



جمهوری اسلامی ایران



وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
موسسه تحقیقات خاک و آب



## ازتوباکتر و نقش آن در خاک و رشد گیاهان

نگارنده

هوشنگ خسروی، عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب



سازمان اسناد و کتابخانه ملی  
جمهوری اسلامی ایران

سرشناسه : خسروی، هوشنگ، 1350-  
عنوان و نام پدیدآور : ازتوباکتر و نقش آن در خاک و رشد گیاهان/ نگارنده هوشنگ خسروی؛ ویراستار علمی ناصر دواتگر؛  
ویراستار ادبی زهرا محمدی  
مشخصات نشر : کرج: موسسه تحقیقات خاک و آب، 1401.  
مشخصات ظاهری : ط، 177 ص: مصور (بخشی رنگی)، جدول.  
شابک : 978-600-98070-7-9  
وضعیت فهرست نویسی : فیبا  
یادداشت : کتابنامه: ص 151.  
موضوع : ازتوباکتر  
Azotobacter  
گیاهان -- تغذیه  
Plants -- Nutrition  
باکتری‌های ازتوباکتر  
Azotobacter  
خاک -- باروری  
Soil fertility  
شناسه افزوده : دواتگر، ناصر، 1339-، ویراستار  
Davatgar, Naser :  
شناسه افزوده : موسسه تحقیقات خاک و آب  
Soil & water research institute :  
رده بندی کنگره : S651  
رده بندی دیویی : 631/84  
شماره کتابشناسی ملی : 8997964  
اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیبا

### مشخصات اثر

عنوان: ازتوباکتر و نقش آن در خاک و رشد گیاهان

نگارنده: هوشنگ خسروی

ناشر: موسسه تحقیقات خاک و آب

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: انتشارات سنا

ویراستار علمی: ناصر دواتگر

ویراستار ادبی: زهرا محمدی

صفحه آرا: سمانه پورمنصور

طراح جلد: راضیه محمدی

شابک: 978-600-98070-7-9

سال انتشار: 1401

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

این اثر با شماره 3140146 در تاریخ 1401/9/9 در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به

ثبت رسیده است.

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

نشانی: کرج، میدان استاندارد، جاده مشکین‌دشت، بلوار امام خمینی (ره)، موسسه تحقیقات خاک و آب

صندوق پستی: 31785-311

کد پستی: 3177993545

تلفن: 026 - 36201900

نمابر: 02636210121

پست الکترونیکی: info@swri.ir

وبسایت: http://www.swri.ir

مسئولیت صحت مطالب به عهده نگارنده است.

## فهرست منابع

صفحه

عنوان

پیشگفتار.....	ض
مقدمه.....	1
<b>فصل اول: میکروبیولوژی خاک.....</b>	<b>3</b>
1-1- تعریف خاک.....	3
2-1- تعریف خاکشناسی یا علوم خاک.....	3
3-1- زیست‌شناسی خاک.....	3
4-1- تاریخچه میکروبیولوژی خاک.....	6
5-1- باکتری‌های خاک.....	7
6-1- تقسیم‌بندی باکتری‌های خاک بر اساس نوع منبع تأمین کربن و انرژی موردنیاز.....	8
7-1- تقسیم‌بندی باکتری‌ها از نظر شکل‌های تنفس.....	9
1-7-1- باکتری‌های هوازی اجباری یا هوازی مطلق.....	9
2-7-1- باکتری‌های بی‌هوازی اجباری.....	9
3-7-1- باکتری‌های بی‌هوازی اختیاری.....	9
4-7-1- باکتری‌های هوازی اختیاری.....	10
8-1- تقسیم‌بندی باکتری‌ها از نظر وضعیت رشد در درجه حرارت‌های مختلف.....	10
1-8-1- باکتری‌های مزوفیل.....	10
2-8-1- باکتری‌های سایکروفیل.....	11
3-8-1- باکتری‌های ترموفیل.....	11
9-1- ناکسونومی در میکروبیولوژی.....	11
1-9-1- سایت LPSN.....	11
2-9-1- مرکز ملی اطلاعات بیوتکنولوژی (NCBI).....	12
3-9-1- کاتالوگ جهانی ریزجانداران (GCM).....	12
4-9-1- تقسیم‌بندی باکتری‌ها بر اساس طبقه‌بندی برگگی.....	12

- فصل دوم: باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه ..... 13
- 1-2- ریزوسفر ..... 13
- 2-2- تعریف باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه ..... 14
- 3-2- سازوکارهای تأثیر باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه ..... 15
- 1-3-2- تثبیت نیتروژن مولکولی ..... 15
- 2-3-2- حلالیت فسفر ..... 16
- 3-3-2- تولید سیدروفور ..... 16
- 4-3-2- اکسایش گوگرد ..... 17
- 5-3-2- آزادسازی پتاسیم ..... 17
- 6-3-2- تولید پلی‌ساکاریدهای خارج سلولی ..... 18
- 7-3-2- اثر بر مورفولوژی ریشه به‌واسطه تولید هورمون‌های محرک رشد ..... 18
- 1-7-3-2- سنتز اکسین‌ها ..... 19
- 2-7-3-2- سنتز سیتوکینین‌ها ..... 19
- 3-7-3-2- سنتز جیبرلین‌ها ..... 20
- 8-3-2- تولید آنزیم ACC-دآمیناز ..... 20
- 9-3-2- تولید ویتامین‌ها ..... 21
- 10-3-2- تولید سیانید هیدروژن ..... 21
- 11-3-2- کنترل عوامل بیماری‌زای گیاهی ..... 21
- 4-2- پژوهش‌های انجام شده در رابطه با اثر باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد بر گیاهان ..... 21
- 5-2- چالش‌های تحقیق و توسعه مایه تلقیح‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه در دنیا ..... 25
- 6-2- چالش‌ها و نقاط ضعف تحقیق و توسعه مایه تلقیح‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه در ایران ..... 26
- 7-2- بحث و تحلیل برخی نقاط قوت و ضعف تحقیقات مایه تلقیح‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه ..... 27
- فصل سوم: تثبیت نیتروژن ..... 33
- 1-3- جایگاه نیتروژن در طبیعت ..... 33
- 2-3- بیوشیمی تثبیت نیتروژن ..... 35
- 3-3- تنوع سوبسترا برای آنزیم نیتروژناز ..... 37
- 4-3- انواع روش‌های تثبیت نیتروژن با توجه به نحوه ارتباط ریزجاندار و گیاه ..... 38
- 1-4-3- تثبیت‌کنندگان همزیست ..... 38
- 2-4-3- تثبیت‌کنندگان همیار ..... 38

- 39-3-4-3 تثبیت کنندگان آزادی ..... 39
- 39-1-3-4-3 تثبیت نیتروژن توسط باکتری‌های اتوتروف آزادی ..... 39
- 40-2-3-4-3 تثبیت نیتروژن توسط باکتری‌های هتروتروف آزادی ..... 40
- 41-5-3 تثبیت نیتروژن در ازتوباکتر ..... 41
- 42-6-3 نقش ازتوباکتر و تثبیت کنندگان آزادی در تأمین نیتروژن زیست‌بومها ..... 42

#### فصل چهارم: ویژگی‌های تاکسونومیک، مرفولوژیک، اکولوژیک، فیزیولوژیک و

- 45-مولکولی ازتوباکتر ..... 45
- 45-1-4 تاریخچه و سوابق مطالعه و پژوهش ازتوباکتر ..... 45
- 47-2-4 جایگاه تاکسونومیک ازتوباکتر بر اساس طبقه‌بندی برگی ..... 47
- 48-3-4 ویژگی‌های مرفولوژیک جنس ازتوباکتر ..... 48
- 49-4-4 تشکیل کیست در ازتوباکتر ..... 49
- 51-5-4 ویژگی‌های اکولوژیک جنس ازتوباکتر ..... 51
- 51-6-4 جمعیت ازتوباکتر در خاک ..... 51
- 52-7-4 عوامل مؤثر بر رشد و فعالیت ازتوباکتر در خاک ..... 52
- 52-1-7-4 قابلیت دسترسی به مواد غذایی ..... 52
- 53-2-7-4 اثر رطوبت بر رشد و فعالیت ازتوباکتر ..... 53
- 53-3-7-4 اثر تهویه بر رشد و فعالیت ازتوباکتر ..... 53
- 54-4-7-4 اثر واکنش (pH) خاک بر رشد و فعالیت ازتوباکتر ..... 54
- 54-8-4 ویژگی‌های فیزیولوژیک جنس ازتوباکتر ..... 54
- 55-9-4 سنتز آجینات توسط ازتوباکتر ..... 55
- 55-10-4 ویژگی‌های مولکولی ازتوباکتر ..... 55
- 57-11-4 ژن‌های دخیل در تثبیت نیتروژن مولکولی ..... 57
- 57-12-4 تنظیم نیتروژناز ..... 57
- 58-13-4 پروتئین NifA ..... 58

#### فصل پنجم: ویژگی‌های گونه‌های ازتوباکتر ..... 61

- 61-1-5 گونه‌های مختلف ازتوباکتر ..... 61
- 61-1-1-5 گونه *Azotobacter chroococcum* ..... 61
- 63-2-1-5 گونه *Azotobacter vinelandii* ..... 63

- 64.....*Azotobacter salinestris* گونه 3-1-5
- 65.....*Azotobacter armeniacus* گونه 4-1-5
- 66.....*Azotobacter nigricans* گونه 5-1-5
- 66.....*Azotobacter beijerinckii* گونه 6-1-5
- 67.....*Azotobacter paspali* گونه 7-1-5
- 67.....2-5- منابع کربنی قابل استفاده توسط گونه‌های مختلف از توباکنتر
- 69.....3-5- برخی ویژگی‌های گونه‌های از توباکنتر
- 69.....4-5- نوع رنگ‌دانه تولیدی توسط گونه‌های مختلف از توباکنتر
- 70.....5-5- تثبیت نیتروژن در pH های مختلف توسط گونه‌های از توباکنتر
- 70.....6-5- رشد گونه‌های از توباکنتر در دماهای مختلف
- 70.....7-5- رشد گونه‌های مختلف از توباکنتر در عوامل ضد میکروبی و آنتی‌بیوتیک‌های مختلف

### فصل ششم: نقش از توباکنتر در رشد گیاهان

- 73.....1-6- نقش از توباکنتر در رشد غلات
- 75.....2-6- نقش از توباکنتر در رشد سبزیجات، صیفی‌جات و محصولات گلخانه‌ای
- 77.....3-6- نقش از توباکنتر در رشد محصولات صنعتی
- 78.....4-6- نقش از توباکنتر در درختان میوه
- 81.....5-6- نقش از توباکنتر در زیست‌بوم‌های طبیعی و خاک‌های غیر کشاورزی
- 82.....6-6- چشم‌انداز آینده از توباکنتر امیدها به انقلاب سبزی دیگر در کشاورزی

### فصل هفتم: نقش از توباکنتر در مقابله با مشکلات زیست‌محیطی

- 85.....1-7- نقش از توباکنتر در زیست‌پالایی آلاینده‌های معدنی
- 86.....2-7- نقش از توباکنتر در زیست‌پالایی آلاینده‌های آلی
- 87.....3-7- سازوکارهای عمومی نقش از توباکنتر در حمایت از گیاه برای مقابله با تنش‌های محیطی
- 88.....4-7- سازوکارهای اختصاصی نقش از توباکنتر در حمایت از گیاه برای مقابله با تنش
- 88.....5-7- نقش از توباکنتر در کاهش تنش خشکی در گیاهان
- 89.....6-7- نقش از توباکنتر در کنترل عوامل بیماری‌زای گیاهی

### فصل هشتم: مایه تلقیح از توباکنتر

- 93.....1-8- کود زیستی

93.....	2-8- مایه تلقیح.....
94.....	1-2-8- مایه تلقیح مایع.....
94.....	2-2-8- مایه تلقیح کشت آگاری.....
94.....	3-2-8- کشت‌های لیوفلیزه (فریز - خشک).....
94.....	4-2-8- کشت‌های بر اساس حامل پودری.....
95.....	3-8- مایه تلقیح ازتوباکتر در مقیاس صنعتی.....
95.....	1-3-8- محیط کشت مناسب برای رشد ازتوباکتر در مقیاس صنعتی.....
95.....	2-3-8- تجهیزات فرمنتاسیون.....
96.....	3-3-8- هوادهی.....
96.....	4-3-8- دمای تلقیح.....
96.....	5-3-8- جمعیت اینوکولوم و نحوه تلقیح نمونه کوچک به فرمانتور.....
97.....	4-8- استاندارد مایه تلقیح ازتوباکتر در ایران.....
97.....	1-4-8- آماده‌سازی نمونه مورد آزمون، سوسپانسیون نخستین و رقت‌های بعدی.....
97.....	2-4-8- گزارش آزمون استاندارد مایه تلقیح ازتوباکتر.....
98.....	3-4-8- استاندارد بسته‌بندی مایه تلقیح ازتوباکتر.....
98.....	1-3-4-8- جنس و نوع ماده بسته‌بندی.....
99.....	2-3-4-8- اطلاعات روی بسته‌بندی.....
100.....	5-8- اهمیت کنترل کیفی مایه تلقیح.....
100.....	6-8- آزمایش‌ها کنترل کیفی.....
100.....	7-8- حامل مایه تلقیح.....
101.....	8-8- حامل‌های مناسب برای تهیه مایه تلقیح ازتوباکتر.....
102.....	9-8- مقدار و نحوه مصرف مایه تلقیح.....
105.....	10-8- برتری‌های نسبی ازتوباکتر به‌عنوان مایه تلقیح.....
105.....	11-8- مشکلات و محدودیت‌های کاربرد مایه تلقیح ازتوباکتر.....
107.....	فصل نهم: روش‌های جداسازی، خالص‌سازی ازتوباکتر از خاک.....
107.....	1-9- روش نمونه‌برداری خاک و آماده‌سازی برای مطالعات ازتوباکتر.....
109.....	2-9- محیط کشت‌های مناسب برای رشد ازتوباکتر.....
	3-9- روش جداسازی <i>Azotobacter chroococcum</i> و <i>Azotobacter salinestrus</i> از خاک به
110.....	روش گل اشباع غنی‌شده.....

- 4-9- روش جداسازی *Azotobacter salinestris* و *Azotobacter chroococcum* از خاک به  
 111..... روش لوله‌آزمایش
- 5-9- روش جداسازی گونه‌های مختلف از توباکتر با استفاده از غنی‌سازی محیط کشت  
 112.....
- 6-9- الگوهای کشت بر روی پلیت برای خالص‌سازی و تهیه کشت‌های فرعی از توباکتر  
 114.....
- 1-6-9- کشت با روش خطی روی پلیت.....  
 114.....
- 2-6-9- کشت با روش ریختن روی پلیت.....  
 115.....
- 7-9- اندازه‌گیری جمعیت از توباکتر.....  
 115.....
- 1-7-9- تعیین جمعیت از توباکتر به روش محتمل‌ترین تعداد باکتری زنده در محیط  
 کشت مایع.....  
 115.....
- 2-7-9- تعیین تعداد از توباکتر به روش شمارش MPN در محیط جامد.....  
 119.....
- 3-7-9- روش شمارش جمعیت از توباکتر توسط لام نیوبار هموسیتومتر.....  
 119.....
- 8-9- روش‌های نگهداری از توباکتر.....  
 121.....
- 1-8-9- نگهداری معمولی.....  
 121.....
- 2-8-9- نگهداری در لوله‌های اسلنت-آگار.....  
 121.....
- 3-8-9- نگهداری در گلیسرول.....  
 122.....
- 4-8-9- نگهداری در روغن پارافین.....  
 122.....
- 5-8-9- نگهداری به روش دی متیل سولفوکسید.....  
 123.....
- 6-8-9- نگهداری به روش فریز-خشک (لیوفیزه).....  
 123.....

#### فصل دهم: روش‌های شناسایی و بررسی از توباکتر و اندازه‌گیری ویژگی‌های محرک

- رشدی.....  
 125.....
- 1-10- بررسی ویژگی‌های مرفولوژیک سلول از توباکتر.....  
 125.....
- 1-1-10- مشاهده شکل سلول از توباکتر به روش رنگ‌آمیزی گرم.....  
 125.....
- 2-1-10- بررسی تحرک از توباکتر به روش محیط نیمه جامد.....  
 126.....
- 3-1-10- بررسی تحرک از توباکتر به روش مشاهده مستقیم میکروسکوپی.....  
 126.....
- 2-10- بررسی ویژگی‌های فیزیولوژیک از توباکتر.....  
 126.....
- 1-2-10- اندازه‌گیری آنزیم اکسیداز.....  
 126.....
- 2-2-10- اندازه‌گیری آنزیم اوره آز.....  
 127.....
- 3-2-10- اندازه‌گیری آنزیم کاتالاز.....  
 127.....
- 4-2-10- اندازه‌گیری میزان تثبیت نیتروژن به روش احیای استیلن به اتیلن.....  
 128.....



- 128-3-10- روش‌های بررسی ویژگی‌های محرک رشدی ازتوباکتر.....128
- 128-1-3-10- اندازه‌گیری میزان تولید اکسین‌ها.....128
- 129-2-3-10- اندازه‌گیری میزان تولید سیدروفور.....129
- 131-3-3-10- اندازه‌گیری میزان حل‌کنندگی فسفات‌های معدنی نامحلول در محیط مایع.....131
- 132-4-3-10- اندازه‌گیری میزان حل‌کنندگی فسفات‌های معدنی نامحلول در محیط جامد.....132
- 132-5-3-10- اندازه‌گیری توان حل‌کنندگی فسفات‌های آلی.....132
- 132-6-3-10- اندازه‌گیری میزان سیانید هیدروژن (HCN).....132
- 133-7-3-10- توانایی آزادسازی و انحلال پتاسیم.....133
- 135-8-3-10- آزمون توان تحمل ازتوباکتر به تنش خشکی.....135
- 135-9-3-10- آزمون توان تحمل به تنش شوری.....135
- 136-10-3-10- اندازه‌گیری فعالیت آنزیم ACC-دآمیناز ویژه ازتوباکتر.....136
- 137-1-10-3-10- تهیه منحنی استاندارد آلفاکتوتیرات.....137
- 138-2-10-3-10- اندازه‌گیری مقدار پروتئین نمونه‌ها.....138
- 138-3-10-3-10- آماده‌سازی ماده ACC.....138
- 138-11-3-10- اندازه‌گیری مقدار تولید پلی‌ساکاریدهای خارج سلولی.....138

#### فصل یازدهم: شناسایی مولکولی ازتوباکتر.....141

- 141-1-11- استخراج DNA ژنومی ازتوباکتر.....141
- 142-2-11- بررسی ناحیه ژنی 16S rDNA.....142
- 142-1-2-11- مواد و محلول‌ها.....142
- 142-1-1-2-11- تهیه محیط کشت LB.....142
- 142-2-1-2-11- تهیه بافر TBE (5X).....142
- 143-3-1-2-11- تهیه EDTA (0/5 مولار و pH=8).....143
- 143-4-1-2-11- تهیه SDS 10 درصد.....143
- 143-5-1-2-11- تهیه بافر TE.....143
- 143-6-1-2-11- تهیه CTAB 10 درصد.....143
- 144-7-1-2-11- تهیه ژل آگارز 1 درصد.....144
- 144-2-2-11- تکثیر ناحیه ژنومی 16S rDNA در واکنش زنجیره‌ای پلیمراز.....144
- 146-3-2-11- توالی‌یابی.....146
- 146-4-2-11- تعیین بهترین تطابق‌ها.....146

- 146..... 3-11- مقایسه تفاوتها و شباهت‌های ژنتیکی در سطح مولکولی در ازتوباکتر
- 146..... 1-3-11- فن ARDRA
- 147..... 2-3-11- انگشتنگاری Rep-PCR و تجزیه پروفایل
- 149..... 3-3-11- ژن‌های *nifH* و *nifD*
- 151..... فصل دوازدهم: منابع مورد استفاده

## فهرست جداول

صفحه

عنوان

- جدول 1-1- تقسیم‌بندی جامعه موجودات زنده خاک بر اساس اندازه بدن ..... 4
- جدول 2-1- توزیع نسبی موجودات زنده در خاک ..... 5
- جدول 3-1- میانگین تعداد تقریبی موجودات زنده مختلف در یک خاک کشاورزی مستعد و حاصلخیز به حجم 1000 سانتیمتر مکعب (گردآوری شده از منابع مختلف) ..... 5
- جدول 4-1- تقسیم‌بندی باکتری‌ها بر اساس نوع منبع انرژی و کربن ..... 9
- جدول 1-3- اعداد اکسیداسیونی مختلف نیتروژن در خاک ..... 34
- جدول 2-3- سوپستراهای احیاء شده به وسیله نیتروژناز ..... 38
- جدول 1-4- تاریخچه تغییرات نام جنس و گونه از توباکتر ..... 46
- جدول 2-4- طبقه‌بندی از توباکتر بر اساس طبقه‌بندی باکتری‌شناسی برگگی ..... 47
- جدول 3-4- گونه‌های مختلف جنس از توباکتر ..... 48
- جدول 4-4- جمعیت *Azotobacter chroococcum* در برخی مناطق ایران ..... 52
- جدول 5-4- ویژگی‌های اساسی ژنوم *Azotobacter vinelandii* DJ ..... 56
- جدول 1-5- منابع کربنی قابل استفاده توسط گونه‌های مختلف از توباکتر ..... 68
- جدول 2-5- ویژگی‌های گونه‌های مختلف از توباکتر ..... 69
- جدول 3-5- نوع رنگ‌دانه محلول در آب تولیدی توسط گونه‌های مختلف از توباکتر ..... 69
- جدول 4-5- تثبیت نیتروژن توسط گونه‌های مختلف از توباکتر در pH های مختلف ..... 70
- جدول 5-5- رشد گونه‌های مختلف از توباکتر در دماهای مختلف ..... 70
- جدول 6-5- رشد در عوامل ضد میکروبی و آنتی‌بیوتیک‌های مختلف ..... 71
- جدول 1-6- تعداد نمونه خاک، سویه خالص شده و انتخاب شده ..... 73
- جدول 2-6- تخمین تثبیت نیتروژن در سیستم همزیستی و آزادی در زیست‌بوم‌های مختلف ..... 82
- جدول 1-8- ترکیب محیط کشت صنعتی برای تولید از توباکتر ..... 95
- جدول 2-8- ویژگی‌های از توباکتر موجود در کود زیستی افزایش‌دهنده رشد گیاه ..... 97
- جدول 3-8- مقدار مایه تلقیح از توباکتر برای تلقیح محصولات مختلف ..... 103
- جدول 5-8- مقدار و نحوه مصرف مایه تلقیح‌های تجاری در هندوستان ..... 105
- جدول 1-9- محاسبه محتمل‌ترین تعداد (MPN) باکتری‌های زنده ..... 117

جدول 10-1-	درجه‌بندی سطوح تولید سیانید هیدروژن.....	133
جدول 10-2-	محیط الکساندروف مورد استفاده در ارزیابی آزادکنندگی پتاسیم.....	134
جدول 11-1-	ترکیب محیط LB.....	142
جدول 11-2-	توالی آغازگرهای F و R برای تکثیر ژن 16S rDNA.....	145
جدول 11-3-	برنامه زمانی واکنش PCR برای تکثیر ژن 16S rDNA.....	145
جدول 11-4-	غلظت و حجم مواد در فن ARDRA.....	147

## فهرست اشکال

صفحه

عنوان

8.....	شکل 1-1- انواع اشکال مختلف باکتری‌ها.....
14.....	شکل 1-2- ریزوسفر و اجزای آن.....
33.....	شکل 1-3- ترکیب تقریبی گازهای اتمسفر زمین.....
35.....	شکل 2-3- چرخه کلی نیتروژن و تثبیت.....
49.....	شکل 1-4- سلول رویشی <i>Azotobacter salinestris</i> .....
49.....	شکل 2-4- کلنی <i>Azotobacter salinestris</i> بر روی محیط کشت وینوگرادسکی.....
50.....	شکل 3-4- کیست <i>Azotobacter salinestris</i> .....
58.....	شکل 4-4- سیستم تنظیمی نیتروژناز.....
61.....	شکل 1-5- کلنی <i>A. chroococcum</i> جداسازی شده از خاک‌های ایران.....
62.....	شکل 2-5- سلول رویشی <i>A. chroococcum</i> جداسازی شده از خاک‌های ایران.....
62.....	شکل 3-5- کیست <i>A. chroococcum</i> جداسازی شده از خاک‌های ایران.....
62.....	شکل 4-5- کلنی <i>A. chroococcum</i> بر روی گل اشباع.....
64.....	شکل 5-5- کلنی <i>A. vinelandii</i> .....
65.....	شکل 6-5- تولید رنگدانه قهوه‌ای محلول در آب توسط <i>A. salinestris</i> (چپ) در مقایسه با <i>A. chroococcum</i> (راست) در محیط کشت وینوگرادسکی.....
90.....	شکل 1-7- کنترل رشد قارچ فوزاریوم گندم توسط ازتوباکتر، (الف) دارای توان کنترل و (ب) عدم توانایی کنترل قارچ توسط سویه دیگر.....
109.....	شکل 1-9- الگوی نمونه‌برداری زیگزاگی.....
109.....	شکل 2-9- الگوی نمونه‌برداری قطری.....
114.....	شکل 3-9- الگوی کشت خطی بر روی محیط کشت جامد مناسب برای ازتوباکتر.....
120.....	شکل 4-9- لام نیوبار.....
120.....	شکل 5-9- مکان‌های مناسب برای شمارش ازتوباکتر بر روی لام نیوبار.....
121.....	شکل 6-9- شبکه‌بندی لام نیوبار.....
126.....	شکل 1-10- بررسی حرکت باکتری به روش محیط نیمه جامد.....
148.....	شکل 1-11- مشخصات مارکر 100bp DNA Ladder RTU.....



دل هر ذره را که بشکافی آفتابیش در میان بینی (هاتف)





## پیشگفتار

خاک به عنوان مکانی برای رشد و نگهداری گیاه است که خود نیز یک موجود زنده است. زنده بودن خاک به علت وجود موجودات زنده به ویژه ریزجاندارانی است که در آن زندگی می کنند. شناخت ریزجانداران مفید خاکزی و روابط متقابل آن‌ها با گیاه و خاک از مباحث اصلی علم میکروبیولوژی خاک است. از مهم ترین اثرات ریزجانداران در خاک می توان به این موارد اشاره کرد: تأثیر بر رشد گیاهان از راه سازوکارهای مختلف، فرآیندهای تثبیت نیتروژن مولکولی، نیترات زدایی، تولید نیترات، آمونیاک سازی، گردش عناصری همچون کربن، نیتروژن، فسفر و گوگرد، تجزیه مواد آلی، مواد شیمیایی و سموم کشاورزی. حاصل مطالعات در میکروبیولوژی خاک نه تنها شناخت پدیده های مختلف بلکه بهره گیری از آن‌ها در تولید فرآورده های زیستی از جمله کودهای زیستی برای محصولات مختلف، استفاده از ریزجانداران در زیست پالایی آلاینده های آلی و معدنی از منابع خاک و آب، مقابله با عوامل تنشی همانند خشکی، شوری و استفاده از آن‌ها برای تأمین سلامت گیاه است. دانش میکروبیولوژی خاک آن چنان گسترده شده که حتی مجال پرداختن تنها عناوین آن در یک مجموعه همانند یک کتاب امکان پذیر نیست؛ از این رو، باید موضوعات به عناوین کوچک تر تقسیم شده و آنگاه برای هر عنوان به جزئیات بیشتری پرداخت. در این نوشتار به جنبه های مختلف باکتری ازتوباکتر که از باکتری های مفید، مهم و تأثیرگذار در خاک است پرداخته می شود. ازتوباکتر در بسیاری از زیست بوم ها و شرایط مختلف اقلیمی و در دامنه وسیعی از خاک ها یافت می شود. در این کتاب به ویژگی های مرفولوژیک، اکولوژیک و فیزیولوژیک ازتوباکتر و نقش آن در خاک ها و رشد گیاهان پرداخته خواهد شد.

پروردگار را سپاسگزارم که توفیق عطا فرمود تا پس از ربع قرن آشنایی با یکی از ریزترین و جالب ترین جانداران مفید کره خاکی، این نوشتار را که حاصل مطالعات و پژوهش های نگارنده و همچنین استفاده از منابع علمی ارزشمند است به رشته تحریر درآورم. امیدوارم مطالب ارائه شده در این مجموعه مورد استفاده بهره برداران گرامی اعم از پژوهشگران، اساتید و دانشجویان گرایش های مرتبط با علوم میکروبیولوژی، بیولوژی

خاک و همچنین جامعه کشاورزی قرار گرفته و مفید واقع شود. از خوانندگان ارجمند تقاضا دارم که کاستی‌های موجود در این مجموعه و پیشنهادهای خود را به نگارنده منتقل تا در صورت توفیق ادامه حیات و با یاری ایزد توانا در نشرهای آینده، اصلاح و برطرف شود.

هوشنگ خسروی

## مقدمه

اگر به خاک نگاه عامیانه داشته باشیم احتمالاً آن را موجودی ساده و کم‌ارزش بینیم؛ اما یک مشاهده علمی و دقیق مشخص خواهد کرد که خاک یکی از شگفت‌انگیزترین موجودات در کره زمین است. خاک، ترکیب پیچیده‌ای از مواد معدنی، آلی و زیستی است که در مجموع همانند یک موجود زنده رفتار می‌کند که در واقع روح خاک، بخش زیستی آن است که به آن زندگی می‌بخشد. شباهت خاک به موجود زنده زیاد است. خاک دارای تنفس، تولید حرارت، تغذیه، جذب، هضم و دفع مواد است. همچنین خاک، دارای مراحل حرکت، تکامل تدریجی، رشد و نمو، تغییر و تبدیل و مرحله مرگ است. همه این مراحل به علت وجود موجودات زنده و به‌ویژه ریزجانداران در خاک است. ریزجانداران، نخستین و قدیمی‌ترین موجودات بر روی زمین هستند. بدون حضور ریزجانداران، زندگی بر روی کره زمین امکان نداشته یا حداقل به شکل امروزی نمی‌بود. برای نمونه اگر مواد آلی در خاک تجزیه نمی‌شدند کره زمین زیر مواد آلی مدفون می‌شد. از نخستین کسانی که در قرون 17 و 18 به ریزجانداران توجه کردند می‌توان آنتونی فلیپس لی‌ون‌هوک<sup>1</sup> دانشمند هلندی که لقب پدر میکروشناسی و نخستین میکروشناس را دارد و رابرت هوک از فلاسفه علوم طبیعی را نام برد. پس از یک قرن لویی پاستور و رابرت کخ موجب پیشرفت‌های عظیمی در دانش میکروبی‌های بیماری‌زا شدند. در همین دوران سرگئی وینوگرادسکی میکروبیولوژیست روسی درباره ریزجانداران خاک تحقیقات گسترده‌ای انجام داد. در ادامه دانشمندان زیادی از جمله الکساندر فلمینگ، کاشف پنی‌سیلین، در توسعه و پیشرفت دانش میکروبیولوژی خاک نقش‌آفرینی کردند.

باکتری از توباکتر که در حدود 120 سال پیش از خاک جداسازی و شناسایی شده است از باکتری‌های مهم و مفید خاک است که در بسیاری از زیست بوم‌ها و اقلیم‌های کره زمین و در اراضی کشاورزی و منابع طبیعی و در زیست‌گاه‌هایی مانند خاک، آب و گیاه در مناطق مختلف از گرمسیری تا قطبی و در محدوده وسیع پهاش یافت می‌شود. از بارزترین ویژگی‌های این باکتری توان تثبیت نیتروژن مولکولی هوا ( $N_2$ ) و تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه است. از توباکتر دارای ویژگی‌های جالب و منحصر به فردی

---

<sup>1</sup> - Antonie Philips van Leeuwenhoek

از جمله تشکیل شکل‌های مقاوم به خشکی بنام کیست، توانایی ایجاد حالت تنفس با شدت بسیار زیاد، توانایی تولید مقادیر فراوانی از پلی‌ساکاریدهای خارج سلولی و توان تجمع دادن ماده پلی‌بتا هیدروکسی بوتیرات در درون سلول خود است. ازتوباکتر به دلیل قابلیت کشت آسان در برخی مطالعات اساسی بیوشیمیایی همچون RNA پلیمرز، انتقال الکترون و ذخیره آهن بسیار بکار رفته است. از ازتوباکتر به‌عنوان یک باکتری بسیار پرکار<sup>1</sup> و سخت‌کوش یاد می‌شود که استفاده از آن منجر به پیشرفت‌های اساسی در فهم فیزیولوژی، بیوشیمی و ژنتیک تثبیت نیتروژن و متابولیسم هیدروژن شده است. پژوهش‌ها نشان داده است که تلقیح گیاهان با ازتوباکتر در افزایش عملکرد محصولات کشاورزی مؤثر است. در این کتاب به مهم‌ترین ویژگی‌های مرفولوژیک، اکولوژیک، فیزیولوژیک و مولکولی ازتوباکتر و نقش آن در خاک، کشاورزی و رشد گیاهان زراعی، باغی و منابع طبیعی پرداخته می‌شود. همچنین به مهم‌ترین پژوهش‌های انجام‌شده و پیشرفت‌های حاصل‌شده درباره این باکتری در ایران و جهان اشاره خواهد شد.

---

<sup>1</sup> - Workhorse