

تأثیر مایه‌زنی جدایه‌های بومی از توپاکتر بر عملکرد و شاخص‌های رشد گندم آبی در ایران

هوشنگ خسروی¹، علیرضا توسلی، محمدحسین سدری، عبدالحسین ضیائیان،

حمیدرضا ذبیحی و عفت‌الزمان منتظری

استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات خاک و آب؛ hkhosravi@swri.ir

استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجانشرقی؛ ar.tavasolee@yahoo.com

مربی پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان؛ sedri_mh@yahoo.com

دانشیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس؛ ziaecian@yahoo.com

استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی؛ zabih_hamidreza@yahoo.com

کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجانغربی؛ mnet1960@yahoo.com

دریافت: 92/4/1 و پذیرش: 93/11/29

چکیده

از توپاکتر یک باکتری محرک رشد گیاه است که قادر است از طریق مکانیسم‌های مختلفی از جمله تثبیت نیتروژن مولکولی، تولید هورمون‌های گیاهی و انحلال فسفات‌های نامحلول، رشد گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد. در این پژوهش 10 جدایه باکتری *Azotobacter chroococcum* که در پژوهش‌های قبلی و طی بررسی‌های آزمایشگاهی و گلخانه‌ای انتخاب شده بودند به شکل مایه تلقیح‌های پودری با حامل پرلیت به صورت آزمایشات مزرعه‌ای و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 10 تیمار تلقیحی و یک تیمار بدون تلقیح در 3 تکرار و به صورت مایه‌زنی بذرمال بر روی گیاه گندم اجرا شد. آزمایشات مزرعه‌ای در مزارع تحقیقاتی استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، خراسان رضوی، کردستان و فارس انجام شد. نتایج نشان داد که در آذربایجان شرقی 9 جدایه موجب افزایش عملکرد کل و جدایه T7 موجب افزایش معنی‌دار در سطح پنج درصد در عملکرد کاه و کلش نسبت به شاهد شد. همچنین در این استان جدایه‌های T3 و T4 به طور معنی‌داری در سطح پنج درصد وزن هزار دانه را نسبت به شاهد افزایش دادند. نتایج در استان خراسان مشخص نمود که T11 سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته و عملکرد کاه و کلش و T10 باعث افزایش معنی‌دار مقدار نیتروژن برگ پرچم نسبت به شاهد بدون تلقیح در سطح پنج درصد شد. در استان فارس بیشترین میانگین در مورد عملکرد دانه و وزن خشک اندام هوایی مربوط به تیمار T8 بود.

واژه‌های کلیدی: تثبیت نیتروژن، تلقیح، کود زیستی.

¹ نویسنده مسئول، آدرس: کرج، مشکین دشت، بلوار امام خمینی (ره)، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، صندوق پستی: 31785-311.

مقدمه

گندم یکی از مهم‌ترین گیاهان در دنیا می‌باشد که در مجموع 12/5 درصد زمین‌های زیر کشت جهان را به خود اختصاص داده است. به دلیل کاربرد در تهیه نان، گندم از محصولات مهم کشاورزی در ایران می‌باشد. سطح زیر کشت گندم در ایران حدود 6/65 میلیون هکتار برآورده شده است که 63/25 درصد آن کشت دیم و 36/75 درصد آن کشت آبی می‌باشد. متوسط تولید هکتاری گندم در ایران در کشت‌های آبی حدود 3673 و در دیم 1073 کیلوگرم در هکتار برآورد شده است (وزارت جهاد کشاورزی، 1388). با توجه به نقش مهم گندم در تغذیه مردم، ارائه راهکارهای لازم برای افزایش عملکرد گندم امری لازم و ضروری است. یکی از راهکارهایی که در این زمینه مد نظر است استفاده از پتانسیل بالقوه ریزجانداران خاک و کاربرد کودهای زیستی حاوی باکتری‌های محرک رشد گیاه یا اختصاراً PGPR¹ است. از جمله باکتری‌های PGPR می‌توان به ازتوباکتر²، آزوسپیریلوم³ و سودوموناس⁴ اشاره نمود. یکی از باکتری‌های معروف از گروه PGPR باکتری ازتوباکتر است که شناخته شده‌ترین گونه آن *chroococcum* است.

از دیگر گونه‌های آزادزی معروف این جنس می‌توان به *Nigricans* و *Armeniacus Beijerinckii.vinelandii* اشاره کرد. گونه غالب مناطق معتدله همانند ایران گونه *chroococcum* است. از خصوصیات این باکتری توان تثبیت نیتروژن مولکولی هوا و سنتز مواد محرک رشد گیاه می‌باشد (گاریتی و همکاران، 2005).

سنتز انواع هورمون‌ها مانند ایندول استیک اسید (اکسین)، جیبرلین و سیتوکینین توسط سویه‌های مختلف ازتوباکتر گزارش شده است (آزکون و باری، 1975، گونزالز-لوپز و همکاران 1986، مارتینز-تولدو و همکاران، 1988، نیتو و فراکنبرگر، 1989).

تلقیح گندم با *Azotobacter chroococcum* در آزمون مزرعه‌ای اثرات قابل توجهی بر رشد و عملکرد گندم نشان داد (میلشویچ و همکاران، 2012). عملکرد و جذب نیتروژن گندم پاییزه در اثر تلقیح با باکتری‌های ریزوسفری از جمله *A. chroococcum* قابل توجه ذکر شده است (رناتودفريتاس، 2000). بارال و ادھیکاری (2013) در آزمایشات مزرعه‌ای دو ساله در کشور نپال گزارش دادند در اثر تلقیح ذرت با ازتوباکتر بین 15 تا 35

درصد عملکرد دانه افزایش یافت. گزارش شده که در اثر تلقیح با ازتوباکتر 11-8 درصد عملکرد گندم افزایش یافته است (جرک و همکاران، 2006). تلقیح گندم با سویه‌های بومی *A. chroococcum* موجب افزایش شاخص‌های مختلف رشد در شرایط گلخانه‌ای شد (رجایی و همکاران، 1386)

اثر تلقیح باکتری‌های بومی *A. chroococcum* بر رشد گندم و افزایش سیستم ریشه‌ای آن در یک آزمون گلخانه‌ای مثبت گزارش شده است (خسروی، 1376). اثر تلقیح ازتوباکتر در ترکیب با کود دامی بر رشد گندم دیم معنی‌دار گزارش شده است. (خسروی و محمودی، 1392)

هدف اصلی از این پژوهش مقایسه جدایه‌های بومی انتخابی ازتوباکتر با هم و با شاهد بدون تلقیح از نظر تاثیر بر عملکرد گندم به عنوان مهمترین شاخص رشد بود. بدیهی است در صورت موفقیت آزمایش می‌توان مؤثرترین جدایه یا جدایه‌های باکتری را در پژوهش‌های آبی در زراعت گندم توصیه نمود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از جدایه‌های ازتوباکتر موجود در بانک ریزجانداران مفید مؤسسه تحقیقات خاک و آب استفاده شد. این جدایه‌ها در پژوهش‌های قبلی از تعداد 362 نمونه خاک ناحیه اطراف ریشه از مناطق عمده تحت کشت گندم در ایران جداسازی، خالص‌سازی و شناسایی شده بودند. همچنین توان تولید سیانید هیدروژن (HCN)، میزان حل‌کنندگی فسفات‌های نامحلول و آزمون کمی توانایی تولید اکسین یا ایندول استیک اسید (IAA) جدایه‌ها اندازه‌گیری و جدایه‌های برتر در آزمون گلخانه‌ای بر رشد گندم غربالگری شده بودند (خسروی، 1388). در نهایت جدایه‌های برتر برای آزمون‌های مزرعه‌ای برای پژوهش حاضر انتخاب شدند.

برای رشد جدایه‌های ازتوباکتر از محیط کشت وینوگرادسکی استفاده شد. این محیط شامل دو جزء به شرح زیر است. جزء اول (محلول وینوگراد): فسفات هیدروژن دی پتاسیم، 5، سولفات منیزیم؛ 2/5، کلرید سدیم؛ 2/5، سولفات آهن III؛ 0/05 و سولفات منگنز؛ 0/05 گرم در یک لیتر آب مقطر حل و پهاش محیط در حدود 7/3 تنظیم شد. این محلول به عنوان محلول ذخیره در یخچال نگهداری شد. جزء دوم (محلول عناصر کم مصرف): مقدار 0/05 گرم از هر یک از املاح مولیبدات پتاسیم، برات سدیم، نترات کبالت، سولفات مس و سولفات روی در یک لیتر آب مقطر حل و به عنوان محلول ذخیره در یخچال نگهداری شد. محیط کشت

¹ Plant Growth Promoting Rhizobacteria

² Azotobacter

³ Azospirillum

⁴ Pseudomonas

عناصر قبل از کاشت با افزودن کودهای مربوطه رفع شد (علی‌احیایی و بهبهانی زاده، 1372). آزمون‌های مزرعه‌ای به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 12 تیمار در 3 تکرار اجرا شد. تیمارها شامل T0 (شاهد بدون تلقیح) و T1 تا T11 (تیمارهای تلقیحی حاوی جدایه‌های مختلف از توباکتر) بودند. مشخصات محل جغرافیایی باکتری‌های از توباکتر جداسازی شده مربوط به تیمارهای تلقیحی در جدول یک ارائه شده است.

نهایی شامل 50 میلی‌لیتر از محلول وینوگراسکی، مانیتول 10 گرم، محلول عناصر کم مصرف 1 میلی‌لیتر، کربنات سدیم 0/5 گرم و آگار 15 گرم بود. این محلول با آب مقطر به حجم 1000 میلی‌لیتر رسانده شد (گاریتی و همکاران، 2005).

برای تهیه مایه تلقیح‌ها از حامل پرلیت استفاده شد. جمعیت از توباکتر حدود 10^7 سلول باکتری در هر گرم مایه تلقیح بود. مایه تلقیح‌ها به صورت بسته‌های 30 گرمی تهیه شدند. بر اساس آزمون خاک، کمبودهای

جدول 1- مشخصات مکانی جدایه‌های انتخابی

| ردیف | محل جداسازی | مختصات جغرافیایی |
|------|--|---------------------------------|
| T1 | آذربایجان شرقی، شبستر، جاده بندر شرفخانه | 38 11 14 شمالی 45 51 39 شرقی |
| T2 | آذربایجان غربی، ارومیه، کیلومتر 35 جاده مهاباد | 37 14 37 شمالی 45 19 14 شرقی |
| T3 | آذربایجان غربی، تکاب، جاده دیوان دره | 36 29 54 شمالی 46 42 49 شرقی |
| T4 | فارس، زرقان | 29 45 23 شمالی 52 43 55 شرقی |
| T5 | فارس، فسا | 28 57 53 شمالی 53 38 31 شرقی |
| T6 | فارس، سعادت‌آباد | 30 35 22 شمالی 53 11 24 شرقی |
| T7 | فارس، درودزن | 30 07 10 شمالی 52 33 01 شرقی |
| T8 | گلستان، گرگان | - |
| T9 | خراسان، تربت حیدریه، جاده تربت | 35 28 47 شمالی 59 12 36 شرقی |
| T10 | خراسان، کاشمر، سلطان‌آباد | 35 14 32 شمالی 58 53 18 شرقی |
| T11 | کردستان، قروه، جاده بیجار | 35 18 36 شمالی 47 42 18 شرقی |

تیمار استفاده شد. طریقه مصرف مایه تلقیح بدین شکل بود که هر بسته مایه‌تلقیح برای سه تکرار هر تیمار در نظر گرفته شد. 750 گرم بذر با 10 میلی‌لیتر محلول چسبناک (شکر 20 درصد) آغشته و به خوبی به هم زده شد. به منظور ایجاد پوشش یکنواخت روی سطح بذور، محتوای بسته مایه‌تلقیح به بذرها اضافه و کاملاً مخلوط شد. با توجه به اینکه مایه‌تلقیح‌ها حاوی باکتری‌های متفاوتی بودند لذا برای جلوگیری از آلودگی تیمار بعدی، بعد از مایه زنی با هر مایه‌تلقیح دستها با آب و صابون شسته شدند. در طی مرحله داشت، شاخص‌های ارتفاع بوته و طول خوشه و پس از پایان رشد، کل اندام هوایی

ابعاد کرت‌های آزمایشی با طول 6 متر و عرض 2/5 متر، فواصل پشته‌ها (فاصله بین دو خط کشت) 50 سانتیمتر، تعداد خطوط کشت در هر کرت آزمایشی 4 ردیف و بر روی هر پشته دو ردیف بذر در کنار هم کاشته شدند. در فاصله بین هر تیمار، یک خط نکاشت و فاصله تکرارها (بلوک‌ها) یک متر در نظر گرفته شدند. در هر استان رقم غالب و توصیه شده گندم برای منطقه، مورد استفاده قرار گرفت. در استان کردستان و آذربایجان غربی رقم آبی زرین، در استان خراسان رقم مهدوی، در استان آذربایجان شرقی رقم الوند و در استان فارس رقم شیراز مورد استفاده قرار گرفت. مقدار 250 گرم بذر برای هر

نتایج آزمون خاک

برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد استفاده در مزارع مراکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، فارس، کردستان و خراسان در جدول دو ارائه شده است.

برداشت و عملکرد دانه، عملکرد کل، عملکرد کاه و کلش و تعداد دانه در خوشه اندازه‌گیری شدند. داده‌های آزمایشی با استفاده از نرم افزار MSTAT-C مورد تجزیه آماری و میانگین داده‌ها با استفاده از روش دانکن در سطح 5 درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

جدول 2- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع مورد آزمایش (عمق 0-30)

| K _{ava.} | P _{ava.} | O.C. | T.N.V. | pH _s | EC _e | بافت خاک | استان | ردیف |
|---------------------|-------------------|------|--------|-----------------|--------------------|-------------|------------------|------|
| mg.kg ⁻¹ | | % | % | | dS.m ⁻¹ | | | |
| 379 | 7/3 | 0/93 | 8/0 | 8/0 | 1/26 | لوم رسی | آذربایجان غربی | |
| 490 | 28/0 | 0/87 | 8/5 | 7/6 | 0/60 | لوم رسی شنی | آذربایجان - شرقی | |
| 202 | 7/6 | 0/60 | 38/0 | 8/1 | 1/75 | لوم رسی | فارس | |
| 270 | 16/0 | 1/04 | 11/0 | 8/1 | 1/04 | لوم رسی شنی | کردستان | |
| 133 | 11/6 | 0/33 | 18/8 | 8/2 | 0/80 | لوم رسی | خراسان | |

نتایج تأثیر مایه زنی از توپاکتر بر عملکرد دانه در مناطق مختلف

نتایج تأثیر مایه زنی بر دیگر شاخص‌های رشد در مناطق مختلف

استان آذربایجان شرقی

مقایسه میانگین اثر مایه زنی با جدایه‌های مختلف از توپاکتر بر شاخص‌های مورد اندازه‌گیری در استان آذربایجان شرقی در جدول چهار ارائه شده است.

نتایج نشان داد (جدول سه) که بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار T8 با 4542 کیلوگرم در هکتار بود که نسبت به شاهد بدون تلقیح معادل 15/5 درصد افزایش نشان داد. همانطوری که جدول سه نشان می‌دهد در استان فارس بیشترین میانگین عملکرد دانه مربوط به تیمارهای T8، T5 و T9 بود. بیشترین میانگین عملکرد ماده خشک مربوط به T4 بود.

جدول 3 - مقایسه میانگین عملکرد دانه گندم (کیلوگرم در هکتار) در مناطق مختلف (آزمون دانکن در سطح 5 درصد)

| محل مورد آزمایش* | | | | | |
|------------------|----------------|----------------|----------|---------|---------|
| تیمار | آذربایجان شرقی | آذربایجان غربی | فارس | کردستان | خراسان |
| T0 (شاهد) | 3700abc | 6000ab | 6242abcd | 4450a | 3931abc |
| T1 | 3610abcd | 5600abc | 6217abcd | 4279ab | 4063abc |
| T2 | 3860abc | 5600abc | 6458ab | 4387a | 2819c |
| T3 | 3990ab | 6000ab | 6367abc | 4296ab | 3111bc |
| T4 | 4120ab | 6330a | 6008c | 4104ab | 3486abc |
| T5 | 4070ab | 5000c | 6654a | 3471bc | 3403abc |
| T6 | 3780abc | 6500a | 5970c | 4083ab | 3785abc |
| T7 | 3450abcd | 6000ab | 6488ab | 4058ab | 3639abc |
| T8 | 3470abcd | 5830ab | 6733a | 3691abc | 4542a |
| T9 | 3560abcd | 5660abc | 6671a | 4004ab | 3868abc |
| T10 | 4340a | 5660abc | 6404ab | 3950ab | 4403ab |
| T11 | 4450a | 5800ab | 6404ab | 2987c | 3375abc |

* در هر ستون میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند

جدول 4- مقایسه میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری شده در آذربایجان شرقی (آزمون دانکن در سطح 5 درصد)*

| تیمار | نیترژن دانه | نیترژن برگ | فسفر برگ پرچم | پتاسیم برگ پرچم | فسفر دانه | پتاسیم دانه | وزن هزار دانه | عملکرد کاه و کلش | عملکرد کل |
|-----------|-------------|------------|---------------------|---------------------|-----------|------------------|---------------|------------------|-----------|
| | % | | میلی گرم در کیلوگرم | میلی گرم در کیلوگرم | گرم | کیلوگرم در هکتار | | | |
| T0 (شاهد) | 1/22a | 3/65a | 0/22a | 2/13a | 0/53a | 0/86a | 27/23 abc | 4930bc | 8000e |
| T1 | 1/17a | 3/71a | 0/24a | 2/09a | 0/46a | 0/64a | 29/13ab | 4650bc | 8250de |
| T2 | 1/19a | 3/84a | 0/33a | 2/18a | 0/46a | 0/64a | 29/63ab | 4530bc | 9300cd |
| T3 | 1/24a | 3/87a | 0/24a | 2/13a | 0/52a | 0/73a | 33/10 a | 5340bc | 9330bcd |
| T4 | 1/25a | 3/92a | 0/25a | 2/17a | 0/53a | 0/82a | 33/50a | 6460ab | 10570ab |
| T5 | 1/28a | 3/96a | 0/24a | 2/19a | 0/48a | 0/76a | 30/ 67 ab | 5420bc | 9490bc |
| T6 | 1/23a | 4/28a | 0/23a | 2/10a | 0/56a | 0/85a | 29/33ab | 6340ab | 10120bc |
| T7 | 1/31a | 4/19a | 0/24a | 2/30a | 0/46a | 0/79a | 31/ 20 ab | 7940a | 11390a |
| T8 | 1/23a | 3/85a | 0/22a | 1/98a | 0/46a | 0/76a | 25/03 abcd | 4030c | 7500e |
| T9 | 1/22a | 3/92a | 0/22a | 2/16a | 0/47a | 0/73a | 30/60ab | 5940b | 9490bc |
| T10 | 1/34a | 3/90a | 0/24a | 3/27a | 0/50a | 0/82a | 27/57abc | 5560bc | 9490bc |
| T11 | 1/39a | 4/13a | 0/24a | 2/22a | 0/49a | 0/79a | 30/47ab | 6010b | 10450abc |

• در هر ستون میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند

استان کردستان

مقایسه میانگین اثر مایه‌زنی با جدایه‌های مختلف از توپاکتر بر شاخص‌های مورد اندازه‌گیری در استان کردستان در جدول پنج ارائه شده است.

بر اساس نتایج بدست آمده همه تیمارهای تلقیحی به جزء تیمار T1 از نظر اثر بر عملکرد کل و تیمار T7 از نظر عملکرد کاه و کلش دارای اختلاف معنی‌داری با شاهد بودند. همچنین تیمارهای T3 و T4 دارای اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد بدون تلقیح از نظر اثر بر وزن هزار دانه بودند.

جدول 5- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر شاخص‌های رشد در کردستان (در سطح پنج درصد)*

| تیمار | عملکرد کل | تعداد خوشه | تعداد دانه در خوشه | وزن هزار دانه |
|------------------|-------------|------------|--------------------|---------------|
| کیلوگرم در هکتار | در متر مربع | گرم | | |
| T0 | 11330 a | 460 ab | 29 ab | 44/7 a |
| T1 | 11080 a | 475 ab | 26 ab | 42/5 a |
| T2 | 11960 a | 537 ab | 31 a | 42/1 a |
| T3 | 12710 a | 611 ab | 24 ab | 42/4 a |
| T4 | 9917 a | 630 a | 24 b | 44/5 a |
| T5 | 11580 a | 423 b | 23 b | 43/0 a |
| T6 | 12380 a | 547 ab | 27 ab | 45/3 a |
| T7 | 11540 a | 563 ab | 30 ab | 48/0 a |
| T8 | 9833 a | 525 a | 29 ab | a 44/8 |
| T9 | 10500 a | 611 a | 26 ab | a 47/3 |
| T10 | 12040 a | 589 a | 31 ab | a 44/5 |
| T11 | 11040 a | 512 a | 26 ab | a 43/9 |
| cv | 16/19 | 17/68 | 12/17 | 6/83 |

• در هر ستون میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند

بر اساس نتایج جدول پنج، بین تیمارهای تلقیحی و شاهد از نظر تأثیر بر شاخص‌های عملکرد دانه، عملکرد کل، تعداد دانه در خوشه و تعداد خوشه در متر مربع اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد مشاهده نشد.

استان خراسان
مقایسه میانگین اثر مایه‌زنی با جدایه‌های مختلف از توباکتر بر شاخص‌های مورد اندازه‌گیری در استان خراسان در جدول شش ارائه شده است.

جدول 6 - مقایسه اثر تیمارهای مختلف بر شاخص‌های رشد گندم در خراسان (آزمون دانکن در سطح 5 درصد)*

| تیمار | نیترژن برگ پرچم | تعداد پنجه | طول خوشه | تعداد دانه در خوشه | عملکرد کاه | ارتفاع بوته |
|-------|--------------------|------------|-----------|-----------------------|------------|-------------|
| | % | سانتی متر | سانتی متر | کیلوگرم در هکتار | سانتی متر | |
| T0 | 4/31bc | 6/11a | 10/1ccd | 38/45ab | 6208bc | 78/00B |
| T1 | 3/27bc | 5/34 a | 10/3ab | 40/22ab | 7000abc | 81/11ab |
| T2 | 4/24bc | 6/78 a | 10/0ccd | 48/56a | 6167bc | 79/44b |
| T3 | 4/37bc | 5/11 a | 10/0ccd | 45/45ab | 6375bc | 76/34b |
| T4 | 4/09cd | 6/22 a | 11/0a | 49/44a | 7000abc | 79/45b |
| T5 | 3/82d | 6/44 a | 9/7cd | 36/89ab | 6278bc | 77/67b |
| T6 | 4/39bc | 6/22 a | 10/3abc | 32/67b | 7188abc | 79/80b |
| T7 | 4/31bc | 5/56 a | 9/3d | 41/22ab | 7556ab | 82/45ab |
| T8 | 4/61ab | 6/45 a | 10/1bcd | 41/22ab | 6569abc | 82/33ab |
| T9 | 4/33bc | 5/78 a | 10/1bcd | 45/56ab | 6715abc | 83/11ab |
| T10 | 4/85a | 7/11 a | 10/1 bcd | 42/56ab | 8569a | 87/67a |
| T11 | 4/35bc | 5/56 a | 10/7ab | 48/78a | 5403c | 79/45b |

• در هر ستون میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند

بیشترین عملکرد کاه در اثر تلقیح با T10 حاصل شد که با شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد نشان داد. این تیمار همچنین موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته نسبت به شاهد بدون تلقیح شد.

استان آذربایجان غربی
مقایسه میانگین اثر مایه‌زنی با جدایه‌های مختلف از توباکتر بر شاخص‌های مورد اندازه‌گیری در استان آذربایجان غربی در جدول هفت ارائه شده است.

جدول 7 - مقایسه میانگین شاخص‌های مورد اندازه‌گیری در آذربایجان غربی

(آزمون دانکن در سطح 5 درصد)*

| تیمار | عملکرد بیولوژیک | وزن کلش | وزن هزار دانه | تعداد دانه در خوشه | تعداد خوشه در متر مربع | ارتفاع بوته |
|-------|------------------|-----------------|---------------|-----------------------|---------------------------|-------------|
| | کیلوگرم در هکتار | گرم در متر مربع | گرم | گرم | گرم در متر مربع | سانتی متر |
| T0 | 1680a | 1210a | 38/ 9 a | 52/6abcd | 540ab | 110a |
| T1 | 1650 a | 1083bc | 37/ 1 a | 56/6abc | 510abc | 110a |
| T2 | 1517abcd | 1010c | 37/1 a | 54/0abc | 520abc | 107a |
| T3 | 1680a | 1080bc | 39/ 7 a | 52/3 abcd | 548ab | 109a |
| T4 | 1680a | 1080bc | 37/ 3 a | 61/ 3ab | 570a | 107a |
| T5 | 1617ab | 1150ab | 39/2 a | 60/6ab | 540ab | 107a |
| T6 | 1567abc | 1216a | 39/0a | 66/6a | 500bc | 107a |
| T7 | 1717a | 1200a | 40/ 8 a | 62/0ab | 544ab | 108a |
| T8 | 1700a | 1050bc | 37/ 0a | 65/0a | 520abc | 107a |
| T9 | 1586abc | 1016c | 38/ 4 a | 64/3 a | 525abc | 107a |
| T10 | 1685a | 1083bc | 37/ 6 a | 57/6abc | 520abc | 110a |
| T11 | 1600ab | 1050bc | 38/7 a | 64/0a | 510abc | 109a |

• در هر ستون میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند

نتایج نشان داد که در استان آذربایجان غربی بین تیمارهای تلقیحی و شاهد اختلاف معنی‌داری از نظر شاخص‌های مختلف اندازه‌گیری شده وجود نداشت.

استان فارس
مقایسه میانگین اثر مایه‌زنی با جدایه‌های مختلف از توپاکتر بر شاخص‌های مورد اندازه‌گیری در استان فارس در جدول هشت ارائه شده است.

جدول 8- میانگین تأثیر تیمارهای مختلف بر صفات مورد اندازه‌گیری در فارس (آزمون دانکن در سطح 5 درصد)*

| تیمار | وزن هزار دانه | عملکرد ماده خشک | عملکرد کل |
|-------|---------------|------------------|-----------|
| | گرم | کیلوگرم در هکتار | |
| T0 | 34/0abcd | 3050abcd | 9292ab |
| T1 | 37/0a | 3225ab | 9442a |
| T2 | 36/0ab | 3283ab | 9742a |
| T3 | 38/0a | 3166abc | 9533a |
| T4 | 37/5 | 3892a | 8900ab |
| T5 | 37/0a | 3313ab | 9967a |
| T6 | 37/0a | 3488a | 8458b |
| T7 | 35/0abc | 3188abc | 9675a |
| T8 | 37/3a | 2759c | 9492a |
| T9 | 38/0a | 3371ab | 10042a |
| T10 | 37/0a | 3138abc | 9542a |
| T11 | 36/3ab | 3064abcd | 9467a |

* در هر ستون میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، بدون

اختلاف معنی‌دار می‌باشند

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج متفاوتی در اثر مایه زنی بر عملکرد دانه به عنوان مهمترین شاخص رشد گندم بدست آمد. تیمار T8 به عنوان بهترین تیمار موجب افزایش 15/5 درصدی عملکرد دانه در خراسان و 8 درصدی در استان فارس شد. در آذربایجان شرقی تیمار T11 دارای بیشترین میانگین با افزایش 20 درصدی در عملکرد شد. نتایج نشان داد نوع جدایه بومی ارتباط چندانی با تأثیر جدایه مورد نظر در منطقه ندارد. جدایه‌های انتخابی که از محل جغرافیایی مختلف جداسازی شده بودند دارای نتایج متفاوتی بودند. به عنوان نمونه در استان آذربایجان شرقی جدایه مربوط به این منطقه کمترین تأثیر را بر شاخص‌های رشد داشت در حالی که سایر جدایه‌های جداسازی شده از دیگر مناطق اثرات بهتری بر برخی شاخص‌های رشد داشتند. در استان خراسان T8 که مربوط به استان گلستان بود بیشترین میانگین مربوط به عملکرد دانه بود. البته در مورد عملکرد کاه بیشترین تأثیر معنی‌دار مربوط به جدایه جداسازی شده از خراسان بود. در استان فارس نیز جدایه‌های مناطق مختلف تأثیرات متفاوتی بر شاخص‌های

رشد مورد اندازه‌گیری نشان دادند. لازم به ذکر است که در هر منطقه رقم غالب و توصیه شده گندم مورد استفاده قرار گرفت لذا به طور طبیعی ارقام گندم مورد استفاده در این پژوهش با هم متفاوت بودند. بنابراین یکی از دلایل تفاوت در نتایج مناطق مختلف علیرغم یکسان بودن تیمارها ممکن است تفاوت در نوع رقم گندم باشد. لازم به ذکر است که در استان‌های آذربایجان غربی و کردستان از رقم یکسان زین استفاده شد. نکته قابل توجه این است که در هر دوی این مناطق، تلقیح تأثیر معنی‌داری بر رشد و عملکرد این رقم نشان نداد. البته موفقیت و یا عدم موفقیت استفاده از مایه‌تلقیح حاوی باکتری‌های محرک رشد گیاه به سایر شرایط از جمله تفاوت در نوع خاک، اقلیم و آب و هوای منطقه، دما، میزان رطوبت و سایر شرایط نیز بستگی دارد. گلیک و همکاران (2007) گزارش دادند که تا به امروز استفاده تجاری و کاربرد در مقیاس وسیع باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه یا اصطلاحاً PGPR در کشاورزی پیشرفت قابل ملاحظه‌ای نداشته است. ایشان یکی از دلایل این مسئله را وجود گزارشات متفاوت و تضاد بین نتایج آزمایشگاهی،

موضوع دیگر در بحث موفقیت مایه تلقیح‌ها مسئله استفاده از مخلوطی از ریزجانداران می‌باشد. تحقیقات نشان داده است که در اثر تلقیح توأم از توپاکتر و آروسپریلوم بر رشد و عملکرد گندم، نتایج بهتری از مصرف تک تک ریزجانداران به تنهایی بدست آمده است بطوریکه از توپاکتر به تنهایی 8/2، آروسپریلوم 9/1 و مخلوط این دو 13/9 درصد افزایش عملکرد را نسبت به شاهد بدون تلقیح موجب شد (رای و گاور، 1988). تیلاک و همکاران (1982) اثر تلقیح از توپاکتر و آروسپریلوم را بر مقدار ماده خشک بخش هوایی ذرت و سورگوم قابل توجه ذکر کرده‌اند.

مسئله دیگری که در رابطه با مؤثر بودن یا نبودن مایه-تلقیح‌ها می‌تواند مطرح باشد آگاهی از وضعیت باکتری-های بومی از نظر نوع و جمعیت و میزان کارایی آنها در مورد اثر بر رشد گیاه است که این نوع پژوهش‌ها در ایران انجام نشده است.

در نهایت با توجه به تفاوت در نوع رقم بذر مورد استفاده، نوع و ترکیب خاک و شرایط اقلیمی مختلف در مناطق مورد آزمایش، حصول نتایج متفاوت در این پژوهش منطقی به نظر می‌رسد. با اینحال در جمع‌بندی نتایج دو جدایه T8 و T11 برای پژوهش‌های آتی و آزمایشات تکمیلی بر روی گندم پیشنهاد می‌شوند. بدیهی است کار با این دو جدایه و جمع‌بندی نتایج حاصل از آن آسان‌تر از 11 جدایه خواهد بود. امید است در تحقیقات آتی نتایج بهتر و ملموس‌تری حاصل شود.

سپاسگزاری

از کلیه کارشناسان و تکنسین‌های آزمایشگاه-های بیولوژی و شیمی خاک ستاد مؤسسه تحقیقات خاک و آب و مراکز تحقیقات کشاورزی استان‌های فارس، خراسان، کردستان، آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی و همچنین مدیران وقت این مجموعه-ها تشکر و قدردانی می‌شود.

گلخانه‌ای و مزرعه‌ای و عدم تکرارپذیری این نتایج می‌دانند و این مسائل را عمدتاً ناشی از تنوع در نوع و ارقام گیاهی، ترکیب خاک، حضور ریزجانداران بومی، آب و هوا، مقدار رطوبت خاک و شاید مهمترین مسئله درک ناکافی از سازوکارهایی باشد که PGPR بواسطه آن بر رشد گیاه مؤثر واقع می‌شوند. از طرف دیگر قیمت کم کودهای شیمیایی بویژه در کشورهای پیشرفته مانع دیگری در توجه و استفاده از PGPR در تولید محصول شده است. بنابراین نتایج این پژوهش تأکیدی بر این واقعیت است که استفاده از مایه‌تلقیح‌ها و کودهای زیستی حاوی باکتری‌های محرک رشد گیاه با دشواری‌های فراوانی روبرو است. از یک طرف با قاطعیت نمی‌توان اثربخشی آنها را در همه مناطق و در همه زمان‌ها تضمین نمود.

با این حال ذکر این نکته ضروری است که صرفاً توجه به کمیت محصول در ارزیابی یک کود زیستی و یا یک مایه تلقیح کافی به نظر نمی‌رسد و بایستی سایر مزایا از جمله کاهش آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی در اثر جایگزینی بخشی از آنها با فرآورده‌های بیولوژیک را نیز لحاظ نمود. نکته دیگری که بایستی به آن اشاره نمود میزان ماده آلی در خاک می-باشد زیرا از توپاکتر یک باکتری هتروتروف می‌باشد و برای رشد و فعالیت خود نیاز به منابع کربنی دارد. در اکثر خاک‌های ایران از جمله خاک‌های مورد استفاده در این پژوهش مقدار ماده آلی خاک کم بود (جدول دو). گزارش شده که تلقیح همزمان *A. chroococcum* و کود دامی اثرات به مراتب بهتری نسبت به از توپاکتر به تنهایی بر رشد گندم داشته است (خسروی و محمودی، 1392 و مشرام و همکاران، 1982). بنابراین با افزایش سطح مواد آلی در خاک‌ها ضمن بهره‌مندی از مزایای ماده آلی شرایط برای استفاده از مایه‌تلقیح‌های حاوی باکتری‌های PGPR نیز فراهم می‌شود.

فهرست منابع:

1. خسروی ه. و ح. محمدی. 1392. بررسی اثرات مایه تلقیح از توپاکتر به همراه کود دامی بر رشد گندم دیم. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، 3 (2): 205-219.
2. خسروی ه. 1388. دستیابی به دانش فنی تولید کود بیولوژیک حاوی باکتری‌های از توپاکتر برای مزارع گندم. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره 1450.
3. خسروی، ه. 1376. بررسی فراوانی و انتشار از توپاکتر کروکوکوم در خاک‌های زراعی استان تهران و مطالعه برخی از خصوصیات فیزیولوژیک آن. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران. تهران، 111 صفحه.

4. رجایی، س.، ح. علیخانی و ف. رئیسی. 1386. اثر پتانسیل محرک رشد سویه‌های بومی *Azotobacter chroococcum* روی رشد، عملکرد و جذب عناصر غذایی گندم. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، 41: 285-296.
5. علی‌احیائی، م. و ع. ا. بهبهانی‌زاده. 1372. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب (جلد اول). نشریه شماره 893. 129 صفحه.
6. وزارت جهاد کشاورزی. 1388. گندم و جو (نتایج طرح آمارگیری نمونه ای سال زراعی 88-1387). وزارت جهاد کشاورزی، معاونت امور برنامه ریزی اقتصادی و بین‌المللی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات، 50 صفحه.
7. Azcon, R. and Barea, M. 1975. Synthesis of auxins, gibberelins and cytokinins by *Azotobacter vinelandii* and *Azotobacter chroococcum* related to effects produced on potato plants. *Plant and Soil*, 43: 609-619.
8. Baral, B.R. and Adhikari P. 2013. Effect of *Azotobacter* on growth and yield of maize. *SAARC Journal of Agriculture*, 11(2): 141-147
9. Garrity, G. M., Bell, J. A. and Lilburn, T. 2005. Class III. Gammaproteobacteria class. nov. In: Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, 2nd edn, vol. 2 (The Proteobacteria), part B (The Gammaproteobacteria), p. 1. Edited by D. J. Brenner, N. R. Krieg, J. T. Staley & G. M. Garrity. New York: Springer.
10. Glick B.R., Todorovic, B., Czarny J., Chneg, Z., Duan, J. and AcConkey, B. 2007. Promotion of plant growth by bacterial ACC deaminase. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 26: 227-242.
11. Gonzalez-lopez, J., Salmeron, V., Moreno, J., Ballesteros, F. and Ramos-Cormenzana A. 1986. Production of auxins, gibberellins and cytokinins by *Azotobacter vinelandii* ATCC 12837 in chemically-defined media and dialyzed soil media. *Soil Biology and Biochemistry*, 18: 119-120.
12. Jarak, M., Protio, R., Jankovio, S. and Colo, J. 2006. Response of wheat to *Azotobacter*-Actinomycet inoculation and nitrogen fertilizers. *Romanian Agriculture Research*, 23: 37-41.
13. Martinez Toledo, M.V., Gonzalez-lopez, J. de La Rubia, T., Moreno, J. and Ramos-Cormenzana, A. 1988. Effect of inoculation with *Azotobacter chroococcum* on nitrogenase activity of *Zea mays* roots grown in agricultural soils under aseptic and non-sterile conditions, *Biology and Fertility of Soils*, 69: 170-173.
14. Meshram, S.U. and Shend, S.T. 1982. Response of maize to *Azotobacter chroococcum*. *Plant and Soil*, 69: 265-273.
15. Milosevic, N., Tintor, B., Protic, R., Cvijanovi, G., Dimitrijevic, T. 2012. Effect of inoculation with *Azotobacter chroococcum* on wheat yield and seed quality. *Romanian Biotechnological Letters*, 17 (3): 7352-7357.
16. Nieto, K.F. and Frakenberger, W.T. 1989. Biosynthesis of cytokinins by *Azotobacter chroococcum*. *Soil Biology and Biochemistry*, 21: 967-972.
17. Rai, S.N. and Gaur, A.C. 1988. Characterization of *Azotobacter spp.* and effect of *Azotobacter* and *Azospirillum* as inoculant on the yield and N-uptake of wheat crop. *Plant and Soil*, 109: 131-134.
18. Renato de Freitas, J. 2000. Yield and N assimilation of winter inoculated wheat rhizobacteria. *Pedobiologia*, 44: 97-104
19. Tilak, K.V.BR., Singh, C.S., Roy, N.K. and Subba Rao, N.S. 1982. *Azospirillum brasilense* and *Azotobacter* inoculum effect on maize and sorghum. *Soil Biology and Biochemistry*, 14: 417-418.

