

THE YIELD LOSS OF MAIZE (*ZEAMAYS* L.) GROWN FOR GRAIN WHEN THE PLANTS ARE MECHANICALLY DAMAGED

ZTRÁTY NA VÝNOSU KUKUŘICE (*ZEAMAYS* L.) PĚSTOVANÉ NA ZRNO PŘI MECHANICKÉM POŠKOZENÍ ROSTLIN

Lujc J.¹⁾, Cerkal R.¹⁾, Dvořák J.²⁾, Vejražka K.¹⁾, Kamler J.³⁾

¹⁾ Ústav pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství, Agronomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika.

²⁾ Ústav ochrany lesů a myslivosti, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika.

³⁾ Ústav biologie obratlovců, Akademie věd ČR, Květná 8, 603 65 Brno, Česká republika.

E-mail: racek@mendelu.cz, hodvo@post.cz, kamler@ivb.cz, kvejrazka@click.cz

ABSTRACT

Unstable environmental conditions are the main cause of the plants stress, which can decelerate their functions, damage particular organs and possibly lead to their death. Deficit of water, oxygen and a low temperature are the main stress factors in crop fields. From biotic stress factors, pathogenic microorganisms, but also many species of animals as evolutionary advanced herbivores, cause serious plants damage. Important role in the dynamic process of interaction between herbivores and plants have the stress reactions of the damaged plant. The impact of three different intensities of leaf damage (not damaged, damaged by 25% and 50%, also by 75% in 2005) on the maize yield of hybrid varieties Reseda and Ribera was monitored in a field experiment founded in 2004 and 2005 in locality Žabčice (corn production region, zone K2, average altitude 184). The rising intensity of the leaf area reduction negatively influenced the economic grain yield. However, the yield differences were not statistically significantly. Decisive differences in TGW values were not established among individual variants, nor were observed significant changes in the weight of cobs and the grain ratio.

Key words: maize, yield, game impact, leaf damage, damage assessment.

ABSTRAKT

Proměnlivé podmínky vnějšího prostředí jsou hlavní příčinou stresů rostlin, které mohou zpomalovat jejich funkce, poškozovat jednotlivé orgány případně vést i k jejich uhynutí. V porostech polních plodin působí nejčastější stresy nedostatek vody, kyslíku a nízké teploty. Z biotických stresů způsobují vážné poškození rostlin patogenní mikroorganismy, ale také mnoho druhů živočichů, včetně evolučně vyspělejších býložravců. Významnou úlohu v dynamickém procesu interakce býložravých živočichů s rostlinami hrají stresové reakce postižené rostliny. Vliv poškození listové plochy rostlin ve třech intenzitách (nepoškozeno, poškozeno z 25 % a 50 %, v roce 2005 i ze 75 %) na výnos kukuřice hybridních odrůd Reseda a Ribera byl sledován v polním pokusu, založeném v letech 2004 a 2005 na lokalitě Žabčice

(kukuřičná výrobní oblast, podoblast K2, 184 m. n. m.). Stupňující se intenzita redukce listové plochy rostlin negativně ovlivňovala výši hospodářského výnosu zrna, výnosové diference byly ale statisticky neprůkazné. Mezi variantami nebyly zjištěny průkazné diference v hodnotách HTZ, nedošlo ani k výrazné změně poměru mezi hmotnostmi včetně palic a zrna.

Klíčová slova: kukuřice, výnos, škody zvěří, defoliace, posouzení škod.

ÚVOD

Rostliny jsou v průběhu svého života vystaveny velmi proměnlivým podmínkám vnějšího prostředí. Ty mohou nejen zpomalovat jejich životní funkce, ale také poškozovat jednotlivé orgány a v krajním případě vést i k jejich uhynutí. Nepříznivé vlivy vnějšího prostředí závažně ohrožující rostlinu jsou označovány jako stresové faktory (stresory). V porostech polních plodin jsou nejčastějšími stresory deficit vody, nedostatek kyslíku v půdě, nízká teplota, povětrnostní vlivy (kroupy) a další. Z biotických stresů způsobují nejvážnější poškození rostlin patogenní mikroorganismy.

Polní plodiny jsou vystaveny stálému nebezpečí poškozování svých orgánů také mnoha druhy živočichů z početných skupin fytofágního hmyzu, ale i pastvou evolučně vyspělejších býložravců. Interakce býložravých živočichů s rostlinami je do značné míry dynamický proces, ve kterém hrají významnou úlohu také stresové reakce postižené rostliny. Bylo prokázáno, že syntéza toxických metabolitů, např. inhibitorů proteáz, se může až překvapivě rychle zvýšit po narušení rostliny živočichem. Ke zrychlení syntézy dochází nejen v narušeném orgánu, ale i v ostatních částech rostliny, které nebyly narušeny (PROCHÁZKA *et al.*, 1998). Většina obranných reakcí rostlin, provázená řadou změn v jejich biochemismu a úbytkem plochy fotosynteticky aktivních orgánů, je hlavní příčinou výnosových ztrát a ztrát na kvalitě produkce.

Obr. 1 Poškození na rostlinách kukuřice způsobené okusem zvěří.



Kukuřice je pro svůj hospodářský význam a značnou atraktivitu pro velké volně žijící býložravce jednou z nejvíce poškozovaných plodin v různých částech světa. Například odhadované hektarové ztráty na produkci kukuřice vlivem pastvy zvěře v Pensylvánii (USA) představují finanční ztráty ve výši 50,31 \$ na ha (TZILKOWSKI, BRITTINGHAM, LOVALLO 2002). CONOVER *et al.* (1995) odhadli celkové ztráty volně žijící zvěří na produkci polních plodin v USA na 274 mil. \$ ročně. U nás podrobnější a komplexnější inventarizace vlivu zvěře na polní plodiny chybí.

Z občasných, nejčastěji ústních zpráv, ale vyplývá, že nejvýznamnější škody na kukuřici způsobuje černá zvěř, ale i pro ostatní druhy jako zajíce či srnčí zvěř je kukuřice vhodným zdrojem potravy i prostředím. Ke škodám zvěří dochází již po zasetí, kdy černá zvěř vybírá klíčící zrna z půdy a později během celého vegetačního období, kdy vznikají škody okusem listů a vrcholů mladých rostlin (obr. 1). V pozdějších fázích růstu zvěř rostliny ohýbá a vykusuje zejména šťavnaté části a nakonec vznikají významné škody okusem palic. Protože zvěř kukuřici využívá i jako útočiště vznikají místy také škody od pošlapání (obr. 2) a poválení rostlin (OBRTTEL, HOLIŠOVÁ 1983a). Rozsáhlé plochy vzrostlé kukuřice poskytují zvěři mimo kvalitní potravy i potřebný kryt a tím umožňují dlouhodobé poškozování porostů. I po sklizni zůstává na poli významné množství hmoty, která je využívána zvěří jako jeden z mála kvalitnějších zdrojů potravy v zimním období (NESVADBOVÁ, ZEJDA 1989). HOLIŠOVÁ, OBRTTEL a KOŽENÁ (1982) zjistili na základě rozborů žaludků zvěře z agrocenóz, že listy a zrno kukuřice jsou jednou z hlavních komponent potravy srnčí zvěře.

Obr. 2 Plošné poškození porostu kukuřice pobýtem zvěře v průběhu vegetace.



Serioznímu hodnocení dopadu škod působených v porostech kukuřice zejména srnčí zvěří se věnovali OBRTTEL a HOLIŠOVÁ (1983a). Zjistili, že srnčí zvěř poškozovala kukuřici od počátku růstu, přičemž procento poškozených rostlin klesalo se vzdáleností od okraje pole na které navazoval remíz, kde se zvěř soustřeďovala. Odhadnutá ztráta na výnosu čerstvé hmoty vlivem poškození vegetativních částí rostlin byla 2,6 % v okrajové, více poškozované části porostu, a 0,15 % při přepočtu na celou plochu sledovaného pole.

Časté poškozování kukuřice, které vedlo v různých podmínkách k velmi rozdílným ztrátám na sklizni, motivovalo k pokusům odhadnout vliv poškození listové plochy na konečný výnos zrna či zelené hmoty. Závěry několika těchto pokusů simulujících poškození v různých fázích růstu a s různou intenzitou ovšem nejsou zcela jednotné podobně jako výsledky při sledování reálného chování zvěře. Výsledný vliv poškození na výnos rostlin byl totiž v řadě případů minimální i při silném poškození a v některých případech byl výnos poškozených rostlin i vyšší oproti kontrolním. Důvodem je kompenzační růst rostlin, který je závislý na působení velkého množství faktorů. Reakce na okus a schopnost kompenzace se liší mezi jednotlivými druhy rostlin, intenzitou poškození, vegetační fází rostliny, zdravotním stavem porostu, podmínkami prostředí atd. Obecně lze vyvodit, že do určité fáze růstu má rostlina vysokou regenerační schopnost a i silné poškození asimilační plochy dokáže obnovit. Záleží přitom

i na dalších podmínkách, jako je např. dostatek vody. Stejně intenzivní poškození proto může mít v různých letech výrazně rozdílný vliv na výnos.

V České republice se touto problematikou zabývali OBRTTEL a HOLIŠOVÁ (1983b), kteří sledovali vliv simulovaného poškození kukuřice srnčí zvěří a zjistili, že poškození vegetativních částí v raných růstových fázích vede k poklesu výnosu čerstvé hmoty palic přibližně o 18 % a při poškození v pozdějších fázích o přibližně 39 %. Výsledky několika dalších studií simulujících poškození kukuřice ze zahraničí jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab 1. Příklady studií zabývajících se vlivem defoliace na výnos kukuřice.

% poškození	Stáří rostlin	% výnosu	Pozn.	Citace
50-100	4 listy	84-86		VASILAS, FURHMANN, TAYLOR (1991)
50-100	7 listů - vosk. zralost	54-169		VASILAS, SEIF (1985)
100	5 listů	76-92		JOHNSON (1978)
33-66	28 a 35 dní	83-100	Dostatek vody	YANG, MIDMORE (2004)
33-66	28 a 35 dní	64-71	Deficit vody	YANG, MIDMORE (2004)

Aktuální otázkou subjektů zabývajících se zemědělskou výrobou jsou náhrady škod působených zvěří. Zjišťování a vyčíslení škod na polích je ale komplikované a nepřesnosti jsou příčinou stále častějších sporů mezi dotčenými subjekty. Řešení stále ostřejších sporů by významně napomohla směrodatná metodika ohodnocování škod působených zvěří na polních plodinách, která by byla vodítkem při následném výpočtu úhrady škody vzniklé na zemědělských plodinách. Příspěvkem k tvorbě dané metodiky jsou i následující výsledky pokusů s poškozováním kukuřice, pěstované na zrno.

MATERIÁL A METODIKA

Vliv poškození listové plochy rostlin na výnos kukuřice (*Zea mays* L.) pěstované na zrno byl sledován v letech 2004 a 2005 v rámci maloparcelních pokusů na stanici ŠZP MZLU v Žabčicích (kukuřičná výrobní oblast, podoblast K2, 184 m. n. m.). V obou letech bylo simulováno poškození listové plochy z 25 a 50 %, v roce 2005 i ze 75 %. Rostliny byly poškozovány manuálně nůžkami (obr. 3), fytomasa listů byla z parcel odstraněna. Poškozeny byly vždy

Obr. 3 Simulované poškození listového aparátu rostlin kukuřice ve fázi šesti pravých listů (zleva - nepoškozeno, 25, 50 a 75% redukce).



všechny rostliny příslušné varianty na celé ploše parcely. Srovnávací variantou byla kontrola bez redukované listové plochy. Všechny pokusné varianty byly založeny ve třech (2004),

resp. ve čtyřech (2005), opakováních. V průběhu vegetace byl sledován zdravotní stav porostů a jejich vývoj. Porosty byly ošetřovány v souladu s metodikami na ochranu rostlin (viz tab. 2).

Do pokusů byly zařazeny hybridní odrůdy kukuřice Reseda (v roce 2004) a Ribera (v roce 2005). Výměra sklizňové plochy jedné parcely činila 25 m², výsevek byl 80 tis. semen.ha⁻¹. Poškození bylo provedeno ve vegetační fázi BBCH 16 (vývoj listů hlavní osy – vyvinuto 6 pravých listů). Sledovanými znaky byl výnos zrna [t.ha⁻¹], HTZ [g] a poměr hmotnosti zrna v palici k hmotnosti včetně palice.

Stručná charakteristika použitých odrůd

Reseda (rok registrace 2000)

Dvouliniový (Sc), středně pozdní hybrid (číslo ranosti 380 Z), mající vysoké rostliny. Výška nasazení palic je střední až vysoká, zrno je typu koňský zub, palice mají vysoký počet řad zrn. Je určen pro pěstování na zrno v kukuřičné výrobní oblasti.

Ribera (rok registrace 2003)

Ribera je pozdní hybrid s vynikajícím výnosem zrna vhodný pro pěstování v kukuřičné výrobní oblasti. Stonek má nadprůměrnou pevnost. Vyznačuje se poměrně dobrým počátečním růstem, nadprůměrně rychle uvolňuje vodu ze zrna. Má dobrý zdravotní stav, zejména je odolný vůči severní spále kukuřičné (*Helminthosporium turcicum*). Jedná se o intenzivní hybrid.

Tab. 2 Základní údaje o agrotechnice kukuřice v letech 2004 a 2005 společně všem pokusným variantám.

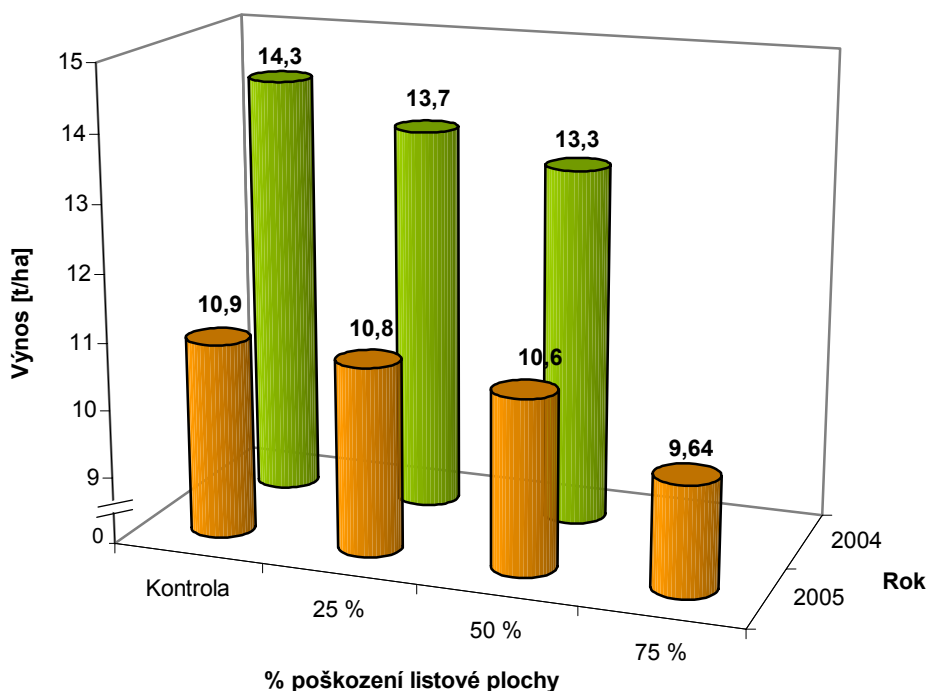
Pracovní operace – kukuřice na zrno	Rok (Odrůda)	
	2004 (Reseda)	2005 (Ribera)
Předplodina	brambory	kukuřice
Setí	29.4.	10.5.
Chemická ochrana		
Herbicidy (Callisto 480 SC 0,25l.ha ⁻¹ + Dual Gold 960 SC 1,2l.ha ⁻¹ + ATPlus 463 0,5%)	-	1.6.
Hnojení		
- DAM 30 kg.ha ⁻¹ N č.ž.	2.5.	-
- LAV 40 kg.ha ⁻¹ N č.ž.	-	5.6.
Chemická ochrana		
Herbicid (Lontrel 300 0,4 l.ha ⁻¹)	27.5.	-
Herbicid (MaisTer 150 g.ha ⁻¹)	8.6.	-
Redukce listové plochy porostů (BBCH 16)		
(2004: 1 – neredukováno, 2 – 25 %, 3 – 50 %;	16.6.	-
2005: K – neredukováno, 1 – 25%, 2 – 50%, 3 – 75%)	-	13.6.
Sklizení	14.10.	20.10.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Na základě výsledků dvouletých maloparcelních pokusů s kukuřicí na zrno odrůd Reseda a (2004) a Ribera (2005) bylo zjištěno, že stupňující se intenzita redukce listové plochy rostlin negativně ovlivňovala výši hospodářského výnosu zrna (graf 1), výnosové difference byly ale statisticky neprůkazné (tab. 4 a 5). Úbytek výnosu při 50% redukcí listové plochy rostlin

představoval v roce 2004 7 %, v roce 2005 jen 3 %, při 75% poškození rostlin v roce 2005 ale až 12 %. Pro poškozené rostliny byl z hlediska výnosotvorného procesu klíčovým průběh povětrnostních podmínek následujících bezprostředně po poškození listového aparátu (grafy 3 a 4), který byl především z pohledu srážkových úhrnů poměrně příznivý. Rostliny tak nebyly v kritické fázi po poškození vystaveny dalšímu stresu a vcelku úspěšně listový aparát regenerovaly bez významného negativního projevu na celkové výši hospodářského výnosu zrna. Obdobné výsledky získali v pokusech s kukuřicí např. YANG a MIDMORE (2004).

Graf 1 Výnos zrna kukuřice na variantách s různým stupněm redukce listové plochy v letech 2004 a 2005



Mezi variantami nebyly zjištěny průkazné diference v hodnotách HTZ (tab. 4). U rostlin s redukovanou listovou plochou nedošlo ani k výrazné změně poměru mezi hmotností vřetene palice a zrna (tab. 3).

Tab. 3 Vyjádření poměru hmotnosti vřetene palice k hmotnosti zrna kukuřice odrůd Reseda (2004) a Ribera (2005).

Rok	Redukce list. plochy	Poměr hmotnosti vřeteno : zrna
2004	Nereduk.	3,73
	25 %	3,80
	50 %	3,68
2005	Nereduk.	3,88
	25 %	3,88
	50 %	3,97
	75 %	3,88

ZÁVĚR

Obecně lze konstatovat, že poškození listového aparátu kukuřice v ranné růstové fázi nemusí být z pohledu realizace výnosového potenciálu rostlin omezujícím faktorem. Významnou roli v produkčním procesu poškozených rostlin ale hrají povětrnostní podmínky, které následují bezprostředně po poškození. Kritickým faktorem s přímým vlivem na proces regenerace poškozených rostlin je dostatečné množství vláhy spolu s důsledným zajištěním ochrany rostlin před dalšími eliminovatelnými stresovými faktory.

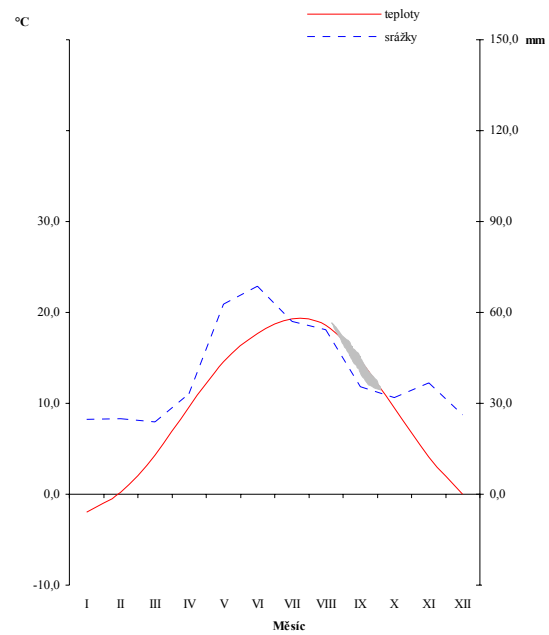
Příspěvek vznikl jako dílčí výstup projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum číslo QF4192 s názvem „Metodika hodnocení škod působených zvěří na polních plodinách“.

LITERATURA

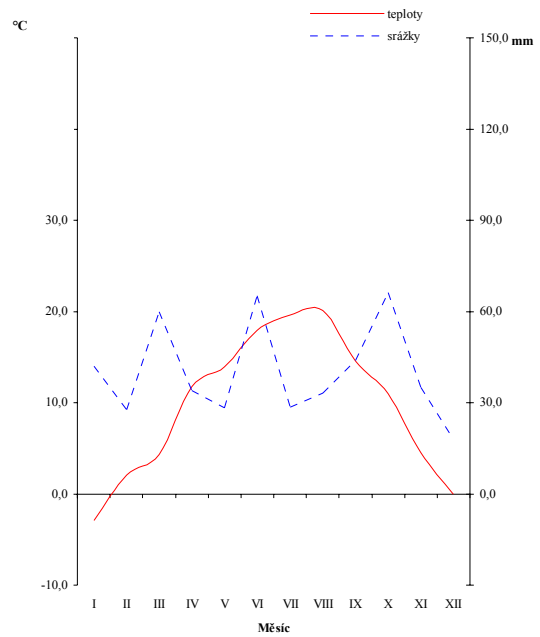
- CONOVER M.R., PITT W.C., KESSLER K.K., DUBOW T.J., SANBORN W.A. (1995): Review of human injuries, illnesses, and economic-losses caused by wildlife in the United-States. *Wildlife society bulletin* 23 (3): 407-414. ISSN 0091-7648.
- HOLIŠOVÁ V., OBRTEL R., KOŽENÁ I. (1982): The winter diet of roe deer (*Capreolus capreolus*) in the southern Moravian agricultural landscape. *Folia Zoologica* 31 (3): 209-225. ISSN 0139-7893.
- JOHNSON R.R. (1978): Growth and yield of maize as affected by early-season defoliation. *Agronomy Journal*, 70: 995-998.
- KALUZINSKI J. (1982): Composition of the Food of Roe deer living in fields and the effects of their feeding on plant production. *Acta ther.*, 27 (31): 457-470.
- NESVADBOVÁ J., ZEJDA J. (1989): Food supply for roe deer (*Capreolus capreolus*) and hare (*Lepus europaeus*) in fields in winter. *Folia Zoologica* 38 (4): 289-298. ISSN 0139-7893.
- OBRTEL R., HOLIŠOVÁ V. (1983a): Assessment of the damage done to a crop of maize (*Zea mays*) by roe deer (*Capreolus capreolus*). *Folia Zoologica* 32 (2): 109-118.
- OBRTEL R., HOLIŠOVÁ V. (1983b): Effects of simulated damage done to maize plants by roe deer (*Capreolus capreolus*). *Folia Zoologica*, 32 (1): 33-39. ISSN 0139-7893.
- PROCHÁZKA S., MACHÁČKOVÁ I., KREKULE J., ŠEBÁNEK J. *et al.* (1998): Fyziologie rostlin. Academia Praha, 1. vydání. ISBN 80-200-0586-2.
- TZILKOWSKI W.M., BRITTINGHAM M.C., LOVALLO M.J. (2002): Wildlife damage to corn in Pennsylvania: Farmer and on-the-ground estimates. *Journal of Wildlife Management*, 66 (3): 678-682. ISSN 0022-541X.
- VASILAS B.L., FUHRMANN J.J., TAYLOR R.W. (1991): Response of 3 corn hybrids to defoliation of neighboring plants. *Canadian Journal of Plant Science*, 71 (2): 311-315. ISSN 0008-4220.

- VASILAS B.L., SEIF R.D. (1985): Defoliation effects on 2 corn inbreds and their single-cross hybrid. *Agronomy Journal* 77 (5): 816-820. ISSN: 0002-1962.
- YANG Z, MIDMORE D.J. (2004): Experimental assessment of the impact of defoliation on growth and production of water-stressed maize and cotton plants. *Experimental Agriculture* 40 (2): 189-199. ISSN 0014-4797.

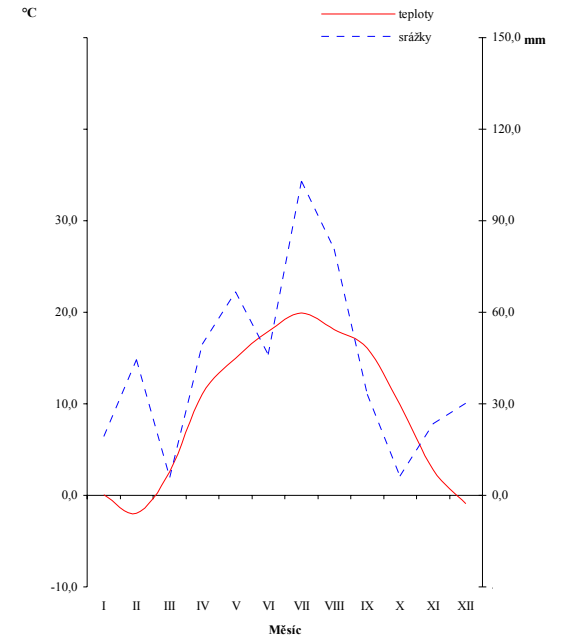
Graf 2. Průběh průměrných měsíčních teplot a měsíčních úhrnů srážek za normálové období 1960-1990 (na způsob klimadiagramu podle Waltera - Lietha)



Graf 3. Průběh průměrných měsíčních teplot a měsíčních úhrnů srážek za rok 2004 (na způsob klimadiagramu podle Waltera - Lietha)



Graf 4. Průběh průměrných měsíčních teplot a měsíčních úhrnů srážek za rok 2005 (na způsob klimadiagramu podle Waltera - Lietha)



Tab. 4 Analýza variance znaků sledovaných u kukuřice na zrno v letech 2004 a 2005.

Efekt	2004								2005											
	d.f.	Hmotnost zrna v palici [g]		Hmotnost vřetene [g]		d.f.	Výnos [t.ha ⁻¹]		HTZ [g]		d.f.	Hmotnost zrna v palici [g]		Hmotnost vřetene [g]		d.f.	Výnos [t.ha ⁻¹]		HTZ [g]	
		MS	MS	MS	MS		MS	MS	MS	MS		MS	MS	MS	MS					
% redukce	2	2572	NS	223,7	*	2	0,85	NS	1136	NS	3	2433	*	166,0	NS	3	1,31	NS	217	NS
Opak	2	1033	NS	116,8	NS	2	12,8	*	615	NS	3	3648	**	409,9	**	3	0,64	NS	523	NS
Blok	2	1904	NS	165,5	NS	2	0,35	NS	1143	NS	3	3417	**	597,6	***	3	0,06	NS	223	NS
Chyba	38	1162		68,0		2	0,43		754		150	857		76,9		6	0,46		285	
Celkem	44					8					159					15				

Vysvětlivky: * $\alpha = 0,05$ ** $\alpha = 0,01$ *** $\alpha = 0,001$ NS = nepřikazné MS = průměrný čtverec.

Tab. 5 Průměrné hodnoty jednotlivých znaků v letech 2004 a 2005 a výsledky testování rozdílů mezi úrovněmi faktorů Tukeyovým testem.

Rok	% redukce list. plochy	n	Hmotnost zrna v palici [g]				Hmotnost vřetene [g]				n	Výnos [t.ha ⁻¹] 14 % vlhkost				HTZ [g]			
			\bar{x}	VR	s	V	\bar{x}	VR	s	V		\bar{x}	VR	s	V	\bar{x}	VR	s	V
2004	Nereduk.	5	186,0	a	44,1	23,7	49,8	a	9,5	19,1	3	14,3	a	1,35	9,4	420,0	a	13,6	3,2
	25 %	5	159,8	a	32,0	20,0	42,1	b	8,9	21,1	3	13,7	a	2,48	18,1	386,4	a	45,9	11,9
	50 %	5	171,9	a	24,6	14,3	46,7	ab	7,4	15,9	3	13,3	a	2,36	17,8	420,3	a	14,9	3,6
2005	Nereduk.	10	193,5	ab	24,8	12,82	49,9	a	7,4	14,83	4	10,9	a	0,01	0,09	412,3	a	17,8	4,32
	25 %	10	194,4	a	31,7	16,31	50,1	a	10,2	20,36	4	10,77	a	0,61	5,66	426,1	a	27,8	6,52
	50 %	10	190,4	ab	28,6	15,02	47,9	a	8,2	17,12	4	10,59	a	0,60	5,67	415,4	a	6,8	1,64
	75 %	10	177,6	b	37,4	21,06	45,8	a	12,1	26,42	4	9,64	a	0,94	9,75	426,7	a	13,5	3,16