

Dr Franjo Šatović,

Centar za primjenu nauke u poljoprivredi SRH, Zagreb

ODNOS IZMEĐU BROJA ZRNA I UKUPNE TEŽINE ZRNA PROIZVEDENIH PO LISTU UJEDNAČENIH BILJAKA KUKURUZA*

Prema nekim mišljenjima, više biljke mogu koristiti do 28% fotosintetski aktivne sunčeve energije odnosno ako se odbije potrošnja na respiraciju oko 20% (Ničiporovič, 1967).

Teoretski maksimalna fotosintetska neto produktivnost kukuruzne biljke kod 500 cal/cm² dnevne radijacije mogla bi dati 77 g suhe tvari po m² lisne površine dnevno. To omogućava u toku 50 dana formiranja zrna proizvodnju od 385 q/ha suhe tvari (Loomis i Williams, 1963, Holliday 1966). Stvarno realizirani maksimalni prinosi od 140 q/ha zrna su gotovo 3 puta manji, a koeficijent korištenja iznosi svega 7,3%.

Prema opaženoj maksimalnoj asimilaciji CO₂ od 100 mg po dm² lisne površine na sat, potencijal produktivnosti bi iznosio 293 q/ha zrna samo za jednostruki sloj lisne površine (Hesketh, Heichel, Gary i Husgrave, 1962, 1963, 1966).

Asimilacija CO₂ je regulirana brzinom translokacije asimilata za potrebe rasta ili za naljevanje zrna (Tsuno i Fujise, 1965. Bidwell i Turner, 1966).

Potencijal produktivnosti zavisi i o potencijalnoj veličini organa za smještaj asimilata (za korijen šećerne repe utvrdili Thorne i Ewans, 1964) odnosno o potencijalnom broju zrna (za ječam utvrdili Frey-Wissling i Buttrose, 1959).

Kod kukuruza je stvarno opaženi maksimalni prirast iznosio 52 g na m² dnevno, što bi pretvoreno u zrno dalo prinos od 260 q/ha (Eastin, 1967).

Međutim da bi biljka kukuruza mogla deponirati translokacijom samo asimilate konvertirane solarne energije u periodu formiranja zrna mora imati dovoljno začelih zrna.

Vrlo malo znamo o fiziološkom mehanizmu koji regulira broj zrna odnosno da li je stvarno prirod zrna često limitiran brojem razvijenih zrna (Duncan, 1967).

Ispitivanjem odnosa između broja zrna i ukupne težine zrna proizvedenih po listu pokusno ujednačenih biljaka kukuruza tražen je odgovor da li je broj razvijenih zrna po biljci bio limitirajući faktor prinosa.

MATERIJAL I METODE

Podaci su dobiveni analizom 1.563 jednoklipne biljke hibrida Iowa 4417 iz gustoće od 41.666 biljaka/ha (razmak 60 x 40 cm) Seseve 1960, smjer re-dova sjever-jug. Za sjeme su korištena dobro razvijena zrna iz sredine kli-pa. Sijana su ručno 12. V po 2 zrna na sadno mjesto a ostavljena jedna bolja

* Referat održan na VII kongresu Eucarpia, Stubičke Toplice 3-6. IX 1973.

biljka. Gnojidba je bila obilna (za prirod od 200 q/ha), kako bi se postigao što viši prirod po biljci.

U toku vegetacije i nakon berbe su vršena pojedinačna opažanja na biljci i mjerenja na klipju. Na biljkama je opažan, među ostalim, i napad moljca, snijeti te lom i polijeganje. To je omogućilo izdvajanje vizuelno zdravih biljaka. Visina stabljike i broj listova utvrđeni su nakon metličanja. Broj redova zrna na klipju dobiven je brojenjem u sredini klipa a broj zrna u redu brojenjem na prosječnom redu klipa. Težina zrna na klipju je dobivena vaganjem, zatim svedena na 14% vlage i izračunata težina prosječnog zrna za svaki klip.

REZULTATI

Tabela 1 prikazuje prosječne vrijednosti nekih obilježja klipa i stabljike po grupama prema broju zrna po biljci. U prvoj grupi su jednoklipne vizuelno zdrave biljke iz punog sklopa od 41.666 biljaka/ha, koje su imale 400 do 499 zrna, u drugoj sa 500 do 599 zrna itd. U koloni 2 je postotak biljaka u pojedinoj grupi, a u koloni 3 prosječni broj zrna na biljci.

Povećanjem broja zrna na biljci od 475 do 866 zrna povećava se:

- broj zrna otpadajućih na prosječni list od 38 do 64 (kolona 4),
- težina zrna otpadajuća na prosječni list od 14 do 20 grama (kolona 5),
- broj listova po biljci od 12,2 do 13,6 (kolona 6),
- visina stabljike od 218 do 243 cm (kolona 7),
- broj redova zrna na klipju od 14,6 do 19,7 (kolona 8),
- broj zrna u redu od 33 do 44 (kolona 9),
- težina zrna po biljci od 177 do 267 grama (kolona 10) i
- prirod zrna po hektaru od 73,7 do 111,4 q (kolona 11),

a jedino se smanjuje težina prosječnog zrna od 383 do 311 mg (kolona 12).

Prosječna grupa s najviše zrna po biljci ima 59% više zrna od najniže grupe (866 prema 475), a produktivnost prosječnog lista je samo 38% viša (20 prema 14 grama), jer je težina prosječnog zrna manja za 19% (311 prema 383 mg), a prirod je za 51% veći ili za 37,7 q/ha.

Broj zrna po listu (kolona 4) je u potpunoj pozitivnoj vrlo visokosignifikantnoj korelaciji s težinom zrna po listu (kolona 5, $r = 0,999$) i prinosom po hektaru (kolona 11, $r = 0,9996$), dok je u potpunoj negativnoj vrlo visokosignifikantnoj korelaciji s težinom prosječnog zrna (kolona 12, $r = -0,9996$).

Na tabeli 2 su prikazane prosječne vrijednosti pojedinih obilježja u grupama biljaka prema broju zrna otpadajućih na prosječni list, a u obradu su uzete samo biljke s 12 i 13 listova brojenih nakon metličanja čime su analizirane biljke još više ujednačene.

Tabela 1. Prosječne vrijednosti nekih obilježja po grupama prema broju zrna na jednoklupnim biljkama hibrida Iowa 4417 (vizuelno zdrave biljke iz punog sklopa od 41.666 biljaka/ha)

Table 1. Average values of some characters by groups of the number of kernels on the oneeared plants of hybrid Iowa 4417 (visually healthy plants, full stand of 41.666/ha)

Grupa*	% biljaka	Zrna na klipu	Broj zrna na listu	Težina zrna po listu g	Broj listova po biljci	Visina biljke cm	Broj redova zrna	Broj zrelih zrna	Težina zrna po klipu g	Prirod q/ha	Težina prosječnog zrna mg
Groupes*	% of plants	Kernels per ear	Kernels per leaf	Grain weight per leaf g	Number of leaf ves per plant	Plant height cm	Number of rows	Number of kernels per ear	Grain weight per ear g	Yield q/ha	Weight of average kernel mg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	15,0	475	38	14	12,2	218	14,6	33	177	73,7	383
2	38,6	558	43	16	12,6	225	15,3	36	203	84,5	370
3	31,1	652	50	17	13,0	234	16,5	40	227	93,0	348
4	13,1	746	56	18	13,2	236	17,2	43	244	101,6	330
5	2,2	866	64	20	13,4	243	19,7	44	267	111,4	311
φ	100,0	596	47	17	12,8	228	15,9	38	212	88,4	355

* u grupi 1 su biljke sa 400—499 zrna po biljci, u grupi 2 sa 500—599 itd.

* in the 1st group are plants with 400—499 kernels per plant, 2nd 500—599 etc.

Tabela 2. Prosječne vrijednosti nekih obilježja po grupama prema broju zrna otpadajućih na prosječni list (uključene samo biljke s 12 i 13 listova)

Table 2. Average values of some characters by groups of the number of kernels attributed to an average leaf (included plants with 12 and 13 leaves only)

Grupa*	% biljaka	Broj zrna po listu	Težina zrna po listu g	Broj listova po biljci	Višina biljke cm	Broj redova zrna	Broj zrna u redu	Zrna na klipu	Težina zrna po klipu g	Prirod q/ha	Težina prosječnog zrna mg
Groupes*	% of plants	Kernels per leaf	Grain weight per leaf g	Number of leaves per plant	Plant height cm	Number of rows of kernels per ear	Number of kernels per row	Kernels per ear	Grain weight per ear g	Yield q/ha	Weight of average kernel mg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	4	24	14	12,7	220	14,3	30	422	172	71,1	403
2	12	38	15	12,5	219	14,6	33	481	187	77,9	389
3	30	43	16	12,4	226	15,3	35	536	199	82,8	371
4	22	48	17	12,6	230	16,4	38	606	210	87,3	346
5	19	52	18	12,4	226	16,8	39	653	223	93,0	342
6	8	58	29	12,4	236	17,2	42	714	238	99,4	334
7	4	62	20	12,6	229	18,0	43	777	246	102,5	317
8	1	67	21	12,4	232	18,8	44	834	260	108,2	312
Ø	100	47	17	12,5	227	16,0	37	591	209	87,2	355

* u grupi 1 su biljke sa 31—35 zrna po listu, u grupi 2 sa 36—40 štcd.

* in the 1st group are plants with 31—35 kernels per leaf 2nd 36—40 etc.

U prvoj grupi su biljke s 31 do 35 zrna po listu, u drugoj s 36 do 40 itd. do osme grupe sa 66 do 70 zrna po listu.

Broj listova po biljci i visina biljaka u pojedinim grupama je uglavnom jednaka. Povećanjem prosječnog broja zrna po listu od 24 do 67 povećava se:

- težina zrna po listu od 14 do 21 gram (kolona 4),
- broj redova zrna na klipovima od 14,3 do 18,8 (kolona 7),
- broj zrna u redu od 30 do 44 (kolona 8),
- broj zrna po biljci od 422 do 834 (kolona 9),
- težina zrna po biljci od 172 do 260 grama (kolona 10),
- prirod po hektaru od 71,1 do 108,2q (kolona 11), a smanjuje se težina prosječnog zrna od 403 do 312 mg (kolona 12).

Broj zrna po listu je u potpunoj pozitivnoj vrlo visokosignifikantnoj korelaciji s prinosom po hektaru ($r = 0,966$, $y = 36,73 + 1,06x$). Za smještaj iste količine asimilata od 21 g po listu koliko je u prosjeku proizveo list najproduktivnije osme grupe, u postojećem broju zrna biljke prve najslabije grupe morala bi porasti težina prosječnog zrna od 403 mg na 616 mg ili 53% više od postignute, a čak 73% više od težine prosječnog zrna čitavog pokusa.

Drugim istraživanjima (Šatović, 1973) je utvrđeno da je težina prosječnog zrna u negativnoj vrlo visokosignifikantnoj korelaciji s brojem redova zrna. Na grafikonu 1 su prikazane linije regresije za 5 hibrida, a među njima i Iowa 4417. Osim toga težina prosječnog zrna je u negativnoj korelaciji s brojem zrna na klipovima i kod istorednih klipova računajući kumulativno od baze prema vrhu klipa po kružnim slojevima. Na grafikonu 2 su nanižete linije regresije za klipove pojedinih redova hibrida Iowa 4417. Na vrhu grafikonu je i linija regresije za klipove s maksimalno izmjerenom težinom prosječnog zrna 16 rednih klipova iz uzoraka s preko 10.000 klipova iz raznih lokaliteta, godina i proizvodnih uvjeta.

Radi otklanjanja negativnog utjecaja broja redova na težinu prosječnog zrna u tabeli 3 su analizirane samo biljke sa 16 rednim klipom.

Produktivnost prosječnog lista najbolje 7 grupe sa 63 zrna po listu bila je za 8 g po listu ili 62% veća od najniže grupe s 34 zrna po listu.

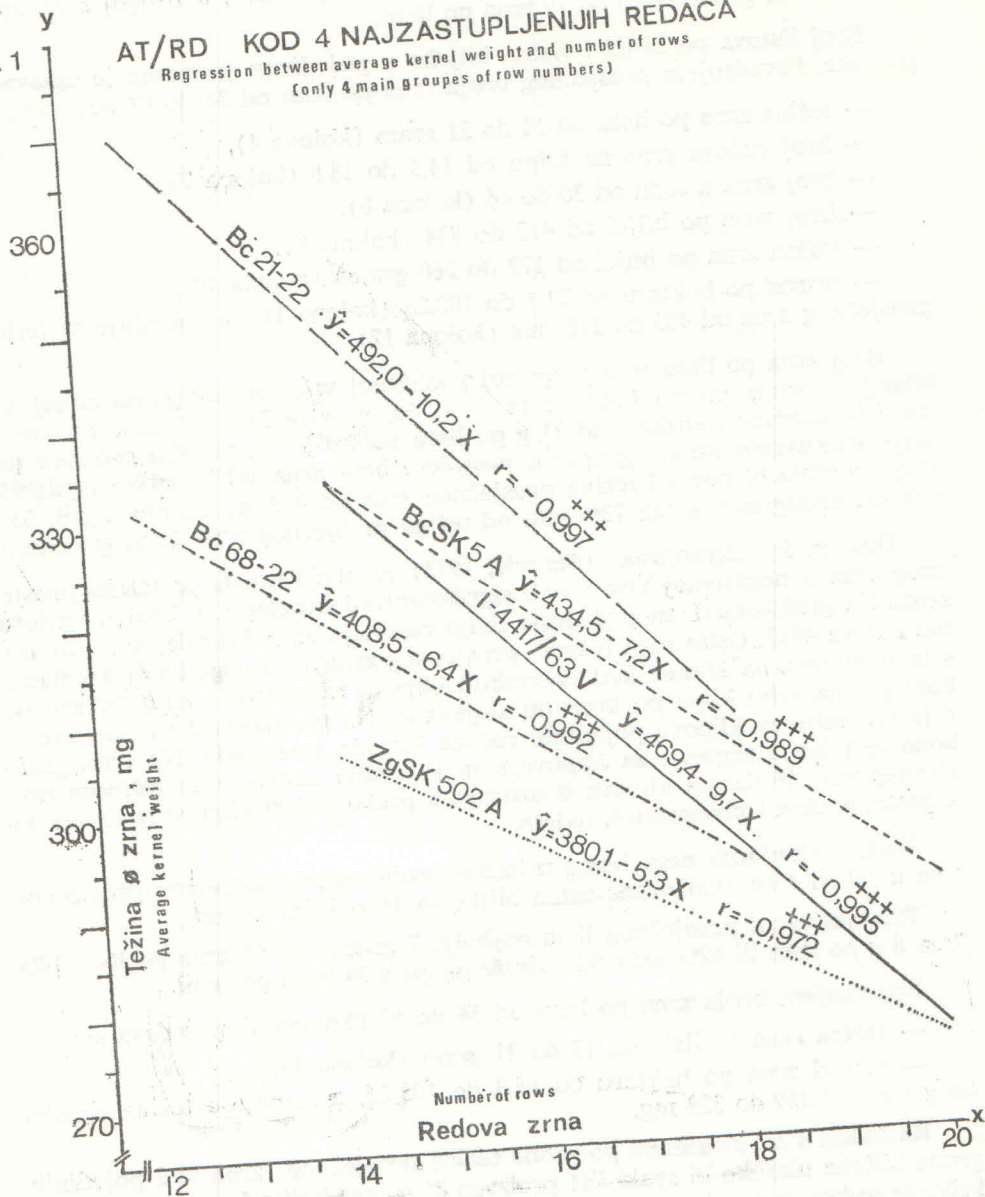
Povećanjem broja zrna po listu od 34 do 63 (kolona 3) povećava se:

- težina zrna po listu od 13 do 21 gram (kolona 4),
- prirod zrna po hektaru od 68,8 do 103,2q, a smanjuje se težina prosječnog zrna od 389 do 329 mg.

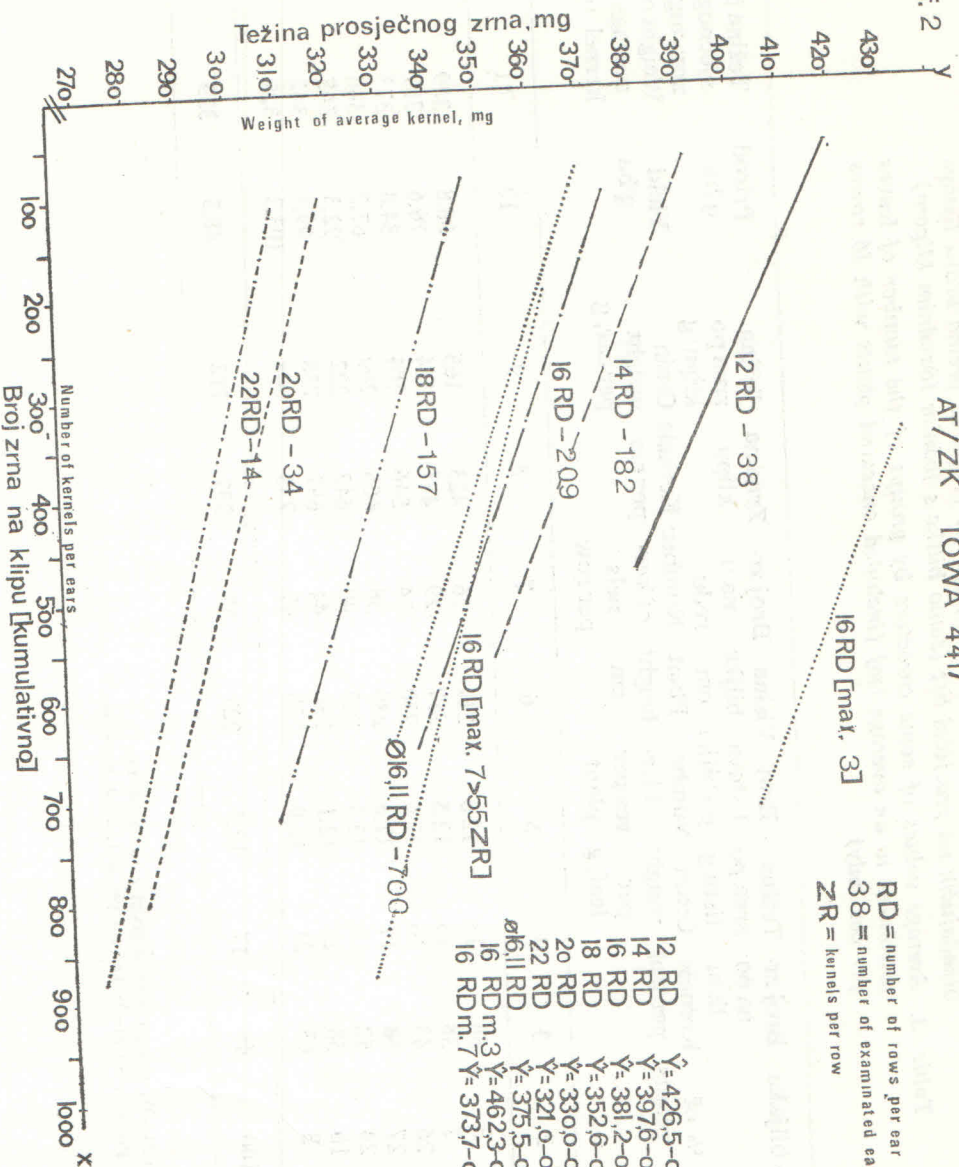
Na tabeli 4 su prikazane potrebne težine prosječnog zrna kod pojedinih grupa biljaka ukoliko bi svaki list proizveo 21 g metabolita kao list najproduktivnije sedme grupe i tu količinu svaka biljka smjestila bi u postojećem broju zrna. Teoretski izračunane potrebne težine prosječnog zrna kod prve 4 grupe su za 4 do 44% veće od maksimalno izmjerenih za isti broj zrna na istorednim klipovima iz optimalnih proizvodnih uvjeta. Vrlo je mala vjerojatnost da su tako visoke vrijednosti težine prosječnog zrna unutar genetski limitiranih granica.

Graf. 1

AT/RD KOD 4 NAJZASTUPLJENIJH REDACA
 Regression between average kernel weight and number of rows
 (only 4 main groups of row numbers)



Graf. 2



AT/ZK IOWA 4417

16 RD [max. 3]

RD = number of rows per ear
 38 = number of examined ears
 ZR = kernels per row

RD	\hat{Y}	$\frac{1}{a} \times 1000$
12 RD	$\hat{Y} = 426,5 - 0,112x$	0,26
14 RD	$\hat{Y} = 397,6 - 0,083x$	0,21
16 RD	$\hat{Y} = 381,2 - 0,074x$	0,19
18 RD	$\hat{Y} = 352,6 - 0,064x$	0,18
20 RD	$\hat{Y} = 330,0 - 0,064x$	0,18
22 RD	$\hat{Y} = 321,0 - 0,057x$	0,19
Ø16,11 RD	$\hat{Y} = 375,5 - 0,072x$	0,19
16 RD m. 3	$\hat{Y} = 462,3 - 0,084x$	0,19
16 RD m. 7	$\hat{Y} = 373,7 - 0,057x$	0,15

Tabela 3. *Prosječne vrijednosti nekih obilježja po grupama prema broju listova otpadajućih na prosječni list (samo biljke s jednim 16-rednim klipom)*

Table 3. *Average values of some characters by groups of the number of leaves attributed to an average leaf (included oneeared plants with 16 rows per ear only)*

Grupe*	% biljaka	Broj zr- na po listu	Težina zrna po listu g	Broj listova po biljci	Visina biljke cm	Broj zr- na u redu	Zrna na klipu	Težina zrna po klipu g	Prirod q/ha	Težina pro- sječnog zrna mg
Groupe*	% of plants	Kernels per leaf	Grain weight per leaf, g	Number of lea- ves per plant	Plant height cm	Number of ker- nels per row	Kernels per ear	Grain weight per ear, g	Yield q/ha	Weight of average kernel mg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3	34	13	12,6	211	26	423	165	68,8	389
2	7	38	15	12,5	217	29	475	184	76,6	387
3	26	43	16	12,6	230	34	546	204	84,8	373
4	27	48	17	12,6	230	38	605	209	87,2	346
5	24	52	18	12,3	223	40	642	222	92,3	345
6	10	58	20	12,1	236	44	697	238	99,3	342
7	3	63	21	12,0	230	47	753	248	103,2	329
φ	100	48	17	12,5	227	37	597	212	88,3	355

* u grupi 1 su biljke sa 31—35 zrna po listu, u grupi 2 sa 36—40 ftd.

* in the 1th groupe are plants with 31—35 kernels per leaf, 2 nd 36—40 etc.

Tabela 4. Usporedba ostvarenih težina prosječnog zrna s teoretski izračunatim, a koje su jednake produktivnosti najbolje sedme grupe te s maksimalnim vrijednostima mjerenjem utvrđenim za hibrid Iowa 4417

Table 4. Produced weight of average kernel compared with the theoretically calculated equal as productivity of the best (7th) groupe and maximum value really measured of hybrid Iowa 4417

Grupe*	% biljaka po listu	Broj zrna po listu	Težina proizve- dena (ostvarena) grupe 7 za hibrid	Izračunata Maksimalna mjerena	5 : 4	Postotak 5 : ϕ	Izračunata težina je niža ili viša od maksimalne		
Grupe*	% of plants	Number of kernels per leaf	Weight of Produced (attained) as 7th groupe	Calculated Maximum measured	5 : 4	Percentually 5 : ϕ	Calculated weight higher — lower than maximum \pm %		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3	34	389	614	427	158	173	91	+44
2	7	38	387	545	422	141	154	92	+29
3	26	43	373	478	416	128	135	90	+15
4	27	48	346	429	411	124	121	84	+ 4
5	24	52	345	396	408	115	112	85	- 3
6	10	58	342	359	404	105	101	86	-11
7	3	63	329	(329)	389	(100)	93	85	-18
ϕ	100	48	355	431	412	122	100	86	+ 5

* u 1-oj grupi su biljke sa 31—35 zrna otpadajućih na list, u 2-oj 36—40 itd.
* in the 1th groupe are plants with 31—35 kernels per leaf, 2nd 36—40 etc.

ZAKLJUČAK

Analiza odnosa broja razvijenih zrna po prosječnom listu i prinosa zrna ujednačenih biljaka kukuruza (vizuelno zdrave biljke hibrida Iowa 4417 s 12 i 13 listova i jednim 16-rednim klipom iz punog sklopa gustoće 41.666/ha pokazuje sljedeće:

1. Prirod zrna po ha je u pozitivnoj vrlo visokosignifikantnoj ($P = 0,001\%$) korelaciji s brojem razvijenih zrna otpadajućih na prosječni list biljke ($r = 0,998$, $y = 3664 + 1,12 (\pm 0,08) x$).

2. Pretpostavlja se da je prosječni list svake ujednačene biljke u ujednačenim proizvodnim uvjetima mogao proizvesti fotosintezom i translocirati u zrno jednaku količinu asimilata, a da genetski limitirana najveća težina prosječnog zrna nije veća od maksimalne stvarno izmjerene. Tada najmanje 63,3% biljaka nije imalo dovoljan broj začelih zrna za smještaj tolike količine asimilata koliko su konvertirale biljke s najvećim brojem zrna po listu. Teoretski potrebna težina prosječnog zrna (429 — 614 mg) bila je 4 — 44% veća od najveće izmjerene (411 — 427 mg za odgovarajući broj zrna) odnosno 21 — 73% veća od težine prosječnog zrna čitavog uzorka (355 mg).

3. Nedovoljan broj začelih zrna na biljci bio je vjerojatno glavni razlog manjeg prinosa za 14,5% ili za 15 q/ha kod prosječnog prinosa od 88,26 q/ha.

S U M M A R Y

Franjo Šatović

Center for the Application of Science in Agriculture, Zagreb
CORRELATION BETWEEN THE NUMBER OF KERNELS AND THE TOTAL WEIGHT OF THE KERNELS PRODUCED PER A LEAF IN THE EQUAL CORN PLANTS

The correlation between the number and weight of the produced kernels and grain yield building per a leaf in the equal corn plants has been studied. All plants (hybrid Iowa 4417 with 12 and 13 leaves and with one 16-rows ear), were visually healthy, the full stand of the test crop being 41.666 plants per hectare.

The following results of this study have been attained:

1. Grain yield per hectare is in positive correlation and very highly significant ($P = 0,1\%$) with the number of the developed kernels attributed to an average leaf of plant ($r = 0,998$, $y = 36,64 + 1,12 (\pm 0,08) x$).

2. Supposing that the average leaf of every equal plant grown under the equalized growth conditions might have produced through photosynthesis and transmitted the same amount of metabolites into the kernels, is not higher than the highest weight actually measured, than at least 63,3% of plants could not have had sufficient number of kernels to store as much of metabolites as produced by the plants with the greatest number of kernels per a leaf. The theoretic weight of the average kernel (429 to 614 mg) was 4 to 44% higher than the highest weight measured (411 to 427 mg) for the corresponding

number of kernels i. e. 21 to 73% higher than in the average kernel of the whole sample (355 mg).

3. The lower grain yield was mostly caused probably by the lower number of the developed kernels, the yield was by 14,5% or 15q/ha lower to the average yield of 88,26 q/ha.

L I T E R A T U R A

1. Bidwell, R. G. S., and Wendy B. Turner, 1966. Effect of growth regulators on CO₂ assimilation in leaves, and its correlation with the bud break response in photosynthesis. *Plant Physiol.* 41:267 — 270.
2. Duncan, W. G.: Corn yields to meet the challenge, ASA Special Publication No 9, Madison 1967.
3. Eastin, J. A.: Dry matter accumulation activities of plants their relationship to potential productivity, ASA Special Publication No 9, Madison 1967.
4. Frey-Wyssling, Buttrose, Photosynthesis in the ear of barley, *Nature*, 184/1959.
5. Gotlin — Pucarić: Specijalno ratarstvo, I dio, Zagreb 1970.
6. Heichel, Gary H., and R. B. Musgrave. 1966. Photosynthetic response of corn to leaf water potential. *Agron. Abstr.* p. 20.
7. Hesketh, J. D.: Limitations to photosynthesis responsible for differences among species, *Crop Sci.* 3: 1963.
8. Hesketh, J. D., R. B. Musgrave, Photosynthesis under field conditions. IV. Light studies with individual corn leaves. *Crop Sci.* 2: 311 — 315, 1962.
9. Holliday, R.: Solar energy consumption in relation to crop yield. *Agriculture Progres* vol. 41, 1966.
10. Loomis-Williams, Maximum crop productivity, an estimate. *Crop Science* 3/1963.
11. Montheith, J. L.: Physical limitations to crop growth, *Agriculture Progres* Vol. 41/1966.
12. Ničiporovič, A.: Fotosintez i teorija polučeniya visokih urožajev, Moskva, 1956.
13. Ničiporovič, A: Fotosintezirujuščije sistemi visokoj produktivnosti, Moskva, 1966.
14. Ničiporovič, A: Fiziologija sel'skohozjajstvenih rastenij, Moskva, 1967.
15. Šatović F.: Utjecaj rasporeda i položaja biljaka na prirod kukuruza kod većih gustoća, *Agronomski glasnik* 11 — 12, 1965.
16. Šatović, F.: Proizvodna važnost osnovnih komponenata priroda kukuruza u različitim gustoćama, disertacija, Zagreb 1973.

17. Thorn-Evans: Influence of tops and roots on N. A. R. of sugarbeet and spinach beet and growth between them. Ann. Bot. N. S. 28/1964.
18. Tsuno-Fujise: Studies on the dry matter production of sweet potato. Bull. natn. inst. agr. Sci. Tokyo, No 13, 1965.
19. Zamfirescu, N.: Le rendement photosynthétique et la structure de la biomasse, facteurs importants dans l'accroissement de récoltes, Bulletin de l'academie des sciences agricoles et forestieres, No. 1, 31 — 51, Bucarest, 1972 (Prijevod Polj. aktuelnosti 6 — 7/73).