

**ПОСЛОЙНО ФОРМИРАНЕ НА ЕВАПОТРАНСПИРАЦИЯТА ПРИ ФАСУЛА,  
ОТГЛЕЖДАН ПРИ НЕПОЛИВНИ УСЛОВИЯ И ПРИ ОПТИМАЛНО НАПОЯВАНЕ**

**Радост Калайджиева, Владимир Кръстев, Александър Матов, Дочка Димова,  
Дияна Светлева**

*Аграрен университет – Пловдив, 4000, бул. Менделеев 12  
E-mail: sab\_m@abv.bg*

**FORMATION OF EVAPOTRANSPIRATION IN DIFFERENT SOIL LAYERS FOR  
COMMON BEAN, GROWN WITHOUT IRRIGATION AND UNDER OPTIMUM  
IRRIGATION CONDITIONS**

**Radost Kalaydzhieva, Vladimir Krustev, Alexander Matev, Dochka Dimova, Diana Svetleva**  
*Agricultural University – Plovdiv, 4000, 12 Mendeleev str.*

**ABSTRACT**

The aim of the study is to optimize the depth of the soil layer to be moistened by irrigation of beans grown on alluvial soils in the region of Plovdiv. The experiment was carried out during the period 2011 – 2013 year in experimental field of Agricultural University - Plovdiv with variety "Dobrudjanski 7". The variants of the experiment are as follows: 1) no irrigation; 2) in the irrigation by humidity 80% of FC (field capacity) in the layer 0-40 cm. The value of irrigation rates is calculated to be moistened the layer 0 – 60 to FC. In the topsoil (0-20 cm) formed a significant part of the ET of non-irrigated beans (from 25 to 55%). Very important for ET of the common bean is the soil layer from 20 to 40 cm, whose share 22-26% in the total amount of ET. Its values in the next soil layer (40-60 cm) decreases due to the reduction of abiotic factors influence and because relative part of the root system here is already quite small. At a depth of 60 cm below the values of ET significantly decreased and the layer 60-100 cm contribute to cumulative water depletion of 16-17%. Under irrigation from surface soil layer is formed over 40% of the total ET and the layer 20-40 cm - about 1/3 of its values. Evapotranspiration in the layer 40-60 cm significantly decreased (less than 13%). ET in the layer 60-100 cm is formed mainly at the expense of the initial water supply. To fully compensate for the ET of beans irrigation rate must be calculated so as to moisten the soil to a depth of no more than 60cm.

*Key words: common bean, irrigation, evapotranspiration*

**УВОД**

Проучването на разпределението на водоразхода и неговото формиране в отделните почвени слоеве е свързано с правилното определяне на дълбочината на навлажняване при изчисляване на поливната норма. За условията на нашата страна, опити с цел проучване поливния режим и евапотранспирацията на фасула са провеждани през 70-те години на миналия век в района на Русе (Витков, М., 1972, 1973, 1975) и Пазарджик (Делибалтов, Й., М. Саркизов, 1974). Въпреки че тези два района са доста отдалечени един от друг и се различават съществено както по отношение на почвите, така и като климатична характеристика, изнесените данни за ЕТ са сходни. Авторите съобщават, че при оптимално напояване почвата трябва да се навлажнява на дълбочина до 60 cm, което дава основание да се счита, че според тях евапотранспирацията на фасула се формира в слоя 0 – 60cm. Следвайки същата логика, други автори препоръчват поливките да навлажняват слоя 0 – 15 или 0 – 30 cm (Sezen, S., et al. 2005, 2008). Коренно противоположни са резултатите, публикувани от Tsoo, T.J. (1988). Според автора почвената влажност при фасула се изчерпва на дълбочина до 225 cm, като от 20 до 50% от водоразхода се формира в слоя от 0 до 105 cm, а делът на слоя 15 – 54 cm е относително малък.

Тези резултати са основателна причина за по-подробно проучване на формирането на сумарната и средно-денонощната евапотранспирация на полския фасул в дълбочина, което всъщност е основната цел на настоящата разработка.

### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ**

Експериментът е проведен през периода 2011 – 2013 година в УОБ на АУ – Пловдив върху алувиално-ливадна почва. Използван е сорт „Добруджански 7”, който е стандартен за страната. Опитът е залаган по блоковия метод в четири повторения. Изпитани са два варианта: 1) без напояване; 2) напояване при предполивна влажност 80% от ППВ за слоя 0 – 40 cm. Поливните норми са изчислявани за навлажняване до ППВ на слоя 0 – 60cm. Напояването е извършвано гравитачно по къси затворени бразди. Евапотранспирацията е установена чрез баланс на приходите и разходите на вода в еднометровия почвен слой през интервал от 20 cm. Динамиката на почвената влажност е установявана периодично през 7 – 10 дни по тегловния метод, чрез вземане на почвени проби на дълбочина до 1 m през интервал от 10 cm. За получаването на достоверни резултати, в района на опитната площ са спазвани всички агротехнически мероприятия, свързани с отглеждането на културата.

### **РЕЗУЛТАТИ**

Освен от биологичните особености на културата, евапотранспирацията зависи в голяма степен и от метеорологичната обстановка през вегетационния период. По отношение на валежите, опитните 2011 и 2013 години са средно сухи, с обезпеченост съответно 78% и 67%. Втората опитна година (2012) е средна до средно влажна с обезпеченост  $P = 41\%$  и валежна сума 240 mm. Въпреки, че тази година е най-влажна от трите, валежите са разпределени изключително неравномерно, като през критичния период от развитието на културата, те практически липсват. По отношение на температурната сума за периода май–септември и трите експериментални години са топли, като първата и третата години са на практика еднакви, с обезпеченост съответно 12.5 и 13.5%, и температурна сума 3364.6 и 3341.5°C. Втората опитна година (2012) е много топла, с обезпеченост 2,1% и температурна сума 3486.6°C.

На таблица 1 са представени данните за формирането на ЕТ в почвени слоеве с различна дебелина (до 1 m през интервал от 20 cm) през всяка от трите опитни години, както и средно за експерименталния период. С увеличаване дебелината на почвения слой, сумарната ЕТ нараства, като количествено нарастват и съставлящите я компоненти.

На фигурите 1 и 2 нагледно е представено разпределението на ЕТ, валежите и началния воден запас в абсолютни и относителни стойности при ненапоявания и напоявания фасул. Значителна част (от 25 до 55%) от ЕТ на ненапоявания фасул се формира в повърхностния почвен слой (от 0 до 20 cm). В същият този слой се задържат и оползотворяват 25 – 70% от вегетационните валежи. По-малкият относителен дял на тези два компонента е отчен през екстремната 2012 година. Най-вероятната причина за това са незначителните валежи през репродуктивния период на фасула и в следствие на това, увеличената интензивност на усвояване на водата от по-дълбоките слоеве на почвата. Средно за трите опитни години в слоя 0 – 20 cm се формира 39,5% от сумарната ЕТ. Тук остават и се използват от растенията 47,2% от вегетационните валежи, както и 25,4% от натрупания през есенно-зимния период воден запас. На дълбочина от 20 до 40 cm се формира също така съществена част от ЕТ – от 22 до 26%, като приблизително толкова е и процентът на използваните в този слой валежи (20 – 29%). Средно за трите години дялът на ЕТ от този почвен пласт е 23,8%, на валежите – 25,6%, а на началния воден запас – 21,7%.

Водоразходът от следващия почвен пласт (40 – 60 cm) започва да намалява, поради незначителното въздействие на абиотичните фактори и поради това, че в този слой относителният дял на кореновата система е вече доста намален. За условията на

експеримента в него се формират 13 – 24% от сумарната ET, като по-високият процент е за сметка на водоразхода от по-горните слоеве през сухия период на 2012 година. Участието на валежите във формирането на ET в този почвен слой е силно повлияно от количеството и тяхното разпределение, поради което варира в много широки граници.

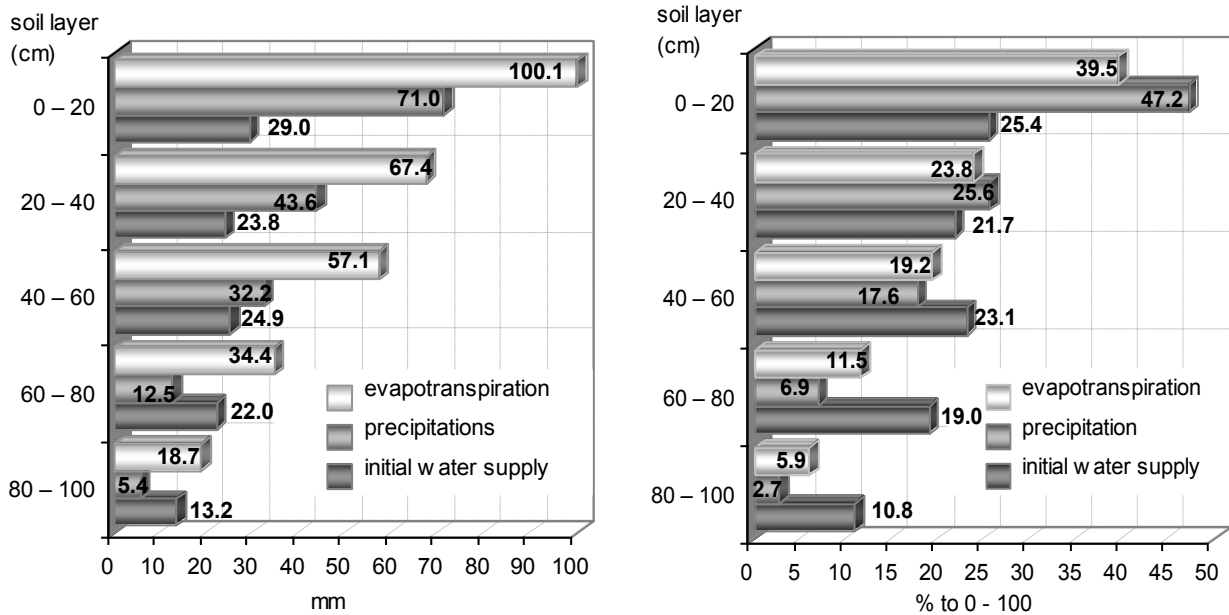
Таблица 1. Формиране на ET при фасула в почвени слоеве с различна дебелина  
Table 1. Formation of common bean's evapotranspiration in different soil layer's depth

Почвен слой Soil layer	components	Без напояване Without irrigation		опт. напояване optimum irrig.		Без напояване Without irrigation		опт. напояване optimum irrig.	
		mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
		2011				2012			
0-20cm	ΣET	92.1	100.0	103.5	100.0	88.6	100.0	126.8	100.0
	W	12.7	13.8	12.4	12.0	37.2	42.0	32.3	25.5
	N	79.4	86.2	71.1	68.7	51.4	58.0	51.4	40.5
	M	–	0.0	20.0	19.3	–	0.0	43.1	34.0
0-40cm	ΣET	127.7	100.0	164.2	100.0	180.7	100.0	264.9	100.0
	W	25.5	20.0	23.4	14.3	71.2	39.4	74.0	27.9
	N	102.2	80.0	102.2	62.2	109.5	60.6	109.5	41.3
	M	–	0.0	38.6	23.5	–	0.0	81.4	30.7
0-60cm	ΣET	149.6	100.0	192.2	100.0	266.7	100.0	360.1	100.0
	W	39.4	26.3	32.0	16.6	100.3	37.6	93.7	26.0
	N	110.2	73.7	110.2	57.3	166.4	62.4	166.4	46.2
	M	–	0.0	50.0	26.0	–	0.0	100.0	27.8
0-80cm	ΣET	162.1	100.0	199.1	100.0	319.0	100.0	401.2	100.0
	W	48.5	29.9	35.5	17.8	131.8	41.3	114.0	28.4
	N	113.6	70.1	113.6	57.1	187.2	58.7	187.2	46.7
	M	–	0.0	50.0	25.1	–	0.0	100.0	24.9
0-100cm	ΣET	165.9	100.0	206.0	100.0	352.5	100.0	441.2	100.0
	W	52.3	31.5	42.4	20.6	149.0	42.3	137.7	31.2
	N	113.6	68.5	113.6	55.1	203.5	57.7	203.5	46.1
	M	–	0.0	50.0	24.3	–	0.0	100.0	22.7
		2013				Средно за (average for) 2011 - 2013			
0-20cm	ΣET	119.5	100.0	160.8	100.0	100.1	100.0	130.4	100.0
	W	37.2	31.1	21.8	13.6	29.0	29.0	22.2	17.0
	N	82.3	68.9	78.6	48.9	71.0	71.0	67.0	52.7
	M	–	0.0	60.4	37.6	–	0.0	41.2	30.3
0-40cm	ΣET	194.1	100.0	271.5	100.0	167.5	100.0	233.5	100.0
	W	61.9	31.9	35.3	13.0	52.9	30.4	44.2	18.4
	N	132.2	68.1	132.2	48.7	114.6	69.6	114.6	50.8
	M	–	0.0	104.0	38.3	–	0.0	74.7	30.8
0-60cm	ΣET	257.5	100.0	320.4	100.0	224.6	100.0	290.9	100.0
	W	93.7	36.4	52.6	16.4	77.8	33.4	59.4	19.7
	N	163.8	63.6	163.8	51.1	146.8	66.6	146.8	51.5
	M	–	0.0	104.0	32.5	–	0.0	84.7	28.8
0-80cm	ΣET	296.0	100.0	348.9	100.0	259.0	100.0	316.4	100.0
	W	119.0	40.2	67.9	19.5	99.8	37.1	72.5	21.9
	N	177.0	59.8	177.0	50.7	159.3	62.9	159.3	51.5
	M	–	0.0	104.0	29.8	–	0.0	84.7	26.6
0-100cm	ΣET	314.7	100.0	363.7	100.0	277.7	100.0	337.0	100.0
	W	137.7	43.8	82.7	22.7	113.0	39.2	87.6	24.8
	N	177.0	56.2	177.0	48.7	164.7	60.8	164.7	50.0
	M	–	0.0	104.0	28.6	–	0.0	84.7	25.2

През първата година (2011) когато по-съществени валежи падат едва в края на репродуктивния период, в този слой се оползотворяват едва 7% от общото им количество. Обратно, през 2012 година почти всички валежи падат през първата половина от вегетацията и като количество са достатъчни да влагозапасят целия активен почвен слой, и дори под него. Поради това, през тази година от слоя 40 – 60cm се оползотворяват 28% от тях. През третата година на опита валежите са по-равномерно разпределени във времето и през репродуктивния период, поради високите стойности на ЕТ, остават и се използват предимно в повърхностния почвен слой. В резултат на това в слоя 40 – 60 cm са попаднали и са използвани 18% от тях. Средно за опитния период от тук се формира близо 20% от сумарната ЕТ и се оползотворяват 17,6% от вегетационните валежи.

Както се вижда от графиката на фиг.1, в почвените слоеве, разположени на дълбочина под 60 cm стойностите на ЕТ значително намаляват. С увеличаване на дълбочината, постепенно намалява и участието на началния воден запас, което обикновено отстъпва като стойности на валежите.

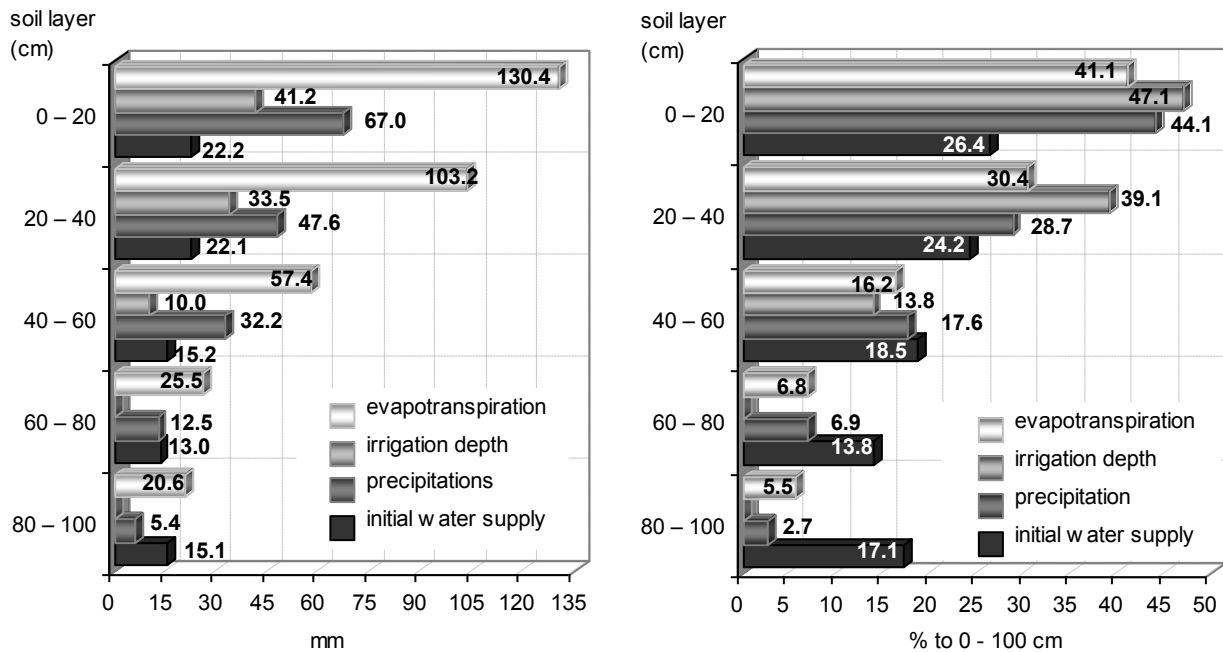
С оптимизирането на почвената влажност, разпределението на ЕТ и формиращите я компоненти се изменя съществено в дълбочина. Изменението се дължи на участието на напоителната норма, която от една страна повишава значително абсолютните стойности на сумарната ЕТ, а от друга – участва в нейното формиране за сметка на останалите два компонента. Разпределението на ЕТ, валежите, напоителната норма и водния запас по слоеве е изобразено на фиг.2.



Фиг.1 Послойно разпределение на ЕТ, валежите и началния воден запас при ненапоивания фасул  
 Fig.1 Distribution of ET, precipitations and initial water supply in different soil layers for non-irrigated common bean

Подобно на ненапоивания вариант, от повърхностния почвен слой (0 – 20cm) се формира значителна част от ЕТ на напоивания фасул, като през първата и третата година относителният ѝ дял спрямо сумарната за 0 – 100 сантиметровия слой е съответно 50 и 44%. Поради коментираните по-горе условия на 2012 година, от този слой почва при поливни условия са изразходени 29% от сумарната ЕТ. По отношение на валежите се отчита незначително намаление на относителното им участие във формирането на ЕТ, като незначителни са промените и в абсолютните им стойности. Същите са тенденциите и по

отношение на участието на началния воден запас. Средно за трите опитни години от повърхностните 20 cm на активния почвен слой се формират 41,1% от водоразхода на фасула. Тук се оползотворяват 44,1% от валежите и 47,1% от напоителната норма. Значителен е делът и при началния воден запас (26,4%).



Фиг.2 Послойно разпределение на ЕТ, напоителната норма, валежите и началния воден запас при напоявания фасул

Fig.2 Distribution of ET, irrigation depth, precipitations and initial water supply in different soil layers for optimum irrigated common bean

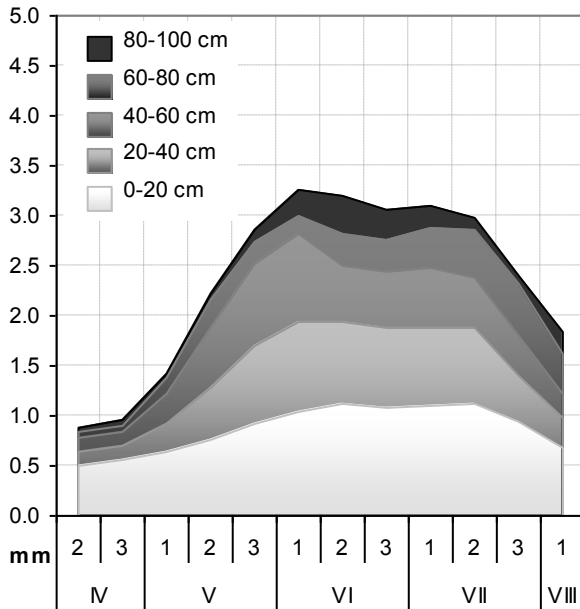
Важен за формирането на водоразхода при напоявания фасул е и слоя 20 – 40 cm, тъй като в него се формира около  $\frac{1}{3}$  (средно 30,4%) от общата за еднометровия слой евапотранспирация. Това става за сметка и на трите компонента, като напоителната норма заема 27 – 42% (средно 39,1%), а валежите от 29 до 37% (средно 28,7%). Останалите 16 – 30 % са благодарение на началния воден запас, натрупан в този слой през есенно-зимния и ранно-пролетен период.

ЕТ в слоя 40 – 60 cm намалява чувствително, както по отношение на абсолютните, така и по отношение на относителните стойности. От този слой се изразходват малко над 13% от сумарната ЕТ, но през години, когато валежите навлажняват почвата на голяма дълбочина (под 60 cm), от този почвен пласт мога да бъдат изразходвани над 20% от ЕТ, като близо  $\frac{1}{3}$  (28%) от нея се осигуряват именно от валежите. Напоителната норма също може да осигури над 20% от водоразхода в този почвен слой. Тук участието на водния запас във формирането на ЕТ е съизмеримо с това на валежите и на напоителната норма.

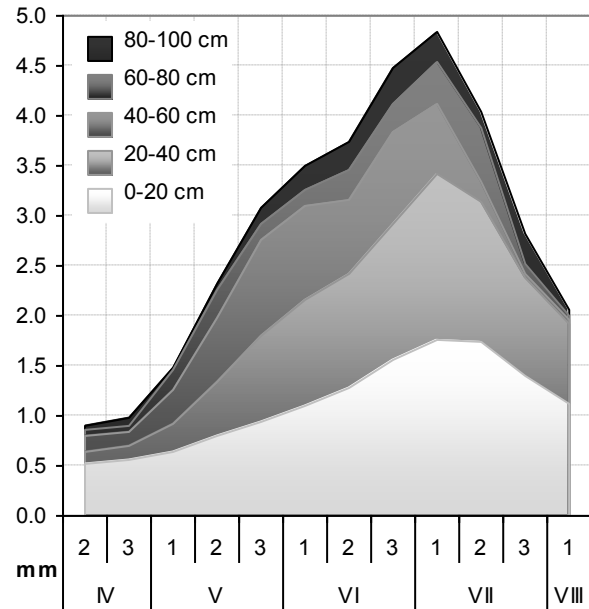
Валежите рядко достигат почвения слой от 60 до 100 cm, а напоителната норма се изчислява за навлажняване на горе лежащите слоеве, поради което ЕТ се формира основно за сметка на началния воден запас и евентуално на валежи, преминали под разчетния почвен слой. Поради това стойностите ѝ са ниски и представляват под 20% от установените за целия еднометров слой.

Тъй като фасулът е едногодишна култура, с напредването на вегетацията активният му почвен слой постепенно нараства, като това нарастване предопределя и дълбочината, от която се изразходва водата в почвата през различните фенофази. На фигурите 3 и 4 е

представен ходът на средноденоношната ЕТ за отделните почвени слоеве, съответно при ненапооявания и напооявания вариант. На абсцисата са нанесени десетдневките, а на ординатата стойностите на ЕТ в mm. И на двете графики, при сравнение на площите между абсцисата и отделните криви, отлично се вижда значението на всеки почвен слой за водоразхода на фасула. Освен това се вижда ясно изменението на консумацията на вода от растенията в дълбочина през отделните периоди от вегетацията.



Фиг.3 Средно-деноношна ЕТ по почвени слоеве при неполивни условия  
 Fig.3 Trend of daily ET in different soil layers without irrigation



Фиг.4 Средно-деноношна ЕТ по почвени слоеве при поливни условия  
 Fig.4 Trend of daily ET in different soil layers under optimum irrigation conditions

При ненапооявания фасул се забелязва повишаване консумацията на вода от слоя 60 – 100 cm след започване на репродуктивния период. Основната причина за това е, липсата на достатъчно леснодостъпна влага в слоя 0 – 60 cm. При оптимално напоояване водоразходът през целия репродуктивен период се ограничава основно в разчетния почвен слой 0 – 60 cm. Това се дължи на подобрения следствие на проведените поливки водно-въздушен режим. Дори през периода на максимална интензивност на ЕТ, от слоя 60 – 100 cm се изразходват не повече от 0,6 – 0,7 mm за денонощие. След приключване на поливките бързо намалява ЕТ и от слоя 40-60cm, докато в слоя 0 – 40 cm тя се запазва сравнително висока до края на периода на наблюдение (средно 1,9 mm за денонощие през първата декада на август).

**ИЗВОДИ**

В повърхностния почвен слой (0 – 20 cm) се формира значителна част от ЕТ на ненапооявания фасул (от 25 до 55%). Много важен за водоразхода на фасула е и слоя от 20 до 40 cm, чиито дял в сумарната ЕТ възлиза на 22 – 26%. Стойностите му в следващия почвен пласт (40 – 60 cm) намаляват, поради незначителното въздействие на абиотичните фактори и поради това, че в него относителният дял на кореновата система е вече доста по-малък. На дълбочина под 60 cm стойностите на ЕТ значително намаляват и за слоя 60 – 100 cm допринасят за сумарния водоразход със скромните 16 – 17%.

При поливни условия, от повърхностния почвен слой се формира над 40% от сумарната ЕТ, а от слоя 20 – 40 cm – около 1/3 от стойностите ѝ. Същата в слоя 40 – 60 cm намалява

чувствително (малко над 13%). ЕТ в слоя 60 – 100 cm се формира основно за сметка на началния воден запас.

За пълното компенсирание на ЕТ на фасула, поливните норми трябва да се изчисляват така, че да навлажнява почвата на дълбочина не по-голяма от 60cm.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Витков, М., М. Петков, 1972. Начини на напояване и водопотребление на фасула. Растениевъдни науки, 3, 73 – 79.
2. Витков, М., Ц. Груев, 1973. Поливен режим на фасула в района на СНИ „Образцов Чифлик“ край Русе. Растениевъдни науки, 9, 99 – 104.
3. Витков, М., 1975. Водопотребление на фасула, отглеждан на оподзолен чернозем в Североизточна България. Растениевъдни науки, 1, 100 – 104.
4. Делибалтов, Й., М. Саркизов, 1974. Влияние на нарушения поливен режим върху добива на фасула. Растениевъдни науки, 3, 123 – 132.
5. Sezen, S., A.Yazar, A.Akyildiz, H.Dasgan, B.Gencel, 2008. Yield and quality response of drip irrigated green beans under full and deficit irrigation. *Scientia Horticulturae*, 117, (2), 95 – 102.
6. Sezen, S., A.Yazar, M.Canbolat, S.Eker, G.Çelikel, 2005. Effect of drip irrigation management on yield and quality of field grown green beans. *Agricultural Water Management*, 71, (3), 243 – 255.
7. Tsso, T.J., 1988. Relaciones hidricas del poroto (*Phaseolus Vulgaris L.*). I. Extaccion de agua del suelo bajo diferentes regimenes de agua aplicada. *Agricultura Tecnica*, 48 (3), 197 – 205.