

بررسی تأثیر کم آبیاری و شوری آب آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد

هیبرید ذرت KSC-500 در اقلیم اهواز

امیر سلطانی محمدی^{1*}، حیدر علی کشکولی²، احمد نادری³ و سعید برومند نسب¹

(1) استادیار، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران.

(2) استاد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران.

(3) استادیار، گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان.

* نویسنده مسئول مکاتبات: A_soltani60@yahoo.com

تاریخ پذیرش: 90/05/10

تاریخ دریافت: 90/03/30

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثر کم آبیاری و شوری آب آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای رقم KSC-500 در اقلیم شهرستان اهواز و در فصل زراعی 90-1389 اجرا گردید. تحقیق در سه آزمایش مستقل و هر یک در قالب کرت‌های خرد شد و نیز در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه سطح آبیاری و سه سطح شوری، در سه تکرار و در سه مرحله رشد رویشی (آزمایش یک)، گل‌دهی (آزمایش دو) و بعد از گل‌دهی (آزمایش سه) انجام شد. تیمارهای آبیاری، شامل I_1 ، I_2 و I_3 به ترتیب معادل 100، 75 و 50 درصد نیاز آبی گیاه و تیمارهای شوری، شامل S_1 ، S_2 و S_3 به ترتیب معادل شوری آب رودخانه کارون در روز آبیاری (S_1)، $S_2=S_1+1$ و $S_3=S_1+2$ دسی‌زیمنس بر متر بود. نتایج نشان داد که اثر متقابل کم آبیاری و شوری آب آبیاری در هر سه آزمایش بر صفات مورد مطالعه (تعداد دانه در بلال، وزن 100 دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت) معنی‌دار نبود. اما با افزایش کم آبیاری و شوری آب آبیاری، میانگین صفات مورد بررسی کاهش یافت. حداکثر عملکرد دانه، در آزمایش، یک از تیمار I_2 و برابر با 5/2 تن در هکتار به دست آمد و در آزمایش‌های دو و سه، حداکثر عملکرد دانه به ترتیب 5/8 و 6/2 تن در هکتار از تیمار I_1 حاصل شد. در شرایط تنش شوری، حداکثر عملکرد دانه، از تیمار S_1 به دست آمد که برای آزمایش یک، دو و سه به ترتیب، برابر با 5/3، 5/5 و 6/7 تن در هکتار بود. بر اساس نتایج به دست آمده، حساس‌ترین مرحله رشد نسبت به کم آبیاری و شوری آب آبیاری، مرحله بعد از گل‌دهی ارزیابی شد.

واژه‌های کلیدی: ذرت، شوری آب آبیاری، کم آبیاری، مراحل رشد.

مقدمه

با توجه به محدودیت منابع آبی و روند رو به رشد شوری آن، اعمال کم‌آبیاری و استفاده از آب شور در طول دوره رشد و یا بعضی از دوره‌های رشد گیاه می‌تواند کارساز باشد. اما برنامه‌ریزی و تنظیم آبیاری در این حالت با مشکل رو به رو می‌شود. چون تصمیم به انجام آبیاری نه تنها باید بر اساس رابطه عملکرد، و مرحله رشد و مصرف آب گیاه باشد، بلکه باید با توجه به آب در دسترس و کیفیت آن نیز باشد. با شناخت مراحل حساس رشد نسبت به تنش کم‌آبیاری و شوری، کمترین صدمه، به گیاه وارد شده و میزان کاهش تولید محصول نیز به حداقل می‌رسد. استان خوزستان از قطب‌های مهم کشاورزی کشور محسوب می‌گردد و ذرت یکی از گیاهان اصلی این استان و شهر اهواز می‌باشد. به دلیل کاهش منابع آب و افزایش شوری آن، استفاده مفید از آب آبیاری جهت داشتن کشاورزی پایدار، ضروری می‌باشد. وجود هر یک از تنش‌های کم‌آبیاری و شوری، جذب آب توسط گیاه را کاهش داده و وجود هر دو با هم نیز این کاهش را تشدید می‌کنند. پاسخ گیاه ذرت به مجموع تنش‌های ناشی از کم‌آبیاری و شوری آب آبیاری، هنوز به خوبی روشن نشده است. نتایج تحقیق کریمی و همکاران (1385) حاکی از کاهش عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در اثر اعمال کم‌آبیاری است. Stone و همکاران در سال 2001، Abo-El-Kheir و Mekki در سال 2007 و Sajedi و همکاران در سال 2009 گزارش کردند که پر شدن دانه نسبت به تنش کم‌آبیاری، حساس است و مراحل گل‌دهی و رشد رویشی، دارای حساسیت متوسط می‌باشند. در حالی که Calir در سال 2004 و Farre و Faci در سال 2009 با بررسی کم‌آبیاری روی ذرت در مراحل مختلف رشد، مرحله گل‌دهی را حساس‌ترین مرحله نسبت به کم‌آبیاری اعلام و بیان کردند که در شرایط کم‌آبیاری، وزن خشک تولید شده، عملکرد و شاخص برداشت، کاهش یافت. اما کم‌آبیاری در مرحله پر شدن دانه، تأثیر معنی‌داری بر رشد گیاه و تولید نداشت. Pessaraki در سال 1989، Cicek و Husnu در سال 2002، Blanco و همکاران در سال 2008 و Turan و همکاران در سال 2009 با مطالعه اثر شوری بر خصوصیات فیزیولوژیکی ذرت، نتیجه گرفتند که تنش شوری، باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد ذرت گردید و میزان کاهش، با افزایش شوری بیشتر شد. دهقان و نادری (1386) گزارش کردند که ذرت در مراحل رشد رویشی و بعد از گل‌دهی، به ترتیب دارای بیشترین و کمترین حساسیت به شوری بود. امداد و فرداد (1379) با بررسی اثر شوری آب آبیاری (NaCl) و کم‌آبیاری بر عملکرد ذرت گزارش کردند که هر دو تنش، باعث کاهش سطح برگ، وزن خشک و ارتفاع گیاه گردید. و تأثیر تیمارهای شوری بر روند کاهش محصول، بیشتر از اثر رژیم‌های آبیاری بود. هدف از اجرای این تحقیق، بررسی تأثیر هم‌زمان تیمار کم‌آبیاری و شوری در مراحل مختلف رشد رویشی، گل‌دهی و بعد از گل‌دهی بر مقادیر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت هیبرید KSC-500 بود.

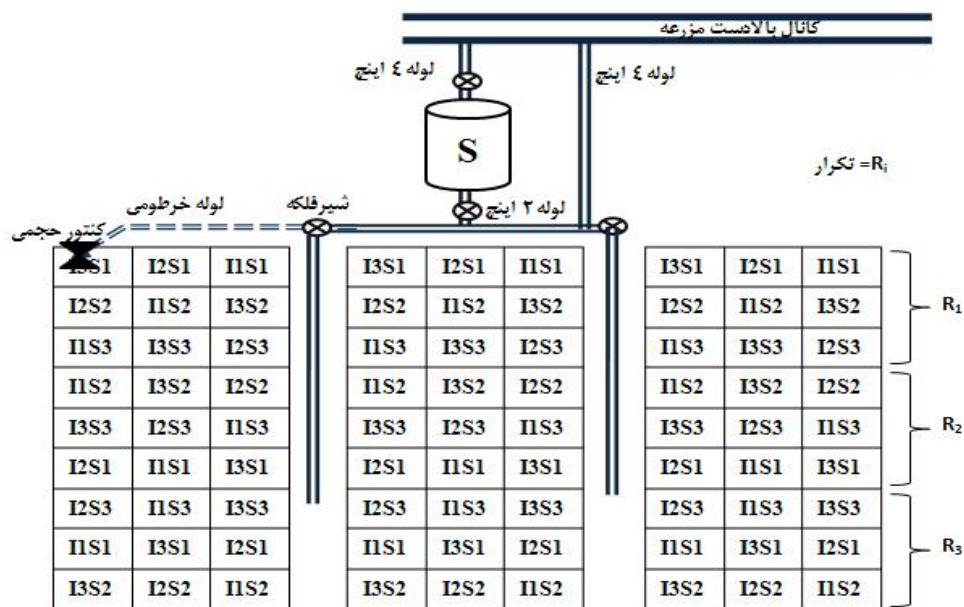
مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز در فصل زراعی 90-1389 اجرا شد. خصوصیات خاک مزرعه مورد آزمایش، در جدول (1) ارائه شده است. تحقیق در سه آزمایش مستقل و هر یک به صورت کرت‌های یک بار خرد شده،

در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود که در آن سه سطح آب آبیاری و سه سطح شوری، در مراحل رشد رویشی (آزمایش یک)، گل‌دهی (آزمایش دو) و بعد از گل‌دهی (آزمایش سه) یک رقم هیبرید ذرت میان رس، به نام KSC-500 اعمال گردید. نقشه شماتیک طرح در شکل (1) نشان داده شده است. برای تعیین تیمارهای آبیاری، از تخلیه رطوبتی خاک استفاده گردید. و با توجه به درصد تخلیه مجاز (50 درصد)، نیاز آبی گیاه به عنوان تیمار 100 درصد آبیاری در نظر گرفته شد و سایر تیمارهای آبیاری به عنوان درصدی از این مقدار منظور گردید. تیمارهای آبیاری، شامل I₁، I₂ و I₃ به ترتیب معادل 100، 75 و 50 درصد تیمار محاسبه شده بود. تیمارهای شوری شامل S₁، S₂ و S₃ به ترتیب معادل شوری آب رودخانه کارون در روز آبیاری (S₁)، S₁+1 و S₁+2 دسی‌زیمنس بر متر بود. در هر سه آزمایش، کاشت در تاریخ 20 مرداد 89، به صورت دستی و در داخل کرت‌هایی شامل چهار ردیف 3 متری و با فاصله ردیف 75 سانتی‌متر و با تراکم 80 هزار بوته در هکتار انجام شد. قبل از کاشت، 80 کیلوگرم فسفر (P₂O₅) از منبع سوپر فسفات تریپل و 80 کیلوگرم پتاسیم (K₂O) از منبع سولفات پتاسیم بر اساس آزمون خاک، در هر هکتار مصرف شد. کود نیتروژن نیز از منبع اوره به میزان 350 کیلوگرم در هکتار، در دو مرحله (بلافاصله بعد از کاشت و 30 روز پس از کاشت) بر اساس آزمون خاک، مصرف شد. آب با شوری S₂ و S₃ با اضافه نمودن نمک‌های NaCl، CaCl₂ و MgCl₂ به آب رودخانه کارون (با شوری S₁) تهیه شد. بدین منظور ابتدا آب رودخانه تجزیه و مقادیر EC، Ca، Mg، Na و pH تعیین و نسبت (Ca/Mg) و مقدار SAR محاسبه گردید. سپس مقادیر نمک‌های فوق‌الذکر به نسبتی به آب رودخانه اضافه گردید که EC به مقدار مورد نظر برسد. در حالی که مقادیر نسبت (Ca/Mg) و SAR آب حاصله، مشابه آب رودخانه باشد (Henggeler, 2004). نتایج تجزیه آب آبیاری به کار رفته در هر آزمایش در موقع اعمال تیمار در جدول (2) ارائه شده است.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی لایه‌های مختلف خاک

عمق خاک (cm)	ذرات خاک (درصد)	رس	سیلت	شن	بافت خاک	جرم مخصوص (gr cm ⁻³)	ظاهری	ظرفیت زراعی (%)	نقطه پژمردگی (%)	هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (dS m ⁻¹)	کربن آلی (ازت) (%)	فسفر قابل جذب (mg kg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب (mg kg ⁻¹)
0-30	25/3	52/1	22/6		لوم سیلتی	1/40	22/50	11/00	2/5	1/0	11/0	220	
30-60	25/0	51/5	23/5		لوم سیلتی	1/55	22/00	10/50	2/6	0/8	11/5	235	
60-90	25/1	51/7	23/2		لوم سیلتی	1/60	22/00	10/50	2/5	0/9	12/1	231	



شکل ۱: نقشه شماتیک طرح

جدول ۲: خصوصیات شیمیایی آب آبیاری استفاده شده در زمان اعمال تیمار

شماره آزمایش	EC (dS m ⁻¹)	Ca ²⁺ (meq)	Mg ²⁺ (meq lit ⁻¹)	Na ⁺ (meq)	pH	زمان اعمال
آزمایش یک	2/4-2/6	10/0	3/5	12/0	7/82	30 و 35 روز
	3/5 -3/7	14/5	6/0	15/0	7/83	پس از کشت
آزمایش دو	4/5 - 4/7	18/0	9/0	19/0	7/83	52 و 58 روز پس
	3/8-4/0	15/5	7/5	16/5	7/83	از کشت
آزمایش سه	4/8-5/0	19/0	10/5	20/5	7/84	از کشت
	2/8-2/9	12/0	5/0	14/0	7/83	65 و 73 روز پس
	3/8-4/0	15/5	7/5	16/5	7/84	از کشت
	4/8-5/0	19/0	10/5	20/5	7/84	از کشت

برای تعیین زمان آبیاری، در روزهای قبل از آبیاری، اقدام به اندازه‌گیری درصد رطوبت خاک با استفاده از پروب‌های دفنی دستگاه TDR شد که در اعماق 20-40، 40-60، 60-80 سانتی متر تیمار بدون تنش کم‌آبی و شوری نصب شده بودند. و زمانی که میانگین رطوبت حجمی خاک به حد تخلیه مجاز برای ذرت رسید، اقدام به آبیاری بعدی گردید. برای اعمال رژیم‌های مختلف آب، بر اساس کمبود رطوبت خاک و با معیار قرار دادن تیمار، بدون تنش کم‌آبی و شوری و اعمال ضرایب هر تیمار، از رابطه زیر استفاده شد:

$$SMD = (\theta_{v_{fc}} - \theta_{v_i}) \cdot D \cdot f$$

که در آن SMD = کمبود رطوبت خاک (mm)، θ_{v_i} ، $\theta_{v_{fc}}$ = به ترتیب درصد حجمی رطوبت در

ظرفیت زراعی و موجود در خاک، D = عمق توسعه ریشه (mm) و f = ضرایب هر تیمار (%). آب ورودی به هر کرت توسط کنترلر حجمی دقیق، کنترل شد. به دلیل پایین بودن سطح آب زیرزمینی (3/1 تا 3/7 متر زیر سطح زمین)، صعود آب زیرزمینی به ناحیه ریشه،

غیر ممکن بود و به دلیل محصور بودن کرت‌ها، تلفات رواناب وجود نداشت. در مرحله داشت، هر سه آزمایش، صرف نظر از عملیات آبیاری، در تمامی کرت‌ها به طور یکسان انجام شد. فاصله آبیاری‌ها با توجه به مرحله رشد و نیاز گیاه، متغیر در نظر گرفته شد. در هر آزمایش، پانزده نوبت آبیاری انجام گرفت. حجم آب مصرفی تیمارهای I₁، I₂ و I₃ بر حسب متر مکعب در هکتار به ترتیب، برابر 5520، 5360 و 5190 در آزمایش یک، 5520، 5270 و 5025 برای آزمایش دو و 5520، 5240 و 4960 برای آزمایش سه بود. در هر آزمایش، تیمارهای کم آبیاری و شوری، دو بار در هر مرحله از رشد اعمال شدند. اندازه گیری صفات مورد بررسی، شامل: تعداد دانه در بلال، وزن 100 دانه، عملکرد دانه با رطوبت 14 درصد، عملکرد بیولوژیکی (مجموع وزن خشک کل اندام‌های رویشی و دانه به جز ریشه) و شاخص برداشت (نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی) با برداشت محصول (در 105 روز پس از کشت) از خطوط میانی هر کرت و پس از حذف 0/5 متر حاشیه از بالا و پایین ردیف‌ها انجام شد. در پایان، داده‌ها توسط نرم افزار MstatC تحلیل و میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن، مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد در جدول (3) و نتایج مقایسه میانگین‌ها در جدول (4) ارائه شده است.

جدول 3: نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تحقیق

شماره آزمایش	منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
			تعداد دانه در بلال	وزن صد دانه	عملکرد دانه
			عملکرد بیولوژیکی	شاخص برداشت	
آزمایش یک	کم آبیاری (I)	2	12311/59*	345/34**	1/82 ns
	خطای (I)	6	1335/07	6/71	0/56
	شوری (S)	2	28685/59**	255/54 ns	3/20**
	I*S	4	1323/31 ns	38/94 ns	0/29 ns
	خطای I*S	12	1090/68	160/10	0/20
	کم آبیاری (I)	2	2642/82 ns	124/05 ns	1/944*
آزمایش دو	خطای (I)	6	2299/59	26/23	0/279
	شوری (S)	2	351/15 ns	7/27 ns	0/168 ns
	I*S	4	83/65 ns	62/84 ns	0/051 ns
	خطای I*S	12	1999/60	92/62	0/123
	کم آبیاری (I)	2	4148/93*	208/77*	4148/93*
	خطای (I)	6	697/30	35/21	697/30
آزمایش سه	شوری (S)	2	27224/04**	59/58 ns	27224/04**
	I*S	4	507/93 ns	89/32 ns	507/93 ns
	خطای I*S	12	707/35	85/14	707/35
	کم آبیاری (I)	2	4148/93*	208/77*	4148/93*

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح 5 و 1 درصد و ns = بدون اثر معنی دار

تعداد دانه در بلال

یک درصد بر تعداد دانه در بلال تأثیر داشت، اما اثر متقابل کم‌آبیاری و شوری روی آن معنی‌دار نبود. اثر کم‌آبیاری و شوری و نیز اثر متقابل آن‌ها بر تعداد دانه در بلال، در آزمایش 2 معنی‌دار نشد. مطابق جدول (4)، در آزمایش 1 و 3، کم‌آبیاری، تعداد کل دانه در بلال، را کاهش داد. در آزمایش 1، اختلاف بین I₁ و I₂ معنی‌دار بود اما بین I₁ با I₃ معنی‌دار نبود. در آزمایش 3 اختلاف بین I₁ با I₂ و I₃ معنی‌دار بود و این نشان می‌دهد که مرحله بعد از گل‌دهی، بیشتر از مرحله رشد رویشی، از نظر تعداد دانه در بلال به تنش کم‌آبی، حساس است. بیشترین تعداد دانه در بلال در آزمایش 1 مربوط به تیمار I₂ با میانگین 392 و در آزمایش 3 با میانگین 397 دانه در بلال، مربوط به تیمار I₁ بود. کمترین تعداد دانه در بلال نیز مربوط به تیمار I₃ با میانگین 320 و 357 دانه در بلال به ترتیب در آزمایش یک و سه بود و تیمار I₃ نسبت به تیمار I₁، 4/6 و 10/0 درصد کاهش را به ترتیب در آزمایش یک و سه نشان داد. نتایج تحقیق Stone و همکاران در سال 2001 و Sajedi و همکاران در سال 2009 نیز با این یافته‌ها هم‌خوانی داشت.

جدول 4: نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به تحقیق

شماره آزمایش	تیمارهای آزمایشی	تعداد دانه در بلال	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیکی (کیلو گرم در هکتار)	شاخص برداشت
آزمایش یک	I ₁ کم‌آبیاری (I)	342/1 b	153/2 a	4650 a	8070 a	49/72 a
	I ₂	392/4 a	145/4 b	5160 a	9380 a	47/38 a
	I ₃	320/3 b	141/0 b	4270 a	7170 a	51/65 a
شوری (S)	S ₁	410/1 a	152/58 a	5280 a	9160 a	49/99 a
	S ₂	347/3 b	144/68 a	4710 ab	8500 ab	47/79 a
	S ₃	297/4 c	142/43 a	4090 b	6950 b	50/98 a
آزمایش دو	I ₁ کم‌آبیاری (I)	392/22 a	145/9 a	5810 a	9690 a	53/00 a
	I ₂	366/00 a	150/7 a	5380 ab	8830 a	52/56 a
	I ₃	360/00 a	153/3 a	4880 b	8300 a	50/74 a
شوری (S)	S ₁	379/89 a	150/98 a	5490 a	9170 a	53/19 a
	S ₂	370/00 a	149/70 a	5360 a	8900 a	51/68 a
	S ₃	368/33 a	149/24 a	5220 a	8750 a	51/43 a
آزمایش سه	I ₁ کم‌آبیاری (I)	396/8 a	167/68 a	6190 a	1038 a	51/31 a
	I ₂	363/4 b	158/06 b	5420 b	9910 ab	47/08 b
	I ₃	356/7 b	162/48 ab	5210 b	9560 b	46/50 b
شوری (S)	S ₁	435/7 a	164/17 a	6700 a	1127 a	51/13 a
	S ₂	344/2 b	164/28 a	b5210 b	9440 b	47/56 ab
	S ₃	337/0 b	159/77 a	b4900 b	9130 b	46/19 b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند از لحاظ آماری بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح 5 درصد اختلاف معنی دار ندارند.

در آزمایش 1 و 3 باعث کاهش معنی‌دار تعداد دانه در بلال شد. بیشترین و کمترین تعداد دانه در بلال در آزمایش 1 و 3 به ترتیب مربوط به تیمار S₁ و تیمار S₃ بود و تیمارهای S₂ و S₃ نسبت به تیمار S₁ به ترتیب، 27/3 و 15/4 درصد کاهش دانه را به ترتیب در آزمایش 1 و 22/7 و 21/1 درصد کاهش را در آزمایش 3 نشان دادند. Husnu و Cicek در سال 2002 و Blanco و همکاران در سال 2008 در این رابطه اعلام کردند که اثر تنش شوری بر تعداد دانه در بلال، معنی‌دار بود.

با بررسی اثر جداگانه تنش‌های کم آبیاری و شوری بر تعداد دانه در بلال، مشاهده شد مرحله بعد از گل‌دهی نسبت به مراحل دیگر رشد، به تنش کم آبیاری و شوری زیاد (I₃ و S₃) حساس‌تر است. و تنش شوری زیاد (S₃)، تعداد دانه در بلال را در مراحل رشد رویشی و بعد از گل‌دهی، بیشتر از تنش کم آبیاری زیاد (I₃)، کاهش داد. چون تنش در مرحله رشد رویشی باعث به وجود آمدن بلال‌های کوچکتر و در نتیجه، کمتر شدن تعداد دانه‌های بلال می‌گردد، در دوره پر شدن دانه‌ها نیز تنش، باعث کاهش فتوسنتز، خشک شدن زودتر گیاه، و افزایش درصد کچلی و در نتیجه کاهش تعداد دانه در بلال گردید.

وزن 100 دانه

در آزمایش 1 و 3 کم آبیاری به ترتیب در سطوح یک و پنج درصد، بر وزن 100 دانه اثر معنی‌دار داشت. اما اثر شوری آب آبیاری و اثر متقابل آن‌ها بر وزن 100 دانه، در هر سه آزمایش، معنی‌دار نبود (جدول 3). کم آبیاری، وزن 100 دانه را در آزمایش یک و سه به صورت معنی‌داری کاهش داد و مقدار کاهش تیمارهای I₃ و I₂ در آزمایش 1 و 3 نسبت به تیمار I₁ به ترتیب برابر 7/8، 5/2، 3/1 و 5/8 درصد بود. سیلسپور و همکاران (1385) اثر تنش کم آبی را بر وزن صد دانه، معنی‌دار اعلام کردند و کمترین و بیشترین کاهش در وزن صد دانه را مربوط به اعمال تنش کم آبی در مرحله رشد رویشی و بعد از گل‌دهی بیان کردند.

با مقایسه درصد کاهش وزن 100 دانه در این سه آزمایش، مشاهده شد که مرحله رشد رویشی و مرحله بعد از گل‌دهی، بیشتر از مراحل دیگر رشد، به تنش کم آبیاری حساس بود. چون تنش خشکی در مرحله رویشی، باعث کاهش بیشتر سطح سبز برگ گردید، در نتیجه ظرفیت فتوسنتزی و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها، کاهش یافت. در نتیجه این کاهش و هم چنین تولید کم کربوهیدرات‌ها در مرحله گل‌دهی، وزن 100 دانه، کاهش بیشتری یافت.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در آزمایش‌های 2 و 3، کم آبیاری به ترتیب در سطوح پنج و یک درصد، بر عملکرد دانه، اثر معنی‌دار داشت. همچنین در آزمایش 1 و 3، شوری آب آبیاری در سطح یک درصد، بر عملکرد دانه، اثر معنی‌دار نشان داد. کم آبیاری در آزمایش یک و اثر متقابل کم آبیاری و شوری، روی عملکرد دانه، در هیچ کدام از این سه آزمایش اثر معنی‌دار نداشت.

مطابق جدول (4)، در آزمایش 2 و 3 بیشترین عملکرد دانه، از تیمار I₁ حاصل شد و تیمارهای I₂ و I₃ نسبت به آن به ترتیب 16/0، 7/40 درصد و 12/6 و 16/0 درصد، کاهش عملکرد را نشان دادند. عملکرد دانه در آزمایش 2 تنها در سطوح کم آبیاری زیاد (I₃) تحت تأثیر قرار گرفت اما در آزمایش سه در تیمار I₂ تحت تأثیر قرار گرفت. و این نشان می‌دهد که مرحله بعد از گل‌دهی، نسبت به کم آبیاری، حساس‌تر

می‌باشد. یافته‌های Calir در سال 2004، سیلسپور و همکاران (1385)، Abo-El-Kheir و Mekki در سال 2007 و Sajedi و همکاران در سال 2009 نیز با این نتایج هماهنگی داشت. دلیل کاهش عملکرد دانه در مرحله بعد از گل‌دهی تحت تنش کم‌آبایی، و نیز کوتاه شدن دوره پر شدن دانه، در اثر کمبود رطوبت در خاک بود.

کم‌آبایی، در مرحله رویشی (در آزمایش 1) بر عملکرد دانه، تأثیر معنی‌دار نداشت. چون گیاه ذرت در دوره رشد رویشی، به کم‌آبایی، مقاوم می‌باشد در صورتی‌که تحت تنش کم‌آبایی قرار گیرد از استراتژی سازگاری، یعنی توسعه عمق ریشه و جذب آب از خاک، استفاده می‌کند (Pandy and Maranvill, 2000). در این تحقیق نیز حداکثر عملکرد در آزمایش 1 مربوط به تیمار I₂ بود یعنی کاربرد 75 درصد نیاز آبی گیاه در دو آبیاری که احتمالاً می‌تواند به دلیل فوق باشد.

در آزمایش 1 و 3 با افزایش شوری، عملکرد دانه کاهش یافت. کاهش در مرحله رشد رویشی با شوری S₂ غیر معنی‌دار بود. اما برای شوری S₃ معنی‌دار بود. این مسئله نشان می‌دهد که در این مرحله از رشد، عملکرد دانه در شوری‌های زیاد، کاهش معنی‌دار پیدا کرده است در حالی که در مرحله بعد از گل‌دهی، کاهش عملکرد دانه در سطح شوری S₂ نیز معنی‌دار بوده و در نتیجه این مرحله از رشد، از نظر عملکرد دانه، حساسیت بیشتری به تنش شوری دارد. در هر دو آزمایش، بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار S₁ و کمترین آن مربوط به تیمار S₃ بود. تیمارهای S₂ و S₃ نسبت به تیمار S₁، 10/80 و 22/50 درصد کاهش عملکرد را در آزمایش 1 و 22/80 و 26/90 درصد کاهش را در آزمایش 3 نشان دادند. دهقان و نادری (1386) نیز در تحقیق خود به نتایج مشابهی دست یافتند. علت کاهش عملکرد در مرحله رشد رویشی در اثر تنش شوری، افزایش پتانسیل اسمزی در منطقه ریشه و کاهش جذب آب توسط گیاه، و از بین رفتن تعدادی از گیاهچه‌ها و همچنین ناتوانی ذرت در تولید پنجه بود. در نتیجه تعداد ساقه‌های بلال دهنده، و درصد بوته‌های دارای بلال و در نتیجه عملکرد دانه، کاهش می‌یابد. اما در مرحله بعد از گل‌دهی، بالارفتن غلظت املاح در منطقه ریشه و در نتیجه افزایش فشار اسمزی، باعث اختلال در جذب آب و مواد غذایی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی برای انتقال به دانه‌ها می‌گردد. که این عمل منجر به کاهش وزن دانه‌ها و نهایتاً کاهش عملکرد دانه خواهد شد (دهقان و نادری، 1386).

عملکرد بیولوژیکی

اثر کم‌آبایی، بر عملکرد بیولوژیکی، فقط در آزمایش 3 و در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. شوری آب آبیاری نیز در آزمایش 1 و 3 و در سطح یک درصد، بر عملکرد بیولوژیکی اثر معنی‌دار داشت. اما در آزمایش 2 معنی‌دار نبود (جدول 3). در هر سه آزمایش، اثر متقابل کم‌آبایی و شوری آب آبیاری نیز بر عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار نبود.

در آزمایش 3 بیشترین عملکرد بیولوژیکی، مربوط به تیمار I₁ و کمترین آن مربوط به تیمار I₃ بود (جدول 4). اما اختلاف بین تیمار I₁ با I₂ معنی‌دار نبود و بدان معنی است که با 25 درصد صرفه جویی در مصرف آب، در دو آبیاری در مرحله بعد از گل‌دهی، عملکرد بیولوژیکی، کاهش معنی‌داری پیدا نکرده است. در این آزمایش، تیمار I₃ نسبت به تیمار I₁، 8/2 درصد کاهش عملکرد نشان داد که این تفاوت معنی‌دار بود و نشان می‌دهد که عملکرد بیولوژیکی در مرحله بعد از گل‌دهی، تحت تنش‌های آبی خیلی زیاد (I₃) و به صورت معنی‌دار تحت تأثیر قرار می‌گیرد. با مقایسه درصد‌های کاهش عملکرد بیولوژیکی در مراحل مختلف رشد ذرت تحت تنش کم‌آبایی،

می‌توان گفت که ذرت، در مرحله بعد از گل‌دهی به تنش کم‌آبیاری، بیشتر حساس است. Abo-El-Kheir و Mekki در سال 2007 نیز بیشترین کاهش عملکرد بیولوژیکی در اثر کم آبیاری را در مرحله بعد از گل‌دهی گزارش کرده‌اند. عملکرد بیولوژیکی، حاصل عملکرد دانه و عملکرد اندام‌های رویشی است. در اثر اعمال تنش در مرحله بعد از گل‌دهی، به دلیل کاهش شدید عملکرد دانه، با وجود ثابت ماندن نسبی عملکرد اندام‌های رویشی، عملکرد بیولوژیکی، کاهش نشان داد. به عبارت دیگر اثر تنش کم‌آبیاری روی عملکرد بیولوژیکی، عمدتاً ناشی از اثر کم‌آبیاری روی عملکرد دانه بود.

در خصوص شوری آب آبیاری، در آزمایش 1 و 3 افزایش شوری، باعث کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی شد. هر چند اختلاف بین تیمار S_1 و S_2 در مرحله رشد رویشی، غیر معنی‌دار اما در مرحله بعد از گل‌دهی، معنی‌دار بود. و این نتیجه نشان می‌دهد که در مرحله رویشی، آبیاری با شوری S_2 در دو آبیاری، کاهش معنی‌داری را در عملکرد بیولوژیکی به وجود نمی‌آورد. اما در مرحله بعد از گل‌دهی، شوری کم (S_2) نیز باعث کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی گردیده و در نتیجه این مرحله از رشد، نسبت به سایر مراحل رشد، حساسیت بیشتری دارد. در آزمایش‌های 1 و 3 بیشترین عملکرد بیولوژیکی مربوط به تیمار S_1 و کمترین آن از تیمار S_3 حاصل شد. تیمارهای S_2 و S_3 نسبت به تیمار S_1 ، $7/6$ و $24/4$ درصد کاهش را در آزمایش 1 و $16/8$ و $19/5$ درصد کاهش را در آزمایش 3 نشان داد.

Turan و همکاران در سال 2009، Blanco و همکاران در سال 2008 و Pessaraki در سال 1989 اعلام کردند که اثر تنش شوری بر عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار بود و با افزایش تنش شوری، مقدار آن کاهش یافت. در مقایسه میانگین‌های عملکرد بیولوژیکی برای سطوح مختلف آبیاری و شوری، می‌توان دریافت که در هر سه آزمایش، تأثیر شوری آب آبیاری، بر کاهش عملکرد بیولوژیکی، بیشتر از اثر کم-آبیاری بوده است. مقایسه درصد‌های کاهش عملکرد بیولوژیکی با درصد‌های کاهش عملکرد دانه، در هر سه آزمایش نشان می‌دهد که اثر کم‌آبیاری بر کاهش عملکرد دانه، بیشتر از کاهش عملکرد بیولوژیکی بوده است. در مورد اثر شوری آب آبیاری نیز همین نتیجه وجود دارد. یافته‌های کریمی و همکاران (1385) نیز موید این مطالب است.

شاخص برداشت

شاخص برداشت عبارت است از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی. میانگین شاخص برداشت فقط در آزمایش 3 تحت کم‌آبیاری در سطح یک درصد و تحت تنش شوری در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول 3). در هر سه آزمایش، اثر متقابل کم‌آبیاری و شوری روی شاخص برداشت معنی‌دار نبود. در آزمایش 3 بیشترین شاخص برداشت از تیمار I_1 حاصل شد. تیمارهای I_2 و I_3 نسبت به آن به ترتیب $8/2$ و $9/4$ درصد کاهش را نشان دادند که این تفاوت‌ها معنی‌دار بود و نشان می‌دهد که در این مرحله از رشد، شاخص برداشت تحت تأثیر مقدار آب آبیاری قرار می‌گیرد. این نتیجه با یافته‌های Sajedi و همکاران در سال 2009 مطابقت داشت. در این مرحله از رشد، با افزایش شوری آب آبیاری نیز شاخص برداشت، کاهش داشت. اما اختلاف بین S_1 با S_2 غیر معنی‌دار و S_1 با S_3 معنی‌دار بود. بنابراین می‌توان گفت شاخص برداشت در این مرحله از رشد، تحت شوری‌های زیاد (S_3) معنی‌دار شده است. بیشترین شاخص برداشت مربوط به تیمار S_1 و کمترین آن از تیمار S_3 حاصل شد. و تیمارهای S_2 و S_3 نسبت به تیمار S_1 ، $6/9$ و $9/7$ درصد کاهش را نشان دادند. Faci و Farre در سال 2009 نیز اعلام کردند که اثر تنش شوری بر شاخص برداشت معنی‌دار بود. در هر سه آزمایش، با افزایش تنش شوری و کم‌آبیاری،

شاخص برداشت روند کاهشی داشت و این کاهش در آزمایش 3 از شدت بیشتری برخوردار بود. دلیل کاهش شاخص برداشت، کاهش عملکرد دانه بوده و کاهش عملکرد بیولوژیکی نیز در اثر اعمال تنش کم‌آبیاری و شوری بود. با مقایسه درصدهای کاهش عملکرد بیولوژیکی، در اثر اعمال تیمارهای تنش کم‌آبیاری و شوری با درصدهای کاهش عملکرد دانه، مشاهده شد که تأثیر تنش کم‌آبیاری و تنش شوری، بر کاهش عملکرد دانه بیشتر از کاهش عملکرد بیولوژیکی است. در نتیجه به علت کاهش بیشتر عملکرد دانه، نسبت به عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت نیز روند کاهشی نشان داده است. سهم مرحله بعد از گل‌دهی نیز به علت حساسیت بیشتر نسبت به تنش کم‌آبیاری و شوری نیز بیشتر می‌باشد. از آنجا که شاخص برداشت از اهمیت زیادی در محاسبات اقتصادی برخوردار است، اعمال تنش در مرحله بعد از گل‌دهی به دلیل کاهش زیاد شاخص برداشت مناسب نمی‌باشد.

نتیجه‌گیری

در هر سه آزمایش، اثر متقابل کم‌آبیاری و شوری آب آبیاری، بر تعداد دانه در بلال، وزن 100 دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت معنی‌دار نبود.

کم‌آبیاری در مرحله رشد رویشی بر عملکرد دانه، تأثیر معنی‌دار نداشت و لذا این مرحله از رشد، جهت اعمال کم‌آبیاری، مناسب می‌باشد.

در هر سه مرحله رشد، تأثیر شوری آب آبیاری بر کاهش عملکرد بیولوژیکی، بیشتر از اثر کم‌آبیاری بود.

مقایسه درصدهای کاهش عملکرد بیولوژیکی با درصدهای کاهش عملکرد دانه در هر مرحله رشد نشان داد که اثر کم‌آبیاری بر کاهش عملکرد دانه، بیشتر از کاهش عملکرد بیولوژیکی بود.

بر اساس نتایج به دست آمده، حساس‌ترین مرحله رشد، نسبت به کم‌آبیاری و شوری آب آبیاری، مرحله بعد از گل‌دهی ارزیابی شد. اثر تنش شوری نیز بر کاهش عملکرد و اجزای عملکرد، بیشتر از اثر کم‌آبیاری بود.

پیشنهادات

پیشنهاد می‌شود تحقیقات مشابه روی رقم‌های مختلف ذرت، در سراسر هر مرحله از رشد و در سطوح شوری بالاتر انجام گیرد و توابع تولید آب-شوری، تحت تنش‌های مختلف رطوبتی و مدیریتی، ارزیابی گردد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از قطب علمی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز به خاطر تأمین بخشی از هزینه‌های انجام طرح، تشکر می‌گردد.

منابع

- امداد، م. ر. و فرداد، ح. (1379). اثر تنش شوری (NaCl) و رطوبتی بر عملکرد ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد 31، شماره 3، ص 641-654.
- دهقان، ا. و نادری، ا. (1386). ارزیابی تحمل به شوری در سه رقم ذرت دانه‌ای. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد یازدهم، شماره 41، ص 275-283.
- سیلسپور، م.، جعفری، پ. و ملاحسینی، ح. (1385). مطالعه اثرات تراکم بوته و تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و برخی خصوصیات زراعی ذرت (KSC-301). مجله پژوهش در علوم کشاورزی، جلد 2، شماره 2، ص 13-24.
- کریمی، ا.، همائی، م.، معز اردلان، م.، لیاقت، ع. م. و رئیسی، ف. (1385). اثر کود- آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب در ذرت به روش آبیاری قطره ای- خطی. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی، جلد 12، شماره 3، ص 561-575.
- **Abo-El-Kheir, M. S. A and Mekki, B. B. (2007).** Response of maize cross-10 to water deficits during silking and grain filling stages. *World journal of Agricultural Sciences*, 3 (3), pp. 269 – 272.
- **Blanco, F. F., Folegatti, M. V., Gheyi, H. R and Fernandes, P. D. (2008).** Growth and yield of corn irrigated with saline water. *Science Agriculture*, 65 (6), pp. 574-580.
- **Calir, R. (2004).** Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*, 89 (1), pp. 1-16.
- **Cicek, N and Husnu, C. (2002).** The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. *Journal of Plant Physiology*, 28 (1-2), pp. 66-74.
- **Farre, I and Faci, J. M. (2009).** Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management*, 96, pp. 383-394.
- **Henggeler, J. C. (2004).** The conjunctive use of salin irrigation water on deficit irrigation. Ph. D Dissertation, Texas University.
- **Pandy, R. K and Maranvill, J. W. (2000).** Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment II. Shoot growth, nitrogen uptake and water extraction. *Agricultural Water Management*, 46 (1), pp. 15-27.
- **Pessarakli, M. (1989).** Dry matter yield, Nitrogen Absorption and water uptake by sweet corn under salt stress. *Journal of Plant Nutrient*, 12 (3), pp. 279 – 290.
- **Sajedi, N. A., Ardakani, M. R., Naderi, A., Madani, H and Mashhadi Akbar Boojar, M. (2009).** Response of maize to nutrients foliar application under water deficit stress conditions. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 4 (3), pp. 242-248.

- **Stone, P. J., Wilson, D. R., Beid, J. B and Gillespie, R. N. (2001).** Water deficit effects on sweet corn, I: water use, radiation use efficiency, growth, and yield. *Journal of Agriculture Research*, 52, pp. 103–113.
- **Turan, M. A., Awad Elkarim, A. H., Taban, N and Taban, S. (2009).** Effect of salt stress on growth, stomatal resistance, proline and chlorophyll concentrations on maize plant. *African Journal of Agricultural Research*, 4 (9), pp. 893 – 897.