مجله علوم كشاورزي ايران
جلد ۳۷، شماره ۱، سال ۱۳۸۵ (۱۵۶-۱۴۹)

بررسي اثرات باكتري هاي حل كننده فسفات و ماده آلي بر قابليت جذب فسفر از منبع خا ك فسفات با استفاده از تكنيك رقت ايزوتوپي

رامين ايراني پور[۱]، محمد جعفر ملكوتي[۲]، محمد جواد عابدي[۳]، اشرف السادات سجادي[۴] و حسين غفوريان[۵]
۱ عضو هيئت علمي مركز تحقيقات كشاورزي استان چهارمحال و بختياري ۲ استاد دانشگاه تربيت مدرس
۳ استاد واحد علوم و تحقيقات ٤، استاد پژوهش سازمان تحقيقات كشاورزي
۵، استاد پژوهش سازمان انرژي اتمي ايران
تاريخ پذيرش مقاله ۸۳/۱۱/۲۱

خلاصه

به منظور بررسي اثرات باكتري‌هاي حل كننده فسفات و ماده آلي بر قابليت جذب فسفر از منبع خاك فسفات و مطالعه اثرات باقيمانده تيمارها، آزمايشي در قالب طرح آماري بلوكهاي كامل تصادفي در دو بخش مزرعه‌اي و يك بخش گلخانه‌اي × با ۶ تيمار در سه تكرار در كرتهايي به مساحت ۱۵ متر مربع اجرا گرديد. بخش اول اجراي تحقيق با كشت گياه ذرت در شرايط مزرعه به منظور مطالعه اثرات اصلي تيمارها، بخش دوم اجراي تحقيق با كشت جو در شرايط مزرعه به منظور مطالعه اثرات باقيمانده تيمارها و بخش سوم اجراي تحقيق با كشت گياه ذرت در گلدان هاي محتوي خاك نشان دار به منظور محاسبه درصد جذب فسفر از منبع كود (تيمار) و محاسبه كارايي مصرف كود، اجرا گرديد. تيمارهاي مورد استفاده در تحقيق عبارت بودند از: **T1**= شاهد (بدون استفاده از كود فسفاتي)؛ **T2**= فسفر از منبع سوپرفسفات تريپل؛ **T3**= فسفر از منبع خاك فسفات؛ **T4**= فسفر از منبع خاك فسفات + باكتري هاي حل كننده فسفات؛ **T5**= فسفر از منبع خاك فسفات + ماده آلي و **T6**= فسفر از منبع خاك فسفات + باكتري هاي حل كننده فسفات + ماده آلي. پس از برداشت محصول در هر يك از بخش‌هاي اجراي آزمايش نسبت به تجزيه آماري شاخص‌هاي اندازه‌گيري، شده اقدام گرديد. شاخص‌هاي مورد نظر براي محصول ذرت شامل عملكرد خشك، درصد كل ماده خشك در بوته، سرعت رشد محصول، مقدار فسفر و روي در برگ، عملكرد كل فسفر، كارايي زراعي ، مقدار فسفر قابل جذب خاك، درصد جذب فسفر از منبع كود، كارايي مصرف كود و شاخص‌هاي مورد نظر براي محصول جو شامل عملكرد كاه، عملكرد دانه، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و كارايي زراعي تيمارها بود. نتايج اين بررسي نشان داد كه اثرات اصلي تيمارها بر عملكرد خشك، درصد كل ماده خشك در بوته، سرعت رشد محصول، كارايي مصرف كود، كارايي زراعي نسبي و درصد جذب فسفر از منبع كود در سطح يك درصد معني دار گرديد ولي اثرات اصلي تيمارها بر مقدار فسفر و روي در برگ، عملكرد كل فسفر و مقدار فسفر قابل جذب خاك معني‌دار نگرديد. اثرات باقيمانده تيمارها بر عملكرد كاه، عملكرد دانه، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و كارايي زراعي نسبي تيمارها معني‌دار نگرديد. جمع بندي نتايج اين تحقيق نشان داد كه استفاده از خاك فسفات به تنهايي تاثيرات اصلي و باقيمانده مثبت و معني داري نداشت ولي استفاده از خاك فسفات به همراه باكتري هاي حل كننده فسفات اثرات اصلي مثبت و معني داري از خود بر جاي گذاشت و تاثيرات خود را با قاطعيت نشان داد. در

مكاتبه كننده: محمدجعفر ملكوتي e-mail: mjmalakouti@hatmail.com

ارتباط با اثرات باقيمانده، تيمار خاك فسفات به همراه باكتري هاي حل كننده فسفات و مواد آلي داراي برتري نسبي و بيشترين تاثيرات باقيمانده بود، اگر چه اين تاثيرات از نظر آماري معني دار نبود.

واژه‌هاي كليدي: باكتري حل كننده فسفات، مواد آلي، خاك فسفات، **Pdff**، فسفر نشان‌دار، تكنيك رقت ايزوتوپي.

مقدمه

در خاك ريزجانداران‌هايي وجود دارند كه قادرند، با توليد متابوليتهاي اوليه و ترشح آنها در خاك، برروي كانيهاي معدني و تركيبات آلي فسفاته اثر گذاشته، موجبات آزاد سازي فسفر از آنها گردند. ميكروارگانيسم‌هاي حل كننده فسفات به گروه نامتجانسي از ميكروارگانيسم ها اطلاق مي‌شود كه قادرند از طريق مكانيسم‌هايي چون ترشح اسيد، موجب آزادسازي فسفر از منابع فسفر نامحلول گردند(۱۸). دوبي و بيلور (۱۹۹۲) نشان دادند كه اضافه كردن خاك فسفات به همراه حل كننده‌هاي فسفات باعث افزايش عملكرد ذرت، بقولات و سيب‌زميني گرديد. آنها نشان دادند كه خاك فسفات را مي‌توان به همراه حل كننده‌هاي فسفات در خاكهاي خنثي و آهكي استفاده نمود. در تحقيقي كه توسط سينگ و كاپور (۱۹۹۲) بر روي گندم انجام گرفت تاثير تلقيح ميكروارگانيسم‌هاي حل كننده فسفات بر حلاليت فسفر از منبع خاك فسفات مورد بررسي قرار گرفت. نتايج نشان داد كه تلقيح خاك بوسيله حل كننده‌هاي فسفات باعث بهبود عملكرد محصول و جذب فسفر در خاكهاي آهكي داراي كمبود مواد غذايي شد. تاندون و پاراكاش (۱۹۹۸) با تلقيح خاك توسط ميكروارگانيسم‌هاي حل كننده فسفات جذب فسفر و عملكرد ماده خشك كلزا را نسبت به شاهد، بطور معني داري افزايش دادند. مقدار ماده آلي خاك به توازن بين سرعت تجزيه و افزايش اين مواد به خاك بستگي دارد. بررسيهاي انجام شده نشان داده است كه مواد آلي خاك تاثيرهاي مثبتي در افزايش استحكام خاكدانه‌ها، افزايش نفوذپذيري و بهبود شرايط تهويه خاك دارند و همچنين از نظر حاصلخيزي و تغذيه گياه به ويژه افزايش تحرك عناصر غذايي در خاك نقش اساسي دارند. مواد آلي خاك تاثيرهاي به سزايي بر افزايش قابليت جذب فسفر دارند، بررسي‌هاي اليوت و استيونسون (۱۹۸٦) نشان داده است كه مواد حاصل از تجزيه ميكروبي و مواد آلي از جمله اسيدهاي آلي و هوموس قادر به تشكيل كمپلكس‌هاي آلي با تركيبات آهن و آلومينيوم مي‌باشند. محبوس شدن آهن و آلومينيوم در اين نوع واكنش‌ها باعث كاهش ميزان تثبيت فسفر معدني مي‌گردد. بررسيهاي راستوگي و همكاران (۱۹۷۸) نشان دادكه اختلاط خاك فسفات با ماده آلي باعث افزايش قابليت جذب فسفر در يك نمونه خاك آهكي گرديد. تحقيقات سيفيوئنتس و همكاران (۱۹۸۳) نشان داد كه مصرف ماده آلي به همراه گوگرد بر اكسيداسيون آن افزود. تحقيقات عابدي و طالبدين (۱۹۷٤) نشان داد كه حداكثر ميزان جذب سطحي فسفر در خاك توسط ذرات آهك در محدوده اندازه ذرات سيلت انجام گرديد. نتايج بررسي هاي همين محققين نشان داد كه ميزان بازيافت فسفر از خاك تابع مستقيمي از كميت فسفر موجود در خاك و تابع معكوسي از سطح كل كربنات هاي خاك بود.

مواد و روش‌ها

در اين تحقيق به منظور بررسي اثرات اصلي و اثرات باقيمانده باكتري هاي حل كننده فسفات و ماده آلي بر قابليت جذب فسفر از منبع خاك فسفات (آپاتيت) آزمايشي در قالب طرح آماري بلوكهاي كامل تصادفي در شرايط مزرعه با ٦ تيمار در سه تكراردركرتهاي به مساحت ۱۵ مترمربع اجرا گرديد. تيمارهاي مورد استفاده در تحقيق عبارت بودند از : T_1= شاهد (بدون استفاده از كود فسفاتي)؛ T_2= فسفر از منبع سوپرفسفات تريپل (به ميزان ۱۵۰ كيلوگرم در هكتار براساس آزمون خاك)؛ T_3= فسفر از منبع خاك فسفات (به ميزان ۱۹٦/۳ كيلوگرم در هكتار براساس كميت فسفر مصرفي از منبع سوپرفسفات تريپل و درصد خلوص فسفر در نمونه خاك فسفات مصرفي: خاك فسفات مصرفي حاوي ۳۵ درصد P_2O_5 مي‌باشد)؛ T_4= فسفر از

منبع خاك فسفات به همراه باكتريهاي حل كننده فسفات (*Bacillus megaterium* L.). باكتري هاي مورد استفاده در تحقيق توسط بخش تحقيقات بيولوژي خاك موسسه تحقيقات خاك و آب با جمعيت 10^8 سلول در هر گرم carrier تهيه و مورد استفاده قرار گرفتند (مقدار مصرف طبق توصيه بخش تحقيقات بيولوژي خاك موسسه تحقيقات خاك و آب به ميزان يك گرم برمتر طول خطوط كشت بود). ؛ T_5= فسفر از منبع خاك فسفات به همراه ماده آلي (به ميزان ۲۶/۷ درصد وزن خاك فسفات مصرفي معادل ۵۲/٤ كيلوگرم در هكتار از منبع كود دامي) و T_6= فسفر از منبع خاك فسفات به همراه باكتريهاي حل كننده فسفات و ماده آلي. در اين بررسي مصرف كودهاي نيز براساس آزمون خاك و جداول توصيه كودي براي كليه تيمارها به طور يكنواخت انجام گرديد. بذر مورد استفاده در اجراي بخش اول آزمايش (كشت ذرت) بذر ذرت سينگل كراس ۱۰۸ (رقم زودرس) با تراكم ۱۰۰۰۰۰ بوته در هكتار براي كشت رديفي با فواصل بوته ۲۰ و فواصل رديف ۵۰ سانتي متر، و بذر مورد استفاده در اجراي بخش دوم آزمايش (كشت جو) از تودههاي محلي با مقدار مصرف ۱۲۰ كيلوگرم در هكتار بود (به منظور بررسي اثرات باقيمانده تيمارها، كشت محصول جو در همان كرتهاي مربوط به كشت محصول ذرت انجام گرديد). در بخش ديگري از اين تحقيق آزمايش جداگانهاي با استفاده از ^{32}P در شرايط گلخانهاي با همان تركيبات تيماري مورد اشاره در قبل اجرا گرديد. نمونههاي گياه اين آزمايش به دليل دارا بودن فسفر نشان دار با رعايت اصول ايمني برداشت و براي اندازهگيري فسفر نشان دار موجود در نمونهها به آزمايشگاه سازمان انرژي اتمي ارسال گرديد. در اين بررسي با نشان دار كردن خاك به وسيله تكنيك رقت ايزوتوپي امكان تشخيص منبع جذب فسفر، كميت فسفر جذب شده از هر منبع و سهم هر تيمار در كاهش يا افزايش قابليت جذب فسفر امكان پذير گرديد. پس از تزريق محلول حاوي ^{32}P (به فرم ارتو فسفات) به هر گلدان و برقراري تعادل، اكتيويته هر كيلوگرم خاك در زمان شروع آزمايش (وارد كردن تيمارها در هر گلدان و كشت بذر در آنها) معادل ۱۵۰ ميكروكوري ^{32}P بود. دوره رشد ۵۰ روز به طول انجاميد و در پايان نسبت به برداشت بوتهها از هر گلدان و خشك نمودن آنها در آون در دماي ۷۵ درجه سانتيگراد اقدام گرديد. سپس نمونههاي پودر شده جهت تعيين ميزان تابش پرتو به وسيله دستگاه شمارشگر بتا به آزمايشگاه پرتوسنجي سازمان انرژي اتمي ايران انتقال يافتند. پس از اندازهگيري ميزان تابش پرتوهاي بتا در نمونهها، نسبت به محاسبه ضرائب Pdff (درصد جذب فسفر از منبع تيمار) و Pdfs (درصد جذب فسفر از منبع خاك) اقدام گرديد. كليه محاسبات مربوط به Pdff بر اساس اكتيويته ويژه ميباشد (۹). مشخصات شيميايي و فيزيكي خاك محل اجراي آزمايش در جدولهاي يك و دو ارائه گرديده است.

جدول ۱- خصوصيات شيميايي خاك محل اجراي آزمايش(۱۳)

پ.هاش و هدايت الكتريكي (عصاره اشباع)		كاتيونهاي محلول (me/L)			آنيونهاي محلول (me/L)			ازت‌كل	ماده‌آلي	آهك	روي قابل جذب	فسفر قابل جذب	پتاسيم قابل جذب
pH	EC(dS/m)	$Ca^{2+}Mg^{2+}$	K^+	Na^+	HCO_3^-	$SO_4^=$	Cl^-	(%)	(%)	(%)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
۷/۸	۰/٦۷	٦/۰	۰/۹٤	۱/۱	٤/۰	۲/۰	۲/۰	۰/۰٦	۰/۵٦	۲۵	۰/٤٦	۸	٤۹۲

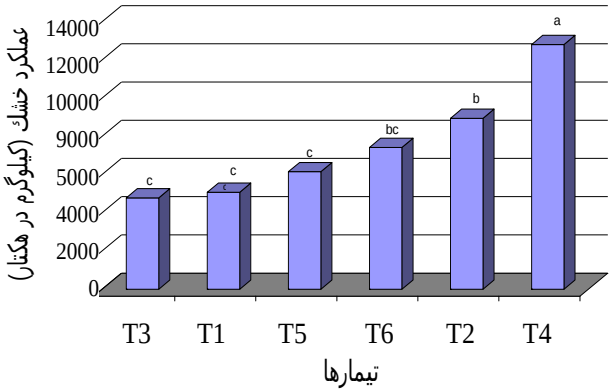
جدول ۲- خصوصيات فيزيكي خاك محل اجراي آزمايش(٤)

درصد ذرات خاك			بافت	درصد اشباع	وزن مخصوص ظاهري(gr/cm^3)
شن	سيلت	رس			
۲۳/۰	٤۸/٦	۲۸/٤	Clay loam	٤٦	۱/۳۸

نتايج

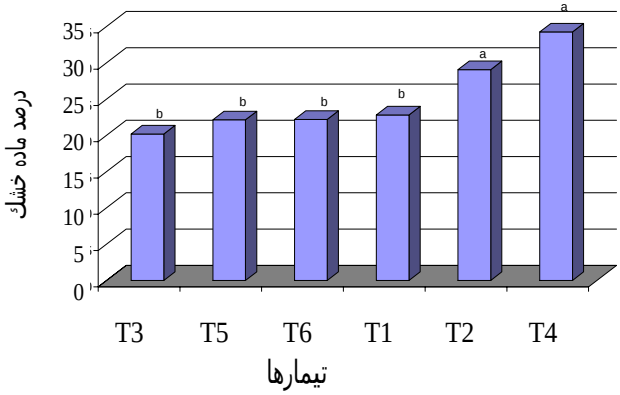
الف- نتايج تجزيه واريانس مربوط به اثرات اصلي تيمارها:

اثر تيمارها بر عملكرد خشك در سطح يك درصد معني‌دار گرديد. بيشترين عملكرد خشك (۱۲۸۱۱ كيلوگرم در هكتار) مربوط به تيمار T_4 (فسفر از منبع خاك فسفات + باكتري هاي حل كننده فسفات)بود كه براساس آزمون دانكن با ساير تيمارها در سطح پنج درصد اختلاف معني‌دار داشت (شكل ۱).



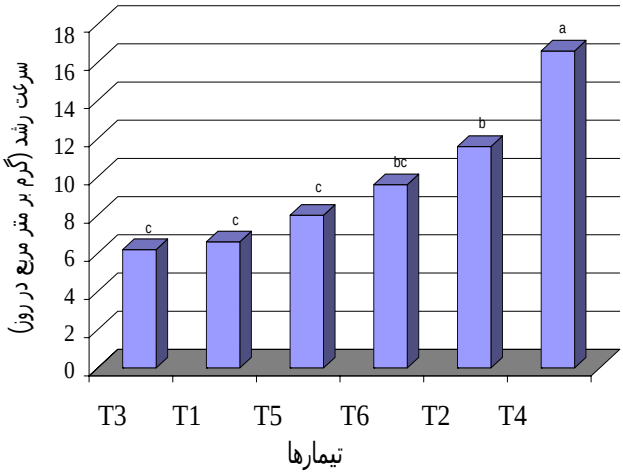
شكل ۱- اثرتيمارها بر عملكرد خشك محصول ذرت

اثر تيمارها بر درصد كل ماده خشك در بوته در سطح يك درصد معني‌دار گرديد. بيشترين درصد كل ماده خشك در بوته (۳٤/۲۵ درصد) مربوط به تيمار T_4 بود كه براساس آزمون دانكن با تيمارها يT_1 ، T_3 ، T_5 و T_6 در سطح پنج درصد اختلاف معني دار داشت (شكل ۲).



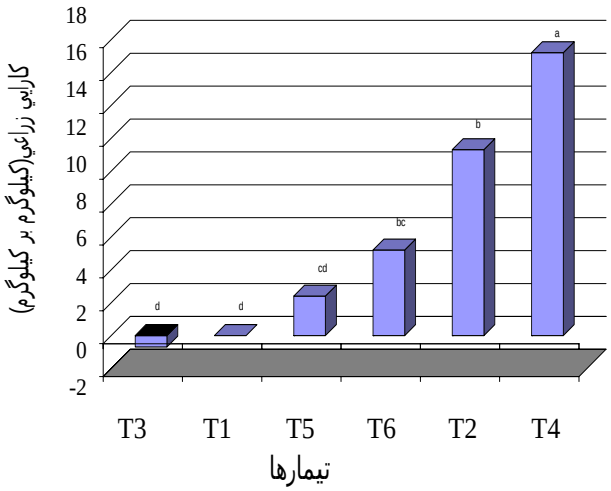
شكل ۲- اثر تيمارها بر درصد كل ماده خشك در بوته

اثر تيمارها بر سرعت رشد محصول در سطح يك درصد معني‌دار گرديد، بيشترين مقدار سرعت رشد محصول(۱٦/٦ گرم بر متر مربع در روز) مربوط به تيمار T_4 بود كه براساس آزمون دانكن با ساير تيمارها در سطح پنج درصد اختلاف معني‌دار داشت (شكل ۳).



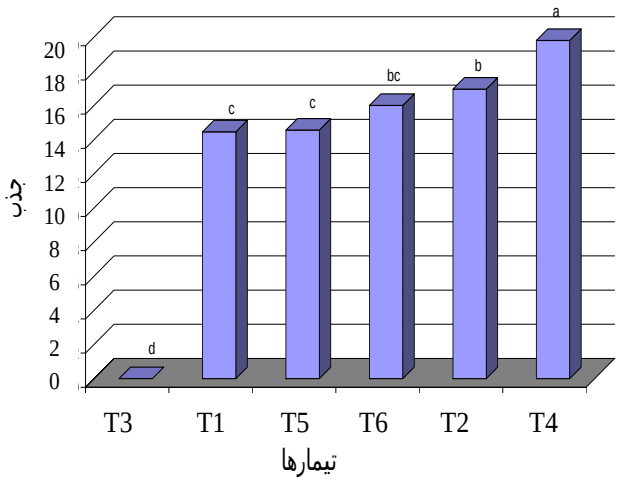
شكل ۳- اثر تيمارها بر سرعت رشد محصول ذرت

اثر تيمارها بر كارايي زراعي در سطح يك درصد معني‌دار گرديد. بيشترين كارايي زراعي نسبي (۱۷/۲ كيلوگرم بر كيلوگرم) مربوط به تيمار T_4 بود كه براساس آزمون دانكن با ساير تيمارها در سطح پنج درصد اختلاف معني‌دار داشت (شكل ٤).



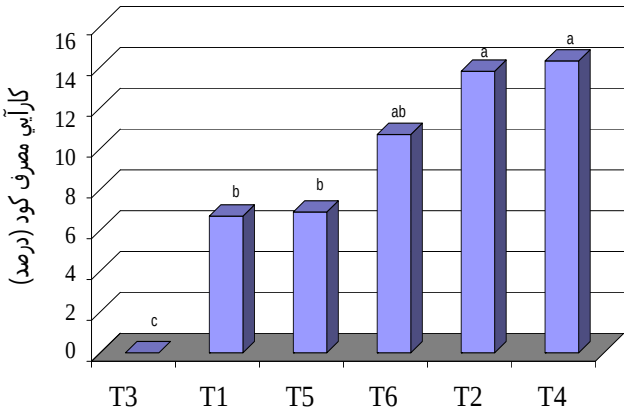
شكل ۲- اثر تيمارها بر كارايي زراعي

اثر تيمارها بر درصد جذب فسفر از منبع كود (Pdff) در سطح يك درصد معنيدار گرديد، بيشترين درصد جذب فسفر از منبع كود (۱۹/۸ درصد) مربوط به تيمار T_6 (فسفر از منبع خاك فسفات + باكتري هاي حل كننده فسفات + ماده آلي) بود كه براساس آزمون دانكن با ساير تيمارها در سطح پنج درصد اختلاف معنيدار داشت (شكل ۵).



شكل ۵- درصد جذب فسفر از منبع تيمار كودي

اثر تيمارها بر كارايي مصرف كود(FUE) در سطح يك درصد معنيدار گرديد. بيشترين كارايي مصرف (۱۴/۳ درصد) مربوط به تيمارT_4 بود كه براساس آزمون دانكن با تيمارهاي T_1، T_3و T_5 در سطح پنج درصد اختلاف معنيدار داشت(نمودار ٦). اثر تيمارها بر مقدار فسفر و روي در برگ، عملكرد كل فسفر و فسفر قابل جذب خاك معني دار نگرديد.



شكل ٦- اثر تيمارها بر كارايي مصرف كود

نتايج مربوط به تجزيه واريانس اثرات اصلي تيمارها بر شاخصهاي مورد بررسي در جدول سه و نتايج مقايسه ميانگينها در جدول ۵ ارائه گرديده است.

ب- نتايج مربوط به اثرات باقيمانده تيمارها

نتايج تجزيه واريانس اثر باقيمانده تيمارها بر عملكرد كاه، عملكرد دانه، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و كارايي زراعي تيمارها معنيدار نگرديد (جدول ٤).

جدول ۳- تجزيه واريانس اثرات اصلي تيمارها براي شاخص هاي مورد بررسي

منابع تغييرات	درجه آزادي	ميانگين مربعات					
		عملكرد خشك	درصد كل ماده خشك در بوته	درصد جذب فسفر از منبع كود	كارايي زراعي	سرعت رشد محصول	كارايي مصرف كود
تكرار	۲	۲۷۵۸۹۷/۷ ns	۰/۲۹۲۷ ns	۰/۰۷۰٤ ns	۱۹۰/۸۵ ns	۰/٤۷٦ ns	٤/۳٤ ns
تيمار	۵	۲۷۲۳۰۲٦٤/۷ ***	۹۱/٦٦ **	۱٤۵/۲۰***	۱۸۱۵۵/۱۵ ***	٤۵/۹۳ ***	۸٦/۲۳ **
خطا	۱۰	۲۱۰۷۱۵٦	۱۰/۳۰	۱/٤۵۱٤	۵۷٦/٦۲	۳/۵٦	۱۲/۰۸

**، معني دار در سطح احتمال يك درصد ns، غير معني دار

جدول ٤- تجزيه واريانس اثرات باقيمانده تيمارها بر شاخص هاي مورد بررسي

منابع تغييرات	درجه آزادي	ميانگين مربعات				
		عملكرد كاه	عملكرد دانه	وزن هزار دانه	شاخص برداشت	كارايي زراعي
تكرار	۲	۳۳۷۲۱۲/۳۸ ns	۵۳۵٤۳۹/۲٦ *	٤/۰۸۸ ns	۱۸۲/٤۲۳۹ ns	۱۲۸/٦ ns
تيمار	۵	٤۸۲۹۲۹/۳۳ ns	۲۸۸۰۵۱/۵۵ ns	۷/۷۹۹۵ ns	٤۸/۵٤٤۵ ns	۱۰۱۵۷/۲۸ ns

١٢٠٠/١٧٩٢	٤٥/٤٠٢٥	٦/٠٢٣	١٢٦٨٩٣/٨٤٣	١٥٩٨٣٦/٩٩	١٠	خطا

*، معني دار در سطح احتمال پنج درصد n s، غير معني دار

جدول ٥- مقايسه ميانگين اثرات اصلي تيمارها بر شاخص هاي مورد بررسي

تيمار	كارايي مصرف كود(درصد)	سرعت رشد محصول (گرم بر متر مربع در روز)	كارايي زراعي (كيلوگرم بر كيلوگرم)	درصد جذب فسفر از منبع كود	درصد كل ماده خشك در بوته	عملكرد خشك (كيلوگرم بر هكتار)
T_1=Control	٠ c	٦/٦c	٠ d	٠ d	٢٢/٨١b	٥٠٧٢/١c
T_2= TSP	١٣/٨ a	١١/٦b	b١٠٠	١٦/٩ b	٢٩/٠٦a	٨٩٤٤/٨b
T_3= Ap	٦/٧ b	٦/٢ c	-٧/٤٣ d	١٤/٥c	٢٠/١٩ b	٤٧٨٤/١c
T_4 = Ap+PSB	١٤/٣ a	١٦/٦ a	١٩٩/٨ a	١٦ bc	٣٤/٢٥ a	١٢٨١١/٣a
T_5 = Ap+OM	٦/٩ b	٨ c	٢٧/٩cd	١٤/٦c	٢٢/١٣ b	٦١٥٢/٩ c
T_6 = Ap+PSB+OM	١٠/٧ ab	٩/٦ bc	٦٠/٦bc	١٩/٨a	٢٢/١٩ b	٧٤١٩/٥bc
LSD 0.05	٦/٣٢	٣/٤٣	٤٣/٧	٢/١٩	٥/٨٤	٢٦٤٠/٨

مقايسه ميانگين ها با استفاده از آزمون دانكن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرديده است

ميانگين هاي داراي حروف مشترك در هر ستون تفاوت معني داري ندارند

ج- نتايج مربوط به آزمايش اثرات ايزوتوپي (مقايسه‌هاي آماري در جدول ٥ ارائه گرديده است):

در تيمار T_1=Soil* (تيمار شاهد= خاك نشان دار) بدليل عدم وجود هر گونه منبع ثانويه تأمين‌كننده فسفر تمامي نياز گياه به فسفر از منبع خاك تأمين گرديد و لذا ميزان جذب فسفر از منبع كود در اين تيمار صفر درصد بود.

Pdfs =%١٠٠ Pdff =٠

در تيمار T_2 =Soil*+TSP، بدليل وجود سوپرفسفات تريپل به عنوان منبع ثانويه تأمين‌كننده فسفر، گياه فسفر مورد نيازخود را از دو منبع خاك و كود تأمين نمود و لذا سهم خاك در مقايسه با تيمار شاهد در زمينه تأمين فسفر مورد نياز گياه از ١٠٠ درصد به ٨٣/١ درصد كاهش يافت و به عبارت ديگر ١٦/٩ درصد از فسفر مورد نياز گياه از منبع سوپرفسفات تريپل تأمين گرديد.

Pdfs=% ٨٣/١ Pdf(TSP)=%١٦/٩

در تيمار T_3=Soil*+Ap، بدليل وجود خاك فسفات (آپاتيت) به عنوان منبع ثانويه تأمين‌كننده فسفر، سهم خاك در مقايسه با تيمار شاهد در زمينه تأمين فسفر مورد نياز گياه از ١٠٠ درصد به ٨٥/٥ درصد كاهش يافت و به عبارت ديگر ١٤/٥ درصد فسفر مورد نياز گياه از منبع خاك فسفات تأمين گرديد. با توجه به حلاليت كم خاك فسفات در مقايسه با سوپرفسفات تريپل ملاحظه مي گردد كه در اين تيمار كميت جذب فسفر از منبع خاك در مقايسه با تيمار T_2 مجددا افزايش يافته است.

Pdfs=% ٨٥/٥ Pdf(Ap)=%١٤/٥

در تيمار T_4=Soil*+Ap+PSB، بدليل حضور باكتري هاي حل كننده فسفات در مجاورت خاك فسفات، سهم خاك براي تأمين فسفر مورد نياز گياه در مقايسه با تيمار شاهد كاهش يافت، بطوريكه سهم خاك در اين تيمار ٨٤ درصد و سهم (خاك فسفات + باكتري حل كننده فسفات) ١٦ درصد برآورد گرديد. با توجه به حلاليت كم خاك فسفات در مقايسه با سوپر فسفات تريپل ملاحظه مي‌گردد كه در اين تيمار كميت جذب فسفر از منبع خاك در مقايسه با تيمار T_2مجددا افزايش يافت ولي با توجه به حضورباكتري حل كننده فسفات به همراه خاك فسفات، مقدار آن از تيمار T_2 بيشتر و از تيمار T_3 كمتر بود.

سهم هر يك از عوامل در تأمين كل فسفر مورد نياز گياه به شرح ذيل بود:

Pdfs=% ۸٤ Pdf(Ap+PSB) =%١٦

در تيمار T_5= Soil*+Ap+OM، بدليل حضور ماده آلي در مجاورت خاك فسفات، سهم خاك براي تأمين فسفر مورد نياز گياه در مقايسه با تيمار شاهد كاهش يافت، بطوريكه سهم خاك در اين تيمار ۸۵/٤ درصد و سهم (خاك فسفات + ماده آلي) ١٤/٦ درصد برآورد گرديد. سهم هر يك از عوامل در تأمين فسفر مورد نياز گياه به شرح ذيل بود:

Pdfs=% ۸۵/٤ Pdf(Ap+OM)=%١٤/٦

در تيمار T_6 =Soil*+Ap+OM+PSB، بدليل حضور باكتري هاي حل كننده فسفات و ماده آلي در مجاورت خاك فسفات، سهم خاك براي تأمين فسفر مورد نياز گياه در مقايسه با تيمار شاهد كاهش يافت، بطوريكه سهم خاك در اين تيمار ۸۰/۲ درصد و سهم (خاك فسفات + باكتري حل كننده فسفات + ماده آلي) ۱۹/۸ درصد برآورد گرديد. سهم هر يك از عوامل در تأمين فسفر مورد نياز گياه به شرح ذيل بود:

Pdfs=% ۸۰/۲ Pdf(Ap+ PSB+OM) =%۱۹/۸

بحث

با توجه به نتايج حاصل از اين بررسي ملاحظه گرديد كه كاربرد خاك فسفات به تنهايي تأثير مثبت و معنيداري بر افزايش عملكرد محصول ذرت نداشت وفاقد تأثيرهاي باقيمانده به منظور افزايش عملكرد محصول جو بودكه از دلايل آن ميتوان به بالا بودن pH خاك فسفات مورد استفاده در تحقيق و كم بودن ميزان مواد آلي خاك و ظرفيت بافري نسبتاً قابل توجه خاك اشاره كرد. در ارتباط با اثرات اصلي تيمارها برروي عملكرد خشك، درصد كل ماده خشك در بوته، سرعت رشد محصول،كارايي جذب فسفر از منبع كود و كارايي زراعي نسبي، در تمامي موارد تيمار T_4 (فسفر از منبع خاك فسفات + باكتري هاي حل كننده فسفات) با قاطعيت برتري خود را نشان داد كه از دلايل آن ميتوان به اثرات مثبت باكتريهاي حل كننده فسفات در انحلال خاك فسفات و تامين فسفر مورد نياز گياه در طول فصل كشت اشاره كرد. پس از آن در تمامي موارد تيمار T_2 (سوپر فسفات تريپل) داراي بيشترين تاثير بود كه از دلايل آن ميتوان به سهولت جذب و بالابودن ميزان فسفر قابل جذب در كوتاه مدت از منبع سوپر فسفات تريپل اشاره نمود.

در ارتباط با اثرات باقيمانده تيمارها برعملكردكاه، تيمارT_5 (خاك فسفات + ماده آلي) داراي برتري نسبي و داراي بيشترين اثرات باقيمانده بود (اگرچه درمورد عملكرد كاه تاثيرهاي آن از نظر آماري معنيدار نبود). در مورد شاخصهاي عملكرد دانه، وزن هزار دانه و شاخص برداشت، تيمار T_6 (خاك فسفات + باكتري هاي حل كننده فسفات + ماده آلي) داراي برتري نسبي و بيشترين اثرات باقيمانده بود (اگرچه در مورد شاخصهاي اخير نيز اثر تيمارها از نظر آماري معني دار نبود). تقريبا در تمامي موارد فوق كمترين اثرات باقيمانده مربوط به تيمار T_3 (خاك فسفات) بود.

نتايج اين تحقيق اثرات اصلي و باقيمانده باكتري هاي حل كننده فسفات و ماده آلي را بر شاخصهاي عملكرد دومحصول ذرت و جو نشان داد. نتايج اين بررسي با نتايج تحقيقات مقصود و همكاران (١٩٩٤)، غني و همكاران (١٩٩٤)، ملكوتي و همكاران (٢٠٠١)، خاوازي و همكاران (٢٠٠١)، نور قلي پور و همكاران ١٣٧٩) در ارتباط با اثرات اصلي تيمارها برشاخصهاي رشد محصول و با نتايج تحقيقات راجان و همكاران (١٩٨٣ و ١٩٨٢) در ارتباط با اثرات باقيمانده تيمارها بر شاخصهاي عملكرد محصول جو مطابقت داشت.

منابع مورد استفاده

REFERENCES

١. نورقلي‌پور. ف.، م.ج. ملكوتي و ك. خاوازي. ١٣٧٩. نقش باكتري‌هاي تيوباسيلوس و حل كننده فسفات و تفاله چاي در تأمين فسفر مورد نياز ذرت از خاك فسفات. مجله علوم خاك و آب. ويژه نامه مصرف بهينه كود. جلد ١٢. شماره ١٤، ٢٥٠-٢٤٣. تهران، ايران.

2. Abedi, M. J., & O. Talibudeen.1974. The calcareous soils of Azerbaijan. I. Catena development related to the distribution and surface properties of soil carbonate. J. Soil. Sci. 25(3) 357-372

3. Abedi, M. J. & O. Talibudeen. 1974. The calcareous soils of Azerbaijan. II- Phosphate status. J. Soil. Sci., 25(3): 373-383
4. Campbell, G. S, D. R. Nielsen, R. D. Jackson, A. Klute. Chair, & M. M. Mortland. 1986. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. Second edition. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science of America, Inc. Madison, Wisconsin.
5. Cifuentes, F. R. & W. C. Lindemann. 1983. Organic matter stimulation of elemental sulfur oxidation in calcareous soil. Soil. Sci. Soc. Am. J., 57: 727-731.
6. Dubey, S. K. & S. D. Billore. 1992. Phosphate solubilizing microorganisms inoculant and their role in augmenting crop productivity in India: a review. Crop Research Hisar. 5: Suppl, 11.
7. Elliote, L. F. & F. J. Stevenson. 1986. Soils for management of organic wastes and waste waters. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Inc, Soil Science Society of America, Inc, 677-South Segoe Road. Madison. W. J.
8. Ghani, A., S. S. S. Rajan, & A. Lee. 1994. Enhancement of phosphate rock-solubility through biological process. Soil Biology and Biochemistry, 26: 127-136.
9. Hardarson. G. 1990. Use of nuclear techniques in studies of soil – plant relationship. Training course series No.2. International Atomic Energy Agency. Vienna.
10. Khavazi, K., F. Nourgholipour, & M. J. Malakouti. 2001. Effect of *thiobacillus* and phosphate solubilizing bacteria on increasing P availability from rock phosphate for corn. International meeting on direct Application of Rock Phosphate and Related Appropriate Technology Latest Development and Practical Experience. Kuala Lumpur. Malaysia.
11. Malakuti, M. J., K. Khavazi, H. Besharati, & F. Nourgholipour. 2001. Review on the direct application of rock phosphate on the calcareous soils of Iran (Country report). International meeting on direct application of rock phosphate and related appropriate technology – latest development and practical experiences. Kuala Lumpur. Malaysia.
12. Maqsood, A. C. & M. Salim. 1994. Growth responses of twelve wheat cultivars and their phosphorus utilization from rock phosphate. Journal of Agronomy and Crop Science, 173: 204-209.
13. Rajan, S. S. S. 1982b. Availability to plants of phosphate from “biosuper” and partially acidulate phosphate rock. New Zea. J. Agric. Res., 25: 355-261.
14. Page, A.L., D. R. Keeney, D. E. Backer, R. H. Miller, Jr. Roscoe Ellis & J. D. Rhods. 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science of America, Inc. Madiso, Wisconsin. USA.
15. Rajan, S. S. S. 1983. Effect of sulfur content of phosphate rock/sulfur granules on the availability of phosphate to plants. Fert. Res. 4: 287-296.
16. Rastogi, R. C., B. Mishra, & B. P. Ghildyal. 1976. Effect of pyrites and organic matter on release of phosphorus from rock phosphate. Journal of Indian Society of Soil Science. 24: 175-181.
17. Singh, S. & K. K. Kapoor. 1992. Inoculation with phosphate solubilizing microorganisms and a vesicular micorrhizal Fungus improves dry matter yield and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. Biology and fertility of soils, 28: 139- 144.
18. Suba Rao, N. S. 1988. Biofertilizers in agriculture. first ed. Oxford and IBH Co. New Dehli: India.
19. Tandon, V. & A. Parakash. 1998. Influence of soil inoculation with VAM and phosphorus solubilizing microorganisms on growth and phosphorus uptake in *sesamum indicium*. International Journal of Tropical Agriculture, 16: 201-209.