

Bradyrhizobium japonicum

()

**Effect of drought stress and strains of *Bradyrhizobium japonicum* on grain yield
and associated characteristics in soybean (cv. Clark) in Borujerd**

تأثیر تنش خشکی و نژادهای باکتری *Bradyrhizobium japonicum* بر عملکرد دانه و

صفات وابسته به آن در سویا (رقم کلارک) در بروجرد. مجله علوم زراعی ایران. جلد هشتم، شماره ۳، صفحه: ۲۰۱-۲۱۴.

Bradyrhizobium japonicum

() (%) (%) (%)

Bradyrhizobium japonicum

()

() . ()
() () () () ()

Bradyrhizobium japonicum

تاریخ دریافت: ۸۵/۵/۲۹

- این مقاله بخشی از رساله دوره دکتری زراعت (فیزیولوژی گیاهان زراعی) نگارنده اول، دانشجوی واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی است.
۱- مریبی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد (مکاتبه کننده)
۲- استاد، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی
۳- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی صنعتی آباد، دزفول
۴- استاد، مؤسسه تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی

این عامل در کنترل ژنتیپ گیاه بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (O'Hara *et al.*, 1988; Garner, 1998). وزن دانه با توجه به ژنتیپ گیاه متغیر است و تحت تأثیر عوامل محیطی از قبیل آب مورد نیاز گیاه، تثیت نیتروژن و ... قرار می‌گیرد (Callaham and Torrey, 1978). تنش خشکی موجب کاهش وزن دانه می‌گردد که به دلیل تأثیر بر فتوسنتز جاری گیاه و مقدار مواد انتقال یافته به دانه است (Eduardo *et al.*, 1993). با کاهش رطوبت قابل استفاده گیاه در خاک، مقدار تثیت نیتروژن کاهش یافته و ماده خشک کمتری تولید می‌شود، همبستگی مثبت بین رطوبت قابل دسترس خاک و مقدار تثیت نیتروژن گزارش شده است. از طرف دیگر، همبستگی معنی‌دار بین ماده‌خشک تولید شده و عملکرد دانه وجود دارد (Ravari and Hum, 2003). نژادهای مختلفی از باکتری *Bradyrhizobium japonicum* موجود است که کارآیی متفاوتی از نظر مقدار تثیت نیتروژن دارند (Abel & Erdman, 1964). قدرت همزیستی باکتری با گیاه و نیتروژن تثیت شده تحت تأثیر عوامل مختلفی از قبیل آب، تهويه خاک، مواد غذایی موجود در خاک، درجه حرارت خاک و سایر عوامل قرار می‌گیرد (Boonkerd and Weber, 1987).

از طرف دیگر، تنش خشکی یکی از عوامل مؤثر بر تثیت نیتروژن گیاه است که به طور غیرمستقیم از طریق تأثیر بر مقدار کربوهیدرات‌تولید شده در گیاه و انتقال آن به ریشه، بر تثیت نیتروژن تأثیر می‌گذارد و در نتیجه کمبود نیتروژن در گیاه صفات مختلف از جمله عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Ravari and Hum, 2003). در برخی مناطق، زراعت سویا در دوره‌هایی از رشد با تنش خشکی مواجه می‌شود. بنابراین تعیین اثرات تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیکی این گیاه حائز اهمیت بوده و در ایران کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از اجرای این تحقیق، تعیین اثر تنش خشکی بر عملکرد

سویا یکی از محصولات روغنی و مهم‌ترین لگوم دانه‌ای جهان به شمار می‌آید. سهم سویا در تولید روغن در جهان در سال ۲۰۰۴ میلادی نزدیک به ۶۰ درصد کل تولید است، بنابراین عوامل مؤثر بر عملکرد این گیاه حائز اهمیت هستند (Anon., 2004).

تجزیه و تحلیل عملکرد، یک روش قدیمی است که مورد توجه بسیاری از متخصصان به نژادی است. اجزای عملکرد سویا شامل تعداد گیاه در مترمربع، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن دانه است (Shibles and Weber, 1989; Egli and Zhemwen, 2001). اجزای عملکرد دانه تحت تأثیر ژنتیپ، محیط و مدیریت زراعی قرار می‌گیرند و محقق را در توجیه علت کاهش یا افزایش عملکرد یاری می‌کنند و مستقل از یکدیگر نیستند به طوری که افزایش یک جزء اغلب باعث کاهش در اجزای دیگر می‌شود. در اکثر مواقع با افزایش تعداد بوته در مترمربع، تعداد غلاف در بوته کاهش می‌یابد، به هر حال تعداد دانه در مترمربع و متوسط وزن دانه، تعیین کننده عملکرد دانه سویا است (Kane and Grabu, 1993). همچنین عملکرد دانه سویا با تعداد غلاف‌های تولید کننده دانه در واحد سطح در ارتباط است و تعداد غلاف‌های تولید کننده دانه با تعداد گل‌هایی که به غلاف تبدیل می‌شوند، متناسب است. بنابراین عملکرد دانه وابسته به تعداد گل‌های تولید شده بوده و با ریزش گل یا غلاف رابطه عکس دارد (Xubao and Pantiefu, 1990). یکی از اجزای عملکرد حساس به تنش خشکی، تعداد غلاف در بوته است. با توجه به حساسیت ارقام سویا و نژاد باکتری *Bradyrhizobium* به تنش خشکی، تعداد گل‌های ریزش یافته و غلاف‌های تولید شده متفاوت است و عملکرد دانه به شدت کاهش می‌یابد همچنین عملکرد دانه همبستگی نزدیکی با شدت تنش خشکی دارد (McCallum *et al.*, 2000). تعداد دانه در غلاف، جزء مؤثر در تعیین عملکرد دانه سویا است (Garner, 1998).

$$ET_o = E_p \cdot K_p$$

که در این فرمول:

E_p . تبخیر و تعرق گیاه مرجع

K_p . تبخیر روزانه از تشت تبخیر پن

E_p . ضریب تشت تبخیر (۰/۷۵)

$$ET_c = K_c \cdot ET_o$$

ET_c . مصرف روزانه آب سویا

K_c . ضریب گیاه زراعی که مقدار آن از شکل (۱) به دست می آید.

$$AW = FC - PWP$$

AW . رطوبت قابل استفاده گیاه

FC . ظرفیت زراعی خاک

PWP . نقطه پژمردگی دائم

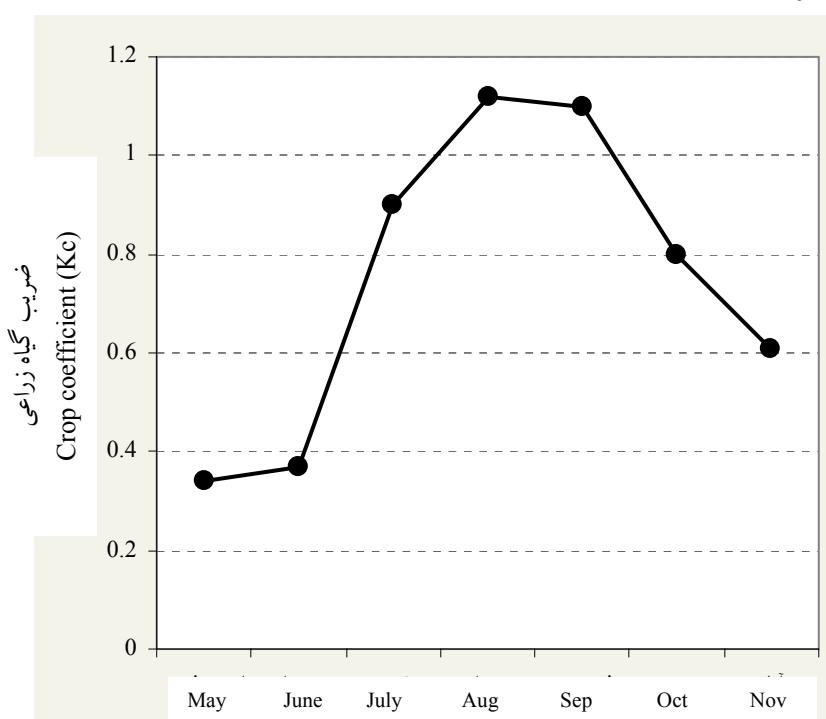
$$RAW = f \cdot AW$$

RAW . رطوبت خاک قبل از آبیاری

f . آب موجود در خاک که حداقل محصول به دست می آید، برای سویا ۷۰٪ رطوبت قابل استفاده خاک است.

دانه و اجزای آن و همچنین انتخاب نژاد باکتری *Bradyrhizobium Japonicum* مقاوم‌تر در این شرایط است.

این تحقیق به صورت کرت‌های خرد شده (اسپلیت‌پلات) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های زراعی ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بروجرد اجرا گردید. عامل اصلی آزمایش شامل آبیاری معمولی و سه سطح تنفس خشکی، تنفس ملایم (۸۵٪ نیاز آبی گیاه)، تنفس متوسط (۷۰٪ نیاز آبی گیاه)، تنفس شدید (۵۵٪ نیاز آبی گیاه) و عامل فرعی شامل سه نژاد باکتری برادی‌ریزوبیوم‌ژاپونیکوم به نام‌های هلی‌نیترو، ریزوکینگ، نیتراتین به همراه تیمار بدون تلقیح با باکتری (شاهد) بود. در این تحقیق از رقم کلارک استفاده شد. مقدار آب آبیاری و تیمارهای تنفس خشکی از طریق برآورد نیاز آبی گیاه و تشت تبخیر، بر اساس روابط زیر (Doorenbos and Pruitt, 1977) محاسبه و اجرا شد (جدول ۱).



نمودار (۱). ضریب گیاه زراعی (Kc) برای سویا

Fig. 1. Crop coefficient (K_c) of soybean

گردید. تلقیح بذر با باکتری در زمان کاشت انجام گرفت. توصیه مقدار مصرف باکتری، یک پاکت ۳۰۰ گرمی به ازای ۶۰ کیلوگرم بذر است که برای نژادهای موردنفاده، یکسان منظور گردید. تاریخ کاشت هر دو سال آزمایش ۲۰ اردیبهشت بود. تراکم گیاه ۳۳ بوته در هر مترمربع در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایش شامل پنج خط کشت به فاصله ۰/۶ متر و طول شش متر بود. کلیه مراقبت‌های زراعی به صورت یکنواخت بر کرتهای آزمایشی اعمال گردید.

$$dn = (FC - RAW)As.D / 100$$

آب مورد نیاز گیاه dn

جرم مخصوص ظاهری خاک As
D. عمق نفوذ ریشه (بر اساس نمونه‌برداری‌های صورت گرفته ۶۰ سانتی‌متر منظور شد).

$$N = dn / ETc$$

دور آبیاری N.

آبیاری کلیه تیمارها تا ۳۰ روز پس از کاشت به طور یکنواخت انجام شد، بعد از این زمان، تیمار تنفس اعمال

جدول ۱- مقدار آب مورد نیاز هر کرت آزمایشی در طول دوره رشد طی سال‌های زراعی ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳

Table 1. Water requirement per plot in 2003 and 2004 growing seasons

| Year | سال | نیاز آبی Water requirement ($m^3.ha^{-1}$) | آبیاری معمولی هر کرت ($m^3.18m^{-2}$) | تنش ملایم (۸۵٪/نیاز آبی) water requirement per plot ($m^3.18m^{-2}$) | تنش متوسط (۷۰٪/نیاز آبی) هر کرت (هر کرت) water requirement per plot ($m^3.18m^{-2}$) | تنش شدید (۵۵٪/نیاز آبی) هر کرت water requirement per plot ($m^3.18m^{-2}$) |
|------|------------|--|---|--|--|--|
| | 2003(۱۳۸۲) | 7666 | 16.55 | 14.51 | 12.46 | 10.42 |
| | 2004(۱۳۸۳) | 7734 | 17.59 | 14.95 | 12.31 | 9.68 |

دانه، تعیین گردید. تجزیه واریانس صفات و مقایسه میانگین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و وزن صد دانه انجام گرفت. اثرات تنش خشکی، نژادهای مختلف باکتری برادی‌ریزوپیوم ژاپونیکوم و اثر متقابل آنها ارزیابی شد.

نتایج تجزیه مرکب عملکرد دانه و صفات مربوط به آن تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و نژادهای باکتری برادی‌ریزوپیوم ژاپونیکوم، در جدول (۲) نشان داده شده است. اثر سال و اثر متقابل تیمارهای آبیاری در سال، اثر متقابل نژاد باکتری در سال و اثر متقابل تیمارهای آبیاری در نژاد باکتری در سال برای کلیه صفات معنی‌دار نشد، که دلیل آن یکسان بودن تقریبی شرایط محیطی و زراعی در دو سال آزمایش بود. اثر تیمارهای آبیاری، اثر

در زمان رسیدگی محصول، خط وسط هر کرت با حذف حواشی در سطح یک مترمربع از سطح خاک قطع شد. پس از جدا کردن دانه‌ها از کل محصول، وزن دانه و کاه و کلش تعیین و عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت از روابط مربوطه محاسبه گردیدند:

$$\text{عملکرد دانه} = (\text{وزن دانه} \times 10000) / \text{سطح برداشت}$$

$$\text{عملکرد کاه و کلش} = (\text{وزن کاه و کلش} \times 10000) / \text{سطح برداشت}$$

$$\begin{aligned} \text{عملکرد بیولوژیک} &= \text{عملکرد دانه} + \text{عملکرد کاه و کلش} \\ \text{شاخص برداشت} &= (\text{عملکرد دانه} / \text{عملکرد بیولوژیک}) \times 100 \end{aligned}$$

به منظور تعیین اجزای عملکرد دانه، در زمان رسیدگی محصول، پنج بوته برداشت و تعداد غلاف در هر بوته، متوسط تعداد دانه در غلاف و وزن متوسط صد

(۳، ۴ و ۵) نشان داده شده است. در شرایط تیمارهای آبیاری با افزایش شدت تنفس، تمام صفات کاهش معنی داری را نشان دادند.

نژادهای باکتری و اثر متقابل تیمارهای آبیاری و نژادهای باکتری برای کلیه صفات در سطح احتمال ۱٪ معنی دار گردید. مقایسه میانگین های صفات مختلف در جداول

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه و صفات وابسته به آن

Table 2. Combined analysis of variance for grain yield and associated characteristics

| S. O. V. | متایغ تغییرات | درجه آزادی | df | میانگین مربعات | | | |
|---------------------------|----------------------------|------------|-------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------|-----------------------------|
| | | | | عملکرد دانه | عملکرد بیولوژیک | شاخص برداشت | وزن صد دانه |
| | | | | Grain yield (g.m ⁻²) | Biological yield (g.m ⁻²) | Harvest index (%) | Hundred grain weight (g) |
| Year (Y) | سال | 1 | 4057686.2 ^{ns} | 473016.4 ^{ns} | 4.22 ^{ns} | 105160.95 ^{ns} | |
| Error (E _a) | خطای آبیاری | 4 | 4875605.1 | 78673.1 | 180.45 | 71131.12 | |
| Irrigation (I) | آبیاری | 3 | 53364938.4** | 5571541.4** | 234.45** | 312925.62** | |
| Y × I | سال × آبیاری | 3 | 163309.1 ^{ns} | 46101.4 ^{ns} | 0.245 ^{ns} | 5868.75 ^{ns} | |
| Error (E _b) | خطای b | 12 | 300431.1 | 26584.8 | 31.451 | 6765.89 | |
| Strains (S) | نژاد باکتری | 3 | 2544623.1** | 271774.4** | 68.891** | 157225.21** | |
| I × S | آبیاری × نژاد باکتری | 9 | 1034880.1** | 103304.5** | 8.534** | 14754.62** | |
| Y × S | سال × نژاد باکتری | 9 | 9132.8 ^{ns} | 587.4 ^{ns} | 0.018 ^{ns} | 184.21 ^{ns} | |
| Y × I × S | سال × آبیاری × نژاد باکتری | 9 | 1024.5 ^{ns} | 1334.7 ^{ns} | 0.175 ^{ns} | 512.35 ^{ns} | |
| Error c (E _c) | خطای c | 48 | 276532.1 | 19645.4 | 3.981 | 3784.45 | |
| C.V. (%) | ضریب تغییرات (درصد) | | | 11.68 | 12.08 | 7.1 | 15.45 |

* and **: Significant at 1% and 5% levels, respectively.

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪.

ns. Non significant

ns: غیر معنی دار.

سویا در تشکیل جوانه های گل و غلاف ها بسیار بالا بود، اما دستیابی به این ظرفیت به شرایط داخلی گیاه و مخصوصاً شرایط محیطی بستگی دارد. تیمارهای آبیاری و کاربرد نژادهای مؤثر باکتری یکی از موارد تعیین کننده ای است که می تواند تغییر پذیری تعداد غلاف ها در شرایط تنفس خشکی و در نتیجه تغییرات عملکرد دانه را توجیه کند. بر اساس نتایج کولر و همکاران (Koller *et al.*, 1980) عوامل محیطی از جمله تنفس خشکی، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار می دهد که اثر آن عمده تا ب تعداد غلاف

یکی از اجزای عملکرد دانه سویا که تحت تأثیر تنفس خشکی قرار گرفت، تعداد غلاف در بوته بود. بیشترین تعداد غلاف در بوته در شرایط آبیاری معمولی به دست آمد، در تنفس خشکی و با افزایش شدت تنفس، تعداد زیادی از گل ها و غلاف ها، ریزش یافتد و تعداد غلاف تشکیل یافته در بوته کاهش یافت (جداول ۳ و ۵). تعداد غلاف در بوته با عملکرد دانه همبستگی مشت و معنی دار ($r = 0.97$) و نقش به سزایی در تعیین عملکرد دانه داشت (نمودارهای ۲ و ۳). توانایی رقم کلارک

مواد فتوستتری به اندام‌های زایشی گیاه کاهش یافته و عملکرد دانه کاهش محسوسی نشان می‌دهد (Jain, 1986).

در بوته، گزارش شده است. با افزایش شدت تنفس خشکی، ارقام سویا دارای سازگاری متفاوتی هستند، در شرایط مذکور با ریزش گل‌ها و غلاف‌ها، قدرت انتقال

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه و صفات وابسته به آن در سطوح مختلف آبیاری

Table 3. Mean comparison of grain yield and associated characteristics under irrigation treatments

| Irrigation | آبیاری | عملکرد بیولوژیک Biological yield (g.m ⁻²) | عملکرد دانه Grain yield (g.m ⁻²) | شاخص برداشت Harvest index (%) | وزن صد دانه Hundred grain weight (g) |
|-----------------|-------------|---|--|-------------------------------------|--|
| Full irrigation | آبیاری کامل | 810 a | 389 a | 48 a | 10.4 a |
| Mild stress | تنش ملایم | 761 b | 368 b | 48 a | 9.5 ab |
| Moderate stress | تنش متوسط | 742 c | 295 c | 40 b | 8.5 bc |
| Severe stress | تنش شدید | 630 d | 223 d | 35 c | 7.6 cd |

میانگین‌های دارای حرف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column, with similar letters are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan Multiple Range Test.

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد دانه و صفات وابسته به آن تحت تاثیر نژادهای باکتری

Table 4. Mean comparison of grain yield and associated characteristics with strains of bacterium treatments

| Strains of bacterium | نژاد باکتری | عملکرد بیولوژیک Biological yield (g.m ⁻²) | عملکرد دانه Grain yield (g.m ⁻²) | شاخص برداشت Harvest index (%) | وزن صد دانه Hundred grain weight (g) |
|----------------------|-------------|---|--|-------------------------------------|--|
| Helinitro | هلی‌نیترو | 830 a | 375 a | 43 b | 10.7 a |
| Rizoking | ریزوکینگ | 780 b | 366 ab | 47 a | 9.7 b |
| Nitragin | نیترازین | 742 c | 317 c | 42 bc | 8.7 c |
| Control | بدون باکتری | 646 d | 216 d | 33 c | 7.8 d |

میانگین‌های دارای حرف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column, with similar letters are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan Multiple Range Test.

تحقیق، تعداد دانه در غلاف با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار (۰/۸۹ = r) داشت (نمودارهای ۲ و ۳)، با توجه به همبستگی مثبت تعداد دانه در مترمربع با عملکرد دانه و اینکه تعداد دانه در مترمربع برآیندی از تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف است، بنابراین تغییرات عملکرد دانه را نسبت به تعداد دانه در غلاف می‌توان توجیه کرد. تنش خشکی در اوایل گل‌دهی سبب اندکی کاهش در تعداد غلاف در بوته می‌گردد، زیرا گل‌دهی در ارقام سویا با رشد نامحدود

تعداد دانه در غلاف یکی دیگر از اجرای عملکرد دانه سویا است. این جزء از عملکرد دانه نسبت به سایر اجزا یعنی تعداد غلاف در بوته و وزن دانه، نسبت به تنش خشکی و کاربرد نژادهای باکتری از ثبات بیشتری برخوردار بود (جداوی ۳، ۴ و ۵) و بنابراین عمدتاً تحت کنترل ژنتیک گیاه بود و کمتر تحت تاثیر عوامل محیطی قرار گرفت که دلیل آن را می‌توان ثابت بودن تعداد تخمک‌های موجود در غلاف، ذکر کرد. در این

جدول ۵- میانگین عملکرد دانه و صفات وابسته به آن در اثر مقابل تیمارهای مختلف آبیاری و نژادهای باکتری

Table 5. Mean comparison of grain yield and associated characteristics in irrigation × strains of bacterium treatments

| | Treatment | تیمار | عملکرد بیولوژیک yield (g.m ⁻²) | عملکرد دانه (g.m ⁻²) | شاخص برداشت (%) | وزن صد دانه Hundred grain weight (g) |
|----------------------------------|-----------|-------------|---|-------------------------------------|--------------------|---|
| آبیاری معمولی Full irrigation | Helinitro | هلي نيترو | 870 a | 458 a | 52 a | 11.5 a |
| | Rizoking | ريزو كينگ | 853 b | 433 b | 50 b | 11.2 b |
| | Nitragin | نيترازين | 848 c | 392 c | 47 c | 11.1 b |
| | Control | بدون باکتری | 770 d | 273d | 32 d | 11.1 b |
| تنش ملایم Mild stress | Helinitro | هلي نيترو | 822 b | 423 b | 51 b | 10.1 a |
| | Rizoking | ريزو كينگ | 830 a | 428 a | 52 a | 10.0 a |
| | Nitragin | نيترازين | 795 c | 355 c | 43 c | 10.2 a |
| | Control | بدون باکتری | 759 d | 265 d | 34 d | 9.9 a |
| تنش متوسط Moderate stress | Helinitro | هلي نيترو | 780 ab | 339 b | 41 b | 10.0 a |
| | Rizoking | ريزو كينگ | 790 ab | 359 ab | 47 a | 9.8 ab |
| | Nitragin | نيترازين | 760 c | 294 c | 38 c | 9.5 b |
| | Control | بدون باکتری | 700 d | 187 d | 27 d | 8.1 c |
| تنش شدید Severe stress | Helinitro | هلي نيترو | 670 a | 246 b | 35 b | 9.2 a |
| | Rizoking | ريزو كينگ | 685 a | 281 a | 42 a | 8.4 b |
| | Nitragin | نيترازين | 610 b | 230 b | 35 b | 8.1 b |
| | Control | بدون باکتری | 525 c | 136 c | 26 c | 7.1 c |

میانگین های دارای حرف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column and in each group of treatments, with similar letters are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan Multiple Range Test.

: . .
تیمارهای آبیاری و نژادهای باکتری تاثیر مهمی بر وزن صد دانه سویا داشتند. با اعمال تنش خشکی وزن صد دانه نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی دار نشان داد، این کاهش با عدم کاربرد باکتری محسوس تر گردید (جدوال ۳، ۴ و ۵). به نظر می رسد در شرایط آبیاری

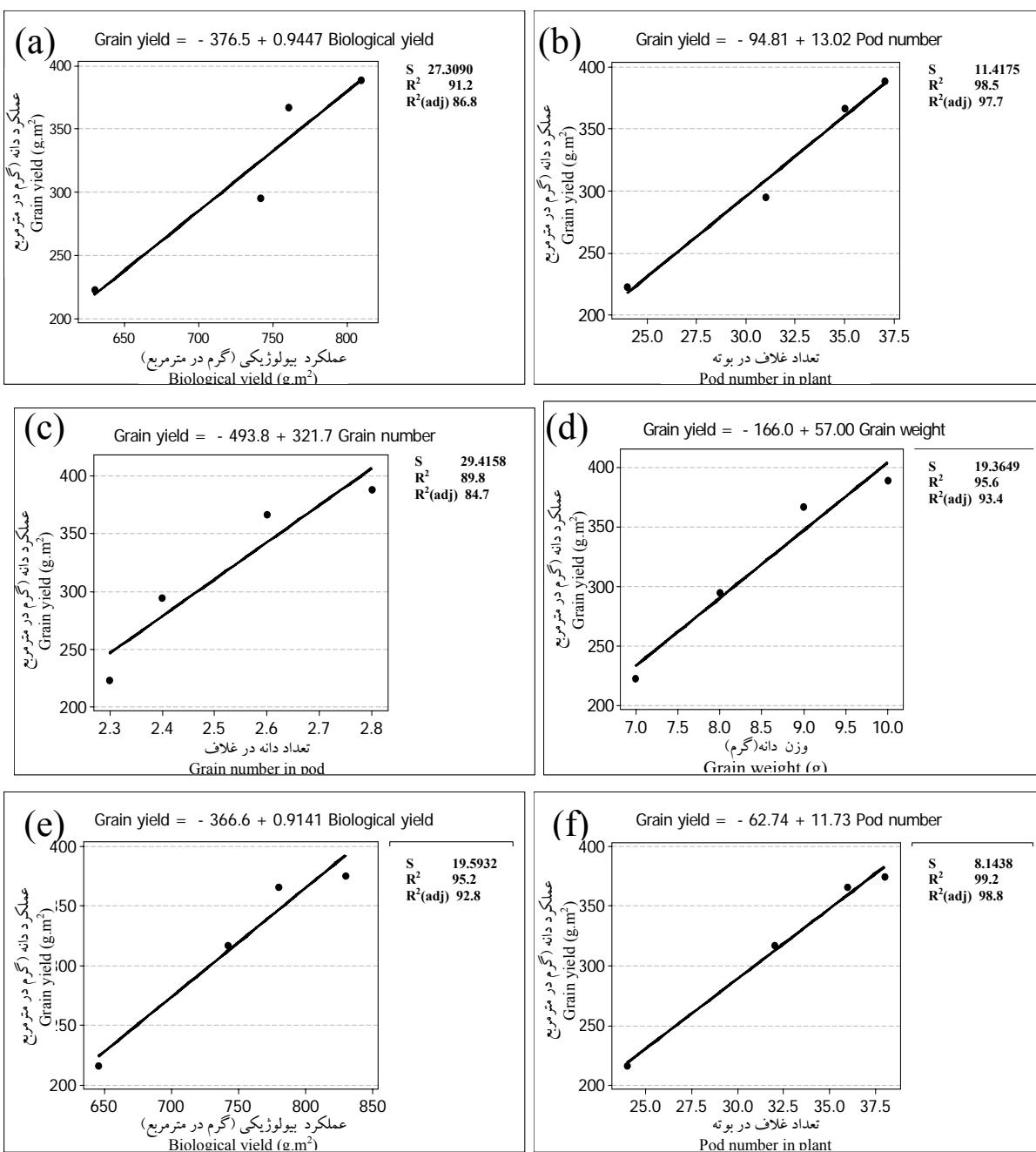
طی یک دوره طولانی انجام می شود و گیاه با تولید گل بیشتر در اواخر دوره گل دهی، خسارت کمبود آب را می تواند جبران کند، اما در صورتی که کمبود ادامه داشته باشد عملکرد دانه کاهش شدیدی نشان می دهد (Egli and Zhemwen, 2001).

کاهش یافت. نژاد ریزوکینگ تحمل بیشتری به تنش داشت و عملکرد دانه بیشتری به دست داد. نتایج این تحقیق با یافته‌های برمر و کسل (Bremer and Kessel, 1990)، که در آزمایش بر روی ارقام عده تحت تأثیر نژادهای باکتری، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه متفاوتی را گزارش دادند، مطابقت دارد. عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه ارقام سویا تحت تأثیر ژنتیپ گیاه و نژادهای ریزوویوم قرار می‌گیرد. برخی از نژادهای باکتری برای ریزوویوم دارای کارآیی بیشتری هستند و ماده‌خشک بیشتری تولید می‌گردد (حیدری شریف آباد، ۱۳۷۵).

معمولی نژاد باکتری هلی‌نیترو با افزایش تثبیت نیتروژن، تولید ماده‌خشک گیاه را افزایش داد و در نتیجه مواد فتوستزی بیشتری به دانه‌ها انتقال یافت، وزن دانه افزایش معنی‌داری نشان داد. در تیمارهای تنش خشکی کارآیی نژاد هلی‌نیترو کاسته شد و نژاد ریزوکینگ برتری یافت اما در نهایت به دلیل کاهش تولید و انتقال مواد فتوستزی به دانه‌ها، وزن صد دانه کاهش یافت. تغییرات وزن صد دانه نسبت به تغییرات عملکرد دانه کمتر بود (جدوال ۴ و ۵). از طرف دیگر کاهش وزن دانه در اثر تنش خشکی را می‌توان به ریزش زودتر برگ‌ها و کوتاه شدن دوره تشکیل و پر شدن دانه‌ها مرتبط دانست (Vasilas and Nelson, 1992).

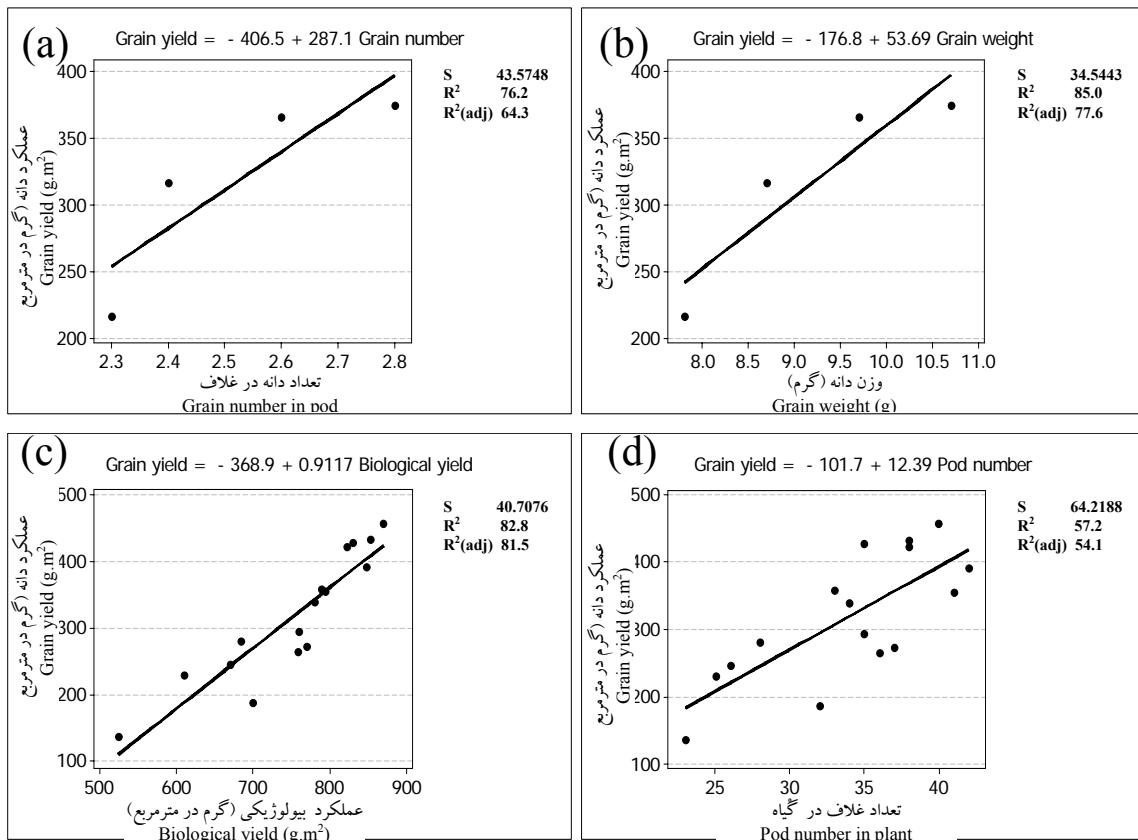
اثر ساده آبیاری و نژادهای باکتری و اثر متقابل آنها بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیک در شرایط آبیاری مناسب (۸۱۰ گرم در مترمربع) به دست آمد و با اعمال تنش خشکی از مقدار تولید ماده‌خشک گیاه کاسته شد. همچنین با استفاده از باکتری نسبت به عدم تلقیح با باکتری، گیاه ماده‌خشک بیشتری تولید کرد و نژادهای باکتری نیز در تثبیت نیتروژن و در نتیجه تولید ماده‌خشک متفاوت عمل کردند، به طوری که در شرایط آبیاری معمولی نژاد هلی‌نیترو به دلیل تثبیت بیشتر نیتروژن، سطح برگ بیشتری تولید کرد که منجر به افزایش ماده‌خشک گردید، اما نژاد هلی‌نیترو نسبت به تیمارهای خشکی حساس بود و نژاد ریزوکینگ سازگاری بهتری نسبت به شرایط تنش نشان داد و ماده‌خشک بیشتری تولید گردید، به طوری که در دو سطح تنش ملایم و متوسط نژاد ریزوکینگ با تولید ۴۲۸ گرم در مترمربع و ۳۵۹ گرم در مترمربع نسبت به نژاد هلی‌نیترو با تولید به ترتیب ۴۲۳ گرم در مترمربع و ۳۳۹ گرم در مترمربع، برتری یافت. اما در تنش شدید با توجه به کاهش تولید مواد فتوستزی و ارسال آن به ریشه به نظر می‌رسد از تثبیت نیتروژن نژادهای باکتری به

بیشترین مقدار عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمولی (۴۵۸ گرم در مترمربع) به دست آمد. تیمارهای تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه گردیدند (جدوال ۳ و نمودار ۴). با استفاده از نژادهای باکتری برای ریزوویوم ژاپونیکوم بالاترین عملکرد دانه به ترتیب از دو نژاد هلی‌نیترو (۳۷۵ گرم در مترمربع) و ریزوکینگ (۳۶۶ گرم در مترمربع) به دست آمد (جدوال ۴). در شرایط آبیاری معمولی، نژاد هلی‌نیترو با افزایش تثبیت نیتروژن، سطح فتوستزی کننده بیشتری را تولید و عملکرد بیولوژیک بالاتری را به خود اختصاص داد، با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r = 0.95$) بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، نژاد هلی‌نیترو عملکرد دانه بیشتری تولید کرد (نمودارهای ۲ و ۳). با کاربرد و افزایش شدت تنش، قدرت فعالیت و تثبیت این نژاد کاهش یافت، در این شرایط نژاد ریزوکینگ فعالیت بیشتری داشت و عملکرد دانه بیشتری را نشان داد (جدوال ۵). با توجه به نتایج به دست آمده از اثرات متقابل آبیاری و نژادهای باکتری، نژاد هلی‌نیترو در شرایط مساعد مزرعه کارآیی بیشتری داشت، ولی به نظر می‌رسد نسبت به تنش خشکی حساس بوده و فعالیت آن بر اثر تنش



نمودار ۲- رابطه بین عملکرد دانه و صفات وابسته به آن a. عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه تحت تأثیر تیمارهای آبیاری، b. عملکرد دانه و تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر تیمارهای آبیاری، c. عملکرد دانه و تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر تیمارهای آبیاری، d. عملکرد دانه و وزن دانه تحت تأثیر تیمارهای آبیاری، e. عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه تحت تأثیر نژادهای باکتری، f. عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر نژادهای باکتری)

Fig. 2. Relationships between grain yield and associated characteristics. (a. Biological & grain yield under irrigation treatments, b. Grain yield & pod number per plant under irrigation treatments, c. Grain yield & Grain number per pod under irrigation treatments, d. Grain yield & grain weight under irrigation treatments, e. Biological & grain yield under bacteria strains, f. Grain yield & pod number per plant under bacteria strains)



نمودار ۳- رابطه بین عملکرد دانه و صفات وابسته به آن. (a). عملکرد دانه و تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر نژادهای باکتری، b. عملکرد دانه و وزن دانه تحت تأثیر نژادهای باکتری، c. عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه تحت اثر متقابل تیمارهای آبیاری و نژادهای باکتری، d. عملکرد دانه و تعداد غلاف در بوته تحت اثر متقابل تیمارهای آبیاری و نژادهای باکتری

Fig. 3. Relationships between grain yield and associated characteristics. (a. Grain yield & Grain number per pod under bacteria strains, b. Grain yield & grain weight under bacteria strains, c. Biological & grain yield under interaction of irrigation & bacteria strains treatments, d. Grain yield & pod number per plant in irrigation × bacteria strains treatments)

تولید ماده خشک گیاه می‌گردد:

- ۱- با بسته شدن روزندهای گیاه فتوسنتز کاهش می‌یابد،
- ۲- با کاهش فتوسنتز جاری گیاه و انتقال آن به ریشه و گره‌های ثبیت کننده نیتروژن، ثبیت نیتروژن نیز کاهش می‌یابد که این امر کاهش تولید ماده خشک را تشدید می‌کند.

: .

تأثیر تیمارهای آبیاری و نژادهای باکتری و اثر متقابل این دو عامل بر شاخص برداشت در سطح احتمال ۰.۱٪ معنی دار گردید (جدول ۲). در تیمار آبیاری، بیشترین شاخص برداشت با آبیاری معمولی به دست آمد، که به

شدت کاسته شد، به همین دلیل تفاوتی بین کارآیی نژادهای باکتری و در نتیجه تولید ماده خشک مشاهده نگردید (جداول ۴، ۳ و ۵). در شرایط تنفس خشکی، روزندهای برگ نیمه بسته می‌شوند و این امر تبادلات گازی گیاه را محدود می‌کند و با کاهش فتوسنتز گیاه، وزن خشک گیاه نیز کاهش می‌یابد. عملکرد بیولوژیک با عملکرد دانه، همبستگی مثبت و معنی دار ($r = 0.95$) داشت و به تنها یکی در عملکرد و صفات وابسته به آن کاهش عملکرد دانه را نسبت به تنفس خشکی و نژادهای باکتری توجیه کرد (نمودارهای ۲ و ۳). نتایج به دست آمده با یافته‌های راون (Raven, 1995) مطابقت داشت. بر این اساس تنفس خشکی از دو طریق منجر به کاهش

در مقدار ثبیت نیتروژن است. عوامل محیطی در این امر نقش به سزایی دارند (Unkovich and Pate, 2000). مقدار رطوبت موجود در خاک از عوامل مؤثر بر مقدار ثبیت نیتروژن است، نقش اولیه آن در کاهش تولید اسیمیلات و انتقال آن به ریشه و نقش ثانویه، اثر مستقیم بر باکتری‌های همزیست موجود در ریشه، گزارش شده است (Peoples *et al.*, 2002). بر اساس نتایج حاصل، می‌توان استنباط کرد که واکنش نژادهای باکتری برادی‌ریزوبیوم‌ژاپونیکوم در رطوبت‌های مختلف خاک، متفاوت بوده است. برخی از نژادها از قدرت سازگاری و ثبات بیشتری برخوردار بودند، نژادهای ریزوکینگ و نیتراثین در شرایط تنفس، ثبیت نیتروژن بیشتری انجام دادند که منجر به افزایش تولید عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گردیدند. این نتایج با گزارش پیلز و همکاران (Peoples *et al.*, 1995) منطبق بود. سینگلتون و همکاران (Singleton *et al.*, 1992) بیان داشتند که بعد از سپری شدن مراحل اولیه تنفس خشکی، گیاه اسیمیلات بیشتری را به ریشه‌ها برای رشد ریشه و دستیابی به منابع جدید آب، انتقال می‌دهد. ثبیت نیتروژن بعد از کاهش اولیه، افزایش می‌یابد، اما با ادامه تنفس، از قدرت ثبیت، کاسته می‌گردد. کمبود رطوبت در مرحله رشد رویشی سویا، باعث کاهش میزان رشد و نمو گیاه می‌شود. کمبود آب در حد ۴-بار، رشد را به میزان ۲۵ درصد کاهش می‌دهد. فتوستتر در مقایسه با رشد برگ حساسیت کمتری به کمبود آب نشان می‌دهد (Bairley, 1988).

به طور کلی، تنفس خشکی در مراحل اولیه با بستن روزنه‌ها سبب کاهش میزان فتوستتر می‌گردد. کاهش انتقال مواد فتوستتری به ریشه و مخصوصاً گره‌های ثبیت کننده نیتروژن، باعث کاهش ثبیت نیتروژن می‌شود که این امر کاهش تولیدات فتوستتری گیاه را تشدید می‌کند. با توجه به رابطه مستقیم بین فتوستتر، تنفس و ثبیت نیتروژن، در این آزمایش عوارض تنفس خشکی در زمان رشد رویشی به صورت رشد کم

دلیل افزایش تولید عملکرد دانه بود، با اعمال تنفس خشکی، به دلیل ریزش گل‌ها و غلاف‌ها و همچنین کاهش وزن دانه، عملکرد دانه کاهش یافت و این کاهش نسبت به کاهش عملکرد بیولوژیکی بیشتر بود. به همین دلیل شاخص برداشت، کاهش یافت و هرچه تنفس خشکی شدیدتر گردید شاخص برداشت، کاهش بیشتری نشان داد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که نژاد هلی‌نیترو به دلیل ثبیت نیتروژن بیشتر و در نتیجه تولید ماده خشک و عملکرد دانه بالاتر، در شرایط مطلوب آبیاری بهترین شاخص برداشت دانه را داشت و نژاد ریزوکینگ با افزایش ثبیت نیتروژن در شرایط تنفس خشکی نسبت به سایر نژادهای باکتری، نیتروژن بیشتری در اختیار گیاه قرار داد و گیاه با استفاده از آن با افزایش تولید ماده خشک، عملکرد دانه بیشتری تولید کرد (جدوال ۴ و ۵). بنابراین با توجه به این که، مقدار ثبیت نیتروژن توسط نژادهای باکتری برادی‌ریزوبیوم‌ژاپونیکوم متفاوت (Bairley, 1988) و مقدار نیتروژن موجود در گیاه تأثیر مثبتی در شاخص برداشت سویا دارد (Bairley, 1988 ; Jain, 1986) عدم کاربرد باکتری (تیمار شاهد)، منجر به کاهش شاخص برداشت گیاه می‌گردد (Bremer and Kessel, 1990).

با توجه به نتایج این تحقیق، عملکرد دانه سویا تابعی از تعداد دانه در مترمربع و وزن دانه بود و تعداد دانه در مترمربع نیز برآیندی از تراکم بوته، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف بود. تغییرات عملکرد دانه سویا را می‌توان عمدهاً تحت کنترل تعداد غلاف در مترمربع دانست، که با ایجاد تغییرات عوامل گیاهی همانند ثبیت بیولوژیکی نیتروژن و عوامل محیطی از جمله تنفس خشکی، این جزء از عملکرد دانه به دلیل ریزش گل و یا غلاف به شدت کاهش می‌یابد و عملکرد دانه را متاثر می‌سازد. تعداد دانه در غلاف با ثبات ترین جزء عملکرد سویا بود، در نتیجه کاهش تعداد دانه در مترمربع، به دلیل کاهش تعداد غلاف در مترمربع حاصل گردید. قدرت همزیستی رقم سویا با نژاد باکتری از عوامل تعیین‌کننده

ثبت نیتروژن بیشتری را انجام داد و منجر به افزایش تولید عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه شد، اما در تیمارهای تنش خشکی، نژاد ریزوکینگ کارآیی بیشتری داشت. بنابراین در مناطقی که بروز تنش خشکی امکان پذیر است استفاده از این نژاد توصیه می‌شود. کاهش عملکرد دانه عمده‌تاً در کنترل تعداد غلاف در بوته است و هر عامل تاثیرگذار بر این جزء عملکرد، موجب تغییرات عملکرد دانه می‌شود.

برگ‌ها، قطر کم ساقه و کوتاهی ارتفاع بوته ظاهر گردید که با کاهش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت دانه همراه بود. نتایج حاصل با گزارش‌های برد و هور (Beard and Hoover, 1971) پیلز و همکاران (Peoples *et al.*, 1995) و هوگر و هریج (Hughes and Herridge, 2002) مطابقت داشت.

با توجه به نتایج این تحقیق، تنش خشکی موجب کاهش ثبت نیتروژن در تمام نژادهای باکتری مورد آزمایش گردید. نژاد هلی نیترو در شرایط آبیاری مناسب

References

- تأثیر سوش ریزوپیوم بر روی رشد و ثبت ازت ارقام یونجه‌های دیم. مجله پژوهش و سازندگی. ۳۰: ۷۵-۷۷.
- Anon. 2004.** Soybean. American Society of Soybean.
- Bairley, L. D. 1988.** Influence of single strains a commercial mixture of *Bradyrhizobium japonicum* on growth, nitrogen accumulation and nodulation of two early maturing soybean cultivars. Can. J. Plant Sci. 68: 411-418.
- Beard, B. H. and R. M. Hoover. 1971.** Effect of nitrogen on nodulation and yield of irrigated soybeans. Agron. J. 63: 815-816.
- Boonkerd, N. and D. F. Weber. 1987.** Influence of *Rhizobium japonicum* strains and inoculation methods on grow in rhizobia. Agron. J. 70: 547-549.
- Bremer, E. and C. V. Kessel. 1990.** Selection of *Rhizobium leguminosarum* strains for lentil under growth room and field conditions. Plant and Soil. 121: 47-56.
- Callaham, D. A. and J. G. Torrey. 1978.** Isolation and cultivation in vitro of the actinomycete causing root nodulation in competition. Crop Sci. 199: 899-902.
- Doorenbos, J. and W. O. Orluit. 1977.** Crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper. 24: 20-50.
- Eduardo, E., J. Escalante and R. W. Wilcox. 1993.** Variation in seed protein among nodes of normal and high protein soybean genotypes. Agron. J. 75: 590-595.
- Egli, B. D. and Y. Zhemwen. 2001.** Crop growth rate and seed per unit area in soybean,. Agron. J., 31: 439-442.
- Garner, E. R. 1998.** Genotypic variation of nitrogen fixation in soybean. Crop Sci. 161, 123-128.
- Hughes, R. M. and D. F. Herridge. 2002.** Effect of tillage on yield, nodulation and N₂ fixation of soybean in far north-coastal New South Wales. Aust. J. Expt. Agric. 229: 671-677.
- Jain, H. K. 1986.** Eighty years of post- Mendelian breeding for crop yield: Nature of selection pressures and future potential. Indian. J. Genet. 46: 30-53.
- Kane, M. U. and L. J. Grabu. 1993.** Early planted, early maturing soybean cropping system: growth, development and yield. Agron. J. 84: 769-779.

- Koller, H. R., W. E. Nyquist and I. S. Kourosh.** 1980. Growth analysis of soybean community. *Crop Sci.* 10: 215-218.
- McCallum, M. H., M. B. Peoples and D. J. Connor.** 2000. Contribution of nitrogen by field pea (*Pisum sativum L.*) in a continuous cropping sequence compared with lucerne (*Medicago sativa L.*). Based Pasture Ley in the Victorian Wimmera. *Aust. J. Agric. Res.* 51: 13-22.
- O'Hara, G. W., N. Boonkerd and M. J. Dilworth.** 1988. Mineral constraints to nitrogen fixation. *Plant and Soil.* 108: 93-110.
- Peoples, M. B., R. R. Gault, G. J. Scammell, B. S. Dear, J. Virgona, G. A. Sandral, J. Paul, E. C. Wolfe and J. F. Angus.** 2002. Effect of pasture management on the contributions of fixed N to the N economy of ley-farming systems. *Aust. J. Agric. Res.* 49: 459-474.
- Peoples, M. B., R. R. Gault, B. Lean, J. D. Sykes and J. Brockwell.** 1995. Nitrogen fixation by soybean in commercial irrigated crops of Central and Southern New South Wales. *Soil Biology and Biochemistry.* 27: 553-561.
- Ravari, V. and D. J. Hum.** 2003. Performance of a superior *Bradyrhizobium japonicum* and selected *Sinorhizobium ferdii* strain with soybean cultivar. *Agron. J.*, 84: 1051-1056.
- Raven, J. A.** 1995. Regulation of pH and generation of osmolarity in vascular land plant. *New Phytol.*, 101: 52-77.
- Shibles, R. M. and C. R. Weber.** 1989. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybeans planting pattern. *Crop Sci.* 6: 55-59.
- Singleton, P. W., B. B. Bohlool and P. L. Nakao.** 1992. Legume response to rhizobial inoculation in the tropics. SSA and ASA, Special Publication. 29: 135-155.
- Unkovich, M. J. and J. S. Pate.** 2000. An appraisal of recent field measurements of symbiotic N₂ fixation by annual legumes. *Field Crops Research.* 65: 211-228.
- Vasilas, B. L. and R. L. Nelson.** 1992. N₂-fixation, dry matter and N accumulation in soybean lines with different seed fill-periods. *Can. J. Plant Sci.* 12: 1067-1074.
- Xubao, B. and E. Pantiefu.** 1990. Ecotypes and regionalization of wild and cultivated soybean. *Agr. Sci. China.* 25: 95-98.

Effect of drought stress and strains of *Bradyrhizobium japonicum* on grain yield and associated characteristics in soybean (cv. Clark) in Borujerd

A. Farnia¹, G. Noormohamadi², A. Naderi³, F. Darvish⁴ and I. Majidi Hervan⁵

ABSTRACT

Farnia, A., G. Noormohammadi, A. Naderi, F. Darvish and I. Majidi Hervan. 2006. Effect of drought stress and strains of *Bradyrhizobium japonicum* on grain yield and associated characteristics in soybean (cv. clark) in Borujerd. Iranian Journal of Crop Sciences. Vol. 8, No. 3, pp 201-214.

In order to evaluate grain yield and associated characteristics in soybean (cv. Clark) under the conditions of drought stress and *Bradyrhizobium japonicum* strains, an experiment was carried out in 2003 & 2004 cropping seasons, using split plot arrangements based on randomized complete block design with three replications in Agriculture Research Station of Borujerd, Iran. Irrigation levels were assigned to the main plots (four levels); full irrigation, mild stress (85% plant water requirement), moderate stress (70% plant water requirement), severe stress (55% plant water requirement). Sub-plots were *Bradyrhizobium japonicum* strains (four levels); control, Helinitro, Rizoking, Nitragin. The amount of irrigation water was calculated using plant water requirement and the atmometer. At planting seeds were inoculated with bacterium strains. Biological yield, grain yield, harvest index and hundred grain weight was measured and determined. Results indicated that grain yield was different under stress and full irrigation conditions. In full irrigation condition maximum grain yield (458 g.m^{-2}) and biological yield (870 g.m^{-2}) were produced by Nitragin strain. Under stress conditions, the efficiency of strains was not different under mild and moderate stresses. Higher grain and biological yield obtained by Rizoking strain. Therefore, this strain had better adaptation to moderate drought stress condition, however in severe drought stress no difference among bacterium strains was observed.

Key words: Soybean, Drought stress, *Bradyrhizobium japonicum*, Grain yield, Yield components.

Received: August, 2006

- 1- Ph. D. Student, Science and Research Unit. Islamic Azad University, Tehran, Iran (Corresponding author)
2- Professor, Science and Research Unit. Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3- Assistant professor, Safiabad Agriculture Research Center, Dezful, Iran.
4- Professor, Science and Research Unit. Islamic Azad University, Tehran, Iran.
5- Professor, Agricultural Biotechnology Research Institute, Karaj, Iran.