

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* ۳۰-۲ (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

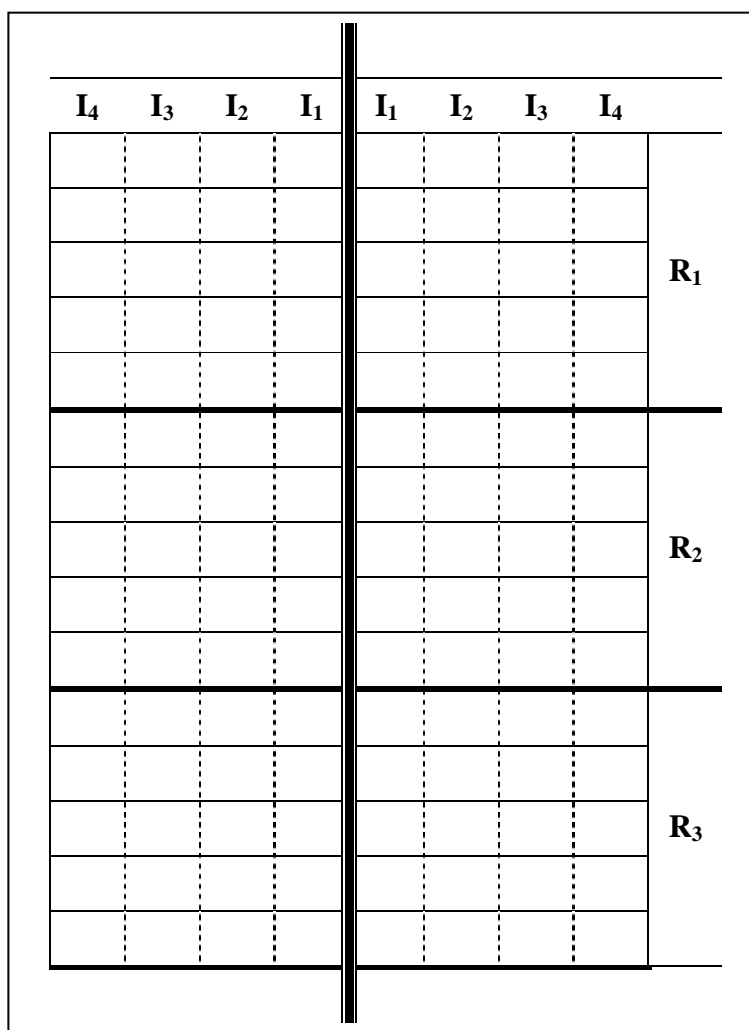
مواد و روش‌ها

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, 4 (*Pseudomonas fluorescens* Strains 169, 4), 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، نمونه‌برداری 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 آبپاش با دورتر شدن از خط لوله آبپاش 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	نیتروژن	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	
	درجه آزادی		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	درجه آزادی	میانگین مربعات MS							
			عملکرد علوفه تر	عملکرد علوفه خشک	قابلیت هضم	پروتئین خام	درصد کربوهیدرات محلول در آب	دیواره سلولزی منهای همی سلولز	خاکستر کل	NDF
		df.	Forage yield	Dry matter yield	Digestibility	Protein	Water soluble carbohydrates	Acid detergent fiber	Total ash	NDF
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 Phosphorus levels	عملکرد علوفه تر Forage yield (kgm ⁻²)	عملکرد علوفه خشک Dry matter yield (kgm ⁻²)	خاکستر کل Total ash (%)	دیواره سلولزی منهای همی سلولز ADF	کربوهیدرات محلول در آب Water soluble carbohydrates (%)	پروتئین خام Protein (%)	قابلیت هضم 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.

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 ۲۲/۱۵، ۱۲/۵۷ و ۲/۶۱ 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 علوفه‌تر 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

سال اول اعمال تنش آبی نیز منجر به 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. 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

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		
Phosphorus levels	Forage yield (kgm ⁻²)	Dry matter yield (kgm ⁻²)	Total ash (%)	Water soluble carbohydrates (%)	Protein (%)	Digestibility (%)	NDF	
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	عملکرد علوفه تر	عملکرد علوفه خشک	پروتئین خام	قابلیت هضم	دیواره سلولزی منهای همی سلولز	کربوهیدرات محلول در آب		
Phosphorus levels	Forage yield (kgm ⁻²)	Dry matter yield (kgm ⁻²)	Protein (%)	Digestibility (%)	ADF	Water soluble carbohydrates (%)		
Stress levels	سطوح تنش							
مایه‌زنی با باکتری Biofertilizer	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 و ۲۵ درصد کود فسفر Biofertilizer + Phosphorus 25 %	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 ۵۰ درصد کود فسفر Biofertilizer + Phosphorus 50 %	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 ۷۵ درصد کود فسفر Biofertilizer + Phosphorus 75 %	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
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
مایه‌زنی با باکتری						
Biofertilizer	7.128e	2.830e	8.17d	25.02c	56.25c	45.45d
مایه‌زنی با باکتری و ۲۵ درصد کود فسفر						
Biofertilizer + Phosphorus 25 %	7.554d	2.998d	8.31c	25.93b	57.31bc	46.48c
مایه‌زنی با باکتری و ۵۰ درصد کود فسفر						
Biofertilizer + Phosphorus 50 %	8.819c	3.530c	8.86a	28.27a	58.49a	48.83b
مایه‌زنی با باکتری و ۷۵ درصد کود فسفر						
Biofertilizer + Phosphorus 75 %	9.220b	3.690b	8.76b	28.39a	57.22bc	48.75b
۱۰۰ درصد کود فسفر						
Phosphorus 100 %	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
تنش شدید	7.293d	3.140d	8.38c	16.28a	58.79a	25.88c	47.19d
تنش متوسط	8.243c	3.387c	8.43b	15.86b	55.85d	27.09b	47.93c
تنش کم	9.114b	3.536a	8.56a	15.17c	56.45c	27.72a	48.46b
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.

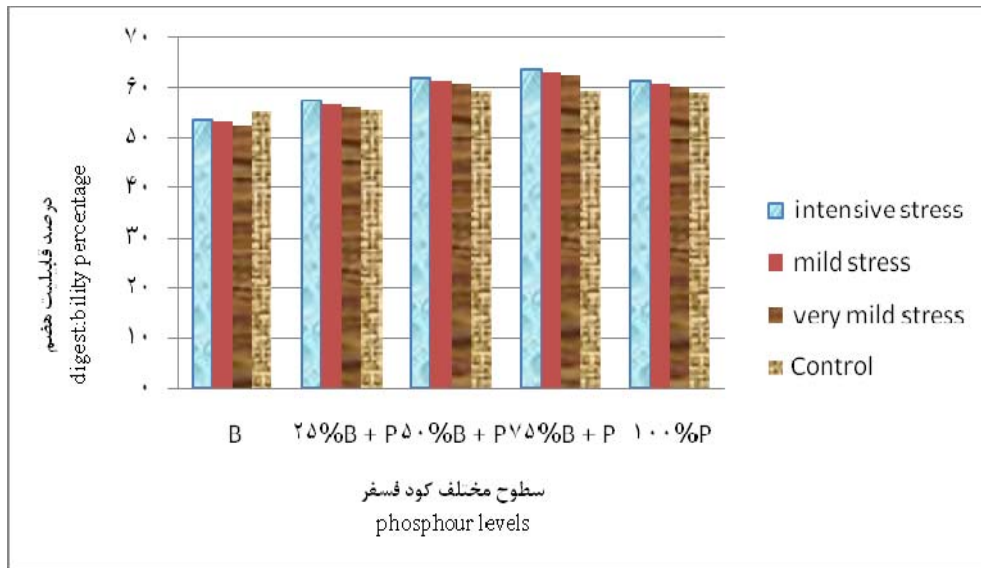
Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different.

هضم در کلیه تیمارها شد (شکل ۲).

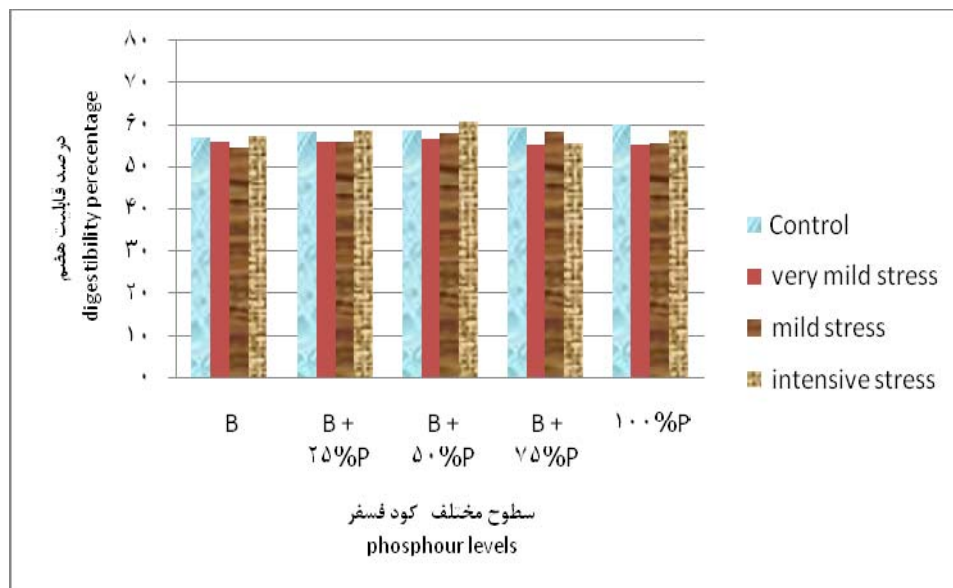
این در حالی است که در سال دوم این روند با شدت کمتری مشاهده شد به طوری که با افزایش میزان کود فسفر مصرفی درصد قابلیت هضم به خصوص در تنش شدید رطوبتی، روند افزایش داشت و با اعمال مایه زنی بذر با باکتری‌ها میزان قابلیت هضم با وجود کاهش مقدار آن نسبت به سال اول، روند افزایشی را به خصوص در تیمارهای مایه زنی 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.

