



مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵

صفحه‌های ۴۷-۵۹

تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب بر اساس دانه ذرت و تغییرات رطوبتی خاک

افسانه عالی‌نژادیان بیدآبادی*^۱، الهام جوورونی^۲، عبدالرحمن برزگر^۳ و عباس ملکی^۴

۱. استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

۲. کارشناسی‌ارشد علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

۳. استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد دزفول

۴. استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۱/۲۵

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۱۴

چکیده

تحقیق دربارهٔ پاسخ گیاهان به کم‌آبیاری در نواحی با منابع آبی محدود بااهمیت است و منجر به کاهش مصرف آب در کشاورزی می‌شود. پژوهش حاضر در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی شهرستان دزفول واقع در استان خوزستان به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه روی ذرت (رقم سینگل کراس ۷۰۴) تحت آبیاری سطحی و در چهار تکرار اجرا شد. فصل رشد به چهار دوره تقسیم و در هر دوره رطوبت در اعماق مختلف خاک اندازه‌گیری شد. در مرحلهٔ آخر رشد عملکرد دانه گیاه و کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. نتایج به دست آمده حاکی از اختلاف معنادار در سطح ۱ درصد در اثر کاربرد سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد دانه است. تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه موجب افزایش عملکرد دانه در ذرت شد و تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه به دلیل کاهش رشد رویشی و به تأخیر افتادن گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیکی، کاهش عملکرد را نشان داد. بیشترین کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه در تیمار ۸۰ درصد (kg/m^3) و کمترین کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه ($1/35 \text{ kg/m}^3$) به دست آمد. همچنین، در اعماق مختلف خاک از جنبهٔ رطوبت بین تیمارها اختلاف معناداری مشاهده شد.

کلیدواژه‌ها: اعماق مختلف خاک، عملکرد دانه، کم‌آبیاری، مرحلهٔ آخر رشد، نیاز آبی گیاه.

مقدمه

آب یکی از اساسی‌ترین منابع مورد نیاز جامعه بشری است. این ماده حیاتی علاوه بر اینکه به صورت مستقیم برای انسان ضروری است، به صورت غیرمستقیم نیز از طریق تولید غذا توسط گیاهان مورد مصرف بشر است. بنابراین، یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک تنش کمبود آب در مراحل رشد است. تنش آب موقعی رخ می‌دهد که مقدار آب دریافتی بر اثر عواملی مانند خشکی، درجه حرارت بالا و شوری کمتر از مصرف آن باشد.

کاهش مقدار آب در دسترس گیاه منجر به تنش خشکی و بروز تغییرات نامناسب مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در گیاه می‌شود، به گونه‌ای که با کاهش مقدار فتوسنتز گیاه، رشد گیاه کاهش نشان خواهد داد. همچنین، تنش خشکی در طول دوره رشد رویشی به کوچک‌تر شدن برگ‌ها، کاهش سطح ویژه برگ، کاهش شاخص سطح برگ در دوره رسیدگی محصول و کاهش میزان جذب نور در گیاه منجر می‌شود (۹). تنش خشکی از طریق کاهش میزان جذب تابش فعال فتوسنتزی لحظه‌ای، کاهش کارایی مصرف آب و کاهش شاخص برداشت عملکرد ذرت را کاهش می‌دهد (۱۶).

اگر شرایط محیطی بر حسب تعداد روزهای طبقه‌بندی شود که در آن تنش آب شدید و رشد گیاه محدود می‌شود ملاحظه خواهد شد که هر چه تعداد این روزها افزایش یابد، کاهش وزن محصول یا کاهش رشد گیاه بیشتر خواهد شد (۷).

مقاومت گیاهان مختلف به تنش خشکی به عوامل مختلفی بستگی دارد، از جمله شرایط آب‌وهوایی، نوع و ویژگی‌های خاک، نوع گیاه و فصل رشد. برخی گیاهان بذری مانند غلات، نخود، لوبیا و دانه‌های روغنی به تنش خشکی حساس‌اند؛ در صورتی که گیاهان ریشه‌ای مانند

سیب‌زمینی، هویج و چغندر قند در کوتاه‌مدت تقریباً به تنش خشکی حساس‌اند و گیاهان علفی حساسیت کمتری به تنش خشکی دارند (۱۳). با بررسی‌های به‌عمل آمده مشخص شده است که در حال حاضر شاخص کارایی مصرف آب محصولات زراعی مناطق مختلف در کشور در عمل مشخص نیست و بعضاً اندازه‌گیری‌های دقیق و معتبری در این زمینه در سطح مزارع کشور انجام نیافته است. رطوبت خاک نیز نقش مهمی در گنجایش حرارتی خاک ایفا می‌کند. میزان رطوبت خاک در انتقال حرارت خاک تأثیر می‌گذارد. با توجه به اثر متقابل دما و رطوبت خاک که از شرایط اقلیمی و مشخصات گیاهی نیز تأثیر می‌پذیرد، اهمیت آگاهی از چگونگی تغییرات رطوبتی و دمایی در نیمرخ خاک اهمیت دارد، به‌ویژه در ناحیه توسعه ریشه‌ها به سبب آنکه در سیستم رشدونمو گیاه نقش عمده ایفا می‌کند (۱۱). محدودیت منابع آب و خاک به دلیل موقعیت جغرافیایی و اقلیمی کشور ایران از یک‌سو و ضرورت تحقق‌پذیری آرمان خود فابی محصولات اساسی از سوی دیگر، موجبات بهره‌برداری بهینه از منابع آب و خاک موجود در سطح کشور را امری اجتناب‌ناپذیر می‌سازد (۱۵). به عقیده دانشمندان مدیریت نامناسب آبیاری اصلی‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد گیاه محسوب می‌شود و در شرایطی که آب کافی در اختیار نباشد، مدیریت شرایط مطلوب کارساز نیست و عملکرد دانه و در نتیجه کارایی مصرف آب کاهش می‌یابد (۱۹).

در تحقیقی به‌منظور تعیین بهترین زمان اعمال کم‌آبیاری، با توجه به ضریب واکنش عملکرد و ضریب حساسیت عملکرد گیاه ذرت مشخص شد که کمبود آب در دوره گلدهی بیش از دو مرحله دیگر باعث کاهش عملکرد بیولوژیکی می‌شود (۱۵). اولویت‌های برنامه‌ریزی کم‌آبیاری به ترتیب دوره پرشدن دانه و رشد رویشی است. در این دو دوره می‌توان کم‌آبیاری را اعمال کرد بی‌آنکه کاهش

مدیریت آب و آبیاری

کارایی مصرف آب در افزایش عملکرد در واحد سطح، همچنین افزایش اراضی فاریاب نقش حیاتی خواهد داشت. بنابراین، نیاز به افزایش کارایی مصرف آب و ذخیره آب به خصوص در نواحی خشک ضروری است.

در سال‌های اخیر، چالش بزرگ بخش کشاورزی تولید غذای بیشتر از آب کمتر است که با افزایش قدرت تولید محصول از آب، دست‌یافتنی است (۲۰). لذا، با توجه به مسئله بحران آب در کشور و از جمله استان خوزستان و با توجه به اهمیت صرفه‌جویی و بهره‌وری بیشتر آب این پژوهش با بررسی تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد دانه ذرت و بررسی تغییرات رطوبت خاک در منطقه دزفول در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد.

مواد و روش‌ها

موقعیت و شرایط آب‌وهوایی محل آزمایش

شهرستان دزفول در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی گسترده شده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۴۰ متر است. این منطقه آب‌وهوای گرم و شرجی و تابستانی گرم و زمستانی مدیترانه‌ای دارد. میانگین بارش سالانه ۲۵۰ میلی‌متر است. حداکثر دما در زمستان ۳ درجه سانتی‌گراد و حداکثر دما در تابستان ۴۹ درجه سانتی‌گراد است.

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه، قبل از کاشت از سه نقطه مزرعه از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری به صورت تصادفی نمونه‌برداری به عمل آمد. سپس، نمونه‌ها برای آنالیزهای شیمیایی و فیزیکی به آزمایشگاه خاک منتقل و با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی مرسوم پارامترهای مورد نظر در خاک تعیین

قابل ملاحظه‌ای در عملکرد مشاهده شود. در بررسی اثر تنش خشکی بر ذرت، محققان به این نتیجه دست‌یافتند که تنش خشکی اثر معناداری بر کاهش عملکرد ذرت نشان داد، در صورتی که اگر این تنش به هنگام گلدهی یا در دوره پرشدن دانه اتفاق افتد، کاهش عملکرد چشمگیری به همراه خواهد داشت (۴).

در پژوهشی توزیع حرکت دوبعدی رطوبت در نیمرخ خاک در آبیاری قطره‌ای تحت کشت ذرت در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ بررسی شد (۱). سیستم آبیاری قطره‌ای نواری برای محصول ذرت در زمینی به مساحت حدود ۱۰۸ مترمربع طراحی شد که هر کرت سه لاترال با فاصله روزنه‌های ۲۰ سانتی‌متری داشت. در بررسی تغییرات زمانی و مکانی رطوبت، در فاصله ۱۰ سانتی‌متری قطره‌چکان و روی پشته در عمق‌های ۰-۱۵، ۱۵-۳۰، ۳۰-۴۵، ۴۵-۶۰، ۶۰-۷۵ و ۷۵-۹۰ سانتی‌متری از سطح خاک و در فواصل زمانی روزهای قبل و بعد از آبیاری چهاردهم، بیستم و بیست و چهارم (به ترتیب ۴۵، ۶۰ و ۷۵ روز پس از کاشت) نمونه‌برداری صورت گرفت. نتایج نشان داد که در توزیع عمودی رطوبت، میزان رطوبت از سطح خاک به عمق کاهش می‌یابد که این میزان در روزهای بعد از آبیاری و آبیاری بیست و چهارم محسوس‌تر می‌شود. همچنین، در توزیع افقی رطوبت، در تمامی آبیاری‌ها با فاصله‌گرفتن از قطره‌چکان میزان رطوبت کاسته می‌شود.

با توجه به اهمیت مدیریت آبیاری در افزایش عملکرد محصولات و با توجه به این واقعیت که بخش کشاورزی حدود ۹۳ درصد از کل آب استحصال‌شده را مصرف می‌کند، می‌توان بیان کرد هر گونه تلاش برای بهینه‌سازی مدیریت مصرف آب در کشور بدون توجه به این بخش با این موفقیت‌آمیز نخواهد بود. از طرف دیگر، این بخش با این واقعیت روبه‌روست که باید ضمن مصرف آب کمتر، تولید بیشتری نیز عرضه کرد. راهبردهای بهینه‌سازی افزایش

مدیریت آب و آبیاری

فتومتر، میزان کلسیم و منیزیم در عصاره اشباع خاک بر اساس روش تیتراسیون کمپلکسومتری به کمک EDTA، بافت خاک بر اساس روش هیدرومتری و جرم مخصوص ظاهری خاک با استفاده از رینگ فلزی اندازه گیری شد (۲). نتایج حاصل از تجزیه خاک در جدول ۱ و ۲ به طور جداگانه ارائه شده است.

شد. واکنش خاک در عصاره گل اشباع و به کمک دستگاه pH متر، میزان شوری در عصاره گل اشباع و به کمک دستگاه EC متر، میزان مواد آلی خاک بر اساس روش اکسایش، میزان فسفر قابل جذب بر اساس روش اولسن و به کمک دستگاه اسپکترو فتومتر، میزان پتاسیم قابل جذب بر اساس روش آمونیم استات و به کمک دستگاه فلیم

جدول ۱. خصوصیات شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۰-۳۰ سانتی متری)

هدایت الکتریکی (dSm^{-1})	واکنش خاک (pH)	کربن آلی (%)	نیتروژن (%)	فسفر قابل جذب (p.p.m)	پتاسیم قابل جذب (p.p.m)	کلسیم (p.p.m)	منیزیم (p.p.m)
۱/۴	۶/۹۱	۰/۴۹	۰/۰۷	۷/۳	۱۳۴	۲۱/۳۳	۶/۸

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی خاک محل آزمایش (عمق ۰-۳۰ سانتی متری)

رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	کلاس بافت خاک	رطوبت در ظرفیت مزرعه (FC) (%)	رطوبت در نقطه پژمردگی دائم (PWP) (%)
۱۲	۵۰	۳۸	لوم سیلتی	۲۳	۱۲

نوع طرح آزمایشی

این پژوهش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار شامل مقادیر مختلف آبیاری (۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه) و در چهار تکرار اجرا شد. ابعاد هر کرت آزمایشی چهار متری در ۰/۰۳، ۰/۰۷ و ۰/۰۵ متر با مساحت ۱۵ مترمربع در نظر گرفته شد. فاصله بین دو پشته در هر کرت ۷۵ سانتی متر و فاصله کاشت روی ردیف‌ها ۲۰ سانتی متر طراحی شد. فاصله بین بلوک‌ها (تکرار) نیز ۲ متر در نظر گرفته شد. به طور کلی، مساحت تقریبی زمین مورد کشت ۵۰۰ مترمربع در نظر گرفته شد.

عملیات زراعی

ابتدا، در بهمن ۱۳۹۲ زمین برای از بین رفتن لارو و حشرات موجود در خاک شخم زده شد و مراحل آماده‌سازی زمین در تابستان ۱۳۹۳ پس از برداشت گندم صورت گرفت. بدین منظور، نخست زمین آبیاری شد و پس از گاوروشدن زمین، با گاو آهن شخم زده شد. پس از آن، دو دیسک عمود بر هم زده شد تا کلوخه‌ها خرد شود. سپس، از ماله برای تسطیح زمین استفاده شد و با فاروئر جوی و پشته ایجاد شد. پس از این مرحله به صورت دستی و با بیل کرت‌بندی و احداث جوی آبیاری انجام شد. بعد از محاسبات نیاز کودی که پس از نمونه برداری از خاک و

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵

تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب بر اساس دانه ذرت و تغییرات رطوبتی خاک

در هر رویداد آبیاری پس از تعیین عمق توسعه ریشه و میزان رطوبت خاک در تیمار ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی، عمق آب آبیاری در این تیمار محاسبه و متعاقباً برای هر یک از تیمارهای دیگر با سطوح مختلف آب محاسبه شد. پس از آن نیز تیمارها اعمال شد و مقدار آب با کنترل دقیق، با کتور حجمی به کرت‌ها توزیع شد. با توجه به ناچیز بودن تلفات نفوذ عمقی، بارندگی و تغییرات رطوبت خاک طی فصل رشد، مقدار آب مصرفی گیاه محاسبه و سایر تجزیه و تحلیل‌ها بر اساس آب مصرفی انجام شد.

عملکرد دانه

بعد از رسیدگی فیزیولوژیکی دانه از دو ردیف وسط هر کرت (خطوط سه و چهار به طول ۴ متر برابر با ۲ متر مربع) با حذف ۰/۵ متر حاشیه از بالا و پایین، بلال‌های سطح مذکور برداشت و برای تعیین عملکرد دانه به آزمایشگاه منتقل شد. دانه‌های بلال‌ها جدا و وزن تر آن‌ها تعیین و با گذاشتن در گرمخانه با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. در نهایت، عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار با استفاده از رابطه (۲) به دست آمد.

$$(2) \quad \text{عملکرد دانه} = \frac{\text{وزن خشک دانه} \times \text{یک هکتار}}{\text{دو متر مربع}}$$

تعیین تغییرات رطوبتی خاک

تغییرات رطوبتی خاک در مراحل مختلف رشد گیاه ذرت انجام گرفت، شامل مرحله دوازده‌برگی شدن، ابریشمی شدن، شیری شدن و رسیدگی فیزیولوژیکی ذرت. در تمامی کرت‌ها برای تعیین روند تغییرات رطوبتی خاک از وسط کرت مربوط به هر تیمار (۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه) با اگر از سطح تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متری خاک به فواصل ۲۵ سانتی‌متری نمونه‌برداری صورت گرفت.

انجام آزمایش به دست آمد، مقدار کود مصرفی تعیین شد. کود اوره به صورت دو مرحله‌ای قبل از کشت و اواسط دوره رشد به صورت سرک و کود سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم در ابتدای کاشت به خاک افزوده شد. ذرت با رقم سینگل کراس ۷۰۴ در تاریخ ۳۰ تیر ۱۳۹۳ در هر کرت با فواصل ۲۰ سانتی‌متری روی پشته‌ها و در عمق ۵ سانتی‌متری خاک به صورت دستی به تعداد چهار بذر کشت شد. بعد از سبز شدن، بوته مقاوم در نقطه کاشت نگه‌داشته و سایر بوته‌ها از خاک خارج شد. در طول فصل کشت، مبارزه با علف‌های هرز، بیماری‌ها و تنک کردن به صورت دستی صورت پذیرفت.

برنامه‌ریزی آبیاری

آبیاری بر اساس تخلیه رطوبتی خاک در منطقه ریشه (تفاوت بین رطوبت خاک منطقه ریشه در نقطه ظرفیت زراعی و رطوبت زمان آبیاری) صورت پذیرفت. برای تعیین تخلیه رطوبتی آب خاک در منطقه ریشه، هر هفته با حفر گودال در کنار ردیف حاشیه کرت، عمق ریشه‌دهی به صورت دستی با خط‌کش اندازه‌گیری و با استفاده از روش وزنی یک روز قبل از زمان آبیاری در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (به عنوان تیمار مرجع) با برداشتن نمونه خاک از وسط هر کرت با اگر، مقدار رطوبت خاک اندازه‌گیری شد. دور آبیاری مطابق با عرف منطقه شش روز یک‌بار در نظر گرفته شد. مقدار آب آبیاری در هر رویداد آبیاری با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (۶).

$$(1) \quad d_n = \frac{(\theta_{FC} - \theta_i)}{100} \times \rho_b \times D$$

در این رابطه θ_{FC} درصد رطوبت وزنی ظرفیت زراعی، θ_i درصد وزنی رطوبت موجود در خاک قبل از آبیاری، ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، D عمق توسعه ریشه (سانتی‌متر) و d_n عمق خالص آبیاری (سانتی‌متر) است.

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵

مرحله دوازده‌برگی شدن

این مرحله از رشدونمو ذرت بعد از آبیاری مرحله ششم، یعنی ۳۵ روز بعد از کاشت، مشاهده شد و پس از گذشت حدود پنج الی هشت روز پایان یافت. در واقع، در این مرحله بوته ذرت دوازده‌برگی است (۳).

مرحله ابریشمی شدن یا کامل دهی

این مرحله بعد از مرحله گرده‌افشانی رخ می‌دهد و ۴۸ روز بعد از کاشت شروع و با گذشت حدود چهار الی شش روز پایان خواهد یافت (۳).

مرحله شیری شدن

مرحله شیری شدن دانه ۶۸ روز بعد از کاشت شروع و پس از گذشت حدود شش الی هشت روز، به مرحله خمیری شدن خواهد رسید. در این مرحله، دانه‌ها بیشتر مایل به زرد و محتوی مایع سفید شیری است. انباشته شدن نشاسته در اندوسپرم در این مرحله نیز ادامه می‌یابد. تقسیم سلولی اندوسپرم تقریباً در حال تکمیل است. ادامه رشد بیشتر در اثر بزرگ شدن سلول‌ها و تجمع نشاسته است. رطوبت دانه در این مرحله حدود ۸۰ درصد است (۳).

مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی

این مرحله ۱۱۰ روز بعد از کاشت شروع و حدود هشت الی ده روز پس از آن به آخر دوره رشد یعنی خشک شدن خواهد رسید. در این زمان وزن خشک دانه‌ها معمولاً به حداکثر می‌رسد و دانه‌ها از نظر فیزیولوژیکی رسیده است. رسیدن فیزیولوژیکی به مدت کوتاهی بعد از ناپدید شدن خط شیری و درست قبل از تشکیل لایه سیاه در ته دانه‌ها اتفاق می‌افتد. تنش شدید بعد از این مرحله اثر اندکی بر عملکرد دانه دارد. رطوبت دانه در این مرحله از ۲۵ تا ۴۰ درصد متغیر و به‌طور میانگین ۳۰ درصد است (۳).

محاسبات آماری

برای تجزیه آماری و به‌دست آوردن جدول تجزیه واریانس از نرم‌افزار SAS، برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

با توجه به اهداف تحقیق، نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه و کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه تحت تأثیر سطوح مختلف آب ارائه شده است (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس (کمیت F) عملکرد دانه و کارایی مصرف آب بر اساس دانه

منبع تغییرات	درجه آزادی	کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه (kg/m ³)	عملکرد دانه (kg/ha)
تیمار	۳	۳۷/۵۹**	۷۹/۹۲**
بلوک	۳	۲/۶۰ ^{ns}	۲/۷۶ ^{ns}
خطا	۹		
کل	۱۵		

** معنادار در سطح ۱ درصد ns عدم تفاوت معنادار

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵

تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب بر اساس دانه ذرت و تغییرات رطوبتی خاک

عملکرد دانه

نتایج حاصل از مقایسه میانگین عملکرد دانه در تیمارهای مختلف با استفاده از آزمون دانکن بیانگر اختلاف معناداری در سطح احتمال ۱ درصد است (جدول ۴).

طبق جدول نتایج آنالیز واریانس مشاهده می‌شود کارایی مصرف آب دانه و عملکرد دانه در اثر کاربرد مقادیر مختلف آبیاری دارای اختلاف معناداری در سطح ۱ درصد است.

جدول ۴. مقایسه میانگین تیمارهای مقادیر مختلف آب بر عملکرد دانه

تیمار	۶۰٪ نیاز آبی گیاه	۸۰٪ نیاز آبی گیاه	۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه	۱۲۰٪ نیاز آبی گیاه
عملکرد دانه Kg/ha	۴۲۳۸ ^c	۷۵۰۰ ^b	۷۸۶۳ ^{ab}	۸۱۵۸ ^a

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد فاقد تفاوت معنادار است.

دانست که حاصل از شاخص سطح برگ بالا و در نتیجه تولید دانه‌های سنگین‌تر در بلال است (۵).

نتایج پژوهشگران در ارزیابی کم‌آبیاری و آرایش کاشت بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای نشان داد بالاترین میزان عملکرد دانه از نظر تأثیر سطوح مختلف میزان آب آبیاری با میانگین ۹۱۷/۱ گرم در مترمربع مربوط به تیمار A₁ (تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و کمترین میزان عملکرد دانه با میانگین ۲۴۵/۱ گرم در مترمربع مربوط به تیمار A₃ (تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه) بود. با کاهش میزان آب (آبیاری از ۱۰۰ به ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه)، عملکرد به ترتیب ۳۹۲/۸ و ۶۷۲ گرم در مترمربع کاهش یافت. سطوح کم‌آبیاری A₂ و A₃ نسبت به سطح A₁ به ترتیب کاهش ۴۲/۸ و ۳/۷۳ درصدی عملکرد دانه را نشان داد (۱۴). همچنین، تحقیق دیگری در زمینه کم‌آبیاری گیاه ذرت نشان داد کم‌آبیاری باعث کاهش عملکرد محصول می‌شود (۱۸).

بررسی محققان در زمینه عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین تحت مدیریت‌های مختلف آبیاری و تراکم کشت نشان داد اثر مدیریت‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای آن تأثیر معناداری داشته است (۱۷) که با یافته‌های تحقیق حاضر همخوانی دارد.

مقایسه میانگین سطوح مختلف آبیاری به روش آزمون دانکن (جدول ۴) نشان می‌دهد که تیمار آبیاری ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه با میانگین ۸۱۵۸ کیلوگرم بیشترین عملکرد و تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه با میانگین ۴۲۳۸ کیلوگرم به دلیل کاهش رشد رویشی و به تأخیر افتادن گرده‌افشانی و رسیدگی، کمترین عملکرد دانه در ذرت را داشته است. بین تیمار ۶۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه با احتمال ۱ درصد اختلاف معنادار مشاهده شد، ولی بین دو تیمار ۸۰ و ۱۰۰ درصد اختلاف معنادار به دست نیامد. در حقیقت، تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی نسبت به تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی ۸ درصد کاهش عملکرد نشان داد، اما میزان مصرف آب در این تیمار نسبت به تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه ۴۰ درصد کمتر است که از جهت کاهش مصرف آب و افزایش کارایی مصرف آب اهمیت بسیاری دارد. از طرف دیگر، در تیمار ۸۰ درصد نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه با ۲۰ درصد کاهش مصرف آب، از نظر عملکرد تفاوت معناداری مشاهده نشد. در این بررسی، بیشترین تأثیر آبیاری بر افزایش عملکرد دانه به صورت افزایش وزن هزار دانه در گیاه است. این امر را می‌توان به سبب ایجاد سطح فتوستزی بیشتر و افزایش میزان جذب

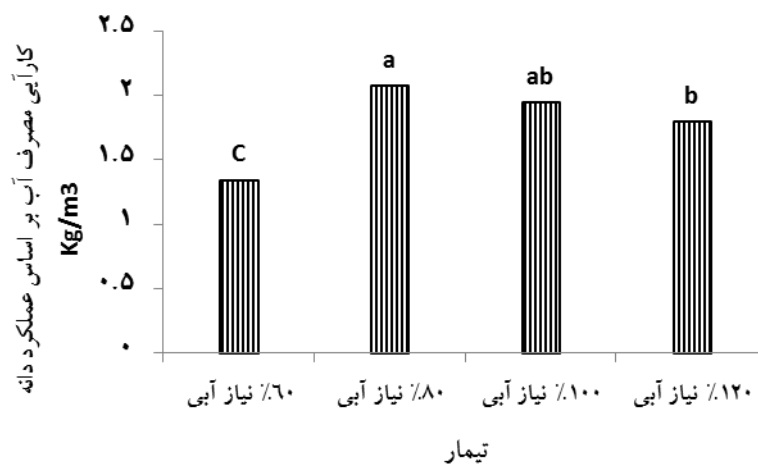
مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵

کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، سطوح مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه اختلاف معناداری در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد (جدول ۳). همچنین، مقایسه میانگین سطوح مختلف آبیاری به روش آزمون دانکن نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه به ترتیب

مربوط به تیمار ۸۰ درصد با میانگین ۲/۰۷ و تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه با میانگین ۱/۳۵ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد (شکل ۱). در واقع تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه نسبت به تیمارهای دریافت‌کننده آب کامل و حتی آب بیش از نیاز آبی گیاه (۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه) با مصرف آب کمتر، کارایی مصرف آب بیشتری داشت.



شکل ۱. تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه

تأثیر آبیاری با سطوح مختلف بر روند تغییرات رطوبتی خاک در مراحل مختلف رشد ذرت
نتایج تجزیه واریانس و آزمون دانکن رطوبت اعماق مختلف خاک در مراحل مختلف رشد در جدول ۵ آمده است.

مرحله دوازده‌برگی شدن

نتایج آزمایش‌ها درباره رطوبت خاک در اعماق مختلف خاک در این مرحله از رشد نشان‌دهنده این است که بیشترین میزان رطوبت متعلق به عمق ۰-۲۵ سانتی‌متر در تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی به مقدار ۳۱/۸ و کمترین میزان

نتایج تحقیقی درباره کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه بین چند گونه زراعی و دارویی نشان داد که با توجه به نیاز آبی گونه‌های مختلف و شرایط اقلیمی خشک منطقه، برای پاسخگو بودن به نیازهای غذایی، گیاهانی باید در الگوهای کشت قرارگیرند که متناسب با نیازهای آبی منطقه باشند. در مطالعه این پژوهشگران، گیاه ذرت گیاه چهارکربنه و با داشتن پتانسیل بالای تولید ماده خشک و با کارایی مصرف آب به میزان $1/8 \text{ kg/m}^3$ از گیاهان سازگار با مناطق خشک است (۱۲). نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر با یافته‌های این محققان از نظر کارایی مصرف آب مطابقت دارد.

مدیریت آب و آبیاری

تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب بر اساس دانه ذرت و تغییرات رطوبتی خاک

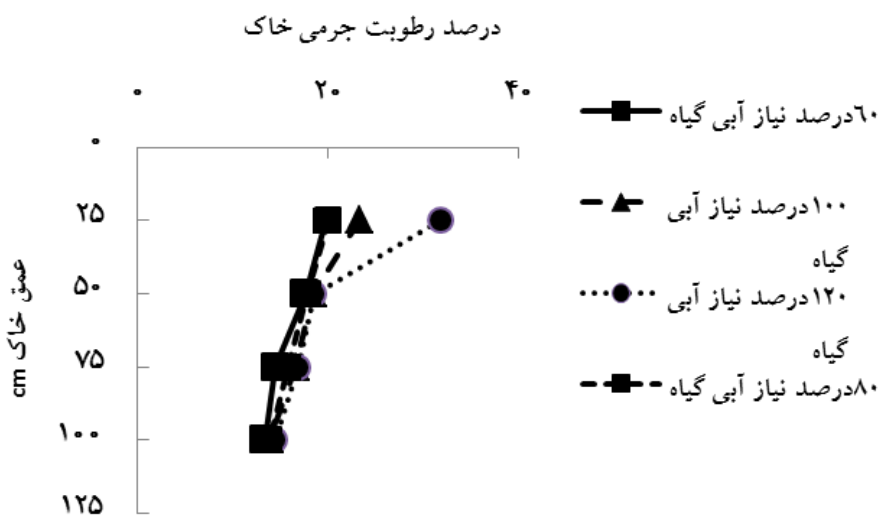
رطوبت متعلق به عمق ۷۵-۱۰۰ سانتی متر در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه به دلیل کمبود آب و کاهش نفوذ آب در لایه‌های مختلف خاک این نتایج مشاهده شده است (شکل ۲).

رطوبت متعلق به عمق ۷۵-۱۰۰ سانتی متر در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه به دلیل افزایش آب سطحی و تجمع آب در سطح خاک و اشباع خلل و فرج

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس (کمیت F) رطوبت خاک در مراحل مختلف رشد

منبع تغییرات	درجه آزادی	دوازده‌برگی شدن	ابریشمی شدن	شیری شدن	رسیدگی فیزیولوژیک
تیمار	۳	۳/۷۷*	۵/۴۵*	۹/۱۶**	۱/۴۳ ^{ns}
بلوک	۳	۳۵/۶۰**	۲۸/۴۱**	۴۵/۹۶**	۱۵/۶۰**
اشتباه یا خطا	۹				
کل	۱۵				

** معنادار در سطح ۱ درصد * معنادار در سطح ۵ درصد ns عدم تفاوت معنادار



شکل ۲. روند تغییرات رطوبتی مرحله دوازده‌برگی شدن در تیمارهای ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه

میزان رطوبت متعلق به عمق ۰-۲۵ سانتی متر به مقدار ۲۲/۹ در تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی و کمترین میزان رطوبت متعلق به عمق ۷۵-۱۰۰ سانتی متر به میزان ۱۰/۸

مرحله ابریشمی شدن

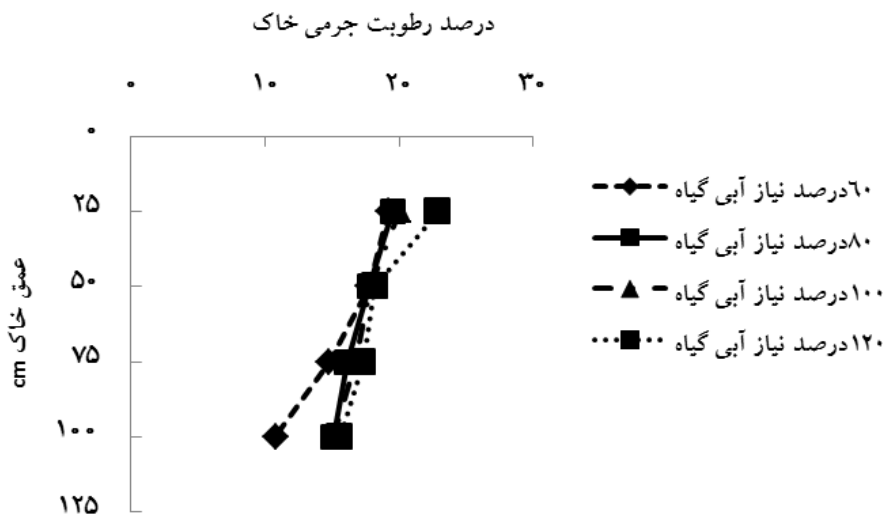
نتایج به دست آمده از روند رطوبت خاک در اعماق مختلف خاک در این مرحله از رشد بیانگر این است که بیشترین

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵

آبی گیاه به دلیل کمبود آب و جذب بالای آب در گیاه از نفوذ آب به لایه‌های پایین‌تر جلوگیری و باعث کاهش آب در لایه‌های پایین‌تر می‌شود (شکل ۳). اعمال تنش خشکی به هنگام گلدهی و قبل از آن باعث به وجود آمدن بلال‌های کوچک‌تر با تعداد دانه‌های کمتر در هر بلال خواهد شد (۱۰).

در تیمار ۶۰ درصد است. در این مرحله به دلیل قرارگرفتن در مرحله زایشی و به دلیل نیاز روزافزون گیاه به آب در تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه به دلیل افزایش آب سطحی و تجمع آب در سطح خاک و اشباع شدن خاک سطحی میزان جذب محسوس نیست، اما در تیمار ۶۰ درصد نیاز



شکل ۳. روند تغییرات رطوبتی مرحله ابریشمی شدن تیمارهای ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه

مرحله شیری و خمیری شدن دانه بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب در ذرت دانه‌ای بررسی شد. نتایج نشان داد که تنش خشکی در مرحله شیری و خمیری شدن دانه باعث کاهش معنادار بر عملکرد نهایی دانه و وزن هزاردانه شد (۸).

مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی

آزمایش‌ها درباره رطوبت در اعماق مختلف خاک در این مرحله از رشد نشان داد که بیشترین میزان رطوبت متعلق به عمق ۰-۲۵ سانتی‌متر در تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه به مقدار ۲۴ و کمترین میزان رطوبت متعلق به عمق ۷۵-۱۰۰ سانتی‌متر در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه به میزان

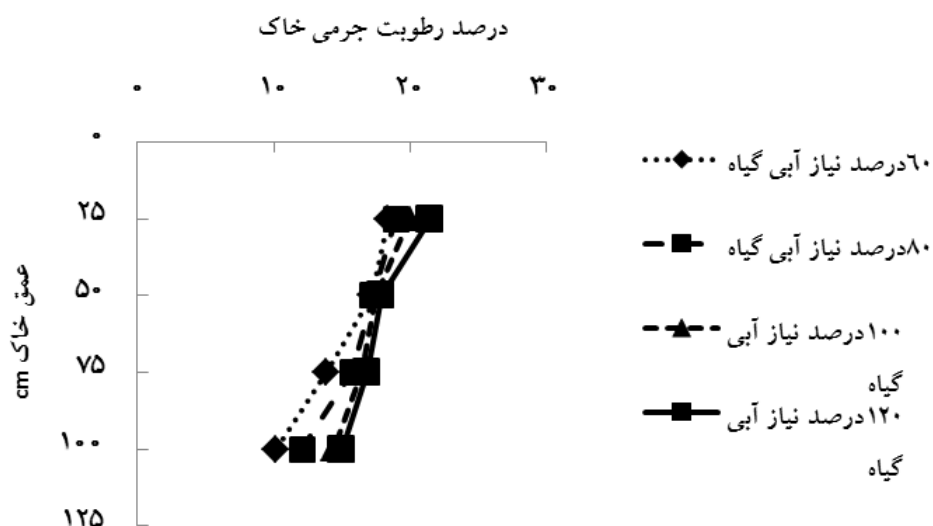
مرحله شیری شدن

طبق نتایج آزمایش‌های انجام شده بر رطوبت خاک در اعماق مختلف خاک در این مرحله رشد، بیشترین میزان رطوبت متعلق به عمق ۰-۲۵ سانتی‌متر در تیمار ۱۲۰ درصد به مقدار ۲۱/۵ و کمترین میزان رطوبت متعلق به عمق ۷۵-۱۰۰ سانتی‌متر در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه به میزان ۱۰/۲ بود. در این مرحله به دلیل جذب فوق‌العاده آب در گیاه به منظور پرکردن دانه‌ها از آب و مواد غذایی در تیمار ۱۲۰ درصد به دلیل افزایش آب سطحی و اشباع منافذ خاک با آب جوابگوی آب جذب شده گیاه بود، اما در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه به دلیل کمبود آب، این کاهش محسوس است (شکل ۴). تأثیر نیتروژن و قطع آبیاری در

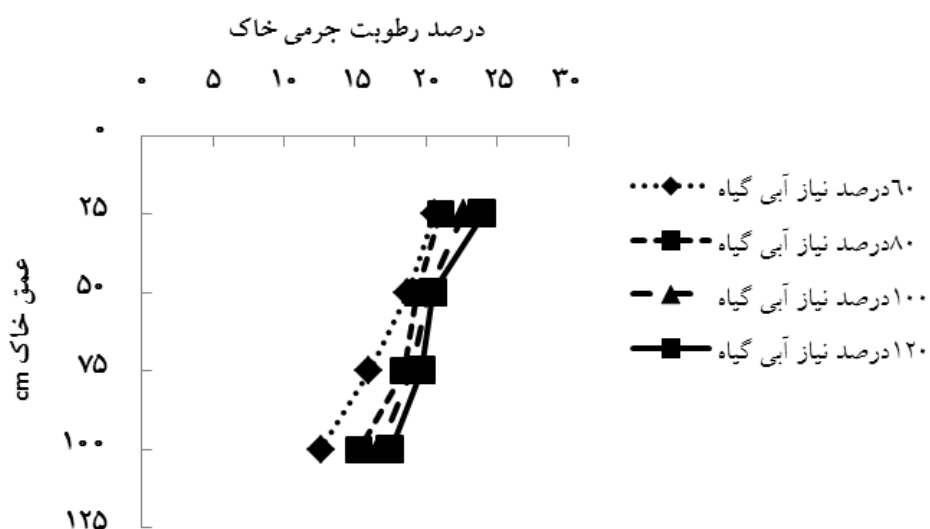
مدیریت آب و آبیاری

تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب بر اساس دانه ذرت و تغییرات رطوبتی خاک

۱۲/۶ به دست آمد. در این مرحله به دلیل کاهش میزان جذب آب در گیاه به منظور خشک و سفت شدن دانه‌ها در تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه به دلیل افزایش آب سطحی و اشباع شدن منافذ خاک با آب و در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه به دلیل کمبود آب، این نتایج مشاهده شد (شکل ۵).



شکل ۴. روند تغییرات رطوبتی مرحله شیری برگی شدن در تیمارهای ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه



شکل ۵. روند تغییرات رطوبتی مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی در تیمارهای ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵

نتیجه‌گیری

بحران آب در بسیاری از کشورهای جهان از جمله کشورهای کمربند خشک مثل ایران، دغدغه اصلی فراروی آینده بشر خواهد بود. کمبود آب و عدم مدیریت صحیح منابع آن منجر به بحران آبی می‌شود که بروز خشکسالی‌ها آن را تشدید می‌کند (۱). تحقیق پیش‌رو در استان خوزستان صورت پذیرفت که از جمله مناطق خشک ایران است، همچنین با مشکل کم‌آبی مواجه است. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب در تیمار ۱۲۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی به دست آمد که در صورت مهیا بودن شرایط لازم برای تولید محصول ذرت مانند نور، درجه حرارت و مواد مغذی در خاک، مقدار آب مصرفی در مزرعه نقش بسیار مؤثری بر میزان تولید دارد، به گونه‌ای که بیشترین کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد.

نتایج رطوبت خاک نیز حاکی از این است که رطوبت در میان تیمارها در مراحل دوازده‌برگی، ابریشمی و شیرین شدن در سطوح مختلف آبیاری معنادار است، ولی در مرحله آخر رشد (رسیدگی فیزیولوژیکی) تفاوت معنادار مشاهده نشد. در هر چهار مرحله دوازده‌برگی شدن، ابریشمی شدن، شیرین شدن و رسیدگی فیزیولوژیکی، بیشترین میزان رطوبت خاک متعلق به عمق ۰-۲۵ سانتی‌متر در تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین میزان رطوبت متعلق به عمق ۷۵-۱۰۰ سانتی‌متر در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد. همچنین، بین اعماق مختلف خاک، رطوبت خاک در سطح ۱ درصد معنادار بود.

پیشنهادها

با توجه به نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر پیشنهاد می‌شود در کشت ذرت در منطقه مورد مطالعه برای استفاده بهینه از آب، مقدار آب داده شده بر اساس ۸۰ درصد نیاز

آبی گیاه ذرت در نظر گرفته شود. همچنین، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های دیگر کم‌آبایی در مراحل مختلف رشد گیاه ذرت صورت پذیرد تا مرحله‌ای که گیاه به کم‌آبی حساسیت نشان می‌دهد، برای مدیریت آبیاری تعیین شود.

منابع

۱. تابعی م. برومندنسب س. و سلطانی محمدی ا. (۱۳۹۲) بررسی توزیع حرکت دوبعدی رطوبت در نیمرخ خاک در آبیاری قطره‌ای تحت کشت ذرت. مجموعه مقالات اولین همایش ملی بهینه‌سازی مصرف آب، دانشگاه گرگان، ایران.
۲. توللی ح. و سمنانی ا. (۱۳۸۱) روش‌های تجزیه خاک‌ها، گیاهان، آب‌ها و کودها. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. ۲۱۹ ص.
۳. خواجه‌پور م.ر. (۱۳۹۲) غلات. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ۷۸۲ ص.
۴. سیلسپور م.، جعفری پ. و ملاحسینی ح. (۱۳۸۵) مطالعه اثرات تراکم بوته و تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و برخی خصوصیات زراعی ذرت (sc301). پژوهش در علوم کشاورزی. ۲(۴): ۱۳-۲۴.
۵. صدرآبادی د. (۱۳۶۸) اثر تنش کمبود آب بر رشد و تثبیت ازت در تعدادی از ارقام و توده‌های یونجه. دانشگاه صنعتی اصفهان. اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
۶. علیزاده ا. (۱۳۸۸) فیزیک خاک. چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، مشهد، ۴۳۹ ص.
۷. علیزاده ا. (۱۳۹۰) رابطه آب و خاک و گیاه. چاپ

مدیریت آب و آبیاری

- تأثیر کم آبیاری بر عملکرد ذرت علوفه‌ای در مراحل مختلف رشد آن. مجموعه مقالات اولین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه چمران اهواز، ایران.
16. Earl H.J. and Davis R. (2003) Drought stress effects on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. *Agronomy*. 95: 688-696.
17. Kashiani P., Saleh S., Osman M. and Habibi D. (2011) Sweet corn yield response to alternate furrow irrigation methods under different planting densities in a semi-arid climatic condition. *African. Agriculture Research*. 6: 1032-1040.
18. Lamm F.R., Royers D.H. and Manges H.L. (1994) Irrigation scheduling with planed soil water depletion. *Transaction of the ASAE*. 37 (5): 1491-1497.
19. Norwood C.A. (2000) Water use and yield of limited -irrigated and dry land corn. *Soil Science Society of America*. 64: 365-370.
20. Zwart W.G. and Bastiaanssen M. (2004) Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agricultural Water Management*. 69(2): 115-133.
- دوازدهم، انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، مشهد، ۴۷۰ ص.
۸. غدیری ح. و مجیدیان م. (۱۳۸۲) تأثیر سطوح نیتروژن و قطع آبیاری در مراحل شیری و خمیری شدن دانه بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی استفاده از آب در ذرت دانه‌ای (*Zea mays*). علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۲۴(۲): ۱۰۳-۱۱۴.
۹. قرینه م. (۱۳۸۲) بررسی اکوفیزیولوژیکی تنش کمبود آب و مراحل رسیدگی بر روی کیفیت بذر ارقام گندم دوروم و نان. دانشگاه تبریز. تبریز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
۱۰. کوچکی ع. (۱۳۸۴) زراعت در مناطق خشک. چاپ هشتم، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه مشهد، مشهد، ۲۰۲ ص.
۱۱. محمودی ش. و حکیمیان م. (۱۳۸۶) مبانی خاک‌شناسی. چاپ هشتم، انتشارات دانشگاه تهران. ۶۹۹ ص.
۱۲. مختاری و، کوچکی ع، نصیری محلاتی م. و جهان م. (۱۳۹۲) مقایسه کارایی مصرف آب بین چند گونه زراعی و دارویی. پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۱(۳): ۴۰۷-۴۰۱.
۱۳. معلمی ن. و برزگر ع. (۱۳۹۳) رابطه آب- خاک و گیاه. دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز. ۲۳۳ ص.
۱۴. هوشمند ع، فروتن م. و برومندنسب س. (۱۳۹۳) ارزیابی کم آبیاری و آرایش کاشت بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای هیبرید *KSC-704*. علوم و مهندسی آبیاری. ۳۷ (۳): ۴۳-۵۲.
۱۵. وردی نژاد و، سهرابی ت. و لیاقت ع. (۱۳۸۵) بررسی