اثر آبیاری محدود در مراحل مختلف رشد بر صفات رویشی، عملکرد و کارایی مصرف آب پیاز خوراکی

عیسی حکیمی نیا[1]، صاحبعلی بلند نظر[2*] و سید جلال طباطبایی[2]

تاریخ دریافت: 91/9/7 تاریخ پذیرش: 92/2/29

1- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

2- به ترتیب دانشیار و استاد گروه علوم باغبانی دانشگاه تبریز

* **مسئول مکاتبه** Email: bolandnazar@gmail.com

چکیده

هدف اصلی در کم آبیاری افزایش کارآیی مصرف آب با حذف بخشی از آب آبیاری است که تاثیر معنی داری در افزایش عملکرد ندارد. به منظور بررسی اثر آبیاری محدود در مراحل مختلف رشد بر صفات رویشی، عملکرد، روابط آبی پیاز خوراکی رقم آذرشهر آزمایشی در سال زراعی1388 به اجرا در آمد. آزمایش گلدانی و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با هشت تیمار و چهار تکرار پیاده گردید. تیمارها شامل آبیاری بر اساس رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای در مراحل مختلف رشد و عبارت بودند از I_1(1، 1 و 0/8)، I_2 (0/75، 1 و 0/8) I_3(0/75، 0/75 و 0/8) I_4 (0/6، 1 و 0/8) I_5 (0/6، 0/75 و 0/8) I_6(0/6، 0/6 و 0/8) I_7 (1، 1 و 0/6) I_8 (0/75، 0/75 و 0/6) که اعداد به ترتیب بیانگر رطوبت بر اساس ظرفیت مزرعه‌ای در مراحل رشد رویشی، تشکیل پیاز و رسیدن می‌باشند. در مرحله استقرار آبیاری همه تیمارها به طور کامل انجام گرفت. نتایج نشان داد که صفات رویشی شامل تعداد برگ، ارتفاع بوته، نسبت پیازدهی و همچنین عملکرد و وزن خشک سوخ، به طور معنی‌داری تحت تاثیر آبیاری محدود قرار گرفتند، به طوری که با افزایش آب آبیاری، تعداد برگ، ارتفاع بوته، عملکرد و وزن خشک پیاز خوراکی افزایش یافت. با افزایش آب آبیاری تبخیر و تعرق و محتوای نسبی آب برگ افزایش یافت. کارایی مصرف آب نیز با افزایش آب آبیاری افزایش یافت ولی اختلاف معنی‌داری بین آبیاری متوسط و کامل مشاهده نشد. ضریب واکنش عملکرد در تیمار I_6 که در سراسر دوره رشد کمترین میزان آب را دریافت کرده بود بیشترین مقدار (2/32) بود. این نتایج نشان می‌دهد که پیاز خوراکی در مرحله تشکیل سوخ حساسیت بالایی به کمبود آب خاک دارد اما حساسیت کمی در مراحل رشد رویشی و رسیدن دارد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری محدود، پیاز خوراکی، کارآیی مصرف آب، عملکرد و تبخیر و تعرق

Deficit Irrigation During Different Growing Stages Affects Growth Characteristics, Yield and Water Use Efficiency of Onion

E Hakiminia[1], S Bolandnazar[2*] and SJ Tabatabaei[2]

Received: November 27, 2012 Accepted: May 19, 2013
[1]MSc. Former Student, Dept of Horticultural Science, University of Tabriz, Iran
[2]Assoc Prof and Prof, Dept of Horticultural Science, University of Tabriz, Iran
*Corresponding Author: E-mail bolandnazar@gmail.com

Abstract

The main subject of deficit irrigation is to increase the water use efficiency of plants by omitting a partial amount of irrigation water with no significant influence on crop yield. An experiment was contacted to evaluate the effects of deficit irrigation during different growth stages, on vegetative characteristics; yield and water relations of onion cv. Azarshahr, based on randomized complete block design with 8 treatments and 4 replicates. Treatments were consist of: I1 (1, 1, and 0.8), I2 (0.75, 1 and 0.8) I3 (0.75, 0.75 and 0.8) I4 (0.6, 1 and 0.8) I5 (0.6, 0.75 and 0.8) I6 (0.6, 0.6 and 0.8) I7 (1, 1, and 0.6) I8 (0.75, 0.75 and 0.6), numbers indicate the soil water content based on field capacity at vegetative growth, bulb formation and bulb maturity stages in onion plants, respectively. At the establishment stage, plants have been received the full irrigation. The results showed that vegetative traits including leaf number, plant height, bulbing ratio, bulb dry weight and bulb yield were significantly affected by the deficit irrigation, so by increasing the irrigation water supply, the number of leaves, plant height, yield and dry weight were increased. By increasing of irrigation water supply ET and RWC were increased as well as. Water use efficiency was improved by increasing the irrigation water supply but, there was no significant difference between the full and medium irrigation treatments. Yield response factor (Ky) of I_8 treatment which had received the least amount of water was the highest (2.32). These results suggest that the bulb formation stage in onion crop is very sensitive to water stress whereas; during the vegetative growth and maturity stage the sensitivity is reasonably low.

Key words: Deficit Irrigation, Onion, WUE, Yield, ET

مقدمه

پیاز خوراکی، (*Allium cepa* L.) یکی از قدیمی ترین و مهمترین سبزیها در دنیا و ایران است و از نظر دارا بودن موادی چون پروتئین، کلسیم، آهن، فسفر، پتاسیم، ویتامینها و خاصیت ضد قارچی و ضد باکتریایی و نیز تولید کالری اهمیت فراوان دارد

(پیوست 1377). کمبود آب مهمترین عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود. از آن جایی که بیشتر مساحت ایران را مناطق خشک و نیمه خشک با منابع آب محدود تشکیل می‌دهد بنابراین، برنامه ریزی دقیق تری برای استفاده بهینه از منابع آب موجود ضرورت دارد. برای رسیدن به این امر، شناسایی راه‌های کاهش تلفات آب و همچنین تعیین نیاز آبی گیاهان در مناطق مختلف کشور ضروری به نظر می رسد (فرشی و همکاران 1376). نیاز آبی پیاز خوراکی به عنوان یک محصول عمده باغبانی برای تولید عملکرد مناسب و وزن خشک بالا بسیار زیاد بوده و تا 800 میلی متر نیز می رسد. به خاطر سطحی بودن ریشه های پیاز خوراکی باید مقدار آب در هر مرحله کم ولی تعداد دفعات بیشتر باشد (روباتزکی و یاماگوچی 1997). مراحل رشد پیاز خوراکی را می توان به چهار دوره تقسیم نمود: استقرار، رشد رویشی، تشکیل پیاز و رسیدن محصول که حساسیت به کمبود آب در هر مرحله متفاوت است (مارتین دسانتا- اولالاو همکاران 2004 ؛ کادایفچی و همکاران 2005). از بین مراحل فوق الذکر مرحله تشکیل پیاز حساسترین مرحله به تنش کمبود آب می باشد (دورنباس و کاسام 1979؛ کادایفچی و همکاران 2005). در نواحی خشک و نیمه خشک، تولید محصول پیاز خوراکی وابسته به آبیاری است. در آذربایجان شرقی که از مراکز عمده تولید این محصول در ایران است، حدود 22 بار آبیاری در طول فصل رشد صورت می گیرد (اسماعیل پور 1380). کم آبیاری از اوایل قرن نوزدهم به عنوان یک روش به صورت یک تنش رطوبتی نمود پیدا کرد و هدف از آن بهبود کیفیت برخی از محصولات بود(انگلش و جیمز1990). تطبیق زمان آبیاری با دوره های بحرانی رشد به نحوی که از پایین آمدن رطوبت از حد بحرانی (ظرفیت پژمردگی دایم) جلوگیری به عمل آورد بر مقدار محصول و مصرف آب تاثیر مهمی دارد. فشار ناشی از کمبود آب در بخش کشاورزی، انگیزه یافتن راه هایی برای بهبود کارایی مصرف آب آبیاری و بهره برداری کامل از منابع آب در دسترس را افزایش داده است، که به کارگیری روش های جدید آبیاری یکی از این راه ها است (آل عمران و همکاران 2004). کم آبیاری یک راهکار مطلوب برای تولید محصول در شرایط کمبود آب است به طوری که در این روش عملکرد گیاه آگاهانه کاهش داده می‌شود تا کاهش محصول در واحد سطح با افزایش سطح زیر کشت جبران شود (انگلش و جیمز 1990). یکی از عوامل مهم در تعیین کارا بودن آب مصرفی جهت تولید محصولات کشاورزی شاخص کارایی مصرف آب است. کارایی مصرف آب معمولاً به مقدار ماده خشک تولید شده به ازاء واحد حجم آب مصرفی اطلاق می‌شود (علیزاده 1384). هدف کم آبیاری افزایش کارآیی مصرف آب با کاهش نیاز آبیاری گیاه و حذف بخشی از آب آبیاری است که تاثیر معنی داری در افزایش عملکرد ندارد. اقبال و همکاران (1999) در آزمایشی در پاکستان با اعمال تنش رطوبتی (آبیاری در حد 50درصد تبخیر و تعرق) در مراحل استقرار بوته ها، گلدهی، تشکیل غده و رسیدگی آن در سیب زمینی، گزارش کردند که بیشترین حساسیت به تنش رطوبتی در مرحله گلدهی و تشکیل سوخ بوده و اعمال تنش در زمان رسیدگی کمترین کاهش عملکرد و بیشترین کارایی مصرف آب را به همراه داشت. در یک آزمایش کمبود آبیاری در سیر کاشته شده در شرایط نیمه خشک در سه مرحله رشد محصول (رشد رویشی، تشکیل سوخ و رسیدن) مطالعه شده بود که تشکیل سوخ تحت تاثیر مقدار کل آب آبیاری قرار گرفت، که تیمارهای بدون کمبود آبیاری در طول مرحله رسیدن بیشترین محصول را داشتند. کمبود اعمال شده در مرحله رسیدن عمدتا روی مقدار محصول بدست آمده موثر بود و کمبود اعمال شده در مرحله تولید سوخ و مرحله رسیدن روی کیفیت و کمیت موثر بود (فابیریو و همکاران2002). بلند نظر و همکاران (2007) در

آزمایشی گلدانی از بین دوره های آبیاری 7، 9 و 11 روز در پیاز خوراکی نشان دادند که بیشترین کارایی مصرف آب در فاصله آبیاری 9 روز صورت گرفت و همچنین در دور آبیاری 9 روز گیاهان دارای بیشترین شاخص سطح برگ، وزن خشک و عملکرد پیاز بودند که با افزایش دور آبیاری به 11 روز این شاخص کاهش یافت. سرهت و سیگدم (2009) بیان کردند که آبیاری در تیمارهای 100 و 75 درصد تبخیر از تشتک تبخیر منجر به افزایش عملکرد پیاز به ترتیب 51 و 39 تن در هکتار می-شود و فاکتور واکنش عملکرد(K_y) نیز 1/06 گزارش شد. همچنین بیشترین کارایی مصرف آب $kg\ mm^{-1}$ 13/84 برای تیمار 50 درصد تبخیر بدست آمد. مارتین دسانتا-اولالا و همکاران (2004) نیز با کم آبیاری کنترل شده کارایی مصرف آب را در پیاز خوراکی افزایش دادند. عبد العزیز(2002) با بررسی تاثیر رژیم های مختلف آبیاری روی عملکرد پیاز خوراکی مشاهده کردند که میزان کارایی مصرف آب با افزایش آب آبیاری افزایش یافته است. کادایفچی و همکاران (2005) نشان دادند که پیاز خوراکی نسبت به کمبود آب در سراسر دوره رشد و تشکیل سوخ خیلی حساس بوده ولی حساسیت کمی در مراحل رشد رویشی و رسیدن دارد. هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر آبیاری محدود در مراحل مختلف رشد پیاز خوراکی بر صفات کمی و صفات فیزیولوژیک , کارایی مصرف آب پیاز خوراکی رقم قرمز آذرشهر می باشد.

مواد و روش ها

آزمایش در سال زراعی1388 در ایستگاه تحقیقاتی خلعت پوشان وابسته به دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در جاده تبریز- باسمنج به اجرا در آمد. در این آزمایش از پیاز قرمز آذرشهر، استفاده شد. آزمایش گلدانی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با هشت تیمار و چهار تکرار پیاده گردید و هر واحدآزمایشی شامل یک گلدان با سه بوته و مجموعا 96 گیاه بود. خاک مورد نظر از ایستگاه آموزشی تحقیقاتی خلعت پوشان از عمق 0 تا 20 سانتی متری انتخاب و بعد از هوا خشک کردن مقدار رطوبت آن اندازه گیری، و به گلدانهای هشت کیلوگرمی منتقل شد. جدول 1 نتیجه تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش را نشان می‌دهد. بذور پیاز رقم قرمز آذر شهر پس از ضدعفونی شدن با هیپوکلریت سدیم یک درصد بمدت 10 دقیقه، در اواخر اسفند ماه در گلخانه در بستر لوم شنی کاشته شده و پس از رسیدن نشاها به اندازه مناسب (سه تا چهار برگی) به گلدانها در فضای آزاد منتقل گردیده و در هر گلدان سه نشا با فاصله مناسب از یکدیگر نشا شده و آبیاری گیاهان با دقت انجام شد. بعد از گیرایی نشا تیمارهای آبیاری بر اساس جدول 2 در مراحل مختلف رشد پیاز (مرحله استقرار (از زمان انتقال نشا تا شروع رشد رویشی سریع)، رشد رویشی، تشکیل سوخ و رسیدن) آن اعمال شدند.

جدول1- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

درصد اشباع	EC	pH	درصد کربن	درصد نیتروژن	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	درصد شن	درصد لای	درصد رس
37	1/1	7/8	1/2	0/12	6/1	313	76	18	6

جدول 2- برنامه آبیاری در تیمار های مختلف در چهار مرحله رشد پیاز خوراکی

		تیمار							
مرحله	مدت زمان	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8
استقرار	26	1	1	1	1	1	1	1	1
رشد رویشی	32	1	0/75	0/75	0/6	0/6	0/6	1	0/75
تشکیل سوخ	24	1	1	0/75	1	0/75	0/6	1	0/75
رسیدن	20	0/8	0/8	0/8	0/8	0/8	0/8	0/6	0/6

1، 0/8، 0/75 و 0/6 بیانگر رطوبت خاک بر اساس FC می باشند.

بعد از انتقال نشا برای حصول اطمینان از گیرایی نشاها چهار مرتبه آبیاری تا حد رطوبت ظرفیت زراعی هر سه روز یک بار انجام و سپس تیمارهای آبیاری اعمال شد. بدین ترتیب هر روز کاهش وزن گلدان ها اندازه گیری و به همان میزان آب به هر گلدان اضافه می شد. به علت غنی بودن خاک از فسفر و پتاسیم نیازی به استفاده از این عناصر نبود ولی با توجه به کمبود نیتروژن برای جبران آن بنا به توصیه منطقه ای مصرف کود (ملکوتی 1379) مقدار نیتروژن لازم محاسبه و به میزان 60 میلی گرم بر کیلوگرم خاک به صورت اوره در دو نوبت (یک ماه بعد از نشا و 20 روز بعد از آن) قبل از آبیاری به صورت سرک استفاده شد. در طول آزمایش با بیماری ها و آفات رایج (سفیدک و تریپس) مبارزه شیمیایی انجام شد. برآورد تبخیر و تعرق روزانه و فصلی (ET) با توزین روزانه گلدانها با استفاده از فرمول [1] انجام شد (کادایفچی و همکاران، 2005). برای این منظور گلدان ها هر روز در یک ساعت معین با ترازوی دیجیتالی وزن شدند. مقدار کاهش وزن بین هر دو روز متوالی به عنوان برآوردی از تبخیر و تعرق روزانه (ET) در نظر گرفته شد. شایان ذکر است که گلدان ها آب زهکش نداشتند. مجموع ET روزانه در آخر فصل به عنوان ET فصلی که با آب مصرف شده برابر بود در نظر گرفته شد.

$$ET_{(0)}= W_{i-1}- Wi/Pw.A \qquad [1]$$

W_{i-1} : وزن گلدانها (kg) در روزهای i و i-1، ρW : مقدارآب ثقلی (g/cm^3)، A : سطح گلدانها(m^2)

در نهایت کارایی مصرف آب بر حسب گرم ماده تر و خشک بر کیلوگرم آب مصرفی محاسبه شد کادایفچی و همکاران 2005).

$$WUE=Y/ET \qquad [2]$$

ET:تبخیر و تعرق فصلی(mm) Y : عملکرد

محتوای نسبی آب (RWC)[1]: طبق روش (جنسن و همکاران 1996) از معادله [3] محاسبه شد.

Tw: وزن تورم کامل Dw: وزن خشکFw: وزن تر

$$RWC= Fw- Dw/Tw-Dw \qquad [3]$$

ارتفاع بوته و تعداد برگ نیز با خط کش با دقت یک میلی متر اندازه گیری شدند. شاخص نسبت پیازدهی از تقسیم قطر پیاز به قطر گلو به دست می‌آید، برای تعیین این شاخص هر هفته یک بار خاک اطراف سوخ پیاز خوراکی در تعدادی از واحد های آزمایشی با یک وسیله استریل کنار زده شد (بلندنظر 1386). قطر سوخ و گردن به وسیله کولیس با دقت یک میلی متر اندازه گیری می شد، موقعی که شاخص پیاز دهی به حدود 1/5 تا 2 رسید به منزله شروع پیاز دهی در نظر گرفته شد.

ضریب واکنش عملکرد (Ky)[2]

ضریب K_y نسبت کاهش نسبی عملکرد به کاهش نسبی تبخیر و تعرق با استفاده از رابطه ای که توسط

1-Relative Water Content

2-Yield Response Factor

دورنباس و کاسام (1979) ارائه شده است محاسبه گردید.

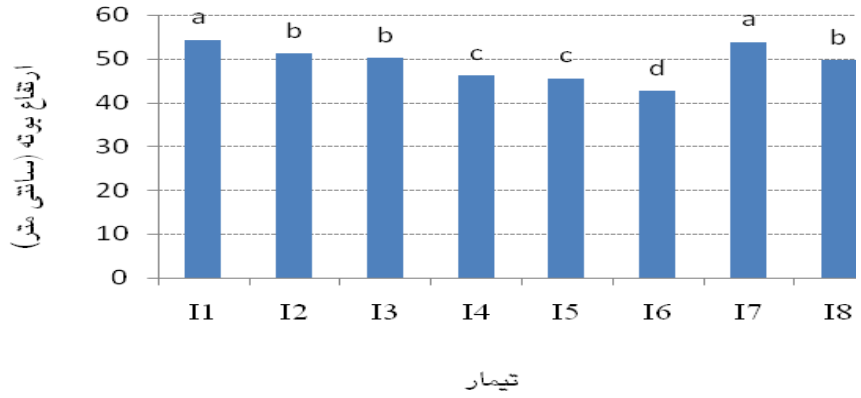
$$Ky=1-Y/Ym/1-ETa/ETm \quad [4]$$

Y_m و ET_m به ترتیب مقادیر عملکرد و تبخیر و تعرق در شرایط بدون تنش کمبود آب و Y_a و ET_a به ترتیب مقادیر مشابه در شرایط وقوع کمبود آب در گیاه در طول رشد است. بعد از برداشت پیازها وزن تر و خشک سوخ توسط ترازو با دقت 0/001 اندازه گیری شد. برای اندازه گیری وزن خشک نمونه ها در آون در دمای 72 درجه تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شد. برای تجزیه واریانس از نرم افزار SPSS.16 استفاده شد ومقایسه میانگین ها با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال 1 و 5 درصد انجام شد.

نتایج و بحث

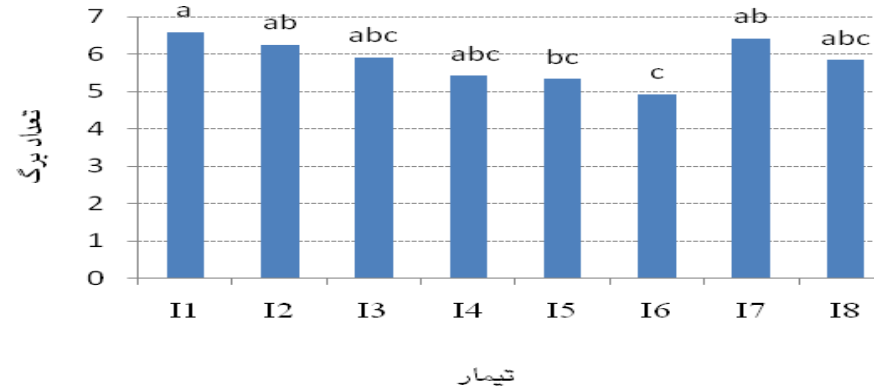
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر آبیاری محدود بر ارتفاع بوته و تعداد برگ پیاز خوراکی معنی دار می باشد(جدول 3). بیشترین ارتفاع بوته و تعداد برگ در تیمار های 1 و 7 مشاهده شد که در مراحل رشد رویشی و تشکیل محصول به طور کامل کامل آبیاری شدند و کمترین آنها در تیمار 6 مشاهده شد که در مراحل رشد رویشی و تشکیل محصول 60 درصد آب را دریافت کردند. (شکل های 1 و 2). نباتی(1383) نیز گزارش کرده است که با افزایش تنش خشکی ارتفاع گیاه کاهش می یابد در واقع کاهش پتانسیل آب بافتهای مریستمی درطول روز موجب نقصان پتانسیل فشاری به حدی کمتر از میزان لازم برای بزرگ شدن سلولها می گردد. از آنجا که پدیده رشد حاصل فعالیت های حیاتی در شرایطی است که گیاه بایستی آب کافی در اختیار داشته باشد، در صورت عدم تامین آب مورد نیاز به دلیل کاهش فشار تورژسانس سلول های در حال رشد و اثر بر طول سلول ها ارتفاع کم می‌شود (کافی و همکاران 1388). یکی از راهکارهای گیاه در زمان وقوع تنش کاهش تعداد برگ می باشد. کاهش تعداد برگ در زمان تنش به علت پیری زودرس گیاه و تجمع زیاد اتیلن، راهی برای کاهش تعرق و رسیدگی زودتر گیاه برای فرار از تنش می باشد. ال هاریس و عبدالرازیک (1997) بیان کردند که ارتفاع بوته و تعداد برگ پیاز خوراکی با افزایش میزان آب آبیاری از 462 به 749 میلی متر افزایش می یابد.

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر سطوح آب آبیاری در مراحل مختلف رشد بر وزن تر و وزن خشک معنی دار است (جدول 3). مقایسه میانگین بین تیمار ها نشان می‌دهد که بالاترین میزان وزن مربوط به تیمارهای شماره 1 و 7 بودند که در مراحل رشد رویشی، تشکیل محصول به طور کامل آبیاری شدند، و کمترین میزان عملکرد متعلق به تیمار شماره 6 بود که در مراحل (رشد رویشی و تشکیل محصول) کمترین میزان آب را دریافت کرده بود(شکل3). نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان می‌دهد که با افزایش میزان آب آبیاری عملکرد هم افزایش می یابد. با نگاهی به نمودار مقایسه میانگین مشخص می‌شود که کم آبیاری در طی دوره تشکیل پیاز به شدت باعث کاهش عملکرد می‌شود ولی کم آبیاری در طی دوران رشد رویشی و رسیدن منجر به افت شدید عملکرد نمی‌شود. بین وزن تر سوخ و میزان آب مصرفی همبستگی بالایی وجود دارد که این نشان دهنده افزایش عملکرد به ازای میزان آب مصرفی است (شکل5).



شکل 1- اثر آبیاری محدود برارتفاع بوته پیاز خوراکی

I_1 (1، 1 و 0/8)، I_2 (0/75، 1 و 0/8) I_3 (0/75، 0/75 و 0/8) I_4 (0/6، 1 و 0/8) I_5 (0/6، 0/75 و 0/8) I_6 (0/6، 0/6 و 0/8) I_7 (1، 1 و 0/6) I_8 (0/75، 0/75 و 0/6) که اعداد به ترتیب بیانگر رطوبت بر اساس FC در مراحل رشد رویشی، تشکیل پیاز و رسیدن می باشند.



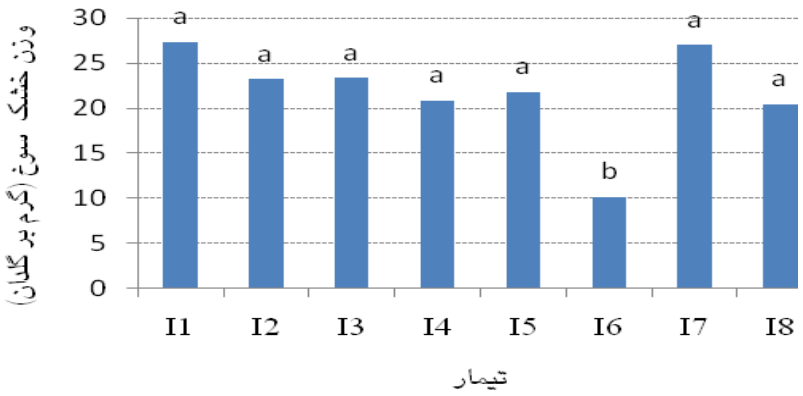
شکل2- اثر آبیاری محدود بر تعداد برگ پیاز خوراکی

I_1 (1، 1 و 0/8)، I_2 (0/75، 1 و 0/8) I_3 (0/75، 0/75 و 0/8) I_4 (0/6، 1 و 0/8) I_5 (0/6، 0/75 و 0/8) I_6 (0/6، 0/6 و 0/8) I_7 (1، 1 و 0/6) I_8 (0/75، 0/75 و 0/6) که اعداد به ترتیب بیانگر رطوبت بر اساس FC در مراحل رشد رویشی، تشکیل پیاز و رسیدن می باشند.

همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد بغیر از تیمار شماره 6 که کمترین میزان وزن خشک را داشت بقیه تیمارها تقریبا در یک سطح قرار داشتند (شکل4). دلیل کاهش وزن خشک تیمار شماره 6 کاهش عملکرد آن تیمار می باشد که با داشتن کمترین عملکرد دارای کمترین میزان وزن خشک بود. وزن خشک بالا در پیاز خوراکی یک صفت مطلوب هست و پیاز هایی با وزن خشک بالا از قابلیت انبارداری و ارزش غذایی بالاتری برخوردار بوده و مقاومت بیشتری دربرابرآفات و بیماری ها دارند. با اینکه تیمارهای شماره 1 و 7 دارای بیشترین میزان وزن تر بودند ولی مشاهده می‌شود که وزن خشک آنها با بقیه تیمار ها تقریبا در یک سطح قرار دارد. بهبود عملکرد کل در پاسخ به کاربرد آب آبیاری در حد بهینه را می توان به تاثیرات بیشتر آب روی رشد، فعالیت های بیولوژیکی و همچنین قابلیت جذب عناصر نسبت داد (ال هاریس و عبدارازیک 1997). دی لیس و همکاران (1967) گزارش کردند که بیشترین میزان عملکرد در پیاز خوراکی زمانی بدست می آید که در سراسر دوره رشد، بویژه مرحله تشکیل پیاز که دوره تقسیم و بزرگ شدن سلول است از تنش خشکی

اجتناب شود. آب کافی در این مرحله منجر به افزایش طول و قطر پیاز می‌شود که این افزایش طول و قطر باعث افزایش عملکرد می‌شود بلندنظر و همکاران (2007) گزارش کردند که بیشترین عملکرد پیاز (111/76 گرم در گلدان) در دور آبیاری 9 روز بدست آمد هر چند که اختلاف آن با 7 روز 96/71 گرم در گلدان معنی دار نبود. با افزایش دور آبیاری به 11 روز عملکرد به طور معنی داری کاهش یافت، همچنین در دور آبیاری 9 روز پیاز های تولید شده وزن خشک بیشتری نسبت به سایر تیمار ها داشتند و کمترین درصد ماده خشک در دور آبیاری 7 روز مشاهده شد.

شوک و همکاران(1999) همچنین افزایش عملکرد کل و عملکرد قابل عرضه به بازار را با افزایش آب آبیاری در حد بهینه گزارش کردند. عملکرد بالا در اثر آب کافی به این دلیل است که ریشه گیاه همیشه مرطوب هست و عناصر بیشتر در دسترس گیاه قرار می گیرند علاوه بر این سطح برگ بیشتر، درنتیجه فتوسنتز هم بیشتر می-شود و مواد کربوهیدراتی زیادی ساخته شده و از برگ ها به سوخ انتقال می یابند و باعث افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب می گردد (ال هاریس و عبدالررازیک 1997).

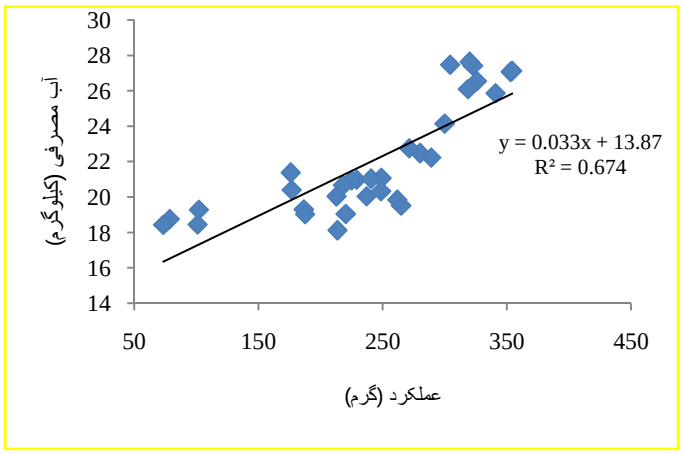


شکل3- اثر آبیاری محدود بر وزن تر سوخ پیاز خوراکی

I_1 (1، 1 و 0/8)، I_2 (0/75، 1 و 0/8) I_3 (0/75، 0/75 و 0/8) I_4 (0/6، 1 و 0/8) I_5 (0/6، 0/75 و 0/8) I_6 (0/6، 0/6 و 0/8) I_7 (1، 1 و 0/6) I_8 (0/75، 0/75 و 0/6) که اعداد به ترتیب بیانگر رطوبت بر اساس FC در مراحل رشد رویشی، تشکیل پیاز و رسیدن می باشند.

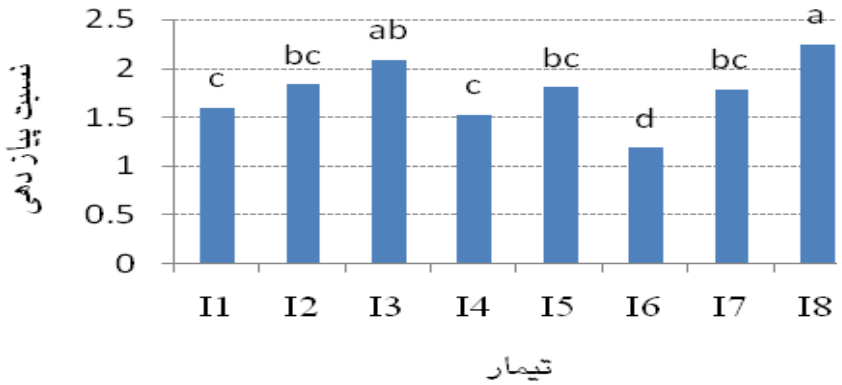
شکل4- اثر آبیاری محدود بر وزن خشک سوخ پیاز خوراکی

I_1 (1، 1 و 0/8)، I_2 (0/75، 1 و 0/8) I_3 (0/75، 0/75 و 0/8) I_4 (0/6، 1 و 0/8) I_5 (0/6، 0/75 و 0/8) I_6 (0/6، 0/6 و 0/8) I_7 (1، 1 و 0/6) I_8 (0/75، 0/75 و 0/6) که اعداد به ترتیب بیانگر رطوبت بر اساس FC در مراحل رشد رویشی، تشکیل پیاز و رسیدن می باشند.



شکل 5- رابطه آب مصرفی با وزن تر پیاز خوراکی

یکی از شاخصهای شروع پیازدهی، نسبت پیازدهی است که از تقسیم قطر پیاز به قطر گلو به دست می‌آید. همانطور که در جدول تجزیه واریانس مشاهده می‌شود اثر سطوح آب آبیاری بر نسبت پیازدهی معنی دار می-باشد (جدول 3). مقایسه میانگین بین تیمارها نشان می‌دهد که بیشترین نسبت پیازدهی مربوط به تیمار شماره 8 و کمترین آن مربوط به تیمار شماره 6 می-باشد، و این بالا بودن نسبت پیازدهی بیانگر آن است که پیازدهی در این تیمار ها که میزان آب متوسطی در دوره رشد رویشی دریافت کردند زودتر اتفاق افتاده است(شکل 6). با توجه به نتایج بدست آمده ملاحظه می گردد، تیمارهایی که در دوره رشد رویشی به طور کامل آبیاری شدند و همچنین تیمارهایی که 60 درصد آب آبیاری را دریافت کردند دیرتر به پیازدهی رسیدند. این نشان می‌دهد که آب کم و زیاد تاثیر منفی روی پیازدهی دارد، برای اینکه آبیاری کامل باعث تسریع در رشد رویشی می‌شود و نهایتاً باعث تاخیر در پیازدهی می‌شود، همچنین در آبیاری کم چون رطوبت در دسترس ریشه گیاه کاهش پیدا می کند و قابلیت جذب عناصر غذایی پایین می‌آید درنتیجه پیازدهی دیرتر اتفاق می افتد(ال هاریس و عبدالرازیک 1997). بنابراین برای تسریع در پیازدهی می‌توان میزان آب را در مرحله رشد رویشی کاهش داد.



شکل6- اثر آبیاری محدود بر نسبت پیازدهی

I_1 (1، 1 و 0/8)، I_2 (0/75، 1 و 0/8) I_3 (0/75، 0/75 و 0/8) I_4 (0/6، 1 و 0/8) I_5 (0/6، 0/75 و 0/8) I_6 (0/6، 0/6 و 0/8) I_7 (1، 1 و 0/6) I_8 (0/75، 0/75 و 0/6) که اعداد به ترتیب بیانگر رطوبت بر اساس FC در مراحل رشد رویشی، تشکیل پیاز و رسیدن می باشند.

جدول3- تجزیه واریانس اثر آبیاری محدود بر عملکرد و صفات رویشی پیاز خوراکی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		تعداد برگ	ارتفاع بوته	وزن تر سوخ	وزن خشک سوخ	نسبت پیازدهی
تکرار	3	0/716^{ns}	1/578^{ns}	436/004^{ns}	16/643^{ns}	0/052^{ns}
تیمار	7	1/340**	66/787**	25556/05**	113/842**	0/436**
خطا	21	0/521	2/773	242/899	18/104	0/039
ضریب تغییرات (%)		12/39	3/39	6/48	19/57	11/22

* و ** به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد ns عدم اختلاف معنی‌دار

تبخیر و تعرق و مقدار آب مصرفی

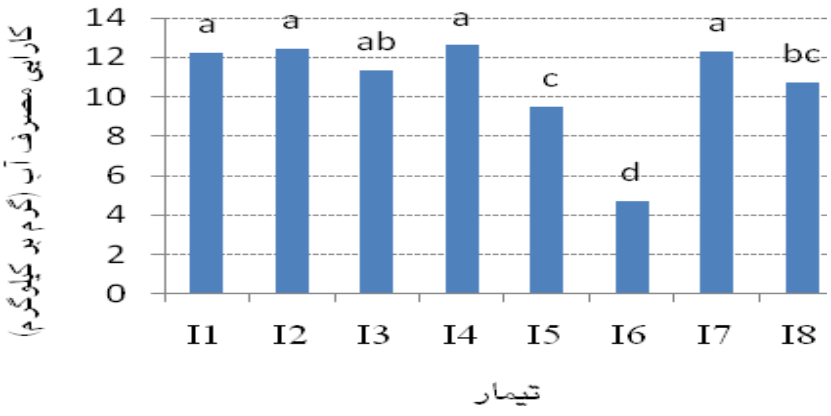
مقدار آب مصرفی در این آزمایش معادل تبخیر و تعرق(ET) در نظر گرفته شد چون آب زهکش در طول آزمایش در گلدان وجود نداشت لذا تبخیر و تعرق برابر با مقدار آب مصرف شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری در مراحل مختلف رشد بر تبخیر و تعرق معنی دار می باشد (جدول 5). مقایسه میانگین بین تیمار ها نشان می دهند که بیشترین مقدار تبخیر و تعرق در تیمارهای شماره 1 و 7 و کمترین میزان آن در تیمار های شماره 6 و 8 می باشد(شکل 7). نتایج نشان می-دهد که با افزایش میزان آب مصرفی تبخیر و تعرق هم افزایش می یابد. به نظر می رسد در تیمارهای 1 و7 بعلت اینکه در مراحل رشد رویشی و پیازدهی به میزان کافی آب در اختیار گیاه قرار داشته بنابراین هدایت روزنه ای افزایش و تعرق افزایش یافته است همچنین تبخیر از سطح خاک نیز معمولا افزایش می یابد (بلندنظر و همکاران 2007). کومار و همکاران (2007) با بررسی پاسخ پیاز خوراکی به سطوح مختلف آب آبیاری نشان دادند که از بین تیمار های 0/6، 0/8، 1 و 1/2 بیشترین میزان آب مصرفی و تبخیر و تعرق در تیمار 1/2 و کمترین آن در تیمار 0/6 مشاهده شد. کادایفچی و همکاران (2005) نیز گزارش کردند که بیشترین میزان تبخیر و تعرق و آب مصرفی (680/7 میلی متر) در تیمار آبیاری کامل و کمترین آن (190میلی متر) در تیمار بدون آبیاری بدست آمد.

شکل7-اثر آبیاری محدود بر میزان تبخیر و تعرق

I_1 (1، 1 و 0/8)، I_2 (0/75، 1 و 0/8) I_3 (0/75، 0/75 و 0/8) I_4 (0/6، 1 و 0/8) I_5 (0/6، 0/75 و 0/8) I_6(0/6، 0/6 و 0/8) I_7 (1، 1 و 0/6) I_8 (0/75، 0/75 و 0/6) که اعداد به ترتیب بیانگر رطوبت بر اساس FC در مراحل رشد رویشی، تشکیل پیاز و رسیدن می باشند.

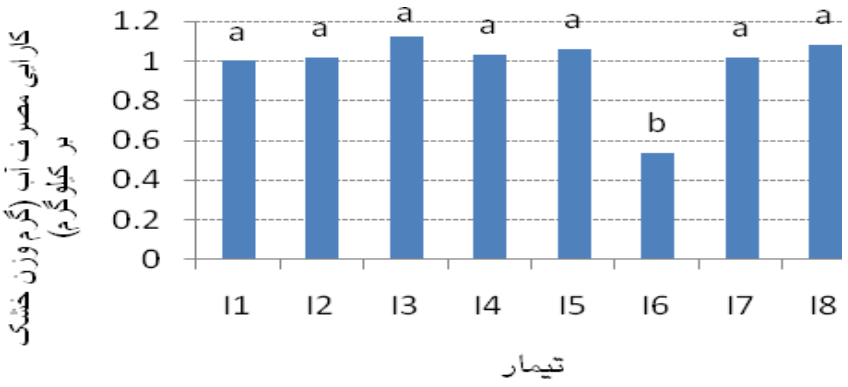
کارایی مصرف آب

تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر سطوح مختلف آب آبیاری بر کارایی مصرف آب معنی دار می‌باشد (جدول 5). با توجه به نمودار مقایسه میانگین تیمارها مشاهده می‌شود که بیشترین میزان کارایی مصرف آب در تیمارهای شماره 1، 2، 4 و 7 بوده که با تیمار شماره 3 اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند ولی با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری داشتند و کمترین کارایی مصرف آب در تیمار شماره 6 بود به علت اینکه در دوران رشد رویشی و تشکیل محصول کمترین میزان آب را دریافت کرده بود، به همین خاطر چون عملکرد به شدت پایین آمده بود کارایی مصرف آب هم کاهش یافت (شکل8). در پیاز خوراکی در صورتیکه کمبود رطوبت مدیریت شود منجر به افزایش کارایی مصرف آب می‌شود. کادایفچی و همکاران (2005) نیز نشان دادند که آبیاری محدود با مدیریت مناسب باعث افزایش کارایی مصرف آب شد. مارتین دسانتا- اولالا و همکاران (2004) نیز با کم آبیاری کنترل شده کارایی مصرف آب را در پیاز خوراکی افزایش دادند. کومار و همکاران (2007) نشان دادند که آبیاری مازاد تاثیر معنی داری روی کارایی مصرف آب و عملکرد نداشت و بیان کردند که کارایی مصرف آب در تیمار 80 درصد آبیاری کامل بیشترین مقدار بود و با تیمار آبیاری کامل اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. عبدالعزیز(2002) گزارش کرد که کارایی مصرف آب با افزایش میزان آب آبیاری افزایش یافت و در سطح آبیاری متوسط بیشترین بود در صورتی که اختلاف آن با آبیاری مازاد معنی‌دار نبود و با آبیاری مازاد بر نیاز گیاه کارایی مصرف آب کاهش یافت. کارایی مصرف آب به ازای وزن خشک هم معنی دار بود (جدول5). کمترین کارایی مصرف آب متعلق به تیمار شماره 6 بود که در مراحل مختلف رشد کمترین میزان آب را دریافت کرده بود (شکل9). دلیل کاهش کارایی مصرف آب به ازای وزن خشک به این خاطر است که با کاهش آب آبیاری میزان عملکرد پایین آمده و وزن خشک کاهش پیدا کرده در نتیجه کارایی مصرف آب هم کاهش پیدا کرد.



شکل8- اثر آبیاری محدود بر کارایی مصرف آب بر اساس وزن تر پیاز خوراکی

(I_1 (1، 1 و 0/8)، I_2 (0/75، 1 و 0/8) I_3 (0/75، 0/75 و 0/8) I_4 (0/6، 1 و 0/8) I_5 (0/6، 0/75 و 0/8) I_6 (0/6، 0/6 و 0/8) I_7 (1، 1 و 0/6) I_8 (0/75، 0/75 و 0/6) که اعداد به ترتیب بیانگر رطوبت بر اساس FC در مراحل رشد رویشی، تشکیل پیاز و رسیدن می باشند.)



شکل9-اثر آبیاری محدود بر کارایی مصرف آب بر اساس وزن خشک پیاز خوراکی

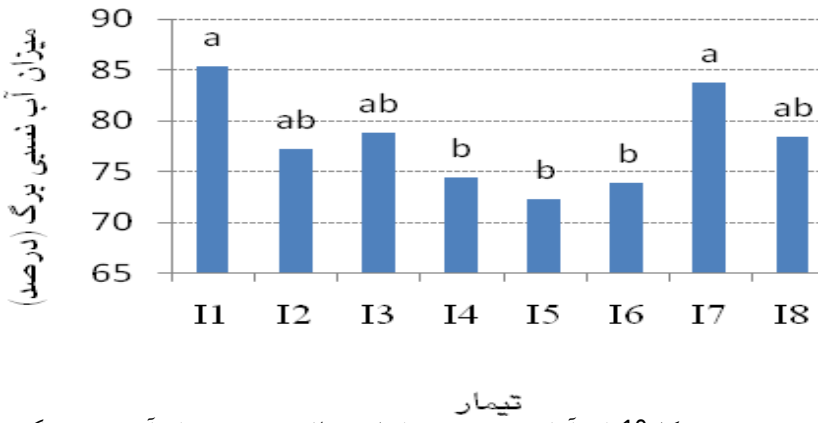
(I_1 (1، 1 و 0/8)، I_2 (0/75، 1 و 0/8) I_3 (0/75، 0/75 و 0/8) I_4 (0/6، 1 و 0/8) I_5 (0/6، 0/75 و 0/8) I_6(0/6، 0/6 و 0/8) I_7 (1، 1 و 0/6) I_8 (0/75، 0/75 و 0/6) که اعداد به ترتیب بیانگر رطوبت بر اساس FC در مراحل رشد رویشی، تشکیل پیاز و رسیدن می باشند.)

محتوای آب نسبی برگ (RWC)

میزان RWC در مرحله پیاز دهی اندازه گیری شده بود و در این مرحله در تیمار های 3, 5, 6 و 8 کم آبیاری صورت گرفت که در این میان کمترین میزان آب را تیمار 6 دریافت کرده بود. اثر سطوح مختلف آب آبیاری در مراحل مختلف رشد بر میزان آب نسبی برگ معنی‌دار بوده است (جدول 5). مقایسه میانگین بین تیمارها نشان می‌دهد که بیشترین میزان RWC مربوط به در تیمار های شماره 1 و 7 است که این تیمار ها در مراحل رشد رویشی و تشکیل محصول به طور کامل آبیاری شدند، هر چند با تیمار های 2، 3 و 8 اختلاف معنی داری را نشان ندادند و کمترین درصد آن در تیمار هایی که در این مراحل کمترین میزان آب را دریافت کرده بودند مشاهده شد (شکل10). نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که با افزایش میزان آب آبیاری میزان آب نسبی برگ هم افزایش می یابد. کاهش در RWC با کاهش آب آبیاری به دلیل افزایش پتانسیل ماتریک خاک همراه با تنش آب است (چائون و همکاران، 2006). عبدالعزیز (2002) گزارش کرد که میزان آب نسبی برگ گیاهانی که کمترین میزان آب را دریافت کرده بودند به طور معنی داری کاهش پیدا کرد و گیاهانی که آب بیشتری دریافت کرده بودند دارای بیشترین میزان آب نسبی بودند. تاکور (1991) کاهش معنی دار میزان آب نسبی برگ را با افزایش میزان تنش خشکی گزارش کردند. کومار و همکاران (2007) با بررسی پاسخ پیاز به سطح مختلف آبیاری گزارش کردند که میزان RWC برای تیمار های 0/6، 0/8، 1 و 1/2 آب آبیاری به ترتیب 86/93، 88/46، 89/96 و 90/14 درصد بود، که این نشان می‌دهد که RWC با افزایش در میزان آب افزایش می‌یابد.

ضریب واکنش عملکرد (*ky*)

نتایج تجزیه رگرسیونی فاکتور واکنش عملکرد نشان داد که اثر آبیاری محدود در مراحل مختلف رشد بر ضریب واکنش عملکرد معنی دار می باشد(جدول 4). بیشترین میزان ky (2/32) مربوط به تیمار شماره 6 بود، که با بقیه تیمار ها اختلاف معنی داری را نشان داد و کمترین آن متعلق به تیمار شماره 7 بود که در مراحل رشد رویشی و تشکیل محصول و رسیدن به ترتیب 100، 100 و 60 درصد آب آبیاری را دریافت کردند (جدول 4). تیمار هایی که در سراسر دوره رشد، بویژه در مرحله تشکیل به طور کامل آبیاری شدند دارای کمترین ky بودند و تیمار هایی که در این مرحله آب



شکل10-اثر آبیاری محدودر مراحل مختلف رشد بر میزان آب نسبی برگ

(I_1 (1، 1 و 0/8)، I_2 (0/75، 1 و 0/8) I_3 (0/75، 0/75 و 0/8) I_4 (0/6، 1 و 0/8) I_5 (0/6، 0/75 و 0/8) I_6 (0/6، 0/6 و 0/8) I_7 (1، 1 و 0/6) I_8 (0/75، 0/75 و 0/6) که اعداد به ترتیب بیانگر رطوبت بر اساس FC در مراحل رشد رویشی، تشکیل پیاز و رسیدن می باشند.)

متوسط دریافت کرده بودند ky بیشتری نسبت به تیمار آبیاری کامل داشتند. با توجه به نتایج بدست آمده مشاهده می‌شود تیمار هایی که در سراسر فصل رشد یا در مرحله تشکیل محصول کمترین میزان آب را دریافت کرده بودند دارای بیشترین میزان ky بودند که این خود نشان دهنده حساسیت بالای پیاز خوراکی به کمبود آب در سراسر فصل رشد و مرحله تشکیل محصول است. مشاهده می‌شود که تیمار هایی که در مرحله تشکیل محصول دچار کم آبی شدند ky بیشتری داشتند و تیمار هایی که در مرحله رشد رویشی با کم آبی مواجه شدند نسبت به مرحله تشکیل محصول کمتر دچار کاهش عملکرد شدند و حساسیت به کمبود آب در مرحله رسیدن کمترین بود. نتایج نشان می‌دهد که مرحله تشکیل محصول حساسترین مرحله به کمبود آب هست و مراحل رشد رویشی و رسیدن نسبتاً حساس هستند. طبق گزارشات فائو(به نقل از دورنباس و کاسام، 1979)، ky پیش بینی شده برای پیاز خوراکی در طول دوره رشد 1/1 می باشد. کادایفچی و همکاران (2005) گزارش کردند که فاکتور واکنش عملکرد برای کل دوره رشد 1/5 بود، و برای دوره رشد رویشی، تشکیل محصول و رسیدن به ترتیب 0/42، 1/02 و 0/32 بود. این یافته ها نشان می‌دهد که پیاز به کمبود آب تشکیل محصول خیلی حساس است ولی حساسیت کمی به کمبود آب خاک در طول دوره رشد رویشی و رسیدن محصول دارد.

جدول4- تجزیه رگرسیونی فاکتور واکنش عملکرد (Ky)

تیمار	1-Ya/Ym	1-Eta/ETm	Ky
I_2	0/146	0/16	0/91
I_3	0/296	0/239	1/24
I_4	0/239	0/26	0/92
I_5	0/413	0/244	1/69
I_6	0/734	0/317	2/32
I_7	0/022	0/027	0/81
I_8	0/395	0/308	1/28

جدول5- تجزیه واریانس اثر آبیاری محدود بر تبخیر و تعرق، کارایی مصرف آب و محتوای آب نسبی برگ، پیاز خوراکی

		میانگین مربعات			
منابع تغییر	درجه آزادی	تبخیر و تعرق	کارایی مصرف آب	محتوای آب نسبی برگ	کارایی مصرف آب (بر اساس وزن تر)
تکرار	3	435/427^{ns}	1/031^{ns}	21/167^{ns}	0/029 ^{ns}
تیمار	7	/701** 28332	28/020**	86/243*	0/133**
خطا	21	386/492	0/743	32/182	0/035
ضریب تغییرات%	-	3/38	8/02	7/27	19/1

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح 5 و 1 درصد ns عدم معنی داری

نتیجه گیری کلی

پیاز خوراکی واکنش مثبتی به مقدار آب آبیاری در شرایط کم آبیاری نشان داد. با افزایش آب آبیاری تعداد برگ؛ ارتفاع بوته، وزن تر و خشک، RWC ,ET افزایش، و نسبت پیازدهی در تیمار هایی که در مراحل 2 و 3 75% آبیاری شدند بیشترین بود. کارایی مصرف آب نیز با افزایش آب آبیاری افزایش یافت ولی اختلاف معنی داری بین آبیاری متوسط و کامل مشاهده نشد. ضریب واکنش عملکرد در تیمار هایی که در مرحله تشکیل محصول کمترین میزان آب را دریافت کرده بودند بیشترین مقدار بود. با توجه به نتایج تنش شدید آب در مرحله تولید سوخ به ویژه رطوبت 60 درصد ظرفیت مزرعه‌ای توصیه نمی‌شود ، زیرا باعث افت شدید عملکرد می‌شود در حالی که در مرحله رشد رویشی با عث کاهش نسبی عملکرد می‌شود ولی این میزان آبیاری برای مرحله رسیدن مناسب می باشد. در شرایط کمبود آب و همچنین در مناطق خشک و نیمه خشک می توان از تیمار های 2، 3 و 4 برای عملکرد مطلوب و همچنین کارایی مصرف بالای آب استفاده کرد.این نتایج نشان می‌دهد که پیاز خوراکی در مرحله تشکیل محصول حساسیت بالایی به کمبود آب خاک دارد اما حساسیت کمی در مراحل رشد رویشی و رسیدن دارد. پیشنهاد می‌شود از سطوح دیگر آب آبیاری در آزمایشات بعدی استفاده گردد. همچنین پیشنهاد می گردد آزمایش در مزرعه و با روش تشتک تبخیر انجام شود.

منابع مورد استفاده

اسماعیل پور ب، 1380. محاسبه درجه روز لازم برای تولید نشای مناسب پیاز و مقایسه ابعاد قسمت های مختلف نشا برای دست یابی به عملکرد بالا در پیاز خوراکی رقم قرمز آذرشهر، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

علیزاده ا، 1384. رابطه آب و خاک و گیاه. چاپ پنجم، تجدید نظر، دانشگاه امام رضا(ع) مشهد. صفحات:194-189.

بلندنظر ص، 1386 . نقش قارچ های‌میکوریز آربوسکولار در فیزیولوژی رشد و نمو، عملکرد و روابط آبی پیاز خوراکی. پایان نامه دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

پیوست غ، 1377. سبزیکاری. انتشارات دانشگاه گیلان.

فرشی ع ا شریعتی م جاراللهی ر قائمی م شهابی فر م و تولائی م م، 1376. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور، جلد اول- گیاهان زراعی. نشر آموزش کشاورزی.

کافی م برزویی ا صالحی م کمندی ع معصومی ع نباتی ج، 1388. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان(تالیف). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

ملکوتی م ج، 1379. توصیه بهینه کودی برای محصولات زراعی و باغی استان آذربایجان شرقی. نشریه فنی 197 وزارت کشاورزی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی موسسه تحقیقات خاک و آب. 37 صفحه.

نباتی ج، 1383. اثر فواصل آبیاری بر خصوصیات زراعی، مورفولوژیکی و کیفی ارزن ، سورگوم و ذرت علوفه‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

Abdulazid R, 2002. Effect of irrigation regimes on growth and yield of onion (*Allium cepa* L.). Agric Sci 15: 1-11.

Al- Omran AM, Sheta AS, Falatah AM, Al- Harbi AR, 2004. Effect of drip irrigation on squash (*Cucurbita pepo*) yield and water- use efficiency in sandy calcareous soil amended with clay deposits. Agric Water Manag 48: 52-61.

Bolandnazar S, Aliasgarzar N, Neishabury MR, Chaparzadeh N, 2007. Mycorrhizal colonization improves onion (*Allium cepa*) yield and water use efficiency under water deficit condition. Sci Hort 114: 11-15.

Cha-un S, Supaibulwatana K, Kirdmanee C, 2006. Water relation, photosynthetic ability and growth of Thai rice (*Oryza sativa* L.) to salt stress by application of exogenous glycinebetaine and chlorine. J Agron Crop Sci 192: 25–36.

De Lis BR, Ponce I, Cavagnaro JB, Tizio RM, 1967. Studies of water requirements of horticultural crops: II. Influence of drought at different growth stages of onion. Agron J 59: 573-576.

Doorenbos J, Kassam A H, 1979. Yield response to water. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33: 193-201.

El-Haris M K, Abdel-Razek AH, 1997. Effect of water quantity on onion yield under sprinkler irrigation. J Agric Res 42: 127-135.

English M J, James L, 1990. Deficit irrigation. II: Observation on Colombia basing. ASCE. Irrig Drainage Engin 116: 413-426.

Fabeiro Cortes C, Martin de Santa Olalla F, Lupez Urrea R, 2002. Production of garlic (*Allium*

sativum) under controlled deficit irrigation in a seme-arid climate. Agric Water Manag 59: 155-167.

Iqbal MM, 1999. Field response of potato subjected to water stress at different growth stages. In: C. Kirda, P. Moutonnet, C. Hera and D. R. Nielson, Crop Yield Response to Deficit Irrigation, Kluwer Academic Publishers Dordrecht, The Netherlands.

Kadayifci A, Tuylu GI, Ucar Y, Cakmak B, 2005. Crop water use of onion (*Allium cepa*) in Turkey. Agric Water Manag 72: 59-68.

Kumar S, Imtiyaz M, Kumar A, Singh R, 2007. Response of onion (*Allium cepa* L.) to different levels of irrigation water. Agric Water Manag 89: 161-166.

Martin de Santa Olalla F, Dominguez-Padilla A, Lopez R, 2004. Production and quality of the onion crop (*Allium cepa*) cultivated under controlled deficit irrigation conditions in a semi-arid climate. Agric Water Manag 68: 77-89.

RubatzkyVE, Yamaguchi M, 1997. World Vegetable, Champan and Hall, New York, USA. Pp: 279- 332.

Santos MS, Ochao N, 1994. Effect of water stress on growth osmotic potential and solute accumulation in cultivar from chili pepper. Plant Sci 96: 21-29.

Serhat A, Cigdem D, 2009. Deficit irrigation effects on onion (*Allium cepa* L. cv. E.T. Grano 502) yield in unheated greenhouse condition. J Food Agric Environ 7(3): 239-243.

Shock CC, Feibert EBG, Saunders LD, 1999. Onion yield and quality affected by soil water potential as irrigation threshold. HortSci 33: 1188-1191.

Takur PS, 1991. Effect of water stress on proline and relative water content in tomato cultivars. J Horti Sci 48: 36-41.