علـوم محـیـطی سال هفتـم، شمـاره اول، پـاییـز ۱۳۸۸
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.7, No.1 , Autumn 2009
۱۶۰-۱۴۹

# تأثیر بقایای پنبه و سویا بر آزادسازی نیترات و آمونیوم در خاک و رابطه آن با پویایی تغییرات جمعیت‌های میکروبی

**بهنام کامکار[۱*]، رضا قربانی نصرآبادی[۲]، سید مجید عالیمقام[۱]، طیبه ابراهیمی[۳]**

۱- گروه زراعت، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- دانشجوی دکترای خاکشناسی، دانشکدهٔ علوم خاک، دانشگاه تهران

۳- گروه صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

## چکیده

مدیریت بقایای گیاهی یکی از گزینه‌های در دسترس برای پایدارسازی سامانه‌های کشاورزی است. به منظور بررسی تغییرات غلظت نیترات و آمونیوم خاک در اثر کاربرد بقایای پنبه وسویا یک آزمایش انکوباسیونی هوازی با استفاده از لایه ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک سیلتی- رسی- لومی انجام شد. بدین منظور نمونه خاک با بقایای سویا، پنبه و پنبه+اوره (جهت ممانعت از غیرمتحرک شدن نیتروژن) به مقدار لازم جهت تامین ۱۵۰ کیلوگرم نیتروزن کل (کجلدال) مخلوط شد. نمونه‌ها به مدت ۱۷۵ روز و در شرایط کنترل شده و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در معرض انکوباسیون قرار گرفتند. میزان نیترات و آمونیوم و جمعیت باکتری‌ها، اکتینومایست‌ها و قارچ‌ها در ۷، ۱۴، ۲۸، ۶۷، ۱۰۹ و ۱۷۵ روز پس از آغاز آزمایش اندازه‌گیری شدند. نتایج تحقیق موید پویایی تغییرات جمعیت‌های میکروبی و برتری غیرمعنی‌دار بقایای پنبه بر بقایای سویا از جنبه نیترات و آمونیوم تجمعی آزاد شده بود. در تمام موارد، اضافه کردن کود نیتروژن به بقایای پنبه موجب برتری این تیمار در آزادسازی نیتروژن و آمونیوم شد. این نتایج بر اساس نسبت C:N سویا و پنبه قابل توجیه نبود و مشخص شد که ظاهراً درصد لیگنین این بقایا در آزادسازی نیتروژن از بقایا موثرتر بود، چرا که درصد لیگنین پنبه ۱/۶-۰/۷ درصد و درصد لیگنین سویا حدود ۱۴ درصد است. در این تحقیق رابطه آزادشدن نیترات وآمونیوم با جمعیت‌های میکروبی در جریان فرآیند تجزیه مورد تحلیل قرار گرفته است.

*کلید واژه‌ها:* بقایا، سویا، پنبه، تجزیه، نیتروژن، جمعیت میکروبی.

## The Effect of Cotton and Soybean Residues on Releasing Nitrate and Ammonia and on the Microbial Community Dynamism in the Soil

**Behnam Kamkar[1*], Reza Ghorbani Nasrabadi[2], Seyyed Majid Alimagham[1], Tayyebe Ebrahimi[3]**

*1- Department of Agronomy, Faculty of Agronomy Sciences, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources (GUASNR)*

*2- Ph.D student of Soil Science, Faculty of Soil Science, Tehran Universty*

*3- Department of Food Science, Faculty of Food Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources (GUASNR)*

**Abstract**

Residue management is one of the optimistic options for sustaining agroecosystems. In order to investigate $NO_3$ and $NH_4$ dynamism with the application of soybean and cotton residues incorporated with a silty-clay-loam soil (0-30 cm), an aerobic incubation experiment was carried out using three residue treatments (including cotton residue, soybean residue and cotton residue+urea to eliminate immobilization). The residue amount was determined in order to provide 150 Kg $ha^{-1}$ of Kjeldahl nitrogen after incorporation with soil (this was done using the nitrogen factor method).The samples were incubated for 175 days under a controlled environment at 25 ˚C. The $NO_3$ and $NH_4$ concentration and bacteria, fungi and Actinomycete populations were measured 7, 14, 28, 67, 109 and 175 days after incubation began. The results confirmed microbial activity dynamism during time. Cotton residues revealed a non significant prevalence on soybean residue with respect to cumulative nitrate and ammonia, which were released during the incubation period. In all cases, the cotton + urea treatment was better than both other treatments. These results were not interpretable based on the C:N ratio and the results showed that the lignin content is probably more important than the C:N ratio (lignin percentage of cotton and soybean residues are equal to 0.7-1.6% and 14%, respectively). In this study, the relationship between nitrate and ammonia dynamism with microbial communities have been analyzed.

*Keywords*: residue, soybean, cotton, decomposition, nitrogen, microbial community.

* Corresponding author. *E-mail Address*: behnamkamkar@yahoo.com

**مقدمه**

دسترسی به مدیریت پایدار منابع محیطی این الزام را ایجاب می‌کند که اتکای مزارع به نهاده‌های برون مزرعه‌ای را کاهش داد و در جهت فرآیند و مصرف نهاده‌های درون مزرعه‌ای و کاهش تلفات منابع قابل استفاده گام برداشت. بقایای گیاهی می‌توانند از جمله منابع مهم تامین کننده نیتروژن در خاک باشند (Kamkar *et al.*, 2008).

مدیریت نیتروژن در تولید کارآمد گیاهان زراعی بسیار حائز اهمیت است. استفاده ناکارآمد از نیتروژن تامین شده به دلایلی نظیر شرایط نامناسب محیطی از قبیل شستشوی نیتروژن از پروفیل خاک یا تلفات گازی نیتروژن در قالب فرآیند دنیتریفیکاسیون و یا تصعید کود رخ می‌دهد (Mikha *et al.*, 2006). تخمین صحیح سهم نیتروژن خاک در تولید گیاهان زراعی برای به حداقل رساندن اثرات محیط و هزینه‌های مترتّب بر افزونه مصرف کود نیتروژن، امری اجتناب ناپذیر به شمار می‌آید (Rice, 2006). مشخص شده که معدنی‌شدن نیتروژن خاک، ۲۰ تا ۸۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه را تامین می‌کند (Broadbent, 1984).

کنترل تلفات نیتروژن از سامانه‌های کشاورزی تا حدودی به همزمانی عرضه (فراهمی) نیتروژن و تقاضای گیاه بستگی دارد (Myers *et al.*, 1994). برای حصول این همزمانی در عرضه و تقاضای نیتروژن پیش‌بینی پویایی زمانی متحرک شدن و غیرمتحرک شدن نیتروژن ضروری است. نوع مواد گیاهی بر الگوی تجزیه و آزاد شدن عناصر غذایی موثر است. برای بیان این مفهوم از «کیفیت بقایا» برای تعیین چگونگی تاثیر بقایای بر آزادسازی عناصر غذایی طی فرآیند تجزیه استفاده شده است (Swift *et al.*, 1979).

تجزیه بقایای گیاهان زراعی نتیجه فرآیندهای پیچیده میکروبی است که خود تحت تاثیر عوامل زیادی کنترل می‌شوند (Swift *et al.*, 1979). از بین این فرآیندها ترکیب بیوشیمیایی بقایای گیاهی نقش مهمی‌دارد (Heal *et al.*, 1997). اغلب مدل‌هایی که شبیه‌سازی سناریوهای زراعی را انجام می‌دهند (Brisson *et al.*, 1998)، کیفیت شیمیایی علوفه را بر حسب محتوای C:N آن در نظر می‌گیرند. در واقع، شاخص کیفیتی که در اکثر موارد برای پیش‌بینی تلفات و یا معدنی‌شدن نیتروژن در جریان تجزیه بقایای گیاهان زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد، نسبت C:N مواد گیاهی است. اما، به عقیده برخی محققان، معمولا این نسبت تعیین‌کننده میزان دسترسی به کربن و نیتروژن که معمولا برای توصیف کینتیک تجزیه از آن استفاده می‌شود، نیست (Recous *et al.*, 1995). میزان دسترسی به نیتروژن می‌تواند پویایی تجزیه بقایای گیاهی را کنترل کند، و این موضوع به ویژه در مورد آن دسته از گیاهان زراعی نظیر غلات که C:N بالایی دارند، صادق است (Recous *et al.*, 1995).

Alexander (1997) بیان داشت که مهم‌ترین عامل محدود کننده فعالیت میکروبی در خاک قابلیت دسترسی به میزان ترکیبات کربن‌دار قابل مصرف است. چنان‌چه نسبت C:N بقایای گیاهی کمتر از ۲۰ تا ۳۰ باشد، معدنی شدن ویژه نیتروژن رخ می‌دهد، در حالی که اگر این نسبت بیش از ۳۰ باشد غیر متحرک شدن ویژه اتفاق خواهد افتاد. نوسانات موقت در بیوماس میکروبی ممکن است تاثیر قابل توجهی بر مقدار نیتروژن قابل دسترس گیاه داشته باشد و تغییر در بیوماس میکروبی خاک ممکن است راندمان استفاده نیتروژن را در سیستم های کشاورزی افزایش دهد. Broder and Wagner (1988) کاهش بیوماس میکروبی را در معدنی شدن نیتروژن در طول دوره انکوباسیون گزارش نمودند که این امر نشان دهنده آن است که بیوماس میکروبی ممکن است به

عنوان منبعی برای نیتروژن قابل دسترس گیاه عمل نماید. معمولا روش‌های در بر گیرنده ارزیابی نیتروژن معدنی شده در طی انکوباسیون، روشی مناسب جهت برآورد قابلیت دسترسی نیتروژن برای رشد محصول در نظر گرفته می‌شوند که ناشی از معدنی شدن ماده آلی خاک در طی فصل رشد است. به علاوه ، اثبات شده است که متناسب سازی مدل های سینتیک به داده‌های انکوباسیون در پیش‌بینی پتانسیل قابلیت دسترسی نیتروژن از ماده آلی خاک، مناسب می‌باشند (Cordovil *et al*., 2005) .

قارچ‌ها و اکتینومایست‌ها جزء مولفه‌های میکروفلوریک خاک هستند که در زمینه تجزیه بقایای گیاهی نقش مهمی‌ایفا می‌کنند. قارچ‌ها نشاسته، سلولز، صمغ‌ها، لیگنین، قندها و نیز پروتئین‌ها را متابولیز می‌کنند. آنها به تشکیل مادهٔ آلی خاک کمک زیادی نموده و اغلب تجزیه ماده آلی را که به وسیله سایر ارگانیسم‌ها شروع شده، تکمیل می‌کنند. اکتینومایست‌ها نیز نقشی مهم در تجزیه ماده آلی داشته و ترکیبات مقاوم‌تر را مصرف می‌کنند و بعد از این که ترکیبات ساده (مثل قندها و اسیدهای آمینه) به وسیله گروه‌های مختلف ارگانیسمی‌جذب شدند، گونه‌های غالب را تشکیل می‌دهند. هدف از اجرای این تحقیق بررسی آزادسازی نیترات و آمونیوم در خاک و رابطه آن با پویایی تغییرات جمعیت‌های میکروبی توسط بقایای پنبه و سویا در خاک بوده است.

## مواد و روش

به منظور بررسی تغییرات غلظت نیترات و آمونیوم خاک در اثر کاربرد بقایای پنبه وسویا یک آزمایش انکوباسیونی هوازی با استفاده از لایه ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک سیلتی- رسی- لومی با مشخصات اولیه زیر انجام شد (جدول۱).

نمونه برداشت‌شده خاک در معرض هوا و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، از الک ۵ میلی‌متری عبور داده شد. بقایای دو گیاه پنبه و سویا در مرحله برداشت نهایی از مزارع منطقه جمع‌آوری و پس از آسیاب کردن بقایا و الک‌کردن آن‌ها با الک‌های یک اندازه (کوچکتر از ۵ میلی‌متر)، به خاکی که از مزرعه ی واقع در 54 23' E, 36 50' N برداشت شده بود اضافه شدند به نحوی که با در نظر گرفتن فاکتور نیتروژن در مجموع معادل ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن به خاک افزوده گردد. محاسبات میزان بقایا بر اساس نسبت C:N بقایا و مقدار کود اوره مورد نیاز برای ممانعت از غیرمتحرک شدن نیتروژن در اثر فعالیت میکروب‌های خاک به روش فاکتور نیتروژن محاسبه گردید. نسبت C:N (Walkley, 1934) اندازه‌گیری نیتروژن به روش میکرو کجلدال) بقایا نیز انجام شد. با توجه به این که نسبت C:N بقایای سویا و پنبه به ترتیب ۲۴ و ۳۴ (میزان نیتروژن کل بقایای پنبه ۱۹/ ۱، میزان کربن آلی آن برابر ۴۰/۸۵ درصد و این مقادیر برای سویا به ترتیب برابر ۱/۸ و ۴۳/۳۲ درصد بود) تعیین شد،

**جدول ۱**- مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده

| رس (٪) | سیلت (٪) | شن (٪) | بافت | هدایت الکتریکی (EC×۱۰۰۰) | اسیدیته کل اشباع | نیتروژن کل (٪) | کربن آلی(٪) | نیتروژن آمونیومی(میلی‌گرم بر کیلوگرم) | نیتروژن نیتراتی(میلی‌گرم بر کیلوگرم) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۳۰ | ۶۲ | ۸ | لوم شنی سیلتی | ۱/۱ | ۷/۸ | ۰/۱۲ | ۱/۲۱ | ۲/۸ | ۱۹/۶ |

لذا نیتروژن مازاد برای سویا در نظر گرفته نشد. ولی برای پنبه دو حالت بقایا+نیتروژن مازاد و بقایا بدون نیتروژن مازاد در نظر گرفته شد تا تاثیر احتمالی غیرمتحرک‌شدن نیتروژن روشن شود. جهت به حداقل رساندن خطا، آزمایش در چهار تکرار صورت پذیرفت. به منظور ایجاد شرایط هوازی هر دو روز یکبار به مدت دو دقیقه خاک هوادهی شد و برای ممانعت از هدررفت رطوبت مجددا درب کیسه‌ها بسته می‌شد. سپس طی ۶ مرحله (۷، ۱۴، ۲۸، ۶۷، ۱۰۹ و ۱۷۵ روز پس از شروع آزمایش) مقدار آزاد سازی نیترات ، آمونیوم و نیز جمعیت باکتریایی، قارچی و اکتینومایست‌ها اندازه گیری شد. بدین منظور عصاره‌گیری خاک (از نمونه‌های ۵ گرمی) با روش هضم در KCl دو مولار انجام و اندازه‌گیری آمونیوم به روش Indophenol blue method و قرائت عصاره در طول موج ۶۳۶ نانومترتوسط دستگاه طیف سنج انجام شد (که اساس آن بر واکنش بین فنل و آمونیوم است) و اندازه‌گیری نیترات با دستگاه فتومتر به روش نیترات صورت پذیرفت.

## شمارش جمعیت میکروبی خاک

برای شمارش میکرو ارگانیسم‌ها از سری رقت‌های گوناگون استفاده شد که برای کشت اکتینومیست‌ها و جمعیت میکروبی خاک از روش pour plate (Lakzian, 2005) که هم روشی هوازی و هم غیر هوازی است استفاده شد و برای کشت کپک ومخمر از روش surface plate (Lakzian, 2005) که روشی هوازی است استفاده شد. محاسبه‌ی تعداد میکروارگانیسم‌ها با استفاده از تعداد کلونی‌های تشکیل شده پس از ۴۸ ساعت کلونی‌زایی در داخل محیط کشت‌ها در داخل انکوباتور در دمای مناسب انجام شد و سپس با استفاده از معادله زیر تعداد میکرا ارگانیسم‌های داخل هر پلیت تخمین زده شد:

$$\mathrm{MNpp} = \mathrm{Clonn} \times 10^{\mathrm{SDN}}$$

$$MNsp = Clonn \times 10^{SDN} \times 10$$

در این معادلات MNpp و MNsp، به ترتیب تعداد میکرو ارگانیسم‌ها در داخل هر پلیت به روش pour plate و Surface plate و Clonn و SDN به ترتیب تعداد کلونی در داخل هر پلیت و شماره رقت هر پلیت را نشان می‌دهند. آنالیز آماری داده‌های حاصله با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

## نتایج

جدول ۲ نتایج آنالیز واریانس میزان نیترات، آمونیوم و مجموع نیترات و آمونیوم را نشان می‌دهد. بر اساس این نتایج، اثر تیمار بقایا بر تمام صفات مورد بررسی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بوده است.

**جدول ۲**- آنالیز واریانس میزان نیترات، آمونیوم و مجموع نیترات و آمونیوم در تیمارهای مورد آزمون

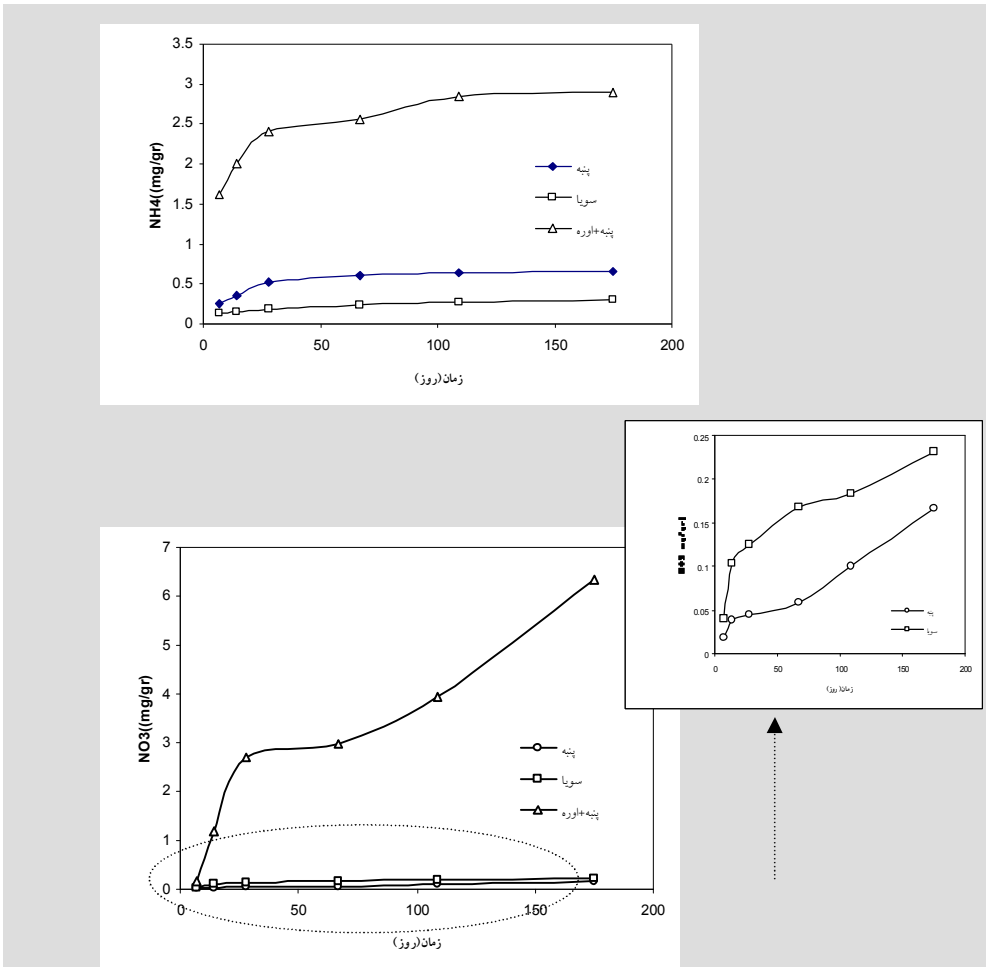
| منابع تغییر | درجه آزادی | نیترات | آمونیوم | مجموع نیترات و آمونیوم |
|---|---|---|---|---|
| بلوک | ۳ | ۰/۶۳۰۳۶۵۸ | ۰/۱۷۲۵۶۴۷۹ | ۱/۰۹۳۰۲۱۷ |
| تیمار | ۲ | ۵۰/۲۶۰۵۸۰۴** | ۷/۹۳۰۵۶۵۴۸** | ۹۷/۷۶۴۶۸۰۸** |
| خطا | ۶ | ۰/۶۲۸۲۷۸۴ | ۰/۲۰۰۶۵۹۷۷ | ۰/۱۴۷۶۴۴۲ |
| کل | ۱۱ | | | |

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

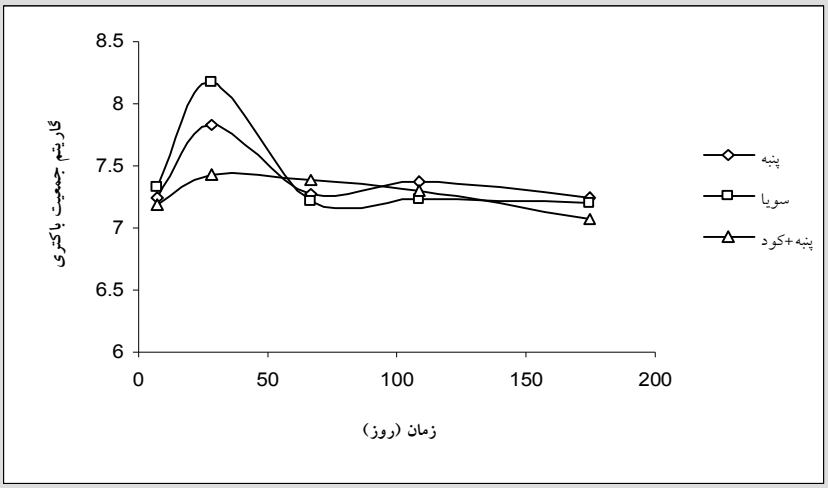
نتایج نشان داد که روند آزادسازی نیتروژن کل (مجموع نیتروژن نیتراتی ونیتروژن آمونیومی) در هر دو بقایای پنبه و سویا در طی زمان مشابه بود و بیشترین آزادسازی مقادیر نیتروژن آمونیومی، و نیتروژن کل در طی ۲۸ روز اول آزمایش رخ داد (شکل ۱). حداکثر مقادیر آمونیوم و نیتروژن کل مربوط به تیمار پنبه + کود اوره بود که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای دیگر داشت. مقدار نیتروژن نیتراتی آزاد شده از بقایای سویا در طی زمان بیشتر از پنبه بود، گرچه تفاوت معنی‌داری بین این دو مشاهده نشد (جدول ۳). مقادیر بیشتر و تفاوت معنی‌دار در میزان نیتروژن نیتراتی، آمونیومیو نیتروژن کل در تیمار پنبه + اوره به دلیل کود نیتروژنه استفاده شده در این آزمایش بوده که موجب فراهمی نیتروزن مورد نیاز میکروارگانیزم‌های تجزیه‌کننده و در نتیجه ممانعت از غیرمتحرک‌شدن نیتروژن بقایا شده است.

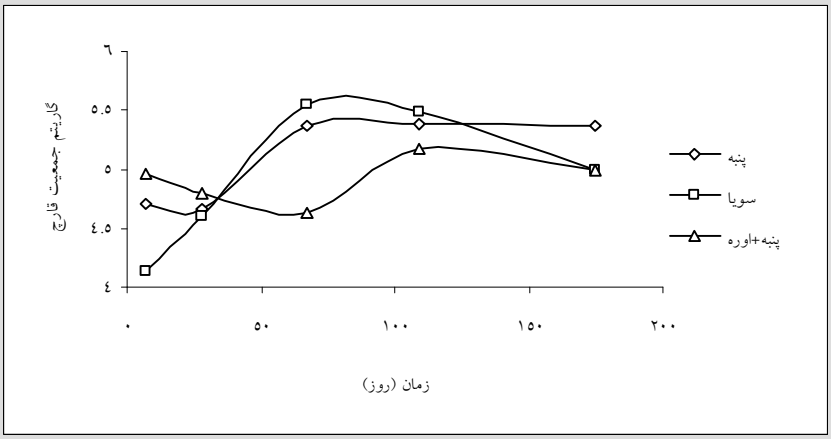
**جدول ۳**- مقایسه میانگین میزان نیترات، آمونیوم و مجموع نیترات و آمونیوم در تیمارهای مورد آزمون

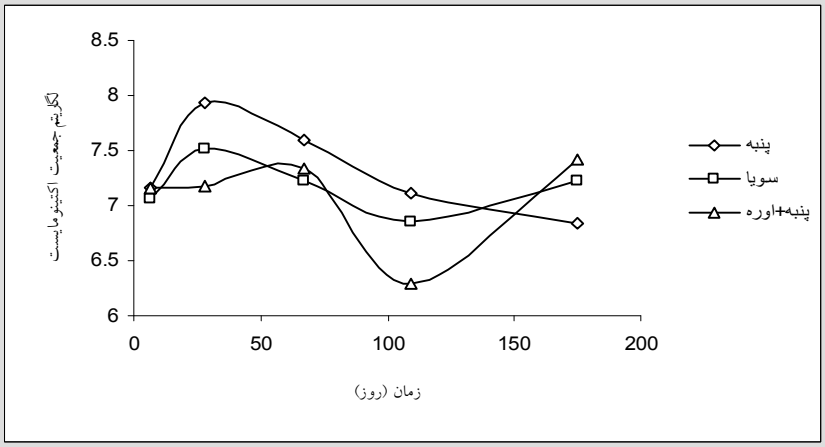
| منابع تغییر | نیترات (میلی‌گرم بر گرم) | آمونیوم (میلی‌گرم بر گرم) | مجموع نیترات و آمونیوم (میلی‌گرم بر گرم) |
|---|---|---|---|
| پنبه | ۰/۱۶۶۴ b | ۰/۶۴۸۳b | ۰/۸۱۴۷b |
| سویا | ۰/۲۳۱۸b | ۰/۲۹۹۲b | ۰/۵۳۱۰b |
| پنبه+اوره | ۶/۳۳۸۵a | ۲/۸۹۳۸a | ۹/۲۳۲۲a |




**شکل ۱**- تغییرات تجمعی نیترات و آمونیوم در طی زمان (روز پس از شروع آزمایش)




**شکل۲**- روند تغییرات جمعیت باکتری‌ها، قارچ‌ها و اکتینومایست‌ها در طی مراحل نمونه‌گیری (روز پس از آغاز)

اثـر اضـافه نمـودن بقایـای پنبـه روی بـاکتری‌هـا و اکتینومایست‌ها نیز روندی مشابه بقایای سویا داشت. در مورد قـارچ‌هـا رونـد تغییـر جمعیـت نسبت بـه آن‌چه در بقایای سـویا رخ داد، متفـاوت بـود. جمعیـت قـارچ‌هـا تـا مرحله دوم نمونه‌بـرداری کـاهش یافـت و سـپس رونـدی مشابه بقایای سویا پیـدا نمـود و در مرحلـه آخـر جمعیـت آن‌ها افزایش نشان داد، در حالی‌کـه جمعیـت قـارچی در بقایای سویا در مرحله آخر روندی نزولی داشـت (شـکل ۲). افزودن کود نیتروژنه به بقایـای پنبـه (تیمارپنبـه+ اوره) رشد باکتریایی یا قارچ‌ها را تحریک ننمـود، بلکـه باعـث کمتـر شـدن جمعیـت میکروارگـانیزم‌هـا نسبت بـه تیمـار بقایای پنبه (بدون کود اوره) گردید.

نتایج این تحقیق نشان داد که میزان لیگنین بقایا نقـش مهمی در این زمینه داشته است، به نحوی که علیرغم ایـن که انتظار می‌رود نسبت کربن به نیتروژن کـم‌تـر در سـویا منجر به آزادسازی بیشتر نیتروژن شـود، امـا پنبـه نیتـروژن بیشتری در اختیار قرار داد. برخی از دیگر محققان نیز بیان داشته‌اند که این نـسبت، تعیین‌کننـده میـزان دسترسـی بـه کربن و نیتروژن که معمولا برای توصیف کینتیک تجزیـه از آن استفاده مـی‌شـود، نیـست (Recous *et al.*, 1995). از سویی پویایی تغییرات جمعیت میکروارگانیزم‌هـای مـورد مطالعه نشان داد که نوسان این جمعیت‌ها می‌توانـد تحـت تاثیر عوامل مختلـف و متنـوعی قـرار گیـرد. بـروز اثـرات آنتاگونیستی جمعیت‌ها نیز می‌تواند از نکات مهـم و قابـل تامل در زمینه بررسی اثر بقایا بر تقویت موجـودات زنـده زیستی خاک باشد.

تصور می‌شـود کـه سـلولز نیـز در زیـستگاه‌هـای خـاکی عمدتا به وسیله قارچ‌ها تجزیه می‌گردد، گرچه باکتری‌ها نیـز می‌تواننـد ایـن نقـش را انجـام دهنـد (De Boer *et al.*, 2005) .بنابراین ازمـون مـشابه روی طیفـی از بقایـا کـه در میـزان لیگنین و نیز نسبت C:N تنـوع داشـته باشـند، مـی‌توانـد بـه نقش احتمالی تجزیه‌کنندگان خاک در توجیـه تناقـضات مشاهده شده در مطالعات کمک کند.

اگـر چـه در ایـن مطالعـه رونـد تغییـرات جمعیـت میکروارگانیزم‌ها در طی زمـان پـایش شـد، امـا نوسـانات جمعیت‌ها در حدی بود کـه امکـان اظهـار نظـر قطعـی در مورد تاثیر احتمالی هر یـک از ایـن میکروارگـانیزم‌هـا در تجزیه بقایا میسر نشد. لذا بررسی ترکیب کامل‌تر شیمیایی بقایـــای گیـــاهی و بـــه کـــارگیری روش‌هـــایی نظیـــر عـصاره‌گیـری تـدخینی جهـت تعیـین کـربن و نیتـروژن بیوماس میکروبی جهت تکمیـل و تنـویر نتـایج بـه دسـت آمده در این تحقیق پیشنهاد می‌شوند.

همچنین نتایج نـشان داد کـه توجـه صـرف بـه نـسبت C:N نمی‌تواند مبنای مناسبی برای تعیین کیفیت بقایا باشـد و در واقع فلور جمعیت میکروبی نیز در این زمینـه دخیـل است. همچنـین افـزایش کـود نیتـروژن همـراه بـا بقایـا بـه خاک از طریق محاسـبه فـاکتور نیتـروژن ایـن اطمینـان را ایجاد می‌کند که تجزیه بقایـای موجـود در خـاک سـبب مواجهـه گیـاه بـا کمبـود نیتـروژن نخواهـد شـد، امـا ایـن نگرانی را نیز بـه همـراه دارد کـه آزاد شـدن بـیش از حـد نیتروژن سبب ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی شود. این مدیریت تنها در شرایطی توصیه می‌شود که امکان خـارج کردن بقایا به دلیل نداشتن فاصله زمان کافی تا کشت بعد امکان‌پذیر نباشد.

اگرچه نتـایج ایـن تحقیـق، اطلاعـاتی اولیـه در زمینـه پویـــایی تغییـــرات نیتـــرات و آمونیـــوم و رابطـــه آن بـــا جمعیت‌های میکروبی نشان داد، اما آزمایشات تکمیلی‌تـر جهت روشـن‌شـدن برخـی جوانـب تاثیرگـذار بـر فرآینـد تجزیه بقایا نظیر تاثیر تنوع گونه‌های تجزیه‌کننـده و تـاثیر غالبیت گونه‌ای بـر ایـن فرآینـد مهـم و نیـز امکـان‌سـنجی تعمیم نتایج این مطالعه به سطح مزرعه ضرورت دارد.

## بحث

در این‌جا باید متذکر شد که با این که نسبت C:N بقایای سویا کمتر از بقایای پنبه بود، اما نتایج نشان داد که اگرچه اختلاف بین مقدار نیتروژن آمونیومی‌و نیتروژن کل آزاد شده از بقایای پنبه نسبت به بقایای سویا معنی‌دار نبوده، اما نیتروژن آمونیومی و نیتروژن کل آزاد شده از بقایای پنبه نسبت به بقایای سویا بیشتر بود (شکل ۱).

محققان در مطالعات اولیه بر روی فرآیندهای تجزیه، غلظت نیتروژن و نسبت C:N را به عنوان عوامل تعیین کننده قابلیت تامین توسط بقایای گیاهی می‌دانستند (Russell, 1961). مطالعات در بوم نظام‌های طبیعی اثبات نمود که سایر شاخص‌ها مثل غلظت لیگنین یا نسبت لیگنین به نیتروژن الگوی بهتری از آزادسازی نیتروژن را فراهم می‌آورند (Melillo *et al.*, 1982). پلی‌فنل‌ها نیز به عنوان تنظیم کننده‌های آزاد سازی نیتروژن از مواد عمل می‌نمایند، زیرا برخی مواد علیرغم غنی بودن از عناصر غذایی و داشتن مقدار کم لیگنین در آزاد سازی نیتروژن کند عمل می‌کنند (Stevenson, 1986). آزادسازی نسبتا اندک نیتروژن از برخی بقولات با نسبت C:N معادل ۱۵:۱ تا ۳۵:۱ ناشی از کمپلکس شدن پروتئین‌ها (منبع نیتروژن) با پلی‌فنل‌ها است. از سوی دیگر برخی مواد چوبی با نسبت C:N معادل ۷۵:۱ تا ۱۰۰:۱ ممکن است به سرعت تجزیه گردند، زیرا مقادیر لیگنین آنها نسبتا کم است (Wolf and Snyder, 2004). مقدار لیگنین موجود در بقایای سویا ۱۴ درصد و در پنبه ۱/۶–۰/۷ (Rawel, 2001) درصد بود.

دانستن تغییرات جمعیت‌های میکروبی که دارای نقش و کارکرد متفاوتی در تجزیه بقایای گیاهی هستند، می‌تواند در توجیه این نتایج بسیار مفید واقع شوند. افزودن بقایای سویا باعث شد که در طی مرحله اول و دوم نمونه برداری جمعیت باکتریایی افزایش یابد. جمعیت قارچی نیز در طی این مراحل افزایش نشان داد و روند تغییرات جمعیت اکتینومایست‌ها نیز روندی مشابه جمعیت باکتریای‌ها داشت. جمعیت باکتریایی در مرحله سوم کاهش نشان داد، در حالی‌که جمعیت قارچی همچنان به روند افزایشی ادامه داد. در طی مرحله چهارم نیز جمعیت باکتریایی روند افزایشی ملایمی بروز داد (شکل ۲).

افزایش سریع اما کوتاه مدت در جوامع میکروبی ممکن است متناظر با باکتری‌های زیموژن (گروهی از باکتریهای خاک که نسبت به مواد آلی مناسب به خاک، سریعا واکنش نشان می‌دهند و رشد و فعالیت بیشتری دارند) باشد که به سرعت پس از افزودن مواد آلی افزایش می‌یابند. برخی محققان پیشنهاد کرده‌اند که ارگانیسم‌هایی که پس از به هم زدن و تحت شرایط وفور عناصر غذایی وجود دارند، احتمالا ارگانیسم‌هایی با خصوصیات r- selected هستند که رشد و تولید مثل سریع و عملکرد و بیوماس کم در واحد ترکیبات، از مشخصه‌های آن‌هاست (Panikov, 1995). افزایش مشاهده شده در مورد جمعیت قارچی در مراحل اولیه ممکن است به دلیل رشد مخمرها و قارچ‌های قندی (Moore *et al.*, 2005) و روند نزولی در جمعیت باکتریایی در مرحله سوم ممکن است به دلیل اتمام مواد غذایی ساده تجزیه شونده باشد. Meidute *et al.* (2008) دریافتند که رشد قارچی پس از افزودن سلولز افزایش یافت و اثرات سینرژیستی بر روی رشد باکتریایی داشت. این افزایش در رشد باکتری‌ها به دنبال افزایش رشد قارچی بود. قارچ‌ها تجزیه کننده اصلی سلولز در خاکند (De Boer *et al.*, 2005) و سلولز یکی از اجزاء اصلی بقایای سویا است. چون تجزیه سلولز به مونومرهای تشکیل دهنده آن برون سلولی است، لذا این احتمال وجود دارد که باکتری‌ها بتوانند از مولکول‌های آلی آزاد شده در طی رشد قارچ‌ها استفاده

نمایند. البته نبایستی رشد باکتریایی ناشی از باکتری‌های سلولیتیک را نادیده گرفت. که این امر، افزایش مشاهده شده در مرحله چهارم، پس از روند نزولی جمعیت باکتریایی در مرحله سوم، را توجیه می‌نماید. بیشتر بودن مقدار مطلق جمعیت باکتریایی در بقایای سویا نسبت به بقایای پنبه با نتایج Broder and Wagner (1988) مطابقت داشت که بیان داشتند جمعیت باکتریایی در سویا نسبت به بقایای ذرت و گندم بیشتر بوده است.

همچنین باید یادآوری کرد که گرچه جمعیت باکتریایی و قارچی در تیمار بقایای سویا بیشتر از بقایای پنبه بوده، ولی مقدار نیتروژن کل آزاد شده در بقایای پنبه بیشتر از بقایای سویا بود. Shi *et al.* (2006) تغییر گروه‌های فیزیولوژیک میکروبی را در خصوص فرآیندهای چرخه نیتروژن حائز اهمیت دانستند، که این مساله فقدان ارتباط مستقیم بین فعالیت میکروبی کل با فرآیند معدنی شدن نیتروژن را بیشتر توضیح می‌دهد. همچنین عدم همبستگی بین معیارهای مختلف فعالیت میکروبی می‌تواند مبین تغییر در ترکیب جمعیت میکروبی باشد (Chen *et al.*, 2001).

باکتری‌ها اثرات آنتاگونیستی بر روی قارچ‌ها دارند، به نحوی که افزایش رشد باکتری‌ها، کاهش رشد قارچ‌ها را به همراه دارد (Romanı *et al.*, 2006 ; Mille-Lindblom *et al.*, 2006). با ورود ترکیبات کربنه به خاک مثل بقایای گیاهی جمعیت‌های میکروبی افزایش می‌یابند. توانایی یک ارگانیسم برای اشغال ترکیبات به سرعت رشد، تولید مواد آنتی بیوتیک و تنوع سیستم‌های موجود برای مصرف انواع مختلف ترکیبات کربنه بستگی دارد. سرعت رشد برای اشغال کنندگان اولیه مناسب است و سیستم آنزیمی که قادر به استفاده از ترکیبات متنوع باشد برای ارگانیسم‌هایی که در مراحل پایانی ظاهر می‌شوند، مطلوب است (Broder and Wagner, 1988). از آن‌جا که باکتری‌ها رقابت کننده‌های بهتری هستند و رشد سریعتری دارند و از سویی مقدار مواد ساده تجزیه شونده در پنبه نسبت به سویا کمتر است، رشد قارچ‌ها در مرحله مذکور کاهش یافته است و به نظر می‌رسد این کاهش در جمعیت قارچی ناشی از کمتر شدن جمعیت قارچ‌های قندی و مخمرها باشد، زیرا در مراحل بعدی جمعیت قارچی افزایش نشان داده است.

اثرات آنتاگونیستی ممکن است ناشی از رقابت برای ترکیبات بین این دو گروه ارگانیسم یا تولید آنتی بیوتیک‌های قارچی ویا آنزیم‌های کیتینولیتیک به وسیله باکتری‌ها (رقابت تداخلی) باشد. گرچه احتمالا ترکیبی از این دو مکانیسم شایع‌تر است (Meidute *et al.*, 2008).

## تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام پذیرفته که بدین وسیله مراتب تقدیر و تشکر صاحبان اثر تقدیم می‌گردد.

## منابع

Alexander, M. (1977). *Introduction to soil microbiology*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Bonde, T.A., J. Schnurer, T. Rosswall (1988). Microbial biomass as a fraction of potentially mineralizable nitrogen in soils from long term field experiments. *Soil Biol. Biochem.*, 20: 447-452.

Brisson, N., B. Mary, D. Ripoche, M. Jeuffury, H. Ruget, F. Nicoullaud, P. Gate, P. Devienne-Barret, F. Antonioletti, R. Dürr, C. Richard, G. Beaudoin, N. recous, S. Tayot, X. Plenet, D.

Meidute S., F. Demoling and E. Baath (2008). Antagonistic and synergistic effects of fungal and bacterial growth in soil after adding different carbon and nitrogen sources. *Soil Biology and Biochemistry*, 40: 2334–2343

Melillo, J.M., J.D. Aber and J.F. Muratore (1982). Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. *Ecology*, 63: 621–626.

Mikha, M.M., C.V. Rice and J.G. Benjamin (2006). Estimating soil mineralizable nitrogen under different management practices. *Soil Sci. Soc. Am. J*, 70: 1522-1531.

Mille-Lindblom, C., H. Fischer and L.J. Tranvik (2006). Antagonism between bacteria and fungi: substrate competition and a possible trade-off between fungal growth and tolerance towards bacteria. *Oikos*, 113: 233–242.

Moore, J.C., K. McCann and P.C. de Ruiter (2005). Modelling trophic pathways, nutrient cycling, and dynamic stability in soils. *Pedobiologia*, 49: 499–510.

Myers, R.J.K., C.A. Palm, E. Cuevas, I.U.N. Guatileke and M. Brossard (1994). The synchronization of nutrient mineralization and plant nutrient demand. In: Woomer, P.L., Swift, M.J. (eds.). *The biological Management of Tropics soil Fertility*. USA: Wiley.

Panikov, N.S. (1995). *Microbial Growth Kinetics*. London: Chapman and Hall.

Recous, S.D. Roubin, S. Darwis and B. Mary (1995). Soil inorganic N availability: effect on maize decomposition. *Soil Biol. Biochem*, 37: 359-374.

Cellier, P. Machet, J.M., Meynard and R. Delécolle (1998). STICS: a generic model for the simulation of crops and their water and nitrogen balances. I. theory and parameterization applied to wheat and corn. *Agronomie*, 18: 311-346.

Broadbent, F. (1984). Plant use of soil nitrogen. In: R.D. Haulk (ed.) *Nitrogen in crop production*. Madison: ASA, CSSA and SSSA.

Broder, M.W. and G.H. Wagner (1988). Microbial colonization and decomposition of corn, wheat and soybean residue. *Soil Science Society of American Journal*, 52: 112-117.

Chen, S.K., C.A. Edwards and S. Subler (2001). Effects of fungicides benomyl, captan and chlorothalonil on soil microbial activity and nitrogen dynamics in laboratory incubations. *Soil Biology and Biochemistry*, 33: 1971–1980.

Cordovil, C.M.D.S., M. Countinho, M. Gos and F. Carbal (2005). Potentially mineralizable nitrogen from organic materials applied to a sandy soil fitting the one –pool exponential model.*Soil Use and Management*, 21: 65-72.

De Boer, W. L., B. Folman, R.C. Summerbell and L. Boddy (2005). Living in a fungal world: impact of fungi on soil bacterial niche development. *FEMS Microbiology Reviews*, 29: 795–811.

Holland, E.A and D.C. Coleman (1987). Litter placement effects on microbial and organic matter dynamics in an agroecosystem. *Ecology*, 68: 425-453.

Lakzian, A. and N. Millani (2005). *Principles and applications of soil microbiology*. Mashhad: Ferdowsi University of Mashhad Press (In Persian).

Romanı, A.M., H. Fischer, C. Mille-Lindblom and L.J. Tranvik (2006). Interactions of bacteria and fungi on decomposing litter: differential extracellular enzyme activities. *Ecology*, 87: 2559–2569.

Russell, E.J. (1961). *Soil Conditions and Plant Growth*. 9th ed. London: Longmans.

Shi, W., H. Yao and D. Bowman (2006). Soil microbial biomass, activity and nitrogen transformations in a turfgrass chronosequence. *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 311–319.

Stevenson, F.J. (1986). *Cycles of Soil Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur and Micronutrients*. New York: Wiley.

Rawel, M.R. (2001). Performance driven composites from lignocellulosic resources. COMAT 2001, *International Conference on Science and Technology of Composite Materials*. Mardel Plata, Argentina.

Swift, M.J., O.W. Heal and J.M. Anderson (1979). *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*. Oxford: Blackwell.

Walkley, A. and I.A. Black (1934). An Examination of Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. *Soil Sci.*, 37: 29-37.

Wolf, B. and G.H. Snyder (2004). *Sustainable soils: The place of organic matter in sustaining soils and their productivity*. India: International Book Distributing Co.