تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۱، شماره ۹، آذر ماه ۱۳۹۹ (ص ۲۱۷۵-۲۱۶۳) DOI: 10.22059/ijswr.2020.294119.668430

Optimal Distance of DripTapes and Water Productivity of Wheat in LoamySoil Texture

MASOUD FARZAMNIA[1*], MOKHTAR MIRANZADEH[1], DAVOOD AMIN AZARM[2]

1. Agricultural Engineering Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Isfahan, Iran.
2. Horticultural Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Isfahan, Iran.

(Received: Dec. 22, 2019- Revised: July. 12, 2020- Accepted: July. 21, 2020)

ABSTRACT

For wheat crop irrigated with drip tapes, water productivity, optimum tape spacing and soil salinity are issues which are important in terms of agricultural economic and soil sources sustainability. For this purpose, an experiment was conducted on a loamy soil texture to study the effect of drip tape spacing on wheat yield and its components, water productivity and variations in the soil salinity. A randomized complete block design consisting of four treatments; three drip tape spacings (45, 60, and 75 cm; denoted by A, B, and C, respectively), and a basin-irrigated treatment (as the Control; represented by D) was carried out on a loamy soil for two years from 2017 to 2019 in Mahyar area of Isfahan Province. The treatments were replicated three times. The volume of applied water for treatments A, B, and C was identical in each irrigation event, whereas the amount of applied water for treatment D was similar to the farmer method. The result of composite variance analysis revealed that the treatments had a significant effect on grain and biological yield at 99% level of confidence, but they did not have any significant effect on water productivity and harvest index. The average water productivity for treatments A, B, C, and D were 0.72, 0.71, 0.66, and 0.64 kgm^{-3} respectively. The maximum yield was found for treatment D. During the two years of testing, the soil salinity in the tape treatments was significantly increased, but it did not change in the basin irrigation. Considering that the all three tape irrigation treatments were placed statisticaly in a common group, therefore the 75 cm-tape distance is recommended for loamy soil texture.

Keywords: Wheat, Drip Tape Irrigation, Tape Spacing, Water Use Efficiency, Soil Salinity.

* Corresponding Author's Email: M.farzamnia@areeo.ac.ir

فاصله بهینه نوار در آبیاری قطره‌ای نواری و بهره‌وری آب گندم در بافت خاک لومی

مسعود فرزام‌نیا*[۱]، مختار میران‌زاده[۱]، داود امین‌آزرم[۲]

۱.بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.

۲. بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۴/۲۲- تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۴/۳۱)

چکیده

در ارتباط با استفاده از روش آبیاری قطره‌ای نواری (Tape) برای زراعت گندم، ابهاماتی از جمله، بهره‌وری آب، میزان فاصله مناسب نوارها از هم و چگونگی روند شور شدن خاک وجود دارد که از نظر اقتصاد کشاورزی و پایداری منابع خاک اهمیت دارند. در این راستا برای تعیین بهترین فاصله نوار در بافت خاک لومی از نظر عملکرد گندم و اجزای آن، بهره‌وری آب و روند تغییرات شوری خاک، آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تیمار (فاصله نوار ۴۵ (A)، ۶۰ (B) و ۷۵ (C) سانتی‌متر و تیمار شاهد، آبیاری کرتی (D)) در سه تکرار در قطعه زمین با بافت خاک لومی، طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ در منطقه‌ی مهیار استان اصفهان اجرا شد. حجم آب آبیاری در هر دور آبیاری برای تیمارهای A، B و C یکسان بود و در تیمار D میزان حجم آب ورودی به کرت و توقف آبیاری در هر دور مشابه روش زارع بود. بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب، اثر تیمارها بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در سطح یک درصد معنی‌دار و بر بهره‌وری آب و شاخص برداشت معنی‌دار نشد. میانگین بهره‌وری آب در تیمارهای A، B، C و D به ترتیب ۰/۷۲، ۰/۷۱، ۰/۶۶ و ۰/۶۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود. تیمار D بیشترین عملکرد را داشت و عملکرد بقیه‌ی تیمارها مشابه و در رتبه‌ی بعدی قرار گرفتند. طی دو سال انجام آزمایش مقادیر شوری خاک در تیمارهای تیپ به‌طور محسوسی افزایش یافته بود ولی تیمار آبیاری کرتی شوری خاک را افزایش نداده بود. با توجه به این که مقادیر صفات مورد بررسی در هر سه تیمار تیپ در گروه مشابه قرار گرفتند، لذا فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر برای بافت خاک لومی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای نواری، فاصله نوار، بهره‌وری آب، شوری خاک.

مقدمه

با توجه به خشکسالی‌های اخیر و بحران بوجود آمده در منابع آب زیرزمینی و سطحی کشور متولیان کشاورزی استفاده از سامانه‌های آبیاری موضعی را در باغات و زراعت‌های ردیفی در الویت قرار داده‌اند و جهت این امر تسهیلاتی برای کشاورزان در نظر گرفته‌اند و کشاورزان با استفاده از اعتبارات و یارانه‌های دولتی نسبت به تغییر سامانه‌های آبیاری خود اقدام نموده‌اند. یکی از روش‌های آبیاری موضعی روش آبیاری قطره‌ای نواری می‌باشد که کشاورزان در زراعت‌های ردیفی از آن استفاده می‌کنند و صرفه‌جویی در آب هنگام استفاده از این روش آبیاری برای آن‌ها مسجل شده است. اخیراً استفاده از روش آبیاری قطره‌ای نواری در زراعت‌های پاییزه و مخصوصاً گندم مورد استقبال کشاورزان و متولیان کشاورزی در استان‌های کشور قرار گرفته است که استان اصفهان نیز از این امر مستثنی نیست. هم اکنون استان اصفهان جزو استان‌های مواجه با کم‌آبی گزارش شده و با مدیریت آب در بخش کشاورزی آن می‌توان تا حدودی بر بحران آب غلبه کرد. در سال زراعی ۹۷- ۹۶ وسعت اراضی کشاورزی استان اصفهان حدود ۵۶۴ هزار هکتار بود که حدود ۱۹۷ هزار هکتار آن به اراضی زراعی اختصاص داشت. در این سال گندم با سهم سطح ۱۷٪، تولیدی معادل ۵٪ تولید محصولات زراعی استان را به خود اختصاص داد (Anonymous, 2019). محققین مختلف میزان بهره‌وری آب گندم در شهرستان‌های مختلف را بین ۰/۳۸ تا ۱/۳۵ کیلوگرم بر مترمکعب اعلام کرده‌اند (Nirizi and Helmi Fakhrdavood, 2004; Asadi *et al*., 2001; Heidari, 2012) که با توجه به سطح کشت ۳۴ هزار هکتاری آن در استان اصفهان در سال زراعی مذکور (این میزان در شرایط ترسالی به ۹۰ هزار هکتار قابل افزایش است) در صورت ارتقاء بهره‌وری آب گندم حجم آب قابل‌توجهی ذخیره خواهد شد.

*نویسنده مسؤل: M.farzamnia@areeo.ac.ir

در پژوهش‌های مختلف گزارش شده که روش آبیاری قطره‌ای نسبت به روش‌های سطحی، علاوه برصرفه‌جویی آب به میزان ۵۰ تا ۷۰ درصد، عملکرد محصول را نیز به میزان ۱۰ تا ۷۰ درصد افزایش می‌دهد (Sivanappan, 1988). درهند، تأثیر آبیاری قطره‌ای بر عملکرد و میزان بهره‌وری آب گندم بررسی شد. نتایج نشان داد درروش آبیاری قطره‌ای میزان صرفه‌جویی در مصرف آب و میزان بهره‌وری آب به‌ترتیب حدود ۲۸/۴۲ و ۲۴/۲۴ درصد بیش‌تر از روش آبیاری کرتی بود، هرچند روش آبیاری قطره‌ای باعث کاهش ۱۰/۸ درصدی عملکرد دانه شده بود. بر اساس نتایج Sanjay Singh *et al.* (2015)، سامانه آبیاری قطره‌ای به دلیل مدیریت بهتر آبیاری به عنوان گزینه مناسبی جهت بهبود بهره‌وری آب در محصولاتی نظیر گندم است. طی آزمایشی درپاکستان، سه رقم گندم در دو روش آبیاری قطره‌ای سطحی وآبیاری سطحی (جویچه‌ای) مقایسه شد. بر اساس نتایج، مصرف آب در آبیاری قطره‌ای ۱۶/۵۶ درصدکم‌تر و عملکرددانه و بهره‌وری آب گندم به‌ترتیب ۱۱/۵۶ و ۳۳/۳۶ درصد بیشتر از آبیاری سطحی (جویچه‌ای) بود (Saleem*et al.*, 2010). در آزمایشی در ایستگاه تحقیقاتی شهر جبل‌پور هند میزان عملکرد، بهره‌وری آب گندم و صرفه‌جویی آب در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای (فاصله لاترال‌ها ۸۰ سانتی‌متر) و بارانی کلاسیک ثابت با هم مقایسه شد. نتایج نشان داد در سامانه آبیاری قطره‌ای نسبت به سامانه بارانی کلاسیک ثابت، حدود ۹/۷ درصد آب کم‌تری مصرف شد و بهره‌وری آب حدود ۲۱/۷۶ درصد، بیش‌تر بود. Sanjay Singh*etal.*(2014) سامانه آبیاری قطره‌ای را گزینه مناسبی برای کشت‌های متراکم دانسته‌اند ولی اظهار داشتند آزمایش مذکور بایستی در مزارع مشابه هم مورد مطالعه قرار گیرد. Chaichi *et al.* (2010) میانگین دوساله حجم آب مصرفی گندم را با احتساب میزان بارندگی مؤثر در روش‌های جویچه‌ای، بارانی و تیپ (فاصله نوار ۶۱ سانتی‌متر) به‌ترتیب ۷۱۴۷، ۵۸۵۵ و ۴۳۹۲ مترمکعب در هکتار و بهره‌وری آب را در سه روش مذکور به‌ترتیب ۰/۵۹، ۰/۹۲ و ۱/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آورده‌اند، در این آزمایش بافت خاک لوم و میانگین بارندگی سالانه ۲۵۰ میلی‌متر بوده است. در آزمایشی اثرات آبیاری قطره‌ای، بارانی کلاسیک و جویچه‌ای بر روی گندم بررسی شد، نتایج حاکی از اقتصادی بودن استفاده از سامانه‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای در زراعت گندم از روش افزایش سطح زیرکشت و عملکرد و کاهش هزینه‌ها بود. در این آزمایش، میزان شاخص نسبت منفعت به هزینه در روش‌های بارانی و آبیاری قطره‌ای نواری به‌ترتیب ۲/۶۴ و ۱/۱۲ گزارش شده است (Kohansaland Saiedan, 2003). آزمایشی به‌منظور تعیین پتانسیل بهره‌وری آب ارقام گندم در روش‌های مختلف آبیاری (بارانی، قطره‌ای و سطحی) و در شرایط اقلیمی مختلف کشور انجام شد. بر اساس نتایج، روش‌های آبیاری قطره‌ای نواری و بارانی کلاسیک، بهره‌وری آب آبیاری ارقام مورد بررسی را به‌ترتیب به‌میزان ۴۹ و ۳۸ درصد نسبت به آبیاری سطحی افزایش دادند. (Dehghanian and Dastfal, 2009). به‌منظور بررسی تأثیر فاصله لاترال‌ها و فاصله قطره‌چکان‌های روی لاترال بر عملکرد و بهره‌وری آب گندم در روش آبیاری قطره‌ای، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی واقع در شهر جبل‌پور هند با بافت خاک لوم‌رسی در قالب طرح اسپیلیت پلات در سه تکرار طی فصول زراعی ۱۳- ۲۰۱۲ و ۱۴- ۲۰۱۳ انجام شد. تیمار اصلی شامل فاصله لاترال ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر و تیمار فرعی فاصله قطره‌چکان‌ها ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر بود. پس از تجزیه و تحلیل نتایج، فاصله لاترال ۶۰ سانتی‌متر با فاصله قطره‌چکان ۵۰ سانتی‌متر با عملکرد ۴/۶۴ تن در هکتار و بهره‌وری آب ۱/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب، توصیه شده (Sanjay Singh*et al.*, 2015). آزمایشی در چین برای بررسی عمق مناسب آبیاری و فاصله مناسب نوار تیپ درکشت بهاره گندم انجام و سه فاصله نوار، ۶۰ ، ۹۰ و ۱۲۰ سانتی‌متر وسه عمق آبیاری، ۳۵ ، ۴۵ و ۵۵ سانتی‌متر مورد بررسی قرارگرفتند. نتایج نشان داد میزان تغییرات بهره‌وری آب از ۱/۵۷ تا ۲/۱۱ کیلوگرم برمترمکعب بود و بیشترین میزان آن مربوط به تیمار فاصله نوار ۹۰ سانتی‌متر وعمق آب آبیاری ۴۵ سانتی‌متربود. درنهایت فاصله نوار تیپ ۹۰ سانتی‌متر و عمق ۴۵ سانتی‌متر توصیه شد (Gao *et al.*, 2014). در خاکی با بافت لوم‌رسی‌سیلتی اقدام به کشت گندم شد و برای آبیاری از روش سامانه‌ی آبیاری قطره‌ای نواری استفاده کردند. آزمایش به صورت طرح کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. کرت اصلی آزمایش شامل دو فاصله نوار آبیاری ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر و کرت فرعی شامل سه فاصله ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها بر روی نوار آبیاری بود. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد و بیشترین بهره‌وری آب مربوط به فاصله نوار ۴۰ سانتی‌متر و فاصله قطره‌چکان ۱۰ سانتی‌متر بود، اما براساس تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی، فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر و فاصله قطره‌چکان ۱۰ سانتی‌متر بر روی نوار، پیشنهاد شد (Shafiierad*et al.*, 2011). درایستگاه اکباتان مرکزتحقیقات وآموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان آزمایشی برای تعیین بهترین آرایش کاشت گندم و بهترین فاصله نوار آبیاری تیپ انجام و با روش آبیاری شیاری مقایسه شد. بافت خاک محل آزمایش، لوم‌رسی‌شنی بود. در این پژوهش چهار آرایش کاشت و دو فاصله نوارآبیاری قطره‌ای (۶۰ و ۷۵ سانتی‌متر) درمقیاس مزرعه‌ای (طول ۷۵ متر) و یک تیمارآبیاری شیاری مرسوم (تیمارشاهد) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که آبیاری قطره‌ای نواری باعث کاهش ۳۳ درصدی درآب مصرفی و افزایش ۷۳ درصدی

بهره‌وری آب نسبت به روش آبیاری جویچه‌ای شده است. بیشترین وکمترین میانگین دوساله عملکرد دانه و بهره‌وری آب به‌ترتیب مربوط به دو تیمار تیپ (تعداد چهار ردیف کاشت به فاصله ۱۵ سانتی‌متر در دو طرف نوار، با فاصله نوار۷۵ سانتی‌متر) و نشتی به میزان ۷۴۴۳ و ۵۹۹۶ کیلوگرم در هکتار و ۱/۸۹ و ۱ کیلوگرم بر مترمکعب شد که تفاوت معنی‌داری درسطح احتمال یک درصد داشتند. بر اساس نتایج به دست آمده، هنگام استفاده ازآبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) درزراعت گندم، فاصله نوار تیپ ۷۵ سانتی‌متر با تعداد چهار ردیف کشت با فاصله ۱۵ سانتی‌متر از یکدیگر در اطراف هر نوار توصیه شد (Ghadami FiroozAbadi and Baghani, 2019). بر اساس نتایج آزمایشی که در فریمان استان خراسان انجام شد، هنگام استفاده از آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در زراعت گندم، فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر توصیه شده است. بهترین بهره‌وری آب، ۱/۶۵ کیلوگرم بر مترمکعب، مربوط به فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر بوده است. بهترین عملکرد، ۷۶۰۰ کیلوگرم در هکتار، مربوط به فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر و عملکرد فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر، ۷۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده که این تفاوت معنی‌دار نبوده است (Rahimian, 2012). در آزمایشی دو روش آبیاری قطره‌ای و سطحی برای گندم با هم مقایسه شد. بر اساس نتایج، در آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی ذخیره آب، عملکرد و بهره‌وری آب گندم به‌ترتیب ۲۰، ۲۴ و ۲۸ درصد بیشتر بوده است (Kharrou *et al*., 2011). آزمایشی در چین طی دو سال زراعی در یک خاک با بافت لومی انجام شد. تیمارهای این آزمایش فواصل مختلف لاترال (۳۰، ۶۰، و ۹۰ سانتی‌متر) و حجم‌های مختلف آب (۳۰۰۰، ۴۵۰۰، ۶۰۰۰ و ۷۵۰۰ مترمکعب در هکتار) بود که تأثیر آن‌ها بر خصوصیات زراعی گندم، بررسی شد. دور آبیاری ۱۰ روز بود. نتایج نشان داد با افزایش فاصله لاترال‌ها در آبیاری قطره‌ای مقدار عملکرد کاهش یافت. در نهایت تیمار فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر و حجم آب ۶۰۰۰ مترمکعب در هکتار توصیه شد. بهره‌وری آب این تیمار ۱/۲۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود. نگارندگان اظهار داشتند تیمار مذکور بالاترین صرفه‌جویی آب را در مناطق خشک و نیمه‌خشک داشت (Chen *et al*., 2015). در پژوهشی در اسلام‌آباد کرمانشاه، اثر سامانه آبیاری قطره‌ای و سطحی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی بر روی زراعت گندم بررسی شد. نتایج نشان داد که بهره‌وری آب آبیاری در آبیاری قطره‌ای ۲/۵۷ و در آبیاری سطحی ۱/۳۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود. در این آزمایش فاصله نوار آبیاری ۰/۷ متر با سطح تأمین نیاز آبی ۴۰٪ برترین تیمار تشخیص داده شد ولی بر اساس تحلیل اقتصادی، تیمار آبیاری سطحی نسبت به آبیاری قطره‌ای برتر بود، هرچند آبیاری قطره‌ای هم توجیه اقتصادی داشت. براساس توصیه نگارنده مطلب، اجرای طرح در مقیاس وسیع برای اطمینان بیشتر به نتایج به دست آمده، ضروری می‌باشد (Torknezhad *et al*., 2006).

ایران کشوری است با اقلیم خشک و نیمه‌خشک که بیشتر نقاط آن از نظر کمبود آب وضعیت بحرانی دارد، اصفهان نیز از این امر مستثنی نیست. هم‌اکنون اکثر اراضی شرق و جنوب اصفهان با محدودیت منابع آبی از نظر کمی و کیفی مواجه هستند. کیفیت نامناسب آب، خاک مناطق مذکور را تحت تأثیر قرار داده و دیگر از حاصلخیزی لازم برخوردار نیستند. متولیان کشاورزی برای مقابله با کم‌آبی بدون توجه به کیفیت منابع آب و خاک درصدد تغییر سامانه‌های سطحی به تحت‌فشار می‌باشند. استراتژیک بودن گندم و تلاش برای تولید بیشتر آن باعث شده اخیراً استفاده از روش تیپ مد نظر مسئولین قرار گیرد. ولی استفاده از این روش عواقبی همچون شور شدن زمین‌های زراعی، به‌جا ماندن بقایای نوار در زمین و همچنین در برخی موارد آسیب به اقتصاد کشاورزان دارد. یکی از دغدغه‌های روش آبیاری تیپ در زراعت گندم فاصله نوار مناسب (کشاورزان منطقه اعتقاد داشتند با فاصله نوار بیشتر از ۴۵ سانتی‌متر نمی‌توانند تولید مناسب داشته باشند) و دغدغه‌ی دیگر چگونگی تغییرات شوری خاک هنگام استفاده مستمر از این سامانه می‌باشد. هدف از انجام این آزمایش تعیین فاصله‌ی مناسب نوار برای زراعت گندم، چگونگی تغییرات شوری خاک در آخر فصل نسبت به اول فصل و این که در شرایط شوری آب و خاک آیا روش تیپ کارآمدی لازم را نسبت به روش سطحی دارد و یا ندارد؟

مواد و روش‌ها

این پروژه در مزرعه کشاورز واقع در شهر مهیار شهرستان شهرضای استان اصفهان (طول ۵۱ درجه و ۴۷ دقیقه شرقی و عرض ۳۲ درجه و ۱۷ دقیقه شمالی) با ارتفاع ۱۶۵۳ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی سالیانه حدود ۱۱۰ تا ۱۴۰ میلی‌متر طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ در قطعه زمینی با بافت خاک لومی به ابعاد ۲۷ متر در ۱۲۵ متر اجرا شد. جداول (۱) تا (۳) مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک و مشخصات کیفی آب مزرعه را در دو سال انجام آزمایش نشان می‌دهد. عملیات تهیه زمین شامل شخم با گاوآهن بعد از برداشت محصول سال قبل، یک نوبت شخم بهاره، یک نوبت سیکلوتیلر[۱]، لولر[۲] و کودپاشی انجام گرفت. در دو سال آزمایش، عملیات کاشت بذر به روش مرسوم منطقه، در هر دو روش آبیاری (قطره‌ای نواری و کرتی) با دستگاه کمبینانت[۳] با

۱.Cyclotiller

۲.Leveler

۳.Combinant

فاصله ردیف ۱۳ سانتی‌متر انجام شد. بذر مورد استفاده بک‌راس گواهی شده بود و به میزان ۲۶۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. روش آبیاری در این پروژه آبیاری نواری قطره‌ای، با فاصله روزنه‌ی ۲۰ سانتی‌متر (دبی هر روزنه حدود ۲ لیتر در ساعت در محدوده‌ی فشار ۱- ۰/۸ بار) و آبیاری کرتی بود. آبیاری تیمار کرتی از طریق هیدروفلوم انجام شد. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تیمار (فاصله نوار ۴۵ (A)، ۶۰ (B) و ۷۵ (C) سانتی متر و تیمار شاهد، آبیاری کرتی (D)) در سه تکرار اجرا شد. برای هر تکرار کرتی به اندازه ۴۰ × ۶ متر × متر در نظر گرفته شد. طراحی به شکلی انجام شد که تمام کنتورها و شیرفلکه‌ها در یک منطقه ۲ × ۲ متر نصب شدند، بنابراین کنترل و پایش آن‌ها به راحت‌ترین شکل ممکن طی دو سال آزمایش انجام شد (شکل ۱).

در این آزمایش از یک کنتور سه اینچ برای تیمارهایی که به روش کرتی و سه کنتور دو اینچ برای تیمارهایی که به روش تیپ آبیاری شدند، استفاده شد. قبل از نصب کنتورهای ذکرشده در زمین، کنتورها با استفاده از دو مخزن ۱۰۰۰ لیتری و یک الکتروپمپ بنزینی، در بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات اصفهان مورد واسنجی قرار گرفتند و مقدار خطای آن‌ها در برآورد حجم آب عبوری، مشخص شد و در طول آزمایش هنگام عمل آبیاری این خطا لحاظ شد. با توجه به محدودیت آبی در مزرعه امکان آبیاری تیمارهای تیپ و کرتی با دور آبیاری متفاوت نبود و کلیه تیمارها همزمان آبیاری شدند، برنامه‌ی آبیاری در قسمت بعدی مشخص شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیهٔ فیزیکی خاک

عمق (سانتی‌متر)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	شن (درصد)	بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	ظرفیت زراعی (درصد حجمی)	نقطه پژمردگی (درصد حجمی)
۰ -۳۰	۳۷	۲۶	۳۷	لوم	۱/۴۹	۳۰/۱	۱۶/۴
۳۰ -۶۰	۳۶	۲۵	۳۹	لوم	۱/۵۴	۲۸/۵	۱۵/۴

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی خاک محل آزمایش در ابتدای فصل زراعی

سال	عمق (cm)	EC (dS/m)	pH	درصدکربن آلی (OC)	فسفر قابل‌جذب P (ava)	پتاسیم قابل‌جذب K (ava)	مس قابل‌جذب CU (ava)	روی قابل‌جذب Zn (ava)	منگنز قابل‌جذب Mn (ava)	آهن قابل‌جذب Fe (ava)
					mg/kg					
اول	۰-۳۰	۴	۷/۴	۰/۸	۷/۷	۳۱۹	۰/۳۱	۰/۳	۱/۳۹	۰/۳
	۳۰ -۶۰	۳/۵	۷/۶	۰/۳۷	۳/۲	۲۴۵	-	-	۰/۷۱	۰/۲۶
دوم	۰-۳۰	۸	۷/۵	۰/۵۳	۶/۲۵	۲۹۴	۰/۲۵	۰/۳۲	۱/۷	۱/۳۸
	۳۰ -۶۰	۶/۴	۷/۶	۰/۵۷	۸	۲۶۰	۰/۲۶	۰/۳۶	۱/۲	۰/۶۸

جدول۳- نتایج تجزیه شیمیایی آب محل آزمایش در ابتدای فصل زراعی

سال	EC (dS/m)	pH	TDS (ppm)	SAR	کاتیون‌ها و آنیون‌ها برحسب (meq/lit)						
					CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
اول	۴/۵۵	۷	۲۹۱۲	۸/۵	۰	۳/۱	۳۱/۲۵	۱۳/۳	۱۷/۵	۳	۲۶/۶
دوم	۳/۸۷	۶/۹	۲۴۷۶	۴/۶	۰	۴	۳۰	۷/۵	۲۱/۳	۳/۷	۱۶/۴

روش محاسبه حجم آب آبیاری در تیمارهای نوار تیپ (A، B و C)

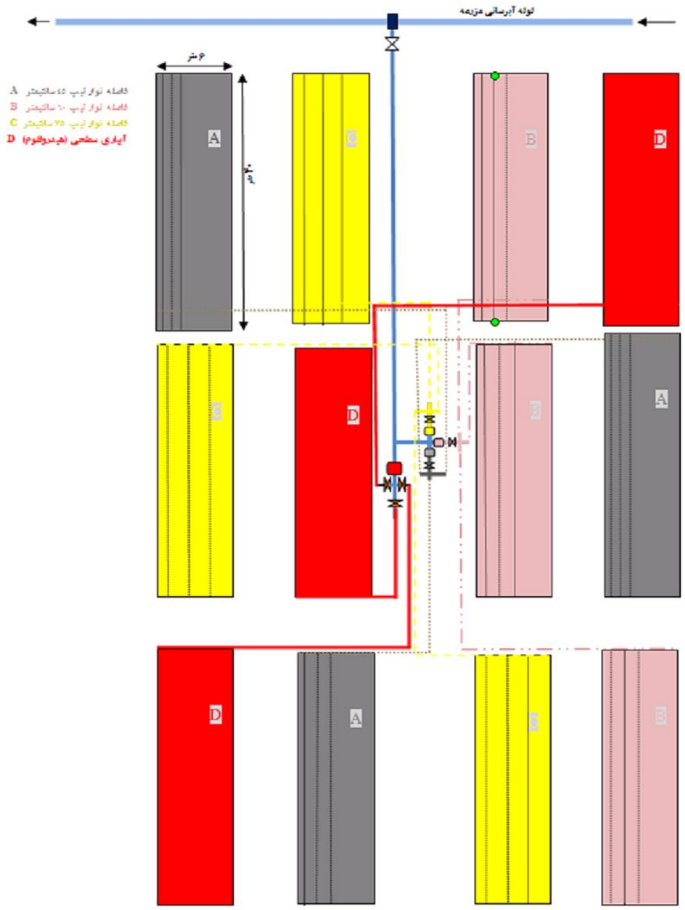
در سه آبیاری اول (خاکاب، پی‌آب و بعد از خواب زمستانه) با توجه به این که بایستی آب کافی برای سبز شدن بذر اعمال می‌شد یک روز قبل از آبیاری میزان رطوبت خاک با استفاده از روش وزنی مشخص و با در نظر گرفتن عمق پنج سانتی‌متر، عمق خالص آبیاری از رابطه (۱) محاسبه شد و سپس با استفاده از رابطه‌ی (۳) عمق ناخالص آبیاری به دست آمد. با توجه به متراکم بودن کشت برای محاسبه‌ی نیاز خالص آبیاری در روش آبیاری قطره‌ای نواری از رابطه‌ی (۱) که مربوط به روش آبیاری سطحی است، استفاده شد.

$$F_n= (FC - \theta_m) \times D \quad \text{(رابطه ۱)}$$

در رابطه (۱)، پارامترهای F_n، FC، θ_m و D به‌ترتیب عمق خالص آبیاری بر حسب سانتی‌متر، درصد رطوبت حجمی در ظرفیت مزرعه، درصد رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری و عمق ریشه برحسب سانتی‌متر می‌باشد. میزان رطوبت حجمی در ظرفیت مزرعه و نقطه‌ی پژمردگی خاک مزرعه قبلاً در آزمایشگاه مشخص شده بود.

در آبیاری‌های بعدی عمق خالص آبیاری، با استفاده از نرم

افزار ET calculated محاسبه شد، برای محاسبه عمق خالص آبیاری از طریق نرم‌افزار مذکور از اطلاعات و آمار هواشناسی ۱۳ سال گذشته (۸۲ تا ۹۴) و آمار بارندگی سال زراعی مربوطه استفاده شد، سپس کسر آبشویی (LR)، عمق ناخالص آبیاری (F_g) (با فرض بازده کاربرد آب در مزرعه (E_a) ۹۰ درصد) و حجم آب آبیاری در هر دور آبیاری، با استفاده از روابط (۲)، (۳) و (۴) محاسبه شدند. با توجه به این که هدف از این آزمایش مقایسه‌ی تأثیر فواصل مختلف نوار بر پارامترهای موردنظر با حجم مساوی آب بود، لذا بازده کاربرد آب در مزرعه برای هر سه فاصله نوار یکسان در نظر گرفته شد (۹۰ درصد)، بنابراین حجم آب آبیاری در هر دور آبیاری برای تیمارهای A، B و C یکسان بود.



شکل ۱- شکل شماتیک اجرای پروژه در مزرعه

$$LR = \frac{EC_{iw}}{5EC_e - EC_{iw}} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

$$F_g = \frac{F_n}{E_a(1-LR)} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

$$V = Fg \times A \quad \text{(رابطه ۴)}$$

در رابطه (۲)، EC_{iw} شوری آب آبیاری (dS/m) و EC_e شوری عصاره اشباع خاک (dS/m) مطابق با حد تحمل گیاه به شوری با عملکرد ۱۰۰٪ و در رابطه ۴،V و A حجم آب ورودی به کرت و مساحت کرت می‌باشند.

محاسبه حجم آب آبیاری در تیمار شاهد یا کرتی (D)

برای تیمار D، مدیریت آبیاری مشابه با زارعین انجام شد به‌گونه ای‌که هنگام رسیدن آب به آخر کرت، شیرفلکه بسته و عدد کنتور یادداشت شد (عمق ناخالص آبیاری). با در نظر گرفتن عمق خالص آبیاری (محاسبه شده توسط نرم‌افزار) و ضریب آبشویی، راندمان کاربرد آب در مزرعه در هر دور آبیاری از رابطه (۳) محاسبه شد.

پس از برداشت گندم، تفاوت بین تیمارها مورد آزمون قرار گرفت. صفات موردمطالعه شامل عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، شاخص برداشت و بهره‌وری آب بود. اندازه‌گیری صفات به روش زیر انجام گرفت:

عملکرد بیولوژیکی (بیوماس): در سطح معینی از هر پلات، کل بوته‌ها از نزدیک سطح زمین با داس برداشت شده و وزن کل آن تعیین شد. عملکرد بیولوژیکی بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

عملکرد دانه: در ۱۲ مترمربع از هر پلات محصول دانه

برداشت و اندازه‌گیری شد.

شاخص برداشت: با استفاده از رابطه (۵) شاخص برداشت برای هر پلات بر حسب درصد تعیین گردید:

$$HI= GY/BY * 10 \quad \text{(رابطه ۵)}$$

در رابطه فوق GY عملکرد دانه و BY عملکرد بیولوژیکی (بیوماس) و HI شاخص برداشت بر حسب درصد می‌باشد.

بهره‌وری آب: پس از تعیین عملکرد هرکرت ومیزان آب مصرفی،بهره‌وری آب با استفاده ازرابطه (۶) تعیین‌گردید:

$$\text{بهره‌وری آب} = \frac{\text{عملکرد}}{\text{آب مصرفی}} \quad \text{(رابطه ۶)}$$

در رابطه (۶)، بهره‌وری آب برحسب کیلوگرم بر مترمکعب، عملکرد برحسب کیلوگرم در هکتار و آب مصرفی برحسب مترمکعب در هکتار می‌باشد. در پایان فصل، شوری خاک از اعماق ۲۵ و ۵۰ سانتی‌متری (زیرنوار و بین دو نوار) اندازه‌گیری و با مقدار اولیه آن مقایسه گردید. محاسبات آماری شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها بر اساس موازین طرح آماری مربوطه انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

حجم آب کاربردی در تیمارهای آزمایش در دو سال

جداول (۴) تا (۷)، برنامه‌ی آبیاری تیمارها و حجم آب اعمال‌شده به آن‌ها در هر دور آبیاری را در دو سال اجرای آزمایش نشان می‌دهد.

تغییرات شوری خاک در ابتدا نسبت به انتهای فصل رشد در دو سال اجرای آزمایش

برای بررسی روند تغییرات شوری خاک در تیمارهای آزمایش طی دو سال، قبل از آبیاری اول و پس از آخرین آبیاری از اعماق ۲۵-۰ و ۵۰-۲۵ سانتی‌متری خاک نمونه گرفته شد و شوری آن‌ها اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول (۸) نشان داده شده است. نمونه‌گیری از تیمارهایی که به روش آبیاری قطره‌ای نواری آبیاری می‌شدند از وسط دو نوار و از زیر نوار انجام گرفت که در جدول مذکور میانگین شوری خاک در زیر و بین دو نوار آبیاری ارائه شده است. لازم به ذکر است زمین آزمایش پس از برداشت سال اول رها شده بود (از تیرماه تا اواخر آبان ماه) و همان زمین برای اجرای آزمایش در سال دوم آماده‌سازی شد و عملیات تهیه زمین شامل شخم با گاوآهن، سیکلوتیلر، لولر و کودپاشی انجام گرفت. کودپاشی فسفاته و پتاسه در شخم انجام گرفت (۱۵ کیلوگرم پتاس و ۱۰ کیلوگرم سوپر فسفات برای هر جریب به زمین اضافه گردید) و در نهایت عمل کاشت مانند فصل قبل انجام شد. در هر دو سال، شوری خاک در تیمارهایی که به روش آبیاری قطره‌ای نواری (A، B و C) آبیاری می‌شدند پس از آخرین آبیاری نسبت به قبل از آبیاری اول، افزایش قابل‌توجهی داشت، ولی شوری خاک در تیمار شاهد (D) نه تنها افزایش نیافت، بلکه کاهش نیز داشته است و نشان می‌دهد که عمل آبشویی در تیمار شاهد بهتر از بقیه تیمارها انجام گرفته است(جدول ۸).

جدول ۴- برنامه‌ی آبیاری و روند محاسبه حجم آبیاری اعمال‌شده در تیمارهای آبیاری قطره‌ای (سال اول)

ردیف	زمان آبیاری	نیاز خالص بر اساس: رطوبت خاک (میلی‌متر)	نیاز خالص بر اساس: نرم‌افزار (میلی‌متر در روز)	بارندگی مؤثر (میلی‌متر در روز)	ضریب آبشویی (LR)	درصد راندمان کاربرد آب (E_a)	حجم آب محاسبه‌شده (مترمکعب در هکتار)
۱	۹۶/۹/۱۶	۵۱	-	۰	۰/۱۸	۹۰	۶۹۱
۲	۹۶/۱۰/۶	۲۷/۴	-	۰	۰/۱۸	۹۰	۳۷۰
۳	۹۶/۱۲/۱۵	۱۵/۴	-	۰	۰/۱۸	۹۰	۲۰۹
۴	۹۶/۱۲/۲۸	-	۱/۷۱	۰	۰/۱۸	۹۰	۳۰۰
۵	۹۷/۱/۱۵	-	۲/۸	۰	۰/۱۸	۹۰	۶۰۷
۶	۹۷/۱/۲۸	-	۳/۲	۰/۲۱	۰/۱۸	۹۰	۵۲۶
۷	۹۷/۲/۸	-	۵/۱	۰/۶۳	۰/۱۸	۹۰	۶۶۶
۸	۹۷/۲/۱۸	-	۵/۴	۰/۲۷	۰/۱۸	۹۰	۶۹۵
۹	۹۷/۲/۲۷	-	۵/۴	۱/۴	۰/۱۸	۹۰	۴۸۹
۱۰	۹۷/۳/۴	-	۵/۶	۰/۳۵	۰/۱۸	۹۰	۵۶۹
۱۱	۹۷/۳/۹		۵/۶	۰	۰/۱۸	۹۰	۳۷۹
۱۲	۹۷/۳/۱۵		۵/۶	۰	۰/۱۸	۹۰	۴۵۵
۱۳	بهمن ۹۶	-	-	۱۵/۷	-	-	۱۵۷
جمع							۶۱۱۳

جدول ۵- برنامه‌ی آبیاری و روند محاسبه حجم آبیاری اعمال‌شده در تیمارهای آبیاری قطره‌ای (سال دوم)

ردیف	زمان آبیاری	نیاز خالص بر اساس: رطوبت خاک (میلی‌متر)	نیاز خالص بر اساس: نرم‌افزار (میلی‌متر در روز)	بارندگی مؤثر (میلی‌متر در روز)	ضریب آبشویی (LR)	درصد راندمان کاربرد آب (E_a)	حجم آب محاسبه‌شده (مترمکعب در هکتار)
۱	۹۷/۹/۲۱	۵۵	-	۰	۰/۱۵	۹۰	۷۱۹
۲	۹۷/۱۰/۸	۳۶	-	۰	۰/۱۵	۹۰	۴۷۰
۳	۹۷/۱۲/۱۴	۳۳	-	۰	۰/۱۵	۹۰	۴۳۱
۴	۹۸/۱/۲۵	۴۴	-	۰	۰/۱۵	۹۰	۵۷۵
۵	۹۸/۲/۷	-	۴	۰	۰/۱۵	۹۰	۶۸۳
۶	۹۸/۲/۱۶	-	۵/۴	۰	۰/۱۵	۹۰	۶۳۳
۷	۹۸/۲/۲۳	-	۵/۴	۰	۰/۱۵	۹۰	۵۰۱
۸	۹۸/۲/۳۰	-	۵/۵	۰	۰/۱۵	۹۰	۵۱۴
۹	۹۸/۳/۴	-	۵/۶	۰	۰/۰۸۷	۹۰	۳۳۳
۱۰	۹۸/۳/۱۱	-	۵/۶	۰	۰/۱۵	۹۰	۵۰۸
۱۱	دی ماه ۹۷	-	-	۱۳	-	-	۱۳۰
۱۲	فروردین ۹۸	-	-	۲۰	-	-	۲۰۰
			جمع				۵۶۹۷

جدول ۶- برنامه‌ی آبیاری و روند محاسبه حجم آبیاری اعمال‌شده در تیمار آبیاری کرتی (سال اول)

ردیف	زمان آبیاری	نیاز خالص بر اساس: رطوبت خاک (میلی‌متر)	نیاز خالص بر اساس: نرم‌افزار (میلی‌متر در روز)	بارندگی مؤثر (میلی‌متر در روز)	ضریب آبشویی (LR)	حجم آب (مترمکعب در هکتار): خالص (بر اساس رطوبت خاک یا نرم‌افزار)	حجم آب (مترمکعب در هکتار): ناخالص (اعمال‌شده در مزرعه)	راندمان کاربرد آب در مزرعه (درصد)
۱	۹۶/۹/۱۶	۵۱	-	۰	۰/۱۸	۵۱۰	۱۷۰۰	۳۶/۵
۲	۹۶/۱۰/۶	۲۷/۴	-	۰	۰/۱۸	۲۷۴	۱۱۲۵	۲۹/۷
۳	۹۶/۱۲/۱۵	۱۷/۴	-	۰	۰/۱۸	۱۷۴	۸۵۰	۲۵
۴	۹۶/۱۲/۲۸	-	۱/۷۱	۰	۰/۱۸	۲۲۲	۸۳۵	۳۲
۵	۹۷/۱/۱۵	-	۲/۸	۰	۰/۱۸	۴۴۸	۱۰۶۵	۵۱
۶	۹۷/۱/۲۸	-	۳/۲	۰/۲۱	۰/۱۸	۳۸۷	۹۵۷	۴۹
۷	۹۷/۲/۸	-	۵/۱	۰/۶۷	۰/۱۸	۴۸۷	۹۶۰	۶۱/۸
۸	۹۷/۲/۱۸	-	۵/۴	۰/۳۱	۰/۱۸	۵۰۹	۹۲۲	۶۷
۹	۹۷/۲/۲۷	-	۵/۴	۱/۶	۰/۱۸	۳۴۲	۶۲۲	۶۷
۱۰	۹۷/۳/۴	-	۵/۶	۰/۴	۰/۱۸	۴۱۶	۷۸۰	۶۵
۱۱	۹۷/۳/۹		۵/۶	۰	۰/۱۸	۲۸۰	۶۰۰	۵۷
۱۲	۹۷/۳/۱۵		۵/۶	۰	۰/۱۸	۳۳۶	۶۳۰	۶۵
۱۳	بهمن ۹۶	-	-	۰/۵۲	-	-	۱۵۷	-
			جمع			۴۳۸۵	۱۱۲۰۳	-
			میانگین					۵۰/۵

جدول ۷- برنامه‌ی آبیاری و روند محاسبه حجم آبیاری اعمال‌شده در تیمار آبیاری کرتی (سال دوم)

ردیف	زمان آبیاری	نیاز خالص بر اساس: رطوبت خاک (میلی‌متر)	نیاز خالص بر اساس: نرم‌افزار (میلی‌متر در روز)	بارندگی مؤثر (میلی‌متر در روز)	ضریب آبشویی (LR)	حجم آب (مترمکعب در هکتار): خالص (بر اساس رطوبت خاک یا نرم‌افزار)	حجم آب (مترمکعب در هکتار): ناخالص (اعمال‌شده در مزرعه)	راندمان کاربرد آب در مزرعه (درصد)
۱	۹۷/۹/۲۱	۵۴	-	۰	۰/۱۵	۵۴۰	۱۵۶۰	۴۰
۲	۹۷/۱۰/۸	۴۵	-	۰	۰/۱۵	۴۵۰	۱۱۱۲	۴۷
۳	۹۷/۱۲/۱۴	۲۴	-	۰	۰/۱۵	۲۴۰	۱۱۵۰	۲۴
۴	۹۸/۱/۲۵	۴۴	-	۰	۰/۱۵	۴۴۰	۱۰۰۷	۵۱
۵	۹۸/۲/۷	-	۴	۰	۰/۱۵	۵۲۰	۹۷۱	۶۳
۶	۹۸/۲/۱۶	-	۵/۴	۰	۰/۱۵	۴۸۶	۸۳۹	۶۸
۷	۹۸/۲/۲۳	-	۵/۴	۰	۰/۱۵	۳۷۸	۸۶۶	۵۱
۸	۹۸/۲/۳۰	-	۵/۵	۰	۰/۱۵	۳۸۵	۹۱۰	۴۹
۹	۹۸/۳/۴	-	۵/۶	۰	۰/۰۸۷	۲۸۰	۷۱۰	۴۳
۱۰	۹۸/۳/۱۱	-	۵/۶	۰	۰/۱۵	۳۹۲	۷۴۸	۶۱
۱۱	دی‌ماه ۹۷	-	-	۱۳	-	-	۱۳۰	-
۱۲	فروردین ۹۸	-	-	۲۰	-	-	۲۰۰	-
			جمع			۴۱۱۱	۱۰۲۰۳	-
			میانگین					۴۹/۷

شور شدن خاک در آخر فصل نسبت به اول فصل در هر دو سال آزمایش در تیمارهایی که به روش تیپ آبیاری شدند نشان می‌دهد میزان آب آبشویی که در طول فصل به مقادیر آب آبیاری اضافه شد، کافی نبوده و سامانه‌ی آبیاری تیپ باعث شورتر شدن خاک شده و بایستی مقداری آب برای آبشویی به خاک اضافه شود تا میزان شوری خاک برای کشت بعد تعدیل یابد و این میزان آب بایستی به حجم آب کاربردی تیمارهای تیپ در این دو سال اضافه شود. با توجه به این‌که تعیین میزان آب لازم برای آبشویی نمک‌های محلول از نیمرخ خاک‌های شور، از طریق آزمون‌های مزرعه‌ای ممکن است و انجام این آزمون‌ها زمان‌بر و از مجال این پروژه خارج بود، برای تعیین میزان آب لازم برای آبشویی خاک در این پروژه بر اساس توصیه Hoffman (1980) عمل شد. ایشان میزان ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر ارتفاع آب را برای آبشویی اولیه خاک پیشنهاد نموده است. بر اساس آنچه گفته شد، میزان آب لازم برای آبشویی خاک تیمارهای تیپ، ۱۵ سانتی‌متر آب (۱۵۰۰ مترمکعب در هکتار) در نظر گرفته شد و این مقدار به حجم آب مصرفی تیمارهای آبیاری تیپ که در جداول (۴) و (۵) ارائه شده، اضافه شد. بنابراین بر اساس نتایج جداول (۴) تا (۷) و در نظر گرفتن میزان آبشویی برای تیمارهای آبیاری تیپ، میانگین دوساله حجم آب مصرفی در تیمارهای روش آبیاری تیپ و سطحی، به ترتیب ۷۳۹۶ و ۱۰۷۰۳ مترمکعب در هکتار بوده است که نشان می‌دهد در روش تیپ حدود ۳۱ درصد آب کمتر مصرف شده است. این نتایج تقریباً با نتایج (Ghadami FiroozAbadi and Baghani, 2019; Sanjay Singh *et al*., 2014) همخوانی دارد، هرچند به‌واسطه تفاوت پارامترهای اقلیمی و شوری آب و خاک در این مناطق و در نتیجه متفاوت بودن نیاز آبی، میزان آب صرفه‌جویی شده در هر یک از این مطالعات با میزان آب صرفه جویی شده در این پژوهش متفاوت است.

جدول ۸– روند تغییرات شوری خاک تیمارهای آزمایش طی دو سال آزمایش برحسب دسی‌زیمنس بر متر

سال	زمان اندازه‌گیری	عمق خاک (cm)	تیمارها			
			A	B	C	D
اول	قبل از آبیاری اول	۰-۲۵	۴	۴	۴	۴
		۲۵-۵۰	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۳/۵
	پس از آخرین آبیاری	۰-۲۵	۷/۱	۱۲/۴	۸/۲	۳/۵
		۲۵-۵۰	۹/۸	۱۳/۶	۷/۷	۴/۶
دوم	قبل از آبیاری اول	۰-۲۵	۱۰/۴	۱۲/۴	۵/۹	۴/۳
		۲۵-۵۰	۷/۹	۸/۷	۵/۱	۳/۹
	پس از آخرین آبیاری	۰-۲۵	۱۰/۹	۱۹/۴	۹/۳	۲/۱
		۲۵-۵۰	۱۲/۲	۱۰/۳	۸/۹	۲/۱

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی در دو سال آزمایش

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد اثر تیمارهای آزمایش در هر دو سال بر عملکرد دانه در سطح خطای پنج درصد معنی‌دار بود اما بر بهره‌وری آب و شاخص برداشت تأثیر معنی‌داری نداشت و اثر تیمارها بر عملکرد بیولوژیکی به‌ترتیب در سال اول در سطح خطای پنج درصد معنی‌دار بود ولی در سال دوم معنی‌دار نبود (جدول ۹). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد در هر دو سال بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار شاهد (D) بود و سه تیمار دیگر با قرار گرفتن در گروه آماری مشترک، تفاوت معنی‌دار آماری نداشتند (جدول ۱۰). اگرچه تیمار روش آبیاری کرتی، دارای بیشترین عملکرد دانه بود ولی به علت مصرف آب بیشتر (نزدیک ۳۳۰۰ مترمکعب در هکتار) نسبت به بقیه تیمارها، از نظر بهره‌وری آب، با تیمارهای دیگر در یک گروه قرار گرفت. تیمار شاهد در هر دو سال بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیکی (بیوماس) را داشت و در سال اول در گروه برتر و در سال دوم با سایر تیمارها در یک گروه قرار گرفت (جدول ۱۰). از نظر شاخص برداشت، همه‌ی تیمارها در هر دو سال در یک گروه قرار گرفتند و مقادیر آن‌ها به هم نزدیک بود.

نتایج تجزیه واریانس مرکب دوساله و مقایسه میانگین‌های صفات موردبررسی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب دوساله، تیمارهای آزمایش اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر صفات عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک داشته و اثر این تیمارها بر بهره‌وری آب و شاخص برداشت معنی‌دار نبود. همچنین تفاوت بین سال‌های آزمایش از نظر عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد و از نظر عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و از نظر بهره‌وری آب معنی‌دار نبوده است (جدول ۱۱).

براساس جدول (۱۲)، مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه در تیمارهای مختلف نشان داد که بیشترین عملکرد دانه به میزان ۶۸۲۹ کیلوگرم در هکتار در تیمار D (شاهد) به دست آمده و کمترین عملکرد دانه به میزان ۴۹۰۶ کیلوگرم در هکتار متعلق به تیمار C (فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر) بوده است. عملکرد دانه در تیمارهای A (فاصله نوار ۴۵ سانتی‌متر) و B (فاصله نوار ۶۰ سانتی متر) به ترتیب ۵۳۱۴ و ۵۲۳۵ بود. تیمار D در گروه برتر و بقیه تیمارها در رتبه پایین‌تر و در گروه آماری مشترک قرار گرفتند. شکل (۲)، عملکرد دانه را در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد مقادیر میانگین عملکرد در تیمارهای آبیاری تیپ نسبت به تیمار کرتی تقریباً ۲۵ درصد کاهش داشته است. Delavarpoor*et al.* (2014) و Sanjay Singh *et al.* (2019) عملکرد دانه را در روش آبیاری تیپ کمتر از روش آبیاری سطحی گزارش نموده‌اند ولی (Saleem *et al.*, 2010; Wang*et al.*, 2013; Chaichi *et al*., 2010; Ghadami FiroozAbadi and Baghani, 2019; Kharrou *et al*., 2011)، عملکرد دانه را در روش آبیاری تیپ بیشتر از روش آبیاری سطحی گزارش نموده‌اند. دلیل آن تفاوت اقلیمی، توزیع زمانی و میزان بارش و کیفیت متفاوت آب و خاک در مناطق مذکور است. براساس نتایج ارائه شده در جدول (۱۲) میانگین عملکرد دانه تیمارها در سال اول آزمایش به‌طور قابل‌توجهی بالاتر از سال دوم آزمایش بوده است که یکی از دلایل آن شوری بیشتر خاک در سال دوم نسبت به سال اول آزمایش (هنگام اولین آبیاری) می‌باشد به طوری که شوری خاک در سال دوم تا سه برابر بیشتر از سال اول بود (جدول ۸). دلیل دیگر می‌تواند کشت گندم در دو سال متوالی در یک زمین باشد.

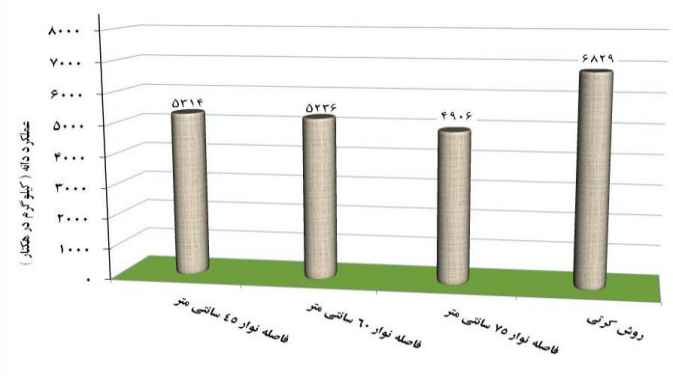
جدول ۹- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در دو سال آزمایش

سال	منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
			عملکرد دانه (Yield)	بهره‌وری آب (WP)	عملکرد بیولوژیکی (BY)	شاخص برداشت (HI)
اول	بلوک	۲	۴۱۱۹۲۲۱	۰/۰۵۶۵۳۹۴	۱۴۷۱۸۵۳۶	۱۱/۹۱۵۸
	تیمار	۳	۲۵۴۵۱۳۷ *	۰/۰۰۶۳۹۲۶ ns	۲۲۶۲۳۷۹۴ **	۱۰/۰۲۳۱ n.s
	خطا	۶	۲۶۶۹۲۹	۰/۰۰۳۶۳۸۴	۱۵۳۳۵۶۱	۷/۹۴۱۴
دوم	بلوک	۲	۲۹۹۴۸۵/۱	۰/۰۰۴۳۰۸۲	۱۱۷۶۹۳۰/۱	۰/۴۱۵۸۳۳۳۳
	تیمار	۳	۱۹۲۵۲۵۹/۹ *	۰/۰۰۴۱۲۷۱ ns	۶۴۷۸۷۹۲/۱ ns	۵/۹۷۸۸۸۸۸۹ n.s
	خطا	۶	۳۷۵۷۰۲/۶	۰/۰۰۶۱۶۲۸	۲۹۳۴۷۱۳/۵	۲۸/۴۰۱۳۸۸۹

** و *: به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد و ns معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین صفات موردبررسی در دو سال آزمایش

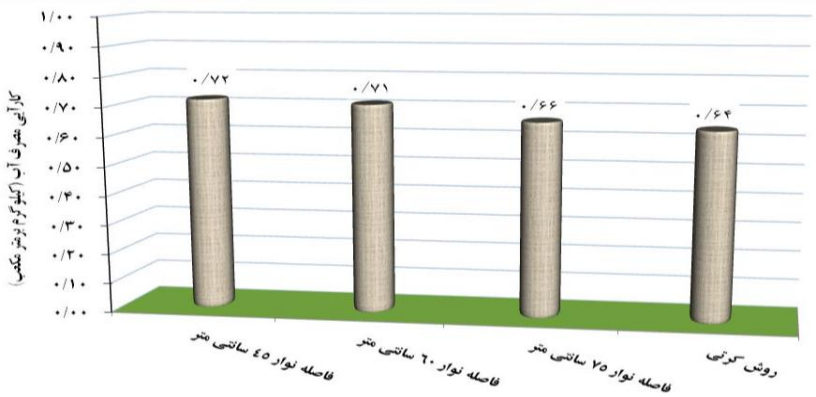
سال	تیمار	صفات			
		عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
اول	A (فاصله نوار ۴۵ سانتی‌متر)	۶۰۷۰ b	۰/۸ a	۱۳۱۷۱ b	۴۵/۹ a
	B (فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر)	۶۰۰۸ b	۰/۷۹ a	۱۳۵۸۳ b	۴۴/۲ a
	C (فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر)	۵۸۱۳ b	۰/۷۶ a	۱۲۹۹۵ b	۴۴/۶ a
	D (شاهد، کرتی)	۷۷۹۳ a	۰/۶۹ a	۱۸۷۲۰ a	۴۱/۶ a
دوم	A (فاصله نوار ۴۵ سانتی‌متر)	۴۵۵۸/۳ b	۰/۶۳ a	۸۸۴۱ a	۵۷/۶ a
	B (فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر)	۴۴۶۱/۷ b	۰/۶۲ a	۹۰۴۹ a	۴۹/۶ a
	C (فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر)	۳۹۹۰ b	۰/۵۶ a	۷۷۷۱ a	۵۱/۵ a
	D (شاهد، کرتی)	۵۸۶۵/۷ a	۰/۵۷ a	۱۱۲۷۱ a	۵۳ a



شکل ۲- میانگین دوساله عملکرد دانه در تیمارهای مختلف آزمایش در بافت لومی

با توجه به داده‌های جدول (۱۲)، میزان میانگین دوساله بهره‌وری آب در تیمارهای A، B، C و D به‌ترتیب ۰/۷۲، ۰/۷۱، ۰/۶۶ و ۰/۶۴ کیلوگرم بر مترمکعب است و همه‌ی تیمارها در گروه مشترک قرار گرفتند. مقادیر بهره‌وری آب در تیمارهای آبیاری تیپ و تیمار آبیاری سطحی این آزمایش از مقادیر گزارش شده توسط محققین مختلف به طور محسوسی کم‌تر است که دلیل آن توزیع زمانی مناسب‌تر و میزان بارش بیشتر و کیفیت بهتر آب و خاک مناطق آزمایشی آن‌ها نسبت به منطقه‌ی آزمایش اخیر بوده است. (Chaichi*et al.*, 2010)، میزان بهره‌وری آب در روش آبیاری سطحی را ۰/۵۹ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نموده که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در شکل (۳) مقادیر بهره‌وری آب در تیمارهای آزمایش با هم مقایسه شده است.

از نظر عملکرد بیولوژیکی، بیشترین میزان این صفت در تیمار D (شاهد) به‌دست آمد و سه تیمار دیگر فاقد تفاوت آماری با یکدیگر بودند. میانگین عملکرد بیولوژیکی نیز در سال اول به طور قابل‌توجهی بیش از سال دوم آزمایش بود (جدول۱۲). براساس نتایج دوساله، چهار تیمار از نظر شاخص برداشت اختلاف قابل توجهی نداشتند، اما مقدار این شاخص در سال اول کمتر از سال دوم بود (جدول ۱۲).



شکل ۳- میانگین دوسالهبهره‌وری آب گندم در تیمارهای مختلف آزمایش در بافت لومی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین صفات مورد بررسی، تیمار D (شاهد) از نظر عملکرد و بهره‌وری آب در گروه برتر قرار گرفت. بنابراین در شرایط کیفیت آب و خاک مورد مطالعه، روش آبیاری کرتی برای کشاورز کارآمدتر است. بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب دوساله و مقایسه میانگین صفات موردنظر، همان‌طور که در جدول (۱۲) مشاهده می‌شود هر سه تیمار تیپ از نظر عملکرد دانه و بیولوژیکی و بهره‌وری آب در گروه مشترک قرار گرفتند، با توجه به اینکه مصرف نوار تیپ در تیمار C (فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر) نسبت به تیمارهای A (فاصله نوار ۴۵ سانتی‌متر) و B (فاصله نوار ۶۰ سانتی متر) به ترتیب ۸۹۰۰ و ۳۳۰۰ متر کم‌تر است و از نظر میزان حجم عملیات اجرایی داخل مزرعه و همچنین میزان بقایای به‌جامانده در مزرعه حائز اهمیت است، لذا فاصله نوار ۷۵ سانتی متر برای بافت خاک لومی توصیه می‌شود. (Chaichi *et al.*, 2010; Chen*et al.*, 2015; Torknezhad*et al.*, 2006)، به‌ترتیب فواصل نوار ۶۰، ۶۰ و ۷۰ سانتی‌متر را برای بافت خاک لوم توصیه نموده‌اند.

جدول ۱۱- تجزیه واریانس مرکب دوساله صفات مورد بررسی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		عملکرد دانه (Yield)	بهره‌وری آب (WP)	عملکرد بیولوژیکی (BY)	شاخص برداشت (HI)
سال	۱	۱۷۳۴۰۰۰۰*	۰/۱۶۲۰۸۵n.s	۱۷۳۹۴۰۸۹**	۳۲۱/۹۳۳۸**
تکرار (سال)	۴	۲۲۰۹۳۵۳	۰/۰۳۰۴۲۳۸	۷۹۴۷۷۳۳	۶/۱۶۵۸۳۳
تیمار	۳	۴۴۰۸۵۳۱**	۰/۰۰۸۶۷۰۳ns	۲۶۰۴۱۹۳۷**	۴/۳۵۰۴۲n.s
تیمار × سال	۳	۶۱۸۶۷n.s	۰/۰۰۱۸۴۹۴n.s	۳۰۶۰۶۴۹n.s	۱۱/۶۵۱۵۳n.s
خطا	۱۲	۳۲۱۳۱۶	۰/۰۰۴۹۰۰۶	۲۲۳۴۱۳۷	۱۸/۱۷۱۳۹

****و*: به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد وns معنی‌دار نمی‌باشد.**

جدول ۱۲- مقایسه میانگین مرکب دوساله صفات موردبررسی در قطعه ۲

تیمار	صفات			
	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
سال اول	۶۴۲۱a	۰/۷۶ a	۱۴۶۱۷a	۴۴/۱b
سال دوم	۴۷۲۱b	۰/۶a	۹۲۳۳b	۵۱/۴a
A (فاصله نوار ۴۵ سانتی‌متر)	۵۳۱۴b	۰/۷۲a	۱۱۰۰۶b	۴۸/۸a
B (فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر)	۵۲۳۵b	۰/۷۱a	۱۱۳۱۶b	۴۶/۹a
C (فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر)	۴۹۰۶b	۰/۶۶a	۱۰۳۸۳b	۴۸/۱a
D (شاهد، کرتی)	۶۸۲۹a	۰/۶۴a	۱۴۹۹۵a	۴۷/۳a

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف تعیین فاصله بهینه نوار تیپ در زراعت گندم در بافت خاک لومی طی دو سال زراعی از سال ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ در منطقه‌ی مهیار شهرستان شهرضای استان اصفهان انجام شد. صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش، بهره‌وری آب، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و شاخص برداشت بودند و نتایج به دست آمده در تیمارهای آبیاری قطره‌ای نواری با روش آبیاری کرتی مقایسه شدند. شوری خاک نیز در تیمارهای آزمایش در پایان فصل، اندازه‌گیری و میزان آن با شوری خاک در ابتدای فصل مقایسه شد. براساس نتایج، در هر دو بافت خاک عملکرد دانه در سال دوم به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کم‌تر از سال اول بود. با توجه به این که یکی از اهداف این پروژه بررسی تأثیر آبیاری قطره‌ای نواری بر روند تغییرات شوری خاک بود، کشت گندم در دو سال آزمایش در یک زمین انجام گرفت (از زمان برداشت سال اول تا کاشت سال دوم زمین آیش بود). این مسئله باعث شورتر بودن خاک در سال دوم نسبت به سال اول شده بود. بنابراین شوری بیشتر خاک در سال دوم نسبت به سال اول و کاشت متوالی گندم در یک زمین، عملکرد را در سال دوم کاهش داده بود. بر اساس نتایج، در تیمار آبیاری کرتی عملکرد دانه و بیولوژیکی گندم به‌طور محسوسی از سه تیماری که به روش تیپ آبیاری شدند، بیشتر بود و از نظر بهره‌وری آب با سه تیمار دیگر در یک گروه قرار گرفت. از طرفی تیمار مذکور شوری خاک را افزایش نداده بود. نتایج نشان داد تیمارهای روش تیپ (فواصل نوار ۴۵، ۶۰ و ۷۵ سانتی‌متر) از نظر عملکرد و بهره‌وری آب در گروه مشترک قرار گرفتند. با توجه به اینکه مصرف نوار تیپ در تیمار فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر نسبت به تیمارهای فاصله نوار ۴۵ سانتی‌متر و فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر به‌ترتیب ۸۹۰۰ و ۳۳۰۰ متر کم‌تر است و از نظر میزان حجم عملیات اجرایی داخل مزرعه و همچنین میزان بقایای به‌جامانده در مزرعه حائز اهمیت است، لذا فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر برای بافت خاک لومی توصیه می‌شود.

سپاس‌گزاری

نویسندگان این مقاله از مدیریت محترم آب و خاک و امور مهندسی سازمان جهاد کشاورزی اصفهان و همکاران این اداره به سبب تأمین کلیه اعتبارات مورد نیاز این پروژه و پشتیبانی لازم برای پیشبرد آن قدردانی می‌کنند.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCES

Asadi, H., Neyshaburi, M., and Siadat, H. (2001). Effect of water stress in different stages of growth on

yield, yield components and some wheat relations. *Proceedings of the 7th Iranian Soil Science Congress, Shahrekord.* (In Farsi).

Anonymous (2019). An overview of the agriculture of Isfahan province (2018- 2019). *The agricultural Jihad organization of Isfahan, public relation office*, 1-24. (In Farsi).

Chaichi, M., Ghadami-Firouzabadi, A., Arjmandian, A., Ahmadi, R., Saidan, M., Hosseini, H., Shahabi, A., Shabanian, M., Saedi, H., Salimi, A., and Amirabadi, A.M. (2010). Evaluation of different wheat genotypes reaction under distinct irrigation methods in Hamedan region. *Research Report No. 41461.Seed and Plant Improvement Institute.* (In Farsi).

Chen, R., Cheng, W.H., Cui, J., Liao, J., Fan, H., and Zheng, Z. (2015). Lateral spacing in drip-irrigated wheat: the effects on soil moisture, yield, and water use efficiency. *Field Crops Res*. 179, 52–62.

Dehghanian, S.A., and Dastfal, M. (2009). Determination of Water Use Efficiency Potential of Wheat Cultivars in Different Irrigation Methods (Sprinkler, Drip and Surface) in Different Climatic Conditions of Iran. *Research Report No. 88/1217. Agricultural Engineering Research Institute*. (In Farsi).

Delavarpoor, A., Zakerinia, M., and Hesam, M. (2019). Effect of different intervals of tape drip irrigation on wheat yield and water use efficiency. *Iranian Journal ofIrrigation and Drainage*, 6 (12), 1563-1573. (In Farsi).

Ghadami-Firouzabadi, A., and Baghani, J. (2019). Effects of Different Wheat Planting Patterns in Drip Tape Irrigation on Yield and Water Productivity of Bread Wheat in Hamedan. *Iranian Journal ofIrrigation and Drainage*, 13(2), 28-539. (In Farsi).

Gao, Y., Yang, L.L., Shen, X.J., Li, X.Q., Sun, J.S., and Duan, A.W. (2014). Winter wheat with subsurface drip irrigation (SDI): crop coefficients, water-use estimates, and effects of SDI on grain yield and water use efficiency. *Agric. Water Manag*. 146, 1–10.

Heidari, N. (2012). Determination and evaluation of water use efficiency of some major crops under farmers management in Iran. *Journal of Water* and *Irrigation Management*, 1(2), 43-57. (In Farsi).

Hoffman G.J. (1980). Guidelines for reclamation of salt-affected soils. *Proc. Inter-American Salinity and Water Management Technology Conference*. Juarez, Mexico. 11–12 December 1980. pp. 49–64.

Kharrou, M.H., Salah, R., Ahmed, C., Benoit, D., Vincent, S., Michel, L., Lahcen, O., and Lionel, J. (2011). Water use efficiency and yield of winter wheat under different irrigation regimes in a semi-arid region. *Agri. Sciences*. Vol.2, No.3, 273-282.

Kohansal, M., and Saiedan, S.M. (2003). Economic analysis of sprinkler and drip Irrigation methods in wheat and comparison with furrow irrigation. *The First Conference on Sustainable Agriculture Using Crop Mode.* (In Farsi).

Nirizi, S., and Helmi-Fakhrdavood, R. (2004). Comparison of water use efficiency at several points in Khorasan. *Articles of the Eleventh Iranian Irrigationane Drainage Committee. Tehran.* 391-403. (In Farsi).

Rahimian, M.H. (2012). Determination of optimum latral space in drip irrigation of wheat. *First National Conference on farm water management*. (In Farsi).

Saleem, M., Wagas, A., and. Ahmad, R.N. (2010). Comparison of three wheat varieties with different irrigation systems for water productivity. *Int. J. Agric. App. Sci*. 2(1): 7-28.

Sanjay Singh, C., Awasthi, M.K., and Nema, R.K. (2014). Maximizing water productivity and yields of wheat based on drip Irrigation systems in clay loam Soil. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 3(7): 533-535.

Sanjay Singh, C., Awasthi, M.K., Nema, R.K., and Koshta, L.D. (2015). Effect of dripper spacing on yield and water productivity of wheat under drip irrigation. *Indian Journal of Science and Technology*, Vol 16(3), 456–464.

Sanjay Singh, C., Manoj Kumar, A., and Rajendra Kumar, N. (2015). Studies on water productivity and yields responses of wheat based on drip irrigation systems in clay loam soil. *Indian Journal of Science and Technology*, Vol 8(7), 650–654, April 2015.

Shafiierad, S., Fooladvand, H.R., and Rahimi, E. (2011). Effect of space between emitters and irrigation strips on wheat yield in surface drip irrigation. *Eleventh Seminar of Irrigation and reduce evaporation.* (In Farsi).

Sivanappan, P.K. (1988). Economic of drip irrigation for various crops in India. *Forth International Micro irrigation congress.* October 23 -26. Abury. Wodonga, Australia.

Torknezhad, A., Aghaee-Sarbarzeh, M., Jafari, H., Shirvani, A., Roeentan, R., Nemati, A., and Shahbazi, K.H. (2006). Study and economic evaluation of drip (tape) irrigation method on wheat compared to surface irrigation in water limited areas. *Journal of Research and Construction in Agriculture and Horticulture*. 72: 36-44. (In Farsi).

Wang, J., Shihong, G., Di, X., Yingduo, Y., and Yuefen, Z. (2013). Impact of drip and level-basin irrigation on growth and yield of winter wheat in the North China Plain. *National Center of Efficient Irrigation Engineering and Technology Research*, China.