

**Dr Tomislav Čupina,**  
Institut za poljoprivredna istraživanja,  
Zavod za fiziologiju biljaka — Novi Sad

## **DINAMIKA SADRŽAJA KAROTINOIDA I SLOBODNIH AMINOKISELINA U POJEDINIM LISTOVIMA U ZAVISNOSTI O BROJU I RASPOREDU BILJAKA KUKURUZA**

### **UVOD**

Razliku između pojedinih listova kukuruza u zavisnosti o spoljnim i unutrašnjim faktorima do sada su proučavali autori: Strebeyko (1958), Dobrunov (1960), Ničiporovič (1961), Glogov (1967), Watson (1947), Moss (1961), Zemskij (1961), Platon (1959), Bajai (1959), Filimonova (1960), Šain (1959), Šuljgin (1962) Sarić (1959, 1963), Čupina (1962, 1963, 1965, 1968).

Osobito su interesantna proučavanja dinamike sadržaja raznih karotinoida i aminokiselina u pojedinim listovima kukuruza. Dosadašnja proučavanja dinamike sadržaja karotinoida i aminokiselina uglavnom se odnose na biljku kao celinu, ili na pojedine grupe listova (Čupina 1965). Međutim, detaljnije izučavanje dinamike sadržaja pojedinih vrsta karotinoida i aminokiselina u svakom pojedinom listu nedostaje u literaturi.

O ulozi karotinoida i aminokiselina u biološkim procesima u širem smislu ima mnogo radova u literaturi. Tako je npr. dokazan veliki značaj karotinoida u ishrani čoveka i domaćih životinja. Svakodnevne potrebe čoveka u karotinoidima kreću se od 1—2 mg, odnosno 2—4 mg. Količina karotina na 100 kg žive mere dnevno kod goveda iznosi 20—30 mg, kod konja 10—12 mg, ovaca, koza i svinja 20—30 mg, kod kokošaka 2—2,5 mg, pataka 3—3,5 mg i gusaka 8—10 mg. Izvesne aminokiseline, kao na primer: valin, leucin, izoleucin spadaju u grupu neophodnih aminokiselina u životinjskom organizmu. U biljnom organizmu one se lako sintetizuju iz odgovarajućih ketokiselina s razgranatim ugljenikovim lancem u reakcijama transaminiranja, naročito sa glutaminskom kiselinom. Njihova neophodnost za životinjski organizam objašnjava se time, što on ne može da sintetizuje odgovarajuće ketokiseline s razgranatim ugljenikovim lancem. Ukoliko se u organizam životinja unesu neke ketokiseline, na primer  $\alpha$ -ketoizovalerijanska,  $\alpha$  ketoizokapronska i  $\alpha$  keto  $\beta$ -metilvalerijanska kiselina u tom slučaju životinjski organizam iz dotičnih ketokiselina može sintetizovati neophodne aminokiseline.

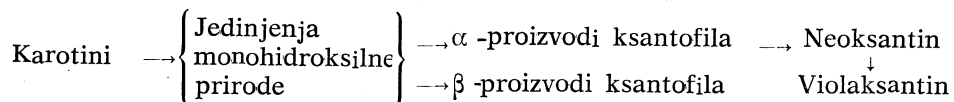
Karotinoidi u organizmu čoveka i životinja, kao što je poznato, prelaze u vitamin A. Dokazano je takođe da izvesni ksantofili učestvuju kao fotoreceptori pri upotrebi organa vida kod domaćih životinja. Karotini imaju naročito veliki značaj pri razmnožavanju životinja. Utvrđeno je npr. da se u reproduktivnim tkivima životinja nalazi jedan od ksantofila, takozvani enteroksanin, koji ima formulu  $C_{40}H_{56}O_6$ .

Prema podacima Pleškova (1965) kukuruz je vrlo bogat karotinom. Tako npr. u 1 kg žutog kukuruza ima preko 5, a u 1 kg silažnog kukuruza preko 20 mg karotina. Naročito velika količina karotina je zastupljena u

lišću kukuruza. Listovi kukuruza, naročito do faze metličanja, odlikuju se visokim sadržajem pojedinih vrsta aminokiselina.

Kao što je poznato, naročito veliki značaj slobodnih aminokiselina i karotinoida ogleda se u raznim fiziološko-biohemijskim procesima kod biljaka. Slobodne aminokiseline npr. učestvuju u sintezi, peptida, belančevina i nukleinskih kiselina, bez kojih se ne može zamisliti rastenje i razviće biljnog organizma. Prema dosadašnjim rezultatima karotinoidi učestvuju u regulisanju procesa rasta i razvića biljaka, u primarnom i sekundarnom metabolizmu materija, u razmnožavanju biljaka, u regulisanju fotokinetičkih procesa, u procesu fotosinteze itd.

Prema rezultatima Novikova (1959), Lebdeva (1961) i Gjubbeneta (1951) smatra se da je dinamika sadržaja karotinoida u biljkama uslovljena procesima rasta i razvića, kao i dejstvom raznih agroekoloških faktora. Obično količina karotinoida u listovima raste do faze cvetanja, a zatim opada sa starenjem listova. Prema Gudvinu (1954) maksimalnom porastu listova odgovara i maksimalni sadržaj karotinoida. Naročito velika količina karotinoida je zapažena u reproduktivnim organima koji se brzo razmnožavaju. Žukovski (1949) je utvrdio da je proces mikrosporoģeneze jako povezan s metabolizmom karotinoida. Saakov (1966) tvrdi da se karotini i ksantofili u biljkama tokom vegetacije transformišu jedni u druge. Te transformacije se mogu prikazati na sledeći način:



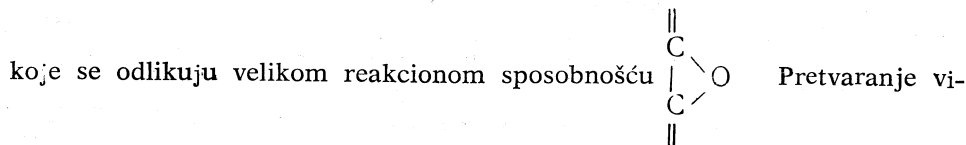
Gjubbenet (1951) i Gudvin (1954) tvrde da je količina karotinoida osobina sorte, odnosno hibrida i da se nasleđuje. Smatra se da postoje specifični geni koji regulišu količinu i metabolizam karotinoida kod biljaka.

Lebedev (1966) i Šijan (1966) i mnogi drugi autori su pokazali da karotinoidi učestvuju u regulisanju primarnog i sekundarnog metabolizma kod biljaka. Spomenuti autori tvrde da u listu kukuruza postoji uzajamna veza između sinteze karotinoida, ugljenih hidrata, belančevina, nukleinskih kiselina i hlorofila. Podaci Gudvina (1954) pokazuju da postoji povezanost između sinteze karotinoida i metabolizma azota u biljkama. Gudvin smatra da razne aminokiseline (valin, leucin, izoleucin) mogu da služe kao polazne komponente za sintezu karotinoida. Da ovi rezultati imaju realnu osnovu pokazuju i rezultati drugih autora o uticaju azota na povećanje sadržaja karotinoida u biljkama. Međutim, Šljik (1956) i drugi autori tvrde da se karotinoidi sintetizuju iz glukoze preko acetata i koenzima A. Opšta šema biosinteze je sledeća: acetat  $\rightarrow$  acetilkoenzim A  $\rightarrow$  mevalonska kiselina  $\rightarrow$  izopentilpirofosfat  $\rightarrow$  tetraterpen  $\rightarrow$  fitoin  $\rightarrow$  likopin  $\rightarrow$  karotini  $\rightarrow$  ksantofili.

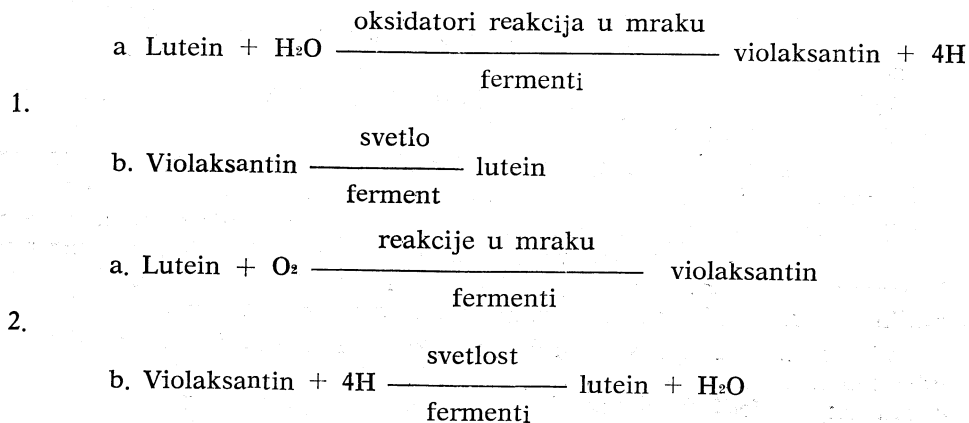
Prema rezultatima Biskupskog (1965) karotinoidi regulišu metabolizam materija pri klijanju semena, pri razvoju korenovog sistema, pri sazrevanju plodova itd. Osim toga, smatra se da karotinoidi regulišu sadržaj i metabolizam askorbinske kiseline, kao i mnoga druga jedinjenja u biljkama.

Batler (1962) i Gudvin (1954) smatraju da karotinoidi regulišu fotokinetičke reakcije u biljkama. Smatra se npr. da regulišu mehanizam kretanja hloroplasta pri jakom intenzitetu svetlosti. Osim toga, utvrđeno je da se spektri dejstva svetlosti na biljke podudaraju sa spektrima apsorpcije izvesnih karotinoida.

Prema rezultatima niza autora značaj karotinoida u procesu fotosinteze sastoji se u prenošenju kiseonika vode do molekularnog kiseonika vazduha. Osim prenošenja kiseonika karotinoidi učestvuju u apsorpciji svetlosne energije u oblasti plavog spektra i njeno predavanje na hlorofil. Pomoću teškog izotopa kiseonika  $O^{18}$  je dokazano da kiseonik koji se oslobađa u procesu fotosinteze potiče iz vode. Cholnoky (1955) tvrdi da u prenošenju kiseonika vode na kiseonik vazduha učestvuje sistem zeaksantin-lutein, dok Yamamoto (1962) tvrdi da u prenošenju kiseonika učestvuje sistem violaksantin-zeaksantin. Pomoću radioaktivnog ugljenika  $C^{14}$  Saakov (1965) je dokazao da u prenošenju kiseonika u procesu fotosinteze na svetlosti učestvuje violaksantin- $C^{14}$  — lutein- $C^{14}$ . Violaksantin ima 2 epoksidne grupe



olaksantina u lutein na svetlosti prema Sapožnikovu (1959) odvija se tako da violaksantin izgubi 2 atoma kiseonika. Prema tome, može se smatrati da prelaz violaksantina u lutein predstavlja jednu etapu prenošenja kiseonika vode do molekularnog kiseonika vazduha. Tada se vrši razmena kiseonika između sistema violaksantin-lutein i vode. Saakov (1966), Bamji (1965) i Krinski (1964) tvrde da se prenošenje kiseonika vode u procesu fotosinteze odvija uz učešće fotohemijskih i fermentativnih procesa:



Prva reakcija se odvija pri fotooksidaciji vode uz izdvajanje  $O_2$ , a druga pri fotoredukciji violaksantina uz istovremeno stvaranje međuprodukta neoksaantina. Prema Sapožnikovu (1966) proces dezepoksidacije violaksantina se odvija u zoni maksimalne apsorpcije svetla od strane hlorofila, a proces epoksidacije u zoni minimalne apsorpcije.

Većina autora u svetu smatra da karotini i ksantofili učestvuju i transformišu se u procesu fotosinteze prema šemi (sl. 1).

Prema priloženoj šemi, transformacije karotina i ksantofila se odvijaju na svetlosti (označene sa + hv) i u mraku (označene sa — hv). Reakcije počinju od  $\alpha$ - i  $\beta$ -karotina. Zatim se  $\alpha$ - i  $\beta$ -kriptoksantin pod uticajem prisajedinjavanja molekularnog kiseonika vazduha na iononove prstenove u oksidativnim reakcijama u mraku transformiše u monoepoksida  $\alpha$  i  $\beta$  dihidroksikarotina. Kod dalje oksidacije monoepoksida stvara se neoksantin, a kao konačni proizvod reakcija u mraku se obrazuje violaksantin.

Pri fotooksidaciji i fotoredukciji u procesu fotosinteze izdvaja se kiseonik i regeneriše dihidroksikarotin (reakcije 11 i 12). Vrlo je verovatno da se prenošenje kiseonika vode do molekularnog kiseonika vazduha odvija preko intermedijarnog proizvoda koji nastaje kod sinteze violaksantina pri dejstvu svetlosti. Mehanizam regeneracije dihidroksikarotina još uvek nije jasan.

Proces fotoredukcije violaksantina se odvijava istovremeno sa stvaranjem međuproizvoda — neoksantina (reakcije 10 i 9). Kod daljih fotohemijskih transformacija nastupa otkidanje hidroksilnih grupa od ugljenikovog skeleta i stvaranje karotina.

Smatra se da sve napred nabrojane reakcije mogu da protiču i uz učešće niza bezbojnih sistema, kao što su: plastohinon, vitamin K i drugi. Nije isključena mogućnost da prenošenje kiseonika vode paralelno s karotinoidima vrše i drugi sistemi.

## METOD RADA

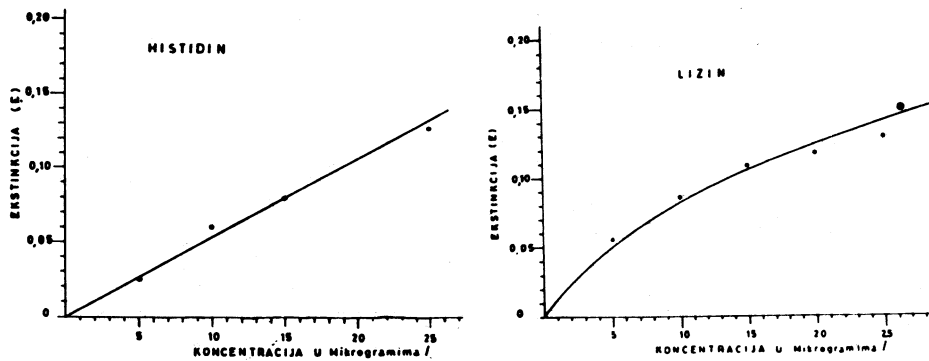
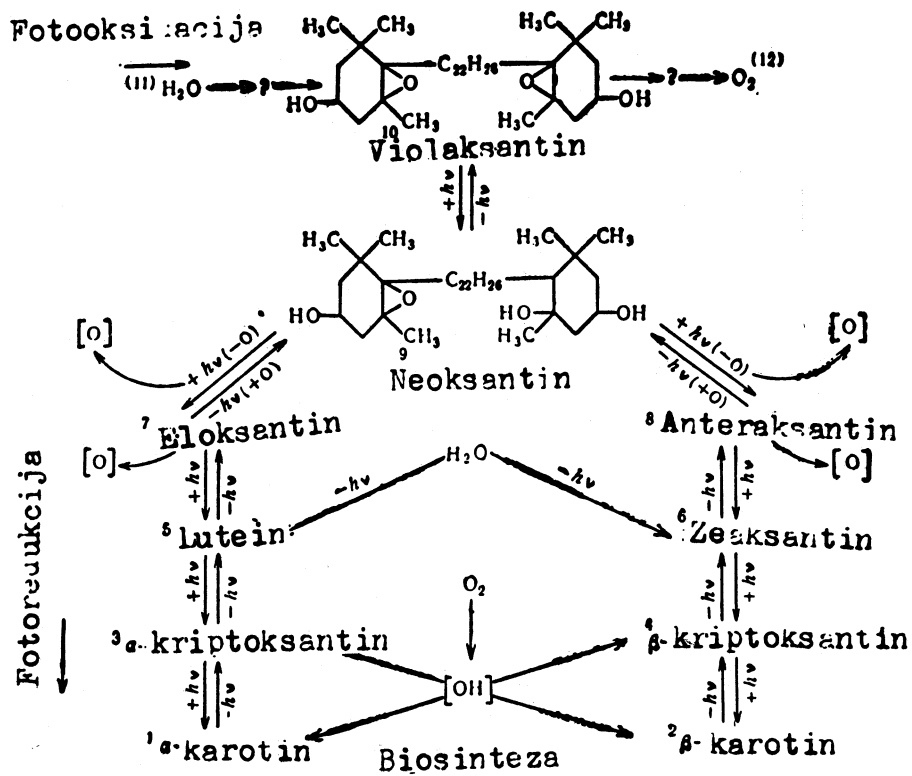
Ogled je izvođen na Ogladnom polju Instituta za poljoprivredna istraživanja u Rimskim šančevima u Novom Sadu u toku od 3 godine s hibridom kanzas 1859.

Ispitivane su sledeće varijante sklopa biljaka: 80x30 cm, 80x60 cm, 70x30 cm, 70x60 cm, 100x15 cm, 100x30 cm.

Dinamika sadržaja karotinoida i slobodnih aminokiselina u pojedinim listovima je praćena na 10 prosečnih biljaka kod svake varijante sklopa.

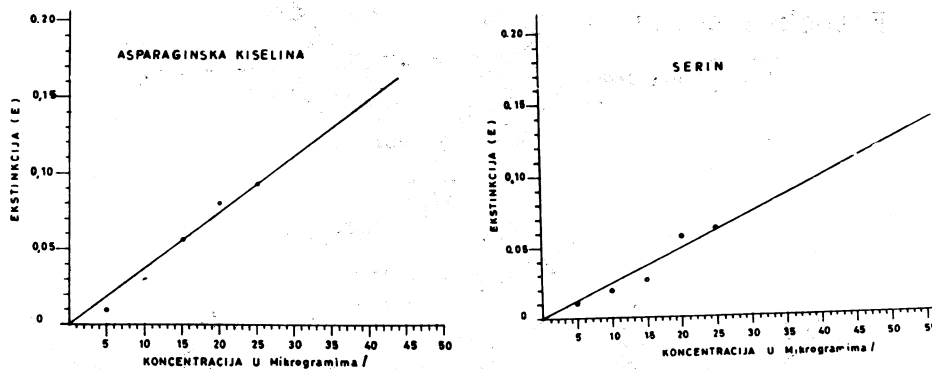
Dinamika sadržaja karotinoida u pojedinim momentima praćena je u toku vegetacije po opisanom postupku (Čupina 1961). Količina karotina i ksantofila je izražavana u  $\text{mg}/\text{dm}^2$  za svaki list. Osim toga, karotini i ksantofili su izražavani u mg na ukupno ostvarenu lisnu površinu po biljci.

Dinamika sadržaja slobodnih aminokiselina u pojedinim listovima je određivana po metodu Uspenske i Kretovića (1962). Kvalitativno određivanje pojedinih slobodnih aminokiselina je izvršeno pomoću papirne hromatografije. Izračunavanje količine pojedinih aminokiselina je vršeno na osnovu prethodno konstruisanih standardnih krivi za pojedine vrste aminokiselina (slika 2.), na osnovu očitavanja njihovih koncentracija na spektrofotometru »Beckman DU« na talasnoj dužini od 500 milimikrona. Pokazalo se da koncentracija aminokiselina u uzorku ne bi trebala da bude veća od 30 mikrograma.



Sl. 1 — Šema učešća i transformacije karotinoida u procesu fotosinteze.

Količina slobodnih aminokiselina je izražavana u  $\text{mg}/\text{dm}^2$  za svaki list. Izražavana je takokođe i količina ukupnih slobodnih aminokiselina u  $\text{mg}$  na ukupno ostvarenu lisnu površinu po biljci.



Sl. 2 — Kalibracione krive za standarde pojedinih aminokiselina

## DOBIVENI REZULTATI

### 1. Dinamika sadržaja karotinoida u pojedinim listovima

Podaci na tabeli 1 pokazuju da sadržaj karotinoida kod biljaka kukuruza s uzrastom listova podleže promjenama. Kako se porast listova završava u različito vreme u njima se obrazuje i maksimalni sadržaj karotinoida u različito vreme. Od pojave prvog lista do pojave svih listova na biljci se formiraju po uzrastu stari i mladi listovi kod kojih u jednom slučaju nastupa razgradnja, a u drugom sinteza karotinoida, što je, kako se smatra, uslovljeno istovremenim obnavljanjem i sintezom novih i razgradnjom starih molekula karotinoida.

Sadržaj ksantofila u pojedinim momentima određivanja bio je neznatno veći u odnosu na sadržaj karotina. Kod prvog lista maksimalni sadržaj karotina i ksantofila se ostvaruje posle 30 dana, a kod drugog lista malo kasnije. U vreme formiranog sklopa biljaka, kada se svi listovi pojave na stablu pa do kraja vegetacije, prvi i drugi list se uglavnom sasušuju, pa prema tome gube i karotinoide. Treći, četvrti, peti i šesti list pokazuju intenzivan porast karotina i ksantofila do faze metličanja, odnosno svilanja, a nakon toga sadržaj karotina i ksantofila u njima opada, jer se delomično ili potpuno osuše do polovine septembra (zavisno o gustini sklopa biljaka).

Sadržaj karotina i ksantofila u 7. 8. 9. 10. 11 i 12 listu raste do faze svilanja. Posle toga sadržaj ovih pigmenta se zadržava izvestan period na jednom nivou, a zatim postepeno opada do kraja vegetacije.

Sadržaj karotina i ksantofila u gornjim listovima (13. 14 i 15) se postepeno smanjuje, ali je još uvek veći u odnosu na donje listove.

Navedene činjenice nas upućuju na pretpostavku da sadržaj karotina i ksantofila, kao što je slučaj i sa hlorofilom (Č u p i n a 1968) ima uticaj na proces razvicia generativnih organa (klipa) kukuruza. Konstatovana je naj-

**Tabela 1** — Dinamika sadržaja karotinoida (mg po dm<sup>2</sup>) u pojedinim listovima u zavisnosti od broja i rasporeda biljaka kukuruza  
 The dynamics of Carotinoides content (mg per dm<sup>2</sup>) by different of leaves in dependence of the number and distribution of Corn plants

Listovi — Leaves	80 × 30 cm									
	20. V		20. VI		20. VII		20. VIII		10. IX	
	Karotini	Ksan- tofilni	Karotini	Ksan- tofilni	Karotini	Ksan- tofilni	Karotini	Ksan- tofilni	Karotini	Ksan- tofilni
1	0,12	0,13	0,14	0,14	—	—	—	—	—	—
2	0,13	0,14	0,14	0,15	0,14	0,17	—	—	—	—
3	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,13	0,15	—	—
4	0,12	0,15	0,15	0,16	0,16	0,18	0,14	0,15	—	—
5	0,11	0,13	0,16	0,17	0,18	0,19	0,17	0,17	0,10	0,11
6	0,10	0,10	0,17	0,18	0,18	0,21	0,15	0,17	0,12	0,12
7			0,17	0,19	0,19	0,22	0,17	0,19	0,14	0,15
8			0,15	0,20	0,19	0,22	0,18	0,20	0,16	0,18
9			0,16	0,21	0,19	0,21	0,13	0,16	0,15	0,14
10			0,13	0,19	0,20	0,22	0,14	0,18	0,14	0,14
11			0,13	0,18	0,19	0,21	0,11	0,16	0,12	0,13
12					0,18	0,19	0,10	0,14	0,11	0,14
13					0,17	0,19	0,10	0,15	0,09	0,10
14					0,14	0,16	—	—	—	—
Prosek Average	0,12	0,13	0,15	0,17	0,18	0,20	0,14	0,16	0,13	0,13

Listovi — Leaves	80 x 60 cm									
	20. V		20. VI		20. VII		20. VIII		10. IX	
	Karotini	Ksan- tofilni	Karotini	Ksan- tofilni	Karotini	Ksan- tofilni	Karotini	Ksan- tofilni	Karotini	Ksan- tofilni
1	0,10	0,14	0,13	0,14	—	—	—	—	—	—
2	0,11	0,15	0,14	0,15	0,11	0,14	—	—	—	—
3	0,12	0,15	0,14	0,16	0,15	0,16	0,13	0,16	—	—
4	0,12	0,13	0,14	0,17	0,18	0,19	0,12	0,17	—	—
5	0,11	0,12	0,16	0,17	0,19	0,19	0,15	0,18	0,11	0,12
6	0,10	0,12	0,18	0,18	0,20	0,20	0,15	0,18	0,12	0,13
7			0,19	0,22	0,23	0,24	0,15	0,19	0,12	0,13
8			0,19	0,20	0,22	0,23	0,16	0,19	0,13	0,14
9			0,18	0,21	0,20	0,22	0,16	0,18	0,13	0,15
10			0,17	0,18	0,19	0,21	0,17	0,21	0,14	0,14
11			0,14	0,15	0,18	0,20	0,16	0,19	0,13	0,13
12			0,13	0,14	0,17	0,20	0,15	0,17	0,12	0,12
13					0,16	0,18	0,14	0,16	0,11	0,11
14					0,15	0,17	0,13	0,14	0,10	—
Prosek- Average	0,11	0,13	0,16	0,17	0,18	0,19	0,15	0,17	0,12	0,13

Nastavak tabele 1

Listovi — Leaves	70 x 30 cm									
	20. V		20. VI		20. VII		20. VIII		10. IX	
	Karo- tini	Ksan- tofilni	Karo- tini	Ksan- tofilni	Karo- tini	Ksan- tofilni	Karo- tini	Ksan- tofilni	Karo- tini	Ksan- tofilni
1	0,08	0,12	0,13	0,14	—	—	—	—	—	—
2	0,11	0,14	0,14	0,16	0,16	0,17	—	—	—	—
3	0,13	0,15	0,17	0,16	0,17	0,17	—	—	—	—
4	0,17	0,13	0,17	0,19	0,18	0,19	0,15	0,16	—	—
5	0,12	0,12	0,18	0,19	0,18	0,20	0,16	0,17	—	—
6	0,09	0,10	0,19	0,20	0,21	0,20	0,18	0,17	0,13	0,14
7			0,20	0,21	0,22	0,23	0,19	0,18	0,13	0,14
8			0,20	0,22	0,20	0,24	0,19	0,18	0,15	0,15
9			0,20	0,20	0,22	0,24	0,20	0,19	0,15	0,16
10			0,17	0,18	0,21	0,23	0,19	0,20	0,15	0,16
11			0,15	0,16	0,20	0,22	0,18	0,19	0,14	0,15
12			0,13	0,15	0,19	0,22	0,18	0,19	0,14	0,15
13					0,19	0,21	0,17	0,18	0,13	0,14
14					0,18	0,20	0,15	0,16	0,12	0,12
15					0,18	0,19	0,14	0,15	—	—
Prosek- -Average	0,12	0,13	0,17	0,18	0,18	0,21	0,17	0,18	0,13	0,15
70 x 60 cm										
1	0,12	0,12	0,12	0,13	—	—	—	—	—	—
2	0,12	0,14	0,12	0,13	0,13	0,14	—	—	—	—
3	0,13	0,15	0,13	0,14	0,15	0,16	0,13	0,14	—	—
4	0,13	0,15	0,13	0,14	0,15	0,16	0,14	0,15	—	—
5	0,12	0,14	0,14	0,15	0,17	0,17	0,15	0,17	0,14	0,15
6	0,10	0,10	0,15	0,15	0,17	0,18	0,16	0,16	0,15	0,16
7			0,16	0,16	0,18	0,19	0,17	0,18	0,15	0,16
8			0,15	0,17	0,17	0,20	0,18	0,19	0,16	0,17
9			0,15	0,16	0,20	0,21	0,19	0,20	0,16	0,18
10			0,14	0,15	0,21	0,23	0,19	0,22	0,15	0,19
11			0,13	0,14	0,19	0,24	0,18	0,22	0,15	0,18
12			0,12	0,14	0,19	0,20	0,18	0,20	0,14	0,18
13					0,18	0,19	0,18	0,20	0,14	0,17
14					0,17	0,19	0,17	0,19	0,13	—
15					0,15	0,18	0,14	0,18	—	—
Prosek- -Average	0,12	0,13	0,14	0,15	0,17	0,19	0,16	0,18	0,15	0,17



Nastavak table 1

Listovi — Leaves	100 x 15 cm									
	20. V		20. VI		20. VII		20. VIII		10. IX	
	Karotini	Ksantofili	Karotini	Ksantofili	Karotini	Ksantofili	Karotini	Ksantofili	Karotini	Ksantofili
1	0,11	0,12	0,11	0,13	—	—	—	—	—	—
2	0,12	0,13	0,12	0,13	—	—	—	—	—	—
3	0,12	0,13	0,12	0,14	0,14	0,15	—	—	—	—
4	0,11	0,14	0,13	0,14	0,16	0,17	0,14	0,15	—	—
5	0,10	0,13	0,14	0,15	0,17	0,18	0,15	0,16	—	—
6	0,09	0,11	0,15	0,16	0,18	0,19	0,15	0,17	—	—
7			0,16	0,17	0,18	0,20	0,16	0,17	0,14	0,15
8			0,15	0,17	0,19	0,21	0,16	0,18	0,15	0,15
9			0,14	0,16	0,20	0,21	0,17	0,18	0,15	0,17
10			0,14	0,16	0,19	0,20	0,17	0,18	0,16	0,18
11			0,13	0,14	0,19	0,19	0,16	0,17	0,15	0,17
12			0,12	0,13	0,18	0,19	0,15	0,15	0,17	0,14
13					0,17	0,18	0,14	0,15	0,13	0,14
14					0,17	0,17	0,13	0,14	0,10	0,12
15					0,15	0,17	—	—	—	—
Prosek-Average	0,11	0,13	0,13	0,15	0,16	0,17	0,14	0,16	0,14	0,15
Listovi — Leaves	100 x 30 cm									
	20. V		20. VI		20. VII		20. VIII		10. IX	
	Karotini	Ksantofili	Karotini	Ksantofili	Karotini	Ksantofili	Karotini	Ksantofili	Karotini	Ksantofili
1	0,10	0,11	0,11	0,12	—	—	—	—	—	—
2	0,11	0,13	0,12	0,12	—	—	—	—	—	—
3	0,11	0,13	0,13	0,15	0,14	0,16	—	—	—	—
4	0,12	0,14	0,13	0,15	0,15	0,17	0,13	0,15	—	—
5	0,10	0,12	0,14	0,16	0,16	0,18	0,14	0,16	—	—
6	0,08	0,09	0,15	0,16	0,16	0,20	0,15	0,17	—	—
7			0,17	0,18	0,17	0,21	0,15	0,18	0,14	0,15
8			0,16	0,17	0,18	0,21	0,16	0,19	0,14	0,16
9			0,14	0,16	0,18	0,21	0,16	0,18	0,15	0,17
10			0,12	0,13	0,17	0,22	0,15	0,17	0,14	0,16
11			0,11	0,13	0,16	0,20	0,13	0,16	0,13	0,15
12			0,10	0,11	0,15	0,19	0,12	0,15	0,12	0,14
13					0,14	0,15	0,12	0,14	0,13	0,13
14					0,13	0,14	—	—	—	—
Prosek-Average	0,10	0,12	0,13	0,14	0,16	0,19	0,14	0,16	0,15	0,14

veća količina karotina i ksantofila u onim listovima u čijoj se zoni formiraju klipovi. Verovatno je da se posle zametanja klipova karotini i ksantofili deponuju iz donjih i gornjih listova u listove koji se nalaze u zoni klipa, i u samom klip, odnosno zrno koje je vrlo bogato karotinoidima.

**Tab. 2** — Dinamika sadržaja karotinoida (mg po biljci) u zavisnosti od broja i rasporeda biljaka kukuruza

The dynamics of Carotinoides content (mg per plants) in dependence of the number and distribution of Corn plants

Varijante sklopa Variants of population	20. V		20. VI		20. VII		20. VIII		10. IX	
	Karotini	Ksantofili	Karotini	Ksantofili	Karotini	Ksantofili	Karotini	Ksantofili	Karotini	Ksantofili
80 × 30 cm	0,31	0,34	3,41	3,87	13,41	14,80	9,80	11,20	7,04	7,04
80 × 60 cm	0,28	0,34	3,92	4,18	13,01	13,70	9,92	11,30	6,25	6,76
70 × 30 cm	0,19	0,21	3,75	3,98	12,70	14,83	10,05	10,67	7,58	7,60
70 × 60 cm	0,19	0,20	3,13	3,34	12,36	13,62	10,00	11,20	7,75	8,76
100 × 15 cm	0,16	0,18	2,44	2,81	10,00	10,60	7,69	8,76	7,14	7,72
100 × 30 cm	0,14	0,17	2,52	2,71	10,70	12,51	8,25	9,45	7,91	7,41

Prema rezultatima Šuljgina (1962), smatra se da postoji zakonomernost između sadržaja hlorofila u listovima kukuruza i etapa organogeneze klipa. Prema našim rezultatima, čini se da takva zakonomernost postoji i kod karotina i ksantofila. Svakoj etapi organogeneze odgovara postojan sadržaj karotina i ksantofila. Maksimalni sadržaj karotina i ksantofila se ostvaruje u VII etapi organogeneze, a kasnije u vreme mlečne i voštane zrelosti sadržaj ovih pigmenata postepeno opada. Prema tome, sadržaj karotina i ksantofila je povezan pored procesa fotosinteze i sa generativnim razvićem kukuruza. Maksimalni sadržaj ovih pigmenata usko je povezan s procesom mikrosporogeneze u fazi formiranja muških i ženskih polnih ćelija na što ukazuju i rezultati Žukovskog (1949). Maksimalni sadržaj karotina i ksantofila se podudara s maksimalnim sadržajem hlorofila, što ukazuje na zajedničku funkcionalnost pigmenata hloroplasta. Prema rezultatima dobivenim u ovom radu i ranije dobivenim rezultatima (Čupina 1965) postoji povezanost između opšteg metabolizma materija i sadržaja karotina i ksantofila u lišću kukuruza.

Na tabeli 2 su izneti podaci o sadržaju karotina i ksantofila na ukupno ostvarenu lisnu površinu po biljci za pojedine varijante sklopa. Pada u oči da sadržaj karotina i ksantofila po biljci opada s povećanjem gustine sklopa. To je i razumljivo, jer lisna površina po biljci opada povećanjem broja biljaka. Međutim, sadržaj karotina i ksantofila po jedinici lisne površine (-mg/dm<sup>2</sup>) ne pokazuje veće razlike kod pojedinih varijanata sklopa.

## 2. Dinamika sadržaja slobodnih aminokiselina u pojedinim listovima

Na tabeli 3 je prikazana dinamika sadržaja slobodnih aminokiselina u pojedinim grupama listova u zavisnosti od gustine sklopa biljaka. Kao što se vidi, sadržaj pojedinih vrsta slobodnih aminokiselina bio je različit kod

pojedinih grupa listova u toku rastenja i razvića biljaka kukuruza. Sadržaj ovih kiselina po jedinici lisne površine (mg po dm<sup>2</sup>) kod pojedinih varijanata sklopa ne pokazuje bitnije razlike.

Najveći sadržaj slobodnih aminokiselina je zapažen u srednjim listovima, zatim u donjim, a najmanji u gornjim listovima. Broj pojedinih vrsta slobodnih aminokiselina bio je jednak kod različitih grupa listova u pojedinim momentima određivanja. Maksimalni sadržaj slobodnih aminokiselina se ostvaruje u različito vreme u pojedinim listovima. U donjim i srednjim listovima najveća količina i broj aminokiselina je konstatovan oko 20. juna, odnosno u vreme pojave 12—13 listova. Međutim, najveći sadržaj slobodnih aminokiselina u gornjim listovima je zapažen u vreme njihovog pojavljivanja, tj. neposredno pred metličanje. Od faze metličanja broj i koncentracija pojedinih aminokiselina u listovima počinje da se smanjuje. Prema tome, u vreme intenzivnog porasta listova povećava se sinteza slobodnih aminokiselina. Povećana sinteza aminokiselina u svakom prethodno pojavljenoj listu uslovljava povećanu sintezu belančevina i porast narednog lista na stablu. Prema tome, količina belančevina u listovima kukuruza u početnim fazama raste na bazi povećanja biosinteze aminokiselina i produžava se takvim tempom sve do faze cvetanja. Posle cvetanja količina slobodnih aminokiselina, a samim tim i belančevina, u listovima se smanjuje, dok se u reproduktivnim organima količina belančevina povećava. Dakle, nakon cvetanja belančevine i aminokiseline se premeštaju iz gornjih i donjih u srednje listove i klip, odnosno zrno, gde se uključuju u nove cikluse metabolizma. Od momenta pojave klipa postepeno se smanjuje količina aminokiselina i u srednjim listovima, ali znatno sporije u odnosu na gornje i donje listove. Slobodne aminokiseline u toku rastenja i razvića kukuruza podležu stalnim metaboličkim promenama, služe za sintezu belančevina, nukleinskih kiselina, transformišu se u razna bezazotna jedinjenja, kao što su organske kiseline, ugljenih hidrati lipidi itd.

Kao što je spomenuto, posle cvetanja količina i broj aminokiselina u listovima se smanjuje. Među tim aminokiselinama se smanjuje metionin, valin i lizin, koje spadaju u grupu takozvanih neophodnih aminokiselina. Pored navedenih aminokiselina iz lista se gube i druge aminokiseline, tako da u listu ostaju samo osnovne aminokiseline, kao što su glutaminska i asparaginska kiselina, njihovi amidi i alanin.

Asparaginska kiselina, kao što je poznato, vrlo je usko povezana sa svim procesima metabolizma materija. Zajedno sa glutaminskom kiselinom i glutaminom ona se javlja osnovnom karikom u metabolizmu belančevina i ugljenih hidrata, a sa oksalosirćetnom kiselinom čini osnovne komponente ciklusa Krebsa. Asparaginska kiselina učestvuje u biosintezi purinovih i pirimidinovih baza koje čine deo molekula nukleinskih kiselina, a takođe ona čini vezu između metabolizma ugljenih hidrata i nukleinskih kiselina (vidi šemu asparaginske kiseline i asparagina). Asparaginska kiselina zauzima jedno od centralnih mesta u metabolizmu aminokiselina, jer predstavlja donatore aminogrupa u reakcijama transaminiranja, koje služe u sintezi alanina, homoserina i drugih aminokiselina iz kojih se u daljem procesu obrazuju nove aminokiseline i druge vrste organskih materija. Treba istaći da asparaginska kiselina učestvuje u biosintezi karbamida preko ornitinovog ciklusa gde zajedno sa citrulinom stvara argininilbarnu kiselinu.

**Tabela 3** — Dinamika sadržaja slobodnih aminokiselina (mg/dm<sup>2</sup>) u pojedinim grupama listova u zavisnosti o broju i rasporedu biljaka kukuruza  
 The dynamics of free amino acids content (mg per dm<sup>2</sup>) on determined groups of leaves in dependence of the number and distribution of Corn plants

Varijante - sklopa - Variants of population	20. V										20. VI																								
	Cistin		Lizin+histidin		Asparagin		Aspar. Kis. + serin + glicin		Glut. kiselina		Treonin+alanin		Amino buter. kis.		Metionin		Valin		Cistin		Lizin+histidin		Asparagin		Aspar. Kis. + serin + glicin		Glut. kiselina		Treonin+alanin		Amino buter. kis.		Metionin		Valin
80x30 cm	donja—Lower	0,29	0,38	0,30	0,30	0,85	0,90	0,78	0,49	0,39	0,15	0,35	0,42	0,43	0,93	0,80	0,99	0,50	0,45	0,20	0,20	0,30	0,56	0,85	0,89	0,96	0,49	0,50	0,30						
	srednja—Middle																																		
	gornja—Upper																																		
	prosek—Average	0,29	0,38	0,30	0,30	0,85	0,90	0,78	0,49	0,39	0,15	0,28	0,36	0,49	0,89	0,48	0,97	0,49	0,47	0,25	0,25	0,21	0,30	0,85	0,89	0,96	0,49	0,50	0,30						
80x60 cm	donja—Lower	0,27	0,34	0,32	0,79	0,86	0,79	0,48	0,40	0,13	0,31	0,32	0,40	0,91	0,80	0,95	0,52	0,48	0,24	0,24	0,24	0,26	0,33	0,58	0,95	0,83	0,97	0,61	0,46	0,32	0,32				
	srednja—Middle																																		
	gornja—Upper																																		
	prosek—Average	0,27	0,34	0,32	0,79	0,86	0,79	0,48	0,40	0,13	0,28	0,32	0,49	0,93	0,81	0,96	0,56	0,47	0,28	0,28	0,28	0,37	0,48	0,89	0,90	0,92	0,35	0,13	0,18						
70x30 cm	donja—Lower	0,27	0,42	0,32	0,87	0,94	0,70	0,47	0,36	0,16	0,37	0,38	0,49	0,92	0,92	0,36	0,27	0,20	0,20	0,20	0,20	0,38	0,49	0,92	0,92	0,36	0,27	0,20	0,20						
	srednja—Middle																																		
	gornja—Upper																																		
	prosek—Average	0,27	0,42	0,32	0,87	0,94	0,70	0,47	0,36	0,16	0,37	0,48	0,49	0,90	0,91	0,92	0,35	0,20	0,19	0,19	0,19	0,37	0,48	0,49	0,90	0,92	0,30	0,18	0,18						
70x60 cm	donja—Lower	0,30	0,35	0,32	0,83	0,88	0,76	0,48	0,35	0,18	0,35	0,38	0,42	0,88	0,90	0,92	0,36	0,16	0,19	0,19	0,19	0,38	0,42	0,48	0,91	0,92	0,36	0,16	0,19						
	srednja—Middle																																		
	gornja—Upper																																		
	prosek—Average	0,30	0,35	0,32	0,83	0,88	0,76	0,48	0,35	0,18	0,36	0,43	0,45	0,89	0,91	0,94	0,33	0,17	0,18	0,18	0,18	0,38	0,42	0,48	0,91	0,92	0,36	0,16	0,19						
100x15 cm	donja—Lower	0,28	0,36	0,27	0,80	0,90	0,76	0,48	0,35	0,16	0,32	0,42	0,41	0,90	0,95	0,80	0,40	0,21	0,16	0,16	0,16	0,34	0,47	0,41	0,89	0,80	0,47	0,30	0,18						
	srednja—Middle																																		
	gornja—Upper																																		
	prosek—Average	0,28	0,36	0,27	0,80	0,90	0,76	0,48	0,35	0,16	0,33	0,44	0,41	0,89	0,97	0,80	0,44	0,25	0,17	0,17	0,17	0,30	0,41	0,35	0,90	0,85	0,39	0,25	0,14						
100x30 cm	donja—Lower	0,20	0,36	0,32	0,81	0,85	0,79	0,48	0,35	0,18	0,30	0,33	0,40	0,48	0,92	0,89	0,45	0,31	0,18	0,18	0,18	0,33	0,40	0,48	0,92	0,89	0,45	0,31	0,18						
	srednja—Middle																																		
	gornja—Upper																																		
	prosek—Average	0,20	0,36	0,32	0,81	0,85	0,79	0,48	0,35	0,18	0,30	0,33	0,40	0,48	0,92	0,89	0,45	0,31	0,18	0,18	0,18	0,33	0,40	0,48	0,92	0,89	0,45	0,31	0,18						

Nastavak tabele 3

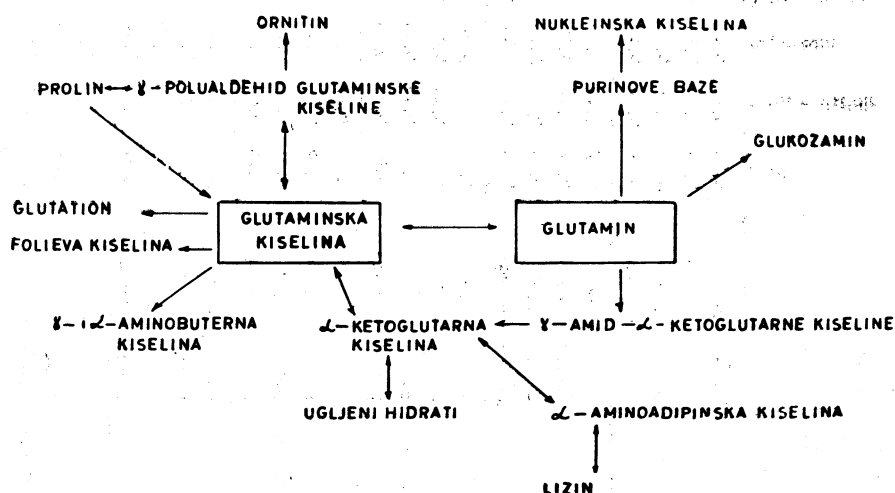
	20. VIII				10. IX				10. IX										
	Cistin	Lizin + histidin	Asparagin	Aspar. kis + serin + glicin	Glut. kiselina	Treonin + alanin	Amino buter. kis.	Lizin + histidin	Asparagin	Aspar. kis + serin + glicin	Glut. kiselina	Treonin + alanin	Amino buter. kis.	Asparagin	Aspar. kis + serin + glicin	Glut. kiselina	Treonin + alanin	Amino buter. kis.	
80x30 cm	donja—Lower	0,26	0,83	0,31	0,90	0,78	0,95	0,39	0,31	0,37	0,81	0,32	0,76	0,15	—	—	—	—	—
	srednja—Middle	0,30	0,42	0,44	0,93	0,81	0,98	0,43	0,39	0,36	0,78	0,45	0,78	0,20	0,26	0,51	0,44	0,60	0,19
	gornja—Upper	0,23	0,24	0,30	0,72	0,70	0,85	0,35	0,31	0,32	0,69	0,36	0,51	0,19	0,31	0,52	0,26	0,51	0,16
	prosek—Average	0,26	0,33	0,33	0,85	0,76	0,92	0,39	0,33	0,35	0,76	0,37	0,68	0,18	0,19	0,30	0,29	0,37	0,12
80x60 cm	donja—Lower	0,27	0,36	0,33	0,92	0,62	0,89	0,32	0,28	0,40	0,84	0,78	0,69	0,19	—	—	—	—	—
	srednja—Middle	0,29	0,39	0,41	0,96	0,65	0,79	0,33	0,31	0,40	0,90	0,75	0,70	0,20	0,30	0,45	0,40	0,32	0,18
	gornja—Upper	0,23	0,21	0,30	0,78	0,60	0,66	0,25	0,26	0,41	0,78	0,66	0,56	0,19	0,22	0,38	0,40	0,29	0,11
	prosek—Average	0,26	0,32	0,33	0,88	0,62	0,77	0,30	0,28	0,33	0,83	0,73	0,62	0,19	0,17	0,27	0,27	0,20	0,11
70x30 cm	donja—Lower	0,40	0,48	0,49	0,92	0,91	0,90	0,33	0,31	0,30	0,72	0,68	0,68	0,10	—	—	—	—	—
	srednja—Middle	0,41	0,50	0,40	0,95	0,94	0,89	0,30	0,35	0,38	0,79	0,80	0,69	0,21	0,20	0,62	0,62	0,54	0,16
	gornja—Upper	0,30	0,49	0,40	0,89	0,83	0,81	0,25	0,26	0,28	0,65	0,70	0,68	0,10	0,13	0,50	0,49	0,30	0,17
	prosek—Average	0,33	0,49	0,43	0,92	0,89	0,87	0,29	0,30	0,32	0,72	0,73	0,67	0,13	0,11	0,37	0,37	0,28	0,11
70x60 cm	donja—Lower	0,35	0,47	0,45	0,90	0,91	0,89	0,32	0,30	0,28	0,70	0,68	0,70	0,13	—	—	—	—	—
	srednja—Middle	0,39	0,45	0,48	0,92	0,96	0,87	0,32	0,35	0,30	0,74	0,70	0,75	0,20	0,21	0,62	0,65	0,68	0,30
	gornja—Upper	0,31	0,39	0,40	0,85	0,84	0,80	0,30	0,29	0,25	0,65	0,63	0,68	0,14	0,20	0,53	0,61	0,40	0,10
	prosek—Average	0,34	0,44	0,44	0,89	0,90	0,85	0,31	0,31	0,27	0,69	0,67	0,71	0,15	0,14	0,38	0,32	0,36	0,07
100x15 cm	donja—Lower	0,26	0,31	0,38	0,95	0,70	0,80	0,28	0,26	0,28	0,88	0,70	0,65	0,21	—	—	—	—	—
	srednja—Middle	0,35	0,38	0,45	0,92	0,73	0,85	0,30	0,31	0,30	0,80	0,74	0,70	0,31	0,27	0,79	0,83	0,63	0,15
	gornja—Upper	0,25	0,30	0,29	0,82	0,70	0,75	0,28	0,24	0,18	0,70	0,60	0,59	0,20	0,19	0,61	0,73	0,60	0,30
	prosek—Average	0,27	0,33	0,37	0,89	0,71	0,80	0,28	0,27	0,25	0,79	0,68	0,65	0,24	0,15	0,50	0,52	0,41	0,15
100x30 cm	donja—Lower	0,30	0,32	0,31	0,75	0,70	0,72	0,20	0,26	0,30	0,70	0,61	0,56	0,19	—	—	—	—	—
	srednja—Middle	0,32	0,35	0,39	0,78	0,80	0,85	0,29	0,31	0,32	0,70	0,61	0,59	0,17	0,23	0,60	0,50	0,49	0,13
	gornja—Upper	0,20	0,29	0,26	0,68	0,70	0,69	0,19	0,25	0,29	0,65	0,52	0,51	0,15	0,12	0,49	0,48	0,40	0,09
	prosek—Average	0,27	0,32	0,32	0,73	0,73	0,75	0,23	0,27	0,28	0,68	0,58	0,55	0,17	0,12	0,33	0,32	0,29	0,07

**Tab. 4** — Dinamika sadržaja ukupnih slobodnih amino-kiselina (mg po biljci) u zavisnosti od broja i rasporeda biljaka kukuruza  
 The dynamics of total free amino acids content (mg per plant) in dependence of the number and distribution of Corn plants

Varijante sklopa Variants of population	20. V	20. VI	20. VII	20. VIII	10. IX
80×30 cm	7,90	136,00	287,01	185,90	68,90
80×60 cm	8,30	106,03	297,11	197,00	53,12
70×30 cm	7,20	106,05	287,02	171,10	62,90
70×60 cm	6,90	103,05	278,12	176,20	65,70
100×15 cm	6,20	89,11	222,40	158,01	52,18
100×30 cm	6,10	89,20	224,07	148,90	57,61

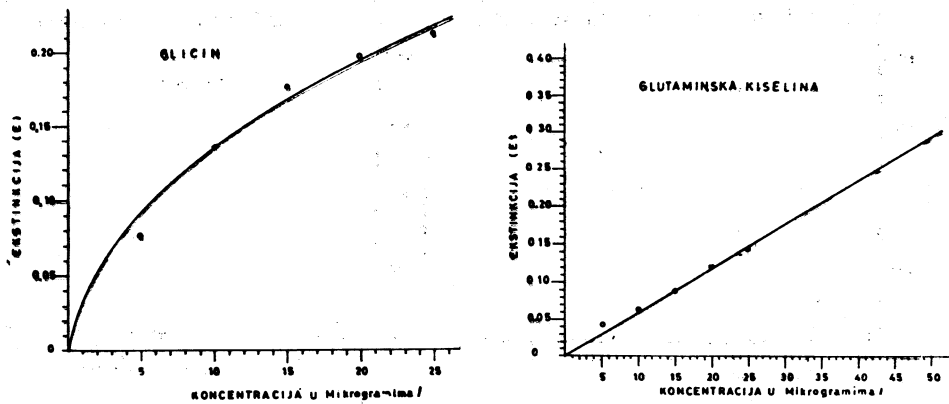
Još veći značaj u metabolizmu ima glutaminska kiselina i glutamin. Glutaminska kiselina ima najvažniju ulogu u procesima transaminiranja. Njene aminogrupe mogu biti prenošene ne samo na ketokiseline, no i na druga jedinjenja, te se uz njeno učešće obrazuje čitav niz organskih materija. Zajedno sa  $\alpha$ -ketoglutarnom kiselinom glutaminska kiselina čini osnovnu komponentu ciklusa Krebsa. Azot-amida-glutaminske kiseline glutamina služi za obrazovanje mnogobrojnih aminokiselina, prolina, ornitina, aminobuterne kiseline, peptida glutatona itd. Najveći broj aminokiselina u metaboličkim reakcijama je povezan s metabolizmom glutaminske i asparaginske kiseline i alanina (vidi šemu metabolizma glutaminske kiseline i glutamina). Ove tri aminokiseline se mogu obrazovati iz niza drugih aminokiselina. Glutaminska kiselina se obrazuje iz prolina, ornitina i histidina, alanin iz triptofana, cistina, serina itd. Isto tako aminogrupe drugih aminokiselina, npr. valina, leucina i izoleucina kao rezultat transaminiranja mogu preći na  $\alpha$ -ketoglutarnu kiselinu i obrazovati glutaminsku kiselinu. Prema tome, količina azota koja podleže ovom sistemu još se više povećava. Ovi

**ŠEMA METABOLIZMA GLUTAMINSKE KISELINE I GLUTAMINA**

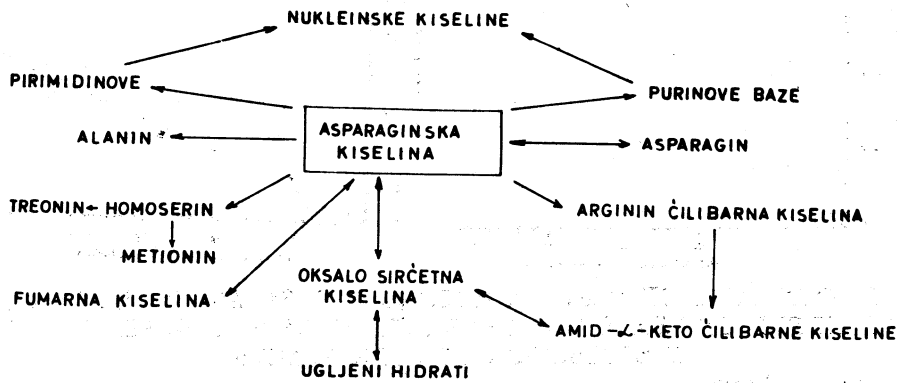


rezultati istovremeno ukazuju na centralno mesto dikarbonskih aminokiselina u metabolizmu materija.

Na tabeli 4 je prikazan sumarni sadržaj slobodnih aminokiselina na ukupno ostvarenu lisnu površinu po biljci. Na osnovu dobivenih podataka može se konstatovati da sumarni sadržaj slobodnih aminokiselina na ostvarenu lisnu površinu po biljci zakonomerno opada sa gustinom sklopa. Ovo smanjenje aminokiselina sa gustinom sklopa uslovljeno je smanjenjem lisne površine po biljci, i jakim smanjenjem intenziteta apsorpcije sunčeve energije u zoni donjih listova kod jako gustih sklopova. Naši raniji rezultati



### ŠEMA METABOLIZMA ASPARAGINSKE KISELINE I ASPARAGINA



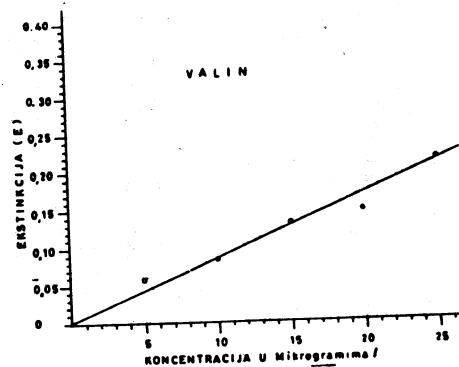
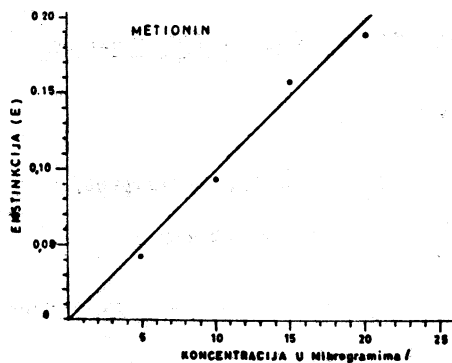
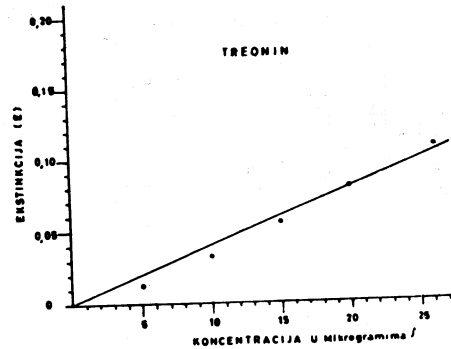
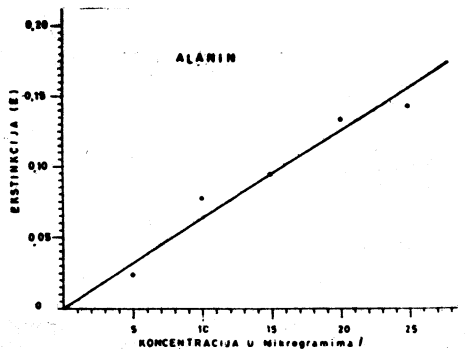
(Ćupina 1965) pokazuju da količina apsorbovane svetlosne energije opada, naročito u zoni donjih listova, kod najgušćih sklopova. Osim toga, smatra se da smanjenje intenziteta svetlosti dovodi do promene i njegovog kvaliteta što se može odraziti na pravac i puteve metabolizma u pojedinim listovima.

## ZAKLJUČAK

Na osnovu dobivenih rezultata mogu se izvesti sledeći zaključci:

Sadržaj karotinoida bio je različit u pojedinim listovima. Najveći je bio kod srednjih, zatim donjih a najmanji kod gornjih listova. U pogledu dinamike najveći sadržaj karotinoida je zapažen pred svilanje, što se podudara sa VII etapom organogeneze klipa. Sadržaj karotinoida se podudara sa sadržajem hlorofila, i to kako u dinamici tako i u sadržaju u pojedinim grupama listova. Sadržaj karotinoida opada sa gustinom useva.

Sadržaj slobodnih aminokiselina bio je najveći u srednjim i donjim listovima, a najmanji u gornjim. Maksimalan sadržaj aminokiselina je zapažen oko 20. juna. Sadržaj asparaginske i glutaminske kiseline, a takođe i alanina, tokom svih analiza je dominirao nad ostalim aminokiselinama.



### THE DYNAMICS OF CAROTINOIDES AND FREE AMINO ACIDS BY DIFFERENT OF LEAVES IN DEPENDENCE OF THE NUMBER AND DISTRIBUTION OF CORN PLANTS

Dr Tomislav Čupina

The Institute for Agricultural Research  
Department of Plant Physiology — Novi Sad

#### Summary

From the results obtained the following conclusions can be drawn:  
Content of carotinoides in individual leaves was variable, the highest was in the middle leaves, then in the lower, and least in the upper. With



regard to the dynamics, the highest content of carotinoides was observed before silking, which agrees with the seventh stage of the organogenesis of the ear. The content of carotinoides agrees with that of chlorophyll, both in dynamics and with regard to the content of individual groups of leaves. The content of carotinoides decreases with the density of crops.

Content of free amino acids was the highest in the middle and lower leaves, and the lowest in the upper leaves. The maximum content of free aminoacids was observed on 20 June. Content of aspartic and glutamic acids, as well as alanine, predominated over all other amino acids.

#### LITERATURA

1. Strebeyko P., Kawrowska Z.: Zawartosc wody u lisciah roslin u-prawnyh (bdania metodyczna). Roczniki nauk Rolniczych, Tom 78, A 4,5—30, Warszawa, 1958.
2. Dobrunov L. G., Rjahova D. K., Kiznikcev B. H.: Fiziologičeskie osobenosti i produktivnost kukuruzi pri vozdelivanii širokorjadnim kvadratno-gnezdomim sposobom v parovom pole. Biohimija i fiziologija formirovanija urožaja kukuruzi, Izd. AN SSSR, Moskva, 1960.
3. Ničiporovič A. A.: O svojstva posevov rastenij kak optičeskoj sistemi. Fiziologija rastenij, Tom 8, Vip. 5, 1961.
4. Glogov L. V.: Intenzivnost fotosinteza kukuruzi. »Izvestija TSHA«, Vip 3, 1967.
5. Watson D. J.: Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variations of net assimilation rate and leaf area between species and varieties and between years — Ann. of Botani, N. S. XI, 41, 1947.
6. Moss N. D.: Some effects of light CO<sub>2</sub> and soil moisture on photosynthesis, respiration and transpiration of corn. »Crop science« V I, No 2, 1961.
7. Zemskij V. G., Mutinskij J., Vlasova O. N.: Vorzastanie i jarnie izmenenija vodnogo režima listev kukuruzi. »Dokladi TSHA« vip. 70, 1961.
8. Platon M.: Rolul frunzelor de la diferitele etaje in cresterea si dezvoltarea stiklotilor la porumb. Lucraria stintifice, Institut agronomie. Profesor Ion Jonesku de le Brand Jași, 1959.
9. Bajai I.: Osszefüggés a kukurica levelfelülete és a tenyészterület különfele alakja között. »Növénytermelés«, Tom 8, No 3, Budapest, 1959.
10. Filimonova L. N.: Iz isledovanii po biologii i agrotehniki kukuruza. »Izvestija TSHA« No 1, 1960.
11. Šain S. S., Motova A. B.: »Kukuruza« No 9, 1959.
12. Šuljgin I. A., Kuperman F. M., Ščerbina I. P.: O svjezi sodržanija hlorofila s etapami organogeneza u kukuruzi. »Fiziologija rastenij«. Tom 9, Vip. 3, 1962.
13. Šarić M., Radžijev D., Čupina T.: Proučavanje vrednosti pojedinih listova kukuruza prema sadržaju biljnih pigmenata i intenzitetu fotosinteze. »Kukuruz« br. 8, Beograd, 1959.
14. Šarić M.: Proučavanje značaja različitih listova u formiranju prinosa kukuruza. »Arhiv za poljoprivredne nauke«, br. 54, Beograd, 1963.
15. Čupina T.: Kompenzaciona tačka i zasićenost fotosinteze kod listova kukuruza i sirka u zavisnosti od intenziteta svetlosti. »Arhiv bioloških nauka«, br. 3—4, Beograd, 1962.

16. Čupina T., Gerić I., Sarić M.: Proučavanje fiziološke aktivnosti listova kukuruza. »Zbornik radova Instituta za poljoprivredna istraživanja«, br. 1, Novi Sad, 1963.
17. Čupina T.: Fiziološka i biohemijska vrednost različitih listova kukuruza u različitom sklopu biljaka. »Arhiv za poljoprivredne nauke«, br. 60, Beograd, 1965.
18. Čupina T.: Formiranje fotosintetičkog aparata kod biljaka kukuruza i njegov značaj za visinu i kvalitet ostvarenog prinosa. »Agronomski glasnik«, br. 1, Zagreb, 1968.
19. Pleskov B. P.: Biohimijska selskohozjastvenih rastenij. Izd. »kolos« Moskva, 1965.
20. Novikov B. A., Vitkovskaja V. V.: Dinamika zelenih i žutih pigmentov u ontogenezi jarovoj pšenici. »Problemi fotosinteza« Izd. AN SSSR, Moskva, 1959.
21. Lebedev S. I.: Fotosintez. Izd. UASH, Kijev, 1961.
22. Gjubbenet E. R.: Rastenije i hlorofil, Izd. AN SSSR, Moskva—Leningrad, 1951.
23. Gudvin T.: Sravnitel'naja biohimijska karotinojdoj. Izdatel'stvo inostranoj literaturi, Moskva, 1954.
24. Saakov V. S.: Sezonaja dinamika i vnuternaja vzajmosvjaz pigmentov sistemi karotinojdoj. »Dokladi AN SSSR, Tom 171, N-1, 1966.
25. Lebedev S. I., Kurjaceva O. H.: O roli pigmentov plastid v procese rosta rastenij. »Fiziologija rastenij«, Tom 13, vip. 5, 1966.
26. Šijan P. N., Lebedev C. I.: O biohimijskih izmenenija v etioliranih proroskah kukuruzi pri ih zelenenii. »Fiziologija rastenij«. Tom 13, vip. 5, 1966.
27. Šlik A. A.: Metod mečenih atomov v izučenij biosinteza hlorofila, Izd. AN SSSR, Minsk, 1956.
28. Biskupskij M. M.: K biologii dozrevanija zarodišej nekatorih hlebnih zlakov. »Dokladi VASHNIL«, 2, 1965.
29. Batler U., Dauns P.: Priroda, 8, 48, 1962.
30. Cholnoky L. et al.: Acta. Biol. Acta. Scint. Hung., 143, 1955.
31. Yamamoto H. Y. et al.: Arch. Biochem. and Biophys. 97, 168, 1962.
32. Saakov V. S.: O vozmožnoj roli karotinojdoj v mehanizme perenosa kisloroda fotosinteza. »Fiziologija rastenij«, Tom 12, vip. 3, 1965.
33. Sapožnikov D. I., Krasovskaja T. A., Maevskaja A. N.: Izmenenie sootnošenija osnovnih karotinojdoj zelenogo lista pod dejstviem sveta. »Problemi fotosinteza«, Izd. AN SSSR, Moskva, 1959.
34. Bamji M. S., Krinsky N. I.: Jour. Biol. Chem, 240, 1, 1965.
35. Krinsky N. I.: Biochim. et biophys. acta, 88, 3, 1964.
36. Sapožnikov D. I., Kolotova L. R., Gil'er J. E.: Spekr dejstvia dezepoksidacii violaksantina. »Dokladi« AN SSSR, Tom 171, No 3, 1966.
37. Čupina T., Gerić I.: Uticaj nekih faktora na obrazovanje biljnih pigmentata kod različitih sorata pšenice, »Savremena poljoprivreda«, br. 4, Novi Sad, 1961.
38. Uspenskaja Z. V., Kretovič V. L.: Količestvenoe opredelenie aminokislot pri pomošci hromatografii na bumage. Metodika količestvenoj bumažnoj hromatografii saharov, organičeskih kislot i aminokislot u rastenij. Izd. AN SSSR, Moskva—Leningrad, 1962.