نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۰، ص. ۳۲۷-۳۲۰

Journal of Agroecology
Vol. 3, No. 3, Fall 2011, p. 320-327

بررسی تأثیر *آزوسپیریلوم لیپوفروم* بر ویژگی‌های گیاهچه آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) حاصل از بذر شرایط کم‌آبی در شرایط مزرعه

حامد هادی[۱*]، نانسی بابائی[۲]، جهانفر دانشیان[۳]، محمد حسین ارزانش[۴] و آیدین حمیدی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۰۴/۰۳

چکیده

ویژگی‌های گیاهچه ارقام مختلف آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) تحت تنش خشکی و تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم لیپوفروم* در آزمایشی در مزرعه آموزشی پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن در سال زراعی ۶۸-۱۳۸۵ به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار ارزیابی شد. تیمارها شامل تنش کم‌آبی (بذرهای تولید شده در شرایط آبیاری گیاهان مادری پس از مقادیر ۶۰ (آبیاری مطلوب)، ۱۲۰ (تنش متوسط) و ۱۸۰ (تنش شدید) میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A)، رقم (لاکومکا، مستر، فوریت، سور و آرماویروسکی) و تلقیح باکتری (*آزوسپیریلوم لیپوفروم* و شاهد) بودند. عامل باکتری در پلات اصلی قرار گرفت و بذرهای حاصل از شرایط تنش کم‌آبی و رقم به صورت فاکتوریل در داخل آن قرار گرفتند. نتایج نشان داد که باکتری *آزوسپیریلوم* زمان ظهور گیاهچه، شاخص قدرت گیاهچه، وزن خشک برگ، دمبرگ، ساقه و گیاهچه را به ترتیب ۱۴، ۴۴، ۳۰، ۳۱، ۲۲ و ۲۷ درصد نسبت به عدم تلقیح افزایش داد. ظهور اولیه گیاهچه بذرهای شرایط تنش متوسط ۴۸ درصد بیش از شرایط آبیاری مطلوب بود. ظهور نهایی، سرعت ظهور، شاخص ظهور، وزن خشک و بنیه گیاهچه بذرهای حاصل از شرایط تنش شدید نسبت به آبیاری مطلوب کاهش یافت. تلقیح با باکتری ظهور گیاهچه بذرهای شرایط تنش متوسط را نه درصد افزایش داد. تلقیح بذرهای شرایط تنش متوسط و شدید با *آزوسپیریلوم*، سرعت ظهور، شاخص ظهور، وزن خشک و بنیه گیاهچه را افزایش داد. با به توجه تأثیر تنش کم‌آبی بر جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه، تلقیح این بذرها با *آزوسپیریلوم لیپوفروم*، ظهور و بنیه گیاهچه بذرهای حاصل از شرایط تنش کم‌آبی را بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: بنیه گیاهچه، ظهور گیاهچه، محرک رشد، وزن خشک گیاهچه

مقدمه

یکی از مهمترین عوامل محیطی موثر در قدرت بذر، تنش خشکی در طی نمو بذر می‌باشد. تنش در این مرحله باعث ایجاد بذرهای چروکیده و سبک می‌شود که این عامل کاهش قدرت بذر را در پی خواهد داشت. دسی (Desai, 2004) عنوان کرد بررسی و ارزیابی کیفیت بذر از جایگاه ویژه‌ای در تولید، کنترل و گواهی بذر برخوردار است. ویرا و همکاران (Vieira et al., 1991) گزارش کردند کیفیت بذر سویا (*Glycine max* L.) علاوه بر ژنتیکی بودن این صفت تحت تأثیر عواملی است که در طی تولید بذر در مزرعه اتفاق می‌افتد که از جمله این عوامل نوسانات رطوبت شامل خشکی و درجه حرارت بالا می‌باشد. دلوچ (Delouche, 1973) ضمن انجام آزمون جوانه‌زنی بذر ۹۴ توده بذری سویا و نتایج مزرعه‌ای همان توده، به این نتیجه رسید که جوانه‌زنی پائین سبب میزان سبز ضعیف و کاهش درصد گیاهچه‌های تولید شده در مزرعه می‌گردد. وی بیان کرد که وجود همبستگی خوب بین میزان جوانه‌زنی و سبز شدن در مزرعه بویژه در شرایط ایده‌آل خاک، این موضوع را تأیید نمود. رابرتز (Roberts, 1984) بیان نمود که محدودیت عمده و اساسی آزمون جوانه‌زنی برای ارزیابی پتانسیل ظهور گیاهچه توده‌های بذری، به ناتوانی آن در تشخیص اختلاف کیفی موجود بین توده‌های بذری با میزان جوانه‌زنی بالا ارتباط دارد. الیس و رابرت (Elis & Roberts, 1980) عنوان کردند که منحنی بقای بذر از توزیع نرمال تبعیت می‌کند، لذا وجود میزان اختلاف جزئی در درصد جوانه‌زنی در شرایط پیری و زوال بذر در توده بذر در حال توسعه و پیشرفت، سبب بروز اختلافات زیاد در

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین، باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، دانشیار پژوهش مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی استان گلستان و استادیار پژوهش مؤسسهٔ تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کرج
(*- نویسنده مسئول: E-mail: hamedhadi9@yahoo.com)

تشخیص توده‌های بذری شده است. همچنین همپتون و کولبیر (Hampton & Coolbear, 1990) نیز عنوان کردند که اجرای آزمونی با قدرت تفکیک و تمایز دقیق‌تر مابین قوه زیست و قدرت بذر برای تعیین پتانسیل سبز کردن مزرعه‌ای لازم است.

قدرت بذر مجموع خصوصیاتی در بذر می‌باد که سطح بالقوه فعالیت و کارآیی بذر یا توده آن را به هنگام جوانه‌زنی و سبز شدن تعیین می‌نمایند (Hampton & TeKrony, 1995). *آزوسپیریلوم* به ذخیره پرولین در گیاه ذرت (*Zea mays* L.) قرار گرفته در معرض تنش آب کمک کرد یعنی نقشی همچون محافظ اسمزی را ایفا نمود (Casanovas et al., 2002). پانت و باشان (Puente & Bashan, 1993) نیز تأثیر تلقیح بذرهای یک گونه کاکتوس (*Mammillaria Haw* L.) با باکتری *آزوسپیریلوم برازیلینس* را بر افزایش ظهور و بقای گیاهچه نشان دادند. رامورسی (Ramamoorthy, 2000) نشان دادند که تیمار بذر برنج (*Oriza sativa* L.) با *آزوسپیریلوم*، فعالیت آمیلاز را در طی جوانه‌زنی زیاد کرد، آنها همچنین بیان کردند که تراوش جیبرلین‌ها توسط این باکتری ممکن است دلیل این افزایش و هیدرولیزهای بعدی باشد که منجر به افزایش بنیه گیاهچه مشتمل بر سرعت جوانه‌زنی و طول گیاهچه و وزن خشک شده است. در تحقیقی تلقیح یک سویه *آزوسپیریلوم* به طور معنی‌داری ارتفاع گیاه و تعداد برگ‌های هر بوته را در گل پوششی رعنا زیبا (*Gaillardia aristata* L.) نسبت به شاهد افزایش داد (Gadagi Ravi et al., 2004).

گیاه در طول دوران رشد خود مواد غذایی مورد نیاز رشد را کسب می‌کند و این مواد را به اندام‌های هدف گیاه یعنی دانه‌ها منتقل می‌کند در صورتی‌که در دوران رشد گیاه میزان مواد غذایی اکتسابی توسط تنش کم‌آبی کم شود از میزان اندوخته دانه‌ها کاسته شده و همچنین ممکن است با تأثیر بر مکانیسم‌های فیزیولوژیک بذر، کیفیت آن را کاهش دهد. از طرف دیگر، باکتری‌ها به ویژه باکتری *آزوسپیریلوم* با توجه به اینکه توانایی که در تطبیق با شرایط را دارد و همچنین بواسطه موادی که شامل هورمون‌ها، ویتامین‌ها، محلول کردن اجزای غیرقابل جذب خاک با تأثیر بر مکانیسم‌هایی که بر افزایش کیفیت بذر موثرند، لذا استفاده از این باکتری‌ها با توجه به این هدف که بتواند تأثیر تنش کم‌آبی را کاهشی دهد و میزان ظهور گیاهچه بذرهای شرایط تنش کم‌آبی را در مقایسه با شاهد افزایش دهد. بنابراین این آزمایش با هدف بررسی اثر تلقیح با *آزوسپیریلوم لیپوفروم* بر ویژگی‌های گیاهچه‌های بذری حاصل از شرایط کم‌آبی ارقام آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی ویژگی‌های گیاهچه بذرهای حاصل از شرایط تنش کم‌آبی ارقام آفتابگردان در تلقیح با *آزوسپیریلوم لیپوفروم* آزمایشی در مزرعه آموزشی پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن در سال زراعی ۶۸-۱۳۸۵ اجرا گردید. تیمارها شامل تنش کم آبی (بذرهای تولید شده در شرایط آبیاری گیاهان مادری پس از مقادیر ۶۰ (آبیاری مطلوب)، ۱۲۰ (تنش متوسط) و ۱۸۰ (تنش شدید) میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A)، رقم (لاکومکا[1]، مستر[2]، فوریت[3]، سور[4] و آرماویرسکی[5] و باکتری (*Azospirillum lipoferum* و شاهد) بود. در مزرعه گیاهان مادری میزان آب در هر آبیاری ۳۴۰/۱ متر مکعب در هکتار و میزان کل آبیاری در هر سه آزمایش ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به ترتیب برابر ۵۴۴۲، ۳۰۶۱ و ۲۳۸۱ مترمکعب در هکتار بود. این میزان آبیاری براساس آزمایش‌های انجام شده در بخش دانه‌های روغنی مؤسسه اصلاح و تهیه بذر و نهال در نظر گرفته شد (Daneshian et al., 2009). بذرهای بدست آمده از آزمایش مزرعه‌ای، در آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کرج برای بررسی قوه زیست و استفاده در معادله (۴) مورد بررسی قرار گرفت. بذرها قبل از کاشت با مایه تلقیح مایع و خالص باکتری *آزوسپیریلوم لیپوفروم* مایه تلقیح در آزمایشگاه و مزرعه که در هر میلی‌لیتر حاوی $۳/۸\times۱۰^{۷}$ سلول زنده و فعال بود تلقیح شدند. پس از تلقیح بذر تعداد جمعیت زنده باکتری روی بذر حدود $۱۰^{۴}$ بود. شمارش جمعیت زنده باکتری به روش پلیت کانت[6] بر روی محیط کشت آرسی[7]، در بخش خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. در آزمایشگاه، بذرها لابلای کاغذ جوانه‌زنی کشت و به مدت ۱۰ روز در دمای ۳۰-۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. تعداد بذرهای جوانه‌زده روزانه ثبت گردید. در پایان، تعداد گیاهچه‌های عادی، غیرعادی، بذر پوسیده تعیین و میزان گیاهچه‌های عادی به عنوان قوه نامیه منظور گردید (Anonymus, 2008). با توجه به حجم اطلاعات و صفات مورد بررسی در این پژوهش، نتیجه قوه زیست بذر به صورت گروه-بندی شده ارائه گردید و مقدار عددی وزن بذر و درصد جوانه‌زنی جهت مقایسه آورده شد. در نهایت باید توانایی ظهور گیاهچه بذرها در مزرعه ارزیابی گردد. به دلیل استفاده از باکتری، آزمایش در مزرعه به صورت اسپلیت فاکتوریل اجرا شد که عامل باکتری در کرت اصلی قرار گرفت و بذر حاصل از شرایط تنش کم‌آبی و رقم به صورت فاکتوریل در آن واقع شد. برای آبیاری دو نهر جهت ورود و خروج آب

1- Lakomka
2- Master
3- Favorit
4- Sour
5- Armavirski
6- Plate count
7- RC

از مزرعه تعبیه گردید. در مزرعه هر واحد آزمایشی از چهار خط کاشت به فاصله ۶۰ سانتی‌متر و فاصله گیاهان روی ردیف ۲۲ سانتی‌متر بود. طول خط کاشت ۲/۵ متر بود و در هر کپه سه بذر قرار داده شد. بنابراین در هر کرت ۱۴۴ بذر قرار داده شد و روزانه تعداد گیاهچه‌های ظاهر شده یادداشت و در نهایت به صورت درصد بیان شد. تعداد گیاهچه‌های ظاهر شده تا ۱۵ روز پس از کاشت یادداشت گردیدند. سپس درصد ظهور اولیه گیاهچه‌ها (شش روز پس از کاشت)، درصد ظهور نهایی گیاهچه‌ها (۱۵ روز پس از کاشت)، زمان لازم برای ظهور ۵۰ درصد گیاهچه‌ها و زمان لازم برای حداکثر ظهور گیاهچه‌ها (برحسب تعداد روز از زمان کاشت) تعیین شدند. متوسط زمان ظهور گیاهچه‌ها[1] (روز) با استفاده از معادله (۱) تعیین شد (Orchard, 1977):

معادله (۱) $$MET = \frac{\sum fx_i}{F}$$

در این معادله، fx_i: تعداد گیاهچه‌های ظاهر شده در میانه دوره ظهور گیاهچه‌ها، x: (روز هفتم) و F: حداکثر تعداد گیاهچه‌های ظاهر شده در این دوره هستند. همچنین، سرعت ظهور گیاهچه‌ها در مزرعه[2] (گیاهچه در روز) با در نظر گرفتن تاریخ نخستین آبیاری به عنوان تاریخ کاشت و با استفاده از معادله (۲) تعیین گردید:

معادله (۲) $$FER = \frac{FFE}{D}$$

در این معادله، FFE: ظهور نهایی گیاهچه (درصد) و D: تعداد روز از کاشت تا پایان یادداشت برداری می‌باشد. سرعت ظهور تجمعی[3] گیاهچه‌ها در مزرعه نیز با استفاده از معادله (۳) مشخص گردید (Orchard, 1977):

معادله (۳) $$CER = \frac{F_1}{D} + ... + \frac{F_i}{D}$$

در این معادله، F: تعداد گیاهچه‌های شمارش شده و D: تعداد روز تا شمارش نخست می‌باشد. شاخص ظهور گیاهچه در مزرعه[4] با استفاده از معادله (۴) محاسبه گردید (Ram et al., 1989).

معادله (۴) $$FEI = \frac{F}{P} \times 100$$

در این معادله، F: ظهور نهایی گیاهچه در مزرعه و P: قوه زیست بذر[5] (درصد) می‌باشد. وزن خشک گیاهچه با قرار دادن در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد و توزین با ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۱ ± گرم تعیین گردید. سپس شاخص بنیه گیاهچه[6] با استفاده از معادله (۵) تعیین گردید (Abdul-Baki & Aderson, 1973):

معادله (۵) شاخص قدرت گیاهچه = وزن خشک گیاهچه × ظهور نهایی گیاهچه

لازم به ذکر است که برای داده‌های درصد و سرعت از تبدیل زاویه‌ای استفاده گردید. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTAT-C (Ver. 2.0) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بررسی وزن بذر به عنوان معیار ارزیابی وزن توده بذر در نظر گرفته شد و مشخص شد که وزن هر یک از ارقام با قرارگیری در شرایط کمی آب سبب اختصاص میزان مواد فتوسنتری کمتری به بذرها گردید و در نتیجه از میزان وزن آنها کاسته شد. قوه نامیه بذر حاصل از شرایط مختلف رطوبتی هر یک از ارقام در تلقیح با *آزوسپیریلوم* افزایش یافت. جوانه‌زنی بذر در شرایط تنش شدید ارقام آرماویرسکی و لاکومکا نسبت به آبیاری مطلوب کاهش یافت. ارقام مستر و فوریت تفاوتی نداشتند و در رقم سور به میزان کمی افزایش یافت. در رقم فوریت وزن بذر در شرایط تنش متوسط و شدید ۲۰ و ۳۵ درصد کاهش یافت، ولی جوانه‌زنی در شرایط تنش شدید تغییری نکرد (جدول ۱). ظهور گیاهچه از خاک علاوه بر اینکه به میزان قوه زیست بذر بستگی دارد، تحت تأثیر وضعیت خاک و عملیات آگروتکنیکی نیز قرار می‌گیرد، به طوری که حتی اگر بذری قوه نامیه بالایی داشته باشد، ولی بستر بذر خوب تهیه نشده باشد با توجه به اینکه الگوی جوانه‌زنی آفتابگردان برون خاک[7] می‌باشد، شاهد ظهور گیاهچه کمتری خواهیم بود. تلقیح بذر حاصل از شرایط آبیاری مطلوب رقم آرماویرسکی و بذر حاصل از شرایط تنش متوسط رقم مستر با *آزوسپیریلوم* سبب ظهور گیاهچه بیشتری گردید و بررسی مقادیر قوه نامیه نشان داد که بذرهای با ظهور گیاهچه بیشتر از خاک قوه نامیه بالاتری نیز داشتند (جدول ۲).

نتایج نشان داد که در بین تیمارها، تیمار عدم تلقیح بذرهای حاصل از شرایط تنش متوسط رقم آرماویرسکی با مقدار ۲۵ درصد از بیشترین میزان ظهور اولیه گیاهچه را داشت که نسبت به شرایط آبیاری مطلوب و تنش شدید به میزان قابل توجهی برتری نشان داد (جدول ۳).

1- Mean emergence time
2- Field emergence rate
3- Cumulative emergence rate
4- Field emergence index
5- Seed viability
6- Seedling vigor index
7- Epigeal

جدول ۱- میانگین وزن هزار بذر و میزان جوانه‌زنی هر یک از ارقام آفتابگردان در شرایط مختلف آبیاری

Table 1- Germination percentage and 1000 seed weight each sunflower cultivar under different irrigation condition

تنش کم آبی (میلی‌متر) Water deficit stress		جوانه‌زنی Germination (%)						وزن بذر Seed weight				
	رقم cultivar	آرماویرسکی Armavirsky	سور Sour	فوریت Favorit	مستر Master	لاکومکا Lakomka		آرماویرسکی Armavirsky	سور Sour	فوریت Favorit	مستر Master	لاکومکا Lakomka
آبیاری مطلوب	۶۰	97.8	94.4	100.0	98.9	100.0		64.2	77.0	60.9	73.3	85.4
تنش متوسط	۱۲۰	100.0	97.8	97.8	98.9	93.3		57.5	53.1	48.9	57.8	68.0
تنش شدید	۱۸۰	92.2	98.9	100.0	98.9	96.7		45.5	43.9	39.8	58.8	52.4
میانگین		96.7	97.0	99.3	98.9	96.7		58.4	58.0	49.9	63.3	68.6

در عین حال، با توجه به اینکه در تیمار عدم تلقیح، رقم آرماویرسکی شرایط آبیاری مطلوب و تنش شدید کمترین میزان ظهور اولیه را داشت، تلقیح با *آزوسپیریلوم* باعث بهبود افزایش ظهور اولیه گیاهچه نسبت به عدم تلقیح گردید (جدول ۳). باراسی و همکاران (Barassi et al., 2006) گزارش کردند که بذر کاهو (*Lactuca sativa* L.) تلقیح شده با *آزوسپیریلوم* به طور معنی‌داری درصد جوانه‌زنی بالاتری نسبت به تیمار شاهد داشتند. به طور کلی تلقیح با باکتری تحریک کننده رشد گیاه می‌تواند جوانه‌زنی، ظهور گیاهچه و رشد و عملکرد غلات گوناگون و محصولات غیرغله‌ای را افزایش دهد (Zahir et al., 2004). بیشترین میزان ظهور گیاهچه را تیمار تلقیح با *آزوسپیریلوم* بذر شرایط آبیاری مطلوب رقم آرماویرسکی با مقدار ۸۰ درصد داشت و با تیمار تلقیح با *آزوسپیریلوم* بذرهای شرایط تنش متوسط رقم مستر در گروه آماری مشابهی قرار گرفت. بذرهای حاصل از شرایط تنش متوسط و شدید به ترتیب ۱۲ و ۳۹ ظهور گیاهچه کمتری داشتند (جدول ۳).

تلقیح با باکتری سبب افزایش ظهور گیاهچه بذرهای حاصل از شرایط آبیاری مطلوب و تنش متوسط گردید در حالی‌که بذرهای حاصل از شرایط تنش شدید به تیمار تلقیح پاسخ نشان نداد (جدول ۳). کلوپر و همکاران (Kloepper et al., 1986) سویه‌هایی از باکتری‌های افزاینده رشد گیاه را یافتند که در شرایط گلخانه درون گلدان‌های حاوی محیط کشت خاکی و نیز در مزرعه، موجب افزایش ظهور گیاهچه‌های سویا (*Glycine max* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) شدند. این باکتری‌ها سرعت ظهور گیاهچه‌ها در مزرعه و استقرار بوته را افزایش دادند (Kloepper et al., 1991). بررسی‌های انجام شده روی کلزا (*Brassica napus* L.) مشخص ساخت که تحت شرایط مزرعه باکتری سرعت ظهور گیاهچه را افزایش داد. این افزایش همراه با توسعه سطح برگ گیاهچه بوده است. همچنین، محصولاتی نظیر گوجه فرنگی (*Lycopersicum esculentum* L.)، هویج (*Daucus sativus* L.)، گندم (*Triticum sativum* L.)، ذرت (*Zea mays* L.)، لوبیا سفید (*Phaseolus vulgare* L.) و یونجه (*Medicago sativa* L.) نیز نشان دادند (Kloepper et al., 1986). با توجه به اینکه متوسط زمان ظهور گیاهچه نشان‌دهنده تعداد روز مورد نیاز ظهور گیاهچه می‌باشد تیمار عدم تلقیح بذرهای حاصل از شرایط آبیاری مطلوب رقم آرماویرسکی از تعداد روزهای کمتری برخوردار بود و در شرایط تنش متوسط و شدید به ترتیب ۶۹ و ۲۳ درصد کاهش نشان داد و تلقیح با *آزوسپیریلوم* باعث افزایش تعداد روزهای ظهور گیاهچه گردید. در اکثر ارقام، تلقیح با باکتری سبب افزایش سرعت ظهور گیاهچه نسبت به تیمار عدم تلقیح گردید. تیمار بذرهای حاصل از شرایط تنش متوسط رقم مستر در تلقیح با *آزوسپیریلوم* با مقدار ۱۱۴ درصد از سرعت ظهور گیاهچه بالاتری برخوردار بود و نسبت به عدم تلقیح ۴۱ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). واسودوان و همکاران (Vasudevan et al., 2002) ظهور گیاهچه واستقرار بوته سریع‌تر برنج (*Oryza sativa* L.) در اثر کاربرد باکتری‌های افزاینده رشد گیاه را مشاهده کردند.

تیمار بذر حاصل از شرایط آبیاری مطلوب رقم آرماویرسکی در تلقیح با *آزوسپیریلوم* از بیشترین میزان شاخص ظهور گیاهچه برخوردار بود و با تیمار بذر حاصل از شرایط تنش متوسط رقم مستر در تلقیح با *آزوسپیریلوم* در گروه آماری مشابهی قرار گرفت. بذرهای حاصل از شرایط تنش متوسط رقم مستر در تلقیح با *آزوسپیریلوم* علاوه بر اینکه از ظهور گیاهچه، سرعت ظهور گیاهچه و سرعت ظهور تجمعی بالاتری برخوردار بودند، دارای توانایی شاخص ظهور گیاهچه بالاتر و همچنین استقرار بهتری نیز داشتند. تیمار تلقیح با *آزوسپیریلوم* رقم مستر حاصل از شرایط تنش متوسط و شدید با مقدار ۰/۱۱۵ گرم، بیشترین وزن خشک ساقه را در بین ترکیب‌های تیماری داشت و نسبت به شرایط آبیاری مطلوب ۳۵ درصد افزایش وزن نشان داد. وزن خشک ساقه حاصل از بذر شرایط تنش متوسط رقم مستر و تلقیح شده با *آزوسپیریلوم* با مقدار ۰/۲۸۰ گرم بیشترین مقدار را داشت. در عین حال نسبت به شرایط آبیاری مطلوب ۴۸ درصد و نسبت به عدم تلقیح ۵۸ درصد افزایش وزن را نشان داد. تیمار عدم تلقیح بذرهای حاصل از شرایط تنش شدید رقم مستر با تیمار تلقیح با *آزوسپیریلوم* بذرهای حاصل از شرایط تنش متوسط و شدید رقم مستر در گروه آماری مشابهی قرار گرفت (جدول ۳). تیمار تلقیح با *آزوسپیریلوم* بذرهای حاصل از شرایط تنش متوسط رقم مستر با توجه به اینکه از وزن خشک برگ، ساقه، دمبرگ بیشتری برخوردار بودند

سبب داشتن وزن خشک بیشتر گیاه نیز گردید و نسبت به شرایط آبیاری مطلوب و تنش شدید به ترتیب ۴۵ و ۱۶ درصد افزایش و نسبت به تیمار عدم تلقیح ۵۴ درصد افزایش یافت (جدول ۳). ملا و شمس‌الدین (Molla & Shamsuddin, 2001) اظهار داشتند ماده خشک ریشه و ماده خشک اندام‌های هوایی سویا در نتیجه تلقیح با باکتری آزوسپیریلوم به طور معنی‌داری افزایش یافت.

در بررسی که بذر آفتابگردان با *آزوسپیریلوم لیپوفروم* تلقیح شد در آزمون جوانه‌زنی افزایش معنی‌داری را روی وزن تر گیاهچه و همچنین اثر مستقیمی روی توسعه ریشه گیاهچه نشان داد (Fages & Arsac, 1991). فولچیری و همکاران (Fulchieri et al., 1993) تولید انواع اکسین، اسید جیبرلیک و اسید ایزوجیبرلیک توسط باکتری *آزوسپیریلوم لیپوفروم* را مسئول افزایش قابل ملاحظه رشد و نمو ذرت دانستند. در تحقیقی تلقیح یک سویه *آزوسپیریلوم* به طور معنی‌داری ارتفاع گیاه، تعداد برگ‌های هر بوته و انشعابات هر بوته را در گل رعنا نسبت به شاهد افزایش داد (Gadagi et al., 2004). بیشترین میزان بنیه از بذرهای حاصل از شرایط تنش متوسط رقم مستر در تلقیح با *آزوسپیریلوم لیپوفروم* بدست آمد. بنابراین، مشخص شد که بذرهایی که قوه نامیه بالاتری داشتند، ظهور گیاهچه بهتری نیز از خاک دارند. آزوسپیریلوم زمان ظهور گیاهچه، بنیه گیاهچه، وزن خشک را نسبت به عدم تلقیح افزایش داد. ظهور اولیه گیاهچه بذر شرایط تنش متوسط بیش از شرایط آبیاری مطلوب بود. ظهور نهایی، سرعت ظهور، شاخص ظهور، وزن خشک و بنیه گیاهچه بذرهای حاصل از شرایط تنش شدید نسبت به آبیاری مطلوب کاهش یافت. کاربرد باکتری ظهور گیاهچه بذرهای شرایط تنش متوسط را افزایش داد. با تلقیح بذرهای شرایط تنش کم‌آبی با آزوسپیریلوم، ویژگی‌های گیاهچه افزایش یافت.

جدول ۲ – میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی و باکتری بر قوه نامیه بذر آفتابگردان

Table 2- mean square of interaction effect of water deficit and bacteria on seed viability of sunflower

آرماویرسکی Armavirsky			سور Sour			فوریت Favorit			مستر Master			لاکومکا Lakomka			تنش کم‌آبی (میلی‌متر) Water deficit stress	تلقیح با باکتری Inoculation with bacteria
180	120	60	180	120	60	180	120	60	180	120	60	180	120	60		
82 abc	65 de	80 a-d	56 e	3 g	2 g	79 a-d	87 ab	86 ab	39 f	74 bcd	82 abc	78 a-d	85 ab	68 cde*		Control شاهد
92 a	89 ab	91 ab	83 abc	82 abc	84 ab	83 abc	90 ab	90 ab	82 abc	89 ab	92 a	92 a	92 a	86ab		*Azospirillum* آزوسپیریلوم

*در هر رقم سطوح تیماری که دارای حداقل یک حروف مشابه هستند با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد در گروه آماری مشابهی قرار دارند.

*Means in each cultivar followed by similar letter are not significantly different at 5% probability level, using DMRT test.

جدول ۳ - میانگین اثر متقابل باکتری× تنش کم آبی×رقم بر میزان ظهور و ویژگی‌های گیاهچه آفتابگردان

Table 3- Interaction effect of bacteria, water deficit stress and cultivar on seedling characteristics

تلقیح با باکتری Inoculation with bacteria	تنش کم آبی Water deficit stress	رقم Cultivar	سرعت ظهور گیاهچه تجمعی (گیاهچه) Cumulative seedling emergence rate	سرعت ظهور گیاهچه (گیاهچه در روز) Seedling emergence rate (seedling in day)	متوسط زمان ظهور گیاهچه (روز) Mean seedling emergence (d)	ظهور نهایی گیاهچه (درصد) Final seedling emergence (%)	ظهور اولیه گیاهچه (درصد) Primary seedling emergence (%)
شاهد Control	آبیاری مطلوب Normal irrigation 60	لاکومکا Lakomka	65.59 hi*	7.80 ef	16.47 m	54.00 mn	7.671 i
		مستر Master	83.67 ef	8.67 cd	19.10 i	62.67 gh	9.67 jk
		فوریت Favarit	100.9 bc	10.20 b	24.00 fgh	64.67 fg	18.00 b
		سور Sour	102.10 b	9.00 cd	23.40 ghi	62.67 gh	16.00 cde
		آرماویرسکی Armavirsky	32.65 m	3.77 k	8.37 p	26.00 q	3.00 o
	تنش متوسط Mild stress 120	لاکومکا Lakomka	67.35 h	8.47 cde	14.73 n	59.00 ijk	8.67 jkl
		مستر Master	67.25 h	8.50 cde	12.67 o	59.00 ijk	10.00 j
		فوریت Favarit	78.19 fg	6.57 hi	18.57 i	45.33 o	15.00 d-g
		سور Sour	102.10 b	8.80 cd	22.87 hi	61.33 hi	16.67 bcd
		آرماویرسکی Armavirsky	98.58 bc	9.97 b	27.20 c	68.00 de	25.00 a
	تنش شدید Severe stress 180	لاکومکا Lakomka	67.17 h	8.27 def	18.60 i	58.67 i-l	12.67 hi
		مستر Master	93.75 cd	8.97 cd	24.3 efg	59.67 hij	14.00 fgh
		فوریت Favarit	99.25 bc	10.27 b	21.27 jk	66.00 ef	15.67 c-f
		سور Sour	85.51 ef	7.67 fg	20.67 k	51.67 n	13.33 ghi
		آرماویرسکی Armavirsky	49.88 kl	6.20 ij	12.40 o	41.00 p	3.00 o
آزوسپیریلوم *Azospirillum*	آبیاری مطلوب Normal irrigation 60	لاکومکا Lakomka	88.3 de	10.20 b	23.40 ghi	70.00 cd	18.00 b
		مستر Master	87.08 de	10.17 b	18.10 i	69.67 cd	6.00 m
		فوریت Favarit	112.90 a	11.20 a	30.47 a	74.33 b	12.00 i
		سور Sour	59.20 ij	7.07 gh	16.17 m	48.00 o	5.67 mn
		آرماویرسکی Armavirsky	112.50 a	11.37 a	26.17 cd	80.00 a	5.33 mn
	تنش متوسط Mild stress 120	لاکومکا Lakomka	96.00 bc	8.40 de	25.50 de	59.00 ijk	14.00 fgh
		مستر Master	114.00 a	11.37 a	25.50 de	79.00 a	18.00 b
		فوریت Favarit	70.28 h	8.97 cd	18.80 i	55.33 lm	14.67 efg
		سور Sour	66.96 h	8.40 de	16.27 m	58.33 i-l	9.67 jk
		آرماویرسکی Armavirsky	112.30 a	10.50 b	28.50 b	71.67 bc	18.00 b
	تنش شدید Severe stress 180	لاکومکا Lakomka	71.67 gh	8.77 cd	25.20 def	61.00 hij	17.33 bc
		مستر Master	81.59 ef	6.90 h	22.57 i	56.00 klm	14.67 efg
		فوریت Favarit	46.28 i	5.70 j	11.57	41.00 p	4.00 no
		سور Sour	56.05 jk	5.97 ij	14.77 n	41.33 p	8.00 kl
		آرماویرسکی Armavirsky	97.01 bc	9.20 c	22.37 ij	57.67 ijk	15.33 def

* Means in each column and treatment followed by similar letter are not significantly different at 5% probability level, using DMRT test.

*در هر ستون سطوح تیماری که دارای حداقل یک حروف مشابه هستند با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد در گروه آماری مشابهی قرار دارند.

ادامه جدول ۳
Continue of table 3

تلقیح با باکتری Inoculation with bacteria	تنش کم آبی Water deficit stress	رقم Cultivar	شاخص ظهور گیاهچه Seedling emergence index	وزن خشک ساقه (گرم) Stem dry weight (g)	وزن خشک برگ (گرم) Lead dry weight (g)	وزن خشک دمبرگ (گرم) Petiole dry weight (g)	وزن خشک گیاهچه (گرم) Seedling dry weight (g)	شاخص بنیه گیاهچه Seedling vigor index
شاهد Control	آبیاری مطلوب Normal irrigation 60	لاکومکا Lakomka	54.11 k*	0.105 abc	0.220 cd	0.021 def	0.346 bc	17600 de
		مستر Master	66.41 efg	0.085 e-h	0.155 h-l	0.014 jkl	0.254 g-k	15040 e-h
		فوریت Favarit	67.72 def	0.083 fgh	0.162 h-k	0.018 gh	0.262 g-j	15830 d-g
		سور Sour	62.67 gh	0.103 bcd	0.168 g-j	0.023 cd	0.293 efg	16940 def
		آرماویرسکی Armavirsky	26.63 n	0.050 jk	0.150 h-n	0.011 m	0.211 l-p	5206 o
	تنش متوسط Mild stress 120	لاکومکا Lakomka	59.45 hi	0.055 ijk	0.138 j-o	0.011 m	0.204 m-p	11330 ijk
		مستر Master	60.38 hi	0.063 i	0.118 nop	0.015 jkl	0.195 n-q	10660 jkl
		فوریت Favarit	45.32 i	0.056 ij	0.156 h-l	0.006 n	0.218 k-o	9592 klm
		سور Sour	65.56 fg	0.044 kl	0.114 op	0.007 n	0.165 qr	9643 klm
		آرماویرسکی Armavirsky	69.69 c-f	0.082 fgh	0.130 k-o	0.027 b	0.239 i-m	14460 fgh
	تنش شدید Severe stress 180	لاکومکا Lakomka	58.81 hij	0.050 jk	0.091 p	0.011 m	0.152 r	8301 lmn
		مستر Master	60.50 hi	0.078 gh	0.178 f-i	0.033 a	0.288 fgh	15260 efg
		فوریت Favarit	67.47 def	0.058 ij	0.130 k-o	0.023 c	0.211 l-p	12410 hij
		سور Sour	52.24 k	0.075 h	0.147 h-o	0.017 hi	0.239 i-m	11480 ijk
		آرماویرسکی Armavirsky	41.21 m	0.052 ijk	0.120 m-p	0.011 m	0.183 o-q	7087 mno
Azospirillum آزوسپیریلوم	آبیاری مطلوب Normal irrigation 60	لاکومکا Lakomka	70.72 cd	0.113 ab	0.200 def	0.019 fg	0.232 cd	21860 c
		مستر Master	70.40 cde	0.075 h	0.145 i-o	0.015 ij	0.235 j-n	15380 efg
		فوریت Favarit	75.13 b	0.089 efg	0.195 d-g	0.020 efg	0.303 def	21060 c
		سور Sour	51.91 k	0.077 gh	0.153 h-m	0.019 fg	0.249 hi	10990 jkl
		آرماویرسکی Armavirsky	83.82 a	0.093 def	0.259 ab	0.026 b	0.378 b	28220 b
	تنش متوسط Mild stress 120	لاکومکا Lakomka	59.59 hi	0.103 bcd	0.205 def	0.022 cde	0.330 cde	18140 d
		مستر Master	80.71 a	0.115 a	0.280 a	0.032 a	0.427 a	31160 a
		فوریت Favarit	55.21 jk	0.074 h	0.177 f-i	0.014 jkl	0.264 f-j	13830 ghi
		سور Sour	60.23 hi	0.055 ijk	0.148 h-n	0.013 klm	0.216 k-o	11810 ijk
		آرماویرسکی Armavirsky	73.38 bc	0.088 efg	0.238 bc	0.023 cd	0.349 bc	23380 c
	تنش شدید Severe stress 180	لاکومکا Lakomka	61.53 hi	0.095 cde	0.162 h-k	0.027 b	0.284 fgh	15620 d-g
		مستر Master	58.09 ij	0.115 a	0.210 cde	0.032 a	0.357 bc	18290 d
		فوریت Favarit	41.35 m	0.060 ij	0.165 g-j	0.016 ij	0.241 i-m	9204 k-n
		سور Sour	41.21 m	0.037 l	0.125 l-o	0.012 lm	0.174 pqr	6667 no
		آرماویرسکی Armavirsky	59.86 hi	0.078 gh	0.180 e-h	0.019 fg	0.277 f-i	14880 e-h

*در هر ستون سطوح تیماری که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد در گروه آماری مشابهی قرار دارند.

* Means in column and treatment followed by similar letter are not significantly different at 5% probability level, using DMRT test.

منابع

1- Abdul-Baki, A.A., and Aderson, J.D. 1973. Vigor determination in soybean by multiple criteria. Crop Science 13: 630-633.

2- Anonymus. 2008. Handbook for Seedling Evaluation (3rd ed). International Seed Testing Association (ISTA), Zurich, Switzerland.

3- Casanovas, E.M., Barassi, C.A., and Sueldo, R.J. 2002. *Azospirillum* inoculation mitigates water stress effects in maize seedlings. Cereal Research Communications 30: 343-350.

4- Delouche, J.C. 1973. Seed vigor in soybeans. Proceedings of the 3rd Soybean Seed Research Conference 3: 56-72.

5- Desai, B.B. 2004. Seeds Hand Book, Biology, Production, Processing and Storage (2nd ed.) Marcel Dekker, Inc., New York, USA. 787 pp.

6- Daneshian, J., Hadi, H., and Jonoubi, P. 2009. Study of quantitative and quality characteristics of soybean genotypes in deficit irrigation condition. Iranian Journal of Crop Science 11(4): 393-409. (In Persian with English Summary)
7- Elis, R.H., and Roberts, E.H. 1980. Towards a rational basis for testing seed quality. In: Seed Production (ed. P.D. Hebblethwaite), p. 605-645, Butterworths, London.
8- Fages, J., and Arsac, J.F. 1991. Sunflower inoculation with *Azospirillum* and other plant growth promoting *rhizobacteria*. Plant and Soil 137: 87-90.
9- Fulchieri, M., Lucangeli, C., and Bottini, R. 1993. Inoculation with *Azospirillum* affects growth and gibberllin status of corn seedling roots. Plant and Cell Physiology 34: 1305-1309.
10- Gadagi Ravi S., Krishnaraj, P.U., Kulkarni, J.H., and Tongmin, S. 2004. The effect of combined *Azospirillum* inoculation and nitrogen fertilizer on plant growth promotion and yield response of the blanket flower Gaillardia pulchella. Scientia Horticulturae 100: 323-332.
11- Hampton, J.G., and Coolbear, P. 1990. Seed Potential versus actual seed performance can vigor testing provide an answer? Seed Science and Technology 18: 215-228.
12- Hampton, J.G., and TeKrony, D.M. 1995. Handbook of Vigor Test Methods (3rd Ed.) International Seed Testing Association (ISTA). Zurich, Switzerland.
13- Kloepper, J.W., Scher, F.M., Labiret, E.M., and Tipping, B. 1986. Emergence Promoting *Rhizobacteria*: Descriptions and Implications for Agriculture. pp: 155-164. In: Iron, Sidrophores and Plant Disease. Ed., Swinburne, T.R., Plenume, New York.
14- Kloepper, J.W., Zablotowicz, R.M., Tipping, E.M., and Lifshitz, R. 1991. Plant Growth Promoting Mediated by Bacterial Rhizosphere Colonizers, p. 315-326. In: The rhizosphere and plant growth. Eds., Keister, D.L., and Cregan, P.B., Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
15- Molla, A.H., and Shamsuddin, Z.H. 2001. Potential for enhancement of root growth and nodulation of soybean co-inoculated with *Azospirillum* and *Bradyrhizobium* in laboratory systems. Soil Biology and Biochemistry 33: 457-463.
16- Orchard, T. 1977. Estimating the Parameters of Plant Seedling Emergence. Seed Science and Technology 5: 61-69.
17- Puente, M.E., and Bashan, Y. 1993. Effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* strains on germination and seedling growth of the giant columnar cardon cactus (*Pachycereus pringlei*). Symbiosis 15: 49-60.
18- Ram, C., Kumari, P., Singh, O., and Sardana, R.K. 1989. Relationship between seed vigor tests and field emergence in chickpea. Seed Science and Technology 17: 169-177.
19- Roberts, E.H. 1984. The control of seed quality and its relationship to crop productivity. Proceedings of the Australian Seeds Research Conference, p. 11-25.
20- Vasudevan, P., Reddy, M.S., Kavitha, S., Velusamy, P., David PaulRaj, R.S., Purushothaman, S.M., Brindha Priyadarisini, V., Bharathkumar, S., Kloepper, J.W., and Gnanamanickam, S.S. 2002. Role of biological preparations in enhancement of rice seedling growth and grain yield. Current Science 83: 1140-1143.
21- Vieira, R.D., D.M., Tekrony, and Egli, D.B. 1991. Effect of drought stress on soybean seed germination and vigor. Journal of Seed Technology 16: 12-21.
22- Zahir, A.Z., Arshad, M., and Frankenberger, W.F. 2004. Plant growth promoting *rhizobacteria* applications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy 81: 97-168.