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. I. Неполивни условия

Investigation the Productivity of Maize in Different Agroecological Regions and Agrotechnical Treatments. I. Non-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 on the basis of data from four year field experiments with five maize hybrids and five levels of plant density.

The experiments were carried out on eight different agro-ecological regions of the country in non-irrigated conditions. The influence of hybrid, plant density and soil-climatic conditions was investigated.

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

Statistical analysis of experimental data was made. Three mathematical relationships between plant density and maize grain yields were tested. Hudson's model provides a good approximation of "plant density – maize grain yield" relation for early hybrid Lozen 230, but the model of Sharp and Dent is more suitable in most of the cases for other hybrids.

The optimal plant density for maximum yield is not well defined. There is a trend to reduce the optimal plant density from mid early do late hybrids while yield increases.

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

Съществуват редица фактори, които оказват влияние върху добива от царевица, но гъстотата на растенията е един от най-важните, засягащи равнището на агрономическия добив (Asafu-Agyei, 1990). Добивът от зърно на единица площ е продукт на добива зърно от растение, и броя на растенията от единица площ. При ниска гъстота, добивът е ограничен от броя на растенията, докато при висока той намалява поради конкуренция между растенията за хранителни и енергетични източници, предизвикани от гъстотата (Harper, 1961).

Оптималният брой растения на единица посевна площ е главен фактор на продуктивността. Чрез него се полагат основите на високопродуктивното растениевъдство – създаване на оптически плътни посеви с оптимално количество листна площ, способни да поглъщат възможно най-пълно слънчевата радиация за формиране на максимални добиви (Томов, Йорданов, 1984; de Wit et al., 1970).

Оптималната гъстота зависи от съвкупност от фактори, каквито са почвено-климатичните условия, нивото на агротехника (в това число режим на напояване и минерално хранене). От съществено значение са и генотипните характеристики на хибрида (Liu at al., 2004; Bandy, 2014). Докато късните хибриди имат

по-голям продуктивен потенциал, ранните се нуждаят от по-голяма гъстота за получаване на максимален добив (Стоянов, Тончева, 2007; Стоянов, 2007).

Целта на разработката беше да се изследва отзивчивостта на избрани хибриди царевица, отглеждани при неполивни условия в различни агроекологични райони на страната, към гъстота на посева, и на базата на статистически модели да се дадат препоръки за оптимална гъстота за получаване на максимални добиви.

Материал и методи

За провеждане на изследването са използвани данни от полски опити, проведени под ръководството на проф. д-р Павел Стоянов. Изследваните фактори са: хибрид, гъстота на посева при неполивни условия, торене и различни почвено-климатични условия.

Експериментите са проведени по единна методика в осем различни агроекологични райони на страната: Горни Лозен (Софийско) – Излужена Канелена горска почва, Цалапица (Пловдивско) – Алувиално-ливадна почва, Средец (Старозагорско) – Излужена Смолница, Съдиево (Сливенско) – Излужена Канелена горска, Сливо поле (Русенско) – Силно Излужен Чернозем, Горни Дъбник (Плевенско) – Средно Излужен Чернозем, Бежаново (Ловешко) – Тъмносива горска почва, и Ковачица (Монтанско) – Карбонатен Чернозем.

Опитите са залагани по метода на дробните парцелки в четири повторения при големина на реколтната площ 56 m^2 и междуредово разстояние 70 cm. Изпитвани са по пет варианта гъстота на посева: 1500, 3000, 4500, 6000 и 7500 plants/da.

Нормата на торене с азот е определяна на базата на износа му със стопанската част на продукцията, коригирана с коефициента на използване на торовия и почвен азот, а фосфорът е внасян за пълно компенсиране на износа му със стопанския добив. Така торенето (в kg/da активно вещество), прието условно за оптимално, е различно за различните бази: Горни Дъбник – $N_{15}P_{11}$, Сливо поле – $N_{14}P_{10}$, Ковачица – $N_{11}P_7$, Средец – $N_{16}P_{10}$, Цалапица – $N_{17}P_{14}$, Съдиево – $N_{15}P_{10}$, Бежаново – $N_{14}P_{11}$, и Горни Лозен – $N_{15}P_{11}$ (N_iP_j: **i** - kg/da N и **j** - kg/da P). Торене с калий не е извършвано съгласно резултатите за характеристика на почвата.

Опитите са залагани с пет хибрида от четирите основни групи по ФАО: *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).

Продължителността на експериментите е четири години. С получената от тях информация е построена база данни на Excel, като резултати са анализирани с помощта на статистическия пакет SPSS.

Оценена е оптималната гъстота на посева за максимален добив за всеки един от хибридите по експериментални бази.

Резултати и обсъждане

Направена е оценка на влиянието на изпитваните фактори *„гъстота на посева"*, *„хибрид"* и *„метеорологични условия"* върху добивите. За целта е извършен дисперсионен анализ на получените данни. Резултатите, представени на табл. 1 показват, че влиянието на основните изследвани в опитите агротехнически фактори върху добивите от царевица зърно при неполивни условия е статистически доказано при вероятност за грешка, по-малка от 0,1%. В преобладаващия брой от полетата (Съдиево, Цалапица, Горни Лозен и Горни Дъбник) влиянието на метеорологичните условия е най-значимо – съответно 59,43%, 52,29%, 37,90% и 35,15% от общото вариране в данните се дължи на него. Вероятна причина за това са ниските средни вегетационни валежи в Цалапица и Съдиево (табл. 2) – съответно 240 mm и 278 mm, както и най-високата средномесечна температура на въздуха в Горни Дъбник и най-ниската – в Горни Лозен. Гъстотата на посева оказва най-значимо влияние върху добивите в базите Ковачица (52,94%) и Бежаново (33,22%). Влиянието на хибрида е най-добре изразено в Сливо поле – 37,95% от общото вариране в данните и, в базата в Средец – 37,72%.

Най-стабилни (с най-нисък коефициент на вариация) са добивите от царевица зърно, получени от Средно Излужения Чернозем от Горни Дъбник, Плевенско (табл. 3). Следват добивите от Цалапица (Алувиално-ливадна почва), Съдиево (Излужена Канелена горска

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

		Бежаново		Цалапица		Горни Дъбник		Горни Лозен		Ковачица		Сливо поле		Средец		Съдиево	
Източник на вариране	Ст. на св.	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	22,79	377,43***	52,29	254,52***	35,15	416,54***	37,90	1423,78***	9,19	117,00***	13,62	965,50***	19,00	369,66***	59,43	1241,04***
D (гъстота)	4	33,22	412,63***	6,66	24,32***	6,97	61,94***	18,81	353,30***	52,94	505,23***	36,50	1940,70***	27,41	399,89***	5,91	92,47***
H (хибрид)	4	23,44	291,13***	4,67	17,04***	34,29	304,74***	27,78	521,98***	23,17	221,13***	37,95	2017,74***	37,72	550,20***	3,49	54,60***
G*D	12	8,10	33,56***	6,44	7,83***	8,00	23,69***	0,93	8,70***	0,89	2,83***	4,04	71,60***	4,03	19,59***	4,52	23,57***
G*H	12	2,61	10,82***	3,96	4,82***	3,30	9,79***	8,53	80,12***	1,92	6,12***	2,66	47,12***	4,02	19,58***	13,27	69,25***
D*H	16	1,35	4,200***	3,75	3,42***	2,01	4,47***	1,17	5,48***	1,62	3,86***	2,42	32,13***	1,07	3,85***	3,51	13,74***
G*D*H	48	2,45	2,53***	1,69	0,51***	1,84	1,36***	1,89	4,44***	2,41	1,91***	1,40	6,20***	1,61	1,96***	5,08	6,63***

почва) и Горни Лозен (Излужена канелена горска почва). Най-силно вариращи са добивите от Карбонатния Чернозем в Ковачица, Силно Излужения Чернозем от Сливо поле и Тъмносивата горска почва от Бежаново. В преобладаващия брой случаи среднокъсният хибрид ВС 66-25 дава най-стабилни, макар и не най-високи добиви, докато ранният хибрид Лозен 230 е с най-силно вариращи добиви за всички бази.

Базите в Съдиево и Цалапица са най-неподходящи за отглеждане на царевица при неполивни условия за всички изследвани хибриди. Средните добиви са съответно от 287 kg/da за хибрид *Лозен 230* до 352 kg/da за *Рх 32* за първата база, и от 338 kg/da за *Лозен 230* до 406 kg/da за *Анжу 360* – за втората база.

Според редица изследвания, добивът на зърно е резултат от генетичните характеристики на хибрида и, разбира се, от условията на неговия растеж и развитие. Оптималната граница на засяване е широка и в голяма зависимост от метеорологичните условия на мястото, където растенията се отглеждат. От друга страна, гъстотата на посева, обезпечаваща най-голяма продукция, не е еднозначна за хибридите от различни групи по зреене (Стоянов, 2007; Bruns, Abbas, 2003; Sulewska et al., 2013). Според авторите особено значимо влияние върху продуктивността на царевицата оказва взаимодействието между хибрида и гъстотата на посева.

Конкуренцията при растенията е проблем, върху който работят много изследователи. По въпроса за оптималната гъстота на царевичен посев няма единно мнение. Предлаганите препоръки имат локален характер и са зависими, както от метеорологичните, така и от почвените условия. Известна е нехомогенността на почвата дори в рамките на малки площи с еднакъв климат. Необходим е по-детайлен анализ на получената информация. Поради това, за да се оцени оптималната гъстота на посева за получаване на максимален добив при различните хибридите, отглеждани в географска мрежа (осем пункта), данните са апроксимирани със следните математически зависимости.

$$Y = a + b.x + c.x^2 \quad (1)$$

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

$$Y = x/(a + b.x), \quad (3)$$

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), с който се избягва недостатъкът на симетрията на модел *(1)*, и *(3)* - модел на Spitters (1982), който има асимптотичен характер.

Получените зависимости от регресионния анализ на данните, даващи най-добра апроксимация, са представени в табл. 4. За ранния хибрид Лозен 230 моделът на Hudson най-добре описва зависимостта „гъстота на посева – добив", докато за останалите хибриди в преобладаващ брой от случаите това е моделът на Sharp, Dent (1968). Моделът на Spitters

Таблица 2. Сравнителни характеристики на климатичните условия в експерименталните бази (по данни на проф. д-р П. Стоянов)
Table 2. Comparative characteristics of climatic conditions in experimental stations

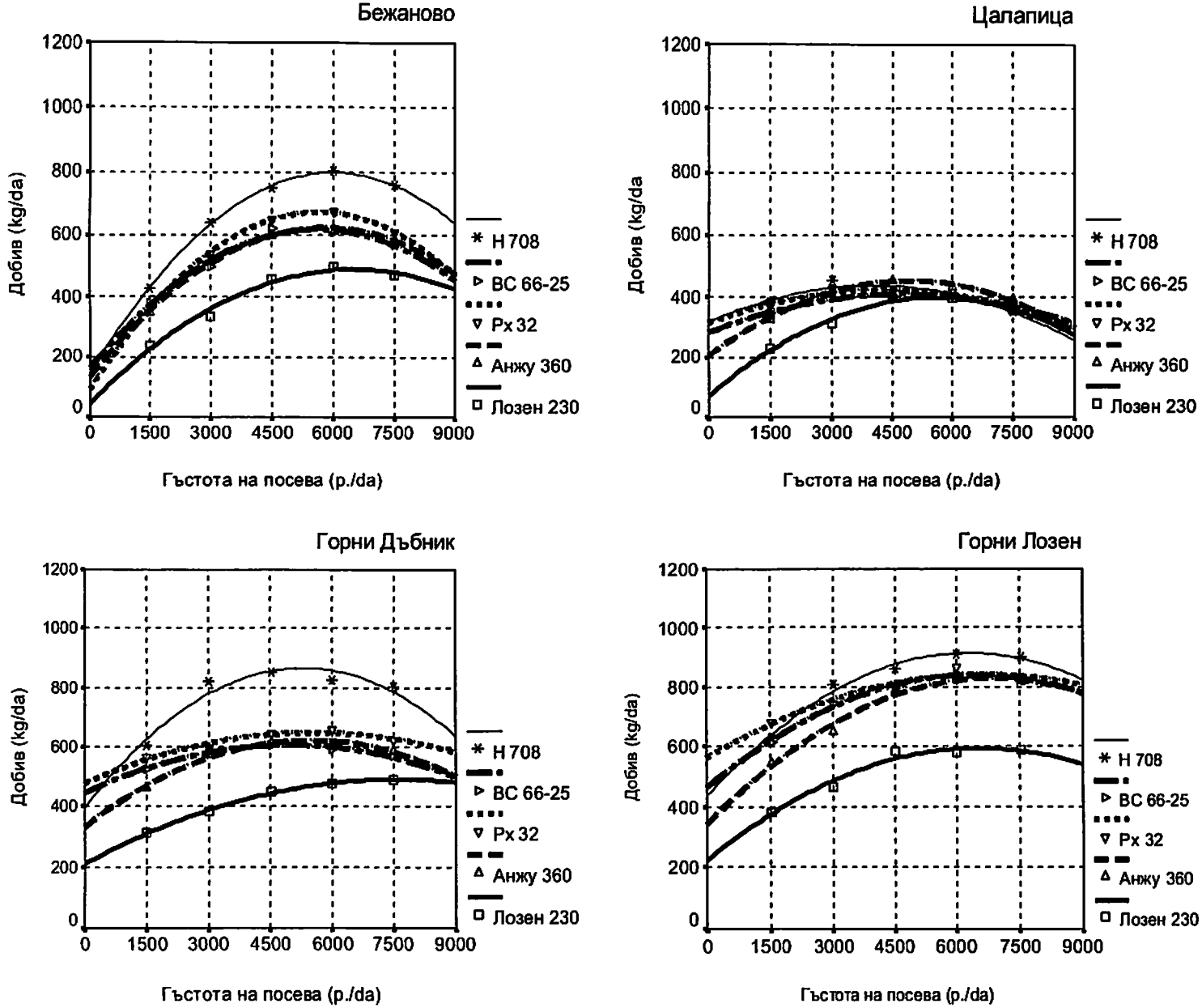
Експериментални бази	Средно количество валежи (mm) през опитния период	Сума на ефективната температура над 10 °C за вегетацията	Средна относителна влажност на въздуха (%) за опитния период
Бежаново	384	1383	67,8
Цалапица	240	1573	66,2
Горни Дъбник	358	1557	67,4
Горни Лозен	338	1147	65,0
Ковачица	309	1517	73,0
Сливо поле	339	1407	75,2
Средец	290	1566	65,6
Съдиево	278	1533	65,2

Таблица 3. Дескриптивна статистика на данните за добива
Table 3. Descriptive statistics of yield data

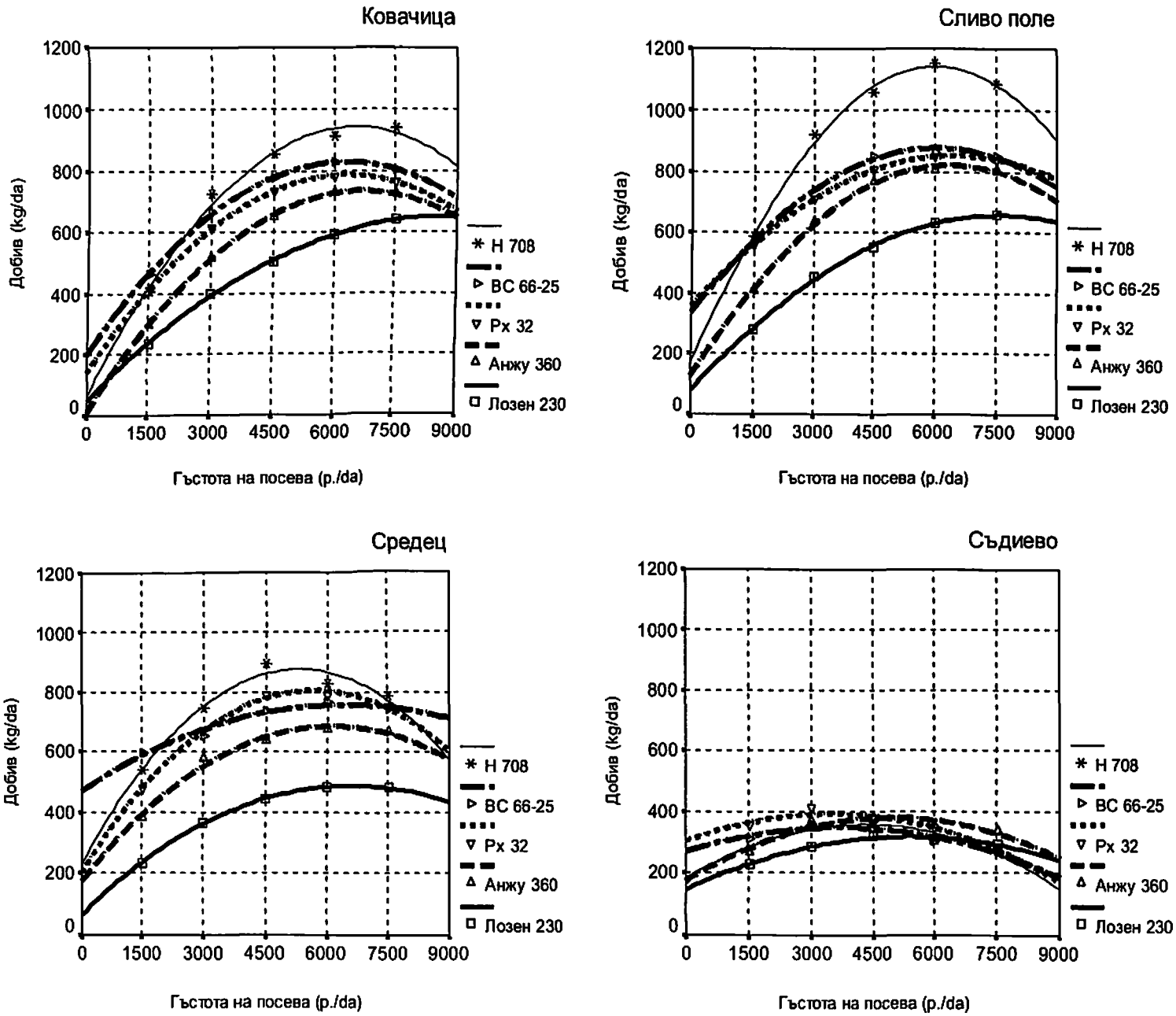
Бежаново	***Minimum***	***Maximum***	***Mean***	***Cv***
Лозен 230	237,06	498,38	400,16	27.78
Анжу 360	349,81	612,19	533,41	20.52
Рх 32	361,81	676,06	566,81	22.16
ВС 66-25	379,50	622,13	535,05	18.56
Н 708	430,50	801,06	678,74	22.32
Цалапица	***Minimum***	***Maximum***	***Mean***	***Cv***
Лозен 230	227,31	396,25	338,40	20.83
Анжу 360	327,94	457,69	406,50	12.26
Рх 32	370,06	428,94	398,19	6.66
ВС 66-25	347,44	403,69	384,69	6.55
Н 708	354,94	453,56	403,95	9.40
Горни Дъбник	***Minimum***	***Maximum***	***Mean***	***Cv***
Лозен 230	312,50	490,56	422,10	17.63
Анжу 360	463,69	613,44	568,91	10.73
Рх 32	563,00	656,81	616,50	6.12
ВС 66-25	523,75	606,38	574,95	5.52
Н 708	605,06	849,50	779,50	12.70
Горни Лозен	***Minimum***	***Maximum***	***Mean***	***Cv***
Лозен 230	383,00	587,42	520,02	17.84
Анжу 360	542,67	824,92	725,27	17.06
Рх 32	682,67	864,25	784,05	9.08
ВС 66-25	617,08	842,08	765,43	11.92
Н 708	628,67	910,42	819,48	13.94
Ковачица	***Minimum***	***Maximum***	***Mean***	***Cv***
Лозен 230	236,56	641,44	475,20	34.12
Анжу 360	297,01	729,15	584,40	31.05
Рх 32	411,00	781,12	661,61	23.36
ВС 66-25	466,21	830,88	708,40	21.13
Н 708	408,44	939,63	768,20	28.34
Сливо поле	***Minimum***	***Maximum***	***Mean***	***Cv***
Лозен 230	281,56	657,44	516,60	29.61
Анжу 360	411,44	806,75	684,99	24.52
Рх 32	563,38	852,25	755,01	17.60
ВС 66-25	571,81	865,88	777,79	16.14
Н 708	590,44	1152,63	961,25	23.28
Средец	***Minimum***	***Maximum***	***Mean***	***Cv***
Лозен 230	234,56	484,25	401,91	26.20
Анжу 360	382,38	676,13	588,78	20.64
Рх 32	476,94	790,44	696,16	18.91
ВС 66-25	599,00	771,19	701,60	10.17
Н 708	541,13	893,50	760,22	17.59
Съдиево	***Minimum***	***Maximum***	***Mean***	***Cv***
Лозен 230	227,69	322,69	287,32	12.57
Анжу 360	269,56	373,63	341,51	12.49
Рх 32	277,63	415,13	352,34	13.99
ВС 66-25	271,88	358,94	318,36	10.95
Н 708	271,81	366,25	315,05	13.73

Таблица 4. Зависимости „гъстота на посева – добив", даващи най-добра апроксимация
Table 4. Relationships between plant density and yield

Пункт/Station	**Бежаново / Bejanovo**						
Хибрид/Hybrid	модел/model	R^2	F	x_{opt}	y_{max}	x	y (> 95% y_{max})
Лозен 230	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,98	44	**6536**	**490**	**5000**	**465**
Анжу 360	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	273	**5793**	**610**	**4000**	**579**
Px 32	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,99	932	**5649**	**673**	**4500**	**649**
BC 66-25	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,97	36	**5624**	**618**	**4500**	**600**
H 708	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,99	1294	**6120**	**802**	**5000**	**780**
Хибрид/Hybrid	**Цалапица / Calapitsa**						
Лозен 230	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,99	130	**5696**	**391**	**4500**	**378**
Анжу 360	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	135	**4485**	**452**	**3500**	**442**
Px 32	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,94	15	**3877**	**426**	**3000**	**420**
BC 66-25	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,97	35	**4341**	**409**	**3000**	**398**
H 708	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,93	14	**3592**	**444**	**3000**	**440**
Хибрид/Hybrid	**Горни Дъбник / Gorni Dubnik**						
Лозен 230	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,99	274	**7500**	**490**	**5500**	**469**
Анжу 360	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	689	**5232**	**614**	**3500**	**591**
Px 32	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,93	13	**5526**	**648**	**3500**	**624**
BC 66-25	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	200	**4527**	**603**	**3000**	**588**
H 708	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,97	36	**4920**	**857**	**3500**	**827**
Хибрид/Hybrid	**Горни Лозен / Gorni Lozen**						
Лозен 230	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,96	25	**6516**	**594**	**5000**	**574**
Анжу 360	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,98	64	**6828**	**828**	**5000**	**793**
Px 32	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,94	17	**6626**	**841**	**4500**	**812**
BC 66-25	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,99	166	**6393**	**840**	**4500**	**807**
H 708	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	75	**6840**	**904**	**4500**	**869**
Хибрид/Hybrid	**Ковачица / Kovatchitsa**						
Лозен 230	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,91	10	**6390**	**436**	**5000**	**418**
Анжу 360	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,99	214	**7500**	**723**	**6500**	**692**
Px 32	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	126	**7500**	**850**	**6500**	**811**
BC 66-25	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	148	**7500**	**906**	**6500**	**866**
H 708	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,97	36	**7500**	**927**	**7000**	**894**
Хибрид/Hybrid	**Сливо поле / Slivo pole**						
Лозен 230	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,99	404	**7500**	**657**	**6000**	**634**
Анжу 360	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	517	**6928**	**811**	**5000**	**779**
Px 32	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,99	23164	**6456**	**853**	**5000**	**828**
BC 66-25	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,99	199	**6051**	**880**	**4500**	**844**
H 708	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,99	172	**6028**	**1144**	**5000**	**1115**
Хибрид/Hybrid	**Средец / Sredets**						
Лозен 230	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,99	1841	**6621**	**489**	**5000**	**463**
Анжу 360	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,99	231	**6351**	**676**	**4500**	**648**
Px 32	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,99	197	**5693**	**806**	**4500**	**780**
BC 66-25	$Y=a+b.x+c.x^2$	0,99	961	**6015**	**772**	**4500**	**742**
H 708	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,96	26	**5050**	**861**	**4000**	**842**
Хибрид/Hybrid	**Съдиево /Sadievo**						
Лозен 230	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,96	26	**5079**	**314**	**3500**	**302**
Анжу 360	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,96	25	**4529**	**379**	**4000**	**377**
Px 32	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,93	13	**3154**	**400**	**2000**	**383**
BC 66-25	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,96	23	**3338**	**354**	**2000**	**336**
H 708	$Y=a+b.x+c.x^{1/2}$	0,94	17	**3813**	**361**	**3000**	**353**



Фиг. 1. Апроксимация на добивите от царевица зърно с полином от втора степен
Fig. 1. Polynomial relationships between plant density and maize grain yield



Фиг. 1а. Апроксимация на добивите от царевица зърно с полином от втора степен
Fig. 1a. Polynomial relationships between plant density and maize grain yield

(1982) не е подходящ за апроксимиране на данните от царевица, отглеждана при неполивни условия.

От табл. 4 се вижда, че в повечето от базите оптималната гъстота на посева, оценена по съответния модел, намалява от ранните хибриди към късните. Така например при Излужения Чернозем от Горни Дъбник за ранния хибрид Лозен 230 оптималната гъстота е 6500 p/da, докато при средно късния Рх 32 и късния Н 708 хибрид гъстотата е съответно 4527 p/da и 4920 p/da. Изключение прави базата в Ковачица, при която оптималната гъстота за хибрид Лозен 230 е 6590 p/da, докато за останалите хибриди не е достигната оптималната гъстота в интервала на експеримента. За тях добивът нараства с нарастване гъстотата на посева (фиг. 1-1а). Вероятна причина за това са високата относителна влажност на въздуха и сумарната ефективна температура на въздуха над 10 °С през вегетацията в този район.

Наблюдава се тенденция за нарастване на максималните добиви от ранните към късните хибриди за всички експериментални бази, като най-ниски добиви се получават в базите Съдиево (от 314 до 400 kg/da) и Цалапица (от 391 до 452 kg/da). Малките количества валежи през вегетацията, високите температури, както и ниската относителна влажност на въздуха, правят тези райони неподходящи за отглеждане на царевица за зърно при неполивни условия. Това е в потвърждение на резултатите, получени в изследванията на Стоянов (2007).

Максималните стойности на добива при оптимална гъстота на посева не са рязко изразени. Изменението на гъстотата в широк диапазон не оказва съществено влияние върху добива. Тъй като гъстотата на посева е лимитиращ добива фактор, интерес представлява неговото изменението при по-ниски от оптималните гъстоти. Резултатите от табл. 4 показват, че намаление на оптималната гъстота с 1000 – 1500 растения на декар води до редуциране на добива на зърно с по-малко от 5%. Така при ранния хибрид Лозен 230 оптималната гъстота от 5079 p/da за база Съдиево, и 7500 plants/da за Горни Дъбник, осигуряват максимален добив, съответно 314 kg/da и 490 kg/da, докато намаление в гъстотата до 3500 и 5500 p/da осигуряват добиви, които са с по-малко от 5% по-ниски от оптималния – съответно 302 kg/da и 469 kg/da (табл. 4).

Заключение

Степента на влияние на изследваните агротехнически фактори върху добива от царевица за зърно в осемте експериментални бази не е еднозначна. Най-значимо е въздействието на *почвено-климатичните условия* в опитните полета в Съдиево (59,43% от общото вариране в данните се дължи на тях), Цалапица (52,29%), Горни Лозен (37,90%) и Горни Дъбник (35,15%). *Гъстотата на посева* в най-голяма степен оказва влияние върху величината на добива в Ковачица и Бежаново (съответно 52,94% и 33,22%), а в Сливо поле и Средец – *хибридът* (съответно 37,95% и 37,72%).

Оптималната гъстота на посева за получаване на максимален добив не е добре изразена. При ранния хибрид Лозен 230 за условията на Излужената Канелена горска почва от Съдиево и Алувиално-ливадната почва от Цалапица, тя е около 5500 plants/da. За всички останали бази при този хибрид се наблюдава максимум на добива при гъстота на посева около 7000 plants/da. Най-ниска е оптималната гъстота на посева за останалите хибриди в базите Съдиево и Цалапица – от 3500 до 4500 plants/da, докато за базата в Ковачица тя е най-висока – 7500 plants/da. Намалението на оптималната гъстота с 1000 – 1500 plants/da води до редуциране на добива на зърно с по-малко от 5%.

Моделът на Hudson дава добра апроксимация на зависимостта *гъстота на посева – добив* при ранния хибрид Лозен 230, докато при останалите хибриди в повечето случаи това е моделът 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.

Стоянов, П., Р. Тончева. 2007. Изследване на взаимодействието „генотип – околна среда" при максимална продуктивност на царевица. *Почвознание агрохимия и екология*, № 3, 3-9

Томов, Н., Й. Йорданов. 1984. Царевицата в България. *Земиздат*, София, 184-191

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

Bandy, B. J. 2014. Response to planting density for corn hybrids grown under narrow and conventional row spacing. Thesis. University of Illinois at Urbana-Champaign, 45 p.

Bruns, H. A., H. K. Abbas. 2003. Effects of plant populations on maize hybrids in the sub-tropical mid south USA. *Maydica*, 48: 21-27

Harper, J. L. 1961. Approaches to the study of plant competition. Mechanisms of biological competition (Ed. by F. L. Milthorpe). *Symp. Soc. Exp. Biol.*, 15: 1-39

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

Liu, W., M. Tollenaar and G. Smith. 2004. Within row plant spacing variability does not affect corn yield. *Agron. J.*, 96: 275-280.\

Sharpe, P. R., J. B. Dent. 1968. The determination and economic analysis of relationships between plant population and yield of main crop potatoes. *J. Agric. Sci.*, vol. 70, part 1: 1234-129

Spitters, C. J. T. 1982. An alternative approach to the analysis of experiments. I. Estimation of competition effects. *Neth. J. Agric. Sci.*, 31: 1-11

Sulewska, H.,W. Koziara, K. Smiatacz, G. Szymancka, K. Panasiewicz. 2013. Yielding of maize hybrids from different maturity groups depending on sowing density. *Fragm. Agron.*, 30 (4): 156-163

de Wit, C. T. , R. Brouwer, F. W. T. Penning de Vries. 1970. The simulation the photosynthetic systems. In: Trebon: 47-50.