

**UPORABNOST RAZNIH METOD PRIKAZA FENOLOŠKEGA RAZVOJA
KORUZE (*Zea Mays* L.) V SLOVENIJI**

**UTILITY OF VARIOUS METHODS OF PRESENTATION OF PHENO-
LOGICAL DEVELOPMENT OF CORN (*Zea Mays* L.) FOR SLOVENIA**

Andreja SUŠNIK

Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, Ljubljana

SUMMARY

The interphase phenological periods of the corn cultivar OSSK 247 were studied for the north-eastern part of Slovenia (sowing-emergence, emergence-third leaf, third leaf-tasselling, tasselling-flowering, flowering-silking, sowing-3rd leaf, 3rd leaf-silking, sowing-silking) and their requirements expressed by three calculational methods: sums of effective temperatures, modified effective temperatures and corn heat units. The duration of the sowing-silking period and the temperature sum relation was obtained, as well as the best fitted relation between the duration of the sowing-silking period and corn heat units for the mentioned period ($r=0.83$).

POVZETEK

Za območje severovzhodne Slovenije smo proučevali medfazna fenološka obdobja koruze sorte OSSK 247 (setev-vznik, vznik-3.list, 3.list-metličenje, metličenje-prašenje, prašenje-svilanje, setev-3.list, 3.list-svilanje, setev-svilanje) in njihove toplotne potrebe, izražene po treh metodah izračunavanja: kot vsote efektivnih temperatur (VET), modificirane vsote efektivnih temperatur (MVET) in kot vsote koruznih toplotnih enot (VKTE). Ugotavljali smo tudi zveze med dolžino obdobja setev-svilanje in temperaturnimi vsotami. Najtesnejša zveza je bila ugotovljena med dolžino obdobja setev-svilanje in VKTE ($r = 0.83$).

UVOD

Rast in razvoj rastlin sta v veliki meri odvisna od klimatskih razmer izbranega kraja. Proučevanje vpliva vremenskih razmer in drugih dejavnikov na rast in razvoj različnih vrst kmetijskih rastlin nam omogoča, da pri načrtovanju rastlinske proizvodnje čim bolj izkoristimo klimatske danosti in s tem dosežemo optimalne pridelke.

Številne raziskave so pokazale, da sta rast in razvoj koruze primarno odvisna od toplotnih razmer (Daynard 1972, Coligado in Brown 1975, Coelho in Dale 1980, Major s

sod. 1983, Russelle s sod. 1984, Cutforth in Shaykewich 1990), ki jih lahko kvantitativno ovrednotimo na osnovi dnevni vrednosti temperature zraka, merjene 2 m nad tlemi (klasične meteorološke meritve). Pokazalo se je, da je za proučevanje povezav med toplotnimi razmerami in posameznimi fenološkimi fazami in dolžinami medfaznih obdobij koruze primeren način za vrednotenje temperaturnih razmer uporaba različnih metod, ki so največkrat določene na osnovi povprečne dnevne temperature zraka.

Najbolj pogosto uporabljena temperaturna metoda je vsota efektivnih temperatur zraka (VET). Efektivna temperatura zraka (ET) za določen dan je definirana kot razlika med povprečno dnevno temperaturo zraka in rastnim temperaturnim pragom. Povprečna dnevna temperatura zraka je za agrometeorološke namene največkrat definirana kot povprečje dnevne maksimalne in minimalne temperature zraka. Temperaturni prag je določen za vsako rastlinsko vrsto posebej in pomeni povprečno dnevno temperaturo zraka, pri kateri rastlina začne aktivno rasti. Za koruzo je 10 °C. VET dobimo s seštevanjem dnevni ET od dneva setve do dneva določene ontogenetske faze. Ugotovili so (Daynard 1972, Coelho in Dale 1980), da obstaja linearna zveza med VET in posameznimi stopnjami razvoja rastlin.

Gilmore in Rogers (1958) sta dobila tesnejše povezave med VET in nastopi posameznih faz, če sta korigirala dnevno minimalno in maksimalno temperaturo zraka glede na mejne vrednosti 10 °C in 30 °C. Dnevno minimalno temperaturo zraka pod 10 °C sta izenačila z 10 °C, dnevno maksimalno temperaturo zraka nad 30 °C pa sta popravila tako, da sta odštela od povprečne dnevne temperature število stopinj, za katero dnevni maksimum temperature presega 30 °C. Metodo sta poimenovala "metoda optimalnega dne". Barger (1969) je modificiral metodo VET tako, da je dnevne maksimalne temperature zraka nad 30 °C izenačil s 30 °C še pred seštevanjem v povprečne dnevne temperature (modificirana VET ali metoda MVET). To je metoda, ki jo še danes uporabljajo v programih Nacionalne meteorološke službe v severni Ameriki.

Brown (1975) je definiral metodo vsote koruznih toplotnih enot (corn heat units CHU (VKTE)), pri kateri je stopnja rasti ocenjena ločeno za maksimalne in minimalne temperature zraka. VKTE se je uspešno uveljavila predvsem v severni Kanadi, nekoliko spremenjena pa tudi v drugih pridelovalnih regijah koruze v Kanadi. Različne oblike metode VKTE se pojavljajo zaradi različnih definicij spodnjih in zgornjih temperaturnih mej. Rajonizacijska karta VKTE vrednosti je bila vključena v Klimo Kanade za kmetijstvo (Chapman in Brown, 1966). Major s sodelavci (1976) je izdelal karto verjetnosti pričakovanja določene vrednosti VKTE pred pojavom kritično nizkih temperatur.

V tem delu smo analizirali medfazna obdobja koruze v času od setve do svilanja in vpliv toplotnih razmer na njen razvoj v treh krajih SV Slovenije v obdobju 1984-90. Želeli smo ugotoviti, katera od treh omenjenih metod za kvantitativno vrednotenje toplotnih

razmer (VET, MVET, VKTE) je bolj primerna za določanje povezave med vremenskimi razmerami in medfaznim razvojem koruze v Prekmurju.

FENOLOŠKI PODATKI

Za obdobje 1984-90 smo uporabili podatke iz fenološkega arhiva Hidrometeorološkega zavoda RS o razvojnih stopnjah koruznega hibrida OSSK 247 na treh lokacijah v severovzhodni Sloveniji: Lendava 46° 34' severne geografske širine in 16° 28' vzhodne geografske dolžine, Murska Sobota 46° 38' s.g.š. in 16° 11' v.g.d. ter Veliki Dolenci 46° 51' s.g.š. in 16° 17' v.g.d..

Sorta OSSK 247 je po FAO konvenciji uvrščena v skupino 200 - 300, je zelo rana sorta z vegetacijskim obdobjem, po definiciji dolgim od 70 do 90 dni, ki pa je za slovenske razmere dolgo tudi do 125 dni (Tanjšek, 1981). Analizirane fenološke faze so bile: setev, vznik, 3.list, metličenje, prašenje, svilanje in vsa medfazna obdobja. Fenološke faze so definirane po programu Agrometeorološke komisije Svetovne meteorološke organizacije za srednjeevropsko klimatsko območje (Priročnik za fenološka opazovanja, 1970), ki jih tu na kratko citiramo:

Setev

Datum setve se beleži tisti dan, ko je opravljena setev na izbrani parceli. Hkrati se beleži tudi ime sorte.

Vzvik

Datum splošnega vznika koruze se beleži, ko na večjem delu opazovane parcele vzklijejo rastlinice s prvimi pravimi, še ne odprtimi listi in ko se lahko opazijo strnjene vrste mladih rastlinic.

Faza 3.lista

Na mladih rastlinicah se pojavi 3.list.

Metličenje

V nadaljnjem razvoju koruze doživlja v obdobje hitrega podaljševanja stebela in formiranja generativnih organov. V primerjavi z drugimi žiti formira koruzo dve vrsti socvetij:

- moško socvetje v obliki metlice, ki se pojavi na vrhu stebela in
- žensko socvetje v obliki storža, ki izrašča iz pazduhe lista v sredini stebela

Prašenje

Datum prašenja se beleži, ko na večini rastlin na opazovani parceli iz klaskov na metlicah pojavijo prašniki na prašničnih nitih in ko le-ti začnejo iztresati pelod.

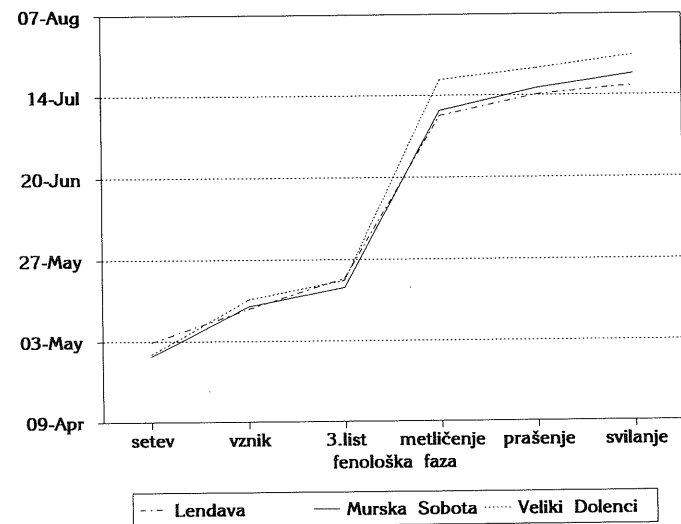
Svilanje

Datum svilanja se beleži, ko se na večini rastlin na vrhu pojavijo prameni lepljive svile (ženski cvetovi).

Vse fenološke podatke smo zabeležili v zaporednem dnevu leta, dolžine medfaznih obdobj pa v številu dni od začetne do končne fenološke faze.

MEDFAZNI FENOLOŠKI RAZVOJ KORUZE OD SETVE DO FENOFAZE SVILANJA V OBDOBJU 1984 - 1990

Setveni dan, kot začetek fenološkega razvoja koruske, je v veliki meri odvisen od odločitve posameznega pridelovalca. Na to vpliva njegova tehnična pripravljenost, v največji meri pa vremenske razmere v tem obdobju. V našem primeru se je izkazalo, da setev v obdobju 1984-90 v povprečju poteka konec aprila, oziroma v začetku maja (slika 1). Najzgodnejša setev je bila v zadnji dekadi aprila v letu 1989. Razlog je bilo nadpovprečno toplo vreme v drugi aprilski dekadi. Povprečna dekadna temperatura zraka za to obdobje je bila 11.4 °C, kar za 2 °C presega dolgoletno povprečje. Najkasnejša setev je bila sredi maja. Slika 1 prikazuje povprečne datume nastopa tudi drugih fenofaz sorte OSSK 247 na vseh treh postajah.



Slika 1. Povprečni datumi nastopa fenoloških faz koruske od setve do svilanja za Mursko Soboto, Lendavo in Velike Dolence v obdobju 1984-90.

Dolžine medfaznih obdobj med leti kažejo velike razlike (preglednica 1).

Preglednica 1. Povprečna dolžina medfaznih obdobj od setve do svilanja koruske sorte OSSK 247 v Lendavi, Murski Soboti in Velikih Dolencih v obdobju 1984-1990.

postaja	dolžina medfaznega obdobja v dneh								
	se-vz	vz-l	l-m	m-p	p-s	se-l	l-s	se-s	
Murska Sobota	povp.	15	5	52	7	5	20	63	81
	max	25	10	58	10	7	30	71	88
	min	9	2	45	3	3	13	56	73
	KV%	35.3	44.1	9.3	36.3	28.2	25.8	7.9	7.0
Lendava	povp.	10	9	48	7	3	19	56	75
	max	16	12	55	16	4	26	58	83
	min	6	7	36	3	1	14	53	69
	KV%	38.1	18.5	11.1	62.3	35.3	20.7	2.9	6.2
Veliki Dolenci	povp.	16	6	59	3	4	22	66	88
	max	20	7	66	6	5	27	73	97
	min	10	4	53	2	2	17	59	76
	KV%	23.5	21.1	6.3	37.7	18.8	17.0	6.8	7.5

Legenda:

- se-vz....medfazno obdobje setev - vznik
- vz-l....medfazno obdobje vznik - 3.list
- l-m....medfazno obdobje 3.list - metličenje
- m-p....medfazno obdobje metličenje - prašenje
- p-s....medfazno obdobje prašenje - svilanje
- se-l....medfazno obdobje setev - 3.list
- l-s....medfazno obdobje 3.list - svilanje
- se-s....medfazno obdobje setev - svilanje

Setveni dan ima velik vpliv na dolžino obdobja od setve do svilanja v vseh letih opazovanja. Ob kasnejši setvi je obdobje od setve do svilanja krajše kot ob zgodnejši setvi. To sta ugotovila tudi Gilmore in Rogers (1958). Dolžina celotnega obdobja setev-svilanje kaže statistično značilne razlike med postajo Lendavo in obema drugima krajema.

V osnovi pripisujemo variabilnost spremenljivim rastnim pogojem v posameznem medfaznem obdobju. To so različne vremenske razmere, različno poreklo semenskega materiala, različni agrotehnični ukrepi med rastjo in razvojem koruske, neenotne lastnosti

tal in mikroklimatske lastnosti rastišča. Delno pa k povečani variabilnosti lahko doprinese tudi subjektivnost fenoloških opazovanj.

Na podlagi variabilnosti dolžine medfaznih obdobij sklepamo, da števila dni ne moremo uporabiti za določitev pojava naslednje faze. V nadaljnji analizi nas je zanimalo, ali bodo boljše povezave med dolžinami medfaznih obdobij in VET, MVET in VKTE za omenjena medfazna obdobja.

TOPLOTNE RAZMERE V OBDOBJU SETEV-SVILANJE 1984-90

Severovzhodna Slovenija spada po Köppenu v vlažni zmerno topli klimatski pas s sušno zimo, ki ga enačimo z modificirano srednjeevropsko klimo (Hočevar, Kajfež, 1984).

Obdobje 1984-90 je po povprečni mesečni temperaturi podobno dolgoletnemu povprečju. V mesecih aprilu, maju, juliju in avgustu temperature odstopajo le za nekaj desetink °C. Izstopa junijska povprečna mesečna temperatura v Lendavi, ki je bila za 1.1 °C višja od dolgoletnega povprečja, v Velikih Dolencih pa za 0.8 °C nižja.

Za izračun temperaturnih razmer smo uporabili podatke o maksimalni (T_{max}) in minimalni (T_{min}) dnevni temperaturi zraka, merjeni 2 m nad tlemi za omenjene tri meteorološke postaje (Lendava, Murska Sobota, Veliki Dolenci) v Sloveniji za obdobje 1984-1990. Vsote temperatur smo izračunavali za medfazna obdobja od setve do svilanja. Uporabili smo tri omenjene metode:

Vsota efektivnih temperatur zraka (VET)

$$VET = (T_{max} + T_{min})/2 - a, \text{ kjer je} \quad (1)$$

$$a = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Modificirana vsota efektivnih temperatur zraka (MVET) (po Bargerju) za medfazna obdobja

Za izračun MGDD indeksa smo uporabili metodo VET (enačba 1) z dvema dodanima pogojevma, in sicer:

$$T_{max} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}, \text{ če je } T_{max} > 30 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ in } T_{min} = 10 \text{ } ^\circ\text{C}, \text{ če je } T_{min} < 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Metoda ocenjuje krivuljo rasti koruze v odvisnosti od temperature. Ta upošteva, da stopnja rasti pri maksimalnih temperaturah zraka nad 30 °C upada.

Vsota koruznih toplotnih enot (VKTE) (po Brownu) za medfazna obdobja

$$VKTE = \sum (X + Y)/2, \text{ kjer je} \quad (2)$$

$$X = b(T_{min} - c) \text{ za } T_{min} \geq 4.4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$= 0 \text{ za } T_{min} < 4.4 \text{ } ^\circ\text{C}, \text{ kjer}$$

$$b = 1.8$$

$$c = 4.4$$

$$Y = d(T_{max} - e) - f(T_{max} - e)^2 \text{ za } T_{max} > 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$= 0 \text{ za } T_{max} < 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$d = 3.3$$

$$e = 10.0$$

$$f = 0.083$$

Model vključuje ločeno funkciji stopnje rasti koruze ob minimalni in maksimalni dnevni temperaturi zraka. Stopnja rasti koruze ob minimalni temperaturi zraka je linearna funkcija razlike med minimalno temperaturo in temperaturnim pragom 4.4 °C in stopnja rasti ob dnevni maksimalni temperaturi zraka je kvadratna funkcija razlike med maksimalno temperaturo in temperaturnim pragom 10 °C, z optimumom pri 30 °C. VKTE je definirana kot vsota dnevni povprečij obeh funkcij stopnje rasti koruze.

Povprečne ter ekstremne vrednosti in koeficienti variabilnosti VET, MVET in VKTE za vsa medfazna obdobja na vseh postajah so v preglednici 3. Primerjave vsot med kraji so na slikah 2, 3 in 4.

Preglednica 2. Povprečne vsote učinkovitih temperatur zraka (VET), modificirane vsote učinkovitih temperatur zraka (MVET) in vsote koruznih toplotnih enot (VKTE) za medfazna obdobja koruze v Murški Soboti, Lendavi in Velikih Dolencih 1984-90.

Murška Sobotna	se-vz			vz-l			l-m			m-p		
	VET	MVET	VKTE	VET	MVET	VKTE	VET	MVET	VKTE	VET	MVET	VKTE
pop.	45	68	200	28	30	92	368	385	1038	65	64	155
min	13	93	90	12	58	43	328	418	917	36	95	80
max	69	27	282	54	17	176	397	337	1125	95	36	233
KV%	47.7	30.8	33.6	56.7	49.3	52	7.2	7.4	8.2	37.3	34.5	38.4

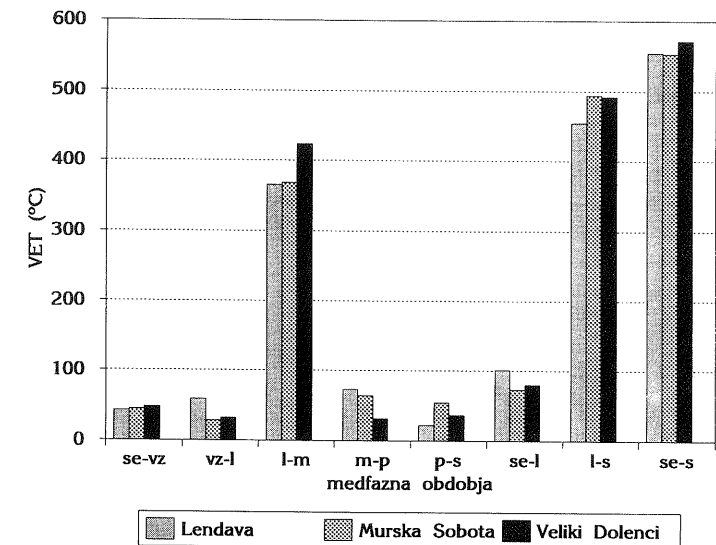
Murška Sobotna	p-s			se-l			l-s			se-s		
	VET	MVET	VKTE	VET	MVET	VKTE	VET	MVET	VKTE	VET	MVET	VKTE
pop.	55	56	129	73	96	291	494	497	1300	553	593	1591
min	28	96	72	43	116	219	454	573	1196	523	651	1509
max	98	28	198	102	78	350	554	460	1464	597	31	1684
KV%	46.5	43.4	36	27.9	16.1	18.4	9.5	7.9	6.8	4.45	5.1	4.2

Lendava	se-vz			vz-l			l-m			m-p		
	VET	MVET	VKTE	VET	MVET	VKTE	VET	MVET	VKTE	VET	MVET	VKTE
pop.	42	51	150	59	61	171	365	375	996	73	73	171
min	25	65	193	38	84	212	264	474	1205	21	148	372
max	56	34	112	84	45	131	468	278	725	148	21	61
KV%	29.6	19	18.1	28.4	21.8	15	17.2	14.9	13.6	57.7	53	58.8

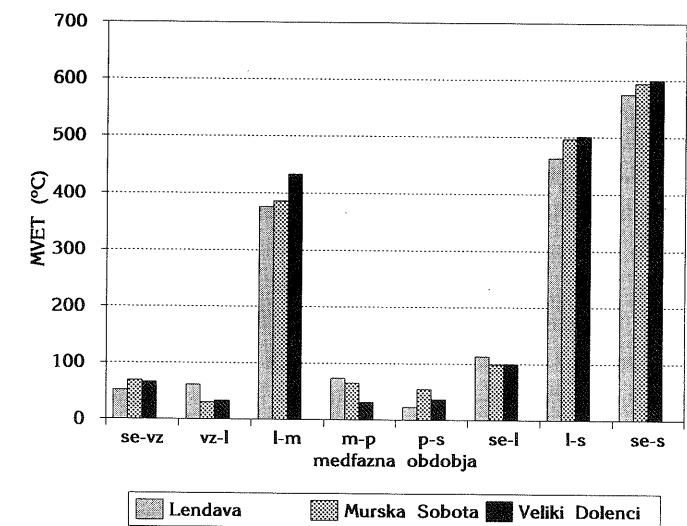
Lendava	p-s			se-l			l-s			se-s		
	VET	MVET	VKTE	VET	MVET	VKTE	VET	MVET	VKTE	VET	MVET	VKTE
pop.	23	23	60	101	112	322	454	454	1216	555	571	1520
min	6	38	91	67	136	356	398	480	1380	507	596	1581
max	37	6	19	134	84	276	511	411	1100	588	526	1413
KV%	47.5	43.5	38.4	24	13.3	7.2	7.9	5.3	7.2	5.6	4.4	3.6

Veliki Dolenci	se-vz			vz-l			l-m			m-p		
	VET	MVET	VKTE	VET	MVET	VKTE	VET	MVET	VKTE	VET	MVET	VKTE
pop.	48	66	210	32	34	102	423	433	1197	31	31	80
min	26	70	238	16	51	144	370	509	1293	11	55	139
max	65	61	186	51	22	74	505	383	1094	55	11	36
KV%	29.5	5.5	8.5	37.7	30.8	25.4	10.7	9	6.2	47.6	44.3	40.1

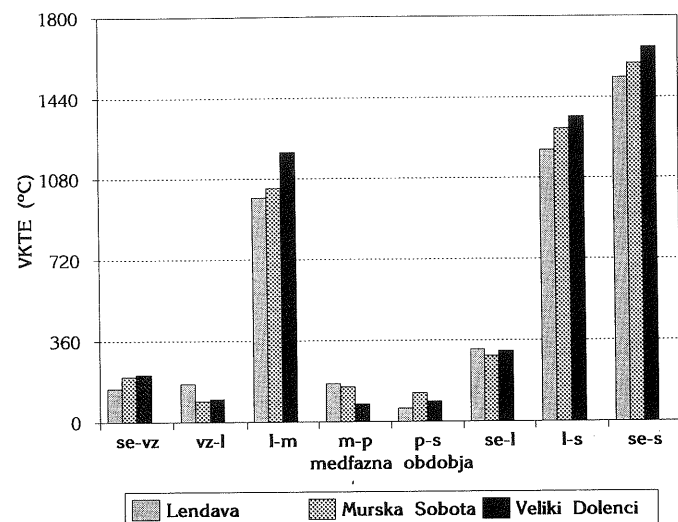
Veliki Dolenci	p-s			se-l			l-s			se-s		
	VET	MVET	VKTE	VET	MVET	VKTE	VET	MVET	VKTE	VET	MVET	VKTE
pop.	37	37	89	80	99	312	491	501	1352	572	600	1664
min	21	55	113	51	117	340	436	558	1428	517	651	1730
max	58	22	51	112	89	276	552	451	1217	638	548	1544
KV%	35.5	30.6	22.3	29	10	7.7	9.6	8	5.5	7.5	5.9	4.5



Slika 2. Povprečne VET za vsa medfazna obdobja koruze za postaje Murška Sobotna, Lendava, Veliki Dolenci.



Slika 3. Povprečne MVET za vsa medfazna obdobja koruze za postaje Murška Sobotna, Lendava, Veliki Dolenci.



Slika 4. Povprečne VKTE za vsa medfazna obdobja koruze za postaje Murska Sobota, Lendava, Veliki Dolenci.

Podobno kot variabilnost dolžin medfaznih obdobjev kažejo zelo veliko variabilnost tudi temperaturne vsote (preglednica 2). Ponovno najmanj variirajo vsote temperatur po vseh treh metodah v obdobjih 3.list-metličenje, setev-3.list in 3.list-svilanje.

Obdobje setev-svilanje zajema vsa obravnavana fenološka medfazna obdobja koruze. Dolžina tega obdobja je važno merilo za ocenitev primernosti lokacije za gojenje določenega hibrida (FAO konvencija). Na podlagi teh ugotovitev smo pri analizi povezav v nadaljevanju uporabili samo to medfazno obdobje. Primerjava vsot temperatur med kraji za to obdobje je pokazala, da statistično značilnih razlik med postajami v VET in MVET ni, so pa statistično značilne razlike med postajama Veliki Dolenci in Lendavo v VKTE.

Zanimalo nas je, ali so zveze med VET, MVET in VKTE in dolžino medfaznega obdobja setev-svilanje dovolj tesne, da bi lahko na osnovi novih vrednosti napovedali dolžino tega medfaznega obdobja. V ta namen smo izračunali korelacijske koeficiente za dolžino medfaznega obdobja setev-svilanje in VET, MVET ter VKTE za vse postaje. Pokazalo se je, da med VET in MVET in dolžino medfaznega obdobja setev-svilanje ni statistične odvisnosti, obstaja pa pri VKTE (preglednica 3). Tesnost povezav smo testirali s Fischerjevim testom za korelacijske koeficiente pri statističnem tveganju 0.05.

Preglednica 3:

	VKTE se-s
se-s	Murska Sobota r = 0.89*
	Lendava r = 0.56
	Veliki Dolenci r = 0.78*

Legenda:

se-s.....dolžina obdobja setev-svilanje

VKTE se-s...vsota koruznih toplotnih enot od setve do svilanja

*.....statistično značilno pri tveganju 0.05

Kot je bilo že prej omenjeno, se podatki za Velike Dolence in Mursko Soboto statistično ne razlikujejo. Regresijski premici odvisnosti dolžine medfaznega obdobja setev-svilanje od VKTE za oba kraja sta podobni. Zato smo te podatke združili in določili skupni model (enačba 3).

$$se - s = g + h * VKTE \quad (3)$$

$$r = 0.83^*$$

$$g = - 19.61$$

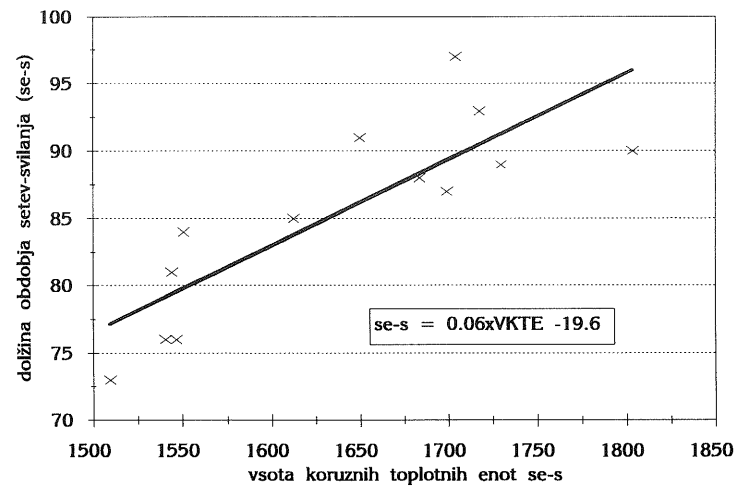
$$h = 0.06$$

se-s = dolžina obdobja setev - svilanje

VKTE = vsota koruznih toplotnih enot za medfazno obdobje setev-svilanje

Rezultati zveze kažejo, da je dolžina medfaznega obdobja setev-svilanje za to obdobje v linearni zvezi z VKTE ($r = 0.83$) (slika 5). Iz vseh naštetih ugotovitev lahko sklepamo, da je VKTE najprimernejša metoda za medfazno obdobje od setve do svilanja koruze,

kar potrjuje ugotovitve Cutfortha in Shaykewicha (1990).



Slika 5. Regresijska premica zveze med dolžino obdobja setev-svilanje in VKTE za to obdobje.

SKLEPI

Na podlagi analize fenoloških podatkov za koruzo s treh postaj v SV Sloveniji za obdobje 1984-90 smo prišli do naslednjih ugotovitev:

Obstaja velika variabilnost dolžin medfaznih obdobj setev-vzrost, vzrost-3.list, metličenje-prašenje, prašenje-svilanje, setev-3.list (koeficienti variabilnosti od 10 do 60%). Variabilnost dolžin obdobj 3.list-metličenje, 3.list-svilanje in setev-svilanje je manjša (koeficienti variabilnosti 3 do 11%).

Variabilnost vsot VET, MVET in VKTE je podobna variabilnosti dolžin medfaznih obdobj.

Med dolžino obdobja setev-svilanje ter VKTE so statistično značilne povezave, ni pa teh povezav z VET in MVET.

Dolžina obdobja setev-svilanje je v tesni linearni zvezi z VKTE za obdobje setev-svilanje ($r = 0.83$). Za oceno dolžine medfaznega obdobja je VKTE primernejša metoda kot VET in MVET.

V analizi smo uporabljali metode, ki smo jih povzeli po rezultatih tujih raziskav. Zato bi bilo potrebno preiskovati in dopolniti metodo z dodatnimi pogoji za naše ekološke razmere (npr. določitev spodnjega in zgornjega temperaturnega praga).

LITERATURA

1. Daynard, T.B.,1972: Relationships Among Black Layer Formation, Grain Moisture Percentage, and Heat Unit Accumulation in Corn, *Agronomy Journal*, 64: 716 - 719.
2. Coelho, D.T. in Dale, R.F.,1980: An Energy-Crop Growth Variable and Temperature Function for Predicting Corn Growth and Development: Planting to Silking, *Agronomy Journal*, 72: 503 - 510.
3. Major, D.J. et al, 1983: An evaluation of the corn heat unit system for the short-growing season growing regions across Canada, *Can. J. Plant Sci.*, 63:121-130.
4. Cutforth, H.W., Shaykewich, C.F.,1990: A temperature response function for corn development.- *Agricultural and Forest Meteorology*, 50: 159 - 171
5. Handbook on Agricultural and Forest Meteorology, Ontario.
6. Robertson, G.W.,1983: Wather-based mathematical models for estimating development and ripening of crops, Technical note No.180, WMO, No.620, 32 - 45
7. Narwal, S.S., Poonia S., Singh G., Malik D.S, 1986: Influence of sowing dates on the growing degree days and phenology of winter maize (*Zea mays.*). *Agricultural and Forest Meteorology*, 38: 47 - 57.
8. Tanjšek, T., 1981: Strnine in koruza v Sloveniji. - Knjižnica za pospeševanje kmetijstva, XI: 104 - 129
9. Malovrh V., Stergar V., 1970: Priročnik za fenološka opazovanja, 17-20
- 10.Štepančič,D. s sodelavci, 1984: Pedološka karta Slovenije - Komentar k listu Murska Sobota, 7 - 10