

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA AGROBIOLOGIE, POTRAVINOVÝCH A
PŘÍRODNÍCH ZDROJŮ
KATEDRA BOTANIKY A FYZIOLOGIE ROSTLIN



**Vliv postupné dehydratace a rehydratace na tvorbu sušiny
a obsah energie kukuřice seté**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. František Hnilička, Ph.D.

Autor bakalářské práce: Lenka Vaňková

Souhrn

V bakalářské práci je pozornost zaměřena na studium rehydratace a dehydratace u kukuřice seté (*Zea mays* L.). Vliv vodního deficitu na juvenilní rostliny kukuřice dvou rodičovských genotypů linie 2023 a CE704 je sledován na základě změn tvorby sušiny a obsahu energie. Komplex abiotických vlivů fyzikálních i chemických faktorů, ovlivňují růst, vývoj, výnos a jakost rostlin a jejich produktů. Stres, provází rostliny po celou dobu jejich existence. Rostlina se díky stresu adaptuje na nové životní podmínky a probíhá u nich neustálý evoluční vývoj. Vodní stres je významnější fyzikální faktor pro kukuřici, která je na něj velmi senzitivní, především v době kvetení a naplňování zrna, ale vodní deficit může působit také v juvenilních fázích vývoje rostlin. V pokusu byly použity 2 genotypy kukuřice: linie 2023 a CE704. Tyto genotypy byly pěstovány v teplotě na 25 °C ve dne a 18 °C v noci ve skleníku FAPPZ.

Nádobové pokusy zahrnovaly čtyři varianty: kontrolní (zavlažovanou), kontrolní s přerušenou zálivkou (14 dnů zálivka, 10 dnů omezená zálivka, 4 dny rehydratace), stresovanou 1 (omezená zálivka po dobu 10 dnů a poté 20 dnů rehydratace) a stresovanou 2 (omezená zálivka po dobu 10 dnů, rehydratace 4 dny, poté 10 dnů stres s následnou 4 denní rehydratací).

Pokus byl zahájen ve fázi 5 listů a ukončen ve fázi 9 listů. Odebrané vzorky byly usušeny v sušárně do konstantní hmotnosti při teplotě 80 °C a následně zhomogenizovány. V rostlinném materiálu byla dále sledována na základě spalné kalorimetrie hodnota spalného tepla. Pro stanovení spalného tepla byl použit isoperibolický kalorimetr IKA C200 (IKA, SRN). Z hodnot spalného tepla byl zjištěn obsah energeticky bohatých látek v příslušném rostlinném orgánu.

Ze získaných výsledků je patrné, že vodní deficit a následná dehydratace ovlivnila tvorbu sušiny u vybraných genotypů CE704 a 2023 ve srovnání s rostlinami kontrolními. Genotyp 2023 dosahoval průměrně vyšších hodnot obsahu netto energie sušiny v nadzemní i podzemní biomase oproti genotypu CE 704. Genotyp CE 704 je citlivější vůči vodnímu deficitu. Je vyrovnanější v kontrolní a stresové variantě díky adaptační schopnosti ranosti. Genotyp 2023 je odolnější vůči vodnímu deficitu, má přizpůsobivější metabolismus ke střídavému obsahu vody v prostředí.

Klíčová slova: kukuřice setá, stres, dehydratace, rehydratace, tvorba sušiny

Summary

This thesis focuses on studying of maize (*Zea mays*) rehydration and dehydration. Simultaneously, it defines the influence of an abiotic stressor on the production of dry matter and on the energy content of maize grown in regulated conditions. The complex of abiotic effects of physical and chemical factors affects growth, development, yield and the quality of plants and their products. Stress accompanies plants during their existence. Thanks to stress, the plant adapts to new conditions and there is a continual evolutionary development. Water stress is a very important physical factor for maize, which is very sensitive to it.

The thesis concentrates on the differences in production of dry matter and in energy content of the selected lines. In this experiment there were used 2 genotypes of maize: the line 2023 and the line CE704. These genotypes were grown in the greenhouse FAPPZ at optimal temperature 25°C during the daytime and 18° C at night.

The container experiments include four variants: irrigating (irrigating), irrigating with interrupted watering (14 days of watering, 10 days of restricted watering, 4 days of rehydration), stressed number 1 (restricted watering for 10 days and then 20 days of rehydration) and stressed number 2 (restricted watering for 10 days, rehydration for 4 days, then 10 days of stress followed by 4 days of rehydration).

The experiment was initiated by the 5 leaves phase and finished by the 9 leaves phase. Regarding the juvenile plants, there was observed a photosynthetic accumulation of energy. In order to be able to define the quantity of the combusted heat, there was used the isoperibolic calorimetry (IKA C200). As the experiment took place in the greenhouse, the growth of samples was not influenced by the outer environment. The samples were dried in a dryer, weighed and crushed for another working process, the determination of resistance to stress. On the basis of the amount of the combusted heat, there was discovered the final amount of energy-rich substances obtained in the samples. The results of the experiments prove that the water deficit and the subsequent rehydration influence the production of dry matter in the selected genotypes CE704 and 2023 in comparison with the controlled plants. On the average, the genotype 2023 achieved higher values of nett energy of dry matter in both the aboveground and the belowground biomass compared to the genotype CE 704. CE 704 is more sensitive to water deficiency. This genotype is more balanced in control and stress variation due to the adaptation abilities of earliness. The genotype 2023 is more resistant to water deficiency; it is more adaptable to alternating water content in the environment.

Key words: maize, stress, dehydration, rehydration, production of dry matter

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci " Vliv postupné dehydratace a rehydratace na tvorbu sušiny a obsah energie kukuřice seté" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Děkuji Ing. Františku Hnilíčkoví, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnoval.

Obsah

1	1
2	Úvod.....	7
3	Cíle práce	8
4	Hypotézy.....	9
Literární rešerše		10
4.1	Historie pěstování kukuřice.....	10
4.2	Nároky na prostředí a agrotechnika	18
4.3	Zpracování a příprava půdy	18
4.4	Škodlivý činitelé.....	20
4.5	Stres rostlin – obecná koncepce	22
4.6	Reakce rostlin na vodní deficit.....	29
4.7	Šlechtění na suchovzdornost	34
5	Metodika	37
5.1	Pokusný materiál	37
5.2	Metodika pokusu	37
5.3	Měření fyziologických charakteristik	41
5.3.1	Stanovení sušiny	41
5.3.2	Stanovení obsahu energie	41
5.4	Výsledky	42
5.5	Diskuze.....	62
5.6	Závěr	66
6	Seznam literatury	67

1 Úvod

Kukuřice je významnou plodinou s velice dlouhou, bohatou a zajímavou historií. Dnes se pěstuje v pěti světadílech a patří mezi čtyři nejdůležitější plodiny, hned vedle pšenice, rýže a brambor. V českém zemědělství má kukuřice krátkou historickou dobu pěstování. V novodobé historii se kukuřice pěstujeme necelých 300 let.

Z plodiny prvotně pěstované jen pro lidskou výživu se kukuřice stala nepostradatelnou plodinou, protože se jedná o krmnou, potravinářskou i farmaceutickou, ale také energetickou rostlinu. V České republice se kukuřice pěstuje na ploše 335 984 ha, z toho zahrnuje pěstování kukuřice na zrno 100 453 ha a 235 531 ha kukuřice na zeleno a siláž. (www.czso.cz)

Kukuřice upřednostňuje teplejší prostředí s dostatečnou vláhou, a proto kukuřice patří mezi rostliny, které citlivě reagují na nedostatek vláhy. Na nedostatek vody rostliny reagují omezením fyziologických funkcí a vytvořením obranných reakcí. Při silnějším vodním stresu stoupá aktivita glykolýzy a alkoholdehydrogenázy, zvyšuje se až čtyřicetkrát koncentrace kyseliny abscisové, která má za následek uzavírání průduchů a tím sníží transpiraci a fotosyntézu.

V extrémních poměrech, pokud rostlina není schopná adaptovat se, dochází k nevratnému vadnutí a odumření rostlin. Z uvedených důvodů je pro šlechtitele kukuřice čím dál nejdůležitější vyšlechtit nenáročného hybrida, který bude mít rychlý vývoj s velkým výnosem. Požadavky pěstitelů se stále zvyšují, rostlina by měla být odolná vůči vodnímu deficitu, chorobám a škůdcům, snadno by se měla zotavit po dlouhodobém vadnutí tak i z napadení škodlivého činitele, co s nejmenší újmou pro samu rostlinu i pro její produkci.

Cílem bakalářské práce je sledování vlivu vodního deficitu a následné dehydratace na obsah energie a tvorbu sušiny vybraných rodičovských genotypů. Použité metody by mohly sloužit pro stanovení míry odolnosti vůči stresorům a zároveň jako metody výběru pro šlechtitele.

2 Cíle práce

Kukuřice setá požaduje dostatek vláhy, je velmi senzitivní na vodní deficit v embryonální a juvenilní vývojové fázi. Voda zajišťuje kukuřici minerální výživu a příznivě ovlivňuje její růst. Nedostatek vody se u kukuřice projevuje komplexní reakcí, která se spustí působením stresoru. Stresová reakce se projevuje poškozením buněčné stavby a oslabuje životaschopnost rostliny.

Z výše uvedeného vychází cíle práce:

1. Stanovit u vybraných genotypů kukuřice rozdíly v tvorbě sušiny v závislosti na ontogenetickém vývoji rostlin,
2. stanovit u vybraných genotypů kukuřice rozdíly v obsahu energie v jednotlivých orgánech rostlin v závislosti na jejich ontogenetickém vývoji,
3. stanovit u vybraných genotypů kukuřice rozdíly v tvorbě sušiny v závislosti na působení vodního deficitu a následné rehydrataci,
4. stanovit u vybraných genotypů kukuřice rozdíly ve fotosyntetické akumulaci energie v závislosti na působení vodního deficitu a následné rehydrataci,
5. stanovit u vybraných genotypů jejich odolnost/citlivost vůči vodnímu deficitu.

3 Hypotézy

Z navržených cílů byly stanoveny hypotézy práce:

1. Existují rozdíly mezi genotypy v tvorbě sušiny v závislosti na ontogenetickém vývoji rostlin;
2. existují rozdíly mezi genotypy u kukuřice v obsahu energie v jednotlivých orgánech rostlin při působení vodního deficitu;
3. existují rozdíly u vybraných genotypů ve fotosyntetické akumulaci energie v závislosti na působení vodního deficitu a následné rehydrataci;
4. existují genotypové rozdíly v tvorbě sušiny juvenilních rostlin kukuřice v důsledku působení vodního deficitu a následné rehydratace?

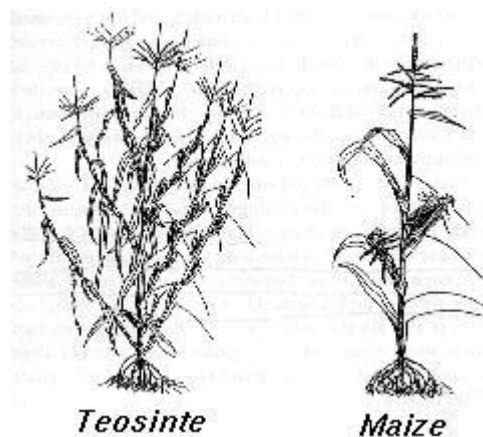
Kukuřice je třetí nejpěstovanější obilnina ve světě, je oblíbena pro nenáročnost pěstování. Kukuřice má vysoké nároky na vláhu. Velmi citlivě reaguje na vodní stres především ve fázi klíčení a období růstu. Proto se dbá na výběr odolných odrůd vůči vodnímu deficitu. Proto je cílem šlechtitelů vyšlechtit odrůdy či hybridy, které jsou odolnější vůči vodnímu deficitu v průběhu jejich vegetace. Byly použity 2 genotypy kukuřice seté CE 704 a 2023.

4 Literární rešerše

4.1 Historie pěstování kukuřice

Kukuřice (*Zea mays* L.) je jedna z nejstarších potravin na světě (Gay, 1984). Na základě nejstarších nálezů zbytků vřeten kukuřice v jeskyních obývaných původním obyvatelstvem a jejich zkoumání pomocí radioaktivního uhlíku se předpokládá, že je kukuřice stará asi 5 600 let. Ve své pravlasti, v Americe byla pěstovaná jako hlavní obilovina již v předkolumbovských dobách (Ivanega a kol., 2012).

Kukuřice se pro pevné usazení zrn na palici a jejich krytí obalovými listeny nemůže sama volně rozmnožovat. Tím záhadnější je otázka původu, a to tím spíše, že neznáme její planou formu (Hruška a kol., 1962). Podle Zimolky a kol. (2008) pravděpodobně kulturní kukuřice vznikla zkřížením příbuzných rostlin (*Tripsakum* sp. a *Euchlaena* sp.). Z tohoto křížení vznikla teosinta (Zimolka a kol., 2008). Z genetického studia vyplývá, že teosinta je divoký předek kukuřice. Z morfologického hlediska je kukuřice odlišná od teosinty, ale na úrovni DNA si jsou podobné. Mají stejný počet chromozomů a pozoruhodně podobné uspořádání genů (<http://learn.genetics.utah.edu/content/selection/corn>).



Obr. 1 Rozdílný vzhled Teosinty a Kukuřice zdroj: www.zoology.ubc.ca

Pravděpodobnými prvními pěstiteli a šlechtiteli kukuřice byly mexické a peruánské kultury, které cílevědomou selekcí přeměnily divoké formy kukuřice (Zimolka a kol., 2008).

Kukuřice byla známá všem americkým indiánským kmenům Aztékům, Mayům, Inkům a dalším více než 4000 let před naším letopočtem. Všechny indiánské kmeny měly pro ni svá pojmenování a pěstovali ji kolem svých obydlí. V hrobkách domorodců Severní Ameriky, v hrobkách Inků a v pohřebištích Peruánců se uchovaly palice i semena kukuřice (Hruška a

kol.,1962). Archeologické a paleontické nálezy potvrzují původ a vznik kukuřice v Americe (Šuk a kol., 1998).

Z výše uvedeného vyplývá, že původ kukuřice je v tropických a subtropických oblastech Jižní a Střední Ameriky. Sběrem byla využívána již před 12 000 lety (Young a kol., 2000). Podle Šuka a kol. (1998) se kukuřice začala pěstovat v Mexiku, v oblastech náhorní roviny Mexika a Chile, blízko sídlišť pravěkých Mayů, od kterých se pěstování kukuřice rozšířilo na sever i na jih (Šuk a kol., 1998).

Kukuřice byla introdukována do světa. V 15. století se kultivary kukuřice rozšířily po celé Americe, kromě chladných oblastí (Young a kol., 2000). Do Evropy ji mořeplavci dovezli okolo roku 1493 a v západní Evropě se zpočátku pěstovala jako okrasná rostlina (Young a kol., 2000). Z počátku byla zasetá v královských zahradách, ale nevyvolala přílišný zájem (Ivanega a kol., 2012). Díky variabilitě, přizpůsobivosti a velké výnosnosti se kukuřice šířila v zemích Starého světa neuvěřitelně rychle a na velké vzdálenosti jako žádná jiná plodina, i když ji v Evropě byly velkým konkurentem brambory a v ostatních světadílech přizpůsobené obiloviny a luskoviny, v Asii zejména rýže a sója (Hruška a kol., 1962).

Od počátku 16. století se začala rozšiřovat po celé Evropě (Gay, 1984). V 16. století se začala kukuřice pěstovat i ve Francii a Itálii, odkud se rozšířila do celé středomořské oblasti, později i na východ a na sever. Portugalci ji velmi brzy po objevení Ameriky dovezli do jihozápadní Afriky (Ivanega a kol., 2012).

V roce 1516 se dostala až do Číny a odtud do Japonska, Polynésie a na Sundské ostrovy. V 17. a 18. století se její pěstování ve větší míře rozšířilo i na evropské pevnině. Díky své variabilitě, ekologické přizpůsobivosti, vysoké produktivitě a rozmanitosti využití se kukuřice šířila v zemích starého kontinentu velmi rychle a na velké vzdálenosti (Ivanega a kol., 2012).

V 18. století se z Turecka rozšířila kukuřice na jižní Moravu a poté do Čech (Young a kol., 2000). Podle Ivanega a kol. (2012) se kukuřice v ČR pěstovala již kolem roku 1830. K jejímu výraznějšímu rozšíření u nás ale nedošlo, jedním z důvodů byla skutečnost, že zdejší mlynáři nebyli na mletí kukuřice zařízení. Ve větší míře se pěstování u nás rozšířilo až počátkem 20. století, především pak po roce 1958.

V roce 1930 se začaly využívat první hybridy, které umožňují lepší využití kukuřice pro jednotlivé technologie, stále převládají dva užitkové směry: kukuřice na zrno a kukuřice na siláž a rozvíjí se další alternativní formy využití. Kukuřice na zrno se využívá v potravinářském

odvětví na výrobu škrobu, izoglukózy, tuků, olejů, pekařských produktů, dále se využívá pro výrobu stavebních hmot, papírů, lepenky, lepidel, bio plastu. Kukuřice má využití i v chemickém, farmaceutickém, kosmetickém odvětví. Kukuřici cíleně pěstujeme i jako obnovitelný ekologický zdroj elektrické energie, např: bioetanol, bioplyn, biomasa (Zimolka a kol., 2008). V současné době je rozšířená po celé Zemi. Setkat se s ní můžeme od 40° jižní šířky až po 56° severní šířky. Hybridy kukuřice se šlechtily na lepší odolnost a toleranci na nižší teploty. Byla vyšlechtěna odrůda, která se rozšířila i do severních oblastí. Pěstovala se v Dánsku, Nizozemí i Anglii (Young a kol., 2000).

4.2. Botanická charakteristika

Kukuřici setou (*Zea mays* L.) systematicky zařazujeme do řádu lipnicotvarých (*Poales*), čeledi lipnicovité (*Poaceae*) a do podčeledi *Zeeoideae* (Dostál, 1989). Zimolka a kol. (2008) dělí kukuřici na nižší botanické jednotky a dle praktického využití:

Kukuřice obecná (tvrdá) - (*Zea mays* convar. *indurata* Stur., syn *Zea mays* convar. *vulgaris* Körn. Grebenšč). Je to velmi polymorfni a stará skupina. Zrno je tvrdé, okrouhlé, lesklé, s moučnatým endospermem ve střední části (Hruška a kol., 1962). Šuk a kol (1998) upřesňuje, že tento typ kukuřice má moučnatý endosperm, který je uzavřen sklovitým endospermem. Je to nejrozšířenější convarieta, pěstitelé ji upřednostňují díky její ranosti (Šuk a kol. 1998). Má menší výnos ve srovnání s kukuřicí koňský zub (Stehlík a kol., 1971).

Kukuřice koňský zub (*Zea mays* convar. *identata* Stur., syn *Zea mays* convar. *dentiformis* Körn. Grebenšč). Kukuřice koňský zub je výnosnější a méně odnožuje (Hruška a kol., 1962). Zrno je sklovité a tvrdé, vnitřní a horní část endospermu je měkká a moučnatá, má nižší tvrdost oproti kukuřici obecné. Hybridy kukuřice koňský zubu se využívají ve škrobárenském průmyslu (Zimolka a kol., 2008). Moučnatý endosperm v dozrávání zasychá a vytváří charakteristickou jamku ve tvaru zubu. (Šuk a kol., 1998).

Dalším typem je **kukuřice polozubovitá** (*Zea mays* convar. *aorista* Grebenšč., syn *Zea mays* convar. *semiidentata* Kulesch). Kukuřice polozubovitá vznikla jako hybrid z předcházejících druhů mezi kukuřicí obecnou a kukuřicí koňský zub (Šuk a kol., 1998). Na rozdíl od koňského zubů je charakteristická jamka na vrcholku zrna méně zřetelná. Tato kukuřice má větší rohovitou část endospermu (Hruška a kol., 1962).

Kukuřice škrobnatá (*Zea mays* convar. *amylacea* Sturt. Mont.Grebenšč.) je charakteristická tím, že zrno obsahuje téměř výlučně moučnatý, kyprý endosperm, povrch zrna je matný (Hruška a kol., 1962). Má vysoký obsah škrobu a nízký obsah bílkovin (Zimolka a kol., 2008). Šuk a kol., (1998) zařazují kukuřici škrobnatou mezi nejstarší konvariety. Je velmi polymorfní zvláště ve znacích palice (Hruška a kol., 1962). Využívá se v škrobárenství, lihovarnictví (Šuk a kol., 1998).

Kukuřice pukancová = praskavá (*Zea mays* convar. *everta* Sturt., syn *Zea mays* convar. *microsperma* Körn. Grebenšč.). Produkuje drobná zrna, dle tvaru zrna dělíme na kukuřici perlovou a kukuřici rýžovou (Zimolka, 2008). Kukuřice perlová má hladký, lesklý a kulovitý tvar (Šuk a kol., 1998). Kukuřice rýžová má zašpičatělý tvar (Stehlík a kol., 1971). Endosperm kukuřice pukancové je sklovitý a tvrdý (Šuk a kol., 1998). Moučnatý endosperm se vyskytuje jen zřídka v blízkosti klíčku. Při pražení praská náhle oplodí a vnitřek zrna vystoupí jako kyprá bílá hmota, jenž je mnohokrát větší než původní zrno (Hruška a kol., 1962). Obsahuje vysoké množství bílkovin, má významnou hodnotu ve výživě. Je vhodná pro výrobu pukanců, vloček a krup (Šuk a kol., 1998).

Kukuřice cukrová (*Zea mays* convar. *saccharata* Sturt.) se vyznačuje sraštělým sklovitým endospermem (Hruška a kol., 1962). Endosperm je tvořen z vodorozpustných glycidů (Šuk a kol., 1998). Charakteristická sraštělost zrna objevuje při dozrávání, neboť chybí podpurná rohovitá vrstva (Hruška a kol., 1962). Zrno má okrouhlý tvar je lesklé a obsahuje málo škrobu. Má významnou výživovou hodnotu, proto se nejčastěji využívá jako zelenina na vaření a konzervování (Zimolka a kol., 2008).

Kukuřice vosková (čínská) (*Zea mays* convar. *ceratina* Grebenšč.) je vzhledově stejná jako kukuřice obecná. Endosperm je neprůsvitný, zevnějšek zrna je matný. Využívá se pro technické účely (Šuk a kol., 1998).

Kukuřice plevová- pluchatá (*Zea mays* convar. *tunicata* Sturt., syn. *Zea mays* convar. *cryptosperma* Bonaf., syn. *Zea mays* convar. *glumacea* Larranaga.) je to primitivní formou bez hospodářského významu. Využíváme ji pro botanické a genetické studium. Zrno má uzavřené ve větších pluchách. Konvarieta je hojně olistěná a intenzivně odnožuje (Zimolka a kol., 2008).

Kukuřice pestrolistá (*Zea mays* varieta *japonica*) se vyznačuje světle žlutě nebo červeně pruhovanými listy a pěstuje se jako okrasná rostlina (Hruška a kol., 1962).

Kukuřice setá je morfologicky podobná s jinými lipnicovitými rostlinami. S travinami a obilovinami, ale má i mnoho znaků, kterými se od nich značně liší (Hruška a kol., 1962). Obilka klíčí za optimálních vhodných tepelných a vlhkostních podmínek. Doba klíčení závisí na vnějších podmínkách (Zimolka a kol., 2008). Šuk a kol. (1998) uvádí, že nejrychlejší klíčení by mohlo probíhat při teplotě vzduchu 32 °C za 4 až 5 dnů, minimální teplota pro klíčení se obvykle udává 6 °C, ale jsou i hybridy, které mohou klíčit při teplotě 5,4 °C. Podle Beleja a kol. (1982) rychlost růstu a klíčení kukuřice závisí na příjmu vody. Nejnižší obsah vody v zrna, při kterém kořen začne růst je 57 % při teplotě 30 °C. Při teplotě 12 °C je to již 75 %.

Růstový vrchol začíná růst při obsahu vody o 7-10 % vyšším než kořínek. Voda proniká do zrna osemením, klíčkem a celým povrchem zrna. Rychlost klíčení závisí na tvaru a stavbě zrna. Pletiva v klíčku mají vyšší sorpční schopnost než ostatní pletiva. Při prodlužovací fázi se nejdříve prodlouží buňky koleorhizy, proniká oplodím a růst se zastaví. Současně s aktivizací koleorhizy se aktivuje základ primárního (zárodečného) kořínku. Na opačné straně embrya vyrůstá vzhůru koleoptile. Základy dalších embryonálních kořenů prorůstají oplodím nejdříve směrem vzhůru, později se ohýbají (Zimolka a kol., 2008). Rostoucí klíček je v době klíčení vyživován z endospermu. Další vývoj klíčícího semene pokračuje vytváření nadzemních i podzemních vegetativních orgánů (Hruška a kol., 1962).

Kořenový systém kukuřice je svazčitý a vyvíjí v závislosti na kultivaru a klimatických podmínkách (Šimo, 1989). Nejpodstatnější kořeny jsou druhotné (přidatné) rozprostírající v orniční vrstvě do hloubky 0,6 až 0,8 m od rostliny. Ojedinelé provazčité kořeny prorůstají do hloubky 2 - 3 m (Stehlík a kol., 1971). Rostlina koření na dolních kolénkách (Dostál, 1989).

Kukuřice vytváří z 3 až 4 nadzemních kolének vzdušné kořeny, které mají opěrnou funkci, chrání ji před polehnutím, pokud kukuřici pěstujeme v kypré půdě, vzdušné kořeny je vyživují a zásobují vodou rostlinu (Zimolka a kol., 2008).

Dalším vegetativním orgánem je stéblo. Stébela dosahují výšky od 150 – 250 (400) cm (Dostál, 1989, Zimolka a kol., 2008). Vzpřímené lysé stéblo je vysoké od 0,6-5 m a složené z 8-28 článků vyplněných dřevní a spojených kolénky (Stehlík a kol., 1971). Vyplněná stébela mají průměr 2-6 cm (Dostál, 1989). Denní délkový přírůstek stébela může dosáhnout za příznivých podmínek 12 cm a více (Hruška a kol., 1962). Stéblo je zakončené samčím květenstvím (Šuk a kol. 1998).

Kukuřice má široké střídavé listy, dlouhé a čárkovitě kopinaté na okraji mírně zvlněné. Listy rostou ve dvou protilehlých řadách, mají celokrajné tmavozelené chloupkaté čepele a světlejší

pochvy (Stehlík a kol., 1971). Čepele listu jsou ploché, široké a čárkovitě kopinaté 5 až 15 mm široké. List na líci je drsný a chlupatý (Dostál, 1989). Ze spodní strany je čepel hladká (Zimolka a kol., 2008). Chloupkatý jazýček vyrůstá na vrchní straně čepele v místě, kde se čepel spojuje s pochvou (Hruška a kol., 1962) a je 3-6 mm dlouhý a uťatý (Dostál, 1989).

Množství, velikost a délka listů je dané hybridem (Šuk a kol., 1998; Zimolka a kol., 2008).

Šuk a kol. (1998) uvádí, že 10 až 20 % tvoří množství sušiny listů z celkové rostliny. Hybridy s erektofilním rozložením listů se využívají častěji, absorbují více slunečního záření.

Mezi generativní orgány patří květy a plody. Podle Dostála (1989) je kukuřice jednopohlavná a jednodomá rostlina. Od jiných lipnicovitých rostlin se kukuřice liší zejména stavbou svého květenství.

Květy má různopohlavní, jednodomé, sestavené po dvou do klásku (Hruška a kol., 1962). Květenstvím kukuřice je vrcholová lata (samčí prašnickové květy) a klas-palice (samičí pestíkové květy), který se nachází ve střední části stébla, rostoucí z úžlabí listu (Zimolka a kol., 2008). Prašnickové květenství vzniká diferenciací vegetačního vrcholu stébla, když předtím byla dokončena diferenciací a založení vegetativních částí stébla (Hruška a kol., 1962). Stehlík a kol., (1971) popisují růst samčího květenství na vrcholu posledního stébelného článku. Prašnickové květy obsahují 3 tyčinky, 2 lodikuly má 2 plevy. Nevytváří osiny a má dobře rozvinuté plucha a pluška.

Samičí květenství je ve válcovitých palicích v úžlabí dolní pochev po jedné až do zralosti, jsou obaleny nafouklými pochvami, z nichž nahoře vyčnívá hustý svazek nit'ovitých brvitých čnělek, ukončený rozeklanou bliznou. Samčí květenství je vrcholová přímá lata, složená z hustých a úzkých až 20 cm dlouhých lichoklasů. Klásky jsou ve dvojicích (Dostál, 1989).

Stehlík a kol., (1971) uvádí, že pestíkové květy nalezneme na vedlejších větvích stébla. Na větenu může vyrůst až v 15 řadách 15 až 70 párových pestíkových klásků. Na počátku vzniku klasu, rostlina kvete dvoukvětle, později jeden z nich zaniká. Z párů klásku vznikají pouze 2 zrna. Palice má sudý počet zrn, obsahuje 300 až 1200 zrn, je zabalená v obalových listenech, které taky nazýváme listovou pochvou, vyrůstá z kolének na vedlejších větvích.

Uvedení autoři dále uvádí, že rostlina obvykle nese pouze jednu palici, ostatní bývají zakrnělé. Počet palic záleží na odrůdě a klimatických podmínkách. Tvar palice je dán větvením a tvarem zrna, nejčastěji je válcovitý až kuželovitý, záleží na odrůdě.

Kukuřice je větrosprašná rostlina, při kvetení uvolňuje velké množství pylových zrn, řadíme je mezi alergenní rostliny. Kukuřice je rostlina cizosprašná, ačkoliv může u ní docházet k samoopylení, vyskytuje se v porostech u jednoduchých meziliniových hybridů. Kvetení laty začíná ve středu a trvá 5-10 dní. Za příznivých klimatických podmínek rostlina uvolňuje pyl 4 až 5 dní, za nepříznivých podmínek až 8 dní. Schopnost opylení blizen a čnělek za optimálních podmínek při 17-20 °C trvá přibližně 20-25 dní. Životnost pylu v polních podmínkách je velmi krátká, trvá několik hodin přibližně (2-24 hod). K oplodnění dochází přibližně za 15-20 hodin po opylení, rychlost oplodnění závisí na teplotě vzduchu a délce čnělky. Opylování je závislé na teplotě a vlhkosti vzduchu, čím je tepleji a sluneční záření je intenzivnější, tím se prodlužuje délka kvetení u obou květenství až o 8-10 dnů. S malou vzdušnou vlhkostí se snižuje pravděpodobnost opylení a životnost pylových zrna rychleji zaniká. Kukuřice je krátkodenní rostlina, odezvou na prodlužující se den reaguje urychlením vývoje a intenzitou růstu, a to podle genotypu (Zimolka a kol., 2008).

Plodem kukuřice je obilka, zrno se skládá ze zárodku, endospermu a obalů. Zárodek uložený v endospermu odpovídá 10-16 % hmotnosti zrna. Endosperm je složen z vnější a vnitřní části. Vnější část zrna obsahuje velké množství bílkovin a vnitřní část slouží pro zásobní látky především škrob a dextrin. Vzhled endospermu může být moučnatý, sklovitý a poloskvovitý. Obal zrna je složen z několika vrstev, silným vnějším oplodím a tenkým dvouvrstvým vnitřním osemením (Stehlík a kol., 1971).

Tvar zrna závisí na kultivaru. Barva zrna se pohybuje od bílé, přes žlutou, oranžovou, hnědočervenou, fialovou, až po černou u některých kultivarů i skvrnitou. Kukuřici pěstujeme za účelem vysokého výnosu zrna v optimální zralosti. Nutriční hodnota zrna je závislá na klimatických a půdních podmínkách, které ji mohou výrazně ovlivnit. Převládající složkou jsou sacharidy (glycidy), hlavně škrob 60 – 70 %, cukr 1,5 – 5 %, dextriny 1- 6 % , obsah vlákniny činí nejvýše 2 %. (Zimolka a kol., 2008).



Obr .2 kukuřice (*Zea mays*)

zdroj(<https://sites.google.com/site/itebio/rastliny/kukurica-siata>)

4.2 Nároky na prostředí a agrotechnika

Dobrý výnos lze získat na půdách, kde je dostatečným množstvím vody pro plodinu v období vzejití, metání a nalévání zrna. Kukuřice má nejen značné požadavky na teplotu půdy a vzduchu, ale nesnáší ani kolísání teplot. Pozdní jarní mrazíky stejně jako náhlý pokles teploty v podzimů jsou pro ni nebezpečné (Hruška a kol., 1962).

Při 7 °C rostlina přerušuje veškeré procesy látkové výměny i růst u odrůd vyšlechtěných v chladnějších podmínkách až při teplotě 9-10 °C. Kukuřice může klíčit při teplotě 7-8 °C, na tvorbu generativních orgánů vyžaduje teplotu nejméně 12 °C, pro rozvoj kořenů 24 °C a pro kvetení teploty kolem 30 °C. Dozrávání probíhá při teplotě 10 °C (Stehlík a kol., 1971).

Kořeny rostliny intenzivně dýchají, a proto potřebují vyšší příjem vody a živin v provzdušněných půdách než u půd s nedostatkem kyslíku. Kukuřice nesnáší těžké, zamokřené půdy s vysokou hladinou podzemní vody a také nevhodné půdy jsou pro ni mělké, kamenité, bez humusu, velmi rychle vysychající (Stehlík a kol., 1971). V sušších nebo tropických oblastech se kukuřice pěstuje obtížně (Young a kol. 2000).

Kvetení závisí na délce dne, teplotě a kultivaru. Plané formy kukuřice kvetou později. Kukuřice má vysoké nároky na intenzitu světla v období metání a především v období vzcházení do zahájení metání (Stehlík a kol., 1971).

4.3 Zpracování a příprava půdy

Vhodným zpracování půdy by mělo být dosaženo kvalitního založení porostu kukuřice a následně jejího růstu v průběhu vegetace (Smutný, 2012).

Podle Růžka a kol. (2005) můžeme kukuřici zakládat následujícími dvěma způsoby:

1. konvenční způsob, tj. střední orba, předseťová příprava půdy, setí,
2. zjednodušený způsob, tzn. redukce hloubky a intenzity kypření půdy (např. minimalizace).

Základní zpracování půdy je vhodné hlubší do (0,2-0,25 m) orbou či kypřením by se mělo zohlednit stav pozemku po sklizni předplodiny, kterou často bývají hustě seté obiloviny (pšenice nebo ječmen), po jejich sklizni provádíme podmítku (mělké kypření). Po podmítce

následuje střední orba do hloubky 0,22 m, do které jsou vpravovány organická a minerální hnojiva (Zimolka a kol., 2008). Plečkováním podpoříme lepší růst kukuřice, půda se provzdušní, což podpoří mineralizaci. (Bouma, 2011).

V oblastech s nedostatkem srážek je snížení intenzity a hloubky zpracování půdy a přítomnost posklizňových zbytků na povrchu půdy jednou z možností jak eliminovat neproduktivní výpar z půdy (Brant a kol. 2012). Na lehkých půdách minimalizační technologii se šetří voda, kterou rostliny následně využívají (Bouma, 2011).

Půdoochranné technologie jsou ucelený systém intenzivního pěstování plodin, většina živin se kukuřici dodává před setím a při setí (Černý, 2003).

V rámci půdoochranných technologií bývají nejčastěji řazeny systémy využívající plošné zpracování pozemků s obrácením i bez obrácení půdy, kde je k tvorbě mulče využívána mrtvá biomasa meziplodin, případně posklizňové zbytky předplodiny včetně slámy, nebo jejich kombinace. Jako alternativy k těmto systémům stavěny technologie (pásové zpracování půdy označované jako strip- tillage nebo technologie frézového výsevu), technologie mělkých hrůbků a setí do nezpracované půdy (Brant a kol. 2012)

Kukuřici lze sít ve sponu 0,75 nebo 0,37 cm do úzkých řádků. Pěstitel může zvýšit počet jedinců na hektar o 10- 15 % u daného hybridu, aniž by byl porost vystaven stresu z přehuštění (Prokeš a kol., 2013).

Termín setí volíme tak, abychom co nejvíc prodloužili vegetační dobu. Při raném setí kukuřice klíčí a roste pomaleji, ale přírůstek výnosu je až o 5 % vyšší než při běžném agrotechnickém termínu. Přednostmi raného výsevu je delší vegetační doba. Můžeme využívat hybridy s delší vegetační dobou než je standardní v dané oblasti. Kukuřice lépe zužitkuje zimní vláhu při raném výsevu, delší vegetační doba se projevuje na větší intenzitě růstu kořenů, čímž je kukuřice odolnější vůči suchu. Raný výsev zajišťuje dřívější sklizeň a vyšší výnos. Před jarními mrazíky se vyklíčená obilka kukuřice obvykle nalézá pod vrstvou ornice, kde je chráněná. V případě poškození nadzemní části mrazem, nemá mráz nepříznivý vliv, rostlina se rychle obnoví (Šuk a kol. 1998).

Delší vegetační dobu má kukuřice na zrno, sklízí se až ve žluté zralosti. Kukuřice na siláž, která má kratší vegetační dobu a sklízí se v mléčné voskové zralosti (Zimolka a kol., 2008)

Velmi nebezpečné je i druhotné zhutnění podorničí, kořeny nemohou pro růst dostatečně hluboko do půdního profilu, snižuje se tím příjem živin a vody ze spodních vrstev půdy. Na zhutněných půdách se omezuje vsakování srážkové vody (Prokeš, 2011).

Snížit zhutnění půdy můžeme omezením počtu vstupu na pozemek, zpracováním půdy zařazením pícnin do osevního postupu, využití zeleného hnojení a všech organických hnojiv, správně zvoleným hybridem a dávkou průmyslových hnojiv (Šuk a kol. 1998).

Na jednu tunu zrna o odpovídající množství slámy a kořenové hmoty odčerpá v průměru v čistých živinách 26 kg N, 5,5 kg P, 25kg K, 5 kg Mg. To znamená, že na výnos 8-10 t.ha⁻¹ zrna by dávky živin na hektar měly být 120-180 N, 45-70 kg P a 120-210 kg K (Černý, 2003).

Vedle průmyslových hnojiv umí kukuřice výborně zužitkovat živiny ze statkových hnojiv. Pokud nejsou k dispozici statková hnojiva, použijeme hnojiva s amidickou a amoniakální formou dusíku, která je rostlině přístupná po většinu vegetační doby. Vhodné jsou močovina a DAM, jež lze aplikovat společně s preemergentními herbicidy (Černý, 2003).

Kukuřice vyžaduje půdní reakci v rozmezí pH 5,6–7,0 (Zimolka a kol., 2008).

4.4 Škodlivý činitelé

Vývoj kukuřice a její konečný výnos jsou silně redukovány případným výskytem plevelů. Plevelné rostliny omezují kukuřici v jejím růstu zejména odčerpáváním živin a vláhy (Fuksa a kol., 2003).

Kukuřice má být zařazena do osevního postupu, v nichž je zaručeno soustavné omezování plevelů správnými osevními sledy a agrotechnikou. Podaří-li se vytvořit kulturním rostlinám dobré růstové podmínky, zejména v počátečním období růstů a vývoje, a zajistit tak jejich rychlý a nepřerušovaný rozvoj až do vytvoření souvislého zápoje, potom kulturní rostliny samy potlačují další rozvoj a škodlivý účinek světlomilných plevelů. Dobré růstové podmínky však mohou mít rostliny kukuřice jen tehdy, uplatníme-li při pěstování komplex agrotechnických opatření, a to:

- volba vhodného genotypu a správné zařazení kukuřice do osevního postupu,
- použití kvalitního osiva (dbát zejména na čistotu, klíčivost a zdravotní stav),
- včasné vykonání základní a předseťové přípravy půdy spojené se správným hnojením,
- správná setba osiva (vhodná doba, hloubka a způsob),
- pečlivé ošetřování porostů po celou dobu vegetace, zvláště pak v období počátečního rozvoje až do vytvoření souvislého zápoje (Hruška a kol., 1962).

Pomocí vyšetřené meziplodiny můžeme regulovat plevelná společenstva na základě působení konkurenčních vztahů (Brant a kol. 2012).

Nejvyšší škody způsobují v nejranějších růstových fázích kukuřice. Snížení výnosů kukuřice může dosáhnout při středním a silném zaplevelení více než 30 %. Negativní vliv se projevuje snížením hmotnosti jednotlivých rostlin kukuřice, hmotnost vyvinutých palic, hmotnost tisíce zrn a průměrné výšky rostlin kukuřice (Fuksa a kol., 2003).

Vedle plevelných rostlin či rostlin zaplevelujících omezuje tvorbu výnosu také výskyt chorob a škůdců. Nedělník (2013) uvádí, že kukuřice je plodina, jejíž pletiva jsou v našich půdně klimatických podmínkách napadána a poškozována celou řadou patogenních činitelů. Choroby vyvolané houbovými patogeny jsou proto řešeny v rámci pěstitelských systémů od výběru hybridu přes výživu až po opatření rostlinolékařská zaměřená na regulaci zaplevelení a ošetření proti živočišným škůdcům. Každoročně se v porostech kukuřice objevují patogenní organismy.

V nepříznivých podmínkách podléhá kukuřice také napadení poloparazitickými a saprofytickými mikroorganismy, proti kterým je v normálních podmínkách odolná. Vedle toho jsou u kukuřice známy tzv. choroby fyziologické, vznikající z nedostatku nebo nadbytku živin a také působení nepříznivých faktorů vnějšího prostředí. Rozsah a intenzita napadení kukuřice chorobami závisí na přítomnosti původce choroby a jeho virulenci, na podmínkách vnějšího prostředí (teplota, vlhkost, srážky a jiné) a na stupni odolnosti pěstované kukuřice (Hruška a kol., 1962).

Hlavní choroby a škůdci kukuřice jsou: Obecná listová spála kukuřice původce je (*Cochliobolus heterostrophus*, syn. *Helminthosporium maydis*). Rzihost kukuřice původce je (*Puccinia sorghi*) u obou patogenních činitelů nemá z hlediska ekonomického či kvalitativního významný vliv. Antraknóza listové spály poškozují kořenový systém či pletiva stébel a klasů, původce jsou houby z rodu *Fusarium*. Napadení se zvyšuje při působení predispozičních abiotických faktorů např. nedostatek vody, nepoměr N:K, příliš hustý porost (Nedělník, 2012).

Sněť kukuřice (*Ustilago maydis*) napadá rostliny v průběhu celé vegetace. Obvykle nepůsobuje závažné škody. Napadené rostliny lze zkrmovat (Povolný a kol., 2008).

Zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*) je polyfágním druhem a běžně se vyskytuje na různých větších bylinách, jako je slunečnice, lebeda, merlíky a další, ale kukuřice je pro něj velmi výhodnou rostlinou, kde se může přemnožit. V současné době považujeme zavíječe kukuřičného za nejvýznamnějšího škůdce kukuřice (Rotrekl a kol., 2012).

V teplejších oblastech způsobuje výrazné ztráty ve výnosu, je vstupní branou pro mykózy. Kukuřice se ošetřuje biologickým přípravkem obsahující dravou vosičku (*Trichogramma evanescens*), nebo insekticidy (Povolný a kol., 2008).

Mykózy palic, zrna z napadených rostlin obsahují toxiny, které ohrožují zdraví zvířat i lidí (Povolný a kol., 2008). Onemocnění vzcházejících rostlin podporuje chladno a vlhko během klíčení a vzcházení. Výskyty fuzáriových hnilob stébel podporuje spíše suché a teplé počasí. Napadení se zvyšuje při působení predispozičních abiotických faktorů (nedostatek vody, nepoměr N:K, příliš hustý porost). Dalším negativním faktorem jsou mnohdy velmi zjednodušené osevní sledy takřka s absencí půdu zlepšujících plodin, například víceletých pícnin (Nedělník, 2012).

4.5 Stres rostlin – obecná koncepce

Rostliny jsou v průběhu svého života vystavovány působení řady stresových faktorů, které mohou nejen zpomalovat jejich životní funkce, ale také poškozovat jednotlivé orgány a v krajním případě vést až k uhynutí rostliny (Piterková a kol., 2005). Rostliny jsou vázány na místo, a proto se podstatně lépe přizpůsobují stresujícím podmínkám. Získávají větší toleranci k více stresů, než zvířata a lidé (Schulze a kol. 2005).

Na všechny živé organismy působí biotické a abiotické faktory, které v různých stupních ovlivňují organismus kladně, nebo záporně. Živé organismy si vyvinuly mnoho mechanismů, aby unikly nepříznivému působení stresorů (Mokričková a kol., 2008).

Selye (1978) zavedl mnoho definic stresu a popsal stres jako nespecifickou reakci organismu na jakoukoliv zátěž spočívající v mobilizování obranných mechanismů a energetických rezerv.

Levitt (1980) odvodil definici stresu a strainu z fyzikálních věd. Biologicky stres je podle něho změna environmentálních podmínek, které snižují nebo nepříznivě ovlivňují růst rostlin nebo vývoj. Stres je jakýkoli faktor potenciálně nevhodný pro živé organismy. Působení stresového faktorů je výsledek nepříznivého účinku na organismus a je nazývaný strain. Levitt (1980) rozlišuje strain na elastický strain, kdy se jedná o změnu dočasnou a plastic strain, který naopak zahrnuje změnu trvalou.

Podle Levitta (1980) a Piterkové a kol. (2005) se stresové faktory prostředí rozdělují na: biotické (choroby, paraziti a negativní vliv ostatních organismů), abiotické (fyzikálně chemické, které zahrnují výkyvy vnějšího prostředí), radiační - záření (infračervené, viditelné,

ultrafialové, ionizující), chemické (soli, ionty, pesticidy, plyny, hnojiva), fyzikální (tlak, magnetismus, ozón).

Stres u rostlin je vyvolán především tehdy, když faktory prostředí (teplo, záření, vlhkostní podmínky, koncentrace kyslíku nebo různých chemických sloučenin) se značně liší od jejich běžné úrovně. Při tomto však protichůdné extrémní hodnoty jednoho vnějšího faktoru (např. teplo, voda) vyvolávají v organismu zřetelně rozdílné stresové situace (Stehlík a kol., 1971).

Nejčastějšími stresory, které působí nepříznivě nebo dokonce zhoubně na rostliny, jsou chlad, mraz, vysoké teploty, nízká půdní nebo vzdušná vlhkost, anaerobióza, nefyziologické dávky chemických sloučenin nebo znečištění vzduchu (Stehlík a kol., 1971).

Stres je dynamický komplex mnoha reakcí. Dojde-li k napadení rostliny patogenem nebo poranění rostlinného pletiva, dochází k indukci obranného mechanismu. Mechanismy odolnosti proti stresu lze rozdělit podle Adámková a kol., (2006) do dvou kategorií.

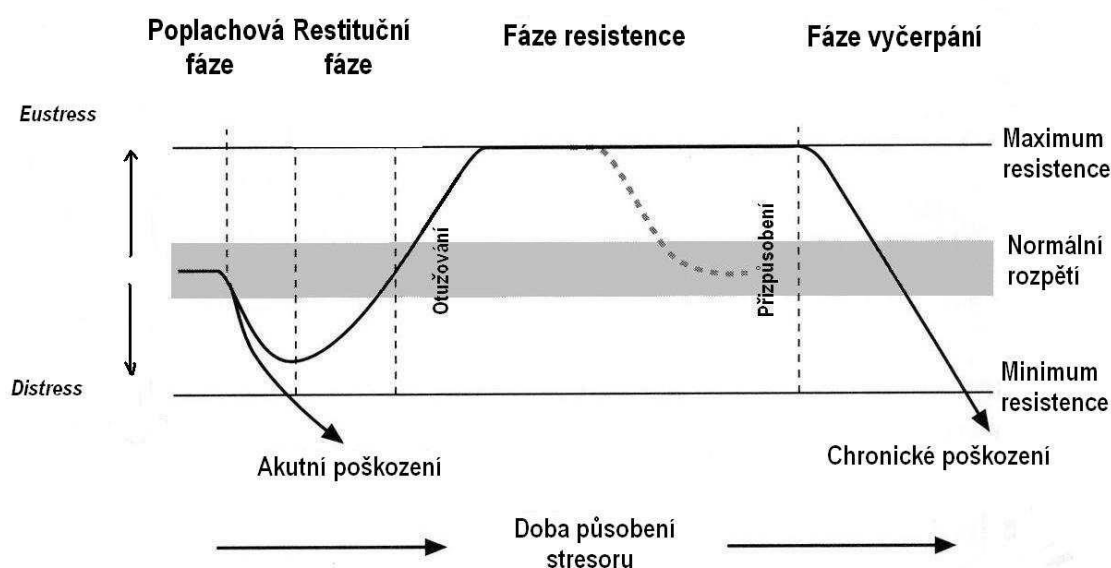
První kategorií jsou mechanismy zabraňující tomu, aby byla hostitelská rostlina vystavena stresu (avoidance mechanisms). Tento způsob obrany zahrnuje mechanickou bariéru rostlin, která má převážně pasivní a dlouhodobý charakter (např. silná kutikula na listech, výrazná impregnace buněčných stěn, atd.) (Adámková a kol., 2006).

Další obrannou reakcí na stres je adaptace. Podle Chloupka a kol. (2005) je adaptace definována jako schopnost genotypů pozitivně reagovat na změny v agroekologických podmínkách.

Riechmann a kol. (2000) uvádí adaptační mechanismy (protoplasma; kutikula) zvyšující odolnost rostlin vůči stresovým podmínkám vyvolaným suchem, jsou založeny na různých morfologicko-fyziologicko-biochemických vlastnostech a faktorech, jako jsou velikost kořenového systému, tloušťka kutikuly nebo velikost průduchů, které se odráží na molekulární úrovni v různé expresi stresových genů. Odpověď rostlin vůči stresu je regulovaná větším počtem signálních drah, které aktivují transkripci a translaci genů. Rostliny obsahují velké množství transkripčních faktorů, které jsou definovány jako jakékoli proteiny, které mají schopnost spouštět či jinak regulovat transkripci DNA, a tím následně ovlivňovat expresi genů (Bláha a kol., 2011).

Adámková a kol. (2006) uvádí, že druhá skupina obranných mechanismů je aktivní obranou rostlin (tolerance mechanismus). Tato reakce omezuje negativní dopad stresorů a po jejich proniknutí k plasmatické membráně buněk a do symplastu. V takovém případě dochází ke spuštění řetězce změn, tzv. stresové reakce.

Problematiku stresové reakce uvádí také Selye (1978), který vytvořil teorii nespecifického stresu „obecný adaptační syndrom“ dělí ho na tři fáze. První fáze je fáze poplachová (alarmová). Ta je definována jako náhlé narušení vnitřního prostředí organismu. Druhou fází je fáze adaptační rezistence. Ta představuje maximální adaptaci na stres a organismus si na stresující faktor zvyká. Poslední fází je fáze vyčerpání (exhausce). V této fázi je získaná rezistence nedostatečná. Nadměrnou intenzitou stresu dochází k celkovému selhání adaptační a regulační schopnosti organismu.



Obr. 3 Schéma průběhu stresové reakce, upraveno podle (Larcher, 1995)

Průběh a výsledek stresové reakce závisí jednak na intenzitě a délce působení stresového faktoru, jednak na rostlině samotné (stadium vývoje, vitalita, genotyp, adaptační schopnosti). Studium vlivu stresu na rostliny v přírodních podmínkách je komplikováno tím, že často působí současně více stresových faktorů. Působení stresorů bývá také obvykle omezeno pouze na část rostliny, ve které dochází k lokální stresové reakci, ale ta může druhotně způsobovat stres i v ostatních orgánech (Piterková a kol. 2005).

Vzhledem k běžným gradientům faktorů v prostředí rostlin a též fyziologické heterogenitě rostlinných organismů nebývá úroveň stresu ve všech buňkách a orgánech stejná. Stresové situace podle Stehlíka a kol. (1971) zahrnují změny fyzikálního a fyziologického stavu buněk nebo sled nenormálních, často značně složitých biochemických reakcí a buněčných struktur. Charakter a průběh takových změn je rozdílný podle stresorů (mráz, sucho).

Např. podle Zimolky a kol. (2008) jsou mladé porosty kukuřice odolné vůči vodnímu stresu. Vlivem sucha stáčejí listy, avšak po srážkách se rychle zotaví. V pozdějším období (polovina července až konec srpna), kdy dochází k velkému nárůstu fytomasy, je výnos kukuřice značně závislý na příjmu vody. Množství vyprodukované sušiny na jednotku dusíku v listech je výrazně vyšší než u rostlin C₃.

Stehlík a kol. (1971) dále konstatují, že záleží však též na intenzitě stresu, jeho trvání a na fyziologickém stavu buňky nebo celé rostliny. Nepřesáhne-li stres určitou mez, jsou poruchy jen dočasné, tj. reverzibilní. Když po skončení takového stresu nastanou opět normální podmínky, jsou buňky a organismy schopny upravit a obnovit své normální funkce. Jestliže však intenzita nebo trvání stresu překročí určitou hranici, nastávají v buňkách vážné poruchy nebo nevratná (ireverzibilní) poškození. Ta vedou buď ihned, nebo až po určité době k odumření buněk některého orgánu nebo dokonce celé rostliny.

Tolerance k abiotickým stresům je spojena se změnami morfologických a fyziologických znaků (Edmeades a kol., 2001). Mezi tyto znaky je možné zařadit také fixaci CO₂. Scott (2008) uvádí, že C₄ rostliny jsou úspěšnou skupinou rostlin, dobře se vyrovnávají se stresem.

Rostlinné druhy i kultivary se liší schopností odolávat jednotlivým stresorům (vůči mrazu, chladu, vyzimování, suchu, vymokání). Kritický stres, který působí poškození nebo smrt 50 % jedinců je vyvoláván specifickým škodlivým faktorem a závisí též na etapě ontogeneze a celkovém fyzickém stavu organismu. Slabé stresy navozené některými faktory např. při nízké teplotě nad i pod bodem mrazu, sucho vyvolávají v buňkách i celém organismu, zejména v mladších etapách růstu, specifické pochody otužování, které podmiňují značné zvýšení schopnosti rostlin snášet silné stresy (Stehlík a kol., 1971).

Tito autoři dále uvádí, že naopak rostliny, které bez vážných poruch překonaly působení jednoho stresoru, bývají často zřetelně citlivější k následujícím účinkům jiného škodlivého fyzikálního nebo biotického faktoru především k fakultativním parazitům. Protože v přirozených podmínkách není zatím možné vyloučit stres způsobené především povětrnostními faktory, nutno pěstovat kultivar s dobrou tolerancí nebo odolností k nejběžnějším stresorům.

Vodní deficit vyvolává stres v rostlinách tehdy, kdy je málo přístupné vody pro rostliny ve vhodném termodynamickém stavu. Tato situace vzniká z mnohých příčin, např. v důsledku vysychání půdy, intenzivní transpirace anebo evapotranspirace, osmotického vázání vody v zasolené půdě, v studené anebo mrznoucí půdě apod. Dostupnost vody v půdě a její nedostatek pro rostlinu lze posuzovat z různých hledisek. Z agronomického hlediska lze za hranici negativního působení považovat stav, kdy se začne snižovat růst rostliny s průkaznými

důsledky pro výnos a kvalitu produkce. Tomuto stavu předchází delší či kratší období, kdy rostlina nedokáže pokrýt plně potřebu vody, ale dopad na konečný výnos je nevýznamný (Haberle a kol., 2008).

Vodní deficit je obvykle označován pojmem sucho, i když tento výraz zcela neodpovídá skutečnosti. Podle Užíka (2003) je definice sucha je velmi všeobecná.

Termín sucho totiž označuje období bez srážek, během kterého se obsah vody v půdě snižuje do takové míry, že se rostliny trpí nedostatkem vody. V suchých oblastech se vyskytuje sucho pravidelné a dlouhodobě (Olšovská, 2001), roční odpařování přesahuje roční úhrn srážek (Larcher, 1995).

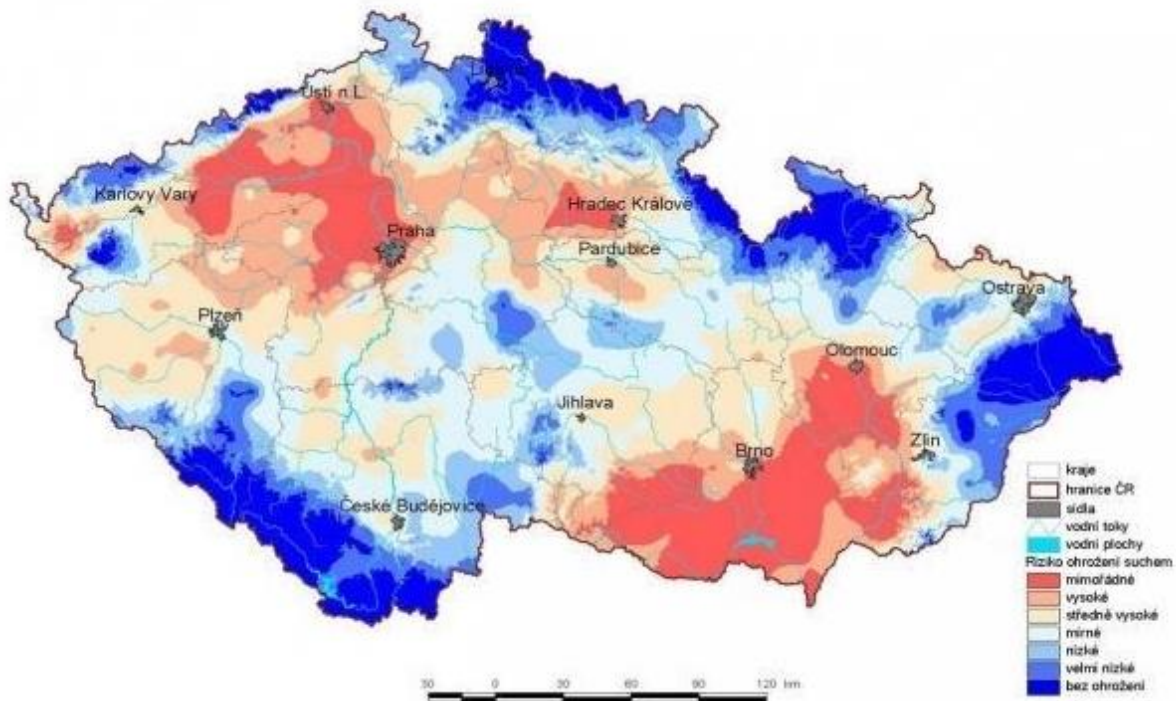
Wilhite (1991) Definoval sucho jako deficit srážek vzhledem k očekávané srážce (normálu), který se vyskytuje v průběhu sezóny nebo delší části roku. Wilhite a kol. (1985), rozlišují sucho meteorologické, zemědělské, hydrologické a socioekonomické, kdy meteorologické sucho se obvykle hodnotí na základě odchylky srážek od normálu pro určité časové období. Vyjadřuje tedy jednu z primárních příčin sucha. Hydrologické sucho vyjadřuje se pomocí deficitů povrchových a podpovrchových zásob vody. Zemědělské sucho se obvykle vztahuje k potřebám půdní vláhy konkrétních plodin v určitém čase. Definice socio-ekonomického sucha spojuje sucho s ekonomickou teorií nabídky a poptávky.

Další definice, podle (Blinka, 2004), uvádí meteorologické sucho ve smyslu nedostatku srážek je primární příčinou sucha. Kvůli nedostatku vody v půdě se postupně objevuje sucho zemědělské. Pokud deficit srážek nadále pokračuje, vzniká hydrologické sucho, vztahující se k zásobám povrchových vod. Podzemní vody jsou obvykle ovlivněny naposled a jako poslední se také vrací k normálu.

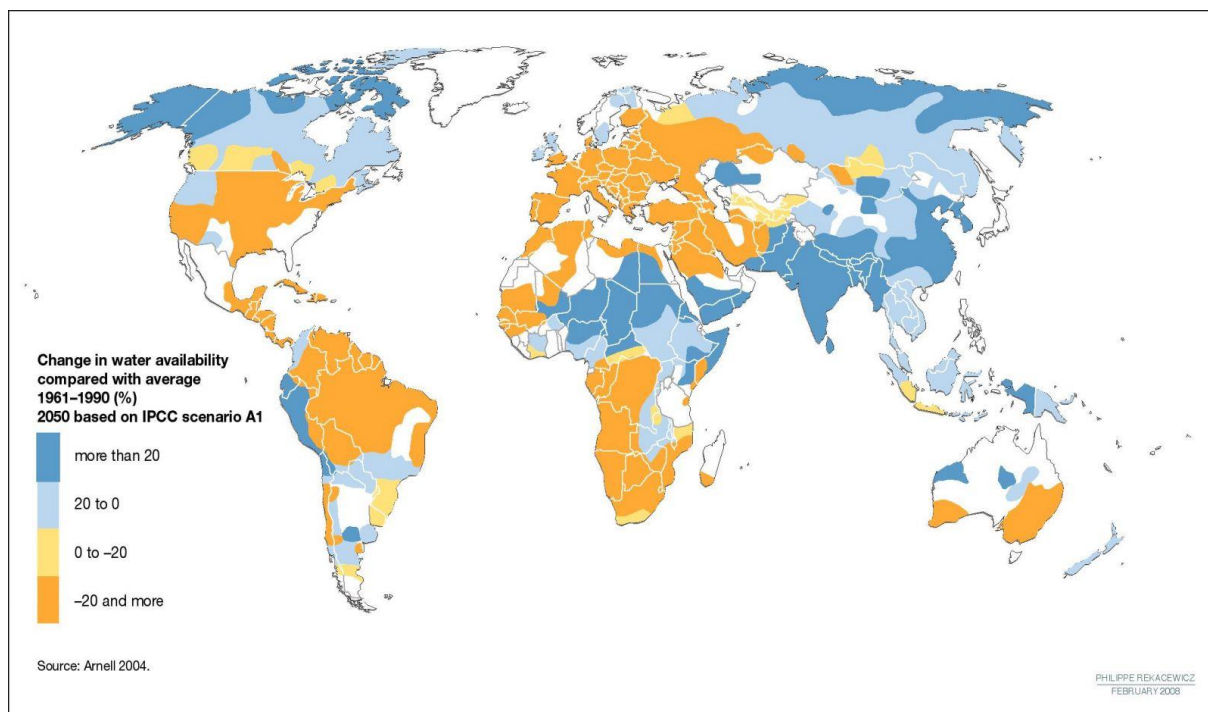
Podle Shao a kol., (2005) je sucho globální problémem, který vážně ovlivňuje produkci a kvalitu plodin s rostoucí globální změnou klimatu je situace vážnější.

Hlavním nástrojem pro eliminaci rizika vodního stresu a vysokých teplot je ve světovém zemědělství závlaha. U obilnin nelze v ČR v nejbližších letech z ekonomických důvodů očekávat významné zvýšení zavlažovaných ploch, proto je potřeba se zaměřit na ostatní agrotechnické možnosti a postupy. Práce je doplněna o mapy zemědělských oblastí ČR a ve světě z hlediska rizika sucha (Habrle a kol., 2008).

Zemědělské sucho na území ČR ve vegetačním období
 (míra ohrožení na základě analýzy aktuální vláhové bilance za období 1961 - 2000, metoda indexů)



Obr. 3 Oblasti ČR nejvíce ohrožené suchem zdroj (www.chmi.cz)



Obr. 4 Oblasti ve světě nejvíce ohrožené suchem, dostupnost vodních zdrojů v roce 2050 (oranžová označuje nejhůře ohrožené oblasti). Zdroj (<http://www.vodarenstvi.cz>)

Vodní deficit, vede u rostlin k narušení vodní bilance a k nesouladu mezi příjmem vody a požadavky na ni v průběhu ontogeneze a k indukci početných biochemických a fyziologických reakcí, na něž pak rostliny reagují různými fyziologickými změnami, například růstovými či metabolickými (Dušková a kol., 2007)

Definice vodního deficitu je velmi problematická, neboť neexistuje jednotná a přesná definice vodního stresu. Jednou možností je stanovení vodního deficitu ze vztahu mezi množstvím vody v rostlině a okolním prostředím nelze přímo vyčíst, jakému vodnímu stresu je rostlina vystavena. Spolehlivějšími charakteristikami jsou proto ty, které přímo vychází ze stavu vody v rostlině, např. vodní potenciál, než pouze údaje o vodě v okolí (vlhkost půdy, vlhkost vzduchu, aj.) (Středa a kol., 2013).

Hodnoty vodního potenciálu dosahující -0,5 MPa indukují působení mírného vodního stresu. Od -0,5 do -1,5 MPa je stres středně velký a při hodnotách nižších než -1,5 MPa se rostlina nachází ve velmi silném vodním stresu. K měřitelnému zpomalení růstu dochází již při velmi malé ztrátě vody, kdy je pokles vodního potenciálu -0,1 až -0,2 MPa. Jestliže vodní potenciál klesne na hodnotu -0,2 až -0,8 MPa dochází k rychlým změnám aktivity enzymů. To má za následek například zrychlení hydrolýzy škrobu či naopak zpomalení redukce nitrátu. Při dosažení bodů vadnutí, rostliny nejsou dostatečně zásobeny vodou, absorpce vody kořeny je podstatně nižší než intenzita transpirace, tudíž dochází k vadnutí (Středa a kol., 2013).

I po dosažení bodu vadnutí (BV) je v půdě stále obsaženo určité množství nedostupné vody (v těžké půdě i 15-20 % objemových). Sucho může být dlouhodobý v oblastech s nízkou dostupností vody (Habr a kol., 2010).

Kišacová a kol., (2014) udává, že vodný stres se indukuje nejčastěji hodnotou relativního obsahu vody (RWC, %) v listech obvykle se vyjadřuje jako vodní sytostní deficit (VSD, %)

Vodní sytostní deficit (VSD) je množství vody, které chybí rostlině do plného nasycení. Udává se v procentech maximálního obsahu vody. Na výpočet vodního sytostního deficitu se používá rovnice (Larcher, 1995):

$$\text{RWC} (\%) = \frac{\text{čerstvá hmotnost} - \text{hmotnost sušiny}}{\text{hmotnost po nasycení vodou} - \text{hmotnost sušiny}} \cdot 100.$$

Stanovení plného nasycení je obtížné, protože rostlina po malé ztrátě vody a jejím dodání obnovuje barvu a turgor (turgor je tlak, který zajišťuje pevnost rostliny). Při větší ztrátě vody odumírají některé části listu a při velké ztrátě vody nastává úplné vadnutí (Larcher, 1995)

Kyselina abscisová ABA zprostředkovává signál o suchu z kořene do nadzemních částí, je nezávislý od vodního potenciálu listu, ale má klíčovým faktorem inhibice růstů a otevřenosti průduchů na světle. Při dlouhodobější dehydrataci narůstá význam hydraulické signalizace. Zavíráním průduchů rostlina udržuje obsah vody v listech na úrovni 90 % ještě několik dní po nástupu sucha. Obsah vody v listech na rozdíl průduchových reakcí není dostatečně citlivým procesem. Je více méně závislý od aktivity průduchu a osmotické úpravě buněk. Vyjádření relativního obsahu vody (RWC) je sice jednoduchým parametrem charakterizující stupeň dehydratace pletiv, ale není vhodný a spolehlivým parametrem pro posouzení zranitelnosti fotosyntetického aparátu (Petr a kol., 1980.)

4.6 Reakce rostlin na vodní deficit

Reakce rostlin na vodní deficit může mít několik podob např. omezení růstu nebo redukce tvorby nových listů, opadávání listů (Scott, 2008). Podle Haberleho a kol.(2008) se v reakci na nedostatek vody v rostlině spouští kaskáda biochemických a fyziologických procesů a morfologických změn, kterými se rostlina adaptuje na sníženou dostupnost vody. Tyto adaptace můžeme pozorovat v porostu jako urychlený vývoj, vadnutí a stáčení listu za horkých větrných dnů nebo rychlejší žloutnutí a opad spodních pater listů.

Je třeba připomenout, že citlivost k suchu, stejně jako k vysokým teplotám, se u plodin mění v průběhu vývoje, což souvisí s tvorbou výnosotvorných prvků a kvalitativních znaků. U obilnin je hlavním kritickým obdobím především kvetení a období nalévání zrna, dále i odnožování, které rozhoduje o počtu klasů a založení sekundárních kořenů (Haberle a kol. (2008).

Výsledkem změn vyvolaných nedostatkem vody je nejdříve narušování buněčných funkcí, pak se objevují poruchy životních funkcí rostlin a nakonec jsou poškozeny protoplazmatické struktury zvláště biomembrány (Penka, 1985).

V rámci morfologických změn dochází s poklesem vlhkosti půdy ke zvyšování sací tlak půdy, snižuje množství vody, které je rostlina schopna přijmout kořeny (Haberle a kol., 2008). K tomu

podle těchto autorů dochází při současném vysoušení půdy ke zhoršení kontaktů kořenů s půdními agregáty a kořeny se sami částečně smršťují, vlivem poklesu turgoru.

Na nedostatek vody reaguje rostlina zvýšeným růstem kořenů (na úkor nadzemních částí), silný vodní stres však již růst kořenů snižuje, protože rostlina nemá dostatek asimilátů. Hlubší kořenový systém zlepšuje přístup k zásobě vody v podorničí, vyšší hustota kořenů zlepšuje příjem živin z vysychající půdy. Po obnovení srážek může mohutnější kořenový systém (spolu s adaptacemi nadzemních částí) představovat dokonce výhodu ve fázi dozrávání ve srovnání s rostlinami, které neprošly obdobím mírného nedostatku vody. Tento efekt můžeme v některých letech pozorovat u obilnin a dalších plodin i v našich klimatických podmínkách (Haberle a kol., 2008). U nadzemní biomasy dochází při nedostatku vody u rostlin k omezení růstu listové plochy (Sikuku a kol., 2010). Roudná a kol. (2011) konstatují, že jedním z klíčových obranných mechanismů proti suchu je pro rostliny shazování listů.

Sucho redukuje růst rostlin, ovlivňuje biochemicko-fyziologické a následně morfologické pochody a způsobuje masivní ztráty na výnosech (Bláha a kol. 2012).

Haberle a kol.(2008) ve své práci uvádí, že z hlediska příjmu živin dochází při vysychání k nepříznivým změnám v přístupnosti živin, kdy se snižuje pohyb živin ke kořenům difúzí a transpiračním tokem, zvyšuje se osmotický tlak půdního roztoku, utlumují se mikrobiální procesy, takže klesá mineralizace dusíku a dalších živin z organické hmoty, snižuje se pufrací schopnost půdy a může docházet k hromadění škodlivých látek. Důsledkem je nevyrovnaná výživa, protože například dostupnost fosforu a draslíku je závislá hlavně na difúzi iontů ke kořenům. Sucho omezuje i příjem stopových živin (mikroelementů) a tím nepřímo snižuje i efektivnost využití ostatních živin a vegetačních faktorů.

Nedostatek vody významně ovlivňuje vodní bilanci rostlin (Švec a kol. 2010), kdy regulace a výdej vody probíhá průduchy a kutikulou. Podle Jordan a kol., (1984) stomata se uzavřou a transpirace je regulovaná přes kutikulu nebo štěrbinou průduchů.

Z metabolických procesů je ovlivněna především výměna plynů. Podle Bláhy (2003) se během vodního stresu zvyšuje degradace chlorofylu a klesá jeho koncentrace. Je omezen transport látek, akumulace sušiny a hromadění energeticky bohatých látek, dochází také k hromadění toxických látek. Při silném vodním stresu může dojít dokonce k porušení membrán a k uhynutí rostlin.

Významnou funkci vody je udržování turgidity v období růstu a prodlužování buněk, otevírá průduchy, má vliv na pohyb listů a květních obalů. Při zmenšení množství vody v turgoru

dochází nejprve k snížení růstu listů v prodlužovací fázi a později k omezení fotosyntézy. Růst je velmi senzitivní na úbytek vody než fotosyntéza. Nedostatkem vody je dlouhivý růst inhibován ve fázi, kdy na primární buněčné stěně probíhá proces vkládání nových stavebních látek mezi staré. K úplnému zastavení růstu nastává při vadnutí listů či ovlivnění hlavních metabolických procesů, včetně fotosyntézy. Buněčná rozpínavost závisí na množství vody v buňce. Při dalším poklesu vodního potenciálu dochází k rychlým změnám aktivity enzymů. Snižuje se aktivita nitratreduktázy, naopak stoupá činnost alfa amylázy, ribonukleázy, hydrolázy. Snižuje se syntéza proteinů a cytokininu a zpomaluje se buněčné dělení. Při větším poklesu vodního potenciálu k hodnotám okolo 1,0 MPa dochází u mnoha druhů k tvorbě aminokyseliny prolinů, cukrů, alkoholů a dalších sloučenin. Při dalším pokračující nedostatku vody se začínají projevovat další metabolické změny, a to především u fotosyntézy a transpiračních pochodů v buňce (Penka, 1985)

Nedostatek vody u vyšších rostlin ovlivňuje v průduchy, jejichž uzavírání zpomaluje výměnu CO₂. Při nedostatku vody dochází k omezení příjmu CO₂ a k omezení fotosyntézy. Fotosyntéza může být limitována dvěma způsoby, a to stomatální a nestomatální inhibicí souběžně. U některých druhů bylo zjištěno, že k nestomatální inhibici může dojít i dočasným působením zvýšené koncentrace CO₂ v mezibuněčném prostoru) (Bláha, 2003).

Poutání světla a elektronový transport při vodním stresu souvisí s temnostní fází fotosyntézy. Při postupném vysychání se snižuje hydratace protoplazmy a tím i fotosyntetická kapacita. Příjem CO₂ dosahuje normální rychlosti jen v úzkém rozsahu dostatečného zásobování vodou. Mimo tento rozsah příjem CO₂ začíná klesat a nakonec se zcela zastaví. Během vodního stresu se zvyšuje degradace chlorofylu a klesá jeho koncentrace. Je omezen transport látek, akumulace sušiny a hromadění energeticky bohatých látek, dochází také k hromadění toxických látek. Křivka závislosti výměny plynů na ztrátě vody ukazuje dva důležité kritické body: bod přechodu z plného výkonu do oblasti omezení a bod, ve kterém je výměna plynů nulová. První kritický bod odpovídá takovému nedostatku vody, při kterém se průduchy začínají zavírat, difúzní odpor průduchů tak začne převyšovat reziduální odpor. Pokud po dosažení prvního kritického bodu rostlina opět získá vodu, nastává rychlá obnova výměny CO₂. Druhý kritický bod odpovídá stavu, kdy jsou průduchy úplně uzavřeny, a projevuje se i přímý účinek nedostatku vody na protoplazmu. Příjem CO₂ z vnějšku už neprobíhá, ale CO₂ uvolněná při dýchání, může být znovu navázán. Po dosažení tohoto stavu už obnovení přísunu vody vede k okamžité obnově fotosyntézy. Obnova se opožděje a za určitých podmínek se už nemůže po silném vyschnutí původní fotosyntetická kapacita obnovit. Citlivost výměny CO₂ k nedostatku

vody a polohy uvedených kritických bodů jsou pro rostlinné druhy do značné míry charakteristické, ale adaptacemi rostlin se mohou měnit. S rychlostí fotosyntézy souvisí i transpirace (Bláha a kol., 2003).

Nejvíce vody potřebuje rostlina na úhradu výparu (transpirace), aby pletiva nevysychala a nepřehřívala se. Je-li výdej vody transpirací větší, než její příjem kořeny, rostlina vadne a zavírají se průduchy regulující vedle transpirace také vstup CO₂ do listu a tím i rychlost fotosyntézy (Dušková a kol., 2007).

Na rostlinný organismus působí různé abiotické a biotické stresory, jimž se rostlina dokáže bránit syntézou specifických látek, jako jsou fytohormony, některé aminokyseliny, polyfenolické sloučeniny a další látky (Staszková a kol., 2007).

Růstové regulátory jsou látky, které ovlivňují fyziologické procesy v metabolismu rostlin a pozitivně tak působí na výnos či kvalitu (Bečka a kol., 2003). Ovlivňují růst a vývoj rostlin, podílejí se na regulaci organogeneze a regeneraci rostlin, spolu s dalšími fytohormony zprostředkovávají

odpověď rostlin na faktory vnějšího prostředí (Kamínek 1997).

U řady fytohormonů byl již prokázán pozitivní vliv na eliminování negativního působení stresorů na rostliny (např. ABA, brassinosteroidy) (Hnilička a kol., 2007).

Jedná se zejména o auxin, cytokininy, gibbereliny, ABA, brassinosteroidy, etylén, ale i o látky fytohormonální povahy. Například auxin ovlivňuje růst kořenového systému ve velmi nízkých koncentracích. Pro zakořeňování kořenových řízků byl prokázán vliv auxinu, který byl distribuován z listu. Jako kofaktor zakořeňování byly izolovány a identifikovány pyrokatechin, pyrogalol, které společně s auxinem zvyšují zakořeňování. Etylén, vyprodukovaný během klíčení některých druhů, inhibuje růst kořenů. Cytokininy brzdí tvorbu postranních kořenů, ale podporují apikální dominanci hlavního kořene. Auxin podporuje naopak růst bočních kořenů. Vztah auxinu a cytokininu je v apikální dominanci obrácený, při porovnání s nadzemní částí. Kořeny rostlin stresovaných vykazují nižší hladinu cytokininů (Bláha a kol., 2007)

Podle Bláhy a kol., (2003) při nedostatku vody patří kyselina abscisová k významným mediátorům exprese genů pro stresové proteiny. Regulací genové aktivity se zvyšuje nebo snižuje tvorba enzymů i strukturních proteinů, nepřímo pak i ostatních metabolitů. Oproti ABA se vlivem vodního deficitu snižuje hladina cytokininů, což vede k opadu listů.

V případě, že genetickou modifikací dojde ke zvýšení přirozené produkce cytokininů, dosáhne se u rostlin tolerance k suchu. Rostliny pak mohou přežívat i několikátýdenní nedostatek vody (Roudná a kol., 2011).

Na Univerzitě Palackého v Olomouci objevili antistresový účinek cytokininů. Cytokininy jsou rostlinné hormony, které hrají klíčovou úlohu v celé řadě procesů týkajících se regulace růstu a vývoje rostlin, přičemž fungují jako signální hormony.

Výhodou patentované látky jsou extrémně nízké používané dávky, kombinovatelnost cytokininových antagonistů s jakýmkoliv komerčním přípravkem pro moření osiv, žádné riziko fyto toxicity na cílových plodinách, nulové ekologické riziko v případě použití jak pro životní prostředí, tak pro člověka. Navíc podporuje růst kořenové soustavy, zvyšuje výnos a odolnost rostlin proti suchu, které je palčivým problémem zemědělství v posledních 10 – 15 letech a neexistuje jiné efektivní řešení (šlechtění rostlin je dlouhodobý proces, který není schopen zatím účinně ochránit produkci před nepříznivým působením sucha) <http://www.crhana.eu/1815/novy-evropsky-patent-pro-c-r-hana/>.

Vedle změn v hladině regulátorů růstu dochází k tvorbě dalších obranných látek, jakými jsou např. sacharóza, sorbit, prolin nebo glycin betain. Uvedené látky podle Scotta (2008) vedou k osmotické změně uvnitř rostlinných buněk. Tyto sloučeniny nejsou toxické ve velkých koncentracích, nezasahují do metabolických procesů. Protože osmotická schopnost buněk náporům sucha klesá, tyto slučitelné rozpuštěné látky se nahromadí a pomáhají udržovat proudění vody do buněk a jako důsledek toho udržují buněčný turgor (vnitřní napětí buňky).

Obranné reakce rostlin na vodní stres je možné podle Užíka (2003) rozdělit na 4 aspekty chování rostlin ve vztahu k suchu. Jedná se o následující adaptace a změny: Adaptace listové plochy se projevuje, tím že se snižuje počet buněk, důsledku toho jsou listy menší, kratší a užší a tím se snižuje účinnost fotosyntézy. Na udržení turgoru v listech se zvyšuje poměr nízkomolekulárního uhlíku k vysokomolekulárnímu, je to základní systém udržení turgoru. Osmotický tlak buněčné šťávy při růstu je pozitivní důsledek koncentrace uhlohydrátů. Rostliny, které se vyznačují lepším růstem v podmínkách limitovaných vodou, jsou považované za tolerantní vůči suchu, bez ohledu na účinnost využití vody.

Podle Penky (1985) je odolnost rostlin vůči suchu komplexní vlastností. Naděje rostliny na přežití extrémní zátěže působené suchem jsou tím větší, čím déle může zdržet nebezpečné snížení vodního potenciálu protoplazmy (schopnost oddálit vysušení) a čím více může protoplazma vyschnout bez poškození (schopnost snášet vysušení). Schopnost snášet vysušení

je daná druhově specifickou a adaptabilní schopností protoplazmy a zvýšení koncentrace buněčné šťávy.

Švec a kol. (2010) dodávají, že vyhnutí se suchu je adaptační mechanismus odvozený od schopnosti rostlin udržet v pletivech vysoký turgor v období vodního stresu buď zlepšenou činností kořenové soustavy v příjmu vody, či efektivním zavíráním zavírání průduchů a redukcí neužitečného výparu vody listy a nebo schopností redukovat osmotický a vodní potenciál některými anatomickými a morfologickými charakteristikami a procesy spojenými s osmotickou adjustací protoplazmy buněk.

Únik před suchem je mechanická adaptace na podmínky sucha.

U obilnin je hlavním kritickým obdobím především kvetení a období nalévání zrna, dále i odnožování, které rozhoduje o počtu klasů a založení sekundárních kořenů (Habrle, a kol., 2008)

V sušších podmínkách je vhodné pěstovat odrůdy obohacené o vlastnosti tolerance, resp. odolnosti k suchu (Švec a kol. 2010). Šlechtí se genotypy s nízkým výdajem vody přes kutikulu (Užík, 2003). O šlechtění na odolnost vůči stresům pojednává následující kapitola.

4.7 Šlechtění na suchovzdornost

Bláha a kol. (2012) uvádí, že díky zvýšené variabilitě průběhu počasí ve střední Evropě, tak lze jmenovat jako hlavní pěstitelské cíle ranost, rychlý nárůst biomasy za účelem zkrácení vegetace a rychlého zakrytí povrchu půdy (snížení výparu), odolnost vůči suchu, vysoké teplotě, a kombinaci obou těchto faktorů. Důležitá je zejména široká adaptabilita. V tomto případě schopnost tolerovat výkyvy počasí. Důležité je zlepšení vitality semen a efektivnosti využití vody v průběhu klíčení, osmotické přizpůsobení již od počátku klíčení, zlepšení poměru mezi kořeny a nadzemní částí ve prospěch kořenové soustavy, či dosažení optimálního poměru pro danou plodinu. Dále je to využití genových zdrojů pro odolnost vůči abiotickým stresům, zejména vůči suchu, kde se sleduje především relativní obsah vody, zvýšená efektivnost využití vody, reakce kořenů na suchu, složení xylémové šťávy a využití mykorrhizy. Významné je studium využití genetického inženýrství za účelem získání rostlin s nízkou hladinou etylénu. Pravděpodobně důležitá bude také zvýšená reflektance listů (propouštění fotosynteticky účinného záření) a zlepšení intenzity fotosyntézy (efektivnost využití vody).

I když ve střední Evropě bude požadavek hlavně na univerzální, plastické odrůdy, do budoucna naleznou uplatnění v zemědělství suchovzdorné odrůdy nejen v oblasti Loun v severních

Čechách, v části jižní Moravy a na jihozápadu a východu Slovenska (Bláha a kol. 2012). Podle Studničného (2012) rostliny budou reagovat na změny klimatu takto:

Budou rekordní denní a noční teploty v létě a průběhu vegetační doby urychlí dozrávání o 10 až 20 dní, sníží zásobu vláhy v půdě a zvýší spotřebu vody.

V současné době existují dva na sobě nezávislé způsoby, jak zvyšovat odolnost rostlin vůči suchu, přičemž oba způsoby se mohou vzájemně doplňovat:

- Zvýšení odolnosti pomocí moderních konvenčních technologií šlechtění.
- Zvýšení odolnosti postupy genového inženýrství – vývoj genů odolnosti vůči suchu (Černý, 2012).

Přestože druhý způsob je efektivnější, na stanovištích vystavených suchu dokáže zvýšit výnosy zrna o 10 – 20 % oproti konvenčním hybridům, není v Evropské unii postup genového inženýrství povolený. Proto tamní pěstitelé budou moci využívat pouze postupy uvedené v první skupině. Ale i tak dokážou pozitivně ovlivnit výnos v průměru o 5 % (Studničný, 2012).

Monsanto je známou firmou zabývající se konvenčním šlechtěním kukuřice. Šlechtitelské programy konvenčního šlechtění u Monsanto se specializují jednak na výnos a způsob, jak ho stabilizovat a překonávat stresové vlivy v průběhu celé vegetace, tak aby došlo k maximálnímu využití potenciálu rostliny (Černý, 2012).

Klasické šlechtitelské postupy, které umožňují vzájemně křížit pouze botanicky a geneticky blízké druhy. Rozšíření genetické variability se uskutečňuje především mezidruhovou a meziodrůdovou hybridizací kulturních forem a divokých druhů, které jsou zpravidla nositeli cenných genů. Klasické šlechtitelské postupy křížení vyčerpávají svoji možnost dalšího zvyšování výnosotvorného potenciálu a kvality úrody pěstovaných plodin. Proto náročné požadavky na nové odrůdy vyžadují aplikovat jiné nekonvenční šlechtitelské přístupy (Michalík, 2010).

Vznikají komplexní výzkumné projekty, které si kladou za úkol provést syntézu široké škály dosavadních poznatků z oblastí biologie, genetiky, ekologie a dalších věd a aplikovat je na modelové příklady procesů probíhajících v agroekosystémech. Jedním z nich je mezinárodní projekt nazvaný SIGMEA - Sustainable Introduction of GMOs into European Agriculture (Ovesná, 2005).

V molekulární genetice probíhá výběr genů za účelem zlepšování suchovzdornosti rostlin. Vychází se z celé řady metabolických funkcí, které mohou zlepšit suchovzdornost. Jedná se o geny, jejich produktem je buď příslušný enzym, látka, protein, či se jedná o geny produkující molekuly, které mají roli signálních látek či regulátorů. Zatím však, ale většinou platí, že tvorba

nových genotypů nevyhází z jednotlivých pramenů metabolismu ovlivněných jednotlivými geny. Naopak nové genotypy vycházejí z celistvosti rostlin, orgánů, pletiv, celkových reakcí rostlin na stresy, z kvality produktů, z výnosových prvků atd. Vycházíme z komplexních znaků, které jsou vždy výsledkem složitějších procesů, celkové reakce rostliny a jsou řízeny větším množstvím genů. Suchovzdornost je dědičně fixovaná na většině chromosomů, zde pravděpodobně mohou nalézt uplatnění GMO (geneticky modifikované organismy) rostliny. Stresory mají vždy pleiotropní vliv na rostlinu, na celou řadu genů (ABA, heat shock proteins, volné radiály, změna osmoregulace, atd.). Proto je velmi důležité při testování adaptability u novošlechtění využívat extrémních podmínek na více lokalitách (Bláha a kol. 2012).

5 Metodika

Cílem této práce bylo zjištění rozdílných reakcí mezi genotypy v tvorbě sušiny v závislosti na ontogenetickém vývoji rostlin na vodní deficit a následnou rehydrataci u dvou rodičovských linií kukuřice. Rostliny kukuřice byly pěstovány ve čtyřech variantách kontrolní, která byla zalévána po celou dobu pokusu (KK); kontrolní s přerušenou zálivkou – KS; SK - stresovaná I (omezená zálivka po dobu 10 dnů a poté 20 dnů rehydratace) a SS – (omezená zálivka po dobu 10 dnů, rehydratace 4 dny, poté 10 dnů stres s následnou čtyřdenní rehydratací). U variant se stanovoval obsah energie a tvorba sušiny u vybraných genotypů CE 704 a 2023.

5.1 Pokusný materiál

Použitý rostlinný materiál představují dva rodičovské genotypy kukuřice (*Zea mays* L.). Jedná se o inbrední rodičovské linie 2023, CE704. Osivo dvou genotypů šlechtí stanice CEZEA, s.r.o., Čejč u Hodonína, firma se zabývá problematikou šlechtění kukuřice.

5.2 Metodika pokusu

Hybridní linie kukuřice byly pěstovány v přirozených světelných podmínkách a částečně řízených teplotních podmínek ve skleníku katedry botaniky a fyziologie rostlin FAPPZ ČZU v Praze. Teplota byla nastavena na 25 °C ve dne a 18 °C v noci. Rostliny kukuřice byly pěstovány v nádobách o rozměrech 11x11 cm. Rostliny byly kultivovány ve směsi zahradního substrátu a říčního křemičitého písku v poměru 2:1.

Použitý zahradnický substrát A má upravenou reakci a je obohacený živinami a zaručuje svými vlastnostmi optimální podmínky pro předpěstování sadby květin a zeleniny. Jeho optimální pH je od 5,5 - 6. Spalitelné látky min. 35 %, částice nad 25 mm max. 5 %, N – 80 – 120 mg.l⁻¹, P₂O₅ – 50 – 100 mg.l⁻¹, K₂O – 100 – 150 mg.l⁻¹. Obsah rizikových prvků splňuje zákonem stanovené limity mg.l⁻¹ sušiny. Cd 1; Pb 100; Hg 1; As 10; Cr 100; Cu 100; Ni 50; Zn 200. V každé nádobě byla pěstována jedna rostlina kukuřice. Počet opakování od každého genotypu a varianty byl 5. Rozmístění nádob v řízených podmínkách vycházelo z principu metod Latinského čtverce. Pokus byl zahájen při vytvoření 5 pravých listů (fáze 14 BBCH) a ukončen ve fázi 9 listů. Během vegetace bylo uskutečněno 10 odběrů. Každý sledovaný genotyp byl pěstován ve 4 variantách: kontrola, kontrola s přerušenou zálivkou, stresovaná s následnou

rehydratací a stresovaná s rehydratací a opětovným navozením stresu a rehydratací. Kontrolní (KK) – tato varianta byla zalévána po celou dobu experimentu. Rostliny kontrolní byly zavlažovány na úroveň 70 % polní vodní kapacity. Množství závlivkové vody u kontrolních rostlin byl 200 ml. Závlivka byla řízena na základě výsledků získaných přístrojem ΔT Theta Kit (Delta – T Device, Velká Británie).

Kontrolní varianta s přerušovanou závlivkou – KS - (14 dnů závlivka, 10 dnů omezená závlivka, 4 dny rehydratace). SK – stresovaná 1 (omezená závlivka po dobu 10 dnů a poté 20 dnů rehydratace). SS –stresovaná 2 (omezená závlivka po dobu 10 dnů, rehydratace 4 dny, poté 10 dnů stres s následnou čtyřdenní rehydratací).

Obr. Závlivka v období měření

varianta	K		SK		KS		SS	
den	závlivka	%	závlivka	%	závlivka	%	závlivka	%
0	200 ml	68,0	200 ml	68	200 ml	68,0	200 ml	68
1	200 ml	66,5	0 ml	41,4	200 ml	66,5	0 ml	41,4
2	200 ml	67,0	0 ml	28,8	200 ml	67,0	0 ml	28,8
3	200 ml	67,1	0 ml	26,6	200 ml	67,1	0 ml	26,6
4	200 ml	66,5	0 ml	25,4	200 ml	66,5	0 ml	25,4
5	200 ml	64,0	0 ml	20,5	200 ml	64,0	0 ml	20,5
6	200 ml	63,1	0 ml	18,4	200 ml	63,1	0 ml	18,4
7	200 ml	64,8	0 ml	12,4	200 ml	64,8	0 ml	12,4
8	200 ml	65,3	0 ml	11,9	200 ml	65,3	0 ml	11,9
9	200 ml	66,5	0 ml	11,1	200 ml	66,5	0 ml	11,1
10	200 ml	67,2	0 ml	10,4	200 ml	67,2	0 ml	10,4
11	200 ml	68,0	200 ml	15,4	200 ml	68,0	200 ml	16,5
12	200 ml	68,0	200 ml	19,4	200 ml	68,0	200 ml	24,5

13	200 ml	67,2	200 ml	21,5	200 ml	67,2	200 ml	37,8
14	200 ml	66,8	200 ml	26,5	200 ml	66,8	200 ml	49,5
15	200 ml	65,1	200 ml	29,5	0 ml	45,3	0 ml	43,4
16	200 ml	65,9	200 ml	35,6	0 ml	37,8	0 ml	40,8
17	200 ml	66,8	200 ml	43,1	0 ml	31,2	0 ml	35,8
18	200 ml	67,7	200 ml	46,5	0 ml	25,6	0 ml	29,5
19	200 ml	67,7	200 ml	47,6	0 ml	20,9	0 ml	26,6
20	200 ml	67,7	200 ml	52,1	0 ml	18,9	0 ml	20,4
21	200 ml	68,1	200 ml	55,3	0 ml	12,5	0 ml	15,6
22	200 ml	67,6	200 ml	59,3	0 ml	8,1	0 ml	10,5
23	200 ml	67,3	200 ml	61,3	0 ml	6,4	0 ml	7,8
24	200 ml	66,9	200 ml	63,5	0 ml	4,1	0 ml	5,9
25	200 ml	67,5	200 ml	64,0	200 ml	15,6	200 ml	13,8
26	200 ml	68,0	200 ml	65,1	200 ml	23,5	200 ml	21,9
27	200 ml	68,0	200 ml	62,1	200 ml	29,8	200 ml	26,9
28	200 ml	66,5	200 ml	66,0	200 ml	37,2	200 ml	38,1

**Makrofenologická stupnice pro obilniny
(BBCH, podle Enz a Dachler, 1997)**

Růstová fáze	Mezinárodní značení BBCH
Klíčení : Suchá obilka Nabobtnalá obilka Vyražení primárního kořínku Objevení koleoptile na obilce	0 00 03 05 07
Vzcházení: Objevení koleoptile nad povrchem půdy)	09
Růst listů : Fáze 1. listu (2. list vyrůstá z pochvy 1. listu) Fáze 2. listu (3. list vyrůstá) Fáze 3. listu (4. list vyrůstá) Fáze 4. listu a dalších (9. listu)	1 11 12 13 14 - 19
Odnožování: Neodnožená rostlina, odnož uvnitř pochvy listu Zač. odnožování, 1. viditelná odnož Plné odnožování, 5 viditelných odnoží Konec odnožování, 9 a více odnoží	2 20 21 25 29
Sloupkování: Začátek sloupkování, hlavní stéblo a odnože se vzpřimují 1. kolénko 1 cm nad odnožovacím uzlem 2. kolénko je patrné (2 cm nad kol. 1) 3. - 6. kolénko je patrné Objevení posledního listu (stočený) Objevení jazýčku posledního listu	3 30 31 32 33 - 36 37 39
Naduřování listové pochvy : Začátek naduřování pochvy horního listu Naduřelá pochva	4 41 45 47

Prasklá pochva Viditelné osiny vycínající z pochvy	49
Metání : Začátek metání, první klásek viditelný 30% klasu vymetáno 50% klasu vymetáno 70% klasu vymetány Celý klas vymetán	5 51 53 55 57 59
Kvetení: Začátek kvetení, první prašníky viditelné Plné kvetení, 50% prašníků Konec kvetení, většina klásků odkvetlá, ojedinelé visí zaschlé prašníky z klasu	6 61 65 69
Tvorba obilky : Mléčná zralost Tvorba obilky, první obilky dosáhly poloviny velikosti, obsah je vodnatý Rané mléčná zralost Středně mléčná zralost, obilky mají konečnou velikost, stále zelené Pozdně mléčná zralost	7 71 73 75 77
Zrání: Vosková zralost Rané vosková zralost Vosková zralost - obsah obilky je měkký, ale mezi prsty se hněte, je tvárný Žlutá zralost - obsah obilky pevný, při vrypu nehtem se tvoří rýha Plná zralost, obilka tvrdá,	8 83 85 87 89
Stáří: Mrtvá zralost Přezralost Dormance obilek Životaschopné obilky klíčí z 50% Ztráta dormance obilek Vznik druhého období dormance obilek Ztráta druhé dormance obilek	9 91 92 94 95 96 97 98

5.3 Měření fyziologických charakteristik

5.3.1 Stanovení sušiny

Stanovení hmotnosti sušiny jednotlivých orgánů rostlin se provádělo s přesností na 0,001 g. Odebrané vzorky byly usušeny v sušárně do konstantní hmotnosti při teplotě 80 °C. Vzorky rostlin byly poté zhomogenizovány.

5.3.2 Stanovení obsahu energie

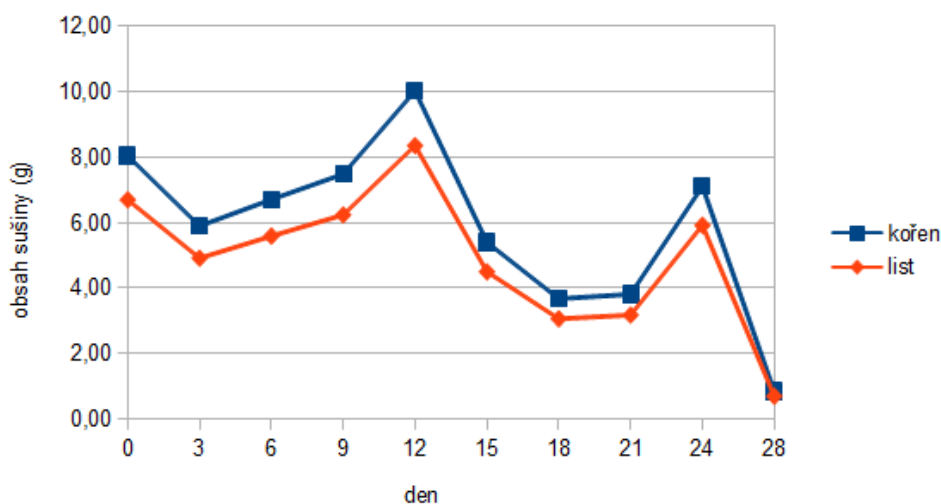
Stanovení obsahu energie se uskutečnilo z homogenizovaného materiálu metodou spalné kalorimetrie. Touto metodou se zjišťuje změna obsahu energie vyprodukované biomasy na základě hodnoty tepelného skoku. Z hodnoty tepelného skoku se stanovuje spalné teplo s popelovinami (množství energie přepočtené na 1 g sušiny s popelovinami) a spalné teplo bez popelovin (množství netto energie přepočtené na 1 g sušiny bez popelovin) v jednotlivých orgánech rostlinného těla. Fotosyntetická akumulace energie byla stanovena isoperibolickým spalným kalorimetrem IKA C 200 (IKA, SRN). V kalorimetrické nádobě dochází v kyslíkové atmosféře k úplnému spálení vzorku. Pro výpočet obsahu energie byly použity normy ČSN ISO 1928.

6 Výsledky

Ve čtyřech variantách pokusu byla pěstována kukuřice dvou rodičovských genotypů:

CE 704 a 2023 u sledovaných genotypů byly sledovány změny v tvorbě sušiny kořenů, nadzemní biomasy a fotosyntetická akumulace energie do jednotlivých rostlinných orgánů v závislosti na působení vodního stresu a ontogenetického vývoje. Získané výsledky jsou uvedeny v grafech 1 -10.

Graf 1: Hmotnost sušiny v kořenech a nadzemní biomase (g) u genotypu kukuřice CE 704, pěstovaných ve variantě (KK)

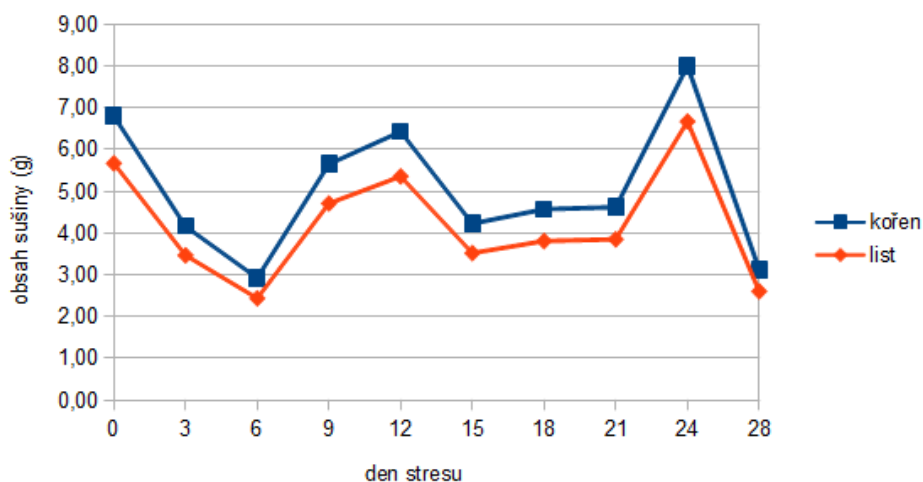


V grafu 1 u genotypu CE 704 ve variantě (KK) jsou zaznamenány změny v hmotnosti sušiny kořenů a nadzemní biomasy kukuřice. Hmotnost sušiny kořenů byla u této varianty v rozmezí hodnot od 1,25 g do 10,02 g. Nejprve byl zaznamenán pokles hmotnosti sušiny kořenů ve 3. dnu stresu 5,98 g, který byl poté vystřídán postupným nárůstem až do 12. dne. Tento termín měření byla hmotnost sušiny ve výši 10,02 g. V následujícím termínu měření byl zaznamenán opět pokles hmotnosti sušiny, která byla 3,85 g. Tento pokles trval až do 21. dne 3,92 g. Poté se opět hmotnost sušiny kořenů zvýšila, ale na konci pokusu se opět snížila na hodnotu 1,25 g.

V případě sušiny nadzemní biomasy je možné konstatovat, že nejnižší hmotnost sušiny nadzemní biomasy byla zjištěna 0,98 g a naopak nejvyšší 8,37 g. Změny hmotnosti sušiny nadzemní biomasy vykazují shodný trend v rámci pokusu se změnami hmotnosti kořenů. Pokles hmotnosti sušiny nadzemní biomasy byl zjištěn ve 3. dnu pokusu, kdy hmotnost sušiny byla 5,54 g. Od 6. dne do 12. dne se hmotnost zvyšuje z hodnoty 5,81 g na hodnotu 8,34 g. Uvedený nárůst byl opět vystřídán poklesem, kdy ve 21. dni se hmotnost oproti 12. dni snížila o 3,67 g.

Tento pokles byl vystřídán nárůstem a na konci pokusu byla hmotnost nadzemní biomasy shodná s hmotností kořenů 1,25 g, jak dokládá graf 1.

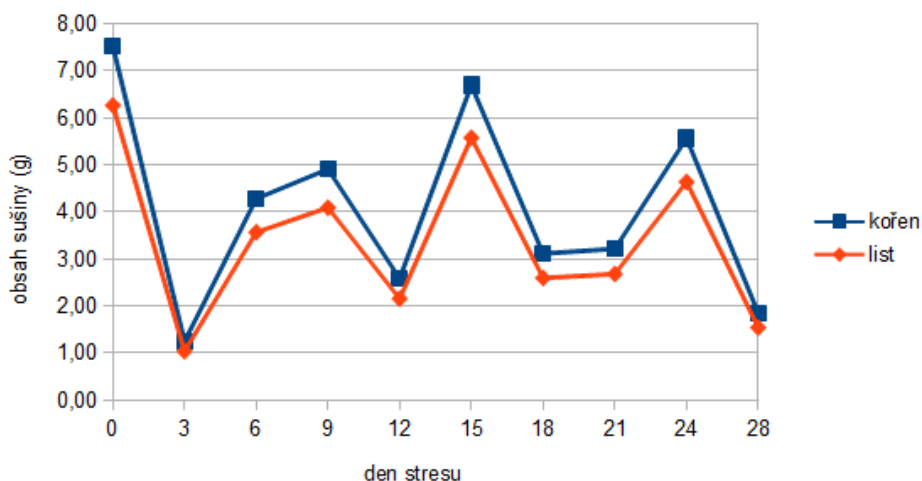
Graf 2: Hmotnost sušiny v kořenech a nadzemní biomase (g) u genotypů kukuřice CE 704, pěstovaných ve variantě (KS)



Z grafu 2. vyplývá, že na začátku sledovaného pokusu genotyp CE 704 obsah sušiny v kořenech snižoval z hodnoty 6,81 g 1. den stresu na 2,93 g v 6. dnu stresu. Poté následovalo zvýšení obsahu sušiny na hodnotu 6,43 g v 12. dnu stresu. Tento nárůst byl vystřídán poklesem obsahu sušiny v kořenech na 4,23 g v 15.dnu stresu. Obsah sušiny v následném měření se pozvolna zvyšoval na hodnotu 8,01 g v 24. den stresu. Ke konci pokusu obsah sušiny prudce klesl na hodnotu 3,13 g v 28. dnu stresu.

V 0. dnu stresu byla zaznamenána hodnota sušiny v nadzemní biomase 5,67 g. Obsah sušiny klesl na minimální hodnotu 2,44 g. V dalších termínech stresu následovalo zvýšením obsahu sušiny na hodnotu 5,36 g v 12. den stresu. Poté následoval pokles obsahu sušiny na hodnotu 3,52 g v 15.dnu stresu. Toto snížení bylo vystřídáno pozvolným zvýšením obsahu sušiny až na hodnotu 6,68 g v 24. dnu stresu. Tato hodnota byla zároveň hodnotou maximální v obsahu sušiny nadzemní biomasy. Ke konci sledovaného období byl zaznamenám prudký poklesl sušiny na hodnotu 2,61 g v 28. dnu stresu.

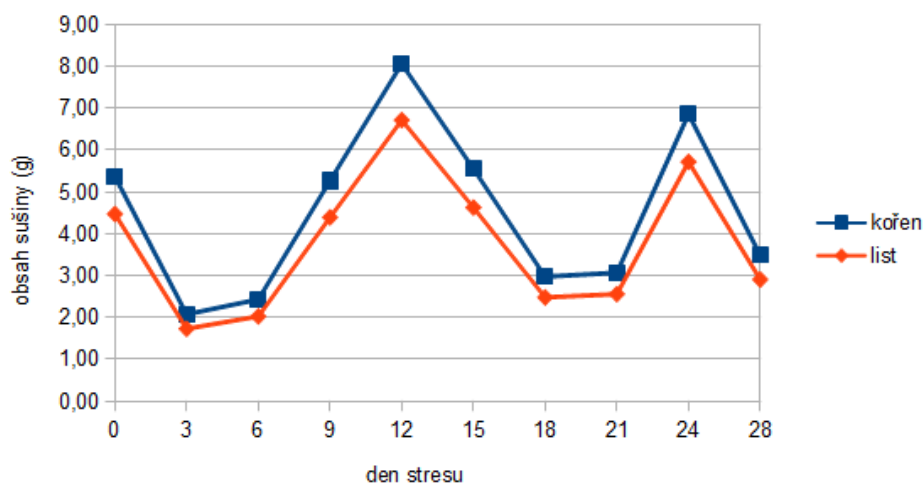
Graf 3: Hmotnost sušiny v kořenech a nadzemní biomase (g) u genotypů kukuřice CE 704, pěstovaných ve variantě (SK)



V grafu 3 u genotypu CE 704 ve variantě (SK) jsou zaznamenány změny v obsahu sušiny kořenů a nadzemní biomasy kukuřice. Jak dokládá graf 3. obsahu sušiny kořene byl následující. V 0. den stresu byla zaznamenána hodnota sušiny v kořenech 7,51 g. V následném měření byl zjištěn prudký pokles obsahu sušiny na minimální hodnotu 1,24 g v 3. dnu stresu. Dále dokumentuje graf nárůst sušiny na hodnotu 4,91 g v 9. dnu stresu a následný pokles 2,58 g v 12. dnu stresu. Tento pokles byl vystřídán nárůstem obsahu sušiny na hodnotu 6,69 g do v 15. dnu stresu. Graf dokumentuje opět pokles sušiny na hodnotu 3,11 g v 18. dnu stresu a následný nárůst na hodnotu 5,56 g v 24. dnu stresu. Ke konci sledovaného období obsah sušiny prudce klesl na hodnotu 1,84 g 28. den stresu.

Na počátku sledovaného období hmotnost sušiny v nadzemní biomase klesal z hodnoty 6,26 g v 0. den stresu na hodnotu 1,04 g 3. dnu stresu. Poté následovalo opět zvýšení obsahu sušiny až na hodnotu 4,09 g v 9. dnu stresu. Toto zvýšení obsahu sušiny bylo vystřídáno poklesem obsahu sušiny na hodnotu 2,15 g v 12. dnu stresu. V 15. dnu stresu obsah sušiny vzrostl na hodnotu 5,57 g. Dále je grafu zaznamenáno snížení obsahu sušiny na hodnotu 2,59 g v 18. dnu stresu. Ke konci pokusu obsah sušiny vzrostl na hodnotu 4,63 g v 24. dnu stresu a opět klesl na 1,54 g v 28. dnu stresu.

Graf 4: Obsah sušiny v kořenech a nadzemní biomase (g) u genotypů kukuřice CE 704, pěstovaných ve variantě (SS)

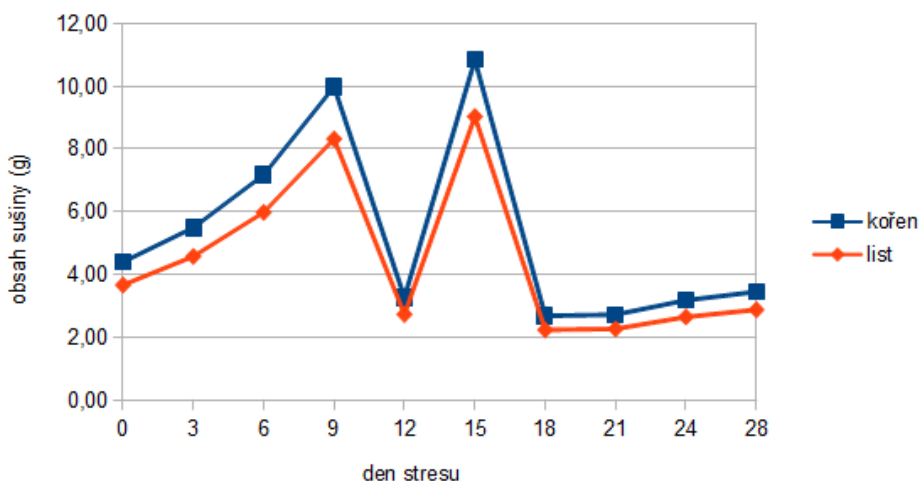


V grafu 4. u genotypu CE 704 ve variantě (SS) jsou zaznamenány změny v obsahu sušiny kořenů a nadzemní biomasy kukuřice. Na počátku pokusu obsah sušiny v kořenech klesl z hodnoty 5,37 g v 0. den stresu na hodnotu 2,07 g v 3. den stresu. V následném měření byl zjištěn nárůst obsahu sušiny až do 12. dne stresu na hodnotu 8,06 g, tato hodnota byla zároveň hodnotou maximální. Poté je zaznamenáno prudké snížení až na hodnotu 2,98 g v 18. dnu stresu. Toto snížení bylo vystřídáno zvýšením obsahu sušiny na 6,86 g 24. dnu stresu. Na konci sledovaného období obsah sušiny v kořeni opět klesl na 3,49 g v 28. dnu stresu.

Změny v hmotnost sušiny nadzemní biomasy byly zaznamenány v grafu 4. Na začátku sledovaného období obsah sušiny nadzemní biomasy průkazně klesl z hodnoty 44,7 g v 0. den stresu na hodnotu 1,73 g v 3. dnu stresu. Poté následoval pozvolný nárůst sušiny na hodnotu 6,72 g v 12. dnu stresu. Poté následovalo opět snížení obsahu sušiny až na hodnotu 2,48 g v 18. dnu stresu. V grafu 4. je zaznamenán ke konci sledovaného období postupný nárůst až na hodnotu 5,72 g v 24. dnu stresu) a poklesl na hodnotu 2,91 g v 28. den stresu.

Hmotnost sušiny v kořenech a nadzemní biomase u genotypu 2023

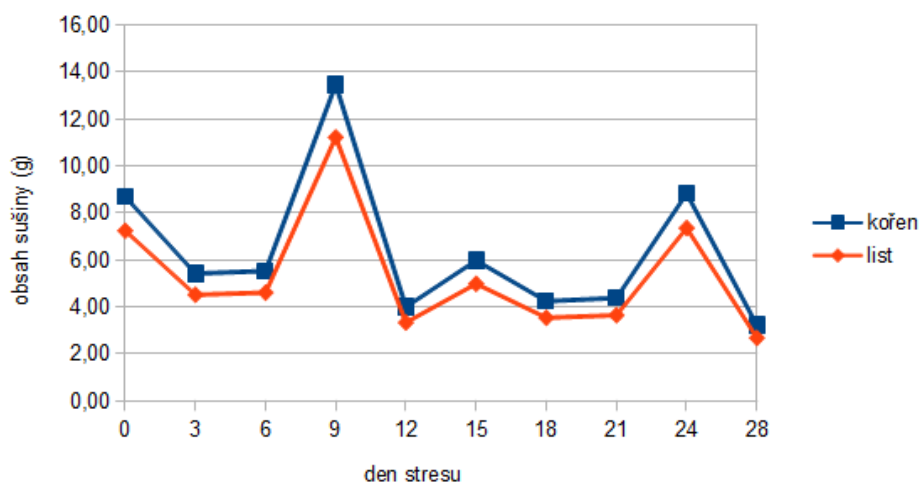
Graf 5: Obsah sušiny v kořenech a nadzemní biomase (g) u genotypů kukuřice 2023, pěstovaných ve variantě (KK)



V grafu 5 u genotypu 2023 ve variantě (KK) jsou zaznamenány změny v obsahu sušiny kořenů a nadzemní biomasy kukuřice. Hmotnost sušiny v kořenu se na začátku pokusu prudce zvýšil z 4,4 g v 0. dnu na 9,98 g v 9. dnu stresu se obsah sušiny průkazně snížil na 3,27 g v 12. dnu. V 15.dnu se obsah sušiny zvýšil na hodnotu 10,84 g a v 18. dnu se obsah sušiny snížil na hodnotu 2,68 g. Rozdíl mezi těmito termíny činil 8,16 g. Ke konci sledovaného období se obsah sušiny pozvolna zvyšoval na hodnotu 3,45 g 28. den stresu.

Z grafu vyplývá, že hmotnost sušiny u nadzemní biomasy z počátku sledovaného období vzrostl z hodnoty 3,66 g v 1. dnu na hodnotu 8,32 g v 9. dnu. V pokusu je zaznamenán průkazné snížení na hodnotu 2,72 g v 12. dnu. Tento pokles byl vystřídán nárustem sušiny na hodnotu 9,04 g v 15. dnu. V grafu je dále zaznamenán pokles na hodnotu 2,23 g v 18. dnu. Graf 5. dokumentuje a následný nárůst obsahu sušiny až na hodnotu 2,87 g v 28. dnu.

Graf 6: Hmotnost sušiny v kořenech a nadzemní biomase (g) u genotypů kukuřice 2023, pěstovaných ve variantě (KS)

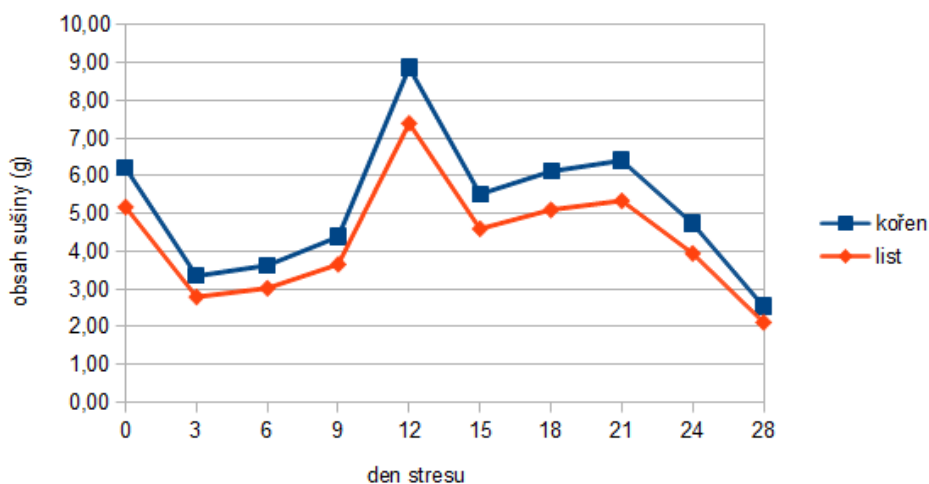


V grafu 6 u genotypu 2023 ve variantě (KS) jsou zaznamenány změny v obsahu sušiny kořenů a nadzemní biomasy kukuřice.

Na začátku sledovaného období genotyp 2023 snížil hmotnost sušiny v kořenech z hodnoty 8,68 g v 0. dnu na 5,41 g v 3. dnu stresu. Dále následovalo prudké zvýšení obsahu sušiny na maximální hodnotu 13,46 g v 9. dnu stresu. Tento nárůst byl vystřídán velkým snížením obsahu sušiny v kořenech na 3,99 g v 12.dnu stresu. Rozdíl obsahu sušiny mezi 9. až 12. dnem stresu činil 9,47 g. V následném měření se obsah sušiny pozvolna zvyšoval na hodnotu 5,97 g v 15. dnu stresu. Poté je dokumentován opět pokles v obsahu sušiny na hodnotu 4,24 g v (18. dnu stresu) a průkazný nárůst až na hodnotu 8,82 g 24. dnu stresu. Ke konci pokusu obsah sušiny prudce klesl na hodnotu 3,2 g v 28. dnu stresu.

Z grafu 6. vyplývá, že hmotnost sušiny nadzemní biomasy v 0. dnu byl zaznamenán na hodnotě 7,24 g. V 3. dnu stresu se snížil obsah sušiny na 4,51 g. V dalších měřeních následovalo zvýšením obsahu sušiny až na maximální hodnotu 11,21 g v 9. dnu stresu. Po maximu se obsah sušiny snížil na hodnotu 3,33g v (12. dnu stresu). Tento pokles byl vystřídán pozvolným zvýšením obsahu sušiny až na hodnotu 4,98 g v 15. dnu stresu. Poté následoval pokles obsahu sušiny na hodnotu 3,53 g v 18.dnu stresu. Ke konci sledovaného období byl zaznamenám nárůst sušiny na hodnotu 7,35g v 24. dnu stresu a prudký poklesl sušiny na hodnotu 2,67 g v 28. dnu stresu.

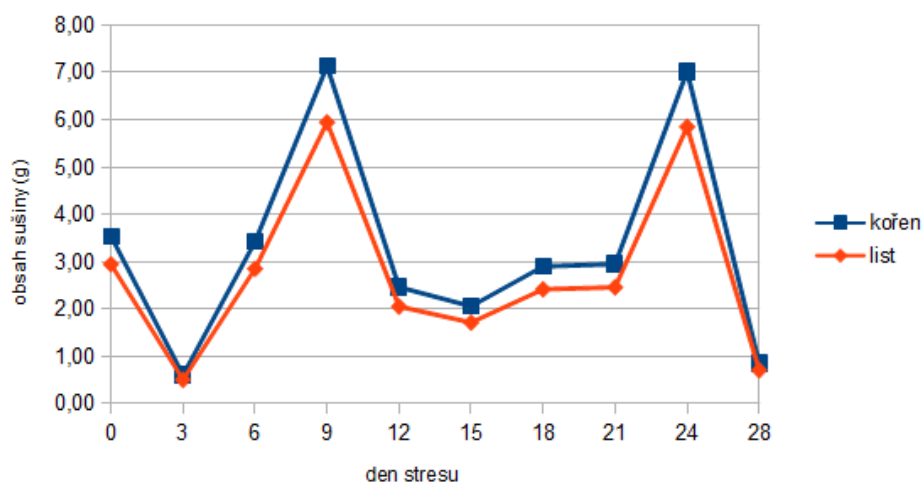
Graf 7: Hmotnost sušiny v kořenech a nadzemní biomase (g) u genotypů kukuřice 2023, pěstovaných ve variantě (SK)



V grafu 7 u genotypu 2023 ve variantě (SK) jsou zaznamenány změny v obsahu sušiny kořenů a nadzemní biomasy kukuřice. Jak dokládá graf 7. obsahu sušiny kořene byl následující. V 0. den stresu byla zaznamenána hodnota sušiny v kořenech 6,2 g. V následném měření obsah sušiny se snížil na hodnotu 3,34 g v 3. dnu stresu. Tento pokles byl vystřídán průkazným nárůstem obsahu sušiny až na maximální hodnotu 8,86 g v 12. dnu stresu. V 15. dnu stresu obsah sušiny se snížil na 5,51 g. Pokles byl vystřídán nárůstem obsahu sušiny na hodnotu 6,4 g v 21. dnu stresu a následně obsah sušiny v kořenech prudce klesl na minimální hodnotu 2,53 g v 28. dnu stresu.

Na začátku období obsah sušiny v nadzemní biomase klesal z hodnoty 5,17 g v 0. den stresu na hodnotu 2,79 g 3. den stresu. Od 6. dnu stresu se obsah sušiny zvýšil z hodnoty 3,02 g na maximální hodnotu 7,39 g v 12. dnu stresu. Jak dokládá graf 7. obsah sušiny se snížil až na hodnotu 4,59 g v 15. dnu stresu. Obsahu sušiny v nadzemní biomase se postupně zvyšoval na hodnotu 5,34 g v 21. dnu stresu. V 24. dnu stresu obsah sušiny prudce klesl na minimální hodnotu 2,11 g v 28. dnu stresu.

Graf 8: Hmotnost sušiny v kořenech a nadzemní biomase (g) u genotypů kukuřice 2023, pěstovaných ve variantě (SS)

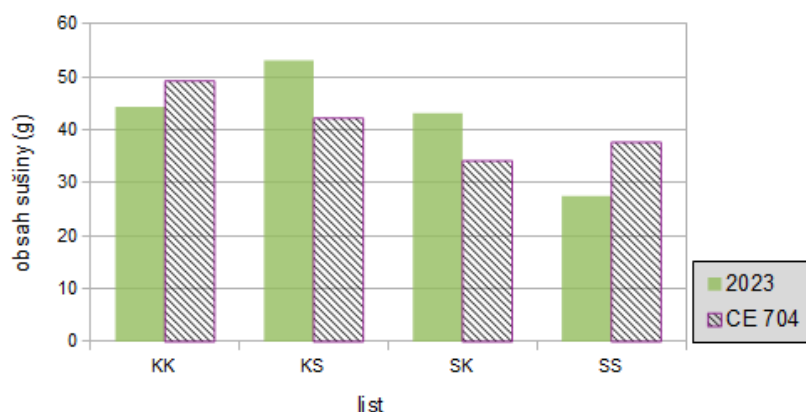


V grafu 8. u genotypu 2023 ve variantě (SS) jsou zaznamenány změny hmotnosti sušiny kořenů a nadzemní biomasy kukuřice. Na začátku pokusu je zaznamenán pokles sušiny v kořenech z 3,54 g v 0. dnu stresu na nejnižší hodnotu 0,61 g v 3. dnu stresu.

Jak dokumentuje graf 8, obsah sušiny se zvýšil až na hodnotu 7,13 g v 9. dnu stresu a následně se snížil na 2,06 g v 15. dnu stresu. Tento pokles byl opět vystřídán nárůstem hmotnosti sušiny na hodnotu 7,02 g v 24. dnu stresu. Na konci pokusu obsah sušiny prudce klesl na 0,85 g v 28. dnu stresu.

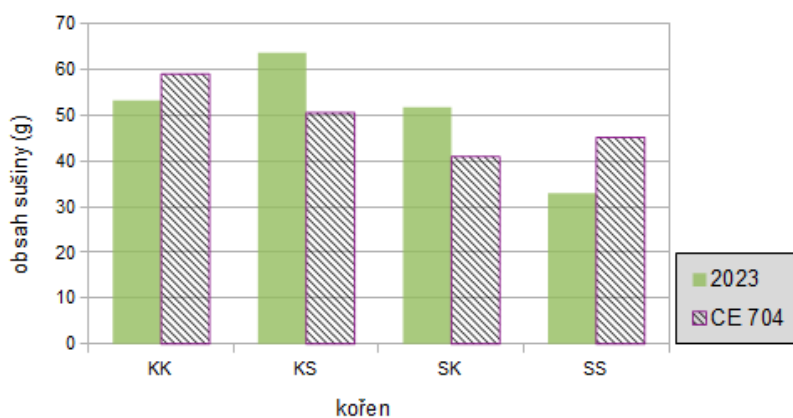
Z grafu vyplývá, že hmotnost sušiny u nadzemní biomasy z počátku sledovaného období klesl z hodnoty 2,95 g 0. den stresu na minimální hodnotu 0,51 g v 3. den stresu. V pokusu je zaznamenán průkazné zvýšení na hodnotu 5,94 g v 9. dnu stresu a následný pokles obsahu sušiny na hodnotu 1,72 g v 15. dnu stresu. Tento pokles byl vystřídán nárůstem sušiny na hodnotu 5,85 g v 24. dnu stresu. Graf 8. dokumentuje a prudký pokles obsahu sušiny až na hodnotu 0,71 g v 28. den stresu.

Graf 9: Průměrná hmotnost sušiny v nadzemní biomase (g) genotypů CE704 a 2023 v závislosti na variantě pokusu (KK, KS, SK, SS)



Z grafu 9 je patrná změna průměrné hmotnosti sušiny u nadzemní biomasy u genotypů CE 704 a 2023 v závislosti na variantě pokusu. Z grafu 9 vyplývá, že nejvyšší průměrný obsah sušiny nadzemní biomasy dosáhl genotyp 2023 u varianty (KS) 53,06 g. Nejnižší hodnota sušiny genotypu 2023 byla zjištěna u varianty (SS), kdy průměrný obsah sušiny byl 27,45 g. Genotyp CE 704 dosáhl nejvyšší průměrné hodnoty v obsahu sušiny ve variantě (KK) a sice 49,13 g. Ve variantě stresované (SK) dosáhl genotyp CE 704 nejnižší průměrné hodnoty obsahu sušiny 34,12 g. Genotyp 2023 dosahoval větší průměrné hodnoty hmotnosti sušiny v porovnání s genotypem CE 704 ve variantách (KS) o 10,94 g a (SK) o 8,96 g. Genotyp CE 704 dosáhl větší průměrné hodnoty obsahu sušiny porovnání s genotypem 2023 ve variantách (KK) o 4,81 g a (SS) o 10,17 g. Z grafu vyplývá, že genotyp 2023 v porovnání s genotypem CE 704 dosáhl z všech variant průměrné vyšší hodnoty obsahu sušiny o 4,92 g.

Graf 10: Průměrná hmotnost sušiny v kořenech (g) u genotypů CE 704 a 2023 pěstovaných ve variantě (KK, SK, KS, SS)



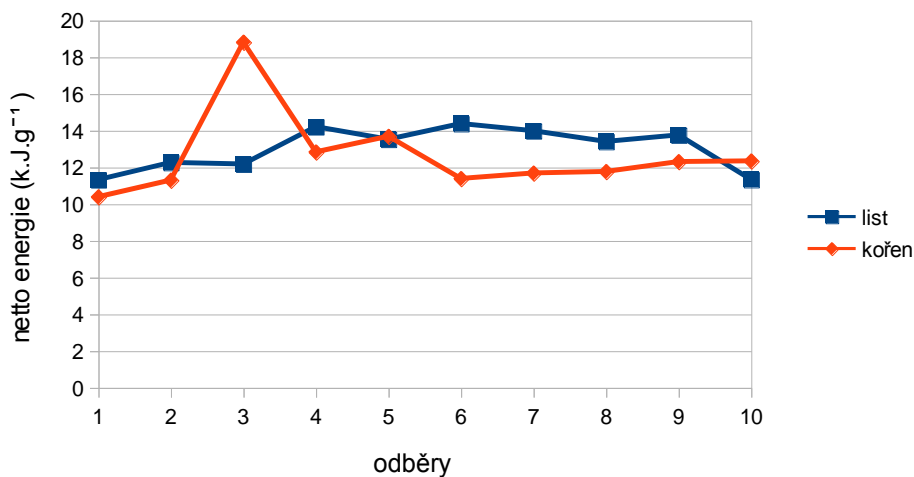
V grafu 10 je zaznamenána změna průměrná hmotnost sušiny kořenů u genotypů CE 704 a 2023 v závislosti na variantě pokusu. Nejvyšší průměrný obsah sušiny kořenů dosáhl genotyp 2023 u varianty (KS) kontrolní 63,67 g. Nejnižší průměrná hodnota hmotnosti sušiny genotypu 2023 byla zjištěna u varianty (SS), kdy průměrný obsah sušiny byl 32,94 g. Genotyp CE 704 dosáhl 58,96 g nejvyšší průměrné hodnoty v obsahu sušiny ve variantě (KK). Nejnižší průměrná hodnota sušiny genotypu CE 704 byla zaznamenána ve variantě (SK) 40,94 g. Genotyp 2023 dosahoval většího průměrného obsahu sušiny v porovnání s genotypem CE 704 ve variantách (KS) o 13,12 g a (SK) o 10,76 g. Genotyp CE 704 dosáhl větší průměrné hodnoty obsahu sušiny porovnání s genotypem 2023 ve variantách (KK) o 5,78 g a (SS) o 12,21 g. Z grafu vyplývá, že genotyp 2023 v porovnání s genotypem CE 704 dosáhl z všech variant průměrné vyšší hodnoty obsahu sušiny kořene o 5,89 g.

Změnu obsahu energie v sušině rostlin u genotypu CE 704 a 2023

Grafy znázorňují změnu obsahu energie v sušině rostlin sledovaných genotypů v závislosti na ontogenetickém vývoji rostlin. Z naměřených výsledků jsou patrné rozdílné hodnoty v obsahu netto energie u genotypů CE 704, 2023 na vodní deficit a rehydrataci v rámci pokusných variant, které jsou zaznamenány v grafech 11- 20.

Obsah energie u genotypu CE704

Graf 11: Obsah netto energie (kJ.g⁻¹) v sušině kukuřice u genotypu CE704 a varianty KK v závislosti na ontogenezi



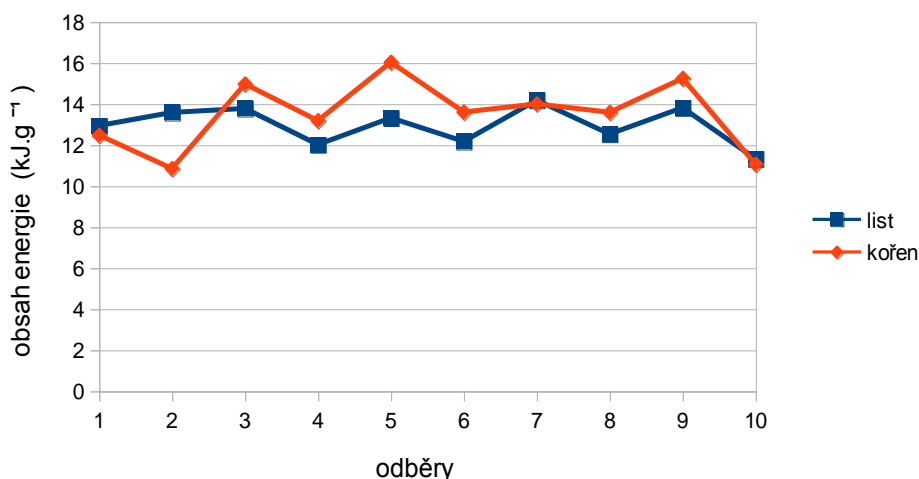
V grafu 11 u genotypu CE 704 jsou uvedeny změny v obsahu energeticky bohatých látek kořenů kukuřice. Energetický obsah kořene na počátku sledovaného období prudce vzrostl z 10,40 kJ.g⁻¹ (1. termín) na 18,82 kJ.g⁻¹ (3. termín), kdy obsah energie u kořenové části byl na maximální hodnotě. Po maximu ve 4. termínu následoval pokles obsahu energie na 12,84 kJ.g⁻¹.

Tento pokles byl nahrazen v 5. termínu zvýšením obsahu energie na hodnotu 13,69 kJ.g⁻¹.

Poté následoval pozvolný nárůst obsahu energie až do konce sledovaného období. V tomto období od 6. termínu do 10. termínu byl obsah energie v intervalu hodnot od 11,39 kJ.g⁻¹ do 12,35 kJ.g⁻¹, jak dokládá graf 11.

Změny energetického obsahu listu u genotypu CE 704 jsou uvedeny v grafu 11. Z něho vyplývá, že obsah energetických látek v listu se zvýšil na počátku pokusu z hodnoty 11,33 kJ.g⁻¹ na hodnotu 12,27 kJ.g⁻¹ ve 2. termínu. Dále následovalo snížení obsahu energie v listu na hodnotu 12,18 kJ.g⁻¹ (3. termín). Toto snížení je vystřídáno nárůstem až do 4. termínu na hodnotu 14,21 kJ.g⁻¹. V 5. termínu se opět snížil obsah energie v listu na hodnotu 13,53 kJ.g⁻¹. Z grafu je patrné, že list dosáhl maximální hodnoty v obsahu energie v 6. termínu 14,38 kJ.g⁻¹. Obsah energie v 8. termínu se snížil na 13,41 kJ.g⁻¹, ale ke konci sledovaného období se průkazně snížil obsah energie na minimální hodnotu 11,33 kJ.g⁻¹.

Graf 12: Obsah netto energie (kJ.g⁻¹) v sušině kukuřice u genotypu CE704 a varianty KS v závislosti na ontogenezi



Z grafu 12 u genotypu CE 704 jsou uvedeny změny v obsahu energeticky látek u kukuřice u varianty KS. Na počátku sledovaného období se energetický obsah kořene snížil z hodnoty 12,48 kJ.g⁻¹ v 1. termínu na 10,85 kJ.g⁻¹ v 2. termínu, kdy obsah energie u kořenové části byl na minimální hodnotě. Tento pokles byl ve 3. termínu vystřídán nárůstem obsahu energie na 14,97 kJ.g⁻¹. Z grafu je patrný pokles ve 4. termínu na hodnotu kJ.g⁻¹.

Tento pokles byl nahrazen v 5. termínu zvýšením obsahu energie na hodnotu 16,03 kJ.g⁻¹ v tomto termínu byla zaznamenána maximální hodnota.

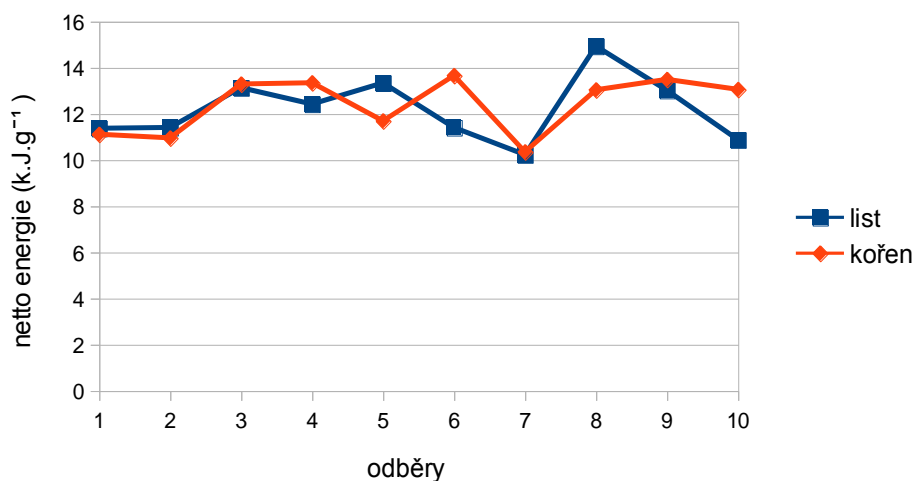
Dále následoval snížení obsahu energie na hodnotu 13,61 kJ.g⁻¹ v 6. termínu. Toto snížení bylo vystřídáno nárůstem obsahu energie na hodnotu 13,99 kJ.g⁻¹ v 7. termínu. Z grafu je patrné, že v 8. termínu následoval opět pokles na hodnotu 13,59 kJ.g⁻¹. Jak dokládá graf 12. následoval pozvolný nárůst a opět pokles obsahu energie až do konce sledovaného období.

V tomto období od 9. termínu do 10. termínu byl obsah energie v intervalu hodnot od 15,25 kJ.g⁻¹ do 11,0 kJ.g⁻¹.

V grafu 7. jsou uvedeny změny energetického obsahu listu u genotypu CE 704. Z něho vyplývá, že obsah energetických látek v listu se zvýšil na počátku pokusu z hodnoty 12,94 kJ.g⁻¹ v 1. termínu na hodnotu 13,78 kJ.g⁻¹ v 3. termínu. Poté následovalo snížení obsahu energie v listu na hodnotu 12,02 kJ.g⁻¹ v 4. termínu. V 5. termínu následoval pozvolný nárůst a v 6. termínu byl zaznamenán opět pokles obsahu energie. V tomto období byl obsah energie v intervalu hodnot od 13,32 kJ.g⁻¹ do 12,17 kJ.g⁻¹. Maximální hodnota 14,18 kJ.g⁻¹ byla dosažena v 7.

termínu. Po maximu následovalo snížení 12,53 kJ.g⁻¹ obsahu energie v 8. termínu. Ke konci pokusu se opět zvýšil obsah energie na 13,81 kJ.g⁻¹, a poté následovalo průkazné snížení obsahu energie na minimální hodnotu 11,32 kJ.g⁻¹.

Graf 13: Obsah netto energie (kJ.g⁻¹) v sušině kukuřice u genotypu CE704 a varianty SK v závislosti na ontogenezi

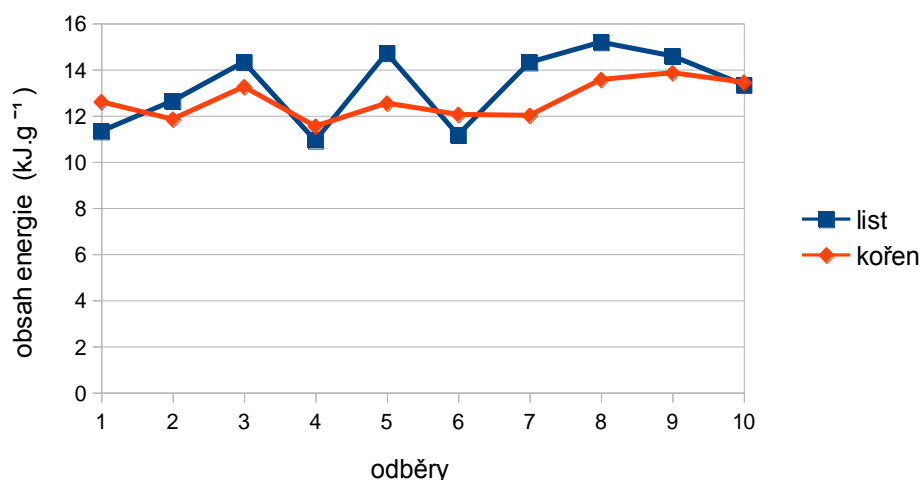


Z grafu 13. u genotypu CE 704 jsou uvedeny změny v obsahu energeticky látek u kukuřice u varianty SK. Z grafu je patrné, že na počátku pokusu klesla hodnota energie kořene z 11,37 kJ.g⁻¹ v 1. termínu na hodnotu 10,95 kJ.g⁻¹ v 2. termínu. Dále následoval nárůst obsahu energie na hodnotu 13,34 kJ.g⁻¹ ve 4. termínu. V 5. až 6. termínu následoval pokles a poté nárůst na maximální hodnotu obsahu energie. V tomto období byl obsah energie v intervalu hodnot od 11,69 kJ.g⁻¹ do 13,65 kJ.g⁻¹. V 7. termínu byla naměřena minimální hodnota obsahu energie 10,35 kJ.g⁻¹. Toto snížení je vystřídáno nárůstem až do 9. termínu na hodnotu 13,48 kJ.g⁻¹. Obsah energie v 10. termínu se snížil na 13,05 kJ.g⁻¹, jak dokládá graf 8.

Na počátku sledovaného období obsah energie listu se snížil z hodnoty 11,11 kJ.g⁻¹ v 1. termínu na 10,95 kJ.g⁻¹ v 2. termínu. Tento pokles byl nahrazen zvýšením obsahu energie až do 4. termínu na hodnotu 13,34 kJ.g⁻¹. V termínu 5. byl nárůst vystřídán poklesem na hodnotu 11,69 kJ.g⁻¹. Dále následovalo v 6. termínu zvýšení obsahu energie v listu na hodnotu 13,65 kJ.g⁻¹, kdy obsah energie u kořenové části byl na maximální hodnotě. Po maximu bylo vystřídáno poklesem obsahu energie na minimální hodnotu 10,35 kJ.g⁻¹. Poté následoval pozvolný nárůst na hodnotu 13,48 kJ.g⁻¹, ale na konci sledovaného období obsahu energie klesl na hodnotu 13,05 kJ.g⁻¹.

Změny energetického obsahu listu u genotypu CE 704 jsou uvedeny v grafu 13. Z něho vyplývá, že obsah energetických látek v listu se zvýšil na počátku pokusu z hodnoty $11,37 \text{ kJ.g}^{-1}$ v 1. termínu na hodnotu $13,12 \text{ kJ.g}^{-1}$ v 3. termínu. Dále následovalo snížení a opět zvýšení obsahu energie v listu. V tomto období od 4. termínu do 5. termínu byl obsah energie v intervalu hodnot od $12,42 \text{ kJ.g}^{-1}$ do $13,33 \text{ kJ.g}^{-1}$. Po nárůstu následoval prudký pokles až a minimální hodnotu obsahu energie listu $10,23 \text{ kJ.g}^{-1}$ v 7. termínu. Toto snížení bylo vystřídáno prudkým nárůstem obsahu energie na hodnotu $14,93 \text{ kJ.g}^{-1}$ v 8. termínu. Ke konci pokusu se opět snížil obsah energie na $10,87 \text{ kJ.g}^{-1}$, jak dokládá graf 13.

Graf 14: Obsah netto energie (kJ.g^{-1}) v sušině kukuřice u genotypu CE704 a varianty SS v závislosti na ontogenezi



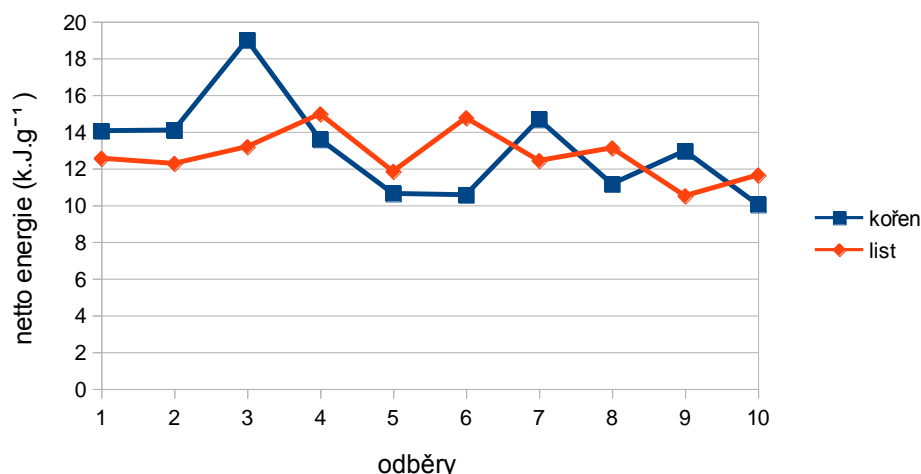
Z grafu 14. u genotypu CE 704 jsou uvedeny změny v obsahu energeticky látek u kukuřice u varianty SS. Z grafu vyplývá, že na počátku pokusu klesla hodnota energie kořene z $12,59 \text{ kJ.g}^{-1}$ v 1. termínu na hodnotu $11,84 \text{ kJ.g}^{-1}$ v 2. termínu. Dále následoval nárůst obsahu energie na hodnotu $13,25 \text{ kJ.g}^{-1}$ v 3. termínu. V 4. až 5. termínu následoval pokles a poté nárůst obsahu energie. V tomto období byl obsah energie v intervalu hodnot od $11,53 \text{ kJ.g}^{-1}$. do $12,53 \text{ kJ.g}^{-1}$. Obsah energie se v 7. termínu snížil na hodnotu $12,00 \text{ kJ.g}^{-1}$. Tento pokles byl nahrazen zvýšením obsahu energie až do 9. termínu na hodnotu $13,85 \text{ kJ.g}^{-1}$. Ke konci pokusu bylo zaznamenáno snížení obsahu energie na hodnotu $13,43 \text{ kJ.g}^{-1}$ v 10. termínu.

V grafu 14 jsou uvedeny změny energetického obsahu listu u genotypu CE 704 u varianty SS. Na počátku sledovaného období byl zaznamenán nárůst obsahu energie v listu z hodnoty $11,31$

kJ.g^{-1} v 1. termínu na $14,31 \text{ kJ.g}^{-1}$ v 3. termínu. Tento nárůst byl nahrazen poklesem obsahu energie až do 4. termínu na minimální hodnotu $10,91 \text{ kJ.g}^{-1}$. V termínu 5. byl pokles vystřídán nárůstem na hodnotu $14,70 \text{ kJ.g}^{-1}$. Dále následovalo v 6. termínu snížení na hodnotu $11,15 \text{ kJ.g}^{-1}$ a v 8. termínu opětovné zvýšení obsahu energie v listu na $15,17 \text{ kJ.g}^{-1}$. V 8. termínu byl obsah energie u kořenné části na maximální hodnotě. Jak dokládá graf 14. ke konci sledovaného období v 10. termínu klesl obsah energie na hodnotu $13,32 \text{ kJ.g}^{-1}$.

Obsah energie u genotypu 2023

Graf 15: Obsah netto energie (kJ.g^{-1}) v sušině kukuřice u genotypu 2023 a varianty KK v závislosti na ontogenezi

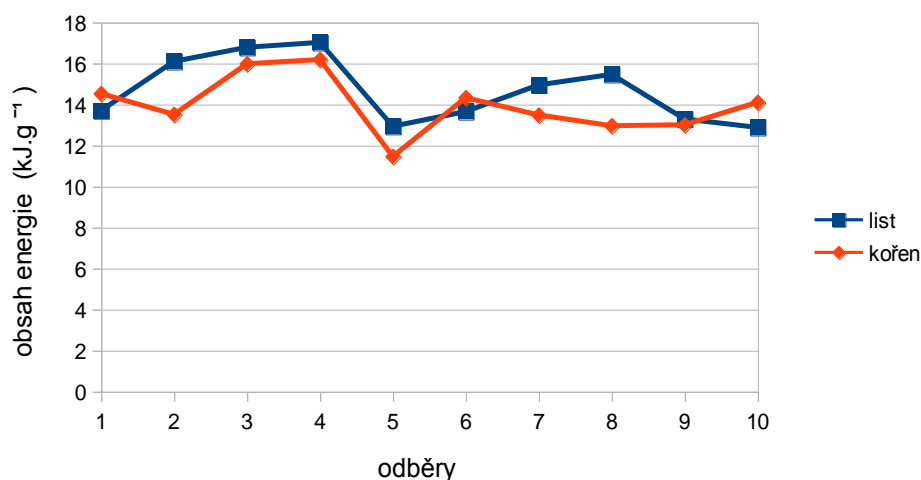


Změny v obsahu energeticky látek kořenů kukuřice genotypu 2023 jsou uvedeny v grafu 15. Energetický obsah kořene na počátku sledovaného období prudce vzrostl až na maximální hodnotu z $14,05 \text{ kJ.g}^{-1}$ v 1. termínu na $19,00 \text{ kJ.g}^{-1}$ v 3. termínu. Po maximu následoval prudký pokles obsahu energie z hodnoty $19,00 \text{ kJ.g}^{-1}$ v 3. termínu do $10,56 \text{ kJ.g}^{-1}$ v 6. termínu. Tento pokles byl nahrazen v 7. termínu zvýšením obsahu energie na hodnotu $14,67 \text{ kJ.g}^{-1}$. Dále následoval opět pokles obsahu energie až hodnotu $11,16 \text{ kJ.g}^{-1}$ v 8. termínu. Ke konci sledovaného období se opět snížil na hodnotu $10,03 \text{ kJ.g}^{-1}$ v 10. termínu.

V grafu 15 jsou zaznamenány změny energetického obsahu listu u genotypu 2023. Z něhož vyplývá, že obsah energetických látek v listu postupně narůstal na počátku pokusu z hodnoty $12,55 \text{ kJ.g}^{-1}$ v 1. termínu na hodnotu $14,96 \text{ kJ.g}^{-1}$ v 4. termínu, která byla hodnotou maximální.

Po maximu následovalo snížení obsahu energie v listu na hodnotu 11,84 kJ.g⁻¹ v 5. termínu. Toto snížení je vystřídáno nárůstem až do 6. termínu na hodnotu 14,75 kJ.g⁻¹, ale od tohoto termínu až do konce sledovaného období obsah energie klesal až do konce pokusu. Na konci pokusu byla hodnota netto energie 11,64 kJ.g⁻¹.

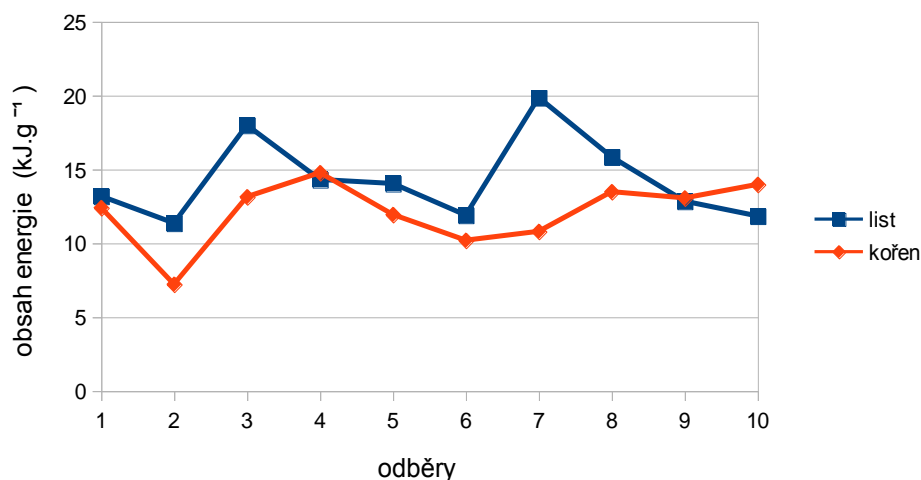
Graf 16: Obsah netto energie (kJ.g⁻¹) v sušině kukuřice u genotypu 2023 a varianty KS v závislosti na ontogenezi



Z grafu 16 u genotypu 2023 jsou uvedeny změny v obsahu energeticky látek u kukuřice. Energetický obsah kořene na počátku sledovaného období se snížil z hodnoty 14,52 kJ.g⁻¹ v 1. termínu na 13,51 kJ.g⁻¹ v 2. termínu. Poté následoval prudký nárůst obsahu energie z hodnoty 13,51 kJ.g⁻¹ v 2. termínu do 16,18 kJ.g⁻¹ v 4. termínu. Ve 4. termínu byla naměřena maximální hodnota. Po maximu následoval prudký pokles na minimální hodnotu 11,46 kJ.g⁻¹ v 5. termínu. Tento pokles byl vystřídán v 6. termínu zvýšením obsahu energie na hodnotu 14,32 kJ.g⁻¹. Na konci sledovaného období opět klesl a vzrostl obsah energie látek z hodnoty 12,95 kJ.g⁻¹ v 8. termínu na 14,10 kJ.g⁻¹ v 10. termínu.

V grafu 16 jsou uvedeny změny energetického obsahu listu u genotypu 2023. Z něho vyplývá, že obsah energetických látek v listu postupně vzrůstal na počátku pokusu z hodnoty 13,70 kJ.g⁻¹ v 1. termínu na hodnotu 17,02 kJ.g⁻¹ v 4. termínu. V tomto období byla naměřena nejvyšší hodnota obsahu energie v listu. Po maximu následovalo prudké snížení obsahu energie v listu na hodnotu 12,93 kJ.g⁻¹ v 5. termínu. Toto snížení je vystřídáno postupným nárůstem až do 8. termínu na hodnotu 15,46 kJ.g⁻¹. Jak dokumentuje graf 16. následoval pozvolný pokles až do konce sledovaného období na hodnotu 12,87 kJ.g⁻¹.

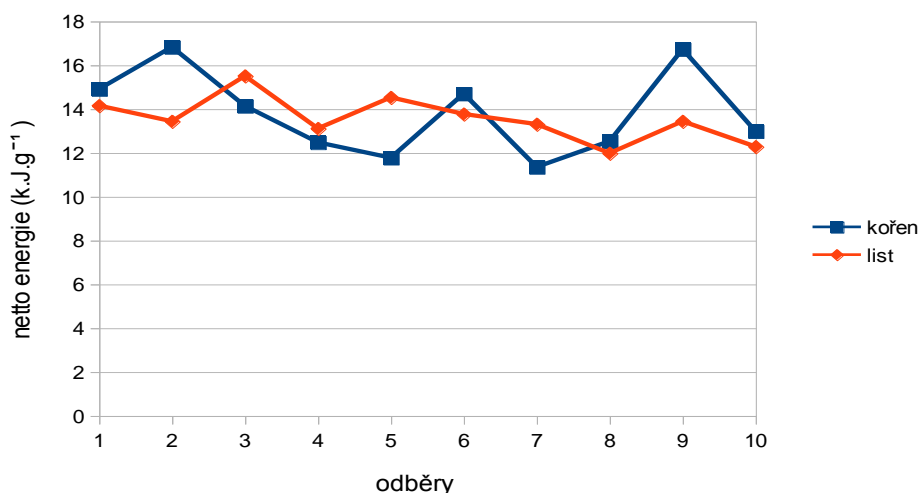
Graf 17: Obsah netto energie ($\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$) v sušině kukuřice u genotypu 2023 a varianty SK v závislosti na ontogenezi



Z grafu 17 u genotypu 2023 u varianty SK jsou uvedeny změny v obsahu energeticky látek u kukuřice. Energetický obsah kořene na počátku sledovaného období se snížil z hodnoty $12,40 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ v 1. termínu na minimální hodnotu $7,22 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ v 2. termínu. Poté následoval prudký nárůst obsahu energie na maximální hodnotu $14,77 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ v 4. termínu. Po maximu následoval prudký pokles na hodnotu $10,20 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ v 6. termínu. Tento pokles byl vystřídán až do 8. termínu zvýšením obsahu energie na hodnotu $13,48 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$. Ke konci sledovaného období opět klesl a vzrostl obsah energie látek z hodnoty $13,06 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ v 9. termínu na $13,97 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ v 10. termínu.

Z grafu 17. jsou patrné změny energetického obsahu listu u genotypu 2023 v průběhu ontogeneze. Na počátku sledovaného období klesla hodnota obsahu energie z $13,18 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ na hodnotu $11,36 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$. Tento pokles byl vystřídán nárůstem obsahu energie na hodnotu $17,99 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ 3. termín. Dále následovalo snížení až do 6. termínu a opět zvýšení obsahu energie v listu v 7. termínu na maximální hodnotu. V tomto období byl naměřen obsah energie v intervalu hodnot od $11,90 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ do $19,86 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$. Na konci sledovaného pokusu byl zaznamenám prudký pokles obsahu energetických látek v listu na hodnotu $11,84 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ v 10. termínu.

Graf 18: Obsah netto energie ($\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$) v sušině kukuřice u genotypu 2023 a varianty SS v závislosti na ontogenezi

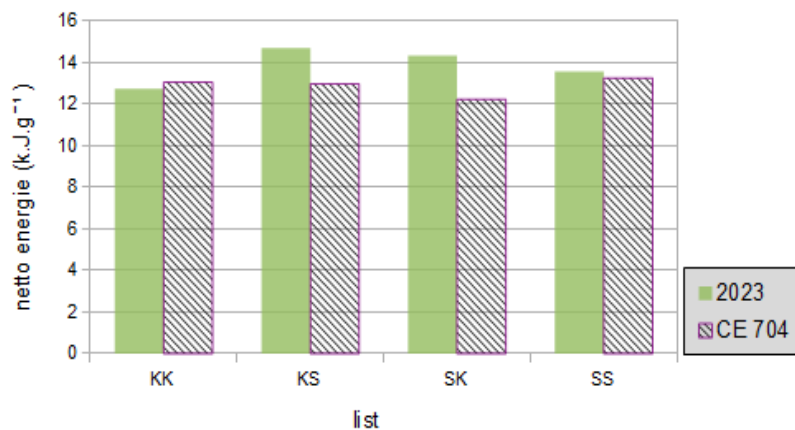


V grafu 18 jsou uvedeny u genotypu 2023 varianty SS změny v obsahu energeticky látek u kukuřice. Energetický obsah kořene na počátku sledovaného období se zvýšil z hodnoty $14,91 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ v 1. termínu na $16,82 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ v 2. termínu. V 2. termínu byla zaznamenána maximální hodnota. Poté následoval pokles obsahu energie na hodnotu $11,77 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ až do 5. termínu. Dále následovalo zvýšení a opět snížení obsahu energie v listu. V tomto období od 6. termínu do 7. termínu byl obsah energie v intervalu hodnot od $14,70 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ do $11,35 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$. Tento pokles byl vystřídán nárůstem obsahu energie na hodnotu $16,72 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ v 9. termínu. Ke konci sledovaného pokusu nastalo opět snížení obsahu energie na hodnotu $12,98 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$.

Z grafu 18 jsou vyplývají změny energetického obsahu listu u genotypu 2023 v průběhu ontogeneze. Na počátku sledovaného období klesla hodnota obsahu energie z $14,15 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ v 1. termínu na hodnotu $13,43 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$. Tento pokles byl vystřídán nárůstem obsahu energie na hodnotu $15,51 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ v 3. termín. Dále následovalo snížení obsahu energie v listu ve 4. termínu a opět zvýšení v 5. termínu. V tomto období byl naměřen obsah energie v intervalu hodnot od $13,11 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ do $14,52 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$. Poté následovalo snížení a opět zvýšení obsahu energie v listu z hodnoty $13,77 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ v 6. termínu na hodnotu $11,98 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ v 8. termínu.

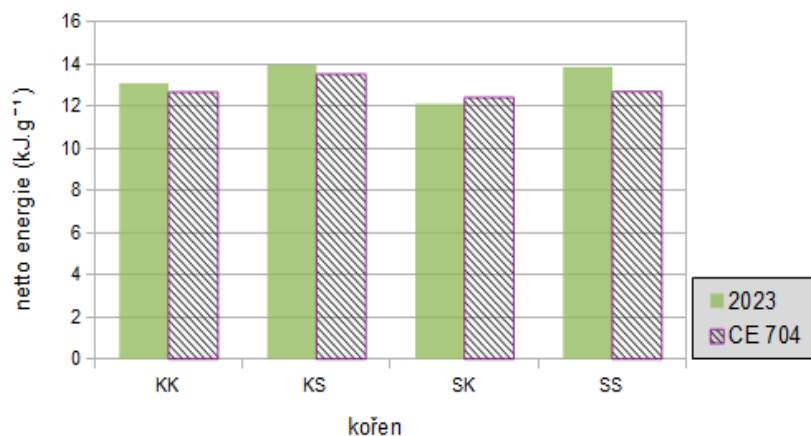
Na konci sledovaného pokusu byl zaznamenám nárůst a opět pokles obsahu energetických látek v listu z hodnoty $13,43 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ v 9. termínu na hodnotu $12,28 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ v 10. termínu.

Graf 19: Průměrný obsah netto energie ($\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$) v sušině listů kukuřice genotypů CE704 a 2023 v závislosti na variantě pokusu (KK, KS, SK, SS)



Z grafu 19 vyplývá změna průměrný obsah netto energie u genotypů CE 704 a 2023 v závislosti na variantě pokusu. Genotyp 2023 dosáhl nejvyššího obsahu energie v listu u varianty (KS) $14,67 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$. Nejnižší hodnota obsahu sušiny genotypu 2023 byla zjištěna u varianty (KK), kdy průměrný obsah sušiny byl $12,72 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$. Genotyp CE 704 dosáhl $13,24 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ nejvyšší hodnoty v obsahu sušiny ve variantě (SS). U genotypu CE 704 byla zaznamenána nejnižší hodnota obsahu sušiny ve variantě (SK) $12,21 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$. Genotyp 2023 dosahoval většího obsahu sušiny v porovnání s genotypem CE 704 ve variantě (KS) o $1,71 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$, (SK) o $2,1 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ a (SS) o $0,31 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$. Genotyp CE 704 dosáhl větší hodnoty obsahu sušiny porovnání s genotypem 2023 ve variantách (KK) o $0,31 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$. Z grafu je patrné, že genotyp 2023 v porovnání s genotypem CE 704 dosáhl z všech variant průměrné vyšší hodnoty v obsahu energie o $3,81 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$.

Graf 20: Průměrný obsah netto energie ($\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$) v sušině kořenů kukuřice genotypů CE704 a 2023 v závislosti na variantě pokusu (KK, KS, SK, SS)



V grafu 20 je uvedena změna průměrný obsah netto energie u genotypů CE 704 a 2023 v závislosti na variantě pokusu. Nejvyšší průměrný obsahu energie v listu dosáhl genotyp 2023 u varianty (KS) $13,94 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$. U genotypu 2023 byla zjištěna nejnižší průměrná hodnota obsahu sušiny u varianty (SK), kdy průměrný obsah sušiny byl $12,10 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$. Genotyp CE 704 dosáhl $13,50 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ nejvyšší průměrné hodnoty v obsahu sušiny ve variantě (KS). U genotypu CE 704 byla zaznamenána nejnižší průměrná hodnota obsahu sušiny ve variantě (SK) $12,39 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$. Genotyp 2023 dosahoval většího průměrného obsahu sušiny v porovnání s genotypem CE 704 ve variantách (KK) o $0,42 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$, (KS) o $0,44 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ a (SS) o $1,17 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$. Genotyp CE 704 dosáhl větší průměrné hodnoty obsahu sušiny porovnání s genotypem 2023 ve variantách (SK) o $0,29 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$. Z grafu vyplývá, že genotyp 2023 v porovnání s genotypem CE 704 dosáhl z všech variant průměrné vyšší hodnoty v obsahu energie o $1,73 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$.

6.1 Diskuze

V pokusech byl sledován vliv vodního deficitu na tvorbu sušiny a akumulaci energie do jednotlivých rostlinných orgánů juvenilních rostlin kukuřice.

Hmotnost podzemní biomasy

Ze získaných výsledků vyplývá, že průměrná hmotnost podzemní biomasy u sledovaných genotypů v kontrolní variantě se pohybovala (58,96 g, odrůda CE 704), (53,18 g, odrůda 2023). U rostlin ovlivněných vodním deficitem se hmotnost kořenů zvyšovala u (odrůdy 2023 ve variantě KS, 63,67 g a snižovala ve variantě SK 51,7 g a SS, 32,94 g) a (odrůda CE 704 snižovala hmotnost kořenů ve variantě KS 50,55 g, SK 40,94 g a SS 45,15 g) v porovnání s kontrolními rostlinami. Rostliny kukuřice citlivěji reagovaly v rámci stresovaných variant na variantu (SK, SS).

Uvedený závěr potvrzuje také Foster a kol., (2015) kteří konstatují, že vlivem působení vodního deficitu dochází ke snížení hmotnosti kořenů vlivem působení vodního deficitu. Obdobné závěry uvádí naopak podle Bouda a kol., (2015) a Xu a kol., (2015) dochází vlivem působení vodního deficitu ke zvýšení hmotnosti kořenů, neboť se v nich částečně akumulují asimiláty, které se přesouvají z nadzemních orgánů.

Xu a kol., (2015) zkoumali dvě odrůdy rýže, Zhenshan 97 (náchylné na sucho) a IRAT 109 (suchu rezistentní) podíl sušiny a rozpustný cukr v kořeni se výrazně zvýšil u rostlin stresovaných suchem, vlivem transportu asimilátů do kořenů dochází ke zvětšení jejich hmotnosti. Tento závěr byl potvrzen také u kukuřice u genotypu CE 704 i 2023 ve variantách (KS, SK, SS).

Ze získaných výsledků je dále patrné, že sledované genotypy kukuřice reagovaly na vodní deficit odlišně v tvorbě sušiny kořenů. Na vodní deficit citlivěji reagoval genotyp CE 704 a jako tolerantnější se jeví genotyp 2023. Tyto výsledky jsou v souladu s prací Mitchell a kol., 1996, kteří uvádí genotypové rozdíly u ječmene. Uvedené závěry jsou také ve shodě s Foster a kol., (2015), kteří sledovali vliv vodního deficitu na sušinu kořene u luštěnin.

Boonjung a kol. (1996), zkoumal negativní vliv rýže na vodního deficit v různých fázích růstu na růst rýže a výnos v rámci horských podmínek. Nedostatek vody souvisí s rozdíly v produkci

sušiny v jednotlivých fázích růstu rostliny. Mladé rostliny na počátku stresu, udržují vysoký vodního potenciálu v listu v průběhu období stresu snižují vodního potenciálu v listu z důvodu nízké poptávky po vodě a zvýšené transpiraci. V počátečním období růstu, délka kořene byla velmi citlivá na deficit vody v půdě.

Uvedené výsledky potvrzují práce Sikder a kol., (2015), Foster a kol., (2015), Bouda a kol., (2015), Rahil a kol. (2015), kteří konstatují, že sucho výrazně snižuje celkovou hmotnost rostlin. Tento závěr byl potvrzen v naší práci.

Mezi genotypové rozdíly v reakci na vodní stres potvrzuje práce Foster a kol., 2015, kteří sledovali vliv vodního deficitu na dvou genotypů tribus (*Bituminaria bituminosa* var. *Albomarginata*) a jednoho genotypu vojtěšky (*Medicago sativa*). Sucho výrazně snížil hmotnost sušiny. Kořenové systémy tribusu ukázaly větší plasticitu v reakci na sucho než u vojtěšky. Shodně s výsledky uvádí Bláha (2011) v pokusu odolnosti jetelovin vůči suchu (*Trifolium pratense* L., *Lotus corniculatu* L., *Trifolium resupinatum* L.) je možné konstatovat, že jsou rozdíly mezi jednotlivými genotypy. Tento závěr byl potvrzen také u sledovaných genotypů kukuřice.

Z naměřených výsledků lze konstatovat, hmotnost sušiny kořenů byla vyšší než hmotnost sušiny listů u genotypu CE 704 i 2023 ve variantách (KK, KS, SK) .

Hmotnost nadzemní biomasy

Z naměřených hodnot vyplývá, že průměrná hmotnost nadzemní biomasy u sledovaných genotypů v kontrolní variantě se pohybovala (49,13 g, odrůda CE 704), (44,32 g, odrůda 2023) .U rostlin ovlivněných vodním deficitem se hmotnost kořenů zvyšovala u (odrůdy 2023 ve variantě KS, 53,06 g a snižovala ve variantě SK 43,08 g a SS 27,45 g) a (odrůda CE 704 snižovala hmotnost kořenů ve variantě KS 42,12 g, SK 34,12 g a SS 37,62 g) v porovnání s kontrolními rostlinami.

Odrůda CE 704 dosáhla vyšších průměrných hodnot v hmotnosti sušiny ve variantě (KK) a (SS) a odrůda 2023 ve variantě (KS). Rostliny kukuřice nejcitlivěji reagovaly v rámci stresovaných variant na variantu (SS).

Hnilička a kol. (2007) zkoumali rostliny pšenice u kterých byla sledovaná hmotnost sušiny a výnos slámy a zrna. Zimní odrůdy pšenice: Ebi, Estica, Samanta. byly pěstovány ve třech experimentálních variantách (kontrola, sucha a vysoké teploty, stres). Tyto stresory měly

negativní vliv na množství sušiny v nadzemní biomasy pšenice a výnos zrna a slámy. Sucho a vysoké teploty snižuje množství sušiny v obilí a slámy ve všech odrůd. Tyto výsledky byl také potvrzeny v naší práci.

Jednotlivé vlastnosti kukuřice jsou geneticky ovlivněny a je možno pozorovat genotypové rozdíly jak ze standardních podmínek, tak u jednotlivých typů stresů. Rostliny nejcitlivěji reagují na variantu (SS, SK). Rozdílná reakce na rehydrataci a vliv vodního deficitu je uveden v práci. Z ní vyplývá, že genotyp CE 704 je vyrovnanější v kontrolní a stresové variantě díky adaptační schopnosti ranosti. Genotyp 2023 má přizpůsobivější metabolismus ke střídavému obsahu vody v prostředí.

Obsah netto energie sušiny v nadzemní a podzemní biomase

Ze získaných výsledků vyplývá, že průměrný obsah netto energie v sušině listů u sledovaných genotypů kukuřice se pohybovala v rozpětí hodnot od (12,21 kJ.g⁻¹, odrůda CE 704, varianta SK) a (12,76 kJ.g⁻¹, odrůda 2023, varianta KK) do (13,24 kJ.g⁻¹, odrůda CE 704, varianta SS) a (14,67 kJ.g⁻¹).

Ve srovnání s kontrolou vykazovaly stresované rostliny, až na drobné odchylky, vyšší hodnoty obsahu netto energie až do čtrnáctého dne měření. Tedy stejný průběh postupného snižování obsahu netto energie v závislosti na délce trvání působení stresu suchem, jaké v pokusu s kukuřicí pozoroval i CORAK et al. (1987). Na straně druhé kontrolní rostliny vykazovaly během trvání pokusu postupné navýšování obsahu netto energie.

Ze sledovaných genotypů nejnižší obsah netto energie v listu vykazoval genotyp CE 704 (12,21 kJ.g⁻¹), ve variantě SK) a naopak nejvyšší obsah netto energie v listu byl zaznamenán (14,67 kJ.g⁻¹). ve variantě KS).

Srovnání výsledků s Hniličková a kol., 2000 jsou podobné s našimi zjištěnými průměrnými hodnotami u genotypu 2023 a CE704 spalné teplo v kořeni a nadzemní biomase v nezavlažované variantě u chmele se pohybovaly v podobných intervalech 16,50 kJ.g⁻¹ až 16,71 kJ.g⁻¹. V zavlažované variantě byl interval hodnot od 15,59 kJ.g⁻¹ do 16,32 kJ.g⁻¹.

Hnilička a kol., 2000 uvádí výsledky, které potvrzují vliv abiotických stresů na obsah čisté energie u ozimé pšenice (*Triticum aestivum* L.) u kultivaru Astella kontrolního varianty byla průměrná hodnota spalného tepla 15,97 kJ.g⁻¹. V našem pokusu vyšla u genotypu kontrolní

varianta obsahu netto energie v kořeni odrůda 2023 (13,07 kJ.g⁻¹ a 12,72 kJ.g⁻¹) Obsahu netto energie listu v kontrolní varianta u genotypu CE 704 vyšel 13,03 kJ.g⁻¹ obsah netto energie kořen 12,65 kJ.g⁻¹

Ve stresované variantě dosáhl kultivar Astella 13,86 kJ.g⁻¹ citlivě reaguje na snížené pH, vysoké teploty a sucho. Uvedené výsledky potvrzují práce Hoffmann a kol., 2005, který zkoumal morfologické a fyziologické vlastnosti pšenice, které souvisejí s tolerancí sucha a vyšší účinností využívání vody (WUE).

Genotyp 2023 má lepší účinnost využívání vody (WUE) ve stresových variantách než genotyp CE 704. Uvedené výsledky potvrzuje práci Pitchay a kol., 2007, kteří popisují zvýšení citlivosti na abiotické stresy *Botrytis cinerea*, která odpovídala zvýšeným obsahem energie. U genotypu 2023 byla prokázána vyšší citlivosti na abiotické stresy. Má průměrně vyšší obsah netto energie v sušině listů i kořenů než genotyp CE 704 .

Fuksa a kol. 2006 uvádí hodnotu spalného tepla v sušině kukuřice v rozmezí hodnot 16,57 až 18,13 kJ.g⁻¹ . Obsah energie kořenů sledovaných genotypů byl ovlivněn probíhající vegetací a přizpůsobeny každého genotypu zvlášť. Zaplevelení způsobil u varianty 1 a 2 výraznému snížení produkce kukuřice energie do 17,23% a 14,29%.

Vliv dehydrace a následné rehydratace se projevil v obsahu hodnot. Hniličková a kol., 2000 a také Foster a kol., 2015 uvádí, že akumulace energie rostlin má dynamický charakter, v průběhu vegetace. Maximální energie na jednotku sušiny rostlin je soustředěna v první polovině vegetace a v následujícím období vegetace čisté energie klesala. Tento závěr byl potvrzen také u kukuřice.

Ze získaných výsledků jsou patrné meziodrůdové rozdíly v reakci na vodní stres. Když vybíráme hybrid, je nutné zvážit jeho výnos, který závisí na lokalitě a převládajících klimatických podmínkách. K nejdůležitějším kritériím dobrého hybridu energetické kukuřice patří vysoký výnos sušiny a spolehlivé dozrávání. Z důvodu spolehlivosti je třeba dávat přednost hybridům odolným proti stresu, které jeví určitou míru stability v různých prostředích a podmínkách růstu, namísto odrůdám s velkou proměnlivostí užitkových vlastností (Agrofínal spol.s r.o. 2011).

6.2 Závěr

U pokusných rostlin se stanovilo množství sušiny a velikost asimilační plochy. Ze získaných výsledků je patrné, že vodní deficit a následná dehydratace ovlivnila obsah energie a tvorbu sušiny u vybraných genotypů CE704 a 2023.

Ze stanovených hypotéz, lze formulovat tyto závěry:

1. Vodní deficit a následná dehydratace ovlivnila u stresovaných variant (SK, KS, SS) obsah energie a tvorbu sušiny ve srovnání s rostlinami kontrolními (KK).
2. Ve variantách kontrolních (KK) genotyp CE 704 dosáhl průměrné vyšších hodnot hmotnosti sušiny oproti 2023.
3. Ve variantách kontrolních (KK) dosáhl genotyp CE 704 průměrné hmotnosti sušiny v listech 49,13 g a v kořenech 58,96 g. Genotyp 2023 ve stejné variantě dosáhl průměrné hodnoty v listu 44,32 g a v kořeni 53,18 g.
4. Genotyp 2023 dosahoval průměrně vyšších hodnot obsahu netto energie sušiny v nadzemní i podzemní biomase oproti genotypu CE 704.
5. Genotyp 2023 dosahoval vyšší průměrné hodnoty netto energie obsahu sušiny v kořeni v porovnání s genotypem CE 704 (u variant KK, KS, SS). Genotyp CE 704 dosáhl vyšší průměrné hodnoty obsahu netto energie sušiny v porovnání s genotypem 2023 u variant SK.
6. Genotyp 2023 dosahoval vyššího obsahu energie nadzemní biomase v porovnání s genotypem CE 704 ve variantě KS, SK a SS. Genotyp CE 704 dosáhl větší hodnoty obsahu energie porovnání s genotypem 2023 ve variantách KK.
7. Genotyp CE 704 je citlivější vůči vodnímu deficitu. Je vyrovnanější v kontrolní a stresové variantě díky adaptační schopnosti ranosti. Genotyp 2023 je odolnější vůči vodnímu deficitu, má přizpůsobivější metabolismus ke střídavému obsahu vody v prostředí.

7 Seznam literatury

Adámková, Š., Luhová, L., Peč, P., Petřivalský, M. 2006. Role L-fenylaninamoniumlyasy při obranné reakci rostlin. *Chemické listy* 100, 486-494 s.

Agrofinál spol. s r. o. 2011. Úspěch při výrobě bioplynu z energetických plodin. *Úroda*, 9, 14-15 s.

Belej, J., Janda, J. 1982. *Kukurica*, Příroda Bratislava, 402 s.

Bláha, L., Hnilička, F. 2007. Růst významu vlastností kořenů v měnících se klimatických podmínkách střední Evropy. In *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 21-22.3.2007*. VURV v.v.i., Praha – Ruzyně, 18-25 s. ISBN:978-80-87011-00-3

Boonjung, H; Fukai, S.1996. Effects of soil water deficit at different growth stages on rice growth and yield under upland conditions .1. Growth during drought. 48, 1, 47-55 p.

Bláha, L. 2003. Nové poznatky z fyziologie rostlin využitelné ve šlechtění a semenářství.

[cit. 2013-04-10]. Výzkumný ústav rostlinné výroby Praha - Ruzyně

Dostupné z < <http://www.agris.cz/clanek/126147>>

Bláha, L. 2011. Posouzení odolnosti jetelovin vůči suchu. *Úroda*, 8, 79-81 s.

Bláha, L., Bocková, R., Hnilička, F., Hniličková, H., Holubec, V., Möllerová, J., Štolcová, J., Zieglerová, J. 2003. *Rostlina a stres*. 1. vyd., VÚRV, Praha, 156 s. ISBN: 80-86555- 32-1

Bláha, L., Haberle, J., Hájková, L., Hejnák, V., Hnilička, F., Hniličková, H., Holubec, V., Klíma, M., Kosová, K., Kožnarová, V., Májeková, M., Martínková, J., Masarovičová, E., Mühlbachová, G., Nekovář, J., Prášil, I, T., Prášilová, P., Pazderů, K., Richterová, D., Sulovská, S., Svoboda, P., Šerá, B., Škodáček, Z., Užík, M., Vítámvás, P., Vlasáková, E., Vykouková, I., Vyvadilová, M., Žofajová, A. 2012. *Vybrané kapitoly z fyziologie rostlin a zemědělského výzkumu-Selected topics in plant physiology and agricultural research*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, 200 s. ISBN: 978-80-7427-087-1

Blinka, P. Klimatologické hodnocení sucha a suchých období na území ČR v letech

1876 – 2003. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (eds.): *Seminář: „Extrémy počasí a podnebí“*. ČHMÚ, Brno, 11. března 2004. ISBN 80-86690-12-1

Bouda, Z. H.-N., Bayala, J., Jensen, J. S., Markussen, B., Ræbild, A. 2015. Reactions of *Adansonia digitata* L. provenances to long-term stress at seedling stage, *Agroforestry systems*.vol. 89 ,1 , 113-123 p. ISSN: 0167-4366

Bouma, D., 2011. Minimalizace přináší u kukuřice výhody i problém. *Úroda*, 3, 6-7 s.

Brant, V., Fuksa, P., Krouhlík, M., Pivec, J. 2012. Pěstování kukuřice s použitím mulče. *Úroda*, 4, 24-25 s.

Corak, S.J., Blevins, D.G., Pallardy, S.G., 1987. Water Transfer in an Alfalfa/Maize Association : Survival of Maize during Drought. *Plant Physiology*, vol. 84, 3, 582-586 p.

Černý, O. 2003. Zakládání porostů kukuřice půdoochrannými technologiemi. *Úroda*, 3, 34-35s.

Černý, O. 2012. Motorem inovace jsou požadavky pěstitelů. *Úroda*, 12, 36-37 s.

Dostál, J., Hejný, S. 1989. *Nová květena ČSSR*. 1. vyd., Academia, Praha, 765 s. ISBN: 80-200-0095-X

Dušková, S., Hejnák, V. 2007. Efektivita využití vody (WUE) u rostlin rodu *hordeum* sp. Při vodním stresu. In *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 21-22.3.2007*, (Bláha, L., Hnilička, F. eds) VURV v.v.i., Praha – Ruzyně, 163- 168 s. ISBN:978-80-87011-00-3

Edmeades, G.O., Cooper, M., Lafitte, R., Zinselmeier, C., Ribaut, J.M., Habben, J.E., Löffler, C. and Bänziger, M. 2001. Abiotic stresses and staple crops. In *Crop Science: Progress and Prospects. Proceeding of the Third International Crops Science Congress, 17–21 August 2000* (Nosberger, J., Geiger, H.H. and Struik, P.C., eds). Wallingford, UK: CABI, 137–154 p.

Foster, K., Cawthray, G.R., Lambers, H., Ramankutty, P., Real, D., Ryan, M.H. 2015. Drought resistance and recovery in mature *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*. In *Annals of Applied Biology*, Vol. 166, 1, 154–169 p.

Fuksa, P., Hakl, J., Veselá, M. 2003. K hubení plevelů v kukuřici. *Úroda*, 5, 28- 29 s.

Fuksa, P., Kocourková, D., Hakl, J., Kalista, J. 2006. Influence of weed infestation on the calorific value and chemical composition of maize (*Zea mays* L.). *Journal of plant diseases and protection* 20, 823-830 p.

dostupné také z < http://www.jpdp-online.com/artikel.dll/23-Fuksa_MTAyNjYy.PDF >

- Gay, J. P. 1984. Le cycle du maïs. *Physiologie du maïs*. Paris : INRA, 1-11 p
- Haberle, J., Růžek, P., Trčková, M. 2008. Příčiny nepříznivého působení sucha a dalších abiotických faktorů na příjem a využití živin obilninami a možnosti jeho omezení. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha, 28.s ISBN: 978-80-87011-45-4
- Harb A., Ambavaram M.M.R., Krishnan A., Pereira A. 2010. Molecular and physiological analysis of drought stress in *Arabidopsis* reveals early responses leading to acclimation in plant growth. *Plant Physiology*, 154, 1254-1271p.
- Hnilicka, F., Blaha, L., Zamecnik, J., Novak, V., Ottova, M. 2000. Influence of abiotic stresses on the content of net energy in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) grains. *Rostlinná výroba*, 12, 549 - 554 p. ISBN: 0370-663X
- Hnilicka, F., Hnilickova, H., Martinkova, J., Bláha, L. 2007. The influence of drought and the application of 24 - epibrassinolide on the formation of dry matter and yield in wheat. *Cereal Research Communications*, roč. 35, č. 2, 457 - 460.s ISSN: 0133-3720.
- Hnilíčková, H., Novák, V. 2000. Accumulation of energy by non-irrigated and irrigated hop plants (*Humulus lupulus* L.). *Rostlinná výroba*, 10, 465-469 p. ISBN: 0370-663X
- Hoffmann, B; Burucs, Z. 2005. Adaptation of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes and related species to water deficiency. *Cereal Research Communications*, Vol. 33, 4, 681-687p.
- Hruška, J. Dlabola, J., Hrdlička, J., Hron, F., Karkan, A., Kutina, J., Martínek, V., Pozděna, J., Pulpán, J., Stehlík, V., Verner, P., Vožda J., Voždová, G., Vrbenský, V. 1962. Monografie o kukuřici. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 906 .s
- Chloupek, O., Hrstková, P. 2005. Adaptation of crop to environment. *Theoretical and Applied Genetics* Vol.111, 7, 1316-1321p. [cit. 2013-10-4].
- Dostupné také z : <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00122-005-0060-x#>>
- Ivanega, J., Janusová L., Kubásková L., Novák P., Růžičková V., Slaba M., Steinová Š., Strnadová D., Urban J., 2012. Z historie zemědělství. PressTerminal, Národní zemědělské muzeum Praha, Praha, 147 s. ISBN 978-80-86874-40-1

Jordan, W.R., Shouse, P. J., Blum, A., Miller, F, R., Monk, R, L. 1984.Environmental physiology of sorghum. 11. Epicuticular wax load and cuticular transpiration. Crop Sci 24: 1168-1173 p.

Kamínek M. (1997): Cytokininy. In Procházka S., Šebánek J. a kol.: Regulátory rostlinného růstu. Academia Praha: 63 – 76 s.

Kišacová, A., Baranec, T., Galuščáková, L., Živčák, M. 2014. Stanovenie fluorescencie chlorofylu a vodného sýtosného deficitu autochtónnych taxónov rodu Prunus L. : Determination of chlorophyll fluorescence and water saturated deficit of some taxa of genus Prunus L. In Acta Průhoniceana. Průhonice. VÚKOZ, v. v. i. 11—15 s. ISSN 1805-921X. dostupné také z <http://www.vukoz.cz/acta/dokumenty/acta_106/Acta-106_komplet-cz.pdf. >

Larcher, W. 1995b. Physiological Plant Ecology, Springer, Berlin, 303 p, ISBN :3-540-09795-3

Levitt, J. 1980. Response of plants to environmental stress. Academic press, New York. 607 p. ISBN 0124455026

Michalík,I, Bauer, M. Kraic,J., Federenčík I. 2010. Pestovanie a legislatíva geneticky modifikovaných rastlín a ich zhodnocenie vo výrobe potravín v podmienkach SR, Nitra. 12 s. .ISBN: 978-80-7139-137-1

Mitchell, J.H.; Cooper, M., Fukai, S. 1996. Influence of phenology on grain yield variation among barley cultivars grown under terminal drought. Australian Journal of Agricultural, 47(5) ,757 – 774 p.

Nedělník, J. 2012. Fytopatologické aspekty pěstování kukuřice. Úroda, 12, 48 -50 s.

Nedělník, J. 2013. Kukuřice a mykotoxiny. Úroda, 12, 33- 36 s.

Olšovská, K., Brestič, M. 2001. Function of hydraulic and chemical water stress signalization in evaluation of Drought Resistance of juvenile plants. Journal of Central European Agriculture, 2001, 8. s

Ovesná, J., Čerovská, M., Doubková, Z., Holec, J, Kučera, L. Leibl, M, Říha, K., Soukup, J., Štěpánek, M., Vošta, M. 2005. Pěstování geneticky modifikovaných plodin v ČR. Ministerstvo zemědělství ve spolupráci s Českou zemědělskou univerzitou. 63 s. ISBN:80-7084-408-6

Ovesná, J., Demnerová, K., Doubkova, Z., Hodek, J., Kotrba, P., Kuncová, G., Malá, J., Melzoch, K., Nováková, M., Paulová, L., Pouchová, V., Ruml, T. 2008. Možnosti využití GMO pro potravinářské i nepotravinářské účely. Crop Research Institute, Prague, 40 s. ISBN: 978-80-87011-43-0

Penka, M. 1985. Transpirace a spotřeba vody rostlinami. Academia nakladatelství Československé akademie věd, Praha. 1 vyd. 256 s.

Petr, J., Černý, V., Hruška, L. 1980. Tvorba výnosu hlavních polních plodin. 1. vyd., Mír, Praha, 448 s. ISBN 07-069-80-04/11

Piterková J., Luhová L., Peč, P., Petřivalský M., Tománková K. 2005. Oxidativní stres. Chemické listy, 99: 455-466 p.

Pitchay, D.S., Fernandez, G.C.J., Frantz, J.M., Krause, C.R., Locke, J.C. 2007. Impact of applied nitrogen concentration on growth of elatior Begonia and New Guinea impatiens and susceptibility of Begonia to Botrytis cinerea. Journal of the american society for horticultural science. Vol.132, 2, 193-201 p. ISSN: 0003-1062

Povolný, M., Vacek, E. 2008. Přehled odrůd 2008 Kukuřice. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno, Brno. 1 vyd. 80 s. ISBN: 978-80-7401-007-1

Prokeš, K., Dostál, J., Gottensträter, A., Hladík, J., Hlušek, J., Chobotová, M., Lošák, T., Románová, Z., Srbek, J., Šedek, A., Zeman, L. 2013. Kukuřice v praxi. Mendelova univerzita v Brně KWS Osiva, s.r.o. 69 s. ISBN: 978-80-7375-691-8

Rahil, M. H.; Qanadillo, A. 2015. Agricultural water management, Vol. 148 ,1, 10-15 p

Riechmann , J. L., Ratcliffe O.,J. 2000. A genomic perspective on plant transcription factors Current Opinion in Plant Biology.5, 423–434 p.

Rotrekl, J., Kolařík, P. 2012. Škůdci kukuřice 53 úroda 2012/12

Roudná, M., Adamec, R. Baroš, M., Beneš, P., Doubková, Z., Jiráková, H., Křístkova, M., Kulich, J., Maršálek, Ostrý, V., Pekova, S., Petr, J., Rakouský, S., Stratilová, Z., Šoltysová, L., Těchník, M., Večera, M. 2011. Genetické modifikace v České republice a opatření k zajištění biologické bezpečnosti, Ministerstvo životního prostředí, Praha , 85 s. ISBN: 9788072125661

Růžek, P., Pišanová, J. 2005. Hospodaření v méně příznivých oblastech : sborník vědeckých a odborných prací z konference k 50. výročí založení pokusné stanice v Lukavci : 2. června 2005. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, 54 s. ISBN: 80-86555-83-6

Scott, P. 2008. Physiology and Behaviour of plants. John Wiley And Sons Ltd (United Kingdom), 305 p. ISBN 978-0-470-85024-4

Selye, H. 1978. The stress of life. Mcgraw - Hill Education - Evrope 516 s. ISBN: 978007562127

Shao, H.B., Liang, Z.S., Shao, M.A. and Su, Q. (2005) Dynamic Changes of Antioxidative Enzymes of 10 Wheat Genotypes at Soil Water Deficits. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 42, 187-195 p. [cit. 2014-03 02].

Dostupné z < <http://www.sciencedirect.com/science/journal/09277765/42>

Schulze, E. D., Beck, E., Müller-Hohenstein, K. 2005. Plant ecology. Springer.

Berlin/Heidelberg, 702 p. ISBN 978-3-540-20833-4

Sikder, S., Foulkes, J., Gaju, O., Greenland, A., Howell, P., Silva, J. De., West, H. 2015. Evaluation of photosynthetic potential of wheat genotypes under drought condition. Photosynthetica, The Institute of Experimental Biology of the Czech Academy of Sciences, 47-54 p. ISSN: 0300-3604

Sikuku, A. P., Musyimi D.M., Netondo G.W., Onyango J.C. 2010. Effects of water deficit on physiology and morphology of three varieties of nerica rainfed rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Agricultural and Biological Science 5(1) s.

Smutný, V. 2012. Pěstování kukuřice na zrno při různém zpracování půdy. Úroda, 12, 29-34 s.

Staszková, L., Hradecká, D., Táborský, J., Vodičková, H. Vliv benzylaminopurinu a 24-epibrassinolidu na obsah vybraných aminokyselin u pšenice ve vztahu k působení stresových faktorů. 2007. in Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 21-22.3.2007. . VURV v.v.i., Praha – Ruzyně, 18-25 s. ISBN:978-80-87011-00-3

Stehlík, V., Trantírek J. 1971a. Naučný slovník zemědělský 3, ČSAZ ve SZN, Praha 1984, 1. vyd., 1254 s. Stehlík, V., Trantírek J. 1971b. Naučný slovník zemědělský 10, ČSAZ ve SZN, Praha 1984, 1. vyd., 624 s.

Středa T., Středová H., Rožnovský J. 2013. Vývoj klimatu (včetně scénářů), faktický a potenciální vliv na výnos a kvalitu plodin. Metodika pro zemědělské poradce.

Studničný, P. 2012. Zvyšování suchovzdornosti hybridů kukuřice. Úroda, 12, 52 s.

Šimo, D., 1989. Efektivnost' výroby kukurice. Příroda, Bratislava, 193 s. ISBN: 80-07-00047-

Šuk, J., Balík, Jiří., Jacobe, P., Jambor, V., Kohout, V., Loučka, R., Táborský, V., Vrzal,

J. 1998. Kukuřice. Kněževes : VP AGRO, 131 s.

Švec, M., Brestič, M, Hauptvogel, P., Mikulková, K. 2010. Vyhľadavanie a identifikacia genetických zdrojov pšenice (*Triticum spp. L.*), 139 s., ISBN: 978-80-7399-966-7

Užík, M. 2003: Šlechtění žije z úspěchů minulosti. In: rolny. Nov. - Č. 24 , 7. s.

Wilhite, D.A. 1991. Drought. Encycl. of Earth System Science, Volumes 1-4. W.A.

Nierenberg, editor. Academic Press, Inc.

Wilhite, D.A., Glantz, M. H. 1985. Understanding the drought phenomenon, The role of definitions, Water International, 10, 111-120 p.

Xu, W., Cui, K., Huang, J., Nie, L., Peng, S., Xu, A. 2015. Drought stress condition increases root to shoot ratio via alteration of carbohydrate partitioning and enzymatic activity in rice seedlings, Acta physiologiae planarum, 1, UNSP 9 , ISBN: 0137-5881

Young, K.J., Long, S. P. 2000. Crop ecosystem responses to climatic change: Maize and sorghum. In: Climate change and global crop productivity, 2000, CABI New York, p. 457 ISBN: 0-85199-439-3

Zimolka, J., Balounová, M., Cerkal, R., Červinka, J., Doležal, P., Dvořák, J., Fajman, M., Hrstková, P., Jánský, J., Křen, J., Palík, S., Poláčková, J., Polišínská, I., Povolný, M., Procházková, B., Prokop, M., Richter, R., Ryant, P., Říha, K., Smutný, V., Tichý, F., Vaculová, K., Winkler, J., Zeman, L. 2008. Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. Profipress, Praha, 200 s. ISBN 978-80-86726-31-1

<[https://f29a41da-a-62cb3a1a-s-sites.googlegroups.com/site/itebio/rastliny/kukurica-siata/zea-mays-](https://f29a41da-a-62cb3a1a-s-sites.googlegroups.com/site/itebio/rastliny/kukurica-siata/zea-mays-kohler.jpg?attachauth=ANoY7coZVP54plhUKzTciGPgHRxFUCaL3ownBX8xKevX67wqM)

[kohler.jpg?attachauth=ANoY7coZVP54plhUKzTciGPgHRxFUCaL3ownBX8xKevX67wqM](https://f29a41da-a-62cb3a1a-s-sites.googlegroups.com/site/itebio/rastliny/kukurica-siata/zea-mays-kohler.jpg?attachauth=ANoY7coZVP54plhUKzTciGPgHRxFUCaL3ownBX8xKevX67wqM)

oFGMfLiS5Gg9jKMSY3u9ktLAwoSrRwnKakRl5VaNyY4ReNJbHZm6SG9ANxhG7S_7_K
<ByHqLU9bTz3s3R8jIF2_5fyAQcmKKuUWXj0PAyb9dO2tumv4MVHkoxu_Rz-
fD4jpGoE2j8I6Dk5Y0i1906BWWZM3Eg3xJ1moIk55OmAoPITDAdtf3UOpXgqa-
KuY55fj_YPaG6synWSF7YvNEWfaXVIRj&attredirects=0> [cit. 2015-03 02].

<[https://f29a41da-a-62cb3a1a-s-sites.googlegroups.com/site/itebio/rastliny/kukurica-](https://f29a41da-a-62cb3a1a-s-sites.googlegroups.com/site/itebio/rastliny/kukurica-siata/zea-mays-)

kohler.jpg?attachauth=ANoY7coZVP54plhUKzTciGPgHRxFUCaL3ownBX8xKevX67wqM
oFGMfLiS5Gg9jKMSY3u9ktLAwoSrRwnKakRl5VaNyY4ReNJbHZm6SG9ANxhG7S_7_K
ByHqLU9bTz3s3R8jIF2_5fyAQcmKKuUWXj0PAyb9dO2tumv4MVHkoxu_Rz-
fD4jpGoE2j8I6Dk5Y0i1906BWWZM3Eg3xJ1moIk55OmAoPITDAdtf3UOpXgqa-
KuY55fj_YPaG6synWSF7YvNEWfaXVIRj&attredirects=0> [cit. 2015-03 02].

< <http://www.cr-hana.eu/1815/novy-evropsky-patent-pro-c-r-hana/> > [cit. 2015-03 02].

<http://www.chmi.cz/files/portal/docs/katastrofy/26zasedani/Roznovsky_sucho_230412.pdf >
[cit. 2015-03 02].

<<://www.czso.cz/csu/czso/soupis-ploch-osevu-2014-aktclm38mi>>[cit. 2015-03 02].
[cit. 2015-03 02].

<<http://learn.genetics.utah.edu/content/selection/corn/> > [cit. 2015-03 02].

<<http://www.vodarenstvi.cz/clanky/svet-trapi-nedostatek-vody-budeme-mit-vlastni-moc> >
[cit. 2015-03 02].

<<http://www.zoology.ubc.ca/~otto/Talks/Dominance/Dominance.html>> [cit. 2015-03 02].

<[https://www.czso.cz/documents/10180/20543415/2701431402.pdf/b3938aab-fa8d-435b-
a4e8-a5fda2a28cb1?version=1.0](https://www.czso.cz/documents/10180/20543415/2701431402.pdf/b3938aab-fa8d-435b-a4e8-a5fda2a28cb1?version=1.0) > [cit. 2015-03 02].