

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

FORMIRANJE FOTOSINTETIČKOG APARATA KOD BILJAKA KUKURUZA I NJEGOV ZNAČAJ ZA VISINU I KVALITET OSTVARENOG PRINOSA

UVOD

Fotosintetička aktivnost biljaka predstavlja složen kompleks raznih pokazatelja i procesa. U tom kompleksu naročiti značaj ima brzina formiranja i veličina lisne površine, što duže trajanje aktivnosti onih listova koji utiču na stvaranje reproduktivnih organa, što veći intenzitet i produktivnost fotosinteze jedinice lisne površine, najoptimalnije iskorišćavanje produkata fotosinteze u formiranju poljoprivrednog prinosa (k. polj.) i što energičnije transportovanje asimilata iz listova u reproduktivne organe.

Poseban značaj ima proučavanje uloge svakog pojedinog lista u fotosintetičkim procesima i formiranju prinosa.

Proučavanje razlika između pojedinih listova kod biljaka, već odavno privlači pažnju mnogobrojnih istraživača. U početku su ova istraživanja imala klasično obeležje. Tako je npr. još *Zalenski* (1904 i 1923) utvrdio dve principijelne razlike kod pojedinih listova na biljci: 1. čim se list nalazi više na stablu, njegove su ćelije gušće i imaju veći broj stominih otvora i sprovodnih snopića; 2. gornji listovi intenzivnije transpirišu u odnosu na donje listove.

Ova dva faktora su poslužila za dalja mnogobrojna istraživanja svojstava pojedinih listova pod uticajem spoljnih i unutrašnjih faktora. Obuhvaćena su npr. ispitivanja iz oblasti anatomske građe, vodnog režima, intenziteta disanja, intenziteta fotosinteze, intenziteta i puteva fermentativnih reakcija, distribucije i sadržaja pojedinih organskih materija, ispitivanje apsorpcije svetlosne energije, značaj pojedinih listova u formiranju prinosa i njegovog kvaliteta itd.

Treba istaći da je geometrijski raspored pojedinih listova na biljci faktor koji uslovljava optička svojstva useva. *Toming* (1967) je utvrdio da u biljnom sklopu oblik i položaj pojedinih listova ima odlučujući značaj za apsorpciju sunčeve energije i intenzitet fotosinteze. Prema spomenutom autoru formiranje odgovarajućih rasporeda listova u biljnom sklopu je uslovljeno kompleksom spoljnih faktora. Kompleks tih spoljnih faktora čini sunčeva radijacija, temperaturni režim prizemnog sloja vazduha i odnos između transpiracije i sadržaja vlage u zemljištu (evaporacija). Pored toga, veliki značaj ima i konkurencija između pojedinih biljaka za vlagu i mineralne materije iz zemljišta.

Raspored pojedinih listova na biljci u biljnom sklopu može da bude sledeći: horizontalan, vertikalni, optimalan i haotičan. Gornji listovi imaju vertikalni raspored, a idući prema nižim listovima dominira horizontalni raspored. Prema *Ničiporoviču* (1963) takav raspored listova je opti-

malan. Pri ovakvom rasporedu listova najveći intenzitet fotosinteze se postiže u 9 i 15 časova. To znači da ovaj raspored listova obezbeđuje najpovoljniji intenzitet fotosinteze po pojedinim spratovima, a što se ne dešava sa drugim tipovima rasporeda. Prema tome, optimalni raspored listova može da obezbedi zadovoljavajući intenzitet fotosinteze, čak i pri velikom broju biljaka po jedinici površine. Optimalni i vertikalni raspored listova u usevu obezbeđuju veću biosintezu organskih materija. Pri ovakvom rasporedu ne može doći do prezasićenja fotosinteze, tj. do štetnog dejstva veoma jake svetlosti u letnim popodnevnim časovima i u vreme suše. Treba istaći, da je optimalni i vertikalni raspored listova karakterističan za najkulturnije vrste biljaka.

Horizontalni i haotični raspored listova karakterističan je za reone s niskim intenzitetom svetlosti i ispoljavanje optimalnih pokazatelja fotosintetičke aktivnosti. Osim toga, horizontalni i haotični raspored listova je karakterističan za divlje oblike biljnih vrsta.

Tsunoda (1959) je utvrdio da su najproduktivnije sorte sirka one koje imaju vertikalni raspored listova na stablu. Takve sorte podnose vrlo guste sklopove biljaka (nema prevelikog uzajamnog zasenjivanja listova) svi listovi su relativno dobro osvetljeni, ovakve sorte dobro koriste mineralna đubriva iz zemljišta, imaju zadovoljavajući intenzitet fotosinteze i na kraju kod ovih sorata postoji visok koeficijent iskorišćavanja produkata fotosinteze u formiranju poljoprivrednog prinosa (k. polj.). Sorte sirka npr. koje imaju ugao između listova i horizontalne ravni $52-56^\circ$ imaju optimalnije pokazatelje fotosintetičke aktivnosti u odnosu na sorte čiji ugao iznosi $42-44^\circ$.

Ničiporovič (1961), Glogov (1967), Watson (1952) — ispitujući dinamiku formiranja fotosintetičkog aparata u biljaka kukuruza — zaključuju da usev kukuruza predstavlja veoma složen optički sistem. Svaki list kukuruza, naročito u formiranom usevu, odlikuje se svojom površinom, debljinom, težinom, oblikom, pravcem i uglom prostiranja u odnosu na horizontalnu ravan itd. Ne može se naći gotovo ni dva lista na koje padaju sunčevi zraci pod istim uglom. Ako bi listovi kukuruza bili poredani jedan do drugoga u vidu horizontalne ravni, tada bi mogli da apsorbiraju $85-90\%$ sunčeve energije koja pada na njih. Međutim, u tom slučaju bi najveća lisna površina po hektaru iznosila $10.000 \text{ m}^2/\text{ha}$, tj. lisna površina bila bi jednaka površini useva. Ipak, poznato nam je da lisna površina kukuruza iznosi 4—5 puta više, tj. $40.000-50.000 \text{ m}^2/\text{ha}$, pri čemu je odnos lisne površine i površine useva jednak 4:1. U vezi s tim treba istaći da je, prema dosadašnjim saznanjima, lisna površina od $40.000 \text{ m}^2/\text{ha}$ istovremeno i optimalna lisna površina za kukuruz. Svako dalje povećanje lisne površine dovelo bi do uzajamnog zasenjivanja listova, što bi se odrazilo na smanjenje intenziteta i produktivnosti fotosinteze. Međutim, i u prvom slučaju, ako bi listovi bili poredani u vidu horizontalne ravni, sunčeva svetlost bi na njih delovala destruktivno, jer bi njegov intenzitet odgovarao krivoj prezasićenja fotosinteze, te bi se svetlost takođe koristila s niskim koeficijentom. Međutim, ovakav raspored listova se u prirodi gotovo i ne susreće. Sama evolucija biljaka, prilikom njihovog uzgoja, tokom vremena je dovela do stvaranja hori-

zonalnog, haotičnog, vertikalnog i optimalnog rasporeda listova, što je već napred spomenuto.

Rezultati Glogova (1967) pokazuju da su donji i srednji listovi kukuruza zasjenjeni i pokazuju manji intenzitet fotosinteze u odnosu na gornje. Tako je npr. osvetljenost gornjih listova bila kod 40.000 biljaka/ha 100%, srednjih 36%, a donjih 19%; kod 60.000 biljaka po ha osvetljenost gornjih listova bila je 100%, srednjih 33%, a donjih 15%; međutim, kod 80.000 biljaka po ha osvetljenost gornjih listova bila je 100%, srednjih 29%, a donjih 9%. Ovi rezultati da kod 80.000 biljaka po ha donji listovi u formiranom sklopu ne pokazuju nikakvu fotosintetičku aktivnost, tj. nalaze se u takvim uslovima osvetljenosti koja odgovara kompenzacionoj tački (intenzitet disanja i fotosinteze su podjednaki). Mos (1961) je utvrdio da je kod kukuruza u formiranom sklopu limitirajući faktor, za fotosintetičku aktivnost, naročito donjih listova, osvetljenost, količina i cirkulacija CO₂.

Prema rezultatima Zemskog (1961), Čupine (1965, 1963. i 1962), Sarića (1959) različiti listovi kukuruza se u toku vegetacije odlikuju različitom fiziološkom i biohemijskom aktivnošću. U prvom delu vegetacije dominira proces obrazovanja listova, a u drugom delu vegetacije dominira proces obrazovanja reproduktivnih organa. I jedan i drugi proces zavise o korelativnim odnosima između pojedinih listova.

Rezultatima Platona (1959) i Sarića (1963) je utvrđena različita uloga pojedinih listova u formiranju prinosa kukuruza i njegovog kvaliteta. Najveću ulogu u formiranju prinosa imaju srednji, zatim gornji, a najmanju donji listovi. Ranije udaljavanje listova kukuruza više se odražava na smanjenje prinosa kukuruza u odnosu na njihovo udaljavanje u kasnijim periodama porasta i razvića.

Treba svakako istaći da je u mnogim radovima dokazana veoma visoka pozitivna korelacija između veličine lisne površine i visine prinosa kukuruza: Bajai (1959), Iso (1958), Györeefy (1957), Ustenko (1963), Keloša (1963), Čirkov (1963) i Hanway (1962).

Cilj ovog rada je bio da se ispita dinamika formiranja fotosintetičkog aparata biljaka kukuruza u toku vegetacije i njegov uticaj na prinos u zavisnosti od gustine useva.

METOD RADA

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

Zemljište je za ogled pripremljeno na uobičajeni način. Za osnovno đubrenje je upotrebljeno 10.000 kg stajnjaka i 850 kg mineralnih đubriva po hektaru. Od pojedinih mineralnih đubriva je uzeto 150 kg nitromonkala, 500 kg superfosfata i 200 kg 40% kalijumove soli po hektaru. Setva je obavljena krajem aprila. Za prihranjivanje je upotrebljeno 450 kg mineralnih đubriva. Prvo prihranjivanje je obavljeno u fazi 8—9 listova sa 100 kg nitromonkala, 100 kg superfosfata i 50 kg 40% kalijumove soli, a drugo pred metličanje sa 200 kg nitromonkala.

Ogled je postavljen u 5 ponavljanja, pri čemu je jedno ponavljanje korišćeno za praćenje dinamike formiranja fotosintetičkog aparata, a četiri ponavljanja su korišćena za utvrđivanje prinosa i njegovog kvaliteta. Površina elementarne parcele je iznosila 50 m².

Ispitivane su sledeće varijante sklopa biljaka: 70×30 cm, 80×30 cm, 100×15 cm, što odgovara oko 47.000, 40.000 i 66.000 biljaka po ha.

Neki pokazatelji u ovom ogledu su ispitivani ranije, ali samo po grupama listova, a rezultati su saopšteni 1965. godine. Međutim, u ovom radu je detaljno ispitivana dinamika formiranja i fotosintetička aktivnost svakog pojedinog lista. Za ispitivanje dinamike ovih pokazatelja je korišćeno 10 prosečnih biljaka.

Dinamika formiranja površine pojedinih listova je praćena pomoću parametara listova uz korišćenje koeficijenta *Montgomeria*. Površina svakog lista u pojedinim momentima je izražavana u m²/ha.

Dinamika prirasta suve materije pojedinih listova je praćena klasičnim putem, tj. sušenjem uzoraka na 105°C. Težina svakog pojedinog lista je izražavana u kg po ha.

Dinamika sadržaja hlorofila (a+b) u pojedinim momentima u toku vegetacije je praćena po metodu *Jams* (1955). Količina hlorofila je izražavana u mg/dm².

U toku vegetacije je praćena dinamika raspodele suve materije u pojedinim organima biljaka, a prirast je izražavan u kg po ha.

Na kraju vegetacije je utvrđen biološki i poljoprivredni prinos koeficijenta iskorišćavanja produkata fotosinteze u formiranju poljoprivrednog prinosa (k. polj.) kao i drugi pokazatelji kvaliteta zrna.

DOBIVENI REZULTATI

I. Dinamika formiranja površine pojedinih listova

Na tab. I su prikazani podaci dinamike formiranja površine pojedinih listova pri različitoj gustini sklopa biljaka kukuruza.

Odmah je vidljivo da dužina perioda rasta pojedinih listova pri svim ispitivanim sklopovima biljaka zavisi o njihovom položaju na stablu. Formiranje površine pojedinih listova kukuruza treba razmatrati posebno do pojave svih listova na biljci i nakon toga, tj. u potpuno formiranoj lisnoj površini.

Prvi i istovremeno najdonji list ima najmanju površinu, kratkotrajnu fotosintetičku aktivnost i kratak period života. Ovaj list postiže maksimalni porast u vreme pojave 12 listova na biljci, a nakon toga se suši i gubi aktivnost. Drugi, treći, četvrti i peti list postižu maksimalne dimenzije 20 dana posle pojave svih listova, a nakon toga se potpuno ili delimično sasušuju. Stepenu sušenja ovih listova je utoliko više izražen ukoliko je zastupljen gušći sklop biljaka. Kod varijanata 70×30 cm i 80×30 cm npr. krajem avgusta i početkom septembra se sasuši 3—5 donjih listova, a kod varijante 100×15

Tabela I — Dinamika formiranja lisne površine pojedinih listova u zavisnosti o broju i rasporedu biljaka kukuruza (m² po ha)

The dynamics of leaf area formation of determined of leaves in dependence of the number and distribution of corn plantes (m² per ha)

		70 × 30 cm						
Listovi—	Leaves	10. V	30. V	20. VI	10. VII	30. VII	20. VIII	10.IX
1		29	31	—	—	—	—	—
2		18	68	111	400	915	—	—
3			112	259	698	1160	—	—
4			149	366	1175	1750	1650	—
5			267	645	1626	2490	2160	—
6			165	980	2200	2850	2830	1500
7				1460	2680	3240	3100	1900
8				2010	3080	3420	3890	2350
9				2110	3140	3240	3220	2640
10				1380	3080	3140	3020	2520
11				725	3000	3210	2740	2290
12				344	2820	2770	2380	2120
13					2260	2490	2420	1880
14					1516	2010	1715	1360
15					1006	1710	996	581
Ukupno — Total		47	792	10190	28677	34395	30121	19141

		80 × 30 cm						
1		20	29	27	—	—	—	—
2		18	52	77	415	540	—	—
3			75	150	780	860	—	—
4			127	208	1010	1250	1190	—
5			163	392	1490	1745	2005	1035
6			78	760	1950	2200	2760	1535
7				1110	2240	2560	2480	2060
8				1500	2243	2740	2720	2410
9				1425	2740	2820	2760	2210
10				970	2800	2670	2680	2300
11				469	2290	2520	2480	1810
12				278	2040	2400	2300	1710
13					1535	2200	2180	1170
14					1262	1900	2100	935
15					905	1480	1500	760
Ukupno — Total		38	524	7366	23700	27880	27155	17935

Nastavak tabele 1

Listovi — Leaves	100 × 15 cm						
	10. V	30. V	20. VI	10. VII	30. VII	20. VIII	10.IX
1	28	40	36	—	—	—	—
2	19	91	96	555	—	—	—
3		134	202	995	1320	—	—
4		193	308	1610	1900	—	—
5		268	508	2220	2290	2010	—
6		109	770	3170	3280	3070	—
7			1395	3600	3720	3710	1960
8			1845	3540	3680	3600	2500
9			2225	3560	3880	3740	2830
10			2200	3360	3664	3520	2910
11			1340	2820	3600	3475	2580
12			378	2400	3400	3013	2330
13				2000	2700	2640	2230
14				1180	2210	2190	1500
15				775	1740	1635	1310
Ukupno — Total	47	836	11203	31785	37384	32603	20150

cm sasušeni se čak i do 6 listova. Listovi s najvećom površinom (to su listovi srednjih spratova) imaju najduži period rasta. Tako 6, 7, 8, 9, 10, 11 i 12 list npr. rastu vrlo intenzivno, pri čemu dostižu maksimalnu površinu posle svilanja, tj. 20 dana posle pojave svih listova. Kako na površinu ovih listova otpada preko 80%, s maksimalnom površinom ovih listova se podudara maksimum po biljci, odnosno po hektaru. Treba takođe istaći, da ovi listovi održavaju aktivnu površinu gotovo do kraja vegetacije. Čini se, dakle, da listovi u čijoj se zoni formira klip imaju najveću površinu, a istovremeno i najveću fotosintetičku aktivnost. Listovi gornjih spratova kukuruza, tj. 13, 14 i 15 list se odlikuju usporenim porastom, pri čemu se maksimalna površina ovih listova ostvaruje nešto kasnije u odnosu na listove u čijoj se zoni formira klip.

Zakonomernost formiranja površine pojedinih listova kukuruza kod individualnih biljaka se odražava na dinamiku formiranja lisne površine po hektaru. Podaci pokazuju da kod svih ispitivanih varijanata sklopa lisna površina raste energično do faze metličanja, a zatim neznatno do faze svilanja, nakon toga do kraja vegetacije postepeno opada.

2. Dinamika prirasta suve materije pojedinih listova

Na tabeli 2 su prikazani podaci o nakupljanju suve materije u pojedinim listovima u toku vegetacije.

U toku razvika biljaka kukuruza postoji korelacija između porasta lisne površine i nakupljanja suve materije u njima. Ova zakonomernost važi i u pogledu položaja listova na biljci i u pogledu njihove dinamike porasta. Treba istaći da su mnogi autori dokazali visoke pozitivne korelacije između nakupljanja suve materije i veličine lisne površine. L j a p š i n a (1966. i 1967) je utvrdila da postoji pozitivan koeficijent korelacije između veličine lisne površine i nakupljanja suve materije i iznosi $r = + 0,67$ do $+ 0,85$.

Tabela 2 — Dinamika prirasta suve materije pojedinih listova u zavisnosti od broja i rasporeda biljaka kukuruza (kg po ha)

The dynamics of dry matter increasing on determined of leaves in dependence of the number and distribution of corn plantss (kg per ha)

Listovi — Leaves	70 × 30 cm							
	10. V	30. V	20. VI	10. VII	30. VII	20. VIII	10. IX	
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,28	1	—	—	—	—	—	—
2	0,14	2	4	16	41	—	—	—
3		3	8	22	63	—	—	—
4		3	14	38	105	107	—	—
5		4	24	42	138	182	—	—
6		1	35	46	168	194	197	—
7			76	76	188	224	272	—
8			66	90	214	326	380	—
9			52	105	228	324	370	—
10			32	76	222	325	339	—
11			13	50	228	326	325	—
12			5	25	152	327	393	—
13				18	148	293	360	—
14				12	137	212	146	—
15				6	76	150	56	—
Ukupno — Total	0,42	14	329	621	2108	2990	2808	

80 × 30 cm								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,26	1	1	—	—	—	—	—
2	0,16	2	3	14	45	—	—	—
3		3	6	18	81	—	—	—
4		4	8	30	94	152	—	—
5		4	27	48	101	159	156	—
6		1	47	65	106	208	196	—
7			68	70	130	258	244	—
8			62	84	153	270	280	—
9			45	88	188	286	288	—
10			22	78	178	280	299	—
11			8	44	178	333	278	—
12			4	31	190	256	278	—
13				20	179	193	194	—
14				13	120	139	160	—
15				7	75	118	120	—
Ukupno — Total	0,42	15	301	610	1846	2653	2492	

Nastavak tabele 2

Listovi — Leaves	100 × 15 cm						
	10. V	30. V	20. VI	10. VII	30. VII	20. VIII	10. IX
1	0,38	1	—	—	—	—	—
2	0,16	1	2	16	—	—	—
3		3	4	26	70	—	—
4		4	4	39	71	—	—
5		4	12	57	106	168	—
6		1	26	88	170	180	—
7			37	87	190	252	352
8			78	94	256	309	398
9			64	70	266	350	441
10			58	66	287	438	426
11			52	58	256	407	418
12			13	40	250	413	365
13				20	250	289	279
14				15	150	266	203
15				7	113	129	104
Ukupno — Total	0,54	14	356	686	2435	3201	2986

U toku razvića biljaka kukuruza težina listova se smanjuje od sredine stabla na više i na niže. Kao što se vidi, težina svakog lista je uslovljena njegovom površinom. Pojava svakog novog lista se odlikuje intenzivnim nakupljanjem suve materije. Prema tome, svaki novi list koji se pojavi stimulisan je u porastu prethodnim listom. U toku porasta i razvića fiziološka aktivnost donjih listova se prenosi na srednje, a s njih na gornje listove, što omogućava najbolje uslove za formiranje i vegetativnih i generativnih organa biljaka. To ukazuje da je porast svakog pojedinog lista kukuruza uslovljen zakonomernom regulacijom i odnosom unutrašnjih procesa i koordinacijom porasta i razvića.

Prvi list, tj. najdonji, ima neznatnu težinu i ne pokazuje gotovo nikakav prirast suve materije. Drugi, treći, četvrti, peti i šesti list u toku vegetacije povećavaju svoju težinu gotovo do kraja svoje životne delatnosti. Krajem avgusta i početkom septembra, a u zavisnosti o broju biljaka po jedinici površine, ovi listovi se sasušuju i otpadaju sa stabla, zbog čega se njihov prirast težine praktično ne može konstatovati. Kod varijante s najvećim brojem biljaka npr. u tom periodu se sa biljke izgubi ili sasuši 4 do 6 donjih listova. Ovo sušenje donjih listova, kako se pretpostavlja, može biti uslovljeno sa 2 uzroka: 1. ranijim isključenjem ovih listova iz životnih procesa biljke, sa čime je uslovljeno i oticanje asimilata iz njih u druge organe i 2. gubitkom izvesne sposobnosti donjih listova u fotosintezi, koja je neophodna za pokrivanje gubitaka organske materije na proces disanja. Prema tome, gubljenje funkcije donjih listova dovodi do njihovog brzog starenja i odumiranja.

Kod 7. 8. 9. 10. 11. i 12. lista postoji nagli porast težine, pri čemu ovi listovi dostižu odgovarajući nivo i na tom nivou zadržavaju svoju težinu do kraja vegetacije.

Kod 13. 14. i 15. lista postoji takođe pojačan porast težine, ali samo do određenog perioda, a posle toga se njihova težina smanjuje. Smanjenje težine gornjih listova je zapaženo tek posle mlečne zrelosti, a to je uslovljeno otcicanjem asimilata iz ovih listova u reproduktivne organe.

3. Dinamika sadržaja hlorofila u pojedinim listovima

Podaci na tabeli 3 pokazuju da sadržaj hlorofila kod biljaka kukuruza s uzrastom listova podleže promenama. Kako se porast listova završava u različito vreme, u njima se obrazuje i maksimalni sadržaj hlorofila 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 hlorofila, a to je, kako se smatra, uslovljeno istovremenim obnavljanjem (sintezom) i razgradnjom (destrukcijom) molekula hlorofila.

Treba naglasiti da donji listovi s porastom neznatno menjaju sadržaj hlorofila i vrlo brzo dostižu maksimalni sadržaj. Kod prvog i drugog lista npr. maksimalni sadržaj hlorofila se ostvaruje već posle 20 dana od momenta pojavljivanja. U vreme formiranog sklopa biljaka, kada se svi listovi pojave na stablu pa do kraja vegetacije, prvi i drugi list se sasušuju te, prema tome, gube i hlorofil. Treći, četvrti, peti i šesti list pokazuju intenzivan porast sadržaja hlorofila do faze metličanja, a nakon toga sadržaj hlorofila u njima opada, jer se ovi listovi kod svih varijanata osuše do 10. septembra.

Sadržaj hlorofila u srednjim listovima se znatno povećava i dostiže maksimum u početku faze svilanja. Prema tome, u 7. 8. 9. 10. 11. i 12. listu najveći je sadržaj hlorofila po jedinici lisne površine. Posle faze svilanja zapaža se stabilizacija sadržaja hlorofila u ovim listovima i održava se na neznatno umanjenom nivou do kraja vegetacije.

Sadržaj hlorofila u gornja tri lista (13. 14. i 15.) manji je u odnosu na srednje listove, ali je veći u odnosu na donje listove.

Napred iznete činjenice upućuju nas na pretpostavku o tome da sadržaj hlorofila u listovima vrši uticaj na proces razvića generativnih organa (klipa) kukuruza. Treba istaći i to da se najveća količina hlorofila nalazi u onim listovima u čijim se pazusima nalaze najrazvijeniji klipovi.

Prema rezultatima Šuljgina (1962), kao i drugih autora, smatra se da postoji zakonomernost između sadržaja hlorofila u listovima kukuruza i etapa organogeneze klipa. Svačij etapi organogeneze odgovara postojan sadržaj hlorofila. Maksimalan sadržaj hlorofila u listu se postiže pred cvetanje, tj. u VII etapi organogeneze, a kasnije u vreme mlečne i voštane zrelosti, odnosno u X i XI etapi sadržaj hlorofila postepeno opada. Prema tome, sadržaj hlorofila je tesno povezan sa generativnim razvićem kukuruza. Maksimalni sadržaj hlorofila se podudara s vrlo važnim momentom u razviću biljaka kukuruza, tj. u fazi formiranja ženskih polnih ćelija. Osim toga, smatra se da je maksimalan sadržaj hlorofila povezan i uslovljava maksimalan sadržaj većeg broja organskih jedinjenja, jer se s maksimalnim sadržajom

Tabela 3 — Dinamika sadržaja hlorofila (mg po dm²) u pojedinim listovima u zavisnosti o broju i rasporedu biljaka kukuruza

The dynamics of chlorophyll content (mg per dm²) by different of leaves in dependence of the number and distribution of corn plants.

Listovi — Leaves	70 × 30 cm				
	20. V	20. VI	20. VII	20. VIII	20. IX
1	2,40	2,60	—	—	—
2	3,10	3,70	2,63	—	—
3	3,41	3,50	3,62	3,61	—
4	2,30	3,70	3,85	3,70	—
5	2,10	3,80	3,94	3,71	2,01
6	1,90	4,20	4,50	3,75	2,11
7		4,71	4,80	4,00	3,10
8		4,72	5,11	4,10	3,21
9		4,83	5,60	4,81	2,70
10		4,41	4,70	4,75	1,99
11		4,01	4,38	3,40	1,20
12		3,80	4,10	3,10	1,40
13			3,94	3,07	1,21
14			2,65	2,31	0,90
15			2,70	1,05	—
Prosek — Average	2,53	3,99	4,10	3,49	1,98

80 × 30 cm					
1	2,48	2,52	2,36	1,93	—
2	3,45	3,52	2,45	2,08	—
3	3,46	3,70	3,75	2,60	—
4	3,10	4,06	4,10	3,48	—
5	2,80	4,19	4,22	3,68	2,03
6	1,96	4,30	4,38	3,70	2,10
7		4,80	4,93	4,13	2,41
8		4,75	5,63	4,19	2,60
9		5,72	5,80	4,31	2,40
10		5,40	5,71	4,01	2,21
11		4,30	5,02	4,18	2,04
12		3,74	4,18	3,91	1,45
13			4,03	3,30	1,31
14			3,90	2,60	1,20
15			2,91	2,06	1,16
Prosek — Average	2,87	4,25	4,25	3,44	1,90

Nastavak tabele 3

Listovi — Leaves	100 × 15 cm				
	20. V	20. VI	20. VII	20. VIII	20. IX
1	2,30	2,10	—	—	—
2	2,78	3,49	2,91	—	—
3	2,94	2,70	3,80	—	—
4	3,00	3,78	3,43	2,60	—
5	2,81	3,96	4,18	2,31	—
6	1,68	4,17	4,38	2,75	1,10
7		4,70	4,80	3,60	1,75
8		4,56	4,85	3,40	1,80
9		4,90	5,18	3,62	1,83
10		4,85	5,03	2,62	1,10
11		3,65	4,71	2,18	1,06
12		3,52	4,38	2,10	0,80
13			4,25	1,90	0,61
14			3,71	1,61	0,70
15			3,00	1,50	—
Prosek — Average	2,59	3,85	4,17	2,67	1,19

jem hlorofila u listu podudara i maksimalni sadržaj niza drugih jedinjenja. To nam istovremeno ukazuje na povezanost između opšteg metabolizma materija u toku rasta i razvića i sadržaja hlorofila. Lebedev (1966) je utvrdio da postoji korelacija između sadržaja hlorofila, nukleinskih kiselina, belančevina i materija bogatih energijom u lišću kukuruza, što je samo još jedan od dokaza da je sadržaj hlorofila povezan s procesima rasta i razvića.

Iz literature je poznato da je potreba za sadržajem hlorofila u listu za obavljanje fotohemijskih procesa mnogo manja u odnosu na stvarnu količinu u listu. Taj povećani sadržaj hlorofila, čini se, da je potreban radi regulisanja procesa generativnog razvića i opšteg metabolizma materija u toku rasta i razvića.

Treba istaći da sadržaj hlorofila i u pojedinim listovima i u proseku za celu biljku opada s povećanjem broja biljaka po jedinici površine.

4. Dinamika raspodele suve materije po pojedinim biljnim organima

Najpotpunija slika o produktivnosti biljaka kukuruza i procesima formiranja prinosa može se dobiti na osnovu praćenja dinamike nagomilavanja suve materije u pojedinim organima.

Kako se čini, prema iznetim podacima na tabeli 4, nakupljanje suve materije po pojedinim organima biljaka kukuruza u procesu formiranja prinosa može se podeliti u tri etape:

1. od nicanja do pojave 7—9 listova,
2. od 7—9 listova do početka oplodnje i
3. period oplodnje, obrazovanja i nalivanja zrna.

U prvoj etapi, koja traje malo više od mesec dana, formira se oko 50% suve materije u odnosu na maksimalnu suhu materiju na kraju vegetacije. U to vreme se produkti fotosinteze iz lista koriste za intenzivan porast korenovog sistema, za formiranje nodusa i internodija stabla koji su još uvek predstavljeni primarnim meristemom, prokambijumom i parenhimskim ćelijama. Sa biohemijskog gledišta prva etapa formiranja prinosa kukuruza okarakterizirana je intenzivnom sintezom strukturnih (skeletnih) i rezervnih materija listova u kojima se odvija specifični metabolizam.

U drugoj etapi formiranja prinosa kukuruza se odvija intenzivan porast internodija stabla i srednjih i gornjih listova. Ćelije tkiva se odlikuju intenzivnim porastom vakuola i ćelijskih zidova. U ovoj fazi u biljci se nagomilava i vrlo velika količina suve materije. Nakupljanje suve materije rezultat je, prvenstveno, intenzivne sinteze rezervnih ugljenih hidrata i belančevina. Od ugljenih hidrata naročiti značaj imaju prosti i složeni šećeri, hemiceluloza, celuloza i druge bezazotne ekstraktivne materije.

Tabela 4 — Dinamika raspodele suve materije po pojedinim biljnim organima u zavisnosti o broju i rasporedu biljaka kukuruza (kg po ha)

The dynamics of dry matter distribution in individual plant organs in dependence of the number and distribution of corn plants (kg per ha)

Varijante sklopa	Organi	10.V	30.V	20.VI	10.VII	30.VII	20.VIII	10. IX
Variants of population	Organs							
70 × 30 cm.	List — Leaf	0,42	14	329	621	2108	2990	2808
	Stablo — Stalk	0,28	13	612	3200	7670	7650	7550
	Oмотаč klipa-Husk					660	1175	1130
	Klip — Ear						3530	8300
	Ukupno — Total	0,70	27	941	3821	10438	15315	19788
	List — Leaf	0,42	15	301	610	1845	2653	2492
80 × 30 cm.	Stablo — Stalk	0,36	12	580	2729	6760	6850	6560
	Oмотаč klipa-Husk					692	1018	1040
	Klip — Ear						3280	7750
	Ukupno — Total	0,80	27	881	3339	9297	13863	17842
	List — Leaf	0,54	14	356	686	2435	3201	2986
	Stablo — Stalk	0,30	12	650	3320	8800	8430	7820
100 × 15 cm.	Oмотаč klipa-Husk					828	1280	1200
	Klip — Ear						3300	9000
	Ukupno — Total	0,84	26	1006	4006	12063	16211	21006

Treća etapa formiranja prinosa kukuruza se odlikuje mnogo složenijom raspodelom organske materije po pojedinim organima. Nakupljanje suve materije se odvija na račun formiranja i nalivanja zrna. Količina strukturnih (skeletnih) i rezervnih materija u vegetativnim organima od oplodnje do kraja vegetacije ostaje manje-više na jednom nivou. U toj fazi aktivnost vegetativnih organa se ogleda u obrazovanju i deponovanju u reproduktivne organe aktivnih i lakopokretljivih formi ugljenih hidrata, azotnih i fosfornih materija za odvijanje osnovnog metabolizma pri formiranju i nalivanju zrna, dok u vegetativnim organima ostaju materije koje se teško iskorišćavaju (na primer celuloza i lignin). U omotaču klipa i oklasku, slično vegetativnim organima, u početku se intenzivno sintetišu strukturne (skeletne) i rezervne materije, a u početku nalivanja zrna iz omotača klipa i oklaska organska jedinjenja se deponuju u zrno.

Proces formiranja, nalivanja i sazrevanja zrna odlikuje se specifičnim metabolizmom materija. Povećanje težine zrna se odvija, uglavnom, na bazi nagomilavanja rezervnih organskih materija — složenih ugljenih hidrata i belančevina.

5. Visina ostvarenog prinosa

Na tabeli 5 je prikazan biološki i poljoprivredni prinos. Kao što se vidi, biološki prinos raste s porastom broja biljaka po jedinici površine i najveći je bio kod varijante 66.000 biljaka po hektaru, zatim kod varijante 48.000, a najmanji kod 42.000 biljaka po hektaru.

Poljoprivredni prinos, odnosno prinos zrna, bio je najveći kod varijante 48.000 biljaka po hektaru, a smanjuje se kod sklopa od 66.000 i 42.000 biljaka po hektaru. Prema tome, suviše mali ili suviše veliki broj biljaka po hektaru ne obezbeđuje visok prinos zrna. Pri povećanju gustine nastupa raskorak između biološkog i poljoprivrednog prinosa. Biološki prinos naglo raste, a prinos zrna se smanjuje. Ovo smanjenje je uslovljeno smanjenjem koeficijenta iskorišćavanja produkata fotosinteze u formiranju poljoprivrednog prinosa.

Na osnovu iznetih rezultata proizlazi da se najveći prinos zrna kukuruza dobiva za date uslove kod optimalnog broja biljaka na jedinici površine, tj. kada se sniženje prinosa svake biljke postepeno nadoknađuje povećanjem broja biljaka na dotičnoj površini.

6. O koeficijentu iskorišćavanja produkata fotosinteze u formiranju poljoprivrednog prinosa K polj.

Proces formiranja prinosa kukuruza ima ne samo kvantitativnu nego i kvalitativnu stranu. Vrlo je važno da visoka produktivnost fotosinteze i veliki dnevni prirast suve materije budu usmereni na stvaranje poljoprivrednog prinosa.

Ničiporovič (1956) je uveo specijalni pojam iskorišćavanja produkata fotosinteze u formiranju poljoprivrednog prinosa (K polj.) koji pokazuje deo suve materije koja dolazi na zrno od biološkog prinosa.

Tabela 5 — Prinos zrna kukuruza u zavisnosti o broju i rasporedu biljaka kukuruza

Yield of corn kernels in dependence of the number and distribution of corn plants.

Varijanta sklopa	Jalovih biljaka %	Oklaska %	Apsolutna težina zrna	Biološki prinos	Prinos zrna	
Variants of population	% of sterile plants	Cobs %	Absolute weight of kernels	mtc/ha Biological yield mtc/ha	mtc/ha Yield of kernels mtc/ha	K. polj. K. agr.
70 × 30 cm	2,1	24	376	198	84	0,42
80 × 30 cm	2,0	22	376	179	68	0,38
100 × 15 cm	3,8	31	296	210	68	0,32

Taj se koeficijent znatno koleba u zavisnosti o prirodi organa na temelju kojih se formira prinos (odnos klipa, oklaska, omotača klipa, stabla, lista itd) kao i agroekoloških uslova, a naročito o broju biljaka po jedinici površine.

Na osnovu podataka tabele 5 može se konstatovati da K polj. opada sa gustom useva, ali ipak neproporcionalno. Gustina useva od 42.000 do 66.000 biljaka po hektaru npr. uslovljava smanjenje K polj. od 0,38 do 0,32.

U praksi treba nastojati da se ostvare što veći K polj., a to se postiže, između ostalog, i regulisanjem sklopa biljaka po hektaru.

Podaci na tabeli 5 takođe pokazuju da procenat jalovih biljaka, kao i procenat oklaska, raste sa gustom sklopa. Nasuprot tome apsolutna težina zrna opada sa gustom sklopa.

ZAKLJUČAK

Na osnovu dobivenih rezultata mogu se izvesti ovi zaključci:

1. Različite grupe listova stvaraju različitu površinu. Najveću površinu imaju srednji listovi, zatim gornji, a najmanju donji listovi. Od dinamike formiranja veličine pojedinih listova zavisi i ukupna lisna površina po hektaru.

2. Dinamika formiranja površine pojedinih grupa listova, a prema tome i ukupna lisna površina po hektaru, nalazi se u izvjesnoj korelaciji sa dinamikom prirasta težine listova. Međutim, ta korelacija je izražena samo u

vreme intenzivnog rasta lisne površine, tj. do metličanja, a posle toga se korelacija između ovih obeležja smanjuje.

3. Sadržaj hlorofila bio je različit u pojedinim listovima, najveći je kod srednjih listova, zatim donjih, a najmanji kod gornjih listova. U pogledu dinamike, najveći sadržaj hlorofila je zapažen pred svilanje, što se podudara sa VII etapom organogeneze klipa.

4. Distribucija suve materije u toku rasta i razvika je u pojedinim organima različita. Do oplodnje, odnosno do začetka zrna, nakupljanje suve materije se vrši u korist listova i stabla, a kasnije raspodela suve materije postaje sve složenija i uglavnom je usmerena u korist klipa.

5. Koeficijent iskorišćavanja produkata fotosinteze u formiranju poljoprivrednog prinosa K polj. opada sa gustinom useva. Rezultati pokazuju da povećanje biljaka od 42.000 do 66.000 po hektaru dovodi do smanjenja K polj. od 0,38 do 0,32. Procenat jalovih biljaka, kao i procenat oklaska, povećava se s povećanjem gustine useva, dok se apsolutna težina zrna s gustinom useva smanjuje.

6. Visina i kvalitet ostvarenog prinosa zrna zavisi o broju i rasporedu biljaka.

FORMATION OF PHOTOSYNTHETICAL APPARATUS OF CORN PLANTS AND ITS SIGNIFICANCE FOR THE LEVEL AND THE QUALITY OF THE REALIZED YIELD

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:

Different leaf groups form different leaf area. The greatest area is formed by middle leaves, then the upper, and the least by the lower leaves. The total leaf area per hectare depends on the dynamic of the formation and size of individual leaves (table 1).

The dynamic of the total leaf formation and that of individual group leaves, is in a certain correlation with the dynamic of the growth of leaf weight. However, this correlation is expressed only at the time of intensive growth of leaf area i. e. till the time of tasseling, and after that the correlation between these phenomena decreases (table 2).

Content of chlorophyll 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 chlorophyll was observed before silking, which agrees with the seventh stage of the organogenesis of the ear (table 3).

Distribution of dry matter during the growth in individual organs is variable. Up to the time of fertilization or the setting of kernel, the uptake of dry matter is effected in favor of leaves, and stem, and later on the distribution of dry matter becomes more complex and is mainly effected in favor of ears (table 4).

Coefficient of utilizing the products of photosynthesis in the formation of crop yields decreases with the density of crops. The results show that an increase of plants from 42.000 to 66.000 per hectare leads to a decrease from 0.38 to 0.32. Percentage of sterile plants or blind ears increase with the density of crop (table 5).

The level and quality of the realized yield depends on the number and distribution of corn plants (table 5).

LITERATURA

1. Zalenskij V. P.: »Izvestija Kievsk.« politehnič. in-ta, T IV, Vip. I, 1904.
2. Zalenskij V. P.: »Izvestija Saratovsk.« un-ta, No 4, 1923.
3. Toming H.: Svjaz fotosinteza, rosta rastenij i geometričeskoj strukturi listvi rastitelnogo pokrova s režimom solnečnoj radiaciji na raznih širotah. »Botaničeskij žurnal«, T 52, No 5, 1967.
4. Ničiporovič A. A.: O putjah povišenija produktivnosti fotosinteza rastenij v posevah. »Fotosintez i voprosi produktivnosti rastenij.« Izd. AN SSSR, Moskva, 1963.
5. Tsunoda Sh.: A developmental analysis of yielding, ability in Varieties of field crops. II. The assimilation-system of plants as affected by the form, direction, and arrangement of single leaves. Japan J. Breeding, v. 9, 1959.
6. Ničiporovič A. A.: O svojstvah posevov rastenij kak optičeskoj sistemi. »Fiziologija rastenij«, T 8, Vip 5, 1951.
7. Glogov L. V.: Intenzivnost fotosinteze kukuruži. »Izvjestija TSHA«, Vip 3, 1967.
8. Watson D. J.: The physiological basis of variation in yield advances in Agronomy, v. IV, 1952.
9. Moss N. D.: Some effects of light CO_2 , t^0 . and soil moisture on photosynthesis, respiration and transpiration of corn. »Crop science« v 1, No 2, 1961.
10. Zemskij V. G., Mutinskij J., Vlasova O. N.: Vozrastnie i jarusnie izmenenija vodnogo režima listev kukuruži. »Dokladi TSHA«, vip. 70, 1961.

11. Čupina T.: Fiziološka i biohemijska vrednost različitih listova kukuruza u različitom sklopu biljaka. »Arhiv za poljoprivredne nauke«, br. 60, Beograd, 1965.
12. Čupina T., Gerić I., Sarić M.: Proučavanje fiziološke aktivnosti listova kukuruza. »Zbornik radova Instituta za poljoprivredna istraživanja«, br. 1, Novi Sad, 1963.
13. 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.
14. Sarić M., Hadžijev D., Čupina T.: Proučavanje vrednosti pojedinih listova kukuruza prema sadržaju biljnih pigmenata i intenzitetu fotosinteze. »Kukuruz« br. 8, Beograd, 1959.
15. Platon M.: Rolul frunzelor de la diferitele etaje in cresterea si dezvoltarea stiklotilor la porumb. Lucradia stintifice, Istituti agrnomie. Profesor ION Jonesku de la Brand Jași, 1959.
16. Sarić M.: Proučavanje značaja različitih listova u formiranju prinosa kukuruza. »Arhiv za poljoprivredne nauke«, br. 54, Beograd, 1963.
17. Bajai I.: Osszefüggés a kukurica levelfelülete és a tenyeszterület különfelealakja között. »Növénytermelés«, Tom 8, No 3, Budapest, 1959.
18. Išo L.: Orzogos tenyeszterület — Kiserletek eredmmányei. »Kukorica terinesztesi Kiserletek« 1953—1957, Budapest, 1958.
19. Györefy B.: A tolaj viz ez topanyag-forgamanak Vizagalata a kukorica tenyezsterület alazjatol függöen. »Kukoricatermesztesi kiserletek«, 1953—1957, Budapest, 1957.
20. Ustenko G. P.: Fotosintetičeskaja dejatelnost rastenij v posevah kak osnova formirovanija visokih urožaev. »Fotosintez i voprosi produktivnost i rastenij«. Izd. AN SSSR, Moskva, 1963.
21. Kološa O. I.: Plošad listev i urožajnost. »Kukuruza« No 2, 1963.
22. Čirkov J. I.: Puti bolee polnogo ispolzovanija klimatičeskikh resursov dlja fotosintetičeskoj dejatelnosti posevov kukuruzi. Fotosintez i voprosi produktivnosti rastenij«. Izd. AN SSSR, Moskva, 1963.
23. Hanway I. I.: Corn growth and compozition in relation to soil fertility. I. Growth of different plant parts and relation between leaf weigth and grein yield. »Agr. Jour.« No 2. 1962.
24. James H. S., Smith and Alen Benitez.: Hlorofill analysis in plant materials. »Modern metodes of plant analysis«, Tom IV, 1955.
25. Ljapšina Z. F.: Vlijanie temperaturi v period formirovanija i naliva zerna na produktivnost jarovoj pšenici. »Fiziologija rastenij«, T 13, vip. 2, 1966.

26. Ljapšina Z. F.: Zavisimost veličini urožaja zerna ot razmerov listovoj poverhnosti i nakoplenija suhogo veščestva v ontogeneze mjakoj jarovoj pšeni. »Fiziologija rastenij« Tom 14, bip. 1, 1967.
27. Šuljgin I. A., Kuperman F. M., Ščerbina I. P.: O svjazi sodržanija hlorofila s etapami organogeneza u kukuruži. »Fiziologija rastenij«, T. 9, Vip. 3, 1962.
28. Lebedev C. I., Litvinenko L. G.: O vzaimovsjazi meždu fotohimičeskoj aktivnostju, energetičeskim i strukturnim osobenostjami hloroplastov. »Fiziologija rastenij«, T. 13, bip. 3, 411, 1966.
29. Ničiporovič A. A.: Fotosintez i teorija polučenija visokih urožaev. Izd. AN SSSR, Moskva, 1956.