# بررسی ریسک‌پذیری و سازگاری تلقیح کود بیولوژیک نیتروکسین در مزارع گندم و جو

پرویز مهاجرمیلانی[1] و محمد پسندیده

استادیار، عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب؛ parvizmilani@yahoo.com

کارشناس ارشد مؤسسه تحقیقات خاک و آب؛ mpassandideh@yahoo.com

دریافت: 91/12/20 و پذیرش: 92/10/24

## چکیده

**تأثیر مصرف مایه تلقیح ازتوباکتر و آزوسپریلیوم (*Azotobacter* و *Azosperillum*) به منظور کاهش وابستگی زارعین به کودهای شیمیایی، افزایش راندمان آبیاری و افزایش درآمد خانوارهای روستایی به مدت دو سال در الشتر استان لرستان و سرفیروزآباد استان کرمانشاه مورد مطالعه قرار گرفت. طبیعت مشارکتی این تحقیق با ارائه یک پروژه ساده، با یک پلات مایه تلقیح (تیمار ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم) و یک پلات کنترل (تیمار شاهد) در زمین هر کشاورز اجرا گردید. از هر کشاورز خواسته شد یکی از مزارع گندم یا جو خود به مساحت تقریبی یک هکتار را برای این منظور لحاظ نماید، و آن را به دو قسمت مشابه از نظر اندازه تقسیم نموده و با مدیریت کشاورز با 1/5 لیتر در هکتارکود بیولوژیک برای گندم و جو دیم و با سه لیتر در هکتار برای گندم و جو آبی بذر مال نماید. در نهایت عملکرد محصول مورد تجزیه وتحلیل قرار گرفت. در سال زراعی 1385 - 1384 عملکرد دانه گندم آبی تلقیح شده 11 درصد و عملکرد دانه جو دیم تلقیح شده 36 در درصد نسبت به شاهد افزایش داشت. در سال زراعی سال زراعی 1386- 1385 عملکرد گندم آبی 24/1 درصد نسبت به شاهد افزایش داشت ($P< 0/05$). ریسک عدم تحصیل عملکرد دانه موردنظر در تیمارهای تلقیح شده، همیشه کمتر از تیمار شاهد بوده است. تجزیه و تحلیل سازگاری نشان داد که افزایش عملکرد دانه مستقل از محل اجرای پروژه بوده است، از اینرو این تکنولوژی بسیار مؤثر بوده و افزایش عملکرد در محیط‌های مورد مطالعه ثابت باقی مانده است. هزینه خرید مایه تلقیح نسبتاً اندک و معادل ارزش حدود 14 و 27 کیلوگرم دانه در هکتار به ترتیب برای گندم و یا جو دیم و آبی بوده است. این فرآورده از جنبه قیمت نسبتاً اندک و از نظر اقتصادی و زراعی برای افزایش محصول و افزایش راندمان آبیاری ریسک کمی دارد.**

**واژه‌های کلیدی:** تجزیه و تحلیل سازگاری، ریسک‌پذیری، سودمندی اقتصادی، کود بیولوژیک.

## مقدمه

منابع اصلی درآمد روستائیان در الشتر استان لرستان و سرفیروزآباد استان کرمانشاه از تولید محصولات کشاورزی و فرآورده‌های دامی است. دام‌ها به صورت پراکنده عمدتاً از منابع مرتعی کوههای نسبتاً خشک تعلیف می‌کنند. محصولات کشاورزی را عمدتاً غلات (گندم و جو) تشکیل می‌دهند. مجموع اراضی اختصاص داده شده به گندم در سال 1385 در سرفیروزآباد (مرک) و الشتر (هنام) به ترتیب 44 و 49 درصد اراضی زراعی بوده است. در همان سال سطح زیر کشت جو در مرک و هنام به ترتیب 9 و 22 درصد اراضی زراعی گزارش شده است (تماس شخصی با مسئول مراکز خدمات کشاورزی علی آباد الشتر و سرفیروز آباد). میانگین محصول دانه گندم آبی، گندم دیم و جو دیم در هنام به ترتیب حدود 3750، 1350 و 1500 کیلوگرم در هکتار و در مرک حدود 4500، 1500 و 1200 کیلوگرم در هکتار است (تماس شخصی با مسئول مراکز خدمات

---

[1] نویسنده مسئول، کرج، مشکین دشت، مؤسسه تحقیقات خاک و آب

کشاورزی علی آباد الشتر و سرفیروز آباد، 1386).

عملکرد این محصولات در سطح استان لرستان بسیار کمتر است (بی نام، 1387). به طوری که ملاحظه می‌شود عملکرد محصول پائین است و هر عملیات اصلاحی بر روی این محصولات تأثیر اساسی بر زندگی روستائیان خواهد داشت.

مسائل محیطی ناشی از مصرف زیاد کودهای شیمیایی از یک طرف و افزایش هزینه دولت برای تأمین کودهای شیمیایی یارانه دار ما را مجبور به استفاده از تکنولوژی‌هایی برای تامین بخشی از نیاز محصولات به کودهای شیمیایی و تأثیر مثبت بر اقتصاد و کشور می‌کند. کودهای بیولوژیک حاوی مایه تلقیح ریزجانداران مفید خاک هستند که مشهورترین آن باکتری‌های ریزوبیوم می‌باشند که قادر به تثبیت نیتروژن آتمسفر بوده و در نتیجه می‌تواند جایگزین کودهای نیتروژنه شود. در ایران همه ساله 85 هزار تن کود نیتروژنی برای گیاهان خانواده بقولات مصرف می‌شود که می‌تواند با کودهای بیولوژیک جایگزین شود (خاوازی و همکاران، 1384). امروزه تأکید بر استفاده از باکتری‌های تنظیم کننده رشد گیاهان و ریز جاندارانی است که قادرند رشد گیاهان را با روش‌های مستقیم و غیر مستقیم افزایش دهند. ترشح ویتامین‌ها، اسیدهای آمینه، اکسین‌ها و تثبیت نیتروژن اتمسفر بوسیله ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم از روش‌های مستقیم توسعه رشد گیاه است (رادوان[1]، 2002، خاوازی و همکاران، 1384، اکبری و همکاران 1386). ترشح سیدروفورها و سیانیدهای هیدروژن و آنتی‌بیوتیک‌های کنترل کننده بیماری‌های گیاهی از دیگر تأثیرات اصلاحی میزان رشد و محصول گیاهانی مانند گندم و جو است (خاوازی و همکاران، 1384). مطالعات اخیر تأثیر سیزژیستی ریزوباکتری‌های تحریک‌کننده رشد (مانند ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم) و ریزوبیوم‌های تولید غده‌های تثبیت‌کننده نیتروژن را نشان داده است (تیلاک[2] و همکاران، 2006). این کود بیولوژیک بر روی سرعت تنفس، متابولیسم، رشد و توسعه ریشه تأثیر می‌گذارد . در نتیجه جذب آب و مواد غذایی در گیاهان تلقیح شده را افزایش می‌دهد (هولگوئین[3] و همکاران، 1999). توسعه سیستم ریشه‌ای به عنوان عامل اصلی در افزایش جذب آب و عناصر معدنی و در نتیجه زیاد شدن ماده خشک گیاهی معرفی شده است (میچیلز[4]، 1989). دوبلاری[5] و همکاران (2003) مشاهده نمودند که تلقیح گیاهان با انواع باکتری‌هایی که توانایی تولید اکسین را داشته‌اند در مقایسه با شاهد، ریشه‌های بلندتر، تارهای کشنده طویلتر و انشعابات ریشه فرعی بیشتری را در پی داشته است. باکتری‌های آزوسپیریلوم با بسیاری از گیاهان یکساله و چند ساله همیاری بر قرار می‌نماید. این باکتری‌ها دارای جمعیت فراوانی در ریزوسفر ریشه غلات و دیگر گیاهان است (باشان[6] و هولگوئین، 1997). علاوه بر آن افزایش عملکرد بیولوژیک گندم و جو در اثر تلقیح بذور گندم و جو با ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم توسط علی[7]و همکاران 2005 اعلام شده است محققان زیادی روی تأثیر سویه‌های مختلف PGPR بر تعدیل اثرات تنش شوری در انواع گیاهان مطالعه و بررسی نموده‌اند (شوکلا[8] و همکاران، 2011). افزایش 20 درصدی محصول گندم نسبت به شاهد با استفاده از مایه تلقیح ازتوباکتر آزوسپیریلیوم بوسیله خاوازی و همکاران 1384 گزارش شده است. با این حال هنوز کمبود آزمایش‌های مزرعه‌ای آنفارم برای نشان دادن پتانسیل کودهای بیولوژیک در شرایط زارع به چشم می‌خورد، این پروژه با هدف بررسی تأثیر کود بیولوژیک حاوی ازتوباکتر و آزوسپریلیوم بر عملکرد محصول گندم و جو و درآمد خالص زراعین در مزارع تحت مدیریت آنان بصورت مشارکتی در دو پایلوت هنام و مرک به ترتیب در استان‌های لرستان و کرمانشاه اجرا شده است.

## مواد و روش‌ها

منطقه مرک در سرفیروزآباد استان کرمانشاه بین "25، ‘04، O 47 تا "18، ‘22، O 47 طول شرقی و "38، ‘00، O 34 تا "31، ‘04، O 34 عرض شمالی با ارتفاع از سطح دریا 2800-1440 متر به مساحت 24000 هکتار و میزان بارندگی سالیانه 316 میلی‌متر است. خاک آن در رده انسپتی‌سول، بافت بسیار سنگین رسی و رس سیلتی با ساختمان مکعبی است. خاک این منطقه در نواحی کوهستانی و تپه‌ای صخره‌ای دارای 60-25 درصد سنگریزه (Gravel) است. واکنش خاک بین 7/9 -7/3 ، شوری خاک بین 0/4-0/8 دسی‌زیمنس بر متر و کربن آلی بین 3-1 درصد است (شکل 1).

منطقه هنام در الشتر استان لرستان بین "50، ‘51، O 33 تا "51، ‘44، O 33 طول شرقی و "42، ‘28، O 48 تا "31، ‘12، O 48 عرض شمالی با ارتفاع از سطح دریا

---

[1] Radwan, F.I.

[2] Tilak, K.V.B.R.

[3] Holguin, G.

[4] Michiels,

[5] Dobbelaere, S.

[6] Bashan, Y.

[7] Ali, S.

[8] Shukla, P.

1610-3500 متر به مساحت 14200 هکتار و میزان بارندگی سالیانه 540 و 572 میلی‌متر به ترتیب در سال های 85-1384 و 86-1385 است. خاک آن در رده انسپتی سول با 50 درصد رخنمون سنگی دارای شرایط آب و هوایی بسیار سرد تا معتدل سرد با یک فصل کشت 8 ماهه است ( شکل 1).

### طرح آزمایش، تیمارها و انتخاب کشاورزان

انتخاب کشاورزان در سال اول آزمایش از طریق مرکز خدمات کشاورزی و در سال دوم آزمایش بطور اختیاری و داوطلب صورت گرفت. طبیعت مشارکتی این تحقیق با ارائه یک پروژه ساده، با یک پلات مایه تلقیح (تیمار ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم) و یک پلات کنترل (تیمار شاهد) در زمین هر کشاورز اجرا گردید. از هر کشاورز خواسته شد یکی از مزارع گندم یا جو خود به مساحت تقریبی یک هکتار را برای این منظور لحاظ نماید، و آن را به دو قسمت مشابه (حدود نیم هکتاری) از نظر اندازه، تاریخچه کشت و تولید متوسط تقسیم کند. هر دو قسمت با مدیریت کشاورز کشت گردید. در هنگام کاشت بذر، در پلات مایه تلقیح ابتدا بذور آماده کاشت بر روی یک پلاستیک پهن شده در روی زمین ریخته شد و سپس کود بیولوژیک مایع (تحت نام نیتروکسین) با جمعیت $10^7$ به میزان 1/5 لیتر بازار هر 100 کیلوگرم بذر، بر روی بذور محلول‌پاشی شد و سپس بذور بطور کامل با بیل به هم زده شد تا مایه تلقیح با سطح بذور تماس یابد. بذور تلقیح شده بعد از ده دقیقه آماده کاشت گردید و تا زمان کاشت بذور تلقیح شده در سایه نگهداری شد. در سال زراعی 85-1384 آزمایش بر روی گندم آبی در هنام و مرک با 6 نفر از کشاورزان و آزمایش بر روی جو دیم با 4 نفر از کشاورزان در هنام انجام شد. در سال زراعی 1386-1385 آزمایش بر روی گندم دیم در مرک با 13 کشاورز علاقمند، بر روی گندم آبی با یک کشاورز و بر روی جو دیم نیز با یک کشاورز در مرک صورت گرفت. در هنام این آزمایش بر روی گندم آبی با 15 کشاورز، بر روی گندم دیم با سه کشاورز و بر روی جو دیم با سه کشاورز دیگر انجام گرفت.

### مدیریت پلات‌های آزمایشی

در کلیه پلات‌های آزمایشی از کشاورزان خواسته شد مدیریت خود را از نظر نوع رقم، مقدار بذر، مقدار مصرف کود، آبیاری، تعداد و نوع مبارزه با علف‌های هرز اعمال نمایند. برای گندم آبی ابتدا زمین شخم و سپس دیسک زده شد و کشت با ماشین بذر کار صورت گرفت. مقدار کود شیمیایی مصرف شده برای گندم آبی 200 کیلوگرم سوپر فسفات تریپل قبل از کاشت و 100 کیلوگرم اوره به صورت سرک در بهار بود. برای گندم دیم عملیات تهیه زمین شامل یک شخم و یک دیسک و 50 کیلو کود سوپر فسفات تریپل قبل از کاشت و 50 کیلوگرم اوره به صورت سرک در بهار بود. برای کشت جو دیم که عمدتاً در اراضی تپه ماهور فقیر و سنگلاخی کشت می‌شود عملیات تهیه زمین و کاشت شامل توزیع بذر به میزان حداقل 2 برابر میزان معمول در اراضی دیم و سپس شخم سطحی با گاو آهن برگردان دار به عمق 15-10 سانتی متر بود. در هر دو منطقه محصول دانه و کاه هر کشاورز با کف بر نمودن محصول از 10 نقطه هر تیمار، هر یک به مساحت یک متر مربع در تیر ماه انجام شد و بوسیله خرمنکوب دانه از کاه جدا گردید.

### تجزیه و تحلیل آماری

اطلاعات و ارقام بدست آمده با آزمون کولوموگوو اسمیموو[1] توزیع نرمال گردید (جاستل[2]، 1997) و با آزمون t جفت نمونه‌ای انجام شد زیرا هر دو تیمار بوسیله یک زارع آزمایش شده بود. خطای استاندارد اختلاف بین میانگین ها[3] محاسبه شد. مقایسه پارامترهای آزمایشی و ارتباط داخلی آن‌ها با تجزیه رگرسیونی محاسبه و ترسیم شد. احتمال وقوع آن نیز با درجات 5، 1 و 0/1 درصد به ترتیب با علامت‌های *، ** و *** مشخص گردید (مک دانلد[4]، 1997).

### تجزیه و تحلیل سازگاری[5]

جایی که اطلاعات کافی موجود بود برای تعیین سازگاری تیمار مایه تلقیح به مقدار تولید زارع هر منطقه، از اعداد و ارقام هر جفت استفاده شد. تا اینجا برای هر مزرعه میانگین تولید با فرمول $[0.5\ Y_{Azo.}+ Y_{Ctrl.}]$ به عنوان مولفه محیطی محاسبه شد. محصول هر تیمار (تیمار مایه تلقیح و شاهد) با مؤلفه‌های محیطی با رگرسیون خطی به صورت نمودار ترسیم و با روش هیلد براند راسل[6] (1996) توضیح داده شد.

### محاسبه ریسک[7]

کلیه اعداد و ارقام برای محاسبه ریسک مورد استفاده قرار گرفت این محاسبه نشان می‌دهد که تولید در هر تکنولوژی زیر سطح بحرانی محصول واقع می‌شود یا خیر. جایی که اطلاعات بدست آمده نرمال شده بود احتمال اینکه مقدار محصول این تکنولوژی در یک محیط

---

[1] Kolomogov smimov
[2] Justel, A.
[3] Standard error of mean difference
[4] McDonald, J.H.
[5] Adaptability analysis
[6] Hildebrand Russel
[7] Risk assessment

اتفاقی انتخاب شده (j) زیر سطح بحرانی $\lambda$ قرار گیرد بوسیله معادله شماره 2 محاسبه گردید.

معادله شماره 2 (اسکریج[1]، 1990 )

$$\Pr(Yj < \lambda) = \Phi[\frac{\lambda - \mu}{\sigma}]$$

که در آن $\Phi$ توزیع نرمال استاندارد و معادله توزیع تجمعی، $\mu$ میانگین و $\sigma$ انحراف از استاندارد تکنولوژی است. برای مقایسه مستقیم تکنولوژی کاربرد مایه تلقیح با روش کار متداول کشاورزان، احتمال اینکه یک سیستم آن کار را بهتر از دیگری تکمیل کند با معادله شماره 3 محاسبه شد.

معادله‌شماره3 (اسکریج[2]و موم، 1992)

$$\Pr(Dj > 0) = \Phi[\frac{\delta}{\sigma_D}]$$

که در آن $Dj$ تفاوت عملکرد بین دو تکنولوژی در منطقه تصادفی انتخاب شده، $\Phi$ توزیع نرمال استاندارد معادله توزیع عمقی $\delta = \mu_1 - \mu_2$ ، $\mu_1$ - و $\mu_2$ به ترتیب میانگین عملکرد دو تکنولوژی و $\sigma_D$ انحراف از استاندارد اختلافات $Dj$ است.

برای برآورد ریسک اقتصادی، هزینه و سود دو تکنولوژی در این آنالیز بررسی شد. به همین دلیل احتمال افتادن در زیر اختلاف محصول بحرانی که نیاز به برتری داشتن قبل از اینکه یک تکنولوژی نسبت به تکنولوژی دیگر از نظر اقتصادی جذاب باشد با معادله شماره 4 محاسبه شده است.

معادله شماره 4

$$\Pr(Yj < \lambda_D) = \Phi[\frac{\lambda_D - \mu_D}{\sigma_D}]$$

که در آن $Dj$ تفاوت عملکرد بین دو تکنولوژی در منطقه تصادفی انتخاب شده، $\lambda_D$ تفاوت عملکرد بحرانی، $\Phi$ توزیع نرمال استاندارد معادله توزیع تجمعی، $\mu_D$ اختلافات میانگین و $\sigma_D$ انحراف از استاندارد اختلاف‌هاست.

## تجزیه و تحلیل اقتصادی[3]

آنالیز ریسک اقتصادی بر اساس درآمد خالص هر تیمار بود. از آنجایی که هدف اصلی اختلاف بین تیمارها بود بنابراین فقط اختلاف عوامل درآمد و هزینه‌ای بین تیمارها مورد محاسبه قرار گرفت. این عوامل شامل عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) قیمت دانه که برابر 2200 ریال در هر کیلو گرم، قیمت نیتروکسین که 18000 ریال بازائ هر لیتر، مقدار مایه تلقیح 1/5 لیتر بازائ هر 100 کیلوگرم بذر، مقدار بذر 200-150 کیلو گرم در هکتار در گندم و جو دیم، 400-250 کیلوگرم در گندم آبی. از زمان اضافی لازم برای مخلوط نمودن مایه تلقیح با بذور گندم و جو صرفنظر شده است.

## نتایج

ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک اولیه مزارع کشاورزان در هنام و مرک در عمق 30-0 سانتی در جدول 1 نشان داده شده است. در فصل زراعی 85-1384 مایه تلقیح از تو باکتر و آزوسپریلیوم عملکرد دانه گندم آبی را از 8346 کیلوگرم در هکتار به 9265 کیلوگرم در هکتار، با اختلاف 11 درصد، افزایش داد (جدول 2). میانگین درآمد خالص بین تیمار مایه تلقیح و تیمار شاهد 1940164 ریال در هکتار (717782± ریال) بود. در همان فصل زراعی عملکرد جو دیم با استفاده از مایه تلقیح ازتوباکتر از 2356 به 3196 کیلوگرم در هکتار حدود 36 درصد افزایش یافت. میانگین درآمد خالص بین دو تیمار 1803867 ریال در هکتار (378470 ±ریال) بود.

در سال 86-1385 تیمار ازتوباکتر میزان عملکرد دانه گندم آبی در هنام از 3656 به 4536 کیلوگرم در هکتار افزایش داد (جدول3). آنالیز سازگاری نشان داد که اختلاف عملکرد بین محل‌های آزمایش متفاوت بود و با بهتر شدن سطح تولید در محل‌های آزمایش از نظر آماری افزایش داشت (شکل2). از این رو میزان محصول با شاخص محیطی بیشتر، بالاتر از میانگین عملکرد محصول قرار داشت.

آنالیز ریسک نشان داد که صرفنظر از عملکرد بحرانی، همیشه احتمال اینکه در تیمار مایه تلقیح همان مقدار محصول برداشت شود بیشتر از شاهد بود (شکل3). برای مثال احتمال اینکه عملکرد تیمار شاهد به زیر سطح تولید 4000 کیلوگرم در هکتار بیافتد 71 درصد بود در حالیکه همان ریسک برای عملکرد تیمار مایه تلقیح ازتوباکتر فقط 30 درصد بود. در مقایسه عملکرد دانه دو تیمار با یکدیگر، ریسک اینکه عملکرد تیمار شاهد بالاتر از عملکرد تیمار مایه تلقیح باشد فقط 13 درصد بود.

میانگین درآمد خالص 1847838 ریال در هکتار (430224 ± ریال) افزایش یافت. درآمد خالص هم چنین با شاخص محیطی همبستگی مثبت داشت ($R^2 = 0.23$, $P<0.05$) هزینه اندک برای مصرف ازتوباکتر در گندم آبی معادل 40 کیلوگرم دانه گندم در هر هکتار بود. ریسک اقتصادی مصرف ازتوباکتر که تولید کمتر از شاهد باشد فقط 14 درصد است که مانند ریسک زراعی پایین است.

مایه تلقیح هم چنین محصول دانه گندم و جو دیم را در همان سال افزایش داد (جدول3) اما بدلیل تفاوت زیاد بین عملکرد در منطقه و تعداد کمی از

---

[1] Eskridge, K. M.

[2] Eskridge, K. M. and Mumm

[3] Economic analysis

کشاورزان این تفاوت زیاد معنی‌دار نگردید. هرچند افزایش‌های محصول در تمام محل‌های آزمایش در جو دیم بدست آمد به طوری که میزان محصول با استفاده از مایه تلقیح ازتوباکتر به دو برابر افزایش یافت. هزینه اندک مصرف ازتوباکتر در گندم یا جو دیم معادل فقط 21 کیلوگرم دانه در هکتار بود. تفاوت درآمد خالص بین تیمار ازتوباکتر برای گندم دیم و شاهد و بین جو دیم و شاهد به ترتیب برابر 892883 ریال در هکتار (469216 ± ریال) و 2959417 ریال در هکتار (1012893± ریال) بود. در مرک جائیکه مایه تلقیح برای اولین بار در سال زراعی 2006-2007 آزمایش شده بود محصول گندم دیم کمی افزایش نشان داد یعنی از 1314 کیلوگرم در هکتار به 14567 کیلوگرم در هکتار افزایش داشت. در ضمن آنالیز سازگاری افزایش محصول مشابهی را صرفنظر از شاخص محیطی، نشان داد (شکل 4).

احتمال اینکه عملکرد شاهد پایین‌تر از حد بحرانی باشد نسبت به عملکرد تیمار ازتوباکتر همیشه بیشتر بوده ولی اختلاف ریسک بین دو تیمار هرگز بیش از 15 درصد نبود (شکل5). در ضمن در مورد عملکرد محصول و درآمد خالص، ریسک اینکه تیمار ازتوباکتر کمتر از تیمار شاهد باشد به ترتیب برابر 27 و 30 درصد بود. متوسط تفاوت درآمد خالص بین تیمار ازتوباکتر وتیمار شاهد برابر 267273 ریال در هکتار (144052 ± ریال) بود.

## بحث

کود بیولوژیک ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم مقدار عملکردمحصول گندم و جو آبی دیم را در هر دو سال آزمایش از نظر آماری افزایش داد. سازگاری ازتوباکتر بوسیله حمدی[1]و همکاران (1978) در عراق، محمود[2]و همکاران (1978) در مصر و احمد و ساحی[3] (1979) در هندوستان در شرایط اکولوژیکی خشک و نیمه خشک گزارش شده است. بعضی از گونه‌های ازتوباکتر مقاوم به شرایط نامساعد شوری، پ هاش زیاد و شرایط خشکی توسط فولر و هنکز[4] (1982) گزارش شده است. از این رو ازتو باکتر با شرایط محیطی خشک کوهستانی ایران سازگار هستند.

آزمایش انجام شده در سال زراعی 1386-1385 در مرک نشان داد که مایه تلقیح ازتوباکتر محصول گندم دیم را از نظر آماری افزایش داد و این افزایش مستقل از شاخص محیطی است از اینرو صرفنظر از سطح تولید در یک نقطه آزمایش شده، چنین افزایش می‌تواند عملی شود. موقعیت در هنام متفاوت بود. گرچه تیمار مایه تلقیح محصول گندم آبی را بطور متوسط 24 درصد افزایش داد لیکن این افزایش بستگی به نقطه آزمایش داشت. با افزایش شاخص محیطی اختلاف محصول بین دو تیمار نیز افزایش یافت در حالیکه در محیط های فقیرتر (کم حاصلخیز) اختلاف کمتر شد. عوامل محیطی مانند غالب شدن سرمای زیاد در زمستان در قسمت بالایی حوزه کرخه ممکن است تأثیر داشته باشد. تلقیح بذر در سیکیم هندوستان نتیجه مثبتی نداشت که پیشنهاد شده بود به دلیل عدم توانایی باکتری مصرفی شده برای زنده ماندن در شرایط سرد است (پاندی و همکاران 1998). تأثیر درجه حرارت پایین در میزان زنده ماندن ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم ممکن است اهمیت بیشتری داشته باشد. در حالیکه در آب و هوای گرمتر ممکن است در خاک باقی بمانند (نارولا[5] و همکاران 2005). در آب و هوای سردتر مانند قسمت فوقانی حوزه کرخه بایستی مصرف مایه تلقیح هر ساله تکرار شود. هرچند قیمت ارزان این محصول ضرورت استفاده از این تکنولوژی را از بین نمی‌برد.

شرایط محیطی خاک در مرک در رابطه با ارتفاع و شیب که شامل دره‌های طویل و عریض است دارای یکنواختی بوده و لذا تغییرات اختلاف محصول بین تیمار ازتوباکتر و شاهد کمتر است (د پائو و همکاران[6] 2007). برعکس در هنام این تغییرات شدید بوده و تأثیر مزارع زارعین بیشتر بوده است. افزایش محصول در نتیجه مصرف کود بیولوژیک در محدوده مورد انتظار بود. در یک آزمایش گلخانه‌ای که 120-60 کیلو گرم نیتروژن مصرف شده بود ازتوباکتر کروکوکوم عملکرد دانه گندم را از 12/6 به 14 درصد افزایش داد (کومار[7] و همکاران2001). در یک آزمایش مزرعه‌ای تحقیقاتی در ایران مایه تلقیح ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم محصول گندم را 20 درصد افزایش داد. نارولا و همکاران، 2005 اعلام نمود با مصرف مایه تلقیح ازتوباکتر بر روی گندم، مقدار 25-30 کیلوگرم نیتروژن صرفه‌جویی خواهد شد.

تأثیر مایه تلقیح بر روی محصول جو بیشتر از محصول گندم بود. در سال زراعی 85-1384 در هنام مقدار افزایش بر روی گندم آبی 11 درصد بود در حالیکه بر روی محصول جو دیم 36 درصد

---

[1] Hamdi, Y.A.
[2] Mahmoud, S.A.Z.
[3] Ahmed, N. and Sahi, B.P.
[4] Fuller, W.H., and Hanks, K.
[5] Narula, N.
[6] De Pauw, E.
[7] Kumar, V.

گزارش شده است در سال بعد مقدار محصول دانه گندم آبی 24 درصد افزایش یافت در حالی که مقدار محصول جو دیم تقریباً دو برابر گردید. به نظر می‌رسد این اختلاف به خاطر اختلاف در میزان حاصلخیزی خاک و مصرف کود شیمیایی بوده است.

گندم و به ویژه گندم آبی در خاک‌های حاصلخیز کشت می‌شود و بیشترین مقدار کود را به خود اختصاص می‌دهد. برعکس جو دیم بیشتر در خاک‌های غیر حاصلخیز و نامناسب در زمین‌های تپه ماهور سنگلاخی کشت می‌شود و به آن کودی داده نشده و توجه کمی به آن می‌شود. این نتیجه بوسیله آزمایش گلدانی رای و گوار[1]، 1988 تأیید شده است. نامبردگان نشان دادند تأثیر ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم بر عملکرد دانه و جذب ازت بدون مصرف کود نیتروژنه اثربه ترتیب 57 و 94 درصد بوده است. بین مصرف مایه تلقیح و مصرف کود نیتروژنه بر جذب نیتروژن و محصول گندم اثر متقابل معنی‌دار وجود دارد. تأثیر ازتو باکتر و آزوسپیریلیوم بر عملکرد دانه و جذب ازت بدون مصرف کود نیتروژنه به ترتیب 57 و 94 در صد بوده است، ولی تأثیر آن بتدریج با افزایش مصرف کود نیتروژنه تا 120 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، کاهش یافت و در نهایت تفاوتی وجود نداشت. بیشترین عملکرد بیولوژیک با دوزهای متوسط کود شیمیایی در سینای شمالی بدست آمد (علی و همکاران 2005). تأثیر بسیار زیاد کود بیولوژیک برروی جو در مقایسه با گندم بویژه برای زارعین کم درآمد مهم است. زارعینی که به خاک‌های حاصلخیز در مرکز دشت و اراضی فاریاب دسترسی ندارند.

استفاده از مایه تلقیح ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم بر روی بذور گندم و جو تکنولوژی مناسبی برای ورود به توسعه تکنولوژی مشارکتی[2] است. این تکنولوژی برای کشاورزان بسیار ساده و آسان است. این تکنولوژی ارزان بوده و نیاز به تغییر اساسی سیستم کشت و کار یا مدیریت اجرایی ندارد. اجرای این تکنولوژی در یک منطقه وسیع زراعی ثابت کرد که آن می‌تواند با ریسک بسیار کم اقتصادی با فعالیت‌های جاری کشاورزان قابل مقایسه باشد. افزایش تعداد زارعین متقاضی برای اجرای این تکنولوژی نشان دهنده مناسب بودن آن برای خانواده‌های روستایی در قسمت بالا دست حوزه آبریز کرخه است. با جلب اعتماد تشکل‌های محلی و کشاورزان شرکت کننده، زمینه برای فعالیت در اجرای آزمایش‌های پیچیده تر فراهم می‌گردد.

## نتیجه‌گیری

مایه تلقیح ازتو باکتر و آزوسپیریلیوم تکنولوژی است که سازگاری خوبی با مناطق کوه های خشک حوزه آبریز کرخه دارد. این کود بیولوژیک عملکرد گندم و جو و سود خالص را افزایش داد. هرچند ریسک اقتصادی کمی برای تیمار ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم، که تولید کمتری نسبت به شاهد داشته باشد ملاحظه گردید. این تکنولوژی هم چنین ارزان و اجرای آن آسان بوده و نیازی به تغییر سیستم کشت ندارد و به آسانی در دسترس می‌باشد. بنابراین این کود بیولوژیک می‌تواند یک ماده استرتژیک برای مقابله با شرایط نامطلوب قلمداد شده که سطح درآمد کشاورزان را در حوزه آبریز کرخه افزایش می‌دهد.

## سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از آقایان دکتر یورگن آنتوفر[3] که زحمت تجزیه و تحلیل آماری و ترسیم شکل‌ها را به عهده داشته و از خانم دکتر آدریانا بروکمن[4] که کل پروژه را سرپرستی نموده و آقای مهندس کلهر و آقای مراد عزیزیان که در عملیات اجرای میدانی پروژه صمیمانه زحمت کشیده‌اند کمال تشکر و سپاسگزاری را دارد.

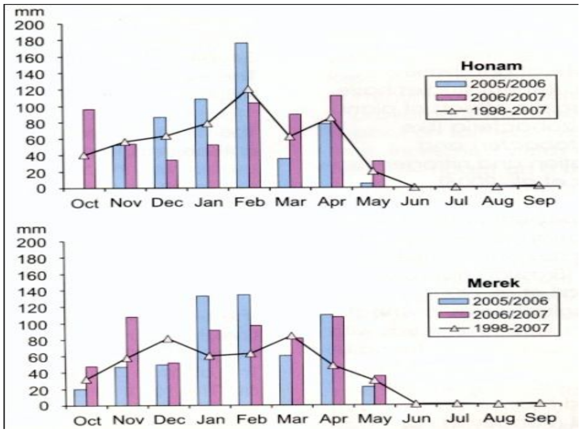
---

[1] Rai, S.N., and gaur, A.C.

[2] Participatory Technology Development

[3] Jurgen Anthofer

[4] Adriana Bruggeman



شکل 1- توزیع بارش در دو منطقه هنام لرستان و مرک کرمانشاه

جدول 1- ویژگی های شیمیایی و فیزیکی خاک اولیه عمق 30-0 سانتی‌متر مزارع زارعین در هنام و مرک

| پارامتر های اندازه گیری شده | هنام | مرک |
|---|---|---|
| کربن آلی (%) | 1/1 ± 0/1 | 1/1 ± 0/1 |
| نیتروژن (%) | 0/1 ± 0/01 | 0/1 ± 0/01 |
| فسفر ( میلی گرم بر کیلو گرم) | 14/6 ± 1/1 | 9/1 ± 1/17 |
| پتاسیم ( میلی گرم بر کیلو گرم) | 418/5 ± 28/2 | 324/7 ± 24/6 |
| آهک معادل (%) | 30 ± 1/3 | 33 ± 1/55 |
| در صد اشباع (%) | 47/3 ± 0/8 | 38/4 ± 1/4 |
| واکنش گل اشباع | 7/45 ± 0/05 | 7/51 ± 0/03 |
| هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) | 0/66 ± 0/06 | 0/71 ± 0/08 |
| رس (%) | 45/5 ± 0/6 | 35/8 ± 1/9 |
| سیلت (%) | 43/7 ± 1/7 | 43/0 ± 2/0 |
| شن (%) | 10/8 ± 2/0 | 21/3 ± 3/5 |
| بافت | لوم رسی سیلتی SiCl | لوم رسی سیلتی SiCl |

± انحراف معیار

جدول 2- میزان محصول گندم وجو (کیلوگرم در هکتار) تحت تأثیر تیمار مایه تلقیح در هنام سال85-1384

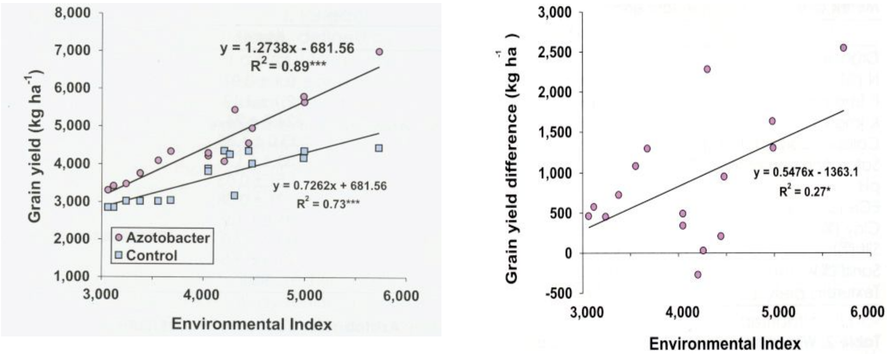
| جو دیم (میانگین 4 محل) | | | گندم آبی (میانگین 6 محل) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| شاخص برداشت | کاه | دانه | شاخص برداشت | کاه | دانه | |
| 0/47 | 3460 | 3197 | 0/41 | 13715 | 9265 | مایه تلقیح |
| 0/44 | 2949 | 2356 | 0/43 | 10928 | 8346 | شاهد |
| 0/04 ns | 309 ns | 172 ** | 0/02 ns | 1400 ns | 326 ** | انحراف معیار |

(*) احتمال معنی‌دار شدن در سطح 5 درصد، (**) احتمال معنی‌دار شدن در سطح 1 درصد، (***) احتمال معنی‌دار شدن در سطح 0/1 درصد و ns عدم معنی‌دار بودن آماری است.

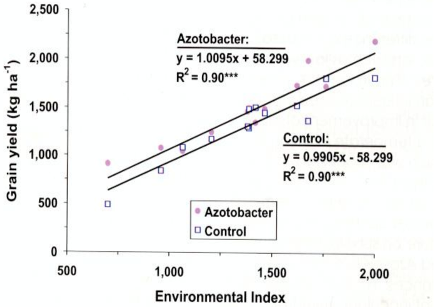
جدول 3- تأثیر تیمار مایه تلقیح بر اجزای عملکرد گندم و جو (بر حسب کیلوگرم در هکتار) در هنام در سال زراعی 86-1385

| جو دیم (میانگین 3 محل) | | | گندم دیم (میانگین 3 محل) | | | گندم آبی (میانگین 15 محل) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شاخص برداشت | کاه | دانه | شاخص برداشت | کاه | دانه | شاخص برداشت | کاه | دانه | |
| 0/40 | 4090 | 2726 | 0/27 | 6225 | 2355 | 0/32 | 5173 | 4536 | مایه تلقیح |
| 0/47 | 1519 | 1359 | 0/26 | 5544 | 1927 | 0/30 | 4844 | 3656 | شاهد |
| 0/02 ns | 801 ns | 460 ns | 0/02 ns | 165 * | 213 ns | 0/01 * | 220 ns | 196*** | انحراف معیار |

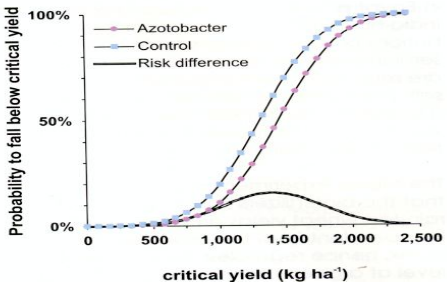
(*) احتمال معنی‌دار شدن در سطح 5 درصد، (**) احتمال معنی‌دار شدن در سطح 1 درصد، (***) احتمال معنی‌دار شدن در سطح 0/1 درصد و ns عدم معنی‌دار بودن آماری است.



شکل 3- احتمال قرار گرفتن عملکرد گندم آبی تلقیح شده با ازتوباکتر در زیر عملکرد تیمار شاهد در هنام در سال 86-1385



شکل 4- سازگاری گندم دیم تلقیح شده با ازتوباکتر و آزوسپریلیوم و تیمار شاهد (تلقیح نشده) به شاخص محیطی در مرک در سال زراعی 86-1385



شکل 5- احتمال قرار گرفتن عملکرد گندم دیم تلقیح شده با ازتوباکتر در زیر عملکرد شاهد در مرک در سال زراعی86-1385

## فهرست منابع:

۱. بی نام. (1387). آمار نامه کشاورزی، جلد اول، محصولات کشاورزی، سال زراعی 86-1385. دفتر آمار و فناوری اطلاعات. معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی. وزارت جهاد کشاورزی.

۲. خاوازی، ک، اسدی رحمانی، ه، ملکوتی، م. ج. 1384. ضرورت تولید کودهای بیولوژیک در ایران. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات کشاورزی و مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران ایران، 419 صفحه.

3. Ahmed, N. and Sahi, B.P. 1979. Morphological and cultural characteristics of salt and alkali tolerant soils of Azotobacter chroococcum (nitrogen fixing bacteria) Curr. Sci. 48:321-328.
4. Akbari, G.A., Arab, S.M., Alikhani, H.A ., Allahdadi, I. and Arzanesh, M.H. 2007. Isolation and selection of indigenous Azospirillum spp. and the IAA of superiorsrains effects on wheat roots. World J. Agric. Sc. 3(4), 523-529.
5. Ali, S., Hamza, M., Amin, G., Fayaz, M., El-Tahan, M., Monib, M., Hegazi, N. 2005. Production of biofertilizers using baker's yeast effluent and their application to wheat and barley grown in north Sinai deserts. Archives of Agronomy. Soil Sc. 51(6), 589-604.
6. Bashan, Y., and Holguin, G. (1997). *Azospirillum*–plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). Can. J. Microbiol. 43: 103-121.
7. De Pauw, E., Mirghasemi, A., Ghaffari, A. and Nseir, B. 2007. Agro-ecological zones of KRB. Research Report, ICARDA, Aleppo, Syria.
8. Dobbelaere, S., Vanderleyden, J. and Okon, Y. (2003). Plant growth-promoting effectsof diazotrophs in the rhizosphere. Critical Reviews in Plant Sciences 22: 107-149.
9. Eskridge, K.M. 1990. Selection of stable cultivars using a safety first rule. Crop Science 30, 369-374.
10. Eskridge, K.M., and Mumm, R.F. 1992. Choosing plant cultivars based on the probability of outperforming a check. Theoret. Appl. Genet. 84, 894-900.
11. Fuller, W.H., and Hanks, K. 1982. Disribution of Azotobacter in arid soils. Plant and soil 64(3), 355-361.
12. Hamdi, Y.A., Yousef, A,N., Al-Azawi, S., Al-tai, A., and Al-Baquari, L.S. 1978. Distribution of certain non–symbiotic nitrogen fixing organisms in Iraqi soils. Ecological Bulletin/NFR 27 (Stockholm), 110-115.
13. Hildebrand, P.E., and Ressell, G.T., 1996. Adaptibility analysis – a method for the design , analysis and interpretation of on-farm research – extension. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA, 189 pp.
14. Holguin, G., Patten, c. l. and Glick, B.R. (1999). Genetics and molecular biology of *Azospirillum*. Bio. Fertil. Soils 29: 10-23.
15. Justel, A., Peña, D. and Zamar, R. (1997) *A multivariate Kolmogorov-Smirnov test of goodness of fit*, Statistics & Probability Letters, 35(3), 251-259.
16. Kumar, V., Kumar, B.R. and Narula, N., 2001. Stablishment of phosphate–solubilizing strains of Azotobacter chroococcum in the rhizosphere and their effect on wheat cultivars under green house conditions. Microbiological Research 156(1), 87-93.
17. Mahmoud, S.A.Z., EL-sawy, M., Ishac, Y. Z., and El-Safty, M.M. 1978. The effect of salinity and alkalinity on the distribution and capacity of N2-fixation by Azotobacter in Egyption soils. Ecological Bulletin/NFR 27 (Stockholm), 99-109.
18. McDonald, J.H. 2009. Handbook of Biological Statistics (2nd ed.). Sparky House Publishing, Baltimore, Maryland.
19. Michiels, k., Vanderleyden J., Van Gool, I. (1989). *Azospirillum* plant root association: A review. Bio. Fertil. Soils 8: 356-368.

20. Narula, N., Kumar, V., Singh, B.,Bhatia, R., Lakshminarayana, K., 2005. Impact of biofertilizers on grain yield in spring wheat under varying fertilizer conditions and wheat-cotton rotation. Archives of Agron. Soil Sc. 51(1), 79-89.
21. Pandey, A., Sharma, E., Palni, L.M.S. 1998. Influence of bacterial inoculation on maize in upland farming systems of the Sikkim Himalaya. Soil Biol. Biochem. 30(3), 379-384.
22. Radwan, F.I. 2002. Response of some maize cultivars to VA mycorrhizal inocultation, biofertilization and soil nitrogen application. Alex. J. Agric. Res. 43, 43-56.
23. Rai, S.N., and gaur, A.C. 1988. Characterization of Azotobacter spp. And effect of Azotobacter and Azospirillum inoculants on the yield and N uptake of wheat crop. Plant and Soil 109, 131-134.
24. Shukla, P. Agarwal, P. K. and Jha, B. 2011. Improved salinity tolerance of Arachis hypogaea (L.) by the interaction of halotolerantplant growth promoting rhizobacteria. Journal of Plant Growth Regulation. (DOI: 10.1007/s00344-011-9231-y).
25. Tilak, K.V.B.R., Ranganayaki, N., and manoharachari, C. 2006. Synergistic effects of plant-growth promoting rhizobacteria and Rhizobium on nodulation and nitrogen fixation by pigeonpea (Cajanus cajan). Europ. J. Soil Sc. 57(1), 67-71.
26. Yasari, E., and Patwardhan, A.M. 2007. Effect of (Azotobacter and Azospirillum) inoculants and chemical fertilizers on growth and productivity of canola (Brassica napus L.). Asian J. Plant Sc. 6(1), 77-82.
27. Yasari, E., and Patwardhan, A.M., Ghole, V.S., Ghasemichapi, O., and Asgharzadeh, A. 2007. Biofertilizers impact on canola (Brassica napus L.) seeds yield and quality. Asian J. Microbial. Biotech. Env. Sc. 9(3), 707.