

Връзка между евапотранспирацията и показателите на растежа на оранжерийни домати, отглеждани при капково напояване и фертигация

Галина Патаманска*, Иванка Митова, Антоанета Гигова

ИПАЗР „Н. Пушкиarov”, София

E-mail*: patamanska_g@yahoo.com

Резюме

Целта на настоящето изследване е определяне на евапотранспирацията на оранжерийни домати в зависимост от показателите на растежа в периода на вегетативното им развитие. През 2019 г. е проведен експеримент с домати сорт „Big Beef F1“, засадени върху излужена канелена горска почва в оранжерия тунелен тип, отглеждани при капково напояване с мулчиране и фертигация. Доматите са отглеждани в условия на пълно (100% ETc (евапотранспирация)) и редуцирано напояване (60% ETc) при различни норми на торене (0, 80% NPK, 100% NPK, 120% NPK). Евапотранспирацията на домати се оценява по метода на ФАО-Пенман-Монтит с единичен коефициент на културата. Проследяван е растежът и развитието на доматиените растения. В ключова фаза – 6-8-мо съцветие са получени експериментални данни за някои биометрични показатели – височина, брой листа, брой съцветия, брой плодове. Използван е регресионен анализ за получаване на емпирични зависимости между евапотранспирацията и растежните показатели на домати. Резултатите от проведения регресионен анализ показват, че съществува линейна връзка между евапотранспирацията и височината, броя на листата и броя на съцветията на доматиените растения. Връзката между евапотранспирацията и броя плодове от едно растение е квадратична. Получените регресионни уравнения са статистически значими при 5% ниво на значимост.

Ключови думи: домати, капково напояване, евапотранспирация, оплождане, растежни показатели, оранжерия

Evapotranspiration - plant growth-relationship for greenhouse tomato cultivated under drip fertigation

Galina Patamanska* , Ivanka Mitova, Antoaneta Gigova

ISSAPP “N. Pushkarov”, Sofia

Corresponding author*: patamanska_g@yahoo.com

Citation: Patamanska, G., Mitova, I., & Gigova, A. (2021). Evapotranspiration - plant growth-relationship for greenhouse tomato cultivated under drip fertigation. *Bulgarian Journal of Soil Science, Agrochemistry and Ecology*, 55(2), 58-64.

Abstract

The present study aimed at deriving relationship between the evapotranspiration of greenhouse tomato and the growth parameters in the period of vegetative development. An experiment was conducted with tomato variety Big Beef F1, planted in Haplic Chromic Luvisol in a tunnel-type greenhouse, grown under drip irrigation with mulching and fertigation in 2019. Tomatoes were grown under conditions of full (100% ETc) and deficit irrigation (60% ETc) at various fertilization rates (0, 80% NPK, 100% NPK, 120% NPK). Daily evapotranspiration of tomato was estimated by the FAO-Penman-Montit method with single crop coefficient. The growth and development of tomato plants was monitored. In the key phase – 6-8th inflorescence, experimental data were obtained for some biometric parameters: plant height, number of leaves, number of inflorescences, number of fruits per plant. Regression analysis was used to obtain empirical relationships between evapotranspiration and tomato growth parameters. The results of the regression analysis showed that there was a linear relationship between evapotranspiration and height, number of leaves and number of inflorescences of tomato plants. The relationship between evapotranspiration and the number of fruits per plant was quadratic. The regression equations derived were statistically significant at 5% significance level.

Key words: tomato, drip irrigation, fertigation, evapotranspiration, biometric indicators, greenhouse

Въведение

Повишаването на продуктивността на зеленчуковите култури, отглеждани в оранжерия, при икономично използване на водата за напояване е основна цел при производството им. Напояването е основен фактор за доброто развитие на оранжерийните култури и за получаването на високи добиви с добро качество. Въпросът за ефективното действие на напоителната система е от особен интерес (Patamanska, 2020). В защитена среда, лошото управление на напояването може да попречи на производството (Oliveira et al., 2011). Правилната практика за напояване трябва да се основава на оценка на действителните нужди на земеделските култури от вода. Най-често евапотранспирацията на земеделските култури (ETc) за предшестваш период служи за оценка

на текущите нужди от вода за напояване. Тя е важен параметър за определяне на рационален график за напояване и за подобряване на ефективността на използване на водата (Qiu et al., 2019; Yuan et al., 2001).

За оранжерийно производство, съществуват различни методи за определяне на евапотранспирацията и по този начин на водопотреблението на земеделските култури, някои от които изискват измервания на множество метеорологични фактори и по-сложни изчисления (Doorenbos & Pruitt, 1977; Ortega-Farías et al., 1998; Valdés et al., 2004; Gong, 2020). Това насочва вниманието на някои изследователи към търсене на преки зависимости между някои лесно измерими показатели на растежа на културата и евапотранспирацията (Kirda, 1998). С помощта на регресионния анализ може да се установи видът и коефициентите

на търсените зависимости с високо ниво на достоверност.

Целта на настоящето изследване е да се разработят емпирични зависимости между евапотранспирацията и някои биометрични параметри на оранжерийни домати в периода на вегетативното им развитие.

Материали и методи

През 2019 г. беше проведен експеримент в неотопляема полиетиленова оранжерия с размери 7,9 x 53 m и обща площ 420 m² в опитното поле „Челопечене“ на ИПАЗР „Никола Пушкаров“. Опитното поле е с географски координати 42°44'22.8"N, 23°28'3.7"E и е част от Софийското поле, разположено на средна надморска височина 550 m. Климатът е умерено континентален със студена зима. Почвата е канелена горска, излужена и може да бъде определена като средно до силно водопрониклива със средна филтрационна способност. Обект на изследването са домати (*Solanum lycopersicum*) хибрид “Big Beef F1”. Проведеният експеримент е двуфакторен с фактори на опита – напояване и торене. Доматите са отглеждани при два режима на напояване: V1 – оптимално напояване с 100% поливна норма, определена по евапотранспирацията (ETc) и редуцирано напояване с 60% ETc поливна норма и четири нива на торене:

T0 – без торене,

T1 – субоптимално торене N_{8,95} P_{11,82} K_{13,87},

T2 – оптимално торене N_{11,59} P_{15,84} K_{17,74},

T3 – луксозно хранене N_{14,50} P_{20,13} K_{21,88}.

Изпитват се осем варианта: V₁T₀, V₁T₁, V₁T₂, V₁T₃, V₂T₀, V₂T₁, V₂T₂, V₂T₃.

Схемата на опита е по метода с дългите парцели. Големината на опитната парцела е 24 m² и се състои от два реда домати с общо 81 растения. Те са засадени шахматно на разстояние 0,6 m при разстояние между редовете 0,5 m. Поливането се осъществява със система за капково напояване, състояща се от команден възел и две батерии с по две поливни крила на леха, разположени до двата реда домати. Поливните крила са с вградени

през 60 cm капкообразуватели с дебит 1,5 l/h. Обемът на подаваната вода към батериите се контролира с водомери, монтирани на главните тръбопроводи. За допълнително намаляване на загубите от вода се прилага мулчиране. Използвано е черно полиетиленово мулчиращо фолио +UV 15 mic/1,20 m.

През есента е извършено запасяващо торене с 450 kg/ha P₂O₅ и 500 kg/ha K₂O. При засаждането на домати се извършва азотното подхранване с амониева селитра (450 kg/ha). По време на вегетационния период на домати едновременно с напояването, се внасят 100% разтворими във вода гелообразни торови комбинации, които съдържат макронутриенти (N, P, K) и микроелементи (Fe, Zn, Mn, Mg, B, Cu, Ca). За да се приложи точно торовата норма, е използван хидравличен инжектор за тор MixRite 2.5 и водомер.

Редуцирано напояване започва да се прилага от началото на формиране на плодовете.

Оптималната поливна норма за вариантите V₁T₀, V₁T₁, V₁T₂, V₁T₃ се определя по сумарната евапотранспирация на домати за периода между две поливки. За всеки ден от вегетационния период евапотранспирацията на домати се определя по формулата:

$$ET_c = k_c ETo \quad (1)$$

където ETo е еталонната евапотранспирация, mm/day, k_c е коефициент на културата.

Еталонната евапотранспирация се изчислява по формулата на Пенман-Монтит (Allen et al., 1998):

$$ETo = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma (900 / (T + 273)) u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)} \quad (2)$$

където ETo е еталонната евапотранспирация, mm/day, Δ е наклон на кривата на налягането на водните пари (kPa/°C); R_n - нетната радиация (MJ m⁻²/day); G – топлинният поток от почвата (MJ m²/day); γ – психрометрична константа (kPa/°C); T – среднодневната температура на въздуха (°C); u₂ – скорост на вятъра (m/s); e_s – среднодневното налягане на наситените

водни пари (kPa); e_a – действително налягане на водните пари (kPa).

Необходимите метеорологични параметри за изчисляването ѝ температура, относителната влажност на въздух и слънчевата радиация в оранжерията, се измерват с помощта на автоматична метеорологична станция, разположена в центъра на оранжерията. Метеорологичните данни се измерват с интервал 1 min и се записват като 30-минутна средна стойности в дата логер (HOBO USB Micro Data Logger, USA).

Коефициент на културата за съответния стадий на развитие на растенията се определя по подхода на FAO-56 на линейна крива за коефициента на културата K_c (Doorenbos & Pruitt, 1977; Allen et al., 1998), за която се счита, че дава достатъчно точно описание на линейния растеж и развитие на културите и като следствие на това коефициент на културата. В случая се използва подходът с единичен K_c , в който са усреднени ефектите на изпарението от повърхността на почвата. Линейната крива, с която се представя K_c , се конструира на базата на три стойности – за началния период на развитие на растенията от засаждане до оформяне на 10% листна маса $K_c = 0,6$, за средния сезон $K_c = 1,19$ и късния сезон $K_c = 0,85$, които се използват в настоящото изследване, избрани според FAO-56. Коефициентът на културата K_c по варианти е различен, тъй като е пряко зависим от вегетативното развитие на растенията, респективно развитието на листния им апарат, които са подложени на напояване и торене с различни нива.

Биометричните показатели са отчитани в сутрешни часове - между 7:00 и 9:00 часа, като от всяко повторение на варианта (4 повторения) са взети за анализ по 5 последователно засадени растения.

Получените експериментални данни са обработени със статистическия пакет SPSS 21.0 с помощта на дисперсионен анализ. За установяване на съществени разлики между вариантите е използван тест на Дънкан при ниво на значимост $p < 0,05$.

За получаване на емпирични зависимости между евапотранспирацията и растежните

показатели на доматените растения (височина, брой листа, брой съцветия, брой плодове на едно растение) е приложен регресионен анализ. За установяване на връзката между биометричните параметри и евапотранспирацията на доматите бяха търсени уравнения от вида:

$$ET_c = a_1 + a_2 \cdot PAR + a_3 \cdot PAR^2 \quad (3)$$

където a_1 , a_2 и a_3 са регресионни коефициенти, PAR е растежен показател.

Резултати и обсъждане

Измерените средни стойности на биометричните параметри в ключова фаза 6-8-мо съцветие са показани в таблица 1. Извършен е дисперсионен анализ за оценка на влиянието на всеки един фактор по отделно – напояване и торене при ниво на значимост $p < 0,05$, който показва, че напояването е статистически значимо само по отношение на височината на доматените растения и броя листа. Не се доказва статистически значимо влияние на напояването по отношение на брой съцветия и брой плодове, както и на торенето върху параметрите на растежа на доматените растения. При провеждане на тест на Дънкан за определяне на влиянието на фактора торене на броя съцветия на доматените растения, вариантите се разделят на две хомогенни групи, като вариантите с прилагане на 80% NPK и 120% NPK, се различават значително статистически и от тези без фертигация и с оптимално торене. Тест на Дънкан е проведен и за другите биометрични параметри, при които вариантите се подреждаха в една хомогенна група и не се доказаха статистически разлики.

С помощта на регресионен анализ са получени регресионни уравнения между евапотранспирацията и височината, броя на листата, броя на съцветията на доматените растения и броя плодове на едно растение. Той е приложен към осреднената за 10-дневен интервал стойност на евапотранспирация на доматите по варианти (таблица 1). В таблица 2 са показани коефициентите на корелация на получените регресионни уравнения. Апроксимиращите

Таблица 1. Измерени средни стойности на биометричните параметри и евапотранспирацията на доматиите по варианти във фаза 6 - 8^{мо} съцветие

Table 1. Measured average values of the growth parameters and evapotranspiration of tomato by treatment in growth stage 6-8th inflorescence

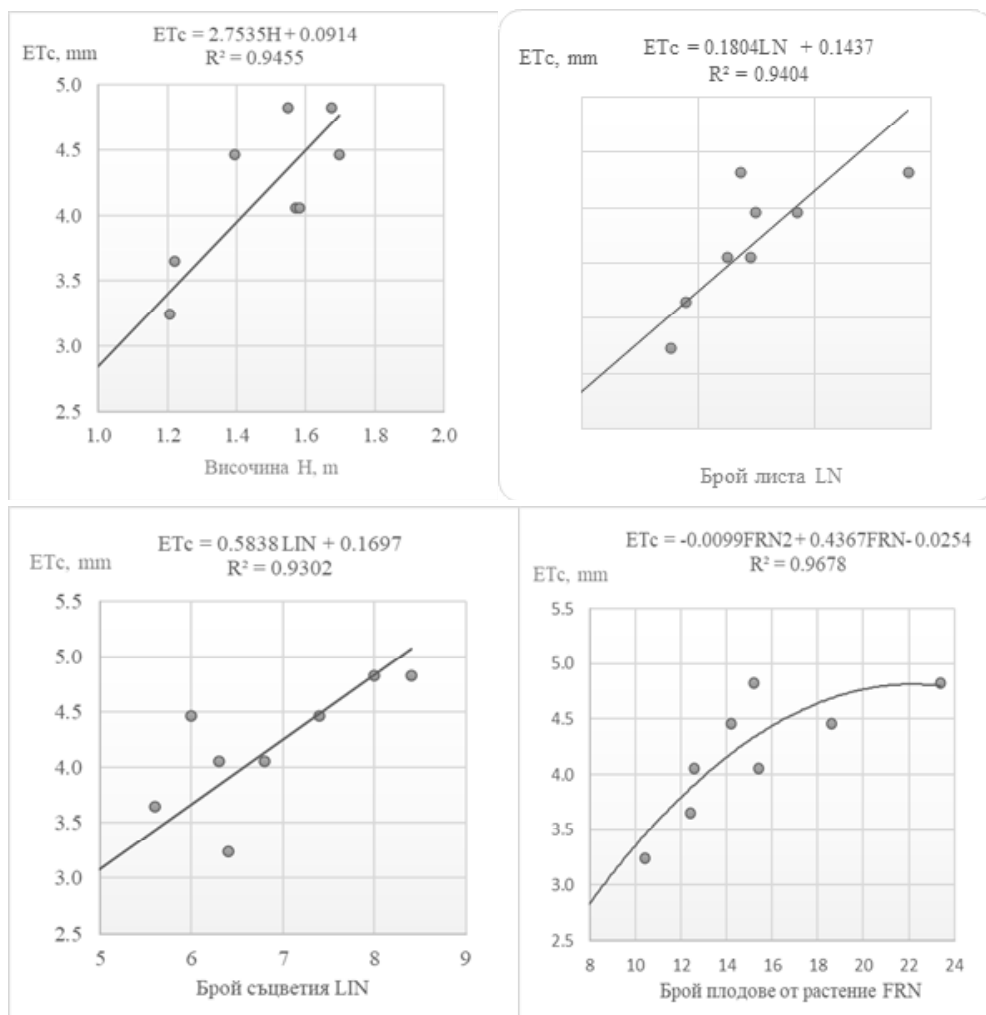
| Вариант/ Treatment | Височина на растение/Plant height m | Брой листа/ Leaf Number | Брой съцветия/ Number of inflo- rescences | Брой плодове от растение/ Fruit Number per plant | Евапотранспирация на доматиите/Tomato evapotranspiration, mm 10day ⁻¹ |
|-------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| V ₁ T ₀ | 1,572 | 21,2 | 6,8 ab | 12,6 | 4,06 |
| V ₁ T ₁ | 1,582 | 22,2 | 6,3 a | 15,4 | 4,06 |
| V ₁ T ₂ | 1,698 | 24,2 | 7,4 ab | 18,6 | 4,46 |
| V ₁ T ₃ | 1,675 | 29,0 | 8,4 b | 23,4 | 4,83 |
| V ₂ T ₀ | 1,206 | 18,8 | 6,4 ab | 10,4 | 3,24 |
| V ₂ T ₁ | 1,22 | 19,4 | 5,6 a | 12,4 | 3,65 |
| V ₂ T ₂ | 1,394 | 22,4 | 6 ab | 14,2 | 4,46 |
| V ₂ T ₃ | 1,549 | 21,8 | 8 b | 15,2 | 4,83 |
| V | * | * | ns | ns | |
| T | ns | ns | ns | ns | |

* показва ниво на значимост $p < 0,05$, ns означава никаква значимост. Стойностите в графа брой съцветия, последвани от една и същата малка буква, не са значително различни ($p < 0,05$)

Таблица 2. Регресионни коефициенти (a_1 , a_2 , a_3) и коефициент на корелация (R) на уравнение 3 за различните показатели за растеж

Table 2. Regression coefficients (a_1 , a_2 , a_3) and correlation coefficient (R) of the Eq. 3 for various growth parameters

| Показатели/Indicators | Коефициенти/Coefficients | a_1 | a_2 | a_3 | R |
|----------------------------------------|--------------------------|--------|--------|--------|-------|
| Височина/Plant Height | H | 0,0914 | 2,7535 | | 0,972 |
| Брой листа/Leaf Number | LN | 0,1437 | 0,1804 | | 0,97 |
| Брой съцветия/Number of inflorescences | FIN | 1,17 | 0,584 | | 0,964 |
| Брой плодове /Fruit Number | FRN | -0,254 | 0,4367 | -0,099 | 0,984 |



Фиг. 1. Зависимости между евапотранспирацията и височината, броя на листата, броя на съцветията броя на плодовете на доматиеното растение

Fig. 1. Dependencies between evapotranspiration and height, number of leaves, number of inflorescences, number of fruits of the tomato plant

криви, техните уравнения и коефициент на детерминация са представени графически на фигура 1.

Резултатите от проведения регресионен анализ показват, че съществува линейна връзка между евапотранспирацията и височината, броя на листата и броя на съцветията на доматиеното растение. Връзката е квадратична между евапотранспирацията и броя плодове от едно растение. Корелацията е положителна и висока по степен ($R=0,964-0,984$).

Получените корелационни зависимости са статистически значими с ниво на значимост

$p < 0,05$. Ъгловите коефициенти на трите линейни регресионни модели и коефициентите пред независимата променлива в квадратичния модел са също статистически значими при същото ниво на значимост. Нивото на значимост на моделите и коефициентите им ($p = 5\%$) показва, че получените регресионните модели добре съответстват на експерименталните данни.

Заклучение

Получените регресионни модели за евапотранспирацията във функция от

показателите на растежа на оранжерийни домати в ключова фаза от вегетативното им развитие са статистически значими с ниво на значимост $p=0,05$.

Коефициентите на корелация R имат високи стойности, което показва, че е направен правилен избор на структурата на емпиричните модели и избраните растежни показатели са фактори, значително влияещи на евапотранспирацията на доматените растения.

Познаването на връзката между евапотранспирацията и показателите на растежа на оранжерийните култури може да послужи в практиката за провеждането на подходящи и навременни агротехнически мероприятия по време на вегетативното развитие на растенията.

Благодарности

Настоящата разработка се основава на изследвания, финансирани от Фонд “Научни изследвания” на Министерството на образованието и науката по двустранно сътрудничество между България и Китай, на тема: „Сравнение на качеството на почвата при оранжерийно отглеждане за устойчиво земеделие в Китай и България“ (Номер на проекта КП-06-Китай/1).

Литература

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration—Guidelines for computing crop water requirements—FAO Irrigation and drainage paper 56. *Fao, Rome, 300(9)*, D05109.

Doorenbos, A. J., & Pruitt, W.O. (1977). Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper 24. FAO, Rome.

Gong, X., Wang, S., Xu, C., Zhang, H., & Ge, J. (2020). Evaluation of several reference evapotranspiration models and determination of crop water requirement for tomato in a solar greenhouse. *HortiScience, 55(2)*, 244-250.

Kırda, C., Baytorun, N. & Çetin, M. (1998). Evapotranspiration Measurement of Greenhouse Grown Tomato, Melon and Cucumber. M. Şefik Yeşilsoy *International Symposium on Arid Region Soils (YISARS)*, International Agrohydrology Research and Training Center, 21-24 September, Menemen, İzmir, Turkey, p 73-78.

Oliveira, E. C., Carvalho, J. D. A., Silva, W. G. D., Rezende, F. C., & Almeida, W. F. D. (2011). Effects of water deficit in two phenological stages on production of japanese cucumber cultivated in greenhouse. *Engenharia Agrícola, 31(4)*, 676-686.

Ortega-Farías, S., Acevedo, C., & Fuentes, S. (1998). Estimation of Tomato Evapotranspiration by the Penman-Monteith Method. In *23rd Conference on Agricultural and Forest Meteorology*, p 136-138.

Patamanska, G., Mitova, I., Miteva, D., & Gigova, A. (2020). Yield and fruit quality of greenhouse tomato in response to different level of irrigation and fertilization. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 23(1)*, 197-208.

Qiu, R. J., Liu, C.W., Cui, N.B., Wu, Y. J., Wang, Z.C., & Li, G. (2019). Evapotranspiration estimation using a modified Priestley-Taylor model in a rice-wheat rotation system. *Agr. Water Mgt. 224*, 105755.

Valdés, H., Ortega-Farías, S., Argote, M., Leyton, B., Oliosio, A., & Paillán, H. (2003, September). Estimation of evapotranspiration over a greenhouse tomato crop using the Penman-Monteith equation. In *IV International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops 664*, p 477-482.

Yuan, B. Z., Kang, Y., & Nishiyama, S. (2001). Drip irrigation scheduling for tomatoes in unheated greenhouses. *Irrigation Science, 20(3)*, 149-154.