

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH
ZDROJOV**

1127076

**RASTOVO-PRODUKČNÝ PROCES OBILNÍN
V MENIACICH SA PODMIENKACH PROSTREDIA**

2010

Veronika Dankovičová

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH
ZDROJOV**

**RASTOVO-PRODUKČNÝ PROCES OBILNÍN
V MENIACICH SA PODMIENKACH PROSTREDIA**

Bakalárska práca

Študijný program:	Všeobecné poľnohospodárstvo
Študijný odbor:	6. 1. 1. Všeobecné poľnohospodárstvo
Školiace pracovisko:	Katedra fyziológie rastlín
Školiteľ:	Ing. Jana Repková, PhD.

Nitra, 2010

Veronika Dankovičová

Čestné vyhlásenie

Čestne vyhlasujem, že predkladanú bakalársku prácu na tému „Rastovo-produkčný proces obilnín v meniacich sa podmienkach prostredia,, som vypracovala samostatne s použitím uvedenej literatúry, pod odborným vedením Ing. J. Repkovej, PhD.

Som si vedomá zákonných dôsledkov pre prípad, že hore uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 5. mája 2010

Veronika Dankovičová

Pod'akovanie

Na bakalárskej práci som pracovala pod odborným vedením Ing. J. Repkovej, PhD., ktorej sa chcem touto cestou úprimne poďakovať za metodickú výpomoc, konzultovanie a praktické rady, ktorými ma pri práci usmerňovala a navigovala.

Zároveň chcem úprimne poďakovať všetkým, ktorí mi akoukoľvek formou pomoci prispeli k spracovaniu bakalárskej práce.

Abstrakt

Pojem potenciálna úroda označuje takú úrodu, ktorú by bolo možné získať v optimálnych podmienkach pestovania, v ktorých sa nevyskytujú žiadne buriny, choroby, škodcovia, či environmentálne stresy. Optimalizácia produkcie porastov a kvality úrody pre dané podmienky závisí od schopností kontrolovať a regulovať tri hlavné faktory: pôdne prostredie a v ňom dostupnosť vody, minerálov a vzduchu; ďalej prostredie porastu a v ňom veľkosť listovej plochy a svetelný režim a pomer medzi vegetatívnou a generatívnou zložkou. Cieľom udržateľnej produkcie je zlepšiť produkciu na danej úrovni tak, aby bola zachovaná báza prírodných zdrojov v súlade s kapacitou daného ekosystému. Klimatické zmeny, ako napr. nárast atmosférickej teploty, nepredvídateľnosť zrážok, neustále suchá či záplavy rôznych intenzít, vedú k zraniteľnosti, ktorá zasahuje produkciu ekosystémov. Súčasný výskum musí kombinovať najnovšie poznatky z genomiky, kvantitatívnej genetiky, biomatematicky a ekofyziológie tak, aby porozumel vzájomným interakciám medzi genotypmi a ich prostredím.

Kľúčové slová: klimatická zmena, ekosystém, produkcia, porast

Abstract

The yield potential of a grain crop is the seed mass per unit ground area obtained under optimum growing conditions without weeds, pests and diseases. The following topics are discussed: comprehensive use of micro irrigation and fertigation based on soil and plant water potential and mineral content measurements and analyses, physiological effects of microirrigation on root growth, plant growth regulators and crop production; effect of crop load on fruit production and quality, cultural practices for crop production and quality under saline conditions. The ultimate aim of sustainable agriculture is to enhance food production on continuous basis while maintaining the natural resource base in accordance with carrying capacity of supporting agro-eco system. Moreover, climatic changes such as increased atmospheric temperature, uncertainty in rainfall; perpetual droughts and floods of varying intensities etc lead to environmental fragility which adversely affects crop production. Research must combine the latest genomics resources including quantitative genetics, genomics and biomathematics with an ecophysiological understanding of the interactions between crop plant genotypes and the growing environment to better inform crop improvement.

Key words: climatic change, ecosystem, production, grow

Obsah

Obsah.....	6
Zoznam skratiek a značiek.....	7
Úvod.....	8
1 Cieľ práce.....	9
2 Metodika práce.....	10
3 Prehľad o súčasnej problematike	11
3.1 Rastlinné ekosystémy – základ produkcie biomasy	11
3.2 Charakteristika rastovo-produkčného procesu obilnín.....	12
3.2.1 Fotosyntéza listu a porastu.....	13
3.2.1.1 Veľkosť listovej plochy.....	14
3.2.1.2 Postavenie listov.....	16
3.2.1.3 Radiačný režim porastu a využitie v poraste.....	17
3.2.2 Dýchanie.....	18
3.2.3 Transport asimilátov.....	20
3.2.4 Vzťah source - sink	21
3.3 Zmeny produkčných vlastností plodín v závislosti od podmienok prostr	22
3.3.1 Podiel abiotického stresu na znižovaní primárnej produkcie rastlín	23
3.3.1.1 Znižovanie úrod v dôsledku sucha	23
3.3.1.2 Pokles produkcie rastlín vplyvom teploty prostredia	26
3.3.2 Biotický stres a jeho vplyv na úrodu.....	33
4 Súčasný trendy v oblasti zvyšovania a udržania produktivity obilnín.....	37
4.1 Impulzy pre šľachtiteľstvo.....	37
4.2 Biotechnologické aplikácie vv zvyšovaní úrod	39
Záver	41
Zoznam použitej literatúry	42

Zoznam skratiek a značiek

A	albedo
ATP	adenozíntrifosfát
CGR	rýchlosť prírastku sušiny na plochu
cm	centimeter
FAR	fotosynteticky aktívne žiarenie
LAI	index listovej pokrývnosti
NADH	nikotínamidadenín-dinukleotid
NAR	čistý výkon fotosyntézy
nm	nanometer
RQ	respiračný kvocient
TS	teplotná suma

Úvod

Biologická, ale aj hospodárska úroda je výsledkom interakcie vnútorných vlastností rastliny, čiže jej genetického potenciálu a vonkajších faktorov prostredia. Limitujúcim faktorom tvorby organickej hmoty je energetická a vodná bilancia ekosystému, ktorého je rastlina súčasťou.

Každá odchýlka od optimálnych energetických a vlhových podmienok rastliny v rozdielnom fenofázovom intervale negatívne pôsobí na jej ďalší rast a vývoj a tak negatívne ovplyvňuje celkovú úrodu. Keďže rastlinný organizmus predstavuje zložitý mechanizmus, v ktorom úzko súvisia genetické vlastnosti a reakcie rastlín na vonkajšie prostredie s biochemickými procesmi je možné tento komplex ovplyvňovať a regulovať tak, aby sa zvyšovala kvantita a kvalita úrod. Poznanie týchto aspektov je dôležité aj pre vytváranie nových a odolnejších odrôd.

Nové poznatky v biotechnologických aplikáciách a šľachtení nám umožňujú zlepšovať a ovplyvňovať produkčný proces. Ich cieľom je využiť a zlepšiť podmienky celkovej produkcie biomasy zmiernením účinkov škodcov, chorôb, sucha a vysokých teplôt, nedostatku vody, ktorá spôsobuje straty na úrode.

1 Cieľ práce

Cieľom bakalárskej práce bolo zhodnotenie rastovo – produkčných procesov obilnín v meniacich sa podmienkach prostredia na základe informácií z dostupnej vedeckej a odbornej literatúry. Tiež poukázať na zvyšovanie kvantitatívnych a kvalitatívnych parametrov produkcie úrod vplyvom biotechnologických aplikácií a biochemických a fyziologických procesov.

2 Metodika práce

Závěrečná bakalářská práce má charakter kompilačný. Hlavnou úlohou pri spracovaní záverečnej práce bolo štúdium literatúry. Podklady k práci boli čerpané z dostupných vedeckých a odborných časopisov pojednávajúcich o zadanej téme, vydávaných na Slovensku i v zahraničí. Podkladom pre spracovanie práce boli tiež vedecké monografie, zborníky z vedeckých konferencií a odborných seminárov. Odporúča sa aj široké využitie internetu.

Dôraz v záverečnej práci bude kladený na popis hlavných faktorov vplývajúcich na produkčný proces obilnín v meniacich sa podmienkach prostredia, tj. fotosyntézy listu a porastu, dýchania, transportu asimilátov, podielu abiotických a biotických stresov v závislosti od podmienok prostredia, vplyv žiarenia, teploty, šľachtenia rastlín a vo všeobecnosti nových poznakov v biotechnologických aplikáciách.

3 Prehľad o súčasnej problematike

3.1 Rastlinné ekosystémy – základ produkcie biomasy

Základom produkcie biomasy rastlinných ekosystémov je fotosyntetická asimilácia. Nastupujúci trend klimatických zmien, a s tým súvisiaca zvyšujúca sa frekvencia enviromentálnych stresov, negatívne ovplyvňuje realizáciu produkčných procesov nielen na úrovni poľnohospodárskych plodín, ale aj na úrovni prirodzených trávnych a lesných ekosystémov. Indikácia stresového stavu u porastových rastlín je zložitý proces, ktorý si vyžaduje komplexný pohľad na signalizáciu, prenos a transdukciu signálov, reguláciu fyziologických mechanizmov a výsledných odpovedí na úrovni realizovaných rastlín alebo ich morfológicky menších štruktúr (REPKOVÁ, 2007).

Prirodzený ekosystém predstavuje súhrn vzájomných interakcií medzi organizmami a ich prostredím ako integrovaného systému, ktorý je navzájom prepojený tokom energie a hmoty a ovplyvňovaný fyzikálnymi faktormi prostredia. Bližšie pochopenie jednotlivých súvislostí si vyžaduje pochopenie faktorov, ktoré regulujú zásobu a tok látok cez jednotlivé komponenty samotného ekosystému i ekosystémy navzájom (CHAPIN et al., 2002).

Biologická úroda vyjadruje celkové množstvo vyprodukovanej sušiny, ako podstatné aspekty tvorby úrod môžeme charakterizovať tieto faktory:

- veľkosť asimilačnej plochy,
- transport asimilátov,
- rýchlosť fotosyntézy.

Naším cieľom je získať nielen vysokú biologickú úrodu, ale predovšetkým vysokú úrodu ako hospodársky významnú biomasu. V prevažnej miere ide o zásobné, alebo reprodukčné orgány – semená, plody, hľúzy a pod. Preto je veľmi dôležité, aby sa v týchto orgánoch zhromaždili produkty vytvorené fotosyntézou, pretože ich zberáme pre hospodársky alebo ekonomický efekt (ZIMA, 1997).

3. 2 Charakteristika rastovo – produkčného procesu obilnín

Produkčný proces je hierarchický usporiadaný sled fyziologických funkcií na rôznych organizačných úrovniach rastliny a porastu, ktoré vedú k tvorbe novej a k zachovaniu už existujúcej biomasy (KOSTREJ, 2000).

Súčasný vývoj rastlinnej výroby môžeme charakterizovať ako činnosť, pri ktorej sa formy energie v procese fotosyntézy transformujú v organickej hmote (ŽITNÁ, 1992).

Produkčný proces obilnín prebieha v prirodzených podmienkach a realizuje sa v systéme pôda – rastlina – atmosféra vo vymedzenom priestore a čase. Je závislý od faktorov prostredia a ich vzájomného spolupôsobenia. Je často vystavený pôsobeniu nepriaznivých faktorov.

Nepriaznivé podmienky vyvolávajú zmeny fyziologických funkcií rastlín, spôsobujú rôzne poškodenia, znižujú funkčné prejavy, najmä rast a produkčnú výkonnosť. Z tohto pohľadu produkčný proces berieme ako systém dynamickej výmeny a premeny hmoty a energie, ktorý má svoje biologické, ekologické, technologické a ekonomicko – organizačné obmedzenia. Z funkčného hľadiska je to veľmi zložitý ekofyziologický proces, ovplyvňovaný mnohými faktormi, ktoré vystupujú komplexne a reakcia plodín na tieto faktory je špecifická. Pri realizácii procesu je nutné poznať účinok každého faktora osobitne, aby bolo možné vyjadriť jeho vzťah a ekofyziologické využitie v interakcii s ostatnými podmienkami prostredia. Genetický potenciál produkčného procesu sa dnes sústreďuje na dva systémy, ktorými sa produkčný potenciál ovplyvňuje, a sú to: produkčný proces porastu, ktorý určuje veľkosť a mohutnosť orgánov produkujúcich asimiláty a druhý, ktorý je tvorený veľkosťou a aktivitou orgánov, uskladňujúcich asimiláty.

Rastúce orgány rastliny predstavujú hlavné centrá mobilizácie a využitia látok a tým vplývajú na rast iných orgánov a aktivitu fyziologických procesov, zvlášť rýchlosť fotosyntézy, dýchania, príjem vody a minerálnych živín. Zároveň určujú smer a rýchlosť transportu látok v rastline. Touto cestou sa prejavuje regulačná funkcia rastu na intenzite tvorby, transportu a využívania produktov fotosyntézy .

3.2.1 Fotosyntéza listu a porastu

Faktory ovplyvňujúce fotosyntézu:

Vlnová dĺžka a intenzita svetla: najvýhodnejšou zložkou svetla pre fotosyntézu je červené a modrofialové svetlo. Rastlina dokáže zo svetla, čo na ňu dopadne využiť asi 2%. Ostatné svetlo sa odráža, alebo prepúšťa. Pri zvyšovaní intenzity svetla fotosyntéza stúpa, ale zvyšovanie nad hranicu, ďalšie zvyšovanie fotosyntézy neprináša.

Oxid uhličitý: z jedného gramu oxidu uhličitého sa vytvorí asi 0,5 g sušiny. V atmosfére je koncentrácia CO₂ 0,03%. Veľké zvýšenie, alebo zníženie koncentrácie spomaľuje až zastavuje fotosyntézu, menšie zmeny ju neovplyvňujú.

Teplota: teplota ovplyvňuje fotosyntézu výrazne. Optimálna teplota sa u rôznych druhov rastlín pohybuje okolo 25-30°C. U väčšiny našich rastlín prebieha fotosyntéza v rozmedzí 0-40°C.

Voda: voda je materiálom na fotolýzu vody. Ak je v rastline nedostatok vody, zatvoria sa prieduchy, ktorými do rastliny vniká CO₂ a spomalí sa fotosyntéza. Voda je súčasťou všetkých rastlinných buniek a je pre život rastliny nevyhnutná. V rastlinnom tele je dôležitým rozpúšťadlom, látky sa v rastline dopravujú vo forme vodných roztokov. Je tiež zdrojom vodíka a kyslíka, zúčastňuje sa asimilácie a disimilácie i ďalších fyziologických procesov. Tým, že disociuje na H⁺ a OH⁻ ovplyvňuje spolu s inými iónmi pH cytoplazmy. Rastlinné bunky prijímajú vodu osmoticky cez plazmatické membrány. Vo vode (v pôdnom roztoku) sú rozpustené rôzne častice ako ióny, atómy a molekuly. Plazmatická membrána osmoticky prijíma len vodu. Rozpustené častice nemôžu prenikať súčasne s vodou, narážajú na plazmatické membrány buniek, čím vzniká osmotický tlak. Ten je tým väčší, čím je vyššia koncentrácia rozpustených látok. Od osmotického tlaku závisí osmotický potenciál bunky. Je to vlastne záporná hodnota osmotického tlaku. Teda, čím je vo vode bunky (vo vakuolách) vyššia koncentrácia rozpustených látok, tým je vyšší osmotický tlak, a teda tým je nižší osmotický potenciál.

V procese fotosyntézy sa vytvárajú organické látky – asimiláty a v nich transformovaná energia. Fotosyntéza ma primárnu úlohu v produkčnom procese. Je to jedinečný proces živej prírody, v ktorom zelené organizmy: a) transformujú energiu žiarenia na energiu chemických väzieb, b) syntetizujú organické látky a c) uvoľňujú kyslík, od ktorého závisí existencia všetkých živých organizmov. Fotosyntézu možno charakterizovať ako súbor fotofyzikálnych, fotochemických a biochemických procesov

v rastlinnej bunke obsahujúcej asimilačné pigmenty, pomocou ktorých rastlina vytvára za účasti žiarenia z anorganických látok organické látky. Hovoríme o primárnych metabolitoch, ktoré sú základom pre syntézu sekundárnych metabolitov. Z vnútorných fyziologických faktorov fotosyntézu najvýznamnejšie ovplyvňuje množstvo a kvalitu chlorofylu, vodný potenciál pletiva, natívne rastové látky a stav ontogenetického vývinu rastliny. Z vonkajších faktorov najdôležitejšími sú energia žiarenia, koncentrácia oxidu uhličitého, teplota, zásobovanie rastliny vodou a živinami. Fotosyntéza svojou účinnosťou vplýva aj na kvalitu produkcie. A jedným z najperspektívnejších spôsobov zvýšenia produkcie je zvýšenie účinnosti využitia energie žiarenia vo fotosyntéze. Súčasné taxóny vyšších rastlín využívajú priemerne iba 5 - 7 % z dopadajúceho slnečného žiarenia. Fotosyntéza prebieha v dvoch fázach :

- fotochemická fáza, ktorá priamo závisí od energie žiarenia. Preto sa nazýva svetelnou fázou fotosyntézy a procesy primárnymi procesmi fotosyntézy. Podstatou procesov fotochemickej fázy je premena energie žiarenia na energiu chemických väzieb,
- biochemická fáza, ktorá už priamo nezávisí od energie žiarenia, preto sa nazýva tmavou fázou fotosyntézy a procesy sekundárnymi procesmi fotosyntézy. Podstatou tejto fázy je premena látok – redukcia CO₂ na sacharidy.

Keďže fotosyntéza patrí k základným procesom od ktorých závisí fotosyntetická produktivita a produktivita tvorby novej sušiny, preto sa procesom produktivity venuje veľká pozornosť. Pre svoju komplexnú povahu a blízky vzťah k pochodom látkovej výmeny je produktivita hlavným ukazovateľom reakcie rastlín na podmienky meniaceho sa vonkajšieho prostredia. Pôsobenie akéhokoľvek vplyvu na rastlinný organizmus sa premietne aj v jeho produktivite. Okrem toho teória fotosyntetickej produktivity tvorí základ nielen pre fyziológiu porastu, ale aj pre produkčnú ekológiu a tvorbu úrod. Vo svojej biologickej podstate je základom pre rastlinnú výrobu.

3.2.1.1 Veľkosť listovej plochy

Listová plocha je najdôležitejšou časťou asimilačného aparátu rastliny. Od nej závisí rýchlosť čistej fotosyntézy, ale len ak je v optimálnych podmienkach. Vplyvom sucha sa prejavuje mechanizmus zatvárania prieduchov a v tomto momente listová plocha nevie zabezpečiť dostatočnú rýchlosť fotosyntézy.

Vývoj listovej plochy je v prirodzených podmienkach do veľkej miery ovplyvňovaný premenlivosťou teploty a intenzity žiarenia. So zvyšujúcou sa teplotou sa urýchľuje nástup jednotlivých listov hlavného stebľa i odnoží a zvyšuje sa rýchlosť predlžovacieho rastu listov. Distribúcia listovej plochy je dôležitým faktorom fotosyntézy porastu. So zvyšujúcim sa indexom listovej pokrývnosti narastá podiel zachyteného žiarenia, výsledkom čoho je zvýšenie produktivity. Rozloženie listov v profile porastu určuje podiel žiarenia, ktoré prenikne k jeho najnižšie umiestneným listom. Keďže rastom listovej plochy vyššie postavených listov dochádza k zatieneniu spodných vrstiev, je potrebné optimalizovať veľkosť listovej plochy tak, aby aj najnižšie umiestnené listy v poraste absorbovali žiarenie dosahujúce kompenzačný bod.

Aktuálna veľkosť listu závisí od rýchlostí a trvaní jeho expanzie, pričom kardinálne teploty pre rýchlosť expanzie listu sú podobné ako teploty pre produkciu listu. Veľkosť listovej plochy ovplyvňuje štruktúru porastu, absorpciu žiarenia a ostatné charakteristiky fotosyntetickej produktivity. So zvyšovaním veľkosti LAI, sa znižujú hodnoty NAR a zvyšuje sa do určitej hranice CGR. Veľkosť LAI sa najľahšie reguluje hustotou porastu. Porast s nedostatočne vyvinutou listovou plochou a malým počtom jedincov má nízku hodnotu LAI, prepúšťa značné množstvo žiarenia na pôdu. Každý list v poraste je dobre ožiarený a dosahujú sa vysoké hodnoty NAR. Pri optimálnych rozmeroch listovej plochy, optimálnom priestorovom a vertikálnom rozložení listov v poraste sa dosahuje vysoká absorpcia žiarenia, porast dobre využíva slnečné žiarenie, dosahujú sa vysoké rýchlosti prírastku sušiny na plochu (CGR). Pri vysokých hodnotách listovej plochy, nevyhovujúcim vertikálnom a priestorovom rozložení listov v poraste je žiarenie obyčajne absorbované a odrážané vrchnými listami. Spodné listy sú silne tienené, ich rýchlosť fotosyntézy je malá, alebo nulová. V dôsledku toho sa znižuje NAR aj CGR a využité energie žiarenia aj pri vysokej absorpcii žiarenia porastom je málo efektívne. Pri vysokých hodnotách LAI nadobúda na význame architektúra porastu – priestorové, najmä vertikálne rozloženie listov, ich uhol sklonu profile porastu. Veľké prehustenie, silný rozvoj listov vo vrchných vrstvách porastu zamedzuje prenikaniu žiarenia k spodným listom. Tým sa znižuje hustota toku ožiarenia dolných listov a ich fotosyntetická aktivita, tým aj CGR a celková úroda.

3.2.1.2 Štruktúra a postavenie listov

Najčastejším aktívnym povrchom rastlín, na ktorom dochádza k modifikáciám dopadajúceho slnečného žiarenia, sú listy. Časť dopadajúceho žiarenia sa od rastlinného povrchu odráža, fyziologicky aktívna zložka je absorbovaná a zvyšok je prepúšťaný (LARCHER, 1995).

Veľkosť odrazu, absorpcie a transmisie závisí od mnohých faktorov, medzi ktoré patrí štruktúra porastu, uhol sklonu listov, plocha a pod.

Vertikálna štruktúra porastu, uhol sklonu listov, plocha, tvar, počet listov, hmotnosť živých fotosyntetizujúcich a živých nefotosyntetizujúcich, odumretých orgánov v ňom určuje architektúru porastu (KOSTREJ, 1998).

Štruktúra porastu ovplyvňuje distribúciu žiarenia v jeho profile, t. j. hustotu toku ožiarenia tých orgánov rastlín, ktoré sa najviac podieľajú na fotosyntetickej aktivite v poraste. V období najvyššej funkčnej činnosti porastu, listy ako akceptory svetelnej energie sa najviac podieľajú na absorpcii v profile porastu, veľkosť plochy a uhlom sklonu, pripojenia listu k stonke. Jednotlivé listy počas dňa sú ožiarené rozdielne, podľa toho pod akým uhlom dopadá slnečné žiarenie. Pri nízkej výške slnka dopadajú lúče len na vrchné listy. S postupným zvyšovaním výšky slnka, lúče dopadajú na stredné a spodné listy, podľa toho aký majú uhol sklonu. Podľa sklonu listov, rozoznávame nasledovné postavenie listov v poraste:

- planofilé – s väčším podielom, horizontálne postavených listov,
- erektofilné – v prevahe sú vertikálne postavené listy,
- plagiofilné – s prevahou šikmo postavených listov,
- extremofilné – s väčším podielom horizontálne, alebo vertikálne postavených listov.

Porasty obilnín patria k erektofilnému typu listového zapoja. Typ listového zapoja v poraste sa mení v priebehu vegetácie. So zväčšovaním veľkosti listovej plochy v priebehu vegetácie sa mení rozloženie listov v tom smere, že zvýšenie hodnoty LAI zvýrazňuje presun plochy listov do vyššie položených vrstiev (ŽITNÁ, 1992).

Podľa viacerých zdrojov sú jednotlivé listové inzercie v poraste optimálne, keď:

- vo vrchných vrstvách porastu sú listy adaptované k vysokým hustotám FAR, t. j. pri vysokých hustotách majú vysokú adaptačnú hustotu ožiarenia a maximálny koeficient účinnosti premeny radiačnej energie vo fotosyntéze,

-
- v nízkych vrstvách porastu sú listy adaptované k nízkym hustotám FAR, t. j. pri nízkych hustotách FAR majú nízku adaptačnú hustotu ožiarenia, nízky svetelný kompenzačný bod pre fotosyntézu a maximálny koeficient účinnosti premeny radiačnej energie. Tendenciou zvyšovania hustoty porastu musíme zabezpečiť dobrú agrotechniku a vysokú biologickú a genotypovú hodnotu osiva. Rastlina nižšia od susedných o 10 cm znižuje produkciu sušiny v riedkom poraste o 20 % a v hustom o 50 % (DUNCAN, 1969). Zlepšenie dynamiky, tvorby a priestorovej distribúcie asimilačných orgánov tak predstavuje jeden z účinných spôsobov cieľavedomého zlepšenia štruktúry porastu a zvýšenia úrod (KOSTREJ, 1998).

3.2.1.3 Radičný režim porastu a využitie v poraste

Ako základné ukazovatele radiačného režimu porastu sú funkcie absorpcie a transmisie žiarenia, ich experimentálne určovanie v porastoch poľných plodín je veľmi zložitá. Transmisia a absorpcia žiarenia značne závisí od výšky slnka, hustoty porastu i orientácie listov a iných faktorov. Absorpcia žiarenia v závislosti od veľkosti indexu listovej pokrývnosti (LAI) meraná v porastoch obilnín má opačnú tendenciu ako jeho transmisia. Pri nižších hodnotách LAI je absorpcia žiarenia nižšia. Pri nízkych hodnotách absorpcie sa dosahujú vysoké hodnoty transmisie.

Slnčné žiarenie dopadajúce na porast sa delí na priame a difúzne. Spolu s prepusteným, odrazeným, absorbovaným a rozptýleným tvoria významné charakteristiky optických vlastností porastu (KOSTREJ, 1998). Tieto vzťahy sú veľmi premenlivé v rôznych častiach svetelného spektra. Závisia na štruktúre listu, jeho veku, adaptácii, zdravotnom stave, vegetačnom období, fáze ontogenézy, architektúre porastu, geometrie rastliny a uhlu dopadajúcej radiácie. Značne sa menia v priebehu vegetácie. Určovanie radiačného režimu porastu, na rozdiel od mikroklimatických charakteristík je pomerne zložitá. Zložitosť opisu radiačného režimu spočívajú v teoretickom ale aj experimentálnom zmysle. Žiarenie sa delí na priame a difúzne, pričom jeho zákonitosti jeho prenikania do porastu sa študujú oddelene. Vo veľkej variabilite radiačného poľa vo vnútri porastu, vyvolanej vzájomným tienením listov a iných orgánov, vo vnútri porastu radiačné pole rozdelí na časť osvetlenú, kde dopadajú priame lúče slnka a na oblasť tmavých pásiem, kde prevláda difúzne svetlo a listy sú tienené v zmene spektrálneho zloženia radiácie pri prenikaní do profilu porastu, v časových zmenách

radiačného poľa, v jeho úzkom spojení s geometrickou štruktúrou a vertikálnym rozložením, ako aj celkovou architektúrou porastu. Radiačný režim sa zvyčajne sa zvyčajne zisťuje v poraste priamym meraním alebo aj teoretickými metódami matematického modelovania. Prvý spôsob je založený na využívaní veľkého množstva empirických veličín, na základe sa ktorých sa robí kvantitatívna analýza. Druhý spôsob sa zakladá na experimentálnych údajoch v tvare aproximovaných, empirických a polyempirických rovníc spojených s charakteristikami radiačného režimu s výstižným opisom štruktúry porastu.

Ako základné ukazovatele radiačného porastu sú funkcie absorpcie a transmisie žiarenia. Závisia od výšky slnka, hustoty porastu, orientácii a sklonu listov. Zvyšovaním veľkosti listovej plochy v poraste pod vplyvom rastu alebo zmeny hustoty porastu sa zvyšuje celková absorpcia a znižuje sa transmisia žiarenia porastom. Pri nižších hodnotách indexu listovej pokrývnosti v počiatkových fázach rastu je absorpcia žiarenia nižšia. Pri nízkych hodnotách absorpcie dosahujú sa dosahujú vysoké hodnoty transmisie žiarenia a opačne.

Vo fotosyntéze sa premieňa slnečná energia a CO_2 , za príkonu vody a minerálnych živín na energiu sušiny rastliny. Ale aj nadoptimálna ožiarenosť listov, najmä počas poludní, je nepriaznivá. Jav sa nazýva fotoinhibícia. Rastlina musí venovať časť energie jeho ochrane a regenerácii. Rastliny majú ale zakódovaný, alebo prispôbením sa k vysokej ožiarenosti listov, vynárajúcich sa v horných vrstvách porastu, nadobudnutý systém ochrany, aklimatizujú sa. Aklimatizujú sa tiež čiastočne k vyšším TS. Pri vyšších teplotách požadujú vyššiu TS a opačne. Vlastnia tiež ochranu k vyšším teplotám. Je to zvýšená odrazivosť olistenia, väčšia hrúbka kutikuly, zmena biochemického zloženia biomembrán, syntéza teplotne-šokových bielkovín, ochladzovanie transpiráciou, reorganizácia fotosyntetického aparátu a iné. Využitie týchto poznatkov je doménou genetiky a šľachtenia.

3.2.2 Dýchanie

Počas fotosyntézy rastliny vytvárajú sacharidy, látky bohaté na energiu. Pri dýchaní si rastlina rozkladom týchto asimilátov zabezpečuje energiu na uskutočnenie životných procesov (syntéza organických látok, príjem živín, rast a iné). Dýchanie je teda nevyhnutnou podmienkou života rastlín. Dýchanie je proces aeróbnny, a preto vyžaduje prítomnosť kyslíka. Ten sa do rastliny dostáva cez celý povrch tela. Pri

dýchaní sa uvoľňuje ako metabolit CO_2 a voda. Tie sú odvádzané z tela prieduchmi. Pomer medzi vydýchaným CO_2 a prijatým O_2 sa nazýva respiračný kvocient (RQ). Pri rozklade sacharidov je pomer RQ rovný jednej ($6\text{CO}_2 : 6\text{O}_2$). Ak by rastlina predýchavala nejakú inú zlúčeninu, pomer by bol iný. Napr. tuky sú chudobnejšie na kyslík, a preto pri predýchavaní je RQ 0,34-0,7. Komplex respiračných procesov môžeme rozdeliť do štyroch procesov: glykolýzu, oxidačnú dekarboxyláciu pyruvátu, Krebsov cyklus a dýchací reťazec. Pre metabolizmus bunky sú významné aj medziprodukty, ktoré slúžia ako východiskové substráty pre syntézu nových zlúčenín využívaných na stavbu rastlinných orgánov, alebo ako sekundárne metabolity. Respirácia, ktorá prebieha v mitochondriách sa nazýva mitochondriálna respirácia (MASAROVÍČOVÁ et al., 2002).

Dýchanie rastlín je komplexným procesom, ktorý nielen odbúrava organickú hmotu vytvorenú fotosyntézou, ale dnes sa už vie, že dýchanie poskytuje dostatok energie pre biochemické procesy a rastové procesy a môžu tiež konzumovať časť energie z energetických transformačných procesov, ktorá by mohla poškodiť fotosyntetické membrány. Bunková respirácia zahŕňa glykolýzu a Krebsov cyklus, ktoré vyžadujú prítomnosť množstva katalytických enzýmov cytoplazmy aj mitochondrií. Dôsledkom čoho je plná oxidácia substrátu na oxid uhličitý a vodu za vzniku ATP. Alternatívnou respiráciou (dýchanie rezistentné na kyanid) sa akceptáciou protónov a elektrónov z elektrotransportného reťazca molekulou kyslíka formuje voda. Je považovaný za neefektívny, pretože sa tvorí málo ATP. Unikátnym procesom dýchania v rastlinách je fotorespirácia. Súvisí s oxigenačnou funkciou enzýmu rubisco a stratou C v podobe oxidu uhličitého v sérii reakcií uskutočňujúcich sa postupne v chloroplaste, mitochondrií a peroxizómoch.

Všeobecne sa fotorespirácia považuje za ochranný proces proti nadmernej tvorbe kyslíka vo fotosyntéze, ktorý by sa mohol stať substrátom pre relatívny H_2O_2 , čo by mohlo viesť k oxidácií membránových lipidov a negatívnemu a negatívnemu ovplyvneniu membránových enzýmov. Ďalšou respiračnou cestou, ktorou sa využíva glukóza je pentózofosfátový cyklus, táto cesta sa uskutočňuje v cytoplazme, pričom sa tvorí NADPH, ktorý sa následne využíva pri tvorbe mnohých molekúl ako sú: nukleové kyseliny, hormóny alebo komponenty bunkových stien, prípadne látky potrebné na reparáciu poškodených pletív. Do dýchacieho reťazca sú pomocou redukovaných koenzýmov (najmä $\text{NADH} + \text{H}^+$) prenesené ióny vodíka. V dýchacom reťazci dochádza

k ich oxidácii na vodu. Energia, uvoľnená pri tejto biologickej oxidácii sa využíva na fosforyláciu, teda tvorbu ATP. Keďže energia potrebná na vznik makroergických fosfátových väzieb ATP sa uvoľňuje oxidáciou, hovoríme o oxidatívnej fosforylácii. Odbúraním jednej molekuly glukózy sa vytvorí v celom cykle dýchania 38 molekúl ATP. Časť uvoľnenej energie sa vyžiari vo forme tepla. Krebsov cyklus aj biologická oxidácia vodíka prebiehajú v mitochondriách (URL 4).

3.2.3 Transport asimilátov

Transport asimilátov medzi rôzne časti rastliny má prvoradý význam, pretože súvisí s tvorbou hospodársky dôležitých produktov (ŠVIHRA, 1989). Preto je kvantita a kvalita úrody ovplyvňovaná komplexom fyziologických a biochemických reakcií.

Základnou transportnou formou sacharidov v rastline je sacharóza. Vzniká v cytoplazme z monosacharidov glukózy a fruktózy spojením glykozidickou väzbou. Pôsobením kyselín alebo enzymaticky sa ľahko hydrolyticky štiepi na pôvodné monosacharidy. Sacharóza vstupuje do elementov floému spravidla proti jej koncentračnému gradientu, čo vyžaduje energiu ATP. Cez otvory sitkovic prenikajú plazmatické spoje (plazmadezmy), ktoré sa počas dospievania buniek menia na hrubšie plazmatické spoje, P – proteín. Transport asimilátov na dlhé vzdialenosti sa potom deje pomocou týchto P – proteínov a to buď po pramienkoch P – proteínu alebo jeho kontrakčným účinkom. Transport asimilátov z chloroplastu smerom k floému prebieha v troch etapách:

- zo strómy chloroplastu do cytoplazmy,
- od bunky k bunke, a to symplasticky cez plazmodezmy vo vnútri protoplastov buniek alebo apoplasticky mimo protoplastov buniek,
- napĺňanie floému a iných kompartmentov.

Premiestňovanie asimilátov sa vo všeobecnosti nazýva translokácia. Ak ide o prerozdelenie asimilátov do jednotlivých častí rastliny, tak hovoríme o distribúcii, premiestňovanie na krátke vzdialenosti sa nazýva transfer a na dlhé transport.

Transport sacharidov vytvorených v listoch k rastovým vrcholom je možný len pri vyššej teplote. Pri nízkej teplote sa sacharidy ukladajú v listoch vo forme škrobu, takže rastovým vrcholom chýbajú stavebné látky pre ďalší vývoj rastliny. Vyššia teplota je potrebná aj preto, aby mohlo pokračovať delenie buniek, tvorba základov listov a kvetov. So zvýšením teploty sa rýchlejšie predlžujú bunky a internódiá.

Fyziologická interpretácia produktivity rastlín predpokladá realizáciu výslednej úrody prostredníctvom:

- produkcie asimilátov (source, zdroj),
- kapacity zásobných orgánov (sink, akceptor),
- intenzity a transportu asimilátov od zdroja k akceptoru, čo závisí od transportných ciest, ich dĺžky a aktivity.

Vývinový stav rastlín, vek orgánov tiež ovplyvňujú citlivosť fyziológie rastlín na rôzne stresy. Poznanie aspektov umožňuje potenciálne riadiť a ovplyvňovať produkčný proces.

3.2.4 Vzťah source – sink

STOY (1976) uvádza, že výsledná úroda je daná komplexom troch fyziologických faktorov:

- veľkosť produkcia asimilátov, t. j. veľkosť a aktivita aparátu, ktorý produkuje asimiláty (source – zdroj),
- kapacita, t. j. počet, veľkosť a aktivita zásobných orgánov ukladajúcich asimiláty (sink – akceptor),
- rýchlosť transportu asimilátov od zdroja k akceptoru, čo je určené mohutnosťou a aktivitou transportných ciest, resp. rýchlosťou naplňovania a vyprázdňovania vodivých systémov.

Source považujeme ako primárny zdroj odkiaľ sa fotosyntetickou aktivitou, nakumulované asimiláty transportovali a následne utilizovali v sekundárnom zdroji, ktorý označujeme ako sink.

Každý z týchto aspektov môže ovplyvniť výslednú produkciu. Medzi vzťahom source – sink existuje úzka spätnoväzbová regulácia, prostredníctvom ktorej sa uskutočňuje vzájomná koordinácia jednotlivých orgánov (KOSTREJ, 1992).

Vo vzťahu source – sink dochádza k zmenám v dôsledku translokácie asimilátov počas nedostatku vody. Nízka hladina asimilácie oxidu uhličitého listami a zvýšená respirácia mezofylových bunkách listov znižuje gradient sacharózy medzi listami (source) a fotosyntetickými sinkami. Znížený gradient medzi source – sink spôsobuje redukcii sacharidov vo floéme. Na tento vzťah dôrazne vplýva aj vodný stres. Okrem základného ovplyvnenia strany source sa pri vodnom strese menia aj hodnoty sinku.

Redukcia počtu vyvíjajúcich sa zŕn ma negatívny spätnoväzbový vplyv na intenzitu činnosti source asimilátov, ale významne sa tiež menia hodnoty veľkosti sinku v dôsledku horšieho oplodnenia, zasychania blizien alebo životnosti peľu (KOSTREJ, 1992).

Aj u koreňov, ktoré sú významnými konzumentmi asimilátov mení pomer ku nadzemnej časti a to najmä vplyvom vodného stresu. Za predpokladu vhodnej dynamiky tvorby nadzemnej časti a príslušnej sušiny sa biologická úroda zvyšuje. U obilnín tvorí časť úrody podiel zrna, ale tá je závislá na ďalších faktoroch ako sú: počet klasov na jednotku plochy, počet zŕn v klase a hmotnosťou zŕn. Pôsobením vonkajších faktorov prostredia sa tieto faktory menia a zmenami ovplyvňujú úrodu negatívne.

Tento komplex sa nazýva zdroj asimilátov a predstavuje produkčný potenciál. Zároveň sa formujú aj základy a počty prvkov úrodnosti, odnoží, klasov, kláskov, kvetov, zŕn. Tento komplex sa nazýva spotrebiteľ asimilátov a predstavuje akumulčný potenciál. Má 3 časové etapy: založenie, maximálny počet, redukcia a kompenzácia úrodového prvku. Nedostatočná úroveň úrodového prvku môže byť kompenzovaná nadpriemernou úrovňou časove nasledujúceho úrodového prvku a to až po hmotnosť 1 000 zŕn (HTZ) počas naplňovania zrna asimilátmi. Rovnováha oboch komplexov je pre každú plodinu a odrodu determinovaná geneticky (potenciál) a realizovaná podľa pôdno-klimatických podmienok a technológie pestovania. Ťnou uvedenú rovnováhu vylepšujeme na vyššej produkčnej úrovni. Ide o zložitý dynamický komplex morfológických, anatomických a subbunkových štruktúr a fyziologických funkcií, vrátane spätných väzieb a interakcií a pozitívnych a negatívnych korelácií (URL 1).

3.3 Zmeny produkčných vlastností plodín v závislosti od podmienok prostredia

Zmeny produkcie plodín sa uskutočňujú v závislosti od podmienok prostredia, vplyvom abiotických, biotických faktorov. Rozhodujúci vplyv dobrých kvalitatívnych vlastností na úrodu má najmä pôda, klíma a podiel abiotických a biotických stresov. V nasledujúcich kapitolách sme sa priblížili k poznaniu a vplyvu týchto faktorov.

3.3.1 Podiel abiotického stresu na znižovaní primárnej produkcie rastlín

Medzi abiotické faktory, ktoré ovplyvňujú kvalitu a kvantitu úrod patrí najmä vplyv počasia, vlhkosť povrchu listov, vzdušná vlhkosť, zrážky, teplota, rýchlosť a smer vetra, vzdušné prúdy. Z ďalších faktorov, ktoré môžeme taktiež zaradiť do abiotických patrí aj hospodárenie na pôde, vplyv hnojenia a najmä hnojenie dusíkom, samotné pestovanie plodín a ich správne zaradenie do osevného postupu. Na rastlinách sa stres môže prejavovať vädnutím listov, ich starnutím a opadom, inhibíciou rastu nadzemnej časti a koreňov, zasychaním kvetov, poškodením plodov a redukciou úrod (GUILIONI et al., 1997, 2003, ISMAIL, HALL, 1999).

3.1.1.1 Znižovanie úrod v dôsledku sucha

Sucho je frekventovane zaužívaný termín, ktorý predstavuje dlhšie obdobie bez zrážok vedúce k nedostatku vody (PASSIUORA, 1996). Často býva zamieňaný s pojmom vodný stres, ktorý ho spravidla doprevádza a ktorý sa môže vyskytovať aj v relatívne krátkom časovom období alebo môže byť indukovaný inými stresmi. Obidva fenomény vedú k zvyšovaniu deficitu vody a spúšťajú rad nešpecifických a špecifických adaptačných reakcií. Z agronomického pohľadu stres zo sucha sa často definuje ako redukcia úrod pripisovaná vodnému deficitu. K porozumeniu regulácie produktivity rastlín je potrebné pochopiť koncepciu životnej stratégie rastlín. Stratégiou rastlín je obyčajne zabezpečiť prežitie určitou produkciou semien a optimalizáciou procesov.

Vzhľadom na strategickú dôležitosť obilnín v ľudskej výžive predstavujú hlavný biotický materiál pre štúdium tolerancie na sucho. Ich štruktúra, morfológia a ďalšie vnútorné predpoklady vedú k spúšťaniu a realizácii dvoch hlavných mechanizmov tolerancie na sucho.

Sucho je v celosvetovom meradle hlavným faktorom limitujúcim produktivitu plodín a pestovanie genotypov jednotlivých plodín s vysokým stupňom rezistencie k tomuto stresovému faktoru sa stalo kľúčovou požiadavkou pre dosiahnutie produkcie na efektívnej úrovni. Voda vytvára v bunkách rastlín disperzné prostredie pre koloidné plazmy, v ktorých prebiehajú všetky biochemické procesy látkovej výmeny, tvorby novej organickej hmoty, teda novej úrody. Aby tieto procesy mohli prebiehať normálne, musia byť bunky dostatočne nasýtené vodou – hydratované. Každá odchýlka od tejto hydratačnej úrovne, predovšetkým pri zápornej vodnej bilancii, teda vodnom deficite

dochádza k poklesu intenzity biochemizmov produkčného procesu a tým aj úrod. Dôležitým aspektom rezistencie rastlín na sucho je schopnosť pletív osmoticky sa prispôbiť podmienkam zníženej dostupnosti vody. K osmotickému prispôsobeniu dochádza akumuláciou anorganických iónov v symplaste alebo látok organickej povahy.

Osmotické prispôsobenie pletív asimilačných orgánov podmienkam postupnej dehydratácie je významným mechanizmom rezistencie rastlín na sucho. Umožňuje udržať obsah vody v pletivách a tým aj turgor buniek. Medzi najdôležitejšie úlohy osmotického prispôsobenia pletív podmienkam stresu patrí udržať turgor buniek, vodivosť prieduchového aparátu pre výmenu oxidu uhličitého a vody medzi listom a okolitým prostredím, udržanie rastu orgánov, zvýšenie využitia vody z pôdy. Udržanie týchto fyziologických procesov zabezpečí zvýšenie produktivity a hospodárskej suchovzdornosti plodín v stresových a normálnych situáciách.

Významnú úlohu v tolerancii rastlín na sucho majú aj prieduchy. Prieduchová regulácia strát vody sa zdá byť viac ako len odpoveď rastlín na vysychanie pôdy. Kyselina abscisová, syntetizovaná v apexe koreňov a transportovaná transpiračným tokom až do listov, zohráva úlohu signálu indikujúceho zatváranie prieduchov. Strata vody sa uskutočňuje prostredníctvom tých istých prieduchových štrbín ako absorpcia oxidu uhličitého. Zatváranie prieduchov možno vyjadriť ako zvýšenie rezistenice k difúzií oxidu uhličitého od hraničnej vrstvy až po intercelulárne priestory. Poľné plodiny vyvinuli mechanizmy na znášanie stresu zo sucha, v podmienkach ktorého sa prirodzene vyvinuli alebo domestikovali. Krajové odrody sú dobre adaptované na lokálne podmienky prostredia a majú vyvinuté rôzne morfológické, fenologické a fyziologické mechanizmy, ktorými efektívne využívajú disponibilné produkčné prostredie. Táto lokálna adaptácia predstavuje dominantný tlak a stáva sa najväčšou ťažkosťou v hodnotení suchovzdornosti rôzneho genetického materiálu v rôznych podmienkach. Priame poškodenie suchom sa prejavuje v dehydratácií pletív, ktoré postupne odumierajú, najmä vtedy, keď je vysychanie rýchle. Sucho na jar alebo na jeseň spôsobuje nepravidelné vzhádzanie rastlín. Pôdne sucho brzdí tvorbu adventívnych koreňov, a tým možnosť príjmu vody z pôdných vrstiev. Odnožovanie rastlín je vplyvom sucha slabé, obilniny majú obvykle len hlavné steblo a preto sa úrody zrna znižuje. Pri pôdnom a atmosferickom suchu sa listy najprv zvinú a neskoršie zvädnú. Najprv naschýňajú okraje, potom uschne postupne celý list. Všetky listy

nepodliehajú suchu rovnako. V období sucha čerpajú vrchné listy vodu a živiny z nižšie položených starších listov a v niektorých obdobiach aj z vytvárajúcich sa plodonostných orgánov. Najprv teda uschýňajú spodné listy. Vrchné listy sa zachovávajú dlhší čas. Pri obilninách sa obyčajne steblá nepredlžujú do vtedy, kým sa nezaložia všetky listy, články stebiel a súkvetie (BRESTIČ, OLŠOVSKÁ, 2001).

Fyziologické procesy sú vodným stresom brzdené v časovom poradí rast buniek, syntéza bielkovín, tvorba protochlorofylu, otvorenie prieduchov, fotosyntéza. Výsledkom je znížená tvorba asimilátov – sušiny, nižší počet alebo veľkosť, alebo aborcia už založených generatívnych orgánov, kvetov, semien a nakoniec nižšia úroda. Rastlina musí transpirovať tak z fyzikálnych, ako aj fyziologických príčin. Transpiračný prúd ochladzuje listy a dodáva vodu, minerálne živiny a metabolity, vrátane fytohormónov do nadzemnej časti. Rozhodujúcim regulátorom je prieduch. V ňom sa stretáva protismerný príjem CO₂ difúziou do fotosyntézy v chloroplaste a výdaj vody transpiráciou z listu von. Pri vyššom VSD je privretie prieduchov (v noci ich zatvára tma) regulované chemickým signálom z koreňových špičiek. Poslom je fytohormón kyselina abscisová (ABA). Pri vodnom deficite sa v rastline prudko zrýchľuje jej syntéza. Pri silnom zvädnutí bolo zistené až 40- násobné zvýšenie obsahu ABA (PROCHÁZKA et al., 1998). Koreňové špičky hodnotia - senzujú hydratáciu pôdy a následne vysielajú tento regulačný signál. Ďalší signál je hydratačný z listov samotných. Výsledkom je vytvorenie dynamickej rovnováhy medzi fotosyntézou a transpiráciou. Jej mechanizmus potrebuje ešte stále ďalší hlbší výskum. Jeho výsledky by spolu s genetickým zakódovaním mali pomôcť zvýšiť úrodovú toleranciu k suchu a efektívnosť využitia vody zo zrážok a závlah.

Rastliny by bez celého komplexu prispôsobení reagovali na suchu nepriaznivejšie. Sú to: prednostný vývin koreňovej sústavy jej rastom do hĺbky za vodou alebo tvorba nodálnych koreňov do šírky, anatomické prispôsobenia (väčšia odrazivosť svetla, hrubšia kutikula listu, vnorenie prieduchov do pokožky listu), morfológické možnosti (zmenšenie listovej plochy cez odumretie spodných listov), biochemické (syntéza osmoticky aktívnych látok, špecifických bielkovín) a pohybové prispôsobenia listov (skrúcanie), atď. Sú výsledkom evolúcie v príslušnom prostredí, ale aj šľachtenia.

3.3.1.2 Pokles produkcie rastlín vplyvom teploty prostredia

Vysoké teploty predstavujú enviromnetálny faktor, ktorého význam rastie s prehĺbujúcim sa globálnymi zmenami klímy. Teplota ovplyvňuje pravdepodobne všetky fyziologické procesy prebiehajúce v rastlinách. Bolo publikovaných množstvo prác popisujúcich negatívne účinky vysokých teplôt na rast, celkovú produktivitu biomasy i úrodu hospodársky významných častí rastliny. Na znížení úrody sa rôznou mierou podieľajú viaceré procesy ovplyvnené nárastom teploty. Zvýšenie teploty o 10°C zvyšuje rýchlosť dýchania približne dvojnásobne, čoho následkom je väčší počet predýchavaných asimilátov a nižšia primárna produkcia rastlín (DAVIDSON, JANSENS., 2006). V tejto súvislosti niektorí autori považujú zvýšenie nočných teplôt na nadoptimálnu úroveň za závažnejšie ako zvýšenie denných maxím (PENG et al., 2004). Vysoké teploty taktiež inhibujú transport asimilátov z listov (JIAO, GRODZINSKI., 1996), nasadzovanie generatívnych orgánov, rast koreňov (FERRIS et al., 1998) a ďalšie fyziologické faktory pôsobiace negatívne obzvlášť v interakcii s inými stresovými faktormi, predovšetkým zo suchom (ŽIVČÁK, 2009).

Teplotným a vlhkostným prostredím v poraste je vzduch a pôda. Pre charakteristiku tohto prostredia existuje celý rad ukazovateľov: teplota a vlhkosť vzduchu nad porastom, na rôznych úrovniach v profile porastu, teplota povrchu pôdy atď. Tieto parametre teplotného a vlhkostného režimu podstatne ovplyvňujú rýchlosť priebehu takých základných fyziologických procesov, ako je fotosyntéza, dýchanie, vodný režim, rast a pod. Za základné kvantitatívne charakteristiky stavu porastu sa používajú hodnoty veľkosti LAI a údaje o hmotnosti sušiny. Vzájomné vzťahy medzi nimi určujú stupeň zatienenia pôdy porastom, rýchlosť aktuálnej evapotranspirácie, rýchlosť transpirácie, turbuletnú výmenu tepla v prízemnej vrstve vzduchu a v konečnom dôsledku termický režim porastu.

Svetlo je jedným z najvýznamnejších činiteľov prírodného prostredia. Botanikovia a fyziológovia po stáročia upúťovali výrazné rozdiely v raste a tvaroch rastlín v tme a na svetle. Klíčence rastúce v tieni majú tendenciu predlžovať stonky. Klíčiace semená rastúce v tme sa výrazne líšia od rastových foriem vyvíjajúcich sa na svetle. Svetlo ovplyvňuje vývin rastlín aj pri veľmi nízkom toku, keď neprebíha fotosyntéza, v tomto prípade ide o využitie svetla ako signálu prostredia (MASAROVICHOVÁ et al., 2002).

Je to viditeľné aj neviditeľné žiarenie rôznych vlnových dĺžok od 300 – 3000 nm. Viditeľné žiarenie je v rozsahu 380 – 760 nm a vnímame ho ako svetlo. Neviditeľné je krátkovlnné teplotné žiarenie (760 – 3000 nm), ktoré zohrieva rastliny, pôdu, okolité predmety a preniká aj cez sklo. Ďalšou neviditeľnou zložkou, ktorá je prítomná v malom podiele je ultrafialové žiarenie (menej ako 400 nm).

Celkové slnečné žiarenie ktoré prichádza na Zem označujeme ako globálne žiarenie. Počas roka sa mení jeho množstvo ale úmerne aj množstvo svetla. V našich podmienkach najviac globálneho žiarenia pripadá na jún a najmenej na december. Pre rastliny rastúce v našich podmienkach je množstvo svetla v novembri, decembri a v januári nedostatočné, vo februári a októbri sotva uspokojivé a len od marca do septembra dostačujúce.

Viditeľné žiarenie (svetlo) je zdrojom energie, ktorú rastliny vyžadujú na fotosyntézu. Preto sa označuje ako fotosynteticky aktívne žiarenie (FAR). Globálne žiarenie obsahuje väčšinou 45 – 50% FAR.

Ultrafialové žiarenie – (do 400 nm) – predstavuje asi 7 % z celkového množstva slnečného žiarenia. Je silne pohlcované atmosférou a na zemský povrch sa dostáva len v malom množstve. Najviac tohto žiarenia sa nachádza vo vyšších nadmorských výškach, kde u rastlín spôsobuje príbrzdžovanie rastu a následne ich ružicový vzrast. Jeho negatívne pôsobenie zmierňuje tzv. ozónová vrstva nachádzajúca sa vo výške 15 - 25 km, ktorá zachytáva prenikajúce ultrafialové žiarenie. Viditeľné svetelné žiarenie – (400 – 750 nm) – tvorí 48 % z celkového množstva slnečného žiarenia. Je pre rastliny najdôležitejšie. Má význam ako zdroj svetla, teda najmä pri fotosyntéze a pri vývine rastlín. Má podľa svojich vlnových dĺžok rôzne sfarbenie a tvorí spektrum denného svetla. Infračervené žiarenie (nad 750 nm) predstavuje asi 45 % z celkového množstva slnečného žiarenia. Pre živé organizmy aj pre zemský povrch sú významné hlavne jeho tepelné účinky. Pri prechode atmosférou sa časť slnečnej energie rozptyľuje a pohlcuje. Vzniká tak rozptýlené žiarenie, ktoré sa šíri všetkými smermi. Rozptýli sa asi 25 % z celkového slnečného žiarenia. Pohlcovanie spôsobujú atmosferické plyny najviac oxid uhličitý, ozón, vodné pary a prachové častice. Atmosférou ľahšie preniká slnečné žiarenie s väčšími vlnovými dĺžkami. Vplyvom pohlceného slnečného žiarenia sa zemský povrch zohrieva a kumuluje teplo (URL 3). Takto vzniknutá tepelná energia sa môže zo zemského povrchu uvoľňovať. Jav, keď zemský povrch uvoľňuje pohlcenú tepelnú energiu dlhovlnným žiarením, pričom sa súčasne ochladzuje, nazývame vlastné

žiarenie zemského povrchu (vyžarovanie). Schopnosť zemského povrchu odrážať slnečné žiarenie sa nazýva albedo (A). Vyjadruje pomer odrazeného slnečného žiarenia k celkovému dopadajúcemu žiareniu.

Žiarenie pôsobí v troch rozdielnych smeroch :

- vo fotosyntéze
- pri raste
- pri fotoperiodizme.

Poznať vplyvy svetla na tieto faktory je veľmi dôležité pre každého pestovateľa.

Pestovanie rastlín si vyžaduje poznať požiadavky jednotlivých rastlín na svetlo, ale aj to, akými prostriedkami ich možno upravovať a regulovať tak, aby sa mohli rastliny optimálne vyvíjať. Pestovateľ môže vplyv svetla na rastlinu ovplyvniť najmä (voľbou stanovišťa, hustotou a organizáciou porastu pri jeho zakladaní a ošetrovaní). Nerešpektovanie svetelných nárokov rastlín spôsobuje rastlinám nežiadúce rastové a vývinové odchýlky.

Pri nedostatku svetla sa fotosyntéza spomaľuje až zastavuje, čo spôsobuje nedostatok asimilátov v rastlinách. V listoch sa tvorí málo energeticky bohatých látok, v noci sa úplne alebo z veľkej časti predýchajú, takže rastlinám chýbajú stavebné látky potrebné na ďalší rast.

Na rastlinách sa nedostatok svetla prejavuje spomalením rastu listovej plochy, žltnutím, vodnatením a rednutím rastlinných pletív a nízkym obsahom sušiny. Internódiá sa predlžujú, stonky slabnú, rastliny ľahšie podliehajú chorobám a sú citlivejšie na vplyvy prostredia. Nedostatok svetla brzdí aj kvitnutie. Zakladanie kvetov sa oneskoruje, alebo kvety v rôznych vývojových štádiách odumierajú, kvetov je málo a nie sú riadne vyvinuté.

Jav, pri ktorom rastliny trpia nedostatkom svetla sa nazýva etiolizácia. V rastlinnej výrobe sa etiolizácia využíva aj prakticky. Mnohé rastliny sa vysievajú hustejšie aby vytvárali jemnejšie pletivá, napr. krmoviny. Aj v záhradníctve sa využíva etiolizácia pri pestovaní čakanky a špargle, aby sa vytvárali jemné a krehké výhonky s vybielenou konzumnou časťou.

S pribúdajúcou intenzitou slnečného žiarenia sa rast zrýchľuje, ale len do toho času, kým sa neprekročí horná úroveň slnečného žiarenia, ktorá je pri jednotlivých druhoch rozdielna. Po jej prekročení sa rast spomaľuje, mení sa sfarbenie listov, blednú

farby kvetov, dochádza k poškodeniu rastlín, niekedy aj ku ich spáleniu. Mimoriadny význam má svetlo aj pre vývin rastlín. Pretože dĺžka osvetlenia prípadne zatienenia nie je na Zemi rovnaká, rastliny sa postupným vývinom takémuto striedaniu značne prispôbili.

Podľa požiadaviek na dĺžku slnečného svitu rastliny rozdeľujeme na :

- rastliny dlhého dňa – potrebujú pre normálny vývin dĺžku osvetlenia nad 12 hodín denne (väčšina obilnín, repa, strukoviny, mrkva, cibuľa, karfiol, špenát, d'atelinoviny, šalát, zemiaky).Patrí sem väčšina rastlín mierneho pásma,
- rastliny krátkeho dňa – vyžadujú dĺžku osvetlenia počas dňa menej ako 12 hodín (kukurica, slnečnica, konopa, sója, proso). Sú to väčšinou rastliny pochádzajúce z teplejších oblastí, ktoré v našich podmienkach utvárajú semeno na jeseň, prípadne sa rozmnožujú vegetatívne,
- neutrálne rastliny – pre ich normálny vývin nie je rozhodujúca dĺžka osvetlenia , a normálne sa vyvíjajú aj pri krátkom, dlhom aj nepretržitom osvetlení.

Rastliny citlivo reagujú aj na intenzitu slnečného žiarenia, ktorá závisí od výšky Slnka nad obzorom a mení sa počas dňa aj so zemepisnou šírkou. Čím kratšia je dráha slnečného žiarenia atmosférou, tým väčšia je intenzita svetla. Tento faktor úzko súvisí so stanovišťom, na ktorom rastliny pestujeme.

Rastliny podľa citlivosti na intenzitu slnečného žiarenia rozdeľujeme :

- svetlomilné, ktoré vyžadujú stanovište s priamym účinkom svetla
- tieňomilné, ktoré vyžadujú stanovište bez priameho svetla, obľubujú stanovištia v tiených lokalitách.

Pohltené slnečné žiarenie sa pre zemský povrch stáva zdrojom energie , ktorá sa mení na tepelnú energiu, zohrieva povrch pôdy a vďaka vodivosti pôdy preniká do jej hlbších vrstiev.

Množstvo tepla, ktoré sa dostáva na povrch zemegule, nie je všade rovnaké. Závisí od ročného obdobia, zemepisnej šírky, nadmorskej výšky, expozície terénu, oblačnosti a pod. Mení sa aj počas dňa. Počas dňa, keď na povrch zemegule dopadá slnečné žiarenie, prevažuje príjem tepla nad jeho uvoľňovaním – pôda sa zohrieva. V noci naopak nastáva strata tepla a dochádza k ochladzovaniu pôdy. Teplota v značnej miere ovplyvňuje všetky životné procesy rastlín.

Vzťah teploty a živých organizmov môžeme vyjadriť týmito teplotnými charakteristikami :

- minimálna teplota – znamená pre rastliny začiatok vegetačného obdobia na jar, pričom oziminy pokračujú v raste. Naopak v jesennom období sa pri minimálnej teplote obmedzujú všetky životne dôležité procesy, prestáva rast aj vývin. Minimálna teplota je rozdielna medzi jednotlivými rastlinami,
- optimálna teplota – jej rozpätie je rozdielne podľa rastlinných druhov a prebieha v nej rast a vývin v optimálnych podmienkach, ktoré danej rastline vyhovujú,
- kritická teplota – znamená pre rastliny poškodenie jednotlivých orgánov ale aj celých rastlín, prípadne aj ich odumretie. Môže ísť o plusové aj mínusové hodnoty teplôt.

Otepľovanie zemského povrchu závisí od viacerých činiteľov, najmä : charakteru zemského povrchu, dĺžky slnečného žiarenia, farby pôdy, vlhkosti pôdy, pôdnej prikrývky. K základným zákonitostiam patrí tiež aj rozdiel medzi zohrievaním pevniny a vodnej plochy.

Pevnina sa zohrieva rýchlejšie ako vodná plocha a teplotu odvádza do menšej hĺbky. Rýchlejšie ju však uvoľňuje vyžarovaním. Aj farba pôdy značne vplýva na pohlcovanie slnečného žiarenia. Tmavá pôda pohlcuje viac slnečného žiarenia (má nízke albedo) a zohrieva sa rýchlejšie ako pôda svetlá.

Vodná plocha prijíma slnečnú energiu pomalšie ako pevnina, ale odvádza ju do väčšej hĺbky. Zároveň získanú energiu uvoľňuje pomalšie.

Keďže voda potrebuje na zohriatie veľa tepla, vlhké pôdy sa pomalšie zohrievajú, na jar vysychajú veľmi pomaly a preto ich nemožno včas obrobiť. Teplota pôdy je dôležitým činiteľom aj s ohľadom na požiadavky rastlín. Tieto nie sú počas celého vegetačného obdobia rovnaké. Menia sa v závislosti od štádia vývinu rastlín. Dôležitú úlohu tu zohráva teplota pôdy a teplota vzduchu.

Rastliny znášajú určité rozpätie teplôt, ktoré sa môže pohybovať od minimálnych po maximálne, pričom sa môže počas vegetačného obdobia meniť. Dôležitým ukazovateľom pri pestovaní rastlín je tepelná vegetačná konštanta, ktorá predstavuje sumu teplôt, ktoré rastlina potrebuje počas vegetačného obdobia od zasiatia po zber.

Pôdnou teplotou sa rozumie teplota pôdy a pôdných substrátov a ovplyvňuje ju príjem slnečnej energie zemským povrchom a jej premena na tepelnú energiu. Vodivosť pôdy umožňuje prienik teploty do hlbších vrstiev pôdy a jej postupné zohrievanie.

Keďže počas dňa nastávajú pravidelné zmeny teploty nazývame ich denný priebeh teploty. Najnižšia (minimálna) teplota povrchu pôdy je pred východom Slnka. Počas dňa stúpa na maximum (medzi 12 až 13.hod.). Potom pozvoľna klesá až do východu Slnka.

Rozdiel medzi maximálnou a minimálnou teplotou nazývame denná amplitúda teploty. Teplota hlbších vrstiev pôdy závisí najmä od hĺbky a tepelnej vodivosti pôdy. Kyprá pôda sa rýchlo zohrieva na povrchu, ale teplo sa ťažšie dostáva do nižších vrstiev. Denné kolísanie teploty prestáva u nás v hĺbke asi 1 m a ročné asi v hĺbke 20 m, kde je už stála teplota.

Zmeny teploty pôdy, ktoré prebiehajú počas roka, dosahujú v našich podmienkach maximum v júli a minimum v januári. Príjem teploty pôdou počas roka je primeraný ročnému obdobiu.

V podmienkach Slovenska majú výrazný vplyv na vývin rastlín aj nízke teploty pod bodom mrazu, čo vyplýva zo striedania ročných období. Zamrznutie pôdy v zimných mesiacoch závisí od snehovej prikrývky. Priemerne pôda pod snehom zamŕza do hĺbky 0,30 – 0,40 m. Bez snehu zamŕza do hĺbky 0,8 - 1,0 m.

Význam sledovania teploty pôdy :

- rozhoduje o príjme vody rastlinou,
- rozhoduje o príjme živín,
- rozhoduje o raste koreňovej sústavy,
- rozhoduje o dýchaní rastlín,
- rozhoduje o mikrobiálnej činnosti pôdy .

Zohrievanie aj ochladzovanie vzduchu postupuje smerom od zemegule. Zem po západe Slnka naďalej vyžaruje teplo a zároveň sa ochladzuje. Na vyrovnanie teploty odoberá teplo prízemnej vrstve vzduchu , ktorá sa značne ochladzuje a dochádza k javu, keď je teplota povrchu pôdy o 2 – 6°C nižšia ako vo výške 2 m nad povrchom. Tomuto javu hovoríme teplotná inverzia . Prejavuje sa vo forme prízemných mrázikov, ktoré môžu spôsobiť značné škody vo vinohradníctve, zeleninárstve, ovocinárstve.

Najčastejšie sa vyskytujú v uzatvorených údoliach, do ktorých steká chladný vzduch z vyšších polôh. Takéto lokality sú nevhodné na pestovanie chúlolistivých plodín.

Teplota vzduchu ako jedna zo základných životných podmienok ovplyvňuje príjem živín, transpiráciu, fotosyntézu, dýchanie ale aj iné životné funkcie rastlín, ktoré sa priamo či nepriamo podieľajú na tvorbe úrod rastlín.

Hlavným zdrojom zohrievania vzduchu je zemský povrch. Tu nastáva výmena tepla medzi ním a atmosférou. Teplota vzduchu závisí od teploty zemského povrchu, od vlhkosti a prúdenia vzduchu. Vzduch zohriaty zemským povrchom je ľahší, vystupuje smerom hore, kde sa zároveň rozpína a ochladzuje.

Stúpaním do vyšších vrstiev sa na každých 100 m ochladí o 0,65°C. Tento pokles teploty v smere zdola nahor sa nazýva vertikálny teplotný gradient.

Na miesto vzduchu, ktorý vystúpil smerom hore, klesá chladnejší vzduch, ktorý sa dotykom s povrchom pôdy znova otepluje. Tento dej, ktorý sa odohráva neustále vo vnútri vzduchovej hmoty sa nazýva adiabatický dej. Pohyb vzduchu, jeho otepľovanie, ochladzovanie a vzájomné miešanie vplýva na jeho teplotu.

Teplota v rastline ovplyvňuje :

- transport asimilátov
- aktivitu delivých pletív
- predlžovanie rastu.

Transport sacharidov vytvorených v listoch k rastovým vrcholom je možný len pri vyššej teplote. Pri nízkej teplote sa sacharidy ukladajú vo forme škrobu v listoch, takže rastovým vrcholom chýbajú stavebné látky pre ďalší vývoj rastliny. Vyššia teplota je potrebná aj preto, aby mohlo pokračovať delenie buniek, tvorba základov listov a kvetov.. So zvyšovaním teploty sa rýchlejšie predlžujú bunky a internódiá.

Jednotlivé druhy rastlín sa môžu riadne vyvíjať len v určitom rozmedzí teplôt pôdy a vzduchu. Poznanie týchto teplôt je nevyhnutné pre pestovateľa rastlín na určenie a výber správneho stanovišťa a na určenie vhodného termínu sejby plodín.

Pri minimálnej teplote začínajú rastliny klíčiť a vyvíjať sa, pri najvyššej teplote tohto rozpätia všetky procesy vývinu prestávajú. Ak na vonkajších stanovištiach nastanú nepriaznivé rastové podmienky, ako nízka teplota, nedostatok svetla, sucho, rastliny reagujú spomalením až zastavením rastu a útlmom svojich životných funkcií. Pri

dlhodobejšom pôsobení nedostatkových činiteľov rastliny prechádzajú do vegetačného pokoja a rast obnovia až s príchodom priaznivejších podmienok.

Podobne ako teplota, aj vlhkosť vzduchu je dôležitým kvantitatívnym ukazovateľom fytoклímy porastu, určujúcim rýchlosť priebehu fyziologických procesov, rast a produkčnú výkonnosť. Vysoká korelačná závislosť medzi vlhkosťou vzduchu v medzilistovom priestore v poraste a rýchlosťou transpirácie s prieduchovým odporom a vodným potenciálom listov (BICHELE et al., 1982) dovoľuje použiť tento ukazovateľ ako kvantitatívny parameter do matematických modelov produkčného procesu. Naše zistenia kvantitatívnych dynamických vzťahov medzi teplotným a vlhkosťným režimom a rastovým stavom porastu nielen korešpondujú s výsledkami z literatúry (TOOMING, 1984, KEULEN, SELIGMAN, 1987, PENNING DE VRIES, 1989), ale ich aj tvorivo rozvíjajú.

Je veľa dôkazov, že frekvencia extrémov počasia a následných fyziologických stresov pre rastliny sa môže v budúcnosti zvyšovať. Teplota je základný rastový faktor a každý proces má minimálnu a optimálnu teplotu, špecifickú pre danú skupinu plodín, resp. pre danú plodinu. Minimálna, optimálna a maximálna teplota pre kľúčový proces tvorby úrody, t.j. rýchlosť fotosyntézy a následná distribúcia asimilátov do zberaných orgánov je pre hustosiate obilniny s C3 typom fotosyntézy (pšenica, jačmeň) rovná 0, 15 až 25 a 30°C . Pre kukuricu s C4 typom fotosyntézy, evolučne prispôsobenej vyššej teplote a efektívnosti využitia vody vo fotosyntéze , je to 8 až 10, 25 až 35 a 40 C. Je teda zreteľný nepriaznivý vplyv nadoptimálnej teploty na zdroj asimilátov, ale aj na ich distribúciu.

3.3.2 Biotický stres a jeho vplyv na úrodu

V poľnohospodárstve narastá na význame zvyšovanie tolerancie plodín voči enviromentálnym stresom. V dôsledku dopadu týchto stresov je výsledná úroda realizovaná asi iba do 75 % v porovnaní s potencionálnou úrodou.

Biotický stres nezahŕňa len stres zo živej prírody ale aj dôsledky vplyvov abiotických zložiek. Zabezpečenie dostatočného množstva biomasy, pre neustále sa zvyšujúci prírastok ľudstva je neodmysliteľná potreba zdokonaľovania agrotechnických procesov a šľachtenia čo najproduktívnejších, pritom ekologicky nenáročných a rezistentných na choroby a škodcov. Pritom aj rastliny vytvorili vlastné obranné

mechanizmy, či už chemické, anatomické alebo štrukturálne, ale ani nežiadúce vplyvy nezastavili svoj vývoj, čo dokazuje štúdium epidemiológie alebo fytopatológie. Treba však dodať, že nie všetky rastliny podliehajú poškodeniu, určité rastliny v konkrétnych podmienkach odolávajú atakom patogénov, čo vysvetľuje schopnosť rastlín zapájať rôzne mechanizmy odolnosti, ktoré vedú k udržaniu štrukturálnej a funkčnej celistvosti rastlín, k zameraniu škodlivých dôsledkov pre fyziologické procesy a produktivitu rastlín.

Biotický stres je úzko spätý aj s ďalšími faktormi meniacej sa klímy, najmä zvýšenou teplotou prostredia, pôdnymi faktormi ako aj faktormi atmosférickými. Globálne otepľovanie prináša veľký potenciál pre rozširovanie nových druhov patogénov typických pre naše ekologické pásmo, ale aj rozširovanie nových druhov patogénov z teplejších oblastí, zmeny v sezónnom výskyte patogénov, súvisiace nielen s celkovým nárastom teploty, ale aj frekventovanejšími teplotnými a zrážkovými výkyvmi počasia. Nestabilita v priebehu sezónneho počasia môže znamenať zvýšenie ataku hubových a bakteriálnych chorôb, čo si bude vyžadovať dostatočnú, najmä chemickú ochranu. Dokonca na sezónne výkyvy počasia nemusia stačiť ani mechanizmy tolerancie, resp. rezistencie integrovaných odrôd pestovaných plodín. Riziko zlyhania týchto odrôd z hľadiska ich náchylnosti k patogénom môže narásť. Dôležité je prijať a realizovať opatrenia zamerané na zmiernenie dôsledkov zmeny klímy, najmä pokiaľ ide o pokles veľkosti úrody a jej kvality spôsobené environmentálnymi faktormi. Len choroby a škodcovia spôsobujú každoročne redukciu úrod v našich podmienkach o viac ako 25%. Riešenie možno hľadať v rezervách agrotechnických opatrení, úpravách pestovateľského prostredia, vyriešenia problému nedostatku vody, minerálnych živín, v šľachtiteľských prístupoch tvorby nového odolnejšieho materiálu, transgenózach a pod.

Biotický stres zasahuje do integrity celého rastovo – produkčného procesu, môže inhibovať všetky hlavné úrodotvorné fyziologické procesy. Fotosyntéza je hlavný proces tvoriaci biomasu. Patogény môžu ovplyvniť štruktúru i funkčnú integritu tohto procesu, od štruktúry chloroplastov, tvorby chlorofylu, cez svetelné i temnostné reakcie až po proces tvorby a distribúcie asimilátov a plnenie sinkov. Vzhľadom na to, že geneticky je proces fotosyntézy dostatočne stabilný, našou snahou by malo byť zvýšenou rezistenciou rastlín udržať vysokú fotosyntetickú aktivitu listového aparátu, produkujúceho asimiláty a zabrániť rýchlemu rozvoju patogéna v rastline. Jedným

z riešení by malo byť šľachtenie na hypersenzitívnu reakciu rastlín, resp. na anatomické a morfológické vlastnosti predchádzajúce napadaniu patogénmi.

Zabezpečenie dostatočnej výživy pre rastlinu je predpokladom udržania turgoru, fotosyntetickej aktivity, rastu a tvorby asimilátov. Regulovať a optimalizovať výživový stav v rastlinách je základom dosiahnutia požadovanej úrody a podmienkou zvýšenia odolnosti voči patogénom. Dôležitým aspektom k pochopeniu a prekonaniu chorôb v rastlinách je tiež štúdium obranných mechanizmov rastlín, ktoré sa realizujú štruktúrnymi, anatomickými a chemickými mechanizmami a úspešná geneticko – fyziologická manipulácia s nimi. Kultúrna rastlina má v porovnaní s divorastúcimi druhmi zmenený priebeh základných reakcií. Väzba medzi rastlinou a prostredím zabezpečuje homeostázu aj v stresových podmienkach (DUBERT, 1996).

Najvýznamnejším faktorom, ktorý ovplyvňuje vznik a vývoj chorôb je človek. Je to celá rada spôsobov zavlečenia chorôb z jednej oblasti do inej oblasti, prístup človeka ku vzniknutej situácii a jeho schopnosť riešiť vzniknutú situáciu (Kranz, Rotem, 1988).

V dôsledku ľudskej činnosti sa mnohé kultúrne rastliny postupne vytrácali a v súčasnosti sa vyskytujú v ich prirodzenej lokalite v obmedzenej miere. Tým klesá aj biologická diverzita rastlín, ktorá je našim hlavným biologickým bohatstvom. Preto sa dnes týmto problémom zaoberá mnoho organizácií, vznikajú mnohé medzinárodné právne dokumenty a uskutočňujú sa identifikácie, hodnotenia a inventarizácie odrôd v génových bankách. Tieto odrody je možné využiť či už v potravinárstve, priemysle, medicíne alebo rastlinnej výrobe ako zdroj nových vlastností (JURKOVIČOVÁ, 2007).

Z pohľadu fytofyziológie je potrebné riešiť otázku klimatických zmien dôkladným poznaním zákonitostí fyziologických procesov rastlín. Takto spoznané procesy môžu objektívne a racionálne využívať agronómovia a šľachtitelia. Nevyhnutným sa javí využitie analýzy reakcii celej intaktnej rastliny v období účinku stresu, ako aj po uplynutí účinku v inak normálnych podmienkach (nie v tzv. "akademických") v rozdielnych obdobiach ontogenézy. V prípade ak stres pôsobí na nepripravenú rastlinu rýchlo, bezprostredne s prerušením rastu, t.j. bez zapojenia reakcií na úrovni organizmu, vtedy poškodenie závisí od stability všetkých štruktúr - od molekulárnych, subbunkových do anatomicko-morfológických. V prírode sa však častejšie vyskytuje stres postupný – gradujúci, dlho pôsobiaci s nie vysokou silou, v dennom cykle sa často striedajúci s pomerne priaznivými obdobiami pre rast, tak vtedy

má základný význam stabilita (odolnosť) funkcií a adaptačné procesy realizujúce sa najmä cestou rastu rastliny. Funkčná odolnosť má mimoriadny význam v podmienkach veľkých denných a sezónnych amplitúd faktora (teploty, vodnej zásobenosti). Problémy odolnosti na ekologickej úrovni si vyžadujú analýzu systému pôda – klíma -rastliny; orgán - rastlina; poškodenie – adaptácia - odolnosť.

Reakcia rastliny je výsledkom interakcií rôzne starých, funkčne špecifických orgánov, medzi ktorými sa tvoria určité korelatívne resp. konkurenčné vzťahy. Často sa totiž sleduje iba určitý list a zabúda sa na koreňovú sústavu, generatívne orgány, ktoré často priamo, alebo nepriamo reagujú na stresy (ZIMA et al., 1990).

4 Súčasné trendy v oblasti zvyšovania a udržania produktivity obilnín

Získavanie nových poznatkov v oblasti šľachtenia a biotechnológií nám predurčuje skvalitnenie a obohatenie poľnohospodárstva o nové odolnejšie odrody, ktoré prispejú k zvyšovaniu produkcie úrody.

K základným princípom modelovania úrod poľnohospodárskych plodín patrí určenie vzťahu medzi biologickým potenciálom rastliny a faktormi prostredia, teda jeho energetickým a vlhkovým režimom. Vo viacerých literatúrach je uvádzaná aj genetická dôležitosť odrôd v poľnohospodárstve. Hlavnou úlohou genetických zdroj je zabrániť úbytku jednotlivých druhov plodín. Genetické zdroje sú neodmysliteľnou súčasťou poľnohospodárstva, ich diverzita je predpokladom adaptácie rastlín k patogénom, klíme a suchu.

4.1 Impulzy pre šľachtiteľstvo

V celosvetovom meradle je hlavným opatrením v boji proti suchu zavlažovanie. Na druhom mieste je šľachtenie na zvýšenú toleranciu k suchu a na suchovzdornosť, výber vhodných genotypov a kvalitné, morené osivo. Na treťom mieste je technológia pestovania, vrátane optimalizácie harmonickej minerálnej a organickej výživy rastlín, optimalizácia osevného postupu a ochrany tak, aby sa stabilizovali úrody a ich kvalita. Tým sa zvýši aj efektívnosť využitia vody, minerálnych živín a ochranných agrochemikálií v tvorbe úrody. Všetky tieto vstupy budú mať narastajúcu cenu. Najmä o vodu budú súťažiť všetky sektory hospodárstva a obyvatelia, ale aj celé regióny a štáty (URL 2).

Komplexom výberu plodín a odrôd, kvalitným a moreným osivom a tvorivou optimalizáciou technológie pestovania, vrátane výživy, ochrany, systému obrábania pôdy, výberu osevného postupu, udržania obsahu organickej hmoty a vododržnosti pôdy je ho možné eliminovať čiastočne. Z fyziologického hľadiska ide o čo najskoršie pokrytie pôdy a docielenie optimálnej listovej plochy a fotosyntézy a o založenie a udržanie optimálneho počtu a rozmeru prvkov úrodnosti, ako aj distribúcie sušiny do zberaných orgánov. Vyššie nadnormálové teploty urýchľujú zakladanie úrodových

prvkov, ale skracujú dĺžku ich zakladania a vývinu a pôsobia negatívne na tvorbu úrody. Vodný stres samotný je najčastejšou príčinou depresie fyziologických úrodotvorných procesov a ročníkových poklesov úrod v našich klimatických podmienkach. Zvýšené teploty zvyšujú evaporačnotranspiračný deficit a prehlbujú vodný stres. Budovanie skladovacích kapacít a opatrenia na zmiernenie odbytových a cenových výkyvov sú v rámci EÚ a SR nevyhnutné.

Krajové odrody by mali byť uchovávané pre budúce generácie, pretože uchovávajú rôznorodosť zaujímavých znakov pre budúcu šľachtiteľskú prácu a pre rozvíjajúce sa farmárske systémy. Pretože mnohé krajové odrody už úplne vymizli, v posledných rokoch boli vyvinuté iniciatívy na záchranu týchto genetických zdrojov na národnej a medzinárodnej úrovni (BENEDIKOVÁ, 2006).

Práca s genofondom kultúrnych rastlín má u nás tradíciu už od začiatku minulého storočia, kedy sa zhromažďovaním a štúdiom genetických zdrojov rastlín pre výživu a poľnohospodárstvo zaoberali niektoré šľachtiteľské a semenárske pracoviská.

Skvosty genetických zdrojov sú reliktné odrody, ktoré sú významné či už z hľadiska ekologického, medicínskeho, potravinárskeho alebo priemyselného. Ich genofond, ktorý môže byť donorom cenných vlastností, je možné využiť pri šľachtení a vylepšovaní nových odrôd. Vytrácaním reliktných druhov, v dôsledku poľnohospodársko-industriálnej revolúcie a genetickej erózie, sa znižuje aj naše prirodzené biologické bohatstvo-biologická diverzita. Zhromažďovanie a hodnotenie genetických zdrojov slúži pre aplikovaný výskum tvorby nových materiálov s vysokou technologickou kvalitou a odolnosťou k nepriaznivým faktorom prostredia, čiže pre tvorbu nových odrôd, ktoré nachádzajú uplatnenie v praxi a prispievajú k rozvoju nielen rastlinnej výroby, ale aj iných priemyselných odvetví (JURKOVIČOVÁ, 2007).

Špeciálne šľachtenie na suchovzdornosť u nás a ani v značnej časti, najmä západnej Európy, neexistuje. Vyššia tolerancia súčasných odrôd k suchu sa docielila nepriamo cez šľachtenie na vyššie úrody, vrátane šľachtenia postupne sa meniacou prírodou - otepľovaním a aridizáciou v šľachtiteľských škôlkach a príslušnou selekciou aj v laboratórnych a poľných testoch produkčnej výkonnosti. Pre arídnejšiu strednú a východnú Európu je však na zváženie aj započatie aspoň testovania novošľachtencov v regulovaných podmienkach vlhkosti pôdy, resp. koreňových substrátov. Priame ciele šľachtenie na suchovzdornosť nebude jednoduché. Ide o komplexný kvantitatívny polygénovo kódovaný znak a aj o v pôde skrytú absorpčnú a metabolickú mohutnosť

koreňovej sústavy, optimálny pomer koreňovej sústavy k nadzemnej časti a reguláciu transpirácie a fotosyntézy a následných metabolizmov a translokácie asimilátov. Na druhej strane, pokročilé znalosti mechanizmov procesov, až po molekulárnu úroveň a využitie možností ako konvenčného, tak molekulárneho šľachtenia a genetického inžinierstva vôbec, by malo byť impulzom pre tento typ šľachtenia.

4.2 Biotechnologické aplikácie v zvyšovaní úrod

Biotechnologické aplikácie chápeme v širšom slova zmysle ako aplikačné využitie biologických organizmov, systémov, princípov, metód alebo procesov na získavanie ekonomicky významného produktu. V užšom slova zmysle sa biotechnológia chápe ako využitie rastlinných buniek a bunkových štruktúr na produkciu sekundárnych látok.

Smery budovania rastlinných biotechnológií podľa MASAROVICHOVEJ a REPČÁKA (2002) môžeme rozdeliť do týchto bodov:

1. Použitie pletivových kultúr v poľnohospodárstve na rýchlu a ekonomicky rentabilnú mikropropagáciu rastlín, vrátane bezvírusových rastlín. Ako príklad môžeme uviesť kultiváciu apikálneho meristému, v ktorom sa vírus nenachádza a následne vypestovanie rastlín z neho. Takto možno zbaviť vírusových ochorení vegetatívne množené a hospodársky významné plodiny.
2. Získavanie geneticky modifikovaných taxónov a bunkových kolónov metódami génového inžinierstva. Sem patrí hybridizácia somatických buniek, všetky prenosy génov do rastlinnej bunky, získavanie a využitie haploidov, mutagenéza a selekcia mutovaných buniek. Ako zvlášť významné sa považuje obohacovanie genómu o novú genetickú informáciu prostredníctvom vektorov. S používaním takto vytvorených transgénnych rastlín sa nestotožnilo mnoho odborných pracovníkov, ale aj laikov najmä z oblasti eko - poľnohospodárstva. Treba však dodať, že napríklad pri ryži, ktorá zabezpečuje výživu pre 40 % obyvateľstva zeme by sa takýmto spôsobom zvýšila produkcia z doterajších 2 478 kg. ha na 6 000 kg. ha bez používania herbicídov a insekticídov. Zvýšila by sa jej odolnosť proti škodcom, hubovým chorobám a bakteriálnym.
3. Získavanie významných látok pre medicínu (cytostatík, chemoterapeutík, látok využiteľných pre kardiovaskulárne ochorenia) a látok pre potravinárstvo. Tieto

postupy predpokladajú využitie veľkokapacitného pestovania rastlinných buniek v bioreaktoroch, chemostatoch, prípadne na trepačkách. Pri zvyšovaní produkcie žiadaných sekundárnych metabolitov sa využíva selekcia klonov na bunkovej úrovni, indukcia vysokoprodukčných mutantov a génové manipulácie. Ako perspektívne sa ukazujú metódy, ktoré využívajú imobilizované bunkové systémy.

4. Zachovanie genofondu najmä ohrozených taxónov v génových bankách. Takéto banky sa dnes zakladajú na celom svete, ako materiál sa používajú semená, rastlinné orgány, kalusy a bunkové kultúry. Procesy uchovania sa kombinujú s kryokonzerváciou, spojenou s hlbokým zamrazením po relatívne dlhý čas. Nasledujúce rozmrazenie, nám umožňuje v prípade potreby siahnuť po žiadanom genotype.

5. Metódy používané na charakterizovanie fyziologických procesov.

Fluorescencia chlorofylu *a* je neinvazívna metóda, ktorá sa vo fyziológii rastlín používa už niekoľko rokov na monitorovanie výkonnosti fotosyntetického aparátu. Princíp metódy vychádza zo skutočnosti, že fluorescencia pochádza prioritne z molekúl chlorofylu spojených s PSII, s malým podielom fotosystému PSI. Vzájomný vzťah medzi fotosyntetickou výkonnosťou a parametrami fluorescencie je predmetom skúmania z hľadiska ich využitia v skríningu na zvýšenú výkonnosť (BAKER, ROSENQUIST, 2004).

Záver

Na základe študovaných poznatkov a zhromaždených informácií z vedeckej a odbornej literatúry, po ich spracovaní a analýze sme dospeli k nasledovným záverom, že:

- rastové fyziologické procesy a produktivita rastlín je determinovaná vonkajšími činiteľmi, ktoré ovplyvňujú rôznou mierou výsledný efekt. Zvýšená pozornosť by sa mala z hľadiska stresového pôsobenia klásť na elimináciu negatívneho dopadu stresu, škodcov, ale aj chorôb na efektívnosť produkčného procesu.
- Produkčný proces by sme mali hodnotiť ako biologický systém vstupu a výstupu energie a živín, ktorý vyžaduje analyzovať, identifikovať a kvantifikovať faktory prostredia, ktoré podmieňujú potenciálnu produkciu. Je potrebné charakterizovať tie fyziologické a morfológické vlastnosti plodín, ktoré podmieňujú schopnosť využívať energiu žiarenia. K týmto zahrňujeme rýchle sformovanie optimálneho LAI, účinnú fotosyntézu celého porastu a jednotlivých listov, efektívnu distribúciu asimilátov do ekonomického produktu.
- Vo výskumných prácach sa stretávame s viacerými koncepciami a možnými prístupmi k riešeniu, na jednej strane je to eko – fyziologický výskum, ktorý sa snaží optimalizovať fyziologické prostredie a hľadať vzťahy medzi faktormi a procesmi v systéme pôda – rastlina – atmosféra. Na strane druhej sú to prístupy z hľadiska genetického a šľachtiteľského.
- Poznanie biologických zákonitostí, ich využitie v biotechnológiách pri tvorbe nových genotypov ale aj ich zohľadnenie v pestovateľskej praxi môže nappmôcť k dosahovaniu pravidelných a dostatočne vysokých úrod aj v podmienkach meniacej sa globálnej klímy.

Zoznam použitej literatúry

BAKER, N. R., ROSENQUIST, E: 2004. *Application of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities*. In: *Jurnal of Experimental Botany*, 2004, vol. 55, no403, pp. 1907 – 1621. <<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=16019701>>. [cit. 2010-04-17].

BENEDIKOVÁ, D. 2006. Ochrana genetických zdrojov rastlín a jej integrácia s Európskym kooperatívnym programom. Výskumný ústav rastlinnej výroby Piešťany.

BICHELE, Z. N. et al.,*Matematickeškoje modelirovanije transpiraciji i fotosinteza rastenij pri nedostatke počvennoj vlagi*. Leningrad, Gidrometeoizdat 1982.

BOYER, J. S. : *Plant productivity and enviroment*. In: *Science* 1982, č. 218, s. 443 - 448.

BRESTIČ, Marián – OLŠOVSKÁ, Katarína. 2001. *Vodný stres rastlín: príčiny, dôsledky, perspektívy*. Nitra : SPU, 2001. 149 s. ISBN 80-7137-902-6.

CHAPIN, J. S. – MATSON, P.A. MOONEY, H. A. 2002. *Principles of terrestrial ecosystem ecology*. Springer Verlag, New York, 436 s., ISBN 0 – 387 – 95443 – 0.

DAVIDSON, E. A. – JANSSENS, I. A. – LUO, Y.: *On the variability of respiration in terrestrial ecosystems: moving beyond Q10*. *Global Change Biology*, 12, 2006. s. 154-164.

DUBERT. F. 1996. *Stress in vitro cultures*. In: *Rastlina v podmienkach stresu*. Nitra: SPU, 1996, s. 45 – 47.

DUNCAN. W. G. 1969. *Cultural manipulation for higher plant yealds*. In: BASTIN. J. R. et al., : *Physiology aspects of corp yeld*. ASA and CSSA, Madison USA, 1969, s. 327 – 342.

FERRIS, R. – ELLIS, R. H. – WHEELER, T.R. HADLEY, P.: *Effect of High Temperature Stress at Anthesis on Grain Yield and Biomass of Field-Grown Corps of Wheat*. *Annals of Botany*, 82, 1998. s. 631-639.

GUILIONI, L. – WÉRY, J. – LECOEUR, J.: High temperature and water deficit may reduce seed number in field pea purley by decreasing plant growth rate. *Functional Plant Biology*, 30, 2003. s. 1151-1164.

GUILIONI, L. – WÉRY, J. – TARDIEU, F.: Heat stress-induced abortion of buds and flowers in pea: is sensitivity linked to organ age or to relations between reproductive organs? *Annals of Botany*, 80, 1997. s. 159-168.

ISMAIL, A. M. – HALL, A. E.: Reproductive-stage heat tolerance, leaf membrane thermostability and plant morphology in coepea. *Crop Science*, 39, 1999. s. 1762-1768.

JIAO, J. – GRODZINSKI, B.: The effect of leaf temperature and photorespiratory conditions on export of sugars during steadystate photosynthesis in *Salvia splendens*. *Plant Physiology*, 111, 1996. s. 169-179.

JURKOVIČOVÁ, M. 2007. *Skovosty genetických zdrojov rastlín Slovenska*. Bakalárska práca. Bratislava. Univerzita Komenského. s. 40.

KEULEN, H. VAN – SELIGMAN, N. G.: Simulation of water use nitrogen nutrition and growth of a spring wheat crop. Wageningen. Pudoc 1987.

KOSTREJ, A. 1992. *Fyziológia porastu poľných plodín*. Nitra: VŠP.

KOSTREJ, A. et al, 1998. *Ekofyziológia produkčného procesu porastu a plodín*. 1. vyd. Nitra : SPU, 1998, 187 s. ISBN 80-7137-528-4.

KOSTREJ, A. et al. 2000. *Funkšné parametre produkčného procesu obilnín v meniacich sa podmienkach prostredia*. Nitra : Agroinštitút, 2000, 103 s. ISBN 81-9974-41.

LARCHER, W. 1995. *Physiological Plant Ecology. Ecophysiology and stress physiology of functional groups*. Springer Verlag, Berlin. 1995. 506s. ISBN 3-540-58116-2.

MASAROVIČOVÁ, Elena – REPČÁK, Miroslav et al. 2002. *Fyziológia rastlín*. 1. vyd. Bratislava : UK, 2002, 304 s. ISBN 80-223-1615-6.

PASSIOURA, J. B. *Drought and drought tolerance*. In: *Plant Growth Reg.* Č.20. 1996. 79 – 83 s.

PENG, S. B. – HUANG, J. L. – SHEEY, J. E. – LAZA, R. C. – VISPERAS, R. M. – ZHONG, X. H. – CONTENSO, G.S. – KHUSH, G. S. – CASSMAN, K.G.: *Rice yields decline with higher night temperature from global warming*. *Proceeding of the National Academy of Sciences*, 101, 2004. s. 9971-9975.

PENING DE VRIES, F.W. T. et al.: *Simulation of ecophysiological processes of growth in several annual crops*. Wageningen, Pudoc 1989.

PROCHÁZKA, S. et al. 1998. *Fyziologie rostlín*. Praha : Academia, 1998, 484 s. ISBN 80-200-0586-2.

REPKOVÁ, Jana. 2007. *Bioindikácia fyziologického stavu rastlín v ekosystéme v podmienkach enviromentálneho stresu*. Nitra : SPU, 2007. 98 s. [cit. 2010-03-15]. Dostupné<http://www.uniag.sk/SKOLA/rvv/doc/ddiz/2007/jana_repkova.pdf>.

ŠVIHRA et al., 1989. *Fyziológia rastlín*. Bratislava : Príroda, 1989. 348 s. ISBN 80-07-00049-6.

TOOMING, CH. G.: *Ekologičeskije principy maksimal'noj produktivnosti poshov*. Leningrad, Gidrometeoizdat 1984.

UŽÍK, Martin. 2009. *Podiel odrody na doterajšom vývoji úrod obilnín a prepektívy šľachtenia*. In: *Naše pole*, č. 25 VÚRV Piešťany [online]. [cit. 2010-05-01] .

VIDOVIČ, Jozef. 2009. *Fyziologické hľadiská a praktický dopad teplého a suchého počasia na produkčný proces poľných plodín*. In: *Naše pole*. č. 22 VÚRV Piešťany [online]. [cit. 2010-05-01].

Dostupné<<http://www.nasepole.sk/pole08/clanok.asp?ArticleID=22>>.

ZIMA, M. et al. 1997. *Fyziológia rastlín*. Nitra : SPU, 1997, 155 s. ISBN 80-7137-425-3.

ZIMA, M. : *Využitie primárnych zdrojov energie a vody na tvorbu biomasy a úrody pri regulovaní produkčnej scgopnosti pôdy*. Záverečná práca. Nitra. VŠP, 1990. 155 s.

ŽITNÁ, A. 1992. Využitie slnečného žiarenia v produkčnom procese poľných plodín. Diplomová Práca. Nitra. VŠP, 1992, s. 65.

ŽIVČÁK, M.: Účinok vysokých teplôt, prejavy aklimačných mechanizmov a ich detekcia na úrovni fotosyntetického aparátu bylín a drevín. Nitra, SPU. 2009.

Internetové zdroje

<http://www.bioweb.genezis.eu/index.php?cat=8&file=abiofaktory>

<http://www.bioweb.genezis.eu/index.php?cat=3&file=dychanie>