

## ФОТОСИНТЕТИЧЕН ПОТЕНЦИАЛ НА ПОСЕВ ОТ ГРАДИНСКИ ФАСУЛ НАПОЯВАН ПРИ РАЗЛИЧНА ПРЕДПОЛИВНА ВЛАЖНОСТ

Радост Калайджиева<sup>2</sup>, Велика Кунева<sup>2</sup>, Златко Златев<sup>2</sup>, Димитър Давидов,  
Живко Живков<sup>1</sup>, Александър Матов<sup>2</sup>, Нора Лозанова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Лесотехнически университет, София

<sup>2</sup> Аграрен университет, Пловдив

### Резюме

Целта на разработката е да се установи влиянието на предполивната влажност върху фотосинтетичния потенциал (ФСП) на посев от градински фасул. Опитът е проведен през периода 2010–2012 година в АУ – Пловдив. Вариантите на опита са следните: 1) без напояване, 2) напояване по схема 70–80–70 % от ППВ, 3) напояване по схема 70–70–80 % от ППВ, 4) оптимално напояване по схема 80–80–80 % от ППВ. Посочените стойности на предполивната влажност се отнасят за следните три подпериода от вегетацията на фасула: 1. от сеитба до бутонизация, 2. бутонизация и цъфтеж, 3. образуване и нарастване на бобовете. Установена е динамиката на формиране на ФСП, стойностите по десетдневки, фенофази и сумарно за цялата вегетация. Резултатите показват, че и през трите опитни години най-високи сумарни стойности на ФСП са установени при вариантите 4 и 5, което показва, че за нормалното развитие на листния апарат при градинския фа.сул, почвената влажност не трябва да спада под 80% от ППВ през цялата вегетация.

**Ключови думи:** фотосинтеза, фотосинтетичен потенциал, поливен режим, напояване, градински фасул, добив.

**Key words:** photosynthesis, photosynthetic potential, irrigation regime, irrigation, french bean, yield.

**JEL:** Z19.

### Увод

Ролята на листата като основни асимилиращи органи е от изключително значение, тъй като над 90 – 95 % от биологичния добив се създава в процеса на фотосинтезата [3]. От размерът на листната площ, бързината на нейното формиране и продължителност на работа, в голяма степен зависи размерът на биологичния и стопанския добив [1, 8]. Пълна представа за величината на фотосинтезиращия листен апарат и продължителността на асимилиращата му дейност дава фотосинтетичния потенциал на посева (ФСП). А. А. Ничипорович [5, 6] предлага той да се отчита в хиляди квадратни метра листодни на хектар (декар), като сума от денонощните стойности на листната площ за един хектар (декар). За условията на България проучвания относно влиянието на поливния режим върху стойностите на този показател са правени от Г. Николов [3, 4] за царевицата и за памука и А. Матов и др. [2] за захарното цвекло.

Целта на разработката е да се проучи влиянието на нивото на предполивната влажност през отделните периоди от вегетацията на градинския фасул върху стойностите на фотосинтетичния потенциал.

### Материал и методи

Опитът е проведен през периода 2010–2012 година в АУ – Пловдив върху алувиално-ливадна почва. Вариантите на опита са следните: 1) без напояване, 2) напояване по схема 70–80–70 % от ППВ, 3) напояване по схема 70–70–80 % от ППВ, 4) оптимално напояване по схема 80–80–80 % от

ППВ. Стойностите на предполивната влажност в посочените поливни схеми се отнасят за следните три периода от вегетацията на фасула: I период – до бутонизация; II период – от бутонизация до първи завръз; III период – от първи завръз до края на беритбения период.

Напояването е извършвано гравитачно по бразди, като поливните норми са навлажняване на почвата на дълбочина до 60 см. Величината на фотосинтезиращия листен апарат и продължителността на асимилиращата му дейност е изразена чрез фотосинтетичния потенциал на посева (ФСП). Изчислен е като сума на листната повърхност на посева за всеки ден от вегетационния период [5–7]. Отчетен е в квадратни метра листодни на декар. Използвана е формулата:

$$FSP = \frac{LA_1 + LA_2}{2} \cdot N \quad (1)$$

където: FSP е фотосинтетичният потенциал; LA<sub>1</sub> и LA<sub>2</sub> е листната площ съответно в началото и в края на периода на отчитане; N – броят на дните, за които се изчислява. Листната площ е установена чрез сканиране листата на 10 растения от вариант и определяне площта им посредством специализирана компютърна програма.

### Резултати и обсъждане

Експериментът включва три коренно различни в метеорологично отношение години, в резултат на което стойностите на ФСП по варианти и години са повлияни в значителна степен. Във връзка с това е направена статистическа оценка

на експерименталните години по отношение на валежите и температурната сума за периода

май-юли, като са използвани данни за многогодишен период (Таблица 1).

Таблица 1. Метеорологични фактори за периода V – VII за района на Пловдив

Фактор		Средно	2010	2011	2012
ΣN	mm	170,2 mm (за период от 101 години)	197,8	96,9	205,6
	P %		24,8	89,2	23,5
ΣT°	°C	1910 °C (за период от 101 години)	1960	1993	2089
	P %		30,4	21,6	4,9

\* Σ N – паднали валежи; Σ T° – температура; P % – обезпеченост на метеорологичния фактор

Първата опитна година е средно влажна с обезпеченост 24,8 % и сума на валежите 197,8 mm. През тази година същите обезпечават растенията до фаза „Бутонизация“. През периода на цъфтеж и начално на формиране на бобовете, валежите са незначителни, а падналите над 100 mm в края на беритбения период са без агрономическо значение. Подобно е разпределението на вегетационните валежи и през 2011 година, когато над 50 % от тях падат до началото на репродуктивния период. По време на цъфтежа е налице засушаване, а падналите в края на вегетацията около 40 mm са също така неефективни. Годината се характеризира като суха, с обезпеченост 89,2 %. Третата опитна година (2012) е средно влажна с обезпеченост 23,5 %, но 98 % от валежите падат в началния етап от развитието на културата и поддържат почвената влажност в оптимални граници до фаза „Бутонизация“.

Сумата на средноденонощната температура на въздуха за периода май-юли през първата опитна година е 1960 °C, през втората – 1993 °C, а през третата е в размер на 2089 °C. обезпечеността е съответно 30,4 %, 21,6 % и 4,9 %, т.е. първите две години са средно топли, а третата е топла.

#### Динамика на формиране на ФСП

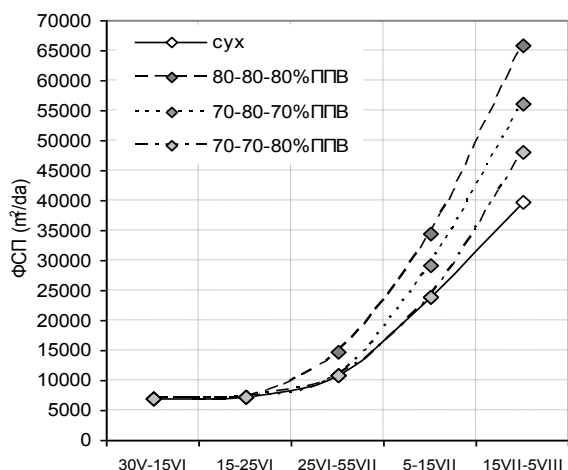
Формирането на оптимален фотосинтетичен потенциал, притежаващ висока продуктивност е възможно само, когато растенията са осигурени с достатъчно количество от основните хранителни вещества, в съчетание с оптимална водообезпеченост [3]. Установено е, че поливният режим влияе съществено върху размера на листната площ при фасула [9]. Тъй като фотосинтетичният потенциал се определя на база стойностите на листната площ, би следвало и той да бъде също така повлиян от степента на водообезпеченост на растенията, особено като се има предвид, че чувствителността им към засушаване през отделните периоди от вегетацията е различна. Формирането на ФСП в зависимост от приложената поливна схема, е представено нагледно (по години) на фигурите 1, 2 и 3, а на таблица 2 са нанесени по периоди стойностите на ФСП за всички варианти и опитни години. Резултатите показват, че създаването на воден дефицит през отделни периоди от вегетацията на градинския фасул оказва влияние върху стойностите на ФСП, като на графиките се очертава ясно

и влиянието на условията на годината. При допускане на понижаване на почвената влажност до 70 % от ППВ както през периода „бутонизация-цъфтеж“, така и през периода на образуване и нарастване на бобовете, се забавя процеса на листообразуване и ФСП намалява. През първите две опитни години валежите през тези два периода от вегетацията в една или друга степен намаляват разликата в темпа на образуване на листата, като през периода на бобообразуване той е почти един и същ, докато през екстремната в метеорологично отношение 2012 година влиянието на приложените две поливни схеми (70–80–70 %ППВ и 70–70–80 %ППВ) върху формирането на ФСП е очевидно.

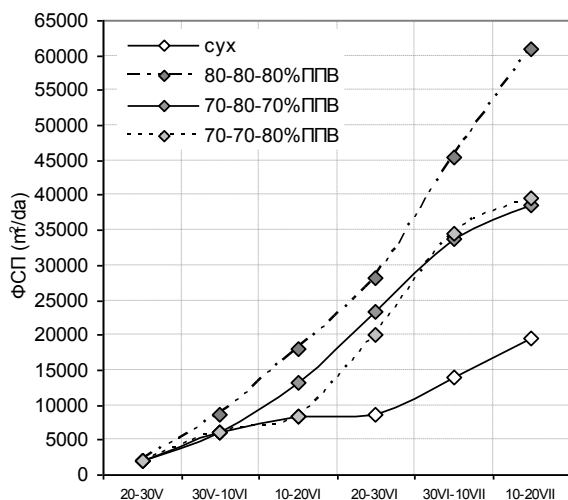
Таблица 2. Фотосинтетичен потенциал (m<sup>2</sup>листодни/da) по десетдневки на посев от градински фасул по години в зависимост от поливния режим

период	Дни	Варианти			
		1	2	3	7
30V-15VI	16	6936	6936	6936	6936
15-25VI	10	7230	7230	7230	7230
25VI-05VII	10	10710	10710	10710	14680
5-15VII	10	23922	29200	23922	34390
15VII-5VIII	11	39772	56085	48123	65815
20-30V	10	2144	2144	2144	2144
30V-10VI	11	6118	6118	6118	8725
10-20VI	10	8380	13130	8380	18000
20-30VI	10	8562	23398	20014	28070
30VI-10VII	10	14086	33652	34520	45542
10-20VII	10	19654	38654	39508	60938
20-30V	10	4202	4202	4202	4202
30V-10VI	11	8829	8829	8829	8829
10-20VI	10	12920	12920	12920	12920
20-30VI	10	14354	23210	14354	25718
30VI-10VII	10	13286	32156	20266	36576
10-20VII	10	11076	34882	33172	41366

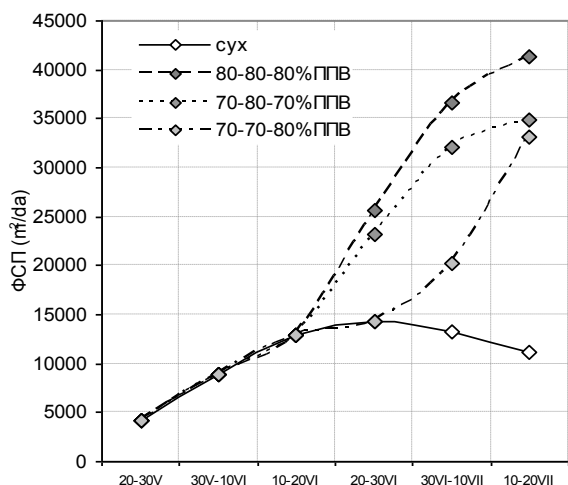
Интензифицирането на поливния режим при вариант 3 през периода на образуване и нарастване на бобовете, както и понижаването на предполивната влажност през същия период при вариант 2, води до сближаване стойностите на ФСП в края на периода.



Фиг. 1. Формиране на ФСП при фасула в зависимост от поливната схема през 2010 година



Фиг. 2. Формиране на ФСП при фасула в зависимост от поливната схема през 2011 година



Фиг. 3. Формиране на ФСП при фасула в зависимост от поливната схема през 2012 година

Тези резултати са много показателни, тъй като промени в предполивната влажност в рамките на 10 %, предизвикват съществени изменения в темпа на листообразуване и в стойностите на ФСП. Потвърждава се мощното въздействие на поливния режим и в същото време високата чувствителност на градинския фасул дори и при слабо понижение на почвената влажност под оптималната.

### Сумарен ФСП

В таблица 3 са нанесени стойностите на сумарния ФСП по варианти, по години и средно за експерименталния период.

Таблица 3. Сумарен фотосинтетичен потенциал на градинския фасул по варианти, години и средно за опитния период

вариант	ФСП m <sup>2</sup> /da	към вариант 1		към вариант 4	
		±	%	±	%
2010 /за 57 дни/					
1	88570	St.	100,0	-40482	68,6
2	110161	21591	124,4	-18891	85,4
3	96921	8351	109,4	-32130	75,1
4	129051	40482	145,7	St.	100,0
2012 /за 61 дни/					
1	64667	St.	100,0	-64944	49,9
2	116199	51532	179,7	-13412	89,7
3	93743	29076	145,0	-35868	72,3
4	129611	64944	200,4	St.	100,0
2011 /за 61 дни/					
1	58944	St.	100,0	-104475	36,1
2	117096	58152	198,7	-46323	71,7
3	110684	51740	187,8	-52735	67,7
4	163419	104475	277,2	St.	100,0
Средно за 2010 – 2012 /за 60 дни/					
1	70727	St.	100,0	-69967	50,3
2	114485	43758	161,9	-26209	81,4
3	100449	29722	142,0	-40245	71,4
4	140694	69967	198,9	St.	100,0

И през трите опитни години най-високи сумарни стойности на ФСП са установени при вариант 4, което по безспорен начин показва, че за нормалното развитие на листния апарат при градинския фасул, почвената влажност не трябва да спада под 80 % от ППВ през цялата вегетация. Спрямо отчетения при ненапооявания фасул, средно за трите години ФСП при тези два варианта е съответно 2 и 2,3 пъти по-голям. Допускането на по-ниска почвена влажност през периода бутонизация-цъфтеж има по-силно изразен отрицателен ефект върху формирането на ФСП, в сравнение с това през периода на плодообразуване. Въпреки че за определен период от време ходът на формиране на ФСП при двата варианта (2 и 3) в голяма степен се прекрива, сумарният ФСП при поливната схема 70–80–70 %ППВ са по-високи средно с 47 % от този, достигнат при схема 70–70–80 %ППВ (особено добре изразено през екстремната 2012 година).

### Формиране на ФСП по периоди

Фотосинтетичният потенциал на фасула е установен сумарно и по периоди така, както е

**ФОТОСИНТЕТИЧЕН ПОТЕНЦИАЛ НА ПОСЕВ ОТ ГРАДИНСКИ ФАСУЛ ...**

описано в методиката, като резултатите по години и средно за периода на опита са представени на таблица 4.

През вегетативния период, който има най-голяма продължителност, абсолютните стойности на показателя при отделните варианти са в зависимост това, дали са реализирани поливки, тъй като през този част от вегетацията водоразходът е все още нисък и наличната почване влажност в голяма степен обезпечава растенията. В този смисъл показателна е 2012 година, когато през първия период поливки не са реализирани. През първите две опитни години, до бутонизацията не са напоявани само вариант 3, поради което, в зависимост от степента на водообезпеченост са отчетени различни стойности на ФСП. През втория период, който е много къс като продължителност (10–12 дни) обикновено първа поливка получават вариантите 2 и 4. През третия период, когато листната площ достига максимални стойности в условията на високо напрежение на метеорологични фактори, се реализират

поливки при всички варианти на опита. По отношение на абсолютните стойности, тенденциите установени при сумарния ФСП се запазват и през отделните подпериоди, като с напредването на вегетацията, разликите между отделните варианти се увеличават.

През по-благоприятната в метеорологично отношение 2010 година, при всички варианти на опита, относителният дял на ФСП формиран през първия период е най-малък по отношение на сумарния за цялата вегетация (13–18 % и средна ЛП за 1 денонощие 340–360 m<sup>2</sup>/da). През втората опитна година при вариант 1 се наблюдава по-интензивно листообразуване през първия период в сравнение с втория, в резултат на което ФСП е по-голям (24,0 %). Основната причина за това е по-ниската сумарна абсолютна стойност на ФСП, следствие нарушеното листообразуване през репродуктивния период. Листната площ средно за едно денонощие нараства от 283 при вариант 1 до 469 m<sup>2</sup>/da за вариантите 4.

**Таблица 4. Формиране на ФСП по периоди**

година	вариант	I период		II период		III период		общо	
		m <sup>2</sup> /da	%	m <sup>2</sup> /da	%	m <sup>2</sup> /da	%	m <sup>2</sup> /da	%
2010	1	16308	18,4	18137	20,5	54125	61,1	88570	100
	2	16308	14,8	20248	18,4	73605	66,8	110161	100
	3	16308	16,8	18137	18,7	62476	64,5	96921	100
	4	17102	13,3	25500	19,8	86449	67,0	129051	100
2011	1	14128	24,0	11076	18,8	33740	57,2	58944	100
	2	17453	14,9	27337	23,3	72306	61,7	117096	100
	3	14128	12,8	22528	20,4	74028	66,9	110684	100
	4	23469	14,4	33470	20,5	106480	65,2	163419	100
2012	1	23367	36,1	14067	21,8	27233	42,1	64667	100
	2	23367	20,1	21152	18,2	71680	61,7	116199	100
	3	23367	24,9	14067	15,0	56309	60,1	93743	100
	4	23367	18,0	23158	17,9	83086	64,1	129611	100
средно	1	17934	25,4	14427	20,4	38366	54,2	70727	100
	2	19043	16,6	22912	20,0	72530	63,4	114485	100
	3	17934	17,9	18244	18,2	64271	64,0	100449	100
	4	21313	15,1	27376	19,5	92005	65,4	140694	100

**Таблица 5. Средни денонощни стойности на ФСП по периоди**

вариант	Периоди			средно за вегетацията	периоди			средно за вегетацията
	I	II	III		I	II	III	
	m <sup>2</sup> /da	m <sup>2</sup> /da	m <sup>2</sup> /da		m <sup>2</sup> /da	m <sup>2</sup> /da	m <sup>2</sup> /da	
2010				2011				
1	340	1511	2082	1030	283	923	1687	719
2	340	1687	2831	1281	349	2278	3615	1428
3	340	1511	2403	1127	283	1877	3701	1350
4	356	2125	3325	1501	469	2789	5324	1993
2012				средно 2010–2012				
1	632	1407	1602	1010	399	1312	1827	919
2	632	2115	4216	1816	423	2083	3454	1487
3	632	1407	3312	1465	399	1659	3061	1305
4	632	2316	4887	2025	474	2489	4381	1827

През екстремната 2012 година първият период преминава в условията на благоприятно естествено влагообезпечаване на растенията, поради което ФСП по варианти не се различава съществено, като средноденонощната ЛП е 630–720 m<sup>2</sup>/da (таблица 5). Относителните стойности на ФСП за този период обаче се различават съществено, поради рязката промяна на условията

на средата през следващите два периода и приложения поливен режим. С подобряване на водообезпечеността на растенията същите намаляват, поради значителното повишение на абсолютните сумарни стойности.

През втория период отново се формира значителен процент от ФСП при вариант 1, като това става за сметка на ФСП през третия период. Като

цяло, разликите между отделните варианти през тази част от вегетацията не са много големи, най-вече поради малката му продължителност. Относителните стойности на ФСП през този кратък период (10-12 дни) са показателни за интензивността на формиране на листния апарат при фасула, а абсолютните са отражение на приложения поливен режим (общо през първия и втория период) и метеорологичните условия. Средно за трите опитни години през втория период (бутонизация – първи завръз) се формира около 1/5 от сумарния ФСП на градинския фасул. През тази част от вегетацията на фасула средната ЛП за денонощие варира в широки граници – от 1000 до 3000 m<sup>2</sup>/da и както се вижда от таблицата, въздействието на поливния режим е много силно изразено, като в същото време се запазва и влиянието на условията на отглеждане през предходния период.

Интензивността на натрупване на листна маса и площ през третия подпериод продължава да нараства и при всички варианти и години заема най-голям относителен дял в сумарния ФСП. Поддържането на оптимален водно-въздушен режим в активния почвен слой на фасула през тази част от вегетацията изравнява относителните стойности на показателя, независимо от характера на годината. Същите са в границите 64–67 % при предполивна влажност 80 %ППВ, което означава, че около 2/3 от ФСП на оптимално напоявания градински фасул се формира през периода на образуване и нарастване на бобовете. Значително е предимството на този вариант и по отношение на средните денонощни стойности – от 3325 до 5324 m<sup>2</sup>/da (средно 4381 m<sup>2</sup>/da). Най-силно е варирането при ненапоявания фасул – от 42 до 61 %. Поддържането на различна предполивна влажност през репродуктивния период оказва съществено влияние върху сумарните и средноденонощни стойности на ФСП, като дори през благоприятни в метеорологично отношение години, понижена почвена влажност през периода на цъфтеж понижава ФСП. Възстановяването на оптималното напояване през периода на образуване и нарастване на бобовете обаче, не е в състояние да компенсира напълно стойностите, поради което те остават по-ниски. Това оказва влияние и върху сумарните осреднените за трите периода стойности (таблицы 4 и 5).

### Изводи и препоръки

Нивото на предполивната влажност през отделните период от вегетацията на фасула влияе

върху стойностите на фотосинтетичния потенциал, като при прилагането на поливна схема 80–80–80 % от ППВ те са най-високи. Допускането на по-ниска почвена влажност през периода бутонизация-цъфтеж има по-силно изразен отрицателен ефект върху формирането на ФСП, в сравнение с това през периода на плодообразуване. Сумарният ФСП при поливната схема 70–80–70 %ППВ е по-висок средно с 47 % от този, достигнат при схема 70–70–80 %ППВ.

До бутонизацията се формира 15–18 % от сумарния ФСП при напоявания фасул, докато през периода на бутонизация и цъфтеж само за 10–12 дни се формира 18–20 % от сумарните му стойности. Основната част (63–65 %) от ФСП се отчита през третия период (образуване и нарастване на бобовете).

Възстановяването на оптималното напояване през периода на образуване и нарастване на бобовете, не е в състояние да компенсира напълно абсолютните стойности на ФСП, поради което те остават по-ниски.

### Литература

1. Георгиев, Г., А. Матов. (1998). *Влияние на листната площ върху добива на зърно от соята, ССА* – Научни трудове, т. 5, кн. 1, 136–137.
2. Матов, А., З. Червенкова, Хр. Кирчев, Г. Гоцис. (2007). *Фотосинтетичен потенциал на захарното цвекло в зависимост от водообеспечеността*, Сборник доклади, ИРГР – Садово, т. 2–3, стр. 555–557.
3. Николов, Г. (1973). *Формиране на фотосинтетичния потенциал на напоявания царевичен посев в зависимост от някои мероприятия на агротехнически комплекс*, Раст. науки; 2, 23–35.
4. Николов, Г. (1974). *Фотосинтетичен потенциал на напоявания памук*, Растениевъдни науки, 6, 25–34.
5. Ничипорович, А. (1961). *Фотосинтетическая деятельность растений в посевах*, Изд. АН СССР, М.
6. Ничипорович, А. (1982). Сборник *“Физиология фотосинтеза”*, 7–13.
7. Ничипорович, А. (1963). *Фотосинтетическая деятельность растений в посевах*, Изд. АН СССР, Москва.
8. Червенкова, З., А. Матов, Хр. Кирчев, Г. Гоцис. (2007). *Формиране на листната площ на захарното цвекло в зависимост от водообеспечеността*, Сборник доклади, ИРГР – Садово, т. 2–3, стр. 551–554.
9. Kalaydjieva, R., A. Matev, Zl. Zlatev. (2015). *Influence of irrigation regime on the leaf area and leaf area index of French bean (Phaseolus vulgaris L.)*, Emirates Journal of Food and Agriculture, vol. 27, 2, pp. 171–177.

## PHOTOSYNTHETIC POTENTIAL OF CROPS OF FRENCH BEAN IRRIGATED AT DIFFERENT SOIL MOISTURE

Radost Kalaydjieva<sup>2</sup>, Velika Kuneva<sup>2</sup>, Zlatko Zlatev<sup>2</sup>, Dimitar Davididov, Zhivko Zhivkov<sup>1</sup>, Alexander Matev<sup>2</sup>, Nora Lozanova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> University of Forestry – Sofia

<sup>2</sup> Agricultural University – Plovdiv

### Abstract

The aim of the study is to establish the influence of the pre-irrigation soil moisture on photosynthetic potential (PSP) of french beans. The experiment was performed during 2010–2012 period on the experimental field of Agricultural University – Plovdiv. The variants of the experiment are as follows: 1) Without irrigation 2) irrigation at 70–80–70 % of FC /field capacity/, 3) irrigation at 70–70–80 % of FC, 4) irrigation at 80–80–80 % of FC. The values indicated pre-irrigation soil moisture refer to the following three vegetation stages of the beans: 1. from sowing to budding, 2. budding and flowering, 3. formation and growth of pods. Established dynamics of formation of PSP, values for ten-day periods, phenophases and in total for the entire growing season. The results show that during the three experimental years the highest total values of PSP were detected in variant 4, indicating that the normal development of bean's leaf apparatus, soil moisture should not fall below 80 % of FC in throughout the growing season. Allowing the lower soil moisture during budding-flowering period has a pronounced negative effect on the formation of FSP, compared to that during the period of fructification. The total FSP in irrigation scheme 70–80–70 % FC higher on average by 47 % than that attained in scheme 70–70–80 % FC.