نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۲، ص. ۲۸۱-۲۷۲

Agroecology
Vol. 5, No. 3, Fall 2013, p. 272-281

امکان‌سنجی استفاده از سوپر جاذب رطوبت به‌منظور کاهش تنش خشکی وارده به ذرت (*Zea mays* L.) در یک نظام زراعی کم‌نهاده در شرایط مشهد

محسن جهان[1*]، نفیسه کمایستانی[2] و فاطمه رنجبر[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۳۱

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سوپرجاذب در کاهش تنش خشکی در گیاه ذرت (*Zea mays* L.)، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. کرت‌های اصلی شامل: ۱) کاربرد۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب، ۲)۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب، ۳) عدم مصرف سوپرجاذب و کرت‌های فرعی شامل فواصل مختلف آبیاری (۷،۱۰،۱۴ روز بودند). نتایج آزمایش نشان داد که ارتفاع بوته (۱۴۰/۵ سانتی‌متر)، ماده خشک (۱۴۴/۵ گرم در مترمربع) تحت تأثیر سوپرجاذب قرار گرفت، به‌طوری‌که بیشترین مقدار آنها از کاربرد سطح دوم سوپرجاذب حاصل شد. ارتفاع بوته، ماده خشک، دمای کانوپی، تعداد ذرت، وزن تر، عملکرد اقتصادی، و وزن صد دانه تحت تأثیر فواصل آبیاری قرار گرفتند و هیچ تفاوت معنی‌داری بین دور آبیاری ۱۰ و۱۴ روز بین ارتفاع بوته، ماده خشک، دمای کانوپی، شاخص برداشت و وزن صددانه وجود نداشت که این نتایج می‌تواند در رابطه با کاهش آب مورد نیاز برای آبیاری ذرت مهم باشد. اثر تیمارهای آزمایشی بر شاخص برداشت غیرمعنی‌دار بود. برهمکنش بین سوپرجاذب و فواصل آبیاری نشان داد که در سطح دوم سوپرجاذب تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین فواصل آبیاری ۱۰ و ۱۴ روز درتمام صفات وجود نداشت. اثرات متقابل برای فواصل آبیاری ۷ و ۱۴ روز برای تمامی شاخص‌ها به جز ماده خشک و عملکرد اقتصادی یکسان بود. به‌نظر می‌رسد که افزایش مصرف سوپرجاذب در افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و در نهایت کاهش تنش خشکی موثر بود و افزایش فواصل آبیاری از ۷ به ۱۴ روز هیچ گونه کاهشی درعملکرد و اجزای عملکرد ذرت در شرایط مشهد ایجاد نمی‌کند.

واژه‌های کلیدی: شاخص برداشت، عملکرد دانه، دور آبیاری، منطقه نیمه‌خشک، ظرفیت نگه‌داری آب در خاک

مقدمه

استفاده‌ی ناکارآمد از آب باران و آب آبیاری توسط محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک یکی از عوامل بسیار مهم در ایجاد بحران آب می‌باشد و کمبود آب به عامل محدود کننده‌ی جدی در تولید محصولات کشاورزی تبدیل شده است. کشور ایران نیز به‌عنوان یکی از کشورهای واقع در کمربند خشک کره‌ی زمین با مشکل کم‌آبی مواجه می‌باشد بنابراین جهت مدیریت آب و استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب به‌منظور افزایش کارایی مصرف آب در تولید محصولات کشاورزی تحقیقات زیادی در حال انجام می‌باشد (Islam et al., 2011).

استفاده از سوپرجاذب در پایداری ساختمان خاک و افزایش نفوذ آب در خاک و کاهش فرسایش خاک (Lentz et al., 1998)، کاهش میزان تبخیر از سطح خاک (Setter et al., 2001) افزایش راندمان مصرف آب (Teyel & El-Hady, 1981) افزایش قدرت جوانه‌زنی، افزایش عملکرد گیاه و کاهش نیاز آب آبیاری می‌شوند و به نظر می‌رسد زمانی که سوپرجاذب‌ها با خاک مخلوط می‌شوند سبب حفظ مقدار زیادی آب و مواد مغذی در خاک شده، بنابراین گیاه با کمبود این منابع مواجه نخواهد شد (Islam et al., 2011). جذب سریع آب و حفظ آن بوسیله‌ی سوپرجاذب‌ها، بازده جذب آب ناشی از بارندگی را بالا برده و در صورت آبیاری خاک، فواصل آبیاری را کاهش می‌دهد (Allahdadi et al., 2005). زمانیکه آب و مواد مغذی محلول در تماس با پلیمر آب‌دوست قرار می‌گیرند، سبب انبساط مولکولی آن شده و در ادامه وارد ساختار آن می‌شوند (Martin and Ruter, 1993). پلیمرهای سوپرجاذب بی‌خطر و غیرسمی هستند و در نهایت به آب، دی‌اکسیدکربن، یون پتاسیم و آمونیاک تجزیه می‌شوند و

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استادیار، کارشناس ارشد اگرواکولوژی و دانشجوی دکتری اگرواکولوژی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email jahan@um.ac.ir)

Archive of SID
www.SID.ir

ممکن است هیچگونه اثری از آنها در طبیعت باقی نماند (Martin, 1997; Mikklelsen, 1994). این پلیمرها می‌توانند رطوبت خاک و کودها را تا ۵ سال بعد از کاربردشان در زمین‌های کشاورزی حفظ کنند (Martin, 1997). آب و مواد غذایی ذخیره شده به آرامی برای رشد گیاه تحت شرایط کمبود آب رها می‌شوند (Yazdani et al., 2007). استفاده از هیدروژل‌های سوپرجاذب به‌عنوان پلیمرهای به‌شدت آبدوست جهت کاهش اثرات مضر تنش خشکی شناخته شده‌اند (Koohestani et al., 2009). نتایج تحقیقات پندی و همکاران (Pandy & Maranvill, 2000) در خصوص اعمال تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد ذرت نشان داد که اعمال تنش رطوبتی به‌طور کلی باعث کاهش عملکرد دانه، تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه، کاهش قطر ساقه و کاهش ارتفاع گیاه می‌شود. کرناک و همکاران (Krank & Genkoglan, 2003) اذعان داشتند که تنش رطوبتی و کاهش مصرف آب در ذرت باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه، قطر ساقه و تنش رطوبتی و کاهش مصرف آب در ذرت باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه، قطر ساقه و شاخص سطح برگ و وزن ماده‌ی خشک می‌شود. در آزمایشی روی گیاه ذرت (*Zea mays* L.) نشان داده شد که تعداد دانه در بوته با کاربرد حداقل مصرف سوپرجاذب تحت تأثیر واقع نشد، اما در سطوح متوسط و بالاتر مصرف سوپرجاذب، به‌ترتیب ۳۱ و ۴۵ درصد تعداد دانه در بوته افزایش پیدا کرد (Mao & Islam, 2011). نتایج آزمایشی دیگر نشان داد که روند افزایش وزن خشک گیاه ذرت تحت تأثیر کاربرد مقادیر پلیمر سوپرجاذب به‌صورت خطی بود که می‌توان آن‌را به بهبود خصوصیات خاک و در نتیجه افزایش رطوبت قابل استفاده در خاک در اثر کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب نسبت داد (Moazzen Ghamsari et al., 2009). گزارش شده است که استفاده از هیدروژل‌های سوپرجاذب در گیاه ذرت در سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سبب بهبود عملکرد دانه، اجزای عملکرد و وزن تر شد (Koohestani et al., 2009) .

باتوجه به کمبود آب در بیشتر نقاط ایران و وارد شدن تنش خشکی در اغلب گیاهان زراعی، این آزمایش با هدف بررسی اثرات دور آبیاری (تنش خشکی) و استفاده از پلیمر سوپرجاذب رطوبت روی گیاه ذرت در شرایط مشهد طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش مورد نظر در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ به اجرا در آمد. عامل کرت اصلی سطوح سوپرجاذب: ۱- استفاده از سوپرجاذب رطوبت به‌مقدار توصیه شده توسط شرکت تولید کننده (۴۰ کیلوگرم در هکتار)، ۲- استفاده از سوپرجاذب رطوبت به‌میزان دو برابر مقدار توصیه شده توسط شرکت تولید کننده (۸۰ کیلوگرم در هکتار) و ۳- عدم استفاده از سوپرجاذب رطوبت، بود. عامل کرت فرعی سه دور آبیاری به‌ترتیب هفت، ۱۰ و ۱۴ روز بود. کشت در تاریخ ۱۳۹۰/۲/۲۲ انجام و همزمان با آماده سازی زمین افزودن سوپرجاذب به خاک صورت گرفت. کلیه عملیات آماده‌سازی زمین توسط کارگر انجام شد. فاصله دو کرت اصلی از یکدیگر ۷۰ سانتی‌متر و فاصله بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد. هر کرت شامل پنج خط کاشت با فاصله بین ردیف ۷۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف برابر ۲۰ سانتی متر بود؛ به طوری‌که تراکم شش بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. در مرحله جوانه‌زنی تا استقرار کامل گیاه، آبیاری به میزان یکسان و توسط سیستم تحت فشار لوله انجام شد. اعمال تنش در مرحله‌ی ۴-۳ برگی ذرت اعمال شد. در طی فصل رشد، هر ۱۵ روز یک بار از سطحی معادل ۰/۲ متر مربع نمونه‌گیری انجام گرفت و صفاتی مانند ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک بوته‌های برداشت شده تعیین شد. میزان تنش وارده به بوته‌های ذرت با استفاده از ترمومتر مادون قرمز در چند نوبت اندازه‌گیری و ثبت شد. در پایان فصل رشد، عملکرد دانه و بیولوژیک گیاهان تحت تیمارهای مختلف در سطحی به اندازه‌ی یک متر مربع اندازه‌گیری شد.

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، ازنرم‌افزار Minitab Ver. 16 و به‌منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش (جدول ۱) نشان داد که اثر مقادیر متفاوت سوپرجاذب و دور آبیاری بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود. بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار کاربرد دو برابر مقدار توصیه شده سوپرجاذب به ارتفاع ۱۴۰ سانتی‌متر بود که با دو سطح دیگر اختلاف معنی‌دار داشت و نسبت به تیمار بدون سوپر جاذب ۸ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته (۱۳۸ سانتی‌متر) در نتیجه‌ی دور آبیاری هفت روز و کمترین ارتفاع بوته (۱۲۸ سانتی‌متر) از دور آبیاری چهارده روز حاصل گردید (جدول ۲).

اثرات متقابل مقادیر سوپرجاذب و دور آبیاری به‌کار رفته در آزمایش بر ارتفاع ذرت در جدول ۳ نشان داده شده است و همانطور که مشاهده می‌شود بیشترین ارتفاع بوته (۱۴۸/۹ سانتی‌متر) مربوط به استفاده‌ی دو برابر از سوپرجاذب و دور آبیاری ۷ روز بود. علت کاهش ارتفاع گیاه با افزایش فواصل آبیاری را می‌توان ناشی از کافی نبودن میزان آب در دسترس دانست.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کاربرد سطوح مختلف سوپرجاذب و دور آبیاری بر برخی صفات ظاهری و عملکرد در گیاه ذرت

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) of data resulted from super absorbent and irrigation effects on some corn traits and yield

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f.	ارتفاع بوته Plant height	شاخص سطح برگ Leaf area index	ماده خشک Dry matter	دمای کانوپی Canopy temperature	تعداد بلال Cob Number	وزن تر Fresh yield	عملکرد اقتصادی Economic yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن صد دانه 100-Seed weight
بلوک (Block)	2	286.14	0.31	2961	11.11	1.59	46477	38222	373.4	14.72
سوپرجاذب (super absorbent)	2	363.62**	0.09ns	5203*	1.04ns	0.48ns	86026ns	16698ns	67.8ns	24.09ns
خطا A (Error A)	4	180.44	0.6	36.7	2.07	1.42	56253	9721	498.4	5.98
آبیاری (Irrigation)	2	216*	0.34ns	9933**	3.44*	6.25*	959899*	463381*	132.4ns	66.95**
سوپرجاذب × آبیاری (Irrigation ×Super absorbent)	4	126.51*	0.23ns	1999*	1.72ns	1.25ns	5370ns	8814ns	222.8ns	8.7ns
خطا B (Error B)	12	49.43	0.13	801	0.55	1.25	57.520	4512	145.5	6.22

*و **: بترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns: غیر معنی‌دار

* and**: indicate significant at 5 and 1% probability levels, respectively and ns: non-significant.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۲- مقایسه میانگین‌های برخی شاخص‌های رشدی و اجزای عملکرد گیاه ذرت در سطوح مختلف سوپر جاذب و دور آبیاری

Table 2- Mean comparisons of some corn traits affected by super absorbent and irrigation interval

سوپر جاذب Super absorbent	ارتفاع (سانتی‌متر) Plant height (cm)	شاخص سطح برگ Leaf area index	ماده خشک (گرم بر مترمربع) Dry matter ($g.m^{-2}$)	دمای کانوپی (درجه سانتی‌گراد) Canopy temperature (°C)	تعداد بلال (عدد) Cob (Number)	وزن تر (گرم بر مترمربع) Fresh weight ($g.m^{-2}$)	عملکرد اقتصادی (گرم بر مترمربع) Economic yield ($g.m^{-2}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	وزن صددانه (گرم) 100-Seed weight (g)
سطح ۰ level0	129 b*	2.7 a	96.8 b	35.8 a	4.6 a	1164 a	584 a	55.1 a	19.92 a
سطح ۱ level 1	129 b	2.8 a	89.8 b	36.5 a	4.7 a	974 a	506 a	50.3 a	20.37 a
سطح ۲ Level 2	140 a	3.0 a	134.5 a	36.3 a	4.3 a	1028 a	577 a	50.4 a	17.33 a
دور آبیاری Irrigation intervals									
۷ روز 7 days	138 a	3.0 a	144.9 a	35.7 a	5.4 a	1398 a	793 a	56.0 a	21.74 a
۱۰ روز 10 days	b132a	3.0 a	93.5 b	36.9 b	4.5 ab	1021 a	534 b	51.6 a	19.55 ab
۱۴ روز 14 days	128 ab	2.5 a	82.7 b	36.0 ab	3.7 b	747 b	341 c	48.3 a	16.32 b

* برای هر تیمار و در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

*For each factor and in each column, means followed by the same letter(s), are not significantly different based DMR test ($p \leq 0.05$).

Archive of SID

www.SID.ir

یزدانی و همکاران (Yazdani et al., 2007) گزارش کردند که افزایش فواصل آبیاری روی گیاه سویا (*Glycine max* L.) به‌دلیل کاهش تقسیم و طویل‌شدن سلولی، کاهش رشد و ارتفاع گیاه را به دنبال داشت.

پلیمرهای سوپرجاذب با بالا بردن ظرفیت نگهداری آب در خاک، بهبود ساختمان و کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک، شرایط بهتری را برای رشد و نمو گیاه زراعی در شرایط تنش خشکی فراهم می‌کنند (Samavat, 1992)، لذا به‌نظر می‌رسد که سوپرجاذب از طریق افزایش فراهمی آب و مواد غذایی موجود در خاک گیاه سبب افزایش ارتفاع ذرت شد.

شاخص سطح برگ (LAI)[1]

نتایج حاصل از تجزیه واریانس گویای این مطلب بود که اثرات ساده و متقابل تیمارهای آزمایشی از نظر تأثیر بر شاخص سطح برگ در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۱).

با این‌حال، بیشترین شاخص سطح برگ (۳) مربوط به سطح دو برابر استفاده از سوپر جاذب بود که نسبت به تیمار عدم مصرف سوپرجاذب ۱۱ درصد افزایش نشان داد، هر دو دور آبیاری هفت و ده روز سبب بیشترین شاخص سطح برگ (۳) شدند (جدول ۲). با توجه به جدول ۳ بیشترین شاخص سطح برگ (۳/۶) مربوط به اثر متقابل مصرف دو برابر سوپرجاذب و دور آبیاری هفت روز بود. موذن قمصری و همکاران (Moazzen Ghamsari et al., 2009) گزارش کردند که افزایش شاخص سطح برگ ذرت تحت تأثیر کاربرد پلیمر سوپرجاذب در دورهای مختلف آبیاری ممکن است در نتیجه تداوم پتانسیل فشاری لازم برای رشد برگ‌ها و تقلیل اثر تنش خشکی در گیاه باشد.

دمای کانوپی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر سطوح مختلف سوپرجاذب و اثرات متقابل بین سوپرجاذب و دور آبیاری بر دمای کانوپی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نبود، درحالی‌که اثر دورهای مختلف آبیاری معنی‌دار بود. کمترین دمای کانوپی (۳۵/۷ درجه سانتی‌گراد) مربوط به دور آبیاری هفت روز و بیشترین دما (۳۶/۹ درجه سانتی‌گراد) مربوط به دور آبیاری ده روز بود (جدول ۲). با وجود عدم معنی‌داری اثرات متقابل سوپرجاذب و دور آبیاری، کمترین دمای کانوپی (۳۴/۶ درجه سانتی‌گراد) مربوط به تیمار بدون سوپرجاذب با دور آبیاری چهارده روز بود. به‌نظر می‌رسد که خشکی با تأثیر بر هدایت روزنه‌ای سبب کاهش آب درون بافتی برگ‌ها شد که این کاهش آب در گیاه سبب افزایش دمای کانوپی می‌شود و با افزایش فواصل آبیاری دمای کانوپی نیز افزایش می‌یابد.

وزن تر

نتایج آزمایش بیانگر اثر معنی‌دار تیمار دور آبیاری بر وزن تر بود، در حالی‌که اثر تیمار سوپرجاذب و اثرات متقابل سوپرجاذب و دور آبیاری بر وزن تر معنی‌دار نبود (جدول ۱). جدول مقایسه میانگین (جدول ۲) نشان داد که بیشترین (۱۳۹۸ کیلوگرم در هکتار) و کمترین وزن تر (۷۴۷ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب مربوط به آبیاری با دور هفت و چهارده روز بود، به‌طوری‌که با کاهش دور آبیاری از چهارده به هفت روز، وزن تر ۸۷ درصد افزایش یافت. گزارش شده است که تنش خشکی در مرحله رشد رویشی به‌دلیل کاهش سطح برگ و میزان ماده خشک تولید شده، موجب کاهش وزن تر در گیاه ذرت می‌گردد. در اثر تنش خشکی سطح برگ به عبارتی سطح جذب نور خورشید و به‌دنبال آن سطح فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد که در نهایت به کاهش تولید ماده خشک و عملکرد گیاه منجر می‌گرد (Hong-Bo and Li-ye, 2008).

ماده خشک

اثرات ساده‌ی سطوح مختلف سوپرجاذب، دور آبیاری و اثر متقابل سوپرجاذب و دور آبیاری بر مقدار ماده خشک ذرت معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۵$) بود (جدول ۱). با افزایش مقدار کاربرد سوپرجاذب، میزان ماده خشک افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین ماده خشک (۱۳۴/۵ گرم بر مترمربع) در تیمار دو برابر سوپرجاذب مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۳۸ درصد افزایش داشت.

بیشترین ماده خشک در تیمار آبیاری با دور هفت روز (۱۴۴/۹ گرم بر متر مربع) مشاهده گردید (جدول ۲)؛ به‌طوری‌که دور آبیاری هفت روز در مقایسه با دور آبیاری چهارده روز میزان ماده خشک را ۷۵ درصد افزایش داد (جدول ۲). نتیجه‌ای که از جدول ۲ گرفته می‌شود این است که بسته به شرایط منطقه‌ی کشت، چنانچه از ۱۰ گرم در متر مربع ماده خشکی که دور آبیاری ۱۰ روز نسبت به دور آبیاری ۱۴ روز، اضافه تولید می‌کند، صرف‌نظر شود، می‌توان دور آبیاری را چهار روز به تأخیر انداخت، بدیهی است که در شرایط محدودیت منابع آبی، ۱۰ گرم بر متر مربع و یا ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار کاهش در ماده‌ی خشک، به ازای چهار روز افزایش در فاصله‌ی بین دو آبیاری کاملاً می‌تواند توجیه‌پذیر باشد.

1- Leaf Area Index

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف سوپر جاذب و دور آبیاری بر برخی شاخص‌های رشدی و عملکرد در گیاه ذرت

Table 3- Mean comparisons of interaction effects of super absorbent and irrigation on some corn growth criteria and yield

تیمار Treatment	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	شاخص سطح برگ Leaf area index	ماده خشک (گرم بر متر مربع) Dry matter ($g.m^{-2}$)	دمای کانوپی (درجه سانتی‌گراد) Canopy temperature (^oC)	تعداد بلال (عدد) Cob (Number)	وزن تر (گرم بر متر مربع) Fresh weight ($g.m^{-2}$)	عملکرد اقتصادی (گرم بر متر مربع) Economic yield ($g.m^{-2}$)	شاخص برداشت (%) Harvest index (%)	وزن صددانه(گرم) 100-Seed weight (g)
سوپرجاذب/ دور آبیاری Super absorbent/ Irrigation intervals									
سطح ۰ Level 0	132.5 ab	2.8 a	130.2 ab	35.8 a	6 a	1553 a	840 a	56.02 a	23 a
۷روز 7 days	124.7 b	2.5 a	89.2 b	37 a	4 b	985 bc	563 cde	58.87 a	19 ab
۱۰ روز 10 days	130.6 a	2.4 a	71.1 b	34.6 a	4 b	955 bc	350 ef	50.63 a	17.6 ab
سطح۱ Level 1	133.1 a	2.8 a	110.2 ab	35.8 a	5 ab	1234 ab	793 a	65.17 a	23.9 a
۷روز 7 days	132 ab	2.8 a	64.3 b	36.8 a	5 ab	1096 b	463 cde	43.87 a	19.7 ab
۱۰ روز 10 days	123.9 b	2.8 a	94.8 b	36.8 a	4.3 b	593 d	263 f	42.06 b	17.4 ab
۱۴ روز 14 days									
سطح۲ Level 2	148.9 a	3.6 a	194.3 a	35.5 a	5.3ab	1406 a	746 ab	46.85 a	18.6 ab
۷روز 7 days	28.5 ab	3.1 a	127 ab	36.8 a	4.6 b	982 bc	576 bcd	52.17 a	19.8 ab
۱۰ روز 10 days	144 ab	2.1 a	82.2 b	36.7 a	3 c	695 c	def 410	52.41 a	13.8 b
۱۴ روز 14 days									

*برای هر اثر متقابل و در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

*For each interaction and in each column, means followed by the same letter(s) are not significantly different based on DMR test ($p \leq 0.05$).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف سوپرجاذب و دور آبیاری (جدول ۳) گویای این مطلب است کـه بیشـترین (۱۹۴/۳ گرم بر متر مربع) و کمترین (۶۴/۳ گرم بر متـر مربـع) مـاده خشـک به‌ترتیب مربوط به اثر متقابل دو برابر سوپرجاذب و دور آبیاری هفت روز و اثر متقابل سطح ۱ سوپرجاذب و دور آبیاری ده روز بود. به‌نظـر می‌رسد که سوپرجاذب در شرایط تنش برای گیاه مفید واقع شد، اگـر چه اختلاف‌ها معنی‌دار نبود.

احتمالاً تنش خشکی سبب کاهش رشد سبزینه‌ای ذرت شد و در تیمار کاربرد سوپرجاذب، این ماده به انتشار مقادیر بیشـتری از آب و مواد غذایی از خاک به طرف گیاه کمک کرد. آب و مواد غذایی ذخیره شده جهت رشد زیست‌تـوده گیـاه رهـا شـده و مـورد اسـتفاده قـرار می‌گیرند. سالار و همکاران (Salar et al., 2005) در پژوهشی اثـر سوپرجاذب بر دور آبیاری در کشت خربزه را مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که برهمکنش دور آبیاری و میزان سوپرجاذب بر تولید زیست‌توده معنی‌دار شد.

عملکرد اقتصادی

بین سطوح مختلف سوپرجاذب و اثرات متقابل سـوپرجاذب و دور آبیاری از نظر تأثیر بر عملکرد اقتصادی تفاوت معنی‌دار وجود نداشت، در حالی‌که بین سطوح مختلف دور آبیاری به‌تنهایی تفاوت معنـی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) وجود داشـت (جـدول ۱). مقایسـه میـانگین بـین سـطوح مختلف دور آبیاری نشان داد که بیشـترین عملکـرد اقتصـادی (۷۹۳ کیلـوگرم در هکتـار) در دور آبیـاری هفـت روز و کمتـرین آن (۳۴۱ کیلوگرم در هکتار) در آبیاری با دور چهارده روز حاصل شد (جدول ۲). در آزمایشی نشان داده‌شد که کمبود آب در طی دوره‌ی گل‌دهی ذرت، عملکرد را تا ۹۰ درصد کاهش می‌دهد (Setter et al., 2001). به‌نظر می‌رسد که یکی از دلایل کاهش عملکرد گیاهان در اثر تنش خشکی، دمای زیاد، رطوبت نسبی پایین و در نتیجه زیاد شدن تبخیر و تعرق باشد که خود از طریق اختلال در روند جذب و انتقال عناصـرغذایی و عرضه مواد پرورده، سبب کاهش عملکرد دانه مـی‌گـردد. العمـران و همکاران (Al-Omran et al., 2000) گزارش کردند که با افـزایش سطح آبیاری، عملکرد ذرت افزایش یافت. تبریزی (Tabrizi, 2004) در تحقیـق خـود روی اسـفرزه (*Plantago ovata* L.) و پسـیلیوم (*Plantago psyllium* L.) نتیجه گرفت که عملکرد بذر پسیلیوم با افزایش دور آبیاری کاهش یافت.

مقایسه میانگین‌های مربوط به اثرات متقابل بـین سـوپرجاذب و دور آبیاری (جدول ۳) نشان داد که بیشترین عملکرد اقتصادی (۸۴۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمـار عـدم کـاربرد سـوپرجاذب و دور آبیاری هفت روز و کمترین مقدار (۲۶۳ کیلوگرم در هکتار) مربوط به سطح یک سوپرجاذب و دور آبیاری ۱۴ روز بـود. وجـود سـوپرجاذب تأثیر چشمگیری در افزایش عملکرد دانه ذرت نداشت، با این‌حال اثـر متقابل دو برابر سوپرجاذب و دور آبیاری ۱۴ روز نسبت به اثر متقابل عدم مصرف سـوپرجاذب و دور آبیـاری ۱۴ روز، عملکـرد دانـه را ۱۷ درصد افزایش داد که به‌نظر می‌رسد سوپرجاذب با قابلیت ذخیره‌سازی و نگهداری آب در خاک در شرایط تنش و کم آبی، آب مورد نیاز گیاه را تامین کرد و سبب افزایش عملکرد دانه نسبت به زمان عدم مصرف سوپرجاذب شد. کوهستانی و همکاران (Koohestani et al., 2009) در آزمایشی روی ذرت نشان دادند که با افزایش میزان تنش خشکی، تأثیر هیدروژل‌های سوپرجاذب بر افزایش عملکرد دانه بیشتر بود. آنها نتیجه گرفتند که اثر پلیمرهای سوپرجاذب در سطوح پایین‌تر رطوبت، محسوس‌تر است.

شاخص برداشت

نتـایج جـدول تجزیـه واریـانس حـاکی از عـدم تـأثیر معنـی‌دار تیمارهای آزمایشی و اثرات متقابل آنها بر شاخص برداشت ذرت بـود (جدول ۱)، با این‌وجود، بیشترین شاخص برداشت در سـطح دو برابـر سوپرجاذب و دور آبیاری هفت روز بود. با توجه به جدول ۳ بیشترین شاخص برداشت در تیمار سطح یک سوپرجاذب و دور آبیـاری هفـت روز حاصل شد. نتایج آزمایشی نشان داد که استفاده از سوپرجاذب در گیاه ذرت همراه با دو سطح آبیاری عادی و تحت تنش خشـکی بـر شاخص برداشـت اثـری نداشـت (Moslemi et al., 2011). اسـتر و همکاران (Setter et al., 2001) گزارش کردند که شاخص برداشـت ذرت تحت تأثیر تنش خشکی تقریباً ثابت است، زیرا همان‌طـور کـه تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد، وزن خشک کـل را نیز کاهش می‌دهد، مگر این‌که تنش شدید باعـث کـاهش دانـه بـه میزان زیاد گردد و در نتیجه شاخص برداشت کاهش پیدا کند.

وزن صد دانه

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که وزن صد دانه تحـت تـأثیر سطوح مختلف سوپرجاذب و هـم‌چنـین اثـرات متقابـل بـین سـطوح مختلف سوپرجاذب و آبیاری، واقع نشد، در حالی‌که تفاوت در سطوح مختلف دور آبیاری بـه‌تنهـایی معنـی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بـود (جـدول ۱). افزایش مقدار کاربرد سوپرجاذب تأثیری بر وزن صد دانه نداشت، ولی با افزایش فواصل آبیاری، وزن صد دانه کاهش یافت، بـه‌طـوری‌کـه بیشترین وزن صد دانه (۲۱/۷۴ گرم) از تیمار با دور آبیاری هفت روز حاصل شد که نسبت به دور آبیاری چهارده روز، وزن صد دانـه را ۳۳ درصد افزایش داد. بیشترین وزن صد دانه (۲۳/۹ گرم) در سطح یـک سوپرجاذب و دور آبیاری هفت روز و کمترین آن (۱۳/۹ گرم) در سطح

Archive of SID

www.SID.ir

دو برابر سوپرجاذب و دور آبیاری چهارده روز حاصل شد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که سطوح بالای سوپرجاذب روی وزن صد دانه تأثیری نداشت، درحالی‌که این صفت به‌میزان بیشتری تحت تأثیر تیمار آبیاری واقع شد. وستایج و بویر (Westage & Boyer, 1998) نیز گزارش کردند که کاهش عملکرد دانه ذرت در شرایط تنش خشکی به‌علت کاهش در وزن هزار دانه و تعداد دانه در ردیف بود. به‌نظر می‌رسد که تنش خشکی از رسیدن آب مورد نیاز و انتقال مواد غذایی به دانه‌ها جلوگیری می‌کند و از طرفی ریزش برگ‌ها و کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و کوتاه شدن دوره‌ی تشکیل دانه نیز سبب چروکیده شدن و کاهش وزن صد دانه در ذرت می‌گردد.

اثر ساده‌ی سطوح سوپرجاذب بر برخی ویژگی‌های رشدی ذرت

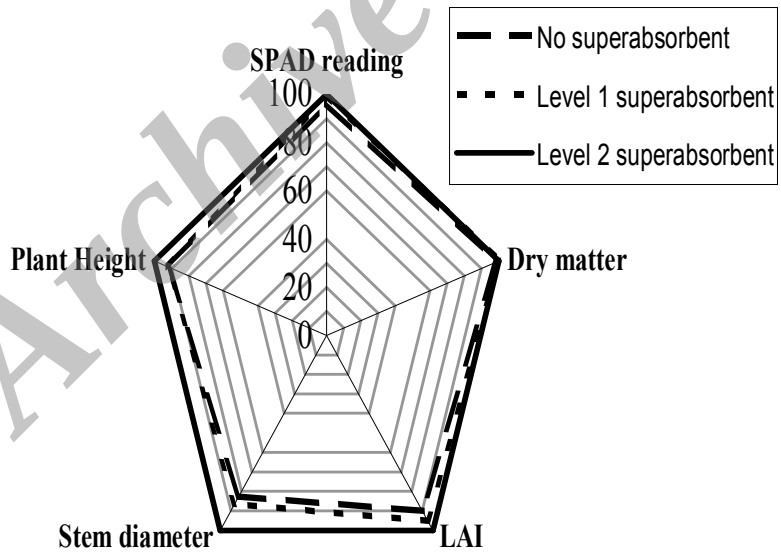
همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود اثر مثبت دو برابر شدن مقدار کاربرد سوپرجاذب بر صفات شاخص سطح برگ، قطر ساقه، ارتفاع بوته و عدد اسپد، نسبت به تیمار بدون سوپرجاذب و سطح ۱ سوپرجاذب بارز بود. اگرچه، از نظر ماده‌ی خشک این تفاوت به حداقل خود رسید.

اثر ساده‌ی سطوح مختلف دور آبیاری بر برخی ویژگی‌های رشدی ذرت

همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، تفاوت بین سطوح مختلف دور آبیاری بر صفات عدد اسپد، ارتفاع بوته، شاخص برداشت و شاخص سطح برگ به حداقل خود رسید، به‌عبارت دیگر، این نتایج حاکی از آن است که از طریق به‌کارگیری مدیریت‌های زراعی مناسب می‌توان با انجام آبیاری کمتر، محصولی (دانه) برابر با بالاترین میزان آب آبیاری (دور آبیاری هفت روز) برداشت کرد. تفاوت وزن تر بین دو دور آبیاری ۱۰ و ۱۴ روز بیشتر از تفاوت عملکرد ماده‌ی خشک بین این دو دور آبیاری بود (شکل ۳)، از سوی دیگر از نظر شاخص برداشت بین این دو سطح آبیاری تفاوت قابل توجهی وجود نداشت، لذا به نظر می‌رسد که دور آبیاری ۱۴ روز اگر چه از مقدار شاخ و برگ گیاه کاست ولی شاخص برداشت آن را تحت تأثیر منفی قرار نداد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که از نظر تولید ماده‌ی خشک، دمای کانوپی، محتوای رطوبت نسبی، تعداد بلال، وزن تر، شاخص برداشت و وزن صد دانه بین دور آبیاری ۱۰ و ۱۴ روز تفاوت معنی‌دار وجود نداشت که این موضوع از نظر صرفه‌جویی در آب مصرفی قابل توجه می‌باشد. از آنجا که شاخص سطح برگ، شاخص برداشت تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند، لذا به‌نظر می‌رسد که بخش عمده‌ی اثرات مثبت تیمارها از طریق بهبود ظرفیت نگهداری آب در خاک و بهبود خواص فیزیکی خاک و نیز کاهش میزان تنش وارده به گیاه مجال بروز پیدا کرده‌اند.



شکل ۱- مقایسه‌اثر سطوح مختلف سوپرجاذب بر برخی ویژگی‌های رشدی ذرت

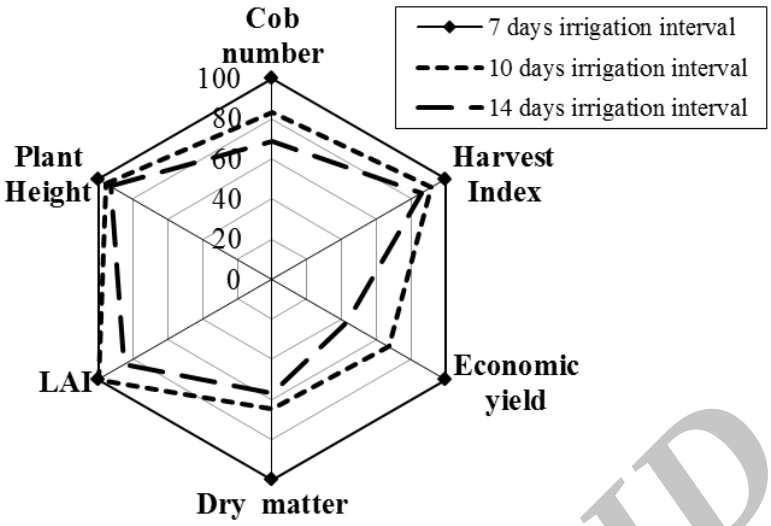
مقایسه بر مبنای سطح ۲ کاربرد سوپرجاذب صورت گرفته است.

Fig. 1– Comparison of the effect super absorbent on some growth characteristics of corn

Comparisons were done based on second level of super absorbent application.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- مقایسه اثر سطوح مختلف دور آبیاری بر برخی ویژگی‌های رشدی ذرت

مقایسه بر مبنای دور آبیاری هفت روز صورت گرفته است.

Fig. 2– Comparison of the effect of irrigation interval on some growth characteristics of corn

Comparisons were done based on 7 days irrigation interval.

نتایج مربوط به اثرات متقابل سوپرجاذب و دور آبیاری حاکی از آن بود که کلیه‌ی صفات مورد بررسی در سطح دو کاربرد سوپرجاذب و دور آبیاری ۱۴ روز، تفاوت معنی‌داری با دور آبیاری ۱۰ روز نداشتند. همین موضوع به جز برای عملکرد اقتصادی و تولید ماده‌ی خشک برای دور آبیاری ۷ روز در مقایسه با دور آبیاری ۱۴ روز نیز صادق بود. به‌عبارت دیگر، با افزایش مقدار کاربرد سوپرجاذب، می‌توان فاصله‌ی آبیاری ذرت در منطقه‌ی مشهد را از ۷ به ۱۴ روز افزایش داد، بدون این‌که کاهش معنی‌داری در عملکرد و اجزای عملکرد آن حاصل شود.

به‌طور کلی، نتایج حاصل از این پژوهش در راستای نتایج دیگر محققان، نشان داد که استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب و به‌دنبال آن افزایش فاصله‌ی بین دو آبیاری ذرت می‌تواند ضمن کاهش اثرات تنش خشکی در تولید این محصول، کاهش حجم آب آبیاری و حفظ تولید آن در یک سیستم کم‌نهاده را به‌دنبال داشته باشد که این موضوع در مناطق خشک و نیمه‌خشک همچون مشهد که با محدودیت منابع آبی مواجه هستند از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد.

قدردانی

هزینه‌های انجام این آزمایش توسط معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح پژوهه به شماره ۱۷۷۲۴مصوب ۹۰/۳/۴ تأمین شده است که بدینوسیله قدردانی می‌شود.

منابع

1. Allahdadi, A.B., Ghamsari, M., Akbari, G.A., and Zohourmehr, M. 2005. Study the effect of different levels of super absorbent polymer and irrigation on corn (*Zea mayz* L.) growth and yield. 3th Congress on Super Absorbent Hydrogel Application in Agriculture. Research Center for Polymer and Petrochemical of Iran. (In Persian with English Summary)
2. Al-Omran, A.M., Sheta, A.S., Falatan, A.M., and Al–Harb, A.R. 2000. Effect of drip irrigation on squash (*Cucrbita pepo* L.) yield and water use efficiency in sandy calcareous soils amended with clay deposits. Agricultural Water Management 37: 111-112
3. Hong-Bo, S., and Li-ye, C. 2008. Water-deficit stress- induced anatomical changes in higher plants. Current Research in Biology 331: 215-225.
4. Islam, M.R., Xue, X.Z., Mao, S., Ren, C.Z., Eneji, A.E., and Hu, Y.G. 2011. Effects of water-saving superabsorbent polymer on antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in oat (*Avena sativa* L.) under drought stress. Journal of the Science of Food and Agriculture 91(4): 680–686.
5. Koohestani, S., Asgari, N., and Maghsudi, K. 2009. Study the effect of super absorbent hydrogel on corn (*Zea mayz* L.) yield under drought stress. Journal of Iran Water Research 5: 71-78.
6. Krank, H., and Genkoglan, C. 2003. Effects of deficit irrigation on the yield and growth of the succeeding corn crop

Archive of SID

www.SID.ir

under Harran Plain conditions. Ziraat- Fakultesi-Dergisi, Ataturk Universities 34(2): 117-123.
7. Lentz, R.D., Sojka, R.E., and Robbins, C.W. 1998. Reducing phosphorus losses from surface-irrigated fields: Emerging polyacrylamide technology. Journal of Environmental Quality 27: 305-312.
8. Mao, R., Islam, S., Xue, X., Yang, X., Zhao, X., and Hu, Y. 2011. Evaluation of a water-saving superabsorbent polymer for corn (*Zea mays* L.) production in arid regions of Northern China. African Journal of Agricultural Research 6(17): 4108-4115.
9. Martin, C.A., Ruter, J.M., Robertson, R.W., and Sharp, W.P. 1993. Element absorption and hydration potential of polyacrylamide gels. Communications in Soil Science and Plant Analysis 24(5-6): 539-548.
10. Martin, E.T. 1997. Controlled-Release and Stabilized Fertilizers in Agriculture. Published by the International Fertilizer Industry Association, Paris, France. ISBN 2-9506299-0-3
11. Mikklelsen, R.L. 1994. Using hydrophyilic polymer to control nutrient release. Fertilizer Research 38: 53-59.
12. Moazzen Ghamsari, B., Akbari, G., Zohuriyan, A., and Nikniyaee, M.G. 2009. Study the yield and growth analysis of forage corn (*Zea mayz* L.) under different level of super absorbent polymer application (super water- A_{200}) under drought stress conditions. Iranian Journal of Crop Sciences 3: 1-8. (In Persian with English Summary)
13. Moslemi, Z., Hbibi, D., Asgharzadeh, A., Ardakani, M.R., Mohammadi, A., and Sakari, A. 2011. Effects of super absorbent polymer and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of maize under drought stress and normal conditions. African Journal of Agricultural Research 6(19): 4471-4476.
14. Nesmith, D.S., and Ritchie, J.T. 1992. Short and long-term responses of corn to a pre- anthesis soil water deficit. Agronomy Journal 84: 107-113.
15. 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): 15-27.
16. Salar, N., Farahpour, M., and Bahari, F. 2005. Study the effect of water absorbent polymer on irrigation interval in melon cultivation. 3th Congress on Super Absorbent Hydrogel Application in Agriculture. (In Persian with English Summary)
17. Samavat, S. 1992. The effect of physical soil amendment on some soil characteristics and plant yield. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Industrial University of Esfahan. (In Persian with English Summary)
18. Setter, T.L., Brian, A., Lannigan, F., and Melkonian, J. 2001. Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize: carbohydrate supplies, abscissic acid and cytokinins. Crop Science 41: 1530-1540.
19. Tabrizi, L. 2004. The effect of drought stress and manure application on quantitative and qualitative characteristics of *Plantago ovata* and *P. psyllium*. MSc Thesis, Facultyof Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary)
20. Teyel, M.Y., EL-Hady, O.A. 1981. Super gel as a soil conditioner. Acta Horticulturae 119: 247-250.
21. Tohidi-Moghadam, H.R., Shirani-Rad, A.H., Nour-Mohammadi, G., Habibi, D., and Mashhadi-Akbar-Boojar, M. 2009. Effect of super absorbent application on antioxidant enzyme activities in Canola (*Brassica napus* L.) cultivars under water stress conditions. American journal of Agricultural and Biological Sciences 4(3): 215- 223.
22. Westage, M.E., and Boyer, J.S. 1998. Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize. Crop Science 26: 951-956.
23. Yazdani, F., Allahdadi, A., Akbari, A., and Behbahani, M.R. 2007. The effect of different levels of super absorbent polymer (Rarawat A200) and different drought level on yield and yield components of soybean. Pajouhesh and Sazandegi in Agronomy and Horticulture 75: 168-174. (In Persian with English Summary)

Archive of SID

www.SID.ir