مجله تحقيقات آب و خاک ايران (۴۱) ۱, ۱۳۸۹ (۴۷-۳۹)

# بررسي امكان استفاده گياه از تلفات عمقي و برآورد واقعي راندمان كاربرد آب

مرجان روستايي[۱]، مسعود پارسي نژاد[۲]* و عبدالمجيد لياقت[۳]
[۱] دانشجوي سابق كارشناسي ارشد، [۲] استاديار و[۳] استاد، پرديس كشاورزي و منابع طبيعي دانشگاه تهران

## چكيده

مطالعه لايسيمتري بر اساس اين فرضيه كه عمق خاک قابل استفاده جهت جذب رطوبت محدود به عمق ريشه گياه نمي شود، در قالب طرح كاملا تصادفي با سه تيمار آبياري و در سه تكرار بر روي گياه سويا انجام شد. درتيمار شاهدMAD=۵۵% و مقدار آبياري در حد جبران كمبود رطوبتي خاک، درتيمار تنش مقدار آبياري برابر تيمار شاهد ولي MAD=۶۵% و در تيمارآبياري مازاد با وجود MAD=۶۵% مقدار آبياري ۳۰% مازاد برمقدار لازم جهت جبران كمبود رطوبتي خاک تعيين شد. تيمار تنش به دليل درصد تخليه بيشتر رطوبتي دچار تنش كم آبي شده و عملكرد آن كمتر از تيمار شاهد، اما تيمار آبياري مازاد، با وجود به تعويق افتادن دورآبياري، اثر تنش كم آبي در گياه مشاهده نشده و عملكردمشابه با تيمار شاهد داشت ولي راندمان آبياري ۱۱/۲% بيشترمي باشد. اين مساله تاثير وجود ذخيره رطوبتي در زير منطقه ريشه را در تامين نياز آبي گياه نشان مي دهد.

واژه‌هاي كليدي : تنش رطوبتي، در صد تخليه مجاز رطوبتي، لايسيمتر، سويا

## مقدمه

در روش هاي مختلف آبياري سطحي عواملي از قبيل رواناب سطحي و نفوذ عمقي(Deep Percolation) باعث كاهش راندمان مصرف آب مي شوند. بر اساس تعاريف مرسوم، آن مقدار از آب ارائه شده كه بيشتر از حد ظرفيت نگهداشت رطوبتي خاک باشد طبيعتا به عنوان تلفات عمقي تلقي ميشود (Heerman and Solomon, 2007). به پايين تر از محدوده توسعه ريشه ها انتقال يافته و شامل تلفات عمقي مي شود. به اين معنا كه از دسترس ريشه خارج شده و ديگر قابل استفاده براي گياه نيست. مبناي مديريت آب آبياري درمزارع بر اين اساس بنا نهاده شده است. به همين دليل در محاسبات آبياري، به مقدار خالص كه مطابق با نياز آبي گياه و ميزان تبخير تعرق در شرايط اقليمي منطقه است درصدي به منظور در نظر گرفتن تلفات عمقي افزوده مي شود. طبق فرضيه ارائه شده دراين تحقيق، كل عمق خاک جهت جذب رطوبت قابل استفاده براي گياه، محدود به عمق متعارف توسعه ريشه نمي شود. بلكه با كاهش رطوبت خاک بر اثر جذب توسط گياه و با برقرار شدن اختلاف پتانسيل بيشتر (شيب مكش) بين منطقه توسعه ريشه و لايه زيرين، آب موجود در زيرمنطقه توسعه ريشه زمينه دسترسي به گياه را پيداكرده و گياه قادر به استفاده از رطوبت موجود خاک در اعماق فراتر از عمق موثر ريشه خواهد بود. بنابراين عمق خاک براي جذب رطوبت مي تواند بيشتر از عمق ظاهري ريشه باشد. به همين نسبت مقدار رطوبت قابل استفاده گياه هم بيشتر خواهد بود. لذا، كل آبي كه از منطقه ريشه گياه به صورت نفوذ عمقي خارج مي شود لزوما جزء تلفات محسوب نشده و درصدي از آن مي تواند قابل استفاده به وسيله گياه باشد.

براساس تعريف معمول راندمان كاربرد آب (Application irrigation efficiency) عبارت است از درصدي از آب ارائه شده به مزرعه كه مصرف گياه رسيده ميشود، كه تلفات حاصله شامل رواناب و نفوذعمقي مي باشد. تلفات نفوذ عمقي عبارت است از مقدار آبي كه به پائين تر از منطقه رشد ريشه دراثر عدم يكنواختي آبياري يا عرضه آب مازاد تلف ميشود (Rogers et al., 1997).

الگوي توسعه ريشه گندم تحت دو تيمار تک آبياري و تيمار آبياري معمول در كشور چين بررسي شد (Zhang et al., 1998). آنها دريافتند كه توسعه ريشه هاي عميق گندم تحت تيمار تک آبياري باعث شده است كه گياه قادر به استفاده آب بيشتر از خاكهاي عميق تر از يک متر باشد.

در سالهاي اخير فرآيندهاي جديدي براي ارزيابي عملكرد سيستمهاي آبياري پيشنهاد شده است. بعنوان مثال زريحان (Zerihun) و همكاران (۱۹۹۷) توابع قطعي را براي جريان هاي پيوسته در آبياري فارو ارائه دادند. نوابيان و همكاران (۲۰۰۸) با استفاده از اين توابع مدلي را براي تخمين يكنواختي آبياري – نفوذ عمقي – رواناب و يكنواختي پخش آب تدوين كردند. ارزيابي صحرايي نشان داد كه اين مدل قادر به تخمين مطلوب شاخصهاي فوق بوده است.

* پست الكترونيك مكاتبه كننده: parsinejad@ut.ac.ir

طبق نتايج تحقيقات Kuo et al. (۲۰۰۱) خيز آب از سطح ايستابي كم عمق در بسياري از موارد سبب تامين رطوبت مورد نياز در منطقه توسعه ريشه گياه مي شود كه خود مزيتي براي تامين بخشي از نياز آبي گياهان به شمار مي آيد. اصولا خاک هايي كه در آنها امكان تغذيه گياه از جريان هاي زيرزميني وجود دارد، يكنواخت و نسبتا عميق هستند و از هدايت هيدروليكي خوبي برخوردارند.

طبق نتايج به دست آمده از تحقيقات Kar & Verma (۲۰۰۵) جريان رو به بالا در خاک هاي با بافت سبک و با خصوصيات آبگذري بالا، تحت هر برنامه آبياري نقش بسيار ضعيفي در تامين كل رطوبت مصرفي گياه ايفا مي كند. برخي از مطالعات از جمله تحقيقات Lai & Katual (۲۰۰۰) حاكي از آن است كه وقتي لايه هاي فوقاني از رطوبت تخليه شوند، بخش زيادي از تعرق، از طريق جذب آب از لايه هاي زير منطقه ريشه تأمين مي شود. آنها اذعان داشتندكه لايه هاي تحتاني و ريشه هاي فعال موجود در آن به هنگام رسيدن رطوبت لايه هاي بالايي به حد پژمردگي نقش زيادي در جذب آب دارند. Li et al. (۱۹۹۹) اظهار داشتند كه تنش رطوبتي در لايه هاي بالايي با افزايش جذب آب از لايه هاي تحتاني جبران مي شود و علت بروز تاخير در علائم تنش را به همين مسئله نسبت دادند. آنها همچنين اظهار داشتند كه در اثر كاهش شديد آب موجود در خاک، جذب آب از لايه هاي پايييني بيشتر مي شود. در مطالعه اي كه توسط Watanabe et al. (۲۰۰۴) بر روي ذرت انجام دادند، مشخص شد كه مقدار تبخير تعرق فصلي بسيار بيشتر از تخليه رطوبتي در ۰/۵ متر بالايي سطح خاک بوده است. اين امكان وجود دارد كه صعود مويينگي از اعماق پايين تر خاک مقدار قابل توجهي از رطوبت لايه هاي بالاتر خاک را تامين كرده باشد.

Camposeo and Rubino (۲۰۰۳) در يک مطالعه لايسيمتري تأثير دور آبياري بر جذب آب به وسيله چغندر قند را در سه تيمار آبياري ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد تخليه از كل رطوبت قابل استفاده خاک، بررسي و به اين نتيجه رسيدند كه دور آبياري اعمال شده به طور معني داري بر الگوي جذب آب به وسيله ريشه موثر است. در تيمار اول با دور آبياري ۳ روزه ميزان آب جذب شده از عمق ۰ تا ۰/۶ متر حدود ۹۲ درصد بود. در تيمار دوم با فواصل آبياري ۵/۵ روزه ميزان جذب آب به طور يكنواخت در عمق خاک توزيع شده بود. در تيمار سوم با دور آبياري ۹ روزه،۶۰ درصد از آب مورد نياز از عمق ۰/۶ تا ۱ متري جذب شد.

هدف از اين تحقيق تعيين سهم آب قابل استفاده گياه از رطوبت زير ناحيه ريشه (رطوبت ناشي از تلفات آبياري) و به عبارتي رطوبت در جهت تعيين بهتر مقدار آب قابل دسترس و اصلاح راندمان كاربرد آب در مزرعه است. نتايج حاصله از اين مطالعه مي تواند در بهبود مديريت آبياري در سطح مزرعه و همچنين اصلاح راندمان كاربرد موثر باشد.

## مواد و روش‌ها

اين تحقيق در تابستان ۱۳۸۶ درمزرعه تحقيقاتي آب و خاک دانشكده كشاورزي دانشگاه تهران واقع در كرج انجام شد. از نظر اقليمي منطقه كرج جزء مناطق خشک و نيمه سردسير بوده و داراي متوسط بارندگي سالانه ۲۵۶ ميلي متر مي باشد. اين تحقيق در قالب طرح كامل تصادفي با سه تيمار و در سه تكرار انجام شد كه شرح كامل آن در قسمت (۲-۱) آمده است. براي سهولت بيشتر در اندازه گيري و كنترل جريانات ورودي و خروجي (بيلان آبي)، اين مطالعه در محيط كنترل شده لايسيمتري انجام شد.

براي انجام اين مطالعه با توجه به تعداد تيمارها و تكرارها(سه تيمار و سه تكرار)، تعداد نه لايسيمتر به ارتفاع ۱/۱ متر و قطر ۵۵ سانتي متر در نظر گرفته شد. سيستم زهكشي لايسيمترها متشكل از يک لوله PVC سوراخ دار به قطر ۵ سانتي متر بود و براي سهولت تخليه آب اضافي، به ارتفاع ۲۰ سانتي متر از كف آنها گراول و شن درشت ريخته شد. درصد اجزاي تشكيل دهنده خاک استفاده شده در لايسيمترها به روش هيدرومتري تعين گرديد و با دارا ۶۰/۳۸ درصد شن، ۲۰/۸۸ در صد سيلت و ۱۸/۷۴ در صد رس داراي بافت لوم رسي شني(Sandy Clay Loam) بود.كليه لايسيمترها با تراكم يكسان و با در نظر گرفتن جرم مخصوص ظاهري ۱/۴ گرم بر سانتي متر مكعب از خاک مذكور پرگرديد.

### مطالعه صحرايي

درتاريخ ۸۶/۲/۲۵ بذور سويا از نوع رقم ويليامز در گلدان ها ي پلاستيكي كوچک كاشته و در تاريخ ۸۶/۳/۱۵ به درون لايسيمترهاي واقع ذر مزرعه انتقال داده شد. به اين ترتيب كه در هر لايسيمتر بسته به اندازه بوته ها۱۲ الي ۱۳ عدد بوته سويا بر روي محيط دايره اي به قطر۴۰ سانتي متر قرار گرفت. اعمال تيمارها از تاريخ ۸۶/۴/۱۶ يعني در پنجاه ودومين روز از دوره كشت آغاز شد. اين زمان مقارن پايان دوره رويشي و در ابتداي مرحله گلدهي گياه بودكه بخش عمده رشد ريشه كه در جذب آب از خاک به كار مي رود تا اين تاريخ تكميل شده است. قبل از اعمال تيمارها جهت اندازه گيري عمق ريشه سه تا از بوته هاي سويا به صورت تصادفي ازسه لايسيمتر(يک تكرار از

هر تيمار) خارج گرديد و طول ريشه آنها اندازه گيري شدكه به طور متوسط به ۴۰ سانتي متر رسيده بود.

اين تحقيق در قالب طرح كامل تصادفي با سه تيمار و در سه تكرار انجام شد. تفاوت بين تيمارهاي موجود، در برنامه ريزي آبياري اعمال گشت. منظور از برنامه ريزي آبياري تعيين مقدار آب آبياري و زمان آبياري است. تيمارها با حروف C,B,A نام گذاري شدند. تيمارA به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. عمق آبياري براي تيمار شاهد در هر مرتبه معادل مقدار نياز آبي خالص گياه بوده و به صورت جبران كمبود رطوبت خاک در منطقه ريشه (يعني۴۰-۰ سانتي متر) تا حد ظرفيت زراعي، از رابطه زير محاسبه شد.

$$IRRI = D_{rz}\left(\theta_{fc} - \theta_i\right) \qquad (۱)$$

كه در آن IRRI عمق آبياري (cm)، $D_{rz}$ عمق توسعه ريشه (cm)، $\theta_{fc}$ و $\theta_i$ به ترتيب رطوبت حجمي خاک درحد ظرفيت زراعي و مقدار موجود مي باشد. براي افزايش دقت در تعيين عمق آبياري موردنياز، منطقه ريشه به لايه هاي ۱۰ سانتي متري تقسيم و محاسبات آب مورد نياز براي هر يک از اين لايه ها انجام شده و در نهايت از مجموع اين مقادير مقدار آب آبياري لازم در هر مرحله به دست آمد. زمان بندي آبياري بر اساس محاسبات كاهش رطوبت منطقه ريشه در حد آب سهل الوصول به اين مقدار انجام شد. براي اندازه گيري رطوبت خاک در اعماق مختلف و به دست آوردن الگوي توزيع و مصرف آب ازدستگاه پروفيل پراب (PR2) (محصول شركت دلتا- تي انگلستان) استفاده شد. اين دستگاه رطوبت خاک را بر حسب درصد حجمي و در فواصل ۱۰ سانتي متري قرائت مي كند. براي به دست آوردن الگوي دقيق تغييرات رطوبت درون خاک هر بار پس از آبياري، مقدار رطوبت خاک در اعماق مختلف به فواصل ۱۰ سانتي متر توسط دستگاه مذكور اندازه گيري و الگوي جذب آب مشخص گرديد. دقت اندازه گيري رطوبت خاک به وسيله دستگاه پروفيل پراب قبل از انجام مطالعات در مقايسه با روش اندازه گيري وزني واسنجي و مورد تاييد قرار گرفت. هر گاه متوسط رطوبت موجود در عمق ريشه (يعني ۴۰-۰ سانتي متر) به مرز پايين آب سهل الوصول مي رسيد آبياري بعدي انجام مي شد. مرز پايين رطوبت سهل الوصول از رابطه زير به دست مي آيد:

$$\theta_c = \theta_{fc} - \left(MAD \times \left(\theta_{fc} - \theta_{PWP}\right)\right) \qquad (۲)$$

كه در آن، $\theta_c$ مرز پاييني رطوبت سهل الوصول مي باشد. نقاط پتانسيلي مهم در سه عمق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ و۶۰-۴۰ سانتي متري در جدول (۱) نشان داده شده است.

ضريب حداكثر تخليه مجاز (Management Allowed Depletion) براي گياه سويا ۰/۵۵ گزارش شده است Allen et al., 1998 براين اساس از رابطه (۲) مقدار $\theta_c$ براي تيمارA، ۱۴/۹ و براي تيمار تنش(B) با MAD= ۶۵% ، به طور متوسط براي اعماق ۴۰-۰ سانتي متر ۱۳/۷ درصد حجمي به دست آمد. براي تيمارC، مقدار آب آبياري بر اساس عمق ناخالص آبياري محاسبه و زمان آن با توجه به MAD=۶۵% تعيين گشت. براي به دست آوردن عمق ناخالص آبياري با توجه به فرض حداقل راندمان آبياري در شرائط طبيعي معادل ۷۰% در نظر گرفته شد، فلذا به اندازه ۳۰% به عمق خالص آبياري اضافه گرديد.

جدول ۱- نقاط پتانسيلي مهم (درصد حجمي)

| عمق(cm) | جرم مخصوص ظاهري | درصدحجمي $\theta_{fc}$ | درصدحجمي $\theta_{pwp}$ |
|---|---|---|---|
| ۲۰-۰ | ۱,۴ | ۲۱,۱ | ۹,۱ |
| ۴۰-۲۰ | ۱,۴۸ | ۲۲,۳ | ۹,۶ |
| ۶۰-۴۰ | ۱,۵۲ | ۲۳ | ۹,۹ |

برنامه ريزي آبياري و اعمال تيمارها تا زمان پر شدن كامل غلاف ها و زرد شدن آنها ادامه يافت. در اين زمان با رسيدن كامل دانه ها، وزن دانه ها به حداكثر ماده توليدي رسيده است. فلذا بر اساس مشاهدات عيني در تيمار A آخرين آبياري در تاريخ ۸۶/۵/۳۰ يعني ۹۸ روز پس از كاشت و براي تيمارهاي B و C در تاريخ ۸۶/۵/۲۷ يعني ۹۵ روز پس از كاشت انجام شد. با توجه به متفاوت بودن دور آبياري در تيمارهاي مختلف تعداد و دفعات آبياري يكسان نبود (شكل ۱). پس از قطع آبياري به منظور اطلاع از چگونگي روند جذب رطوبت و مقدار مصرف گياه در مرحله پاياني رشد و رسيدن، اندازه گيري رطوبت خاک به صورت هر دو روز يكبار ادامه يافت و در نهايت در تاريخ ۸۶/۶/۱۲ كليه بوته ها برداشت شد. جهت بررسي عملكرد پارامترهاي ارتفاع بوته، تعداد و وزن غلاف، تعداد و وزن دانه و وزن ساقه و برگ اندازه گيري شد. صفات مورد نظر با استفاده از نرم افزارSAS و به كمک آزمون چند دامنه دانكن در سطوح ۱% و ۵%مورد تجزيه و تحليل قرار گرفتند.

براي به دست آوردن اطلاعاتي در مورد پروفيل ريشه و نحوه پراكندگي و رشد آن درون اعماق مختلف خاک پس از برداشت كامل محصول، ريشه گياهان از خاک درون لايسيمترها خارج شد. به اين ترتيب كه خاک موجود در لايسيمتر تا عمق ۶۰ سانتي متري، به صورت لايه هاي ۱۰ سانتيمتري خارج شده، سپس خاک به آرامي كوبيده و از الک نمره ۱۰ رد شد. ريشه هاي موجود در هر عمق از خاک جدا شده و از روي الک جمع آوري گرديد. سپس ريشه هاي تفكيک شده در اعماق ۱۰ سانتيمتري به خوبي شسته و پس از خشک شدن توزين گرديد.

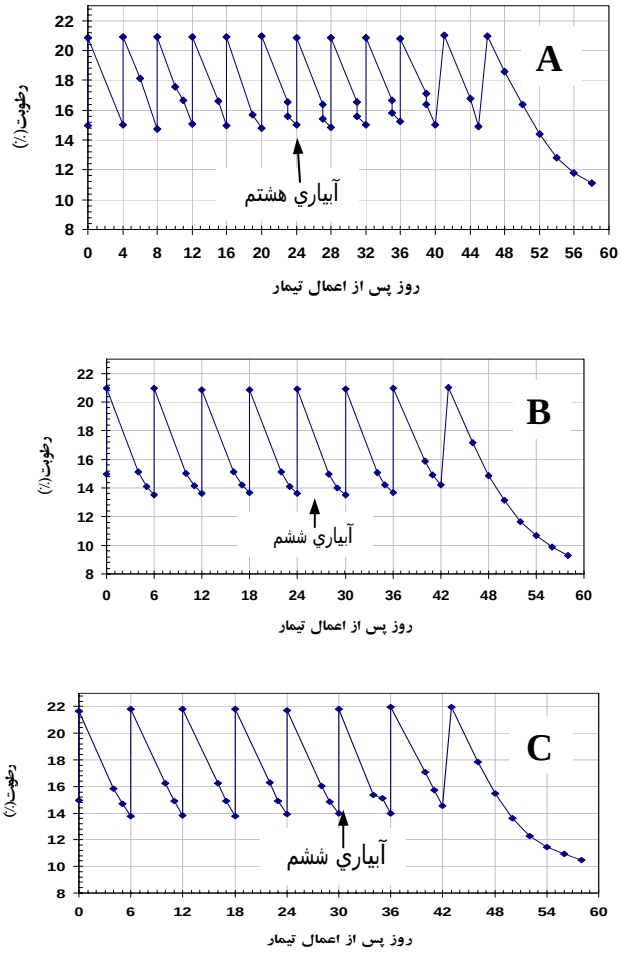
### برآورد ضريب Kc با استفاده از مدل Cropwat

با استفاده از نتايج به دست آمده از اندازه گيري رطوبت خاک در زمان هاي مختلف و با روش بيلان آبي مقدار تبخير و تعرق گياه در هر دور آبياري و همچنين متوسط تبخير تعرق روزانه قابل

محاسبه مي باشد. بنابراين با داشتن مقدار $ET_o$ روزانه مي توان ضريب گياهي را براي گياه سويا براي هر دور آبياري و طي مرحله مياني و پاياني رشد در اقليم كرج و تحت شرايط آزمايش به دست آورد. براي به دست آوردن مقدار$ET_o$ روزانه از نرم افزار Cropwat استفاده شد. داده هاي ورودي اين مدل داده هاي هواشناسي روزانه براي ماه هاي تير و مرداد در منطقه مي باشند كه از ايستگاه هواشناسي كرج جمع آوري گرديد.

## نتايج و بحث

با توجه به نتايج به دست آمده از اندازه گيري رطوبت و مقدار MAD كه براي هر تيمار در نظر گرفته شد دور آبياري تيمار B،A و C به ترتيب ۶،۴ و ۶ روزه تعيين شد. در روزهاي پاياني مرحله مياني فصل كشت يعني زماني كه گياه به روزهاي انتهايي مرحله گلدهي و توسعه غلاف مي رسيد، روند كاهش رطوبت خاک كند شده كه نشان دهنده كاهش تبخير و تعرق روزانه گياه مي باشد. اين روند در تيمار شاهد(A) از آبياري هشتم و در تيمار تنش(B) و تيمار آبياري با تاخير(C) از آبياري ششم به بعد قابل ملاحظه است (شكل۱).

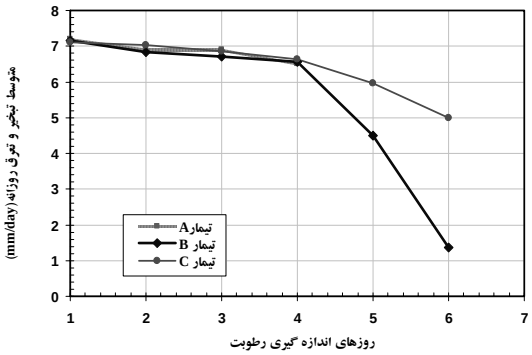



شكل ۱- متوسط تغييرات رطوبت خاک در عمق توسعه ريشه در تيمارهاي مختلف آبياري (شاهد (**A**)، تنش (**B**) و مازاد (**C**)

بررسي داده‌هاي رطوبتي خاک نشان دادكه در تيمار شاهد و تيمار تنش كاهش رطوبت يا به عبارتي مصرف روزانه گياه طي چهار روز اول پس از هر آبياري مشابه يكديگر است(شكل۲). تيمار شاهد(A) در روز چهارم آبياري مي شود اما آبياري در تيمار تنش(B) دو روز به تعويق مي افتد. طي اين دو روز روند جذب آب توسط گياه به مقدار قابل ملاحظه اي كاهش مي يابد و اين كاهش خصوصا در روز ششم قابل توجه است. علت اين امر را مي توان به طور مستقيم به كاهش رطوبت موجود در خاک و سازگاري گياه در برابر پديده كم آبي و تنش رطوبتي نسبت داد. در انتهاي روز چهارم خصوصا از اواسط روز پنجم آثار تنش و تشنگي در گياه مشهود است.

برگ‌ها خميده گشته و بوته ها به حالت پژمرده در مي‌آيند كه نشانه بروز تنش است و به نحوي سازگاري گياه نسبت به شرايط بحراني را نشان مي دهد. اين عكس العمل گياه به همراه بسته شدن روزنه ها و در پي آن افزايش دماي برگ ها، باعث كاهش تعرق گياه مي شود. ادامه اين روند باعث زرد شدن برگ ها از پايين بوته ها، محدود شدن تعداد گل ها و در پي آن توليد غلاف هاي كمتر و كوچكتر مي شود. در حاليكه در تيمار آبياري مازاد(C) عمق آبياري با لحاظ۳۰% اضافه، ۱/۳ برابر تيمار B در نظر گرفته شدكه انتظار مي رود اين آب مازاد به لايه هاي زير منطقه ريشه نفوذ كرده و با ذخيره شدن در اين ناحيه عمق بيشتري از خاک را مرطوب نمايد. همانطور كه تغييرات رطوبت خاک در عمق ريشه براي تيمار C در شكل۱ نشان مي دهد، همزمان با روند كاهشي رطوبت در منطقه ريشه و به دليل وجود اختلاف پتانسيل، رطوبت زيرين منطقه ريشه جا به جا شده و در اختيار گياه قرار مي گيرد. در اين صورت به دليل تامين بخشي از آب مورد نياز گياه از لايه هاي تحتاني، روند كاهش رطوبت خاک در منطقه ريشه كندتر بوده و در نتيجه براي رسيدن رطوبت خاک به حد تخليه مجاز فرصت بيشتري لازم است، فلذا دور آبياري مي تواند افزايش يابد. با وجود در نظر گرفتن MAD =۶۵%در تيمار C و عليرغم به تعويق افتادن زمان آبياري به مدت دو روز در مقايسه با تيمار شاهد، علائم تنش قابل توجهي در گياه ديده نشد. طي چهار روز اول ميزان مصرف گياه در حد متعارف و طبيعي و مشابه تيمار شاهد بود و به دليل ذخيره بيشتر رطوبت در كل پروفيل خاک، مقدار رطوبت باقي مانده در اين تيمار در چهارمين روز بيشتر از مقدار آن در زمان مشابه در تيمار شاهد(A) است(شكل۱). از روز چهارم به بعد كاهش نسبي در ميزان تبخير و تعرق روزانه گياه پديدار مي شود و اين به دليل كمبود رطوبت موجود در خاک است. با كاهش يافتن رطوبت موجود در منطقه ريشه، مقدار برداشت آب

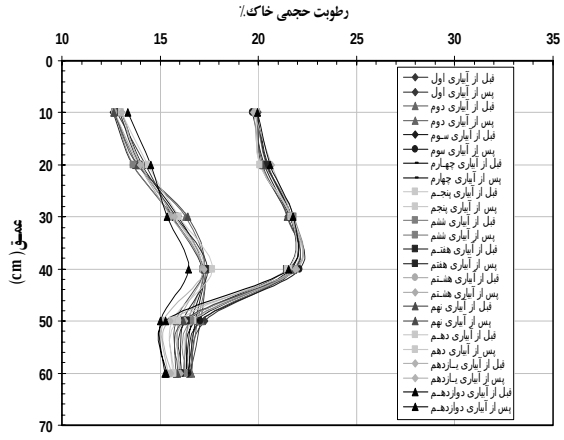
از اعماق پايييني ريشه و حتي لايه هاي زيرين بيشتر مي شود و همين امر باعث به تعويق افتادن بروز تنش در اين تيمار نسبت به تيمار B(تيمار تنش) مي گردد. تغييرات رطوبت موجود در خاک در فاصله آبياري هاي ۴ و۵ براي سه تيمارB،A و C در شکل۲ نشان داده شده است.



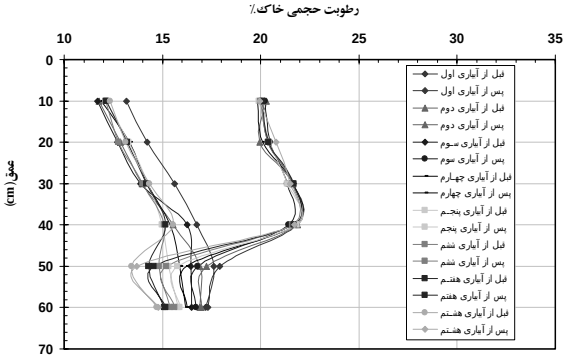

شکل ۲-تغييرات ميزان تبخير و تعرق در فاصله آبياري چهارم و پنجم در تيمارهاي آبياري تحت مطالعه

## تاثير تيمار بر نحوه جذب رطوبت از اعماق مختلف

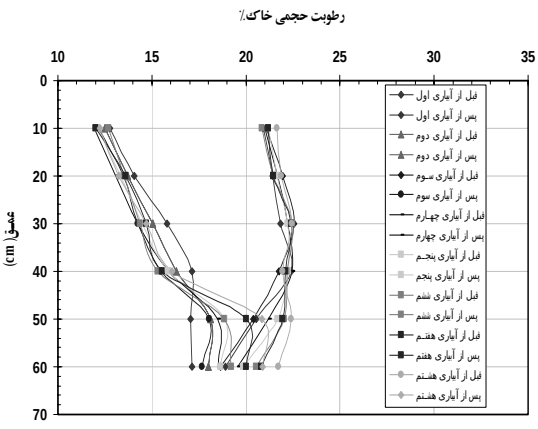
در شکل هاي ۳ و ۴ و ۵ مقدار رطوبت در لايه هاي مختلف خاک از ۱۰ تا ۶۰cm و در زمان هاي قبل و پس از هر آبياري به ترتيب براي سه تيمار A وB و C نشان داده شده است.




شکل۳- متوسط رطوبت موجود در اعماق مختلف خاک در تکرارهاي تيمارA




شکل۴:متوسط رطوبت موجود در اعماق مختلف خاک در تکرارهاي تيمارB




شکل۵- متوسط رطوبت موجود در اعماق مختلف خاک در تکرارهاي تيمارC

همانطور که ملاحظه مي شود در تيمار شاهد(A) عمده مصرف از لايه ۴۰-۰ سانتي متري صورت گرفته و جذب در لايه هاي زيرين حداقل بوده است. به عبارت ديگر نه رطوبت قابل توجهي وارد لايه هاي ۶۰-۴۰ سانتي متري شده و نه جذبي صورت گرفته است. در تيمار تنش(B) تغييرات رطوبت قبل و بعد از آبياري تقريبا مشابه تيمار شاهد بوده، با اين تفاوت که به دليل تعويق افتادن زمان آبياري مقدار برداشت از اعماق پايييني نسبت به تيمار شاهد افزايش يافته است. اما اين مقدار جذب نسبت به تيمار آبياري مازاد(C) اندک مي باشدکه علت آن عدم وجود ذخيره رطوبتي کافي در اين اعماق است. در تيمار آبياري مازاد، فاصله به وجود آمده بين منحني هاي قبل و بعد از هر آبياري در اعماق پايييني ريشه نشان مي دهدکه آب اضافه در مقدار آبياري در لايه هاي زيرين ذخيره شده و مقدار جذب از اين لايه ها نيز به مقدار قابل ملاحظه اي افزايش يافته است. از تفاضل مقدار رطوبت موجود در پروفيل خاک پس از هر آبياري و قبل از آبياري بعد، مقدار مصرف در هر دور آبياري محاسبه شده و از مجموع آنها مقدار مصرف گياه از زمان اعمال تيمارهاي آبياري بدست آمد که درجدول (۲) آمده است.

جدول۲- مقدار مصرف کل و متوسط مصرف روزانه براي تيمارهاي **CوB،A**

| | تيمارشاهد(A) | تيمار تنش(B) | تيمارآبياري مازاد(C) |
|---|---|---|---|
| مصرف در کل دوره آزمايش(mm) | ۳۴۳/۸ | ۲۸۳/۳ | ۳۲۸/۷ |
| متوسط مصرف روزانه (mm/day) | ۵/۸ | ۴/۸ | ۵/۶ |

در تيمار تنش(B) به علت به تعويق افتادن زمان آبياري تعداد دفعات آبياري کمتر شده و همچنين بدليل عدم وجود رطوبت در زير منطقه ريشه، کل مقدار جذب در مقايسه با تيمار شاهد(A)کاهش يافته و به ۲۸۳/۳ ميلي متر رسيده است. در نتيجه با کاهش متوسط تبخير تعرق روزانه به مقدار(mm/day)۱

نسبت به تيمار شاهد بديهي است كه اين تيمار دچار تنش شده است. در تيمار آبياري مازاد(C) با وجود تاخير در زمان آبياري و تعداد آبياري كمتر، اما در مقدارکل مصرف(۳۲۸/۷ mm) و همچنين در متوسط تبخير تعرق روزانه گياه ((۵/۶(mm/day) كاهش قابل توجهي نسبت به تيمار شاهد مشاهده نمي شود و همين امر باعث به تعويق افتادن علائم تنش در تيمار C شده است.

## راندمان مصرف آب

نتايج بدست آمده در خصوص ميزان كل مصرف آب در تيمارهاي مختلف(جدول۲) حاكي از اين واقعيت است كه بخشي از ۳۰% آب اضافه اي كه در مقدار آبياري لحاظ شده بود توسط گياه جذب شده و در تامين نياز آبي گياه موثر بوده است. بنابراين از آنجا كه بخشي از تلفات به طور مفيد استفاده شده راندمان آبياري در تيمار(C) بيشتر از ۷۰% است. در هر دو تيمار تنش(B) و آبياري مازاد(C) مديريت آبياري بر اساس حد تخليه ۶۵% تنظيم شده و فرض متعارف بر اين بوده كه در هر دو تيمار ميزان خالص مصرف آب يكسان است، ولي از كل آب عرضه شده كه بر اساس راندمان ۷۰% برابر

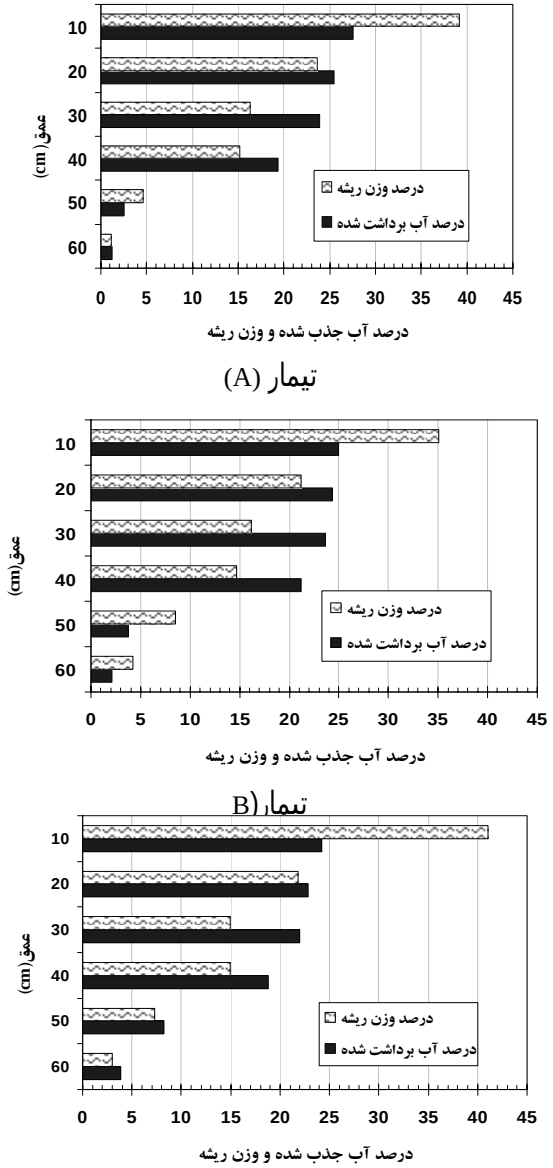
(۲۸۳/ ۳ ÷ ۰/۷ = ۴۰۴/۷ mm) مي باشد، مقدار مصرف مفيد در تيمار C برابر ۳۲۸/۷ mm و يا معادل راندماني برابر

(۳۲۸/۷ ÷ ۴۰۴/۷)×۱۰۰ = ۸۱/۲% مي باشد. اين بدان معناست كه از۳۰% آب مازاد(ويا تلفات) معادل ۱۱/۲% درصد مصرف مفيد و يا افزايش راندمان وجود داشته است.

## ارتباط الگوي مصرف ريشه با وزن ريشه

نمودار درصد وزن ريشه و الگوي جذب آب توسط ريشه در لايه هاي مختلف خاک طي كل دوره آزمايش براي هر تيمار در شكل ۶ نشان داده شده است. چگونگي برداشت رطوبت از اعماق مختلف خاک در هر تيمار و تفاوت در الگوي جذب بين تيمارهاي مختلف قابل مشاهده است. درکليه تيمارها بين تراكم ريشه لايه ۱۰ سانتي متري اول خاک با اعماق بعدي اختلاف زيادي وجود دارد. اما اين اختلاف بين تراكم ريشه اعماق ۲۰، ۳۰ و ۴۰ سانتي متري كمتر مي باشد. علت را مي توان رشد و توسعه بيشتر ريشه در جهت طولي و عمودي درون لايسيمتر دانست.

همانطور كه ذكر شد در تيمار شاهد حداقل ميزان مصرف آب از اعماق زير منطقه ريشه يعني لايه ۶۰-۴۰ سانتي متري خاک صورت گرفته و تنها معادل ۳/۷% مي باشد. درتيمار تنش(B) ميزان آب جذب شده در مقايسه با تراكم ريشه موجودكاهش يافته است. به نظر مي رسد به دليل افزايش دور آبياري و از طرفي محدود بودن ذخيره رطوبتي و در نتيجه بروز تنش كم آبي در اين تيمار، گسترش نسبي ريشه ها در اعماق تحتاني افزايش يافته، اما به دليل محدوديت رطوبت موجود در اين ناحيه برداشت قابل توجهي از لايه هاي تحتاني صورت نگرفته است. در صورتيكه در تيمار آبياري مازاد(C) مشاهده مي شود كه سهم آب برداشتي از لايه هاي زيرين(۴۰ تا ۶۰ سانتي متري) به مقدار زيادي افزايش يافته است كه علت آن را مي توان ناشي از جابجايي رطوبت موجود به سمت بالا دانست. به طوريكه در اين تيمار با وجود تقريبا ۱۰% از وزن كل ريشه در عمق هاي ۴۰ تا ۶۰ سانتي متري درصد آب برداشتي از اين لايه ها به ۱۲/۲% رسيده است. در حاليكه در تيمار B با وجود ۱۲/۵% ريشه در همين اعماق سهم آب مصرف شده تنها ۵/۹% بوده است.

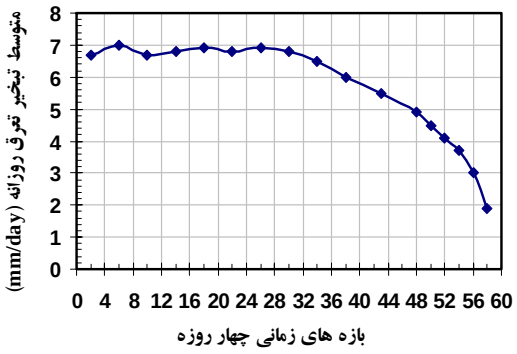



تيمار (A)

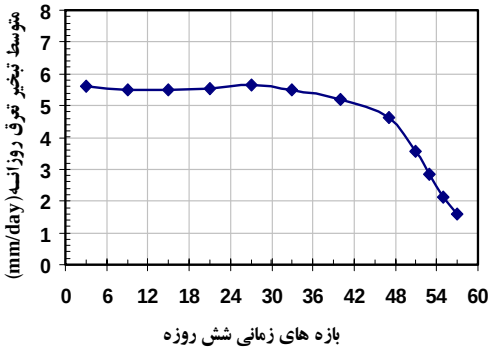
تيمار(B)

تيمار(C)

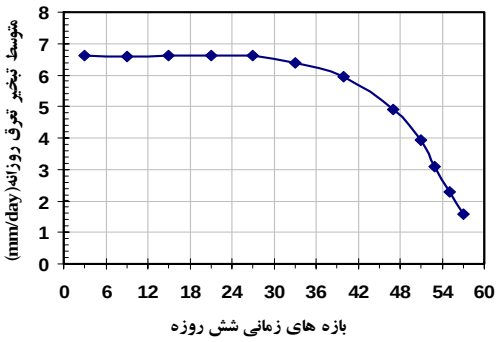
شكل۶- متوسط درصد آب جذب شده و وزن ريشه در اعماق مختلف در تيمارهاي تحت مطالعه




تيمار (A)




تيمار (B)

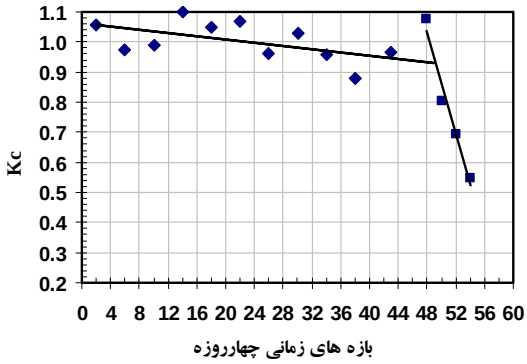



تيمار(C)

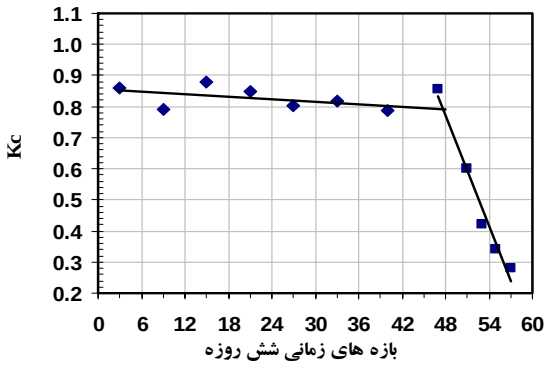
شكل ۳- متوسط تبخير و تعرق روزانه در هر دور آبياري در طول مراحل مياني و پاياني رشد در تيمارهاي(**A**)، (**B**) و (**C**)

## برآورد ضريب **Kc** با استفاده از مدل **Cropwat**

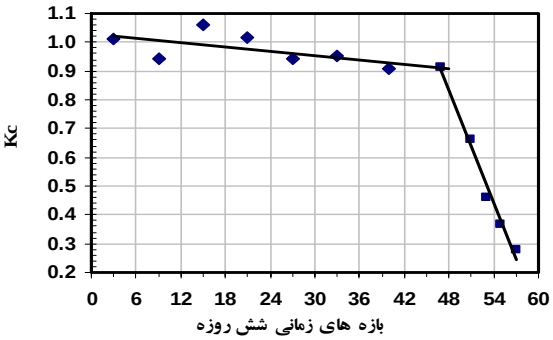
در اين مطالعه از آنجا كه اعمال تيمارها از تاريخ۸۶/۴/۱۶ يعني مصادف با اوايل مرحله گلدهي يا آغاز مرحله مياني رشد شروع شد، لذا محاسبه دقيق نياز آبي و مصرف گياه تنها از اين زمان تا انتهاي مرحله رشد امكان پذير بود، بنابراين مقادير آب مصرف شده به صورت دوره اي در فواصل هر دو آبياري محاسبه و متوسط تبخير تعرق روزانه گياه با توجه به تعداد روزهاي دور آبياري براي هر تيمار تعيين شد. نمودار تبخير تعرق روزهاي فصل كشت از شروع اعمال تيمارها، در شكل ۷ آورده شده است. متوسط تبخير تعرق هر بازه آبياري به صورت نماينده مصرف روزانه گياه در هر دور آبياري در وسط بازه نشان داده شده است. اين منحني ها شامل مرحله مياني و مرحله نهايي از كل مراحل چهارگانه رشد گياه در اين تحقيق است. با تقسيم مقدار ETc به دست آمده به عنوان متوسط تبخير تعرق روزانه در هر دور آبياري بر مقدار $ET_o$ به دست آمده از نرم افزار Cropwat(كه به صورت روزانه از مدل به دست آمد و سپس متوسط آن در هر دور آبياري محاسبه شد)، مقدار Kc براي هر دور آبياري (۴ و ۶ روز) محاسبه گرديد(شكل۸).




تيمار (A)




تيمار (B)




تيمار(C)

شكل ۴- تغييرات مقادير **Kc** در هر دور آبياري در طول مراحل مياني و پاياني رشد در تيمارهاي **(A),(B)** و **(C)**

متوسط مصرف روزانه گياه در شرايط شاهد(A) بيشتر از شرايط تنش(B) بوده كه قابل انتظار بود. در عين حال اگر از تلفات اعمال شده در تيمار آبياري مازاد(C)، ميزان جذب آب وجود نداشت انتظار مي رفت شرايط اين تيمار مشابه تيمار تنش شود. در صورتيكه متوسط تبخير تعرق روزانه بدست آمده

در تیمار(C) بسیار نزدیك به تیمار شاهد بوده است. علت این امرآنستکه در زمان کاهش رطوبت در لایه های بالایي خاک، ریشه ها از رطوبت ناحیه پایین تر استفاده کرده و کمبود رطوبتي را جبران نموده اند. به همین دلیل در میزان تبخیر تعرق گیاه تغییر قابل توجهي ایجاد نشده و گیاه تقریبا در شرایط نرمال به سر برده است. در تیمارB کاهش قابل ملاحظه اي در میزان تبخیر تعرق روزانه مشاهده مي شود. با به تعویق افتادن زمان آبیاري در این تیمار گیاه دچار تنش کم آبي شده و به علت عدم وجود رطوبت کافي در پروفیل ریشه و اعماق پایین تر، تبخیر تعرق آن کاهش یافته است. در نهایت علائم این تنش به خوبي در میزان عملکرد این تیمار بروز کرده است که در بخش تجزیه و تحلیل آماري به این موضوع پرداخته شده است. نتایج مذکور با روندي کاملا مشابه در مورد ضرایب گیاهي(Kc) نیز به دست آمد(شکل۸).

در زمینه تبخیر و تعرق گیاهان، اندازه گیري Kc و مقایسه آن با مدل هاي تخمین تبخیر- تعرق تحقیقات زیادي صورت گرفته است (Testi et al, 2004; Parkes et al. 2005; Kar & Verma, 2005). بر اساس نتایج بدست آمده توسط این محققین بین مقادیر اندازه گیري شده Kc در آزمایشات و مقادیر گزارش شده آن توسط آلن و همکاران (۱۹۹۸) امکان وجود ۴۰ ± % اختلاف وجود دارد. Karam et al. (۲۰۰۵) نیز در تحقیقي مقدار تبخیر- تعرق و Kc گیاه سویا را در منطقه مدیترانه اي لبنان بررسي کرده و مقادیر Kc را در مراحل آغازین، میاني و پایاني رشد به ترتیب برابر۰/۶۲، ۰/۸۹ و ۰/۷۳ تعیین نمودند. بر اساس نتایج فوق مشاهده مي شود که در این پژوهش مقدار متوسط Kc در دوره هاي میاني و پایاني براي تیمار شاهد به ترتیب معادل ۰/۹۹ و ۰/۷۴ برآورد شد.

جدول ۳- اثر تیمار بر پارامترهاي عملکرد گیاه سویا

| تیمار | تعدادغلاف هر بوته | تعداد دانه در غلاف | وزن هزار دانه gr | عملکرد دانه ton/ha | شاخص برداشت | وزن کل ماده تولیدي ton/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | ۱۸/۴ a b | ۲/۵ a * | ۱۱۴/۹۷ a | ۰/۸۵ a | ۰/۳۴ a | ۲/۵۳ a |
| B | ۱۷/۷ b | ۲/۱ b | ۹۴/۹۸ b | ۰/۵۷ c | ۰/۲۸ b | ۲/۰۲ b |
| C | ۱۹/۱ a | ۲/۴ a | ۱۰۰/۶۸ b | ۰/۷۳ b | ۰/۳۲ a | ۲/۲۹ a b |

*a، b و c: میانگین هایي که داراي حروف متفاوت هستند، از نظر آماري اختلاف معني دار داشته اند.

تجزیه و تحلیل آماري شاخص هاي عملکرد

عملکرد، مهم ترین متغیر مورد آزمایش و شاخص اصلي براي مقایسه تیمارهاي آزمایش مي باشد. بر اساس روابط تابع تولید، عملکرد گیاهان با میزان مصرف آبي گیاه مستقیما مرتبط است . نتایج به دست آمده از عملکرد گیاهان در سه تیمار مختلف همین واقعیت را نشان مي دهد. در تیمار آبیاري مازاد (C) به دلیل امکان استفاده از آب بیشتر، میزان مصرف مفید گیاه بیشتر بوده و همین امر باعث عملکرد بهتر تیمار آبیاري مازاد در مقایسه با تیمار تنش( با دور آبیاري مشابه)شده است. این تفاوت به شکل معني داري بین شاخص هاي تعداد غلاف هر بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه و شاخص برداشت دیده مي شود (جدول۳). از آنجا که تبخیر تعرق تیمار(C) و تیمار شاهد(A) اختلاف کمي با هم دارند بین صفات عملکرد تعداد غلاف هر بوته، تعداد دانه در غلاف، شاخص برداشت و وزن کل ماده تولیدي اختلاف معني داري مشاهده نمي شود، اما چون در تیمار(C) براي تامین آب مورد نیاز گیاه از ذخیره موجود در زیر منطقه ریشه انرژي بیشتري مصرف شده است، در پارامترهاي وزن هزار دانه و عملکرد دانه اختلاف معني دار در سطح ۵% به وجود آمده است.

خلاصه و نتیجه گیري

علت بروز اختلاف معني دار در اغلب صفات اندازه گیري شده عملکرد بین تیمارهاي موجود در این مطالعه مربوط به نحوه مدیریت آبیاري است که براي هر یک اعمال شد. اختلافات موجود در عملکرد تیمار تنش (B) با دو تیمارA وC قابل ملاحظه مي باشد. در حالیکه بین دو تیمار A وC در اکثر صفات عمکرد چنین تفاوت هاي معني داري وجود ندارد. در تیمار C به دلیل لحاظ کردن ۳۰% آب اضافه به مقدار آبیاري (با در نظر گرفتن راندمان ۷۰%) علائم تنش کم آبي نسبت به تیمار B کمتر بروز کرده و این تیمار با تنش کمتري مواجه گردید. این مساله نشان مي دهد که تلفات عمقي ناشي از راندمان پایین آبیاري مي تواند در محاسبات برنامه ریزي آبیاري لحاظ شود. ذخیره شدن آب اضافه در منطقه زیر ریشه در مواقع بروز تنش رطوبتي تا حدي جایگزین بروز خشکي در لایه هاي بالایي خاک شده و با بر قرار شدن جریانات صعودي و رو به بالا امکان دسترسي گیاه به آب بیشتر فراهم مي شود و گیاه با جذب رطوبت لایه هاي پایینی حتي از محدوده زیر ریشه، تا اندازه اي خود را از تنش خشکي حفظ مي کند. همانطور که نتایج مربوط به الگوي برداشت آب و وزن ریشه نشان مي دهد و همچنین با مقایسه وزن ریشه در تیمارهاي تنش (B) و مازاد(C) در مي

يابيم كه جذب رطوبت از اعماق پايين تر خاک بيش از آنكه به وجود ريشه در آن نواحي ارتباط داشته باشد به وجود رطوبت بستگي دارد. با توجه به مطالب ارائه شده و نتايج به دست آمده مي توان در برنامه ريزي و نحوه مديريت آبياري تجديد نظر نمود. از جمله اينكه در صورت در نظر گرفتن راندمان آبياري ۷۰% و لحاظ ۳۰% آب مازاد بر نياز آبي گياه به مقدار آبياري، مي توانMAD را افزايش داد. به عبارت ديگر رطوبت ذخيره شده در منطقه زير ريشه را هدر رفته ندانسته و با افزايش MAD امكان استفاده از اين مقدار رطوبت در تامين نياز گياه فراهم شود. به اين ترتيب راندمان كاربرد افزايش پيدا مي كند. چون از مقدار آب وارد شده به سطح مزرعه در صد بيشتري از آن هم در منطقه ريشه و هم در ناحيه زير آن به صورت مفيد براي جذب و استفاده گياه در آمده است. به عبارت ديگر عمق موثر ريشه در جذب رطوبت افزايش يافته است. از طرفي مي توان با در نظر گرفتن راندمان آبياري بالاتر(بيشتر از ۷۰%) و ثابت نگاه داشتن MAD و دور آبياري درصد كمتري را به عنوان تلفات عمقي تلقي كرده و مقدار آبياري در حد جبران كمبود رطوبتي خاک محاسبه كرد. به اين ترتيب با استفاده بهينه از آب آبياري مديريت كارآمدتر و بهتري در سطح مزرعه اعمال خواهد شد.

فهرست علائم

IRRI = عمق آبياري (cm)

$D_{rz}$ = عمق توسعه ريشه(cm)

$\theta_{fc}$ = رطوبت حجمي خاک درحد ظرفيت زراعي (%)

$\theta_{pwp}$ = رطوبت حجمي خاک درحد نقطه پژمردگي (%)

$\theta_i$ = رطوبت حجمي موجود خاک (%)

MAD= حد تخليه مجاز (%)

$ET_o$ = تبخير و تعرق پتانسيل (mm/d)

ETc= تبخير و تعرق واقعي گياه (mm/d)

$K_c$= ضريب گياهي

$E_a$= راندمان مصرف آب

**REFERENCES**


Alizadeh, A. (2003). Irrigation Systems Design (4th ed.), *Astane Ghodse Razavi Publ*.

Allen, R.G., Pereira, L.S. Raes, D. and Smith, M. (1998). Crop evapotransriration. Guidelines for computing crop water requirements, Irrigation and Drainage Paper, No. 56. FAO, United Nations, Rome, Italy, 300p.

Camposeo, S. and Rubino, P. (2003), Effect of irrigation frequency on root water uptake in sugar beet, *Plant and Soil*, 253:301-309.

de Medeiros, G.A., Arruda, F.B. and Sakai, E. (2006), Crop coefficient for irrigated beans derived using three reference evaporation methods, *Agric. Forest Meteorol*, 135(1–4), 135–143..

Doorenbos. J. & Kassam, A. H. (1979). Yield response to water, *Irrigation and Drainage* Paper, No. 33. FAO, United Nations, Rome, Italy.

Heerman, D.F. and Solomon, K.H. (2007). Efficiency and Uniformity. In: *Design and Operation of farm irrigation systems*. 108-119. G.J. Hoffman, et al., (eds) ASABE. MI. USA.

Kar, G. and Verma, H. N. (2005), Phenology based irrigation scheduling and determination of crop coefficient of winter maize in rice fallow of Eastern India, *Agricultural Water Management*, 75:169-183.

Karam, F., Masaad, R. Sfeir, T. Mounzer O. and Roufael, Y. (2005), Evapotranspiration and seed yield of field soybean under deficit irrigation conditions, *Agricultural Water Management*, 75:226-244.

Katerji, N. and Rana, G. (2006). Modeling evapotranspiration of six irrigated crops under Mediterranean climate conditions, *Agric. Forest Meteorol*, 138: 142–155.

Kuo, Sh.F., Lin B. J. & Shieh, H. J. (2001), CROPWAT model to Evaluate Crop water requirements in Taiwan, *International Commission on Irrigation and Drainage*, 1st Asian Regional Conference, Seoul.

Lai, C. T. and Katual, G. (2000). The dynamic role of root-water uptake in coupling potential to actual Transpiration, Adv. *Water Resources*, 23:427-439

Li, K. Y., Boisvert, J.B. and De Jong, R. (1999). An exponential root-water uptake model, *Can. J. Soil Sci*, 79.

Navabian, M., Liaghat, A. M., Smith, R. J. and Abbasi. F. (2009). Empirical functions for dependent variables in cutback furrow irrigation. *Irrig Sci*. 27:215–222.

Parkes, M., Jiang, W. and Knowles, R. (2005). Peak crop coefficient values for shaanxi north–west China, *Agricultural Water Management*, 73: 149–168.

Rogers D.H., Lamm FR, Alam M, Trooien TP, Clark GA, Barnes PL and Mankin K (1997) Efficiencies and Water Losses of Irrigation Systems. [Internet]. Kansas State University, Research and Extension Engineers, Manhattan, USA. Available from: <http://www.oznet.ksu.edu/library/ageng2/mf2243.pdf>. [Accessed 17 March 2000]

Testi, L., Villalobos, F. J. and Orgaz, F. (2004). Evapotranspiration of a young irrigated olive orchard in southern Spain, Agric. *Forest Meteorol*, 121: 1–18.

Watanabe, K., Yamamoto, T., Yamada, T., Sakuratani, T., Nawata, E., Noichana, Ch., Sributta A., & Higuchi, H. (2004). Changes in seasonal evapotranspiration, soil water content and crop coefficients in sugarcane, Cassava and maize fields in northeast Thailand, *Agricultural Water Management*, 67:133-143.

Zerihun, D., Feyen, J. and Reddy, J. (1997). Empirical functions for dependent furrow irrigation variables: Methodology and equations. *Irrig Sci*. 17:111–120

Zhang J, Sui, X, Li B, Su B, Li J, and Zhou D. 1998. An improved water-use efficiency for winter wheat grown under reduced irrigation. *Field Crop Research* 59, 91–98

مجله تحقیقات آب و خاک ایران (۴۱) ۱, ۱۳۸۹ (۴۷-۳۹)