

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.3.1.4]

Bradyrhizobium japonicum
 .
 () (%) (%) (%)
Bradyrhizobium japonicum
 . ()
 .
 .
 ()
 .
 ()
) ()
 () () ()
 .
 .
Bradyrhizobium japonicum :

۱- مقاله بخشی از رساله دوره دکتری زراعت (فیزیولوژی گیاهان زراعی) نگارنده اول، دانشجوی واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی است.

۲ و ۴- استاد، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

۳- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد، دزفول

۵- استاد، مؤسسه تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی

این عامل در کنترل ژنوتیپ گیاه بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (O'Hara *et al.*, 1988; Garner, 1998). وزن دانه با توجه به ژنوتیپ گیاه متغیر است و تحت تأثیر عوامل محیطی از قبیل آب مورد نیاز گیاه، تثبیت 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 (Eduerdo *et al.*, 1993). با کاهش رطوبت قابل استفاده گیاه در خاک، مقدار تثبیت نیتروژن کاهش یافته و ماده خشک کمتری تولید می‌شود، همبستگی مثبت بین رطوبت قابل دسترس خاک و مقدار تثبیت نیتروژن گزارش شده است. از طرف دیگر، همبستگی معنی‌دار بین ماده خشک 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 تثبیت نیتروژن دارند (Abel & Erdman, 1964). قدرت همزیستی باکتری با گیاه و نیتروژن تثبیت شده تحت تأثیر عوامل مختلفی از قبیل آب، تهویه 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 تثبیت نیتروژن گیاه است که به طور غیرمستقیم از طریق تأثیر بر مقدار کربوهیدرات تولید شده در گیاه و انتقال آن به ریشه، بر تثبیت 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 به‌نژادی 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 ژنوتیپ، 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، تعیین‌کننده عملکرد دانه سویا است (Kane and Grabu, 1993). همچنین عملکرد دانه سویا با تعداد غلاف‌های تولیدکننده دانه در واحد سطح در ارتباط است و تعداد غلاف‌های تولیدکننده 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 Pantieffu, 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:

ET_o : 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

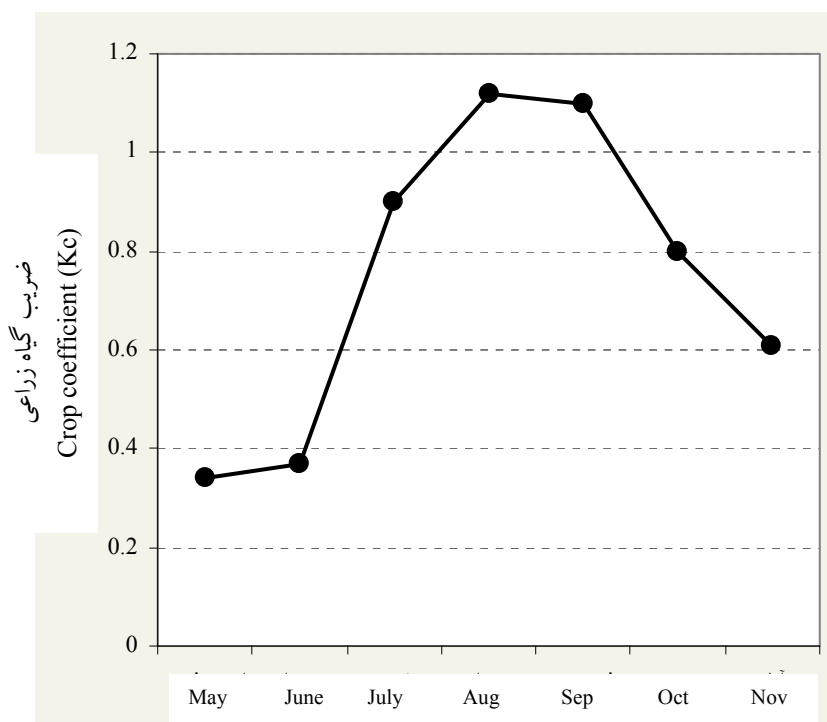
$$RAW = f \cdot AW$$

RAW : رطوبت خاک قبل از آبیاری

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

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

این تحقیق به صورت کرت های خرد شده (اسپلیت پلات) در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در سال های زراعی ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بروجرد اجرا گردید. عامل اصلی آزمایش شامل آبیاری معمولی و سه سطح تنش خشکی، تنش ملایم (۸۵٪ نیاز آبی گیاه)، تنش متوسط (۷۰٪ نیاز آبی گیاه)، تنش شدید (۵۵٪ نیاز آبی گیاه) و عامل فرعی شامل سه نژاد باکتری برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم به نام های هلی نیترو، ریزو کینگ، نیتراژین به همراه تیمار بدون تلقیح با باکتری (شاهد) بود. در این تحقیق از رقم کلارک استفاده شد. مقدار آب آبیاری و تیمارهای تنش خشکی از طریق برآورد نیاز آبی گیاه و تشت تبخیر، بر اساس روابط زیر (Doorenbos and Oruitt, 1977) محاسبه و اجرا شد (جدول ۱).



نمودار (۱). ضریب گیاه زراعی (K_c) 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 مورد استفاده، 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.

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

dn. آب مورد نیاز گیاه

As. جرم مخصوص ظاهری خاک

D. عمق نفوذ ریشه (بر اساس نمونه برداری‌های صورت گرفته ۶۰ سانتی‌متر منظور شد).

$$N = dn / ETc$$

N. دور آبیاری

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

سال	نیاز آبی	آبیاری معمولی هر کرت	تنش ملایم (۸۵٪ نیاز آبی هر کرت)	تنش متوسط (۷۰٪ نیاز آبی هر کرت)	تنش شدید (۵۵٪ نیاز آبی هر کرت)
Year	Water requirement (m ³ .ha ⁻¹)	Control irrigation (m ³ .18m ⁻²)	Low stress (85%) water requirement per plot (m ³ .18m ⁻²)	Medium stress (70%) water requirement per plot (m ³ .18m ⁻²)	High stress (55%) 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 برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم و اثر متقابل آنها ارزیابی شد.

نتایج تجزیه مرکب عملکرد دانه و صفات مربوط به آن تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و نژادهای باکتری برادی‌ریزوبیوم 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:

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

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

$$\text{عملکرد بیولوژیک} = \text{عملکرد دانه} + \text{عملکرد کاه و کلش}$$

$$\text{شاخص برداشت} = (\text{عملکرد دانه} / \text{عملکرد بیولوژیک}) \times 100$$

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

نژادهای باکتری و اثر متقابل تیمارهای آبیاری و نژادهای باکتری برای کلیه صفات در سطح احتمال ۱٪ معنی دار گردید. مقایسه میانگین‌های صفات مختلف در جداول (۳، ۴ و ۵) نشان داده شده است. در شرایط تیمارهای آبیاری با افزایش شدت تنش، تمام صفات کاهش معنی داری را نشان دادند.

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.	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات Ms			
			عملکرد دانه Grain yield (g.m ⁻²)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (g.m ⁻²)	شاخص برداشت Harvest index (%)	وزن صد دانه Hundred grain weight (g)
			P≤α	P≤α	P≤α	P≤α
Year (Y)	سال	1	4057686.2 ^{ns}	473016.4 ^{ns}	4.22 ^{ns}	105160.95 ^{ns}
Error (E _a)	خطای a	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 ۵٪ و ۱٪.

ns. Non significant

ns: غیر معنی دار.

سویا در تشکیل جوانه‌های گل و غلاف‌ها 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 کننده‌ای است که می‌تواند تغییرپذیری تعداد غلاف‌ها در شرایط تنش خشکی و در نتیجه تغییرات عملکرد دانه را توجیه کند. بر اساس نتایج کولر و همکاران (Koller et al., 1980) عوامل محیطی از جمله تنش خشکی، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد که اثر آن عمدتاً بر تعداد غلاف

یکی از اجزای عملکرد دانه سویا که تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت، تعداد غلاف در بوته بود. بیشترین تعداد غلاف در بوته در شرایط آبیاری معمولی به دست آمد، در تنش خشکی و با افزایش شدت تنش، تعداد زیادی از گل‌ها و غلاف‌ها، ریزش یافتند و تعداد غلاف تشکیل یافته در بوته کاهش یافت (جدول ۳، ۴ و ۵). تعداد غلاف در بوته با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی دار ($r = 0.97$) و نقش به سزایی در تعیین عملکرد دانه داشت (نمودارهای ۲ و ۳). توانایی رقم کلارک

در بوته، گزارش شده است. با افزایش شدت تنش خشکی، ارقام سویا دارای سازگاری متفاوتی هستند، در شرایط مذکور با ریزش گل ها و غلاف ها، قدرت انتقال مواد فتوسنتزی به اندام های زایشی گیاه کاهش یافته و عملکرد دانه کاهش محسوسی نشان می دهد (Jain, 1986).

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

میانگین های دارای حرف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی دار 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	هلی نیترو	830 a	375 a	43 b	10.7 a
Rizoking	ریزوکینگ	780 b	366 ab	47 a	9.7 b
Nitragin	نیتراژین	742 c	317 c	42 bc	8.7 c
Control	بدون باکتری	646 d	216 d	33 c	7.8 d

میانگین های دارای حرف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی دار 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 معنی دار ($r=0.89$) 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 می توان توجیه کرد. تنش خشکی در اوایل گل دهی سبب اندکی کاهش در تعداد غلاف در بوته می گردد، زیرا گل دهی 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 (جدول ۳، ۴ و ۵) و بنابراین عمدتاً تحت کنترل ژنوتیپ گیاه بود و کمتر تحت تاثیر عوامل محیطی قرار گرفت که دلیل آن را می توان ثابت بودن تعداد تخمک های موجود در غلاف، ذکر کرد. در این

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

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

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

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

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

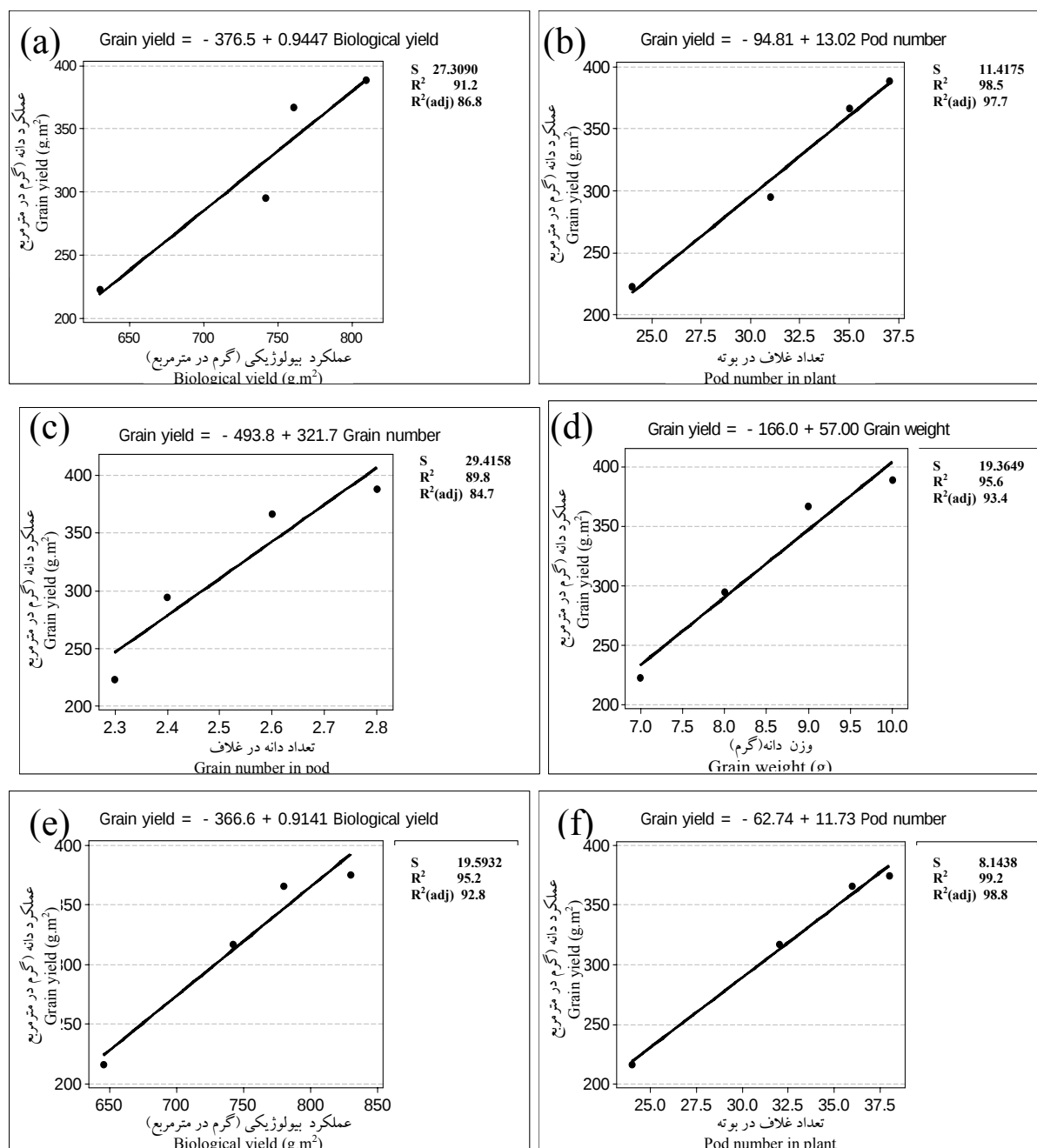
تیمارهای آبیاری و نژادهای باکتری تأثیر مهمی بر وزن صد دانه سویا داشتند. با اعمال تنش خشکی وزن صد دانه نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌دار نشان داد، این کاهش با عدم کاربرد باکتری محسوس‌تر گردید (جدول ۳، ۴ و ۵). به نظر می‌رسد در شرایط آبیاری

معمولی نژاد باکتری هلی نیترو با افزایش تثبیت نیتروژن، تولید ماده خشک گیاه را افزایش داد و در نتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری به دانه‌ها انتقال یافت، وزن دانه افزایش معنی‌داری نشان داد. در تیمارهای تنش خشکی کارآیی نژاد هلی نیترو کاسته شد و نژاد ریزو کینگ برتری یافت اما در نهایت به دلیل کاهش تولید و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها، وزن صد دانه کاهش یافت. تغییرات وزن صد دانه نسبت به تغییرات عملکرد دانه کمتر بود (جدول ۳، 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).

کاهش یافت. نژاد ریزو کینگ 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 عدس تحت تأثیر نژادهای باکتری، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه متفاوتی را گزارش دادند، مطابقت دارد. عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه ارقام سویا تحت تأثیر ژنوتیپ گیاه و نژادهای ریزوبیوم قرار می‌گیرد. برخی از نژادهای باکتری برادی ریزوبیوم دارای کارآیی بیشتری هستند و ماده خشک بیشتری تولید می‌گردد (حیدری شریف‌آباد، ۱۳۷۵).

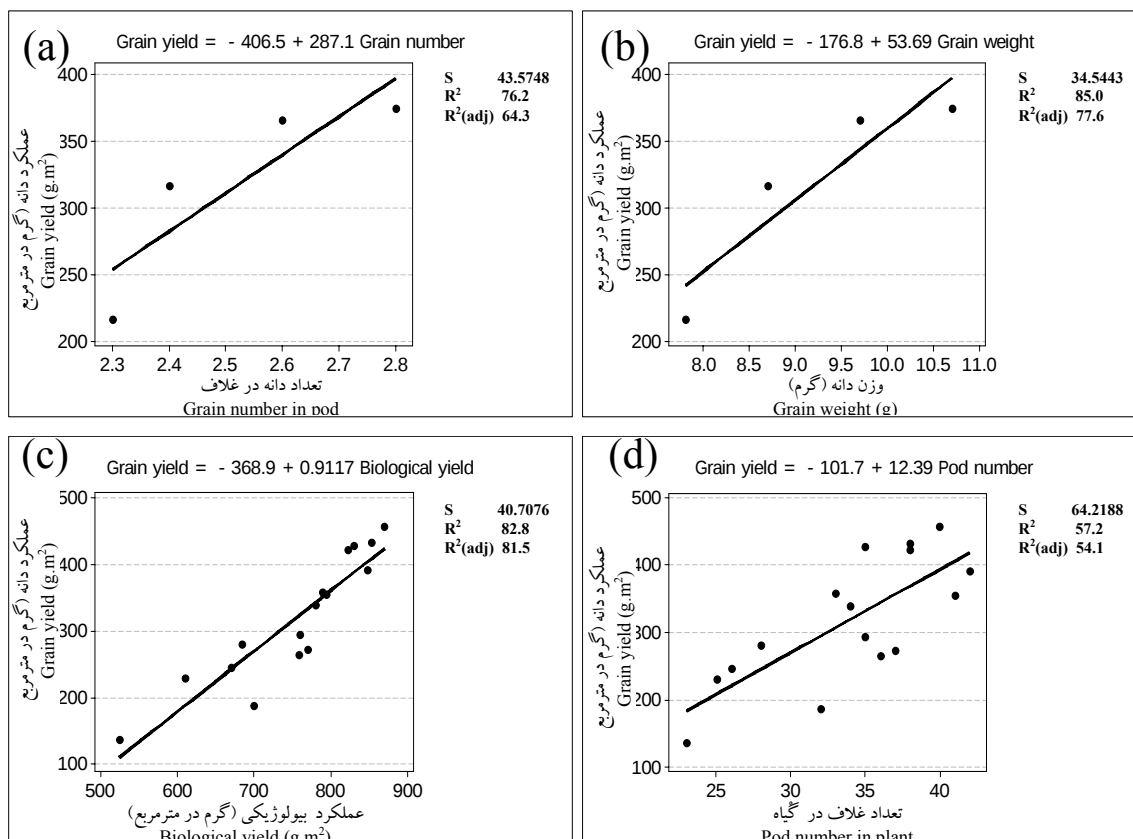
بیشترین مقدار عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمولی (۴۵۸ گرم در مترمربع) به دست آمد. تیمارهای تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه گردیدند (جدول ۳ و نمودار ۴). با استفاده از نژادهای باکتری برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم بالاترین عملکرد دانه به ترتیب از دو نژاد هلی نیترو (۳۷۵ گرم در مترمربع) و ریزو کینگ (۳۶۶ گرم در مترمربع) به دست آمد (جدول ۴). در شرایط آبیاری معمولی، نژاد هلی نیترو با افزایش تثبیت نیتروژن، سطح فتوسنتزکننده 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 هلی نیترو 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 ریزو کینگ فعالیت بیشتری داشت و عملکرد دانه بیشتری را نشان داد (جدول ۵). با توجه به نتایج به دست آمده از اثرات متقابل آبیاری و نژادهای باکتری، نژاد هلی نیترو در شرایط مساعد مزرعه کارآیی بیشتری داشت، ولی به نظر می‌رسد نسبت به تنش خشکی حساس بوده و فعالیت آن بر اثر تنش

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 ماده خشک گیاه کاسته شد. همچنین با استفاده از باکتری نسبت به عدم تلقیح با باکتری، گیاه ماده خشک بیشتری تولید کرد و نژادهای باکتری نیز در تثبیت نیتروژن و در نتیجه تولید ماده خشک متفاوت عمل کردند، به طوری که در شرایط آبیاری معمولی نژاد هلی نیترو به دلیل تثبیت بیشتر نیتروژن، سطح برگ بیشتری تولید کرد که منجر به افزایش ماده خشک گردید، اما نژاد هلی نیترو نسبت به تیمارهای خشکی حساس بود و نژاد ریزو کینگ سازگاری بهتری نسبت به شرایط تنش نشان داد و ماده خشک بیشتری تولید گردید، به طوری که در دو سطح تنش ملایم و متوسط نژاد ریزو کینگ با تولید ۴۲۸ گرم در مترمربع و ۳۵۹ گرم در مترمربع نسبت به نژاد هلی نیترو 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 فتوسنتزی و ارسال آن به ریشه به نظر می‌رسد از تثبیت نیتروژن نژادهای باکتری به



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 $\times$ bacteria strains treatments)

تولید ماده خشک گیاه می گردد:

- ۱- با بسته شدن روزنه های گیاه فتوستنر کاهش می یابد،
- ۲- با کاهش فتوستنر جاری گیاه و انتقال آن به ریشه و گره های تثبیت کننده نیتروژن، تثبیت نیتروژن نیز کاهش می یابد که این امر کاهش تولید ماده خشک را تشدید می کند.

تأثیر تیمارهای آبیاری و نژادهای باکتری و اثر متقابل

این دو عامل بر شاخص برداشت در سطح احتمال 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 (جدول ۳، ۴ و ۵). در شرایط تنش خشکی، روزنه های برگ نیمه بسته می شوند و این امر تبادلات گازی گیاه را محدود می کند و با کاهش فتوستنر گیاه، وزن خشک گیاه نیز کاهش می یابد. عملکرد بیولوژیکی با عملکرد دانه، همبستگی مثبت و معنی دار ($r=0.95$) داشت و به تنهایی در عملکرد و صفات وابسته به آن کاهش عملکرد دانه را نسبت به تنش خشکی و نژادهای باکتری توجیه کرد (نمودارهای ۲ و ۳). نتایج به دست آمده با یافته های راون (Raven, 1995) مطابقت داشت. بر این اساس تنش خشکی از دو طریق منجر به کاهش

دلیل افزایش تولید عملکرد دانه بود، با اعمال تنش 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 تنش خشکی شدیدتر گردید شاخص برداشت، کاهش بیشتری نشان داد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که نژاد هلی‌نیترو به دلیل تثبیت 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 تثبیت نیتروژن در شرایط تنش 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 (جدول ۴ و ۵). بنابراین با توجه به این که، مقدار تثبیت نیتروژن توسط نژادهای باکتری برادی‌ریزویوم‌ژاپونیکوم 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 عمدتاً تحت کنترل تعداد غلاف در مترمربع دانست، که با ایجاد تغییرات عوامل گیاهی همانند تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و عوامل محیطی از جمله تنش 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 ثبات‌ترین 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

در مقدار تثبیت 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 تثبیت 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 برادی‌ریزویوم‌ژاپونیکوم در رطوبت‌های مختلف خاک، متفاوت بوده است. برخی از نژادها از قدرت سازگاری و ثبات بیشتری برخوردار بودند، نژادهای ریزوکینگ و نیتراژین در شرایط تنش، تثبیت 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 تنش خشکی، گیاه اسیمیلات بیشتری را به ریشه‌ها برای رشد ریشه و دستیابی به منابع جدید آب، انتقال می‌دهد. تثبیت نیتروژن بعد از کاهش اولیه، افزایش می‌یابد، اما با ادامه تنش، از قدرت تثبیت، 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. فتوسنتز در مقایسه با رشد برگ حساسیت کمتری به کمبود آب نشان می‌دهد (Bairley, 1988).

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

تثبیت نیتروژن بیشتری را انجام داد و منجر به افزایش تولید عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه شد، اما در تیمارهای تنش خشکی، نژاد ریزو کینگ کارایی بیشتری داشت. بنابراین در مناطقی که بروز تنش خشکی امکان پذیر است استفاده از این نژاد توصیه می شود. کاهش عملکرد دانه عمدتاً در کنترل تعداد غلاف در بوته است و هر عامل تاثیر گذار بر این جزء عملکرد، موجب تغییرات عملکرد دانه می شود.

برگ ها، قطر کم ساقه و کوتاهی ارتفاع بوته ظاهر گردید که با کاهش عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و شاخص برداشت دانه همراه بود. نتایج حاصل با گزارش های برد و هور (Beard and Hoover, 1971)، پیپلز 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 تثبیت نیتروژن در تمام نژادهای باکتری مورد آزمایش گردید. نژاد هلی نیترو در شرایط آبیاری مناسب

References

- تأثیر سوش ریزوبیوم بر روی رشد و تثبیت ازت ارقام یونجه های دیم. مجله پژوهش و سازندگی. ۳۰: ۷۷-۷۵.
- 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. Oruitt. 1977. Crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper. 24: 20-50.
- Eduardo, E., J. Esculante 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 ferrii* 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. Pantieftu. 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.