

EXTENDED ABSTRACT

Effects of soil covered by hydrophobic Zycosil on single and dual crop coefficient of pepper (*Capsicum annuum* L.)

N. Nourmahnad

Assistant professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, PO Box 19395-3697
Tehran, Iran. (Negar_Nourmahnad@yahoo.com).

Received: 29 December 2017

Revised: 26 June 2018

Accepted: 30 June 2018

Keywords: Evapotranspiration, Single crop coefficient, Water requirement, Growing period.

DOI: 10.22055/jise.2018.24667.1731.

Introduction

Prediction of plant water consumption in each growth stage plays an important role in soil and water resources management and proper irrigation scheduling. The aim of this study was to determine the amount of water requirement and crop coefficient of pepper in terms of soil coverage with different amounts of Zycosil. This paper used the Kc procedure of FAO No. 56 (Allen et al. 1998) to obtain single and dual crop coefficients of sweet pepper. The dual crop coefficient approach is more complicated and requires more numerical calculations than the single crop coefficient approach. The single crop coefficient is defined as the ratio of ET from crop to some reference ET as defined by weather data. The dual crop coefficient has two fractions, one for crop transpiration, i.e., the basal crop coefficient (K_{cb}), and one for soil evaporation (K_e). Basal crop coefficients, K_{cb} , represent primarily the transpiration component of ET and a small evaporation component from soil that is visibly dry at the surface.

Methodology

Experimental treatments included 25, 50 and 75% of soil surface covered by Zycosil (ZY25, ZY50 and ZY75), which were compared with control (Ctrl). These treatments were used to investigate their effects on water evaporation and single and dual crop coefficient of sweet pepper in Isfahan.

Single crop coefficient

The crop evapotranspiration (ET_c) is calculated by multiplying the reference crop evapotranspiration (ET_o) by a crop coefficient (K_c). In this way, evapotranspiration was measured daily by means of micro-lysimeter. The reference ET_o is defined and calculated using the FAO Penman-Monteith equation,

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (1)$$

where ET_c is crop evapotranspiration (mm d^{-1}), K_c is crop coefficient (dimensionless), and ET_o is reference crop evapotranspiration (mm d^{-1}).

Dual crop coefficient

In the dual crop coefficient approach, the effects of crop transpiration and soil evaporation are

determined separately. Equation (2) can be used:

$$K_c = K_{cb} + K_e \quad (2)$$

The basal crop coefficient (K_{cb}) was determined in three stages (initial stage, mid-season stage and end of the growth stage) according to procedure FAO No. 56 (Allen et al. 2005). The soil evaporation coefficient (K_e) describes the evaporation component of ET_c . Where the topsoil is wet, K_e is maximal. Where the soil surface is dry, K_e is small and even zero when no water remains near the soil surface for evaporation.

Results and Discussion

Based on the results obtained, the maximum evapotranspiration of pepper was observed in Ctrl. The control treatment proved the maximum amount of water requirement. The lowest water requirement (681.4 mm) was observed in ZY75 during this period. The lowest amount of crop coefficient amount in all treatments was seen at the beginning of growth and the highest in the mid-season stage. Comparison of treatments indicated that control treatment had the highest crop coefficient while ZY75 treatments had the lowest amount of crop coefficient at all stages of growth. In the case of Zycosil covering, the amount of crop coefficient decreased by increasing the Zycosil level. To be more precise, the amount of crop coefficient for ZY75 in the initial and development stages was about 60%, and in the middle and end of stages was reduced by 70% and 87%, respectively.

After the planting and in the initiation of new leaves for perennials the crop coefficient (K_{mi}) is small. This value was 0.33, 0.3, 0.27 and 0.2 in ctrl, Zy25, Zy50 and ZY75, respectively. The K_c begins to increase from the initial K_c value and reaches a maximum value ($K_{c\ mid}$) at the time of maximum or near maximum plant development. This value was 0.86, 0.82, 0.7 and 0.61 in ctrl, Zy25, Zy50 and ZY75, respectively. During the late season period, as leaves begin to grow old and senesce, the K_c begins to decrease until it reaches a lower value at the end of the growing period equal to K_c .

The largest difference between K_c and K_{cb} was found in the initial growth stage where evapotranspiration was predominantly in the form of soil evaporation and crop transpiration was small. Because crop canopies are near or at full ground cover during the mid-season stage, soil evaporation beneath the canopy has less effect on crop evapotranspiration and the value for K_{cb} in the mid-season stage will be approximately equal to K_c . The basal crop coefficient during the mid-season was 0.05-0.10 lower than the K_c value. By adding Zycosil to the soil surface, the difference between K_c and K_{cb} decreased at the beginning of the growth period compared to the control treatment. The maximum evaporation coefficient of K_e in Ctrl, ZY25, ZY50 and ZY75 was 1.53, 1.26, 0.88 and 0.46, respectively.

Conclusion

Soil covered by Zycosil reduces the crop coefficient and evapotranspiration. Also, Ctrl treatment showed the highest crop coefficient in all stages of growth. ZY75 treatment had the lowest crop coefficient. Single crop coefficient and number of days after planting followed a specific trend in all treatments so that in the initial growth stage K_c was small but increased with the approach to the middle period and finally decreased again. This relationship was obtained in the form of quadratic polynomial equation in all treatments.

At the beginning of the growth stage, in all treatments the basal crop coefficient and the dual crop coefficient had the highest difference, and this difference (differences in K_{cb} and K_c) decreased by adding Zycosil to the soil surface from about one to about 0.2.

Acknowledgment

Thanks to Payam Noor University for financial and spiritual support of this research.

References

- 1- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. *FAO, Rome*, 300(9), p. D05109.
- 2- Allen, R.G., Pereira, L.S., Smith, M., Raes, D. and Wright, J.L., 2005. FAO-56 dual crop coefficient method for estimating evaporation from soil and application extensions. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 131(1), pp.2-13.



© 2020 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



اثر پوشش سطح خاک با ماده آب‌گریز زایکوسیل بر ضرایب گیاهی یک جزیی و دو جزیی فلفل قلمی

نگار نورمهناد

استادیار، گروه کشاورزی دانشگاه پیام‌نور، صندوق پستی ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵ تهران، ایران. Negar_Nourmahnad@yahoo.com

پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۹

بازنگری: ۱۳۹۷/۴/۵

دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۸

چکیده

آگاهی از میزان آب مصرفی گیاه در دوره‌های مختلف رشد نقش مهمی در مدیریت منابع آب و برنامه‌ریزی آبیاری دارد. هدف از این پژوهش تعیین ضریب گیاهی یک جزیی و دو جزیی فلفل و میزان نیاز آبی آن در شرایط پوشش سطح خاک با درصد‌های مختلف زایکوسیل می‌باشد. تیمارهای آزمایشی شامل پوشش ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد از سطح خاک توسط ماده زایکوسیل (ZY25، ZY50 و ZY75) بود که با تیمار شاهد (Ctrl- بدون پوشش) مقایسه شدند. بر اساس نتایج به‌دست آمده بیشترین نیاز آبی در تیمار شاهد ۹۸۵/۶۸ میلی‌متر و پس از آن در تیمار ZY25 و ZY50 به ترتیب ۹۰۹/۱ و ۷۸۱/۱ میلی‌متر به‌دست آمد. تیمار ZY75 کمترین نیاز آبی (۶۸۱/۴ میلی‌متر) را در طول دوره به خود اختصاص داد. مقایسه ضرایب گیاهی نشان داد تیمار بدون پوشش، بیشترین و تیمار ZY75 کمترین مقدار ضریب گیاهی منفرد و دو جزیی را در تمامی مراحل رشد داشت. ضریب گیاهی پایه (K_{cb}) به‌ترتیب در تیمار شاهد، ZY25، ZY50 و ZY75 از مقدار حداقل ۰/۱۳۵، ۰/۱۲ و ۰/۱۰۵ در ابتدای دوره به ۱/۴۳، ۱/۳ و ۱/۱۵ و ۱/۰۱ در دوره میانی تغییر یافت. بیشترین تفاوت بین K_c و K_{cb} در مرحله ابتدایی رشد مشاهده شد. در مرحله میانی مقدار K_c و K_{cb} به یکدیگر نزدیک می‌شود. مقدار نوسانات ضریب تبخیر (K_e) در طول دوره رشد در تیمار شاهد بیشتر و در تیمار ZY75 کمتر (منحنی هموارتر) بود. زیرا افزودن زایکوسیل تا حد زیادی تبخیر از خاک را کنترل و آن را کاهش می‌دهد. برعکس نوسانات ضریب گیاهی دو جزیی ($K_{cb}+K_e$) در تیمار شاهد کمتر و در تیمار ZY75 بیشتر بود.

کلید واژه‌ها: تبخیرتقرق، ضریب گیاهی منفرد، دوره رشد، نیاز آبی.

مقدمه

طول دوره ۱۰۰ روز ۱/۰۳ و در مرحله پایانی با طول دوره ۴۵ روز ۰/۷۵ به‌دست آمد.

Orgaz et al. (2005) مقدار ضریب گیاهی فلفل را در مرحله ابتدایی رشد ۰/۲ و در مرحله میانی ۱/۳ و در مرحله پایانی رشد، ۰/۹ تعیین کردند. علت تغییرات اندک در این اعداد آن است که در برخی موارد به علت هم‌پوشانی نزدیک مراحل رشد گیاه، مراحل چهارگانه رشد به مراحل سه‌گانه تبدیل می‌شود و در آن مرحله رشد و توسعه در مراحل ابتدایی و میانی تلفیق می‌گردد و بنابراین گاه اعداد اندکی با هم متفاوت هستند. در صورتی که مرحله رشد و توسعه از بقیه مراحل رشد تفکیک گردد، اعداد به‌یکدیگر نزدیک‌تر می‌شوند (Abedi Koupaei et al., 2012).

در منطقه شمال برزیل Miranda et al. (2006) مقدار K_c روزانه و ضریب گیاهی را برای فلفل با استفاده از معادله پنمن و لایسیمتر وزنی به‌دست آوردند. در این مطالعه K_0 را از معادله پنمن ماتیت - فائو به‌دست آوردند. مقدار ET_c در طول مدت رشد گیاه، برابر ۸۸۸ میلی‌متر با حداکثر روزانه ۵/۶ میلی‌متر در روز به‌دست آمد. همچنین مقدار K_c را در دو مرحله گل‌دهی و میوه‌دهی برآورد نمودند. مقدار ضریب گیاهی در دوره برداشت گل در مراحل ابتدایی، میانی و

موسسه بین‌المللی مدیریت آب پیش‌بینی وضعیت آبی ۴۵ کشور جهان در سال ۲۰۲۵ را مورد ارزیابی قرار داده است، که براساس تقسیم بندی این موسسه ایران جزو کشورهایی است که در سال ۲۰۲۵ با کمبود فیزیکی آب مواجه خواهند شد (Ansari et al., 2010). بنابراین باید برای تمامی منابع آب موجود اعم از منابع آب شیرین و غیرشیرین ارزش و اهمیت بیشتری قایل شد. به‌خصوص در بخش کشاورزی که بخش عمده مصارف کشور را به خود اختصاص می‌دهد. از سوی دیگر تخمین نیاز آبی گیاه در طرح‌های آبیاری و زهکشی جهت اعمال برنامه‌ریزی آبیاری مناسب و به‌عنوان یکی از اجزای مهم چرخه هیدرولوژی جهت مصرف بهینه منابع آب ضروری می‌باشد (Shrestha and Shukla, 2014., Ghamarnia and Golkar Hamzei Yazd et al., Mousabeygi, 2014). (2008)

Doorenbos و Pruitt (1977) نیاز آبی فلفل را در گل‌خانه بین ۶۰۰ تا ۱۲۵۰ میلی‌متر تخمین زدند. میزان K_c در گیاه فلفل در گل‌خانه توسط Abedi Koupaei et al. (2012) به‌دست آمد. این میزان در مرحله ابتدایی رشد با طول دوره رشد ۳۰ روز برابر ۰/۲۵ و در مرحله توسعه با طول دوره ۴۰ روز برابر ۰/۵۳، در مرحله میانی با

گیاهی و بازده و راندمان مصرف آب غلات بررسی کردند. کاربرد مالچ به طور معنی داری کل آب آبیاری را در مقایسه با حالت بدون مالچ کاهش داد و میزان آب خاک را بین ۶۵ تا ۸۵ درصد ظرفیت زراعی نگه داشت. کاربرد مالچ باعث تغییر معنی دار ضریب گیاهی Kc نشد. همچنین کاربرد مالچ کاه و کلش ضریب تبخیر (Ke) را کاهش چشمگیری نداد اما ضریب پایه گیاهی را در گندم زمستانه افزایش داد. Zare Abyaneh et al. (2010) ضریب گیاهی یک جزیی و

دو جزیی را در گیاه سیر تعیین کردند و نشان دادند که تبخیر تعرق برآورد شده با اعمال ضریب گیاهی دوگانه اختلاف کمتری با مقدار تبخیر تعرق لایسیمتری گیاه سیر داشت. اما ضریب گیاهی منفرد از نظر سهولت و حجم محاسباتی نسبت به ضریب دوگانه بسیار ساده تر بود. زایکوسیل یک ماده آب گریز است و افزودن آن به خاک سبب آب گریزی خاک می گردد. آب در خاک آب دوست به سمت بالا حرکت می کند و از منافذ عبور می کند و به سطح خاک می رسد و در نهایت بر اثر گرادیان رطوبت یا دما تبخیر می شود. در مقابل در خاک های آب گریز آب نمی تواند از بین منافذ خاک آب گریز به بالا حرکت کند و فقط مولکول های بخار آب می توانند از منافذ عبور کنند. این موضوع سبب افزایش مقاومت پخشیدگی برای مولکول های آب در عبور از خاک آب گریز می شوند (Gupta et al., 2015). برای کنترل تبخیر از خاک، در طول سال ها، تلاش های بسیاری از طریق کاربرد مستقیم (اسپری) الکل های چرب بلند زنجیره در خاک، واکس، پلاستیک و غیره انجام شد. در سال های اخیر مالچ پلاستیکی به عنوان ماده ای مؤثر برای کنترل تبخیر استفاده می شود، اما آن نیز دارای اشکالاتی است (Gupta et al., 2015).

تجزیه مالچ پلاستیکی مدت زمان زیادی طول می کشد و البته کاربرد پلاستیک های زیست تخریب پذیر نیز گران قیمت و پرهزینه است (Lament, 1993). از آن جا که تاکنون گزارشی مبنی بر تأثیر خاک آب گریز بر ضریب گیاهی منفرد و دو جزیی توسط هیچ مرجعی گزارش نشده است، بنابراین در این پژوهش به بررسی اثر کاربرد ماده زایکوسیل بر نیاز آبی گیاه فلفل، ضریب گیاهی منفرد و دو جزیی آن پرداخته شد.

مواد و روش ها

به منظور بررسی اثر ماده آب گریز بر میزان آب مصرفی و ضریب گیاهی فلفل، آزمایشی در تابستان ۱۳۹۵ در دانشگاه پیام نور انجام شد. در این پژوهش کشت فلفل در میکرو لایسیمترهایی با قطر ۲۴ و ارتفاع ۳۰ سانتی متر انجام شد. کف میکرو لایسیمترها برای خروج آب و املاح اضافی سوراخ شد. سپس لایه ای در حدود یک سانتی متر کف هر میکرو لایسیمتر سنگ ریزه ریخته شد و توسط خاک باغچه و خاک برگ پر شدند. خصوصیات خاک اولیه در جدول (۱) آورده شده است. نشاهای هم سن و هم اندازه فلفل قلمی در تاریخ ۱۱ اردیبهشت ماه در

نهایی رشد به ترتیب برابر ۰/۳، ۱/۲۲ و ۰/۶۵ و در دوره برداشت میوه در مراحل میانی و نهایی رشد به ترتیب برابر ۱/۰۸ و ۰/۶ بود.

از جمله روش های مدیریتی مصرف بهینه آب در مزرعه، می توان به حفظ رطوبت پروفیل خاک با استفاده از انواع مالچ اشاره کرد. مالچ با ایجاد یک پوشش بر روی سطح خاک، تلفات تبخیر از سطح خاک را کاهش داده و بنابراین ذخیره موجود برای استفاده گیاه افزایش می یابد و این امر موجب افزایش محصول و راندمان مصرف آب می گردد. همچنین با ایجاد زبری روی سطح خاک سرعت حرکت آب کاهش یافته و به همین دلیل روان آب در سطح خاک کاهش و نفوذ آب در خاک افزایش می یابد. مالچ های طبیعی مانند بقایای گیاهی و کاه و کلش می توانند توزیع نمک و توزیع رطوبت را تحت تأثیر قرار دهند (Al-Rawahy et al., 2011). در حقیقت لایه های مالچ متناسب با شرایط اتمسفری می تواند سبب تغییر در جریان آب و حرارت درون خاک شود (Mahdavi et al., 2017) بنابراین بر میزان تبخیر از خاک نیز مؤثر است. مقادیر Kc در FAO-56 (Allen et al., 1998) نشان دهنده شرایط بهینه رشد شامل وضعیت مناسب آب آبیاری است. علاوه بر این، در FAO-56 توصیه شده در شرایط کاربرد مالچ مقدار ضریب گیاهی اصلاح شود.

Li et al. (2008) تحت شرایط استفاده از پلاستیک مالچ نیاز آبی و ضرایب گیاهی ذرت بهاره را در چین برآورد نمودند. ضریب گیاهی به دست آمده برای مراحل میانی و انتهایی از مقادیر پیشنهاد شده توسط FAO-56 بیشتر بود. ضریب گیاهی به دست آمده در مراحل اولیه، میانی و انتهایی به ترتیب برابر ۱/۴۶، ۱/۳۹ و ۱/۲۲ گزارش شد. Li et al. (2017) مالچ پلاستیکی، مالچ شنی و کاه و کلش را روی حرکت آب خاک و رشد محصول بررسی کردند نتایج آن ها نشان داد هفت تیمار مالچ شامل پلاستیک سیاه، پلاستیک شفاف، کاه قرار گرفته در زیر پلاستیک سیاه، کاه قرار گرفته در زیر پلاستیک شفاف، مالچ شنی و سنگ ریزه، کاه و کلش خرد شده با طول یک میلی-متری و ۱۰۰ میلی متری، همگی تبخیر از خاک را در مرحله رشد ابتدایی کاهش دادند که سبب ذخیره آب خاک و افزایش رشد محصول در دوره میانی و انتهایی شد. مالچ پلاستیکی بیشترین کارایی مصرف آب و عملکرد را داشت و مالچ پلاستیک سیاه بهتر از پلاستیک شفاف بود. Hasheminasab et al. (2017) تبخیر تعرق و ضرایب گیاهی همیشه بهار را در منطقه کرمان تعیین کردند و نشان دادند در ابتدای دوره به دلیل زیاد بودن تبخیر ضریب گیاهی دو جزیی به طور مشخص از مجموع جزء تعرق و جزء تبخیر به دست آمده اما در مرحله میانی به دلیل کم شدن میزان تبخیر و غالب بودن جزء تعرق میزان ضریب گیاهی در اغلب موارد به جزء تعرق نزدیک می باشد.

Wang et al. (2018) یک آزمایش مزرعه ای در طی سه سال متوالی ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۶ انجام دادند و اثر مالچ کاه و کلش را تحت سه برنامه مختلف آبیاری قطره ای روی تبخیر تعرق محصول، ضریب

برای تعیین مقدار آب مورد نیاز گیاه در هر بار آبیاری میزان رطوبت میکرو لایسیمترها در ظرفیت زراعی تعیین شد. رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی قبلاً از طریق دستگاه صفحات فشاری در آزمایشگاه تعیین شده بود (۰/۳ درصد وزنی) که با نقطه ظرفیت گلدانی که از طریق اشباع کردن گلدان و خروج آب آزاد آن به دست آمد، تقریباً برابر بود. برای تعیین میزان آب آبیاری، وزن هر کدام از میکرو لایسیمترها در حالت ظرفیت زراعی تعیین شد. در هر نوبت آبیاری اختلاف محتوای رطوبتی خاک در ظرفیت زراعی و رطوبت وزنی قبل از آبیاری محاسبه شد. با توجه به اطلاعات برداشت شده، میزان آب آبیاری برای هر کدام از میکرو لایسیمترها به صورت زیر محاسبه گردید:

$$M_{wi} = M_{fci} - M_i \quad (1)$$

که M_{wi} مقدار آب لازم برای آبیاری میکرو لایسیمتر نام بر حسب گرم، M_{fci} وزن میکرو لایسیمتر نام در حالت ظرفیت زراعی بر حسب گرم و M_i وزن میکرو لایسیمتر نام پیش از انجام آبیاری بر حسب گرم است. از آنجا که هدف از آبیاری میکرو لایسیمتر جلوگیری از تنش رطوبتی بود قبل از رسیدن خاک به حالت بحرانی در تیمار شاهد، آبیاری انجام می گرفت. برای تعیین حالت بحرانی MAD گیاه لفل ۰/۳ در نظر گرفته شد (Allen et al., 1998). برای این منظور، تمامی میکرو لایسیمترها رأس ساعت ۱۸ هر روز به وسیله یک ترازوی دیجیتالی وزن می شدند تا اختلاف وزن هر کدام از آنها با حالت ظرفیت زراعی تعیین گردد. سپس برای رساندن هر کدام از آنها به حالت ظرفیت زراعی، مقدار آب لازم از رابطه (۱) محاسبه شده و آبیاری انجام می گرفت.

درون میکرو لایسیمترها کشت شد. تیمارهای آزمایشی شامل پوشش ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد از سطح خاک توسط ماده زایکوسیل (Zycosil) بود (ZY25، ZY50 و ZY75) که با تیمار شاهد (Ctrl) بدون کاربرد زایکوسیل) مقایسه شدند. طرح آزمایشی به صورت بلوک کامل تصادفی اجرا شد. داده‌های هواشناسی به منظور تعیین میزان تبخیر- تعرق واقعی از ایستگاه هواشناسی زرین شهر تهیه و در طی دوره رشد در جدول (۲) آورده شده است. ایستگاه هواشناسی مذکور دارای ارتفاع ۱۷۱۴ متر از سطح دریا است و در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۴ دقیقه واقع شده است.

آماده سازی زایکوسیل

زایکوسیل محصولی است نانوتکنولوژی، شفاف، قابل حل در آب و نفوذکننده که اثر آبرگری فوق العاده‌ای را ایجاد می کند. اندازه نانو زایکوسیل باعث نفوذ عمیق و واکنش با سطح ذرات خاک شده و آن را آبرگیز می نماید. زایکوسیل محصولی ضد آب کننده و بر پایه شیمی ارگانوسیلان و دوست دار محیط زیست و بدون حلال های مضر می باشد (Gupta et al., 2015). به منظور تهیه خاک آبرگیز توسط زایکوسیل ماده زایکوسیل را با نسبت ۱:۲۰ با آب سرد ترکیب کرده و با خاک ترکیب نموده و اجازه داده می شود به مدت ۲۴ ساعت در زیر نور آفتاب خشک شود. اجرای زایکوسیل باید در دمای بالای پنج درجه سانتی گراد انجام شود و سطح کاملاً خشک باشد و پیش بینی عدم بارش باران تا حداقل ۲۴ ساعت پس از اجرا صورت پذیرد تا ماده زایکوسیل فرصت کافی جهت نفوذ به ذرات خاک را داشته باشد.

تعیین آب مورد نیاز گیاه

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physical and chemical soil characteristics

Texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Bulk density (gr/cm ³)	Specific density (gr/cm ³)	Organic matter (%)	Field capacity (gr/gr)	Porosity
Clay loam	28	34	38	1.41	2.23	3.52	0.30	0.58

جدول ۲- داده های هواشناسی در منطقه آزمایشی در طول دوره رشد

Table 2- Meteorological data in the experimental area during the growth period

Date	April 30 to May 20	May 21 to 20 Jun	Jun 21 to July 21	July 22 to August 21	August 22 to September 21	September 22 to October 3
Mean temperature (°C)	21.3	24	28.6	27	24.3	19.4
Mean humidity (%)	39.3	21.5	23.3	24.3	27.7	31.6
Precipitation (mm)	0.8	0	0	0	0	0
Sunshine hours	8.8	11.5	10.6	10.5	9.8	9.0
Wind speed (m/s)	7.4	6.2	5.5	4.5	4.4	5.2

تبخیر تعرق گیاه مرجع

برای تعیین نیاز آبی گیاه لازم است تا تبخیر تعرق گیاه مرجع در منطقه مورد مطالعه به طور مستقیم به وسیله لایسیمتر اندازه گیری شود و یا به صورت غیر مستقیم با داده های هواشناسی یا تشتک تبخیر به دست آید. با استفاده از داده های هواشناسی روزانه از جمله حداقل و حداکثر دما، ساعات خورشیدی، سرعت باد و رطوبت نسبی با کمک رابطه فائو پنمن ماتنیت تبخیر تعرق پتانسیل گیاه مرجع در دوره های معین (روزانه، ده روزه یا ماهانه) تعیین شد (Allen et al., 2013., Bafkar et al., 1998). کاربرد رابطه پنمن فائو ماتنیت طبق بررسی Abedi koupaei et al. (2008) در منطقه اصفهان با توجه به داده های لایسیمتری از دقت بیشتری نسبت به سایر معادلات برخوردار است. با توجه به پیچیدگی رابطه فائو پنمن ماتنیت می توان از نرم افزارها و یا برنامه هایی که در این رابطه وجود دارد، بهره گرفت. در این پژوهش با استفاده از برنامه نویسی در محیط نرم افزار Excel و داده های هواشناسی تبخیر- تعرق گیاه مرجع محاسبه شد.

محاسبه ضریب گیاهی یک جزئی K_c

با استفاده از رابطه (۲) میانگین ضریب گیاهی برای دوره های مختلف رشد محاسبه شد.

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0} \quad (2)$$

که ET_c تبخیر تعرق محصول و ET_0 تبخیر تعرق مرجع است.

محاسبه ضریب گیاهی دو جزئی K_c

از آن جایی که پوشش زایکوسیل با ایجاد خاصیت آب گریزی نقش به سزایی در کاهش هدررفت آب دارد، تعیین ضریب گیاهی دو گانه در این شرایط اهمیت ویژه ای دارد. ضریب گیاهی در روش دو جزئی، به دو ضریب گیاهی جداگانه تفکیک می شود (رابطه ۳) که یکی اثر تعرق گیاه را توصیف کرده و ضریب گیاهی پایه (K_{cb}) نامیده می شود (رابطه ۴) و دیگری اثر تبخیر از خاک (K_e) را بیان می کند.

$$K_c = K_{cb} + K_e \quad (3)$$

$$K_{cb} = K_{cb(tab)} + [0.04(U_2 - 2) - 0.004(RH_{min} - 45)] \left(\frac{h}{3}\right)^{0.3} \quad (4)$$

$K_{cb(tab)}$ از جدول FAO-56 برای هر گیاه تعیین می شود. U_2 سرعت باد در ارتفاع دو متری. RH_{min} میانگین روزانه حداقل رطوبت نسبی و h میانگین ارتفاع گیاه می باشد. به این ترتیب پس از تقسیم دوره رشد به چهار مرحله، ضریب گیاهی پایه K_{cb} در هر مرحله به دست می آید.

جزء تبخیر

ضریب تبخیر از خاک (K_e) جزء تبخیر در ET_c را توصیف می کند (رابطه ۵). پس از خیس شدن لایه خاک سطحی با بارندگی یا آبیاری، ضریب تبخیر بیشترین مقدار است. با خشک شدن این لایه، ضریب تبخیر کاهش می یابد. در شرایطی که آبی در لایه سطحی باقی نباشد، ضریب تبخیر صفر می شود.

$$K_e = K_r(K_{cmax} - K_{cb}) \leq f_{ew}K_{cmax} \quad (5)$$

K_e ضریب تبخیر از خاک، K_{cmax} حداکثر مقدار ضریب گیاهی پس از بارندگی یا آبیاری، K_r ضریب کاهش تبخیر و f_{ew} کسر خاک خیس شده و در معرض هوا یا کسر خاک دارای بیشترین مقدار تبخیر است. K_{cmax} از رابطه (۶) و K_r از رابطه (۷) و f_{ew} از رابطه (۹) به دست می آید.

$$K_{cmax} = \max \left\{ [1.2 + [0.04 \times (U_2 - 2) - 0.004 \times (RH_{min} - 45)] \times \left(\frac{h}{3}\right)^{0.3}] (K_{cb} + 0.05) \right\} \quad (6)$$

K_{cmax} نمایانگر کران بالای تبخیر تعرق از یک سطح کشت است و اثر محدودیت های طبیعی موثر بر انرژی در دسترس که به صورت $Rn-G-H$ می باشد، را توصیف می کند. دامنه تغییر آن نیز تابع تبخیر تعرق گیاه چمن بوده و حدود $1/0.5$ تا $1/3$ است. عدد $1/2$ در رابطه فوق برای شرایط آبیاری با دور کوتاه $1/1$ در نظر گرفته می شود (Allen et al., 2005).

$$K_r = \frac{TEW - D_{e,i-1}}{TEW - REW} D_{e,i-1} > REW \quad (7)$$

TEW حداکثر عمق آب قابل تبخیر از لایه خاک سطحی هنگامی که $K_r=0$ است (رابطه ۸):

$$TEW = (\theta Fc - 0.5\theta pwp) \times Ze \quad (8)$$

Ze عمق لایه سطحی در معرض تبخیر است. از آن جا که اطلاعات کافی از مقدار Ze در دسترس نمی باشد مقدار آن را 0.1 تا 0.15 متر) در نظر می گیرند (Allen et al., 2005). REW عمق تجمیعی آب با سهولت قابل تبخیر (تخلیه) در پایان مرحله اول تبخیر (مرحله تابع انرژی) و $D_{e,i-1}$ عمق تجمیعی تبخیر آب از لایه خاک سطحی در پایان روز قبل است.

$$f_{ew} = \min(1 - f_c, f_w) \quad (9)$$

را در تمامی مراحل رشد داشت. با افزایش سطح پوشش توسط زایکوسیل مقدار ضریب گیاهی کاهش یافت به گونه‌ای که در تیمار با پوشش ۷۵ درصد سطح خاک (ZY75) مقدار ضریب گیاهی در مراحل ابتدایی و توسعه حدود ۶۰ درصد و در مرحله میانی و توسعه به ترتیب ۷۰ و ۸۷ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (جدول ۴). حداکثر تبخیر تعرق فلفل در این منطقه در شرایط بدون پوشش، ZY25، ZY50 و ZY75، به ترتیب برابر ۱۱/۱، ۱۰/۳، ۹/۳ و ۸/۷ میلی‌متر در روز و مجموع ET_c کل در این تیمارها نیز به ترتیب ۹۸۵/۷، ۹۰۹/۱، ۷۸۱/۲ و ۶۸۱/۴ میلی‌متر در طول ۱۵۷ روز دوره رشد بود.

بنابراین بیشترین مقدار تبخیر تعرق روزانه (۱۱/۱ میلی‌متر) و بالاترین مقدار تبخیر تعرق در کل دوره رشد در تیمار شاهد (۹۸۵/۷ میلی‌متر) به دست آمد. تیمار ZY75 نیز کمترین آب مصرفی (۶۸۱/۴ میلی‌متر) را به خود اختصاص داد.

با استفاده از متوسط ده‌روزه مقدار K_c که از نسبت تبخیر تعرق واقعی به تبخیر تعرق مرجع به دست آمده و تعداد روزهای پس از کاشت، یک معادله چند جمله‌ای درجه چهار برای هر تیمار با ضریب تعیین بالا (حدود ۰/۸) به دست آمده است شکل (۲) الی (۵)، این موضوع را به ترتیب در تیمارهای شاهد، ZY25، ZY50 و ZY75 نشان می‌دهد.

$$f_c = \left(\frac{K_{cb} - K_{c \min}}{K_{c \max} - K_{c \min}} \right) \quad (10)$$

f_w میانگین کسر خاک خیس شده با آبیاری یا بارندگی می‌باشد که اغلب بین ۰/۱ تا ۱ تغییر می‌کند. $1-f_c$ میانگین کسر خاک بدون پوشش گیاهی و در معرض هوا (۰/۱ تا ۱) و $K_{c \min}$ حداقل ضریب گیاهی برای خاک خشک بدون پوشش (۰/۱۵ تا ۰/۲) است.

نتایج و بحث

مقدار تبخیر تعرق مرجع در روزهای مختلف با استفاده از رابطه فائو پنمن مانیتث محاسبه شد و تغییرات آن در شکل (۱) نشان داده شده است. با توجه به تجزیه و تحلیل داده‌های میکرو لایسیمتر و نیز آمار هواشناسی منطقه مقدار ET_c و ET_0 محاسبه گردید که به صورت میانگین روزانه در ماه‌های مختلف در جدول (۳) ذکر شده‌اند. مقدار K_c در مراحل مختلف رشد گیاهی یعنی ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی در خاک بدون پوشش، پوشش شده با زایکوسیل در سطوح مختلف به دست آمد (جدول ۴). مقایسه ضرایب گیاهی نشان داد تیمار بدون پوشش، بیشترین ضریب گیاهی و ZY75 کمترین مقدار ضریب گیاهی

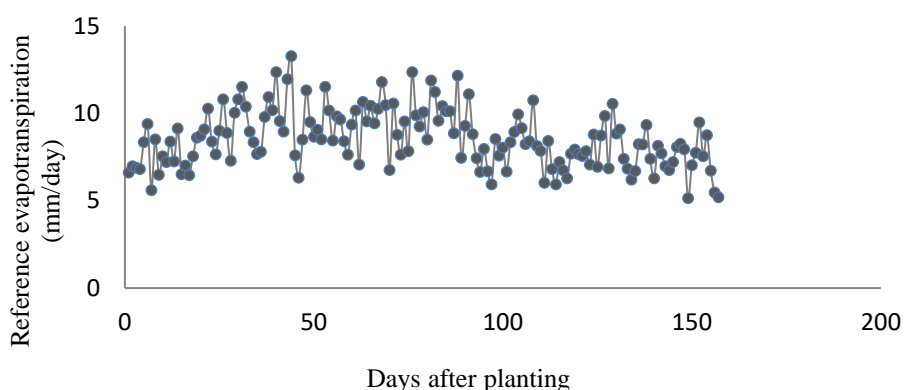


Fig. 1- Calculated reference evapotranspiration by FAO Penman-Monteith method

شکل ۱- تبخیر تعرق مرجع محاسبه شده با روش فائو پنمن مانیتث

جدول ۳- تبخیر تعرق محصول در تیمارهای مختلف (mm/day)

Month	ET_c	$ET_{c_{zy25}}$	$ET_{c_{zy50}}$	$ET_{c_{zy75}}$
April 30 to May 20	3.2	3.10	2.64	2.25
May 21 to 20 Jun	5.12	4.12	4.21	3.46
Jun 21 to July 21	7.54	7.19	5.61	4.69
July 22 to August 21	8.11	8.12	6.35	5.07
August 22 to September 21	7.0	6.69	6.23	6.35
September 22 to October 3	4.89	4.83	4.37	4.29

جدول ۴- ضریب گیاهی منفرد در دوره‌های مختلف

Table 4- Single crop coefficient in different periods

Growth period	Kc	Kc _{Zy25}	Kc _{Zy50}	Kc _{Zy75}
Primary	0.33	0.3	0.27	0.2
Development	0.46	0.35	0.32	0.27
Middle	0.86	0.82	0.70	0.61
Final	0.66	0.65	0.59	0.58

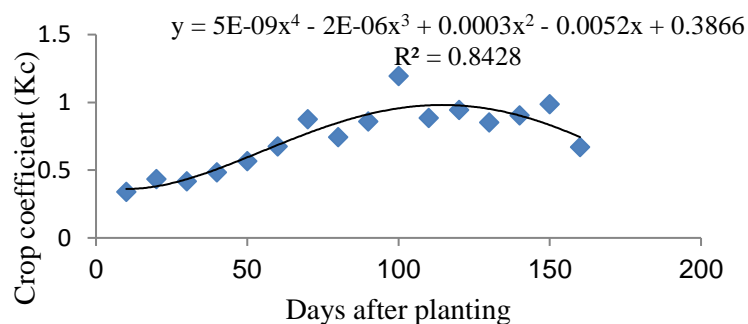


Fig. 2- Single crop coefficient during the growing period in the control treatment

شکل ۲- ضریب گیاهی منفرد در طول دوره رشد در تیمار شاهد

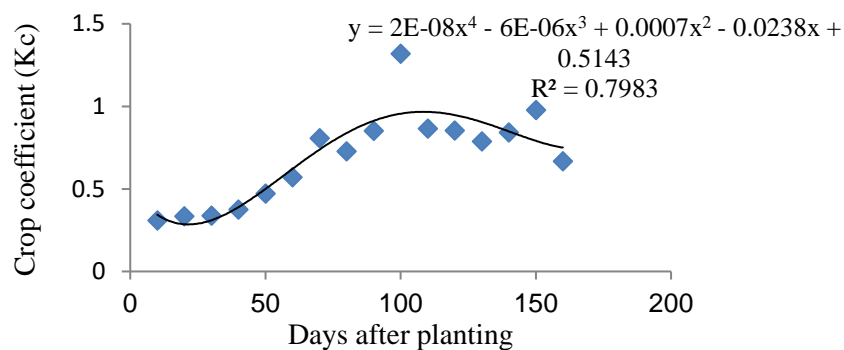


Fig. 3- Single crop coefficient during the growing period in Zy25

شکل ۳- ضریب گیاهی منفرد در طول دوره رشد در تیمار Zy25

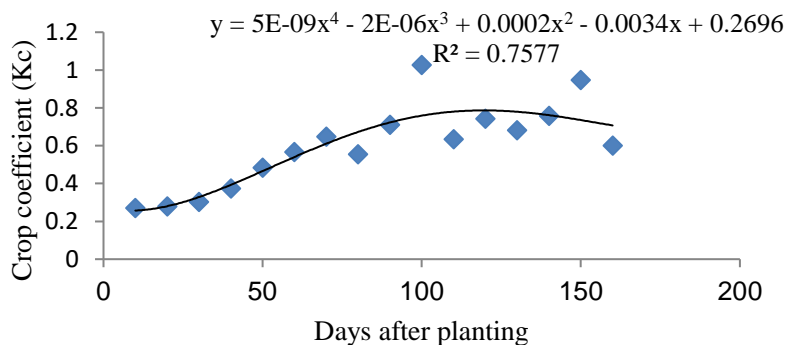


Fig. 4- Single crop coefficient during the growing period in Zy50

شکل ۴- ضریب گیاهی منفرد در طول دوره رشد در تیمار Zy50

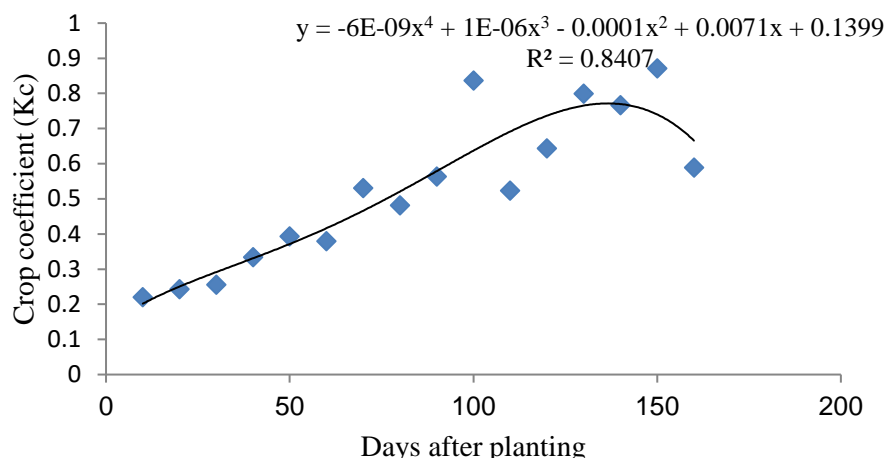


Fig. 5- Single crop coefficient during the growing period in Zy75
 شکل ۵- ضریب گیاهی منفرد در طول دوره رشد در تیمار ZY75

شود. با افزودن زایکوسیل به سطح خاک تفاوت بین K_{cb} و K_c در ابتدای دوره رشد نسبت به تیمار شاهد کمتر می‌شود. علت این امر آن است که در ابتدای دوره رشد نقش تبخیر از سطح خاک بیشتر است و از آنجا که زایکوسیل سبب کاهش تبخیر خاک می‌شود، بنابراین مقدار K_e نیز در تیمارهای Zy کاهش می‌یابد و اختلاف K_{cb} و K_c کمتر می‌شود.

حداکثر مقدار ضریب تبخیر K_e به ترتیب در تیمارهای شاهد، ZY25، ZY50، ZY75 برابر ۱/۵۳، ۱/۲۶، ۱/۸۸ و ۰/۴۶ بود که بیانگر آن است که مقدار تبخیر از سطح خاک زمانی که ۷۵ درصد سطح خاک با ماده آب‌گریز پوشانده شود، حدود $\frac{1}{3}$ خاک بدون پوشش هست. همان‌طور که در شکل‌های (۶) الی (۹) مشاهده می‌شود مقدار نوسانات ضریب تبخیر (K_e) در طول دوره رشد در تیمار شاهد بیشتر و در تیمار ZY75 کمتر (منحنی هموارتر) بود. زیرا افزودن زایکوسیل تا حد زیادی تبخیر از خاک را کنترل و آن را کاهش می‌دهد. بر عکس نوسانات ضریب گیاهی دو جزئی ($K_{cb}+K_e$) در تیمار شاهد کمتر و در تیمار ZY75 بیشتر بود.

با گذشت زمان ضریب گیاهی از حداقل مقدار خود شروع شده و پس از رسیدن به حداکثر مقدار مجدداً به صورت نزولی کاهش می‌یابد. این موضوع با یافته‌های Reddy (2015) نیز مطابقت داشت. او با استفاده از لایسیمتر میزان تبخیر تعرق و ضریب گیاهی ذرت و کرچک را اندازه گرفت و یک تابع چندجمله‌ای برای ضریب گیاهی اندازه گرفته شده نسبت به تعداد روزهای پس از کاشت گیاه برازش داد.

ضریب دو جزئی

مقادیر ضریب گیاهی دو جزئی (K_c)، ضریب گیاهی پایه K_{cb} و ضریب تبخیر (K_e) در شکل‌های (۶) تا (۹) نشان داده شده است. نوسانات مشاهده شده در نمودارها به دلیل دور کوتاه آبیاری می‌باشد. بیشترین تفاوت بین K_{cb} و K_c در مرحله ابتدایی رشد است که بیشترین تبخیر از سطح خاک و کمترین تعرق از گیاه وجود دارد. در مرحله میانی مقدار K_{cb} و K_c به یکدیگر نزدیک می‌شود زیرا پوشش گیاه سبب کاهش تبخیر از سطح خاک می‌شود. در این حالت مقدار ضریب گیاهی پایه حدود ۰/۰۵ تا ۰/۱ کمتر از مقدار ضریب گیاهی می‌باشد. در مرحله نهایی با توجه به دور آبیاری مقدار K_{cb} تقریباً برابر و یا کمتر از K_c می‌باشد.

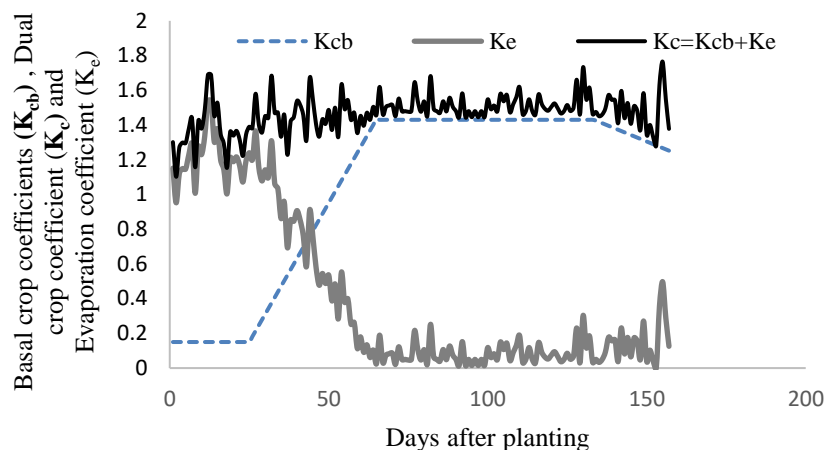


Fig. 6- Dual crop coefficient (K_c), basal crop coefficients (K_{cb}) and evaporation coefficient (K_e) in control treatment

شکل ۶- ضریب گیاهی دوجزیبی (K_c)، ضریب گیاهی پایه (K_{cb}) و ضریب تبخیر (K_e) در تیمار شاهد

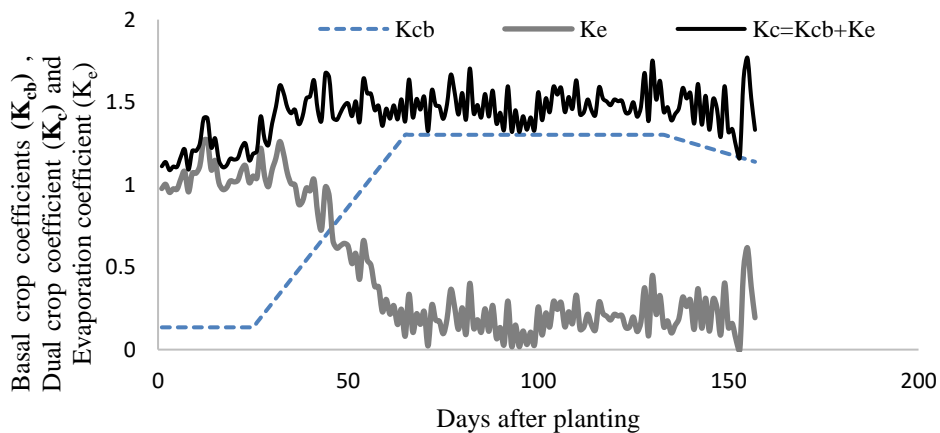


Fig 7- Dual crop coefficient (K_c), basal crop coefficients (K_{cb}) and evaporation coefficient (K_e) in ZY25

شکل ۷- ضریب گیاهی دوجزیبی (K_c)، ضریب گیاهی پایه (K_{cb}) و ضریب تبخیر (K_e) در تیمار ZY25

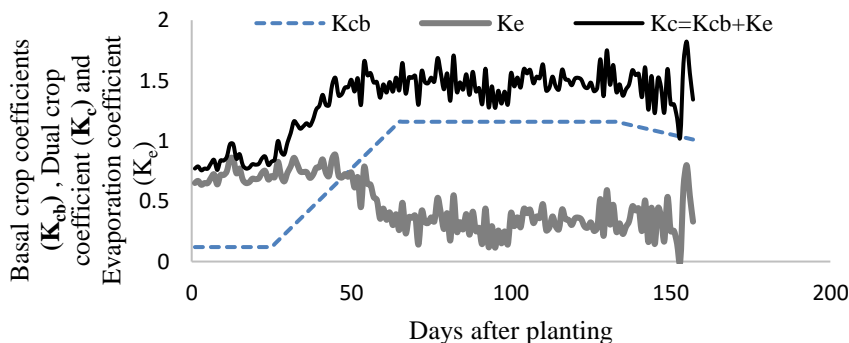


Fig 8- Dual crop coefficient (K_c), basal crop coefficients (K_{cb}) and evaporation coefficient (K_e) in ZY50

شکل ۸- ضریب گیاهی دوجزیبی (K_c)، ضریب گیاهی پایه (K_{cb}) و ضریب تبخیر (K_e) در تیمار ZY50

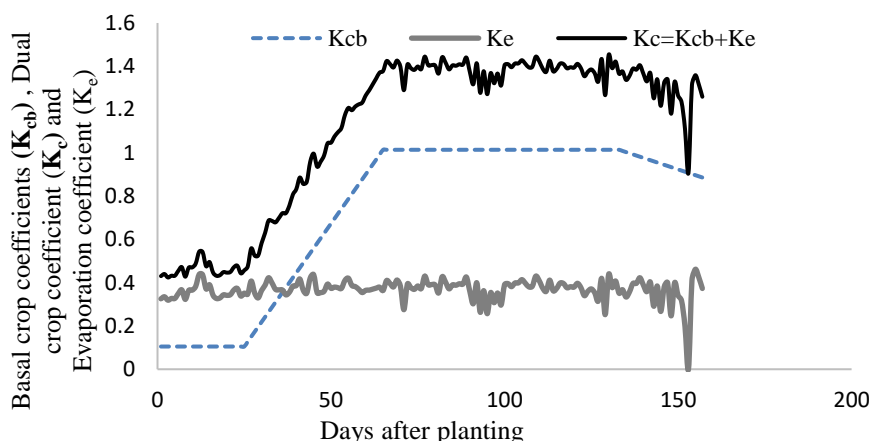


Fig 9- Dual crop coefficient (K_c), basal crop coefficients (K_{cb}) and evaporation coefficient (K_e) in ZY75
شکل ۹- ضریب گیاهی دوجزیبی (K_c), ضریب گیاهی پایه (K_{cb}) و ضریب تبخیر (K_e) در تیمار ZY75

و در انتها نیز مجدداً کاهش یافت. این ارتباط در تمام تیمارها به صورت معادله چندجمله‌ای درجه چهار با ضریب تعیین بالا (حدود ۰/۸) به دست آمد. با توجه به در نظر گرفتن ضریب تبخیر و ضریب تعرق به صورت مجزا، ضریب گیاهی دو جزیبی در تمام تیمارها و در تمام مراحل رشد، بیش از ضریب گیاهی یک جزیبی به دست آمد. در ابتدای مرحله رشد در تمام تیمارها، مقدار ضریب گیاهی پایه و ضریب گیاهی دو جزیبی بیشترین تفاوت را داشتند و این تفاوت (اختلاف K_c و K_{cb}) با افزودن زایکوسیل به سطح خاک از حدود یک به حدود ۰/۲ کاهش یافت.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی و معنوی دانشگاه پیام نور انجام شده است، که بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

نتیجه‌گیری

پوشش سطح خاک با توجه به نوع آن سبب کاهش ضریب گیاهی و نیز تبخیر تعرق از سطح خاک می‌گردد. تیمار بدون پوشش، بیشترین ضریب گیاهی را در تمام مراحل رشد نشان داد. تیمار ZY75 کمترین ضریب گیاهی را به خود اختصاص داد. در بین تیمارهای با پوشش زایکوسیل نیز با افزایش پوشش توسط زایکوسیل مقدار ضریب گیاهی کاهش یافت، به گونه‌ای که در تیمار با پوشش ۷۵ درصد سطح خاک (ZY75) مقدار ضریب گیاهی در مراحل ابتدایی و توسعه حدود ۶۰ درصد و در مرحله میانی و انتهایی به ترتیب ۷۰ و ۸۷ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. ضریب گیاهی و تعداد روز پس از کاشت از روند مشخصی در تمام تیمارها پیروی کردند، به گونه‌ای که در ابتدای رشد کمترین میزان را داشت و با نزدیک شدن به دوره میانی افزایش

References

- 1- Abedi Koupaei, J., Eslamiyan, S.S. and Zareiyan, M.J., 2012. Measurement and modeling of water requirement and crop coefficient of cucumber, tomato and pepper using microlysimeter in greenhouse. *Journal of Greenhouse Culture Science and Technology*, 2(7), pp.51-63.
- 2- Abedi Koupaei, J., Eslamiyan, S.S. and Amiri, M.J. 2008. Comparison of four methods for estimating evapotranspiration with microlysimeter in Isfahan. *In The 2nd National Conference on Irrigation and Drainage Management*. Shahid Chamran University of Ahvaz.
- 3- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. *Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and Drainage Paper 56*. FAO, Rome.
- 4- Allen, R.G., Pereira, L.S., Smith, M., Raes, D. and Wright, J.L., 2005. FAO-56 dual crop coefficient method for estimating evaporation from soil and application extensions. *Journal of Irrigation and drainage engineering*, 131(1), pp.2-13.

- 5- Al-Rawahy, S.A., Al-Dhuhli, H.S., Prathapar, S.A. and Abdelrahman, H., 2011. Mulching material impact on yield, soil moisture and salinity in saline-irrigated sorghum plots. *International Journal of Agricultural Research*, 6(1), pp.75-81.
- 6- Ansari, H., Sharifiyan, H. and Davari, K., 2010. *General Irrigation (Principles and operations)*. Iranian Academic Center for Education, Culture and Research, Mashhad. (In Persian).
- 7- Bafkar, A., Farhadi, B. and Karimi A., 2013. Estimation of crop coefficients (KC) of grain corn S.C. 704 using the physiological properties (Case study: Kermanshah- Mahidsht). *Journal of Water and Soil*, 27(4), pp.832-838. (In Persian).
- 8- Doorenbos, J. and Pruitt, W. O., 1977. *Crop Water Requirements*. Irrigation and Drainage Paper NO. 24, FAO.
- 9- Ghamarnia. H. and Mousabeygi F., 2014. Determination of (Mentha pipertia L.) water requirement, single and dual crop coefficients. *Journal of Water and Soil*, 28(4), pp. 670-678. (In Persian).
- 10- Golkar Hamzei Yazd, H., Kaveh, F., Ghahreman, B. and Sedghi, H., 2008. Investigation of time variation of evapotranspiration using the procedure FAO Penman Mantieth. *Journal of Agricultural Science*, 13(2), pp. 417-433. (In Persian).
- 11- Gupta, B., Shah, D.O., Mishra, B., Joshi, P.A., Vimal, G. G., and Fougat, R.S., 2015 .Effect of top soil wettability on water evaporation and plant growth. *Journal of Colloid and Interface Science* 449: 506–513.
- 12- Hasheminasab, F., Mousavi-Baygi, M., and Bakhtiari B., 2017. An estimation of actual evapotranspiration and single and dual crop coefficients for Calendula officinalis L. (Case Study: Kerman). *Irrigation Science and Engineering*, 40(3), pp.109-121. (In Persian).
- 13- Lament, W.J., 1993. Plastic mulches for the production of vegetable crops. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1, pp. 35–39.
- 14- Li, S., Kang, S., Li, F. and Zhang, L., 2008. Evapotranspiration and crop coefficient of spring maize with plastic mulch using eddy covariance in northwest China. *Agricultural Water Management*, 95(11), pp.1214-1222.
- 15- Li, S., Li, Y., Lin, H., Feng, H. and Dyck, M., 2017. Effects of different mulching technologies on evapotranspiration and summer maize growth. *Agricultural Water Management*. 201, pp.309-318
- 16- Mahdavi, S.M., Neyshabouri, M.R., Fujimaki, H. and Heris, A.M., 2017. Coupled heat and moisture transfer and evaporation in mulched soils. *Catena*, 151, pp.34-48.
- 17- Miranda, F.D., Gondim, R.S. and Costa, C.A.G., 2006. Evapotranspiration and crop coefficients for tabasco pepper (Capsicum frutescens L.). *Agricultural Water Management*, 82(1), pp.237-246.
- 18- Orgaz, F., Fernández, M.D., Bonachela, S., Gallardo, M. and Fereres, E., 2005. Evapotranspiration of horticultural crops in an unheated plastic greenhouse. *Agricultural Water Management*, 72(2), pp.81-96.
- 19- Reddy, K.C., 2015. Development of crop coefficient models of castor and maize crops. *European Journal of Agronomy*, 69, pp.59-62.
- 20- Shrestha, N.K. and Shukla, S., 2014. Basal crop coefficients for vine and erect crops with plastic mulch in a sub-tropical region. *Agricultural Water Management*, 143, pp.29-37.

-
- 21-Wang, J., Zhang, Y., Gong, S., Xu, D., Snyder, R., Chen, Y., Zhao, Y. and Yan, Q., 2018. Effects of straw mulching on microclimate characteristics and evapotranspiration of drip-irrigated winter wheat in North China Plain. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11(2), pp.122-131.
- 22-Zare Abyaneh, H., Gasemi, A., Marofi, S. and Bayat Varkeshi, M., 2010. Determination of water requirement, single and dual crop coefficients of garlic in cold semi-arid climate. *Water and Soil Science*, 20 (1), pp. 111-122. (In Persian).