

تأثیر سطوح مختلف کود زیستی و کود شیمیایی فسفر بر عملکرد کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای رقم SC540 در رژیم‌های مختلف رطوبتی

Effects of Different Levels of Biofertilizer and Phosphorus Chemical Fertilizer on Quantitative and Qualitative Yield of Forage Corn Cultivar SC540 Under Different Moisture Regimes

مهدی رضانی^۱، سیدمحمد رضا احتشامی^۲، محمدرضا چائی چی^۳ و مظفر شریفی^۴

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

۳- استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

۴- دانشیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۵/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۶

چکیده

رضانی، م.، احتشامی، س. م.، چائی چی، م. ر. و شریفی، م. ا. ۱۳۹۳. تأثیر سطوح مختلف کود زیستی و کود شیمیایی فسفر بر عملکرد کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای رقم SC540 در رژیم‌های مختلف رطوبتی. *مجله به‌زراعی نهال و بذر* ۲-۳۰ (۴): ۴۳۹-۴۲۱.

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف کود زیستی و کود شیمیایی فسفر بر کمیت و کیفیت ذرت علوفه‌ای رقم SC540 تحت رژیم‌های مختلف رطوبتی، آزمایشی به صورت لاین سورس (Line Source) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه مرکز آموزش کشاورزی شهید ناصری کرج در دو سال زراعی ۱۳۹۱-۹۲ و ۱۳۹۲-۹۳ اجرا شد. با اجرای سیستم لاین سورس، چهار سطح آبیاری (بدون تنش، تنش ملایم، تنش متوسط، تنش شدید) اعمال شد. عامل فسفر نیز در پنج سطح شامل ۱۰۰ درصد کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل و بدون کود زیستی، ۷۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده همراه با کود زیستی، ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده همراه با کود زیستی، ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده همراه با کود زیستی، کود زیستی و بدون کود شیمیایی بود. نتایج آزمایش حاکی از معنی‌دار بودن تیمار کودی در اکثر صفات مورد مطالعه در سال اول و دوم بود. بیشترین عملکرد علوفه تر و خشک از اعمال تیمار بدون کود زیستی و ۱۰۰ درصد کود فسفر به دست آمد که این مقدار از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار کود زیستی و ۷۵ درصد کود فسفر نداشت. در سال اول، اعمال تنش آبی موجب کاهش ۲۲/۲۱، ۱۲/۰۷ و ۲/۷۸ درصدی به ترتیب در تیمارهای تنش شدید، متوسط و کم نسبت به تیمار بدون تنش رطوبتی شد. از نظر پارامترهای کیفیت علوفه نیز تیمار کود زیستی و ۷۵ درصد کود فسفر بالاترین مقدار را نشان داد. یافته‌های این تحقیق نشان داد که باکتری‌های محرک رشد موجود در کود زیستی علاوه بر افزایش رشد و کاهش مصرف کود، منجر به افزایش تحمل گیاه در شرایط تنش کم آبی می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: سودوموناس، لاین سورس، قابلیت هضم علوفه، پروتئین خام، عملکرد.

مقدمه

ذرت به دلیل اهمیت بالایی که در تغذیه انسان و دام داشته و سازگاری گسترده‌ای نیز با مناطق آب و هوایی معتدل و گرمسیری دارد، یکی از گیاهان زراعی راهبردی محسوب می‌شود (Yazdani *et al.*, 2009). فسفر یکی از مهم‌ترین عناصر حیات است که به اشکال معدنی و آلی در طبیعت وجود دارد. کمبود فسفر نه تنها در میزان رشد گیاه تأثیر دارد، بلکه در تشکیل بذر و کمیت و کیفیت آن نیز بسیار تأثیرگذار است (Peix *et al.*, 2001). نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که افزایش مصرف کودهای فسفر طی سال‌های اخیر نه تنها عملکرد گیاهان زراعی را چندان افزایش نداده است، بلکه در نتیجه بر هم زدن تعادل عناصر غذایی، کاهش عملکرد را نیز به دنبال داشته است. بنابراین پیدا کردن روشی که بتواند از مصرف بی‌رویه این کود بکاهد، ضروری به نظر می‌رسد. توجه به کودهای زیستی به عنوان جایگزینی برای کودهای شیمیایی به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در کشاورزی پایدار به عنوان یک رویکرد جدید مطرح شده است (Khan *et al.*, 2009). از این رو عوارض جانبی کودهای شیمیایی و مشکل کم باروری خاک را می‌توان با استفاده از مایه تلقیح زیستی از بین برد (Demissie *et al.*, 2013). در این بین باکتری‌های حل‌کننده فسفر (PSB) مانند چرخ‌دنده‌های بزرگی هستند که موجب گردش فسفر از منابع مختلف فسفات شده و بر رشد گیاه تأثیرگذار هستند (Khan *et al.*, 2009). مایه‌زنی بذر با باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش عملکرد

گیاهانی چون جو (Ehteshami *et al.*, 2013b)، ذرت علوفه‌ای (Ehteshami *et al.*, 2013c)، سورگوم (Ehteshami *et al.*, 2013a) و کلزا (Soroori *et al.*, 2013) شده است.

بخش کشاورزی با این واقعیت روبرو است که در آینده باید ضمن مصرف آب کمتر، تولید بیشتری عرضه کند (Rijsberaman, 2002). با توجه به اهمیت مدیریت آبیاری در افزایش عملکرد محصولات زراعی و نیز با توجه به این واقعیت که بخش کشاورزی در ایران حدود ۹۳/۵٪ از کل آب استحصال یافته را مصرف می‌کند، می‌توان گفت که هر گونه تلاش برای بهینه‌سازی مدیریت مصرف آب در کشور، بدون توجه شایان به این بخش نمی‌تواند قرین موفقیت باشد. تحمل به خشکی در گیاهان را می‌توان از طریق تلقیح مایه‌زنی با PGPR هائی که متحمل به شرایط کم آبی هستند، القاء کرد (Marulanda *et al.*, 2008). یاسمین و همکاران (Yasmin *et al.*, 2013) ضمن شناسایی و معرفی گونه سویه خاصی از PGPR برای مناطق خشک و نیمه خشک اعلام داشتند که PGPR از طریق گسترش ریشه و بهبود مقدار نسبی برگ در گیاه ذرت باعث افزایش مقاومت به خشکی شد. الیاس و همکاران (Ilyas *et al.*, 2012) اعلام داشتند PGPR های جدا شده از ریزوسفر در شرایط تنش خشکی، غلظت‌های پایین‌تری از ایندول استیک اسید (IAA)، اسید جیبرلیک (GA)، ترنس زآتین ریبوزید (TZR) و غلظت بالاتری از آبسزیک اسید (ABA) را تولید می‌کنند. کوهلر و همکاران (Kohler *et al.*, 2009) در آزمایش‌های خود نشان

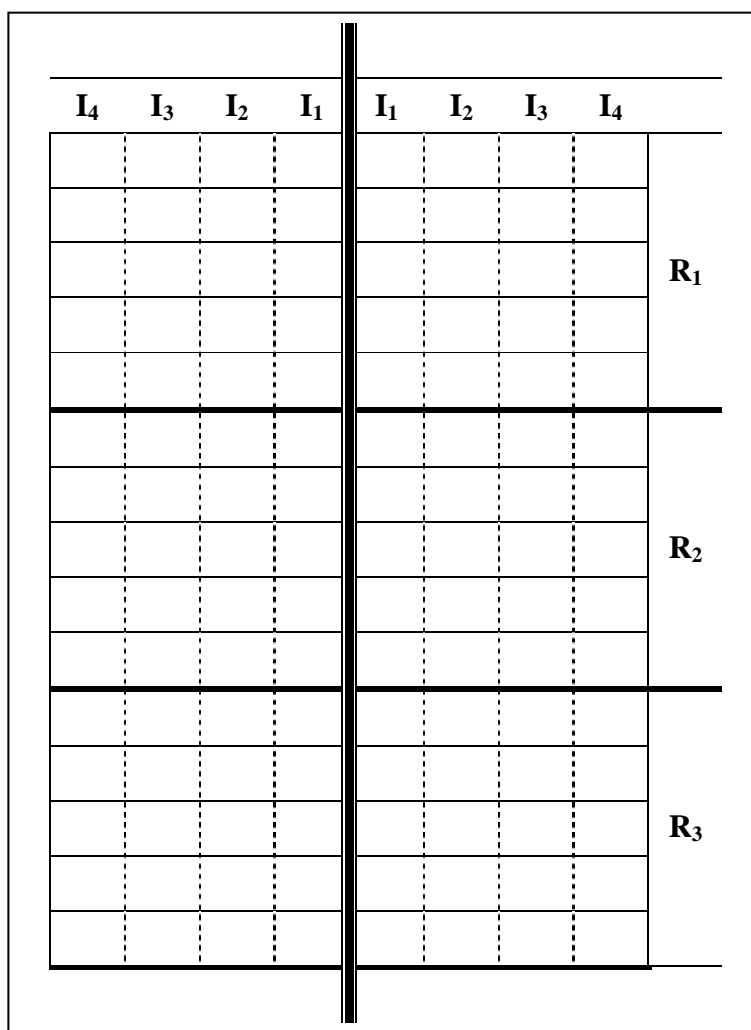
مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی مرکز آموزش کشاورزی شهید ناصری کرج با طول جغرافیائی ۵۰ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیائی ۳۵ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۱۵ متر در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ انجام شد. عوامل مورد بررسی در این تحقیق شامل فسفر و آب آبیاری بودند. عامل آب آبیاری به عنوان عامل اصلی، در چهار سطح (بدون تنش، تنش ملایم، تنش متوسط، تنش شدید) اعمال شد. عامل فسفر نیز به عنوان عامل فرعی، در پنج سطح شامل ۱۰۰ درصد کود شیمیائی سوپرفسفات تریپل و بدون کود زیستی، ۷۵ درصد کود شیمیائی همراه با کود زیستی، 11, 108, ۵۰ درصد کود شیمیائی همراه با کود زیستی، ۲۵ درصد کود شیمیائی همراه با کود زیستی، کود زیستی و بدون کود شیمیائی مورد بررسی قرار گرفت. به منظور ایجاد سطوح مختلف تنش رطوبتی از سیستم لاین سورس تک شاخه (Hanks, 1976) استفاده شد. برای اجرای این طرح، ابتدا تیمار سطوح مختلف کود در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا و سپس سیستم آبیاری لاین سورس (Line Source) تک شاخه به صورت عمود بر جهت اجرای تیمار کودی نصب شد (شکل ۱).

باکتری‌های محرک رشد مورد نظر ابتدا در آزمایشگاه بیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب فرموله و تهیه شدند. جمعیت باکتری‌های بومی خاک، $10^7 \times 1/1$ و جمعیت باکتری‌ها در هر گرم

دادند که عموماً در خاک‌های مایه‌زنی شده با PGPR و قارچ AM در شرایط تنش خشکی، مقدار فعالیت آنزیم‌های دهیدروژناز و فسفاتاز افزایش می‌یابد. سندها و همکاران (Sandhya et al., 2010) با تحقیقات خود نشان دادند که مایه‌زنی شدن بوته‌های ذرت با گونه‌های سودوموناس در شرایط تنش خشکی در مقایسه با بوته‌های شاهد فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز و گلوکاتیون پراکسیداز به‌طور معنی‌داری کمتر بوده و اعلام کردند که با مایه‌زنی، بوته‌ها استرس کمتری را احساس می‌کنند.

استفاده از فرآورده‌های زیستی برای تغذیه غلات یکی از راه‌حل‌های اساسی و مفید در راستای افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول، تأمین امنیت غذایی، پایداری در تولید و ارتقاء سطح سلامت جامعه در تولید محصولات کشاورزی عاری از هر گونه سم و آفت کش به حساب می‌آیند. از سوی دیگر، ایران در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا واقع شده و دارای منابع آبی محدودی است. با توجه به این که کشور ما در منطقه‌ای خشک قرار گرفته و خشکسالی‌های پیاپی، امنیت غذایی ساکنین آن را تهدید می‌کند، استفاده بهینه از آب آبیاری در بخش کشاورزی از اهمیت خاصی برخوردار است. این تحقیق به منظور بررسی تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای (هیبرید ۵۴۰) در شرایط تنش کم آبی انجام شد.



شکل ۱- نمای کلی از سیستم لاین سورس
Fig. 1. Overview of Line source system

کودهای شیمیایی پایه، ۶۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم و نیتروژن خالص از منبع اوره به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (که تقسیط و در سه مرحله کاشت، شش برگی و در زمان تاسل دهی) افزوده شد. کود فسفر نیز با توجه به نوع تیمارهای کود در زمان چهار برگی و همزمان با مرحله تنک کردن و وجین علف‌های هرز به صورت نواری داده شد. در تیمارهایی که باید بذر با این باکتری مایه‌زنی می‌شد، بذرها را به مدت ۲۰ دقیقه در محلول حاوی ترکیب سویه‌های سودوموناس خواباننده و سپس بذرها را آغشته به

مایه تلقیح، $9/8 \times 10^7$ برآورد شد. برای کشت باکتری‌ها از محیط کشت Sperber استفاده شد. پس از کشت انفرادی باکتری‌ها، ۴۸ ساعت بعد جمعیت آن‌ها به روش Plate Count و بر روی محیط‌های اختصاصی شمارش و سپس حجم مساوی از آنها با یکدیگر مخلوط شده و مجدداً جمعیت در محیط کشت شمارش و مایه تلقیح آماده شد (Alef and Nannipieri, 1995). قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک، نمونه برداری انجام شد و مورد تجزیه فیزیکی و شیمیایی قرار گرفت. همراه با دیسک،

$$I = \frac{(\theta_f - \theta)(P_b/P_w) D}{100} \quad \text{رابطه ۱:}$$

که در آن I ارتفاع آب در هر آبیاری، θ_f رطوبت وزنی خاک در حالت ظرفیت زراعی، θ رطوبت وزنی خاک به هنگام آبیاری، P_b چگالی ظاهری خاک و D عمق موثر ریشه. حجم آب آبیاری نیز با استفاده از رابطه ۲ تعیین شد:

$$V = I \times A \times 10000 \quad \text{رابطه ۲:}$$

که در آن V حجم آب مورد نیاز و A برابر مساحت هر کرت بر حسب مترمربع.

حجم آب دریافتی در هر نیمه از تکرارها نیز با توجه به ظروف جمع آوری آب که بر روی پایه‌ها نصب شده بود نیز تعیین شد. با توجه به این که دور آبیاری به صورت ثابت قرار داده می‌شود بنابراین یک حالت تجمعی از کاهش رطوبت خاک در منطقه ریشه با دورتر شدن از خط اصلی آبیاری ایجاد می‌شود.

اعمال تنش با توجه به آزمایش رطوبت خاک دو خط وسط ردیف‌های نزدیک به خط اصلی آبیاری در سه تکرار صورت انجام شد.

در مرحله خمیری شدن دانه، از ردیف‌های دوم و سوم هر کرت آزمایشی پس از حذف تأثیر حاشیه‌ای و به مساحت ۲ مترمربع، بوته‌های هر تیمار کف بر شده و پس از اندازه‌گیری وزن تر علوفه، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با حرارت ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس وزن خشک علوفه تعیین شد. نمونه‌های گیاهی خشک شده، آسیاب شدند تا نمونه‌های کاملاً یکنواختی به دست آید. سپس مقداری از نمونه به دست آمده برای اندازه‌گیری کیفیت علوفه به آزمایشگاه موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور منتقل و

مایه تلقیح روی ورقه آلومینیومی تمیز در زیر سایه پهن تا بذرها خشک شدند و بلافاصله نسبت به کاشت بذرها اقدام شد. رقم مورد استفاده، ذرت هیبرید رقم ۵۴۰ بود. کاشت در هر دو سال در نیمه اول تیر ماه به عمق ۵ سانتی‌متر با دست انجام شد. فاصله ردیف‌های کاشت ۶۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت، چهار ردیف کاشت به طول ۴ متر را شامل شد. در طول فصل رشد، کنترل علف‌های هرز به صورت وجین دستی و کلیه عملیات داشت در همه تیمارها به طور یکسان انجام شد. بعد از سبز شدن گیاهچه‌ها و رسیدن آن‌ها به مرحله سه تا چهار برگگی، عملیات تنک کردن بوته‌های اضافی انجام شد.

آبیاری بلافاصله پس از کشت بذرها و به صورت یکنواخت از طریق سیستم آبیاری بارانی برای همه تیمارها تا مرحله هشت برگگی انجام شد. در زمان هشت برگگی بوته‌ها، به منظور ایجاد تنش رطوبتی از سیستم لاین سوری تک شاخه برای آبیاری تیمارها استفاده شد. در سیستم لاین سوری یک شیب ملایمی از تنش رطوبتی در دو طرف خط اصلی آبیاری با دورتر شدن از خط لوله آبیاری ایجاد می‌شود. دور آبیاری ثابت فرض شده و یک روز قبل از آبیاری، از خاک نزدیک پای ریشه بوته‌ها در عمق گسترش ریشه، نمونه خاک تهیه و توزین شد. سپس به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۴ درجه قرار داده شد و با توجه استفاده از روابط شماره ۱ و ۲، مدت زمان لازم برای کار کردن آب‌پاش‌ها تعیین شد. (Masjedi et al., 2009).

پس از ثبت داده‌ها، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و با استفاده از روش پیشنهادی جانسون و همکاران (Johnson *et al.*, 1983) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excell استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۱ نشان داده شده است.

صفات کیفی علوفه (فیبر، خاکستر، درصد کربوهیدرات قابل حل در آب، درصد پروتئین و قابلیت هضم و NDF) با استفاده از دستگاه طیف سنجی مادون قرمز نزدیک (NIR) مورد بررسی قرار گرفت (Jafari *et al.*, 2003). برای آزمون همگنی واریانس‌ها از آزمون بارتلت استفاده شد. بر اساس نتایج آزمون بارتلت، تجزیه مرکب به دلیل عدم یکنواختی واریانس‌ها امکان پذیر نشد، بنابراین تجزیه واریانس هر سال به‌طور جداگانه انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات خاک مزرعه آزمایشی

Table 1. Soil characteristics of experimental field

| سال | هدایت الکتریکی | نیترژن | فسفر قابل جذب | پتاسیم قابل جذب | درصد ماده آلی | بافت خاک | درصد سیلت | درصد رس | درصد شن | |
|------|----------------|-----------|----------------|--------------------|--------------------|-------------------|------------|----------|----------|----------|
| Year | pH | EC (ds/m) | Total N(mg/kg) | Available P(p.p.m) | Available K(p.p.m) | Organic matter(%) | Texture | Silt (%) | Clay (%) | Sand (%) |
| 2012 | 7.3 | 0.48 | 0.063 | 6.9 | 285 | 0.57 | Sandy loam | 12.8 | 18.2 | 69 |
| 2013 | 7.4 | 0.48 | 0.064 | 6.5 | 273 | 0.55 | Sandy loam | 11 | 17 | 72 |

۰۰ درصد از کود فسفر با تیمار مایه‌زنی با باکتری و ۷۵ درصد کود فسفر به دست نیامد که خود حاکی از کارایی این باکتری‌ها در جبران کمبود فسفر گیاه از طریق آزادسازی فسفر تثبیت شده در خاک است. این موضوع در خصوص عملکرد علوفه خشک نیز مصداق داشت (جدول ۴). از آن جایی که افزایش درصد قابلیت هضم به عنوان مهم‌ترین صفت اساسی در تعیین کیفیت علوفه شناخته می‌شود (Mozafari and Abbasi, 2005). نتایج نشان داد که اعمال تیمار استفاده از باکتری‌ها به همراه ۷۵ درصد از کود فسفر مورد نیاز منجر به افزایش کیفیت علوفه گیاه از طریق افزایش قابلیت هضم، افزایش پروتئین، افزایش کربوهیدرات محلول در آب و NDF گیاه شد (جدول ۴). در

نتایج تجزیه واریانس برای سال‌های آزمایش حاکی از آن بود که اعمال تیمار کودی برای تمامی صفات مورد بررسی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. این در حالی است که اثر متقابل تنش و کود فسفر به غیر از صفات خاکستر کل و NDF در باقی صفات در سطوح ۵ درصد و یک درصد معنی‌دار بود (جدول‌های ۲ و ۳). با وجود این که بیشترین عملکرد علوفه تر در سال اول از تیمار بدون مایه‌زنی و استفاده از ۱۰۰ درصد کود فسفر (۸/۸۵۸ کیلوگرم در مترمربع) و کمترین میزان عملکرد علوفه تر از تیمار مایه‌زنی با باکتری و بدون استفاده از کود فسفر (۶/۷۵۹ کیلوگرم در مترمربع) به دست آمد ولی با این وجود از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین تیمار بدون مایه‌زنی و استفاده

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات ذرت علوفه‌ای در تیمارهای مختلف تنش رطوبتی و کودی در سال زراعی ۱۳۹۱

Table 2. Analysis for variance of different traits of forage corn in different treatments of moisture regimes and fertilizers in 2012

| S.O.V. | منابع تغییرات | df. | میانگین مربعات MS | | | | | | | NDF |
|----------------|-------------------|-----|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------|
| | | | عملکرد علوفه تر | عملکرد علوفه خشک | قابلیت هضم | پروتئین خام | کربوهیدرات محلول در آب | دیواره سلولزی منهای همی سلولز | خاکستر کل | |
| | | | Forage yield | Dry matter yield | Digestibility | Protein | Water soluble carbohydrates | Acid detergent fiber | Total ash | |
| Replication | تکرار | 2 | 0.090 ^{nv} | 0.018 ^{ns} | 0.07 ^{ns} | 0.003 ^{ns} | 0.203 ^{ns} | 0.006 ^{ns} | 0.027 ^{ns} | 0.48 ^{ns} |
| Phosphorus (P) | فسفر | 4 | 21.760 ^{**} | 4.087 ^{**} | 297.87 ^{**} | 5.960 ^{**} | 24.720 ^{**} | 593.79 ^{**} | 1.930 ^{**} | 114.93 ^{**} |
| Error | خطا | 8 | 0.114 | 0.019 | 2.45 | 0.389 | 1.765 | 5.33 | 0.012 | 0.99 |
| Stress (S) | تنش | 3 | 22.880 ^{nv} | 0.245 ^{nv} | 19.38 ^{nv} | 4.880 ^{nv} | 42.710 ^{nv} | 2.98 ^{nv} | 5.570 ^{nv} | 9.66 ^{nv} |
| Error | خطا | 6 | 0.086 | 0.016 | 0.01 | 0.000014 | 0.000007 | 0.000097 | 0.000009 | 0.00005 |
| S × P | تنش × فسفر | 12 | 1.469 ^{**} | 0.343 ^{**} | 6.48 [*] | 0.880 ^{**} | 2.608 [*] | 23.76 ^{**} | 0.035 ^{ns} | 1.95 ^{ns} |
| Error | خطا | 24 | 0.187 | 0.032 | 2.77 | 0.280 | 1.085 | 4.56 | 0.019 | 1.19 |
| Half (H) | نیمه | 1 | 0.087 ^{nv} | 0.014 ^{nv} | 8.09 ^{nv} | 0.145 ^{nv} | 1.690 ^{nv} | 16.49 ^{nv} | 0.054 ^{nv} | 1.84 ^{nv} |
| Error | خطا | 2 | 0.00001 | 0.0000008 | 0.000007 | 0.0000075 | 0.00001 | 0.000103 | 0.00003 | 0.000003 |
| P × H | فسفر × نیمه | 4 | 0.580 [*] | 0.083 [*] | 6.46 ^{ns} | 0.867 ^{ns} | 2.620 ^{ns} | 23.75 [*] | 0.035 ^{ns} | 1.96 ^{ns} |
| Error | خطا | 8 | 0.098 | 0.014 | 2.75 | 0.280 | 1.080 | 4.59 | 0.019 | 1.18 ^{nv} |
| S × H | تنش × نیمه | 3 | 0.000011 ^{nv} | 0.000003 ^{nv} | 0.000003 ^{nv} | 0.00007 ^{nv} | 0.00001 ^{nv} | 0.0002 ^{nv} | 0.00002 ^{nv} | 0.00002 |
| Error | خطا | 6 | 0.000007 | 0.00001 | 0.000006 | 0.000014 | 0.00007 | 0.00009 | 0.0000092 | 0.00005 |
| H × S × P | نیمه × تنش × فسفر | 12 | 0.575 ^{**} | 0.083 ^{**} | 6.47 [*] | 0.877 ^{**} | 2.608 [*] | 23.76 ^{**} | 0.035 ^{ns} | 1.9 ^{ns} |
| Error | خطا | 24 | 0.099 | 0.014 | 2.75 | 0.280 | 1.086 | 4.56 | 0.019 | 1.18 |
| CV (%) | درصد ضریب تغییرات | | 4.000 | 3.620 | 2.82 | 5.260 | 4.990 | 10.07 | 1.740 | 3.10 |

*, **, ns and nv: Significant at 5%, 1% of probability levels, not significant and not valid statistically, respectively.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات ذرت علوفه‌ای در تیمارهای مختلف تنش رطوبتی و کودی در سال زراعی ۱۳۹۲

Table 3. Analysis of variance for different traits of forage corn in different treatments of moisture regimes and fertilizers in 2013

| S.O.V. | منابع تغییرات | df. | میانگین مربعات MS | | | | | | | NDF |
|----------------|-------------------|-----|---------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------|--|---|------------------------|-----------------------|
| | | | عملکرد علوفه تر Forage yield | عملکرد علوفه خشک Dry matter yield | قابلیت هضم Digestibility | پروتئین خام Protein | درصد کربوهیدرات محلول در آب Water soluble carbohydrates | دیواره سلولزی منهای همی سلولز Acid detergent fiber | خاکستر کل Total ash | |
| Replication | تکرار | 2 | 0.105 ^{ns} | 0.022 ^{ns} | 0.08 ^{ns} | 0.06 ^{ns} | 0.022 ^{ns} | 0.79 ^{ns} | 0.002 ^{ns} | 0.012 ^{ns} |
| Phosphorus (P) | فسفر | 4 | 30.712 ^{**} | 2.752 ^{**} | 15.31 [*] | 7.88 ^{ns} | 20.610 ^{ns} | 58.65 ^{**} | 2.220 ^{**} | 112.720 ^{**} |
| Error | خطا | 8 | 0.074 | 1.327 | 2.49 | 2.79 | 0.120 | 0.38 | 0.003 | 0.019 |
| Stress (S) | تنش | 3 | 26.640 ^{nv} | 8.220 ^{nv} | 61.05 ^{nv} | 5.11 ^{nv} | 13.590 ^{nv} | 24.76 ^{nv} | 0.290 ^{nv} | 14.540 ^{nv} |
| Error | خطا | 6 | 0.100 | 0.148 | 0.39 | 15.95 | 0.081 | 0.33 | 0.005 | 0.031 |
| S × P | تنش × فسفر | 12 | 1.403 ^{**} | 3.478 ^{**} | 9.73 [*] | 2.22 ^{ns} | 0.760 ^{**} | 2.45 ^{**} | 0.021 ^{**} | 0.870 ^{**} |
| Error | خطا | 24 | 0.103 | 0.223 | 0.73 | 2.45 | 0.063 | 0.30 | 0.0042 | 0.027 |
| Half (H) | نیمه | 1 | 0.106 ^{nv} | 0.026 ^{nv} | 8.74 ^{nv} | 0.17 ^{nv} | 1.570 ^{nv} | 15.83 ^{nv} | 0.039 ^{nv} | 1.780 ^{nv} |
| Error | خطا | 2 | 0.000001 | 0.000005 | 0.0002 | 0.00001 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0000008 | 0.004 |
| P × H | فسفر × نیمه | 4 | 0.00003 ^{ns} | 0.00004 ^{ns} | 0.0003 ^{ns} | 0.00001 ^{ns} | 0.00001 ^{ns} | 0.0001 ^{ns} | 0.000008 ^{ns} | 0.0001 ^{ns} |
| Error | خطا | 8 | 0.00003 | 0.00002 | 0.0002 | 0.00002 | 0.0001 | 0.00008 | 0.00001 | 0.0001 |
| S × H | تنش × نیمه | 3 | 0.00002 ^{nv} | 0.00002 ^{nv} | 0.0002 ^{nv} | 0.00009 ^{nv} | 0.0008 ^{nv} | 0.0024 ^{nv} | 0.00005 ^{nv} | 0.0002 ^{nv} |
| Error | خطا | 6 | 0.000002 | 0.000004 | 0.00008 | 0.000008 | 0.0001 | 0.00007 | 0.00002 | 0.0001 |
| H × S × P | نیمه × تنش × فسفر | 12 | 0.00002 ^{ns} | 0.00002 ^{ns} | 0.0002 ^{ns} | 0.00001 ^{ns} | 0.0001 ^{ns} | 0.00001 ^{ns} | 0.00003 [*] | 0.00002 ^{ns} |
| Error | خطا | 24 | 0.000002 | 0.00001 | 0.0002 | 0.000008 | 0.00006 | 0.0001 | 0.00001 | 0.00007 |
| CV (%) | درصد ضریب تغییرات | | 5.050 | 4.130 | 2.30 | 3.73 | 3.650 | 7.65 | 2.140 | 4.420 |

*, **, ns and nv: Significant at 5%, 1% of probability levels, not significant and not valid statistically, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات ذرت علوفه‌ای در سطوح مختلف کود فسفر در سال زراعی ۱۳۹۱
 Table 4. Mean comparison of forage corn traits in different levels of phosphorus chemical fertilizer in 2012

| سطوح فسفر | عملکرد علوفه تر | عملکرد علوفه خشک | خاکستر کل | دیواره سلولزی منهای همی سلولز | کربوهیدرات محلول در آب | پروتئین خام | قابلیت هضم | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------|-------------------|--------|
| Phosphorus levels | Forage yield (kgm ⁻²) | Dry matter yield (kgm ⁻²) | Total ash (%) | ADF | Water soluble carbohydrates (%) | Protein (%) | Digestibility (%) | NDF |
| مایه‌زنی با باکتری | | | | | | | | |
| Biofertilizer | 6.759d | 2.812d | 7.72e | 25.37a | 17.56d | 8.62e | 53.73d | 31.94d |
| مایه‌زنی با باکتری و ۲۵ درصد کود فسفر | | | | | | | | |
| Biofertilizer + Phosphorus 25 % | 7.007c | 2.928c | 7.90d | 23.09b | 19.49c | 9.14d | 56.39c | 33.78c |
| مایه‌زنی با باکتری و ۵۰ درصد کود فسفر | | | | | | | | |
| Biofertilizer + Phosphorus 50 % | 8.102b | 3.411b | 8.18c | 15.46c | 22.38ab | 10.86b | 61.0b | 35.53b |
| مایه‌زنی با باکتری و ۷۵ درصد کود فسفر | | | | | | | | |
| Biofertilizer + Phosphorus 75 % | 8.658a | 3.644a | 8.26b | 16.29c | 23.04a | 11.62a | 62.05a | 37.23a |
| ۱۰۰ درصد کود فسفر | | | | | | | | |
| Phosphorus 100 % | 8.857a | 3.717a | 8.43a | 25.78a | 21.85b | 10.05c | 60.45b | 36.74a |

در هر ستون میانگین‌ها با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different.

سال اول اعمال تنش آبی نیز منجر به کاهش ۲/۷۸ و ۱۲/۰۷، ۲۲/۲۱ درصدی به ترتیب در تیمارهای تنش شدید، متوسط و کم، نسبت به تیمار بدون تنش رطوبتی شد. این در حالی بود که اعمال تنش رطوبتی تا حدودی منجر به بهبود وضعیت درصد قابلیت هضم علوفه در شرایط تنش شدید، متوسط و کم، نسبت به شرایط بدون تنش شد (جدول ۵). وارد و همکاران (Ward et al., 2001) نیز در تحقیقات خود نشان دادند که عوامل محیطی مانند دما، تنش رطوبتی، سایه، بافت خاک و غیره بر قابلیت هضم تاثیر گذارند. در سال دوم نیز اثر تیمار کودی برای اکثر صفات مورد مطالعه به غیر از پروتئین خام و کربوهیدرات محلول در آب معنی دار بود. در این سال همچنین اثر متقابل تنش و کود فسفر نیز به غیر از صفت پروتئین خام، برای تمامی صفات معنی دار به دست آمد (جدول ۳). بیشترین عملکرد علوفه تر و خشک به دست آمده نیز در این سال مربوط به تیمار بدون مایه‌زنی و ۱۰۰ درصد کود فسفر بود (جدول‌های ۶ و ۷). از نظر درصد قابلیت هضم نیز تیمار مایه‌زنی با باکتری و ۵۰ درصد کود فسفر بالاترین درصد قابلیت هضم را نشان دادند که این مقدار از نظر آماری با تیمار بدون مایه‌زنی و ۱۰۰ درصد کود فسفر تفاوت معنی داری نداشت. این در حالی است که تیمار مایه‌زنی با باکتری و ۷۵ درصد کود فسفر از نظر عملکرد علوفه تر و خشک در جایگاه دوم قرار داشت. همان گونه که ملاحظه می‌شود تاثیر سال در آزمایش انجام شده به وضوح قابل مشاهده است. تغییر محل اجرای آزمایش و همچنین سال اجرای آزمایش از عواملی است که

در نتایج آزمایش بسیار تاثیر گذارند. از طرفی استفاده از باکتری‌های حل کننده فسفات که بسیار مؤثرتر از جمعیت باکتری خاک است نیز در نتایج حاصل مؤثر خواهد بود.

در سال دوم نیز اعمال تنش آبی منجر به کاهش ۲/۶۱ و ۱۲/۵۷، ۲۲/۱۵ درصدی به ترتیب در تیمارهای تنش شدید، متوسط و کم، نسبت به تیمار بدون تنش رطوبتی شد (جدول ۸).

با توجه به این که یکی از اهداف انجام این آزمایش بررسی و کارایی استفاده از باکتری‌های حل کننده فسفر و اثر بخش آن‌ها در شرایط تنش رطوبتی بود بنابراین بررسی اثر متقابل تنش و کود فسفر از اهمیت بالایی برخوردار بود، لذا بررسی و توضیح آن نسبت به سایر منابع تغییرات از اهمیت بالاتری برخوردار است.

همان‌طور که در جدول‌های ۶ و ۹ ملاحظه می‌شود در هر دو سال اجرای آزمایش بیشترین عملکرد علوفه تر از تیمار بدون مایه‌زنی و ۱۰۰ درصد کود فسفر با شرایط تنش کم به دست آمد، ولی این مقدار با عملکرد حاصل برای تیمار مایه‌زنی با باکتری و بدون تنش رطوبتی تفاوت مایه‌زنی داشت. با این وجود در حالت استفاده از کود زیستی عملکرد علوفه در شرایط ایجاد تنش تا حدود زیادی بهبود یافته بود، هر چند که با افزایش میزان درصد کود فسفر تفاوت بین شرایط تنش دار و بدون تنش کمتر شد به طوری که در تیمارهای مایه‌زنی با باکتری و ۷۵ درصد کود فسفر و مایه‌زنی با باکتری و ۵۰ درصد کود فسفر تا حدود زیادی این تفاوت‌ها از نظر آماری معنی دار نشد. آن چه که بیش از هر چیز دیگری نمود داشت تاثیر تیمار

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات ذرت علوفه‌ای در سطوح مختلف تنش در سال زراعی ۱۳۹۱
Table 5. Mean comparison of forage corn traits in different levels of stress in 2012

| سطوح فسفر | عملکرد علوفه تر | عملکرد علوفه خشک | خاکستر کل | کربوهیدرات محلول در آب | پروتئین خام | قابلیت هضم | NDF |
|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------|---------------------------------|-------------|-------------------|--------|
| Phosphorus levels | Forage yield (kgm ⁻²) | Dry matter yield (kgm ⁻²) | Total ash (%) | Water soluble carbohydrates (%) | Protein (%) | Digestibility (%) | |
| Intensive stress تنش شدید | 6.752d | 3.176b | 8.63a | 19.79d | 9.58d | 59.63a | 34.43d |
| Mild stress تنش متوسط | 7.633c | 3.359a | 8.22b | 20.19c | 10.28b | 59.06b | 34.75c |
| Very mild stress تنش کم | 8.439b | 3.375a | 8.90c | 20.99b | 10.48a | 58.46c | 35.26b |
| Control بدون تنش (شاهد) | 8.681a | 3.298a | 7.63d | 22.49a | 9.88c | 57.76d | 35.72a |

در هر ستون میانگین‌ها با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل کود فسفر در تنش بر صفات مختلف ذرت علوفه‌ای در سال زراعی ۱۳۹۱

Table 6. Mean comparison of interaction effect of phosphorus chemical fertilizer × stress on different traits of forage corn in 2012

| سطوح کود فسفر | Stress levels | سطوح تنش | عملکرد علوفه تر Forage yield (kgm ⁻²) | عملکرد علوفه خشک Dry matter yield (kgm ⁻²) | پروتئین خام Protein (%) | قابلیت هضم Digestibility (%) | دیواره سلولزی منهای همی سلولز ADF | کربوهیدرات محلول در آب Water soluble carbohydrates (%) |
|--|------------------|-----------------|--|---|----------------------------|---------------------------------|---|---|
| Phosphorus levels | Intensive stress | تنش شدید | 4.91j | 2.313i | 7.89i | 53.75hij | 26.91a | 15.94i |
| | Mild stress | تنش متوسط | 6.28hi | 2.767gh | 8.59h | 53.23ij | 26.66a | 16.34i |
| | Very mild stress | تنش کم | 7.48g | 2.993fg | 8.79gh | 52.63j | 26.34a | 17.14i |
| | Control | بدون تنش (شاهد) | 8.35def | 3.175def | 9.19fgh | 55.30ghi | 21.58b | 20.82fg |
| مایه‌زنی با باکتری Biofertilizer | Intensive stress | تنش شدید | 5.64ij | 2.657h | 8.67h | 57.39fg | 23.13b | 18.42h |
| | Mild stress | تنش متوسط | 6.50h | 2.863fgh | 9.38fg | 56.64g | 22.89b | 18.81h |
| | Very mild stress | تنش کم | 7.84efg | 3.135ef | 9.57ef | 56.05g | 22.58b | 19.62gh |
| | Control | بدون تنش (شاهد) | 8.03defg | 3.055fg | 8.94fgh | 55.47gh | 23.78b | 21.13ef |
| مایه‌زنی با باکتری و ۲۵ درصد کود فسفر Biofertilizer + Phosphorus 25 % | Intensive stress | تنش شدید | 7.556fg | 3.552abc | 10.46d | 62.05abc | 14.99de | 21.42cdef |
| | Mild stress | تنش متوسط | 7.981defg | 3.513bc | 11.15bc | 61.52abcd | 14.74e | 21.81bcdef |
| | Very mild stress | تنش کم | 8.490cde | 3.395cde | 11.36b | 60.92bcde | 14.43e | 22.62abcd |
| | Control | بدون تنش (شاهد) | 8.380def | 3.185def | 10.46d | 59.54def | 17.71cd | 23.67a |
| مایه‌زنی با باکتری و ۵۰ درصد کود فسفر Biofertilizer + Phosphorus 50 % | Intensive stress | تنش شدید | 8.051defg | 3.788ab | 11.41b | 63.49a | 15.74de | 22.30abcde |
| | Mild stress | تنش متوسط | 8.596bcde | 3.783ab | 12.11a | 62.96ab | 15.51de | 22.71abc |
| | Very mild stress | تنش کم | 8.708bcd | 3.483bcd | 12.31a | 62.36abc | 15.19de | 23.51a |
| | Control | بدون تنش (شاهد) | 9.273abc | 3.521bc | 10.66cd | 59.41def | 18.74c | 23.64a |
| مایه‌زنی با باکتری و ۷۵ درصد کود فسفر Biofertilizer + Phosphorus 75 % | Intensive stress | تنش شدید | 7.591fg | 3.570abc | 9.48fg | 61.46abcd | 27.12a | 20.87gh |
| | Mild stress | تنش متوسط | 8.798bcd | 3.870a | 10.18de | 60.93cde | 26.87a | 21.27efg |
| | Very mild stress | تنش کم | 9.680a | 3.870a | 10.38d | 60.33cde | 26.57a | 22.07cdefg |
| | Control | بدون تنش (شاهد) | 9.358ab | 3.557abc | 10.16de | 59.06ef | 22.58b | 23.19bc |
| ۱۰۰ درصد کود فسفر Phosphorus 100 % | Intensive stress | تنش شدید | 7.591fg | 3.570abc | 9.48fg | 61.46abcd | 27.12a | 20.87gh |
| | Mild stress | تنش متوسط | 8.798bcd | 3.870a | 10.18de | 60.93cde | 26.87a | 21.27efg |
| | Very mild stress | تنش کم | 9.680a | 3.870a | 10.38d | 60.33cde | 26.57a | 22.07cdefg |
| | Control | بدون تنش (شاهد) | 9.358ab | 3.557abc | 10.16de | 59.06ef | 22.58b | 23.19bc |

در هر ستون میانگین‌ها با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different.

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات ذرت علوفه‌ای در سطوح مختلف کود فسفر در سال زراعی ۱۳۹۲

Table 7. Mean comparison of forage corn traits in different levels of phosphorus chemical fertilizer in 2013

| سطوح فسفر | عملکرد علوفه تر | عملکرد علوفه خشک | خاکستر کل | دیواره سلولزی منهای همی سلولز | قابلیت هضم | |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------|----------------------------------|-------------------|--------|
| Phosphorus levels | Forage yield (kgm ⁻²) | Dry matter yield (kgm ⁻²) | Total ash (%) | ADF | Digestibility (%) | NDF |
| بیوفرتیلایزر مایه‌زنی با باکتری | 7.128e | 2.830e | 8.17d | 25.02c | 56.25c | 45.45d |
| بیوفرتیلایزر + Phosphorus 25 % مایه‌زنی با باکتری و ۲۵ درصد کود فسفر | 7.554d | 2.998d | 8.31c | 25.93b | 57.31bc | 46.48c |
| بیوفرتیلایزر + Phosphorus 50 % مایه‌زنی با باکتری و ۵۰ درصد کود فسفر | 8.819c | 3.530c | 8.86a | 28.27a | 58.49a | 48.83b |
| بیوفرتیلایزر + Phosphorus 75 % مایه‌زنی با باکتری و ۷۵ درصد کود فسفر | 9.220b | 3.690b | 8.76b | 28.39a | 57.22bc | 48.75b |
| Phosphorus 100 % ۱۰۰ درصد کود فسفر | 9.811a | 3.910a | 8.32c | 28.11a | 57.52ab | 50.96a |

در هر ستون میانگین‌ها با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different.

جدول ۸- مقایسه میانگین صفات ذرت علوفه‌ای در سطوح مختلف تنش در سال زراعی ۱۳۹۲

Table 8. Mean comparison of forage corn traits in different levels of stress in 2013

| سطوح فسفر | عملکرد علوفه تر | عملکرد علوفه خشک | خاکستر کل | کربوهیدرات محلول در آب | قابلیت هضم | دیواره سلولزی منهای همی سلولز | |
|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------|---------------------------------|-------------------|----------------------------------|--------|
| Phosphorus levels | Forage yield (kgm ⁻²) | Dry matter yield (kgm ⁻²) | Total ash (%) | Water soluble carbohydrates (%) | Digestibility (%) | ADF | NDF |
| Intensive stress تنش شدید | 7.293d | 3.140d | 8.38c | 16.28a | 58.79a | 25.88c | 47.19d |
| Mild stress تنش متوسط | 8.243c | 3.387c | 8.43b | 15.86b | 55.85d | 27.09b | 47.93c |
| Very mild stress تنش کم | 9.114b | 3.536a | 8.56a | 15.17c | 56.45c | 27.72a | 48.46b |
| Control بدون تنش (شاهد) | 9.374a | 3.471b | 8.57a | 14.78d | 58.79b | 27.88a | 48.79a |

در هر ستون میانگین‌ها با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different.

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل کود فسفر در تنش بر صفات مختلف ذرت علوفه‌ای در سال زراعی ۱۳۹۲

Table 9. Mean comparison of interaction effect of phosphorus chemical × stress on different traits of forage corn in 2013

| سطوح کود فسفر | عملکرد علوفه تر | عملکرد علوفه خشک | قابلیت هضم | کربوهیدرات محلول در آب | دیواره سلولزی منهای همی سلولز | خاکستر کل | NDF | | |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------|---------|--------|--------|
| Phosphorus levels | Forage yield (kgm ⁻²) | Dry matter yield (kgm ⁻²) | Digestibility (%) | Water soluble carbohydrates (%) | ADF | Total ash (%) | | | |
| Stress levels | سطوح تنش | | | | | | | | |
| مایه‌زنی با باکتری Biofertilizer | Intensive stress | تنش شدید | 5.293s | 2.275s | 56.89ghi | 17.47a | 24.49k | 8.07j | 44.61n |
| | Mild stress | تنش متوسط | 6.813q | 2.793q | 55.91ijkl | 17.25a | 25.19jk | 8.15ij | 45.14m |
| | Very mild stress | تنش کم | 8.128o | 3.168n | 54.81l | 16.42b | 24.95jk | 8.23hi | 45.61l |
| | Control | بدون تنش (شاهد) | 8.362l | 3.093o | 57.40fgh | 16.40b | 25.43ij | 8.25gh | 46.43j |
| مایه‌زنی با باکتری و ۲۵ درصد کود فسفر Biofertilizer + Phosphorus 25 % | Intensive stress | تنش شدید | 6.01r | 2.580r | 58.39def | 17.18a | 25.09jk | 8.25gh | 45.25m |
| | Mild stress | تنش متوسط | 7.041p | 2.886p | 56.ijkl | 16.36b | 26.33gh | 8.32fg | 45.94k |
| | Very mild stress | تنش کم | 8.513k | 3.319l | 55.93ijkl | 15.43d | 25.99hi | 8.35f | 47.19i |
| | Control | بدون تنش (شاهد) | 8.658j | 3.20m | 58.93cde | 15.33d | 26.31gh | 8.34f | 47.53h |
| مایه‌زنی با باکتری و ۵۰ درصد کود فسفر Biofertilizer + Phosphorus 50 % | Intensive stress | تنش شدید | 8.213n | 3.53i | 58.92cde | 15.84c | 26.97fg | 8.75c | 48.18g |
| | Mild stress | تنش متوسط | 8.64j | 3.545h | 56.54hij | 14.72e | 27.94de | 8.83b | 48.58f |
| | Very mild stress | تنش کم | 9.175h | 3.577g | 57.81efg | 14.76e | 29.72a | 8.95a | 48.98e |
| | Control | بدون تنش (شاهد) | 9.355f | 3.459k | 60.70a | 14.45ef | 28.46cd | 8.92ab | 49.58c |
| مایه‌زنی با باکتری و ۷۵ درصد کود فسفر Biofertilizer + Phosphorus 75 % | Intensive stress | تنش شدید | 8.78i | 3.774e | 59.53bc | 15.50d | 26.27gh | 8.69c | 48.22g |
| | Mild stress | تنش متوسط | 9.296g | 3.810d | 55.48jkl | 15.37d | 28.43cd | 8.61d | 48.59f |
| | Very mild stress | تنش کم | 9.407e | 3.668f | 58.14def | 14.74e | 29.25ab | 8.86b | 48.94e |
| | Control | بدون تنش (شاهد) | 9.486d | 3.507j | 55.74jkl | 14.32f | 29.62a | 8.88ab | 49.25d |
| ۱۰۰ درصد کود فسفر Phosphorus 100 % | Intensive stress | تنش شدید | 8.244m | 3.548h | 60.21ab | 15.38d | 26.56gh | 8.12j | 49.71c |
| | Mild stress | تنش متوسط | 9.534c | 3.906c | 55.34kl | 15.61ef | 27.60ef | 8.24gh | 51.39a |
| | Very mild stress | تنش کم | 10.485b | 4.088b | 55.56jkl | 14.50g | 28.69bc | 8.46e | 51.56a |
| | Control | بدون تنش (شاهد) | 11.074a | 4.096a | 58.96cd | 13.38cd | 29.58a | 8.46e | 51.17b |

در هر ستون میانگین‌ها با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

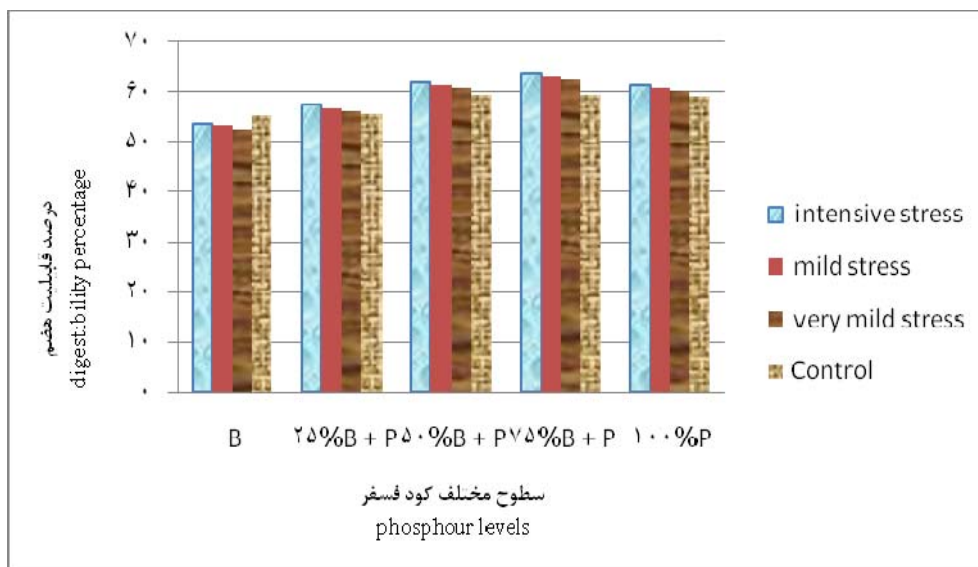
Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different.

هضم در کلیه تیمارها شد (شکل ۲).

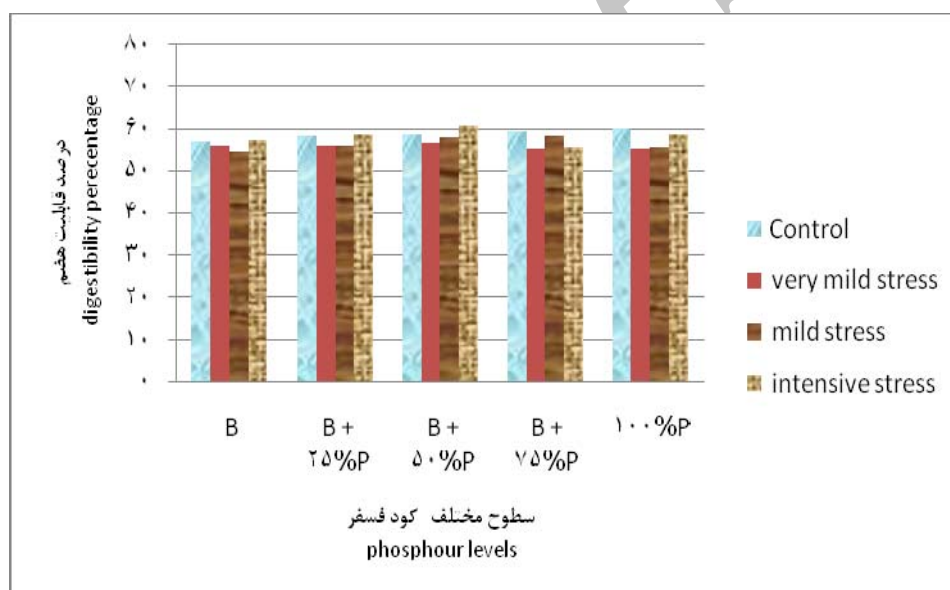
این در حالی است که در سال دوم این روند با شدت کمتری مشاهده شد به طوری که با افزایش میزان کود فسفر مصرفی درصد قابلیت هضم به خصوص در تنش شدید رطوبتی، روند افزایش داشت و با اعمال مایه زنی بذر با باکتری‌ها میزان قابلیت هضم با وجود کاهش مقدار آن نسبت به سال اول، روند افزایشی را به خصوص در تیمارهای مایه زنی با باکتری و ۷۵ درصد کود فسفر مورد استفاده، نشان داد (شکل ۳). به نظر می‌رسد وجود تریپتوفان به عنوان یک پیش ماده برای اکسین، تولید اکسین باکتریائی را تحریک می‌کند. همچنین اسیدهای آمینه‌ای مانند آسپاراژین، آلانین و لیزین در ترشحات ریشه‌ای ذرت وجود دارند که می‌توانند فعالیت آنزیم‌هایی مانند تریپتوفان آمینوترانسفراز را تحریک کنند (Olsen et al., 1954). به علاوه، قندهای موجود در ترشحات ریشه‌ای ذرت می‌توانند به عنوان منبعی برای کربن به وسیله باکتری‌ها استفاده شوند. بنابراین این ترکیبات نه تنها بر رشد گیاه تأثیر دارند، بلکه بر تولید اکسین نیز مؤثرند و می‌توانند عملکرد گیاه را ارتقاء بخشند.

افزایش درصد قابلیت هضم به عنوان مهم‌ترین صفت اساسی در تعیین کیفیت علوفه شناخته شده است (Mozafari and Abbasi, 2006). وارد و همکاران (Ward et al., 2001) با تحقیقی که بر روی گیاهان علوفه ای یک ساله تابستانه انجام دادند به این نتیجه رسیدند که ماده خشک قابل هضم همبستگی منفی با درصد پروتئین خام، درصد فیبرهای نامحلول در شوینده

مایه زنی بذر با باکتری در کاهش شرایط تنش بود، به طوری که در دو تیمار مایه زنی با باکتری و استفاده از ۷۵ و ۵۰ درصد کود فسفر تفاوت عملکردهای حاصل بسیار پایین بود. این درحالی بود که در تیمار بدون مایه زنی و ۱۰۰ درصد کود فسفر و همچنین تیمار مایه زنی با باکتری و ۲۵ درصد کود فسفر، تفاوت بین عملکردها در چهار سطح تنش رطوبتی بسیار چشم گیر بود. شاید علت عمده این تفاوت را در تثبیت کود فسفر در تیمار بدون مایه زنی و ۱۰۰ درصد کود فسفر و کمبود کود لازم در تیمار مایه زنی با باکتری و ۲۵ درصد کود فسفر دانست. بنابراین نتایج این آزمایش‌ها حاکی از آن است که وجود میزان مناسبی از کود فسفر به همراه انجام فرآیند مایه زنی بذر با باکتری‌های حل کننده فسفات نه تنها تامین کننده بخش قابل توجهی از کود مورد نیاز گیاه است، بلکه باعث افزایش توانایی گیاه در تحمل شرایط تنش‌های محیطی از جمله تنش رطوبتی را نیز فراهم می‌کند. همان طور که نتایج دیگر محققین نیز بر این مطلب تاکید داشته است (Marulanda et al., 2008). از نظر درصد قابلیت هضم نیز مشاهده شد که زمانی که بذر با باکتری‌ها مایه زنی شدند، با افزایش میزان درصد کود فسفر قابلیت هضم نیز افزایش یافت. هرچند که در تیمار بدون مایه زنی با باکتری و ۱۰۰ درصد کود فسفر درصد قابلیت هضم بالایی را نشان داد، ولی این مقدار در تیمارهای مایه زنی شده با باکتری و ۷۵ و ۵۰ درصد کود فسفر وضعیت مطلوب تری را نشان داد. در حالت کلی نیز مشخص شد که وجود تنش رطوبتی تا حدودی باعث افزایش درصد قابلیت



شکل ۲- اثر متقابل سطوح مختلف فسفر در تنش برای درصد قابلیت هضم در سال ۱۳۹۱
 Fig. 2. Interaction effect of different levels of phosphorus×stress on digestibility percentage in 2012



شکل ۳- اثر متقابل سطوح مختلف فسفر در تنش برای درصد قابلیت هضم در سال ۱۳۹۲
 Fig. 3. Interaction effect of different levels of phosphorus×stress on digestibility percentage in 2013

همکاران (به نقل از Ehteshami *et al.*, 2013a) نیز گزارش داد که کاهش ADF علوفه سبب افزایش کیفیت علوفه می‌شود. مشخص شده است که باکتری‌های حل‌کننده فسفات با تولید یون H^+

اسیدی و خاکستر دارد. وینبرگ و همکاران (Weinberg *et al.*, 2007) در آفتابگردان نشان دادند گیاهانی که رطوبت بیشتری در یافت می‌کنند ADF و NDF بیشتری دارند. فولگوئیرا و

باشد. همچنین باکتری‌های حل‌کننده فسفات فعالیت چشمگیری داشته و نسبت به تیمار شاهد و کود شیمیائی تلاش بیشتری برای جذب رطوبت و عناصر غذایی از خود نشان داده‌اند تا از این طریق بتوانند از کاهش عملکرد گیاه بکاهند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از رئیس مرکز آموزش کشاورزی شهید ناصری کرج و همچنین کارکنان این مرکز به دلیل همکاری و مساعدت‌های لازم در اجرای این تحقیق، تشکر و سپاسگزاری می‌شود.

و انواع اسیدهای آلی به ویژه اسیدهای کتوگلوکونیک، سیتریک، اگزالیک، مالیک می‌توانند در آزادسازی عناصر غذایی از ترکیب‌های معدنی نامحلول مؤثر باشند. همچنین بسیاری از این باکتری‌ها قادر به ترشح آنزیم‌های فسفاتاز (اسیدی و قلیائی) هستند که با معدنی کردن ترکیب‌های آلی، یون‌های قابل جذب برای گیاه را فراهم می‌سازند، اما شواهد حاکی از آن است که به دلیل وجود باکتری‌های حل‌کننده فسفات، شرایط مناسب‌تری برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه وجود دارد و این عامل در درصد بازده زراعی باکتری‌های مورد استفاده می‌تواند مؤثر

References

- Alef, K., and Nannipieri, P. 1995.** Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, New York, USA.
- Demissie, Sh., Muleta, D., and Bercha, G. 2013.** Effect of phosphate solubilizing bacteria on seed germination and seedling growth of faba bean (*Vicia faba* L.). International Journal of Agricultural Research 8(3): 123-136.
- Ehteshami, S. M. R., Abbasi, M. R., and Khavazi, K. 2013a.** Effect of *Pseudomonas putida* on yield and phosphorus uptake of three forage sorghum cultivars in Varamin. Soil Biology 1(2): 133-144 (in Persian).
- Ehteshami, S. M. R., Hakimian, F., Yousefi Rad, M., and Chaichi, M. R. 2013b.** Effect of phosphorus fertilizer integrated management on grain yield and its components in two fall forage barley cultivars. Agronomy Journal (Pajouhesh va Sazandegi) 10(1): 192-200 (in Persian)
- Ehteshami, S. M. R., Janzamani, I., Ramezani, M., Khavazi, K., and Zand, B. 2013c.** Effect on integrated management of phosphorus fertilizer on quantitative and qualitative yield of two forage corn cultivars in Varamin. Crop Improvement 15(1): 95-110 (in Persian)

- Hanks, R. J., Keller, J., Rasmussen, V. P., and Wilson, G. D. 1976.** Line Source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. *Soil Science Society of America Journal* 40: 426-429.
- Ilyas, N., Bano, A., Iqbal, S., and Raja, N. I. 2012.** Physiological, biochemical and molecular characterization of *Azospirillum* spp., isolated from maize under water stress. *Pakistan Journal of Botany* 44(1): 71-80.
- Jafari, A., Connolly, V., Frolich, A., and Walsh, E. K. 2003.** A note on estimation of quality in perennial ryegrass by near infrared spectroscopy. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 42: 293-299.
- Johnson, D. E., Chaudhuri, U. N., and Kanemasu, E. T. 1983.** Statistical analysis of line-source sprinkler irrigation experiments and other nonrandomized experiments using multivariate methods. *Soil Science Society of America Journal* 47: 309-312.
- Karimian, N. 1998.** Consequences of overuse of chemical fertilizers phosphorus. *Journal of Soil and Water* 12(4):15-23 (in Persian).
- Khan, A. A., Jilani, G., Akhtar, M. S., Naqvi, S. M. S., and Rasheed, M. 2009.** Phosphorus solubilizing bacteria: Occurrence, mechanisms and their role in crop production. *Journal of Agricultural Biological Sciences* 1: 48-58.
- Kohler, J., Caravaca, F., and Roland, A. 2009.** Effect of drought on the stability of rhizosphere soil aggregates of *Lactuca sativa* grown in a degraded soil inoculated with PGPR and AM fungi. *Applied Soil Ecology* 42: 160-165.
- Masjedi, A., Shokohfar, A., and Alavi-Fazel, M. 2009.** A survey of most suitable irrigation scheduling and effect of drought stress on yield for summer corn(SC 704) with class A evaporation pan in Ahvaz. *Journal of Crop Production and Processing* 12 (4): 543-550 (in Persian).
- Marulanda, A., Azco'n, R., Rui'z, J., Lozano, M., and Aroca, R. 2008.** Differential effects of a *Bacillus megaterium* strain on *Lactuca sativa* plant growth depending on the origin of the arbuscular mycorrhizal fungus coinoculated: physiologic and biochemical traits. *Journal of Plant Growth Regulation* 27: 10-18.
- Mozafari, J., and Abbasi, M. 2006.** Inheritance reserves of forage crop in National Plant Gene Bank of Iran. *Proceedings of the First National Forage Crops Congress of Iran, Karaj, Iran* (in Persian).
- Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., and Dean, L. A. 1954.** Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *United States Department of Agriculture Circular* 939: 1-19.

- Peix, A., Rivas-Boyere, A. A., and Mateos, P. F. 2001.** Growth promotion of chickpea and barley by a phosphate solubilizing strain of *Mesorhizobium mediterraneum* under growth chamber condition. *Soil Biology and Biochemistry* 33(1): 103-110.
- Rijsberman, F. 2002.** Challenge Program on Water and Food. CGIAR [On-line], 1. Available on the WWW. [Iwmi. Org/challenge-program](http://Iwmi.Org/challenge-program).
- Sandhya, V., Ali, S. K., Minakshi, G., Gopal, R., and Venkateswarlu, B. 2010.** Effect of plant growth promoting *Pseudomonas* spp. on compatible solutes, antioxidant status and plant growth of maize under drought stress. *Plant Growth Regulation* 62(1): 21-30.
- Savci, S. 2012.** An aricultural pollutant: chemical fertilizer. *International Journal of Environmental Science Development* 3: 77-80.
- Soroori, M., Ehteshami, S. M. R., Rabiee, M., and Khavazi, K. 2013.** Effect of cooperation of *Azotobacter chroococcum* strains on yield, yield components and qualitative indices of rapeseed (*Brassica napus* L.) in Rasht. *Crop Improvement* 15(1): 149-162 (in Persian)
- Ward, J. D., Redfearn, D. D., McCormick, M. E., and Cuomo, G. J. 2001.** Chemical composition, ensiling characteristics, and apparent digestibility of summer annual forages in a subtropical double-cropping system with annual ryegrass. *Dairy Science Journal* 84: 177-182.
- Weinberg, Z. G., Bar-Tal, A., Chen, Y., Gamburg, M., Brener, S., Dvash, L., Markovitz, T., and Landau, S. 2007.** The effects of irrigation and nitrogen fertilization on the ensiling of safflower (*Carthamus tinctorius*). *Animal Feed Science and Technology* 134: 152-161.
- Yasmin, H., Bano, A., and Samiullah, A. 2013.** Screening of PGPR isolates from semi-arid region and their implication to alleviate drought stress. *Pakistan Journal of Botany* 45: 51-58.
- Yazdani, M., Bahmanyar, M. A., Pirdashti, H., and Esmaili, M. A. 2009.** Effect of phosphate sulubilization microorganisms and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of corn. *International Journal of Biology Life Science* 1: 2-10.