

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

2120586

**KLIMATICKÉ ZMENY A MOŽNOSTI VYUŽITIA
PRODUKČNÉHO POTENCIÁLU KAPUSTY REPKOVEJ
PRAVEJ Z HĽADISKA BIOENERGETIKY**

2010

Bc. Andrea Farkašová

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH
ZDROJOV

**KLIMATICKÉ ZMENY A MOŽNOSTI VYUŽITIA
PRODUKČNÉHO POTENCIÁLU KAPUSTY REPKOVEJ
PRAVEJ Z HĽADISKA BIOENERGETIKY**

Diplomová práca

Študijný program:	Udržateľné poľnohospodárstvo a rozvoj vidieka
Študijný odbor:	6.1.1 Všeobecné poľnohospodárstvo
Školiace pracovisko:	Katedra Fyziológie rastlín
Školiteľ:	prof. Ing. Marián Brestič, CSc.

Nitra 2010

Bc. Andrea Farkašová

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V
NITRE
FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH
ZDROJOV
Katedra Fyziológie rastlín

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁVACÍ PROTOKOL DIPLOMOVEJ PRÁCE

Študent: Bc. Andrea Farkašová

Študijný program: Udržateľné poľnohospodárstvo a rozvoj vidieka

V zmysle 3. časti, čl. 21 Študijného poriadku SPU v Nitre z roku 2008 Vám zadávam tému diplomovej práce:

**Klimatické zmeny a možnosti využitia produkčného potenciálu kapusty repkovej
pravej z hľadiska bioenergetiky**

Cieľ práce:

Všeobecným cieľom diplomovej práce je poukázať na závažnú a aktuálnu tému akou globálna zmena klímy je a vyvolať diskusiu o možnostiach riešenia súčasnej energetickej situácie prostredníctvom obnoviteľných zdrojov energií a to predovšetkým poľnohospodárskej rastlinnej biomasy.

Špecifické ciele diplomovej práce hodnotia prínosy a nevýhody poľnohospodárskej rastlinnej biomasy ako obnoviteľného zdroja energie a analyzujú priebeh rastovo-produkčného procesu a možnosti využitia produkčného potenciálu kapusty repkovej pravej z hľadiska bioenergetiky.

Rámcová metodika práce:

- vyhľadávanie a získavanie nových poznatkov o danej problematike,
- spracovanie literárneho prehľadu,
- oboznámenie sa so získanými poznatkami, sumarizácia a vyhodnotenie získaných výsledkov.

Rozsah textovej časti: orientačný počet: 80 strán**Literatúra:** orientačný počet domácich a zahraničných zdrojov: 40**Odporúčaná literatúra:**

- KOSTREJ, A. a i. 1998. *Ekofyziológia produkčného procesu porastu a plodín*. Nitra: SPU, 1998. 179 s. ISBN 80 – 7137-528-4.
- NÁTR, L. 2002. *Fotosyntetická produkce a výživa lidstva*. Praha: ISV nakladatelství, 2002. 399 s. ISBN 80-85866-92-7.
- ŠPÁNIK, F. - TOMLAIN J. 1997. *Klimatické zmeny a ich dopad na poľnohospodárstvo*. Nitra: SPU Nitra, 1997. 154 s. ISBN 80-7137-345-1.

Vedúci diplomovej práce: prof. Ing. Marián Brestič, CSc.**Dátum zadania diplomovej práce:** január 2009**Harmonogram postupu prác:** zadanie diplomovej práce: január 2009

vypracovanie literárnej rešerše: február 2009

spracovanie metodiky: jún 2009

spracovanie diplomovej práce: február – marec 2010

Dátum odovzdania diplomovej práce: 16. 04. 2010.....
prof. Ing. Marián Brestič, CSc.

Vedúci katedry

.....
prof. Ing. Daniel Bíro, CSc.

Dekan

Čestné vyhlásenie

Podpísaná Bc. Andrea Farkašová vyhlasujem, že som diplomovú prácu na tému „Klimatické zmeny a možnosti využitia produkčného potenciálu kapusty repkovej pravej z hľadiska bioenergetiky“ vypracovala samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomá zákonných dôsledkov v prípade, ak hore uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre dňa 16. apríla 2010

.....

Pod'akovanie

Touto cestou vyslovujem pod'akovanie pánovi prof. Ing. Mariánovi Brestičovi, CSc. za pomoc, odborné vedenie, cenné rady a pripomienky pri vypracovaní mojej diplomovej práce.

ABSTRAKT

FARKAŠOVÁ, Andrea: Klimatické zmeny a možnosti využitia produkčného potenciálu kapusty repkovej pravej z hľadiska bioenergetiky: (Diplomová práca) - Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov; Katedra fyziológie rastlín. – Vedúci diplomovej práce: prof. Ing. Marián Brestič, CSc. – Nitra, 2010-86 s.

Diplomová práca bola vypracovaná v rámci inžinierskeho štúdia na Fakulte agrobiológie a potravinových zdrojov v Nitre na Katedre fyziológie rastlín. Cieľom práce je analýza základných pojmov a faktorov, ktoré prináša klimatická zmena, a ktoré majú potenciálny dopad na rastlinnú produkciu. V špecifických cieľoch diplomovej práce hodnotíme prínosy a nevýhody poľnohospodárskej rastlinnej biomasy ako obnoviteľného zdroja energie a analyzujeme priebeh rastovo-produkčného procesu kapusty repkovej pravej (*Brassica napus L.*) s akcentom na kritické rastové fázy vo vzťahu k faktorom prostredia. Zo záverov práce vyplýva, že dopady klimatických zmien budú mnohostranné. Z pohľadu poľnohospodárstva je ich vnímanie možné v negatívnych, ale aj v pozitívnych zmenách. Treba však tieto zmeny chápať komplexne, predovšetkým v snahe o zmiernenie súčasnej energetickej situácie prostredníctvom obnoviteľných zdrojov energií a to predovšetkým poľnohospodárskej rastlinnej biomasy. Biomasa je pre budúce desaťročia v našich podmienkach najperspektívnejší obnoviteľný zdroj energie. Pokiaľ sa energetická biomasa špeciálne pestuje, prispieva sa tým k zachovaniu rázu krajiny a k ekonomike poľnohospodárskych výrobcov, a to hlavne v oblastiach menej vhodných k intenzívnej poľnohospodárskej produkcii. Meniace sa spoločenské a ekonomické podmienky, prílev nových poznatkov a skutočností z oblastí vedy, šľachtenia, techniky ako i požiadavky praxe nútia vedu a výskum reagovať na tieto podnety a venovať sa im. Predložená diplomová práca je takýmto pokusom o prehĺbenie nášho poznania v problematike energetických druhov rastlín, so zameraním sa na pestovanie kapusty repkovej pravej (*Brassica napus L.*), ktorej využitie je mnohostranné.

Kľúčové slová: klimatické zmeny, obnoviteľné zdroje energie, biomasa, kapusta repková pravá

ABSTRACT

FARKAŠOVÁ, Andrea: Climatic changes and the possibilities of use of production potential of brassica napus from the point of view of bionergetics. (Diploma work) – Slovak Agricultural University, Nitra. Faculty of agrobiolology and food sources, Department of plants physiology. Supervisor of the diploma work: prof. Ing. Marián Brestič, CSc. – Nitra, 2010 - 86 pp.

The diploma work was done during the engineering studies at the Faculty of agrobiolology and food sources in Nitra. The goal of the work is the analysis of basic expressions and factors which bring us climatic changes and which have some potential influence over the plant production. Specific goals of diploma work evaluate advantages and disadvantages of agricultural biomass and they analyze the progress of growth-production process of brassica napus with the emphasis of critical growth phases to the relationship to the environment. From the conclusion of the work it is obvious that there will be various influences of the climatic changes. From the point of view of agriculture, their perception is possible in negative but also in positive changes. It is needed to understand the changes as integrated, most of all the endeavour of reduction of the contemporary energetic situation through renewable resources of energy, most of all agricultural vegetal biomass. Biomass is the most perspective renewable resource of energy in our conditions for the future decenarries. Special growing of energetic biomass contributes to preservation of character of the nature and to economics of agricultural producers, mainly in the areas less advisable to intensive agricultural production. Science and research are forced to react to changing social and economic conditions, stream of new knowledge about scientific facts and plant breeding. The diploma work is an attempt to deepen our knowledge in the problems of energetic types of plants, especially brassica napus, where use of it is many-sided.

Key words: climatic changes, renewable resources of energy, biomass, brassica napus

Obsah

Obsah	8
Zoznam ilustrácií	10
Zoznam tabuliek	12
Zoznam skratiek a značiek	13
Úvod	14
1. Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky	16
1.1. Klimatické zmeny a ich príčiny.....	17
1.1.1. Koncentrácia CO ₂ v atmosfére.....	18
1.1.2. Fotosyntéza a ekologické aspekty vplyvu CO ₂	19
1.1.3. Priame a nepriame účinky CO ₂ na rastliny.....	22
1.1.4. Tolerancia rastlín na extrémne faktory prostredia.....	24
1.1.5. Dôsledky klimatických zmien.....	26
1.2. Klimatické zmeny a bioenergetika	28
1.2.1. Biomasa ako obnoviteľný zdroj energie.....	30
1.2.2. Výhody a nevýhody využívania biomasy.....	35
1.2.3. Využitie poľnohospodárskej biomasy na Slovensku.....	37
1.3. Bioenergetika - potenciál Kapusty repkovej pravej (Brassica napus L. spp. napus)	44
1.3.1. Fyziologicko - produkčné aspekty Kapusty repkovej pravej.....	46
1.3.2. Faktory produkčného procesu.....	48
1.3.3. Produkčný a energetický potenciál Kapusty repkovej pravej.....	51
1.4. Riešenie a dôsledky klimatických zmien v SR v oblasti poľnohospodárstva	54
2. Cieľ práce	60
3. Metodika práce	61
3.1. Charakteristika pokusného stanovišťa.....	61
3.2. Charakteristika biologického materiálu.....	62
3.3. Merané rastové charakteristiky.....	64

4. Výsledky práce a diskusia.....	65
4.1. Výsledky práce v rámci riešených všeobecných cieľov.....	65
4.1.1. Analýza faktorov dopadu klimatických zmien na poľnohospodárstvo...	65
4.2. Výsledky práce v rámci riešených špecifických cieľov.....	66
4.2.1. Prínosy a nevýhody poľnohospodárskej rastlinnej biomasy ako obnoviteľného zdroja energie.....	66
4.2.2. Priebeh rastovo-produkčného procesu a možnosti využitia produkčného potenciálu repky olejky z hľadiska bioenergetiky.....	68
5. Návrh na využitie výsledkov.....	72
Záver	73
Zoznam použitej literatúry.....	76
Prílohy.....	81

Zoznam ilustrácií

Obr. 1 [Emisný rozdiel z fosílnych palív v rozmedzí rokov 1850 – 2100]	18
Obr. 2 [Teplotné anomálie korelujú výraznejšie s parametrami slnečného cyklu ako s obsahom oxidu uhličitého v ovzduší].....	19
Obr. 3 [Schéma fotosyntézy – fotochemická fáza]	21
Obr. 4 [Konceptný model znázorňujúci vplyv zvýšenej koncentrácie CO ₂ na produkciu rastlín, mikrobiálnu aktivitu a cyklus C živín].....	22
Obr. 5 [Technický využiteľný potenciál biomasy v SR].....	33
Obr. 6 [Niektoré technologické možnosti energetického využívania biomasy].....	41
Obr. 7 [Kapusta repková pravá (repka olejka, forma ozimná, Brassica napus L. spp. napus.).....	45
Obr. 8 [Rýchla svetelná krivka – porovnanie šesúľ rôzneho štádia nalievania a semien]	47
Obr. 9 [Plochy, produkcia a priemerné hektárové úrody olejnín v SR].....	49
Obr. 10 [Porovnanie vlastností fotosyntetického aparátu hydratovaných a dehydratovaných]	50
Obr. 11 [Porovnanie jednotlivých biopalív vo výťažnosti energie zo spracovanej biomasy na 1 ha pestovaných plodín, prevedenej na prejdené kilometre].....	52
Obr. 12 [Predpokladaný vývoj výroby elektriny z OZE v rokoch 2010 a 2015].....	66

Obr.13 [Porovnanie prínosov a nevýhod poľnohospodárskej rastlinnej biomasy a bioplynu].....	67
Obr. 14 [Index listovej pokrývnosti (LAI v $m^{-2} \cdot m^{-2}$)].....	69
Obr. 15 [Čistý výkon fotosyntézy (NAR) rôznych odrôd kapusty repkovej pravej v sledovanom období].....	69
Obr. 16 [Rýchlosť rastu porastu (CGR v $g \cdot m^{-2} \cdot deň$)].....	70
Obr. 17 [Fotosyntetický potenciál (LAD v $m^{-2} \cdot m^{-2}$)].....	71
Obr. 18 [Priemerná výška rastliny repky olejnej].....	82
Obr. 19 [Priemerná plocha 1 rastliny repky olejnej].....	82
Obr. 20 [Priemerný počet listov na 1 rastline repky olejnej].....	83
Obr. 21 [Priemerný počet bočných vetiev na 1 rastline repky olejnej].....	83
Obr. 22 [Celková sušina 1 rastliny repky olejnej].....	84
Obr. 23 [Priemerný počet šesúľ na 1 rastline repky olejnej].....	84
Obr. 24 [Priemerná hmotnosť šesúľ na jednej rastline repky olejnej].....	85
Obr. 25 [Diplom z XV. vedeckej konferencii študentov s medzinárodnou účasťou v sekcii Fyziológia rastlín a botanika].....	86

Zoznam tabuliek

Tab. 1 [Celkový energetický potenciál poľnohospodárskej biomasy].....34

Tab. 2 [Celková ročná produkcia poľnohospodárskej biomasy vhodnej na výrobu tepla
v SR].....35

Zoznam skratiek a značiek

ATP Adenozíntrifosfát

Btl "biomass to liquid" - tzv. biopalivo druhej generácie

CO₂ Oxid uhličitý

EK Európska komisia

GCM Global climate model

GEF Medzinárodný fond pre životné prostredie

GJ gigajoule (10^9 J)

GMO Geneticky modifikované organizmy

H₂O voda

hPa hekto pascal

CH₄ metán

IPCC Medzivládny panel pre zmenu klímy

IPPC Medzivládna skupina klimatických zmien

kW kilowatt (10^3 W)

kWh kilowatthodina (10^3 Wh)

LULUCF Sektor poľnohospodárstva a lesníctva

MERO Metylester repkového oleja

MH SR Ministerstvo hospodárstva SR

MJ mega Joule

MP SR Ministerstvo pôdohospodárstva SR

MPa mega pascal

MW megawatt (1×10^6 W)

MŽP SR Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky

N₂O oxid dusný

NADPH nikotínamidadenín-dinukleotidfosfát

O₃ ozón

OZE Obnoviteľné zdroje energie

Pj petajoule (10^{15} J)

PJt petajoule tepla

TWh terawatthodina. (10^{12} Wh)

TWhe terawatthodina elektrického výkonu

UNFCCC Rámcový dohovor OSN o klimatických zmenách

Úvod

Otázka globálnych zmien klímy sa stala za posledné roky vedeckým, politickým a v neposlednom rade i ekonomickým problémom. V celosvetovom meradle patrí sucho k najzávažnejším faktorom limitujúcim úrody hlavných poľnohospodárskych plodín. V meniacich sa klimatických podmienkach prostredia je potrebné zamerať sa na pestovanie a vývin rastlín s vlastnosťami, ktoré im umožnia odolávať environmentálnym zmenám, najmä suchu a extrémnym teplotám. Z pohľadu fytofyziológie je potrebné riešiť otázku klimatických zmien dôkladným poznaním zákonitostí fyziologických procesov rastlín.

V súčasnom období, keď pozorujeme znižovanie zásob fosílnych nerastných surovín a uvedomujeme si, čo technický a priemyselný rozvoj spôsobil v klimatickej oblasti, sa vedci vracajú k trvalo udržateľnejšiemu správaniu a preferujú energiu vody, slnka, vetra, geosféry a biosféry. Uvedomujú si, že energia z alternatívnych zdrojov, ktoré nám ponúka sama príroda, sú nevyhnutným riešením v diverzifikácii energetických zdrojov. Na druhej strane je potrebné si uvedomiť, že energia získaná z fytomasy či zoomasy nemôže riešiť otázky zásobovania „veľkej energetiky“, prvoradou úlohou poľnohospodárstva je zabezpečenie potravinovej sebestačnosti. Avšak v podmienkach Slovenska, kde je podľa poslednej schválenej Dlhodobej stratégie využívania poľnohospodárskych a nepoľnohospodárskych plodín na priemyselné účely nevyužívaných vyše 300 000 ha poľnohospodárskej pôdy, by bolo hazardom nezužítkať to, čo sa nám samo ponúka. V poľnohospodárstve sa neefektívne zaobchádza s odpadmi, ktoré by mohli byť zdrojom pre výrobu tepla, ako aj elektrickej energie.

Pôda ako základný výrobný prostriedok poľnohospodárstva ponúka možnosti „dopestovať energiu“ prostredníctvom cielene pestovaných plodín, ako aj možnosť využívať odpadovú biomasu. Najväčšie možnosti využitia má „repka olejná“. Z agronomického hľadiska je to vysoko cenná kultúrna rastlina v rámci osevného postupu. Rast a vývoj kapusty repkovej pravej je charakterizovaný biologicko - pestovateľskou makrofenologickou škálou, stanovenou na základe vonkajších morfológických znakov a ich premien, pričom trvanie jednotlivých fenologických fáz je presnejšie určené v závislosti na klimatických a pôdnych faktoroch (Fábry a kol., 1997).

Produktivita plodín sa vo všeobecnosti zvyšuje vtedy, ak pestovateľské stratégie dostatočne podporujú uplatnenie produkčného potenciálu pestovaných odrôd. V prípade ozimnej repky je situácia so zvyšovaním produkčného potenciálu komplikovanejšia kvôli oveľa väčšej variabilite tejto plodiny. Najdôležitejšími faktormi znižujúcimi úrodu semien repky olejky sú príliš krátky časový interval tvorby úrodovných prvkov, ktorý neumožňuje dostatočnú intercepciu a využitie žiarenia vo fotosyntéze strukov, prehustenie porastov spôsobujúce zatienenie spodných strukov, ako aj ich nízka fotosyntetická efektívnosť. Aj napriek týmto úrodovým limitom si vo vyspelých európskych krajinách kladú za cieľ zvýšiť úrodový potenciál repky olejky na úroveň $7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Pre dosiahnutie tejto úrody je potrebné maximalizovať počet semien na jednotku plochy, čo predpokladá dosiahnuť optimálnu štruktúru porastu v čase kvitnutia repky, ako aj maximalizovať obdobie naplňovania semien asimilátmi, ktoré sa tvoria v strukoch.

Zmeny vo výskyte sucha sa môžu negatívne prejavíť v poľnohospodárskej produkcii, v lesníctve ako i v potravinovej bezpečnosti našej krajiny. Biomasa bola v minulosti rozhodujúcim zdrojom energie na našom vidieku. Nakoľko Slovensko je vidieckou krajinou, orientácia na získavanie energie z biomasy môže prispieť nielen pozitívnou ekológiou a ekonomikou, ale aj k rozvoju regiónov a k diverzifikácii činností vo vidieckom priestore.

1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky

Problematika klimatických zmien a ich možných dôsledkov je vo svete ako aj na Slovensku stále aktuálnejšia. Od roku 2005 sa v tejto oblasti veľa udialo. Najdôležitejším medzníkom bola ratifikácia Kjótskeho protokolu, ktorý nadobudol platnosť 16. februára 2005 a sprísňuje záväzky pre krajiny, ktoré pristúpili k dohovoru, znížiť objem emisií skleníkových plynov o 8 % do roku 2012. Rastúca teplota vedie k zmene podnebia a k nezvratným zmenám v ekosystémoch s priamymi negatívnymi vplyvmi na človeka. Cieľom medzinárodného spoločenstva je preto zastaviť zvyšovanie teploty pod hranicu 2 °C v porovnaní s pred industriálnou érou. Niektoré súčasné odhady naznačujú, že aj keby bol Kjótsky protokol úspešne splnený, zníženie emisií by zredukovalo zvýšenie globálnej priemernej teploty len v rozpätí od 0,02 °C až 0,28 °C do roku 2050 (Lapin, Tomlain, 2001).

V januári 2008 prijala Európska komisia projekt vysporiadania sa s dôsledkami klimatických zmien formou redukcie emisií agregovaných skleníkových plynov, prepočítaných na účinok oxidu uhličitého o 20 % do roku 2020.

V decembri 2009 sa konala celosvetová konferencia zmluvných strán Rámcového dohovoru OSN o zmene klímy a 5. stretnutie strán Kjótskeho protokolu. Kľúčovými prvkami dohody, ktorá bola záverom rokovaní konferencie, je znižovanie emisií skleníkových plynov v stredno a dlhodobom horizonte. Predmetom rokovaní bol aj spôsob započítavania záchytovej CO₂ z lesov a z poľnohospodárskej pôdy. Lesy, ako aj pôda majú potenciál slúžiť ako zdroj zachytávania CO₂ (dočasné ukladanie CO₂ v stromoch, rastlinách a pôde), na druhej strane ako zdroj emisií (odlesňovanie, rozklad lesnej hmoty). V rámci súčasného Kjótskeho protokolu sa príspevky tohto tzv. LULUCF sektora (Land-use, Land-use change and Forestry) – Sektor poľnohospodárstva a lesníctva, nepočítajú do celkovej bilancie emisií vzhľadom na neustálenú metodológiu ich výpočtu. Pritom započítanie LULUCF môže do veľkej miery ovplyvniť, a to znížiť emisné bilancie mnohých krajín, kde lesy slúžia na zachytávanie uhlíka. LULUCF sektor má potenciál znížiť o viac ako 30 % celkové emisie vo Fínsku, Švédsku, Rakúsku, okolo 10 % v Taliansku, Slovinsku. V Slovenskej republike to bolo napr. v roku 2007 okolo 7 % (MH SR, 2009).

Napriek tomu, že význam CO₂ ako skleníkového plynu nemožno spochybniť, najnovšie výskumy v oblasti paleoklimatológie čiastočne spochybnili závislosť medzi jeho obsahom v atmosfére a globálnym oteplením.

1. 1. Klimatické zmeny a ich príčiny

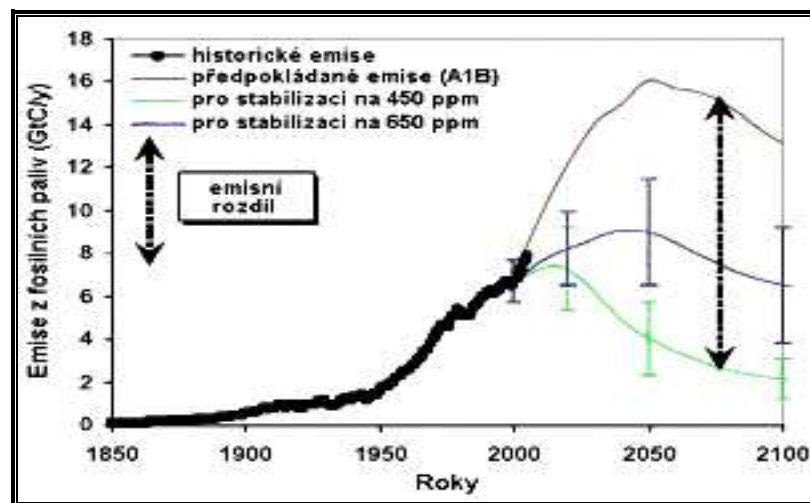
Pod pojmom klimatické zmeny rozumieme tie zmeny v klimatických pomeroch, ktoré súvisia s antropogénne podmieneným rastom skleníkového efektu atmosféry od začiatku priemyselnej revolúcie. Od konca posledného glaciálu sa do roku 1750 menila koncentrácia skleníkových plynov v atmosfére len nepatrne, odvtedy sa zrýchľuje prírastok všetkých skleníkových plynov okrem vodnej pary. Novšími skleníkovými plynmi sú freóny a halóny, vyskytujúce sa len po roku 1930. V roku 2002 bola koncentrácia CO₂ o 33,5 % a metánu o 159 % vyššia ako pred rokom 1750 (Lapin, Tomlain, 2001).

Zosilňujúci skleníkový efekt atmosféry bude pravdepodobne viesť ku globálnemu otepleniu a k zmene ďalších charakteristík klímy na Zemi. Za najzávažnejší dôsledok tohto vývoja sa považuje zmena všeobecnej cirkulácie atmosféry a oceánov s posunom frontálnych zón a klimatických pásiem na jednej strane a veľká rýchlosť klimatickej zmeny, prevyšujúca všetky doterajšie klimatické zmeny najmenej desaťnásobne, na strane druhej. Keďže sú stále ešte závažné neistoty v uvedených zmenách, nie sme schopní pripraviť prognózu budúceho vývoja klímy, ale iba pravdepodobný vývoj v tvare alternatívnych scenárov (Lapin, Tomlain, 2001). Alternatívne scenáre sa pripravujú aj preto, lebo nie je možné s dostatočnou presnosťou predpovedať počet obyvateľov na Zemi a ani budúcu spotrebu fosílnych palív a emisiu skleníkových plynov vypustených do atmosféry.

Názory na možné príčiny klimatických zmien sa vyvíjali historicky na viacerých úrovniach. Zložitosť klimatického systému spôsobuje, že existuje veľké množstvo odlišných hypotéz. Bolo predložených viacero prognóz, z ktorých žiadna nie je všeobecne uznávaná ako jediná správna. Avšak aj naplnenie prognózy predpokladajúcej minimálne zmeny klímy by mohlo znamenať časté zaplavovanie pobrežných oblastí, narušenie zásob vody, nedostatok potravín a vyhynutie mnohých druhov rastlín a živočíchov.

Zmeny koncentrácie CO₂ v atmosfére už v minulosti viedli k zmenám skleníkového efektu atmosféry a tým aj k zmenám globálneho priemeru teploty vzduchu v prízemnej vrstve atmosféry. Od posledného glaciálu bola v atmosfére koncentrácia CO₂ v priemere 275 ppm, po roku 1750 začala najprv mierne a neskôr rýchle rásť. Predpokladá sa, že účinok všetkých skleníkových plynov sa do roku 2075 zdvojnásobí v

porovnaní so stavom okolo roku 1750, tým sa zvýši rast priemernej globálnej teploty vzduchu v prízemnej vrstve atmosféry približne o 2,5 °C. Rast aerosólov môže uvedený rast teploty vzduchu znížiť asi o 0,5 °C, čo znamená, že v globálnom priemere sa teplota zvýši o 2 °C. Prirodzená koncentrácia skleníkových plynov v atmosfére je zvyšovaná emisiami CO₂, ktoré vznikajú pri spaľovaní uhlia, ropy, zemného plynu. Oxidu uhličitému sa pripočítava 60 % podiel na "zosilnenom skleníkovom efekte". V súčasnosti sa koncentrácia CO₂ v atmosfére zvyšuje o 10 % každých 20 rokov (Lapin, Tomlain, 2001).



Obr. 1 Emisný rozdiel z fosílnych palív v rozmedzí rokov 1850 – 2100;
Zdroj: <http://gnosis9.net/img2/emise001.gif>

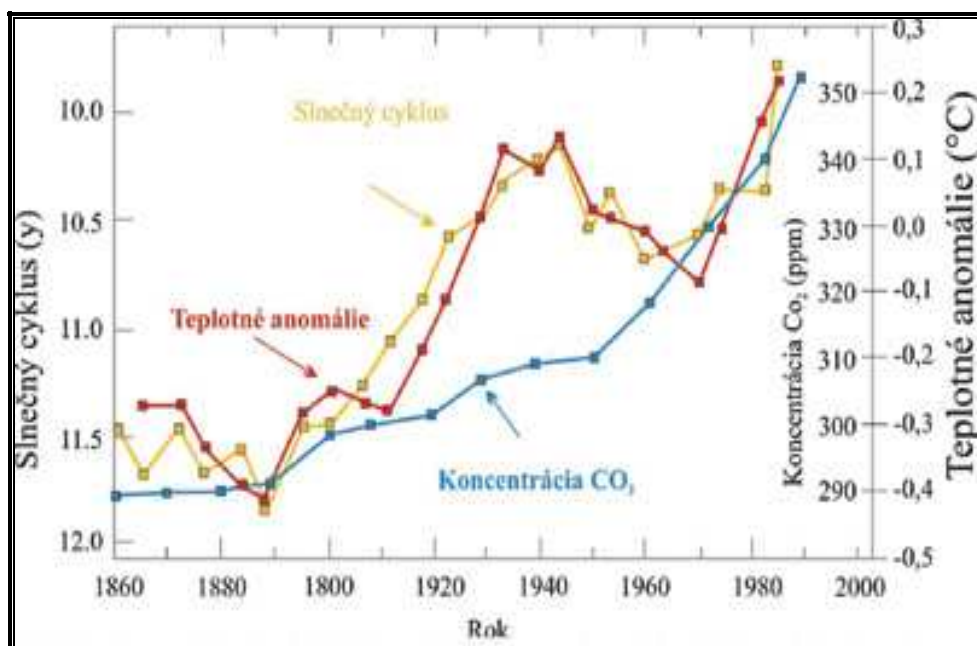
1.1.1 Koncentrácia CO₂ v atmosfére

Naša planéta vznikla pred viac ako 4,6 miliardami rokov akrciou plynov a prachu a krátko po jej vzniku neexistovali ani oceány a ani nemala vytvorený atmosférický obal. Základom neskôr vytvorenej atmosféry boli sopečné plyny, ktorých hlavnou zložkou bol oxid uhličitý (98 %).

Pôvodná atmosféra Zeme obsahovala kyslík len v zlúčeninách. Účinkom ultrafialového žiarenia dochádzalo k vzniku formaldehydu a kyslíka. Atmosféra sa postupne obohacovala kyslíkom, ktorého časť sa menila na ozón, ktorý pohlcuje ultrafialové žiarenie. Zastavila sa tým tvorba formaldehydu a chemické zloženie vzduchu sa stávalo vhodnejším pre život na Zemi.

Bez prítomnosti CO₂ v atmosfére by teplota zemského povrchu bola asi o 33 °C nižšia ako je v skutočnosti, a teda nevhodná pre život. Oxid uhličitý sa dostáva do atmosféry i neprírodnými procesmi, následkom ľudskej činnosti a to hlavne spaľovaním fosílnych palív a súčasťou deštrukciou dažďových pralesov (Leggett, 1992).

Vplyv zvyšovania obsahu oxidu uhličitého v dnešnej atmosfére predstavuje len zlomok možnej príčiny otepľovania. Významný vplyv na skleníkový efekt majú aj koncentrácie ďalších plynov, predovšetkým metánu, halogénových uhľovodíkov, oxidu dusného, ozónu a freónov.



Obr. 2 Teplotné anomálie korelujú výraznejšie s parametrami slnečného cyklu ako s obsahom oxidu uhličitého v ovzduší ;
Zdroj: (Patterson, 2005)

<http://www.sazp.sk/slovak/periodika/enviromagazin/enviro2007/enviro2/priloha%202-2007.pdf>

1.1.2. Fotosyntéza a ekologické aspekty vplyvu CO₂

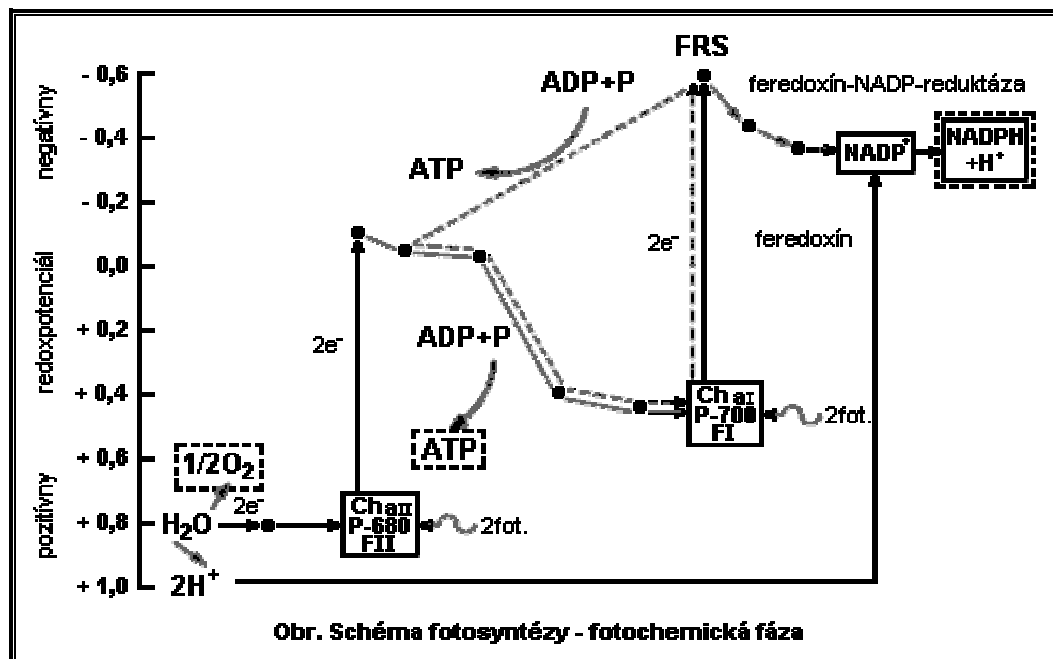
Fotosyntéza je najdôležitejší proces v živej prírode, len rastliny sú schopné z anorganických živín tvoriť pomocou chlorofylu a slnečnej energie organickú hmotu. Samotný priebeh fotosyntézy môže byť limitovaný organizáciou fotosyntetického aparátu, udalosťami vo fotochemických a nefotochemických procesoch na úrovni jednotlivých proteínov, aktivitou kľúčových enzýmov, difúznymi procesmi CO₂. Jedným z charakteristických znakov pre živé organizmy je proces

respirácie a proces fotosyntézy u zelených rastlín. V procese dýchania sa „spaľujú“ zlúčeniny uhlíka, spotrebúva sa kyslík a uvoľňuje sa do atmosféry oxid uhličitý a vodné pary. Plynný oxid uhličitý sa pri fotosyntéze mení na zlúčeniny uhlíka a rastlinné tkanivá, tento proces sa často označuje ako uhlíková fixácia. Fotosynteticky zafixovaný uhlík v rastlinách sa využíva na stavbu tkanív. Fixáciou uhlíka v telách rastlín a živočíchov sa zároveň zníži koncentrácia oxidu uhličitého v atmosfére. Predpokladá sa, že zdvojnásobenie atmosférického CO₂ v priebehu budúceho storočia by sa malo odraziť vo funkčnom stave vegetácie. Zvýšením rýchlosti fotosyntézy a následne rastu biomasy a znížením transpirácie čiastočným zatvorením prieduchov sa zvýši teplota listov, čo môže v určitých kritických obdobiach, najmä v juvenilnom štádiu viesť k vyššej spotrebe vody a urýchleniu rastu a vývinu rastlín (Brestič, Olšovská, 2001).

Predpokladané zvýšenie teplôt vzduchu v súvislosti so zvýšenou koncentráciou CO₂ môže spôsobiť zvýšenie intenzity fotosyntézy. Intenzita fotosyntézy je výrazne závislá na teplote rastlinného pletiva. Všeobecne sú známe zovšeobecnené závislosti medzi intenzitou fotosyntézy a teplotou (Jones, 1983).

Z pohľadu významu fotosyntézy suchozemských rastlín na znižovanie koncentrácie oxidu uhličitého v atmosfére však možno konštatovať, že jediný význam majú ich nerozložené fosílné zvyšky uložené v zásobách uhlia pod zemským povrchom. Rastliny, ktorých zvyšky rozložia baktérie a iné organizmy v konečnom dôsledku neprispievajú k zníženiu koncentrácie CO₂ v atmosfére, nakoľko sa viazaný uhlík uvoľní späť do atmosféry. Rýchlosť fotosyntézy (P_N), ktorú meriame ako rýchlosť spotreby CO₂ na asimilačnú plochu za čas, ovplyvňujú hlavné faktory prostredia ako je žiarenie, teplota, CO₂, voda, minerálne živiny, ale aj ontogenetický stav rastliny. Rýchlosť fotosyntézy listu sa vyjadruje prírastkom sušiny, alebo spotrebou CO₂ na jednotku veľkosti listovej plochy, celkovú asimilačnú plochu porastu, alebo na m² pôdy. Rýchlosť čistej fotosyntézy porastu je okrem toho ovplyvňovaná jeho hustotou, rozmiestnením rastlín na ploche, veľkosťou listovej plochy, jej časovo priestorovými charakteristikami, vertikálnou štruktúrou, postavením listov, architektúrou listového zápoja, medzidruhovou a vnútrodruhovou konkurenciou (Kostrej a kol., 1998).

Vývoj stavu CO₂ v atmosfére a jeho možného účinku na fyziologické procesy v rastlinách nie je jednoznačný. Všeobecne sa akceptuje trend postupného zvyšovania CO₂ v atmosfére v priemere o 0,4 % z celkového množstva za rok, t. j. cca o 1 ppm .



Obr. Schéma fotosyntézy - fotochemická fáza

Obr. 3 Schéma fotosyntézy – fotochemická fáza

Zdroj: <http://www.bioweb.genezis.eu/rastliny/fyziologia/fotosynteza.gif>

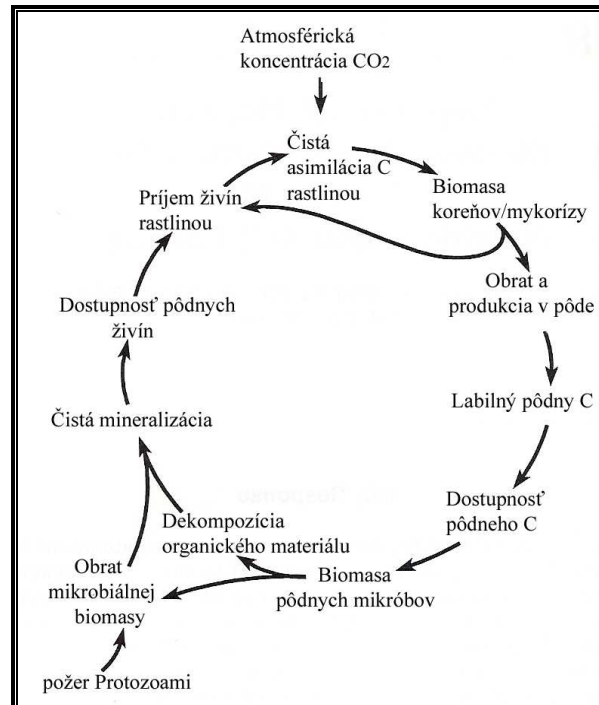
Faktory genetické, environmentálne a iné zodpovedajú za to, že rastliny nerealizujú rovnako a v plnej miere zvýšenie produkcie v podmienkach zvýšeného CO₂. C₃ typ rastlín reaguje lepšie na dodávaný CO₂ zvýšením hmotnosti sušiny, ovplyvnením dýchania, znížením rýchlosti transpirácie a rýchlosti asimilácie CO₂, v podmienkach vodného stresu sú jeho účinky ešte výraznejšie. Úpravou potenciálov (vodného a tlakového), zvýšením turgoru a zlepšením osmotických pomerov cez reguláciu prieduchov, ktorá má za následok zníženie rýchlosti transpirácie rastliny efektívnejšie využívajú vodu a následne zvýšia produkciu (Olšovská, Hudecová, Zima, 1994).

Pri pestovaní rastlín človek musí organizovať podmienky ich života tak, aby sa zvyšovala produktivita fotosyntézy a väzby slnečnej energie. Táto úloha je veľmi aktuálna, pretože veľmi úzko súvisí so zabezpečením potravín a s blahobytom celého ľudstva. Bude potrebné využiť všetky zdroje, ktoré na zemi existujú, aby sa mohli rozšíreným pestovaním rastlín zvýšiť fotosyntetické akceptory slnečnej energie.

1.1.3. Priame a nepriame účinky CO₂ na rastliny

Život všetkých organizmov je závislý od slnečného žiarenia. Teplota ovplyvňuje priebeh enzymatických reakcií, a preto sa výrazne prejavuje jej vplyv na proces fotosyntézy. Saturácia CO₂ je u C₄ rastlín dosiahnutá pri nižších koncentráciách ako u rastlín C₃. Rastliny C₃, ktoré boli označované ako „menej účinné“, dosahujú pri vyšších koncentráciách CO₂ hodnoty čistej fotosyntézy porovnateľnej s rastlinami C₄. Tento poznatok je významný aj pre poľnohospodársku prax. Obohatenie atmosféry o CO₂ prinesie výrazný efekt práve u C₃ rastlín (Nátr, 2005).

Očakávame, že C₃ typy rastlín, ku ktorým patrí väčšina poľnohospodárskych zaujímavých a pestovaných kultúr, budú intenzívnejšie reagovať na zvýšenie koncentrácie CO₂. Je otázne, či sa pozitívny efekt zvýšeného obsahu CO₂ zachová aj v podmienkach deficitu vody, príp. iných ekologických limitov, či sa zvýšená fotosyntetická činnosť prejaví na raste a úrode, respektíve či pozitívne reakcie na úrovni rastliny budeme môcť zovšeobecniť aj pre porasty plodín, celé spoločenstvá a ekosystémy (Brestič, Olšovská, 2001).



Obr. 4 – Konceptný model znázorňujúci vplyv zvýšenej koncentrácie CO₂ na produkciu rastlín, mikrobiálnu aktivitu a cyklus C živín. Model je charakteristický sériou pozitívnych spätných väzieb, v ktorých zvýšená čistá asimilácia uhlíka spôsobuje zvýšený rast koreňových: vláskov/ mykorízy, biomasy mikróbov a rýchlosť mineralizácia živín.
Zdroj: Rogers et al. 1999 (Andódi, 2003).

Oxid uhličitý má dva priame fyziologické účinky na rastliny. Je aktivátorom Rubisco (ribulóza-1,5-bifosfát karboxyláza/oxygenázy), enzymatickej aktivity a je substrátom Calvinovho cyklu. Fotosyntetická regulácia nadol je charakterizovaná na biochemickej a listovej úrovni redukciou obsahu chlorofylu, redukciou obsahu Rubisco a jeho aktivity.

Fotorespirácia bola v minulosti hodnotená ako evolučný relik, ktorého výsledkom je v súčasnosti spotreba metabolickej energie a redukčného potenciálu. Usudzuje sa, že procesy fotosyntézy sa vyvíjali v dobe, keď atmosféra na planéte obsahovala veľké množstvo CO₂ a len nepatrné stopy kyslíka. V týchto podmienkach sa nemohla fotorespirácia uplatniť. Fyziologické štúdie uvádzajú, že fotorespirácia chráni fotosyntetický aparát pred autopoškodením účinkom fotooxidačných reakcií. Tieto situácie nastávajú pri obmedzenom toku CO₂ do vnútra listu v dôsledku zatvárania prieduchového aparátu a kontinuálne absorbovaná energia žiarenia a jeho transformácia v svetelných fázach fotosyntézy môže byť využitá v oxigenázovej aktivite enzýmu Rubisco na ribulózo-1,5-bisfosfát. Fotorespiračnými reakciami sa zabezpečí energetická regenerácia NADPH+H⁺ a ATP. Ochrannú funkciu fotorespirácie podporujú pozorovania, keď v neprítomnosti CO₂ a O₂ osvetlenie chloroplastov, alebo listov vedie k rýchlej strate fotosyntetickej aktivity procesom, ktorý sa nazýva fotoinhibícia. V podmienkach klimatickej zmeny, keď okolo roku 2050 predpokladáme zdvojnásobenie koncentrácie CO₂ (asi 700 ppm), môžeme predpokladať zvýšenie konkurenčného vzťahu medzi C₃ a C₄ rastlinami, čo sa môže odraziť v zmene biodiverzity v ekosystémoch, v zmene produktivity pestovaných druhov, v zníženej odolnosti voči environmentálnym faktorom (sucho, vysoká teplota, choroby,) a pod. (Nátr, 2002).

Reddy a Hodges (2000) sumarizujú vplyv klimatickej zmeny na globálnu produkciu strategických plodín nasledovne:

- leguminózy budú pravdepodobne vo výhode oproti ostatným plodinám kvôli zvýšenej koncentrácii CO₂, ktorá zvýši ich schopnosť pútať vzdušný dusík a umožní im lepšie sa vyrovnat' s predpokladanými nižšími hladinami proteínov v pletivách,

- zvýšenie produkcie bude pre C₃ rastliny výraznejšie ako pre C₄ vďaka ich schopnosti redukovať fotorespiráciu,
- CAM rastliny pravdepodobne rozšíria svoje zastúpenie v teplejšej klíme vďaka schopnosti efektívne hospodáriť s vodou, prijímať CO₂ v noci a “prepínať“ efektívne medzi C₃ a CAM metabolizmom,
- trávne porasty budú pravdepodobne meniť svoju štruktúru a druhové zloženie, vzhľadom na zvyšovanie CO₂ sa v nich predpokladá väčšie zastúpenie leguminóz,
- predpokladá sa pokles kvality zrna obilnín v podmienkach zvýšenej koncentrácie CO₂.

1.1.4. Tolerancia rastlín na extrémne faktory prostredia

Premenlivosť podmienok prostredia sa dáva do súvislosti s tzv. globálnymi klimatickými zmenami. Odborné témy, ktoré sa spájajú s týmto problémom poukazujú na alternatívy, ktoré prinesie zmena klímy v budúcich desaťročiach (Brestič, Olšovská, Hauptvogel, 2008).

Väčšina plodín sa v súčasnosti pestuje vo vyšších zemepisných šírkach než v tých, na ktoré boli domestikované v dôsledku vyššieho ekonomického rastu, väčších vstupov, dlhšej percepcie svetla a tým aj dlhšieho životného cyklu a nižšej teploty. Evolučná retrospektíva umožňuje hodnotiť procesy, akými boli rastliny rozširované do vyšších zemepisných šírok, resp. miest s väčšou fluktuáciou sezónnych podmienok a ako prešli výraznou selekciou potrebnou pre ich lepšiu adaptáciu na nové prostredie (Evans, 1993).

Vyššia tolerancia na extrémne teploty, alebo vodný stres ich predurčila na ich kontinuálne využívanie ako potravinové suroviny. V niektorých prípadoch však boli vytlačené inými, odolnejšími druhmi, ktoré sa vedeli lepšie adaptovať (napríklad pšenica bola v severných oblastiach Európy nahradená ovsom a ražou). V súčasnosti sme svedkami ďalšieho posunu hraníc pestovania, a tým aj pokračovania adaptácie druhov ako odpovede na globálne otepľovanie klímy (Brestič, Olšovská, Hauptvogel, 2008).

Minimálna prahová teplota pre rast rastlín mierneho pásma je 5 - 6 °C, pre teplobytné rastliny ako je kukurica je minimálna teplota asi 10 °C. Dĺžka vegetačného obdobia je časový interval roka, v ktorom sú priemerné denné teploty vzduchu vyššie ako minimálne (prahové) teploty. Dĺžka vegetačného obdobia je limitujúcim faktorom hlavne pre severne položené lokality. Napr. zníženie priemernej ročnej teploty vzduchu o 2,4 °C na Islande zredukovalo dĺžku vegetačného obdobia trávy na 75 % (Novák, 1994).

Významnou charakteristikou pre realizáciu produkčného procesu poľných plodín je teplota pôdy najmä na začiatku vegetačného obdobia, v období zakladania (sejba) a vzchádzania, ale aj ďalšieho rastu a vývinu porastu. Teplota pôdy ovplyvňuje príjem živín, rozvoj koreňového systému a efektívnosť využitia dodaných minerálnych živín (Kostrej, 1998).

Zo všetkých vonkajších faktorov je vodný stres pravdepodobne najdôležitejším faktorom ovplyvňujúcim rast a produktivitu rastlín na celom svete. Zároveň je využitie vody pre rast silne ovplyvnený klimatickými podmienkami a koncentráciou CO₂ v atmosfére. Význam vody pre rastliny je mnohostranný. Hlavnou úlohou vody v produkčnom procese plodín je zabezpečiť prirodzené vlhkostné prostredie koreňom, ktoré potom dodávajú nadzemným orgánom vodu potrebnú pre realizáciu produkčného potenciálu plodín. Voda sa týmto stáva integrujúcim článkom produkčného procesu v systéme: pôda, porastová rastlina, atmosféra. Jej tok v tomto systéme sa uskutočňuje vo forme kvapalnej a plynnej. Množstvo a obsah vody porastovej rastliny závisí od rýchlosti príjmu vody z pôdy, od rýchlosti jej výdaja transpiráciou (Kostrej, 1998).

Pri nedostatku vody sa narušuje vodná bilancia a vzniká vodný deficit. Následkom vodného deficitu dochádza ku strate turgoru, čo sa prejavuje vädnutím rastlín. Dočasné, alebo prechodné vädnutie nastáva ak ešte nie je prerušená schopnosť koreňov prijímať vodu a turgor rastliny sa obnoví ako náhle poklesne rýchlosť transpirácie. Dočasné vädnutie je typické pre niektoré plodiny v poludňajších hodinách (napr. lucerna, repa) (Kostrej, 1998).

Pre lepšie pochopenie reakcií rastlín k meniacim sa klimatickým podmienkam je potrebné bližšie charakterizovať reakcie rastlín ovplyvnených environmentálnym stresom. Rastliny disponujú rozdielnou schopnosťou prispôsobiť fyziologické funkcie a štruktúrne komponenty zmeneným podmienkam. V meniacich sa podmienkach prostredia narastá potreba využívania odrôd schopných tolerovať nepriaznivé faktory prostredia, predovšetkým sucho v rôznych fenofázach rastu.

1.1.5. Dôsledky klimatických zmien

Vedeckým konsenzom ohľadom globálneho otepľovania je, že Zem sa ohrieva a ľudstvom produkované emisie skleníkových plynov k tomu prispievajú významnou mierou. Tento konsenzus je zhrnutý v závere vyšetovania skupiny Intergovernmental Panel on Climate Change (*IPPC*). Táto skupina v Tretej hodnotiacej správe z roku 2001 zhrnula, že väčšinu oteplenia pozorovaného za posledných 50 rokov možno pripísať ľudským aktivitám.

Dôsledky globálneho oteplenia sú zjavné už dnes, príkladom sú extrémne javy počasia v podobe sucha, vysokých zrážok, vln tepla a rastúcej intenzity tropických cyklónov. Klimatický extrém je značné odchylenie sa od normálneho stavu klimatického systému. Klimatickou katastrofou je stav, kedy extrémny jav má značný dopad na ľudské zdravie, životné prostredie, alebo majetok. Takéto katastrofy sa v niektorých častiach sveta vyskytujú často a podľa mnohých odborníkov častejšie ako v minulosti.

Nad teplejšou vodou sa zväčšuje množstvo vodnej pary v búrkových mrakoch a v teplejšom vzduchu sa jej viac udrží. Keď sa potom vytvoria podmienky pre dažď, spadne viac dažďových, či snehových zrážok naraz. Aj z tohto dôvodu na všetkých kontinentoch v poslednom desaťročí stúpol veľký počet povodní. Zvyšuje sa percento ročných zrážok, čo už spôsobilo častejšie povodne na jar a na začiatku leta (ALGore, 2007).

Globálne otepľovanie bude takmer určite nespravodlivé. Vyspelé krajiny Severnej Ameriky a Západnej Európy spolu s niekoľkými ďalšími krajinami, ako napr. Japonsko, sú zodpovedné za produkciu obrovského objemu emisií skleníkových plynov v minulosti a v súčasnosti. Napriek tomu v dôsledku klimatických zmien budú najviac trpieť rozvojové krajiny, ktoré disponujú menšími zdrojmi na vyrovnanie sa s búrkami, záplavami, suchom, vypuknutím chorôb a narušením zásob potravín a vody. Tieto krajiny sa usilujú o hospodársky rozvoj, no tento proces, zložitý sám o sebe, sa pre nich stáva ešte zložitejším v dôsledku klimatických zmien. Chudobnejšie národy sveta sa takmer vôbec nepričinili o globálne otepľovanie a predsa sú najviac vystavené jeho dôsledkom.

Existujú opatrenia, ktoré môžu spomaliť globálne otepľovanie a pomôcť krajinám sveta vyrovnať sa s prebiehajúcimi klimatickými zmenami. Realizácia týchto opatrení do veľkej miery závisí od spoločného postupu a politickej vôle, ak by sa pristúpilo k:

- *Znižovaniu emisií:* Efektívnejšie spaľovanie ropy a uhlia, prechod na využívanie obnoviteľných foriem energie akými sú napr. solárna a veterná energia, ako aj vyvíjanie nových technológií pre priemysel a dopravu.
- *Rozširovaniu lesov.* Stromy pomáhajú z atmosféry odstraňovať oxid uhličitý, ktorý prevláda medzi skleníkovými plynmi. Avšak súčasný trend odlesňovania uvoľňuje dodatočný uhlík a posilňuje trend globálneho otepľovania.
- *Zmene životného štýlu a pravidiel.* Ľudské sídla obývané miliónmi ľudí majú zásadný vplyv na zmenu klímy, a to bez ohľadu na to, či energiou plytvajú alebo ju využívajú efektívne. Klimatickú zmenu významne ovplyvňujú aj vládne politiky a regulácie.

Vyhodnotenie vplyvu globálneho otepľovania je zložitejšie preto, že globálne otepľovanie nie je jediným ekologickým problémom spôsobovaným človekom. Strata pôdy a jej ochudobňovanie (vplyvom nesprávnej agrotechniky), nadmerné vyčerpávanie zásob podzemnej vody a škody spôsobené kyslými dažďami sú príklady degradácie životného prostredia v miestnom či oblastnom meradle, ktoré majú v súčasnosti veľký vplyv. Ak tieto škody nenapravíme, budú stále zvyšovať negatívne dopady, ktoré pravdepodobne z globálneho otepľovania vzniknú (Houghton, 1998).

Prebiehajúca klimatická zmena má aj pozitívne dopady na tvorbu úrod. Tieto môžu zosilňovať efekt celého agronomického komplexu s cieľom získať vyššie, stabilnejšie a ekonomicky efektívnejšie úrody. Je to skorší nástup a neskoršie ukončenie dĺžky vegetačného obdobia, zvýšenie teplotnej sumy pre vývin rastlín, rast fytomasy a rast potenciálnej úrody. V procese fotosyntézy, ktorý premieňa slnečnú energiu na energiu fytomasy sa zlučuje oxid uhličitý s vodou. Súčasná, aj keď zvýšená koncentrácia CO₂ ešte stále fotosyntézu nenasycuje. Jej zvyšovanie má preto pozitívny efekt a zvyšuje rýchlosť fotosyntézy, rast a úrodu fytomasy.

V súčasných a budúcich úrodách sa odrážajú dve hlavné protichodné tendencie zo zvyšovania koncentrácie CO₂ a to:

- nepriama, nepriaznivá (oteplenie, aridizácia),
- priama, priaznivá (dodanie vzdušného CO₂ rastline).

Zvyšovaním teplôt sa očakáva predlžovanie vegetačného obdobia v oblastiach Zeme, kde je poľnohospodársky potenciál v súčasnosti limitovaný nedostatkom tepla a tiež odpovedajúci meridionálny posun teplotných hraníc smerom k pólom (Špánik, 1997). Je zrejmé, že zmena klímy bude mať dopad pre rad odvetví národného hospodárstva, predovšetkým bude ovplyvnené poľnohospodárstvo (Špánik, Šiška, Repa, 1996).

1. 2. Klimatické zmeny a bioenergetika

Je nezvratným faktom, že zdroje fosílnych palív budú vyčerpané v blízkej budúcnosti. Zároveň je stále jasnejšie, že v rovnako blízkej budúcnosti nebude môcť jadrové energia nahradiť úbytok klasických palív (Nátr, 1987).

Zmenšujúce sa zásoby fosílnych palív, poškodzovanie životného prostredia a zdravia ľudí, si vyžadujú zmenu súčasného stavu. Snaha o zmenu si vyžaduje nové technológie a tie nový spôsob myslenia „spôsob ako spotrebujeme energiu sa musí zmeniť“. Ľudstvo sa len ťažko vyrovnáva s objektívnou nevyhnutnosťou zásadne prehodnotiť svoje názory na získavanie energie. Je potrebné hľadať nové alternatívy pre energetiku, ako aj pre životné prostredie.

Zo všetkých obnoviteľných zdrojov energie má na Slovensku najvyšší energetický potenciál biomasa. Tento fakt bol deklarovaný aj v koncepčných vládnych materiáloch ako napríklad: Stratégia vyššieho využívania obnoviteľných zdrojov energie, ktorá bola schválená vládou SR v júli 2007, alebo Akčný plán využívania biomasy na roky 2008 – 2016, schválený vládou SR vo februári 2008. Aj keď má biomasa v SR najvyšší energetický potenciál v rámci obnoviteľných zdrojov energie, jej využívanie je nedostatočné a v roku 2007 to bolo len 17 PJ, čo tvorí len 2 % z celkovej spotreby energie (MH SR, 2007).

Biomasa v podobe rastlín je chemicky zakonzervovaná slnečná energia. Je to súčasne jeden z najuniverzálnejších a najrozšírenejších zdrojov energie na Zemi. Okrem toho, že poskytuje výživu, používa sa ako stavebný materiál, vyrába sa z nej papier, chemikálie, alebo palivo. Jej výhodou je, že ponúka nielen veľkú rôznorodosť vstupných surovín, ale má aj univerzálne využitie v energetike. Je ju možné využiť nielen na výrobu tepla, ale aj na výrobu elektriny v moderných spaľovacích zariadeniach. Kvapalné a plynné formy biomasy je tiež možné použiť na pohon motorových vozidiel (Augusta, 2001).

Efektívnejšie využívanie zdrojov energie sa považuje za osobitne dôležité v súvislosti s nevyhnutnosťou znížiť emisie CO₂. Preto sa podporuje rozvoj obnoviteľných, neznečisťujúcich zdrojov energie a využívanie odpadovej energie vznikajúcej v poľnohospodárskej či v priemyselnej výrobe. Najväčšími pôvodcami znečisťujúcich látok v SR sú najmä hospodárske aktivity, predovšetkým energetika, doprava, hutnícky a chemický priemysel. Z hľadiska diaľkového šírenia látok znečisťujúcich ovzdušie je SR exportérom škodlivín napriek výraznému zníženiu (Dubnička, 2007).

Spotreba energie vo všetkých jej konečných užívateľských formách veľmi rýchle stúpa a spotreba primárnych energetických zdrojov veľmi rýchle narastá. Je to spôsobené rozvíjajúcou sa ekonomikou, ako aj zvyšujúcim sa počtom obyvateľov.

Intenzívnejšie využívanie obnoviteľnej energie je dôležité najmä z environmentálnych dôvodov, zo záverov Európskeho parlamentu vyplýva, že biomasa má veľa výhod v porovnaní s konvenčnými energetickými zdrojmi, ako aj s niektorými inými obnoviteľnými zdrojmi energie.

Klimaticko-energetický balíček schválený Európskou komisiou 23. januára 2008 je jedným z najzásadnejších návrhov súčasnej Európskej komisie. Návrhy Komisie premietajú do konkrétnych legislatívnych textov politické rozhodnutia summitu EÚ z marca 2007, kde sa hlavy štátov a vlád dohodli na nasledujúcich cieľoch:

- dosiahnuť 20 % zníženie emisií skleníkových plynov do roku 2020 oproti úrovni v roku 1990,
- dosiahnuť 20 % podiel obnoviteľných zdrojov na energetickej spotrebe EÚ,
- dosiahnuť 10 % podiel biopalív v spotrebe nafty a benzínu (Trenčiansky a kol., 2007).

Rozvoj využitia biomasy a jej pestovania pre energetické účely je podporovaný v EÚ ako súčasť riešenia ekologických otázok energetiky, problémov poľnohospodárskej politiky a politiky rozvoja vidieka. V jej rámci by sa do roku 2010 malo energetické využitie biomasy zväčšiť trojnásobne. V uvedenom časovom intervale sa predpokladá dokonca desaťnásobné zvýšenie výroby elektriny z biomasy (Lapin, Tomlain, 2001).

Živá hmota – biomasa – vzniká priamo, alebo nepriamo pôsobením slnečnej energie pri fotosyntéze. K približne 2,5 biliónom ton celkovej hmoty rastlín vegetujúcich na našej planéte pribúda každým rokom okolo 170 miliárd ton biomasy (Augusta a i., 2001).

Slnečná energia je z hľadiska potrieb človeka nevyčerpatelný a stabilný zdroj, ktorý v interakcii fyziologických a biochemických procesov premieňajú rastliny na biomasu, a ktorý si zaslúži väčšiu pozornosť ako len proces, ktorý je všade prítomný. Samotný priebeh fotosyntézy môže byť limitovaný samotnou organizáciou fotosyntetického aparátu, udalosťami vo fotochemických a nefotochemických procesoch na úrovni jednotlivých proteínov, aktivitou kľúčových enzýmov a difúznymi procesmi CO₂. Keďže produkčná schopnosť plodín závisí od rýchlosti, ale aj dĺžky trvania fotosyntetickej aktivity rastlín, z hľadiska ekofyziológie fotosyntézy vystupujú do popredia otázky tvorby a optimálneho fungovania a zániku fotosyntetického aparátu, predovšetkým vo vzťahu k environmentálnym stresom indukovaným klimatickými zmenami.

1.2.1. Biomasa ako obnoviteľný zdroj energie

Poľnohospodárstvo a potravinárstvo sú nielen významnými producentmi potravín, ale zároveň produkujú aj suroviny, ktoré sú ďalej spracovávané. Poľnohospodárstvo sa stáva dôležitým producentom obnoviteľných zdrojov energie a práve pre Slovensko, ktoré je odkázané na dovoz energetických surovín, môžu mať obnoviteľné zdroje energie strategický význam.

Produkcia biomasy je závislá od regulačných mechanizmov jedného z najvýznamnejších procesov v biosfére, ktorým disponujú všetky autotrofné organizmy, a ktoré sú vďaka procesu fotosyntézy schopné premeniť slnečnú energiu na chemickú, od ktorej závisí rast a produkcia, úroda plodín a dynamika vegetácie v prírode. Produkčný proces je geneticky podmienený v rôznom rozsahu prostredníctvom

genetickej regulácie, dĺžky ontogenézy a jej jednotlivých etáp, príjmu živín a vody, asimilácie, transportu asimilátov a minerálnych látok, odolnosti proti chorobám a škodcom (Kostrej a kol., 1998).

Slničná energia, ktorá je hybnou silou fotosyntézy je v skutočnosti uskladnená v chemických väzbách tohto organického materiálu. Biomasa je biologicky rozložiteľná zložka výrobku, alebo zvyšku rastlinných a živočíšnych látok z poľnohospodárstva, lesníctva, alebo biologicky rozložiteľná zložka priemyselného a komunálneho odpadu. Rastliny pre svoj rast využívajú oxid uhličitý z atmosféry a vodu zo zeme, ktoré vďaka fotosyntéze pretvárajú na uhľovodíky, ktoré sú stavebnými článkami biomasy. Slničná energia, ktorá je hybnou silou fotosyntézy je uskladnená v chemických väzbách tohto organického materiálu. Pri spaľovaní biomasy opätovne získavame energiu uskladnenú v chemických väzbách. Kyslík zo vzduchu sa spája s uhlíkom v rastline, pričom vzniká oxid uhličitý a voda. Tento proces je cyklicky uzatvorený, pretože vznikajúci oxid uhličitý je vstupnou látkou pre novú biomasu.

Biomasa svojou podstatou umožňuje premenu jej energetického obsahu najmä na produkciu tepla, chladu, elektrickej energie, bioplynu, ušľachtilejších foriem pohonných hmôt a biogénnych palív, respektíve ich kombináciu. Od iných zdrojov energie sa odlišuje najmä tým, že pre svoj rast potrebuje pôdu. Vo všeobecnosti je možné povedať, že prirodzená produkcia biomasy je asi 5 ton na každý hektár za rok pre drevité rastliny. Túto hodnotu je možné zvýšiť zlepšením hospodárenia a výberom rastlín. Napríklad pestovanie rýchlorastúcich drevín vedie k dvojnásobnému až desaťnásobnému nárastu produkcie. Vhodným výberom pôdy a pestovaného druhu je v našich klimatických podmienkach bežná produkcia biomasy na úrovni 10 až 15 t/ha/rok (Bédi, 2002).

Chemické zloženie biomasy sa medzi jednotlivými rastlinnými druhmi líši, v priemere rastliny obsahujú asi 25 % lignínu a 75 % uhľovodíkov. Uhľovodíková zložka pozostáva z mnohých molekúl cukrov spojených do dlhých reťazcov polymérov. Dve významné zložky uhľovodíkov sú celulóza a hemicelulóza. Príroda využíva dlhé polyméry celulózy na stavbu vlákien, ktoré dávajú rastlinám potrebnú pevnosť. Lignínová zložka pôsobí ako lepidlo, ktoré drží spolu celulózové vlákna (Pastorek, Kára, Jevič, 2004). Chemické zloženie biomasy z nej robí podstatne ekologickejšie palivo ako je uhlie. Súvisí to s tým, že biomasa má nižší obsah síry a obsah popola pri spálení je tiež nižší ako v prípade uhlia, navyše tento popol neobsahuje toxické kovy a iné kontaminanty a pre jeho obsah živín je ho možné využiť ako hnojivo.

V porovnaní s inými obnoviteľnými zdrojmi na Slovensku predstavuje biomasa po solárnej a geotermálnej energii zdroj s tretím najvyužiteľnejším potenciálom. Odhady celkového využiteľného potenciálu biomasy (lesnej aj poľnohospodárskej) sa pohybujú od 75,6 PJ¹ až po 120,3 PJ. V podmienkach Slovenska je energetické využívanie biomasy najperspektívnejším spomedzi obnoviteľných zdrojov energie. Podľa MP SR by mohla energia z biomasy v roku 2050 pokryť 30 % celkovej spotreby energie. Hlavnými producentmi biomasy na energetické využitie sú na Slovensku odvetvia poľnohospodárstva, lesného hospodárstva a drevospracujúceho priemyslu.

Rozdelenie biomasy podľa produkčného odvetvia:

- *poľnohospodárska biomasa* – obilná, repková, kukuričná slama, konopa, živočíšne exkrementy, odpady zo sadov a vinogradov a účelovo pestované energetické plodiny (napr. vŕba, topoľ, laskavec),
- *lesná biomasa* – palivové drevo, konáre, pne, korene, kôra, štiepka, rýchlorastúce dreviny,
- *odpady z drevospracujúceho priemyslu* – odrezky, piliny, hobliny, ,
- *komunálny odpad* – tuhý spáliteľný odpad, biologicky rozložiteľný odpad, skládkový plyn, kalový plyn.

Poľnohospodárska biomasa: Poľnohospodársku biomasu podľa v súčasnosti dostupných zdrojov možno rozdeliť do troch základných skupín:

biomasa vhodná na výrobu tepla spaľovaním:

- *slama:* obilná, repková, kukuričná, slnečnicová,
- *drevený odpad z:* vinogradov, sadov, nálet z trvalých trávnych porastov.

biomasa vhodná na výrobu bioplynu:

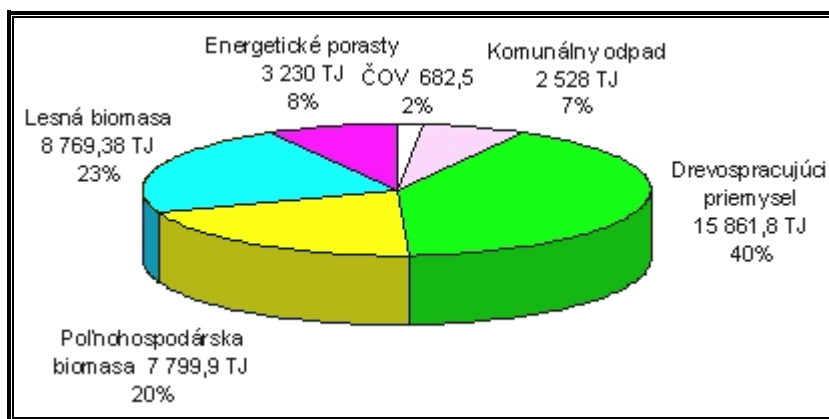
- z exkrementov hospodárskych zvierat,
- zo zelenej hmoty a siláže,
- odpad z potravinárskych prevádzok.

biomasa vhodná na výrobu tekutých biopalív:

- na výrobu MERO (metylester repkového oleja),
- na výrobu bioetanolu (kukurica, obilie, cukrová repa).

¹ P (Peta) = 10¹⁵, T (Tera) = 10¹², MJ (mega Joule) = 0,278 kWh

V súčasnosti energetické využívanie biomasy na Slovensku výrazne zaostáva za potenciálnymi možnosťami SR. Podiel zhodnocovanej biomasy na celkovej spotrebe primárnych palivovo-energetických zdrojov v SR je v súčasnosti len asi 1 %, čo odpovedá cca 9 PJ.



Obr. 5 Technický využiteľný potenciál biomasy v SR
Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0015/001540o1.gif>

Podľa hodnotenie Ministerstva životného prostredia SR (2005) sa na produkciu biomasy počíta s vyčlenením asi 400 000 ha málo úrodných a eróziou ohrozených pôd na zalesnenie a zatrávenie. Na pestovanie biomasy by sa dali využiť povodia riek, potokov, odvodňovacích a zavlažovacích kanálov, násypy pri cestách a železničných tratiach, ako aj areály závodov a poľnohospodárskych podnikov. Napriek spomenutým skutočnostiam je využívanie obnoviteľných zdrojov na Slovensku oproti potenciálu malé. Energetické porasty možno zakladať na plochách nevhodných pre tradičnú poľnohospodársku a lesnícku produkciu, na pôdach dočasne vylúčených z poľnohospodárskej výroby, pôdach kontaminovaných, ktoré sú vhodné len na produkciu pre nepotravinárske účely a tiež na zdevastovaných plochách v priemyselných aglomeráciách.

Na území Slovenska sú veľmi malé zásoby fosílnych palív, rozvoj energetiky je potrebné orientovať na zabezpečenie diverzifikácie primárnych energetických zdrojov so zvyšujúcim sa využívaním domácich obnoviteľných zdrojov energie pri trvalom znižovaní energetickej náročnosti. V Návrhu koncepcie využitia poľnohospodárskej a lesníckej biomasy na energetické účely (2004) je uvádzaný celkový energetický potenciál produkovanej biomasy v poľnohospodárstve SR, ktorý predstavuje hodnotu energetického ekvivalentu 12,89 TWh alebo 46,5 PJ tepla.

Podľa Aktualizovanej energetickej koncepcie pre SR predstavuje reálne využiteľný potenciál obnoviteľných zdrojov v roku 2010 približne 55,4 PJ.

Druh biomasy	Množstvo (t)	Energetický potenciál (PJ)
Poľnohospodárska biomasa na spaľovanie	2 031 000	28,6
Lesná dendromasa	2 432 000	26,8
Drevospracujúci priemysel	1 835 000	22,0
Biomasa na výrobu biopalív	200 000	7,0
Komunálny drevný odpad	300 000	3,6
Výlisky a výpalky pri výrobe biopalív	400 000	8,4
Exkrementy hospodárskych zvierat	13 700 000	10,0
Účelovo pestovaná biomasa na výrobu energie vrátane bielych plôch	4 050 000	40,6
Spolu	24 948 000	147,0

Tab. 1 Celkový energetický potenciál poľnohospodárskej biomasy.
Zdroj: Akčný plán využívania biomasy na roky 2008 – 2013, MP SR

Z uvedeného bilancovania zdrojov biomasy vyprodukovanej v rezorte poľnohospodárstva je zrejmé, že jej energetický potenciál vysoko prevyšuje súčasnú spotrebu energie v poľnohospodárstve. Zostávajúca vyprodukovaná biomasa rastlinného pôvodu, určená na výrobu tepla môže byť dodávaná na vytvárajúci sa trh s biomasou. Do tejto skupiny patrí 50 % biomasy na výrobu tepla, asi 1 mil. ton; časť biomasy zo živočíšnej výroby na výrobu 277 mil. m³ bioplynu a celá produkcia energetických plodín na výrobu 100 tis. ton MERO (MP SR, 2008).

Vzhľadom na rôzne formy biomasy je aj energia v nej obsiahnutá rôzna. Energetický obsah suchých rastlín (obsah vlhkosti 15 - 20 %) sa pohybuje okolo 14 MJ/kg. Úplne suchá biomasa preto môže byť z pohľadu energetického obsahu porovnávaná s uhlím. V čase zberu však biomasa obsahuje značné množstvo vody, ktoré sa pohybuje od 8 do 20 % pre slamu a po 30 až 60 % pre drevo. Obsah vody v hnojovici, z ktorej sa získava bioplyn je 75 až 90 %. Na druhej strane obsah vody v uhlí sa pohybuje na úrovni 2 až 12 %. Z tohto dôvodu je energia biomasy v čase zberu zvyčajne nižšia ako v prípade uhlia (Pastorek, Kára, Jevič, 2004).

1.2.2. Výhody a nevýhody využívania biomasy

Biomasa má množstvo výhod nielen v porovnaní s konvenčnými energetickými zdrojmi, ale aj v porovnaní s inými obnoviteľnými zdrojmi energie. Je dlhodobým zdrojom energie s menšou závislosťou na krátkodobých výkyvoch počasia a sezónnej premenlivosti klímy a jej využívanie si vyžaduje relatívne nízke investičné náklady. Biomasa predstavuje dôležitý potenciál pre rozvoj regionálnej a lokálnej ekonomiky a poskytuje príležitosť pre oživenie poľnohospodárskej činnosti na vidieku.

Podľa návrhu Programu vyššieho využívania biomasy a slnečnej energie v domácnostiach by na Slovensku mohlo byť do roku 2010 priamo vytvorených 1500 pracovných miest. Tento počet zahŕňa počet pracovných príležitostí v oblastiach pestovania, ťažby, zberu, spracovania a samotného využívania biomasy a výroby a využívania bioplynu. Počet pracovných príležitostí sa môže zvýšiť o ďalších 3000 v prípade, ak sa do nej započíta aj výroba zariadení na využívanie biomasy.

Na druhej strane je biomasa jediný druh OZE, ktorý je závislý od dostatku suroviny na výrobu paliva, jeho stabilnej a spoľahlivej dodávky a podlieha rastu cien v závislosti od rastu dopytu po palive a tiež rastu nákladov na jeho dopravu.

Plodina	Výmera (ha)		Úroda biomasy (t/ha)		Produkcia biomasy (t/rok)	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007
Hustosiate obilniny spolu	565 665	612 137	3,27	3,13	739 890	766 395
Kukurica	151 006	157 256	7,77	5,56	1 173 308	874 341
Slnečnica	108 816	64 746	4,62	4,44	502 730	287 473
Repka	122 511	153 831	4,24	4,18	519 447	643 011
Sady	7 684	7 330	3,50	3,50	26 894	25 654
Vinohrady	16 262	15 902	1,50	1,50	24 393	23 853
Nálet z TTP	82 000	74 477	2,00	2,00	164 000	148 953
Spolu	1 053 944	1 085 677	-	-	3 150 661	2 769 681

Tab. 2 Celková ročná produkcia poľnohospodárskej biomasy vhodnej na výrobu tepla v SR

Zdroj: VÚRV Piešťany

[http://www.rokovania.sk/appl/material.nsf/0/8E6AF7823FF71A2DC12573F0004C52EC/\\$FILE/Zdroj.ht](http://www.rokovania.sk/appl/material.nsf/0/8E6AF7823FF71A2DC12573F0004C52EC/$FILE/Zdroj.ht)
ml

Výhody využívania biomasy ako obnoviteľného zdroja energie:

- biomasa je energetická surovina produkovaná na našom území každoročne,
- je stabilným obnoviteľným zdrojom energie, ktorého objem produkcie, energetický potenciál a cenu je možné určiť na dlhšie časové obdobie,
- výroba energie z biomasy je neutrálna vo vzťahu ku tvorbe skleníkových plynov,
- pestovanie plodín na energetické využitie má pozitívny vplyv na ochranu pôdy a vodného režimu v pôde,
- predstavuje možnosti pre ekonomický rast vidieckych regiónov,
- vytvára predpoklady pre vznik pracovných príležitostí,
- aktivuje rozvoj nových vedných odborov (napr. biotechnológie),
- väčšie a efektívnejšie využitie biomasy na energetické účely zníži nároky na dovoz fosílnych palív,
- výhodou je aj využitie nevyužívanej pôdy, resp. takej, ktorá je neefektívne využívaná. Využiť sa môžu i plochy, ktoré nie sú vhodné na potravinársku výrobu (*detoxikácia pôd*).

Nevýhody využívania biomasy:

- nízky merný obsah energie, čím sú ovplyvňované náklady na dopravu a logistiku,
- potreba skladovania z dôvodu sezónnosti produkcie,
- potreba zabezpečenia dlhodobu spoľahlivej dodávky biomasy,
- potreba sušenia účelovo pestovanej biomasy pred spracovaním na tuhé palivo,
- vysoké vstupné náklady technologických zariadení,
- potreba optimalizácie dostupnosti biomasy z dôvodov ekonomickej efektívnosti jej použitia.

Masívne využívanie biomasy na energetické účely na Slovensku však môže popri nezanedbateľných sociálnych a ekonomických prínosoch predstavovať aj hrozby a riziká. Medzi ne patrí napríklad neudržateľné zvyšovanie ťažby dreva z lesov na energetické využitie, nárast kamiónovej dopravy vyvolaný koncentráciou výroby paliva z biomasy na jednej strane a na strane druhej rozvozom paliva na veľké vzdialenosti, chemizácia pozemkov, na ktorých sa pestujú energetické plodiny a

rýchlorastúce dreviny, „dekapitalizácia“ zaostávajúcich vidieckych oblastí s dostatkom biomasy v dôsledku jej vývozu na krytie energetických potrieb veľkých urbanizovaných celkov a podobne.

Účelovo pestovaná biomasa pre energetické účely na ornej pôde má odôvodnenie len za predpokladu, že neobmedzuje produkciu potravín a krmív. Na zabezpečenie jej ekonomickej a energetickej efektívnosti je potrebné vyvinúť nové genotypy vrátane GMO, realizovať systém precízneho hospodárenia a komplexne využiť vyprodukovanú biomasu, nielen na bioetanol, ale aj na ďalšie biologické aktívne látky. Biologický odpad je rozumné využiť na produkciu energie. Pri hodnotení GMO by sa mali brať do úvahy aj špecifiká danej oblasti a zachovanie biodiverzity, treba zhodnotiť dlhodobý dopad GMO na životné prostredie a ľudské zdravie.

1.2.3. Využitie poľnohospodárskej biomasy na Slovensku

Podľa *poradenského centra EkoEnergie* je na Slovensku využitie biomasy perspektívne najmä preto, že vo väčšine prípadov sa jedná o využitie hmoty, ktorá by inak bola len odpadom, za ktorého likvidáciu treba platiť. Slama, ktorá hnie na poliach, spaľuje sa, alebo sa vyváža, hnoj ktorý sa používa na hnojenie bez toho, aby bol predtým využitý jeho energetický potenciál v podobe bioplynu, nevyužitý odpad v drevospracujúcom priemysle, hektáre znehodnotenej poľnohospodárskej pôdy, kde by mohli rásť energetické rastliny, to všetko predstavuje významný potenciál čistého lokálneho a ekonomického zdroja energie.

Celková výmera poľnohospodárskej pôdy v Slovenskej republike je 2 432 979 ha, ale nie všetka poľnohospodárska pôda sa využíva na produkciu poľnohospodárskych produktov. Rozdiel vo výmere poľnohospodárskej pôdy podľa katastra a využívanej poľnohospodárskej pôdy je viac ako 500 tis. ha. Cielené pestovanie energetických plodín má nesporne veľkú budúcnosť. Niektoré prognózy tvrdia, že aj nepotravinová produkcia dopestovaná na poľnohospodárskych pôdach sa stane tak dôležitou obchodnou komoditou, akou sú bežné potravinárske výrobky. Rozširovanie sortimentu pestovaných energetických plodín je významné nielen pre získavanie produkcie biomasy, ale tiež pre posilnenie biodiverzity rastlinných spoločenstiev v krajine.

Slovensko je chudobné na fosílnu energiu, iba 10 % zo spotreby pochádza z vlastných zdrojov. Rastúca spotreba vyčerpáva svetové zdroje, zvyšuje jej ceny a prispieva k zhoršovaniu životného prostredia. Z poľnohospodárskych plodín je najperspektívnejšou na energetické využitie slama, ktorú možno na Slovensku získať z husto siatych obilnín, repky, kukurice a slnečnice, medzi ďalšie významné rastliny patria napr. Št'aveľ krmny a Konope siate. Pre široké uplatnenie je potrebné všetky potenciálne vhodné druhy rastlín overiť v prevádzkových podmienkach. Najviac prepracovaný je energetický št'aveľ, ktorý je overovaný v prevádzke najdlhšie.

Rýchlo rastúce dreviny by sa mohli stať výdatným zdrojom obnoviteľných zdrojov energie aj na Slovensku. Ide o špeciálne rýchlorastúce nenáročné dreviny s rúbnou dobou 3 - 5 rokov. Na Slovensku by bolo možné podľa „Konceptie energetickej efektívnosti pre Slovensko“ založiť niekoľko tisíc hektárov energetických lesov.

Priority v energetickom využívaní biomasy sa rovnako týkajú poľnohospodárskej biomasy, ako i lesnej a ostatnej drevnej biomasy ako rovnocenných celkov. Energetické rastliny sú na rozdiel od iných zdrojov biomasy účelovo pestované. Ide o špeciálne druhy rastlín, ktoré rýchlo rastú a nie sú veľmi náročné na pôdu. Energetické porasty rýchlorastúcich drevín (topoľ, vŕba, agát, osika, jelša), jednoročných a viacročných energetických plodín tvoria perspektívny zdroj palivovej biomasy.

Niektoré rýchlorastúce rastliny, ako aj repka olejná, ktoré sú zámerne pestované ako zdroje energie, si vyžadujú ľudskú činnosť a vstupnú energiu na ich produkciu, čo v konečnom dôsledku zvyšuje náklady na získanú energiu. V týchto prípadoch je potrebné zhodnotiť energetickú bilanciu a zistiť či energia vložená do siatia, žatvy, transportu a spracovania biomasy zabezpečí dostatočný energetický zisk. V prípade rýchlorastúcich drevín môže mať pestovanie monokultúr na veľkých plochách aj negatívny dopad na životné prostredie. Používanie hnojív a pesticídov pri účelovom pestovaní energetických plodín môže tiež ohroziť ekosystémy a zapríčiniť zníženie kvality pôdy.

Pre „energetické plantáže“ je dôležitá voľba plodiny, ktorá je určovaná mnohými faktormi – typom pôdy, spôsobom využitia, možnosťou žatvy a dopravy. Na základe doterajších skúseností sú u nás najperspektívnejšie energetické rastliny rýchlorastúce dreviny určené na priame spaľovanie ako napr. vŕba (*Salix*) a rastliny spracovateľné fermentáciou na výrobu etanolu a rastliny bohaté na olej a vhodné na výrobu bionafty ako napr. repka olejná.

Všeobecnými požiadavkami na energetické plodiny sú: vysoké úrody cieľového produktu, nízke náklady na pestovanie, dobré využívanie vody i živín a odolnosť voči škodlivým činiteľom a nepriaznivým podmienkam.

Pestovanie energetických plodín a drevín podlieha určitým zásadám
(Sluka a kol., 2007):

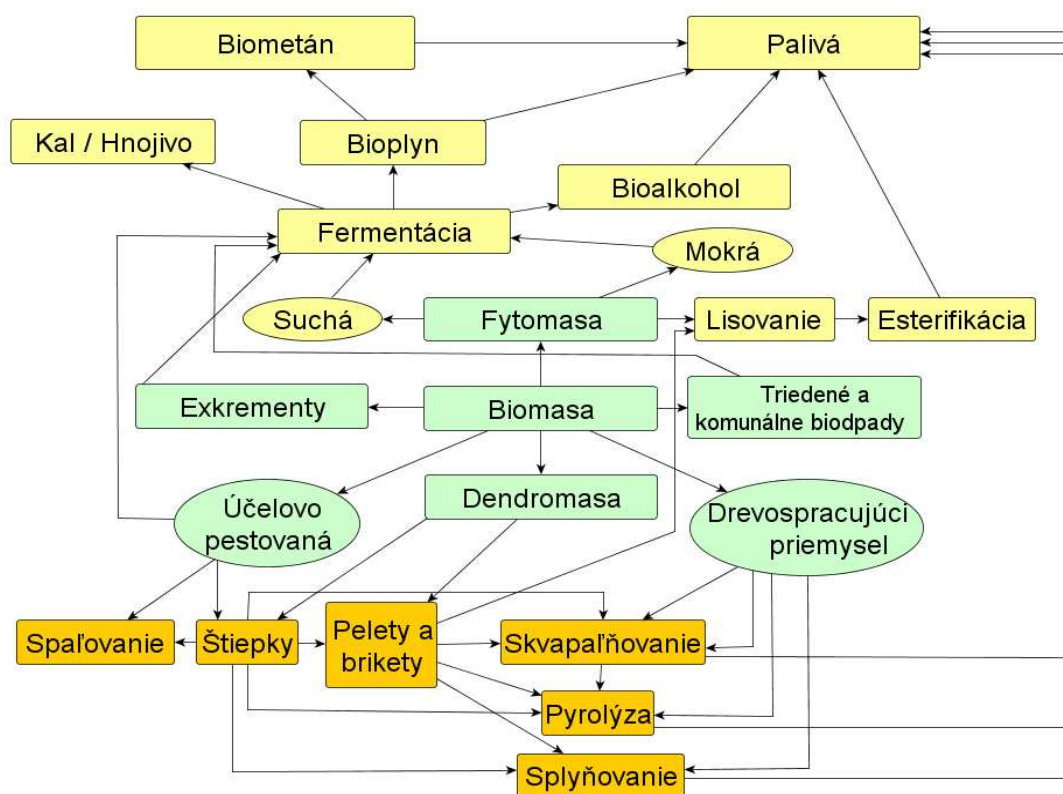
- Plodiny a dreviny určené na energetické využitie (ďalej len „energetické plodiny“) sa nesmú vysádzať v chránených územiach (v národných parkoch a v chránených krajinných oblastiach). Plantáže energetických plodín a drevín nesmú byť zakladané na lesnej pôde.
- Energetické plodiny a dreviny by sa mali vysádzať iba na plochách, ktoré už boli v minulosti poľnohospodársky využívané a obrábané. Plantáže energetických plodín nesmú mať negatívny vplyv na biodiverzitu územia. Aj keď biodiverzita plantáží energetických plodín môže byť vyššia v porovnaní s intenzívne využívanými poľnohospodárskymi plochami, výrazne zaostáva za biologickou rozmanitosťou prirodzených ekosystémov (najmä lesných).
- Pri pestovaní energetických plodín sa nesmú používať umelé a chemické hnojivá. Vo všeobecnosti energetické plodiny vykazujú nižšiu potrebu hnojenia ako konvenčné poľnohospodárske plodiny. V mnohých oblastiach sa namiesto chemických hnojív na hnojenie energetických plodín používajú kaly z čističiek odpadových vôd.
- Pri zakladaní plantáží by mali byť prijaté opatrenia na predchádzanie a minimalizáciu premnoženia škodcov, chorôb, rizika požiarov a zavlečenia invazívnych rastlín. Pri pestovaní energetických plodín sa nesmú používať pesticídy. Musí byť uprednostnená integrovaná ochrana pred škodcami založená na prevencii a biologických metódach.
- Je potrebné uprednostňovať zmiešané porasty pred monokultúrnymi plantážami. Odporúčajú sa pestovať také druhy energetických plodín a drevín, ktoré v prípade potreby umožnia rýchlu a jednoduchú zmenu využívania pôdy a prechod na pestovanie konvenčných poľnohospodárskych plodín (napr. obilnín).
- Žiadne druhy energetických plodín by nemali byť pestované vo veľkom rozsahu, pokiaľ testovanie alebo skúsenosti nepreukážu, že sú tieto druhy ekologicky dobre adaptované na miestne pomery, nie sú invazívne a nemajú významne negatívny ekologický dopad na okolité ekosystémy.

- Plantáže energetických drevín musia byť pravidelne monitorované. Monitoring by mal byť primeraný rozsahu a rôznorodosti činností a musí obsahovať pravidelné hodnotenie vplyvov plantáží na lokalitu a jej okolie (napr. prirodzená obnova, vplyvy na vodné zdroje a úrodnosť pôdy).
- Geneticky modifikované plodiny a dreviny ako aj invazívne a environmentálne nevhodné, nepôvodné druhy by mali byť z pestovania vylúčené. Uprednostňované by naopak mali byť pôvodné druhy a druhy vhodné pre danú oblasť.
- Energetické plodiny a dreviny zabezpečujú dostatočný prísun živín do pôdy a tak napomáhajú zvyšovať jej úrodnosť, bránia výraznejšej veternej a vodnej erózii, vyparovaniu vody a odnosu živín, stabilizujú odtok vody z územia. Odporúča sa pestovanie takých plodín na pôdach nižšej kvality z hľadiska hospodárskeho významu.
- Hospodárske ciele plantáží energetických plodín musia byť jasne definované v hospodárskom pláne a preukázané pri jeho realizácii.
- Spôsob a miera ťažby a zberu energetických plodín a drevín, stavba umelých plošných a líniových prvkov a výber druhov drevín nesmú viesť k dlhodobej degradácii pôdy alebo mať nepriaznivé vplyvy na kvalitu vôd.

Udržateľnosť produkcie biopalív, je splnenie kritérií, ktoré jednoznačne prispievajú k pozitívnemu prístupu k životnému prostrediu a nie ku degradácii lesov, či k znižovaniu osevných plôch. Celková produkcia biomasy vyprodukovanej pri pestovaní hustosiatych obilnín (pšenica, jačmeň, raž, ovos, a tritikale) pestovaných na výmere 637 752 ha, predstavuje hmotnosť 1 671 961 ton. Z tejto produkcie je možné, podľa odborných odhadov (po odpočítaní slamy napr. na kŕmenie, podstielanie) využiť na energetické účely cca 40 %, to znamená cca 669 000 ton (Trenčiansky a kol., 2007).

Biomasa bola v minulosti dôležitým zdrojom energie na našom vidieku. Nakoľko Slovensko je vidieckou krajinou, orientácia na získavanie energie z biomasy môže prispieť nielen pozitívnou ekológiou a ekonomikou, ale aj k rozvoju regiónov a k diverzifikácii činnosti vo vidieckom priestore. Biomasa je využiteľným zdrojom na výrobu tepla, elektriny, bioplynu a biopalív. Je obnoviteľným energetickým zdrojom, ktorý v budúcnosti postupne nahradí významnú časť fosílnych palív využívaných na výrobu tepla a palív pre dopravu. Pôdohospodárska biomasa by mohla zohrať dôležitú úlohu v celej energetickej politike Slovenskej republiky.

Niektoré technologické možnosti energetického využívania biomasy



Obr. 6 Niektoré technologické možnosti energetického využívania biomasy;

Zdroj: MP SR, 2007

[http://www.rokovania.sk/appl/material.nsf/0/AFAEF0C97615C9F1C125754E004CF598/\\$FILE/vlastnym.at.doc](http://www.rokovania.sk/appl/material.nsf/0/AFAEF0C97615C9F1C125754E004CF598/$FILE/vlastnym.at.doc)

Biomasu je možné rozdeliť z hľadiska energetického využitia nasledovne:

- *biomasa vhodná na spaľovanie* (výroba tepla na vykurovanie, ohrev teplej úžitkovej a technologickej vody, sušenie poľnohospodárskych produktov, výroba elektriny), fytomasa rastlín (slama), drevný odpad (sady, vinohrady, nálet drevín na trvalých trávnych porastoch hlavne v horských a podhorských oblastiach), energetické rastliny (ozdobnica čínska, cirok, štiav, konope),
- *biomasa vhodná na výrobu biopalív vo forme metylesterov rastlinných olejov ako zložka do motorovej nafty* (repka, obilie), alebo vo forme bio-alkoholu ako zložka do benzínov (kukurica, obilniny, cukrová repa, zemiaky),
- *biomasa vhodná na výrobu bioplynu s následnou kombinovanou výrobou tepla.*

Výhody pestovania energetických rastlín:

- Energetické rastliny sú schopné absorbovať 30 až 45 ton CO₂ ročne z každého hektára na ktorom sú pestované a tak významne prispievať ku znižovaniu koncentrácie skleníkových plynov v atmosfére.
- Emisie škodlivín sú pri ich spaľovaní zanedbateľné.
- Výhodou pestovania rastlín na energetické účely je napr. zabránenie erózii pôdy, zlepšenie hydrológie a absorpcia prachových častíc.

Nevýhody pestovania energetických plodín:

- Nároky na investície a technické zariadenia.
- Nedostatok informácií o pestovaní, odbytové problémy s produkciou.
- Nedostatky v tvorbe cien, daní a legislatívy.
- Väčšina nových, poprípade staronových plodín sa nachádza na nízkej úrovni vyšľachtenia.
- Orientácia šľachtenia tradičných plodín je vo väčšom, alebo menšom rozpore s požiadavkami na nepotravinové využívanie.
- Pri introdukcii niektorých nových druhov môžu vzniknúť environmentálne riziká.
- Mohli by konkurovať výrobe potravín a zhoršovať podmienky regenerácie úrodnosti pôdy.

Najdôležitejšie požiadavky na energetické a priemyselné plodiny:

- *Kvalita biomasy* (sušina, obsah sacharidov, oleja a obsah škodlivín). Ide najmä o plodiny s vysokým obsahom cukrov, škrobu, olejov, alebo tukov, na priame spaľovanie, alebo výrobu bioplynu.
- *Vysoké úrody* s minimálnym kolísaním, efektívna konverzia slnečnej a fosílnej energie do využívaného produktu.
- *Minimálne problémy v pestovaní, nízke náklady.*
- *Dobré využívanie živín a vody, odolnosť voči suchu a nepriaznivým činiteľom.*

Z energetického hľadiska je využitie poľnohospodárskej biomasy nasledovné:

Biomasa vhodná na:

- *Spaľovanie* (výroba tepla na vykurovanie, ohrev teplej úžitkovej a technologického tepla, sušenie produktov, výroba elektriny), fytomasa rastlín (slama), dendromasa (palivové štiepky, palivové drevo, odpady po spracovaní dreva), energetické rastliny (napr.: ozdobnica čínska, cirok, štiav, konope, topoľ, vŕba, agát).
- *Výrobu biopalív vo forme metylesterov rastlinných olejov MERO* ako zložka do motorovej nafty (repka, obilie), alebo vo forme bioalkoholu ako zložka do benzínov (kukurica, obilniny, cukrová repa, zemiaky).
- *Výrobu bioplynu s následnou kombinovanou výrobou tepla a elektriny kogeneráciou* (exkrementy hospodárskych zvierat, zelené rastliny, siláž, dendromasa, porasty TTP, viacročné krmoviny).

Globálnym problémom popri rapídne mu úbytku fosílnej energie je tzv. skleníkový efekt. Práve preto sa štáty snažia čiastočne nahradiť fosílne palivá alternatívnymi palivami, predovšetkým biopalivami. Medzi najznámejšie biopalivá patria etanol a bionafta. Etanol patrí do skupiny alkoholov a je vyrábaný fermentačným procesom z organických materiálov bohatých na karbohydráty, ako je napr. pšenica, alebo kukurica. Bionafta patrí do skupiny chemických zlúčenín nazývaných estery a vyrába sa z rastlinných olejov, zvieracieho tuku, rias a dokonca aj z recyklovaných olejov na varenie. Za cielene pestované potravinárske plodiny ako energetické plodiny s významným zastúpením na výmere poľnohospodárskej pôdy sa uvažujú v podmienkach SR najmä obilniny, kukurica a repka olejná, ktoré sa v podmienkach SR uvádzajú ako vhodné na výrobu biopalív (Baráková, 2008).

1.3. Bioenergetika – potenciál Kapusty repkovej pravej (*Brassica napus* L. spp. *napus*.)

Olejninny patria do rôznych botanických čeľadí. Naše olejinny patria do čeľade kapustovitých (repka, horčica), astrovitých (slnečnica) a makovitých (mak). Olejinny (hlavne pestované na energetické účely) nie sú náročné na pôdu a znášajú aj horšie klimatické podmienky.

Kapusta repková pravá (repka olejka, forma ozimná, *Brassica napus* L. spp. *napus* – ďalej len repka) sa stáva v posledných rokoch komoditou, ktorá je využívaná nielen v potravinárskom, chemickom a farmaceutickom priemysle, ale v súčasnosti získava čoraz viac na význame aj ako energetická plodina. Z tohto dôvodu sa jej osevné plochy každý rok zvyšujú. Podľa štatistického úradu SR, bolo na jeseň 2008 zasiatych 167 586 ha repky olejnej (MP SR, 2009).

Repka olejná je plodinou, ktorá šľachtením zásadne zmenila svoju kvalitu. Najväčšiu zmenu priniesli 60. roky minulého storočia, kedy boli vyšľachtené odrody s minimálnym obsahom kyseliny erukovej (jej obsah klesol z 50 % až pod 2 %). Najnovšie vyšľachtené odrody repky sa označujú ako tzv. dvojnulové odrody (typ 00) s nízkym obsahom kyseliny erukovej a zníženým podielom glukosinolátov. Repka sa využíva najmä ako potravinárska surovina, ktorá je cenná pre kvalitný olej (obsahuje približne 42 % tuku, 22 % bielkovín, 12 % vlákniny, 8 % vody). V poľnohospodárstve sa z repky využívajú extrahované šroty, semená, ktoré sú významnou súčasťou kŕmnych zmesí a biomasa, ktorá sa používa ako zelené kŕmenie, či hnojenie.

Výlisky a šrot z repkových semien sú významnou zložkou kŕmív pre živočíšnu výrobu. Nezanedbateľný význam má aj využitie repky v miešankách na zeleno. Slamu repky po zbere možno využiť buď na výrobu izolačných dosiek alebo na hnojenie. Okrem priameho významu, má repka dôležité postavenie v celom komplexe rastlinnej výroby, kde v osevnom postupe pôsobí ako zlepšujúca plodina. Prispieva k zlepšeniu pôdnej štruktúry – pozberovými zvyškami obohacuje pôdu o organickú hmotu (Kosztyu, 2007).

Repka je dôležitou tržnou plodinou a stabilizuje ekonomiku i vo vyšších polohách (až do 600 m nad morom), lebo tam dáva vysoké úrody pri pomerne nízkych nákladoch (Borecký, Stiffel, 1995).

V energetike sa využíva repkový nepotravinársky olej ako surový, filtrovaný olej v množstve 5 % prídavku do motorovej nafty, ako repkový olej a po minimálnej úprave ako metylester pre pohon bežných dieselových motorov.

Predpokladaná potenciálna výmera repky na energetické ciele v SR predstavuje 60 až 70 tisíc ha, existujú názory až na 100 tisíc ha. Podľa *Štatistického úradu SR, 2009* bolo na jeseň v roku 2008 zasiatych 167 586 ha repky, po jarných vyorávkach sa plochy repky ozimnej znížili na 148 920 ha.



Obr. 7 Kapusta repková pravá (repka olejka, forma ozimná, *Brassica napus* L. spp. *napus*
F. E. Köhlera Medicinal-Plants, 1887. Archiv L. Kadeřábka
Zdroj: <http://ziva.avcr.cz/img/dyn/0704-17.jpg>

Chemickou reakciou repkového oleja s metylalkoholom sa získava metylester repkového oleja (MERO), alebo bionafta. **Výhody** z používania MERO ako pohonnej hmoty sú významné: jedná sa o alternatívne palivo veľmi podobné motorovej nafte s presne normovanými parametrami, biologickou rozložiteľnosťou, pozitívnou uhlíkovou bilanciou a neobsahuje síru ani aromáty (Mikulík, Müllerová, 2007).

K všeobecným **nevýhodám** bionafty patrí obmedzená možnosť jej produkcie, mierny nárast spotreby oproti komerčnej nafte, agresia voči bežným plastom a mierne zhoršené chladové vlastnosti. Priame spaľovanie repkového oleja v motoroch bez úprav nesie so sebou celý rad závažných rizík, ako sú zhoršená prechodnosť paliva dopravným čerpadlom, nedokonalý priebeh spaľovania repkového oleja, karbonizácia motoru, obmedzené mazacie schopnosti motorového oleja vďaka produktom nedokonalého spaľovania až zablokovania olejového filtra, vysoká štartovacia viskozita oleja v chladných zimných mesiacoch (Mikulík, Müllerová, 2007).

Veľký nedostatok vyplýva z často neštandardných podmienok získavania a spracovania samotného repkového oleja.

1.3.1. Fyziologicko – produkčné aspekty Kapusty repkovej pravej (*Brassica napus L. spp. napus*)

Ozimná repka (*Brassica napus L.*) má v našich podmienkach vegetačnú dobu 300 a 340 dní, najčastejšie 320 a 330 dní, výnimočne v nadmorských výškach nad 600 m aj celý rok (Baranyk, Fábry, 1997).

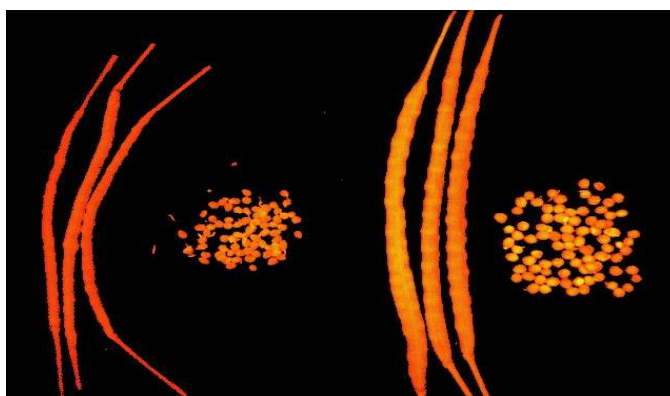
Rastový a vývinový cyklus repky je významne ovplyvňovaný teplotou a svetlom, ktoré urýchľujú, alebo spomaľujú fyziologické a biochemické pochody, a tak aj celý vývinový cyklus a rast repky. Rastový proces repky sa začína v jesennom období, kedy rastlina po vzchádzaní vytvorí hypokotyl, kľúčne listy a pravé listy. Nízke teploty a nízka intenzita žiarenia počas zimy majú za výsledok zníženie veľkosti listovej plochy. Skoro na jar, kedy teploty prekročia 5 °C sa začína druhé obdobie narastania listov a zväčšovania asimilačnej plochy, pričom v tomto období vystupuje list ako hlavný zdroj fotosyntézy až do fázy plného zakvitnutia porastu. Produkcia sušiny z tejto fázy podporuje rast šesúľ mobilizáciou uložených asimilátov.

Podľa Vilčeka (2005) vyhovujú repke regióny s ročným priemerom teplôt okolo 8 °C, s ročným úhrnom zrážok 600 - 800 mm.

V podmienkach Slovenska, kde prevažuje kukuričná oblasť s absolútne najvyššími plochami repky, sa ako rozhodujúci pre úspech pestovania javí dostatok vlahy v období vzhádzania repkových porastov. Podmienky pre samotné vzhádzanie sú dané aj kvalitou prípravy pôdy a sejbou, čo ale nie je problém kukuričnej oblasti, ale predovšetkým oblasti zemiakarskej. Pokiaľ dôjde k dobrému zakoreneniu porastu a k dosiahnutiu požadovanej rastovej fázy pred zimným obdobím, následné zimné počasie ohrozuje úspech pestovania repky v malej miere (Zubal, 2007).

Výkonnejšie pôdne prostredie nížinných oblastí, s úrodnými, živinami lepšie zásobenými pôdami, eliminuje nedostatok vlahy a vyššie napadnutie škodcami a prostredie vyšších oblastí, aj keď s lepšou vlahovou bilanciou a menším tlakom škodcov, je viac hendikepované nižšou pôdnou úrodnosťou a nižším príkonom energie (Vilček, 2005).

Pre dosiahnutie požadovanej úrody je potrebné zabezpečiť čo najefektívnejšie využitie energie slnečného žiarenia na tvorbu asimilátov a súčasne ich ukladanie do hospodársky zaujímavých častí rastlín. Poklesom listovej pokrývnosti (LAI) úmerne stúpa sušina šesúľ. Tento vzťah súvisí s poklesom listovej pokrývnosti a nárastom asimilačnej plochy šesúľ. Optimálna listová pokrývnosť u ozimnej repky pestovanej na semeno do nástupu zimy by sa mala pohybovať v rozmedzí 1,5 – 2,5 LAI. U ozimnej repky je z hľadiska tvorby listovej plochy typická dvojvrcholová krivka s jedným maximom na jeseň, a s druhým na jar pred kvitnutím. V období maximálnej tvorby semien prebieha fotosyntéza len v malých stonkových listoch horného poschodia, v stonkách a šesuliach.



Obr. 8 Rýchla svetelná krivka – porovnanie šesúľ rôzneho štádia nalievania a semien
Zdroj: Katedra Fyziológie rastlín

Produkčný proces je integrujúcim procesom fotosyntézy, dýchania, morfofenézy rastu a veľkosti LAI. Od vzájomných vzťahov medzi rýchlosťou fotosyntézy, ako zdroja asimilátov (source), ich využívania, spotrebou na dýchanie a rast (sink) závisí aj ich hromadenie (Kostrej a kol., 1988). Z hľadiska tvorby úrody má u ozimnej repky značný význam tvorba listovej pokrývnosti a tvorba sušiny. Významným faktorom pre tvorbu vysokej biologickej a hospodárskej úrody je dynamika tvorby asimilačného aparátu a dĺžka jeho aktívnej činnosti.

1.3.2. Faktory produkčného procesu

Produkčný proces je geneticky podmienený v rôznom rozsahu prostredníctvom genetickej regulácie dĺžky ontogenézy a jej jednotlivých etáp, príjmu živín a vody, asimilácie, transportu asimilátov a minerálnych látok, odolnosti proti chorobám a škodcom (Kostrej a kol., 1998). Vysoký stupeň genetickej podmienenosti pri formovaní porastu plodín znižuje vplyv prostredia a naopak (Kostrej a kol., 1998).

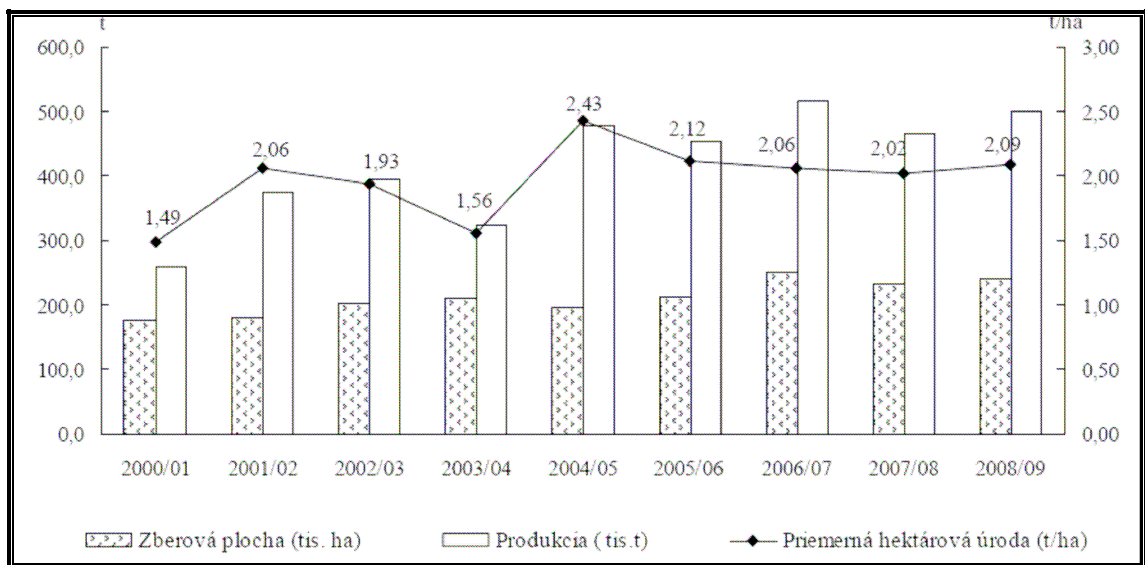
Olejnatosť kapusty repkovej pravej ako najvýznamnejší kvalitatívny znak, je geneticky podmienenou vlastnosťou, pričom ju ovplyvňuje komplex agrotechnických faktorov v nasledujúcej postupnosti: odroda, ročník a pestovateľská oblasť, ošetrovanie pôdy po zbere úrody, spevnenie pôdy (Masarovičová et al., 2008).

Plodiny pestované v miernom klimatickom pásme sú prispôsobené k dennému cyklu striedania dennej a nočnej teploty s teplotným gradientom, t. j. dennou teplotnou amplitúdou 5 - 10 °C. Tento adaptačný mechanizmus je geneticky fixovaný. Pri hodnotení produkčného procesu s ohľadom na rozdielnu teplotnú závislosť fotosyntézy a dýchania nepostačuje charakterizovať teplotu len priemernou dennou teplotou, ale musíme zohľadniť aj priemernú nočnú teplotu. Fotosyntéza prebieha cez deň, dýchanie cez deň aj noc. Pritom jednotlivé plodiny rozdielne reagujú na úroveň denných a nočných teplôt. Napr. denná teplota 20 - 25 °C je spravidla optimálna pre fotosyntézu väčšiny plodín. V noci vyvoláva zvýšenú rýchlosť dýchania, v dôsledku čoho je väčší úbytok asimilátov (Kostrej, 1998).

Jedným z najdôležitejších problémov pri pestovaní repky olejky, vyplývajúceho z jej biológie, je postupné a pomerne dlhé kvitnutie a s tým súvisiaca postupná tvorba šesťúhľ spôsobujúca ťažkosti pri zbere. Počet semien na jednotku plochy je najviac limitovaný optimálnou štruktúrou porastu v čase kvitnutia, ako aj veľkosťou fotosyntézy asi 2 až 3 týždne po kvitnutí.

Limity produktivity a efektivity pestovania repky olejky:

- Agronomický limit v produktivnosti repky olejky spočíva v prílišnom zahusťovaní porastov, čím sa zvyšuje náchylnosť na poliehanie, choroby a škodcov.
- Biologický limit v produktivnosti spočíva v používaní vysokovýkonných odrôd (líniových a hybridné odrody), kedy vysoký počet šesúľ môže viesť k zníženiu počtu semien v nich.
- Nezanedbateľnou stránkou efektivity pestovania je obsah a kvalita olejov v semene repky (výber vhodných odrôd).



Obr. 9 Plochy, produkcia a priemerné hektárové úrody olejnin v SR

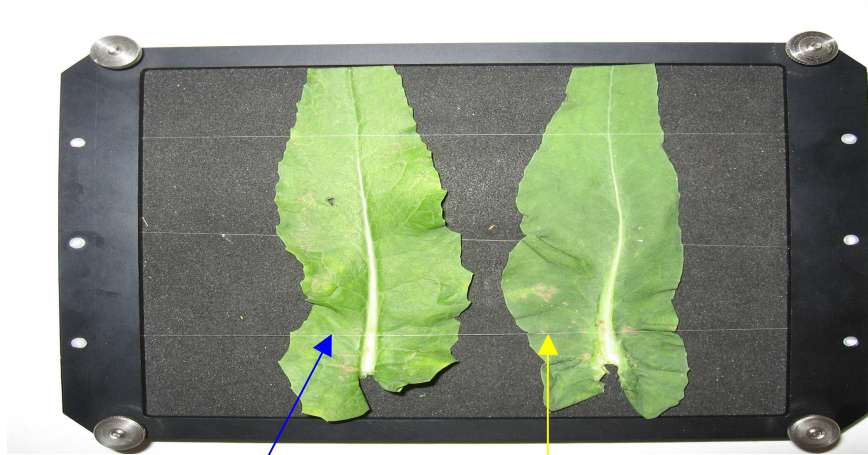
Zdroj: Dlhodobá stratégia využitia poľnohospodárskych a nepoľnohospodárskych plodín na priemyselné účely

Významnou charakteristikou pre realizáciu produkčného procesu poľných plodín je teplota pôdy najmä na začiatku vegetačného obdobia, v období zakladania (sejba) a vzchádzania, ale aj ďalšieho rastu a vývinu porastu. Teplota pôdy ovplyvňuje príjem živín, rozvoj koreňového systému a efektívnosť využitia dodaných minerálnych živín (Kostrej, 1998).

O vysokej produktivnosti porastu bude rozhodovať, koľko energie slnečného žiarenia je porast schopný absorbovať. Absorpcia energie je úzko spätá s rozmermi a usporiadaním listovej plochy porastu (Mikulík, Müllerová, 2007). Hlavnými úrodovnými prvkami sú hmotnosť tisícich semien (HTS), počet šesúľ na 1 m² a počet šesúľ na jednu rastlinu.

Základným procesom tvorby úrody je fotosyntetická asimilácia. Veľkosť fotosyntetickej produkcie je podmienená absorpciou žiarenia rastlinami v poraste. Z tohto dôvodu musí byť porast optimálne zahustený, aby v ňom bola energia žiarenia efektívne využitá. Rýchlosť fotosyntézy (P_N), ktorú meriame ako rýchlosť spotreby CO_2 na asimilačnú plochu za čas, ovplyvňujú hlavné faktory prostredia ako je žiarenie, teplota, CO_2 , voda, minerálne živiny, ale aj ontogenetický stav rastliny.

Dôležitým ukazovateľom je čistý výkon asimilácie, vyjadrujúci rýchlosť tvorby sušiny na jednotku asimilačnej plochy, súvisiaci s morfológickou stavbou listu a jeho postavením na rastline.



Obrázok 10 Porovnanie vlastností fotosyntetického aparátu hydratovaných (vľavo) a dehydratovaných (vpravo) listov
Zdroj: Katedra Fyziológie rastlín

Fotosyntéza má primárnu úlohu v produkčnom procese. Dýchanie v tomto procese zásobuje energiou dôležité fyziologické a biochemické procesy, spojené s udržiavaním funkčných štruktúr a tvorbu nových štruktúr. Preto fotosyntéza, dýchanie a rast sú navzájom spojené procesy. Fotosyntetická produktivita porastu je určovaná dĺžkou vegetácie, veľkosťou listovej plochy (LAI) a rýchlosťou fotosyntézy. Teoreticky platí, že zvýšenie úrovne ktoréhokoľvek faktora, zvýši celkovú úrodu.

1.3.3. Produkčný a energetický potenciál Kapusty repkovej pravej

Vzhľadom k znižovaniu svetových zásob ropy, ktorá je základnou surovinou pre výrobu benzínu a motorovej nafty a s ohľadom na znižovanie emisií oxidu uhličitého a iných škodlivých látok, prijal Európsky parlament a Rada európskej únie v roku 2003 smernicu 2003/30/EC na postupné nahradzovanie klasických motorových palív za biopalivá a iné alternatívne palivá (Mikulík, Müllerová, 2007). Z celosvetového hľadiska sa repka zaraďuje medzi nosné poľnohospodárske plodiny. V ostatných rokoch dopyt po repke vzrástol, nakoľko popri jej využití v potravinárskom priemysle pri výrobe jedlých olejov a tukov sa stále viac do popredia dostáva ako energetická surovina, ktorá sa uplatňuje pri výrobe metylesteru. Predpokladaná potenciálna výmera repky na energetické ciele v SR predstavuje 60 až 70 tisíc ha.

Biodiesel, bionafta, MERO (metylester repky olejnej), či FAME (z anglického Fatty Acid Methyl Esther, čo v preklade znamená metyl ester mastných kyselín) je 100 % prírodné palivo, ktoré sa používa ako náhrada za naftu vyrobenú z ropy. Z technického hľadiska ide o metylester repky olejnej (prípadne iného rastlinného oleja), ktorý sa tvorí odstránením molekuly glycerolu z rastlinného oleja vo forme glycerínu a mydiel. Po odstránení glycerolu prebehne transesterifikácia za prítomnosti metanolu na metylestery vyšších mastných kyselín (Jamriška, 2000).

Výrobou MERO sa na Slovensku zaoberá viacero spoločností, napríklad Palma – Group, a.s. a najmä spoločnosť MEROCO, a.s. z Leopoldova, ktorá spustila výrobu v prvom štvrtroku 2008 a je najväčším výrobcom bionafty v regióne s ročnou produkciou 100 000 ton. Najčastejšími surovinami na výrobu bionafty sú mastné kyseliny viazané v repkovom, slnečnicovom, palmovom alebo sójovom oleji. Hlavnou surovinou pre výrobu bionafty v EÚ sú rastlinné oleje, z nich hlavne repka olejná a slnečnica. Ich pestovanie pre potravinárske aj priemyselné použitie nie je náročné. V porovnaní so slnečnicou je pestovanie repky olejnej rentabilnejšie. Priemerná úroda repky v EÚ v posledných rokoch bola medzi 2,7 - 3,5 t/ha. Vzhľadom k tomu, že repka pre nepotravinárske účely sa pestuje hlavne na menejcenných pôdach, za možný štandard sa dá považovať priemerná hodnota 2,75 t/ha. (Cvengroš, 2006).

Podľa Cvengroša (2006), je zodpovedajúca hmotnostná bilancia nasledovná:

Z 1000 kg repkového semena sa v spracovateľskom podniku získa:

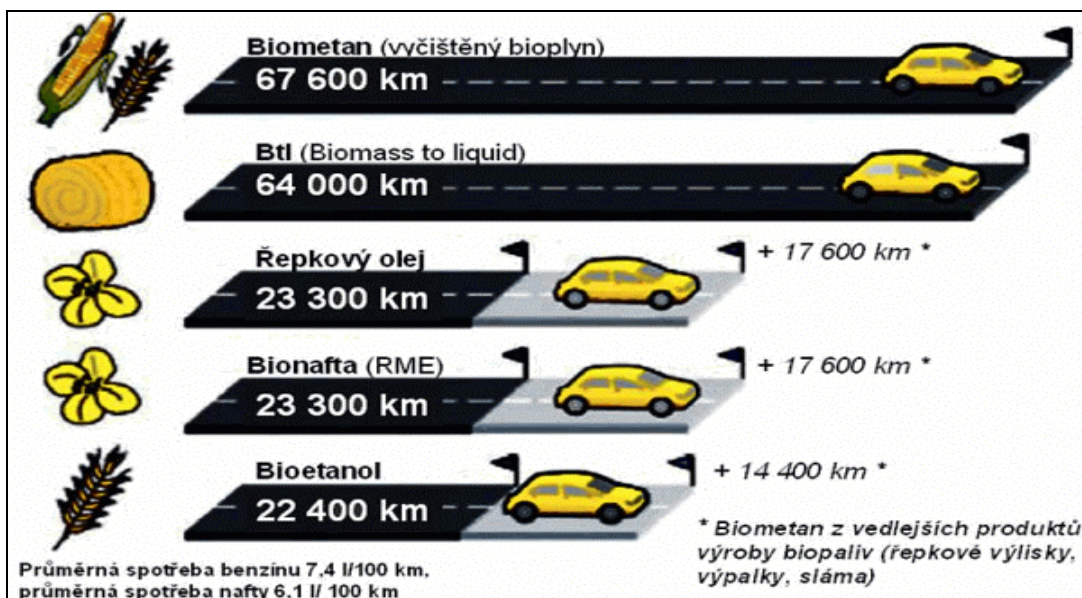
- 340 kg oleja,
- 660 kg výliskov s obsahom zvyškového oleja a vody.

Z 1000 kg oleja (po pridaní 110 kg metanolátu sodného) sa získa:

- 1000 kg FAME – bionafty,
- 110 kg surového glycerínu.

Nevýhodou čistých rastlinných olejov je, že majú vysokú viskozitu (až 40-krát vyššiu ako nafta) a počas ich skladovania dochádza k znižovaniu kvality paliva. Pri spaľovaní zanášajú motor, sú agresívne voči plastom i lakom a spôsobujú vyššie emisie tuhých častíc. Problém tuhých častíc je možné odstrániť tzv. esterifikáciou rastlinného oleja (výroba MERO). Inou nevýhodou rastlinných olejov je, že na to, aby nahradili väčšiu časť klasických palív, by boli potrebné veľké plochy poľnohospodárskej pôdy. V situácii, keď mnoho ľudí vo svete hladuje, by takáto filozofia pravdepodobne nebola správna. V tejto súvislosti vystupuje do popredia aj nebezpečenstvo pestovania monokultúr. Z hľadiska potenciálnej kapacity výroby teda nie je možné očakávať veľmi široké uplatnenie bionafty. Udáva sa, že v súčasných podmienkach by výrobná kapacita mohla pokryť asi 5 % spotreby nafty vo vyspelých krajinách (Jamriška, 2009).

Nasledujúci obrázok ilustruje jednotlivé biopalivá a porovnáva využitie energie, zo spracovanej biomasy na 1 ha pestovaných plodín, prevedené na prejdené kilometre.



Obr. 11 Porovnanie jednotlivých biopalív vo výťažnosti energie zo spracovanej biomasy na 1 ha pestovaných plodín, prevedenej na prejdené kilometre.

Zdroj: <http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=5610entur> Nachwachsende Rohstoffe e.V.

Výhodou rastlinných olejov tiež je, že rýchlo (v priebehu asi 3 týždňov) degradujú v pôde a nespôsobujú jej znečistenie.

Výhody:

- zníženie spotreby paliva o cca 5 %,
- nehorľavý charakter, netoxickosť,
- znížená dymivosť menej tuhých častí a iných nebezpečných látok,
- zníženie emisií CO o približne 50 % a emisií CO₂ o 78 %,
- regionálny rozvoj a možná relatívna sebestačnosť a nezávislosť od iných krajín.

Nevýhody:

- Súčasná rozloha poľnohospodárskej pôdy nie je schopná pokryť potreby dopravy tak, aby bionafta plne nahradila fosílna palivá - vedci navyše zistili, že výroba "zelených" palív všetkého druhu kvôli zmenám krajiny uvoľňuje viac oxidu uhličitého než používanie ropných palív - neušetrí sa ani ropa, pretože energetická bilancia väčšiny biopalív je celkovo záporná.
- Výrazné zväčšovanie plôch na pestovanie plodín pre bionaftu spôsobuje nežiadúcu intenzifikáciu poľnohospodárstva a s tým spojené používanie pesticídov a umelých hnojív, ktoré znečisťujú, zaťažujú a vyčerpávajú pôdu. Navyše sú tieto plodiny pestované na úkor plodín určených na potravinové účely, čo spôsobuje nárast cien potravín, ohrozenie potravinovej základne najmä ekonomicky rozvojových krajín a ničenie ich životného prostredia.
- Problematické je použitie bionafty pri nízkych teplotách, kedy bionafta začína vytvárať drobné častice, ktoré môžu upchať filtre v palivovom systéme - preto autá poháňané zmesou bionafty a bežnej nafty majú viac problémov s údržbou.
- Nevýhodou je aj zrážanlivosť pri nižších teplotách, ktorá tiež komplikuje prepravu - bionafta z týchto dôvodov nemôže byť dodávaná cez potrubia, ale preprava musí byť zabezpečená nákladnými autami, alebo po železnici.

Priemerný výnos repky olejnej na Slovensku sa pohybuje okolo 2,8 t/ha⁻¹, pričom na výrobu 1 tony repkového oleja sa spotrebuje asi 2,3 tony semien repky olejnej za súčasného vzniku asi 1,3 tony výliskov. Aj keď pre technické využitie postačuje, aby repkový olej prešiel základnou rafináciou, kedy sa získava tzv. *polorafináda* (oleje pre potravinársky priemysel podstupujú ďalšie rafinačné úpravy), je výroba MERO v porovnaní so spracovávaním ropy zatiaľ nákladná a taktiež predstavuje určitú záťaž pre životné prostredie. Pri technológii výroby MERO vznikajú odpadové produkty, ktoré je potrebné likvidovať. Ale i napriek tomu je možné MERO charakterizovať ako ekologické palivo pochádzajúce z obnoviteľných zdrojov, ktoré svojimi účinkami priaznivo pôsobí na životné prostredie, najmä obmedzovaním skleníkových plynov (Mikulík, 2007).

1.4. Riešenie a dôsledky klimatických zmien v SR v oblasti poľnohospodárstva

Medzinárodné dohovory o otázkach životného prostredia sa konajú predovšetkým v pracovných priestoroch Organizácie spojených národov. Prvé kapitoly v ich dejinách sa napísali v 50. rokoch. Ako prvá bola v roku 1954 prijatá *Medzinárodná konvencia o prevencii znečisťovania morí* a za ňou nasledovali desiatky ďalších konvencií.

Register medzinárodných dohovorov a protokolov s environmentálnym zameraním vedie *Program pre životné prostredie* z 09. decembra 1975.

Medzinárodné environmentálne právo sa začalo systematicky rozvíjať najmä po prijatí programov: Montevideo I.- *Montevidejský program pre rozvoj a periodické revízie environmentálneho práva*" (1982), Montevideo II. (1993).

Rámcový dohovor OSN o zmene klímy je najdôležitejším opatrením a odozvou v celej histórii ľudstva na zmiernenie a zamedzenie potenciálnej hrozby klimatických zmien v dôsledku rapídneho nárastu antropogénnych emisií skleníkových plynov. Rámcový dohovor OSN o zmene klímy bol prijatý 09. 05. 1992 v New Yorku. Dňa 19. 05. 1993 sa Slovenská republika stala tiež jeho právoplatnou členskou krajinou a svojou ratifikáciou zo dňa 25. 08. 1994 sa zaviazala plniť jeho záväzky. Dohovor nadobudol platnosť 23. 11. 1994. Hlavným cieľom dohovoru je stabilizovať koncentráciu skleníkových plynov v atmosfére na takej úrovni, ktorá by umožnila

predísť nebezpečným dôsledkom interakcie ľudstva a klimatického systému Zeme. Táto úroveň by sa mala dosiahnuť v prijateľnom časovom horizonte tak, aby sa mohli ekosystémy prispôbiť prirodzenou cestou zmene klímy, pričom by nebol ohrozený ekonomický rozvoj a produkcia potravín.

Medzivládna skupina klimatických zmien (IPCC) bola založená v roku 1988 dvomi organizáciami, a to Svetovou meteorologickou organizáciou a Environmentálnym programom Spojených Národov. Jej úlohou bolo prešetriť riziká spojené s ľudskými činnosťami spôsobujúcimi klimatické zmeny. IPCC v Tretej hodnotiacej správe z roku 2001 zhrnula, že „väčšinu oteplenia pozorovaného za posledných 50. rokov možno pripísať ľudským aktivitám“. Táto pozícia bola 7. júla 2005 potvrdená medzinárodnou skupinou vedeckých akadémii krajín G8, Brazílie, Číny a Indie.

Kjótsky protokol je doplnok Rámcového dohovoru OSN o zmenách klímy, je to medzinárodná dohoda vyjednaná v súvislosti s globálnym otepľovaním. Krajiny, ktoré podpísali tento protokol sa zaviazali znížiť ich emisie oxidu uhličitého a päť ďalších skleníkových plynov. Doteraz podpísalo tento protokol 141 krajín sveta. Významnými výnimkami sú Spojené štáty americké a Austrália. Ku kľúčovým mechanizmom a nástrojom Kjótskeho protokolu, ktoré sú zamerané na splnenie redukčných cieľov s ohľadom na špecifické podmienky krajiny, patria spoločné plnenie záväzkov, mechanizmus čistého rozvoja a obchodovanie s ušetrenými emisiami. Formálny názov tejto dohody je Kjótsky protokol k rámcovému dohovoru OSN o zmene klímy. Protokol bol vyjednaný v Kjóte v Japonsku v decembri 1997 a dohoda nadobudla platnosť 16. februára 2005.

Záujem Slovenska pri tvorbe právnych predpisov na podporu životného prostredia sa prejavuje dvojsmerne: navonok, vo vzťahu k iným štátom, účasťou na medzinárodných dohovoroch o otázkach životného prostredia a vo vnútri, začleňovaním medzinárodných dokumentov do právneho poriadku, a najmä tvorbou vnútroštátnych právnych predpisov.

Prvým medzinárodným dohovorom s environmentálnym zameraním na území SR bol *Dohovor o ochrane užitočného vtáctva v poľnohospodárstve* (Paríž 19. marca 1902; ČSR pristúpila 6. marca 1924, č. 205/1924 Zb.).

Ministerstvo životného prostredia SR je zodpovedným orgánom za formulovanie národnej politiky v oblasti zmeny klímy a ochrany ovzdušia. V jeho kompetencii je tvorba strategických dokumentov a právnych nástrojov na ich realizáciu. Návrhy

zákonov a vykonávacích predpisov sú predmetom medzirezortného pripomienkového konania a prerokovania v legislatívnej rade vlády SR. Návrhy sú následne schvaľované vládou SR a parlamentom.

Rozhodujúcim strategickým rámcom agrárnej a potravinovej politiky SR je *európsky model multifunkčného poľnohospodárstva*, ktorý prijala Európska únia. Jedným zo základných cieľov poľnohospodárskej a potravinovej politiky SR je aj prispôsobenie poľnohospodárstva environmentálnym požiadavkám na ochranu pôdy, vôd, ovzdušia a zachovávanie prírodného prostredia, druhovej rozmanitosti a ochrane tradičných génových zdrojov. Tieto kvality zohľadňuje aj Program rozvoja poľnohospodárstva a potravinárstva v SR do roku 2010.

V budúcom období klimatické podmienky a vlastnosti pôdy budú stále najdôležitejšími faktormi dosahovania produktivity plodín, a to napriek nesporným technologickým úspechom v tvorbe nových genotypov, geneticky modifikovaných rastlín či bezpôdnym pestovateľským technológiám. Benefit zo zvýšenej koncentrácie CO₂ dokážu rastliny zužitkovať len vtedy, ak budú vedieť získavať vodu a živiny a efektívne s nimi hospodáriť (Brestič, Olšovská, Hauptvogel, 2008).

Možné dôsledky klimatickej zmeny a adaptačné opatrenia v SR sú zahrnuté v IV. Národnej správe SR o zmene klímy a o dosiahnutom pokroku pri plnení Kjótskeho protokolu, ktoré spracovalo Ministerstvo životného prostredia SR a Slovenský hydrometeorologický ústav v roku 2005.

Medzinárodný summit OSN o klimatických zmenách v Kodani, ktorý sa konal v decembri 2009, rozhodol o globálnom prístupe k zemnej klíme a nástrojoch na ich podporu. Slovensko podporilo prijatie progresívnej dohody, ktorá od roku 2013 nahradí Kjótsky protokol Rámcového dohovoru OSN o zmenách klímy a ustanoví také opatrenia, ktoré zabránia zvýšeniu celkovej globálnej teploty o 2 °C. Zástupcovia zo 192 krajín hľadali dohodu o podobe záväzkov, ktoré nahradia Kjótsky protokol. Bohaté krajiny budú musieť poskytnúť dlhodobú finančnú pomoc a vytvoriť klimatický fond vo výške 10 miliárd eur, ktorý bude slúžiť na pomoc pre vysporiadanie sa s bezprostrednými dôsledkami klimatických zmien. *Sľuby, ktoré doteraz zazneli, nebudú stačiť na to, aby zastavili globálne otepľovanie pod 2 °C, o ktorom vedci tvrdia, že je potrebné na odvrátenie klimatickej katastrofy.* Na to, aby sa cieľ splnil, musia podľa vedcov rozvinuté krajiny obmedziť emisie do roku 2020 o 25 až 40 %. Rozvojové štáty uprednostňujú zachovanie Kjótskeho protokolu a práve to je jednou z mnohých vážnych prekážok, aby sa dosiahla nová globálna klimatická dohoda.

Pokiaľ ide o financovanie, tu sa bude dohoda hľadať ešte ťažšie. Podľa EÚ bude rozvojový svet na boj s klimatickými zmenami do roku 2020 potrebovať 100 miliárd eur. Rokovania v Kodani komplikovali rozdielne stanoviská bohatých a chudobných krajín. Chudobné krajiny nie sú ochotné pristúpiť na tvrdé podmienky bohatých krajín a ich záruky sa im zdajú nedostatočné. Mnohé vyspelé krajiny ponúkajú podstatne nižšie zníženie emisií, než aké sľubovali pred konferenciou. Nový dokument, ktorý v roku 2012 nahradí Kjótsky protokol, svetoví lídri pravdepodobne uzavrujú v tento rok v Mexiku.

Predpokladané dôsledky klimatických zmien v oblasti poľnohospodárstva sa týkajú zmien fenologických pomerov a zmien agroklimatických podmienok:

Zmena fenologických pomerov:

Zvýšené teploty urýchľujú intenzitu fyziologických procesov rastu a vývinu rastlín, menia nástupy fenofáz a tým aj dĺžky fenofázových intervalov a celých vegetačných období. Pre vegetačné obdobie ohraničené fyziologicky významnými teplotami všeobecne platí skorý nástup a posun ukončenia a tým aj ich predĺženie. Pre hlavné vegetačné obdobie (ohraničené $T \geq 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$) sa predpokladá k roku 2075 predĺženie na južnom Slovensku o 43 dní, v severných poľnohospodársky využívaných častiach až o 84 dní. (IV. Národná správa SR o zmene klímy, MŽP SR, 2005).

Zmena agroklimatických podmienok zahŕňa nasledovné zmeny:

Zmena evapotranspirácie: Z hľadiska ekosystémov v klimatických podmienkach Slovenska je táto skutočnosť závažná, pretože vysušanie prostredia nastane pravdepodobne v skorších mesiacoch roka, nakoľko zrážkové scenáre predpokladajú v druhej polovici vegetačného obdobia zrážkové úhrny nižšie ako tomu bolo v minulosti. To na väčšine území Slovenska v nadmorskej výške do 400 m n. m. spôsobí nedostatok vody v pôdnom profile pôd s nízkou hladinou podzemných vôd a teda silne závislých od atmosférických zrážok.

Zmeny podmienok prezimovania: Agroklimatické analýzy ukázali, že podmienky prezimovania interakčne ovplyvňujú extrémne minimálne teploty, výška a trvanie snehovej pokrývky a hĺbka premŕzania pôdy. Pri analýze možných dôsledkov očakávanej zmeny klímy je potrebné uvažovať s fyzikálnymi mechanizmami, ktoré môžu viesť k postupným zmenám zložiek rovnice vodnej bilancie. Je to hlavne znižovanie zásob snehu, ktoré tvoria časť úhrnov zimných zrážok, skorší nástup kladných teplôt na jar, čo zapríčini intenzívnejšie topenie snehovej pokrývky a rastúci trend úhrnov evapotranspirácie v zimných mesiacoch. Podľa scenárov modelu CCCM sa očakáva, že na Podunajskej a Záhorskej nížine budú priemerné mesačné teploty vzduchu kladné počas celého roka už od časového horizontu 2030. Na južnom a východnom Slovensku takéto teplotné pomery očakávame až do roku 2075. Kotlinové polohy stredného a severného Slovenska sa budú vyznačovať zápornými januárovými teplotami až do roku 2075.

Zmeny agroklimatického produkčného potenciálu: Potenciálnou úrodou plodiny sa chápe úroda odpovedajúca maximálnemu využitiu faktorov vonkajšieho prostredia, alebo úrod dosiahnutých pri maximálnej rýchlosti fotosyntézy. Zmeny fotosynteticky aktívneho žiarenia priamo nadväzujú na predlžovanie veľkého vegetačného obdobia, prípadne hlavného vegetačného obdobia. Napríklad podľa scenára CCCM sa v hlavnom vegetačnom období predpokladá zvýšenie produkčného potenciálu k časovému horizontu 2010 o 8 %, 2030 o 19 % a v roku 2075 o 47 %. Z hľadiska vodnej bilancie podmienenej úhrnom zrážok, teplotou vzduchu, vlhkosťou vzduchu i ďalších faktorov, predpokladá sa zvyšovanie ročného deficitu evapotranspirácie. Pre južné časti Slovenska sa predpokladá v podmienkach zmenenej klímy zvýšenie deficitu o 126 mm, čo predstavuje nárast o 50 %. Pre severné časti Slovenska sa predpokladá v podmienkach zmenenej klímy zvýšenie deficitu len o 66 mm, čo však v týchto polohách predstavuje nárast o 111 %. Priebeh rastových kriviek fytohmoty pšenice letnej formy ozimnej v zmenených klimatických podmienkach je potom ovplyvnený okrem koncentrácie CO₂ aj teplotnými a vlhkovými pomermi v závislosti od charakteru jednotlivých scenárov klimateckej zmeny.

Zmeny vo výskyte chorôb, škodcov a burín: Teplota patrí k najdôležitejším faktorom prostredia, ovplyvňujúcim biologické systémy patogénov a živočíšnych škodcov rastlín. Je regulátorom intenzity ich reprodukčných procesov a tým aj ich výskytu a stupňa škodlivosti. Pri vyšších teplotách v budúcnosti sa predpokladá vyšší výskyt hniloby jadrového ovocia, spôsobený hubou *Monilia fructigena*, múčnatky viniča, múčnatky jabloňovej, vyšší výskyt vírusových ochorení.

Pre výskyt škodcov majú význam teplotné extrémny zimy. Otepľovanie spôsobí zvýšenie vzchádzania semien a plodov z hlbších vrstiev pôdy, zvýši sa podiel teplomilných druhov burín, predpokladá sa zmena účinnosti herbicídov.

Opatrenia smerujúce na jednej strane k využitiu pozitívnych a na druhej strane k redukcii negatívnych účinkov klimatickej zmeny na poľnohospodárstvo sú smerované hlavne na:

- Znižovanie zásahov do pôdy a optimalizáciu termínov uplatnenia jednotlivých operácií, prepracovanie agroklimatickej rajonizácie a štruktúry pestovaných druhov a odrôd.
- Využitie prirodzených zdrojov, hlavne radiačnej bilancie a vodného režimu.
- Prepracovanie šľachtiteľských zámerov, s cieľom zamerať sa na šľachtenie odrôd a hybridov produkčného typu s väčším dôrazom na adaptabilitu proti biotickým a abiotickým stresom. To umožní vyšľachteným odrodám menej citlivo reagovať na extrémny teploty, sucha, či chorôb.

Za nevyhnutné a účinné prostriedky pri riešení problému klimatických zmien sa považuje šírenie osvedčenej praxe a poznatkov so zabezpečením informovanosti pre širokú verejnosť.

2. Cieľ práce

V rámci diplomovej práce “Klimatické zmeny a možnosti využitia produkčného potenciálu kapusty repkovej pravej z hľadiska bioenergetiky“ sme riešili všeobecné a špecifické ciele:

Všeobecné ciele diplomovej práce:

1. Sumarizácia informácií o faktoroch spôsobujúcich globálnu zmenu klímy a o vplyve koncentrácií CO₂ na rastliny v interakcii s ostatnými meniacimi sa faktormi prostredia.
2. Analyzovať faktory dopadu klimatických zmien na poľnohospodárstvo.

Špecifické ciele diplomovej práce:

3. Charakterizovať prínosy a nevýhody poľnohospodárskej rastlinnej biomasy ako obnoviteľného zdroja energie.
4. Analyzovať priebeh rastovo-produkčného procesu a možnosti využitia produkčného potenciálu repky olejky (*Brassica napus L*) z hľadiska bioenergetiky.

3 Metodika práce

Na dosiahnutie stanoveného cieľa bol zvolený metodický postup, zameraný na analýzu a spracovanie domácej a zahraničnej literatúry, koncepčných materiálov, všeobecne záväzných právnych predpisov a spracovanie literatúry z riešených projektov na Katedre fyziológie rastlín SPU v Nitre. Téma práce nadväzuje na bakalársku prácu, ktorá bola riešená na Katedre fyziológie rastlín, čím prispieva ku kontinuite tejto témy.

V praktickej časti diplomovej práce sú zahrnuté čiastkové výsledky z práce „Rastovo produkčný potenciál repky olejky v pestovateľských podmienkach Západného Slovenska“, s ktorou sme sa zúčastnili XV. vedeckej konferencii študentov s medzinárodnou účasťou v sekcii Fyziológia rastlín a botanika dňa 28. apríla 2009.²

3.1. Charakteristika pokusného stanovišťa

- Maloparcelové poľné pokusy v lokalite Borovce, v KVO, v nadmorskej výške 167 m. Územie má kontinentálny charakter podnebia s priemerom zrážok 593 mm za rok (za vegetáciu 358 mm), s priemernou teplotou vzduchu 9,2 °C za rok (za vegetáciu 15,5 °C) a pôdnym typom černozem hnedozemná s 1,8 – 2,0 % obsahom humusu (pH 5,5 – 7,2).
- Na parcelách, s rozmerom 10 m² (1,25 x 8 m) v štyroch opakovaníach, boli na jeseň aplikované NPK hnojivá v dávke 200 kg.ha⁻¹. Na jar boli prihnojené dusíkom v dávke 200 kg.ha⁻¹. V priebehu vegetačného obdobia boli porasty podľa potreby ošetrené voči burinám, škodcom a chorobám.

² Príloha č. 3 – Diplom z účasti na XV. vedeckej konferencii študentov s medzinárodnou účasťou v sekcii Fyziológia rastlín a botanika dňa 28. apríla 2009 – *spoluautor Ing. Andrea Kisantalová.*

3.2 Charakteristika biologického materiálu

V pokusoch bol použitý sortiment genotypov kapusty repkovej pravej (*Brassica napus conv. napus* L.). *Charakteristika jednotlivých genotypov kapusty repky pravej podľa UKSUP SR, 2005:*

ASGARD (Nemecko) – Asgard je skoršia odroda ozimnej repky s vegetačnou odrodou 190 dní, nízkeho typu 1,55 m s dobrou odolnosťou proti poliehaniu. Percento prezimovaných rastlín dosahuje 101 %. Rovnomernosť dozrievania je dobrá. Semeno má menšie, hmotnosť tisíce semien je 4,10 g. Odroda má vyhovujúcu technologickú kvalitu.

CALIFORNIUM (Francúzsko) - je líniová odroda so stabilne vysokým úrodovým výkonom. Je stredne skorá až skoršia odroda ozimnej repky, stredne vysokého typu s dobrou odolnosťou proti poliehaniu. Odolnosť proti vyzimovaniu dosahuje 101 % úrovne kontrolovaných odrôd. Odroda rovnomerne dozrieva. Odroda má vyhovujúcu technologickú kvalitu.

CATALINA (Francúzsko) – je stredne skorá odroda ozimnej repky, nízkeho typu, so strednou odolnosťou proti poliehaniu. Percento prezimovaných rastlín dosahuje 98 % úrovne kontrolovaných odrôd. Rovnomernosť dozrievania je dobrá. Semeno má veľké, hmotnosť tisícich semien je 5,15 g.

MAGALI (Francúzsko) – je stredne neskorá odroda, kvitnutie stredne neskoré, zber stredne skorý stredne vysoká rastlina s rýchlym dozrievaním, výborná odolnosť proti Fómovej hnilobe a Sclerotínii, dobrá odolnosť proti poliehaniu.

MANITOBA (Francúzsko) - je neskorá odroda ozimnej repky, stredne vysokého typu so strednou odolnosťou proti poliehaniu. Odolnosť proti vyzimovaniu je vyhovujúca, percento prezimovaných rastlín dosahuje 100 % úrovne kontrolných odrôd. Rovnomernosť dozrievania je dobrá. Zdravotný stav odrody Manitoba je vyhovujúci. Semeno má stredne veľké, hmotnosť tisíc semien 4,46 g. Odroda Manitoba má vyhovujúcu technologickú kvalitu.

ONTARIO (Taliansko)

OPONENT (Česká republika) – neskorá odroda vysokého typu, stredne odolná proti poliehanu, s vyhovujúcou odolnosťou proti vyzimovaniu. Vyznačuje sa vysokou plasticitou, a tým aj vysokými úrodami vo všetkých výrobných oblastiach.

RODEO (Nemecko) je stredne skorá až neskorá odroda ozimnej repky, stredne vysokého typu s veľmi dobrou odolnosťou proti poliehanu. Odolnosť proti vyzimovaniu je vyhovujúca, percento prezimovaných rastlín dosahuje 100 % úrovne kontrolných odrôd. Rovnomernosť dozrievania je stredne dobrá. Zdravotný stav odrody Rodeo je vyhovujúci. Odroda je dobre odolná proti napadnutiu fómovou hnilobou, stredne odolná proti napadnutiu čerňami, dobre odolná proti napadnutiu bielou hnilobou (sclerotíniou), dobre odolná proti napadnutiu plesňou sivou. Semeno má veľké, hmotnosť tisíc semien 5,12 g. Odroda Rodeo má vyhovujúcu technologickú kvalitu.

ROHAN (Nemecko) – je stredne skorý hybrid ozimnej repky s vegetačnou dobou 192 dní, stredne vysokého typu 1,61 m, s dobrou odolnosťou proti poliehanu. Odolnosť proti vyzimovaniu je vyhovujúca, percento prezimovaných rastlín dosahuje 99 % úrovne kontrolných hybridov. Rovnomernosť dozrievania je dobrá. Zdravotný stav hybridu Rohan je vyhovujúci. Hybrid je dobre odolný proti napadnutiu plesňou sivou, stredne odolný proti napadnutiu bielou hnilobou (sclerotíniou), čerňami a fómovou hnilobou. Semeno má stredne veľké, hmotnosť tisíc semien 4,55 g. Hybrid má vyhovujúcu technologickú kvalitu.

TALISMAN (Dánsko) - Talisman je stredne skorá odroda ozimnej repky, vegetačná doba je 201 dní. Je odrodou stredne vysokého typu so stredne dobrou odolnosťou proti poliehanu. Odolnosť proti vyzimovaniu je vyhovujúca, percento prezimovaných rastlín dosahuje 99 % úrovne kontrolných odrôd. Rovnomernosť dozrievania je dobrá. Odroda je stredne odolná proti napadnutiu fómovou hnilobou, stredne odolná proti napadnutiu čerňami, stredne odolná proti napadnutiu bielou hnilobou (sclerotíniou), dobre odolná proti napadnutiu plesňou sivou. Semeno má stredne veľké, hmotnosť tisíc semien 4,80 g. Odroda má vyhovujúcu technologickú kvalitu.

3.3. Merané rastové charakteristiky

Počas vegetačného obdobia boli pre účely hodnotenia dynamiky rastovo-produkčného procesu odoberané rastliny v nasledovných časových intervaloch: 24. 04., 29. 04., 13. 05., 27. 05., 03. 06. a 16. 06. 2008 počas vegetácie.

U odobratých rastlín bola meraná:³

- Výška rastlín (cm)
- Plocha listov
- Počet listov
- Počet bočných vetiev
- Celková sušina rastlín (g)
- Celková sušina listov (g)
- Počet šesťúľ na rastline
- Sušina šesťúľ (g)

Z nameraných hodnôt boli vypočítané rastové parametre:⁴

- Index listovej pokrývnosti (LAI v $\text{m}^{-2} \cdot \text{m}^{-2}$)
- Čistý výkon fotosyntézy (NAR v $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{deň}$)
- Rýchlosť rastu porastu (CGR v $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{deň}$)
- Fotosyntetický potenciál (LAD v $\text{m}^{-2} \cdot \text{m}^{-2}$)

³ Grafické vyhodnotenie nameraných hodnôt je súčasťou prílohy diplomovej práce, Príloha B. / Výsledky z práce „Rastovo produkčný potenciál repky olejky v pestovateľských podmienkach Západného Slovenska, 2009“ /

⁴ Grafické vyhodnotenie nameraných hodnôt je zahrnuté v časti Výsledky práce a diskusia.

4 Výsledky práce a diskusia

4.1 Výsledky práce v rámci riešených všeobecných cieľov

4.1.1. Analýza faktorov dopadu klimatických zmien na poľnohospodárstvo

Na základe štúdia dostupnej literatúry vyplýva, že klimatická zmena v globálnom meradle, resp. v podmienkach SR má evidentný dopad na poľnohospodárstvo. Najmä vysoká teplota a sucho počas vegetačného obdobia sa v poslednom desaťročí vyskytovali oveľa frekventovanejšie s dôsledkami na proaktivitu rastlín.

Zmeny priemerných teplôt môžu spôsobiť posun vegetačných zón a stupňov smerom k vyšším zemepisným šírkam a nadmorským výškam. Posuny budú výraznejšie vo vyšších zemepisných šírkach, kde sa očakáva výraznejší nárast priemerných teplôt ako v rovníkových oblastiach. Dôležitým ukazovateľom je aj rýchlosť prebiehajúcich klimatických zmien, ktorá sa mení v závislosti od regiónov.

Každá zmena ekologických podmienok prináša aj zmenu súboru živočíchov a rastlín v určitom priestore. Nové teplotné a vlhkosťové pomery zmenia aj dátumy výsevov a zberu plodín. Zatiaľ čo očakávané oteplenie môže na jednej strane rozšíriť hranice potenciálneho obilnárstva a krmovínárstva, na druhej strane môže mať za následok redukciiu potenciálnej úrodnosti v kľúčových oblastiach súčasnej produkcie, pretože vyššie teploty podporujú rýchlejšie dozrievanie a skracujú obdobie naplňania zŕn (Špánik, 1997).

Slovenská republika nevytvorila ucelenú klimatickú politiku a nepristupuje k riešeniu príčin a vplyv zmeny klímy v komplexne a s ohľadom na ich environmentálne súvislosti, ako aj ekonomický a sociálne rozmer tohto problému. Pozitívne prvky a opatrenia v rámci klimatickej politiky sa na Slovensku realizujú len povrchne a s krátkodobým efektom, čoho príkladom je i netransparentný a nevýhodný predaj emisných kvót. Slovensko potrebuje záväznú a konkrétnu národnú klimatickú politiku, ktorá by zjednotila postup štátnej správy a zaviedla a podporovala systémové opatrenia. Energetika ako významný zdroj emisií skleníkových plynov by mala byť kľúčovým sektorom na dosahovanie klimatických cieľov.

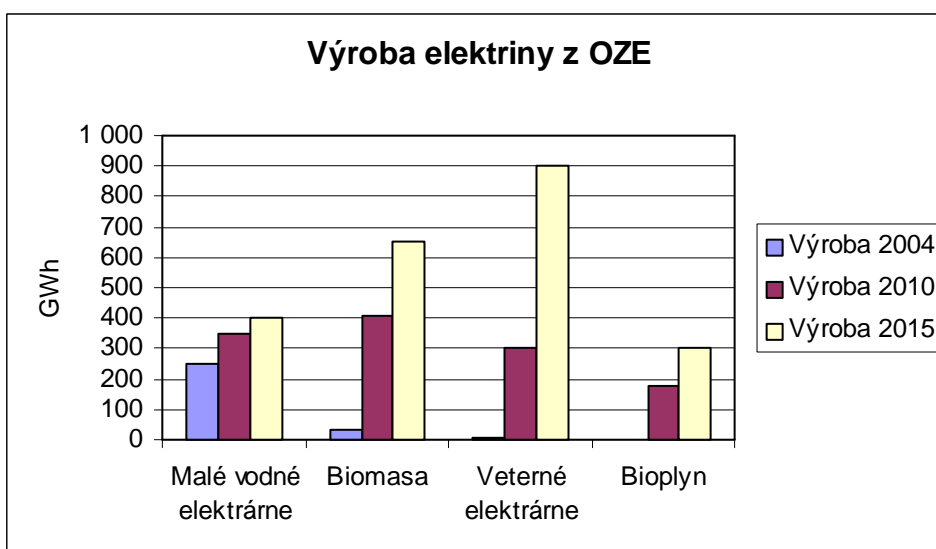
4.2. Výsledky práce v rámci riešených špecifických cieľov

4.2.1. Prínosy a nevýhody poľnohospodárskej rastlinnej biomasy ako obnoviteľného zdroja energie

Produkcia biomasy závisí od regulačných mechanizmov jedného z najvýznamnejších procesov v biosfére, ktorým disponujú všetky autotrofné organizmy, teda aj rastliny, ktoré sú vďaka procesu fotosyntézy schopné premeniť slnečnú energiu na chemickú, od ktorej závisí rast a produkcia, úroda plodín a dynamika vegetácie v prírode.

Využívanie bioplynu okrem environmentálnych prínosov prispeje k rozvoju vidieckych oblastí a významne podporí zamestnanosť v týchto oblastiach. Farmy môžu diverzifikovať svoje činnosti a zamerať sa aj na pestovanie energetických plodín. Tieto prínosy je potrebné zohľadniť pri podpore využívania bioplynu.

Ročný objem vhodnej poľnohospodárskej biomasy je 1 mil. ton. Perspektívou využívania biomasy v rezorte pôdohospodárstva na výrobu tepla (na vykurovanie, ohrev vody, výrobu bioplynu s následnou kombinovanou výrobou elektriny a tepla), sa môže zvýšiť konkurencieschopnosť poľnohospodárstva na trhu. Časť poľnohospodárskej biomasy môže byť ponúknutá vo forme paliva (brikety, pelety, veľkoobjemové balíky, štiepka), alebo vo forme energie (teplo, elektrina, chlad).



Obr. 12 Predpokladaný vývoj výroby elektriny z OZE v rokoch 2010 a 2015;
Zdroj: Stratégia vyššieho využitia OZE v SR na základe uznesenia vlády SR č. 29/2006 k návrhu Energetickej politiky SR <http://www.economy.gov.sk/index/go.php?id=2919&idf=247&lang=sk>

Porovnanie prínosov a nevýhod poľnohospodárskej rastlinnej biomasy a bioplynu

Biomasa

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none"> - najperspektívnejší zdroj energie - najväčší využiteľný potenciál - zanedbateľný obsah síry a častíc v porovnaní s uhlím (radovo 0,01 %) 	<ul style="list-style-type: none"> - náklady na dopravu/logistika - potreba skladovania z dôvodu sezónnosti pestovania - potreba zabezpečenia dlhodobu spoľahlivej dodávky biomasy
Príležitosti	Ohrozenia
<ul style="list-style-type: none"> - znižovanie závislosti na dovoze fosílnych zdrojov - rozvoj vidieckych oblastí a zamestnanosti - diverzifikácia poľnohospodárstva - vznik pracovných príležitostí vo výrobe a obsluhu zariadení - rozvoj nových vedných odborov (napr. biotechnológie) 	<ul style="list-style-type: none"> - rast ceny biomasy z dôvodu vyššieho dopytu - rast nákladov na dopravu biomasy - nedostatok biomasy pri málo pružnej ponuke

Bioplyn

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none"> - okamžite využiteľný potenciál, - vysoká účinnosť výroby elektriny a tepla, - výkonovo stabilný zdroj energie - splyňovanie umožňuje využiť na energetické účely aj odpady 	<ul style="list-style-type: none"> - potrebná koncentrácia biomasy, - malé skúsenosti s prípravou, výstavbou a prevádzkovaním bioplynových staníc, - nerozvinutý trh tuzemských dodávateľov technologických a stavebných častí,
Príležitosti	Ohrozenia
<ul style="list-style-type: none"> - diverzifikácia energetických zdrojov znižovanie závislosti na dovoze fosílnych zdrojov - rozvoj vidieckych oblastí - diverzifikácia poľnohospodárstva - vznik pracovných príležitostí vo výrobe zariadení - rozvoj nových vedných odborov 	<ul style="list-style-type: none"> - úbytok biomasy pre výrobu bioplynu,

Obr. 13 Porovnanie prínosov a nevýhod poľnohospodárskej rastlinnej biomasy a bioplynu;

Zdroj: Stratégia vyššieho využitia OZE v SR na základe uznesenia vlády SR č. 29/2006 k návrhu Energetickej politiky SR; <http://www.economy.gov.sk/index/go.php?id=2919&idf=247&lang=sk>

4.2.2. Rastovo-produkčný proces a možnosti využitia produkčného potenciálu repky olejky z hľadiska bioenergetiky

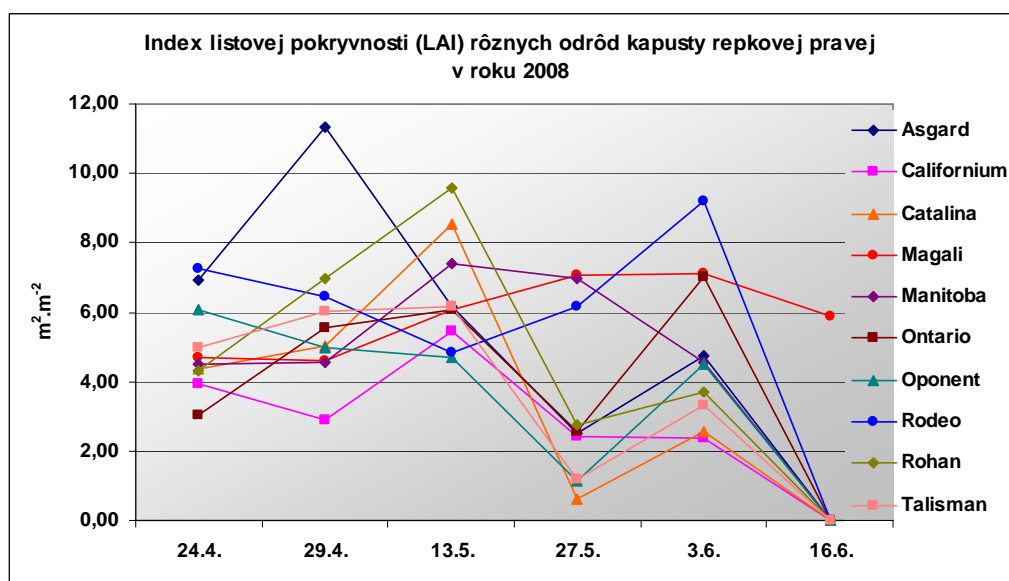
Rozhodujúcim faktorom vplývajúcim na úrodu je vplyv počasia. Na rastový a vývinový cyklus kapusty repkovej pravej významne vplýva teplota a svetlo. Tieto faktory urýchľujú alebo spomaľujú fyziologické a biochemické procesy rastlín, čo sa prejavuje na rýchlosti rastu a vývinovom cykle tejto olejninu. Od začiatku vegetačného obdobia je narastanie jej listovej plochy intenzívne. Na začiatku zimy a počas nej sa rapídne znižuje. Rastliny často prezimujú bez listov. Ukazuje sa, že v súčasnej dobe pri repke nejde o problém prezimovania. Súčasné odrody nie sú náchylné na vymrzanie a repka prekonáva zimu bez väčších problémov (Zubal, 2007).

Druhé obdobie narastania listov začína na začiatku jarného obdobia. Najvyššiu hodnotu dosahuje listová plocha začiatkom mája a najvyššie prírastky v jesennom období do mrazov medzi prvou a poslednou dekadou novembra a napokon medzi prvou a druhou dekadou apríla. Intenzita svetla ovplyvňuje aj kvalitatívne znaky, ako sú pomer koreňa ku stonke, hrúbku stonky a listov a tvorbu cievnych pletív (Fábry a kol., 1997).

V podmienkach Slovenska, kde prevažuje kukuričná oblasť s absolútne najvyššími plochami repky, sa ako rozhodujúci pre úspech pestovania javí dostatok vlahy v období vzchádzania repkových porastov (Zubal, 2007).

Rastový a vývinový cyklus repky je významne ovplyvňovaný teplotou a svetlom, ktoré urýchľujú alebo spomaľujú fyziologické a biochemické pochody, a tak aj celý vývinový cyklus a rast repky. Nízke teploty a nízka intenzita žiarenia počas zimy majú za výsledok zníženie veľkosti listovej plochy. Skoro na jar, kedy teploty prekročia 5 °C, sa začína druhé obdobie narastania listov a zväčšovania asimilačnej plochy, pričom v tomto období vystupuje list ako hlavný zdroj fotosyntézy až do fázy plného zakvitnutia porastu. Produkcia sušiny z tohto obdobia neskôr podporuje rast šesúľ mobilizáciou uložených asimilátov. V parametri LAI je medzi jednotlivými odrodami veľká variabilita. Časť súboru odrôd (Californium, Manitoba, Ontario) mala hodnoty LAI v intervale 3,5- 5,5 m².m⁻², odrody ako Asgard, Catalina, Magali, Rohan, Talisman mali index listovej pokrývnosti vyšší.

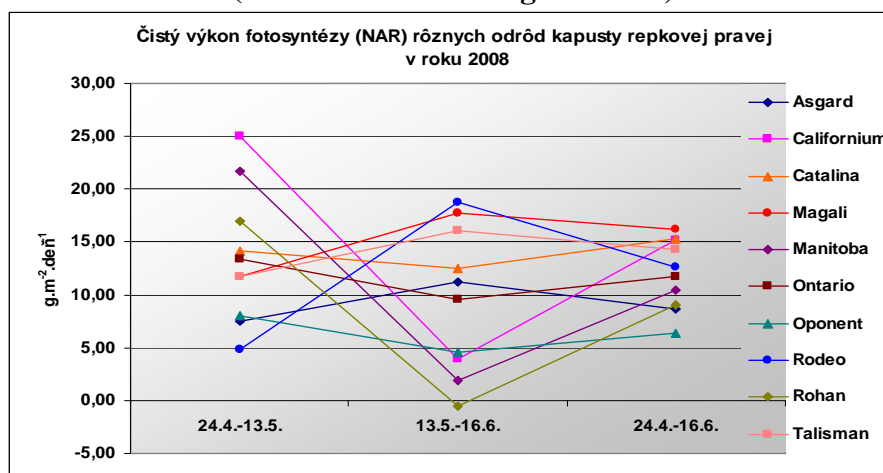
Priemerné hodnoty vybraných parametrov repky olejnej – LAI
 (LAI = A / P $\text{m}^{-2} \cdot \text{m}^{-2}$)



Obr. 14 Index listovej pokrývnosti (LAI v $\text{m}^{-2} \cdot \text{m}^{-2}$)

So zmenou LAI a prírastkom sušiny listov sa mení aj čistý výkon fotosyntézy (NAR) rastlín repky olejky, ktorého hodnoty kolíšu v priebehu vegetačného obdobia, pričom najväčšie hodnoty NAR sa dosahujú v septembri a v apríli, $9 - 10 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{deň}^{-1}$. U odrôd Magali, Catalina, Californium, Talisman, Rodeo a Ontario boli namerané hodnoty NAR vyššie.

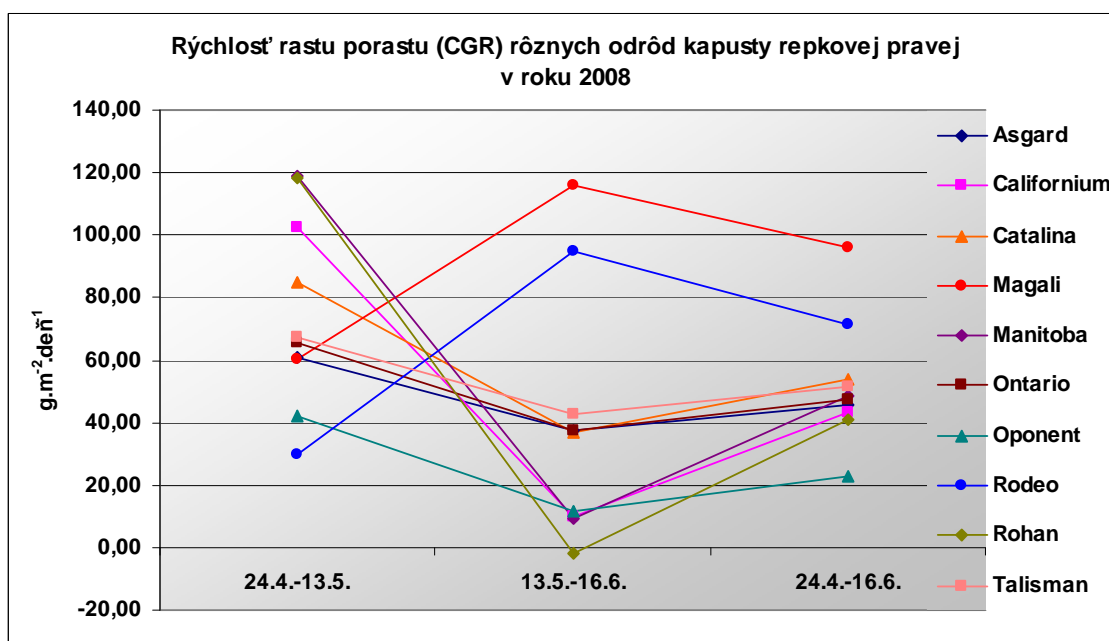
Priemerné hodnoty vybraných parametrov repky olejnej - NAR
 (NAR = $dW / dt \cdot A$ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{deň}^{-1}$)



Obrázok 15 Čistý výkon fotosyntézy (NAR) rôznych odrôd kapusty repkovej pravej v sledovanom období.

Biologická úroda repky je výsledkom rýchlosti rastu a trvania vegetačného obdobia. Obidva tieto prvky môžu ovplyvniť potenciál daný jej genotypom. Základnými úrodovnými prvkami pre repku je počet rastlín, počet šesúľ na rastlinu, počet semien v šesuli a ich hmotnosť. Regulácia týchto parametrov je determinovaná hustotou rastlín, nakoľko rovnomerné rozmiestnenie rastlín na jednotku plochy je nevyhnutnou podmienkou stability úrod. Pre úrodu semien má rozhodujúci význam počet šesúľ na rastline. V konečnom dôsledku sa však väčší dôraz kladie na počet prežitých vetiev, pukov, kvetov a mladých šesúľ, ako na potenciálny počet kvetov a šesúľ. Počas dozrievania dochádza k výraznej translokácii asimilátov z koreňov, stoniek a obalov šesúľ. Vyvíjajúce sa semená lokálne ovplyvňujú rast pletív šesúľ, reprezentujúcich v danom období hlavnú časť asimilujúceho povrchu porastu.

Priemerné hodnoty vybraných parametrov repky olejnej - CGR
 (CGR = $dW / dt \cdot P$ $g \cdot m^{-2} \cdot deň^{-1}$)

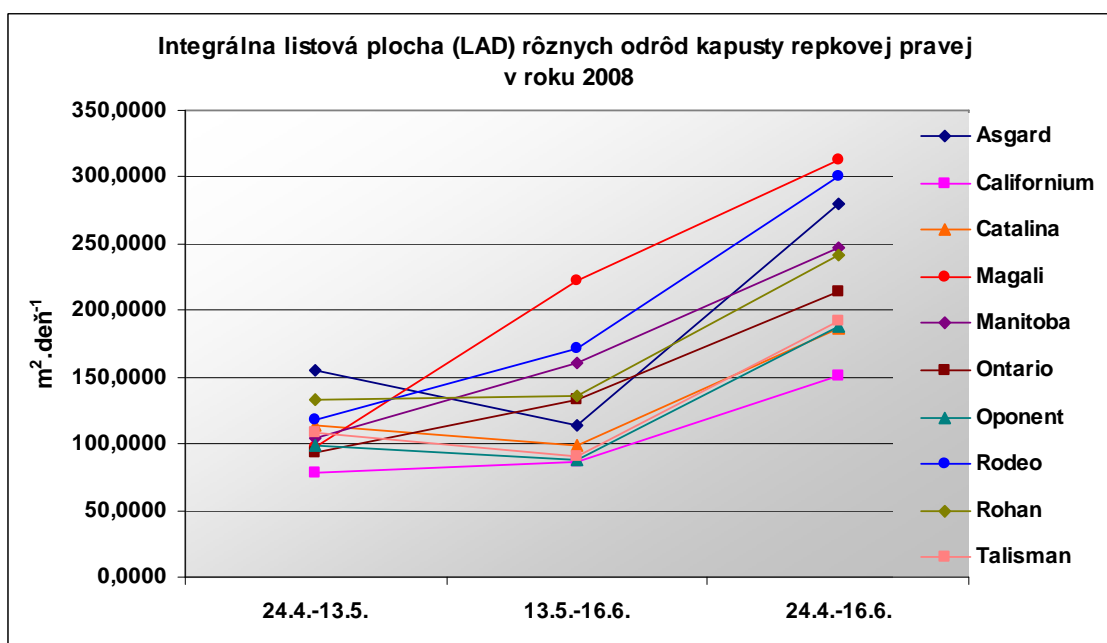


Obrázok 16 Rýchlosť rastu porastu (CGR v $g \cdot m^{-2} \cdot deň$)

V súbore sledovaných odrôd najvyšší priemerný počet šesúľ na 1 rastlinu bol zaznamenaný u odrôd Rodeo, Catalina, Magali a Manitoba. Odrody Ontario, Rohan, Californium a Talisman boli v tomto znaku relatívne vyrovnané a dosahovali nižšie počty. S množstvom šesúľ súvisí aj hmotnosť ich sušiny. Pri hodnotení výkonnosti fotosyntetického aparátu však zohrávajú v ekofyziologickom výskume významnú

úlohu, pretože dávajú odpoveď na to aká je flexibilita mechanizmov zahrnutých do svetelnej fázy fotosyntézy. Naznačujú rôznu rýchlosť regulačných mechanizmov v šesuliach a izolovaných semenách.

Priemerné hodnoty vybraných parametrov repky olejnej - LAD
(LAD = A . t m⁻².deň⁻¹.ha⁻¹)



Obrázok 17 Fotosyntetický potenciál (LAD v m² . m⁻²)

V prvom roku riešenia projektu nebolo podrobne zaznamenané celé vegetačné obdobie, a vzhľadom na to, že veľká časť fotosyntetickej aktivity rastlín repky je prezentovaná prostredníctvom orgánov uskladňujúcich asimiláty (šesule, semená), ukazuje sa potreba hlbšieho štúdia týchto orgánov.

Bionafta predstavuje doplnkovú alternatívu fosílnych palív, ktorá sa pridáva ako prísada do klasických palív. Pri jej využívaní je nutné brať do úvahy limity a obmedzenia poľnohospodárskej pôdy. Kritici tvrdia, že biopalivá ohrozujú biodiverzitu a vodné zdroje a globálne otepľovanie môžu naopak urýchliť. Avšak pestovanie repky olejnej na energetické účely môže byť výhodné okrem enviromentálnych dôvodov aj pre poľnohospodárov, ktorí bojujú s nízkym odbytom produktov.

5 Návrh na využitie výsledkov

V teoretickej oblasti prináša predložená práca súhrn informácií z nasledujúcich aspektov:

- dáva prehľad o najdôležitejších vplyvoch globálneho otepľovania,
- uvádza hlavné faktory (vonkajšie a vnútorné), ktoré limitujú úrodu,
- hodnotí výhody a nevýhody poľnohospodárskej rastlinnej biomasy ako obnoviteľného zdroja energie,
- analyzuje priebeh rastovo-produkčného potenciálu kapusty repky pravej,
- je súhrnom dôsledkov klimatickej zmeny a adaptačných opatrení na medzinárodnej úrovni a v Slovenskej republike.

V oblasti produkcie biomasy je potrebné:

- zabezpečiť výskum a vývoj technológií pestovania, spracovania a využívania biomasy na energetické účely,
- realizovať informačnú kampaň zameranú na poukázanie významu biomasy na energetické účely,
- šíriť informácie o ekologických, ekonomických a sociálnych aspektoch rozvoja energetického využívania biomasy na Slovensku,
- odstrániť legislatívne prekážky pre zakladanie porastov energetických plodín, olejní, technických plodín, rýchlo energetických drevín na poľnohospodárskej pôde s ohľadom na trvalo udržateľný rozvoj, ochranu pôdy a potravinovú bezpečnosť.

Poľnohospodárstvo v budúcich desaťročiach nebude pravdepodobne iba tým sektorom, ktorý poznáme z minulosti, ako tradičné hospodárenie na pôde. Produkcia potravín bude čoraz viac spojená s rôznymi formami menej prirodzeného pestovania, umožňujúceho čo najrýchlejšie dodávať produkty na trh. Je potrebné sa pripraviť na budovanie výkonného poľnohospodárstva (Brestič, Olšovská, Hauptvogel, 2008).

Záver

Zo záverov diplomovej práce vyplýva nasledovné:

Dopady klimatických zmien budú mnohostranné. Poľnohospodárstvo patrí medzi najcitlivejšie reagujúce odvetvie na klimatické zmeny. Suchá, choroby a škodcovia poľnohospodárskych plodín pravdepodobne zvýšia výskyt neúrod. Už dnes je nevyhnutné, aby sa poľnohospodárstvo týmto zmenám prispôbovalo. Budú potrebné zmeny využívania pôdy, produkčné metódy, opatrenia a zmeny poľnohospodárskej štruktúry. Dôležitý je dostatočný predstih, pretože mnohé z opatrení majú z biologického hľadiska charakter dlhodobých adaptačných procesov a činností.

Je negatívne, že verejnosť sa na Slovensku dozvedá o medzinárodnej klimatickej politike a o finančných mechanizmoch obchodovania s emisnými kvótami hlavne vďaka ich spornému predaju. Vláda SR by mala vytvoriť rámec pre spoločenskú diskusiu o zemnej klíme. Podpora informačných kampaní, vzdelávacích programov a praktických projektov zameraných na stabilizáciu klímy by mala mobilizovať verejnosť a ich zástupcov v štátnej správe aj na úrovni samospráv a regiónov k aktívnemu a tvorivému prístupu k tejto téme.

Zo záverov práce vyplýva, že pre budúce desaťročia v našich podmienkach je najperspektívnejší obnoviteľný zdroj energie biomasa. Jej energetické využitie má mnohostranný význam. Pokiaľ sa energetická biomasa špeciálne pestuje, prispieva sa tým k zachovaniu rázu krajiny a k ekonomike poľnohospodárskych výrobcov, a to hlavne v oblastiach menej vhodných k intenzívnej poľnohospodárskej produkcii. Udržateľnosť produkcie biopalív je splnením kritérií, ktoré jednoznačne prispievajú k pozitívnemu prístupu k životnému prostrediu a nie ku degradácii lesov, či k znižovaniu osevných plôch.

Predpokladá sa, že zmeny klímy môžu viesť až k zmenám diverzifikácie pestovaných plodín a k narušeniu dlhodobej rovnováhy medzi produkciou a požiadavkami vo svete. Vzťahy medzi klímou, poľnohospodárskou produkciou, trhom potravín, cenami a prístupnosťou produktov sa dotýkajú každej krajiny a regiónu. Bude sa hľadať nová rovnováha medzi potrebami, produkciou a trhom s potravinovými zdrojmi a produktmi. Aj keď v súčasnosti prevažujú v Európe a vo svete tendencie globalizačných procesov, ktoré sa taktiež budú dotýkať Slovenska, je dôležité aby bola poľnohospodárska výroba na nové podmienky adaptovaná a disponovala kvalitnými genotypmi, ktoré zabezpečia stabilitu a potravinovú bezpečnosť v zmenených

klimatických podmienkach. Celá hĺbka problému začína byť evidentná vtedy, ak si uvedomíme, že priemerný čas potrebný na vývoj nového genotypu obilnín je približne 12 rokov. Nezostáva čas na zavádzanie nových stratégií v šľachtení.

Z hľadiska poznania odrodovej variability a vhodnosti repky z hľadiska produkcie komponentov vhodných do biopalív, ako aj z hľadiska ekonomickej efektívnosti boli kvantifikované rastovo – produkčné charakteristiky, ako aj fyziologické a biofyzikálne parametre primárnych procesov produkcie biomasy. Boli skúšané protokoly merania fotosyntetických procesov na všetkých nadzemných orgánoch. Odkrýva sa nielen zaujímavý vedecký problém, ale aj možné využitie, z hľadiska ďalších aplikácií, napr. z hľadiska potenciálnej regulácie produkcie a transportu asimilátov do semien. Ich spresnenie umožní lepšie charakterizovať citlivosť odrôd na prostredie a kritériá vhodnosti nielen z pestovateľského, ale aj technologického zhodnotenia. Biologická úroda repky je výsledkom rýchlosti rastu a trvania vegetačného obdobia. Obidva tieto prvky môžu ovplyvniť potenciál daný jej genotypom. Základnými úrodotvornými prvkami pre repku je počet rastlín, počet šesúľ na rastlinu, počet semien v šesuli a hmotnosť semien. Regulácia týchto parametrov je determinovaná hustotou rastlín, nakoľko rovnomerné rozmiestnenie rastlín na jednotku plochy je nevyhnutnou podmienkou stability úrod. Pre úrodu semien má rozhodujúci význam počet šesúľ na rastline. V konečnom dôsledku sa však väčší dôraz kladie na počet prežitých vetiev, pukov, kvetov a mladých šesúľ, ako na potenciálny počet kvetov a šesúľ. Počas dozrievania dochádza k výraznej translokácii asimilátov z koreňov, stoniek a obalov šesúľ. Vyvíjajúce sa semená lokálne ovplyvňujú rast pletív šesúľ, reprezentujúcich v danom období hlavnú časť asimilujúceho povrchu porastu.

Rozvoj výroby repky olejnej ako suroviny pre získanie biologického paliva má nie len priamy vzťah k riešeniu problémov energetiky a ochrany životného prostredia, ale hrá aktívnu rolu v zvýšení ekonomickej efektivity poľnohospodárstva a zvýšení výnosov roľníkov.

Je otázne, či je správne v dobe nedostatku potravín pestovať poľnohospodárske plodiny na energetické účely. Avšak pestovať tieto komodity možno aj v pásmach, kde sú pôdy kontaminované a tým aj nevyužiteľné na potravinárske účely.

Na Slovensku je využitie biomasy perspektívne najmä preto, že vo väčšine prípadov sa jedná o využitie hmoty, ktorá by bola len odpadom, za ktorého likvidáciu treba platiť. Slama, ktorá hnije na poliach, spaľuje sa, alebo sa vyváža, hnoj ktorý sa používa na hnojenie bez toho, že by bol predtým využitý jeho energetický potenciál v

podobe bioplynu, nevyužitý odpad v drevospracujúcom priemysle, hektáre znehodnotenej poľnohospodárskej pôdy, kde by mohli rásť energetické rastliny - to všetko predstavuje veľký potenciál čistého lokálneho a ekonomického zdroja energie. Zdroja, ktorý neprispieva k znečisťovaniu ovzdušia, globálnemu otepľovaniu a za ktorého dovoz netreba platiť, jednoducho preto, že už je tu.

Zoznam použitej literatúry

1. ANDÓDI, A. 2003. *Vplyv zvýšenej koncentrácie CO₂ na fyziológiu rastlín v interakcii s ostatnými faktormi prostredia*: diplomová práca. Nitra: SPU, 2003. 77 s.
2. ARCHER, D. M. – BARBER, J. 2004. *Molecular to global photosynthesis Series on Photoconversion of Solar Energy*. London: Imperial College Press, 2004. 763 s. ISBN 1-86094-256-3.
3. AUGUSTA, P. a i. 2001. *Velká kniha o energii*. Praha: L.A. Consulting Agency spol. s r.o., 2001. 378 s. ISBN 80-238-6578-1.
4. BARÁKOVÁ, A. 2008. *Poľnohospodárstvo ako producent bioenergetických surovín*: dizertačná práca. Nitra: SPU, 2008. 140s.
5. BARANYK P., FÁBRY A. a kol.2007. *Řepka, pěstování, využití, ekonomika*. Praha: Vydavatelství Profi Press, s .r. o., 2007. 55 s. ISBN 978-80-86726-26-7
6. BAROS, V. 2006. *Globální změna klimatu*. Praha: Mladá fronta a.s., 2006. 168 s. ISBN 80 – 204 – 1356 – 1.
7. BÉDI, E. 2002. *Obnoviteľné zdroje energie na Slovensku*. Bratislava: Fond pre alternatívne energie, 2002. 65 s.
8. BORECKÝ V., STIFFEL R. 1995. *Olejniný (Repka olejná, slnečnica ročná, mak siaty)*. Nitra: AGROSERVIS ÚVTIP, 1995, 125 s.
9. BRESTIČ, M. a i. 2009. *Klimatická zmena a sucho: dopady a východiská pre udržateľné poľnohospodárstvo, produkciu a kvalitu*. Záverečná správa projektu aplikovaného výskumu MŠ SR – AV/1109/2004, 2009. 46 s.
10. BRESTIČ, M. - OLŠOVSKÁ, K. – HAUPTVOGEL, P. 2008. *Život rastlín v meniacich sa podmienkach prostredia: evolučná perspektíva pre 21. storočie*. Brno: Tribun EU, 2008. 132 s. ISBN 978-80-7399-566-9.
11. BRESTIČ, M. – OLŠOVSKÁ, K. 2001. *Vodný stres rastlín – príčiny, dôsledky, perspektívy*. Nitra: SPU Nitra, 2001. 149 s. ISBN 80-7137-902-6.
12. DUBNIČKA, I. 2007. *Kultúra a enviromentálna kríza*. Nitra: UKF Nitra, 2007. 486 s. ISBN 80-8094-034-7.
13. *Emisie z fosílnych palív*. [cit. 2009-09-15]. Dostupné na: <http://gnosis9.net/img2/emise001.gif>.

14. EVANS, L.T. 1993. *Crop evolutions, adaptation and yield*, Cambridge University Press, Cambridge 1993, 500 pp.
15. FÁBRY, A. a kol. 1997. *Systém výroby řepky. Česká a slovenská pěstitelská technologie ozimé řepky pro roky 1997 – 1999*. Praha: Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejin, 1997. 33 s.
16. GORE, A. 1994. *Země na misce vah - Ekologie a lidský duch*. Praha: Argo, 1994. 372 s. ISBN 80-85794-21-7.
17. GORE, A. 2007. *Nepříjemná pravda*. Praha: Argo, 2007. 325 s. ISBN 978–80-7203-868-8.
18. HADRNOŽKA, J. 2006. *Energie a globální oteplování*. Brno: Vutium, 2006. 189 s. ISBN 80-214-2919-4.
19. HALL, A. 2001. *Crop responses to environment*. London: CRC Press, 2001. 232 s. ISBN 8493-1028-8.
20. HOUGHTON, J. 1998. *Globální oteplování*. Praha: Akademie věd České republiky, 1998. 228 s. ISBN 80-200-0636-2.
http://www.priateliazeme.sk/cepa/pdf/pozicnydok_biomasa_sk.pdf.
21. CHAPIN, S.F. - MATSON, P.A.- MOONEY, H.A. 2002. *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*. Springer, 2002. 435 s. ISBN 0-387-95439-2.
22. JAMRIŠKA, P. 2009. *Pestovanie plodín na energetické účely*. Výskumný ústav rastlinnej výroby Piešťany, [online] [cit. 2009 –11 - 25]. Dostupné na: http://www.mvlstefanek.sk/novinky/energeticke_plodiny.pdf.
23. *Kapusta repková pravá (repka olejka, forma ozimná, Brassica napus L. spp. napus*. [cit. 2009-10-10]. Dostupné na: <http://ziva.avcr.cz/img/dyn/0704-17.jpg>
24. KISANTALOVÁ , A. 2007. *Úloha fytohormónov v rastovo-produkčnom procese plodín*. Nitra: SPU, 2007. 66 s.
25. KOSTREJ, A. a i. 1998. *Ekofyziológia produkčného procesu porastu a plodín*. Nitra: SPU, 1998. 179 s. ISBN 80 – 7137-528-4.
26. KOSZTYU, Š. 2007. *Alternatívne pestovanie rastlín pre štvrtý ročník* [online]. 2007 [cit 2010 – 03 - 07]. 253 s. Dostupné na: <http://www.sposvkapusany.sk/Texty/Predmety/APR/APR%204%20roc.pdf>.

27. KOVÁČ, K. – MACÁK, M. *Produkčný a energetický potenciál biomasy hospodársky významných plodín*. Nitra. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. [online] [cit 2010 – 01 - 10]. Dostupné na: http://www.agroporadenstvo.sk/oze/plodiny/biomasa_plodin.pdf.
28. LAPIN, M. – TOMLAIN, J. 2001. *Všeobecná a regionálna klimatológia*. Bratislava: UK, 2001. 184 s.
29. LARCHER, W. 2003. *Physiological plant ecology, 2003 – Ecophysiology and Stress physiology of Functional Groups*. Berlin: Springer, 2003. 513 s. ISBN 3-540-43516-6.
30. LEEGOOD, R.C.- SHARKEY, T.O – CAEMMERER, S. 2000. *Phytosynthesis and Metabolism*. London: Kluwer Academic Publ., 2000. 624 s. ISBN 0-7923-6143-1.
31. LEGGETT, J. 1992. *Nebezpečí oteplování Země*. Praha: Nakladatelství Academia, 1992. 358 s. ISBN 80-200-0452-1.
32. LUO, Y.- MOONEY, H.A. 1999. *Carbon dioxide and environmental stress*. London: Academic Press, 1999. 415 s. ISBN 0-12-450370-X.
33. LUŠTINEC, J. – ŽÁRSKÝ, V. 2005. *Úvod do fyziologie vyšších rostlin*. Praha: Karolinum, 2005. 253 s. ISBN 80-246-0563-5.
34. MIKULÍK, M - MÜLLEROVÁ, J. 2007, *Technológia výroby metylesterov repky olejnej*. [online] Ostrava: [cit. 2010-01-11]. Dostupné na: http://www.biomasa-info.sk/docs/Mikulik_Mullerova-MERO.pdf.
35. MINISTERSTVO HOSPODÁRSTVA SR. 2000. Sekcia energetiky. 2000. *Energetická politika vlády SR: uznesenie vlády č. 5/2000*.
36. MINISTERSTVO HOSPODÁRSTVA SR. 2007. *Program vyššieho využitia biomasy a slnečnej energie v domácnostiach*.
37. MINISTERSTVO PÔDOHOSPODÁRSTVA SR. 2008. *Akčný plán využívania biomasy na roky 2008-2013*.
38. MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SR. 1995. *Národná správa o zmene klímy*.
39. MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SR. 2005. *Štvrtá národná správa SR o zmene klímy a Správa o dosiahnutom pokroku pri plnení Kjótskeho protokolu*.
40. NÁTR, L. 2002. *Fotosyntetická produkce a výživa lidstva*. Praha: ISV nakladatelství, 2002. 399 s. ISBN 80-85866-92-7.

41. NÁTR, Ľ. 2005. *Rozvoj trvale neudržateľný*. Praha: Nakladatelství Karolinum, 2005. 102 s. ISBN 80-246-0987-8.
42. NÁTR, Ľ. 2006. *Země jako skleník - Proč se bát CO₂?*. Praha: Nakladatelství Academia, 2006. 142 s. ISBN 80-200-1362-8.
43. NOVÁK, V. 1994. *Môžu očakávané globálne zmeny ovplyvniť poľnohospodárstvo aj pozitívne?*. Brno: Sborník referátů, 1994. 8-10 s.
44. OLŠOVSKÁ, K. a i. 1994. *Vplyv koncentrácie CO₂ a vodného stresu na rýchlosť fotosyntézy*. Brno: Sborník referátů, 1994. 65-67 s.
45. PASTOREK, Z – KÁRA J. – JEVIČ P. 2004. *Biomasa – obnoviteľný zdroj energie*. Praha: Fcc Public, 2004. 284 s. ISBN 80-86544-06-5.
46. *Poradenské centrum EkoEnergie. Biomasa*. [online] Bratislava: [cit. 2010-02-28]. Dostupné na: <http://www.ekoenergie.sk/files/biomasa.doc>.
47. Porovnanie jednotlivých biopalív vo výťažnosti energie zo spracovanej biomasy na 1 ha pestovaných plodín, prevedenej na prejdené kilometre. [cit. 2009-10-10]. Dostupné na: <http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=5610entur> Nachwachsende Rohstoffe e.V.
48. REDDY, K.R – HODGES, H.F. 2000. *Climate change and productivity*. CABI Publishing, CAB International, 2000. 488 pp. ISBN 0-85199-439-3.
49. *Schéma fotosyntézy – fotochemická fáza*. [cit. 2009-09-15]. Dostupné na: <http://www.bioweb.genezis.eu/rastliny/fyziologia/fotosynteza.gif>.
50. SLUKA a kol. 2007. *Účelné a efektívne využívanie biomasy na Slovensku*. [cit. 2009-12-10]. Dostupné na: http://www.priateliazeme.sk/cepa/pdf/pozicnydok_biomasa_sk.pdf.
51. STRANGE, R. 2003. *Introduction to plant pathology*. London: Wiley, 2003. 460 s. ISBN 1-87274893-7.
52. ŠPÁNIK, F. – ŠIŠKA, B. – REPA, Š. 1996. *Dopady klimatických zmien na poľnohospodárstvo a adaptačné opatrenia*. In: Národný klimatický program SR: Zväzok 4. Bratislava: MŽP SR, SHMÚ, 1996. 91-109 s.
53. ŠPÁNIK, F. – ŠIŠKA, B. a kol. 1997. *Biometeorológia*. Nitra: SPU Nitra, 1997. 227 s. ISBN 80-8069-315-3.
54. ŠPÁNIK, F. – TOMLAIN J. 1997. *Klimatické zmeny a ich dopad na poľnohospodárstvo*. Nitra: SPU Nitra, 1997. 154 s. ISBN 80-7137-345-1.

55. *Technický využiteľný potenciál biomasy v SR* [cit. 2009-10-11]. Dostupné na: <http://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0015/001540o1.gif>
56. *Teplotné anomálie korelujú výraznejšie s parametrami slnečného cyklu ako s obsahom oxidu uhličitého v ovzduší*. 2005. [online] 2005. [cit. 2009-07-30]. Dostupné na: <http://www.sazp.sk/slovak/periodika/enviromagazin/enviro2007/enviro2/priloha%202-2007.pdf>.
57. TRENČIANSKY, M. a kol. 2007. *Energetické zhodnotenie biomasy*. Zvolen: Národné lesnícke centrum, 2007. 152 s. ISBN 978-80-8093-050-9.
58. VILČEK, J. – BEDRNA, Z. *Vhodnosť poľnohospodárskych pôd a krajiny Slovenska na pestovanie rastlín*. Bratislava : Výskumný ústav pôdoznaectva a ochrany pôdy, 2007 - 244 s. ISBN 978-80-89128-36-5.
59. ZUBAL, P. 2007. *Faktory ovplyvňujúce tvorbu úrody repky v podmienkach Slovenska* [online] In *Prosperující olejniny 2007* [cit 2009 – 09 - 28]. 18 s. Dostupné na: http://konference.agrobiologie.cz/konference/2007-12-12/03_zubal_faktory_ovplyvnujuce_tvorbu_urody_repky_v_podmienkach_slovenska.pdf. ISBN 80-213-1581-4.

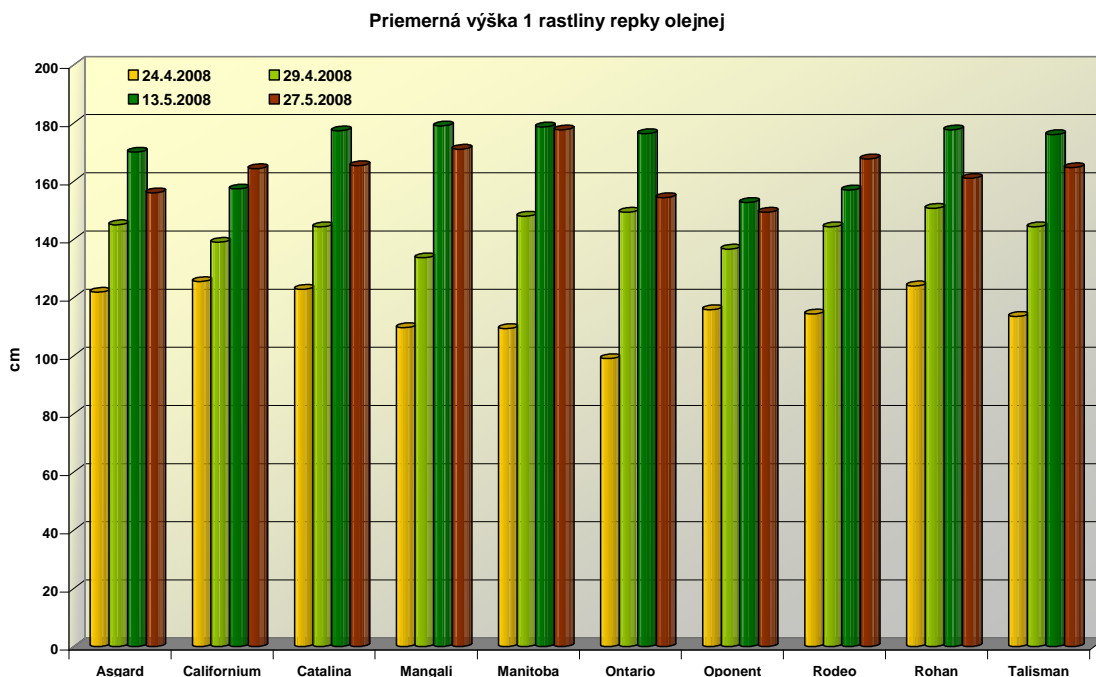
Prílohy

1. CD médium – diplomová práca v elektronickej podobe, prílohy v elektronickej podobe.
2. Merané rastové charakteristiky.
3. Diplom z XV. vedeckej konferencii študentov s medzinárodnou účasťou v sekcii Fyziológia rastlín a botanika - „Rastovo produkčný potenciál repky olejky v pestovateľských podmienkach Západného Slovenska“, s ktorou sme sa zúčastnili XV. vedeckej konferencii študentov s medzinárodnou účasťou v sekcii Fyziológia rastlín a botanika dňa 28. apríla 2009.

Príloha 2

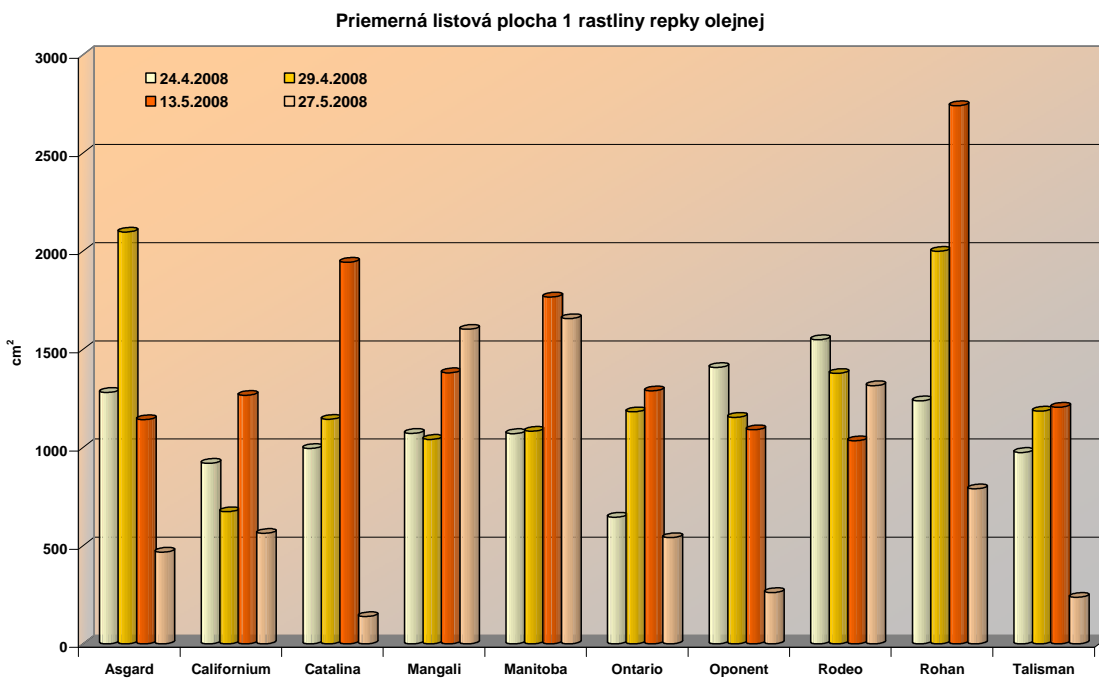
Merané rastové charakteristiky:

1. Výška rastlín



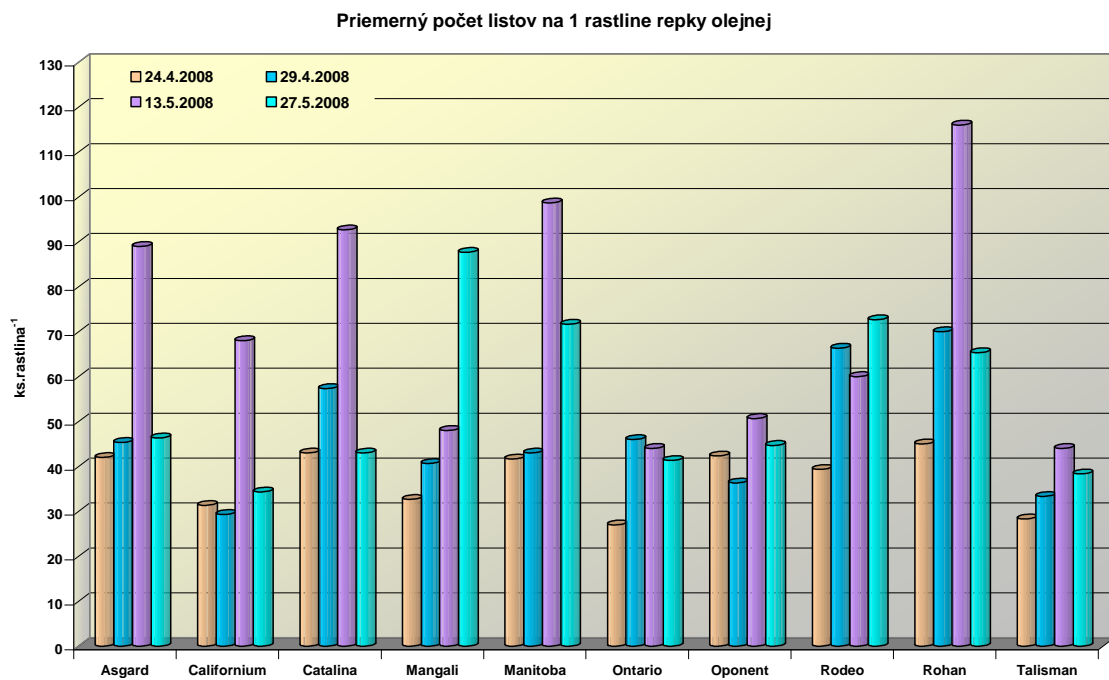
Obr. 18 Priemerná výška rastliny repky olejnej.

2. Plocha listov



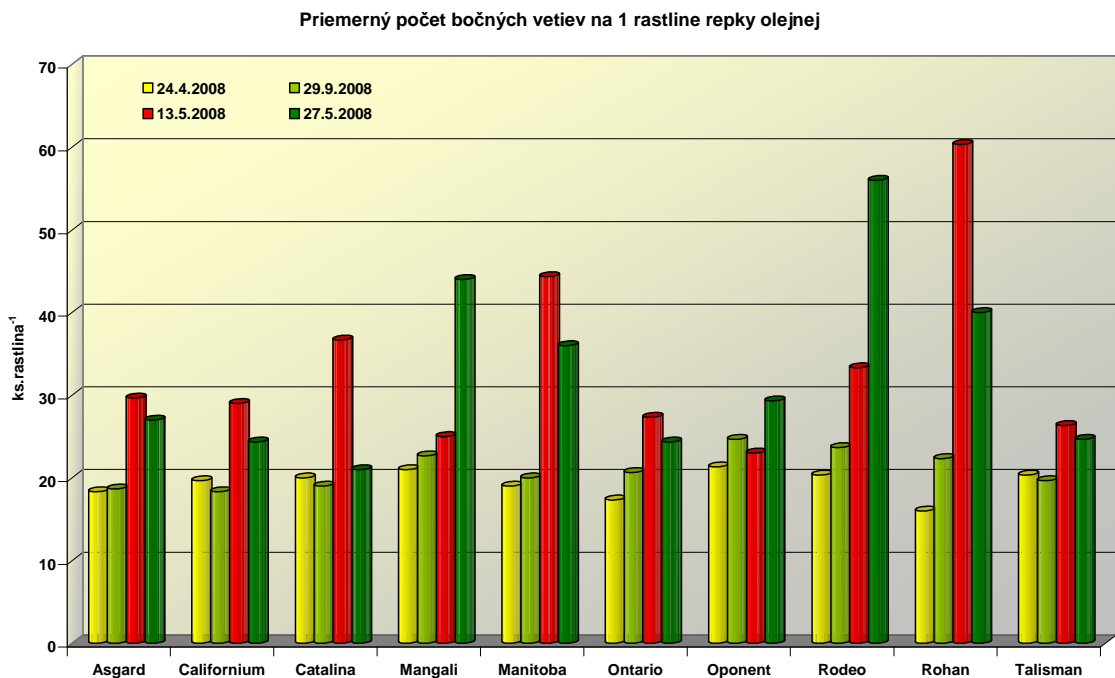
Obr. 19 Priemerná plocha 1 rastliny repky olejnej.

5. Počet listov



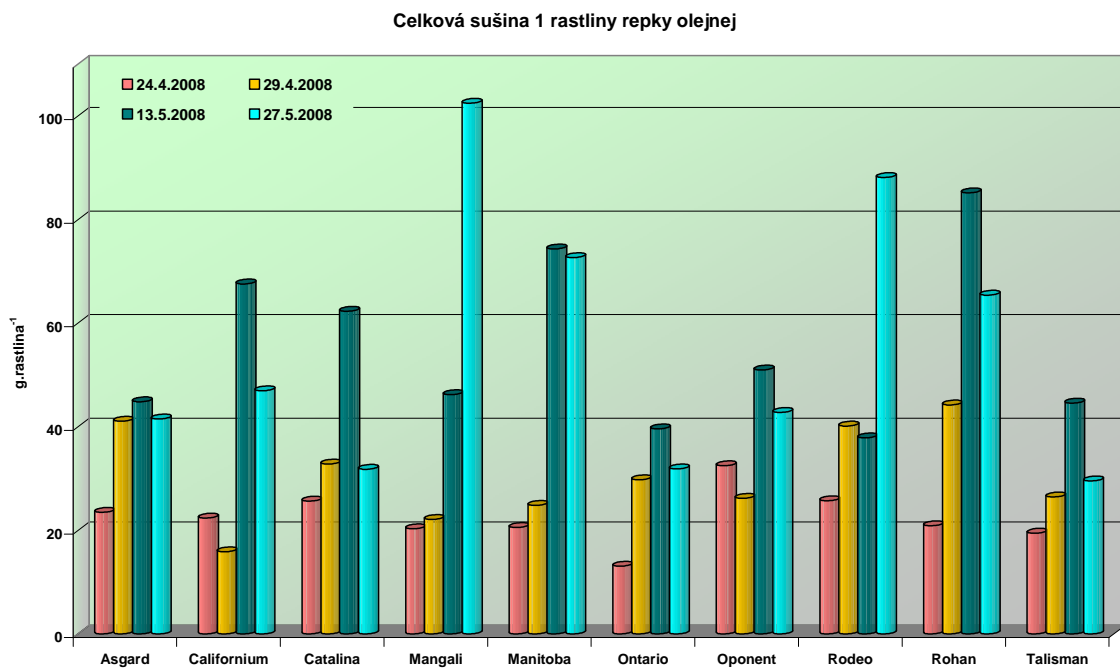
Obr. 20 Priemerný počet listov na 1 rastline repky olejnej.

4. Počet bočných vetiev



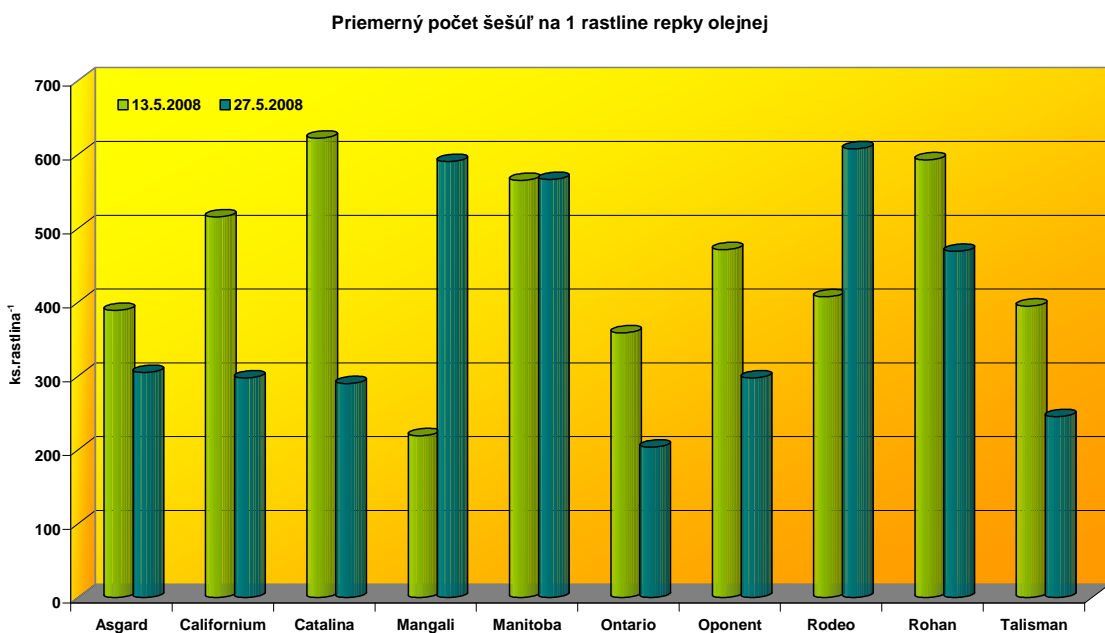
Obr. 21 Priemerný počet bočných vetiev na 1 rastline repky olejnej.

5. Celková sušina rastlín (g)



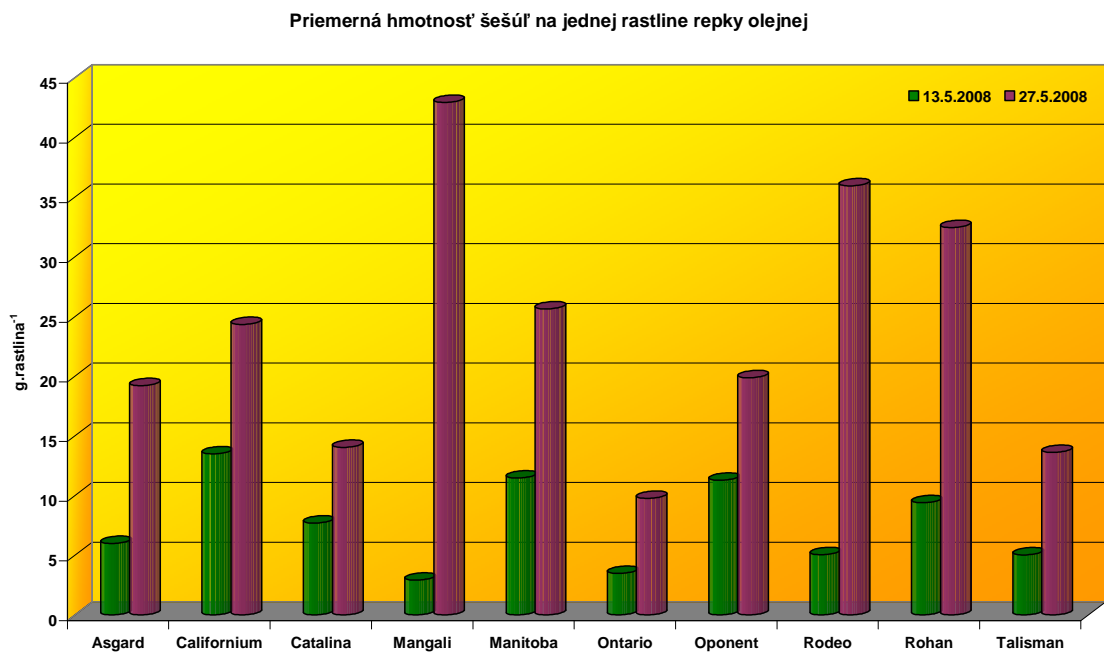
Obr. 22 Celková sušina 1 rastliny repky olejnej.

6. Počet šesúľ na rastline



Obr. 23 Priemerný počet šesúľ na 1 rastline repky olejnej.

7. Priemerná hmotnosť šesúľ na jednej rastline repky olejnej



Obr. 24 Priemerná hmotnosť šesúľ na jednej rastline repky olejnej

Príloha 3

Diplom z XV. vedeckej konferencii študentov s medzinárodnou účasťou v sekcii Fyziológia rastlín a botanika



Obr. 25 Diplom z XV. vedeckej konferencii študentov s medzinárodnou účasťou v sekcii Fyziológia rastlín a botanika