Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2017, 20 (6), 277-286 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Влияние на начина на напояване върху продуктивността на градинския фасул

Радост Петрова, Биляна Харизанова-Петрова, Александър Матев*

Аграрен Университет, 4000 Пловдив, България
**E-mail: sa6_m@abv.bg*

Impact of the way of irrigation on the productivity of green beans

Radost Petrova, Bilqna Harizanova-Petrova, Alexander Matev*

Agricultural University, 4000 Plovdiv, Bulgaria

РЕЗЮМЕ

Целта на разработката е да се установи влиянието на начина на напояване върху продуктивността на градински фасул, сорт "Страйк". Пол-ският експеримент е проведен през пе-риода 2013-2015 г. в УОП на АУ – Плов-див. Изпитани са следните ва-рианти: 1) без напояване; 2) гравитачно напояване; 3) капково напояване; и 4) напояване чрез дъждуване. Поливките са реализирани при достигане на пред-поливна влажност 80 % от ППВ при всички поливни варианти, а поливната норма е изчислявана за навлажняване на почвен слой 0-60 cm. Напояването на опитните парцели е осъществявано чрез различни техники за разпределя-не на поливната вода, съответно по бразди, чрез капкова система и чрез микродъждуване. Обобщените данни показват, че при неполивни условия добивът е средно 601 kg/da, като варира от 319,1 kg/da до 743,0 kg/da. Начинът на напояване влияе слабо и не еднопосочно върху добива от градински фасул. Най-добри резултати се получават при капково напояване средно 1222 kg/da, което е над шест

SUMMARY

The intention of this study was to establish the impact of the way of irrigation on the productivity of garden beans variety "Strike". The experiment was conducted in the 2013-2015 period in the experimental field at Agricultural University Plovdiv. Variants of the experiment are: 1) without irrigation; 2) gravity irrigation; 3) drip irrigation and 4) sprinkler irrigation. The irrigation of the experimental parcels was realized when soil moisture reaches 80% of field capacity in all irrigation variants.

The irrigation rate calculated for humidification soil layer of 0-0.60 m. Irrigation realizeд through different techniques for water distribute respectively by furrow, drip system and micro-spray system. In option 1 (without irrigation) the yields were average 601 kg/da, ranging from 319 to 743 kg/da.

The way for irrigation has a weak effect and not unilateral over the yields from green been. Best results were obtained by drip irrigation the average 1222 kg/da or more than six times higher yield

пъти по-висок добив спрямо неполивния вариант. При гравитачно напояване добивът е средно 1156,2 kg/da, а при варианта напояван чрез дъждуване, същия е 1087,3 kg/da.

Ключови думи: градински фасул, напояване, гравитачно напояване, капково, дъждуване, добиви; продуктивност

УВОД

Градинският фасул се отглежда в много райони на страната, като през последните няколко години производството му е насочено главно в централната и западната част на Южна България, където площите са около 1400 ha. В Северна България същите са около 300 ha. Добивите за различните райони варират от 550 до 1120 kg/da (Savkova, 2005).

Градинският фасул е една от малкото зеленчукови култури, които дават добив при неполивни условия, като за климатичните условия на Унгария добивите са 190-280 kg/da (Helyes et al., 2005). Tomar (2003) провежда аналогични на заложените в настоящата разработка изследвания, като проучва влиянието на начина на напояване върху продуктивността на градинския фасул. По данни на Lin-He et al. (1987), допълнителния добив е в границите 32-36% при вътрепочвено напояване и 20-23% при напояване чрез дъждуване. Капковото увеличава добива с 32,5%, а микродъждуването – с 18,7%.

При сравнение между капковото и гравитачното напояване Gencoglan et al. (2006) също така не дават конкретно предимство на единия от двете начина за напояване по отношение на добива, но отчитат средно 16% икономия на поливна вода при капковото напояване. За условията на Konya (намиращ се във вътрешността на Турция), Topak et al. (2009) дават предимство на дъждуването пред капковото напояване, като отчитат по-високи добиви и по-голяма ефективност на изразходената от растенията вода и напоителната норма.

compared to a non-irrigated embodiment. In gravity irrigation yields were average 1156,2 kg/da, while in the embodiment irrigated by sprinkling, the same was 1087,3 kg/da.

Key words: green beans, drip irrigation, sprinkler irrigation, gravity irrigation, evapotranspiration, yields, productivity

INTRODUCTION

The green beans are grown in many regions of the country, and in the last few years, their production is mainly concentrated in the central and western parts of southern Bulgaria where the area is about 1400 ha. In North Bulgaria the same is about 300 ha. The yields for the different regions range from 550 to 1120 kg/da (Savkova, 2005).

Garden beans are one of the few vegetable crops that produce yields under irrigated conditions, and for the climatic conditions of Hungary the yields are 190-280 kg/da (Helyes et al., 2005).

Tomar (2003) conducted similar research to the present study, examining the impact of irrigation on the productivity of garden bean. According to Lin-He et al. (1987), the extra yield is in the range of 32-36% in inland irrigation and 20-23% in spring irrigation. The drip increases the yield by 32.5%, and the microwaving – by 18.7%.

When comparing drip and gravity irrigation Gencoglan et al. (2006) do not give a particular advantage to one of the two ways of irrigation in terms of yield but account for an average of 16% of irrigation water savings on drip irrigation.

For the conditions of Konya (located inside of Turkey), Topak et al. (2009) give preference to spring irrigation in comparison with drip irrigation, taking into account higher yields and greater efficiency of the water and irrigation rate.

Köksal et al. (2008) отчитат най-висока ефективност на капковото напояване, при което добивът достига 2500 kg/da.

Köksal et al. (2008) reported the highest efficiency of drip irrigation, where yield reached 2500 kg/da.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

С цел установяване влиянието на начина на напояване върху продуктивността на градински фасул (сорт "Страйк"), е проведен полски експеримент през периода 2013-2015 г. в УОП при АУ - Пловдив върху алувиално-ливадна бивша заблатена почва. Опитът е залаган по метода на дългите парцели в четири повторения с големина на опитните парцели 20 m^2, а на реколтните – 10 m^2 и схемата на засяване – 50 x 5 cm (20 растения на 1 линеен метър). Изпитани са следните варианти: 1) без напояване; 2) гравитачно напояване; 3) капково напояване; и 4) напояване чрез дъждуване. Поливките са реализирани при достигане на предполивна влажност 80 % от ППВ при всички поливни варианти, а поливната норма е изчислявана за навлажняване на почвен слой 0-60 cm. Напояването на опитните парцели е осъществявано чрез различни техники за разпределяне на поливната вода, съответно по бразди, чрез капкова система и чрез микродъждуване.

Добивът е отчетен по варианти и повторения, а резултатите са обработени статистически чрез софтуерния продукт ANOVA 1, който е част от компютърната програма БИОСТАТ (Penchev, 1988).

MATERIAL AND METHODS

In order to establish the influence of the way of irrigation on the productivity of garden bean (variety "Strike") a field experiment was conducted during the 2013-2015 period in the experimental field at AU - Plovdiv. The experience is based on the long plots method in four iterations. The size of the experimental plots is 20 m^2, and the harvest – 10 m^2 in the sowing scheme – 50 x 5 cm (20 plants per 1 meter). They were tested several variants: 1) without irrigation; 2) gravitational irrigation; 3) drip irrigation; And (4) spring irrigation. The irrigation of the experimental parcels was realized when soil moisture reaches 80% of field capacity in all irrigation variants. The irrigation rate was calculate for humidification soil layer of 0-0.60 m. Irrigation was realize through different techniques for water distribute respectively by furrow, drip system and micro spray system.

The yield reported by variants and replication. The results were processed statistically through a software product ANOVA 1, that is part of computer program BIOSTAT (Penchev, 1988).

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

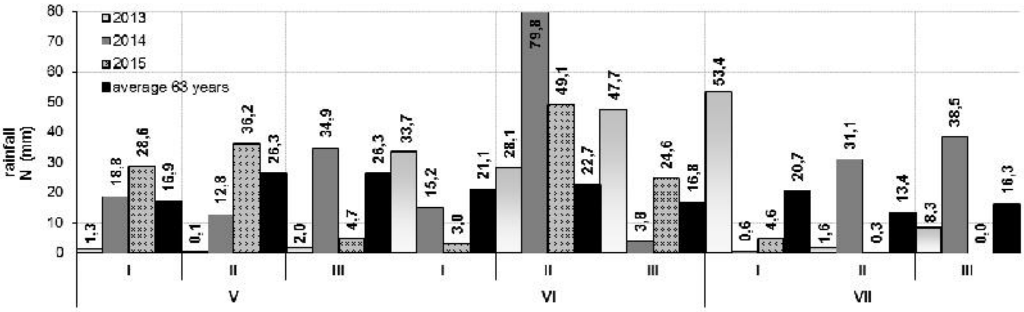
Продуктивността на всяка селскостопанска култура зависи от комплекс от фактори, като основните са: вида на културата, сортовите ú особености, приложената агротехника, броя на реализираните поливки, начина по който са подадени и не на последно място метеорологичните условия. Опитните години са характеризирани по отношение на падналите валежи, сумата на средноденонощната температура на въздуха и дефицита до насищане на въздуха с водни пари (Таблица 1). На Фигура 1 е показано разпределението на валежите по декади за разглеждания период на опитните години.

RESULTS AND DISCUSSION

The productivity of each agricultural crop depends on a set of factors, the main ones being: the type of crop, its varietal features, applied agro-technology, the number of the irrigated water produced, the way in which the weather conditions have been submitted and not the place. Experimental years are characterized in terms of fallen rainfall, sum of average daily air temperature and water saturation deficit with water vapor (Table 1). Figure 1 shows the distribution of precipitations by decades for the reference period of the experimental years.

Таблица 1. Климатична характеристика за периода V-VII
Table 1. Climate characteristics for periods V-VII

Dimension / Year	N (rainfall)	T (temperature)	D (deficit)
2013	176,2 mm; medium-humid (P =38,1%)	1996,1 °C; medium-warm (P = 21,9%)	947,8 HPa; medium-dry (P = 24,1%)
2014	235,5 mm humid (P = 20,0%)	1892,1 °C medium (P = 55,4%)	719,4 HPa humid (P = 84,8%)
2015	151,1 mm medium (P = 55,2%)	2018,1 °C warm (P = 14,3%)	923,3 HPa; medium-dry (P = 34,2%)



Фиг. 1. Сума на валежите по десетдневки за периода V-VII
Fig. 1. Sum of precipitations by decades for periods V-VII

Данните за добива при неполивни условия и при трите използвани начини за напояване са представени по години на Таблиците 2, 3 и 4, а на Таблица 5, същите са осреднени. Благодарение на доброто влагозапасяване на почвата през есенно-зимния период и ниския водоразход на растенията през периода от сеитбата до фаза "бутонизация", както и в резултат на благоприятната валежна обстановка през първата половина на юни и първата половина на юли, растежният и основната част от репродуктивния период на фасула през 2013 година протичат в условията на оптимална почвена влажност. В резултат на това, добивът, получен при неполивни условия е висок – 741,7 kg/da. Реализирането на две поливки през периода на нарастване на бобовете оказва съществено влияние върху продуктивността на фасула, като добивът нараства с 29 – 80%, в зависимост от приложената поливна техника. При трите начина за

Yield data obtained without irrigation in the three irrigation methods used are presented by years from Tables 2, 3 and 4, and in Table 5, they are averaged.

Thanks to the good soil moisture during the autumn-winter period and the low water flow of the plants during the sowing period to the buttoning phase and as a result of the favorable rainfall situation in the first half of June and the first half of July, the growth and main part of the bean reproduction period in 2013 run under conditions of optimal soil moisture.

As a result, the yield obtained under non-irrigating conditions is high – 741.7 kg/da.

The implementation of two irrigations during the growth of the pods has a significant impact on the productivity of beans, the yield increased by 29-80%, depending on the applied irrigation equipment. In the three irrigation modes, напояване, разликите в добива спрямо неполивния вариант са статистически доказани. При сравняване на поливните варианти, статистически доказан по-висок добив е получен при капково напояване. При сравнение с варианта, напояван капково, разликата спрямо всички останали варианти на опита е статистически доказана. За условията на тази експериментална година добивът при този начин за напояване е най-висок, като надвишава този, получен при напояване по бразди с 25,5% и този, получен при дъждуването с 40,2%.

Известно е че всички бобови култури реагират положително на висока въздушна влажност през периода на цъфтежа, като същата се осигурява при наличие на чести валежи през тази фаза от вегетацията или когато поливките се извършват чрез дъждуване. През тази опитна година обаче, поливният период започва много след тази критична фаза от вегетацията на фасула и предимствата на дъждуването като начин за напояване не са проявени. Поради което разликата в добивите, получени при напояване по бразди и чрез дъждуване не се доказват статистически, като предимството на гравитачното напояване е 11,8%.

the yield differences compared to the non-irrigated variant are statistically proven. When comparing irrigation variants, a statistically proven higher yield is obtained by drip irrigation. When compared to drip irrigation, the difference from all other variants of the experiment is statistically proven. For the conditions of this experimental year, the yield of this irrigation method is the highest, exceeding that obtained from irrigation by furrows by 25.5% and that obtained by spraying with 40.2%.

It is known that all legumes react positively with high air humidity during the flowering period, which is ensured in the presence of frequent rainfall during this phase of vegetation or when irrigation is carried out by sprinkling. During this experimental year, however, the pollen period began much after this critical phase of bean vegetation and the benefits of sprinkling as a way of irrigation were not demonstrated. As a result, the difference in yields obtained from furrow irrigation and sprinkling is not statistically proven, with the advantage of gravity irrigation being 11.8%.

Таблица 2. Влияние на начина за напояване върху добива от градински фасул през 2013 година
Table 2. Influence of the way of irrigation on the bean yield in 2013

Variants	Yield kg/da	Compared to Var. 1			Compared to Var. 2		
		±Y	%	proof	±Y	%	proof
Неполивен (without)	741,7	St.	100,0	St.	-324,5	69,6	B
по бразди (gravity)	1066,2	324,5	143,8	B	St.	100,0	St.
Капково (drip)	1337,6	595,9	180,3	C	271,4	125,5	A
Дъждуване (sprinkler)	953,8	212,1	128,6	A	-112,4	89,5	n.s.
Variants	Yield kg/da	Compared to Var. 3			Compared to Var. 4		
		±Y	%	proof	+ / – Y	%	proof
Неполивен (without)	741,7	-595,9	55,5	C	-212,1	77,8	A
по бразди (gravity)	1066,2	-271,4	79,7	A	112,4	111,8	n.s.
Капково (drip)	1337,6	St.	100,0	St.	383,8	140,2	B
Дъждуване (sprinkler)	953,8	-383,8	71,3	B	St.	100,0	St.
GD при P: 5% = 199,8kg/da		1% = 302,7 kg/da			0,1% = 486,6 kg/da		

Таблица 3. Влияние на начина за напояване върху добива от градински фасул през 2014 година
Table 3. Influence of the way of irrigation on the bean yield in 2014

Variants	Yield	Compared to Var. 1			Compared to Var. 2		
	kg/da	±Y	%	proof	±Y	%	proof
Неполивен (without)	743	st.	100,0	st.	-635	53,9	C
по бразди (gravity)	1378	635	185,5	C	st.	100,0	st.
Капково (drip)	1307	564	175,9	C	-71	94,8	A
Дъждуване (sprinkler)	1366	623	183,8	C	-12	99,1	n.s.
Variants	Yield	Compared to Var. 3			Compared to Var. 4		
	kg/da	±Y	%	proof	±Y	%	proof
Неполивен (without)	743	-564	56,8	C	-623	54,4	C
по бразди (gravity)	1378	71	105,4	A	12	100,9	n.s.
Капково (drip)	1307	st.	100,0	st.	-59	95,7	n.s.
Дъждуване (sprinkler)	1366	59	104,5	n.s.	st.	100,0	st.
GD при P: 5% = 64 kg/da 1% = 97 kg/da 0,1% = 155 kg/da							

Резултатите за добива през влажната 2014 година (Таблица 3) са показателни за чувствителността на градинския фасул към засушаване праз периода на цъфтеж. Допускането на воден дефицит през тази част от вегетацията за период от 10-14 дни оказва много силно отрицателно влияние върху добива на фона на този, отчетен при поливните варианти. Въпреки, че през останалата част от вегетацията валежната обстановка е благоприятна, добива при сухия вариант е 54-57% от този при поливни условия. Разликата е с най-висок ранг на статистическа доказаност. Поради особеностите на годината, влиянието на поливната техника върху добива е незначителна, като в повечето случай не се доказва статистически. Изключение прави добивът при гравитачното напояване по отношение на капковото (в полза на първото).

Оптимизирането на поливния режим през третата опитна година – 2015 (Таблица 4) увеличава добива с около и над 3 пъти в сравнение с получения при неполивни условия. Особено голям се явява приносът на поливките, проведени през репродуктивния период и най-вече тези – през периода на нарастване на бобовете.

The yields for the wet year 2014 (Table 3) are indicative of the sensitivity of the bean to the drought during the flowering period.

The assumption of a water deficit during this part of the vegetation for a period of 10-14 days has a very negative impact on the yield in the background of that observed in irrigation variants. Although for the rest of the vegetation the precipitation is favorable, the yield in the dry variant is 54-57% of the irrigation conditions. The difference is of the highest rank of statistical proof. Due to the features of the year, the influence of the irrigation technique on the yield is insignificant, and in most cases it is not statistically proven. Exception is the yield of gravity irrigation with respect to the drip (in favor of the first one).

The optimization of the irrigation regime in the third experimental year - 2015 (Table 4) increases the yield by about and more than three times compared to the yields obtained under non-irrigating conditions. Particularly large is the contribution made by the pots during the reproduction period, especially those during the growing period of the beans.

Таблица 4. Влияние на начина за напояване върху добива от градински фасул през 2015 година

Table 4. Influence of the way of irrigation on the bean yield in 2015

Variants	Yield	Compared to Var. 1			Compared to Var. 2		
	kg/da	±Y	%	proof	±Y	%	proof
Неполивен (without)	319,1	St.	100,0	St.	-705,4	31,1	C
по бразди (gravity)	1024,5	705,4	321,1	C	St.	100,0	S.t.
Капково (drip)	1020,5	701,4	319,8	C	-4	99,6	n.t.
Дъждуване (sprinkler)	942,2	623,1	295,3	C	-82,3	92,0	A
Variants	Yield	Compared to Var. 3			Compared to Var. 4		
	kg/da	±Y	%	proof	±Y	%	proof
Неполивен (without)	319,1	-701,4	31,3	C	-623,1	33,9	C
по бразди (gravity)	1024,5	4,0	100,4	n.s.	82,3	108,7	A
Капково (drip)	1020,5	St.	100,0	S.t.	78,3	108,3	A
Дъждуване (sprinkler)	942,2	-78,3	92,3	A	St.	100,0	S.t.
GD при P: 5% = 59,4 kg/da		1% = 90,0 kg/da			0,1% = 144,7 kg/da		

Екстремното засушаване през втората половина от вегетацията не води до съществени промени в добива, следствие прилагането на различни техники за напояване, като разликите между отделните варианти са под 10%. Това дава основание да се счита, че дори при бобовите култури (известни с изискванията си към атмосферната влажност и реагиращи положително на напояване чрез дъждуване), навременното реализиране на поливките е по-важно за добива отколкото начина, по който е реализирана съответната поливка.

Extreme dryness during the second half of vegetation does not lead to significant changes in yield due to the application of different irrigation techniques, with variations between variants below 10%. This gives reason to believe that even in leguminous crops (known for their atmospheric humidity requirements and positive irrigation responses), the timely realization of the watering is more important for the yield than the way in which the irrigation is realized.

Таблица 5. Влияние на начина за напояване върху добива от градински фасул средно за периода 2013-2015 г.

Table 5. Influence of the way of irrigation on the bean yield for period from 2013 to 2015

Variants	Yield	Compared to Var. 1		Compared to Var. 2	
	kg/da	±Y	%	±Y	%
Неполивен (without)	601,3	St.	100,0	-555,0	52,0
по бразди (gravity)	1156,2	555,0	192,3	St.	100,0
Капково (drip)	1221,7	620,4	203,2	65,5	105,7
Дъждуване (sprinkler)	1087,3	486,1	180,8	-68,9	94,0
Variants	Yield	Compared to Var. 3		Compared to Var. 4	
	kg/da	±Y	%	±Y	%
Неполивен (without)	601,3	-620,4	49,2	-486,1	55,3
по бразди (gravity)	1156,2	-65,5	94,6	68,9	106,3
Капково (drip)	1221,7	St.	100,0	134,4	112,4
Дъждуване (sprinkler)	1087,3	-134,4	89,0	St.	100,0

На Таблица 5 са представени осреднените от трите опитни години данни за добива, които са в подкрепа на казаното по-горе. Продуктивността на напоителната норма се изразява чрез получения допълнителен добив в kg за 1m^3 от напоителната норма. Поради факта, че през втората година е подадена само една поливка, но във фаза през която културата е по-чувствителна към почвената влажност, продуктивността на напоителната норма е много висока (8-9 kg на 1m^3). Подадените в края на вегетацията две поливки през първата опитна година също така осигуряват значително увеличение на добива, но поради по-големия размер на напоителната норма, нейната продуктивност е значително по-малка (2-6 kg на 1m^3). Поради същата причина стойностите на показателя са сравнително ниски и през третата експериментална година, като начина на напояване не оказва влияние върху тях (Таблица 6 и Фигура 2).

In Table 5 the yield data averaged over the three experimental years, which are in support of the above, are presented. Productivity of the irrigation rate is expressed by the resulting extra yield in kg per 1m^3 of the irrigation rate.

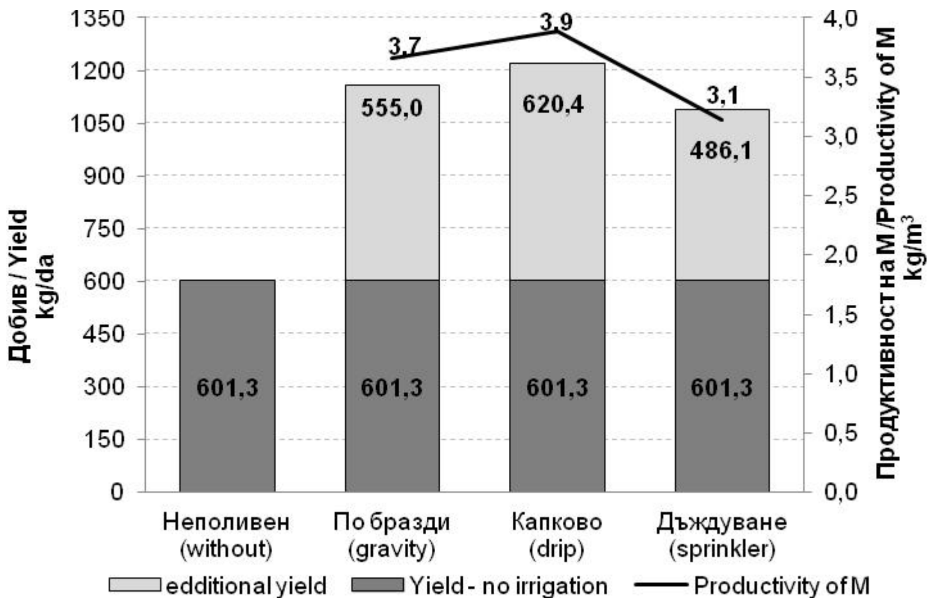
Due to the fact that in the second year only one water is fed, but in a phase where the crop is more sensitive to soil moisture, the productivity of the irrigation rate is very high (8-9 kg per 1 m^3).

At the end of the vegetation two watering in the first experimental year also provide a significant increase in yield, but due to the higher irrigation rate, its productivity is significantly lower (2-6 kg per 1m^3).

For the same reason, the values of the indicator are comparatively low in the third experimental year, and irrigation does not affect them (Table 6 and Figure 2).

Таблица 6. Продуктивност на напоителната норма в зависимост от използваната техника за напояване при градински фасул по години
Table 6. Productivity of the irrigation rate depending on the irrigation technique used in garden beans by years

Variants	Yield	Additional crop		Irrigation rate	Productivity of M
	kg/da	kg/da	%	mm	kg/m^3
2013					
Неполивен (without)	741,7	St.	St.	–	–
по бразди (gravity)	1066,2	324,5	143,8	106,0	3,061
Капково (drip)	1337,6	595,9	180,3	105,2	5,664
Дъждуване (sprinkler)	953,8	212,1	128,6	101,9	2,081
2014					
Неполивен (without)	743,0	St.	St.	–	–
по бразди (gravity)	1378,0	635,0	185,5	71	8,944
Капково (drip)	1307,0	564,0	175,9	71	7,944
Дъждуване (sprinkler)	1366,0	623,0	183,8	71	8,775
2015					
Неполивен (without)	319,1	St.	St.	–	–
по бразди (gravity)	1024,5	705,4	321,1	278	2,537
Капково (drip)	1020,5	701,4	319,8	303	2,315
Дъждуване (sprinkler)	942,2	623,1	295,3	292	2,134



Фиг. 2. Продуктивност на напоителната норма в зависимост от използваната техника за напояване при градински фасул средно за периода 2013-2015г.
Fig. 2. Productivity of the irrigation rate depending on the irrigation technique used for garden beans on average for the period 2013-2015

ИЗВОДИ

При неполивни условия добивът от градински фасул е средно 601 kg/da, като варира от 319,1 kg/da до 743,0 kg/da.

Начинът на напояване влияе слабо и не еднопосочно върху добива, като най-добри резултати се получават при капково напояване средно 1222 kg/da или над шест пъти по-висок добив спрямо неполивния вариант. При гравитачно напояване добивът е средно 1156,2 kg/da, а при варианта напояван чрез дъждуване, същия е 1087,3 kg/da.

Допълнителният добив варира средно от 486 kg/da при напояване чрез дъждуване до 620 kg/da при използване на капкова инсталация.

Продукривността на напоителната норма е средно 3,7 kg/m^3 при гравитачно напояване, 3,9 kg/m^3 при капково и 3,1 kg/m^3 при напояване чрез дъждуване.

CONCLUSIONS

In non-irrigated conditions, yields of beans are on average 601 kg/da, ranging from 319.1 kg/da to 743.0 kg/da.

The irrigation mode affects poorly and not unidirectional on yield, with the best results being obtained on drip irrigation on an average of 1222 kg/da or over six times higher than the non-irrigated variant. For gravity irrigation, the yield averaged 1156.2 kg/da, and in the irrigation variant, the same was 1087.3 kg/da.

Additional yield ranges from 486 kg/da on irrigation irrigation to 620 kg/da using a drip plant.

The productivity of the irrigation rate is on average 3.7 kg/m^3 for gravity irrigation, 3.9 kg/m3 for drip and 3.1 kg/m^3 for sprinkler irrigation.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Helyes, L., Z. Pek, Gy. Varga and J. Dimeny**, 2005. Scheduling of irrigation in snap bean (Phaseolus vulgaris var. nanus) using conopy temperature. *International Journal of Horticultural Science (Hungary)*, 11(1), 89-94.
2. **Köksal, E., T. Kara, M. Apan, H. Üstün and A. İlbeyi**, 2008. Estimation of green bean yield, water deficiency and productivity using spectral indexes during the growing season. *Irrigation & Drainage Systems*, 22(3-4), 209-223.
3. **Lin-He, W., K. Sugimoto, Y. Taceuchi and M. Toyama**. 1987; On the effect of different irrigation method and irrigation amount on the growth and yield of kidney beans (Phaseolus Vulgaris). Bulletin of the Faculty of Agriculture, Tottori University, 40, 187-197.
4. **Penchev, E.**, 1988. Evaluation of productivity and quality indicators of wheat with mathematical models. Autoresponder (Bg).
5. **Sovkova, S.**, 2005. New Bulgarian varieties of garden bean. *Agriculture Plus*, v. 5 (Bg).
6. **Tomar, A.**, 2003. Study on growth, yield, water use and shoot-root characteristics of Bush snap bean as influenced by micro-irrigation and surface method of irrigation. *Indian Journal of Soil Conservation*, 31(2), 157-161.
7. **Topak, R., B. Acar and S. Süheri**, 2009. Drip and sprinkler irrigation of dry bean (Phaseolus vulgaris L.) in the Konya basin, Turkey. *Philippine Agricultural Scientist*, 92(2),186-192.

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2017, 20 (6), 287-293
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan
ISSN 1311-0489 (Print)
ISSN 2367-8364 (Online)

Кълняемост на семена от леща (*Lens culinaris*) след облъчване със зелена лазерна светлина

Антоний Стойчев[1], Красимира Узунова[2], Емилия Михайлова[2]*

[1]*Пловдивски Университет „Паисий Хилендарски", 4000 Пловдив, България*
[2]*Аграрен университет, 4000 Пловдив, България*
**E-mail: emmihaylova@gmail.com*

Seed germination of lentil (*Lens culinaris*) after green laser illumination

Antonii Stoychev[1], Krasimira Uzunova[2], Emilia Mihaylova[2]*

[1]*Plovdiv University "Paisii Hilendarski", 4000 Plovdiv, Bulgaria*
[2]*Agricultural University, 4000 Plovdiv, Bulgaria*

РЕЗЮМЕ

Изследване на влиянието на лазерната светлина за растителна стимулация бързо нараства през последното десетилетие. Лазерната светлина се отличава с висока степен на пространствена и времева съгласуваност и висока монохроматичност, известен е също бактерицидния ефект на ултравиолетовата светлина.

Проучено е влиянието на облъчване със зелена лазерна светлина върху кълняемостта на семена от леща сорт Наслада (*Lens culinaris*). Изследвана е кълняемостта на 6 експериментални варианта семена, съответно с продължителност на облъчването от 3, 6, 9, 12 и 15 секунди и контролен вариант – без облъчване. Отчетени са растежните характеристики на поникналите семена – дължина на летораста и корена една седмица след третирането. Отчетени са статистически доказани различия между вариантите с продължителност на облъчването 3 и 15 секунди спрямо контролния вариант по двата проучвани признака.

Ключови думи: зелен лазер, *Lens culinaris*, кълняемост, статистическа оценка

SUMMARY

The investigation of the effect of laser light for plant stimulation is quickly growing during the last decade. The laser light has a high degree of spatial and temporal coherence and it is monochromatic. The bactericidal effect of UV light is also known.

The influence of green laser light on the germination of seeds of lentil cv Naslada (*Lens culinaris*) was investigated. The germination of 6 experimental variants of lentil seeds was investigated, having respectively duration of exposure of 3, 6, 9, 12 and 15 seconds, and a control variant – without illumination. One week after treatment the following plant growth characteristics were evaluated: the length of the shoot and the length of the root of the seedlings. Statistically significant differences were reported between the variants with 3 and 15 seconds laser exposure and the control for both of the studied traits.

Key words: green laser, *Lens culinaris,* germination, statistical evaluation

УВОД

След създаването на лазера през 1960 година започват да се провеждат изследвания на възможностите за приложение на лазера за предсеитбена стимулация на семена от различни култури. Обобщение на тези първи изследвания е направено от Inyushin et al. (1981), както и от Dencheva et al. (1984).

Изследване на влиянието на лазерната светлина за растителна стимулация бързо нараства през последното десетилетие (Burnichi et al., 2011; Khalifa and Ghandoor, 2011; Behzadi et al., 2012; Krawiec et al., 2015; Podleśna et al., 2015). Лазерната светлина се отличава с висока степен на пространствена и времева съгласуваност и висока монохроматичност. Ефектът на лазерната светлина зависи от дължината на вълната, мощността на лазера и времето на облъчване. Варирането на тези три параметъра открива широк хоризонт за изследователска работа за намирането на най-ефективните им комбинации за биостимулация на семена, разсад и насаждения. Най-интензивно изследвано е влиянието на червената лазерна светлина за биостимулация на семена и растения, а най-слабо изследвано е влиянието на зелената лазерна светлина.

Целта на проучването е да се проследи влиянието на зеления лазер с определена дължина на вълната и мощност (λ = 535 nm и P = 1 mW/cm^2) върху кълняемостта на семена от леща сорт Наслада.

INTRODUCTION

The research investigation into the possibilities of applying the laser for pre-sowing stimulation of seeds from different cultures began in 1960, after the creation of the laser. A summary of these first studies is made by Inyushin et al. (1981), and by Dencheva et al. (1984).

Exploration of the impact of laser light on plant stimulation has increased rapidly over the last decade (Burnichi et al., 2011; Khalifa and Ghandoor, 2011; Behzadi et al., 2012; Krawiec et al., 2015; Podleśna et al., 2015). The laser light has a high degree of spatial and temporal coherence and high monochromaticity. The effect of laser light treatment depends on wavelength, laser power, and irradiation time. The variation of these three parameters opens up a broad research horizon for finding the most effective combinations for biostimulation of seeds, seedlings and plantings. The most intensive investigations were performed on the effect of red laser light for biostimulation of seeds and plants, and the effect of green laser light has been studied less intensively.

The aim of the study is to investigate the influence of the green laser having defined wavelength and power (λ = 535 nm and P = 1 mW/cm^2) on the germination of lentil (*Lens culinaris*) seeds cv Naslada.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

В научната лаборатория на катедра „Математика, информатика и физика“ при Аграрен Университет Пловдив, е проучено влиянието на облъчване със зелена лазерна светлина върху кълняемостта на семена от леща сорт Наслада.

Облъчването на семената е извършено със зелен полупроводников лазер, работещ в непрекъснат режим (Фигура 1). Лазерната светлина е с

MATERIAL AND METHODS

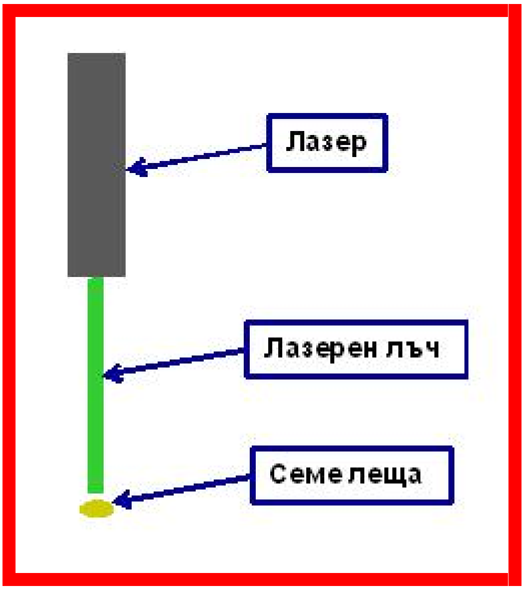
In the research laboratory of the Department of Mathematics, Informatics and Physics at the Agricultural University of Plovdiv, the effect of green light laser illumination on the germination of lentil seeds, cv Naslada, was investigated.

The irradiation of the seeds was done using a green semiconductor laser operating in continuous mode (Figure 1). The laser light has a wavelength λ = 535 дължина на вълната λ = 535 nm и мощност P = 1 mW/cm^2. Изследвана е кълняемостта на семената на шест варианта, съответно с продължителност на облъчването от 3, 6, 9, 12 и 15 секунди и контролен вариант – без облъчване.

За всеки вариант са използвани 10 семена от леща сорт Наслада, предварително накиснати за един час във вода. Опитът е повторен три пъти, като в обработката са използвани осреднените стойности на два растежни показателя: дължина на прорастъците (летоdouble) и корените от всички варианти.

nm and power P = 1 mW/cm^2. The seed germination was studied in six variants, with duration of irradiation of 3, 6, 9, 12 and 15 seconds respectively, and a control variant – without any irradiation.

For each variant, 10 seeds of the lentil cv Naslada, have been pre-soaked for one hour in water. The experiment is repeated three times, using the average values of two growth indicators: the length of the shoots and the roots to evaluate the effect of all variants.



Фиг. 1. Схема на опитната постановка, показваща начина на облъчване на семената от леща с лазер с ª=535 nm (в каретата: лазер, лазерен лъч, семе леща)

Fig. 1. The schematic diagram of the experimental set up, showed the laser treatment of lentil seeds with ª=535 nm (in squares: laser, laser beam, lentil seeds)

Математическата обработка е извършена с Excel и е приложен параметричния критерий на Student при използвано сравнение на проби с еднакви дисперсии (t-Test).

The mathematical processing was done with Excel and the Student parametric criterion was applied to the t-Test comparison used: two-sample assuming equal variances.

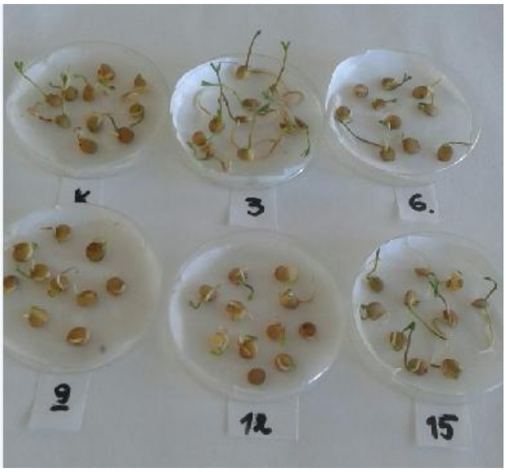
РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Резултатите от проведените експерименти са представени на Фигура 2 и в Таблица 1. Седмица след облъчва-

RESULTS AND DISCUSSION

The results of the experiments are presented in Figure 2 and Table 1. The differences between the different variants нето на семената от леща на Фигура 2 се открояват различията между отделните варианти. При продължителност на третирането от 3 и 15 секунди се наблюдават най-добре развити поници и корени.

are highlighted a week after irradiation of the lentil seeds (Figure 2). The best developed shoots and roots are observed for treatment duration of 3 and 15 seconds.



Фиг. 2. Семена *Lens culinaris* сорт Наслада, третирани със зелен лазер с ^{a}=535 nm с мощност P = 1 mW/cm^2, седем дена след облъчването
Fig. 2. Effect of green lazer treatment ^{a}=535 nm and P = 1 mW/cm^2 of lentil seeds cv Naslada, seven days after irradiation

Вариантите са с различна продължителност 3’, 6’, 9’, 12’ и 15’ секунди. Най-добре оформени са листата и корените на наблюдаваните варианти, третирани 3 и 15 секунди.
The variants are different treatment duration 3’, 6 ’, 9’, 12 ’and 15’ seconds. The best formed leaves and roots were observed at the 3th and 15th seconds treated variants.

Дължината на леторастите (пониците) и корените за шестте варианта са представени в Таблица 1. Спрямо нетретирания вариант са изчислени разликите за наблюдаваните признаци и определено нивото на значимост чрез критерия на Student (t).

Статистически доказани разлики са установени при третиране 3 секунди спрямо контролата за двата проучвани признака при вероятност p = 0,1%. С увеличаване продължителността на третирането от 6 до 12 секунди не се наблюдава съществено изменение в кълняемостта на семената от леща спрямо не третираната контрола.

The length of shoots and roots for the six variants are presented in Table 1. The differences for the observed and the level of significance were determined by the Student (t) criterion against the untreated variant.

Statistically proven differences were found for the treatment with duration of 3 seconds versus the control sample for the two investigateded growth characteristics at a probability of p = 0.1%. With an increase of the treatment duration from 6 to 12 seconds, there was no significant change observed in the germination of the lentil seeds in comparison with the non-treated control sample.

Таблица 1. Влияние на облъчването със зелен лазер (дължина на вълната ª=535nm и мощност $P=1mW/cm^2$) върху кълняемостта на семена от *Lens culinaris* сорт Наслада

Table 1. Influence of green laser irradiation (wave of length ª= 535nm and power $P=1mW/cm^2$) into seed germination of *Lens culinaris* cv Naslada

Варианти Variants	Дължина на летораста (mm) Length of shoots (mm)				Дължина на корена (mm) Length of roots (mm)			
	$\overline{x}$	D *	t **	Ниво на значимост Significance level	$\overline{x}$	D	t	Ниво на значимост Significance level
1. Контрола (нетретирани семена) Control (untreated seeds)	28,6	–			7,9	–		
2. Вариант 3' секунди Variant 3' seconds	69,1	40,5	6,73	+ + +	24,7	16,8	5,5	+ + +
3. Вариант 6' секунди Variant 6' seconds	26,9	-1,7	0,24	ns	8,8	0,9	0,43	ns
4. Вариант 9' секунди Variant 9' seconds	15,4	-13,2	1,9	ns	5,7	-2,2	1,76	ns
5. Вариант 12' секунди Variant 12' seconds	27,6	1	0,15	ns	8,3	0,4	0,29	ns
6. Вариант 15' секунди Variant 15' seconds	50,4	21,8	3,4	+ +	21	13,1	7,1	+ + +

Легенда
* D – разлика между вариант и контрола
** t – Критерий на *Student*, експериментална стойност/ experimental value of criterion of *Student*
Fg =18 степен на свобода
таблични значения на критерия на *Student*
$t_{табл}$ при вероятност $_{p=1\%}$ = 2,878
$t_{табл}$ при вероятност $_{p=0.1}$= 3.922
Legend
* D – difference between variant and control
** t – Experimental value of criterion of *Student*
Fg =18 degree of freedom
Theoretical values of criterion of *Student* at probability p=1% and p=0,1%

При вариант 15 секунди се повтаря резултатът от вариант 3 секунди. Отново са отчетени съществени различия по двата растежни признака, като за дължината на летораста достоверността на разликата спрямо контрола е при вероятност p=1%.

Постановката на опита предполага адекватно приложение на параметричния статистически критерий (t) за оценка на сравняваните варианти спрямо не третиран такъв. Получените резултати от изследването са компетентно интерпретирани, което демонстрира универсалността на критерия на Student.

Установено е, че предварителното облъчване на семена от леща сорт Наслада със зелена лазерна светлина с

The result for the variant of 15 seconds green laser illumination repeats the result for the 3-seconds illumination. Significant differences between the two growth parameters were again noted, with the probability p = 1% for the length of the shoots.

The experimental set-up implies an adequate application of the parametric statistical criterion (t) for the comparison of the evaluated variants with the control untreated sample. The results of the survey are competently interpreted, demonstrating the universality of the Student criterion.

It was found that pre-irradiation of lentil seeds cv Naslada with green laser light, wavelength λ = 535 nm and power дължина на вълната λ=535 nm и с мощност P = 1 mW/cm^2 увеличи кълняемостта и дължината на основния корен на два от изследваните варианти. Отчетени са статистически доказани различия между вариантите с продължителност на облъчването 3 и 15 секунди спрямо контролния вариант по двата проучвани признака.

P = 1 mW/cm^2, increased the germination and the length of the root of two of the examined variants. Statistical differences between the variants with irradiation duration of 3 and 15 seconds, compared to the control, of the two investigated traits were reported.

ИЗВОДИ

Облъчването с лазер на семена от различни култури с цел повишаване кълняемостта е общоприет агротехнически способ, особено при биопроизводителите, където е строго регламентиран подбора на химически препарати.

От проведения експеримент със семена от леща сорт Наслада може да се обобщи, че при два от приложените варианти (с продължителност на облъчването 3 и 15 секунди) съществено се повишава дължината на покиците (леторастите) и корените спрямо необлъчените семена. Положителният ефект от приложеното третиране със зелен лазер при дължина на вълната λ = 535 nm и мощност на лазера P = 1mW/cm^2 се наблюдава седмица след провеждане на опита.

Прилагането на този агрофизически метод в производствени условия не изисква значителна финансова инвестиция, но позволява съществено повишаване на кълняемостта на семената, едновременно поникване на засетите семена в посева и по-нататъшното им синхронно развитие. Това от своя страна би довело да повишаване продуктивността на културата и респективно нейната рентабилност.

Облъчването на семена на селскостопански продукти с лазерна светлина с малка мощност е безвредно за растенията и затова този физически метод позволява повишаване на добивите при отглеждането на *Lens culinaris* без използване на химически методи. Този агрофизически метод е много подходящ за биопроизводителите, които желаят да ускорят кълняемостта на семена от леща по безвреден начин.

CONCLUSIONS

The laser irradiation of seeds from different crops to increase germination is a commonly used agro-technical tool, especially in bio-producers, where the selection of chemical preparations is strictly regulated.

Based on the experiment done with the lentil cv Naslada, it can be concluded that for two of the applied variants (irradiation duration 3 and 15 seconds) the length of the shoots and the roots are significantly increased in comparison with the non-irradiated seeds. The positive effect of the applied laser treatment at wavelength λ = 535 nm and laser power P = 1 mW/cm^2 was observed a week after the irradiation.

The application of this agrophysical method in production conditions does not require a significant financial investment, but allows for a significant increase of seed germination, simultaneous germination of sowing seeds and their further synchronous development. This in turn would lead to an increase in the culture productivity and respectively, its profitability.

The irradiation of seeds of agricultural products with low-energy laser light is harmless to the plants and therefore this physical method allows for increased yields in the cultivation of *Lens culinaris* cultivars without the use of chemical methods. This agrophysical method is very suitable for bio-producers who want to speed the germination of lentil seeds in a harmless way.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Behzadi, H., M. Qaryan and S. Shahi**, 2012. The Influence of LED light on basil seeds before sowing and its effects on growing and germination. *International Journal of Plant Research*, 2(4), 108-110.
2. **Burnichi, F., M. Pârvu, S. Guidea, N. Petru, E. Ristici and R. Marian**, 2011. Research regarding the influence of laser radiation upon the growth and development of some vegetable species (eggplant and sweet pepper). *Romanian Biotechnological Letters*, 16(1), 26-32.
3. **Dencheva, A., V. Stefanov, V. Ilieva and M. Goteva**, 1984. The laser and agriculture. Zemizdat, Sofia, pp. 25-48 (Bg).
4. **Inyushin, V., G. Ilyasov and N. Fedorova**, 1981. Laser beam and yield. Alma-Ata, Kaynar, pp. 49-75 (Ru).
5. **Khalifa, N. and H. Ghandoor**, 2011. Investigate the effect of Nd-Yag laser beam on soybean (*Glycin max*), leaves at the protein level. *International Journal of Biology*, 3(2), 135-144.
6. **Krawiec, M., A. Dziwulska-Hunek, A. Sujak and S. Palonka**, 2015. Laser irradiation effects on Scorzonera *Sscorzonera hispanica* l.) Seed germination and seedling emergence. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus,* 14(2), 145-158.
7. **Podleśna, A., B. Gładyszewska, J. Podleśny and W. Zgrajka**, 2015. Changes in the germination process and growth of pea in effect of laser seed irradiation. *International Agrophysics*, 29(4), 485-492.