ПОЧВОЗНАНИЕ АГРОХИМИЯ И ЕКОЛОГИЯ, ГОД. XLIX, № 4
SOIL SCIENCE AGROCHEMISTRY AND ECOLOGY, VOL. XLIX, № 4
София. 2015. Sofia

РОСИЦА ТОНЧЕВА, ИВАН ДИМИТРОВ, ДАФИНА НИКОЛОВА, МАРТИН НЕНОВ
Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията „Н. Пушкаров", София

Изследване продуктивността на царевица в различни агроекологични райони и агротехника. II. Поливни условия

Investigation the Productivity of Maize in Different Agroecological Regions and Agrotechnical Treatments. II. Irrigated Conditions

R. Toncheva, I. Dimitrov, D. Nikolova, M. Nenov
N. Poushkarov Institute of Soil Science, Agrotechnologies and Plant Protection, Sofia, Bulgaria

Abstract

The investigation was conducted with data from four year field experiments in eight typical for maize production agro-ecological regions of the country. Five maize hybrids were tested. The experiments were conducted on irrigated conditions with five levels of plant density in four replications.

The aim of the study is to access the optimal plant density for maximum yield for every hybrid and every soil variety through mathematic-statistical relationships.

The statistical analysis of the data was made. Three mathematical relationships between plant density and grain yield were tested. The most significant influence on the yield from the evaluated factors gives the hybrid, followed by the plant density. The optimal plant density for maximum yield is highest in the early hybrid Lozen 230 for all experimental stations. For other hybrids the optimal plant density is from 8000 to 9000 plants/da. Maximum yields are achieved at 7000 – 8000 plants/da for the experimental station Sredets.

Key words: plant density, hybrid, maize, irrigated conditions, mathematical models

Царевицата е една от основните култури, имаща решаващо значение за изхранване на населението. Тя е с много голяма генетично обусловена продуктивност, за реализирането на която е необходимо оптимизиране на главните агротехнически фактори, сред които са гъстотата на посева, режимът на минерално хранене и режимът на напояване с отчитане на биологичните и структурните особености на отглежданата култура. Засушаването засяга повечето растения и може да бъде най-лимитиращият добива фактор (Bruse et al., 2002; Shekoofa, Eman, 2008; Tahery-Asghari et al., 2009). Наличието на вода за растенията до голяма степен зависи от нейното присъствие в почвата, но гъстотата на растенията е също важна за продуктивността (Loomis, Connors, 1992; Asafu-Agyei, 1990). Тя е признат като основен фактор, който определя степента на конкуренция между растенията за вода, светлина и хранителни вещества.

Целта на изследването беше да се оцени оптималната гъстота на посева за получаване на максимален добив от пет хибрида царевица, отглеждани при различни почвено-климатични условия и нарастваща гъстота, с помощта на математически зависимости.

Материал и методи

За изследването са използвани данни от моделни полски опити, заложени по метода

на дробните парцелки от колектив с ръководител проф. д-р П. Стоянов. Опитите са проведени в осем типични за царевичното производство агроекологични райони в нашата страна: Горни Лозен, Софийско – Излужена Канелена горска почва; Цалапица, Пловдивско – Алувиално-ливадна почва; Средец, Старозагорско – Излужена Смолница; Съдиево, Сливенско – Излужена Канелена горска почва; Сливо поле, Русенско – Силно Излужен Чернозем; Горни Дъбник, Плевенско – Средно Излужен Чернозем; Бежаново, Ловешко – Тъмносива горска почва, и Ковачица, Монтанско – Карбонатен Чернозем. Изпитани са пет царевични хибрида: *Лозен 230* – ФАО 250 (ранен); *Анжу 360* – ФАО 350 (средно ранен); *ВС 66-25* – ФАО 500 (средно късен); *Рх 32* – ФАО 550 (средно късен) и *Н 708* – ФАО 700 (късен хибрид).

Опитите са залагани при поливни условия с пет варианта при гъстота на посева: 3000, 5500, 8000, 10 500 и 13 000 plants/da. Нормата на торене с азот е определяна съгласно износа му със стопанската част на продукцията. Фосфор е внасян за пълно компенсиране на износа му със стопанския добив. Торене с калий не е извършвано. Поддържана е почвена влага 80% от ППВ с поливане чрез дъждуване.

Продължителността на експеримента е четири години, като всички варианти са в четири повторения.

С резултатите от експериментите е построена база данни на Excel. Извършена е първична статистическа обработка на данните и е направена оценка на степента на влияние на агротехническите фактори „гъстота на посева" и „хибрид", както и на метеорологични условия върху добивите. Като са използвани три математически зависимости „гъстота на посева – добив", е оценена оптималната гъстота на посева за максимален добив за всеки хибрид при конкретните почвено-климатични условия.

Резултати и обсъждане

Влиянието на основните агротехнически фактори върху добивите от царевица за зърно, отглеждана при поливни условия, е статистически доказано при вероятност за грешка $p < 0,1\%$ (табл. 1). Най-значимо за всички агроекологични райони е влиянието на хибрида – от 62,32% от общото вариране в данните за добива в база Горни Дъбник до 31,87% в Ковачица се дължат на него. Следва влиянието на гъстотата на посева – от 40,32% за Съдиево до 20,76% за Средец. С най-малка тежест е влиянието на климатичните условия. Изключение прави базата в Горни Лозен, където годината оказва най-значимо влияние върху добива (32,68% от общото вариране се дължи на метеорологичните условия). Вероятна причина за това е най-ниската средномесечна температура на въздуха в този район. Най-ниска е и сумата от ефективните температури над 10 °C за периода на вегетация (от месец май до септември вкл.) – 1147 °C за Горни Лозен (Стоянов, 2007). Най-слабо за тази база е влиянието на гъстотата на посева – 24,02% от общото вариране в данните се дължи на конкуренцията между растенията.

В базата в Цалапица 22,37% от варирането в данните за добивите се дължи на влиянието на метеорологичните условия. Там сумата от ефективните температури е най-висока – 1573 °C. Най-слабо е влиянието на метеорологичните условия в базите Съдиево и Бежаново (0,61% и 0,92% съответно).

От направения общ статистически анализ на данните за добивите се вижда, че най-стабилни (най-малко вариращи) са тези, получени в Горни Лозен (Излужена Канелена горска почва) – за тази база коефициентите на вариация са най-ниски (табл. 2). Най-силно вариращи са добивите, получени в базата в Съдиево (също Излужена Канелена горска почва). Добивите там се изменят от 467 kg/da за среднорания хибрид Лозен 230 до 1397 kg/da при късния хибрид Н 708. В преобладаващия брой случаи, най-стабилни добиви се получават при среднокъсния хибрид ВС 66-25, докато при ранния хибрид Лозен 230 добивите варират най-много – коефициентът на вариация е в интервала от 18,32% до 25,58%.

Добивите от царевица за зърно, отглеждана при поливни условия, нарастват от среднорания към късните хибриди. За всички хибриди най-ниска е продуктивността на царевицата в база Ковачица (от 639 kg/da за Лозен 230 до 995 kg/da за Н 708), следвана от

Таблица 1. Дисперсионен анализ на данните за добива от царевица за зърно
Table 1. Analysis of variance of data of maize grain yield

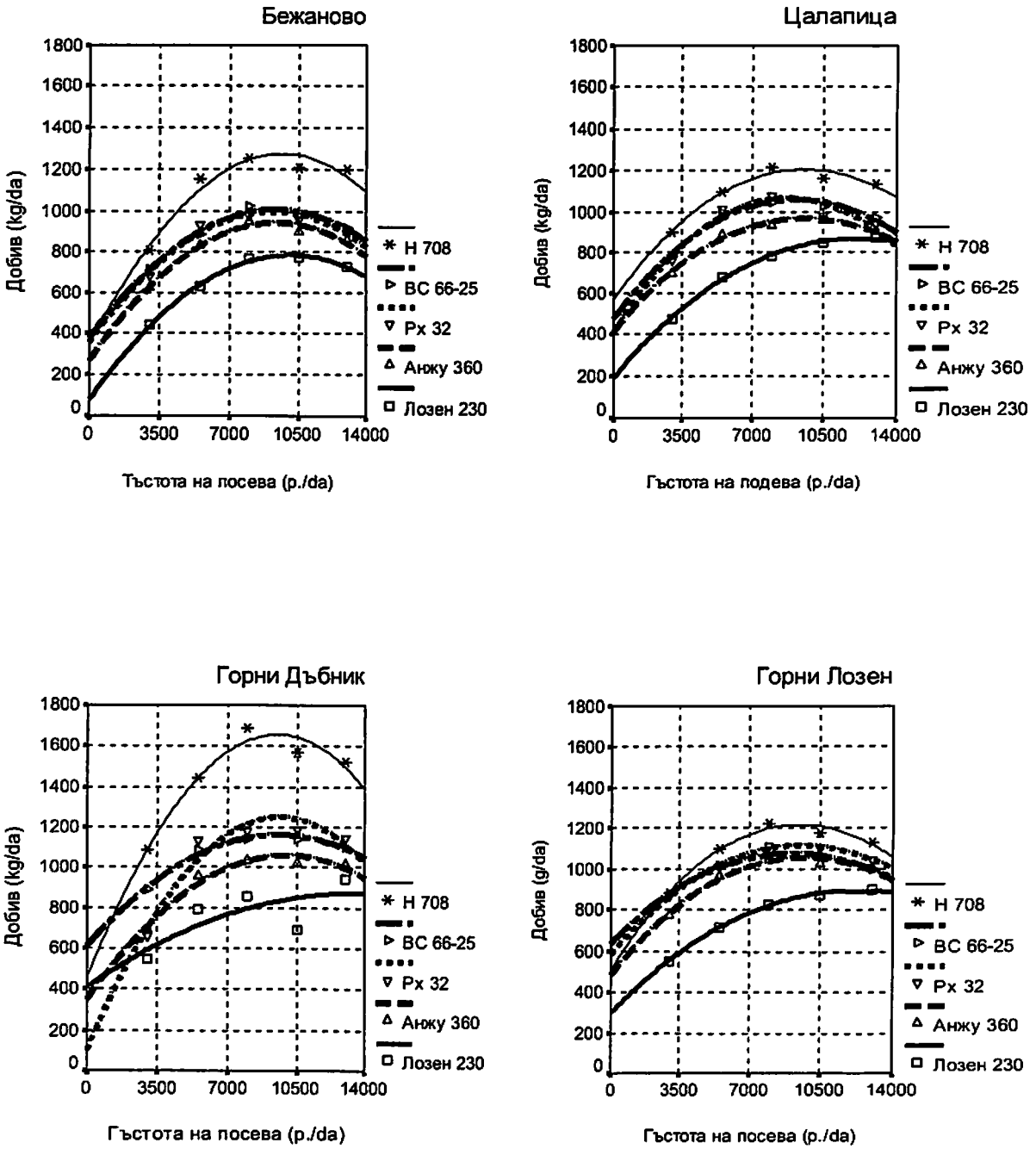
Източник на вариране	Ст. на св.	Бежаново		Цалапица		Горни Дъбник		Горни Лозен		Ковачица		Сливо поле		Средец		Съдиево	
		Сума от кв. (%)	F-крит.	Сума от кв. (%)	F-крит.	Сума от кв. (%)	F-крит.	Сума от кв. (%)	F-крит.	Сума от кв. (%)	F-крит.	Сума от кв. (%)	F-крит.	Сума от кв. (%)	F-крит.	Сума от кв. (%)	F-крит.
Общо	399	100,00	-	100,00	-	100,00	-	100,00	-	100,00	-	100,00	-	100,00	-	100,00	-
G (година)	3	0,92	16.39***	22,37	306,52***	2,31	51,34***	32,64	671,03***	15,81	113,04***	4,19	112,20***	12,14	230,16***	0,61	13,92***
D (гъстота)	4	32,74	442.15***	23,63	242,85***	24,06	401,88***	24,02	238,52***	28,65	153,62***	34,52	692,90***	20,76	295,04***	40,32	684,56***
H (хибрид)	4	48,49	654.84***	34,98	359,49***	62,34	1041,16***	29,34	301,57***	31,90	171,05***	45,88	920,82***	45,95	653,00***	44,29	751,92***
G*D	12	3,22	14.49***	3,26	11,15***	0,56	3,14***	0,57	2,94**	1,22	2,19**	1,85	12,40***	1,48	6,99***	0,71	4,04***
G*H	12	3,32	14.94***	3,47	11,88***	2,84	15,80***	5,06	25,98***	2,68	4,78***	2,12	14,16***	8,33	39,45***	2,31	13,05***
D*H	16	1,83	6.19***	3,12	8,05***	1,69	7,04***	2,16	5,61***	3,06	4,10***	5,28	26,50***	4,25	15,12***	3,65	15,49***
G*D*H	48	3,93	4.42***	1,87	1,60**	1,71	2,38***	1,52	1,95**	2,68	1,20	2,42	4,04***	1,81	2,15***	3,69	5,22***
Грешка	300	5,55	-	7,30	-	4,49	-	5,47	-	13,99	-	3,74	-	5,28	-	4,42	-

Таблица 2. Обща статистика на данните за добива
Table 2. Descriptive statistics of yield data

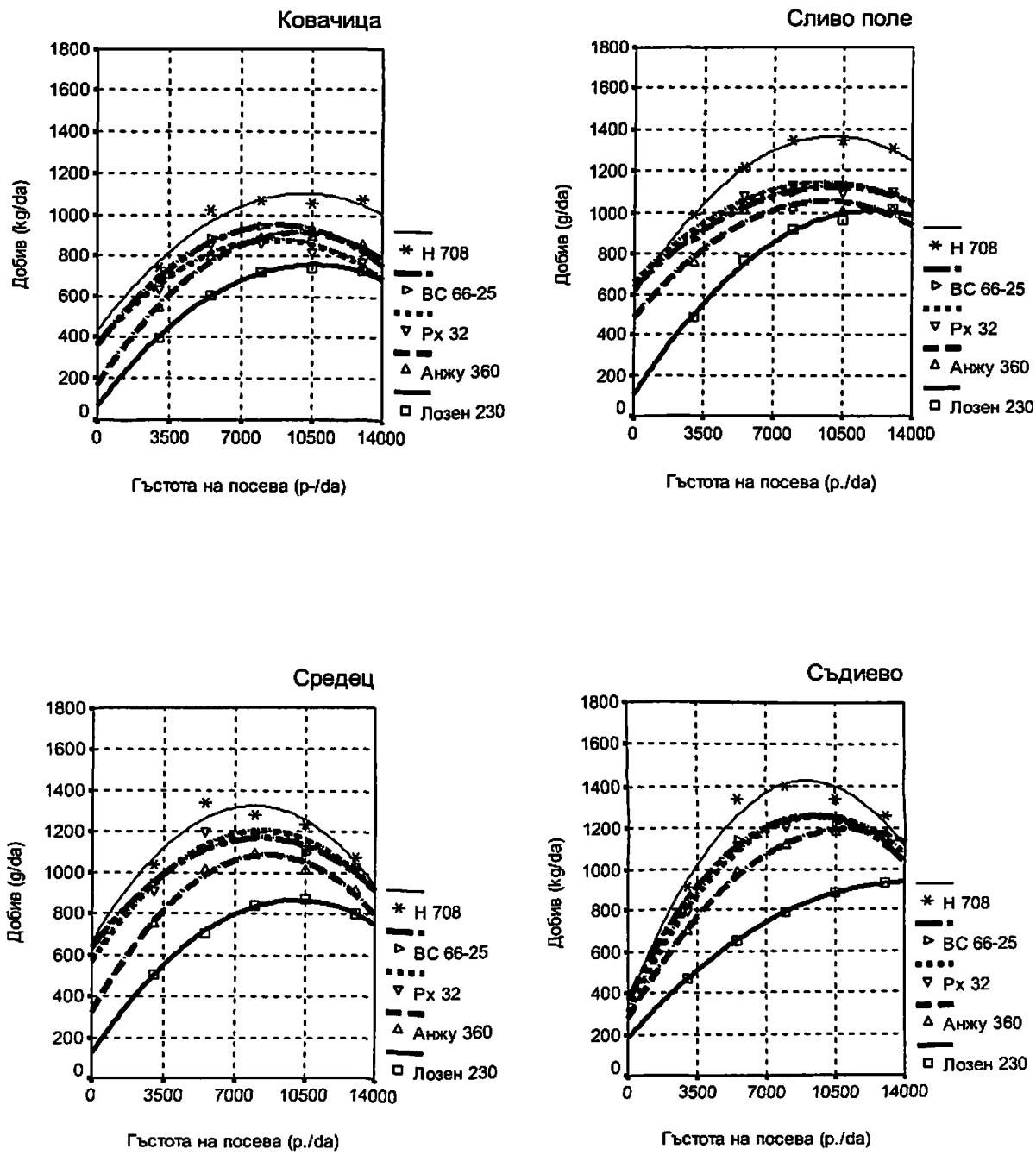
Бежаново / Bejanovo	***Minimum***	***Maximum***	***Mean***	***Cv***
Лозен 230	436,56	776,69	668,34	21.22
Анжу 360	622,81	951,56	832,81	15.09
Px 32	659,75	975,75	885,39	15.06
BC 66-25	689,13	1059,44	945,53	17.37
H 708	807,87	1256,50	1108,48	16.37
Цалапица / Calapitsa	***Minimum***	***Maximum***	***Mean***	***Cv***
Лозен 230	475,81	870,75	730,74	21.96
Анжу 360	696,50	959,44	876,33	11.90
Px 32	763,00	1078,94	955,44	12.47
BC 66-25	780,50	1045,38	964,50	11.02
H 708	902,37	1213,31	1123,27	11.29
Горни Дъбник / Gorni Dubnik	***Minimum***	***Maximum***	***Mean***	***Cv***
Лозен 230	545,00	940,00	804,20	19,29
Анжу 360	694,00	1034,00	943,20	15,13
Px 32	859,00	1185,00	1100,00	12,41
BC 66-25	891,00	1149,00	1074,80	9,85
H 708	1087,00	1584,00	1441,40	14,28
Горни Лозен / Gorni Lozen	***Minimum***	***Maximum***	***Mean***	***Cv***
Лозен 230	554,17	897,42	773,82	18.32
Анжу 360	771,58	1043,00	961,52	11.42
Px 32	865,58	1106,75	1026,88	9.64
BC 66-25	875,58	1065,25	1003,93	7.70
H 708	886,00	1222,50	1102,72	11.82
Ковачица / Kovatchitsa	***Minimum***	***Maximum***	***Mean***	***Cv***
Лозен 230	397,38	743,31	639,35	22.86
Анжу 360	539,56	892,44	792,01	18.50
Px 32	637,13	869,06	791,19	11.86
BC 66-25	679,63	949,00	852,58	12.27
H 708	744,88	1076,75	994,94	14.19
Сливо поле / Slivo pole	***Minimum***	***Maximum***	***Mean***	***Cv***
Лозен 230	487,81	1014,69	830,54	25.58
Анжу 360	757,00	1024,56	961,62	11.92
Px 32	898,63	1138,63	1064,50	8.90
BC 66-25	874,63	1114,88	1043,26	9.38
H 708	973,38	1288,94	1195,88	11.22
Средец / Sredets	***Minimum***	***Maximum***	***Mean***	***Cv***
Лозен 230	507,94	871,56	744,71	19.81
Анжу 360	746,63	1089,88	954,92	13.83
Px 32	910,81	1205,00	1089,48	11.02
BC 66-25	946,69	1193,94	1073,61	8.84
H 708	1000,06	1251,56	1129,24	9.70
Съдиево / Sadievo	***Minimum***	***Maximum***	***Mean***	***Cv***
Лозен 230	466,81	930,13	743,39	25.46
Анжу 360	696,56	1183,13	1031,74	19.70
Px 32	792,13	1245,94	1105,62	16.44
BC 66-25	835,50	1233,00	1114,22	14.57
H 708	909,44	1396,56	1248,02	15.66

Таблица 3. Резултати от регресионния анализ на данните за добив царевица за зърноTable 3. Results of regression analysis of data of maize grain yield

Пункт/Station	**Бежаново / Bejanovo**						
Хибрид/Hybrid	модел/model	R^2	F	x_{opt}	y_{max}	x	y (> 95% y_{max})
Лозен 230	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,99	304	**10106**	**786**	**8000**	**755**
Анжу 360	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,98	45	**8901**	**930**	**6500**	**892**
Px 32	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	86	**8633**	**988**	**6000**	**940**
BC 66-25	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,98	44	**9345**	**1012**	**6500**	**953**
H 708	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,98	41	**9252**	**1260**	**6500**	**1197**
Хибрид/Hybrid	**Цалапица / Calapitsa**						
Лозен 230	$Y=x/(a+b.x)$	0,99	373	**13000**	**887**	**10500**	**839**
Анжу 360	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	136	**9205**	**955**	**6500**	**920**
Px 32	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,96	22	**8044**	**1062**	**6000**	**1026**
BC 66-25	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	105	**8546**	**1052**	**6000**	**1010**
H 708	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,94	16	**8415**	**1227**	**6000**	**1181**
Хибрид/Hybrid	**Горни Дъбник / Gorni Dubnik**						
Лозен 230	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,98	100	**13000**	**949**	**8500**	**880**
Анжу 360	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	79	**9708**	**1046**	**6500**	**990**
Px 32	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,98	67	**9099**	**1203**	**6500**	**1159**
BC 66-25	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	712	**9070**	**1155**	**6000**	**1105**
H 708	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	382	**9539**	**1592**	**6500**	**1512**
Хибрид/Hybrid	**Горни Лозен / Gorni Lozen**						
Лозен 230	$Y=x/(a+b.x)$	0,99	453	**13000**	**909**	**10000**	**860**
Анжу 360	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	146	**9336**	**1043**	**6500**	**1004**
Px 32	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,99	338	**9570**	**1114**	**6500**	**1060**
BC 66-25	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,99	247	**9163**	**1076**	**6000**	**1024**
H 708	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,98	49	**9046**	**1201**	**6000**	**1140**
Хибрид/Hybrif	**Ковачица / Kovatchitsa**						
Лозен 230	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	656	**11014**	**745**	**8000**	**711**
Анжу 360	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	4465	**9621**	**899**	**7000**	**840**
Px 32	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,96	23	**7972**	**876**	**5500**	**833**
BC 66-25	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	332	**8229**	**944**	**6000**	**909**
H 708	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,96	24	**9774**	**1095**	**6500**	**1040**
Хибрид/Hybrid	**Сливо поле / Slivo pole**						
Лозен 230	$Y=x/(a+b.x)$	0,99	125	**13000**	**1039**	**11000**	**987**
Анжу 360	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0.94	15	**9125**	**1046**	**6500**	**1038**
Px 32	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0.95	20	**9076**	**1135**	**6000**	**1091**
BC 66-25	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	464	**9909**	**1114**	**6000**	**1054**
H 708	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,99	164	**10025**	**1366**	**7000**	**1298**
Хибрид/Hybrid	**Средец / Sredets**						
Лозен 230	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,99	234	**10054**	**868**	**8000**	**837**
Анжу 360	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	139	**7966**	**1077**	**6000**	**1039**
Px 32	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,93	14	**7596**	**1206**	**5500**	**1161**
BC 66-25	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,96	23	**7582**	**1167**	**5000**	**1110**
H 708	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,94	14	**7173**	**1328**	**5000**	**1268**
Хибрид/Hybrid	**Съдиево / Sadievo**						
Лозен 230	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,99	4332	**13000**	**931**	**10500**	**883**
Анжу 360	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	1521	**11840**	**1184**	**8500**	**1138**
Px 32	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	236	**9335**	**1241**	**7000**	**1198**
BC 66-25	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	1997	**8777**	**1243**	**6500**	**1197**
H 708	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,98	44	**8436**	**1411**	**6500**	**1366**



Фиг. 1. Апроксимация на данните за добивите от царевица с полином от втора степен
Fig. 1. Polynomial relationship between data of maize grain yield and plant density



Фиг. 1а. Апроксимация на данните за добивите от царевица с полином от втора степен
Fig. 1a. Polynomial relationship between data of maize grain yield and plant density

Бежаново (съответно от 668 до 1108 kg/da), докато добивите, получени в експериментална база Горни Дъбник достигат най-високи стойности (от 804 до 1441 kg/da).

За да се оцени оптималната гъстота при различните хибриди царевица, отглеждани в географска мрежа (осем пункта), данните от експериментите са апроксимирани със следните зависимостите:

$$Y = a + b.x + c.x^2 \quad (1)$$
$$Y = a + b.x + c.x^{1/2} \quad (2)$$
$$Y = x/(a + b.x), \quad (3)$$

където Y е добив от единица площ; x - гъстота на посева; a, b, c - константи; *(1)* полиномиален модел на Hudson (1941), *(2)* модел на Sharp, Dent (1968), и *(3)* модел на Spitters (1982). Със зависимостта *(2)* се избягва недостатъка на симетрията на модела на Hudson, докато моделът на Spitters има асимптотичен характер.

Най-добра е апроксимацията на данните за добивите по модела на Sharp, Dent *(2)*, следван от полиномиалния модел на Hudson *(1)*. Моделът на Spitters *(3)* дава най-добра апроксимация на данните за добива само при ранния хибрид Лозен 230 за базите Цалапица, Горни Дъбник, Горни Лозен и Сливо поле. За тези бази добивът нараства с нарастване гъстотата на посева, като придобива асимптотичен характер, т. е. добивът достига до някакво максимално равнище, което запазва при по-нататъшно нарастване на гъстотата (фиг. 1-1а). За останалите хибриди в рамките на интервала на експеримента за гъстотата на посева (от 3000 до 13 000 p/da) добивите достигат своя максимум, след което настъпва депресия, поради което моделът на Spitters *(3)* не е подходящ да описва зависимостта „гъстота на посева – добив".

От табл. 3 с резултатите от регресионния анализ на данните се вижда, че има тенденция оценката на гъстотата на посева с малки изключения да нараства от късните към среднoранните хибриди за всички бази, като най-висока е оптималната гъстота на посева за Цалапица, Горни Дъбник, Горни Лозен и Съдиево – 13 000 p/da при ранния хибрид Лозен 230. За добивите се наблюдава обратната тенденция – те намаляват от ранните към късните хибриди, като най-ниски са добивите, получени от Карбонатния Чернозем от Ковачица, следвани от Тъмносивата горска почва от Бежаново за хибрид Лозен 230. За двете бази добивите, получени при всички останали хибриди, са също най-ниски (с изключение на хибрид Н 708 от Бежаново).

От резултатите в табл. 3 се вижда, че намалението от оптималната гъстота на посева с 2000 – 2500 p/da води до незначително редуциране на максималния добив с по-малко от 5%. Така при оптимална гъстота от 8000 – 9000 p/da, нейното намаление до 6000 – 6500 p/da осигурява получаване на добив, не по-нисък от 95% от максималния за среднoранния хибрид Анжу 360, за средно късните Рх 32, ВС 66-25 и за късния хибрид Н 708. За ранния хибрид Лозен 230 намалението на оптималната гъстота е от 2000 до 3000 p/da и е непо-малка от 8000 p/da за базите в Бежаново, Ковачица и Средец.

Заключение

Степента на влияние на основните агротехнически фактори върху добивите от царевица за зърно, отглеждана при поливни условия в осем различни агроекологични райони на страната, не е еднопосочна. Най-значимо за всички експериментални бази е влиянието на генетичните качества на хибрида – от 62,32% от общото вариране в данните за добива в база Горни Дъбник до 31,87% в Ковачица се дължат на него. Следва въздействието на гъстотата на посева – от 40,32% за Съдиево до 20,76% за Средец. Изключение правят резултатите от опита в Горни Лозен (Излужена Канелена горска почва), където метеорологичните условия са причина за 32,68% от общото вариране в данните.

Оптималната гъстота за максимален добив е най-висока при ранния хибрид Лозен 230. За останалите хибриди тази гъстота е в интервала от 8000 – 9000 растения на декар. Само за експерименталната база Средец максимални добиви се достигат при гъстота на посева 7000 – 8000 plants/da.

Намалението на оптималната гъстота на посева с 2000 – 2500 р/da води до незначително редуциране на максималните добиви – с по-малко от 5%.

Моделът на Spitters дава най-добра апроксимация на данните за добива само при ранния хибрид Лозен 230 при условията на базите Цалапица, Горни Дъбник, Горни Лозен и Сливо поле. За останалите бази и хибриди най-добра е апроксимацията на данните за добивите по модела на Sharp, Dent (1968).

Литература

Стоянов, П. 2007. Агроекологичен потенциал на царевицата, отглеждана върху типични за нейното производство почви в условията на България. Хабилитационен труд. София, 250 стр.

Asafu-Agyei, J. N. 1990. Effect of plant density on the field of maize (Zea mais L.) in Ghana. *Ghana J. Agric. Sci.*, 20-23: 85-91.\

Bruce, B. W., O. E. Gregory, T. C. Barker. 2002. Molecular and physiological approaches to maize improvement for drought tolerance. *J. Exp. Bot.*, 53: 13-25

Hudson, H. G. 1941. Population studies with wheat.III. Seed rates in nursery trials and field plots. *J. of Agric. Sci.*, vol. 31, 138-144

Loomis, R. S., D. J. Connors. 1992. Crop ecology productivity and management in agricultural systems. Cambridge University, 550

Sharp, P. R., J. B. Dent. 1968. The determination and economic analysis of relationships between plant population and yield of main crop potatoes. *The J. of Agric. Sci.*, February, vol. 70, part 1: 123-129

Shekoofa, A., I. Eman. 2008. Plant growth regulator (ethephon) alters maize (Zea mays L.). Growth, wateruse and grain yield under water stress. *J. Agron.*, 7: 41-48

Spitters, C. J. T., R. Aerts. 1983. Simulation of competition for light and water in crop weed associations. *Aspects of Applied Biology*, 4: 467-483

Taheri-Asghari, M., J. Daneshian, H. Aliabadi-Farahami. 2009. Effects of drought stress and planting density in quality and morphological of Chicory (Cichorium intybus L.). *Asian Journal of Agric. Sci.*, 1 (1), 12-14