

**ТЕМПЕРАТУРАТА НА ЛИСТАТА, КАТО ИНДИКАТОР ЗА ВОДЕН СТРЕС ПРИ  
ГРАДИНСКИЯ ФАСУЛ**

**Радост Калайджиева, Александър Матев, Велика Кунева**

*Аграрен университет-Пловдив*

*E-mail:sa6\_m@abv.bg*

**THE TEMPERATURE OF THE LEAVES, AS AN INDICATOR OF WATER STRESS AT  
A FRENCH BEAN**

**Radost Kalaidjieva, Aleksander Matev, Velika Kuneva**

*Agricultural University, 4000 Plovdiv, Bulgaria*

*E-mail:sa6\_m@abv.bg*

**ABSTRACT**

The purpose of the development was to investigate the possibility of using the infrared thermometer as an indicator of water stress in the french beans and the establishment of a link between soil moisture and temperature difference (dt) between the surface of the leaves and that of the environment. Data from field experience were conducted, at on alluvial soil in the experimental field of Agricultural University – Plovdiv during the 2010 – 2012 period. The aim of the study included variants in which the bean was irrigated with different sized of irrigation rate. In non- irrigating conditions and deficiency of precipitations, dt values reach up to + 5<sup>0</sup>C, but in the conditions of optimum irrigation (in front of irrigation humidity 80% of FC (field capacity)), the values decreased and were negative. For the conditions of the experiment they were reached about -4,5<sup>0</sup>C. A linear relationship was established between the values of dt and soil moisture respectively layers 0 – 40sm:  $Y = 79,485 - 4,318x$  at  $R^2 = 0,847$ ; and 0 – 60sm:  $Y = 80,522 - 3,666x$  at  $R^2 = 0,801$ .

*Key words: French beans, irrigation infrared thermometer, water stress*

**Увод**

За индиректно определяне водния статус на растенията и почвената влажност могат да бъдат използвани и някои дистанционни методи, като: гама излъчване, (Gutwein, 1986), микровълни (Estes, 1977, Schmugge, 1980), инфрачервен термометър, (Shih et al., 1986), радар и сателитни изображения, (Carlson, 1984). Още през 80-те години на миналия век, E.A.Hiller & R.N.Clark (1973) установяват, че температурата на добре поляти растения е по-ниска от тази на околния въздух. Във връзка с това, P. Berliner (1984) предлага като детектор на воден стрес за посев да се използва разликата между измерените с инфрачервен дистанционен термометър температури на посева и тази на добре полят посев. Авторът намира линейна зависимост между тази разлика и водния потенциал на листа с  $R^2 = 0,65$  и смята, че това е надежден показател за установяване наличието на воден стрес. През последното десетилетие, като показател за определяне водния статус на растенията все по-често се използва температурата на повърхността на листата, обвързвана с температурата на околната среда. Това става с помощта на инфрачервен термометър, който е с ниска цена, може да се използва ежедневно, като според Myhre and Shih, (1990) резултатите се получават бързо и са с достатъчно висока точност. За условията на страната съществуват изследвания с различни селскостопански култури, при които са уточнени стойностите на dT (разликата между t° на въздуха и t° на повърхността на листата), при които трябва да се извършва поливка. Проучвайки възможностите за използване на този метод при редица селскостопански култури в т.ч. и фасул, Г. Стоименов (2001) извежда квадратни зависимости между dT и водния потенциал на почвата, влажността на почвата, както и между dT и интензивността на

транспирацията, на фотосинтезата и концентрацията на солите в почвата. Насрочването на поливките при градинския фасул при  $dT = -2$  гарантира получаването на максимални добиви (Й. Киркова, 2003). Според авторката, възможността за ежедневни измервания на температурата на листата чрез ИЧТ предполага навременно реализиране на поливките, което се отразява положително върху добива. На база изследване, проведено в Колумбия с 12 сорта фасул Vascur, G., et al. (1985) също така определят метода на ИЧТ като подходящ за ранно (навременно) установяване на воден дефицит, както и за определяне степента на сухоустойчивост при отделните сортове. Bonano, A.R. & H.J. Mack (1983) провеждат изследвания с фасул в Орегонския университет (САЩ), за проучване възможностите за използване на ИЧТ при назначаване поливките при фасула и за определяне степента на водния стрес. Резултатите показват, че напояването при акумулирана положителна разлика между температурата на листата и тази на въздуха, води до понижаване на добива, особено през години с по-висок дефицит на влажността на въздуха. През по-влажни години, същият е съизмерим с получения при оптимално напояване. Coulson, C.L., et al. (1988) правят сравнително проучване на различни методи за измерване температурата на листата при фасула. Най-добри резултати се получават при използване на Порометър и ИЧТ, като първия отчита малко по-високи стойности на листната температура. Lima Filho, J.M.P. (1983) и Köksal, E., et al. (2010) също така препоръчват ИЧТ като подходящ за измерване температурата на листата на фасула и установяване на воден стрес, а Erdem, Y., et al. (2006) установяват стойностите на индекса на водния стрес (CWSI), в зависимост от поливния режим, както и линейна зависимост между добива и CWSI. Въз основа на проучване, проведено в Унгария, Helyes, L., et al. (1992) формулират извода, че при достигане на температурата на листата на градинския фасул до  $29 - 30^{\circ}\text{C}$ , напояването е оправдано мероприятие. Lobo, Francisco de Almeida, et al. (2004) установяват, че напояването на фасула трябва да започне при температурна разлика между повърхността на листата и околната среда между 3 и  $4^{\circ}\text{C}$ .

Целта на разработката е да се проучи възможността за използване на инфрачервения термометър, като индикатор за воден стрес при градински фасул и да се потърси зависимост между влажността на почвата и стойностите на  $dt$ .

### Материал и методи

За целта на разработката са използвани данни от тригодишен полски опит, за проучване поливния режим на градински фасул (сорт Страйк), проведен в опитното поле на Аграрен университет – Пловдив през периода 2010 – 2012 година върху алувиално-ливадна почва. Опитът е залаган по блоковия метод в четири повторения, като за целта на тази разработка са използвани данните от следните варианти: 1) без напояване; 2) оптимално напояване (предполивна влажност 80% от ППВ в слоя 0 - 40 cm); 3) напояване с 30% редуциране на поливните норми; 4) напояване със 70% редуциране на поливните норми.

Измерването на температурата с инфрачервен термометър е безконтактно. Същият отчита топлинното излъчване от предметите. Това го прави удобен за измерване на температурата на листата на растенията, а при слят посев – температурата на посева. Съвременните инфрачервени термометри притежават характеристики, позволяващи измерване без предварително калибриране, като преди да се покаже стойността на дисплея, уредът прави няколко измервания и показва средна стойност от измерванията за период от 2-3 секунди (E. J. Salder, 2002). Най-точни резултати се получават, когато измерването на температурата на посева се прави по средата на деня, върху добре огрята от слънцето листна повърхност (R. T. Peters & St. R. Evett, 2004). За да се получи по-голяма повърхност (площ) на измерване препоръчва се уредът да се насочи под  $45^{\circ}$  спрямо измерваната повърхност и разстояние от измерваната повърхност около 1m.

За условията на експеримента, измерванията с ИЧТ са правени през интервал от 1 – 3 дни около 14 часа, като паралелно с това е отчитана температурата на въздуха (измерена на сянка). Правени са по пет последователни измервания при всички варианти на опита и от всяко повторение (т.е. всички опитни парцели). Тъй като фасулът дори и при максималното си развитие не покрива напълно почвената повърхност, измерванията са правени от разстояние 20 – 30 cm върху пряко огрети от слънцето листа. Осреднените от всеки вариант стойности се умножават с т.нар. емисионен коефициент, който според упътването на производителя на уреда има стойност 0,9 за условията на изследването. Стойностите на  $dT$  ( $^{\circ}C$ ) представляват разликата между температурата на листата ( $T_c$ ) и температурата на околната среда ( $T_a$ ):

$$dT = (T_c - T_a)$$

За да се потърси зависимост между стойностите на  $dT$  и влажността на почвата, в деня на вземане на почвени проби, около мястото на всяка от пробите са правени паралелни измервания с ИЧТ. Данните използвани в разработката включват периода от 1 юни до края на беритбите през всяка една от годините.

### Резултати и обсъждане

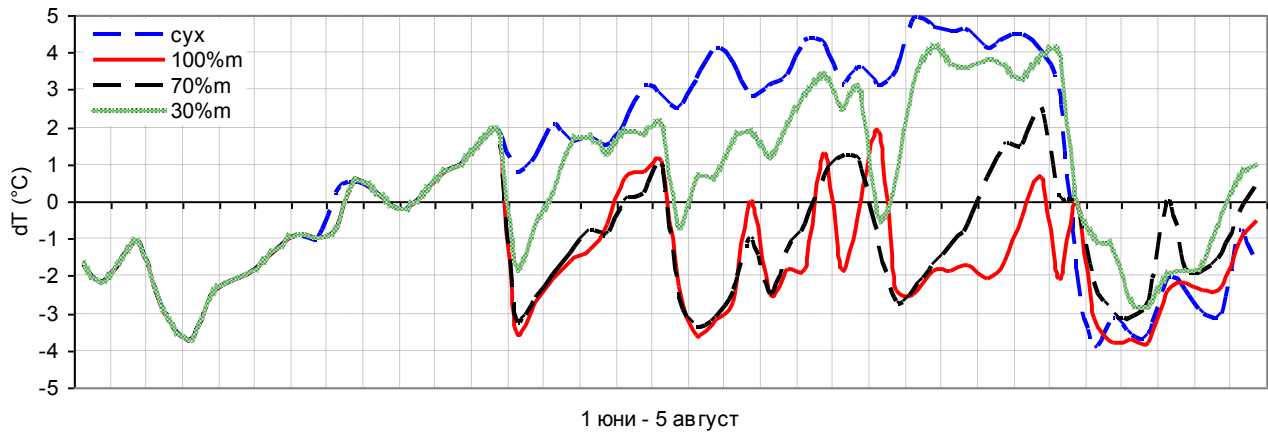
Специфичното при нискостъблените сортове градински фасул е, че се наблюдава засилено влияние както на високата температура на почвата, така и на оазисния ефект (след валежи и напояване) върху температурата на листата. Това влияние е наблюдавано и през трите опитни години, които се различават съществено по отношение на основните метеорологични показатели (таблица 1).

Таблица 1. Метеорологични фактори за периода V – VII за района на Пловдив  
Table 1. Meteorological factors for V – VII period for region of Plovdiv

фактор/factor		средно за 101 години average for 101 years	2010	2011	2012
$\Sigma N$	mm	170.2 mm	197.8	96.9	205.6
	P %		24.8	89.2	23.5
$\Sigma T^{\circ}$	$^{\circ}C$	1910 $^{\circ}C$	1960	1993	2089
	P %		30.4	21.6	4.9
* $\Sigma N$ – валежи/precipitations; $\Sigma T^{\circ}$ – температура/temperature; P% – обезпеченост/probability					

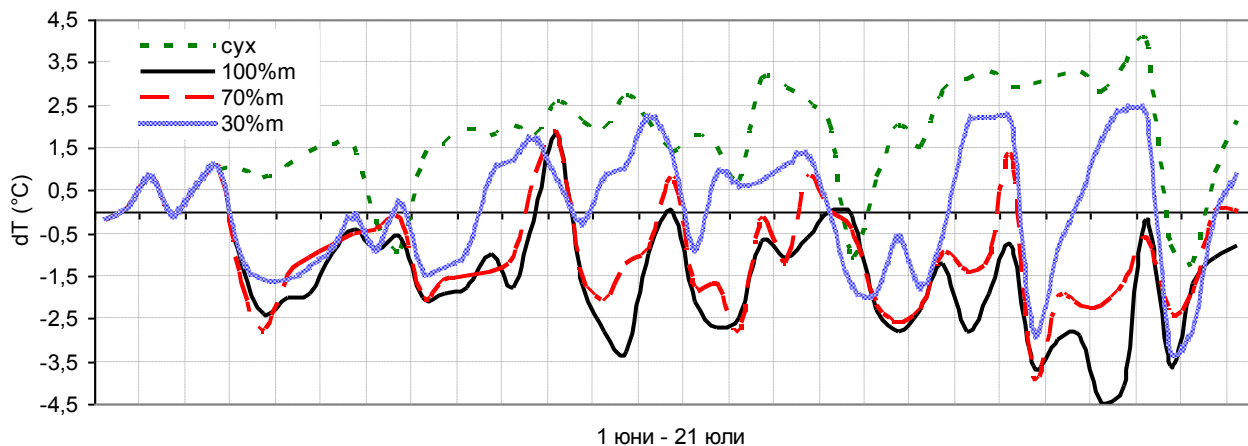
Резултатите от експеримента по категоричен начин доказват, че оптимален поливен режим за градинския фасул е този, при който през целия вегетационен период не се допуска спадане на почвената влажност под 80% от ППВ за слоя 0 – 40cm. Поради това влиянието на различните поливни режими върху стойностите на  $dT^{\circ}$  е сравнено именно с получените при този вариант 2, като и с тези при ненапоявания фасул.

На фигурите 1, 2 и 3 е изобразено изменението на стойностите на  $dT^{\circ}$  при неполивни условия, при оптимално напояване и при напояване с намалени поливни норми.

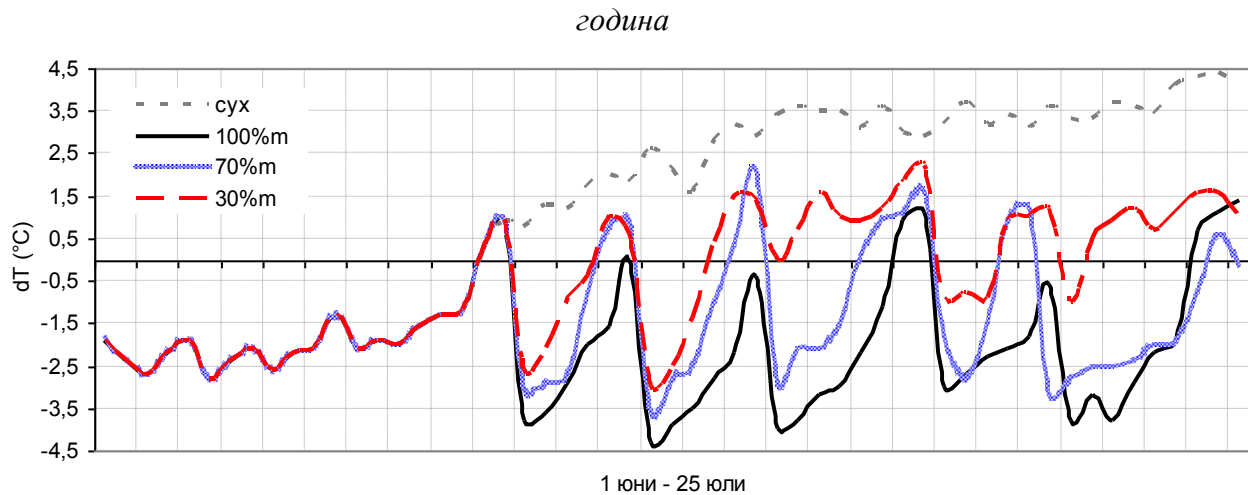


Фиг. 1. Динамика на стойностите на  $dT^{\circ}$  в зависимост от поливната норма през 2010 година

Както е отбелязано в методиката, поливките при вариантите 2, 3 и 4 са подавани в един и същ ден, като разликата между тях е размера на поливната норма. Според графиките, всяка поливка, независимо от нормата, понижава температурата на листата на градинския фасул под тази на околната среда. Размерът на поливната норма оказва влияние върху конкретните стойности на  $dT^{\circ}$  и върху времето, през което същите остават отрицателни. Така например, при най-малката норма (30%m) се навлажнява повърхностния почвен слой, в резултат на което  $dT^{\circ}$  не превишава минус 2.5 – 3.0°C, като отрицателните стойности се задържат за не повече от два дни. След това, при липса на валежи през междуполивния период, температурата на листата се повишава и  $dT^{\circ}$  приема положителни стойности (от +1,5 до +2,5°C), като много рядко се доближава до установените при неполивния вариант. Тук е налице и отрицателното влияние на натрупвания се с времето воден дефицит. При напояване с норма, редуцирана с 30%, навлажненият почвен пласт обикновено има дебелина около 40 cm, което създава благоприятен водно-въздушен режим за по-дълго време и обхващащ почти цялата коренова система на растенията. При тези условия  $dT^{\circ}$  запазва по-дълго време отрицателните си стойности (3 – 5 дни) за сметка на продължителността на периодите с положителни стойности. Както се вижда на графиките, динамиката на  $dT^{\circ}$  се доближава съществено до тази при оптимално напояване дори през най-екстремната от трите опитни години (2012).



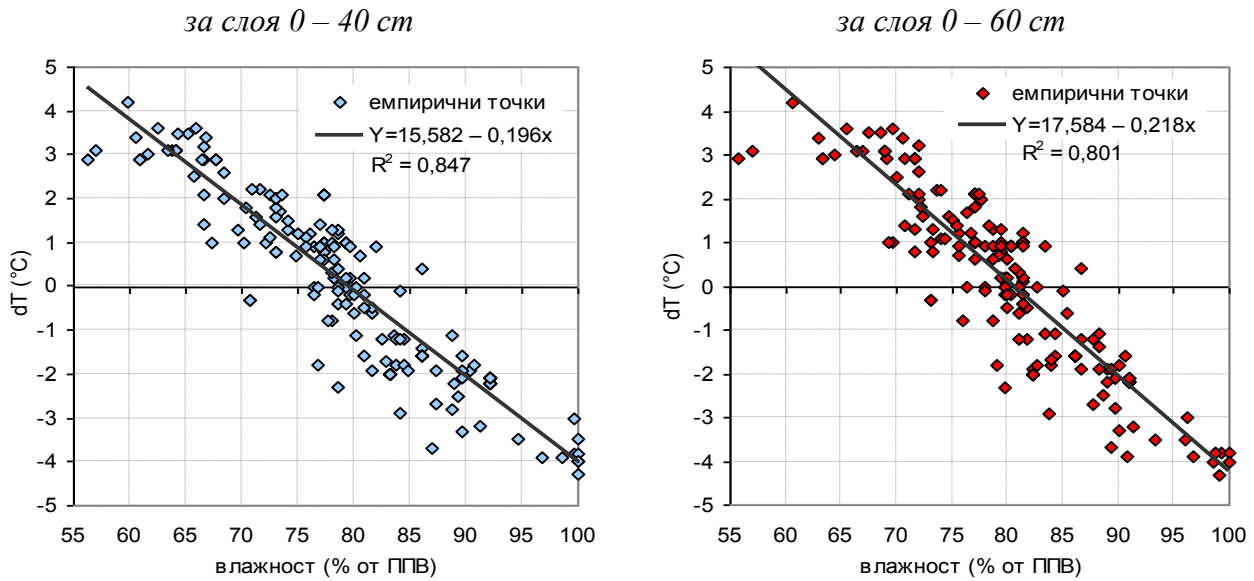
Фиг. 2. Динамика на стойностите на  $dT^{\circ}$  в зависимост от поливната норма през 2011



Фиг.3. Динамика на стойностите на  $dT^{\circ}$  в зависимост от поливната норма през 2012 година

От направения анализ на резултатите става ясно, че с промяна на почвената влажност, се променят и стойностите на  $dT^{\circ}$ , което дава основание да се потърси конкретна зависимост между тях. От практическа гледна точка интерес представлява на първо място възможността да се изчисляват стойностите на  $dT^{\circ}$  при зададена почвена влажност (в % от ППВ), след което при конкретни измервания с ИЧТ да може да се определя с достатъчна точност влажността в активния почвен слой на културата. По същия начин може да се установи връзката между  $dT^{\circ}$  и водния запас на почвата. За условията на настоящата работа тези зависимости са представени за слоя 0 – 40 cm (съобразно влажността, при която се насрочват поливките) и 0 – 60 cm (определен като активен почвен слой).

На фиг.4 са нанесени емпиричните точки, въз основа на които е определена зависимостта. Данните са събирани конкретно за тази цел, като при всяко вземане на проби за определяне на почвената влажност, до мястото на пробата през същия ден е измервана температурата на листата на растенията. При така определената координатна система, по данни за почвената влажност (представена като % от ППВ) могат да се изчислят стойностите на  $dT^{\circ}$ . Както се вижда на двете графики, връзката е линейна и при много високи стойности на коефициента на детерминация ( $R^2 > 0,8$ ). По-тъсна е обаче зависимостта между  $dT^{\circ}$  и влажността на почвата в слоя 0 – 40 cm, което дава основание да се счита, че критерият, по който е определяно времето за напояване в рамките на настоящия експеримент, е правилен.



фиг.4. Линејна зависимост меѓу почвената влагност (в % от ППВ) и стойностите на  $dT^{\circ}$  при налични данни за влагноста

Според изведените уравнения, температурата на листата на градинскиот фасул би требало да се изравни со тази на околната среда ( $dT^{\circ} = 0$ ), кога то влагноста во слој 0 – 40 см е 79,5% от ППВ, а во слој 0 – 60 см – малко над 80,5% от ППВ.

### Изводи

Инфрачервениот термометар може успешно да се използва за прогнозирање напоявањето при градинскиот фасул, посредством стойностите на  $dT^{\circ}$ . Установена е линејна зависимост при  $R^2 > 0,8$ , според која температурата на посева се изравнява со тази на околната среда ( $dT^{\circ} = 0$ ), кога то влагноста на почвата во слој 0 – 40 см е 79,5% от ППВ, а во слој 0 – 60 см – 80,5% от ППВ.

При неполивни услови и липса на валежи, стойностите на  $dt$  достигнуваат до  $+5^{\circ}\text{C}$ , а во условјата на оптимално напоявање (предполивна влагност 80% от ППВ) стойностите намалуваат и се отрицателни. За условјата на опита те достигнуваат до околу  $-4,5^{\circ}\text{C}$  и не надвишаваат  $0^{\circ}\text{C}$ . Напоявањето со 70% редуција на поливните норми понижува стойностите на  $dT^{\circ}$  до минус 2,5 –  $3,0^{\circ}\text{C}$ , како отрицателните стойности при липса на валежи се задржат за не повеќе от два дни. При напоявање со по-малка редуција на поливните норми (30%)  $dT^{\circ}$  запазува отрицателните си стойности до 5 дни.

### Литература

1. Киркова, Ы., 2003. Ефективност на използване на водата при различни поливни режими на културите. Хабилизационен труд, НЦАН - Софија.
2. Стоименов, Г., 2001. Оценка и управление на водниот режим на растенијата со електронни уреди за преодолување на водниот стрес. Автореферат.
3. Bascur, G., M. Oliva, D. Laing, 1985. Termometria infrarroja en seleccion de genotipos de frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.) resistentes a la sequia. I. Bases fisiologicas, Turrialba, 35 (1), 43 – 47.
4. Berliner, P. 1984. Evaluation of the infrared thermometer as a crop stress detector. Agricultural and Forest meteorology, 31, 219- 230.

5. Bonano, A.R., H.J. Mack, 1983. Use of canopy-air temperature differentials as a method for scheduling irrigations in snap beans. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 108, (5), 826 – 831.
6. Carlson, T.N., 1984. *Agronomy. Journal*, 76, 972-978
7. Coulson, C.L., 1988. Instrument-based distortions of leaf/air temperature differences and interpretations of bean drought stress resistance. *Tropical Agriculture, UK*, 65 (4), 352 – 354.
8. Erdem, Y., S. Sehirali, T. Erdem, D. Kenar, 2006. Determination of crop water stress index for irrigation scheduling of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Turkish Journal Of Agriculture And Forestry*, 30, (3), 195 – 202.
9. Estes, J., 1977. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 43 (10): 1273-1281.
10. Gutwein, B.J., 1986. ASAE Paper № 86-2004, St. Joseph, MI: ASAE.
11. Helyes, L., Gy. Varga, K. Termeloszov, 1992. Regulation and timing of green bean irrigation with the aid of infrared remote thermometers. *Kertgazdasag*, 0133-3410, v.24(6), p. 33-39.
12. Hiller, E.A., R.N. Clark, 1973. Plant measurements as indicators of crop water deficit. *Crop Sci.*, 13, 466-469.
13. Köksal, E., S. Kodal, H. Üstün, Y. Yildirim, 2010. Estimation of dwarf green bean water use under semi-arid climate conditions through ground-based remote sensing techniques. *Agricultural Water Management*, 98(2): 353 – 360.
14. Lima Filho, J.M.P., 1983. Temperatura foliar de genótipos de feijão sob duas condições de umidade de solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 18, (7), 703 – 706.
15. Lobo, Francisco de Almeida, M.A. Oliva, M. Resende, N.F. Lopes, M. Maestri, 2004. Infrared thermometry to schedule irrigation of common bean. *Embrapa Informação Tecnológica Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol.39 №2.
16. Myhre, B., S. Shih, 1990. ASAE, v.33 (5), 1479-1486.
17. Peters, R. T., St. R. Evett, 2004. Complete Center Pivot Automation Using the Temperature-Time Threshold Method of Irrigation Scheduling. An ASAE/CSAE Annual International Meeting Presentation, Ottawa, Ontario, Canada, 1 - 4 August 2004, Paper Number: 042196, p.13.
18. Salder, E.J., C.R. Camp, D.E. Evans, J.A. Millen, 2002. Corn Canopy Temperatures Measured With a Moving Infrared Thermometer Array. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, vol. 45 (3): 581 - 591.
19. Schmugge, T.J., 1980. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 46(4):495-507.
20. Shih, S.F., D.S. Harrison, A. G. Smajstrla, F.S. Zazueta, 1986. Using infrared thermometry data in soil moisture estimation. ASAE Paper, № 86-2112. St. Joseph, MI: ASAE.