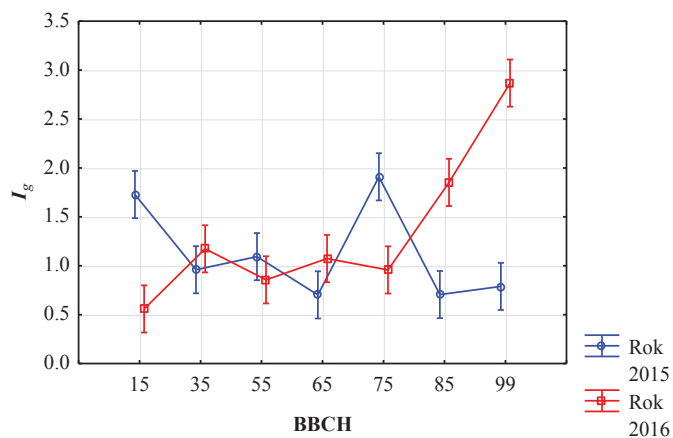


Obrázok 13 Vplyv interakcie rok \times BBCH na teplotnú diferenciu ΔT , testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bola priemerná hodnota *indexu prieduchovej vodivosti* I_g slnečnice ročnej zaznamenaná na úrovni 1,230. Nižšia hodnota I_g (1,127) bola zaznamenaná v roku 2015. Vyššia hodnota I_g (1,334) bola zaznamenaná v roku 2016, z čoho možno odvodiť, že porast slnečnice ročnej mal viac otvorený prieduchový aparát, rýchlejšie transpiroval, bol menej zaťažený environmentálnymi stresovými situáciami – najmä deficitom vody a vysokou teplotou atmosféry. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) ročníka na I_g (Obrázok 14). Zvýšená vodivosť prieduchov porastu slnečnice ročnej v roku 2016 vyústila do vyššej úrody nažiek a ich obsahu oleja (Obrázok 6 a 7). V roku 2016 bol zaznamenaný výrazný nárast vodivosti prieduchov od rastovej fázy vývoj plodu (BBCH 75) až po rastovú fázu zrelosť (BBCH 99). Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) interakčného pôsobenia rok \times BBCH na ukazovateľ I_g (Obrázok 15).

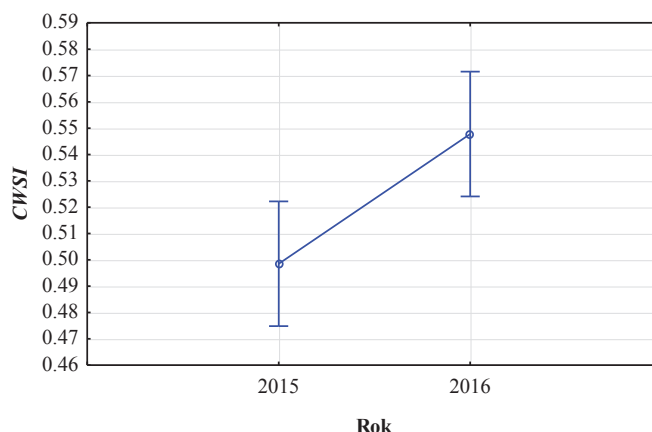


Obrázok 14 Vplyv ročníka na index vodivosti prieduchov I_g , testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

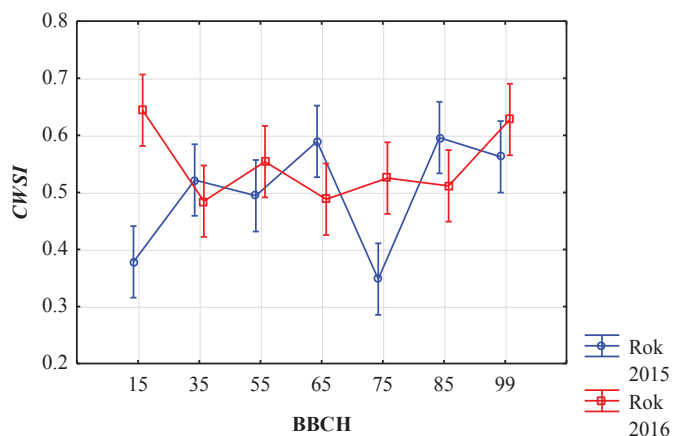


Obrázok 15 Vplyv interakcie rok \times BBCH na index vodivosti prieduchov I_g , testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bola priemerná hodnota *indexu vodného stresu CWSI* slnečnice ročnej zaznamenaná na úrovni 0,523. Vyššia hodnota *CWSI* (0,548) bola zaznamenaná v roku 2016. Nižšia hodnota *CWSI* (0,499) bola zaznamenaná v roku 2015, kedy bol porast slnečnice ročnej menej zaťažený environmentálnymi stresovými situáciami – najmä deficitom vody. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) ročníka na *CWSI* (Obrázok 16). Nižší vodný stres porastu slnečnice ročnej v roku 2015 však nevyústil do vyššej úrody nažiek a ich obsahu oleja (Obrázok 6 a 7). V roku 2015 bol zaznamenaný výrazný pokles vodného stresu v rastovej fáze vývoj plodu (BBCH 75). Uvedené zistenie nadväzuje na poznatky zistené pri ΔT a potvrdzuje dobrú schopnosť daných hybridov slnečnice ročnej nepodliehať vodnému stresu i počas dní s vysokou teplotou vzduchu (nad 30 °C). Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) interakčného pôsobenia rok \times BBCH na ukazovateľ *CWSI* (Obrázok 17).



Obrázok 16 Vplyv ročníka na index vodného stresu *CWSI*, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)



Obrázok 17 Vplyv interakcie rok \times BBCH na index vodného stresu *CWSI*, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

Dosiahnutie maximálnej úrody plodín s minimálnymi nákladmi je jedným z najdôležitejších cieľov rastlinnej výroby. Nedeštrukčná analýza fyziologického stavu a kondície porastu umožňuje operatívne optimalizovať pestovateľské zásahy. Významnú informáciu o fyziologickom stave porastov slnečnice ročnej poskytuje v agronomickej praxi meranie spektrálnych vegetačných indexov *NDVI* a *PRI* (GAMON *et al.*, 1997; PEÑUELAS, 1998; SUARÉZ, 2008; VILFAN *et al.*, 2016). Nárast hodnôt vegetačného indexu *NDVI* počas vegetačného obdobia slnečnice ročnej poukazuje na vyššiu koncentráciu chlorofylov spôsobujúcu nárast fotosyntetickej výkonnosti listu, čo by malo byť predpokladom k zvýšeniu hodnôt parametrov charakterizujúcich kvantitu a kvalitu produkcie (ABDI *et al.*, 2013; ALI *et al.*, 2017). Podmienky sucha a tepla sú nevýhodné pre priaznivý vývoj vegetačného indexu *NDVI* (ZHANG *et al.*, 2017), preto boli vyššie hodnoty vegetačného indexu *NDVI* zaznamenané v tejto štúdii v roku 2016, ktorý sa prejavil ako teplotne a vlhovo priaznivejší pre priebeh fotosyntetickej aktivity porastov slnečnice ročnej. Výsledky experimentu potvrdzujú zistenia viacerých autorov, ktorí zaznamenali štatisticky

preukazný vplyv ročníka na *NDVI* pri rôznych poľných plodinách (KŘEN *et al.*, 2013; VILFAN *et al.*, 2016; ALI *et al.*, 2017; ZHANG *et al.*, 2017) a pri slnečnici ročnej (KOVÁR *et al.*, 2012; MÁTYÁS, 2014).

Zvýšené hodnoty vegetačného indexu *PRI* poukazujú na vyššiu efektívnosť využitia slnečného (fotosyntetického) žiarenia (KOVÁR *et al.*, 2013; ALI *et al.*, 2017). Ako uvádza ZHANG *et al.* (2017), podmienky sucha a tepla predurčujú intenzívne pôsobenie slnečného žiarenia na rastliny, čo sa môže prejavovať zvýšenými hodnotami vegetačného indexu *PRI*. Vegetačný index *PRI* veľmi citlivo odráža zmeny karotenoidových pigmentov v listoch a rýchlo reaguje na zmeny vonkajšieho prostredia (GAMON *et al.*, 1997; SUARÉZ, 2008), na základe čoho nemusí vždy korelovať s kvantitatívnymi a kvalitatívnymi ukazovateľmi produkcie (VILFAN *et al.*, 2016; ALI *et al.*, 2017). Výsledky nášho experimentu potvrdili zistenia uvedených autorov, pretože vyššie hodnoty vegetačného indexu *PRI* boli zaznamenané v roku 2015, ktorý sa prejavil ako priaznivejší pre využitie fotosyntetického žiarenia porastov slnečnice ročnej. Štatistický preukazný vplyv ročníka na *PRI* potvrdili pri slnečnici ročnej KOVÁR *et al.* (2012, 2013), MÁTYÁS (2014) a pri rôznych poľných plodinách ZHANG *et al.* (2017).

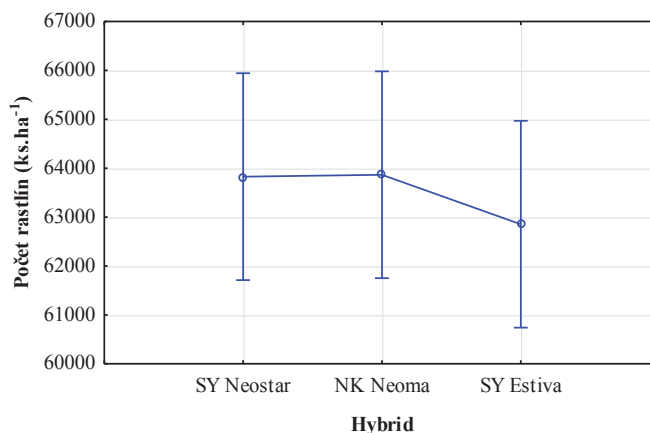
Medzi ďalšie najčastejšie využívané techniky hodnotenia fyziologických parametrov produkčného procesu slnečnice ročnej patrí analýza teploty porastu prostredníctvom infračervenej (IR) termografie (JONES *et al.*, 2009; PADHI *et al.*, 2012), z ktorej je možné kalkulovať teplotnú diferenciu ΔT , index vodivosti prieduchov I_g a index vodného stresu *CWSI* (COHEN *et al.*, 2005; FERNANDO *et al.*, 2016; ANANDHI & BLOCKSOME, 2017; ZHANG *et al.*, 2017). Uvedení autori potvrdzujú štatisticky preukazný vplyv ročníka na ΔT pri rôznych poľných plodinách, KOVÁR *et al.* (2012; 2013), MÁTYÁS (2014) a BODRONE *et al.* (2017) ho potvrdzujú pri slnečnici ročnej. V štúdiu bol však zaznamenaný štatisticky nepreukazný vplyv ročníka na ΔT . Nepreukaznosť výsledkov ovplyvňujú najmä dáta namerané v rastovej fáze vývoj plodu (BBCH 75) v roku 2015, kedy bola zaznamenaná najvýraznejšia teplotná diferencia medzi teplotou porastu a teplotou vzduchu. Počas tohto merania bola teplota vzduchu vysoká (nad 30 °C), čo umožňuje konštatovať dobrú schopnosť hybridov nezvyšovať svoju teplotu na okolitú teplotu prostredia. Najvýraznejšia ΔT zaznamenaná v rastovej fáze vývoj plodu (BBCH 75) v roku 2015 ovplyvnila aj I_g a *CWSI*, kedy bola v tejto rastovej fáze zaznamenaná najvyššia vodivosť prieduchov a najnižší vodný stres. Korelácie medzi ΔT , I_g a *CWSI* popisujú JONES *et al.* (2009), COSTA *et al.* (2013) a RISHENG *et al.* (2014). Z uvedeného dôvodu bol v tejto štúdiu nižší vodný stres zaznamenaný paradoxne v roku 2015, ktorý bol suchší a teplejší. Vodivosť prieduchov však reaguje na priaznivejšie vlhové a teplotné podmienky citlivejšie (FUENTES *et al.*, 2014; ARGYROKASTRITIS *et al.*, 2015; FERNANDO *et al.*, 2016), preto mal porast slnečnice ročnej v roku 2016 podľa tohto výsledku otvorenejšie prieduchy a rýchlejšie transpirovať, najmä však na konci vegetačného obdobia (BBCH 85 a 99). Štatisticky preukazný vplyv ročníka na I_g a *CWSI* popisujú mnohí autori pri širokom spektre poľných plodín (FUENTES *et al.*, 2014; POU *et al.*, 2014; RISHENG *et al.*, 2014; FERNANDO *et al.*, 2016; ZHANG *et al.*, 2017) i pri slnečnici ročnej (KOVÁR *et al.*, 2012, 2013; MÁTYÁS, 2014; TAGHVAEIAN *et al.*, 2014; ARGYROKASTRITIS *et al.*, 2015; AWAIS *et al.*, 2017). Fyziologické charakteristiky produkčného procesu rastlín sa počas ontogenézy prirodzene vyvíjajú a menia, preto všetci vyššie uvedení autori považujú vplyv interakčného pôsobenia rok \times BBCH na fyziologické charakteristiky za štatisticky vysoko preukazný, čo je bežný jav, nazývaný „sezónna dynamika“ fyziologických parametrov. Výsledky experimentu sú v zhode s uvedenými poznatkami.

3.2 Hybridy

Biologický materiál použitý v experimente bol podobný. Jednalo sa o dvojlíniové hybridy slnečnice ročnej s normálnym typom oleja. Podobnosť hybridov sa odzrkadlila na nepreukaznosti vplyvu hybridu na väčšinu či už produkčných, alebo fyziologických parametrov produkčného procesu slnečnice ročnej. Napriek tomu, preukaznosť pri niektorých parametroch dokázaná bola, na základe čoho bolo možné identifikovať existujúce rozdiely medzi podobnými hybridmi slnečnice ročnej pestovanými v rovnakých agroekologických podmienkach teplej kukuričnej výrobnnej oblasti západného Slovenska.

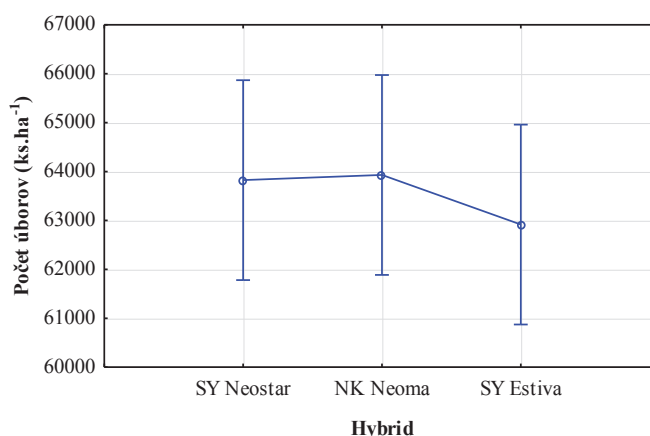
3.2.1 Vplyv hybridov na produkčné parametre

Priemerný počet rastlín slnečnice ročnej v pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bol zaznamenaný na úrovni 63 516 ks.ha⁻¹. Výsledky analýzy rozptylu (Obrázok 18) potvrdili štatisticky nepreukazný vplyv ($P > 0,05$) hybridov na ukazovateľ počet rastlín. Vplyv interakčného pôsobenia rok × hybrid na ukazovateľ počet rastlín bol v pestovateľských ročníkoch 2015 (63 576 ks.ha⁻¹) a 2016 (63 455 ks.ha⁻¹) štatisticky nevýznamný.



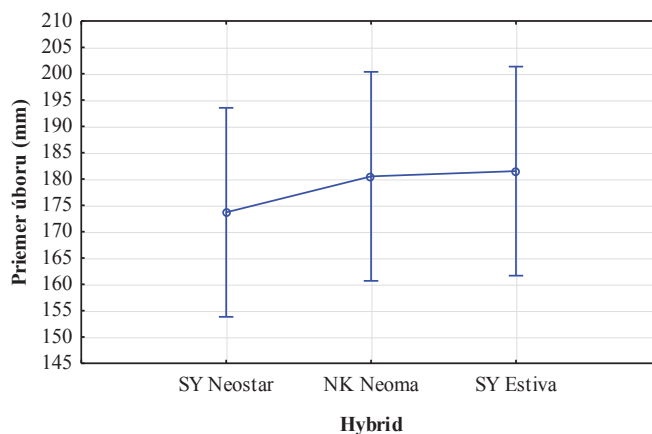
Obrázok 18 Vplyv hybridov na počet rastlín, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P > 0,05$)

Priemerný počet úborov slnečnice ročnej v pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bol zaznamenaný na úrovni 63 557 ks.ha⁻¹. Výsledky analýzy rozptylu (Obrázok 19) potvrdili štatisticky nepreukazný vplyv ($P > 0,05$) hybridov na ukazovateľ počet úborov. Vplyv interakčného pôsobenia rok × hybrid na ukazovateľ počet úborov bol v pestovateľských ročníkoch 2015 (63 608 ks.ha⁻¹) a 2016 (63 506 ks.ha⁻¹) štatisticky nevýznamný.



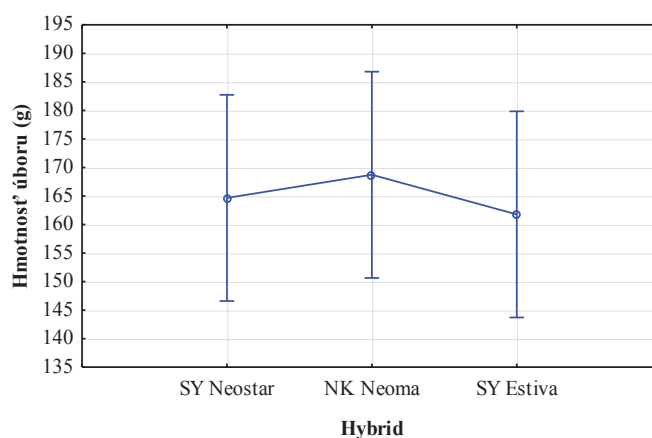
Obrázok 19 Vplyv hybridov na počet úborov, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P > 0,05$)

Priemerná hodnota ukazovateľa *priemer úboru* slnečnice ročnej v pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bola 179 mm. Výsledky analýzy rozptylu (Obrázok 20) potvrdili štatisticky nepreukazný vplyv ($P > 0,05$) hybridov na ukazovateľ priemer úboru. Vplyv interakčného pôsobenia rok \times hybrid na ukazovateľ priemer úboru bol v pestovateľských ročníkoch 2015 (131 mm) a 2016 (226 mm) štatisticky nevýznamný.



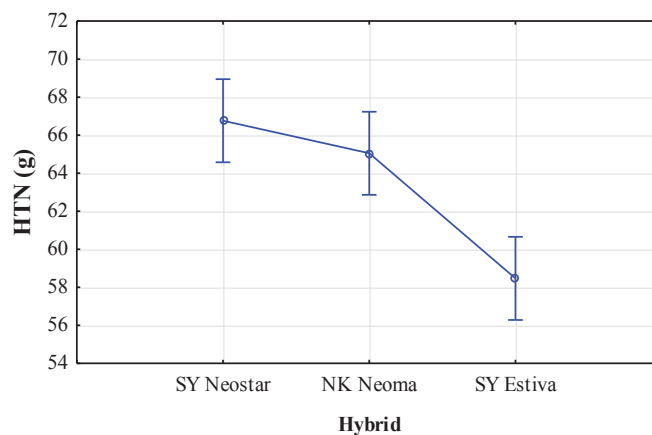
Obrázok 20 Vplyv hybridov na priemer úboru, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P > 0,05$)

V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bola priemerná *hmotnosť úboru* slnečnice ročnej 165,05 g. Výsledky analýzy rozptylu (Obrázok 21) potvrdili štatisticky nepreukazný vplyv ($P > 0,05$) hybridov na ukazovateľ hmotnosť úboru. Vplyv interakčného pôsobenia rok \times hybrid na ukazovateľ hmotnosť úboru bol v pestovateľských ročníkoch 2015 (152,85 g) a 2016 (177,25 g) štatisticky nevýznamný.

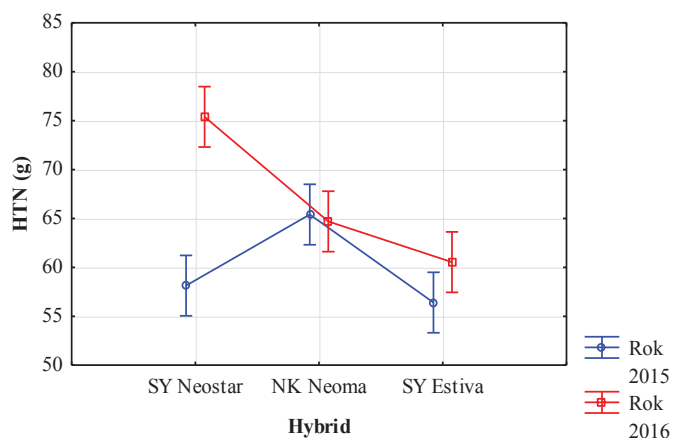


Obrázok 21 Vplyv hybridov na hmotnosť úboru, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P > 0,05$)

Priemerná hodnota HTN slnečnice ročnej v pestovateľských sezónach 2015 – 2016 dosiahla 63,42 g. Najnižšia HTN bola zaznamenaná pri hybride SY Estiva. Najvyššia HTN bola zistená pri hybride SY Neostar. Rozdiel medzi HTN hybridov SY Estiva a SY Neostar bol 14 %, čo predstavuje 9,29 g. Výsledky analýzy rozptylu (Obrázok 22) potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) hybridov na ukazovateľ HTN. Vplyv interakcie rok \times hybrid (Obrázok 23) na ukazovateľ HTN bol v pestovateľských ročníkoch 2015 (59,98 g) a 2016 (66,87 g) štatisticky vysoko preukazný ($P < 0,001$).

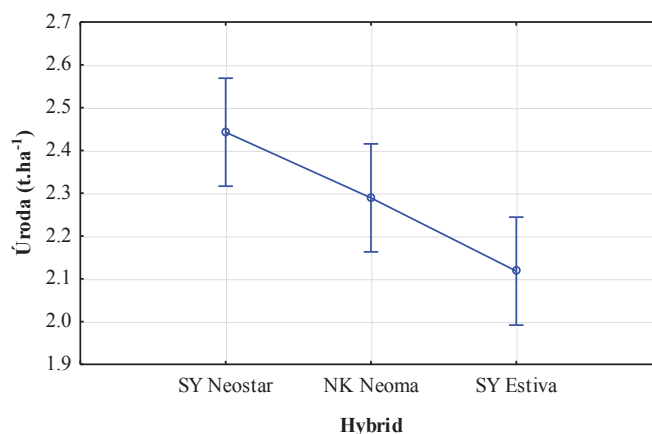


Obrázok 22 Vplyv hybridov na HTN, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

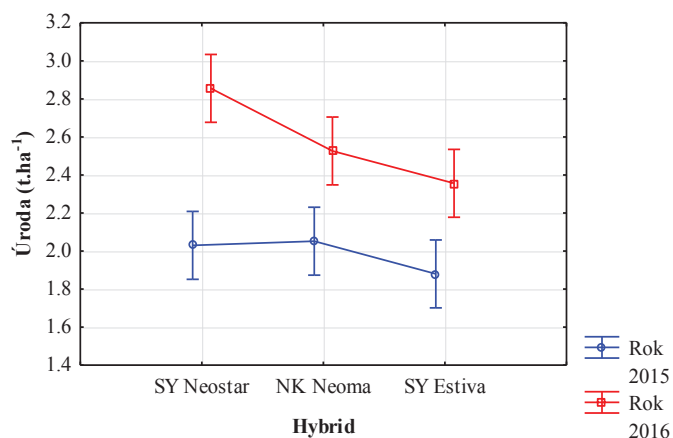


Obrázok 23 Vplyv interakcie rok × hybrid na HTN, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

Priemerná úroda nažiek slnečnice ročnej v pestovateľských sezónach 2015 – 2016 dosiahla hodnotu $2,28 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Najnižšia úroda nažiek bola zistená pri hybride SY Estiva. Najvyššia úroda nažiek bola zaznamenaná pri hybride SY Neostar, pri ktorom bol pozorovaný nárast úrody v porovnaní s hybridom SY Estiva o 15 %, čo predstavuje $0,32 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Výsledky analýzy rozptylu (Obrázok 24) potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) hybridov na ukazovateľ úroda nažiek. Vplyv interakčného pôsobenia rok × hybrid (Obrázok 25) na ukazovateľ úroda nažiek bol v pestovateľských ročníkoch 2015 ($1,99 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) a 2016 ($2,58 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) štatisticky preukazný ($P < 0,05$).

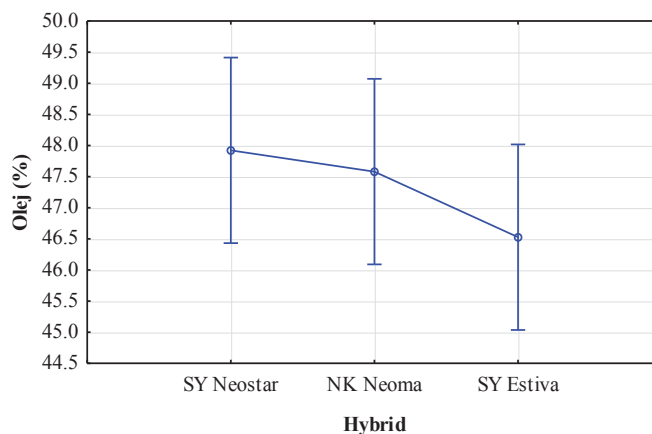


Obrázok 24 Vplyv hybridov na úrodu nažiek, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

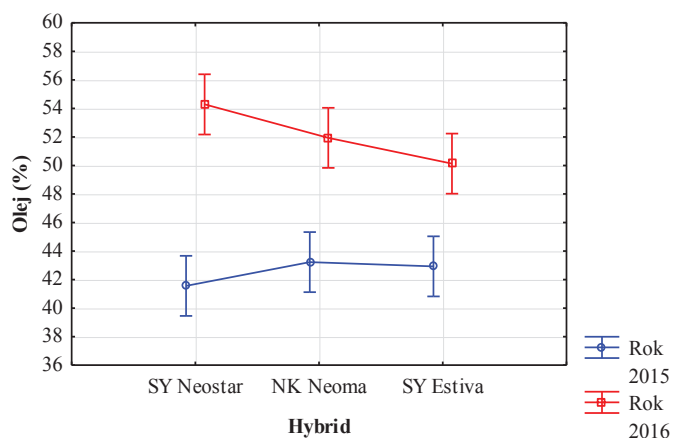


Obrázok 25 Vplyv interakcie rok × hybrid na úrodu nažiek, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,05$)

Priemerný *obsah oleja* v nažkách slnečnice ročnej počas pestovateľských sezón 2015 – 2016 dosiahol hodnotu 47,34 %. Výsledky analýzy rozptylu (Obrázok 26) potvrdili štatisticky nepreukazný vplyv ($P > 0,05$) hybridov na ukazovateľ obsah oleja v nažkách. Vplyv interakcie rok × hybrid (Obrázok 27) na ukazovateľ obsah oleja v nažkách bol v pestovateľských ročníkoch 2015 (42,57 %) a 2016 (52,12 %) štatisticky vysoko preukazný ($P < 0,01$).



Obrázok 26 Vplyv hybridov na obsah oleja v nažkách, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P > 0,05$)



Obrázok 27 Vplyv interakcie rok × hybrid na obsah oleja v nažkách, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,01$)

Rôznorodosť biologického materiálu – hybridov je považovaná za významný faktor ovplyvňujúci produkčný proces a výslednú úrodu slnečnice ročnej (GHOLINEZHAD *et al.*, 2009; SHAFI *et al.*, 2013; ANGELONI *et al.*, 2017). Mnohí autori potvrdzujú, že hybridy ovplyvňujú výslednú produkciu slnečnice ročnej najmä prostredníctvom obsahu oleja v nažkách. V posledných rokoch bol zaznamenaný rozvoj šľachtenia tzv. vysoko olejnatých hybridov, ktoré sú v súčasnosti pestovateľmi často vyhľadávané (CHAMPOLIVIER, 2011; GESCH & JOHNSON, 2013; ANDRIANASOLO *et al.*, 2016; BALALIĆ *et al.*, 2016). Ako uvádza BAKHAT *et al.* (2006), organizácia porastu slnečnice ročnej býva štatisticky preukazne ovplyvnená zvoleným hybridom. VEVERKA *et al.* (1999) popisuje výrazné rozdiely vo vetvení rastliny a tým aj mnohopočetnosti úborov na jednej rastline medzi jednotlivými hybridmi. AMJED *et al.* (2011), BACSOVÁ (2011) a VEVERKOVÁ & ČERNÝ (2012) uvádzajú, že hodnota priemeru úboru je štatisticky preukazne ovplyvnená pestovaným hybridom.

BALALIĆ *et al.* (2016) pripisuje vplyvu hybridov na priemer úboru štatisticky vysoko preukazný vplyv.

ČERNÝ & MÁTYÁS (2012) zistili štatisticky preukazný vplyv hybridov na hmotnosť úborov. Zistenie uvedených autorov týkajúce sa parametrov počet rastlín, počet úborov, priemer úboru a hmotnosť úboru sú v rozpore s dosiahnutými výsledkami tejto štúdie, nakoľko vplyv hybridov na tieto parametre bol vyhodnotený ako štatisticky nepreukazný.

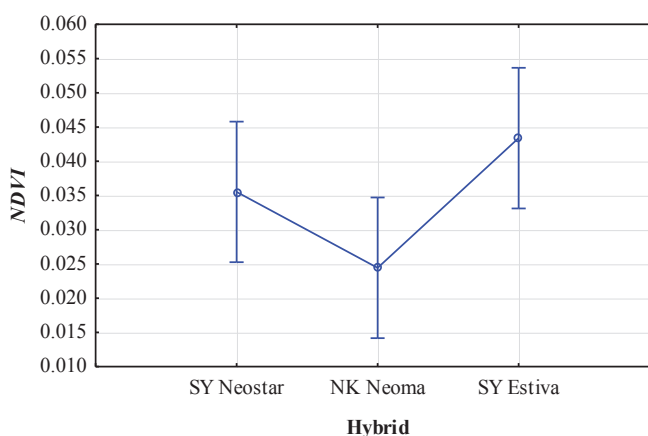
RONDANINI *et al.* (2003), GHOLINEZHAD *et al.* (2009) a ANDRIANASOLO *et al.* (2016) uvádzajú, že HTN je rozhodujúcim úrodotvorným prvkom, ktorý zohráva významnú úlohu pri posudzovaní produkčného potenciálu pestovaných hybridov. Uvedení autori pripisujú vplyvu hybridov na HTN štatisticky vysoko preukazný vplyv. Zistenia uvedených autorov sú v zhode s dosiahnutými výsledkami experimentu. Štatisticky vysoko preukazný vplyv interakcie rok × hybrid na ukazovateľ HTN potvrdil, rovnako ako tomu bolo v tomto experimente, MÁTYÁS (2014).

BACSOVÁ (2011) uvádza, že vplyv pestovaných hybridov bol na úrodu nažiek štatisticky nepreukazný. Naopak, GHOLINEZHAD *et al.* (2009), IBRAHIM (2012) a ČERNÝ *et al.* (2013b) vyhodnotili vplyv variability genetického základu hybridov na úrodu nažiek slnečnice ročnej ako štatisticky preukazný, čo je v zhode s dosiahnutými výsledkami tejto štúdie. Štatisticky vysoko preukazný vplyv interakcie

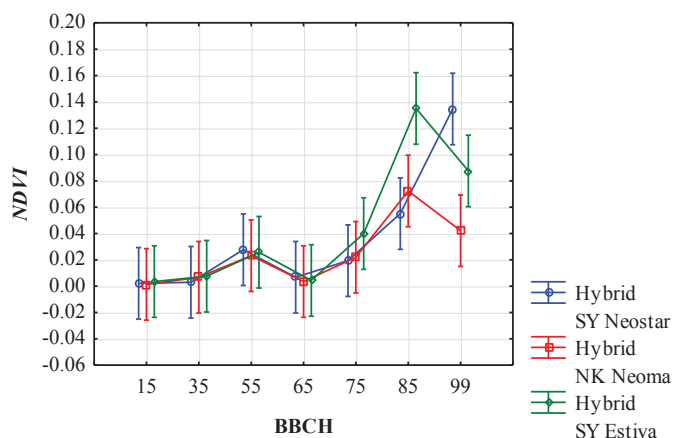
rok × hybrid na úrodu nažiek potvrdil MÁTYÁS (2014). PEREYRA-IRUJO & AGUIRREZÁBAL (2007) a GESCH & JOHNSON (2013), konštatujú, že pestované hybridy slnečnice ročnej vykazujú diferenciu v obsahu oleja vzhľadom na rozdielny genetický základ. Uvedené poznatky rozširujú zistenia autorov ANGELONI *et al.* (2017) a ANDRIANASOLO *et al.* (2016), ktorí potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv hybridov na obsah oleja v nažkách, čo nie je v súlade s nami dosiahnutými výsledkami. Zistenia uvedených autorov nesúhlasia s výsledkami tejto štúdie, pretože vplyv hybridov na obsah oleja v nažkách bol vyhodnotený ako štatisticky nepreukazný.

3.2.2 Vplyv hybridov na fyziologické parametre

V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 dosiahla priemerná hodnota *vegetačného indexu NDVI* slnečnice ročnej úroveň 0,034. Najnižšia hodnota *NDVI* (0,024) bola zaznamenaná pri hybridu NK Neoma. Najvyššia hodnota *NDVI* (0,043) bola zaznamenaná pri hybridu SY Estiva, z čoho možno dedukovať, že jeho porasty disponovali vyšším obsahom chlorofylu v listoch a zvýšenou fotosyntetickou aktivitou. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky preukazný vplyv ($P < 0,01$) hybridov na *NDVI* (Obrázok 28). Zvýšená hodnota *NDVI* porastov hybridu NK Estiva sa však nestala predpokladom pre najvyššiu úrodu nažiek a najvyšší obsah oleja v nažkách pri tomto hybridu (Obrázok 24 a 26). Na základe zaznamenaných hodnôt *NDVI* možno dedukovať, že počas ontogenézy všetkých troch hybridov bola intenzita fotosyntézy vyrovnaná až do rastovej fázy vývoj plodu (BBCH 75). V rastovej fáze dozrievanie (BBCH 85) vykazoval hybrid SY Estiva najvyššiu hodnotu *NDVI* zo všetkých troch hybridov. Tesne pred zberom, v rastovej fáze zrelosť (BBCH 99), sa hodnota *NDVI* zvýšila pri hybridu SY Neostar, z čoho možno usudzovať, že sa celkovou fotosyntetickou aktivitou priblížil hybridu NK Estiva, ktorému však pred zberom, v rastovej fáze zrelosť (BBCH 99), už hodnota *NDVI* poklesla. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) interakcie BBCH × hybrid na ukazovateľ *NDVI* (Obrázok 29).

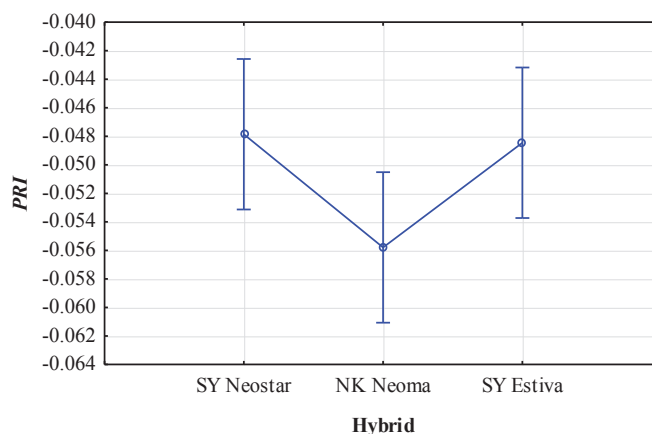


Obrázok 28 Vplyv hybridov na vegetačný index *NDVI*, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,01$)

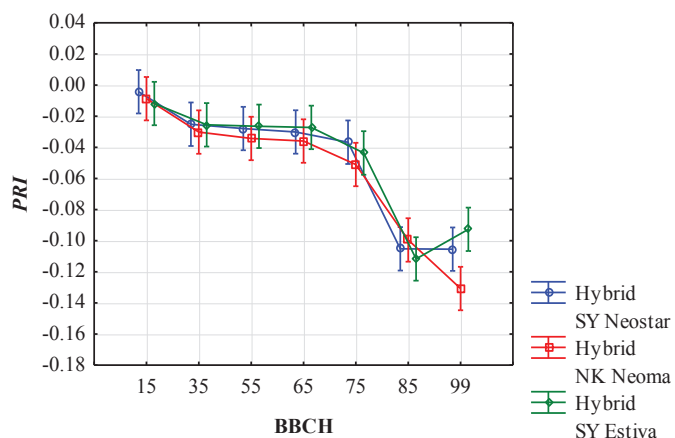


Obrázok 29 Vplyv interakcie BBCH × hybrid na vegetačný index *NDVI*, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bola priemerná hodnota *vegetačného indexu PRI* slnečnice ročnej zaznamenaná na úrovni -0,051. Najnižšia hodnota *PRI* (-0,056) bola zaznamenaná pri hybride NK Neoma. Najvyššia hodnota *PRI* (-0,048) bola zaznamenaná pri hybride SY Neostar, ktorého porasty podľa tohto výsledku disponovali vyššou efektivitou využitia fotosyntetického žiarenia. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky preukazný vplyv ($P < 0,05$) hybridov na *PRI* (Obrázok 30). Zvýšená efektivita využitia fotosyntetického žiarenia porastov hybridu SY Neostar vyústila do najvyššej úrody nažiek a ich najvyššieho obsahu oleja pri tomto hybride (Obrázok 24 a 26). Zaznamenané hodnoty *NDVI* poukazujú na vyrovnaný priebeh využitia fotosyntetického žiarenia, s klesajúcou tendenciou po rastovú fázu dozrievanie (BBCH 85), pri všetkých troch hybridoch slnečnice ročnej. Pred zberom, v rastovej fáze zrelosť (BBCH 99), sa rozdiely medzi využitím fotosyntetického žiarenia vyjadreného vegetačným indexom *PRI* medzi jednotlivými hybridmi zvýraznili a pri hybride SY Estiva došlo i k jeho zvýšeniu. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky preukazný vplyv ($P < 0,05$) interakcie BBCH × hybrid na *PRI* (Obrázok 31).

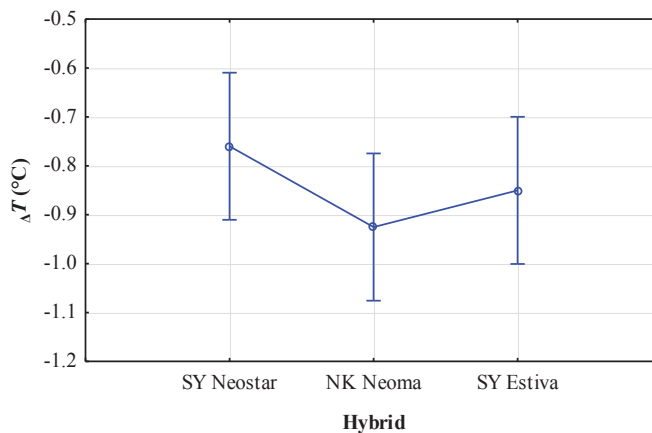


Obrázok 30 Vplyv hybridov na vegetačný index *PRI*, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,05$)

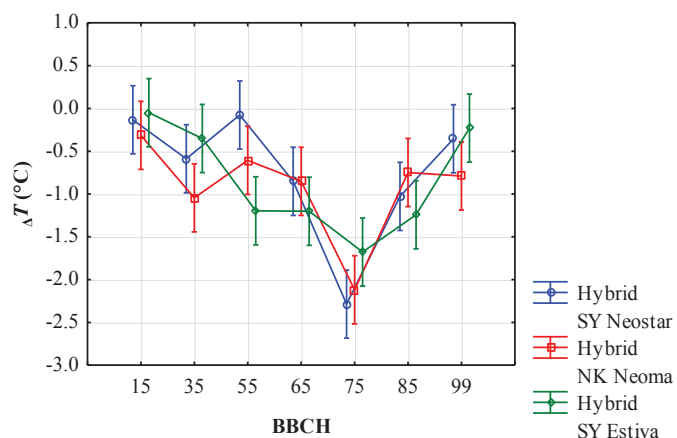


Obrázok 31 Vplyv interakcie BBCH × hybrid na vegetačný index *PRI*, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,05$)

V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bola priemerná hodnota *teplotnej diferencie* ΔT slnečnice ročne zaznamenaná na úrovni $-0,845$ °C. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky nepreukazný vplyv ($P > 0,05$) hybridov na ΔT (Obrázok 32). Počas ontogenézy všetkých troch hybridov slnečnice ročne bol zaznamenaný vyrovnaný priebeh vývoja ΔT . Výnimku tvorí rastová fáza vývoj plodu (BBCH 75), kedy bol zaznamenaný výrazný nárast ΔT pri všetkých troch hybridoch. Uvedené zistenie dokumentuje dobrú schopnosť daných hybridov slnečnice ročne nezvyšovať svoju teplotu nad teplotu okolitého prostredia i počas obdobia, kedy sú vystavené vysokým teplotám vzduchu (nad 30 °C). Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) interakčného pôsobenia BBCH × hybrid na ukazovateľ ΔT (Obrázok 33).

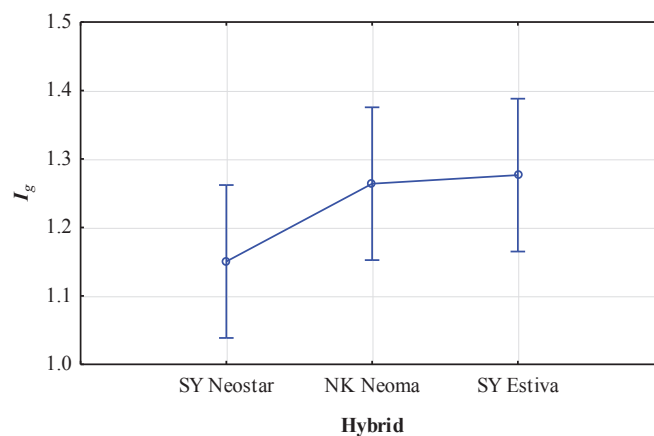


Obrázok 32 Vplyv hybridov na teplotnú diferenciu ΔT , testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P > 0,05$)

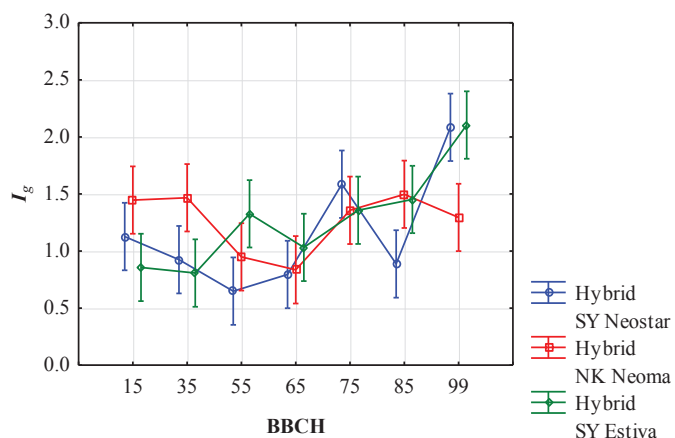


Obrázok 33 Vplyv interakcie BBCH × hybrid na teplotnú diferenciu ΔT , testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bola priemerná hodnota *indexu vodivosti prieduchov* I_g slnečnice ročnej zaznamenaná na úrovni 1,230. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky nepreukazný vplyv ($P > 0,05$) hybridov na I_g (Obrázok 34). Počas ontogenézy všetkých troch hybridov slnečnice ročnej bola na základe hodnôt I_g zaznamenaná vyrovnaná intenzita vodivosti prieduchov. Pred zberom, v rastovej fáze zrelosť (BBCH 99), bola zaznamenaná zvýšená hodnota I_g pri hybridoch SY Neostar a SY Estiva. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) interakcie BBCH × hybrid na ukazovateľ I_g (Obrázok 35).

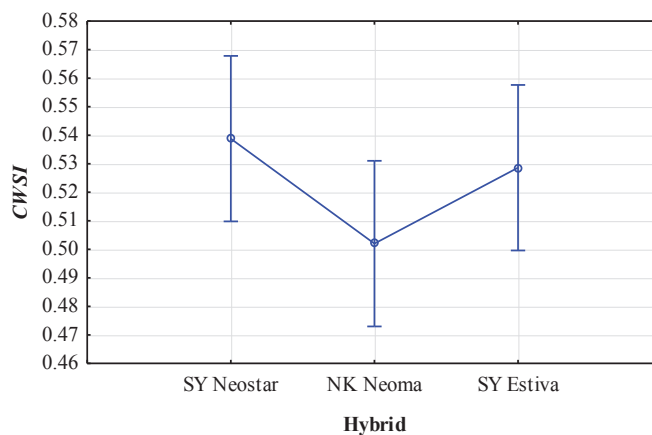


Obrázok 34 Vplyv hybridov na index vodivosti prieduchov I_g , testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P > 0,05$)

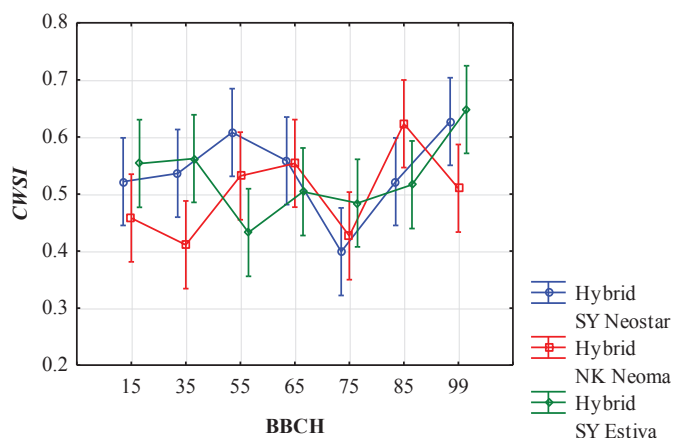


Obrázok 35 Vplyv interakcie BBCH × hybrid na index vodivosti prieduchov I_g , testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 dosiahla priemerná hodnota *indexu vodného stresu CWSI* slnečnice ročnej úroveň 0,523. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky nepreukazný vplyv ($P > 0,05$) hybridov na *CWSI* (Obrázok 36). Na základe zaznamenaných hodnôt *CWSI* možno dedukovať, že priebeh vodného stresu počas ontogenézy všetkých troch hybridov slnečnice ročnej bol vyrovnaný. Pri hybride NK Neoma je však možné konštatovať, že v porovnaní s ostatnými dvoma hybridmi lepšie odoláva suchu v počiatkových fázach ontogenézy vo fáze 4–6 pravých listov (BBCH 15), vo fáze predlžovania stonky (BBCH 35) a na konci vegetačného obdobia, pred zberom, v rastovej fáze zrelosť (BBCH 99). Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) interakčného pôsobenia rok × BBCH na ukazovateľ *CWSI* (Obrázok 37).



Obrázok 36 Vplyv hybridov na index vodného stresu *CWSI*, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P > 0,05$)



Obrázok 37 Vplyv interakcie BBCH × hybrid na index vodného stresu *CWSI*, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

Koncentrácia asimilačných pigmentov a aktivita primárnych fotosyntetických reakcií, umožňujú popísať fyziologický stav rastliny, ktorý ovplyvňuje produkčný proces (PEÑUELAS, 1990; PRICE & BAUSCH, 1995). Je známe, že odlišný genetický základ hybridov slnečnice ročnej môže spôsobovať rozdiely medzi hodnotami ukazovateľov fyziologickej aktivity asimilačného aparátu, ktorý podľa literatúry úzko koreluje s vegetačnými indexami *NDVI* a *PRI* (SUARÉZ, 2008; ABDI *et al.*, 2013; VILFAN *et al.*, 2016; ALI *et al.*, 2017). Štatisticky preukazný vplyv hybridov slnečnice ročnej na *NDVI* a *PRI* potvrdili KOVÁR *et al.* (2012, 2013) a MÁTYÁS (2014), čo je v súlade s výsledkami tohto experimentu.

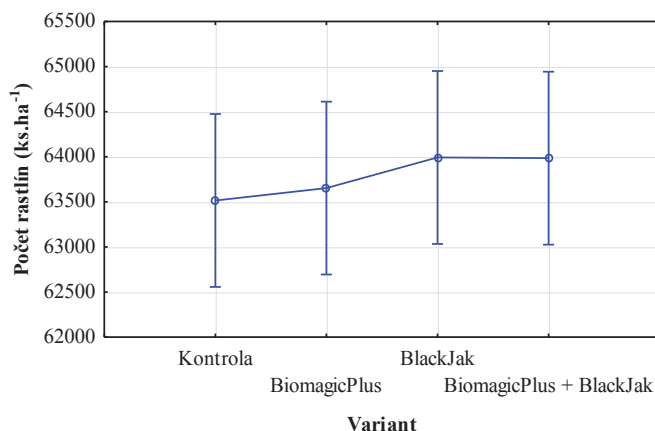
S rozvojom infračervenej termografie sa bezkontaktné a nedeštruktívne meranie teploty porastu stalo jednoduchým nástrojom identifikácie fyziologického stavu rastliny a trendom v manažmente agrotechnických zásahov v modernej rastlinnej produkcii (JONES *et al.*, 2009; PADHI *et al.*, 2012; KŘEN *et al.*, 2013; AGRYROKASTRITIS *et al.*, 2015). Parametre získané z infračervenej termografie ako teplotná diferenciacia ΔT , index vodivosti prieduchov I_g a index vodného stresu *CWSI* je možné využiť ako spoľahlivý nástroj porovnávania fyziologickej aktivity hybridov slnečnice ročnej ktorú je možné korelovať s produkčnými charakteristikami. Následne ich je možné využiť ako selekčné kritérium hybridov (COSTA *et al.*, 2013; SHAFI *et al.*, 2013; FERNANDO *et al.*, 2016). Štatisticky nepreukazný vplyv hybridov slnečnice ročnej na ukazovatele ΔT , I_g a *CWSI* zaznamenali, rovnako ako táto štúdia, KOVÁR *et al.* (2012) a MÁTYÁS (2014). Fyziologické charakteristiky produkčného procesu rastlín sa počas ontogenézy prirodzene vyvíjajú a menia, preto všetci vyššie uvedení autori považujú vplyv interakcie BBCH × hybrid na fyziologické parametre produkčného procesu slnečnice ročnej za štatisticky vysoko preukazný, čo je bežným javom nazývaným „sezónna dynamika“ fyziologických parametrov. Výsledky experimentu sú v zhode s uvedenými poznatkami.

3.3 Biostimulátory rastu

V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 boli v experimente realizovanom v teplej kukuričnej výrobnjej oblasti západného Slovenska zaradené biostimulátory rastu BiomagicPlus a BlackJak®. Biostimulátor rastu BiomagicPlus využíva prítomnosť rôznych typov prospešných pôdnych baktérií, ktoré sú schopné pútať živiny N, P, K a sprístupňovať ich rastlinám. Účinok biostimulátora rastu BlackJak® je založený na humínových a fulvokyselinách. V štúdiu boli využité rôzne varianty ošetrovania porastov slnečnice ročnej danými biostimulátormi rastu. Za najlepší variant ošetrovania bol vyhodnotený variant BiomagicPlus + BlackJak®.

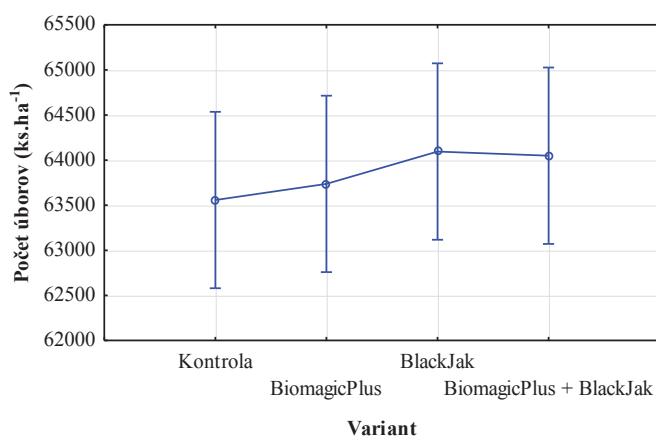
3.3.1 Vplyv biostimulátorov na produkčné parametre

Priemerný počet rastlín slnečnice ročnej v pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bol zaznamenaný na úrovni 63 786 ks.ha⁻¹. Výsledky analýzy rozptylu (Obrázok 38) potvrdili štatisticky nepreukazný vplyv ($P > 0,05$) biostimulátorov rastu na ukazovateľ počet rastlín. Vplyv interakčného pôsobenia rok × variant a hybrid × variant na ukazovateľ počet rastlín bol v pestovateľských ročníkoch 2015 (63 404 ks.ha⁻¹) a 2016 (64 349 ks.ha⁻¹) štatisticky nevýznamný.



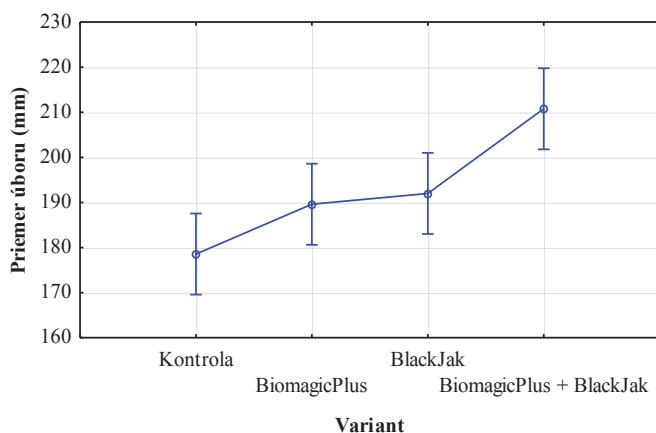
Obrázok 38 Vplyv biostimulátorov rastu na počet rastlín, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P > 0,05$)

Priemerný počet úborov slnečnice ročnej v pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bol zaznamenaný na úrovni 63 859 ks.ha⁻¹. Výsledky analýzy rozptylu (Obrázok 39) potvrdili štatisticky nepreukazný vplyv ($P > 0,05$) biostimulátorov rastu na ukazovateľ počet úborov. Vplyv interakčného pôsobenia rok × variant a hybrid × variant na ukazovateľ počet úborov bol v pestovateľských ročníkoch 2015 (63 463 ks.ha⁻¹) a 2016 (64 457 ks.ha⁻¹) štatisticky nevýznamný.



Obrázok 39 Vplyv biostimulátorov rastu na počet úborov, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P > 0,05$)

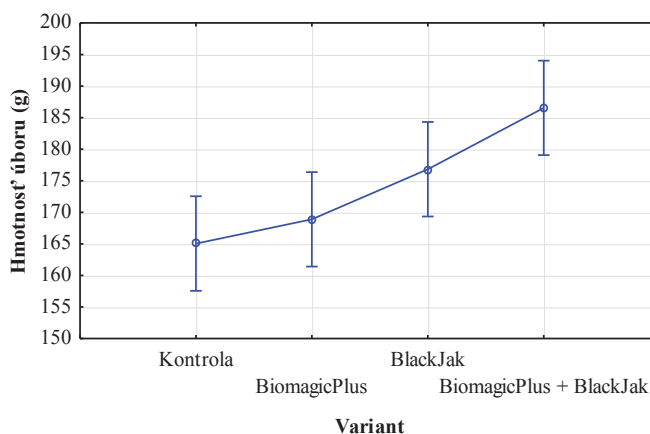
Priemerná hodnota ukazovateľa *priemer úboru* slnečnice ročne v pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bola 193 mm. Najnižšia hodnota priemeru úboru bola zistená na kontrolnom variante. Najvyššia hodnota priemeru úboru bola zaznamenaná na variante s aplikáciou biostimulátorov BiomagicPlus + BlackJak®, kde bol pozorovaný nárast priemeru úboru v porovnaní s kontrolným variantom o 18 %, čo predstavuje 32 mm. Výsledky analýzy rozptylu (Obrázok 40) potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) biostimulátorov rastu na ukazovateľ priemer úboru. Vplyv interakčného pôsobenia rok × variant a hybrid × variant na ukazovateľ priemer úboru bol v pestovateľských ročníkoch 2015 (154 mm) a 2016 (241 mm) štatisticky nevýznamný.



Obrázok 40 Vplyv biostimulátorov rastu na priemer úboru, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

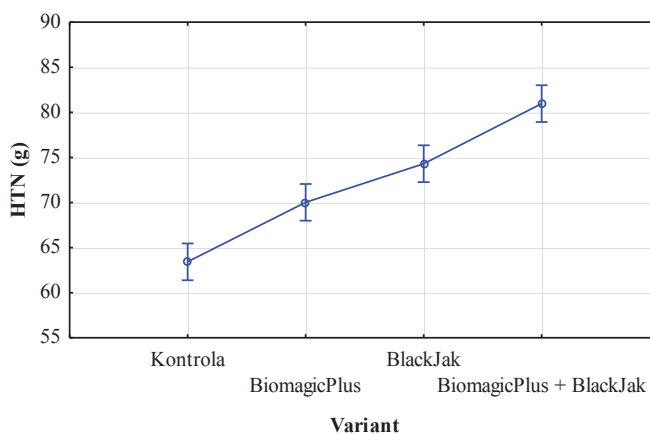
V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bola priemerná *hmotnosť úboru* slnečnice ročne 174,33 g. Najnižšia hmotnosť úboru bola potvrdená na kontrolnom variante. Najvyššia hmotnosť úboru bola zistená na variante s aplikáciou biostimulátorov BiomagicPlus + BlackJak®, kde bol pozorovaný nárast hmotnosti

úboru v porovnaní s kontrolným variantom o 13 %, čo predstavuje 21,5 g. Výsledky analýzy rozptylu (Obrázok 41) potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) biostimulátorov rastu na ukazovateľ hmotnosť úboru. Vplyv interakčného pôsobenia rok \times variant a hybrid \times variant na ukazovateľ hmotnosť úboru bol v pestovateľských ročníkoch 2015 (161,67 g) a 2016 (193,16 g) štatisticky nevýznamný.



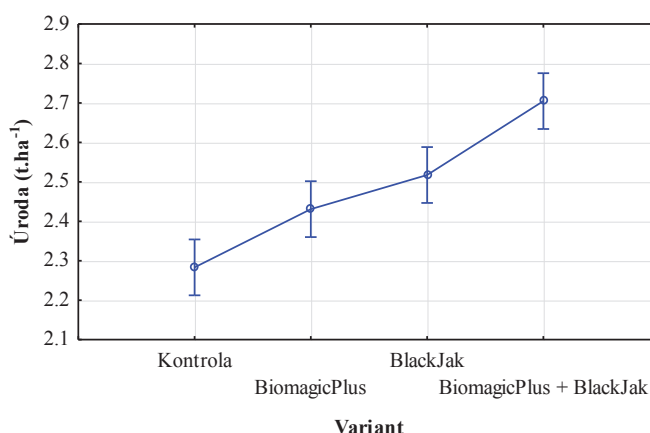
Obrázok 41 Vplyv biostimulátorov rastu na hmotnosť úboru, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

Priemerná hodnota HTN slnečnice ročnej v pestovateľských sezónach 2015 – 2016 dosiahla 72,18 g. Najnižšia HTN bola zaznamenaná na kontrolnom variante. Najvyššia HTN bola zistená na variante s aplikáciou biostimulátorov BiomagicPlus + BlackJak®. Rozdiel medzi kontrolným variantom a variantom BiomagicPlus + BlackJak® bol až 28 %, čo predstavuje 17,55 g. Výsledky analýzy rozptylu (Obrázok 42) potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) biostimulátorov rastu na ukazovateľ HTN. Vplyv interakcie rok \times variant a hybrid \times variant na ukazovateľ HTN bol v pestovateľských ročníkoch 2015 (70,15 g) a 2016 (80,05 g) štatisticky nevýznamný.

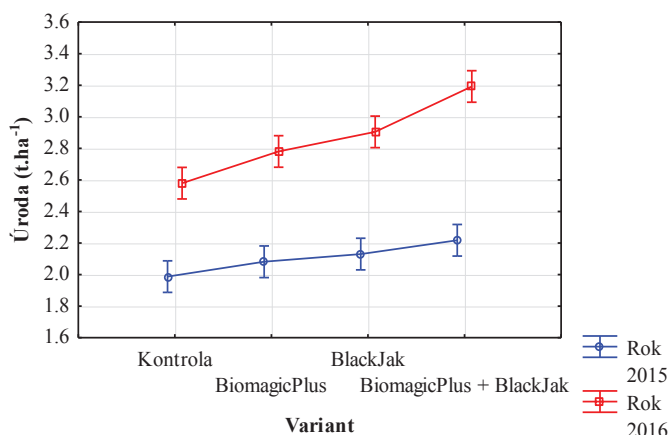


Obrázok 42 Vplyv biostimulátorov rastu na HTN, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

Priemerná úroda nažiek slnečnice ročne v pestovateľských sezónach 2015 – 2016 dosiahla hodnotu 2,48 t.ha⁻¹. Najnižšia úroda nažiek bola zistená na kontrolnom variante. Najvyššia úroda nažiek bola zaznamenaná na variante s aplikáciou biostimulátorov BiomagicPlus + BlackJak®, kde bol pozorovaný nárast úrody v porovnaní s kontrolným variantom o 18 %, čo predstavuje 0,42 t.ha⁻¹. Výsledky analýzy rozptylu (Obrázok 43) potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) biostimulátorov rastu na ukazovateľ úroda nažiek. Vplyv interakčného pôsobenia rok × variant (Obrázok 44) na ukazovateľ úroda nažiek bol v pestovateľských ročníkoch 2015 (2,14 t.ha⁻¹) a 2016 (2,96 t.ha⁻¹) štatisticky vysoko preukazný ($P < 0,001$). Vplyv interakcie hybrid × variant na ukazovateľ úroda nažiek bol štatisticky nevýznamný.



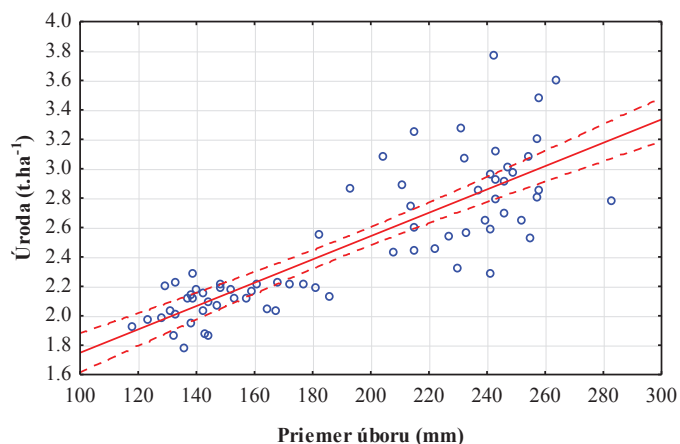
Obrázok 43 Vplyv biostimulátorov rastu na úrodu nažiek, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)



Obrázok 44 Vplyv interakcie rok × variant na úrodu nažiek, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

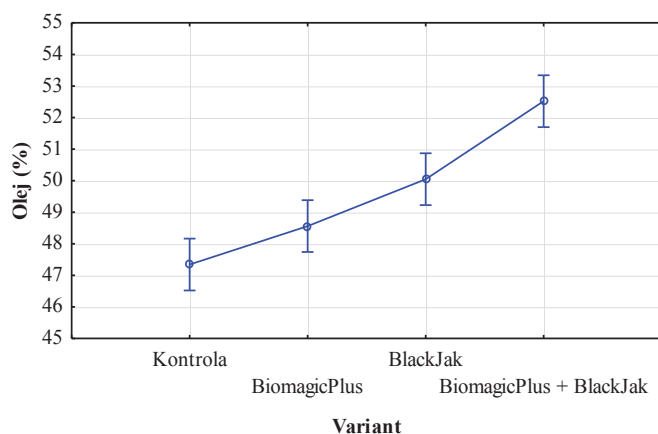
V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bola zaznamenaná slabá pozitívna závislosť medzi ukazovateľmi: úroda nažiek a počet rastlín ($\alpha = 0,01$; $r = 0,373$); úroda nažiek a počet úborov ($\alpha = 0,01$; $r = 0,376$). Silná pozitívna závislosť bola zaznamenaná medzi ukazovateľmi: úroda nažiek a hmotnosť úboru ($\alpha = 0,01$;

$r = 0,785$); úroda nažiek a HTN ($\alpha = 0,01$; $r = 0,793$). Veľmi silná pozitívna závislosť bola zaznamenaná medzi ukazovateľmi úroda nažiek a priemer úboru ($\alpha = 0,01$; $r = 0,829$). Priemer úboru bol štatisticky vysoko preukazne ovplyvnený aplikáciou biostimulátorov rastu ($P < 0,001$). S narastajúcimi hodnotami priemeru úboru stúpala úroda nažiek slnečnice ročnej (Obrázok 45).

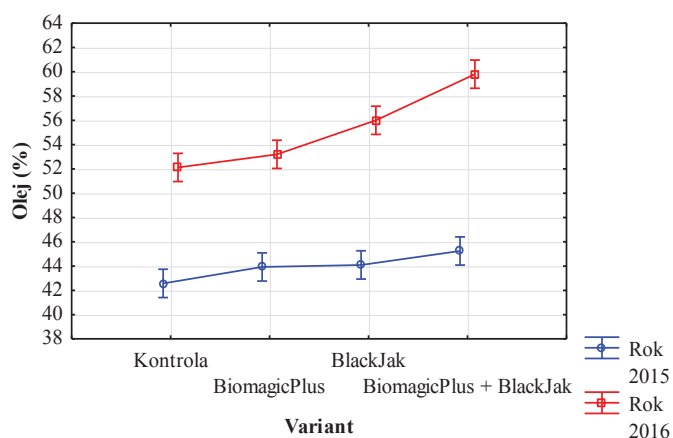


Obrázok 45 Korelačná závislosť medzi ukazovateľmi úroda nažiek a priemer úboru ($\alpha = 0,01$; $r = 0,829$)

Priemerný obsah oleja v nažkách slnečnice ročnej počas pestovateľských sezón 2015 – 2016 dosiahol hodnotu 49,62 %. Najnižší obsah oleja v nažkách bol potvrdený na kontrolnom variante. Najvyšší obsah oleja v nažkách bol zaznamenaný na variante s aplikáciou biostimulátorov BiomagicPlus + BlackJak®, kde bol zistený nárast obsahu oleja v nažkách v porovnaní s kontrolným variantom o 11 %, čo predstavuje rozdiel 5,18 % oleja. Výsledky analýzy rozptylu (Obrázok 46) potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) biostimulátorov rastu na ukazovateľ obsah oleja v nažkách. Vplyv interakčného pôsobenia rok \times variant (Obrázok 47) na ukazovateľ obsah oleja v nažkách bol v pestovateľských ročníkoch 2015 (44,42 %) a 2016 (56,33 %) štatisticky vysoko preukazný ($P < 0,001$). Vplyv interakcie hybrid \times variant na ukazovateľ obsah oleja v nažkách bol štatisticky nevýznamný.

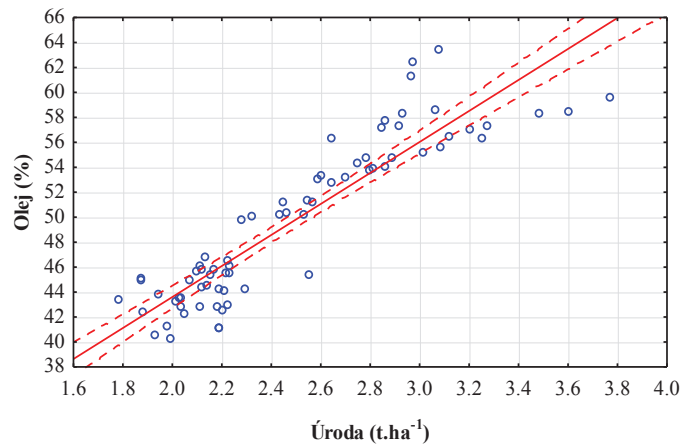


Obrázok 46 Vplyv biostimulátorov rastu na obsah oleja v nažkách, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)



Obrázok 47 Vplyv interakcie rok \times variant na obsah oleja v nažkách, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bola zaznamenaná slabá pozitívna závislosť medzi ukazovateľmi: obsah oleja v nažkách a počet rastlín ($\alpha = 0,01$; $r = 0,344$); obsah oleja v nažkách a počet úborov ($\alpha = 0,01$; $r = 0,356$). Silná pozitívna závislosť bola zaznamenaná medzi ukazovateľmi: obsah oleja v nažkách a hmotnosť úboru ($\alpha = 0,01$; $r = 0,762$); obsah oleja v nažkách a HTN ($\alpha = 0,01$; $r = 0,676$). Veľmi silná pozitívna závislosť bola zaznamenaná medzi ukazovateľmi: obsah oleja v nažkách a priemer úboru ($\alpha = 0,01$; $r = 0,893$); obsah oleja v nažkách a úroda nažiek ($\alpha = 0,01$; $r = 0,909$). Výška úrody nažiek bola štatisticky vysoko preukázane ovplyvnená aplikáciou biostimulátorov rastu ($P < 0,001$). S narastajúcimi hodnotami úrody nažiek stúpala obsah oleja v nažkách slnečnice ročne (Obrázok 48).



Obrázok 48 Korelačná závislosť medzi ukazovateľmi obsah oleja v nažkách a úroda nažiek ($\alpha = 0,01$; $r = 0,909$)

Biostimulátory, ako organické zlúčeniny, pozitívne ovplyvňujú fyziologické procesy v rastlinách (podporujú fotosyntézu, stimulujú rast, kvitnutie, dozrievanie a chránia rastlinu voči nepriaznivým poveternostným podmienkam ročníka), čo je následne zhmotnené vo výslednej produkcii, resp. jej agronomických a ekonomických efektoch (CALVO *et al.*, 2014; BROWN & SAA, 2015; BULGARI *et al.*, 2015; POSMYK & SZAFRAŇSKA, 2016; YAKHIN *et al.*, ality2017). Prostredníctvom ich aplikácie dochádza k zvýšeniu úrody nažiek a obsahu oleja v nažkách (ČERNÝ, 2012; UGOLINI *et al.*, 2014; VITAL *et al.*, 2017), čo sa potvrdilo aj v našich experimentoch.

Nesignifikantnosť vplyvu biostimulátorov rastu na počet rastlín a počet úborov slnečnice ročne odôvodňujú WANDERLEY *et al.* (2007) optimálnou agronomickou disciplínou. Podľa autorov uvedené zistenie potvrdzuje správne založenie porastu a jeho vývoj, nakoľko biostimulátory rastu boli aplikované na vzídené rastliny slnečnice ročne. Štatisticky vysoko preukazný vplyv biostimulátorov rastu na priemer úboru slnečnice ročne potvrdil KHEYBARI *et al.* (2013). TEWARI & ARORA (2016) zaznamenali, rovnako ako táto štúdia, zvýšené hodnoty priemeru úboru po aplikácii biostimulátora, ktorý obsahoval baktérie (*Pseudomonas* sp.). MÁTYÁS *et al.* (2014) uvádza, že vplyv interakcie rok \times variant bol na priemer úboru štatisticky preukazný a vplyv interakcie hybrid \times variant bol na priemer úboru štatisticky nepreukazný.

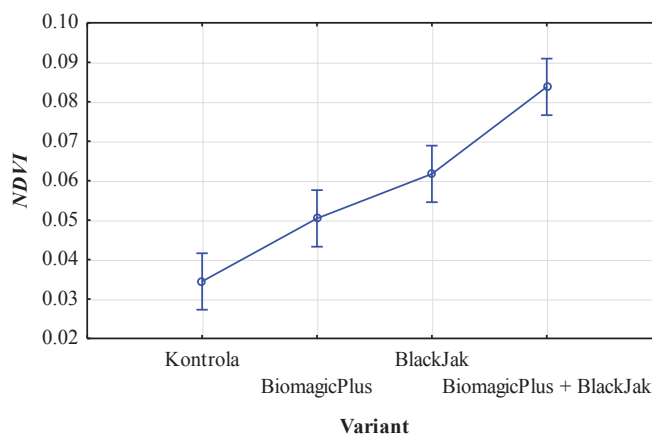
Štatisticky vysoko preukazný vplyv biostimulátorov rastu na ukazovateľ hmotnosť úboru a HTN potvrdzujú HUSSAIN *et al.* (2012) a MÁTYÁS *et al.* (2014). MÁTYÁS *et al.* (2014) popisuje štatisticky nepreukazný vplyv interakcie hybrid \times variant na ukazovateľ hmotnosť úboru a interakcii rok \times variant pripisuje štatisticky preukazný vplyv na hmotnosť úboru. Uvedený autor potvrdil štatisticky vysoko preukazný vplyv interakcie rok \times variant a hybrid \times variant na ukazovateľ HTN. Bolo dokázané (TEWARI & ARORA, 2016), že vyššou HTN disponujú porasty slnečnice ročne, ktoré boli ošetrované biostimulátormi rastu, ktoré obsahovali baktérie (*Pseudomonas* sp.). Uvedené je v súlade s výsledkami tejto štúdie.

Štatisticky preukazný vplyv biostimulácie na výšku úrody nažiek slnečnice ročne zaznamenal ARIF *et al.* (2016) a ULLAH *et al.* (2017). Štatisticky vysoko preukazný vplyv biostimulátorov rastu na výšku úrody nažiek a obsah oleja v nažkách slnečnice ročne potvrdili HEIDERI & KARAMI (2014) a KOUTROUBAS *et al.* (2014). Ako uvádzajú CANELLAS *et al.* (2015) a TEREN (2016), humínové kyseliny výrazne pôsobia proti degradácii pôdy (erózia, dehumifikácia, utuženie, kontaminácia,

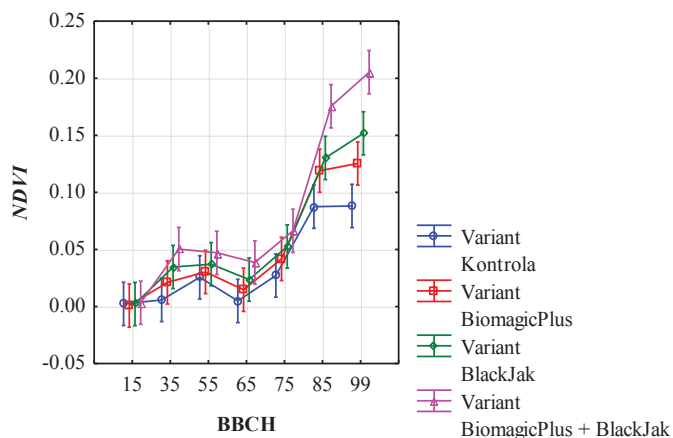
acidifikácia a iné). Okrem toho majú pozitívny vplyv na výšku úrod. Autori popisujú viacero poľných pokusov, kde zaznamenali zvýšenie kvantity i kvality produkcie poľných plodín po aplikácii prípravku, ktorý obsahuje humínové kyseliny a fulvokyseliny, čo je v súlade s nami dosiahnutými výsledkami. Významný pozitívny vplyv biostimulátorov na produkčný proces slnečnice ročnej potvrdzujú VEVERKOVÁ & ČERNÝ (2011), MÁTYÁS & ČERNÝ (2012), MÁTYÁS *et al.* (2013). MÁTYÁS (2014) popísal štatisticky preukazný vplyv interakcie hybrid \times variant na úrodu nažiek a obsah oleja v nažkách, čo je však v rozpore s výsledkami tejto štúdie, nakoľko pri tomto efekte bol zaznamenaný štatisticky nepreukazný vplyv na výšku úrody nažiek i obsah oleja v nažkách. Naopak, štatisticky vysoko preukazný vplyv na výšku úrody nažiek a obsah oleja v nažkách bol zaznamenaný pri interakcii rok \times variant. Uvedený autor pri tejto interakcii zaznamenal zhodné výsledky pri ukazovateli úrody nažiek, avšak vplyv tejto interakcie na ukazovateľ obsah oleja v nažkách vyhodnotil ako štatisticky nepreukazný. Výsledky nášho experimentu sú v zhode so zisteniami autorov BEG & ASLAM (1984) a ALI *et al.* (2007), ktorí potvrdili pozitívnu koreláciu medzi úrodou nažiek a priemerom úboru. Výsledky štúdie sú v zhode s výsledkami, ktoré uvádza VEVERKOVÁ (2012), ktorá popisuje pozitívnu koreláciu medzi ukazovateľom úrody nažiek a obsah oleja v nažkách. MÁTYÁS (2014) popisuje negatívnu koreláciu medzi týmito ukazovateľmi.

3.3.2 Vplyv biostimulátorov na fyziologické parametre

V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 dosiahla priemerná hodnota *vegetačného indexu NDVI* slnečnice ročnej hodnotu 0,058. Najnižšia hodnota *NDVI* (0,034) bola zaznamenaná na kontrolnom variante. Najvyššia hodnota *NDVI* (0,084) bola zaznamenaná na variante BiomagicPlus + BlackJak®, na základe čoho možno dedukovať, že porasty slnečnice ročnej disponovali na tomto variante ošetrovania najvyšším obsahom chlorofylu v listoch a zvýšenou fotosyntetickou aktivitou. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) biostimulátorov rastu na *NDVI* (Obrázok 49). Najvyššia hodnota *NDVI*, ktorú porasty dosiahli na variante BiomagicPlus + BlackJak®, sa stala predpokladom pre najvyššiu úrodu nažiek a najvyšší obsah oleja v nažkách na tomto variante ošetrovania (Obrázok 43 a 46). Na začiatku ontogenézy porastov slnečnice ročnej, v rastovej fáze 4 – 6 pravých listov (BBCH 15), boli zaznamenané identické hodnoty *NDVI*. Po prvej aplikácii biostimulátorov rastu, medzi rastovou fázou 4 – 6 pravých listov (BBCH 15) a rastovou fázou začiatok predlžovania stonky (BBCH 35) možno vidieť, že v priebehu celej ontogenézy až do rastovej fázy zrelosti (BBCH 99), boli najvyššie hodnoty *NDVI* zaznamenané na variante BiomagicPlus + BlackJak®, čo sa prejavilo výrazným oddialením prirodzenej senescencie porastu. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) interakcie BBCH \times variant na ukazovateľ *NDVI* (Obrázok 50).



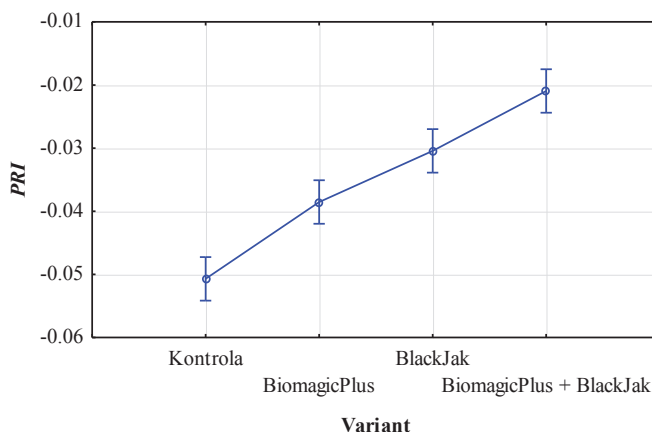
Obrázok 49 Vplyv biostimulátorov rastu na vegetačný index *NDVI*, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)



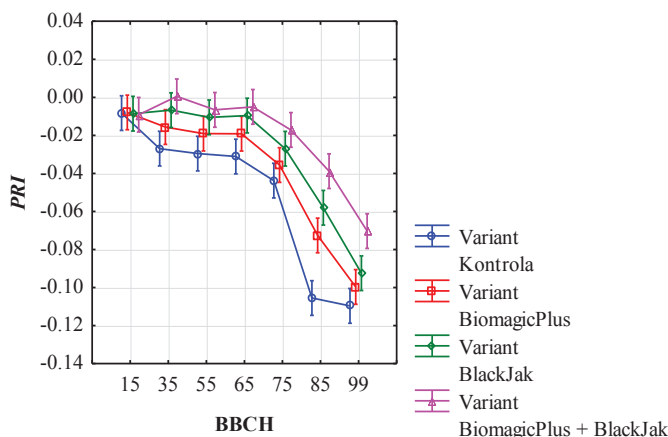
Obrázok 50 Vplyv interakcie BBCH × variant na vegetačný index *NDVI*, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 dosiahla priemerná hodnota *vegetačného indexu PRI* slnečnice ročnej úroveň -0,035. Najnižšia hodnota *PRI* (- 0,051) bola zaznamenaná na kontrolnom variante. Najvyššia hodnota *PRI* bola zaznamenaná na variante BiomagicPlus + BlackJak®, čo poukazuje na najvyššiu efektivitu využitia fotosyntetického žiarenia na tomto variante ošetrovania. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) biostimulátorov rastu na *PRI* (Obrázok 51). Zvýšená hodnota *PRI* porastov na variante BiomagicPlus + BlackJak® vyústila do najvyššej úrody nažiek a ich najvyššieho obsahu oleja na tomto variante ošetrovania (Obrázok 43 a 46). Na začiatku ontogenézy porastov slnečnice ročnej v rastovej fáze 4 – 6 pravých listov (BBCH 15) boli zaznamenané identické hodnoty *PRI*. Po prvej aplikácii biostimulátorov rastu medzi rastovou fázou 4 – 6 pravých listov (BBCH 15) a rastovou fázou začiatok predlžovania stonky (BBCH 35) možno vidieť, že v priebehu celej ontogenézy až do rastovej fázy zrelosť (BBCH 99) boli najvyššie hodnoty *PRI* zaznamenané na variante BiomagicPlus + BlackJak®, čo sa prejavilo výrazným oddialením prirodzenej senescencie porastu.

Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) interakcie BBCH × variant na ukazovateľ *PRI* (Obrázok 52).



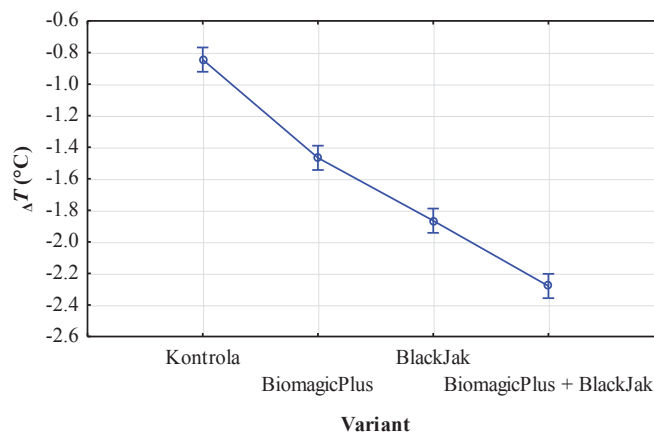
Obrázok 51 Vplyv biostimulátorov rastu na vegetačný index *PRI*, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)



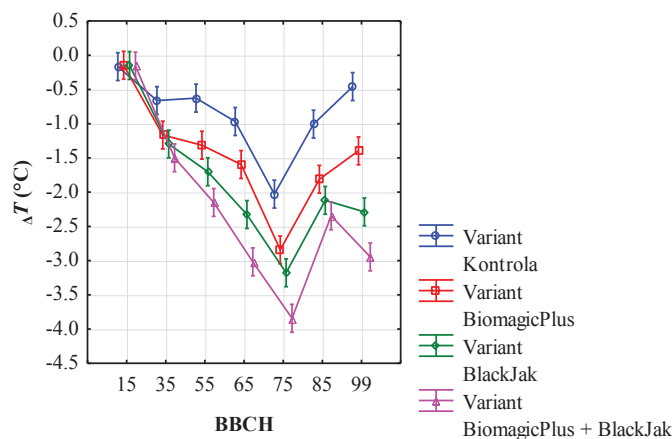
Obrázok 52 Vplyv interakcie BBCH × variant na vegetačný index *PRI*, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bola priemerná hodnota *teplotnej diferencie* ΔT slnečnice ročnej zaznamenaná na úrovni $-1,615$ °C. Najmenej výrazná ΔT ($-0,845$ °C) bola zaznamenaná na kontrolnom variante. Najvýraznejšia ΔT ($-2,280$ °C) bola zaznamenaná na variante BiomagicPlus + BlackJak®, kde porasty disponovali najvyšším rozdielom medzi teplotou listov a teplotou okolitého prostredia. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) biostimulátorov rastu na ΔT (Obrázok 53). Najvýraznejšia ΔT porastov slnečnice ročnej na variante BiomagicPlus + BlackJak® vyústila do najvyššej úrody nažiek a ich najvyššieho obsahu oleja na tomto variante ošetrenia (Obrázok 43 a 46). Na začiatku ontogenézy porastov slnečnice ročnej v rastovej fáze 4 – 6 pravých listov (BBCH 15) bola zaznamenaná identická ΔT . Po prvej aplikácii biostimulátorov rastu medzi rastovou fázou 4 – 6 pravých listov (BBCH 15) a rastovou fázou začiatok predĺžovania

stonky (BBCH 35) možno vidieť, že v priebehu celej ontogenézy až do rastovej fázy zrelosti (BBCH 99) bola najvýraznejšia ΔT zaznamenaná na variante BiomagicPlus + BlackJak®, čo sa prejavilo výrazným oddialením prirodzenej senescencie porastu. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) interakcie BBCH \times variant na ukazovateľ ΔT (Obrázok 54).



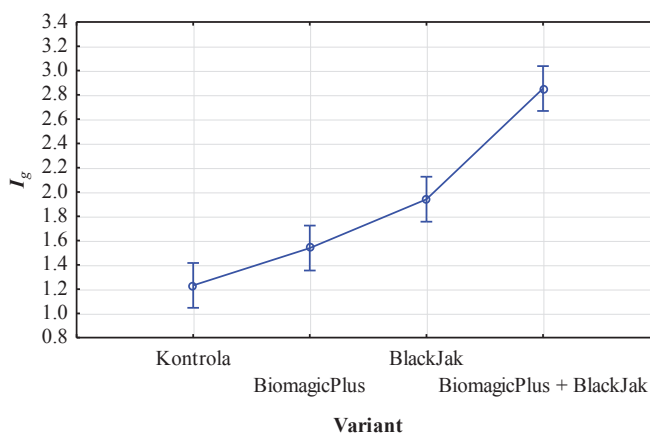
Obrázok 53 Vplyv biostimulátorov rastu na teplotnú diferenciu ΔT , testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)



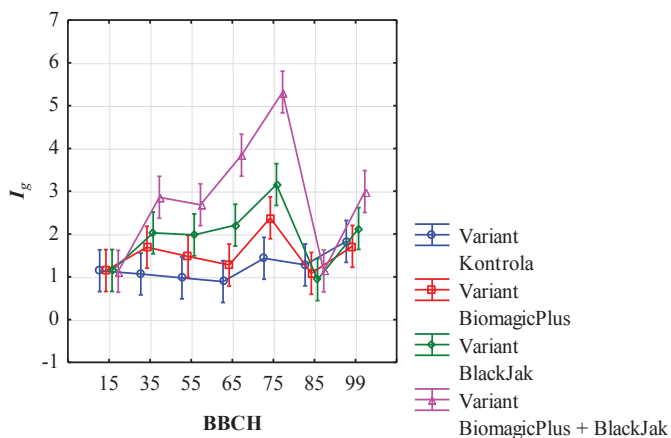
Obrázok 54 Vplyv interakcie BBCH \times variant na teplotnú diferenciu ΔT , testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bola priemerná hodnota *indexu prieduchovej vodivosti* I_g slnečnice ročne zaznamenaná na úrovni 1,890. Najnižšia hodnota I_g (1,230) bola zaznamenaná na kontrolnom variante. Najvyššia hodnota I_g (2,852) bola zaznamenaná na variante BiomagicPlus + BlackJak®, kde mali porasty slnečnice ročne najviac otvorený prieduchový aparát, najrýchlejšie transpirovali, boli najmenej zaťažené environmentálnymi stresovými situáciami – najmä deficitom vody a vysokou teplotou atmosféry. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) biostimulátorov rastu na I_g (Obrázok 55). Najintenzívnejšia vodivosť prieduchov porastov na variante BiomagicPlus + BlackJak® vyústila do

najvyššej úrody nažiek a ich najvyššieho obsahu oleja na tomto variante ošetrenia (Obrázok 43 a 46). Na začiatku ontogenézy porastov slnečnice ročnej v rastovej fáze 4 – 6 pravých listov (BBCH 15) boli zaznamenané identické hodnoty I_g vodivosti prieduchov. Po prvej aplikácii biostimulátorov rastu medzi rastovou fázou 4 – 6 pravých listov (BBCH 15) a rastovou fázou začiatok predlžovania stonky (BBCH 35) možno vidieť, že v priebehu celej ontogenézy až do rastovej fázy zrelosti (BBCH 99) bola najintenzívnejšia vodivosť prieduchov zaznamenaná na variante BiomagicPlus + BlackJak®, čo sa prejavilo výrazným oddialením prirodzenej senescencie porastu. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) interakčného pôsobenia BBCH × variant na ukazovateľ I_g (Obrázok 56).



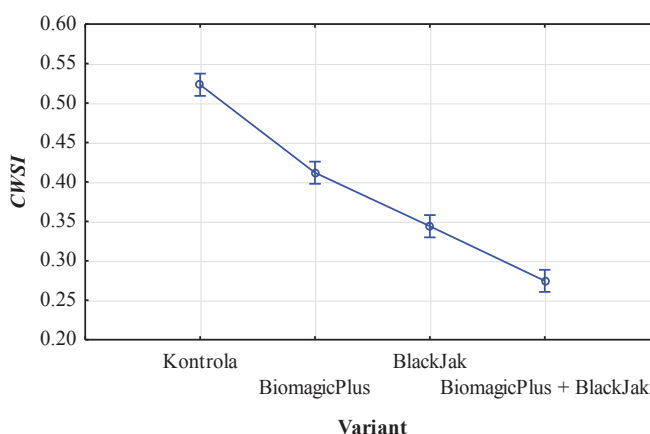
Obrázok 55 Vplyv biostimulátorov rastu na index vodivosti prieduchov I_g , testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)



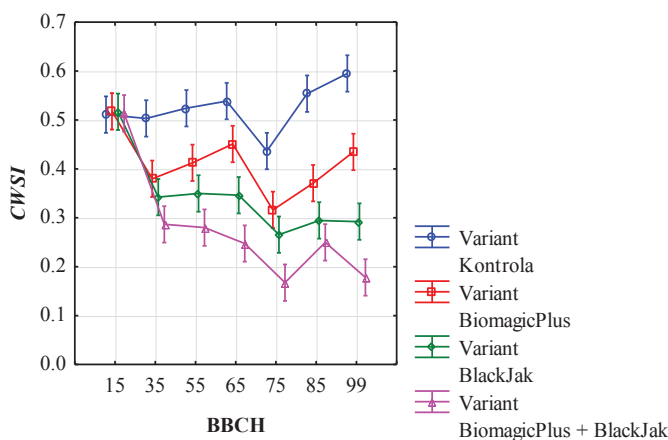
Obrázok 56 Vplyv interakcie BBCH × variant na index vodivosti prieduchov I_g , testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bola priemerná hodnota *indexu vodného stresu CWSI* slnečnice ročnej zaznamenaná na úrovni 0,388. Najvyššia hodnota *CWSI* (0,523) bola zaznamenaná na kontrolnom variante. Najnižšia hodnota *CWSI* (0,275) bola zaznamenaná na variante BiomagicPlus + BlackJak®, na základe

čoho možno usudzovať, že na tomto variante ošetrovania boli porasty slnečnice ročnej najmenej zaťažené environmentálnymi stresovými situáciami – najmä deficitom vody. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) biostimulátorov rastu na *CWSI* (Obrázok 57). Najnižšie hodnoty *CWSI* porastov na variante BiomagicPlus + BlackJak® vyústili do najvyššej úrody nažiek a ich najvyššieho obsahu oleja na tomto variante ošetrovania (Obrázok 43 a 46). Na začiatku ontogenézy porastov slnečnice ročnej v rastovej fáze 4 – 6 pravých listov (BBCH 15) boli zaznamenané identické hodnoty *CWSI*. Po prvej aplikácii biostimulátorov rastu medzi rastovou fázou 4 – 6 pravých listov (BBCH 15) a rastovou fázou začiatok predlžovania stonky (BBCH 35) možno vidieť, že v priebehu celej ontogenézy až do rastovej fázy zrelosti (BBCH 99) boli najnižšie hodnoty *CWSI* zaznamenané na variante BiomagicPlus + BlackJak®, čo sa prejavilo výrazným oddialením prirodzenej senescencie porastu. Výsledky analýzy rozptylu potvrdili štatisticky vysoko preukazný vplyv ($P < 0,001$) interakčného pôsobenia BBCH × variant na ukazovateľ *CWSI* (Obrázok 58).

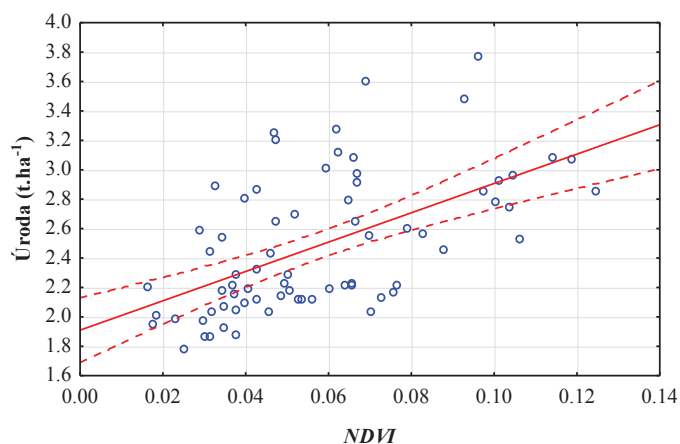


Obrázok 57 Vplyv biostimulátorov rastu na index vodného stresu *CWSI*, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)



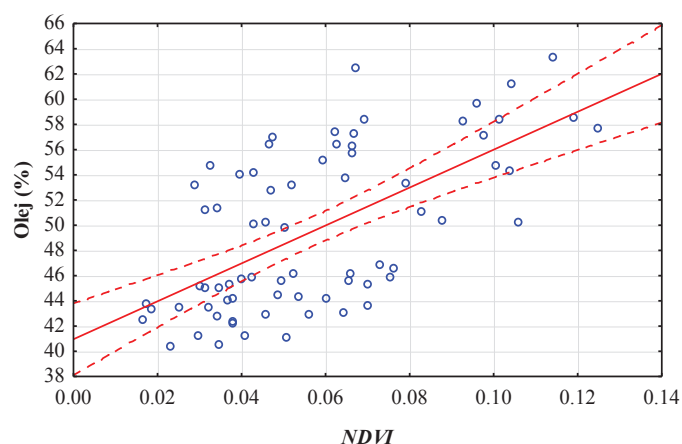
Obrázok 58 Vplyv interakcie BBCH × variant na index vodného stresu *CWSI*, testovanie kontrastov Fisherov LSD test ($\alpha = 0,01$; $P < 0,001$)

V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bola zaznamenaná nezávislosť medzi ukazovateľmi: úroda nažiek a vegetačný index PRI ($\alpha = 0,01$; $r = -0,134$); úroda nažiek a index vodivosti prieduchov I_g ($\alpha = 0,01$; $r = 0,040$). Slabá negatívna závislosť bola zaznamenaná medzi ukazovateľmi: úroda nažiek a teplotná diferenciacia ΔT ($\alpha = 0,01$; $r = -0,310$); úroda nažiek a index vodného stresu $CWSI$ ($\alpha = 0,01$; $r = -0,267$). Stredne silná pozitívna závislosť bola zaznamenaná medzi ukazovateľmi úroda nažiek a vegetačný index $NDVI$ ($\alpha = 0,01$; $r = 0,564$). Vegetačný index $NDVI$ bol štatisticky vysoko preukazne ovplyvnený aplikáciou biostimulátorov rastu ($P < 0,001$). S narastajúcimi hodnotami vegetačného indexu $NDVI$ stúpala úroda nažiek slnečnice ročne (Obrázok 59).



Obrázok 59 Korelačná závislosť medzi ukazovateľmi úroda nažiek a vegetačný index $NDVI$ ($\alpha = 0,01$; $r = 0,564$)

V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bola zaznamenaná nezávislosť medzi ukazovateľmi obsah oleja v nažkách a index vodivosti prieduchov I_g ($\alpha = 0,01$; $r = 0,018$). Slabá negatívna závislosť bola zaznamenaná medzi ukazovateľmi: obsah oleja v nažkách a vegetačný index PRI ($\alpha = 0,01$; $r = -0,205$); obsah oleja v nažkách a teplotná diferenciacia ΔT ($\alpha = 0,01$; $r = -0,302$); obsah oleja v nažkách a index vodného stresu $CWSI$ ($\alpha = 0,01$; $r = -0,260$). Silná pozitívna závislosť bola zaznamenaná medzi ukazovateľmi obsah oleja v nažkách a vegetačný index $NDVI$ ($\alpha = 0,01$; $r = 0,622$). Vegetačný index $NDVI$ bol štatisticky vysoko preukazne ovplyvnený aplikáciou biostimulátorov rastu ($P < 0,001$). S narastajúcimi hodnotami vegetačného indexu $NDVI$ stúpala obsah oleja v nažkách slnečnice ročne (Obrázok 60).



Obrázok 60 Korelačná závislosť medzi ukazovateľmi obsah oleja v nažkách a vegetačný index *NDVI* ($\alpha = 0,01$; $r = 0,622$)

Rastové biostimulátory pozitívne ovplyvňujú fyziologické procesy v rastlinách. Podporujú fotosyntézu (BROWN & SAA, 2015; YAKHIN *et al.*, 2017), ktorej intenzita sa dá spoľahlivo hodnotiť prostredníctvom vegetačných indexov *NDVI* a *PRI* (VILFAN *et al.*, 2016; ALI *et al.*, 2017). Ďalej stimulujú rast, kvitnutie, dozrievanie a chránia rastlinu proti nepriaznivým poveternostným podmienkam ročníka (CALVO *et al.*, 2014; BULGARI *et al.*, 2015; POSMYK & SZAFRAŇSKA, 2016). Za významné nepriaznivé poveternostné podmienky ročníka patrí najmä vysoká teplota atmosféry a nedostatok pôdnej vlahy, ktorých vplyv na rastlinu sa dá posudzovať nedeštrukčnou analýzou teploty porastu pomocou infračervenej (IR) termografie. Z dát získaných pomocou infračervenej termografie je možné spoľahlivo kalkulovať fyziologické parametre produkčného procesu slnečnice ročnej ako teplotná diferenciacia ΔT , index vodivosti prieduchov I_g a index vodného stresu *CWSI* (FERNANDO *et al.*, 2016; ANANDHI & BLOCKSOME, 2017; BODRONE *et al.*, 2017; ZHANG *et al.*, 2017). Aplikácia biostimulátorov rastu má pozitívny vplyv na produkčné i fyziologické parametre produkčného procesu slnečnice ročnej (BODRONE *et al.*, 2017) a iných poľných plodín (BULGARI *et al.*, 2015; ALI *et al.*, 2017; YAKHIN *et al.*, 2017), čo výsledky tejto štúdie potvrdzujú.

Spektrálny vegetačný index *NDVI* je dôležitým ukazovateľom obsahu chlorofylu v rastlinách, absorpcie fotosynteticky aktívneho žiarenia, fotosyntetickej kapacity porastu, objemu prieduchov alebo evaporácie porastu (SELLERS, 1985; TUCKER *et al.*, 2002; ALI *et al.*, 2017). Keďže *NDVI* dobre dokumentuje obsah chlorofylu v liste, dosiahnutie vyššej úrovne *NDVI* počas dozrievania môže cez udržanie fotosyntézy prispieť k vyššej kvantite a kvalite produkcie (VILFAN *et al.*, 2016; ALI *et al.*, 2017). Zistenia uvedených autorov výsledky nášho experimentu potvrdzujú. Vyššie hodnoty *NDVI* boli zaznamenané na variante ošetrovanom biostimulátormi rastu, ktoré prispeli aj k vyšším hodnotám kvantitatívnych a kvalitatívnych ukazovateľov produkcie slnečnice ročnej v porovnaní s kontrolným variantom. Rovnaké zistenia potvrdzujú pri slnečnici ročnej KOVÁR *et al.* (2013) a MÁTYÁS (2014), pri pšenici letnej forme ozimnej KŘEN *et al.* (2013). Autori vo svojich experimentoch zaznamenali podobné hodnoty *NDVI* ako táto štúdia a vplyv biostimulátorov rastu na *NDVI* vyhodnotili ako štatisticky preukazný. Vyššie priemerné hodnoty *NDVI* sú korelované s vyššou úrodou nažiek a obsahom oleja v nažkách slnečnice ročnej. Rovnako vysoký stupeň tesnosti pozitívnej lineárnej závislosti medzi úrodou nažiek a obsahom oleja v nažkách

snečnice ročnej a parametrom *NDVI* rôznych hybridov snečnice ročnej popísal, rovnako ako tomu bolo v tejto štúdií, KOVÁR *et al.* (2013). Podobné korelačné koeficienty, ako boli zaznamenané v tejto štúdií pozoroval pri snečnici ročnej PEÑA-BARRAGÁN *et al.* (2010).

Ako uvádza ULLAH *et al.* (2017), aplikácia biostimulátora rastu, ktorý obsahoval baktérie z rodu *Rhizobium* prispela k nárastu koncentrácie chlorofylu v listoch a teda k zvýšeniu intenzity fotosyntézy u takto ošetrovaných porastov snečnice ročnej. Uvedené je v zhode s výsledkami tejto štúdie, ktoré taktiež potvrdili zvýšenie intenzity fotosyntézy manifestované vyššou hodnotou *PRI* snečnice ročnej na základe pôsobenia živých organizmov – baktérií. Vegetačný index *PRI* odráža de-epoxidačný stav pigmentov xantofylového cyklu, ktorý ochraňuje fotosyntetický aparát pred fotopoškodením (GAMON *et al.*, 1997). Pokles parametra reflektuje zníženie fotochemickej aktivity a fotosyntézy rastlín (SUARÉZ *et al.*, 2008; VILFAN *et al.*, 2016; ALI *et al.*, 2017), čo výsledky experimentu potvrdzujú. Najnižšie hodnoty *PRI* boli zaznamenané na kontrolnom variante, kde bola zaznamenaná aj najnižšia kvantita a kvalita produkcie snečnice ročnej. Rovnaké výsledky pri snečnici ročnej zaznamenal KOVÁR *et al.* (2013) a MÁTYÁS (2014). Autori dosiahli podobné hodnoty *PRI* a vplyv variantu ošetrovania na *PRI* vyhodnotili ako štatisticky preukazný, čo je v zhode s dosiahnutými výsledkami tohto experimentu. ČERNÝ *et al.* (2013a) sledoval vplyv biostimulátorov rastu na fyziologickú aktivitu asimilačného aparátu snečnice ročnej, hodnotenú prostredníctvom *NDVI* a *PRI*. Autor zistil štatisticky preukazný vplyv biostimulátorov rastu na úrodu nažiek a vegetačné indexy *NDVI* a *PRI*. Biostimulátory rastu mali tendenciu oddiaľovať prirodzenú senescenciu porastov snečnice ročnej, ktoré si udržali fotosyntetickú aktivitu, čo sa pozitívne prejavilo na úrode nažiek snečnice ročnej. Zistenia uvedeného autora sú v zhode s výsledkami tejto štúdie.

Meranie teploty porastu prostredníctvom infračervenej (IR) termografie predstavuje nenáročnú, expeditívnu a neinváznu metódu hodnotenia fyziologického stresu mnohých plodín, z ktorej je možné kalkulovať teplotnú diferenciu ΔT , index vodivosti prieduchov I_g a index vodného stresu *CWSI* (COHEN *et al.*, 2005; JONES *et al.*, 2009; FERNANDO *et al.*, 2016; ANANDHI & BLOCKSOME, 2017; ZHANG *et al.*, 2017). Záporná hodnota ΔT poukazuje na skutočnosť, že povrch listu je v porovnaní s okolitou atmosférou chladnejší, čiže list je ochladzovaný transpiráciou. Už dávnejšie sa potvrdil vzťah medzi ΔT a I_g a *CWSI* (JONES, 1998). Ako uvádzajú viacerí autori, vyššie hodnoty kvantitatívnych a kvalitatívnych parametrov produkcie snečnice ročnej bývajú korelované s vyššou (výraznejšou) ΔT . Z fyziologického hľadiska to poukazuje na skutočnosť, že hybridy snečnice ročnej dosahujú vyššie hodnoty kvantitatívnych a kvalitatívnych ukazovateľov produkcie za daných poveternostných podmienok experimentálnych rokov pri vyššej prieduchovej vodivosti a menšom vodnom strese (ORTA *et al.*, 2002; ERDEM *et al.*, 2006; KOVÁR *et al.*, 2013; MÁTYÁS, 2014; TAGHVAEIAN *et al.*, 2014; ARGYROKASTRITIS *et al.*, 2015) a charakteristické je to aj pre iné rôzne poľné plodiny (FUENTES *et al.*, 2014; POU *et al.*, 2014; RISHENG *et al.*, 2014). Výsledky nášho experimentu tvrdenia uvedených autorov potvrdzujú. Zatváranie prieduchov, ktoré je spojené s vyššou citlivosťou hybridu k vodnému stresu, limituje fotosyntetickú aktivitu a následne kvantitatívny i kvalitatívne charakteristiky produkcie (TAGHVAEIAN *et al.*, 2014; ARGYROKASTRITIS *et al.*, 2015; FERNANDO *et al.*, 2016; ZHANG *et al.*, 2017), čo bolo v tejto štúdií potvrdené na kontrolnom variante. Vyššie uvedení autori popisujú, že index vodivosti prieduchov I_g má vzťah k intenzite rastu a kvantitatívnym parametrom produkcie, a nie ku kvalitatívnym parametrom. Nezávislosť medzi ukazovateľmi obsah oleja v nažkách a index vodivosti prieduchov I_g , zaznamenaná v tejto štúdií, tvrdenia uvedených autorov potvrdzuje.

Výsledky získané v dvoch po sebe nasledujúcich vegetačných rokoch demonštrujú, že parametre IR-termografie sú dobrým indikátorom produktivity hybridov slnečnice ročne ošetrovaných biostimulátormi rastu, ktoré mali na dané ukazovatele štatisticky vysoko preukazný vplyv. Štatisticky preukazný vplyv biostimulátorov rastu na ΔT a I_g a CWSI pri slnečnici ročne potvrdil KOVÁR *et al.* (2013), MÁTYÁS (2014), TAGHVAEIAN *et al.* (2014) a AWAIS *et al.* (2017). Uvedení autori zaznamenali podobné hodnoty daných parametrov, aké boli zaznamenané v tejto štúdií. Fyziologické charakteristiky produkčného procesu rastlín sa počas ontogenézy prirodzene vyvíjajú a menia, preto všetci vyššie uvedení autori považujú vplyv interakcie BBCH \times variant na fyziologické parametre za štatisticky vysoko preukazný, čo je bežným javom nazývaným „sezónna dynamika“ fyziologických parametrov. Výsledky štúdie sú v zhode s uvedenými poznatkami.

3.4 Energetická analýza

Rok 2016 bol pre olejnatosť nažiek a produkciu energie priaznivejší (Tabuľka 14), nárast obsahu oleja v nažkách v porovnaní s rokom 2015 bol až 22 % a produkcie energie o 16,68 GJ ($P < 0,001$). Najnižšie hodnoty obsahu oleja a produkcie energie boli zistené na kontrolnom variante. Najvyšší obsah oleja v nažkách bol stanovený na variante s aplikáciou biostimulátorov BiomagicPlus + BlackJak®, kde bol zistený nárast obsahu oleja v nažkách v porovnaní s kontrolným variantom o 11 % a produkcie energie o 12,71 GJ ($P < 0,001$).

Na základe získaných výsledkov, rozhodujúcim faktorom vplyvujúcim na produkciu oleja a energie je pestovateľský ročník. Z použitých biostimulátorov rastu najväčší vplyv na olejnatosť a tým aj produkciu energie mala kombinácia prípravkov BiomagicPlus + BlackJak®.

Tabuľka 14 Produkcia oleja (t) a v energetických jednotkách

Variant	Rok	Olej (%)				t.ha ⁻¹	GJ.ha ⁻¹
		SY Neostar	NK Neoma	SY Estiva	Priemer		
Kontrola	2015	41,56	43,22	42,93	42,57	0,85	31,79
	2016	54,28	51,94	50,13	52,12	1,34	50,47
	Priemer	47,92	47,58	46,53	47,34	1,08	40,51
BiomagicPlus	2015	43,32	44,19	44,26	43,92	0,91	34,29
	2016	55,75	53,28	50,56	53,2	1,48	55,51
	Priemer	49,54	48,73	47,41	48,56	1,18	44,29
BlackJak®	2015	43,73	44,44	44,1	44,09	0,94	35,25
	2016	56,94	56,93	54,14	56	1,62	60,95
	Priemer	50,34	50,68	49,12	50,05	1,26	47,34
BiomagicPlus + BlackJak®	2015	44,27	46,11	45,34	45,24	1,00	37,69
	2016	58,8	62,37	58,23	59,8	1,91	71,59
	Priemer	51,53	54,24	51,79	52,52	1,42	53,22
Priemer		49,83	50,31	48,71	49,62	1,23	46,18

Životné pochody sú indikátorom zmien látok a tokov energie. Cieľom pri hodnotení bilancie energie v oblasti rastlinnej výroby je určenie miery ovplyvnenia produkčného procesu vstupmi priamej a nepriamej energie a ich výsledná účinnosť pri tvorbe úrody (FECÁK *et al.*, 2008). Ako uvádzajú POSPIŠIL & VILČEK (2000), úroveň vstupov a výstupov energie rastlinnej výroby a energie jednotlivých plodín je limitovaná konkrétnymi jednotkami stanovišťa, ktoré človek nemôže výrazne ovplyvniť (klíma,

pôda), ale i faktormi, ktoré človek ovplyvniť môže (dodatkové vstupy energie, použité systémy hospodárenia, pestovateľské technológie, štruktúra osevu). Kvantifikácia energetických vstupov a výstupov a zostavovanie energetických bilancií výrobného procesu rastlinnej výroby poskytuje nový pohľad na význam jednotlivých plodín v štruktúre osevných postupov. Zároveň umožňuje využitie týchto hľadísk pri optimalizačných prepočtoch a návrhoch energetických racionalizačných opatrení (PREININGER, 1987). S rastom intenzity produkcie stúpa množstvo energetických vstupov do výrobného procesu. Zvyšovaním energetických vstupov sa spravidla zvyšuje aj objem poľnohospodárskej produkcie, ale jej zvyšovanie nie je priamo úmerné nárastu dodatkových energetických vstupov (VILČEK & GUTTEKOVÁ, 1997), čo je v súlade s výsledkami, ktoré boli dosiahnuté v tejto štúdií. Energetická bilancia je jedným z najdôležitejších ukazovateľov výkonnosti rastlinnej sústavy. Efektívne využívanie energie a správny manažment rastlinnej výroby môžu byť kľúčovým prvkom k udržateľným poľnohospodárskym systémom (CHAUDHARY *et al.*, 2006).

3.5 Ekonomická efektívnosť aplikácie biostimulátorov rastu

Prostredníctvom vzťahu prírastku úrody v dôsledku aplikácie biostimulátorov rastu a prírastku nákladov vynaložených na ich aplikáciu, je možné vyjadriť efektívnosť aplikácie biostimulátorov rastu. Uvedený vzťah sa nazýva koeficient ekonomickej efektívnosti (K_{EE}). K_{EE} vyjadruje, koľko prírastku úrody (v €) sa dosiahne pri vložení 1 € do nákladov na aplikáciu biostimulátorov rastu (FECENKO & LOŽEK, 2000).

Tabuľka 15 Ekonomická efektívnosť aplikácie biostimulátorov rastu

Rok	Variant	Prírastok úrody		K_{EE}
		t.ha ⁻¹	€.ha ⁻¹	
2015	BiomagicPlus	0,09	30,96	4,62
	BlackJak®	0,14	48,16	6,04
	BiomagicPlus + BlackJak®	0,23	79,12	5,39
	Priemer	0,15	52,75	5,35
2016	BiomagicPlus	0,20	68,80	10,27
	BlackJak®	0,32	110,08	13,79
	BiomagicPlus + BlackJak®	0,61	209,84	14,29
	Priemer	0,38	129,57	12,79
Priemer		0,27	91,16	9,07

V pestovateľských sezónach 2015 – 2016 bola priemerná úroda nažiek slnečnice ročne zaznamenaná na kontrolných variantoch na úrovni 2,29 t.ha⁻¹. V roku 2015 dosiahla priemerná úroda nažiek na kontrolných variantoch 1,99 t.ha⁻¹ a v roku 2016 bola priemerná úroda nažiek na kontrolných variantoch 2,58 t.ha⁻¹. V roku 2016 bola výkupná cena nažiek slnečnice ročne 344 €.t⁻¹ (MERA VÁ, 2016). V pestovateľských sezónach 2015 a 2016 bol sledovaný K_{EE} pri biostimulátoroch rastu BiomagicPlus a BlackJak®. V roku 2016 bola trhovú cenu biostimulátora BiomagicPlus 6,70 €.l⁻¹ a biostimulátora BlackJak® 7,98 €.l⁻¹. Z uvedených vstupných údajov bolo možné kalkulovať prírastok úrody (t.ha⁻¹; €.ha⁻¹) a K_{EE} . Z výsledkov uvedených v Tabuľke 15 možno vidieť, že priemerný K_{EE} (9,07) bol v pestovateľských sezónach 2015 – 2016 kladný. Nižší priemerný K_{EE} (5,35) bol dosiahnutý v roku 2015, vyšší priemerný K_{EE} (12,79) bol dosiahnutý v roku 2016. Na základe výsledkov výpočtu K_{EE} je možné aplikáciu biostimulátorov rastu BiomagicPlus a BlackJak® na porasty slnečnice ročne v teplej kukuričnej výrobní oblasti západného Slovenska považovať za ekonomicky efektívnu v každom pestovateľskom ročníku.

4 Závěry

Poveternostné podmienky ročníka:

a) produkčné parametre:

Vplyv ročníka na ukazovateľ počet rastlín a počet úborov bol štatisticky nepreukazný ($P > 0,05$). Výskyt úborov s väčším priemerom bol zaznamenaný v roku 2016, kedy došlo k nárastu priemeru úboru v porovnaní s rokom 2015 až o 73 % ($P < 0,001$). V roku 2016 bola zaznamenaná vyššia hmotnosť úboru, ktorá prevyšovala hmotnosť úboru z roku 2015 o 16 % ($P < 0,01$). Vyššia HTN bola zistená v roku 2016, ktorá prevyšovala HTN z roku 2015 o 11 % ($P < 0,001$). Vyššia úroda nažiek bola zaznamenaná v roku 2016, kedy bol pozorovaný nárast úrody v porovnaní s rokom 2015 až o 30 % ($P < 0,001$). Rok 2016 bol pre olejnatosť nažiek priaznivejší, kedy bol pozorovaný nárast obsahu oleja v nažkách v porovnaní s rokom 2015 až o 22 % ($P < 0,001$).

b) fyziologické parametre:

Vyššia hodnota *NDVI* bola zaznamenaná v roku 2016, z čoho možno usudzovať, že porast slnečnice ročnej disponoval vyšším obsahom chlorofylu v listoch a zvýšenou fotosyntetickou aktivitou než v roku 2015 ($P < 0,001$). Vyššia hodnota *PRI* bola zaznamenaná v roku 2015, z čoho možno dedukovať, že porast slnečnice ročnej disponoval vyššou efektivitou využitia fotosyntetického žiarenia než v roku 2016 ($P < 0,001$). Vplyv ročníka na ΔT bol štatisticky nepreukazný ($P > 0,05$). Vyššia hodnota I_g bola zaznamenaná v roku 2016, z čoho sa dá odvodiť, že porast slnečnice ročnej mal viac otvorený prieduchový aparát listov, rýchlejšie transpiroval, bol menej zaťažovaný environmentálnymi stresovými situáciami – najmä deficitom vody a vysokou teplotou atmosféry v porovnaní s rokom 2015 ($P < 0,001$). Nižšia hodnota *CWSI* bola zaznamenaná v roku 2015, kedy bol porast slnečnice ročnej menej zaťažovaný environmentálnymi stresovými situáciami – najmä deficitom vody než v roku 2015 ($P < 0,001$).

c) termodynamická analýza:

Vegetačné obdobie slnečnice ročnej v roku s Y_{max} bolo ovplyvnené vyšším príkonom energie zo zrážok v mesiacoch máj a júl. V mesiacoch apríl, jún, august a september prevládal príkon energie z tepla nad zrážkami, priebeh ΔU mal pozitívny vplyv na úrodu nažiek. Z vyjadrenia ΔU v roku s minimálnou úrodou (Y_{min}) bola zaznamenaná výraznejšia prevaha vplyvu zrážok nad vplyvom teplôt v mesiacoch apríl, máj a august. V mesiacoch jún, júl a september bola zaznamenaná prevaha vplyvu teplôt nad vplyvom zrážok, čo sa negatívne prejavilo na úrode nažiek.

Hybridy:

a) produkčné parametre:

Vplyv hybridov na ukazovatele počet rastlín, počet úborov, priemer úboru, hmotnosť úboru a obsah oleja v nažkách bol štatisticky nepreukazný ($P > 0,05$). Najnižšia HTN bola zistená pri hybride SY Estiva. Najvyššia HTN bola zaznamenaná pri hybride SY Neostar. Rozdiel medzi HTN hybridov SY Estiva a SY Neostar bol 14 % ($P < 0,001$). Najnižšia úroda nažiek bola zistená pri hybride SY Estiva. Najvyššia úroda nažiek bola zaznamenaná pri hybride SY Neostar, pri ktorom bol pozorovaný nárast úrody v porovnaní s hybridom SY Estiva o 15 % ($P < 0,001$).

b) fyziologické parametre:

Najnižšia hodnota *NDVI* bola zaznamenaná pri hybride NK Neoma. Najvyššia hodnota *NDVI* bola zaznamenaná pri hybride SY Estiva, na základe čoho možno

usudzovať, že jeho porasty disponovali vyšším obsahom chlorofylu v listoch a zvýšenou fotosyntetickou aktivitou ($P < 0,01$). Najnižšia hodnota PRI bola zaznamenaná pri hybride NK Neoma. Najvyššia hodnota PRI bola zaznamenaná pri hybride SY Neostar, na základe čoho možno dedukovať, že jeho porasty disponovali vyššou efektivitou využitia fotosyntetického žiarenia ($P < 0,05$). Vplyv hybridov na ΔT , I_g a $CWSI$ bol štatisticky nepreukazný ($P > 0,05$).

Biostimulátory rastu:

a) produkčné parametre:

Vplyv biostimulátorov rastu na ukazovatele počet rastlín a počet úborov bol štatisticky nepreukazný ($P > 0,05$). Najnižšie hodnoty všetkých ostatných produkčných charakteristík boli zaznamenané na kontrolnom variante. Najvyššia hodnota priemeru úboru bola zaznamenaná na variante s aplikáciou biostimulátorov BiomagicPlus + BlackJak®, kde bol pozorovaný nárast priemeru úboru v porovnaní s kontrolným variantom o 18 % ($P < 0,001$). Najvyššia hmotnosť úboru bola zistená na variante s aplikáciou biostimulátorov BiomagicPlus + BlackJak®, kde bol pozorovaný nárast hmotnosti úboru v porovnaní s kontrolným variantom o 13 % ($P < 0,001$). Najvyššia HTN bola zistená na variante s aplikáciou biostimulátorov BiomagicPlus + BlackJak®, kde bol zaznamenaný nárast HTN až o 28 % ($P < 0,001$). Najvyššia úroda nažiek bola zaznamenaná na variante s aplikáciou biostimulátorov BiomagicPlus + BlackJak®, kde bol pozorovaný nárast úrody v porovnaní s kontrolným variantom o 18 % ($P < 0,001$). Najvyšší obsah oleja v nažkách bol zaznamenaný na variante s aplikáciou biostimulátorov BiomagicPlus + BlackJak®, kde bol zistený nárast obsahu oleja v nažkách v porovnaní s kontrolným variantom o 11 % ($P < 0,001$).

b) fyziologické parametre:

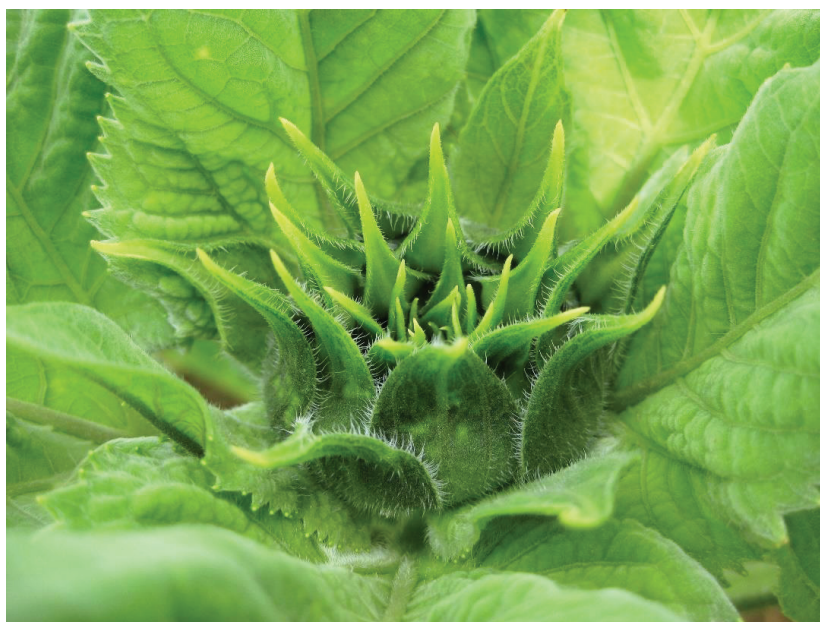
Najmenej priaznivé hodnoty všetkých fyziologických parametrov boli zaznamenané na kontrolnom variante. Najvyššia hodnota $NDVI$ bola zaznamenaná na variante BiomagicPlus + BlackJak®, z čoho možno dedukovať, že porasty slnečnice ročne na tomto variante ošetrenia disponovali vyšším obsahom chlorofylu v listoch a zvýšenou fotosyntetickou aktivitou ($P < 0,001$). Najvyššia hodnota PRI bola zaznamenaná na variante BiomagicPlus + BlackJak®, na základe čoho možno odvodiť, že porasty disponovali na tomto variante ošetrenia najvyššou efektivitou využitia fotosyntetického žiarenia ($P < 0,001$). Najvýraznejšia ΔT bola zaznamenaná na variante BiomagicPlus + BlackJak®, kde porasty disponovali najvyšším rozdielom medzi teplotou listov a teplotou okolitého prostredia ($P < 0,001$). Najvyššia hodnota I_g bola zaznamenaná na variante BiomagicPlus + BlackJak®, na základe čoho je možné dedukovať, že porasty slnečnice ročne mali na tomto variante ošetrenia najviac otvorený prieduchový aparát, najrýchlejšie transpirovali, boli najmenej zaťažené environmentálnymi stresovými situáciami – najmä deficitom vody a vysokou teplotou atmosféry ($P < 0,001$). Najnižšia hodnota $CWSI$ bola zaznamenaná na variante BiomagicPlus + BlackJak®, kde boli porasty slnečnice ročne najmenej zaťažené environmentálnymi stresovými situáciami – najmä deficitom vody ($P < 0,001$).

Energetická analýza:

Na základe získaných výsledkov, rozhodujúcim faktorom vplyvujúcim na produkciu oleja a energie je pestovateľský ročník. Z použitých biostimulátorov rastu najväčší vplyv na olejnatosť a tým aj produkciu energie mala kombinácia prípravkov BiomagicPlus + BlackJak®.

Ekonomická efektívnosť aplikácie biostimulátorov rastu:

Z výsledkov experimentu je zrejmé, že priemerný K_{EE} bol v pestovateľských sezónach 2015 – 2016 kladný. Nižší priemerný K_{EE} bol dosiahnutý v roku 2015, vyšší priemerný K_{EE} bol dosiahnutý v roku 2016. Na základe výsledkov výpočtu K_{EE} je možné aplikáciu biostimulátorov rastu BiomagicPlus a BlackJak® na porasty slnečnice ročnej v teplej kukuričnej výrobnnej oblasti západného Slovenska považovať za ekonomicky efektívne v každom pestovateľskom ročníku.



Slnečnica ročná vo fáze hviezdčky (Foto: D. Ernst)



Slnečnica ročná vo fáze kvitnutia (Foto: D. Ernst)

5 Návrh na využitie poznatkov pre ďalší rozvoj vedy a praxe

Poveternostné podmienky pestovateľského ročníka a variabilita hybridov sú považované za významný faktor ovplyvňujúci produkčný proces a výslednú úrodu slnečnice ročnej. Na základe výsledkov experimentov, realizovaných v teplej kukuričnej výrobní oblasti západného Slovenska, je možné pre dané výrobné podmienky odporúčať hybrid SY Neostar, ktorý v pestovateľských rokoch 2015 – 2016 bol v našich podmienkach najvýkonnejší. V rámci ďalšieho rozvoja vedy, z dôvodu optimálnej rajonizácie hybridov a ich maximálneho využitia produkčného potenciálu, odporúčame ďalšie, resp. periodicky opakované odrodové pokusy hybridov v rôznych agroekologických podmienkach.

Bioestimulátory rastu pozitívne ovplyvňujú fyziologické procesy v rastlinách a znižujú dôsledky nepriaznivých poveternostných podmienok ročníka. Ich aplikácia má pozitívny nielen agronomický, ale aj ekonomický efekt. Prostredníctvom ich aplikácie dochádza k zvýšeniu úrody nažiek a obsahu oleja v nažkách. Za významnú, z hľadiska ďalšieho napredovania vedy a agronomickej praxe, považujeme aplikáciu bioestimulátorov rastu v rozdielnych pôdnoekologických podmienkach. Dôležité je využiť ju pri početných skupinách hybridov slnečnice ročnej, napr. aj pri vysoko olejnatých, tzv. high oleic hybridov, ktoré však v tejto štúdii zaradené neboli.

Z hľadiska zloženia, charakteru účinku, biologickej odbúrateľnosti, manipulovateľnosti a v neposlednom rade cenovej dostupnosti, boli pre túto štúdiu vybrané zo širokej škály bioestimulátorov rastu bioestimulátory BiomagicPlus a BlackJak®. Ich priaznivý trend účinku na výšku úrody nažiek a obsah oleja v nažkách slnečnice ročnej bol zaznamenaný v oboch pestovateľských sezónach. Pri aplikácii bioestimulátora rastu BlackJak® je výhodné využiť aplikačnú dávku 4 l.ha⁻¹ a vykonať ju spolu s fungicídnym ošetrovaním porastov, čo považujeme z hľadiska racionalizácie technologického systému za agronomicky progresívny poznatok.

Pri riešení problematiky desikácie porastov, z dôvodu senescencie slnečnice ročnej, odporúčame pestovateľskej praxi pri porastoch ošetrovaných bioestimulátormi rastu BiomagicPlus a BlackJak® štandardnú aplikačnú dávku desikantu navýšiť, resp. desikáciu vykonávať o 1 – 2 týždne skôr.

Rozšírenie vedeckých poznatkov je možné i výskumom vplyvu bioestimulátorov rastu na niektoré iné úrodovotné prvky. Jedná sa predovšetkým o hmotnosť nažky, hmotnosť semena v nažke, hmotnosť oplodia nažky, počet nažiek na jednej rastline, úrodu oleja z jednej rastliny a o olejnatosť nažky.

Pri fyziologických parametroch produkčného procesu slnečnice ročnej (*NDVI*, *PRI*, ΔT , *I_g*, *CWSI*) odporúčame pokračovať v ich monitorovaní, nakoľko sa osvedčili ako významný nástroj pri hodnotení intenzity fotosyntézy, teplotnej diferencie, vodivosti prieduchov a vodného stresu. Uvedené charakteristiky je možné rozšíriť o ďalšie iné fyziologické parametre a zamerať sa najmä na ich korelácie s výškou úrody nažiek a obsahom oleja v nažkách. Taktiež odporúčame naďalej skúmať vplyv bioestimulátorov rastu na fyziologické parametre produkčného procesu slnečnice ročnej, pretože vplyv bioestimulátorov rastu na všetky fyziologické parametre bol v tejto štúdii vyhodnotený ako významný ($P < 0,001$) a k danej oblasti výskumu bolo zaznamenané pomerne málo vedeckej literatúry. Vedeckým pracovníkom i pestovateľom, ktorí sa venujú problematike presného (precízneho) poľnohospodárstva, využívanie nástrojov a metód na hodnotenie fyziologického stavu porastov slnečnice ročnej na základe výsledkov štúdie odporúčame.

V rozsahu komplexnosti informácií o biostimulátoroch rastu, obsahujúcich aktivizačné pôdne baktérie a humáty a v rámci ďalšieho rozvoja vedy navrhujeme výskum úrovne aktivity pôdných baktérií po prezimovaní a ich následný podiel na mineralizácii živín pre plodinu chronologicky nasledujúcu v oševnom postupe, resp. následné plodiny.

V rozsahu iných, bližšie nešpecifikovaných štúdií a nadväzujúceho komplexného zamerania a využitia biostimulátorov rastu odporúčame výskum zamerať na produkciu peľu slnečnice ročnej a jej atraktívnosť pre opeľovače a produkciu zdravých potravín pre výživu obyvateľstva.



Výskum fyziologických parametrov slnečnice ročnej (Foto: D. Ernst)



Slnečnica ročná vo fáze tvorby a dozrievania nažiek (Foto: D. Ernst)

6 Zoznam použitej literatúry

- ABBADI, J. – GERENDAS, J. – SATTELMACHER, B. 2008. Effects of potassium supply on growth and yield of safflower as compared to sunflower. In *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, vol. 306, pp. 167–180. ISSN 1522-2624. DOI: 10.1002/jpln.200700193.
- ABDI, N. – DARVISHZADEH, R. – HATAMI MALEKI, H. – HADDADI, P – SARRAFI, A. 2013. Identification of quantitative trait loci for relative water content and chlorophyll concentration traits in recombinant inbred lines of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under well-watered and water-stressed conditions. In *Zemdirbyste-Agriculture*, vol. 100, no. 2, pp. 159–166. ISSN 1392-3196. DOI: 10.13080/z-a.2013.100.020.
- AGELE, S.O. 2003. Responses of sunflower to weather variations on a tropical rainforest zone. In *African Crop Science*, vol. 6, pp. 1–8. ISSN 1021-9730.
- ALI, A. – TANVEER, A. – NADEEM, M.A. – TAHIR, M. – HUSSAIN, M. 2007. Effect of varying planting pattern on growth, achene yield and oil contents of sunflower (*Helianthus annuus* L.). In *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, vol. 44, pp. 449–452. ISSN 0552-9034.
- ALI, A.M. – DARVISHZADEH, R. – SKIDMORE, A. – DUREN, I.V. 2017. Specific leaf area estimation from leaf and canopy reflectance through optimization and validation of vegetation indices. In *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 236, pp. 162–174. ISSN 0168-1923. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.01.015.
- AMJED, A. – MUHAMMAD, A. – IJAZ, R. – SAFDAR, H. – MATLOB, A. 2011. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids performance at different plant spacing under agro-ecological conditions of Sargodha, Pakistan. In *International Conference on Food Engineering and Biotechnology IPCBEE, IACSIT Press, Singapore*, vol. 9, pp. 317–322.
- ANANDHI, A. – BLOCKSOME, C. 2017. Developing adaptation strategies using an agroecosystem indicator: Variability in crop failure temperatures. In *Ecological Indicators*, vol. 76, pp. 30–41. ISSN 1470-160X. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.12.013.
- ANDRIANASOLO, F.N. – CHAMPOLIVIER, L. – DEBAEKE, P. – MAURY, P. 2016. Source and sink indicators for determining nitrogen, plant density and genotype effects on oil and protein contents in sunflower achenes. In *Field Crops Research*, vol. 192, pp. 33–41. ISSN 0378-4290. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2016.04.010.
- ANGELONI, P.A. – ECHARTE, M.M. – IRUJO, G.P. – IZQUIERDO, N. – AGUIRREZÁBAL, L. 2017. Fatty acid composition of high oleic sunflower hybrids in a changing environment. In *Field Crops Research*, vol. 202, pp. 146–157. ISSN 0378-4290. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2016.04.005.
- ARGYROKASTRITIS, I.G. – PAPASTYLIANOU, P.T. – ALEXANDRIS, S. 2015. Leaf water potential and crop water stress index variation for full and deficit irrigated cotton in Mediterranean conditions. In *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, vol. 4, pp. 463–470. ISSN 2210-7843. DOI: doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.03.054.
- ARIF, M.S. – RIAZ, M. – SHAHZAD, S.M. – YASMEEN, T. – AKHTAR, M.J. – RIAZ, M.A. – JASSEY, V.E.J. – BRAGAZZA, L. – BUTTLER, A. 2016. Associative interplay of plant growth promoting rhizobacteria (*Pseudomonas aeruginosa*

- QS40) with nitrogen fertilizers improves sunflower (*Helianthus annuus* L.) productivity and fertility of aridisol In *Applied Soil Ecology*, vol. 108, pp. 238–247. ISSN 0929-1393. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.08.016.
- ARTECA, R.N. 1995. Plant growth substances: principles and applications. Springer. 332 p.
- ASAD, A. 2002. Boron requirements for sunflower and beet. In *Journal of Plant Nutrition*, vol. 25, no.4, pp. 885–899. ISSN 0190-4167.
- AWAIS, M. – WAJID, A. – NASIM, W. – AHMAD, A. – SALEEM, M.F. – RAZA, M.A.S. – BASHIR, M.U. – HABIB-UR-RAHMAN, M. – SAEED, U. – HUSSAIN, J. – ARSHAD, N. – HOOGENBOOM, G. 2017. Modeling the water and nitrogen productivity of sunflower using OILCROP-SUN model in Pakistan. In *Field Crops Research*, vol. 205, pp. 67–77. ISSN 0378-4290. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2017.01.013.
- BACSOVÁ, Z. 2011. Hodnotenie vplyvu racionalizačných prvkov technológie pestovania slnečnice ročnej (*Helianthus annuus* L.) na vybrané produkčné a kvalitatívne parametre : dizertačná práca. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita. 158 p.
- BAKHAT, J.S. – AHMAD, M. – TARIQ, H. – SHAFI, M. 2006. Performance of various hybrids of sunflower in Peshawar valley, In *Journal of Agricultural Science*, vol. 3, pp. 25–29. ISSN 1916-9752.
- BAKHT, J. – SHAFI, M. – RAZIUDDIN, M. Y. – KHAN, M. A. 2010. Effect of irrigation on physiology and yield of sunflower hybrids. In *Pakistan Journal of Botany*, vol. 42, no. 2, pp. 1317–1326. ISSN 0556-3321.
- BALALIĆ, I. – CRNOBARAC, J. – JOCIĆ, S. – MIKLIČ, V. – RADIĆ, V. – DUŠANIĆ, N. 2016. Variability of head diameter in sunflower hybrids depending on planting date. In *Genetika*, vol. 48, no. 3, pp. 983–990. ISSN 1820-6069. DOI: 10.2298/GENSR1603983B.
- BALALIĆ, I. – ZORIĆ, M. – BRANKOVIC, G. – TERZIĆ, S. – CRNOBARAC, J. 2012. Interpretation of hybrid x sowing date interaction for oil content and oil yield in sunflower. In *Field Crops Research*, vol. 137, pp. 70–77. ISSN 0378-4290.
- BANIČOVÁ, J. – RYŠAVÁ, B. 2003. *Slnečnica – biológia, pestovanie, využívanie*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. 100 p. ISBN 80-8069-165-7.
- BARANYK, P. *et al.* 2010. *Olejníny*. Praha : Profi Press. 206 p. ISBN 978-80-86726-38-0.
- BASF, 2013. *Prípravky na ochranu rastlín*. Bratislava : Basf Slovesko. 393 p.
- BEG, A. – ASLAM, M. 1984. Sunflower production practices. In *Progressive Farming*, vol. 4, pp. 14–19. ISSN 0555-4365.
- BELINGHERI, C. – GUISSANI, B. – RODRIGUEZ-ESRADA, M.T. – FERRILLO, A. – VITTADINI, E. 2014. Oxidative stability of high-oleic sunflower oil in a porous starch carrier. In *Food Chemistry*, vol. 166, pp. 346–351. ISSN 0021-8561. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.06.029.
- BOCKISCH, M. 1998. *Fats and Oils Handbook*. Champaign, Illinois : AOCS PRESS. 819 p. ISBN 0-935315-82-9.
- BODRONE, M.P. – RODRÍGUEZ, M.V. – ARISNABARRETA, S. – BATLLA, D. 2017. Maternal environment and dormancy in sunflower: The effect of temperature during fruit development. In *European Journal of Agronomy*, vol. 82, pp. 93–103. ISSN 1161-0301. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.eja.2016.10.007.
- BORECKÝ, V. – STIFFEL, R. 1995. *Olejníny*. Nitra : Ústav vedecko – technických informácií pre poľnohospodárstvo. 129 p.

- BOZKURT, M.A. – KARACAL, I. 2001. Quantitative relationship between nutrient contents and oil quality of sunflower seed. In *Journal of Food Science and Technology*, vol. 38, no. 6, pp. 635–638. ISSN 0022-1155.
- BRAUNWORTH W.S. 1989. The possible use of the crop water stress index as an indicator of evapotranspiration deficits and yield reductions in sweet corn. In *Journal American Society Horticultural Science*, vol. 114, pp. 542–546. ISSN 0003-1062.
- BROWN, P. – SAA, S. 2015. Biostimulants in agriculture. In *Frontiers in Plant Science*, vol. 6, no. 671, pp. 1–3. ISSN 1664-462X. DOI: 10.3389/fpls.2015.00671.
- BULGARI, R. – COCETTA, G. – TRIVELLINI, A. – VERNIERI, P. – FERRANTE A. 2015. Biostimulants and crop responses: a review. In *Biological Agriculture & Horticulture: An International Journal for Sustainable Production Systems*, vol. 31, no. 1, pp. 1–17. ISSN 0144-8765. DOI: 10.1080/01448765.2014.964649.
- BUNCE, J. A. 1997. Does transpiration control stomatal responses to water pressure deficit? In *Plant Cell Environment*, vol. 20, pp. 131–135. ISSN 1365-3040.
- BURKE, J.M. – GARDNER, K.A. – RIESEBERG, L.H. 2002. The potential for gene flow between cultivated and wild sunflower (*Helianthus annuus*) in the United States. In *American Journal of Botany*, vol. 89, no. 9, pp. 1550–1552. ISSN 0002-9122.
- CALVO, P. – NELSON, L. – KLOPPER, J.W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. In *Plant and soil*, vol. 383, no. 1, pp. 3–41. ISSN 0032-079X. DOI: 10.1007/s11104-014-2131-8
- CANELLAS, L.P. – OLIVARES, F.L. – AGUIAR, N.O. – JONES, D.L. – NEBBIOSO, A. – MAZZEI, P. – PICCOLO, A. 2015. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. In *Scientia Horticulturae*, vol. 196, pp. 15–27. ISSN 0304-4238. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013.
- CARRANZA, P. – SAAVEDRA, M. – GARCIA-TORRES, L. 2006. Competition between *Ridolfia segetum* and sunflower. In *Weed Research*, vol. 35, no. 5, pp. 369–375. ISSN 1365-3180.
- Clearfield® – *Production system for Sunflower*. 2018 [online], aktualizované 2018 [cit. 2018-01-18]. Dostupné na: <http://www.sunflowernsa.com/uploads/resources/640/clearfield_sunflower_tech_broch_final_feb2012low_res_final.pdf>.
- Clearfield® *delivers effective, season-long weed control*. 2018 [online], aktualizované 2018 [cit. 2018-01-18]. Dostupné na: <http://www.agro.basf.com/agr/AP_Internet/en/content/solutions/herbicides/clearfield/index?mid=1>.
- Clearfield® *produkčný systém*. 2018 [online], aktualizované 2018 [cit. 2018-01-18]. Dostupné na: <http://www.agro.basf.sk/agroportal/sk/sk/clearfield_1/CLEARFIELD.html> .
- COHEN, Y. – ALCHANTIS, V. – MERON, M. – SARANGA, Y. – TSIPRIS, J. 2005. Estimation of water potential by thermal imagery and spatial analysis. In *Journal Experimental Botany*, vol. 56, pp. 1843–1852. ISSN 0022-0957.
- COSTA, J.M. – GRANT, O.M. – CHAVES, M.M. 2013. Thermography to explore plant–environment interactions. In *Journal of Experimental Botany*, vol. 64, no. 13, pp. 3937–3949. ISSN 0022-0957. DOI: 10.1093/jxb/ert029.
- ČERNÝ, I. – KOVÁR, M. – MÁTYÁS, M. 2013a. Účinok biologicky aktívnych látok na parametre reflektancie listu hybridov slnečnice ročnej. In *Pestovateľské technológie v podmienkach klimatickej zmeny*, pp. 31–36. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. ISBN 978-80-552-1108-4.
- ČERNÝ, I. – MÁTYÁS, M. – KOVÁR, M. 2013b. Analýza vplyvu poveternostných podmienok ročníka a variability genetického materiálu na úrodu a obsah tukov

- v nažkách slnečnice ročnej (*Helianthus annuus* L.). In *Pestovateľské technológie v podmienkach klimatickej zmeny*, pp. 24–30 Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. ISBN 978-80-552-1108-4.
- ČERNÝ, I. – MÁTYÁS, M. 2012. Analysis of Weather Conditions and Biological Material Impact on the Creation of Selected Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Yield-Forming Elements and Yield. In *Prosperous oil crops*, pp. 89–92. Praha : Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-2335-3.
- ČERNÝ, I. – MOLNÁROVÁ, J. – PAČUTA, V. – POSPIŠIL, R. 2009. *Rastlinná výroba*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. 160 p. ISBN 978-80-552-0263-1.
- ČERNÝ, I. – VEVERKOVÁ, A. – PAČUTA, V. – KOVÁR, M. 2011. The yield formation of sunflower influenced by temperature and moisture conditions of experimental field. In *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, vol. 14, no. 1, pp. 17–21. ISSN 1335-258X.
- ČERNÝ, I. 2012. Mimokoreňová aplikácia hnojív a rastových stimulantov pri slnečnici. In *Naše pole*, vol. 16, no. 6, pp. 28–29. ISSN 1335-2466.
- DALAI, G.M. – SEN, S. – PAL, A.K. 2008. Water use and productivity of summer sunflower (*Helianthus annuus* L.) as influenced by irrigation and phosphorus. In *Research on Crops*, vol. 9, pp. 283–285. ISSN 0972-3226.
- DHIMA, K. – VASILAKOGLU, I. – PASCHALIDIS, K. A. – GATSIS, T. – KECO, R. 2012. Productivity and phytotoxicity of six sunflower hybrids and their residues effects on rotated lentil and ivy-leaved speedwell. In *Field Crops Research*, vol. 136, pp. 42–51. ISSN 0378-4290. DOI: 10.1016/j.fcr.2012.07.016.
- DUPONT, 2013. *Katalóg prípravkov na ochranu rastlín*. Senec : MV – servis. 170 s. *DuPont™ Express® herbicide*. 2018 [online], aktualizované 2018 [cit. 2018-01-19]. Dostupné na: <http://www.dupont.com/content/dam/assets/industries/agriculture/assets/cp_PSD-28_K-15031.pdf>.
- ECHARTE, M. M. – PUNTEL, L. A. – AGUIRREZÁBAL, L.A.N. 2013. Assessment of the critical period for the effect of intercepted solar radiation on sunflower oil fatty acid composition. In *Field Crops Research*, vol. 149, pp. 213–222. ISSN 0378-4290. DOI: doi.org/10.1016/j.fcr.2013.05.007.
- ELEZOVIC, I. – DATTA, A. – VRBNICANIN, S. – GLAMOCLIIJA, D. – SIMIC, M. – MALIDZA, G. – KNEZEVIC, S. Z. 2012. Yield and yield components of imidazolinone-resistant sunflower (*Helianthus annuus* L.) by pre-emergence herbicide and time of post-emergence weed removal. In *Field Crops Research*, vol. 128, no. 3, pp. 137–146. ISSN 0378-4290. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2011.12.020>.
- EL-FOULY, M.M. – NOFAL, O.A. – MOBARAK, Z.M. 2001. Effects of soil treatment with iron, manganese and zinc on growth and micro-nutrient uptake of sunflower plants grown in high-pH soil. In *Journal of Agronomy and Crop Science*, vol. 186, no. 4, pp. 245–251. ISSN 0931-2250. DOI: DOI: 10.1046/j.1439-037x.2001.00479.x.
- ERDEM, T. – ERDEM, Y. – ORTA, A. H. – OKURSOY, H. 2006. Use of crop water stress index for scheduling the irrigation of sunflower (*Helianthus annuus* L.). In *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, vol. 30, pp. 11–20. ISSN 1300-011X.
- ERNST, D. – ČERNÝ, I. 2015. Regulácia produkčného procesu slnečnice ročnej rastovými biostimulátormi. In *X. Vedecká konferencia doktorandov FAPZ SPU v Nitre*. s. 12-15. Vedecká konferencia doktorandov. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. 1. vyd. 118 s. ISBN 978-80-552-1421-4.

- ERNST, D. – ČERNÝ, I. 2016. Increasing of Sunflower Seed Yield and Oil Content in Seeds by Bio-Stimulation. In *Pestovateľské technológie a ich význam pre prax*, pp. 63–65. Piešťany : Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum. 1st ed., 130 p. ISBN 978-80-89417-72-8.
- FÁBRY, A. – BARTOŠKA, J. – BECHYNĚ, M. *et al.* 1992. *Olejniny*. Praha : MZe ČR.
- FÁBRY, A. – SCHREIER, J. – ŠINSKÝ, T. – ŠKALOU, V. – ŠTAUD, J. – VAŠÁK, J. 1990. *Jarní olejniny*. Praha : MZe ČR.
- FAO. 2015. *FAO Statistical Yearbook – World Food and Agriculture*. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations. 236 p. ISBN 978-92-5-108802-9.
- FECÁK, P. – ŠARIKOVÁ, D. – ČERNÝ, I. 2008. Vplyv spôsobov obrábania pôdy na energetickú bilanciu pestovania sóje fazuľovej. In *I. vedecké agronomické dni venované 90–tym narodeninám Dr. H. c. prof. Ing. Emila Špaldona, DrSc. : Zborník recenzovaných vedeckých prác* [CD-ROM]. Nitra : SPU, 13. – 14. november 2008, s. 164-167. ISBN 978-80-552-0125.
- FECENKO, J. – LOŽEK, O. 2000. *Výživa a hnojenie poľných plodín*, pp. 315–316. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. 1st ed. ISBN 80-7137-777-5.
- FERNANDO, D.R. – MORONI, S.J. – SCOTT, B.J. – CONYERS, M.K. – LYNCH, J.P. – MARSHALL, A.T. 2016. Temperature and light drive manganese accumulation and stress in crops across three major plant families. In *Environmental and Experimental Botany*, vol. 132, pp. 66–79. ISSN 0098-8472. DOI: dx.doi.org/ 10.1016/j.envexpbot.2016.08.008.
- FICK, G. 1978. Breeding and Genetics. In *Sunflower Science and Technology Agronomy*, vol. 19, pp. 279–338.
- FLAGELLA, Z. – ROTUNNO, T. – TARANTINO, E. – DI CATETRINA, R. – DE CARO, A. 2002. Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the sowing date and the water regime. In *European Journal of Agronomy*, vol. 17, no. 3, pp. 221–230. ISSN 1161-0301. DOI: 10.1016/S1161-0301(02)00012-6.
- FUENTES, S. – DE BEI, R. – COLLINS, M.J. – ESCALONA, J.M. – MEDRANO, H. – TYERMAN, S. 2014. Night-time responses to water supply in grapevines (*Vitis vinifera* L.) under deficit irrigation and partial root-zone drying. In *Agricultural Water management*, vol. 138, pp. 1–9. ISSN 0378-3774. DOI:10.1016/j.agwat.2014.02.015.
- GABČOVÁ, I. 2002. Vplyv pestovateľských technológií na výšku nákladov pri pestovaní olejní. In *Olejniny – strategické, agronomické a ekonomické trendy pestovania olejní na Slovensku*. Piešťany : VÚRV, 2002, s. 70-74. ISBN 80-968553-3-6.
- GAMON, J.A. – PEÑUELAS, J. – FIELD, C.B. 1992. A Narrow-Waveband Spectral Index That Tracks Diurnal Changes in Photosynthetic Efficiency. In *Remote Sensing of Environment*, vol. 41, pp. 35–44. ISSN 0034-4257.
- GAMON, J.A. – SERRANO, L. – SURFUS, J.S. 1997. The photochemical reflectance index: an optical indicator of photosynthetic radiation use efficiency across species, functional types, and nutrient levels. In *Oecologia*, vol. 112, pp. 492–501. ISSN 0029-8549.
- GAMON, J.A. – SURFUS, J.S. 1999. Assessing leaf pigment content and activity with a reflectometer. In *New Phytologist*, vol. 143, pp. 105–117. ISSN 1469-8137.
- GAMON, J.A. – QIU, H.L. 1997. Ecological application of remote sensing at multiple scales. In *Handbook of functional plant ecology*, pp. 805–846. New York. USA : Marcel Dekker. ISBN 0824719506.

- GARCÍA-LÓPEZ, J. – LORITE, I.J. – GARCÍA-RUIZ, R. – ORDONEZ, R. – DOMINGUEZ, J. 2016. Yield response of sunflower to irrigation and fertilization under semi-arid conditions. In *Agricultural Water Management*, vol. 176, pp. 151–162. ISSN 0378-3774. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2016.05.020.
- GARDNER, B.R. – NIELSEN, D.C. – SHOCK, C.C. 1992. Infrared Thermometry and the Crop Water Stress Index. II. Sampling Procedures and Interpretation. In *Journal of Production Agriculture*, vol. 5, no. 4, pp. 466–475. ISSN 0890-8524.
- GEORGESCU, E. – CANĂ, L. – GĂRGĂRIȚĂ, R. – VOINEA, L. – RÂȘNOVEANU, L. 2015. Atypically Behavior of the Maize Leaf Weevil (*Tanymecus Dilaticollis* Gyll) on Maize and Sunflower Crops, in Climatic Conditions of the Year 2014, in South-East of Romania. In *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, vol. 6, pp. 9–16. ISSN 2210-7843. DOI: 10.1016/j.aaspro.2015.08.031.
- GERENDAS, J. – ABBADI, J. – SATTELMACHER, B. 2008. Potassium efficiency of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.). In *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, vol. 171, pp. 431–439. ISSN 1436-8730.
- GESCH, R.W. – JOHNSON, B.L. 2013. Post-anthesis development of oil content and composition with respect to seed moisture in two high-oleic sunflower hybrids in the northern US. In *Field Crops Research*, vol. 148, pp.1–8. ISSN 0378-4290. DOI: 10.1016/j.fcr.2013.03.019.
- GHOLINEZHAD, E. – AYNABAND, A. – HASSANZADE GHORTHAPEH, A. – NOORMOHAMADI, G. – BERNOUSI, I. 2009. Study of the Effect of Drought Stress on Yield, Yield Components and Harvest Index of Sunflower Hybrid Iroflor at Different Levels of Nitrogen and Plant Population. In *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, vol. 37, no. 2, pp. 85–94. ISSN 0255-965X.
- GHOSH, R.K. – MANDAL, B. – CHATTARJEC, B.N. 1991. Effect of growth regulators on the productivity of some oilseed crops. In *Journal of Agronomy and Crop Science*, vol. 167, pp. 221–228. ISSN 0931-2250.
- GIBBS, M. 2004. Effect of light intensity on the distribution of C¹⁴ In sunflower leaf metabolites during photosynthesis. In *Archives of Biochemistry and Biophysics*, vol. 45, no. 1, pp. 156–160. ISSN 0003-9861.
- GIORDANI, T. – CAVALLINI, A. – NATALI, L. 2014. The repetitive component of the sunflower genome. In *Current Plant Biology*, vol. 1, pp. 45–54. ISSN 2214-6628. DOI:10.1016/j.cpb.2014.05.001.
- GONZÁLEZ, J. – MANCUSO, N. – LUDUEÑA, P. 2013. Sunflower yield and climatic variables. In *Helia*, vol. 36, no. 58, pp. 69–76. ISSN 2197-0483. DOI: 10.2298/HEL1358069G.
- GREWAL, H.S. – WILLIAMS, R. 2002. Zinc nutrition affects alfalfa responses to water stress and excessive monture. In *Journal of Plant Nutrition*, vol. 23, pp. 949–962. ISSN 0190-4167.
- GUO, C. – OOSTERHUIS, D.M. – ZHAO, D. 1994. Enhancing mineral nutrient uptake of cotton plants with growth regulators. In *Plant Growth Regulator Society of America*, pp. 244–251. Portland : Orlando.
- HALL, A.J. – SPOSARO, M.M. – CHIMENTI, C.A. 2010. Stem lodging in sunflower: Variations in stem failure moment of force and structure across crop population densities and postanthesis developmental stages in two genotypes of contrasting susceptibility to lodging. In *Field Crops Research*, vol. 116, pp. 46–51. ISSN 0378-4290. DOI: 10.1016/j.fcr.2009.11.008.

- HANÁČKOVÁ, E. 2010. Agrochemická účinnosť biokalu na pôdu a plodiny. In *Využitie biokalu pri pestovaní poľných plodín*, pp. 39–64. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. ISBN 978-80-552-0289-1.
- HEIDERI, M. – KARAMI, V. 2014. Effects of different mycorrhiza species on grain yield, nutrient uptake and oil content of sunflower under water stress. In *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, vol. 13, pp. 9–13. ISSN 1658-077X. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2012.12.002.
- HELMY, A.M. – RAMADAN, M.F. 2009. Agronomic performance and chemical response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to some organic nitrogen sources and conventional nitrogen fertilizers under sandy conditions. In *Grasas Y Aceites*, vol. 60, pp. 55–67. ISSN 0017-3495.
- Herbicíd Expres 50 SX*. 2018 [online], aktualizované 2018 [cit. 2018-01-15]. Dostupné na: <http://www.mv-servis.sk/article/240-express-50-sx>.
- Herbicíd Pulsar 40*. 2018 [online], aktualizované 2018 [cit. 2018-01-15]. Dostupné na: <http://www.agro.basf.com/agr/APIInternet/en/contentsolutions/herbicides/clear field/index?mid=1>.
- HILKER, T. – COOPS, N.C. – WULDER, M.A. – BLACK, T.A. – GUY, R.D. 2008. The use of remote sensing in light use efficiency based models of gross primary production: A review of current status and future requirements. In *Science of The Total Environment*, vol. 404, pp. 411–423. ISSN 0048-9697.
- HUSSAIN, S. – ALI, A. – IBRAHIM, M. – SALEEM, M.F. – BUKHSH, M.A.A.H.A. 2012. Exogenous application of abscisic acid for drought tolerance in sunflower (*Helianthus annuus* L.): a review. In *Journal of Animal and Plant Sciences*, vol. 22, no. 3, pp. 806–826. ISSN 1018-7081.
- Hybridy slnečnice ročnej*. 2018 [online], aktualizované 2018 [cit. 2018-01-12]. Dostupné na: <http://www.plantprotection.hu/modulok/szlovak/sunflower/index.htm>.
- CHAMPOLIVIER, L. – DEBAEKE, P. – THIBIERGE, J. – DEJOUX, J.F. – LEDOUX, S. – LUDOT, M. – BERGER, F. – JOUFFRET, P. – VOGRINCIC, C. – LECOMTE, V. 2011. Construire des stratégies de production adaptées aux débouchés à l'échelle du bassin de collecte. In *Innovations Agronomiques*, vol. 14, pp. 39–57. ISSN 1958-5853.
- CHAUDHARY, V. P. – GANGWAR, B. – PANDEY, D. K. 2006. Auditing of energy use and output of different cropping systems in India. In *Agricultural Engineering International : The CIGR Journal of Scientific Research and Development*, vol. 8, 2006. ISSN 1115-7569.
- IBRAHIM, H.M. 2012. Response of some sunflower hybrids to different levels of plant density. In *APCBEE Procedia*, vol. 4, pp. 175–182. ISSN 2212-6708.
- ION, V. – DICU, G. – BASA, A.G. – DUMBRAVA, M. – TEMOCICO, G. – EPURE, L.I. – STATE, D. 2015. Sunflower Yield and Yield Components under Different Sowing Conditions. In *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, vol. 6, pp. 44–51. ISSN 2210-7843. DOI: 10.1016/j.aaspro.2015.08.036.
- JACKSON, R. – IDSO, S. – REGINATO, R. – PINTER, P.J. 1981. Canopy temperature as a crop water stress indicator. In *Water Resources Research*, vol. 17, pp. 1133–1138. ISSN 0043-1397.
- JACKSON, R.D. – KUSTAS, W.P. – CHOUDHURY, B.J. 1988. A Reexamination of the Crop Water Stress Index. In *Irrigation Science*, vol. 9, pp. 309–317. ISSN 0342-7188.
- JACKSON, R.D. 1982. Canopy temperature and crop water stress. In *Advances in Irrigation Research*, vol.1, pp. 43–85. ISSN 2348-0394.

- JONES, H. G. – STOLL, M. – SANTOS T. – DE SOUSA, C. – CHAVES, M. M. – GRANT, O.M. 2002. Use of infrared thermography for monitoring stomatal closure in the field: application to grapevine, In *Journal of Experimental Botany*, vol.53, pp. 2249–2260. ISSN 0022-0957.
- JONES, H.G. – SERRAJ, R. – LOVEYS, B.R. – XIONG, L. – WHEATON, A. – PRICE, A. 2009. Thermal infrared imaging of crop canopies for the remote diagnosis and quantification of plant responses to water stress in field. In *Functional Plant Biology*, vol. 36, pp. 978–989. ISSN 1445-4408.
- JONES, H.G. 1998. Stomatal control of photosynthesis and transpiration. In *Journal of Experimental Botany*, vol. 49, pp. 387–398. ISSN 0022-0957.
- JONES, H.G. 2004. Application of thermal imaging and infrared sensing in plant physiology and ecophysiology. In *Advances in Botanical Research*, vol. 41, pp. 107–163. ISSN 0065-2296.
- JONES, H.G. 2009. Use of infrared thermometry for estimation of stomatal conductance as a possible aid to irrigation scheduling. In *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 95, pp. 139–149. ISSN 0168-1923.
- KANG, F. – COURNÉDE, P.H. – LECOUEUR, J. – LETORT, V. 2014. SUNLAB: A functional–structural model for genotypic and phenotypic characterization of the sunflower crop. In *Ecological Modelling*, vol. 290, pp. 21–33. ISSN 0304-3800. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2014.02.006.
- KARABÍNOVÁ, M. *et al.* 1998. *Integrovaná rastlinná výroba*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. 2nd ed., 81 p. ISBN 80-7137-476-8.
- KHEYBARI, M. – DANESHIAN, J. – RAHMANI, H. A. – SEYFZADEH, S. – KHIAMI, M. 2013. Response of sunflower head characteristics to PGPR and amino acid application under water stress conditions. In *International Journal of Agronomy and Plant Production*, vol. 4, no. 8, pp. 1760–1765. ISSN 2051-1914.
- KOSTREJ, A. – DANKO, J. 1996. *Analýza a modelovanie energetických ukazovateľov produkčného procesu poľných plodín*. 1. vydanie, Nitra : VŠP, 1996, 81 s.
- KOTOROVÁ, D. – DANILOVIČ, M. 2005. Energetická a ekonomická bilancia pestovania jačmeňa siateho jarného. In *Zborník vedeckých prác*. Piešťany : VÚRV, 2005, s. 103-113. ISBN 80-88790-44-1.
- KOTOROVÁ, D. – KOVÁČ, L. – BALLA, P. 1999. Energetická bilancia osevných postupov na fluvizemi glejovej. In *Zborník vedeckých prác*. Michalovce : OVÚA, 1999, s. 169-175. ISBN 80-968438-7-7.
- KOTOROVÁ, D. 2008. Vývoj pôdnych vlastností pri dlhodobom uplatňovaní pôdoochranných technológií. In *Zborník referátov z odborného seminára s medzinárodnou účasťou*. Michalovce : SCPV, s. 109-113. ISBN 978-80-88872-87-0.
- KÖTSCHAU, A. – BÜCHEL, G. – EINAX, J.W. – MIRGORODSKY, D. – MEIßNER, R. – TÜMPLING, W.V. – MERTEN, D. 2014. Element contents in shoots of sunflower (*Helianthus annuus*): Prediction versus measuring. In *Chemie der Erde - Geochemistry*, vol. 74, no. 3, pp. 385–391. ISSN 0009-2819. DOI: 10.1016/j.chemer.2014.02.006.
- KOUTROUBAS, S.D. – VASSILIOU, G. – DAMALAS, C.A. 2014. Sunflower morphology and yield as affected by foliar applications of plant growth regulators. In *International Journal of Plant Production*, vol. 8, no. 2, pp. 215–230. ISSN 1735-6814. DOI: dx.doi.org/10.1590/S0100-83582015000100015.
- KOVÁČIK, A. 1993. *Základy pěstování slunečnice*. Praha – Ruzyně : VÚRV.
- KOVÁČIK, A. 2005. Pěstitelská technologie pro vysoké výnosy slunečnice. In *Sborník "Řepka, mak, slunečnice a hořčice"*, pp. 131–136.

- KOVÁČIK, P. 2013. *Agrochémia a výživa rastlín*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. 180 p. ISBN 978-80-552-1012-4.
- KOVÁR, M. – ČERNÝ, I. – MÁTYÁS, M. 2013. Use of vegetation indices in sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivation. In *Pestovateľské technológie a ich význam pre prax*, pp. 52–55. Piešťany : Centrum výskumu rastlinnej výroby Piešťany. ISBN 978-80-89417-51-3.
- KOVÁR, M. – VEVERKOVÁ, A. – ČERNÝ, I. 2012. Utilization of infrared thermography and leaf reflectance indices in evaluation of effects of the treatment of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by biologically active compounds. In *Acta fytotechnica et zootechnica*, vol. 15, no. 1, pp. 23–28. ISSN 1335-258X.
- KŘEN, J. – LUKAS, V. – DRYŠLOVÁ, T. 2013. Relationships between NDVI values and characteristics of a winter wheat stand in the course of growing season. In *Pestovateľské technológie a ich význam pre prax*, pp. 8–13. Piešťany : Centrum výskumu rastlinnej výroby Piešťany. ISBN 978-80-89417-51-3.
- KUDRNA, K. 1985. *Zemědělské soustavy*, Praha: SZN, p. 720, ISBN 07-007-85.
- KUDSK, P. 2002. Optimising Herbicide Performance. In *Weed Management handbook*. Oxford : British Crop Protection, Blackwell Science.
- LAMAS, D.L. – CRAPISTE, G.H. – CONSTENLA, D.T. 2014. Changes in quality and composition of sunflower oil during enzymatic degumming process. In *LWT - Food Science and Technology*, vol. 58, no 1, pp. 71–76. ISSN 0023-6438. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.02.024.
- LANCASHIRE, P.D. 1991. *Phenological growth stages and BBCH-indentification keys of sunflower (Helianthus annuus L.)* [online] [cit. 2011-24-10]. Dostupné na: <<http://pub.jki.bund.de/index.php/BBCH/article/viewFile/472/422>>.
- LANCES LINK S.A. 2014. BlackJak® – *A plant Strengthening Agent Based on Humic Substances from Leonardite*. Geneva, Switzerland : Lances Link S.A.
- LEON, A.J. – ANDRADE, F.H. – LEE, M. 2003. Genetic analysis of seed-oil concentration across generations and environments in sunflower. In *Crop Science*, vol. 43, pp. 135–140. ISSN 0011-183X.
- MAĐAROVÁ, M. – KOTOROVÁ, D. 2009. Vplyv rozdielnych poveternostných podmienok na energetické a ekonomické aspekty pestovania jačmeňa siateho jarného. In *Podniková revue*, roč. 8, 2009, č. 17, s. 98-112. ISSN 1335-9746.
- MÁLEK, B. – ANDR, J. – JURSIK, M. et al. 2013. *Slunečnice – technologie pěstování*. České Budějovice : Kurent. 2 nd ed., 125 p. ISBN 978-80-87111-41-3.
- MAREČEK, J. 2010. Vplyv biokalu na kvalitu jačmeňa jarného, cukrovej repy a slnečnice ročnej. In *Využitie biokalu pri pestovaní poľných plodín*, pp. 96–106. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. ISBN 978-80-552-0289-1.
- MARSCHNER, H. 2003. *Mineral nutrition of Higher Plants*. London : Academic Press Limited. 3rd ed., 672 p. ISBN 978-0-12-384905-2.
- MÁTYÁS, M. – ČERNÝ, I. – KOVÁR, M. 2014. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) yield-forming elements influenced by year weather conditions and application of biological preparations Terra-Sorb and Umicum. In *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, vol. 3, pp. 131–133. ISSN 1338-5178.
- MÁTYÁS, M. – ČERNÝ, I. – PAČUTA, V. – KAŠIČKOVÁ, I. 2013. Vplyv ročníka a aplikácie biologických preparátov na produkčný potenciál slnečnice ročnej. In *Pestovateľské technológie v podmienkach klimatickej zmeny*, pp. 48–54. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. ISBN 978-80-552-1108-4.
- MÁTYÁS, M. – ČERNÝ, I. 2012. Zhodnotenie produkčného potenciálu slnečnice ročnej (*Helianthus annuus* L.) vplyvom biologického materiálu a aplikácie biologických

- preparátov. In *VII. Vedecká konferencia doktorandov*, pp. 40–43. ISBN 978-80-552-0887-9.
- MÁTYÁS, M. 2014. Zhodnotenie produkčného potenciálu slnečnice ročnej (*Helianthus annuus* L.) vplyvom aplikácie biologicky aktívnych látok : doktorandská dizertačná práca. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. 155 p.
- MENGEL, K. 2007. Pottasium. In *Handbook of plant nutrition*, pp. 91–120. CRC Press.
- MERAVÁ, E. 2016. *Olejníny – Situačná a výhľadová správa k 30.6. 2016*. Bratislava : VÚEPP. 35 p. ISSN 1339-0023.
- MONTEITH, J.L. – SZEICZ, G. 1962. Radiative temperature in the heat balance of natural surfaces. In *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 88, pp. 496–507. ISSN 1477-870X.
- MOODY, M.L. – RIESEBERG, L.H. 2012. Sorting through the chaff nDNA gene trees for phylogenetic interface and hybrid identification of annual sunflowers (*Helianthus* sect. *Helianthus*). In *Molecular Phylogenetics and Evolution*, vol. 64, no. 1, pp. 145–155. ISSN 1055-7903. DOI: 10.1016/j.ympev.2012.03.012.
- MOULIN, S.A. – BONDEAU, A. – DELECOLLE, R. 1998. Combining agricultural crop models and satellite observations: From field to regional scales. In *International Journal of Remote Sensing*, vol. 19, pp. 1021–1036. ISSN 0143-1161.
- NADASY, E. – NADASY, M. – NAGY, V. 2008. Effect of soil herbicides on development of sunflower hybrid. In *Cereal Research communication*, vol. 36, pp. 847–850. ISSN 1788-9170.
- OOSTERHUIS, D. – ROBERTSON, W.C. 2000. The use of plant growth regulators and other additives in cotton production, In *AAES Special Report 198. Proceedings of the 2000 Cotton Research Meeting*, pp. 22–32.
- ORTA, A. H. – ERDEM, T. – ERDEM, Y. 2002. Determination of water stress index in sunflower. In *Helia*, vol. 37, pp. 27–38. ISSN 2197-0483.
- PAČUTA, V. – POSPIŠIL, R. 2001. *Základy rastlinnej výroby*. Nitra : Ústav vedecko – technických informácií pre pôdohospodárstvo. 112 p. ISBN 80-85330-96-2.
- PADHI, J. – MISRA, R.K. – PAYERO, J.O. 2012. Estimation of soil water deficit in an irrigated cotton field with infrared thermography. In *Field Crop Research*, vol. 126, pp. 45–55. DOI: 10.1016/j.fcr.2011.09.015.
- PANNACCI, E. – TEI, F. 2014. Effects of mechanical and chemical methods on weed control, weed seed rain and crop yield in maize, sunflower and soyabean. In *Crop Protection*, vol. 64, pp. 51–59. ISSN 0261-2194.
- PASDA, G. – DIEPENBROCK, W. 1991. The physiological yield analysis of sunflower (*Helianthus annuus* L.), agricultural factors and crop production. In *Fett Wissenschaft Technologie – Fat Science Technology*, vol. 93, pp. 235–243. ISSN 0931-5985.
- PASTOREK, V. – POSPIŠIL, R. – CANDRÁKOVÁ, E. 2009. Energetická náročnosť súčasných technológií hrachu siateho. In *Mimoprodukčné funkcie pôdy a krajiny na územiach ovplyvňovaných antropogénnou činnosťou*. Michalovce : CVRV, 2009, s. 144-151. ISBN 978-80-89417-09-4.
- PECIAR, V. 2007. Triedenie rastlinnej ríše. In *Veľká kniha rastlín*, pp. 15–16. Bratislava : Príroda. ISBN 978-80-07-01571-5.
- PEÑA-BARRAGÁN, J.M. – LÓPEZ-GRANADOS, F. – JURADO-EXPÓSITO, M. – GARÍA-LOPEZ, L. 2010. Sunflower yield related to multi-temporal aerial photography, land elevation and weed infestation. In *Precision Agriculture*, vol. 11, pp. 568–585. ISSN 1385-2256.
- PEÑUELAS, J. – FILELLA, I. – LLUSIA, J. – SISCART, D. – PIÑOL, J. 1998. Comparative field study of spring and summer leaf gas exchange

- and photobiology of the Mediterranean trees *Quercus ilex* and *Phillyrea latifolia*. In *Journal of Experimental Botany*, vol. 49, pp. 229–238. ISSN 0022-0957.
- PEÑUELAS, J. – PINOL, J. OGAYA, R. – FILELLA, I. 1997. Estimation of plant water concentration by the reflectance water index WI (R900/R970). In *International Journal of Remote Sensing*, vol. 11, pp. 2869–2875. ISSN 0143-1161.
- PEÑUELAS, J. 1990. Remote sensing of the xanthophyll cycle and chlorophyllfluorescence in sunflower leaves and canopies. In *Oecologia*, vol. 85, pp. 1–7. ISSN 0029-8549.
- PEREYRA-IRUJO, G. – AGUIRREZÁBAL, L.A.N. 2007. Sunflower yield and quality interactions and variability: Analysis through a simple simulation model. In *Agricultural Forest Meteorology*, vol. 143, pp. 252–265. ISSN 0168-1923.
- PÉREZ, S.G. 2003. *Physico – chemical and functional propertis of sunflower proteins*. Netherlands : Agrotechnology and Food Innovations B.V. of Wageningen University and Research Centre. 145 p. ISBN 90-5808-904-5.
- PERRETTI, G. – FINOTTI, E.S. – ADAMUCCIO, S. – R. DELLA SERA R. – MONTANARI, L. 2004. Composition of organic and conventionally produced sunflower seed oil. In *Journal of the American Oil Chemists' Society*, vol. 81, no. 12, pp. 1119–1123. ISSN 0003-021X.
- POSMYK, M.M. – SZAFRAŃSKA, K. 2016. Biostimulators: A New Trend towards Solving an Old Problem. In *Frontiers in Plant Science*, vol. 7, no. 748, pp. 1–6. ISSN 1664-462X. DOI: 10.3389/fpls.2016.00748.
- POSPIŠIL, R. – ONDREJČÍKOVÁ, Z. 2010. Energetická bilancia produkčného procesu slnečnice ročnej po aplikácii biokalu. In *Využitie biokalu pri pestovaní poľných plodín*, pp. 88–95. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. ISBN 978-80-552-0289-1.
- POSPIŠIL, R. – VILČEK, J. 2000. *Energetika sústav hospodárenia na pôde*. 1. vydanie, Bratislava : VÚPOP, 108 s. ISBN 80-85361-75-2.
- POU, A. – DIAGO, M.P. – MEDRANO, H. – BALUJA, J. – TARDAGUILA, J. 2014. Validation of thermal indices for water status identification ingrapevine. In *Agricultural Water Management*, vol. 134, pp. 60–72. ISSN 0378-3774. DOI: 10.1016/j.agwat.2013.11.010.
- PREININGER, M. 1987. Energetické hodnocení výrobních procesů v rostlinné výrobě. In *Metodika UVTIZ*. Praha : UVTIZ, 1987, č. 7, 29 s.
- PRESOTTO, A. – FERNÁNDEZ-MORONI, I. – POVERENE, M. – CANTAMUTTO, M. 2011. Sunflower crop-wild hybrids: Identification and risks. In *Crop Protection*, vol. 30, no. 6, pp. 611–616. ISSN 0261-2194. DOI: 10.1016/j.cropro.2011.02.022.
- PRESOTTO, A. – URETA, M. S. – CANTAMUTTO, M. – POVERENE, M. 2012. Effects of gene flow from IMI resistant sunflower crop to wild *Helianthus annuus* populations. In *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 146, no. 1, pp. 153–161. ISSN 0167-8809. DOI: 10.1016/j.agee.2011.10.023.
- PRICE, J.C. – BAUSCH, W.C. 1995. Leaf-area index estimation from visible and near-infrared reflectance data. In *Remote Sensing of Environment*, vol. 52, pp. 55–65. ISSN 0034-4257.
- QUI, G.Y. – OMASA, K. – SASE, S. 2009. An infrared-based coefficient to screen plant environmental stress: concept, test and applications. In *Functional Plant Biology*, vol. 36, pp. 990–997. ISSN 1445-4408.
- RADEMACHER, W. 2000. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. In *Annual Review of Plant Physiology and Plant*

- Molecular Biology*, vol. 51, pp. 501–531. ISSN 1543-5008. DOI: 10.1146/annurev.arplant.51.1.501.
- RASHID, A. – RAFIQUE, E. 2005. Internal boron requirement of young sunflower plants: proposed diagnostic criteria. In *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, vol. 36, pp. 2113–2119. ISSN 0010-3624.
- RAUF, A. – MAQSOOD, M. – AHMAD, A. – GONDAL, A. S. 2012. Yield and oil content of sunflower (*Helianthus annuus* L.) As influenced by spacing and reduced irrigation condition. In *Journal of Crop Production*, vol. 1, no. 1, pp. 41 – 45. ISSN 2305-2627.
- REGINATO, R.J. 1983. Field quantification of crop water stress. In *Transaction of the ASAE*, vol. 26, no. 3, pp. 772–775. DOI: 10.13031/2013.34021.
- REYNOLDS, M.P. – SINGH, R.P. – IBRAHIM, A. – AGEEB, O.A.A. – LARQUÉ-SAVEDRA, A. – QUICK, J.S. 1998. Evaluating physiological traits to complement empirical selection for wheat in warm environments. In *Euphytica*, vol. 100, pp. 84–95. ISSN 0014-2336.
- RISHENG, D. – SHAOZHONG, K. – TAISHENG, D. – XINMEI, H. – YANQUN, Z. 2014. Scaling up stomatal conductance from leaf to canopy using a dual leaf model for estimating crop evapotranspiration. In *Plos One*, vol. 9, no. 4, pp. 1–12. ISSN 1932-6203.
- RONDANINI, D. – SAVIN R. – HALL A. J. 2003. Dynamics of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to brief intervals of high temperature during achene filling. In *Field Crops Research*, vol. 83, pp. 79–90. ISSN 0378-4290.
- Rozdelenie hybridov slnečnice ročnej*. 2018 [online], aktualizované 2018 [cit. 2018-01-08]. Dostupné na: <http://www.plantprotection.hu/modulok/szlovak/sunflower/growth_sun.htm>.
- RUDD, J.J. – FRANKLIN-TONG, V.E. 2001. Unravelling response-specificity in Ca²⁺ signalling pathways in plant cells. In *New Phytology*, vol. 151, pp. 7–34. ISSN 1469-8137.
- SARKAR, R.K. – MALLICK, R.B. 2009. Effect of nitrogen, sulphur and foliar spray of nitrate salts on performance of spring sunflower (*Helianthus annuus* L.). In *Indian Journal of Agricultural Sciences*, vol. 79, pp. 986–990. ISSN 0019-5022.
- SELLERS, P.J. 1985. Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration. In *International Journal of Remote Sensing*, vol. 6, pp. 1335–1372. ISSN 0143-1161.
- SHAFI, M. – BAKHT, J. – YOUSAF, M. – KHAN, M.A. 2013. Effects of Irrigation Regime on Growth and Seed Yield of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). In *Pakistan Journal of Botany*, vol. 45, no. 6, pp. 1995–2000. ISSN 0556-3321.
- SHAHIDI, F. 2005. Extraction and Measurement of Total Lipids. In WROLSTAD, R.E. et al. (Eds.) *Handbook of Food Analytical Chemistry, Volume 1: Water, Proteins, Enzymes, Lipids, and Carbohydrates*, pp. 425–436. Hoboken New Jersey : John Wiley & Sons, Inc. ISBN 0-471-66378-6.
- SCHNEITER, A.A. 1997. Sunflower Technology and Production. In *The American Society of Agronomy*, vol. 35, pp. 1–19. ISSN 1435-0645.
- SCHUNG, E. 1998. *Sulfur in Agroecosystems*. Dordrecht : Kluwer Academic Press. 221 p. ISBN 978-94-011-5100-9.
- SINHA, I. – BUTTAR, G.S. – BRAR, A.S. 2017. Drip irrigation and fertigation improve economics, water and energy productivity of spring sunflower (*Helianthus*

- annuus* L.) in Indian Punjab. In *Agricultural Water Management*, vol. 185, pp. 58–64. ISSN 0378-3774. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2017.02.008.
- SKALA, O. 2016. Complex technology for oil crops cultivation. In *Prosperous oil crops 2016*, pp. 217–221. Praha : Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-2693-4.
- SNOW, A. – MORAN-PALMA, A. P. – RIESEBERG, L.H. – WSZELAKI, A. – SEILER, G.J. 1998. Fecundity, phenology, and seed dormancy of F1 wild-crop hybrids in sunflower (*Helianthus annuus*, Asteraceae). In *American Journal of Botany*, vol. 85, no. 6, pp. 794–801. ISSN 0002-9122.
- SPITZER, T. – MATUŠINSKÝ, P. – KLEMOVÁ, Z. – KAZDA, J. 2011. Management of sunflower stand height using growth regulators. In *Plant, Soil and Environment*, vol. 57, pp. 357–363. ISSN 1214-1178.
- SPOSARO, M.M. – BERRY, P.M. – STERLING, M. – HALL, A.J. – CHIMENTI, C.A. 2010. Modelling root and stem lodging in sunflower. In *Field Crops Research*, vol. 119, pp. 125–134. ISSN 0378-4290. DOI: 10.1016/j.fcr.2010.06.021.
- SPURNÝ, M. 2016. 20 years of successful growing of sunflower hybrids Agrofinal. In *Prosperous oil crops 2016*, pp. 161–162. Praha : Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-2693-4.
- STN 46 2300-6 Olejnaté semená. Časť 6: Semeno slnečnice. 2018 [online], aktualizované 2018 [cit. 2018-01-10]. Dostupné na: <http://www.sutn.sk/eshop/public/standard_detail.aspx?id=103797>.
- STRAŠIL, Z. 1987. Bilance energie a efektivity vkladů v zavlažovaných a nezavlažovaných půdách. In *Závěrečná správa*. Praha : VÚRV, 29 s.
- SUARÉZ, L. – ZARCO-TEJADA, P.J. – SEPULCRE-CANTO, G. – PEREZ-PRIEGO, O. – MILLER, J.R. – JIENEZ-MUNOZ, J.C. – SOBRINO, J. 2008. Assessing canopy PRI for water stress detection with diurnal airborne imagery. In *Remote Sensing of Environment*, vol. 112, pp. 560–575. ISSN 0034-4257.
- SUNJAY INTERNATIONAL. 2014. *The Accompanying and Information Sheet of BiomagicPlus prepartate*. Tamil Nadu, India : Sunjay International.
- SYNGENTA. 2016. *Plodinový katalóg 2016*. 387 p. Bratislava, Slovensko : Syngenta Slovakia spol. s r.o.
- ŠARIKOVÁ, D. 1999. Efektívnosť využitia slnečného žiarenia strukovinami v podmienkach Východoslovenskej nížiny. In *Zborník vedeckých prác*. Michalovce, 1999, s. 11-18.
- ŠKARPA, P. – KUNZOVÁ, E. – ZUKALOVÁ, H. 2007. The effect of N and P application on the yield and quality of sunflower. In *Agrochemistry*, vol. 50, no. 14, pp. 8–13. ISSN 1335-2415.
- ŠKARPA, P. – RICHTER, R. – KUNZOVÁ, E. – ZUKALOVÁ, H. 2009. Optimalizace výživy slnečnice mikroelementy. In *Agrochemistry*, vol. 49, no. 8, pp. 15–21. ISSN 1335-2415.
- ŠKARPA, P. 2013. Foliar nutrition of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by Zn. In *Agrochemistry*, vol. 17, pp. 13–17. ISSN 1335-2415.
- ŠPÁNIK, F. – REPA, Š. – ŠIŠKA, B. 2002. *Agroklimatické a fenologické pomery Nitry (1991-2000)*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. 40 p. ISBN 80-7137-987-5.
- TAGHVAEIAN, S. – COMAS, L. – DEJONGE, K.C. – TROUT, T.J. 2014. Conventional and simplified canopy temperature indices predict water stress in sunflower. In *Agricultural Water Management*, vol. 144, pp. 69–80. ISSN 0378-3774. DOI: 10.1016/j.agwat.2014.06.003.

- TAHSIN, N. – KOLEV, T. 2006. Investigation on the effect of some plant growth regulators on sunflower (*Helianthus annuus* L.). In *Journal of Central European Agriculture*, vol. 6, no. 4, pp. 583–586. ISSN 1332-9049.
- Technology of sunflower cultivation*. 2018 [online], aktualizované 2018 [cit. 2018-01-08]. Dostupné na: <<http://www.agroselect.md/en/consultations-and-recomendations.html>>.
- TEREN, J. 2016. Use of humic acids against soil degradation and for yield increasing. In *Prosperous oil crops 2016*, pp. 204–206. Praha : Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-2693-4.
- TEWARI, S. – ARORA, N.K. 2016. Fluorescent *Pseudomonas* sp. PF17 as an efficient plant growth regulator and biocontrol agent for sunflower crop under saline conditions. In *Symbiosis*, vol. 68, no. 1, pp. 99–108. ISSN 0334-5114. DOI: 10.1007/s13199-016-0389-8.
- THENOT, F. – MÉTHY, M. – WINKEL, T. 2002. The Photochemical Reflectance Index (PRI) as a water-stress index. In *International Journal of Remote Sensing*, vol. 23, no. 23, pp. 5135–5139. ISSN 0143-1161.
- TOBIÁŠOVÁ, E. – ŠIMANSKÝ, V. 2009. *Kvantifikácia pôdnych vlastností a ich vzájomných vzťahov ovplyvnených antropickou činnosťou*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. 114 p. ISBN 978-80-552-0196-2.
- TÓTH, Š. 2013. Význam a efekt pôdnych zlepšovačov rôzneho typu pri ich použití v podmienkach diferencovanej intenzity obrábania pôd. CVRV Piešťany, 2013., ISBN 978-80-89417-46-9
- TOYOTA, M. – SHIOTSU, F. – BIAN, J. – MOROKUMA, M. – KUSUSTANI, A. 2010. Effects of reduction in plant height induced by chlormequat on radiation interception and radiation-use efficiency in wheat in southwest Japan. In *Plant Production Science*, vol. 13, pp. 67–73. ISSN 1343-943X.
- TUCKER, C.J. – SLAYBACK, D.A. – PINZON, J.E. – LOS, S.O. – MYNENI, R.B. – TAYLOR, M.G. 2001. Higher northern latitude normalized difference vegetation index and growing season trends from 1982 to 1999. In *International Journal of Biometeorology*, vol. 45, pp. 184–190. ISSN 1097-0088.
- TUCKER, C.J. – VANPRAET, C.L. – SHARMAN, M.J. – VAN ITTERSUM, G. 1985. Satellite remote sensing of total herbaceous biomass production in the Senegalese Sahel: 1980-1984. In *Remote Sensing of Environment*, vol. 17, pp. 233–249. ISSN 0034-4257.
- UGOLINI, L. – CINTI, S. – RIGHETTI, L. – STEFAN, A. – MATTEO, R. – D'AVINO, L. – LAZZERI, L. 2014. Production of an enzymatic protein hydrolyzate from defatted sunflower seed meal for potential application as a plant biostimulant. In *Industrial Crops and Products*, vol. 75, pp. 15–23. ISSN 0926-6690. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.11.026.
- ULLAH, S. – QURESHI, M.A. – ALI, M.A. – MUJEEB, F. – YASIN, S. 2017. Comparative potential of *Rhizobium* species for the growth promotion of sunflower (*Helianthus annuus* L.). In *Eurasian Journal of Soil Science*, vol. 6, no. 3, pp. 189–196. ISSN 2147-4249. DOI: 10.18393/ejss.2017.3.xxx-xxx.
- VADIVAMBAL, R. – JAYAS, D. 2011. Applications of Thermal Imaging in Agriculture and Food Industry – a Review. In *Food Bioprocess Technology*, vol. 4, pp. 186–199. ISSN 1935-5130.
- VANĚK, V. – BALÍK, J. – PAVLÍKOVÁ, D. – TLUSTOŠ, P. 2007. *Výživa poľných a zahradných plodín*. Smíchov : Profi Press. 167 p. ISBN 976-80-86726-25-0.

- VEGA, D.L.A.J. – LACY, I.H.D. – CHAPMAN, S. C. 2007. Changes in agronomic traits of sunflower hybrids over 20 years of breeding in central Argentina. In *Field Crops Research*, vol. 100, no. 1., pp. 73–81. ISSN 0378-4290. DOI: 10.1016/j.fcr.2006.05.007.
- VEVERKA, K. – KUDLÍKOVÁ, I. – ŠÁROVÁ, J. – POKORNÝ, E. 2003. Vliv klimatických a půdních podmínek na neinfekčné vadnutí a odumírání slunečnice. In *20. Vyhodnocovací seminář: Systém výroby řepky – Systém výroby slunečnice*, pp. 307–313. Hluk : Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin.
- VEVERKA, K. – ŠEDIVÝ, J. – JIRÁTKO, J. 1999. *Ochrana slunečnice proti škodlivým činitelům*. Praha : Ústav poľnohospodárskych a potravinárskych informácií. 32 p. ISBN 80-7271-033-8.
- VEVERKOVÁ, A. – ČERNÝ, I. 2011. Zhodnotenie foliárnych prípravkov na kvantitatívne a kvalitatívne parametre hybridov slnečnice ročnej. In *VI. Vedecká konferencia doktorandov*, pp. 72–75. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. ISBN 978-80-552-0693-6.
- VEVERKOVÁ, A. – ČERNÝ, I. 2012. Influence of hybrids on formation of yield – forming elements of sunflower (*Helianthus annuus* L.). In *Journal of Microbiology, Biology and Food Sciences*, vol. 1, pp. 1003–1010. ISSN 1338-5178.
- VEVERKOVÁ, A. 2012. Zhodnotenie produkčného potenciálu slnečnice ročnej (*Helianthus annuus* L.) v rozsahu racionalizácie vybraných faktorov jej pestovania : doktorandská dizertačná práca. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. 190 p.
- VILČEK, J. – GUTTEKOVÁ, M. 1997. Potenciálne predpoklady a efektívnosť pestovania plodín z hľadiska ich energetickej bilancie. In *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, roč. 43, 1997, č. 10, s. 733-744. ISSN 0551-3677.
- VILFAN, N. – TOL, CH.V.D. – MULLER, O. – RASCHER, U. – VERHOEF, W. 2016. Fluspect-B: A model for leaf fluorescence, reflectance and transmittance spectra. In *Remote Sensing of Environment*, vol. 186, pp. 596–615. ISSN 0034-4257. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.rse.2016.09.017.
- VISCHETTI, C. – MARUCCHINI, C. – LEITA, L. – CANTONE, P. – DANUSO, F. – GIOVANARDI, R. 2002. Behaviour of two sunflower herbicides (metobromuron, aclonifen) in soil. In *European Journal of Agronomy*, vol. 16, pp. 231–238. ISSN 1161-0301.
- VITAL, R.G. – JAKELAITIS, A. – SILVA F.B. – BATISTA, P.F. – ALMEIDA, G.M. – COSTA, A.C. – RODRIGUES, A.A. 2017. Physiological changes and in the carbohydrate content of sunflower plants submitted to sub-doses of glyphosate and trinexapac-ethyl. In *Bragantia*, vol. xx, pp. 1–13. ISSN 0006-8705. DOI: 10.1590/1678-4499.540.
- VLACHOVÁ, P. – VÁCHALOVÁ, R. – VÁCHAL, J. – ONDR, P. 2004. The regulation of energetic substance flow in landscape through spatial functional optimization. In *Collection of Scientific Papers : Series for Crop Sciences*. České Budějovice : Faculty of Agriculture, vol. 21, 2004, no. 2, p. 213-216. ISSN 1212-0731.
- VOJTAŠŠÁKOVÁ, A. – KOVÁČIKOVÁ, E. – SIMONOVÁ, E. – HOLČÍKOVÁ, K. – PASTOROVÁ, J. – KLVANOVÁ, J. 2000. *Tuky, olejniny, oleje a orechy. Fats, Oil-bearing plants, Oils and Nuts*. Bratislava : ÚVTIP Nitra, Vydavateľstvo NOI. 203 p. ISBN 80-85330-83-0.
- Výmery pestovateľských plôch, dosahované úrody a celková produkcia slnečnice ročnej*. 2018 [online], aktualizované 2018 [cit. 2018-01-09]. Dostupné na: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>.

- WANDERLEY, C.S. – REZENDE, R. – ANDRADE, C.A.B. 2007. Effect of paclobutrazol as regulator of growth in production of flowers of sunflower in cultivo hidropônico. In *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 31, pp. 1672–1678. ISSN 1981-1829. DOI: dx.doi.org/10.1590/S141370542007000600011.
- WANG, H. – GAO, J.E. – ZHANG, M.J. – LI, X.H. – ZHANG, S.L. – JIA, L.Z. 2015. Effects of rainfall intensity on groundwater recharge based on simulated rainfall experiments and a groundwater flow model. In *Catena*, vol. 127, pp. 80–91. ISSN 0341-8162. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.catena.2014.12.014.
- WANG, Z.Y. – TANG, Y.L. – ZHANG F.S. 1999. Effect of molybdenum on growth and nitrate reductase activity of winter wheat seedlings as influenced by temperature and nitrogen treatments. In *Journal of Plant Nutrition*, vol. 22, no. 2, pp. 387–395. ISSN 0190-4167. DOI: 10.1080/01904169909365636.
- WANJARI, R.H. – YADURAJU, N.T. – AHUJA, K.N. 2001. Critical period of crop-weed competition in rainy-season sunflower (*Helianthus annuus*). In *Indian Journal of Agronomy*, vol. 46, pp. 309–313. ISSN 0537-197X.
- WEBER, E. – BLEIHOLDER, H. 1990. BBCH scale of sunflower [online], aktualizované 2017 [cit. 2017-05-02]. Dostupné na: <http://en.wikipedia.org/wiki/BBCH-scale_%28sunflower%29>.
- WEISS, E.A. 2000. *Oilseed Crops*. 2nd edn. London : Blackwell Science, UK. 364 p. ISBN 0-632-05259-7.
- YAKHIN, O.I. – LUBYANOV, A.A. – YAKHIN I.A. – BROWN, P.H. 2017. Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. In *Frontiers in Plant Science*, vol. 7, no. 2049, pp. 1–32. ISSN 1664-462X. DOI: 10.3389/fpls.2016.02049.
- ZERRARI, N. – MOUSTAOU, D. 2005. The fertilization of the sunflower (*Helianthus annuus* L.) in boron – Field calibration trials of plant analyses and recommendations for foliar fertilisation. In *Agrochimica*, vol. 49, pp. 182–189. ISSN 0002-1857.
- ZHANG, Q. – CHEN, J.M. – JU, W. – WANG, H. – QUI, F. – YANG, F. – FAN, W. – HUANG, Q. – WANG, Y. – FENG, Y. – WANG, X. – ZHANG, F. 2017. Improving the ability of the photochemical reflectance index to track canopy light use efficiency through differentiating sunlit and shaded leaves. In *Remote Sensing of Environment*, vol. 194, pp. 1–15. ISSN 0034-4257. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.rse.2017.03.012.
- ZHELJAZKOV, V.D. – VICK, B.A. – EBELHAR, M.W. – BUEHRING, N. – BALDWIN, B. – ASTATKIE, T. – MILLER, J.F. 2008. Yield, oil content, and composition of sunflower (*Helianthus annuus*, L.) grown at multiple locations in Mississippi. In *Agronomy Journal*, vol. 100, no. 3, pp. 635–642. ISSN 1435-0645. DOI: 10.2134/agronj2007.0253.
- ZIEBELL, A.L. – BARB, J.G. – SANDHU, S.S. – MOYERS, B.T. – STYKES, R. W. – DOEPPKE, C. – GRACOM, K.L. – CARLILE, M. – MAREK, L.F. – DAVIS, M.F. – KNAPP, S.J. – BURKE, J.M. 2013. Sunflower as a biofuels crop: An analysis of lignocellulosic chemical properties. In *Biomass and bioenergy*, vol. 59, pp. 208–217. ISSN 0961-9534. DOI: 10.1016/j.biombioe.2013.06.009.
- Zoznam registrovaných odrôd slnečnice ročnej pre konvenčnú, ClearField® a ExpressSun® technológiu pestovania. 2018 [online], aktualizované 2018 [cit. 2018-01-08]. Dostupné na: <<http://www.uksup.sk/oos-registre-a-zoznamy/>>.
- ZUKALOVÁ, H. 2016. Quality of the most important oilseed in Czech Republic (rapeseed, mustard, sunflower, poppy). In *Prosperous oil crops 2016*, pp. 158–160. Praha : Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-2693-4.

doc. Ing. Ivan ČERNÝ, PhD. a kolektív

***Biologicky aktívne látky v systéme pestovania
slničnice ročnej***

Vydavateľ: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Vydanie: prvé

Náklad: 100 ks

Rok vydania: 2018

AH-VH: 9,40-9,58

Neprešlo redakčnou úpravou vo Vydavateľstve SPU v Nitre.

ISBN 978-80-552-1795-6