Archive of SID

اثر آزوسپیریلوم و اسیدیته قلیائی آب آبیاری بر عملکرد دانه و میزان پروتئین ارقام زراعی گندم

اکبر مستأجران[۱]، ریحانه عموآقائی[۲] و گیتی امتیازی[۱]

[۱]دانشگاه اصفهان، دانشکدهٔ علوم، گروه زیست شناسی

[۲]دانشگاه شهرکرد، دانشکده علوم، گروه زیشت شناسی

چکیده

در ایـن پژوهش اثر آلودگی و عدم آلودگی بذرهای گندم بـه باکـتـری آزوسپیریلوم برازیلنس (*Azospirillum brasilense*)، میزان محصول، مقدار پروتئین و درصد رسوب پروتئین دانه ارقام گندم تحت تیمار آب آبیاری با اسیدیته قلیائی مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور با استفاده از طرح آماری کرتهای خرد شده در سه تکرار که شامل سه رقم گندم زراعی (قدس، امید و روشن) در دو حالت تلقیح بذرها با آزوسپیریلوم و بدون آزسپیریلوم بود این پژوهش انجام گرفت. در طول دوره رشد نیز از آب آبیاری با اسیدیته قلیائی (مقادیر اسیدیته ۷، ۹ و ۱۱) آبیاری انجام گرفت. در پایان فصل زراعی میزان عملکرد دانه، مقدار ازت و پروتئین در ماده خشک دانه و درصد رسوب پروتئین هر نمونه اندازگیری شد . نتایج پژوهش حاکی از اثر معنی‌دار فاکتورهای آزوسپیریلوم و اسیدیته قلیائی آب آبیاری بر عملکرد دانه, مقدار پروتئین و میزان رسوب پروتئین دانه در ارقام گندم بود. افزایش اسیدیته آب آبیاری باعث کاهش میزان عملکرد گندم، مقدار پروتئین ومیزان رسوب پروتئین شد. حداکثر کاهش عملکرد (۱۷/۲۲درصد کاهش عملکرد بازاء یک واحد افزایش در اسیدیته قلیائی)، پروتئین و رسوب پروتئین در رقم امید مشاهده گردید و کمترین کاهش(۱۰/۷ درصد بازاء افزایش یک واحد در اسیدیته قلیائی) در رقم روشن اندازه‌گیری شد. در نمونه‌های آلوده به آزوسپیریلوم کلیه شاخصهای اندازه‌گیری شده در مقایسه با نمونه‌های غیر آلوده افزایش معنی‌داری را نشان داد. نتایج این پژوهش مشخص نمود که آزوسپیریلوم می تواند با تعدیل شرایط نامناسب (اسیدیته قلیائی) در بالا بردن عملکرد دانه (۱۰/۷ درصد)، میزان پروتئین (۱۵/۵ درصد) و میزان رسوب پروتئین (۷/۹ درصد) ارقام گندم نقش مثبت و معنی داری را ایفاء کنند. از لحاظ آماری اثر متقابل آزوسپیریلوم ، رقم گندم و اسیدیته بر میزان عملکرد معنی دار بود اما بر میزان پروتئین و رسوب پروتئین معنی دار نبود. در همین راستا اثر متقابل هر دو تیمار روی شاخصهای اندازه‌گیری شده معنی دار بود و لذا لازم است در هنگام انتخاب آزوسپریلوم و رقم گندم برای تلقیح توجه بیشتری صورت گیرد.

واژه‌های کلیدی: آزوسپیریلوم، همیاری، گندم، تثبیت ازت، پروتئین، PH

مقدمه

افزایش روز افزون جمعیت و بدنبال آن کمبود مواد غذائی بخصوص در کشورهای در حال توسعه یکی از معضلاتی است که فکر محققین ذیربط را بخود مشغول داشته است. گرچه کنترل جمعیت یکی از راههای اصولی در حل این مشکل است لیکن افزایش عملکرد تولیدات کشاورزی نیز می تواند یکی از این راه حلها به حساب آید. گندم از قدیمی ترین گیاهان زراعی است که در نقاط مختلف دنیا بمنظور تولید دانه برای تهیه نان، تغذیه حیوانات و مصارف صنعتی کشت می شود. این گیاه بعنوان غذای اصلی نیمی از جمعیت دنیا از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است بهمین دلیل یک گیاه استراتژیک تلقی می گردد. این گیاه از نظر سطح زیر

www.SID.ir

Archive of SID

کشت و تولید سالانه مقام اول را بین هشت غله اصلی دارا می باشد و از نظر تولید انرژی در واحد سطح نیز با تولید ٤٦٠ کیلو ژول انرژی در هکتار رتبه سوم را داراست (۱) .

گندم را معمولاً دانه‌ایی حاوی نشاسته می‌دانند لیکن پروتئینهای موجود در دانه مهمترین ترکیبات بیولوژیکی و متابولیسمی آن محسوب می‌شوند. پروتئینهای موجود در دانه از یک طرف منبع ازت و آمینواسیدهای مورد نیاز در هنگام جوانه زدن جنین بوده و از طرف دیگر فاکتور مهم در مکانیسم پخت و ارزش غذایی نان محسوب می‌شود (۱، ۳، ۲۰ و ۲۸). مقدار گلوتن گندم که در کیفیت پخت نان مؤثر است تابعی از مقدار کل ازت خاک می‌باشد (۲۸,۲۳ ,۲۹) درحالی که ترکیب بیوشیمیایی گلوتن و نسبت آمینواسیدهای آن عمدتاً به ژنوتیپ گندم بستگی دارد (٤ و ۲۰)یعنی استحکام گلوتن و حجم نان همبستگی نزدیکی با آزمایش رسوب پروتئین دارد و لذا این آزمایش که از طریق زلنی و یا ترکیب با ماده شیمیائی SDS انجام می شود بعنوان نمودی از کیفیت پروتئین مورد استفاده قرار گیرد. (۱، ۳، ۵ و ۲۸).

از فاکتورهای مهم در رابطه با تکثیر و بقایای باکتری آزوسپیریلوم در خاک و مهاجرت آن به طرف ریشه گیاه می توان به اسیدیته خاک اطراف ریشه اشاره نمود (۱۵). افزایش اسیدتیه خاک می تواند میزان جذب سطحی لبه‌های رس را افزایش دهد که به این دلیل جذب سطحی باکتری افزایش می یابد (۱۵). این امر می تواند تعداد باکتری خاک را که یکی از عوامل مهم در ایجاد همزیستی است تغییر دهد. پراکندگی گونه‌های مختلف آزوسپیریلوم در خاکهای قلیائی متفاوت است ولی گونه‌های آزوسپیریلوم هالوپرفرانس (*Azospirillum halopefrans*) و برازیلنس بیشتر از سایر گونه ها در این خاکها گزارش شده است (۳۰).

اسیدیته خاک نه فقط روی تعداد باکتری بلکه در قابلیت جذب عناصر نیز اثر می گذارد. عناصری چون آلومینیوم و منگنز در شرایط اسیدی مشکلاتی را برای رشد باکتری، میزبان و سیستم همیاری بین گیاه و باکتری بوجود می آورد (۳۰). در همین شرایط عناصری چون منیزیم، فسفر و مولیبدن نیز باعث اختلال در فعالیت نیتروژناز می شوند. بهمین دلیل میزان اسیدیته خاک مستقیم و یا غیر مستقیم در میزان عملکرد گیاه با وجود سیستم همیاری و یا عدم آن اثر می گذارد (۲۳). علاوه بر عناصر فوق میزان جذب ازت توسط ریشه نیز به اسیدیته خاک بستگی دارد بطوریکه میزان جذب ازت در خاکهای قلیائی محدودیت بیشتری نسبت به خاکهای اسیدی دارد. اسلام و همکاران طی گزارشی اثرات PH بر جذب نیترات در ریشه‌های جو را بررسی و بهترین اسیدیته را برای جذب نیترات بین ۵/۵ تا ۷ اعلام نموده و در خارج از این محدوده ٦۰ درصد کاهش جذب نیترات را گزارش نموده اند (۱۲). کاهش جذب ازت در شرایط قلیائی سبب می شود تا فعالیت میکروارگانیسمهای تثبیت کننده ازت در اسیدیته قلیائی اهمیت بیشتری پیدا کنند (۱۲، ۲۲ و ۳٤).

نتایج حاصل از اکثر مطالعات انجام گرفته برروی رشد غلات وعلوفه ، خصوصاً گندمهای آلوده به آزوسپیریلوم حاکی از افزایش شاخصهای رشد رویشی و زایشی، در این گیاهان می‌باشد. زیرا باکتری آزوسپیریلوم قادر است از طریق ایجاد رابطه متقابل از نوع همیاری با خانواده گرامینه، ازت مولکولی را تثبیت و در اختیار میزبان خود قرار دهد. علاوه بر این باکتری با تولید هورمونهای رشد، توسعه سیستم ریشه‌ای، و بهبود جذب آب و مواد معدنی موجب بهبود رشد گیاهان می‌شود (١٦ و ۲۸). پاسخ ارقام گندم به آلودگی با آزوسپیریلوم اغلب بصورت افزایش درصد جوانه زنی، فزونی پنجه‌ها، ازدیاد تعداد دانه‌های هر سنبله و افزایش وزن هزار دانه می باشد (۱، ۷، ۱۹ و ۳۳).

www.SID.ir

Archive of SID

علاوه بر افزایش شاخصهای کمی رشد، بهبود کیفی محصولات نیز همزمان گزارش شده است. بهاتارای و هس اظهار نموده اند که برخی از سوشهای آزوسپیریلوم تا ۳۹/۵ ٪ پروتئین خام دانه برخی از ارقام گندم را افزایش می دهند (۱۹). اثر سیستم همیاری آزوسپیریلوم و گندم علاوه بر بهبود عملکرد، مقدار پروتئین، و نوع پروتئین گندم سبب کاهش اسیدیته خاک نیز می شود ریشه گندم با تراوش پروتون اسیدیته خاک را کاهش میدهد. کاهش اسیدیته خاک خصوصاً در شرایط اسیدیته قلیائی بسیار در حاصلخیزی خاک و بهبود شرایط رشد ریشه و جذب املاح مؤثر است (۲٦ و ۳۱).

مطالعات و تحقیقات انجام گرفته در ایران پیرامون آزسپیریلوم بیشتر روی اثر این باکتری در میزان عملکرد و یا سایر شاخصهای رشد رویشی و زایشی بوده است (٦ و ۷) و در بعضی از تحقیقات نیز بطور اخص روی نحوه شناسائی، غلظت مورد نیاز برای آلوده کردن و محل استقرار این باکتری نتایجی را گزارش نموده اند (۹) ولی روی اثر آب آبیاری خصوصا اسیدیته قلیائی آب، که در مناطق خشک و نیمه خشک در ایران با آن مواجه هستیم و گاه به کشت گندم نیز اختصاص می یابد، تحقیقات کمتری انجام گرفته است. لذا با توجه به اطلاعات کم پیرامون همیاری آزوسپیریلوم و گندمهای کشت شده در ایران از یک طرف و مشکلات ناشی از کمیت و کیفیت پروتئین در هنگام پخت نان از طرف دیگر موجب گردید تا این پژوهش انجام شود. بهمین دلیل با توجه به وضعیت خاک و آب آبیاری بسیاری از مناطق کشور، سعی گردید تا اثر آلوده‌سازی بذر ارقام گندم توسط آزوسپیریلوم برازیلنس عملکرد دانه، میزان درصد پروتئین، میزان رسوب پروتئین دانه ارقام گندم ایرانی تحت تیمار اسیدیته قلیائی آب آبیاری مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روشها

در این آزمایش بذر سه رقم گندم قدس، امید و روشن در دو حالت آلوده و غیر آلوده به باکتری آزوسپیریلوم برازیلنس طبق یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار و در ٥٤ گلدان پر شده که قبلاً از خاک لوم شنی استریل، کشت گردید. از آب آبیاری با سه اسیدیته قلیائی مختلف ۷، ۹ و ۱۱ در طول دوره رشد استفاده شد. از آب معمولی دارای اسیدیته برابر با ۷ جهت شاهد و برای ایجاد اسیدیته‌های ۹ و ۱۱ نیز از سود (NaOH) استفاده شد.

جهت آماده سازی باکتری و آلوده نمودن بذر ابتدا بذرهای ارقام گندم توسط محلول هیپوکلریت ۰/۵ درصد استریل شد. این بذرها را بمدت دو ساعت در آب مقطر استریل خیسانده و متعاقب آن به محلول حاوی باکتری آزوسپیریلوم برایلنس سوش دولت آباد مقاوم به اسیدیته بالا (۹)به غلظت 10^6 cfu/ml منتقل گردید (٦) . این مجموعه بمدت یک ساعت تحت خلاء قرار گرفت تا نفوذ باکتری به شیارها و پوست بذر ارقام گندم امکان پذیر گردد (۱۸). پس از ٤ ساعت بذرهای گندم آلوده به باکتری جهت کشت آماده شد.

فاصله بین دو آبیاری براساس مکش خاک و با کمک تنسیومتر تنظیم شد بطوریکه همواره پتانسیل ماتریس خاک در تیمار شاهد بیشتر از ۰/۰۸۵- مگاپاسکال در عمق ۲۵ سانتیمتری خاک بود. خصوصیات شیمیائی خاکهای مورد استفاده قبل از کاشت و پس از برداشت محصول نظیر مقدار شوری EC، pH، سدیم جذب سطحی شده (SAR) و همچنین مقدار سدیم، کلسیم و منیزیم، بیکربنات، کربنات، کلر و سولفات اندازه‌گیری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

در پایان فصل زراعی مقدار عملکرد دانه و نیز میزان ازت در ماده خشک دانه هر نمونه به روش کجلدال

www.SID.ir

Archive of SID

اندازه‌گیری شد. درصد پروتئین خام دانه با ضرب مقدار ازت در فاکتور مخصوص پروتئین برای گندم (یعنی ضریب ۵/۷) محاسبه گردید (۸ و ۲۷). ضخامت رسوب پروتئین دانه نیز با استفاده از اسید لاکتیک ، SDS و شیکر مخصوص زلنی با تبعیت از دستورالعمل آزمایشگاهی مربوطه اندازه‌گیری شد (۲۷). لازم به یادآوری است که میزان رسوب پروتئین که با مقدار گلوتن نسبت مستقیم دارد می تواند اطلاعاتی را در مورد قابلیت آبگیری و مقاومت خمیر ارائه نمایدکه بیانگر کیفیت غذایی و ارزش نانوائی گندم است

نتایج و بحث

الف) بررسی خاک از لحاظ خصوصیات شیمیایی در طول آزمایش: نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی خاک گلدانها پس از پایان دوره کاشت و مقایسه آنها با نتایج اولیه (جدول ۱) نشان می‌دهد که با افزایش اسیدیته آب آبیاری، مقدار اسیدیته خاک افزایش یافته ولی مقدار اسیدیته خاک همواره کمتر از اسیدیته آب آبیاری می‌باشد. علت این امر در خاصیت بافری خاک و مقاومت در مقابل افزایش اسیدیته می باشد. با افزایش اسیدیته آب آبیاری مقادیر کربناتها و بیکربناتها، کلر، سولفات، درصد سدیم تبادلی (ESP) و مقدار سدیم افزایش یافت اما مجموع کلسیم و منیزیم خاک کاهش نشان داد. در همین راستا تغییر معنی داری در هدایت الکتریکی خاک (EC) مشاهده نشد. به اثر احتمالی این تغییرات بصورت غیر مستقیم در نتایج و بحث اشاره شده است.

ب) اثر آزوسپیریلوم و اسیدیته آب آبیاری بر عملکرد دانه در ارقام گندم: داده‌های جدول ۲ نشان می دهند که افزایش اسیدیته آب آبیاری باعث کاهش عملکرد دانه گندم شده است. متوسط عملکرد دانه در اسیدیته ۱۱ نسبت به اسیدیته ۷ یعنی آب معمولی بیش از ۵۰ درصد افت نشان می دهد. کاهش متوسط عملکرد در شرایط غیر آلوده بازاء یک واحد افزایش در اسیدیته قلیائی برای ارقام مختلف برابر با ۱۳/۲۸درصد می باشد. رقم امید در مقایسه با سایر ارقام نسبت به افزایش اسیدیته قلیائی حساسیت بیشتری دارد (۱۷/۲۲درصد) و در مقابل رقم روشن با ۱۰/۷٤درصد کاهش بازاء یک واحد افزایش اسیدیته قلیائی حساسیت کمتری را نسبت به شرایط اسیدیته قلیائی نشان می دهد.

جدول ۱- اثر اسیدیته بر خصوصیات خاک و مقایسه این خصوصیات قبل و بعد از آبیاری با آب دارای اسیدیته های مختلف (هدایت الکتریکی آب آبیاری با اسیدیته ۷ مساوی دو dSm^{-1} است)

زمان نمونه برداری	pH آب آبیاری	مشخصات خاک			کاتیونها و آنیونهای خاک (meq/l)				
		pH	EC	ESP	Na	Ca+Mg	SO_4	Cl	HCO_3+CO_3
قبل از کاشت		۷/۷	٤/٦	۲۰	۳۳	۲۰	۳۳	۱۵	۳/۷
پس از برداشت	۷	۷/۵	۳/۵	۱٦	۲۲	۱۵	۲٤	۱۰	۳/۰
	۹	۸/۵	٤/۷	۳۹	٤۸	۱۲	۳۵	۲۰	۵/٦
	۱۱	۹/۲	٤/۹	۵٤	۵٤	۸	٤۲	۳۱	۷/۰

واحد هدایت الکتریکی(EC) بر حسب dSm^{-1}

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲- میانگین عملکرد دانه ارقام گندم ($Kg\ ha^{-1}$) تحت تأثیر آلودگی و اسیدیته آب آبیاری.
مقایسه میانگینها به روش دانکن و در سطح ۱٪ انجام گرفته است. حروف غیر مشترک از لحاظ آماری معنی دار هستند.

آزوسپیریلوم	ارقام گندم	اسیدیته آب آبیاری			کاهش محصول (٪) به بازاء یک واحد افزایش اسیدیته
		۷ (شاهد)	۹	۱۱	
غیر آلوده	روشن	٤۲۳۱/۰	۳۷٦۰/۰	۲٤۱۲/٦	۱۰/۷٤
	قدس	٤۳٤۷/٦	۳٤٦۲/۰	۲۲۷۹/۳	۱۱/۸۹
	امید	٤۱۷٥/٦	۲٥٤۰/٦	۱۲۹۹/۰	۱۷/۲۲
	میانگین	٤۲٥۱/٥^{a}	۳۲٦٤/۳^{c}	۱۹۹٦/۹^{e}	۱۳/۲۸
آلوده	روشن	٤٦٤۲/۳	٤۰۹٥/۳	۲٦۰۱/۰	۱۰/۹۹
	قدس	٥۱۸۱/۰	۳۹۸٤/۰	۲٥٦٥/۰	۱۲/٦۲
	امید	٤٤۱۲/۰	۲۷۲٦/۰	۱۳۳۲/۰	۱۷/٤٥
	میانگین	٤۷٤٥/۲^{b}	۳٦۰۱/۹^{d}	۲۱٦٦/۳^{f}	۱۳/٦۸

کاهش عملکرد گندم در اسیدیته قلیایی به عوامل زیادی نسبت داده می‌شود. از آن جمله در اسیدیته قلیایی دسترسی گیاه به ترکیبات ازت خاک بسیار کم می‌شود و کاهش بیلان ازت قابل مصرف خاک عامل اساسی برای کاهش عملکرد دانه است (۱۰). تلوستوز و همکاران (۳٤) میزان رهایی ازت از کودهای اوره در خاکهای قلیایی را کمتر از خاکهای خنثی اعلام نموده‌اند. اسلام و همکاران (۱۲) نیز گزارش داده اند که در اسیدیته قلیایی جذب ازت به فرم نیتریت و نیترات در سطح ریشه‌های جو بشدت کاهش می‌یابد. همچنین اسیدیته قلیائی موجب تغییراتی در نفوذ پذیری غشاء سلولهای ریشه شده و مانع ورود ترکیبات ازت به گیاه می شود (۲۱). افزایش سدیم تبادلی خاک نیز موجب مسمومیت یونی و کاهش دسترسی گیاه به یونهای ضروری مانند پتاسیم می گردد (۱۰، ۱۳ و۲٤). آلوده سازی بذر گندم با آزوسپیریلوم تأثیر مثبت و معنی‌داری بر افزایش عملکرد دانه دارد و سبب افزایش متوسط عملکرد بمیزان ۱۰/٥ درصد می گردد. این افزایش در ارقام مختلف متفاوت بوده و رقم قدس با ۱٦/۱ درصد و رقم امید با ۸/٦ درصد افزایش محصول بترتیب بیشترین و کمترین توانایی را در برقراری سیستم همیاری از خود بروز داده‌اند. باشان (۱٤ و ۱۷) در تحقیقات خود عنوان نمود که حضور باکتری در ریشه گندم بر عمل ATPase غشاء سلولهای ریشه تأثیر گذاشته و میزان تراوش پروتونی از ریشه را افزایش می‌دهد. آزاد شدن یون H^{+} در مجاورت ریزوسفر ریشه pH محلول خاک در مجاور ریشه را کاهش داده و این امر موجب دسترسی بهتر گیاه به منابع غذایی خاک بویژه ازت می‌شود. در همین راستا نفوذپذیری انتخابی ریشه برای جذب پتاسیم در مقابل سدیم بیشترشده و همین امر مقاومت گیاه را در مقابل فزونی سدیم تبادلی زیاد می‌کند.

تراوش پروتون در همزیستی لگوم - ریزوبیوم نیز به اثبات رسیده است. در یک مطالعه نشان داده شده است که گیاهان شبدر همزیست با ریزوبیوم، تراوش پروتونی بیشتری نسبت به گیاهان غیر همزیست دارد. آنچنانکه میزان پروتون رها شده از ریشه در محیط خاک قادر است PH خاک مجاور ریشه را از ۷ به ٤/۸ کاهش دهد (۳٥). در مجموع گزارشهای مبنی بر توانائی آزوسپیریلوم در افزایش میزان تراوش پروتونی از یک طرف (۱٤ و ۱۷) و بهبود جذب عناصر ضروری در ریشه گیاهان تلقیح شده با آزوسپیریلوم از سوی دیگر

www.SID.ir

Archive of SID

(١٦) این فرضیه را در ذهن تداعی می کند که احتمالا آزوسپیریلوم با تأثیر بر فیزیولوژی ریشه و تحریک تراوش پروتونی در آنها زمینه افزایش تبادل پروتون با یونهای ضروری خاک (مثل پتاسیم و آمونیم) را فراهم می نماید. بدیهی است که چنین اثراتی در شرایط نامناسب خاک از جمله اسیدیته قلیائی بسیار حائز اهمیت است.

با توجه به اطلاعات فوق می توان گفت که حضور باکتری می تواند در تعدیل اثرات اسیدیته قلیائی مثمر ثمر باشد. لیکن باید توجه داشت که کنش متقابل بین فاکتورهای سوش و رقم تأثیر زیادی بر این پاسخ دارد. بطور مثال آلوده سازی رقم قدس با آزوسپیریلوم حتی در شرایط نامناسب یعنی اسیدیته ۱۱ سبب افزایش عملکرد می شود. رقم قدس در شرایط عادی (pH=7) در اثر همیاری با آزوسپیریلوم ۱۹/۲ درصد افزایش محصول داشت و در شرایط نامناسب یعنی اسیدیته ۱۱ نیز این افزایش تا ۱۲/۵ درصد بود . نتایج بیانگر این است که رقم قدس در کلیه حالات تمایل به برقراری همیاری با آزوسپیریلوم را دارد که نتیجه آن بهبود شرایط رشد و تولید عملکرد بالا برای این رقم می‌باشد (جدول ۲).

نکته قابل ذکر این است که افزایش اسیدیته قلیائی سبب کاهش محصول در شرایط وجود همیاری گندم-آزوسپیریلوم نیز می شود. میزان کاهش، روند مشابهی را با حالت غیر آلوده دارد بطوریکه میزان متوسط افت محصول بازاء افزایش یک واحد اسیدیته قلیائی برابر با ۱۳/٦۸درصد می باشد. بیشترین مقدار افت در رقم امید (حساسیترین) و کمترین مقدار در رقم روشن مشاهده شد. گرچه کاهش محصول بازاء افزایش اسیدیته قلیائی در همه ارقام در شرایط غیرآلوده نیز حادث شده است لیکن افزایش محصول در اثر همیاری گندم آزوسپیریلوم در شرایط قلیائی نسبت به شرایط غیر آلوده خود یک نکته مثبت از این همیاری تلقی می گردد. بررسی اثر کنش متقابل بین باکتری و ارقام نشان می دهد که اثر باکتری بر تعدیل اثر افزایش pH قلیائی در ارقام مختلف متفاوت است. این باکتری در تعدیل اثر pH بر رقم امید کمترین و در مقابل رقم قدس بیشترین اثر را داشته است. نتایج این احتمال را در ذهن تداعی می کند که احتمالا اثر باکتری در تحریک تراوش پروتونی مستقیما وابسته به ترکیب سوش باکتری و رقم زراعی گندم است. یعنی تنها در صورتی که سوش باکتری تجانس کافی با یک رقم زراعی داشته باشد قادر به تحریک تراوش پروتونی آن است. در این راستا رقم قدس در اسیدیته ۷ عملکرد بالائی را در اثر همزیستی از خود نشان می دهد و در اثر افزایش اسیدیته به ۱۱ گرچه میزان اثر همیاری کاهش یافته است لیکن هنوز اثر این همیاری بر میزان عملکرد قابل توجه است. اثر متقابل بین سوش ، رقم و اسیدیته از لحاظ آماری در سطح ۱ درصد (جدول ٤) نیز معنی دار می باشد.

تغییر میزان فعالیت گونه‌های آزوسپیریلوم در اسیدیته مختلف (۵ تا ۷) در یک سیستم غیر همیار برای دو گونه آزسپیریلوم برازیلنس و لیپوفروم نیز گزارش شده است (۲۵). در این گزارش حداکثر فعالیت برای آزوسپیریلوم برازیلنس در اسیدیته بین ۵/۸ و ٦/٤ عنوان شده است و در اسیدیته کمتر از ۵/۸ فعالیت آزسپیریلوم بشدت کاهش نشان می دهد ولی در اسیدیته بالاتر از٦/٤ فعالیت آن با افزایش اسیدیته به آرامی کاهش می یابد.

کاهش عملکرد دانه با افزایش اسیدیته در حالت آلوده ناشی از تأثیر تنش حاصل از افزایش pH خاک بر فعالیت نیتروژنازی باکتری و نیز کاهش فتوسنتز در گیاه و کم شدن انرژی در سیستم همیار است (۳۳). نیو و کندی (۳۰) نیز بر این اعتقاد هستند که اسیدیته خاک اثر معنی‌داری بر رشد و فعالیت نیتروژنازی آزوسپیریلوم در

www.SID.ir

Archive of SID

ریشه‌های گندم دارد. بنابراین اگر چه تا حدودی حضور باکتری اثرات را تعدیل می کند ولی در کل شرایط نا مناسب اسیدیته قلیائی از اثرات مثبت همیاری بین باکتری و گیاه می کاهد.

ج) اثر آزوسپیریلوم و اسیدیته بر میزان پروتئین و درصد رسوب پروتئین: داده‌های جدول ۳ بیانگر آن است که اسیدیته قلیائی آب آبیاری بر عکس شوری آب آبیاری سبب کاهش میزان پروتئین و درصد رسوب پروتئین شده است. ارقام گندم با افزایش شوری خاک، سازگار با محیط شده و با تشکیل پروتئین بیشتر نسبت به این تغییر واکنش نشان می دهد. در حالیکه افزایش اسیدیته تاثیر منفی بر مقدار پروتئین و نوع پروتئین تولید شده دارد. در شرایط غیر آلوده میزان کاهش پروتئین در اثر افزایش اسیدیته در ارقام مختلف متفاوت و حداکثر کاهش در رقم امید (۳٤/٦٥ درصد) و کمترین مقدار در رقم روشن (۱۲/٦ درصد) مشاهده شد. رقم قدس با ۲۱/۱ درصد کاهش حد بین دورقم فرق داشت. کاهش مقدار پروتئین بازاء یک واحد افزایش اسیدیته قلیائی برای ارقام روشن، قدس و امید بترتیب برابر با ۳/۱۵، ۵/۲۸ و ۸/٦۱ درصد می باشد.

جدول ۳- میانگین درصد پروتئین و میزان رسوب پروتئین دانه گندم تحت تأثیر آلودگی با آزوسپیریلوم و اسیدیته آب آبیاری.
مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن و در سطح ۱درصد برای پروتئین و رسوب پروتئین بصورت مجزا محاسبه شده است.

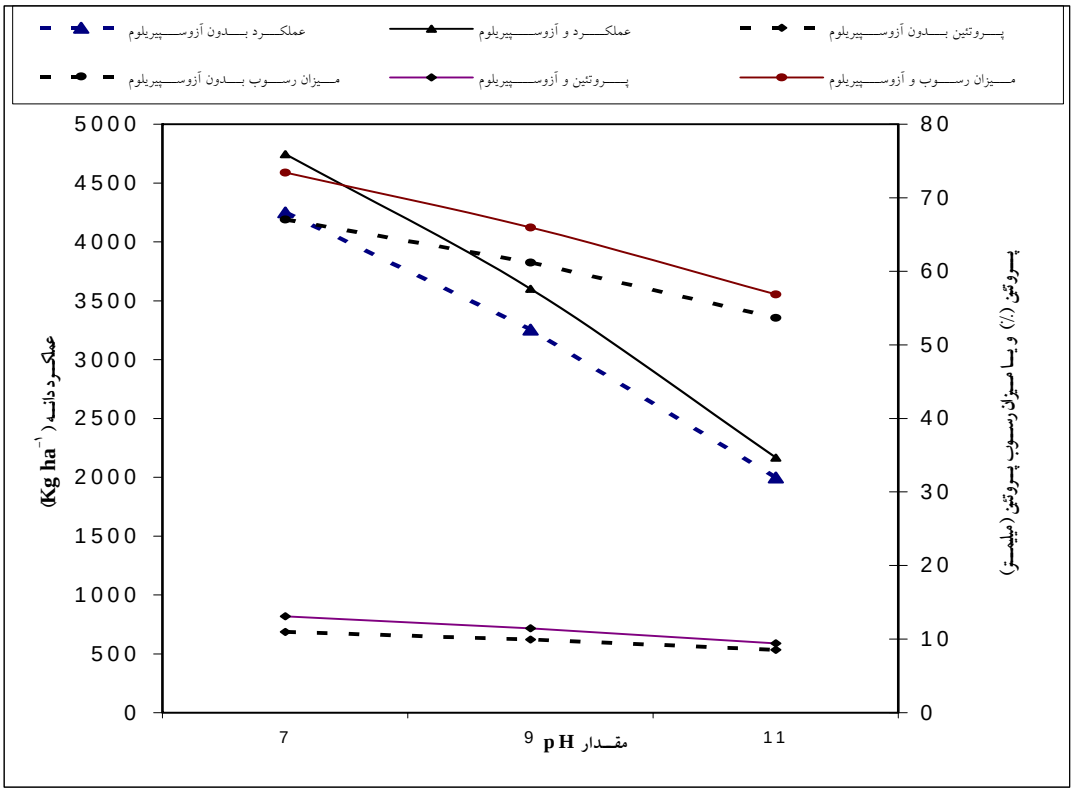
ارقام	اسیدیته آب آبیاری	پروتئین خام (٪)			رسوب پروتئین (mm)		
		غیر آلوده	آلوده	افزایش (٪)	غیر آلوده	آلوده	افزایش (٪)
روشن	۷	۱۱/۹^{ag}	۱٤/۲^{b}	۱۹/۳۲	۷٦/٥^{a}	۸۲/٤^{b}	۷/۷۱
	۹	۱۱/٤^{am}	۱۳/۰^{c}	۱٤/۰۳	۷۲/۱^{a}	۷۷/۲^{c}	۷/۰۷
	۱۱	۱۰/٤^{de}	۱۱/۳^{am}	۸/٦٥	٦٥/۲^{d}	٦۸/۳^{df}	٤/۷٥
	میانگین	۱۱/۲۳	۱۲/۸	۱٤/۲۷	۷۱/۲٦	۷٥/۹٦	٦/٦
قدس	۷	۱۰/۹^{dm}	۱٤/٥^{cb}	۳۳/۰۲	٦۷/۲^{df}	۷۸/٥^{c}	۱٦/۸۸
	۹	۹/۹^{en}	۱۲/٤^{ge}	۲٥/۲٥	٦۱/٥^{e}	٦۹/٥^{f}	۱۳/۰
	۱۱	۸/٦^{f}	۱۰/۰^{de}	۱٦/۲۸	٥٤/۲^{gm}	٦۰/۲^{e}	۱۱/۰۷
	میانگین	۹/۸	۱۲/۳	۲٥/٥۱	٦۰/۹٦	٦۹/٤	۱۳/۸٤
امید	۷	۱۰/۱^{de}	۱۰/٦^{dm}	٤/۹٥	٥۷/٤^{fg}	٥۹/٤^{e}	۳/٤۸
	۹	۸/٥^{f}	۹/۰^{fn}	٥/۸۸	٥۰/۰^{h}	٥۱/۲^{m}	۲/٤
	۱۱	٦/٦^{h}	۷/۰^{h}	٦/۰٦	٤۱/٦^{k}	٤۲/۱^{n}	۱/۲
	میانگین	۸/٤	۸/۸٦	٥/٤۷	٤۹/٦٦	٥۱/۲۳	۳/۱٦

کاهش درصد پروتئین خام و میزان رسوب پروتئین در شرایط قلیایی را می توان مرتبط به مشکلاتی دانست که گیاهان برای دسترسی به منابع ازت خاک در چنین شرایطی با آن مواجه می شوند. بسیاری از محققان معتقدند میزان رهایی ازت از کودهای ازته در خاکهای قلیایی بمراتب کمتر از خاکهای خنثی است و رقابت یونهای زیاد هیدروکسیل موجود در محیط قلیایی نیز مانع از جذب یونهای نیتریت و نیترات است (۱۲ و ۳٤) بهر حال کاهش دسترسی به منابع ازت خاک و نیز کاهش هدایت آبی در خاکهای قلیایی ، فرآیند انتقال و جذب ازت و آب را توسط گیاه محدود می سازد و این امر موجب کاهش پروتئینهای دانه می شود (۲٦).

www.SID.ir

Archive of SID

مقایسه میانگین مقدار پروتئین در حالت غیر آلوده (۹/۸ درصد) و آلوده (۱۱/۳ درصد) و همچنین میزان رسوب پروتئین در همین شرایط (غیر آلوده ٦۰/٦ و آلوده ٦٥/۳ میلیمتر) نشان می دهد که آلوده سازی با آزوسپیریلوم اثر مثبت و معنی داری بر کیفیت و کمیت پروتئین دارد . اگر چه گیاهان آلوده در pH های مختلف نسبت به گیاهان غیرآلوده دارای پروتئین بیشتر و نوع بهتری می باشند (شکل ۱) اما نمی توان انکار کرد که با افزایش اسیدیته آب آبیاری درصد پروتئین خام و رسوب آن در گیاهان آلوده نیز کاهش یافته است . بعبارت دیگر اسیدیته نامناسب از میزان اثرات مثبت این سیستم یعنی همیاری بین گیاه و آزوسپریلوم بر کمیت و کیفیت پروتئینهای دانه کاسته است.



شکل ۱- رابطه بین مقدار محصول، پروتئین و رسوب پروتئین دانه گندم تحت تأثیر شوری آب آبیاری و آلودگی و عدم آلودگی آزوسپیریلوم

در شرایط آلوده متوسط کاهش مقدار پروتئین بازاء یک واحد افزایش اسیدیته قلیائی آب آبیاری ۷/۱۲ درصد است که این مقدار در مقایسه با حالت غیر آلوده (۵/۷ درصد) حدود ۲۵درصد افزایش نشان می دهد. علت این امر را می توان اثر متقابل اسیدیته قلیائی و شکل گیری سیستم همیاری در ارقام مختلف خصوصا در رقم قدس، با افت شدید مقدار پروتئین بازاء افزایش مقدار اسیدیته آب، دانست. مطابق نظر نیو و کندی (۳۰) احتمالاً این اثر را می توان با سیستم ریشه‌ای در اثر نامطلوب شدن خواص فیزیکی خاک از یک سو و کاهش فعالیت نیتروژناز باکتری از سوی دیگر مرتبط دانست. اثر متقابل رقم، سوش و اسیدیته آب آبیاری بر میزان پروتئین و رسوب پروتئین از لحاظ آماری نیز معنی دار نیست (جدول ٤) و تنها اثر متقابل هر تیمار نسبت به یکدیگر در سطح ۱ درصد معنی دار می باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول٤- آنالیز واریانس (مقادیرF) اثر تیمارهای مختلف بر عملکرد دانه، مقدار پروتئین و میزان رسوب پروتئین دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	میزان پروتئین	رسوب پروتئین
سوش	۱	۲۷۷۹/۷**	۱۸۵**	۲٤٥۰/٥**
رقم	۲	٤۹۷٥/۷**	۲٦٥**	۱٥۷٦/۰۸**
اسیدیته	۲	۳٤۸/۹**۱٥۰۸٦/٦**	۲۲/٥**۱۷۹/٤**	۱٤۰/۱**
سوش * رقم	۲	۳/٥*	٤*	٤٦۹/٥**
سوش * اسیدیته	۲	٦۳۸/۰**	۳/۱٥*	۲۱/۳**
رقم * اسیدیته	٤	۳/٦*	۲/٤٥ ns	۸/۰٤**
سوش * رقم* اسیدیته	٤			۱/۹٤ ns
خطا	۳٤			
مقادیر کل	٥۳			

در بسیاری از تحقیقات نشان داده شده‌است که آلودگی غلات با آزوسپیریلوم سبب افزایش حجم و تعداد ریشه (۱۸) و در بعضی از موارد سبب افزایش محصول می شود (۳۲). این توسعه با افزایش هورمونهای رشد و همچنین تراوش پروتونی در ارتباط است (۱۱). تراوش پروتونی دلیل همیاری آزوسپریلوم و گندم سبب بهبود جذب آب و املاح می شود. در شرایط قلیائی نه فقط محدودیت رشد ریشه، غیر محلول شدن بسیاری از عناصر ضروری و کاهش جذب آب وجود دارد بلکه فراوانی (OH^-) در خاک از اثر تراوش پروتونی توسط این سیستم می کاهد که می تواند توسعه ریشه و تغییرات زیاد دیگری را به همراه داشته باشد.

نکته قابل ذکر در این پژوهش رابطه بین مقدار پروتئین و رسوب پروتئین است بطوریکه با افزایش مقدار پروتئین در دانه میزان رسوب پروتئین نیز افزایش می یابد. این رابطه افزایشی را می توان در شرایط آلوده و غیر آلوده مشاهده نمود (شکل ۲). این مطلب بیانگر این است که میزان رسوب پروتئین در دانه گرچه به مقدار محصول ربط دارد ولی با افزایش میزان پروتئین دانه می توان انتظار بهبود کیفی پروتئین را بدلیل افزایش میزان رسوب پروتئین انتظار داشت. این رابطه از لحاظ آماری نیز معنی دار می باشد (R^2= 0.96).

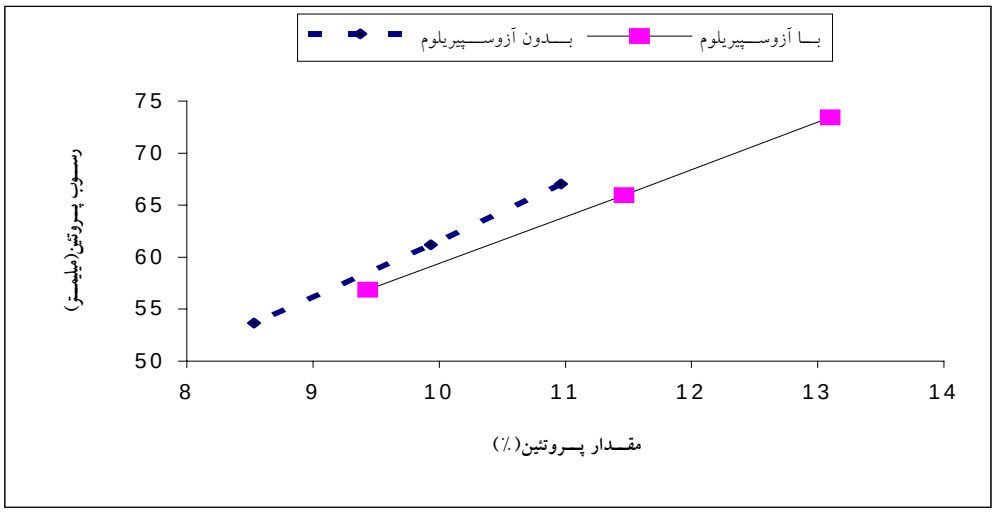
نکته قابل توجه دیگر، رابطه بین میزان کاهش محصول در اثر افزایش pH آب آبیاری با مقدار پروتئین و میزان رسوب پروتئین است (شکل۳). با کاهش محصول بدلیل افزایش اسیدیته مقدار پروتئین و میزان رسوب آن نیز در شرایط آلوده و غیر آلوده کاهش می یابد. کاهش میزان عملکرد دانه با افزایش اسیدیته مشابه با کاهش محصول دانه در اثر افزایش شوری آب آبیاری است، لیکن کاهش محصول بعلت شرایط شوری آب سبب افزایش مقدار پروتئین و میزان رسوب پروتئین می شود(۲) حال آنکه در شرایط افزایش اسیدیته قلیائی آب آبیاری مقادیر پروتئین و میزان رسوب پروتئین، هر دو کاهش می یابند.

نتیجه گیری

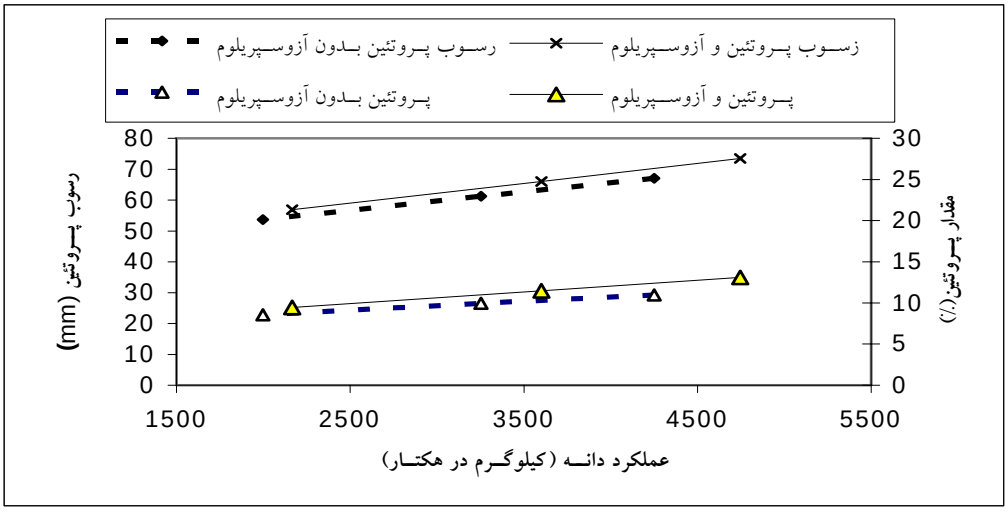
نتایج این پژوهش نشان داد که ارقامی که پتانسیل عملکرد دانه و تولید پروتئین بالاتری دارند در شرایط اسیدیته قلیائی نیز از نظر عملکرد و کیفیت و کمیت پروتئین دانه برتر هستند و ارقام حساس (مثل امید) در

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- رابطه بین مقدار پروتئین و رسوب پروتئین در دانه گندم تحت شرایط آلودگی و عدم آلودگی با آزوسپیریلوم



شکل۳- رابطه بین مقدار محصول و میزان پروتئین و رسوب پروتئین در شرایط آلوده و غیر آلوده با آزوسپریلوم

این شرایط بیشتر آسیب می بینند. در شرایط شور گرچه کاهش عملکرد دانه با افزایش پروتئین و بهبود آن همراه است لیکن در شرایط اسیدیته قلیائی با افزایش اسیدیته مقدار پروتئین و میزان رسوب پروتئین نیز کاهش می یابد، لذا باید به عملیات اصلاح نژاد و غربالگری ارقام مقاوم به اسیدیته قلیائی توجه بیشتری نمود. کاربرد سیستم همیاری گندم - آزوسپیریلوم با تأمین ازت اضافی برای گیاه در ارتقاء عملکرد و وضعیت پروتئینهای دانه حتی در شرایط نامناسب نیز نقش مؤثر و مفیدی دارد. آلودگی بذر گندم قبل از کشت سبب افزایش میزان عملکرد، درصد پروتئین، میزان رسوب پروتئین می شود. گرچه میزان این تأثیر با کنش متقابل رقم زراعی و سویه باکتری همبستگی مستقیمی دارد لیکن در همه شرایط، همیاری آزوسپیریلوم و گندم وضعیت بهتری را عرضه نمود. وجود اثر مثبت آزوسپیریلوم از یک طرف و کنش متقابل این سیستم

www.SID.ir

Archive of SID

همیار با شرایط محیط نظیر اسیدیته آب آبیاری و یا خاک ضرورت تحقیق برای یافتن سوشهای همولوگ با هر رقم زراعی و نیز سازگار با شرایط اقلیم و خاک هر منطقه را قبل از اقدام عملی برای استفاده بهتر از این باکتری در اراضی کشور با اسیدیته قلیائی, وآبیاری شده با اسیدیته قلیائی، گوشزد می نماید.

منابع

۱- آراسته، نیکو. ۱۳۷۰. تکنولوژی غلات. انتشارات آستان قدس رضوی

۲- پوستینی، کاظم. ۱۳۷٤. واکنش‌های فیزیولوژیکی دو رقم گندم نسبت به تنش شوری. مجله علوم کشاورزی. جلد ۲٦، شمارهٔ۲، صفحهٔ ٦٥ – ٥۷ .

۳- رجب زاده ، ن . ۱۳۷٥. تکنولوژی غلات. جلد ۱. انتشارات پژوهشکده غلات.

٤- شاهسوند حسنی، حسین. سیروس عبدمیشانی، بهمن یزدی صمدی، ۱۳۷٤. بررسی خواص کیفی، ارزش نانوایی و مواد معدنی ارقام گندم ایرانی از نظر تحمل به شوری. مجله علوم کشاورزی. جلد ۲٦، شماره ۳، صفحه ٥۲ – ٤۳.

٥- گزارش آذرماه شورای آرد و نان. ۱۳۷۳. گندم و نقش کم و کیف آن در تأمین نان. انتشارات معاونت دارویی و بهداشت مواد غذایی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان.

٦- عموآقائی ریحانه، اکبر مستاجران و گیتی امتیازی. ۱۳۸۱. اثر سویه و غلظت باکتری آزوسپیریلوم روی رشد و نمو ریشه ارقام گندم. مجله علوم کشاورزی، جلد ۳۳ شماره ۲ . صفحه ۲۱۳-۲۲۲

۷- عموآقائی ریحانه، اکبر مستاجران و گیتی امتیازی. ۱۳۸۲. تأثیر باکتری آزوسپیریلوم بر برخی از شاخصهای رشد و عملکرد سه رقم گندم. مجله کشاورزی و منابع طبیعی. تابستان ۸۲ شماره ۲. صفحه ۱۲۷-۱۳۹

۸- گزارش گردهمایی سالیانه برنامه‌ریزی تحقیقاتی غلات کشور. شهریور ۱۳۷٤. خواص کیفی و ارزش نانوایی گندمهای کلیه نقاط ایران. انتشار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر و نهال.

۹- مجیدی هروان،اسلام و مریم شهبازی. ۱۳۷۳. روش بررسی و تعیین تحمل ارقام گندم به شوری. مجله علوم کشاورزی. جلد ۲، شماره ۱، صفحه ۸-۱.

۱۰- مستاجران اکبر، گیتی امتیازی و ریحانه عموآقائی. ۱۳۷۹ . جدا سازی و شناسائی و ارزیابی مقاومترین سوش آزوسپیریلوم برازیلنس به شوری و pH. مجله زیست شناسی. جلد ۹ شماره ٤-۱ . صفحه ٦٥-٥٤

11- Abrol. Ip, J. S. P. Yadav and F. I. Massoud. 1988. Salt-affected soils and their management. FAO, Rome.

12- Amooaghaie, R., A. mosatjeran and G. Emtiazi. 2002. The effect of compatible and incompatible *Azospirillum brasilense* strains on proton efflux of intact wheat roots. Plant and Soil 243: 155-160

13- Aslam. M., R. L., Traris and R. C. Huffaker. 1995. Effect of pH and calcium on short term NO3 Fluxes in Room Barley seeding. Plant physiol. 108: 727-734.

14- Ayers. R. S. and D. W. Westeat. 1985. Water quality for agriculture. Irrigation and drainage paper: No-29. Rev. 1. FAO. Rome.

15- Bashan. Y. 1990. Short exposure to *Azospirillum brasilense* cd inoculation enhanced proton efflux in intact wheat root. Can J. Microb. 38: 419-425.

16- Bashan. Y. 199۹. Interactions of *Azospirillum* spp. In soils: a review. Can J. Microb. 38: 419-425.

17- Bashan.Y. and G. Holguin.1997. *Azospirillum*-Plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). Can. J. Microbiol. 43: 103-121

18- Bashan. Y., H. Levanony., G, Mitiju. 1989. Changes in proton efflux of intact wheat root induced by *Azospirillum brasilense* cd. Can. J. Microb. 35: 691-697.

19- Bashan, Y., K. Harrison and R. E. Witimoyer. 1990. Enhanced growth of wheat and soybean plants inoculated with *Azospirillum brasilense* is not necessarity due to general enhancement of mineral uptake. App. Environ. Microb. 56: 769-775.

20- Bhattarai, T. and D. Hess. 1993. Yeild responses of Nepalese spring wheat (*Triticum aestivum*) cultivars to inculation with *Azospirillum* spp of Nepalese origin. Plant and Soil. 151: 67-76.

21- Dexter. J. E., K. R. Preston., D. G. Martin. & E. J. Gander. 1994. The effect of protein content and starch damage on the physical drough properties and bread making quality of

www.SID.ir

Archive of SID

Canadian durum wheat. J. Cereal Sci. 20: 139-152.

22- Forbes, J. C. and R. D. Watson. 1992. Plants in agriculture. University press, Cambridge. UK.

23- Graham, P.H. 1992. Stress tolerance in Rhizobium and Bradyrhizobium nodulation under adverse soil conditions. Can. J. Microbio. 18:475-484

24- Graybosch, R. A., C. J. Peterson, P. S. Baenziger. & D. R. Shetton. 1995. Environmental modification of hard red winter flour protein composition. J. Cereal Sci. 22: 45-52.

25- Halsall D.M. and A. H. Gibson. 1986. Comparison of two *Cellulomonas* Strain and their interaction with *Azospirillum brasilense* in Degradation of wheat straw and associated nitrogen fixation. Applies and Environ. Microb. 51(4): 855-861

26- Jacobay, B. 1999. Mechanisms involved in self tolerance of plants. In: Pessaraki, M.(ed): Handbook of plant and crop stress. PP:97-123. Marcel Dekker, New York.

27- Johnson, J. W. and R. E. Wilrinson. 1992. Wheat growth response of cultivars to H^+ concentration. Plant and Soil. 146: 55-59.

28- Kelman, W. M. and C. O. Qualset. 1991. Breeding for salinity stressed Environments: Recombinant Inbred wheat line under saline irrigation. Crop Sci. 31: 1223-1228.

29- Khatkar, B. S., A. E. Bell and J. D. Schofield. 1995. The dynamic rheological properties gluten and gluten sub fractions from wheat of good and poor bread making quality. J. Cereal Sci. 22: 29-44.

30- Navari-Izzo, F., M.F. Quartacci. and R. Izzo.1990.Water stress induced changes in protein and free amino acids in field- grown maize and sunflower. Physiol. Plant Biochem. 28:531-537.

31- New, P. B. and I. R. Kennedy. 1989. Regional distribution and pH sensivity of *Azospirillum* associated with wheat roots in eastern Astralia. Microb. Ecol. 17: 299-309.

32- Nyachiro, J. M. and K. G. Briggs. 1994. Seedling root responese of some Kenyan bread wheat cultivars grown in acid nutrient culture solution containing aluminum. Plant and Soil. 158: 141-144.

33- Okan Y. and CA Labandera-Gonzalez. 1994. Agronomic applications of *Azospirillum:* an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. Soil Biol Biochem 26: 1591-1601

34- Saubidet. N.I. and A.J. Barneix.1998. Growth stimulation and nitrogen supply to wheat plants inoculated with *A.brazilense* . J. Plant Nutri. 21: 2565-2577

35- Tlustos, P. and A. M. Blackmer. 1992. Release of nitrogen from Lreaform fractions as infuenced by soil pH. Soil Sci. Soc. Am. J. 56: 1807-1810.

www.SID.ir

Archive of SID

The effect of *Azospirillum brasilense* and pH of irrigation water on yield, protein content and sedimentation rate of protein in different wheat cultivars

Mostajeran A.[1], Amooaghaei R.[2] and Emtiazi G.[1]

[1]**Biology Dept., University of Esfahan, Esfahan**

[2]**Biology Dept., University of Shahrekord, Shahrekord**

Abstract

In this experiment, the effect of inoculation of wheat cultivars with *Azospirillum brasilense* and pH of irrigation water on yield, protein content and sedimentation rate of protein (SRP) for wheat grain were examined. For this reason, a factorial experiment was conducted with three replicates and three cultivars of wheat (Omid, Ghods and Roshan), which were inoculated with and without *Azospirillum brasilense*. Irrigation water was applied into the pots during growing season with different levels of pH (7, 9 and 11). At the harvest time, the yield (grain) and nitrogen, protein content and SRP in grain were measured. The results indicated that the seed inoculation, pH of irrigation water and wheat cultivars have significant effect on the yield, protein content and SRP. Increase in the pH of irrigation water caused to decrease the yield, protein content and SRP. The maximum decline in the yield (17.2% decreases due a unit increase in pH), protein content and SRP due to the increase in irrigation water pH was observed in the Omid wheat cultivar (most sensitive cultivar), in contrast the Roshan wheat cultivar shows less adverse effect (10/7% decreases due a unit increase in pH). In inoculated treatments, all measurements were higher than non-inoculated pots. According to the results, *Azospirillum* can modify unfavorable conditions (higher pH) to obtain higher yield (by 10/7%), protein content (by 15.5%) and SRP (by 7.9%). However, the adverse effect of pH of irrigation water was the same in inoculated plants. From statistical point of view, the interaction of *Azospirillum*, wheat cultivar and pH of irrigation water had a significant effect on yield (grain) however the interaction for protein content and SRP were not significant. The interactions of each two treatments had statistically significant effect on yield, protein content and SRP; thereby more attention is needed for selection of *Azospirillum* stain and wheat cultivar.

Key word: Azospirillum, pH, wheat, protein content and sedimentation rate

www.SID.ir