بررسی اثر سوپرجاذب بر برخی از اجزاء عملکرد ذرت تحت شرایط تنش خشکی در استان خوزستان

داود خدادادی دهکردی[1]، محسن سلیمانی بابرصاد[2]، کامران محسنی فر[3]

۱-گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۲-گروه علوم و مهندسی آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران
۳-گروه خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی تاثیر تنش رطوبتی و سطوح مختلف سوپرجاذب بر اجزاء عملکرد ذرت رقم سینگل کراس ۷۰٤، آزمایشی در یک خاک شنی در منطقه حمیدیه خوزستان در غالب طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۱۲ تیمار و سه تکرار انجام شد. در این تحقیق عمق آب آبیاری، شامل I_1، I_2 و I_3 به ترتیب معادل ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به عنوان تیمار اصلی و سوپرجاذب شامل S_0، S_1، S_2 و S_3 به ترتیب معادل ۰ (شاهد)، ۳۰.۱۵ و ٤۵ گرم در مترمربع به عنوان تیمار فرعی در نظر گرفته شدند. با توجه به نتایج این تحقیق اثر مستقل تیمارهای آبیاری در سطح ۱ درصد بر تعداد دانه در ردیف بلال و در سطح ۵ درصد بر طول بلال محصول ذرت معنی‌دار شد. اما این اثر در سطح ۵ درصد بر تعداد ردیف دانه در بلال و درصد پروتئین دانه معنی‌دار نبود. اثر مستقل تیمارهای سوپرجاذب در سطح ۱ درصد بر تعداد دانه در ردیف بلال معنی‌دار شد. اما این اثر در سطح ۵ درصد بر تعداد ردیف دانه در بلال، طول بلال و درصد پروتئین دانه ذرت معنی‌دار نبود. در پایان نیز نتیجه گیری شد که با استفاده از سوپرجاذب می‌توان با کاربرد آب کمتر، اجزاء عملکرد قابل قبولی را بدست آورد.

واژه‌های کلیدی: ***تنش خشکی، درصد پروتئین دانه، طول بلال، کم آبیاری.***

مقدمه

کم آبیاری یک راهکار بهینه برای به عمل آوردن محصولات تحت شرایط کمبود آب است که همراه با کاهش محصول در واحد سطح و افزایش آن با گسترش سطح می‌باشد. کم آبیاری می‌تواند برای گسترش سطح زیر کشت و به حداکثر رسانیدن و یا بهبود و تثبیت تولید محصولات یک منطقه نیز استفاده شود (هاشمی نیا، ۱۳۸۶). ذرت یکی از مهمترین گیاهان زراعی است که اهمیت زیادی در تغذیه انسان، دام، طیور و صنعت دارد. سهم ذرت در تامین غذای انسان ۲۰ تا ۲۵ درصد، خوراک دام و طیور ۶۰ تا ۷۵ درصد و بعنوان ماده اولیه جهت فرآورده‌های صنعتی ۵ درصد می‌باشد (امام، ۱۳۸۶). کمبود رطوبت یکی از عوامل مهم محدود کننده رشد ذرت به شمار می‌رود. تنش خشکی از طریق ایجاد تغییرات آناتومیک، مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بر جنبه‌های مختلف رشد ذرت تاثیر می گذارد (خادم و همکاران، ۱۳۹۰). هیدروژل سوپرجاذب پلیمری آبدوست با شبکه سه بعدی است که قابلیت جذب و نگهداری مقادیر زیادی آب و محلول‌های آبی را دارد، حتی اگر تحت فشار باشد (ظهوریان مهر، ۱۳۸۵). پلیمرهای سوپرجاذب می‌توانند مقادیر متفاوتی آب در خود ذخیره نمایند و قابلیت نگهداری و ذخیره سازی آب را در خاک افزایش دهند. آب ذخیره شده در این مواد در مواقع کم آبی در خاک آزاد شده و مورد استفاده ریشه گیاه قرار

می‌گیرد (هن و همکاران[1]، ۲۰۱۰). کاظمی و همکاران (۱۳۹۵) طی پژوهشی اثر سوپرجاذب بر خصوصیات مرفوفیزیولوژیک گندم در شرایط کم‌آبی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد در شرایط معمول افزودن پلیمر به خاک حتی به میزان ۴۵ کیلوگرم در هکتار منجر به افزایش قابل توجهی در عملکرد زیست توده و عملکرد دانه نشد، اما کاربرد سطح بالای پلیمر در شرایط تنش ملایم و شدید، عملکرد دانه را به‌ترتیب ۱۰ و ۳۰ درصد و عملکرد زیست توده را به‌ترتیب ۶/۴۲ و ۱۰/۹۴ درصد نسبت به حالت شاهد افزایش داد. جلیلی و همکاران (۱۳۹۵) طی پژوهشی اثر تنش کمبود آب و مواد سوپرجاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گندم را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد اعمال تنش کمبود آب بر تمام صفات مورد ارزیابی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر مصرف سوپرجاذب بر طول سنبله غیرمعنی‌دار، ارتفاع بوته و شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد و سایر صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. لطفی‌آقا و همکاران (۱۳۹۶) طی پژوهشی اثر پلیمرسوپرجاذب بر عملکرد و برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه ذرت را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که کم‌آبیاری اثر معنی‌داری در افزایش عملکرد، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، پرولین و میزان کلروفیل a و b داشت. همچنین کاربرد سوپرجاذب باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، اجزای عملکرد دانه، میزان کلروفیل a و b و کاهش میزان پرولین شد. همتی‌نفر و رحیمی (۱۳۹۶) پژوهشی را جهت بررسی اثر بخشی سطوح مختلف سوپرجاذب در رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سورگوم به انجام رساندند. براساس نتایج به دست آمده تیمارهای ۶۵ درصد و۳۰ درصد تامین نیازآبی گیاه، کارآیی مصرف آب را نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد به ترتیب ۲۴ و ۵۰ درصد کاهش دادند. همچنین، تیمار ۶۵ درصد تامین نیازآبی گیاه به علاوه کاربرد ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب با صرفه‌جویی ۳۵ درصدی آب و با عملکرد بالا (۴۰۵۵ کیلوگرم در هکتار) به عنوان مناسب‌ترین تیمار جهت کشت سورگوم انتخاب گردید. شعبانی و همکاران (۱۳۹۴) طی پژوهشی قابلیت استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب بر روی خصوصیات رویشی گیاه ذرت در شرایط کم آبی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که افزایش سوپرجاذب از ۴ به ۶ گرم در کیلوگرم خاک، حجم ریشه ۱۲/۵ درصد افزایش یافت. سطح برگ نیز در تیمار ۶ گرم سوپرجاذب ۲۳/۳ درصد افزایش نشان داد. بیشترین ارتفاع بوته در تیمار ۶ گرم سوپرجاذب با فاصله آبیاری ۲ روز مشاهده شد و بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار ۶ گرم سوپرجاذب با فاصله آبیاری ۴ روز اتفاق افتاد. رشدی (۱۳۹۳) طی تحقیق نتیجه گرفت که کاربرد سوپرجاذب منجر به افزایش معنی‌دار تعداد دانه، وزن صد دانه و عملکرد دانه گیاه آفتابگردان شده است. خدادادی دهکردی و همکاران (۲۰۱۳) نتیجه گرفتند که سوپرجاذب به خوبی می‌تواند با ذخیره سازی آب و مواد غذایی و رهاسازی آن در شرایط تنش خشکی، شرایط مساعدی را برای رشد گیاه فراهم آورد و نهایتا منجر به افزایش عملکرد و اجزاء عملکرد آن گردد. شمسی گوشکی و همکاران (۱۳۹۴) طی تحقیقی نتیجه گرفتند که با کاربرد هیدروژل سوپرجاذب بیشترین میانگین عملکرد دانه ذرت به میزان ۲۱/۲ تن در هکتار در تیمار دور آبیاری ۷ روز یکبار حاصل شد که افزایش ۴۶/۲۱ درصدی نسبت به تیمار شاهد را نشان داد. آقایاری و همکاران (۱۳۹۵) طی پژوهشی نتیجه گرفتند که کاربرد سوپرجاذب باعث صرفه جویی در آب آبیاری به میزان ۱۳/۴ درصد در طول دوره رشد محصول ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۳ گردید. همچنین بیان نمودند که استفاده از سوپرجاذب در بالا بردن بهره وری آب موثر بوده است.

[1] Han et al.

هدف از انجام این تحقیق، ارزیابی اثر سوپرجاذب بر اجزاء عملکرد ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ تحت شرایط تنش خشکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در منطقه حمیدیه خوزستان به طول جغرفیای ۴۸درجه و ۴۶ دقیقه و ۱۵ ثانیه و عرض جغرافیای ۳۱ درجه و ۴۸ دقیقه ۳۰ ثانیه با ارتفاع ۱۱ متر از سطح دریا در یک خاک شنی در سال۱۳۹۵ اجراء شد. منطقه مورد آزمایش براساس آمار ۵۰ ساله، دارای متوسط بارندگی سالیانه ۲۱۳ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت هوا ۲۵ درجه، متوسط حداکثر درجه حرارت هوا ۳۲/۸ درجه و متوسط حداقل درجه حرارت هوا ۱۷/۶ درجه سانتی‌گراد بود. به منظور تعیین برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش، قبل از کاشت گیاه، نمونه مرکبی از دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی متری زمین برداشت شد و جهت آنالیز خاک، به آزمایشگاه خاکشناسی ارسال شد که نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک محل آزمایش در جدول۱ ارائه گردیده است.

جدول۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش قبل از کاشت

عمق (cm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm)	کربن آلی (٪)	pH	EC (dS/m)	بافت خاک	فراوانی نسبی و اندازه ذرات خاک (٪)		
							شن	لای	رس
۳۰-۰	۱۶۶	۱۰/۴	۰/۴۲	۸/۱	۳	شنی	۸۸	۴	۸
۶۰-۳۰	۱۵۱	۱۴/۱	۰/۳۵	۸	۲/۸	شنی	۹۰	۲	۸

هم چنین به منظور تعیین کیفیت آب آبیاری، از آب مزرعه نمونه برداری شد و برای تجزیه شیمیایی به آزمایشگاه منتقل گردید. لازم به ذکر است که آب مزرعه از رودخانه کرخه نور تامین می‌شد. نتیجه تجزیه شیمایی آب آبیاری در جدول۲ ارائه شده است.

جدول۲- نتایج تجزیه کیفی آب مزرعه

EC (dS/m)	pH	کاتیون‌ها (meq/L)				آنیون‌ها (meq/L)			
		Ca^{++}	mg^{++}	Na^{+}	K^{+}	$Co_3^{=}$	Hco_3^{-}	Cl^{-}	$So_4^{=}$
۲/۹	۷/۳	۱۰	۹	۲۰	۰/۱۲	۰	۴	۱۸/۱	۱۶/۲

رقم ذرت بکار رفته در این طرح، تحت عنوان سینگل کراس ۷۰۴ می‌باشد. این رقم ذرت، متحمل به تنش خشکی و مناسب برای کشت در مناطق نیمه گرمسیری کشور می‌باشد. سوپرجاذب بکار گرفته شده در این طرح، تحت عنوان سوپر آب آ ۲۰۰[1] ساخت شرکت رهاب رزین و تحت لیسانس پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران است. این سوپرجاذب تریپلیمری از آکریل آمید، آکریلیک اسید و پتاسیم آکریلات است. این آزمایش به صورت طرح کرت‌های خرد شده در پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۱۲ تیمار و سه تکرار انجام شد. در این تحقیق عمق آب آبیاری به عنوان تیمار اصلی، شامل I_1، I_2 و I_3 به ترتیب معادل ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و پلیمر سوپرجاذب به عنوان تیمار فرعی، شامل S_0، S_1، S_2 و S_3 به ترتیب

[1] Super AB A200

معادل ۰ (شاهد)، ۳۰.۱۵ و ۴۵ گرم در مترمربع درنظر گرفته شد. ابعاد هر کرت فرعی ۴/۵×۴ متر بود. میزان سوپرجاذب مورد نیاز در هر کرت در عمق ۳۰ سانتیمتری از سطح خاک به طور کاملاً یکنواخت توزیع گردید. بذر ذرت استفاده شده در این آزمایش هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ بود و کشت در اول اسفند ماه سال ۹۴ (برای کشت بهاره) و در اول مرداد ماه سال ۹۵ (برای کشت تابستانه) انجام گرفت. برای برنامه ریزی و تعیین دور آبیاری، با معیار قرار دادن تیمار بدون تنش آبی، از شاخص رطوبت خاک و یا پتانسیل ماتریک خاک استفاده شد. با اندازه گیری درصد رطوبت خاک از طریق نمونه برداری تا عمق ریشه گیاه (تا حداکثر ۸۰ سانتیمتر و حداقل از ۳ کرت) به ازاء هر ۲۰ سانتی متر در روزهای قبل از آبیاری اقدام نموده و زمانی که میانگین وزنی رطوبت حجمی خاک به حد تخلیه مجاز برای ذرت می‌رسید آبیاری بعدی انجام می‌شد. در نتیجه دور آبیاری با توجه به تیمار بدون تنش آبی تعیین شد و هم زمان تمامی تیمارهای طرح با دور آبیاری یکسان و با اعماق متفاوت آب، آبیاری می‌شدند. برای اعمال رژیم‌های مختلف آب و اعمال ضرایب هر تیمار، از رابطه زیر استفاده شد (علیزاده، ۱۳۸۶):

$$SMD = (\theta_{fc} - \theta_i) B_d . D_r . f \qquad (۱)$$

در این رابطه، SMD[1]: کمبود رطوبت خاک (cm)، B_d: جرم مخصوص ظاهری (gr/cm^3) و D_r: عمق توسعه ریشه گیاه (cm)، θ_i: درصد وزنی رطوبت موجود خاک و f: ضرایب هر تیمار به صورت اعشار (۱، ۰/۷۵ و ۰/۵) است. اعمال تیمارهای کم آبیاری پس از استقرار کامل گیاه و در مرحله ۴ تا ۵ برگی صورت پذیرفت. رسیدگی دانه‌ها در هر فصل کشت با تشکیل لایه سیاه در قاعده دانه‌ها مشخص گردید و برداشت نمایی پس از حذف حواشی به صورت دستی از تمام بوته‌های موجود در دو مترمربع در وسط هر کرت (خطوط ۳و۴) انجام پذیرفت. محصول کل هر کرت فرعی جداگانه در کیسه های پلاستیکی بسته بندی و اتیکت گذاری شد و جهت بررسی‌های مورد نظر به آزمایشگاه منتقل گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS انجام پذیرفت و برای پی بردن به اثر تیمارها از رویهٔ تجزیه واریانس (ANOVA) و برای مقایسه میانگین‌ها از روش چند دامنه‌ای دانکن با سطح احتمال ۵ یا ۱ درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

جداول ۳، ۴ و ۵ مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آب و سوپرجاذب را نشان می‌دهند:

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار آبیاری کامل (I_1) با تیمارهای سوپرجاذب

	I_1			
عملکرد و اجزاء آن	S_3	S_2	``S_1	S_0
تعداد ردیف در بلال	14.4a	14.1a	14a	14a
تعداد دانه در ردیف	39.10a	36.15ab	33.21bc	30.12bcd
طول بلال (cm)	19.1a	18.2a	17.1a	16.2a
درصد پروتئین دانه	8.0a	8.18a	8.29a	8.55a

[1] Soil Moisture Deficit

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار تنش ملایم خشکی (I_2) با تیمارهای سوپرجاذب

I_2				
S_0	S_1	S_2	S_3	عملکرد و اجزاء آن
14a	14a	14a	14.1a	تعداد ردیف در بلال
23.58efg	26.65de	29.1cde	31.25bc	تعداد دانه در ردیف
14.2b	15.2ab	16.1ab	16.5a	طول بلال (cm)
9.52a	8.81a	8.58a	8.30a	درصد پروتئین دانه

جدول ٥- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار تنش خشکی شدید (I_3) با تیمارهای سوپرجاذب

I_3				
S_0	S_1	S_2	S_3	عملکرد و اجزاء آن
13.1a	13.1a	13.1a	14a	تعداد ردیف در بلال
18.61h	20.53gh	22.43fgh	24.32efg	تعداد دانه در ردیف
12.0c	13.3b	14.2b	14.5b	طول بلال (cm)
10.41a	9.79a	9.5a	9.0a	درصد پروتئین دانه

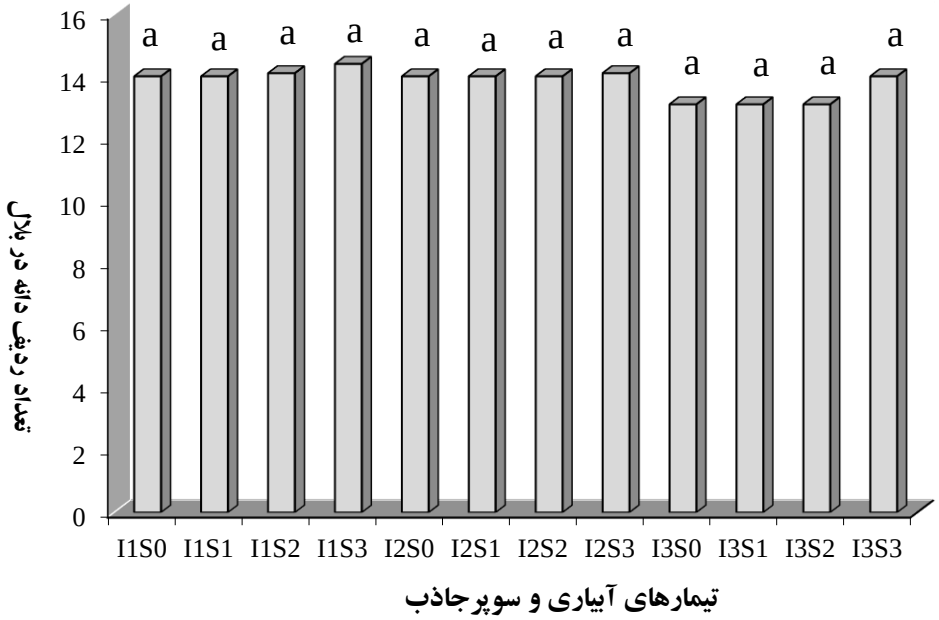
تعداد ردیف دانه در بلال

اثر تیمارهای آبیاری و سوپرجاذب بر تعداد ردیف دانه در بلال از نظر آماری معنی‌دار نشد (جدول ۶ و شکل ۱) ولی روند تغییرات داده‌ها نشان داد که با کاهش عمق آب آبیاری یا افزایش تنش خشکی، تعداد ردیف دانه در بلال کاهش یافته است.

جدول ٦- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر روی تعداد ردیف دانه در بلال

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	ارزش F
عمق آبیاری	۲	۲/۱۸	۰/۶۹	۱/۲۳ ns
سطوح سوپر جاذب مصرفی	۳	۴/۷۱	۱/۴۸	۰/۵۱ ns
اثر متقابل عمق آبیاری و سوپرجاذب مصرفی	۸	۱/۲۸	۰/۱۶	۰/۹۷ ns
خطای آزمایش	۳۰	۹/۷۰		
کل	۴۵	۸۸۳۶/۱۱		

**در سطح ۱ درصد تفاوت معنی‌دار می‌باشد. *در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار می‌باشد. ns معنی‌دار نمی‌باشد.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آبیاری و سوپرجاذب بر تعداد ردیف دانه در بلال

با توجه به شکل ۱، بیشترین میانگین تعداد ردیف دانه در بلال در تیمار آبیاری کامل (I_1) به میزان ۱۴/۴ و کمترین آن در تیمار تنش شدید خشکی (I_3) به میزان ۱۳/۱ مشاهده گردید که مطابق با نتایج سایر محققان (محمدیان و ملکوتی، ۱۳۸۱؛ مجیدیان و غدیری، ۱۳۸۱؛ مجدم، ۱۳۸۵؛ خادم و همکاران، ۱۳۹۰) می‌باشد. معنی‌دار نبودن اثر تیمارهای آبیاری و سوپرجاذب بر تعداد ردیف دانه در بلال نشان دهنده ثبات نسبی این جزء عملکرد دانه می‌باشد (دستفال و همکاران[1]، ۱۹۹۹؛ هاشمی و هربرت[2]، ۱۹۹۲). با توجه به اینکه تعداد نهایی ردیف دانه در بلال نسبت به بقیه اجزاء عملکرد بیشتر روی ناحیه نموی[3] بلال تعیین می‌شود احتمالا در مرحله تشکیل تعداد ردیف دانه در بلال رقابت چندانی بین مقصدهای فیزیولوژیک برای مواد پرورده وجود نداشته است (محمدیان و ملکوتی، ۱۳۸۱؛ خادم و همکاران، ۱۳۹۰). ریچی و هانوی[4] (۱۹۹۷) گزارش نمودند که با توجه به تعیین تعداد نهایی ردیف دانه در بلال پیش از سایر اجزاء عملکرد، به نظر می‌رسد در زمان تعیین تعداد ردیف دانه در بلال، رقابت چندانی بین اجزاء دیگر جهت استفاده از مواد فتوسنتزی وجود نداشته و درنتیجه تعداد ردیف دانه در بلال از یک پایداری نسبی برخوردار است. سایر پژوهشگران نشان دادند که تعداد ردیف دانه در بلال معمولا به صورت ژنتیکی کنترل می‌شود و کمتر تحت تاثیر شرایط قرار می‌گیرد (غدیری و مجیدیان، ۱۳۸۲؛ خادم و همکاران، ۱۳۹۰؛ مجدم، ۱۳۸۵).

تعداد دانه در ردیف بلال

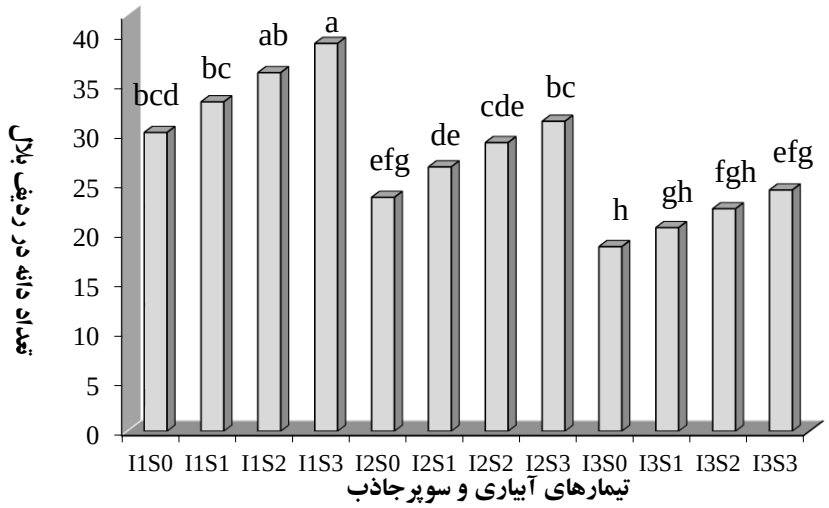
اثر تیمارهای آبیاری بر تعداد دانه در ردیف بلال در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۷ و شکل ۲).

[1] Dastfal et al
[2] Hashemi and Herbert
[3] Shoot apex
[4] Ritchie and Hanway

جدول ۷- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر روی تعداد دانه در ردیف بلال

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	ارزش F
عمق آبیاری	۲	۴۰۷/۴۸	۱۳۵/۱۴	۶۱۶/۲۱ **
سطوح سوپر جاذب مصرفی	۳	۱۱۸۰/۰۱	۳۹۲/۶	۱۷۷/۵۱ **
اثر متقابل عمق آبیاری و سوپرجاذب مصرفی	۸	۳۷/۸۹	۴/۷۷	۲۲/۱۱ **
خطای آزمایش	۳۰	۶/۵۷		
کل	۴۵	۴۳۰۲/۴۱		

**در سطح ۱ درصد تفاوت معنی‌دار می‌باشد. *در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار می‌باشد. ns معنی‌دار نمی‌باشد.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آبیاری و سوپرجاذب بر تعداد دانه در ردیف بلال

با توجه به شکل ۲، بیشترین و کمترین تعداد دانه در ردیف بلال به ترتیب با میانگین‌های ۳۰/۱۲ و ۱۸/۶۱ دانه، به تیمارهای آبیاری کامل (I_1) و تنش شدید خشکی (I_3) تعلق داشتند. به طورکلی با افزایش شدت تنش خشکی از تعداد دانه در ردیف بلال کاسته شد که با نتایج سایر محققان مطابقت دارد (مجیدیان و غدیری، ۱۳۸۱؛ محمدیان و ملکوتی، ۱۳۸۱؛ مجدم، ۱۳۸۵؛ خادم و همکاران، ۱۳۹۰). از آنجایی که تعداد نهایی دانه در هر بلال در حدود ۲ تا ۳ هفته پس از گرده افشانی تعیین می‌شود و با توجه به اینکه تعداد ردیف دانه در هر بلال در شرایط مختلف محیطی تقریبا ثابت است، لذا کاهش تعداد دانه در هر ردیف بلال در اثر تنش خشکی ناشی از فقدان رطوبت کافی در مراحل گلدهی و پر شدن دانه‌ها است (ستر و همکاران[1]، ۲۰۰۱؛ خادم و همکاران، ۱۳۹۰). دلایل کاهش تعداد دانه در ردیف بلال در شرایط تنش رطوبتی را می‌توان به برخورد مراحل رشد رویشی گیاه بخصوص در مرحله ۱۲ برگی به بعد و مرحله رشد زایشی، با تنش خشکی منتسب نمود. نسمیت و ریچی[2] (۱۹۹۲) و ریچی و هانوی (۱۹۹۷) نیز کاهش تعداد دانه در ردیف بلال را تحت تاثیر تنش خشکی در مرحله ۱۲ برگی به بعد، بدلیل اختلال در تشکیل تعداد بالقوه دانه در ردیف بلال در این مرحله از رشد دانستند. کلاسن و شاو[3] (۱۹۹۰) و ماس و دونی[4] (۱۹۷۱) گزارش کردند که

[1] Setter et al
[2] Nesmith and Ritchie
[3] Classen and Shaw
[4] Moss and Downey

بروز تنش رطوبت قبل از ظهور ابریشم دهی، تعداد دانه در ردیف بلال را بدلیل افزایش در تولید دانه‌های گرده عقیم که ناشی از کمبود مواد پرورده بود، کاهش می‌دهد (مجدم، ۱۳۸۵). در رابطه با اثر تیمارهای سوپرجاذب بر تعداد دانه در ردیف بلال قابل ذکر است که بین تیمارهای S_3 و S_0 از نظر تعداد دانه در ردیف بلال اختلاف معنی‌دار ۱ درصد مشاهده شد، هرچند که بین تیمارهای S_3 ، S_2 و S_1 اختلاف معنی‌داری دیده نشد. اما با کاهش میزان سوپرجاذب از تعداد دانه در ردیف بلال کاسته شد. دلیل آنرا می‌توان ذخیره آب و احتمالا کود و فراهم نمودن بیشتر رطوبت و مواد غذایی توسط سوپرجاذب برای ریشه گیاه در خاک شنی دانست، چنانچه از هدر رفت آب و مواد غذایی در خاک بدون ساختمان شنی جلوگیری نموده و درنهایت با افزایش فاکتورهای رشدی گیاه از جمله شاخص سطح برگ، شرایط مساعدتری را از لحاظ مواد فتوسنتزی در مراحل گلدهی و پرشدن دانه‌ها فراهم نموده است. چنانچه تیمار S_3 بیشترین میانگین تعداد دانه در ردیف بلال به میزان ۳۹/۱ دانه و تیمار S_0 کمترین میانگین تعداد دانه در ردیف بلال به میزان ۳۰/۱۲ دانه را نشان دادند. در رابطه با اثر متقابل تیمارها با تعداد دانه در ردیف بلال قابل ذکر است که هر چند با کاهش میزان عمق آب آبیاری تعداد دانه در ردیف بلال کاهش پیدا کرده است اما این روند در اکثر تیمارها معنی‌دار نبوده و شیب یکنواختی ندارد. چنانچه بعنوان مثال بین تیمار I_2S_3 با تیمارهای I_1S_2 ، I_1S_1 و I_1S_0 اختلاف معنی‌داری دیده نمی‌شود، لذا می‌توان نتیجه گرفت که سوپرجاذب به خوبی توانسته با ذخیره سازی آب و رهاسازی موثر آن در شرایط کم آبی و توسعه بیشتر فاکتورهای رشدی از جمله شاخص سطح برگ، رطوبت و مواد فتوسنتزی را در مراحل حساس گلدهی و پرشدن دانه‌ها در اختیار گیاه قرار داده و از اثرات تنش خشکی بکاهد و از این طریق از تولید دانه‌های گرده عقیم که در اثر کمبود مواد پرورده ایجاد می‌گردند، جلوگیری بعمل آورد. این حالت بین تیمار I_3S_3 با تیمارهای I_2S_2، I_2S_1 و I_2S_0 نیز از نظر تعداد دانه در ردیف بلال نیز دیده می‌شود که اختلاف معنی‌داری بینشان وجود ندارد.

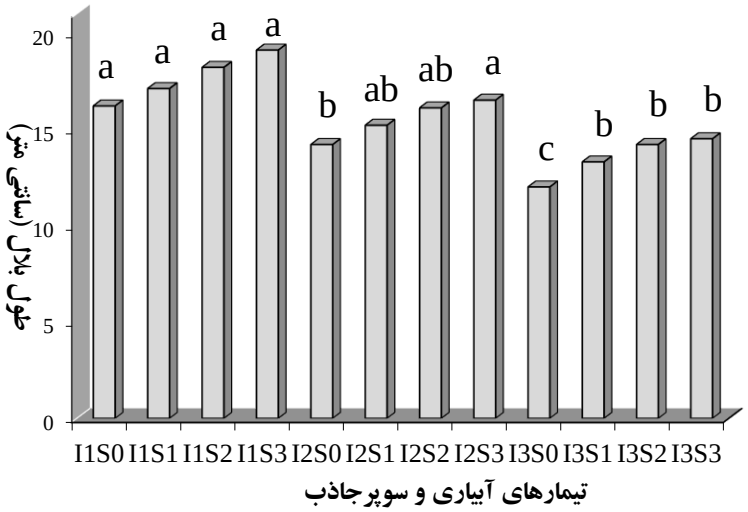
طول بلال

اثر تیمارهای آبیاری بر طول بلال در سطح ۵ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۸ و شکل ۳).

جدول ۸- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر روی طول بلال

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	ارزش F
عمق آبیاری	۲	۲۸/۲۲	۹/۶۹	۳۲/۸۶ **
سطوح سوپر جاذب مصرفی	۳	۴۷/۳۹	۱۶/۰۱	۱۱/۳۵ ns
اثر متقابل عمق آبیاری و سوپرجاذب مصرفی	۸	۱/۰۱	۰/۱۲۹	۲/۳۹ *
خطای آزمایش	۳۰	۸/۷		
کل	۴۵	۱۳۴۲۴/۵۹		

**در سطح ۱ درصد تفاوت معنی‌دار می‌باشد. *در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار می‌باشد. ns معنی‌دار نمی‌باشد.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آبیاری و سوپرجاذب بر طول بلال

با توجه به شکل ۳، با افزایش شدت تنش خشکی طول بلال به طور معنی‌داری کاهش یافت، چنانچه بیشترین و کمترین طول بلال به ترتیب با میانگین‌های ۱۶/۲ و ۱۲ سانتیمتر به تیمارهای آبیاری کامل (I_1) و تنش خشکی شدید (I_3) تعلق داشت. تنش خشکی در طول دوره رویشی و زایشی، زمینه کاهش شاخص سطح برگ و درنتیجه کاهش فتوسنتز در واحد سطح برگ در مرحله ابریشم دهی را فراهم آورده و درنتیجه آن کاهش عرضه مواد پرورده و تاثیر منفی آن بر رشد بلال پدیدار گردید. این نتیجه با نتایج رشیدی (۱۳۸۴)، رفیعی (۱۳۸۱)، بهنام فر (۱۳۷۶) و مجدم (۱۳۸۵) که تاثیر منفی تنش خشکی بر طول بلال را گزارش نمودند، مطابقت دارد. اثر تیمارهای سوپرجاذب بر طول بلال در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود، هرچند با کاهش میزان سوپرجاذب طول بلال کاهش پیدا نمود. چنانچه بیشترین میانگین طول بلال مربوط به تیمار S_3 به میزان ۱۹/۱ سانتیمتر و کمترین میانگین طول بلال مربوط به تیمار S_0 به میزان ۱۶/۲ سانتیمتر بود. دلیل آنرا می‌توان به ذخیره سازی آب و مواد غذایی توسط سوپرجاذب در خاک شنی دانست که با دردسترس قرار دادن موثر آنها به گیاه و با فراهم نمودن شرایط مساعدتر رشدی برای گیاه، موجب افزایش شاخص سطح برگ و به طبع تولید بیشتر مواد فتوسنتزی گشته و نهایتا رشد بهتر بلال را منجر شده است. در رابطه با اثر تیمارها با طول بلال قابل ذکر است که هر چند با کاهش میزان عمق آب آبیاری از طول بلال کاسته شده است اما این کاهش در اکثر تیمارها معنی‌دار نمی‌باشد. چنانچه به عنوان مثال تیمار I_2S_1 با تیمارهای I_2S_2، I_2S_3، I_1S_0، I_1S_1، I_1S_2 و I_1S_3 اختلاف معنی‌داری ندارد. لذا می‌توان نتیجه گرفت که سوپرجاذب به خوبی توانسته است با ذخیره سازی آب و مواد غذایی و رهاسازی آن در شرایط تنش خشکی شرایط مساعدی را در مراحل رویشی و زایشی برای گیاه فراهم آورد و درنهایت با گسترش سطح برگ و به طبع افزایش عرضه مواد پرورده از کاهش معنی‌دار طول بلال جلوگیری کند. این حالت بین تیمار I_3S_1 با تیمارهای I_3S_2، I_3S_3، I_2S_0، I_2S_1 و I_2S_2 نیز دیده می‌شود.

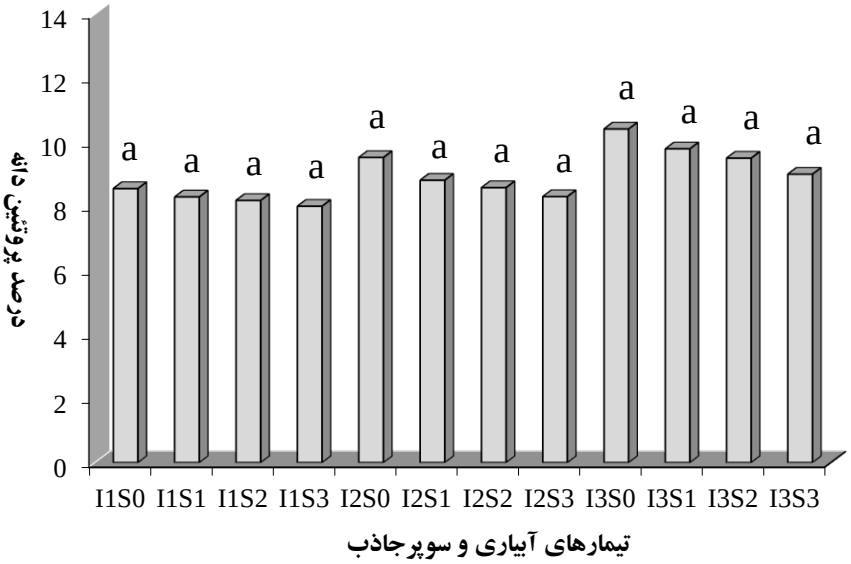
درصد پروتئین دانه

اثر تیمارهای آبیاری بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار نبود (جدول ۹ و شکل ۴). هر چند با افزایش شدت تنش خشکی، درصد پروتئین دانه افزایش نشان داد.

جدول ۹- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر روی درصد پروتئین دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	ارزش F
عمق آبیاری	۲	۱۴/۱۱	۵/۶۶۸	۰/۴۱ ns
سطوح سوپر جاذب مصرفی	۳	۵/۰۱	۱/۵۹	۱/۲۸ns
اثر متقابل عمق آبیاری و سوپرجاذب مصرفی	۸	۰/۷۹	۰/۱۱	۱/۱ns
خطای آزمایش	۳۰	۲/۹		
کل	۴۵	۴۳۳۴/۸۶		

**در سطح ۱ درصد تفاوت معنی‌دار می‌باشد. *در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار می‌باشد. ns معنی‌دار نمی‌باشد.



شکل ٤- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آبیاری و سوپرجاذب بر درصد پروتئین دانه

با توجه به شکل ۴، بیشترین و کمترین پروتئین دانه به ترتیب با میانگین‌های ۱۰/۴۱ و ۸/۵۵ درصد به تیمارهای تنش خشکی شدید (I_3) و آبیاری کامل (I_1) اختصاص داشت. در این زمینه کلاسن و شاو[1] (۱۹۹۰) و دانیل و تربیوی[2] (۲۰۰۲) در آزمایشات جداگانه بر روی ذرت و گندم به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی موجب افزایش درصد پروتئین دانه نسبت به شرایط مطلوب آبیاری می‌گردد، آنها دلیل این امر را کاهش انتقال مواد فتوسنتزی اعلام نمودند که باعث کاهش نسبت حجم آندوسپرم نشاسته ای به حجم کل دانه می‌گردد و از آنجایی که درصد پروتئین در پوسته و جنین نسبت به آندوسپرم نشاسته ای بیشتر است، لذا درصد پروتئین دانه در شرایط تنش خشکی افزایش نشان می‌دهد. نور محمدی و همکاران (۱۳۸۹) اظهار نمودند که به هنگام بروز تنش خشکی، شدت تنفس افزایش یافته و جذب مواد تقلیل می‌یابد و درنتیجه هیدروکربن ذخیره شده نیز کاهش یافته و پروتئین افزایش می‌یابد. پژوهشگران

[1] Classen and Shaw
[2] Daniel and Triboi

دیگر (ترنر و کرامر[1]، ۱۹۸۰ و گوستا و چن[2]، ۱۹۸۷) بیان داشتند که افزایش درصد پروتئین دانه، در جهت کمک به تنظیم و تعادل اسمزی سلول در شرایط تنش رطوبتی، روی می‌دهد (مجدم، ۱۳۸۵). اثر تیمارهای سوپرجاذب بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار نبود، هرچند با کاهش میزان سوپرجاذب درصد پروتئین دانه افزایش یافت. دلیل آنرا می‌توان ناشی از ذخیره سازی آب و مواد غذایی توسط سوپرجاذب در خاک سبک شنی دانست که با جلوگیری از هدررفت آب و مواد غذایی، شرایط مساعدی را برای رشد گیاه فراهم نموده اند و درنهایت با انتقال بهتر مواد فتوسنتزی به دانه و افزایش حجم آندوسپرم، میزان پروتئین دانه نسبت نشاسته کمتر شده است، هر چند که از لحاظ آماری معنی‌دار نشده است. چنانچه تیمار S_0 بیشترین میانگین پروتئین دانه به میزان ۸/۵۵ و تیمار S_3 کمترین میانگین پروتئین دانه به میزان ۸ درصد را نشان می دهد. در رابطه با اثر متقابل تیمارها با درصد پروتئین دانه قابل ذکر است که هرچند با کاهش میزان عمق آب آبیاری درصد پروتئین دلنه افزایش یافته است، اما این افزایش دارای شیب یکنواختی نمی‌باشد، به عنوان مثال پروتئین دانه در تیمار I_2S_3 به میزان ۸/۳۰ درصد، از پروتئین دانه در تیمار I_1S_0 به میزان ۸/۵۵ درصد، کمتر می‌باشد که دلیل آنرا می‌توان به حضور سوپرجاذب مربوط ساخت که توانسته است با ذخیره سازی آب و مواد غذایی و رهاسازی آن در شرایط تنش خشکی، منجر به انتقال بهتر مواد فتوسنتزی به دانه و افزایش حجم آندوسپرم نشاسته ای شده و درنهایت باعث کاهش پروتئین دانه نسبت به نشاسته شده است، هر چند که از لحاظ آماری معنی‌دار نشده است. این حالت بین تیمار I_3S_3 با تیمار I_2S_0 نیز دیده می‌شود.

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی، اجزاء عملکرد کاهش نشان دادند که اکثرشان معنی‌دار بوده اند. دلیل آنرا می‌توان به تاثیر تنش خشکی از طریق کاهش شاخص سطح برگ و اختلال در روند جذب و انتقال عناصر غذایی دانست که در نهایت منجر به کاهش عرضه مواد پرورده می‌گردند و موجب کاهش اجزاء عملکرد می‌شوند. در این میان حضور سوپرجاذب به خوبی توانسته است با ذخیره سازی آب و موادغذایی و رهاسازی آن در شرایط تنش، نهایتا مواد پرورده کافی را برای گیاه فراهم نموده و از کاهش معنی‌دار اجزاء عملکرد جلوگیری نماید. لذا با استفاده از سوپرجاذب به خوبی می‌توان با کاربرد آب کمتر، اجزاء عملکرد قابل قبولی را بدست آورد و درنتیجه در مصرف آب صرفه جویی نمود و با آب صرفه‌جویی شده، سطح زیر کشت را افزایش داد.

منابع

۱- امام، ی. ۱۳۸۶. زراعت غلات. انتشارت دانشگاه شیراز. ۲۰۰ ص.

۲- آقایاری، ف. خلیلی، ف و م. ر. اردکانی. ۱۳۹۵. تأثیر کم آبیاری، آبیاری موضعی و پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۳. نشریه حفاظت منابع آب و خاک. ۶(۱): ۱۴-۱.

۳- بهنام فر، ک. ۱۳۷۶. مطالعه تاثیر کود پتاسیم بر ایجاد مقاومت به استرس خشکی و بازده مصرف آب در گیاه ذرت در شرایط آب و هوایی خوزستان. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحدعلوم و تحقیقات خوزستان. ۱۵۶ ص.

[1] Turner and Kramer
[2] Gusta and Chen

۴- جلیلی، س. هادی، م. مجنونی هریس، ا و ر. دلیرحسن نیا. ۱۳۹۵. اثر تنش کمبود آب و کاربرد سوپرجاذب استاکوزورب بر برخی صفات زراعی گندم زمستانه در تبریز. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۸(۳۲): ۱۲۰-۱۰۷.

۵- خادم، س. ع. رمرودی، م. گلوی، م و م. ج. روستا. ۱۳۹۰. تاثیر تنش خشکی و کاربرد نسبت های مختلف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه ای. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۲(۱): ۱۲۳-۱۱۵.

۶- رفیعی، م. ۱۳۸۱. اثرات تنش کمبود آب، روی و فسفر بر شاخص های رشد و عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه‌ای. پایان نامه دکترای تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان. ۱۴۲ ص.

۷- رشیدی، ش. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد و سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت TC647 در شرایط آب و هوایی خوزستان. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. ۱۵۱ ص.

۸- رشدی، م. ۱۳۹۲. بررسی صفات زایشی و عملکرد آفتابگردان تحت سطوح مختلف آبیاری و پلیمر سوپرجاذب. مجله پژوهش های به زراعی. ۵(۴): ۳۸۶-۳۷۳.

۹- شعبانی، خ. عظیم زاده، س. م و م. تاتاری. ۱۳۹۴. ارزیابی تاثیر کاربرد پلیمر سوپرجاذب آب بر روی خصوصیات رویشی دو رقم ذرت (*Zea mays* L.) تحت تنش خشکی در شرایط گلخانه‌ای. کنفرانس بین المللی توسعه با محوریت کشاورزی، محیط زیست و گردشگری، تبریز، ۱۲ص.

۱۰- شمسی گوشکی، ا. تاج الدینی، پ و ح. فرح بخش. ۱۳۹۴. بررسی تأثیر سوپرجاذب و پرایمینگ بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای تحت شرایط تنش خشکی. دومین کنفرانس بین المللی یافته‌های نوین در علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست، انجمن توسعه و ترویج علوم و فنون بنیادین، تهران. ۵ ص.

۱۱- ظهوریان مهر، م. ۱۳۸۵. سوپرجاذب ها. انتشارات انجمن پلیمر ایران. ۸۳ ص.

۱۲- علیزاده، ۱. ۱۳۸۶. طراحی سیستم های آبیاری، جلد اول، طراحی سیستم های آبیاری سطحی. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). ۴۵۲ ص.

۱۳- غدیری، ح و م. مجیدیان. ۱۳۸۲. تاثیر سطوح نیتروژن و قطع آبیاری در مراحل شیری و خمیری شدن دانه بر عملکرد و اجزای عملکرد و کارای استفاده از آب در ذرت دانه ای(*Zea mays* L.). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۲: ۱۱۳-۱۰۳.

۱۴- کاظمی، م. ر. قوشچی، ف و پ، کسرایی. ۱۳۹۵. بررسی اثر پلیمر سوپر جاذب بر خصوصیات مرفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط تنش کم آبی. پژوهش های زراعی در حاشیه کویر. ۱۳(۱): ۶۲-۴۷.

۱۵- لطفی آقا، م. مرعشی، س. ک و ت. بابایی نژاد. ۱۳۹۶. اثر مقادیر پلیمرسوپرجاذب و کم آبیاری بر عملکرد و برخی ویژگی های بیوشیمیایی ذرت دانه ای (*Zea mays* L.). مجله علمی و پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۹(۳۴): ۹۷-۱۰۹.

۱۶- مجدم، م. ۱۳۸۵. اثرات تنش کمبود آب و مدیریت مصرف نیتروژن بر خصوصیات اگروفیزیولوژیکی و عملکرد ذرت دانه ای هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط آب و هوایی خوزستان. پایان نامه دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه علوم و تحقیقات خوزستان.

۱۷- مجیدیان، م و ح. غدیری. ۱۳۸۱. تاثیر تنش رطوبت و مقادیر مختلف کود نیتروژن در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد، بازده استفاده از آب و برخی ویژگی های فیزیولوژیک گیاه ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۳(۳): ۵۲۱-۵۳۳.

۱۸- محمدیان، م و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۱. ارزیابی تأثیر دو نوع کمپوست بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد ذرت. مجله علوم خاک و آب. ۱۶(۲): ۱۵۰-۱۴۴.

۱۹- نورمحمدی، ق. سیادت، س. ع و ع. کاشانی. ۱۳۸۹. زراعت جلد اول (غلات). انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۴۴۶ ص.

۲۰- هاشمی نیا، س. م. ۱۳۸۶. مدیریت آب در کشاورزی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۵۳۶ ص.

۲۱- همتی نفر، ک و م. م. رحیمی. ۱۳۹۶. تاثیر سطوح مختلف سوپرجاذب بر کارآیی مصرف آب و صفات کمی سورگوم در رژیم های مختلف آبیاری. اکولوژی گیاهی. ۹(۳۱): ۴۱-۳۲.

22- Classen, M.M. and R.H. Shaw. 1990. Water deficit effects on corn. II. Grain component. Agron. J. 64:652-655.

23- Dsatfal, M. Emam, Y. and M.T. Assad. 1999. Yield and yield adjustment of nonoprolific maize hybrids in response to plant population destiny. Iran Agric. Res. 18(2):139-152.

24- Daniel, C. and E. Triboi. 2002. Changes in wheat protein aggregation during grain development: effects of temperature and water stress. Euro. J. Agron. 16:1-12.

25- Gusta, L.V. and T.H.H. Chen. 1987. The physiology of water and temperature stress. In: Heyne, E.G. (ed.). Wheat and Wheat Improvement. Amer. Soc. of Agron. Public.

26- Hashemi-Dezfouli, A. and S.J. Herbert. 1992. Effect of leaf orientation and destiny on yield of corn. Iran Agric Res. 11:89-104.

27- Han, Y.G. Yang, P.L. Luo, Y.P. Ren, S.M. Zhang, L.X. and L. Xu. 2010. Porosity change model for watered super absorbent polymer-treated soil. Environ. Earth Sci. 61:1197–1205.

28- Khodadadi Dehkordi, D. Kashkuli, H.A. Naderi, A. and S.A. Shamsnia. 2013. Evaluation of Deficit Irrigation and Superabsorbent Hydrogel on Some Growth Factors of SCKaroun701 Corn in the Climate of Khuzestan. Advances in Environmental Biology. 7(4):527-534.

29- Moss, G.I. and L.A. Downey. 1971. Influence of drought stress on female gametophyte development in corn and subsequent grain yield. Crop Sci. 11:368-372.

30- Nesmith, D.S. and J.T. Ritchie. 1992. Short and long-term responses of corn to a pre-anthesis soil water deficit. Agron. J. 84:107-113.

31- Ritchie, S.W. and J.J. Hanway. 1997. How a corn plant develops. Spec. Rep. 48 Iowa State Univ. - Coop. Ext. Serv., Ames.

32- Setter, T.L. Flannigan, B. and J. Melkonian. 2001. Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize. Crop Science. 41:1530-1540.

33- Turner, N.C. and P.J. Kramer. 1980. Adaptation of plants to water and high temperature stress. Wiley-Interscience, New York.