نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، ص. ۸۲۲-۸۰۵

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.3, Fall 2018, p. 805-822

# اثر نوع حاصلخیزکننده خاک و کشت مخلوط شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) و اسفرزه (*Plantago psyllium* L.) بر شاخص‌های رشد گیاه اسفرزه با استفاده از روش تجزیه عامل

سهیلا قاسمی مهام[1*]، سیف اله فلاح[2] و امیر دادرسی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۱۶

قاسمی مهام، س.، فلاح، س.، و دادرسی، ا. ۱۳۹۷. اثر نوع حاصلخیزکننده خاک و کشت مخلوط شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) و اسفرزه (*Plantago psyllium* L.) بر شاخص‌های رشد گیاه اسفرزه با استفاده از روش تجزیه عامل. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۳): ۸۲۲-۸۰۵.

## چکیده

به‌منظور بررسی اثر نوع کود و کشت مخلوط ردیفی با شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago psyllium* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد در سال زراعی ۱۳۹۲ اجرا گردید. در این آزمایش فاکتور اول در چهار سطح که شامل کشت خالص اسفرزه، شنبلیله: اسفرزه (۱:۲)، شنبلیله: اسفرزه (۱:۱) و شنبلیله: اسفرزه (۲:۱) و فاکتور دوم در سه سطح کودی (کود گاوی، کود تلفیقی، کود شیمیایی) مورد ارزیابی قرار گرفتند. آنالیز داده‌ها با استفاده از روش تجزیه عامل منجر به انتخاب چهار مؤلفه جدید شد مؤلفه پنجم دارای ارزش ویژه ۰/۹۸۱ بود و به همین دلیل در آنالیز داده‌ها و تفسیر نتایج در نظر گرفته نشد. مؤلفه‌های استخراج‌شده با روش کوارتی‌مکس چرخش یافتند تا بیشترین وزن مؤلفه روی یک عامل قرار گیرد مؤلفه‌های اول، دوم، سوم و چهارم به‌ترتیب دربرگیرنده ۳۱/۱، ۲۲ ، ۱۸/۳ و ۸/۳ درصد تغییرات (واریانس) در کل داده‌های گیاه اسفرزه بودند و هر سه مؤلفه در مجموع حدود ۷۹/۷ درصد از تغییرات (واریانس) داده‌ها را به خود اختصاص دادند. همان‌گونه که در نتایج این تحقیق بیان شد، عامل اول بیشترین تأثیر را به‌صورت مستقیم بار ۰/۹۷۱، ۰/۹۶۷ و ۰/۷۶۲ درصد به‌ترتیب روی عملکرد موسیلاژ، موسلاژ و فاکتور تورم داشت. عامل دوم نیز با بار عاملی ۰/۹۳، ۰/۹۲۷ و ۰/۷۷ درصد از به ترتیب بر روی صفات تعداد شاخه فرعی، وزن هزار دانه و طول سنبله داشت و اما عامل سوم بیشتر اثر بازدارندگی و بار منفی بر عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله و عملکرد بیولوژیک با بار عاملی ۰/۹۰۲-، ۰/۸۸۴- و ۰/۸۳۷- درصد دارا بود. در خصوص عامل چهارم نیز تنها با بار عاملی ۰/۹۷۳ درصد بر تعداد سنبله در بوته داشت. این امر بیانگر تأثیر مثبت و معنی‌دار عامل دوم در این تحقیق بود. بر اساس نتایج این آزمایش استفاده از کود تلفیقی در برهمکنش با کشت مخلوط شنبلیله و اسفرزه می‌تواند در افزایش مزیت نسبی کشت مخلوط مؤثر باشد و به‌لحاظ کاهش مصرف کودهای شیمیایی می‌تواند در حفاظت از محیط زیست اهمیت داشته باشد.

**واژه‌های کلیدی:** تجزیه چند متغیره، کود تلفیقی، گیاه دارویی، همزیستی با گیاهان تثبیت کننده نیتروژن

## مقدمه

کشت گیاهان دارویی از دیرباز دارای جایگاه ویژه‌ای در نظام‌های کشاورزی سنتی ایران داشته و از نظر ایجاد تنوع و پایداری، نقش

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش‌آموخته رشته آگرواکولوژی و دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
۳- دانشجوی دکتری، گروه ژنتیک و تولید گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان
(*- نویسنده مسئول: Email: s.ghasemimaham@gmail.com)
DOI: 10.22067/jag.v10i3.60474

مهمی ایفا نموده است (Bahrang, 2002). در بین گیاهان دارویی دو گیاه اسفرزه (*Plantago psyllium* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) جزء گیاهان دارویی بسیار ارزشمند هستند. اسفرزه یکی از گیاهان دارویی مهم از تیره بارهنگ[1] است که از منابع مهم تولید طبیعی موسیلاژ به‌شمار می‌رود و معمولاً حدود ۲۵ درصد وزن بذر را موسیلاژ تشکیل می‌دهد (Ghasemi, 2012). گیاه شنبلیله گیاه مهم دیگری است که از خانواده لگومینوزه بوده و در طب سنتی ایران و ملل مختلف سابقه مصرف دیرینه داشته و خواص درمانی چشمگیری برای آن ذکر شده است (Nazari, 2013).

شواهد حاکی از آن است که شیوه‌های رایج، تولید آینده را به قیمت افزایش تولید فعلی به خطر انداخته و علایم زوال و نابودی برای تولید پایدار در گذر زمان، بیش از پیش آشکار شده است (Nassiri Mahallati et al., 2005). بر این اساس، مدیریت نظام-های کشاورزی باید مورد بازنگری قرار گیرد و نظام‌های نوینی طراحی شوند که اولویت آن‌ها پایداری دراز مدت در عین حفظ تولید در کوتاه مدت باشد (Senanayake, 1991). در زراعت گیاهان دارویی استفاده از روش‌هایی که بتواند گیاهان دارویی با مواد مؤثره بیشتر تولید نماید، ضروری به‌نظر می‌رسد (Rezaei-Chiyaneh, 2016). علاوه بر این، استفاده از گیاه لگوم می‌تواند سبب افزایش ثبات و تنوع در اکوسیستم‌های زراعی گردد (Erik et al., 2010). همچنین مصرف کودهای آلی در تلفیق با کودهای شیمیایی می‌تواند ضمن افزایش تولید، از آلودگی‌های زیست محیطی جلوگیری کرده و سبب پایداری اکوسیستم شود (Vilela & Ravetta, 2001).

ارزیابی دقیق تغییرات رشد گیاه در مدیریت‌های مختلف اراضی زراعی، تنها با اندازه‌گیری یک پارامتر ساده امکان‌پذیر نیست. به‌همین دلیل تعیین همزمان چندین صفات رویشی، می‌تواند روش مناسبی برای پی بردن به تغییرات رشد گیاهان گوناگون در شرایط مختلف باشد. در مطالعات زراعی برای سهولت ارزیابی شاخص‌های اندازه گیری‌شده و تفسیر دقیق‌تر نتایج، استفاده از روش‌های تجزیه چند متغیره سودمند است (Bartholomew et al., 2008). تجزیه به مؤلفه‌های اصلی[2] یا تجزیه فاکتور[3] یکی از انواع روش‌های تحلیل داده‌های چند متغیره است که هدف اصلی آن کاهش تعداد متغیرهای اولیه مورد مطالعه می‌باشد. با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی می‌توان تعداد زیادی متغیر توضیحی همبسته را با تعداد محدودی متغیر توضیحی جدید و غیرهمبسته که فاکتور یا مؤلفه‌های اصلی نامیده می‌شوند، جایگزین نمود (Tahmasebi, 2011). غیرهمبسته بودن توابع خطی جدید (مؤلفه‌های اصلی) بدان مفهوم است که مؤلفه‌های مورد نظر قادر به ارائه حداکثر اطلاعات موجود در ابعاد جدید و کوچکتر داده‌ها می‌باشند (Mohammadi, 2006). به این ترتیب نه تنها بعد سیستم تقلیل می‌یابد، بلکه مشکل همراستایش چندگانه[4] نیز پیش نمی‌آید. در این روش، اغلب می‌توان به ساختار منطقی داده‌ها پی برد و الگوی تغییرات ناشی از تیمارها را بهتر مشخص و ترسیم کرد (Ivanovska et al., 2007). به طور کلی، این روش در پژوهش‌های کشاورزی از کارایی بالایی برخوردار است (Moosavi et al., 2013). پژوهشگران در پژوهشی با استفاده از آمار چند متغیره به این نتیجه رسیدند که تنوع کاشت محصولات می‌تواند به پایداری اکوسیستم کمک نماید (Felice et al., 2012). همچنین تجزیه فاکتور می‌تواند اطلاعات جدیدی از روابط بین ویژگی‌های خاک استخراج کرده و آن‌ها را به مدیریت بهینه اراضی زراعی مرتبط سازد (Temizel et al., 2015). بنابراین، هدف این پژوهش بررسی تغییرات صفات رویشی گیاه اسفرزه در تیمارهای مختلف کودی و کشت مخلوط ردیفی با استفاده از روش‌های تجزیه چند متغیره و انتخاب حساس ترین صفت رشد بود.

## مواد و روش‌ها

### اجرای آزمایش و اعمال تیمارها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۲۱۱۶ متر از سطح دریا اجرا شد. بافت خاک محل آزمایش لومی‌رسی، pH ۷/۹۶ و EC ۱/۰۱۱ دسی‌زیمنس بر متر، کربن آلی و نیتروژن کل به‌ترتیب ۹/۵۵ و ۰/۸۲ گرم بر کیلوگرم، فسفر و پتاسیم قابل دسترس نیز به‌ترتیب ۰/۰۱۰۸ و ۰/۳۹۱ گرم در کیلوگرم بود (جدول ۱).

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل

1- Plantaginaceae
2- Principal Components Analysis, PCA
3- Factor Analysis
4- Multicollinearity

تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. در این آزمایش سه تیمار کودی شامل کود دامی، تلفیقی (کود دامی+کود شیمیایی) و شیمیایی و چهار تیمار کشت مخلوط شامل: کشت خالص اسفرزه (P)؛ دو ردیف شنبلیله و یک ردیف اسفرزه (TP(۲:۱)؛ یک ردیف شنبلیله و یک ردیف اسفرزه (TP(۱:۱)؛ یک ردیف شنبلیله و دو ردیف اسفرزه (۱:۲) مورد بررسی قرار گرفتند. در تیمارهای شیمیایی و کود دامی، مقادیر کودها براساس نیاز نیتروژنی دو گیاه مورد آزمایش (Yazdani et al., 2004) و ویژگی‌های خاک (جدول ۱) تعیین شد. میزان ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (از منبع اوره) به‌ترتیب برای شنبلیله و اسفرزه، ۴۵ و ۵۶ کیلوگرم اکسید فسفر در هکتار (از منبع سوپرفسفات تریپل) به‌ترتیب برای کشت شنبلیله و اسفرزه، ۲۸ و ۳۶ کیلوگرم در هکتار کود ریزمغذی (شامل سولفات روی، سولفات آهن، سولفات مس و سولفات منگنز) به‌ترتیب برای کشت شنبلیله و اسفرزه مصرف شد.

**جدول ۱- مشخصات خاک و کود گاوی مورد استفاده در آزمایش**

**Table 1- Characteristics of soil and cow manure used in the experiment**

| مشخصات Features | واحد Unit | خاک Soil | کود گاوی Cow manure |
|---|---|---|---|
| بافت Texture | – | لوم رسی Clay loam | – |
| هدایت الکتریکی EC | $dS.m^{-1}$ | 1.011 | 6.23 |
| اسیدیته pH | - | 7.96 | 7.91 |
| نیتروژن N | $g.kg^{-1}$ | 0.82 | 21.1 |
| کربن آلی Organic Carbon | $g.kg^{-1}$ | 9.55 | 278.1 |
| کلسیم Ca | $g.kg^{-1}$ | – | 1.25 |
| منیزیم Mg | $g.kg^{-1}$ | – | 0.657 |
| فسفر P | $g.kg^{-1}$ | 0.0108 | 3.8 |
| پتاسیم K | $g.kg^{-1}$ | 0.391 | 18.6 |
| روی Zn | $mg.kg^{-1}$ | 0.68 | 23.14 |
| منگنز Mn | $mg.kg^{-1}$ | 8.73 | 47.11 |
| آهن Fe | $mg.kg^{-1}$ | 8.09 | 254 |
| مس Cu | $mg.kg^{-1}$ | 0.91 | 21.15 |
| کربن/نیتروژن C/N | – | 11.64 | 13.18 |

در تیمارهای کود دامی مقدار ۱۵۶۲۵و ۱۹۵۳۱ کیلوگرم کود گاوی در هکتار به‌ترتیب برای کشت خالص شنبلیله و کشت خالص اسفرزه به‌کار برده شد که میزان مصرف تمام کودها متناظر با تعداد ردیف‌های هر گیاه در تیمارهای مختلف در نظر گرفته شد. در تیمارهای تلفیقی نیز ۵۰ درصد از کود دامی و ۵۰ درصد کودهای شیمیایی به‌کار برده شد (Khalili et al., 2014). کاشت هر دو گیاه در تاریخ ۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۲ انجام شد ابعاد کرت‌های آزمایشی در این پژوهش ۲/۵×۲/۲۵ متر و هر گیاه در ۸ ردیف کاشت با فاصله خطوط ۲۵ سانتی‌متر کشت شد فواصل بوته روی ردیف برای شنبلیله و اسفرزه، به‌ترتیب ۸ و ۴ سانتی‌متر و تراکم گیاهی جهت کشت

شنبلیله و اسفرزه به‌ترتیب ۵۰ و ۱۰۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد (Yazdani et al., 2004). در این سال زراعی میانگین حداقل دما ۱/۳ و میانگین حداکثر دما ۲۰/۱ درجه‌ی سانتی‌گراد و میانگین رطوبت نسبی نیز به‌طور متوسط ۴۵ درصد بود. بر اساس این شرایط محیطی، آبیاری هر دو تا شش روز یک‌بار با روش بارانی انجام گرفت. در هر دوره آبیاری حدود ۱۹ لیتر و در طی ۱۸ دوره آبیاری تا مرحله برداشت حدود ۳۰۰ لیتر آب برای هر کرت استفاده شد. علف‌های هرز در طی دوره رشد با وجین‌دستی کنترل شد.

**اندازه‌گیری صفات رشدی برای گیاه اسفرزه**

به‌منظور تعیین اجزای عملکرد (با حذف اثر حاشیه‌ای ۰/۵ متر اول هر کرت و حذف دو ردیف کناری) برای گیاه اسفرزه، ۲۰ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت (۲/۵×۲/۲۵ متر) انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شد. اجزای عملکرد برای گیاه اسفرزه شامل تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، درصد موسیلاژ، عملکرد موسیلاژ، فاکتور تورم و تورم در هر گرم موسیلاژ به روش موسوی نیک (Mousavi nik, 2012)، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت محاسبه گردید.

## تجزیه عامل

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و استخراج الگوی دقیق تغییرات تیمارهای آزمایشی، از روش تجزیه عامل[1] استفاده گردید. هرگاه p متغیر وجود داشته باشد؛ روش تجزیه عامل منجر به p عامل یا مؤلفه اصلی می‌گردد که اولین عامل بیشترین مقدار واریانس را به خود اختصاص می‌دهد. به طور کلی، مجموع واریانس‌های عامل‌های به دست آمده با مجموع واریانس‌های متغیرهای اصلی برابر است. بنابراین، عامل‌ها دربرگیرنده تمامی تغییرپذیری موجود در داده‌های اصلی می‌باشند. از بین تمامی عامل‌های به‌دست آمده، عامل‌هایی باید انتخاب شوند که مجموع آن‌ها، حداکثر تغییرپذیری داده‌ها را منعکس کند (Mohammadi, 2006).

اغلب انتخاب تعداد محورها یا عامل‌ها بر اساس روش کیسر[2] و بردار ویژه محورها یا ضرایب عامل بر اساس معیار انتخاب[3] صورت می‌گیرد. در انتخاب محورها بر اساس روش کیسر بایستی ارزش ویژه[4] هر محور بیشتر از یک باشد (Sharma, 1996). در واقع عامل هایی انتخاب می‌شوند که توصیف‌کننده حداقل $\frac{100}{p}$ درصد از واریانس کل هستند که در آن، p تعداد متغیرهای مورد استفاده می‌باشد (Arminian et al., 2008). معیار انتخاب (SC) طبق معادله زیر محاسبه می‌شود (Ovalles et al., 1988):

$$SC = \frac{0.5}{\sqrt{E}}$$ معادله (۱)

که در آن، E؛ ارزش ویژه هر محور یا عامل می‌باشد. به طور کلی، به تعداد متغیرهای موجود، ارزش ویژه وجود دارد که مقدار عددی برخی از آن‌ها ممکن است برابر صفر شود. برای انتخاب بردار ویژه محورها یا ضرایب عامل بایستی قدر مطلق بردار ویژه هر محور از میزان معیار انتخاب (SC) بیشتر باشد. ضرایبی که در یک عامل این‌گونه هستند، متغیرهایی می‌باشند که بیشترین تأثیر را در این عامل داشته و از سایر متغیرها اهمیت بیشتری دارند (Vilela & Ravetta, 2001).

عامل‌های انتخاب شده با روش کوارتی‌مکس[5] چرخش یافتند. چرخش کوارتی‌مکس یک چرخش متعامد (عمود بر هم) است که اغلب متغیرهای با وزن مؤلفه (Factor Loading) بالا و متوسط را روی یک مؤلفه یا عامل قرار می‌دهد (Bartholomew et al., 2008). این چرخش به‌منظور جداسازی بهتر تیمارها و قرارگیری بیشترین وزن مؤلفه روی یک عامل صورت گرفت. همچنین قابلیت اطمینان یا ضریب اشتراک متغیرها[6] نیز محاسبه و گزارش شد. این پارامتر که از مجموع توان دوم وزن مؤلفه‌ها در متغیر مربوطه به‌دست می‌آید، برآوردی از درصد واریانس نشان داده شده توسط این مؤلفه‌ها برای آن متغیر می‌باشد. این پارامتر را به عنوان قابلیت اطمینان متغیر در نظر می‌گیرند (Ghodrati & Mirzaii Nodushan, 1997). تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای Minitab 16 و IBM SPSS statistics 23 و تجزیه عامل با کمک نرم‌افزار Minitab 16 انجام شد.

## نتایج و بحث

همان طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود اثر کشت مخلوط ردیفی، نوع کود و اثرات متقابل این عوامل بر تعداد سنبله در بوته

1- Factor Analysis, FA
2- Kaiser
3- Selection Criteria, SC
4- Eigenvalue
5- Quartimax rotation
6- Communality

اسفرزه معنی‌دار نبودند (داده‌ها گزارش نشده). تعداد دانه در سنبله اسفرزه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کشت مخلوط ردیفی و نوع کود قرار گرفت (p<۰/۰۰۱) ولی اثرات متقابل دو عامل مذکور معنی‌دار نبودند (جدول ۲). در تیمارهای شنبلیله: اسفرزه ۲:۱ و ۱:۱ و تیمار کشت خالص اسفرزه حدود ۳۳ درصد تعداد دانه کمتری نسبت به تیمار شنبلیله: اسفرزه ۱:۲ مشاهده شد (شکل ۱).

همچنین روند تغییرات در تعداد شاخه جانبی و طول سنبله اسفرزه همانند تغییرات تعداد دانه در سنبله اسفرزه بوده است (داده‌ها گزارش نشده). در تیمارهای شنبلیله: اسفرزه ۱:۱ و ۲:۱ به دلیل سایه‌اندازی گیاه دوم (شنبلیله) بر روی اسفرزه، نور کمتری از خورشید در اختیار بوته اسفرزه قرار گرفته و از تحریک گیاه در جهت ازدیاد شاخه جانبی و افزایش طول سنبله اسفرزه کاسته است. در تیمار شنبلیله: اسفرزه ۱:۲ در مقایسه با سایر کشت‌های ردیفی، به دلیل نفوذ بیشتر نور به درون کانوپی فتوسنتز گیاه بهتر بوده که در نهایت، سبب افزایش تولید دانه در سنبله اسفرزه، افزایش طول سنبله و ازدیاد تعداد شاخه جانبی شده است.

همچنین در تیمار کود تلفیقی بیشترین تعداد دانه در سنبله اسفرزه مشاهده شد (شکل ۲). به‌نظر می‌رسد تیمار کود تلفیقی به‌دلیل فراهمی مواد و عناصر غذایی در مراحل ابتدایی و مراحل انتهایی رشد شرایط مناسب‌تری برای تولید دانه‌های اسفرزه داشته و موجب افزایش تعداد دانه در سنبله‌ی اسفرزه داشته است.

تأثیر کشت مخلوط ردیفی بر وزن هزار دانه اسفرزه در سطح احتمال ۰/۱ درصد معنی‌دار بود. ولی، نوع کود و اثرات متقابل این عوامل بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). تیمار شنبلیله: اسفرزه ۱:۲ بیشترین وزن هزار دانه اسفرزه را به خود اختصاص داد (شکل ۳). به‌نظر می‌رسد در تیمار شنبلیله: اسفرزه ۱:۱ و ۲:۱ با افزایش تراکم شنبلیله از وزن هزار دانه گیاه دوم (اسفرزه) به‌دلیل سایه اندازی بوته شنبلیله و ایجاد شرایط نامناسب نور و در نهایت، کاهش فتوسنتز در بوته از وزن هزار دانه آن کاسته شده است.

از آن‌جا که با کاهش نسبت گیاه یا مساحت متعلق به کاشت گیاه عملکرد دانه آن نیز کاهش می‌یابد. بنابراین، برای تفسیر مشاهدات ارزیابی عملکرد دانه مجموع دو گیاه مناسب‌تر می‌باشد. کشت‌های ردیفی مختلف، نوع کود در سطح ۰/۱ درصد و اثرات متقابل دو عامل برای مجموع عملکرد دانه‌ی گیاه شنبلیله و اسفرزه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود.

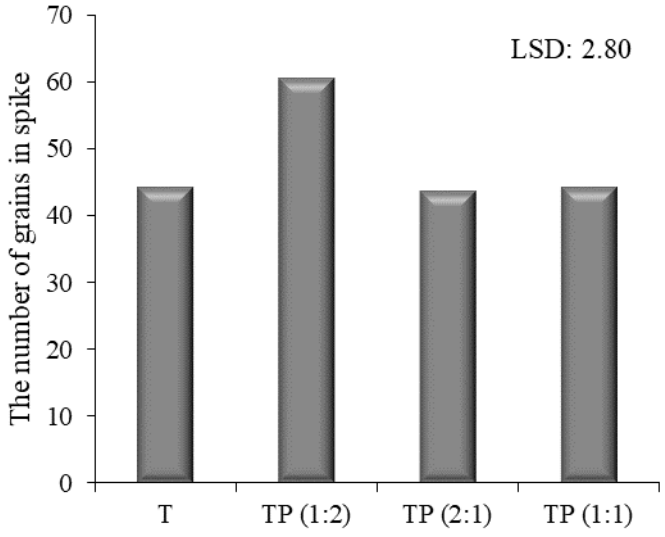
**جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نوع کود و نسبت کشت مخلوط با شنبلیله بر MY: عملکرد موسیلاژ، M: درصد موسیلاژ، IM: تورم در هر گرم موسیلاژ، HI : شاخص برداشت، I: فاکتور تورم، NLB: شاخه جانبی، GW: وزن هزار دانه، GY: عملکرد دانه، NSS: تعداد دانه در سنبله و BY: عملکرد بیولوژیک اسفرزه**

**Table 2- Results of ANOVA (Mean of squares) for effect of fertilizer type and intercropping ratio with trigonella on MY: mucilage yield, M :The percentage of mucilage IM: Inflation per gram mucilage، HI: index harvest, I: Inflation factor, NLB: Number of branches, GW: the weight of one thousand seeds, GY: Grain yield, NSS :The number of grains in spike and BY: Biological yield of psyllium**

| منبع تغییرات S.O.V | MY | M | IM | HI | I | NLB | GW | GY | NSS | BY |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار Replication A | 35.5$^{ns}$ | 0.63$^{ns}$ | 5.16$^{ns}$ | 0.26$^{ns}$ | 0.49$^{ns}$ | 0.15$^{ns}$ | 0.001$^{ns}$ | 3210$^{ns}$ | *28.7 | 5828$^{ns}$ |
| کشت مخلوط Intercropping B | 24632*** | 140*** | 286*** | 13.2*** | 6.09** | 57.6*** | 0.28*** | 2873562*** | 611*** | 24276808*** |
| نوع کود Fertilizer type | 2873*** | 97.9*** | 145** | 2.69$^{ns}$ | 5.63** | 0.58$^{ns}$ | 0.004$^{ns}$ | 92427*** | 42.2* | 67626** |
| A×B | 898*** | 31.9*** | 62.9* | 32.1*** | 1.68$^{ns}$ | 0.1$^{ns}$ | 0.001$^{ns}$ | 3439* | 1.16$^{ns}$ | 659821*** |
| خطای آزمایشی Error | 37.7 | 0.26 | 18.7 | 1.46 | 0.8 | 0.32 | 0.009 | 1128 | 8.23 | 72438 |
| ضریب تغییرات (درصد) (%) C.V | 7.75 | 9.45 | 7.88 | 5.62 | 8.14 | 12.6 | 7.11 | 9.92 | 5.95 | 11.2 |

ns، *، ** و ***: به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری و معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵، ۱ و ۰/۱ درصد است.

ns,* , ** and ***: are insignificant and significant at 5, 1 and 0.1 percent probability levels respectively.

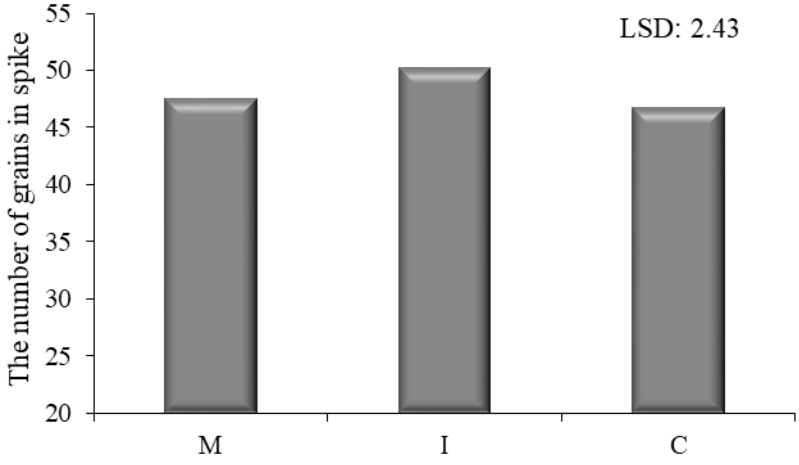



**شکل ۱- اثر کشت مخلوط با شنبلیله بر تعداد دانه در سنبله اسفرزه**

**Fig. 1- The effect of intercropping with trigonella on the number of seeds in spike of psyllium**

تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد. T و P: نیز به‌ترتیب نشان‌دهنده شنبلیله و اسفرزه می‌باشد و اعداد داخل پرانتز بیانگر الگوی کشت هر یک از گیاهان در تیمار کشت مخلوط می‌باشد.

Significant difference in mean values based on the LSD test at 5 percent. T and P: are abbreviations of *Trigonella foenum-graecum* and *Plantago Psyllium*, respectively; and the numbers in parentheses represent crop pattern of each plant.



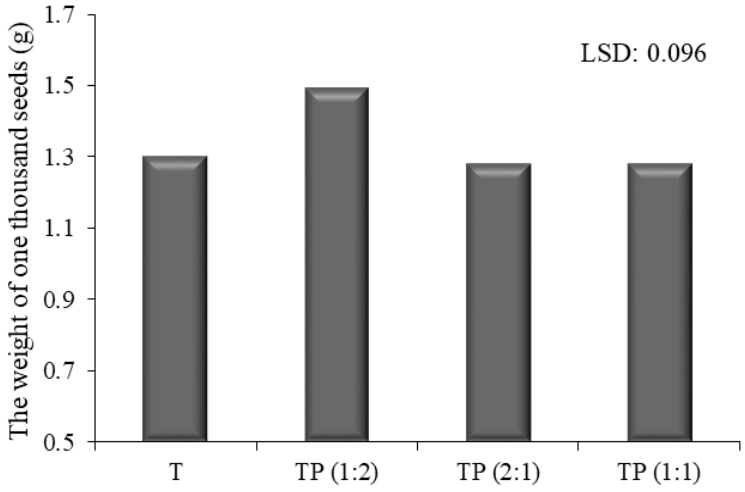

**شکل ۲- اثر نوع کود بر تعداد دانه در سنبله اسفرزه**

**Fig. 2- The effect of fertilizer type on the number of seeds in spike of psyllium**

تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد. M ، I و C: به‌ترتیب بیانگر کود گاوی، تلفیقی و شیمیایی می‌باشد.

Significant difference in mean values based on the LSD test at 5 percent. M, I and C: are abbreviations of manure, integrated and chemical fertilizer, respectively.

با توجه به شکل ۴ بیشترین مجموع عملکرد دانه دو گیاه در تیمار شنبلیله: اسفرزه ۲:۱ همراه با کود تلفیقی مشاهده شد که در این تیمار تأثیر عملکرد دانه‌ی جزء شنبلیله بیشتر از عملکرد دانه اسفرزه بوده است. این مشاهدات نشان می‌دهد که بوته شنبلیله: اسفرزه ۲:۱ در شرایط کود تلفیقی از قدرت فتوسنتزی بالاتری نسبت به تیمارهای دیگر برخوردار بوده که همین امر موجب افزایش عملکرد دانه جزء در گیاه شنبلیله شده است، یکسان بودن روند تغییرات مجموع عملکرد دانه شنبلیله و اسفرزه در شرایط کودهای مختلف نشان‌دهنده تأثیرات یکسان تیمار کود گاوی و تلفیقی بر عملکرد این دو گیاه می‌باشد.

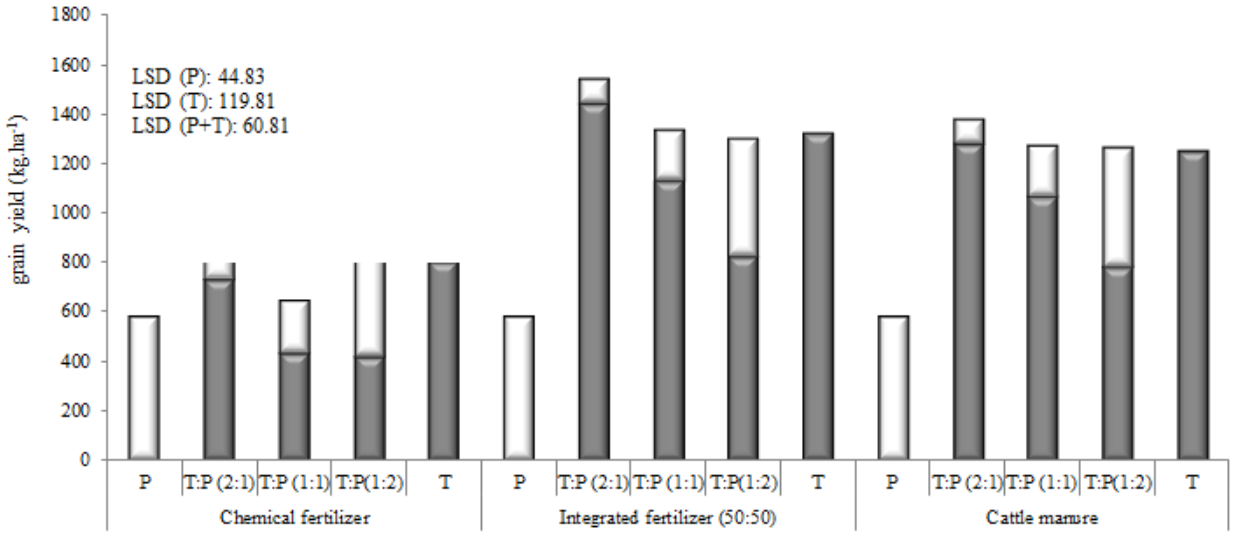



**شکل ۳- اثر کشت مخلوط با شنبلیله بر وزن هزار دانه اسفرزه**

**Fig. 3- The effect of intercropping with trigonella on 1000-seed weight of psyllium**

تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد. T و P: نیز به‌ترتیب نشان‌دهنده شنبلیله و اسفرزه می‌باشد و اعداد داخل پرانتز بیانگر الگوی کشت هر یک از گیاهان در تیمار کشت مخلوط می‌باشد.

Significant difference in mean values based on the LSD test at 5 percent. T and P: are abbreviations of *Trigonella foenum-graecum* and *Plantago Psyllium*, respectively; and the numbers in parentheses represent crop pattern of each plant.




**شکل ٤- اثر کشت مخلوط و نوع کود بر عملکرد دانه شنبلیله و اسفرزه**

**Fig. 4- The effect of intercropping on grain yield of *Trigonella foenum-graecum* and *Plantago Psyllium***

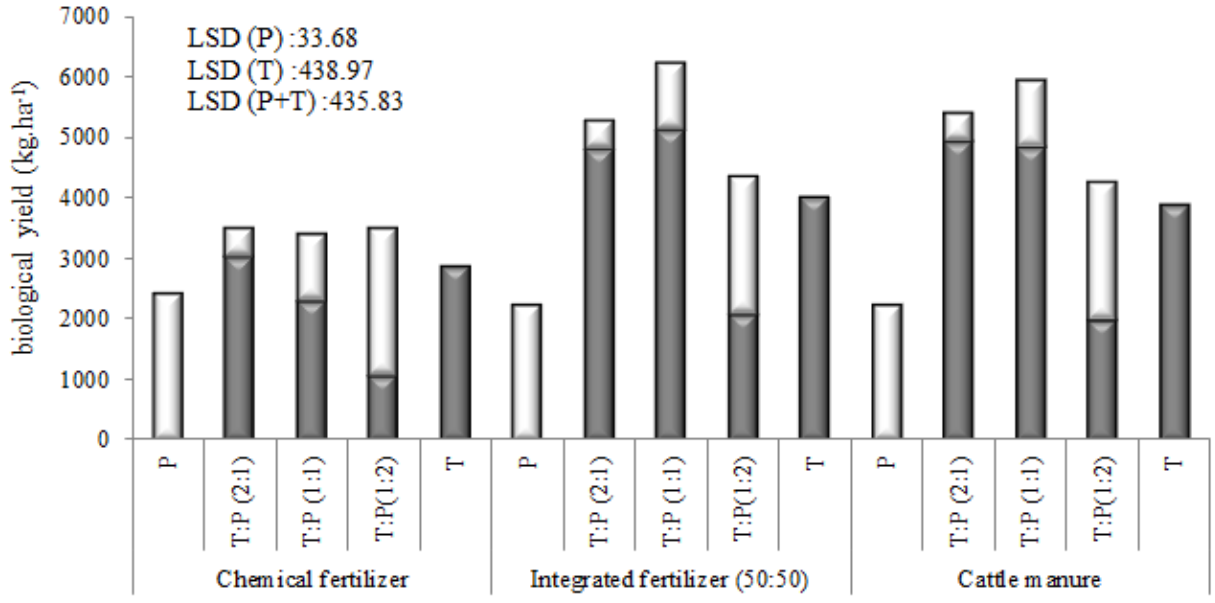
تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد. T و P: نیز به‌ترتیب نشان‌دهنده شنبلیله و اسفرزه می‌باشد و اعداد داخل پرانتز بیانگر الگوی کشت هر یک از گیاهان در تیمار کشت مخلوط می‌باشد. ستون‌های بی‌رنگ و ستون‌های تیره به‌ترتیب بیانگر میانگین گیاه اسفرزه و شنبلیله می‌باشد.

Significant difference in mean values based on the LSD test at 5 percent. T and P: are abbreviations of *Trigonella foenum-graecum* and *Plantago Psyllium*, respectively; and the numbers in parentheses represent crop pattern of each plant. Colorless columns and dark columns show mean of *Trigonella foenum-graecum* and *Plantago Psyllium*, respectively.

بر اساس شکل ۴ اثر تیمارهای کودی مختلف در نسبت‌های مختلف کشت برای گیاه اسفرزه یکسان بود و همچنین بیشترین تأثیر عملکرد جزء دانه اسفرزه در مجموع عملکرد دانه‌ی دو گیاه در تیمار شنبلیله: اسفرزه ۱:۲ در میان تیمارهای کودی مختلف مشاهده شد

(شکل ۴). نور یکی از مهمترین عوامل برای انجام عمل فتوسنتز می‌باشد که در دوران قبل و بعد از گلدهی تأثیر زیادی بر عملکرد دارد، در این مورد برای گیاه اسفرزه در تیمار شنبلیله: اسفرزه ۱:۲ به دلیل نفوذ نور به کانوپی این گیاه بالاترین تعداد شاخه جانبی، تعداد دانه در سنبله و طول سنبله و سایر اجزای عملکرد که در نهایت، عملکرد دانه بیشتری را برای اسفرزه نشان دادند. ولی در تیمارهای شنبلیله: اسفرزه ۲:۱ و ۱:۱ اسفرزه گیاهی مغلوب بوده و نتوانست به نحو مطلوب از عوامل محیطی به‌ویژه نور بهره ببرد. در نتیجه، میزان تولید پایینی داشتند (شکل ۴).

تأثیر نوع کود، کشت مخلوط ردیفی و اثرات متقابل این عوامل بر مجموع عملکرد بیولوژیک گیاه شنبلیله و اسفرزه معنی‌دار بود (جدول۲). براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های عملکرد بیولوژیک، بیشترین مجموع عملکرد بیولوژیک دو گیاه در تیمار شنبلیله: اسفرزه ۲:۱ و ۱:۱ در شرایط کود گاوی و کود تلفیقی مشاهده شد (شکل ۵) که علت اصلی آن برتری عملکرد بیولوژیک جزء شنبلیله تحت شرایط کودی مذکور نسبت به کود شیمیایی بوده است. افزایش عملکرد بیولوژیک جزء شنبلیله در تیمارهای شنبلیله: اسفرزه ۱:۱ و ۲:۱ در شرایط کود گاوی و کود تلفیقی بیشتر از عملکرد بیولوژیک جزء اسفرزه بود. به‌نظر می‌رسد که دلیل این پدیده علاوه بر تفاوت در ماهیت گونه، ممکن است مربوط به ارتفاع و سطح برگ بیشتر گیاه شنبلیله نسبت به گیاه اسفرزه باشد که در نتیجه توانسته از نور بهره بیشتری ببرد و عملکرد خود را نسبت به گیاه اسفرزه افزایش دهد. از آن‌جایی که افزایش عملکرد بیولوژیکی تابع شاخص‌های رویشی و زایشی می‌باشد، در شرایط استفاده از کود تلفیقی عناصر غذایی قابل دسترس در مرحله گلدهی را افزایش و بعد از آن منجر به افزایش تجمع ماده خشک و عملکرد دانه شده است و این عوامل در کنار هم در افزایش عملکرد بیولوژیکی مؤثر می‌باشند.




**شکل ۵- اثر کشت مخلوط و نوع کود بر عملکرد بیولوژیک شنبلیله و اسفرزه**

**Fig. 5- The effect of intercropping on biological yield of trigonella and psyllium**

تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد. T و P نیز به‌ترتیب نشان‌دهنده شنبلیله و اسفرزه می‌باشد و اعداد داخل پرانتز بیانگر الگوی کشت هر یک از گیاهان در تیمار کشت مخلوط می‌باشد. ستون‌های بی‌رنگ و ستون‌های تیره به‌ترتیب بیانگر میانگین گیاه اسفرزه و شنبلیله می‌باشد.

Significant difference in mean values based on the LSD test at 5 percent. T and P are abbreviations of *Trigonella foenum-graecum* and *Plantago Psyllium*, respectively; and the numbers in parentheses represent crop pattern of each plant. Colorless columns and dark columns show mean of *Trigonella foenum-graecum* and *Plantago Psyllium*, respectively.

علی‌رغم این‌که بیشترین مجموع عملکرد بیولوژیک دو گیاه شنبلیله و اسفرزه در تیمار شنبلیله: اسفرزه ۱:۱ و ۲:۱ در شرایط کود گاوی و کود تلفیقی مشاهده شد، ولی مقدار تأثیر عملکرد بیولوژیک جزء اسفرزه در این تیمارها بسیار اندک مشاهده شد ولی در تیمار

شنبلیله: اسفرزه ۱:۲ تأثیر عملکرد بیولوژیک جزء اسفرزه در مجموع عملکرد بیولوژیک دو گیاه در بین تیمارهای کودی مختلف بسیار بیشتر بود (شکل ۵). این افزایش در عملکرد بیولوژیک در تیمار شنبلیله: اسفرزه ۱:۲ نشان از کارآمدتر بودن این کشت مخلوط ردیفی در میان سایر کشت‌های مخلوط برای گیاه اسفرزه بوده است.

تأثیر نوع کود، نسبت‌های کشت مخلوط و اثرات متقابل این عوامل بر شاخص برداشت گیاه شنبلیله معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین شاخص برداشت اسفرزه در تیمار کشت خالص در شرایط کود گاوی و کود تلفیقی مشاهده شد (داده‌ها گزارش نشده). به‌نظر می‌رسد در تیمار کشت خالص به دلیل عملکرد دانه کمتر (شکل۴) و عملکرد بیولوژیک نسبتاً بالا (شکل ۵) نسبت به تیمارهای مخلوط دیگر شاخص برداشت بالاتری مشاهده شد.

با توجه به جدول ۲ تأثیر نوع کود، نسبت‌های کشت مخلوط و اثرات متقابل این عوامل بر درصد موسیلاژ معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۰۱).

کیفیت دانه اسفرزه مربوط به درصد موسیلاژ آن می‌باشد (Zahoor et al., 2004). بیشترین مقدار درصد موسیلاژ در کشت مخلوط ۲:۱ و کشت خالص همراه با کود گاوی و تلفیقی مشاهده شد (جدول ۳). بالابودن درصد موسیلاژ در تیمار شنبلیله: اسفرزه ۲:۱ و کشت خالص در شرایط کود تلفیقی و کود گاوی در مقایسه با همین تیمار در شرایط کود شیمیایی بنابر نتایج کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2013) احتمالاً به‌دلیل افزایش جذب عناصر پتاسیم و سولفور علاوه بر عناصر غذایی نیتروژن و فسفر در گیاه اسفرزه و خصوصاً دانه مربوط می‌شود.

**جدول ۳- اثر نوع کود و کشت مخلوط با شنبلیله بر درصد موسیلاژ و تورم در هر گرم موسیلاژ اسفرزه**

**Table 2- Effects of fertilizer type and intercropping with trigonella on percentage of mucilage and inflation per mucilage of psyllium**

| کشت مخلوط<br>Intercropping | نوع کود<br>Fertilizer type | درصد موسیلاژ (٪)<br>Percentage of mucilage (%) | تورم برای هر گرم موسیلاژ (میلی‌لیتر)<br>Inflation per gram mucilage (ml) |
|---|---|---|---|
| P | M | 27.52[a] | 60.62[a] |
| TP (2:1) | M | 27.33[a] | 61.57[a] |
| TP (1:1) | M | 17.33[b] | 45.19[b] |
| TP (1:2) | M | 17.27[c] | 44.7[c] |
| P | I | 27.6[a] | 59.06[a] |
| TP (2:1) | I | 27.5[a] | 57.44[a] |
| TP (1:1) | I | 17.50[b] | 46.13[b] |
| TP (1:2) | I | 17.41[b] | 44.04[c] |
| P | C | 17.58[b] | 57.85[a] |
| TP (2:1) | C | 17.71[b] | 58.36[a] |
| TP (1:1) | C | 17.38[b] | 45.70[b] |
| TP (1:2) | C | 17.30[b] | 44.43[c] |

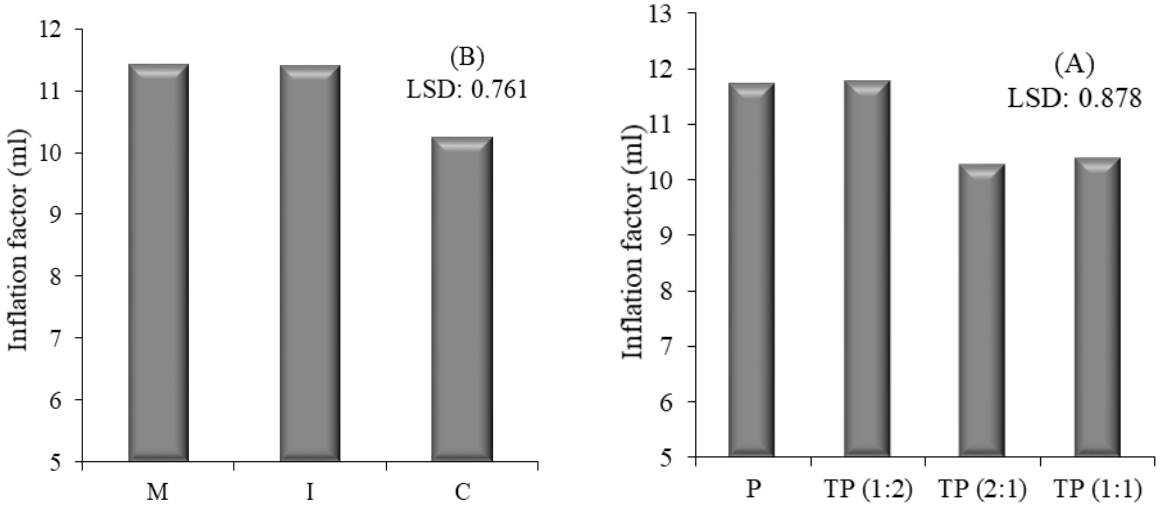
M: نشانگر کود دامی، I: کود تلفیقی، C: کود شیمیایی، T: کشت خالص شنبلیله، TP(2:1): کشت مخلوط دو ردیف شنبلیله و یک ردیف اسفرزه، TP(1:1): یک ردیف شنبلیله و یک ردیف اسفرزه، TP(1:2) یک ردیف شنبلیله و دو ردیف اسفرزه است. در هر ستون، مقادیر میانگین (n=۳) دارای حروف مشابه، فاقد اختلاف معنی‌دار هستند (P>۰/۰۵)

Intercropping of M, indicant manure fertilizer; I, integerated fertilizer; C, chemical fertilizer; T, monoculture Trigonella; TP(2:1), TP(1:2), two line Trigonella and one line Psyllium; TP(1:1), Intercropping of one line Trigonella and one line Psyllium; Intercropping of one line Trigonella and two line Psyllium. In each column, mean values (n=3) with the same letters have not significant differences (p>0.05).

تأثیر نوع کود، کشت مخلوط ردیفی و اثرات متقابل این عوامل بر تورم در هر گرم موسیلاژ معنی‌دار بود (جدول۲). با توجه به جدول ۳ تیمار شنبلیله: اسفرزه ۱:۲ در بین تمام تیمارهای کودی کمترین مقدار تورم در هر گرم برای گیاه اسفرزه را نشان داد. آنالیز همبستگی صفات کیفی گیاه اسفرزه نشان داد تورم در هر گرم موسیلاژ با فاکتور تورم بذر و شاخص برداشت گیاه اسفرزه به‌ترتیب همبستگی مثبت (۰/۴۴***) و (۰/۶۴***-) منفی داشتند (داده‌ها گزارش نشده). این مشاهدات نشان می‌دهد که با افزایش شاخص برداشت مقدار تورم در هر گرم کاهش می‌یابد که همین امر نشان می‌دهد که با افزایش عملکرد بیولوژیک که از صفات کمی بوته اسفرزه می‌باشد از مقادیر تورم در هر گرم موسیلاژ کاسته می‌شود.

تأثیر کشت مخلوط ردیفی و نوع کود بر فاکتور تورم معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۱). ولی، اثرات متقابل این عوامل بر صفت ذکر شده معنی‌دار نبود (جدول ۲). با توجه به شکل (۶ الف)، تیمار کشت خالص و شنبلیله: اسفرزه ۱:۲ حدود ۱۳ درصد افزایش در مقدار فاکتور تورم گیاه اسفرزه نسبت به تیمار شنبلیله: اسفرزه ۲:۱ و ۱:۱ نشان دادند. در

بین تیمارهای مختلف کودی بیشترین مقدار فاکتور تورم در تیمار کود تلفیقی و گاوی به‌دست آمد (شکل۶ ب). احتمالاً افزایش عرضه عناصر غذایی و مواد فتوسنتزی موجود در کود باعث بهبود میزان مواد ذخیره در دانه و در نتیجه افزایش فاکتور تورم شده است.

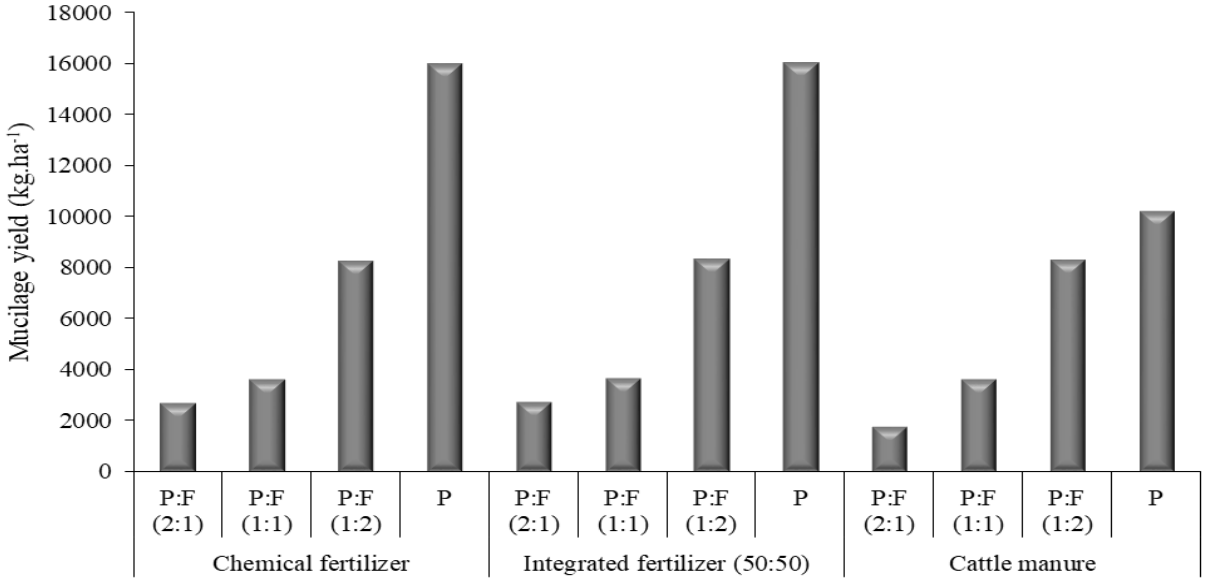



**شکل ٦- اثر کشت مخلوط (A) با شنبلیله و نوع کود (B) بر فاکتور تورم اسفرزه**

**Fig. 3- The effect of intercropping with trigonella on inflation factor with psyllium**

تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد. T و P: نیز به‌ترتیب نشان‌دهنده شنبلیله و اسفرزه می‌باشد و اعداد داخل پرانتز بیانگر الگوی کشت هر یک از گیاهان در تیمار کشت مخلوط است. M، I و C به‌ترتیب بیانگر کود گاوی، تلفیقی و شیمیایی می‌باشد.

Significant difference in mean values based on the LSD test at 5 percent. T and P: are abbreviations of Trigonella and Psyllium, respectively; and the numbers in parentheses represent crop pattern of each plant. M, I and C are abbreviations of manure, integrated and chemical fertilizer, respectively.




**شکل ۷- اثر کشت مخلوط با شنبلیله و نوع کود بر عملکرد موسیلاژ اسفرزه**

**Fig. 5- The effect of intercropping with trigonella and fertilizer type on mucilage yield of psyllium**

تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد. T و P نیز به‌ترتیب نشان‌دهنده شنبلیله و اسفرزه می‌باشد و اعداد داخل پرانتز بیانگر الگوی کشت هر یک از گیاهان در تیمار کشت مخلوط می‌باشد. LSD: 6

Significant difference in mean values based on the LSD test at 5 percent. T and P are abbreviations of Trigonella foenum-graecum and Psyllium, respectively; and the numbers in parentheses represent crop pattern of each plant.

تأثیر نوع کود، کشت مخلوط ردیفی و اثرات متقابل این عوامل بر عملکرد موسیلاژ در سطح احتمال ۰/۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). تیمار شنبلیله: اسفرزه ۲:۱ و ۱:۱ در بین تمام تیمارهای کودی مصرف شده کمترین و تیمارهای کشت خالص اسفرزه در شرایط کود تلفیقی و کود شیمیایی بیشترین عملکرد موسیلاژ را برای گیاه اسفرزه نشان دادند (شکل ۷). با در نظر گرفتن این‌که عملکرد موسیلاژ از حاصل-ضرب عملکرد دانه و درصد موسیلاژ حاصل می‌شود، می‌توان دریافت که احتمالاً علت اصلی بالا بودن عملکرد موسیلاژ در این تیمارها بالا بودن عملکرد دانه (شکل ۴) و درصد موسیلاژ (جدول ۳) می‌باشد.

**تجزیه عامل**

پس از پردازش داده‌ها در روش تجزیه عامل منجر به انتخاب چهار مؤلفه جدید شد که گزینش مؤلفه‌ها (عامل‌ها) بر اساس روش کیسر (Sharma, 1996) صورت گرفت. مؤلفه پنجم دارای ارزش ویژه ۰/۹۸۱ بود و به همین دلیل، در آنالیز داده‌ها و تفسیر نتایج در نظر گرفته نشد. مؤلفه‌های استخراج‌شده با روش کوارتی‌مکس چرخش یافتند تا بیشترین وزن مؤلفه روی یک عامل قرار گیرد.

**جدول ٤- وزن مؤلفه‌های چرخش‌یافته شاخص‌های رشد اسفرزه به روش Quartimax برای استخراج چهار مؤلفه اصلی (عامل) به‌همراه قابلیت اطمینان یا ضریب اشتراک متغیر (Communality)، واریانس توصیفی هر کدام از آن‌ها و همچنین واریانس تجمعی کل داده‌ها**

**Table 4- Rotated factor loadings of psyllium growth indices using Quartimax rotation to extract four principal components (factors) along with their communality, descriptive variance and cumulative variance of total dataset**

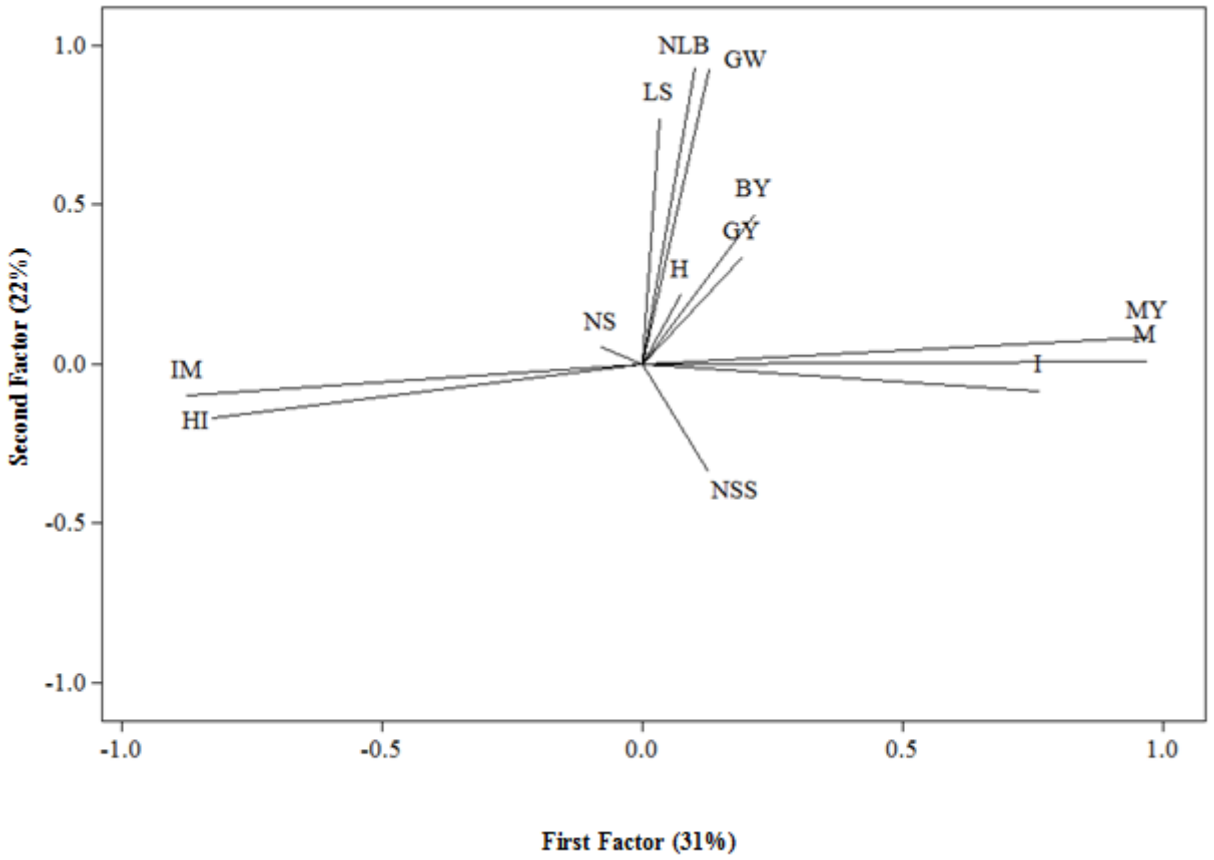
| متغیر Variable | عامل اول First factor | عامل دوم Second factor | عامل سوم Third factor | عامل چهارم Fourth factor | ضریب اشتراک Communality |
|---|---|---|---|---|---|
| MY | 0.971 | 0 | 0 | 0 | 0.963 |
| M | 0.967 | 0 | 0 | 0 | 0.948 |
| IM | -0.873 | 0 | 0 | 0 | 0.777 |
| HI | -0.826 | 0 | 0 | 0 | 0.769 |
| I | 0.762 | 0 | 0 | 0 | 0.666 |
| NLB | 0 | 0.930 | 0 | 0 | 0.914 |
| GW | 0 | 0.927 | 0 | 0 | 0.892 |
| LS | 0 | 0.770 | 0 | 0 | 0.659 |
| GY | 0 | 0 | -0.902 | 0 | 0.968 |
| NSS | 0 | 0 | -0.884 | 0 | 0.935 |
| BY | 0 | 0 | -0.837 | 0 | 0.972 |
| NS | 0 | 0 | 0 | 0.973 | 0.956 |
| H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.950 |
| ارزش ویژه Eigenvalue | 4.74 | 2.66 | 1.91 | 1.06 | - |
| واریانس یا تغییرات (٪) descriptive variance | 31.1 | 22.0 | 18.3 | 8.3 | - |
| واریانس یا تغییرات تجمعی (٪) Cumulative variance | 31.1 | 53.1 | 71.4 | 79.7 | - |

متغیرها بر اساس وزن مؤلفه از بزرگ به کوچک مرتب شده و تنها وزن مؤلفه‌های بزرگتر از ۰/۷۰ برای تفسیر نتایج استفاده شده‌اند. MY: عملکرد موسیلاژ اسفرزه، M: درصد موسیلاژ، IM: تورم در هر گرم موسیلاژ،HI : شاخص برداشت، I: فاکتور تورم، NLB: شاخه جانبی،GW : وزن هزار دانه،LS : طول سنبله، GY: عملکرد دانه، NSS: تعداد دانه در سنبله، BY: عملکرد بیولوژیک، NS: تعداد سنبله در بوته و H: ارتفاع.

Based on factor loadings, growth indices were arranged from the largest to the smallest values, and only factor loadings greater than 0.70 have been used to interpret the results. MY: Psyllium mucilage yield, M :percentage of mucilage IM: inflation per gram mucilage، HI: index harvest, I: inflation factor, NLB: number of branches ، GW: 1000-seeds weight, LS : spike length, Gy: seed yield, NSS :number of seed in spike, BY: biological yield NS: number of spikes per plant and H: height.

با توجه به داده‌های جدول ۴، مؤلفه‌های اول، دوم، سوم و چهارم به‌ترتیب دربرگیرنده ۳۱/۱، ۲۲ ، ۱۸/۳ و ۸/۳ درصد تغییرات (واریانس) در کل داده‌های گیاه اسفرزه بودند و هر سه مؤلفه در مجموع حدود ۷۹/۷ درصد از تغییرات (واریانس) داده‌ها را به خود اختصاص دادند. اولین مؤلفه بیشترین واریانس را در بر گرفته و به-ترتیب برای سایر مؤلفه‌ها این درصد کاهش می‌یابد ( Mohammadi,

2006). پژوهشگران دیگر نیز همچون موسوی و همکاران (Moosavi et al., 2013) اذعان داشتند که صفت تعداد سنبلچه در سنبله گندم به عنوان اولین مؤلفه، بیشترین واریانس را به خود اختصاص داد و پس از آن نیز به‌ترتیب وایانس مؤلفه‌ها کاهش یافت.



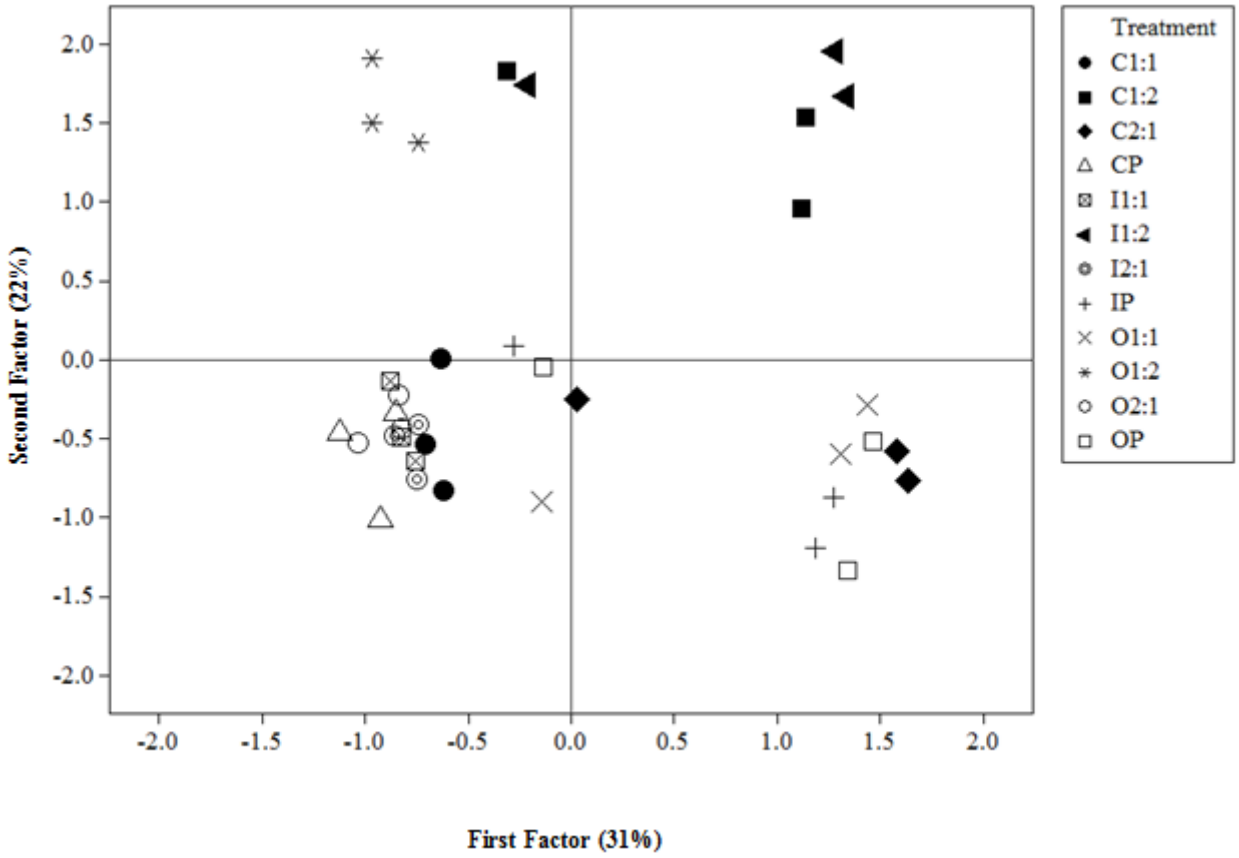

**شکل ۸- مختصات دو بعدی شامل عامل‌های اول و دوم شاخص‌های رشد اسفرزه**

**Fig. 8- Two-dimensional coordinates showing first and second factors extracted using growth indices of psyllium**

MY : عملکرد موسیلاژ اسفرزه، M: درصد موسیلاژ، IM: تورم در هر گرم موسیلاژ، HI : شاخص برداشت، I: فاکتور تورم، NLB: شاخه جانبی،GW : وزن هزار دانه، LS : طول سنبله، GY: عملکرد دانه، NSS: تعداد دانه در سنبله، BY: عملکرد بیولوژیک، NS: تعداد سنبله در بوته و H: ارتفاع.

MY: *Plantago Psyllium* mucilage yield, M :The percentage of mucilage IM: Inflation per gram mucilage، HI: index harvest, I: Inflation factor, NLB: Number of branches ، GW: 1000-seeds weight, LS : Spike length, GY: Seed yield, NSS :The number of seed in spike, BY: Biological yield NS: Number of spikes per plant and H: Height.

در جدول ۴، همبستگی متغیرها (بردار ویژه یا ضریب عامل) با چهار محور اصلی نشان داده شده است. با افزایش شماره مؤلفه به سمت مؤلفه چهارم از تعداد خصوصیات مهم در مؤلفه کاسته شده به‌طوری که مؤلفه اول بیشترین خصوصیات مهم را شامل می‌شود. برای کاهش بیشتر تعداد متغیرها وزن مؤلفه‌هایی در نظر گرفته شد که مقدار قدر مطلق آن‌ها بیشتر از ۰/۷۰ باشد. علامت مثبت ضرایب همبستگی (بردار ویژه یا وزن مؤلفه) نشان‌دهنده ارتباط مثبت و علامت منفی نشان‌دهنده ارتباط منفی متغیر مورد نظر با محورهای استخراج‌شده است. همچنین ضریب اشتراک اغلب متغیرهای گیاه اسفرزه در این مطالعه بالا (Communality≥۰/۶۶) بود (جدول۴). بنابراین اکثر پارامترهای اندازه‌گیری‌شده نقش به‌سزایی در استخراج مؤلفه‌های اصلی (عامل‌ها)، بیان تغییرات داده‌های پژوهش و در نتیجه تفکیک اثر تیمارهای کودی و کشت مخلوط داشتند.




**شکل ۹- دیاگرام دو بعدی عامل‌های اول و دوم تفکیک‌کننده تیمارها بر اساس شاخص‌های رشدی گیاه اسفرزه**

**Fig. 9- Biplot diagram of first and second factors separating treatments based on growth indices of psyllium**

C1:1 : یکشت مخلوط ک ردیف شنبلیله و یک ردیف اسفرزه به همراه مصرف کود شیمیایی، C1:2: کشت مخلوط یک ردیف شنبلیله و دو ردیف اسفرزه به همراه مصرف کود شیمیایی، C2:1: کشت مخلوط دو ردیف شنبلیله و یک ردیف اسفرزه به همراه مصرف کود شیمیایی، CP: کشت خالص اسفرزه به همراه مصرف کود شیمیایی، I1:1: کشت مخلوط یک ردیف شنبلیله و یک ردیف اسفرزه به همراه مصرف کود تلفیقی، I1:2: کشت مخلوط یک ردیف شنبلیله و دو ردیف اسفرزه به همراه مصرف کود تلفیقی، I2:1: کشت مخلوط دو ردیف شنبلیله و یک ردیف اسفرزه به همراه مصرف کود تلفیقی، IP: کشت خالص اسفرزه به همراه مصرف کود تلفیقی، O:1:1 کشت مخلوط یک ردیف شنبلیله و یک ردیف اسفرزه به همراه مصرف کود آلی، O1:2: کشت مخلوط یک ردیف شنبلیله و دو ردیف اسفرزه به همراه مصرف کود آلی، O2:1: کشت مخلوط دو ردیف شنبلیله و یک ردیف اسفرزه به همراه مصرف کود آلی، OP: کشت خالص اسفرزه به همراه مصرف کود آلی.

C1:1: Intercropping of one line trigonella and one line psyllium with chemical fertilizer , C1:2 : Intercropping of one line trigonella and two line psyllium with chemical fertilizer, C2:1: intercropping of two line trigonella and one line psyllium with chemical fertilizer, CP: monoculture of psyllium with chemical fertilizer , I1:1: intercropping of one line trigonella and one line psyllium with Integrated fertilizer, I1:2 : intercropping of one line trigonella and two line psyllium with Integrated fertilizer, I2:1: Intercropping of two line trigonella and one line psyllium with integrated fertilizer, IP: monoculture of psyllium with integrated fertilizer, O1:1: intercropping of one line trigonella and one line psyllium with organic fertilizer, O1:2 : intercropping of one line trigonella and two line psyllium with organic fertilizer, O2:1: intercropping of two line trigonella and one line psyllium with organic fertilizer, OP: monoculture of psyllium with organic fertilizer.

مقادیر بردار ویژه یا ضریب عامل ویژگی‌های رشدی گیاه اسفرزه در مختصات دو بعدی شامل مؤلفه‌های اصلی اول و دوم در شکل ۸ نشان داده شده است. معمولاً نمودارهای دو بعدی (دوگانه) که شامل مؤلفه‌های اصلی اول و دوم می‌باشند، دربرگیرنده حداکثر اطلاعات مورد نیاز تحلیل‌گر هستند (Mohammadi, 2006). اگر مقدار عددی یک بردار ویژه یا ضریب عامل نزدیک به یک باشد، در نمودار دو بعدی، محوری که متغیر اولیه مربوطه را نشان می‌دهد، با زاویه‌ای کم در امتداد عامل مورد نظر قرار می‌گیرد. همچنین اگر این مقدار به صفر نزدیک باشد، محور متغیر اولیه با عامل مورد نظر تقریباً عمود برهم شده و در نتیجه سهم متغیر در این عامل اندک خواهد بود. در

این مطالعه، تنها متغیرهایی که بر اثر تیمار کودی یا کشت مخلوط تغییرات معنی‌دار نشان دادند (طبق روش آنالیز تک متغیره) در روش تجزیه عامل مورد استفاده قرار گرفتند. بنابراین، با توجه به شکل ۸، اکثر خصوصیات اندازه گیری شده، نسبت به عامل اول و دوم زاویه کمی داشته و در نتیجه دارای وزن[1] برجسته و بالایی در این عوامل هستند. علاوه بر این، طول خط هر متغیر (فاصله آن از مختصات) نیز اهمیت نسبی هر متغیر اولیه را روی یک عامل نشان می‌دهد.

طبق جدول ۴ و شکل ۸، به‌ترتیب متغیرهای عملکرد موسیلاژ اسفرزه، درصد موسیلاژ، فاکتور تورم، تورم در هر گرم موسیلاژ و شاخص برداشت وزن بیشتری روی عامل اول داشتند. تمامی این متغیرها به جز تورم در هر گرم موسیلاژ و شاخص برداشت، دارای بیشترین طول در جهت مثبت (به‌دلیل علامت مثبت اعداد) بودند و کمترین زاویه را نسبت به عامل اول نشان دادند. متغیرهای تعداد شاخه‌ی جانبی، وزن هزار دانه و طول سنبله نیز تحت تأثیر عامل دوم قرار گرفته و افزایش نشان دادند. با توجه به پراکنش تیمارها در دیاگرام دو بعدی، عامل اول اثر تیمارهای کودی را بر رشد گیاه اسفرزه نشان می‌دهد (شکل ۹). نتایج این مشاهدات در عامل اول نشان‌دهنده وابستگی شدید اثر نوع تیمار کودی به تیمارهای کشت مخلوط ردیفی بر بهبود رشد گیاه اسفرزه است. این امر می‌تواند بیانگر اثرات متقابل مثبت بین تیمار کودی و سیستم همزیستی لگومینوز باشد. شاخص‌های رشد اسفرزه در تیمارهای کشت خالص در کود تلفیقی و آلی بهبود نسبی یافتند، اما این اثر مثبت در مقایسه با تیمارهای کشت مخلوط آن‌ها با کشت مخلوط ردیفی ۱:۲ کمتر بود. از طرف دیگر، تیمار کشت خالص درکود شیمیایی از ایجاد شرایط مناسب برای گیاه اسفرزه ناتوان بود و ویژگی‌های رشدی این گیاه کاهش یافتند. این در حالی است که تیمار کود شیمیایی در کشت مخلوط ردیفی ۱:۲ کارآمد بوده و توانست شاخص‌های رشد گیاه اسفرزه را افزایش دهد. میزان کربن آلی در خاک مرزعه تحقیقاتی اندک بود و افزودن یک منبع آلی مانند کود گاوی توانست رشد گیاه اسفرزه را بهبود دهد. افزایش کودهای آلی با بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک، جوانه‌زنی، رشد و توسعه گیاه را در مراحل مختلف بهبود می‌دهد (Koocheki et al., 2016). کودهای آلی مانند کودهای گاوی حاوی عناصر مورد نیاز رشد گیاهان بوده و از طرف دیگر با تشکیل کمپلکس با عناصر ریزمغذی در خاک، فراهمی آن‌ها را برای گیاهان افزایش می‌دهند (Figueiredo et al., 2008). همچنین با افزودن منابع کربن (کود آلی) به خاک، منبع غذایی برای ریزجانداران فراهم شده و فعالیت جامعه زیستی خاک بهبود می‌یابد. پیامد تحریک فعالیت ریزجانداران خاک، بهبود شرایط زیستی، کاهش زمان بازگشت[2] عناصر غذایی در خاک و افزایش فراهمی عناصر غذایی برای گیاهان است (Daneshian et al., 2011). عامل دوم نیز به وضوح تأثیر کشت مخلوط ردیفی را بیان کرد. افزایش متغیرهای تعداد شاخه جانبی، وزن هزار دانه و طول سنبله در اثر کشت مخلوط نشان از افزایش باردهی گیاه اسفرزه دارد. در اثر تشکیل همزیستی ریزوبیوم–لگوم در مرزعه و افزایش نیتروژن معدنی در خاک فعالیت تمامی ریزجانداران از جمله باکتری‌های حل‌کننده‌های فسفات افزایش یافته و افزایش فراهمی فسفر و نیتروژن در خاک منجر به افزایش باردهی گیاه اسفرزه شد. در این عامل، تمامی کشت‌های مخلوط ردیفی ۱:۲ با انواع تیمارهای کودی سبب بهبود شاخص‌های رشد اسفرزه شدند. در واقع، می‌توان گفت که زمانی اثر مثبت نوع تیمار کودی بر رشد اسفرزه چشمگیر است که همراه با کشت مخلوط ردیفی مناسب باشد. در کشت‌های مخلوط ردیفی ۱:۱ و ۲:۱ بهبودی در رشد اسفرزه حاصل نشد، اما کشت مخلوط ردیفی ۱:۲ اثرات مثبتی بر جای گذاشت. پژوهشگران پیشین نیز به نتایج مشابهی دست یافتند و بیان کردند که ویژگی‌های رشد گیاهان در نسبت کشت مخلوط مناسب بهبود می‌یابد (Rezaei-Chiyaneh & Gholinezhad, 2015; Hauggaard-Nielsen et al., 2009). با توجه به این‌که این گیاه توان تشکیل سیستم همزیستی با باکتری‌های دی‌آزوتروف را ندارد. حضور یک گیاه تثبیت‌کننده نیتروژن مانند شنبلیله می‌تواند اثرات مطلوبی بر رشد اسفرزه داشته باشد. با توجه به حجم اندام هوایی گیاه شنبلیله، این اثرات مطلوب فقط در کشت مخلوط ردیفی مناسب بروز می‌کند. چرا که حجم اندام هوایی گیاه شنبلیله در کشت‌های مخلوط ردیفی ۲:۱ و ۱:۱ مانع رسیدن نور به گیاه اسفرزه شده و شاخص‌های رشد در گیاه اسفرزه در این کشت‌های مخلوط افت می‌کند. بنابراین، در کشت مخلوط ردیفی ۱:۲ گیاه اسفرزه هم فضای کافی برای رشد و نمو دارد و هم می‌تواند از مزایای وجود یک سیستم همزیستی در مزرعه و افزایش نیتروژن معدنی در خاک استفاده کند.

1- Factor loading

2- Turnover time

## نتیجه‌گیری

تجزیه و تحلیل داده‌ها به روشنی بیانگر تأثیر نوع تیمار کودی بر عامل اول و کشت مخلوط ردیفی بر عامل دوم بود. کاربرد کودهای آلی به تنهایی و در تلفیق با کود شیمیایی می‌تواند رشد گیاه را بهبود دهد اما چنانچه این مدیریت با کاربرد سیستم‌های کشت مخلوط همراه شود، افزایش رشد گیاه چشمگیر خواهد بود. عوامل متعددی مانند نور مورد نیاز گیاه، حجم اندام هوایی، اثرات متقابل بین گیاهان و رقابت‌های بین‌گونه‌ای می‌تواند اصول کشت مخلوط را برای گیاهان مختلف دستخوش تغییر کند. بنابراین باید توجه داشت که کشت مخلوط در الگوهای کشت مناسب می‌تواند اثرات مثبت را به همراه داشته باشد. در این پژوهش اثر مثبت تیمار کودی زمانی بارز بود که گیاه اسفرزه در کشت مخلوط ردیفی ۱:۲ کشت شد. در این الگوی کشت علاوه بر فضای مناسب برای رشد و نمو و رسیدن نور کافی به گیاه اسفرزه، نیتروژن معدنی حاصل از سیستم همزیستی گیاه لگوم نیز در اختیار اسفرزه قرار گرفت.

## سپاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه شهرکرد برای انجام این پژوهش تقدیر به عمل می‌آید.

## منابع

Arminian, A., Kang, M., Kozak, M., Houshmand, S., and Mathews, P. 2008. MULTPATH: A comprehensive Minitab program for computing path coefficients and multiple regressions for multivariate analyses. Journal of Crop Improvement 22: 82-120.

Bahrang, Z. 2002. Evaluation characteristics of botanicals and ecologically different species of ephedra in Iran. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 18: 12-17. (In Persian with English Summary)

Bartholomew, D.J., Steele, F., Moustaki, I., and Galbraith, J. 2008. Analysis of Multivariate Social Science Data. Chapman and Hall publishing house, London, UK.

Daneshian, J., Yousefi, M., and Zandi, P. 2011. Effect of planting density and cattle manure on some qualitative and quantitative traits in two basil varieties under Guilan condition, Iran. American-Urasian Journal Agriculture and environment Science 11(1): 95-103.

Erik, S., Jensen, A., Mark, B., and Peoples, B. 2010. Faba bean in cropping systems. Field Crops Research 115: 203-216.

Felice, V.D., Mancinelli, R., Proulx, R., and Campiglia, E. 2012. A multivariate analysis for evaluating the environmental and economic aspects of agroecosystem sustainability in central Italy. Journal of Environmental Management 98: 119-126.

Figueiredo, M.V.B., Burity, H.A., Martinez, C.R., and Chanway, C.P. 2008. Alleviation of drought stress in the common bean by co-inoculation with *Paenibacillus polymyxa* and *Rhizobium tropici*. Applied Soil Ecology 40: 182-188.

Ghasemi, K. 2012. The effect of mycorrhizal symbiosis and nitrogen different sources on quantitative and qualitative characteristics psyllium under drought stress. MSc thesis Agroecology, College of Agriculture. Shahrekord University, Shahrekord, Iran. (In Persian with English Summary)

Ghodrati, G., and Mirzaii Nodushan, H. 1997. Evaluation of cytogenetic and genetic diversity in Iranian spring Safflower land races. M.Sc. Thesis in Agriculture, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Hauggaard-Nielsen, H., Andersen, M.K., Jornsgaard, B., and Jensen, E.S. 2006. Density and relative frequency effects on competitive interactions and resource use in pea–barley intercrops. Field Crops Research 95: 256–267.

Hauggaard-Nielsen, H., Gooding, M., Ambus, P., Corre-Hellou, G., Crozat, Y., Dahlmann, C., Dibet, A., von Fragstein, P., Pristeri, A., Monti, M., and Jensen, E.S. 2009. Pea–barley intercropping for efficient symbiotic $N_2$-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. Field Crops Research 113: 64–71.

Ivanovska, S., Stojkovski, C., Dimov, Z., Marjanovic-Jeromela, A., Jankulovska, M., and Jankuloski, L. 2007. Interrelationship between yield and yield related traits of spring canola (*Brassica napus* L.) genotypes. Genetika 39: 325-332

Jahan, M. 2004. Evaluation of ecological aspects chamomile and calendula mixed cropping together with manure. Msc

thesis Agronomy. College of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Khalili, F.E., Pirdashti, H., Bahmanyar, M.A., and Ghasemkheili, F.T. 2014. Effect of organic and chemical fertilizer on soil properties and nutrient concentration in pot marigold (*Calendula officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 30 (3): 477-485. (In Persian with English Summary)

Koochaki, A., Amir-moradi, S., Shabahang, J., and Khandani, S.K. 2013. The effect of organic fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of medicinal plant *Psyllium* (*Plantago ovata* Forssk), Shiraz *Alyssum* (*Alyssum homolocarpum* L.), urban alyssum (*Perfoilatum Lepidium* L.) and lallemantia (*Lalementia iberica* L.). Journal of Agroecology 5(1): 16-26. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Tabrizi, L., Keikha Akhar, M., and Roohi, A. 2016. Investigation of yield and germination qualitative characteristics of seeds of black cumin (*Nigella sativa* L.), isabgol *(Plantago ovata* Forsk.) and fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under organic cultivation. Journal of Agroecology 8(2): 153-168. (In Persian with English Summary)

Mohammadi, J. 2006. Pedometry: Classical statistics. Pelk Publisher, Tehran, Iran. (In Persian)

Moosavi, S.S., Ersi, F.K., and Abdollahi, M.R. 2013. Application of multivariate statistical methods in detection of effective traits on bread wheat (*Triticum aestivum* L.) yield under moisture stress condition. Cereal Research 3: 119-130. (In Persian with English Summary)

Mousavinik, M. 2012. Effect of different levels of sulfur fertilizer on yield and quality of medicinal plant (*Plantago ovata* L.) in drought stress condition in the Baluchistan region. Journal of Agroecology 4: 170-1 82. (In Persian with English Summary)

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Rezvanimoghadm, P. 2005. Agroecology (Translation). Jihad Daneshgahi of Mashhad Publisher, Mashhad, Iran (In Persian)

Nazari, M. 2013. Effects of biological fertilizers, zinc sulfate and urea on cadmium concentration in plant biomass fenugreek. Master's thesis Agroecology, College of Agriculture. Shahrekord University, Shahrekord, Iran (In Persian with English Summary)

Ovalles, F.A., and Collins, M.E. 1988. Variability of northwest Florida soils by principal component analysis. Soil Science Society of American Journal 52: 1430-1435.

Rezaei-Chiyaneh, E. 2016. Evaluation of quantitative and qualitative traits of black cumin (*nigella sativa* l.), and basil (*ocimum basilicum* l.) in different intercropping patterns with bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agroecology 8(2): 263-280. (In Persian with English Summary)

Rezaei-Chiyaneh, E., and Gholinezhad, E. 2015. Agronomic characteristics of additive series of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Agroecology 3: 381-396. (In Persian with English Summary)

Senanayake, R. 1991. Sustainable agriculture: definitions and parameters for measurement. Journal of Sustainable Agriculture 1: 7-28.

Sharma, S. 1996. Applied Multivariate Techniques. John Wiley & Sons Publisher, New York, USA 232 p.

Tahmasebi, P. 2011. Multivariate Analysis in Environmental Science and Natural Resources. Shahrekord University Publisher, Shahrekord, Iran: 298. (In Persian)

Temizel, K.E., Arslan, H., and Saglam, M. 2015. Applications of factor analysis and geographical information systems for precision agriculture over alluvial lands. Fresenius Environmental Bulletin 24: 2374-2383.

Vilela, A.E., and Ravetta, D.A. 2001. The effect of seed scarification and soil-media on germination, growth, storage, and survival of seedlings of five species of *Prosopis* L. (Mimosaceae). Journal of Arid Environments 48: 171-184.

Xiao, H., and Pei, M. 1991. Applying factor analysis method to study winter wheat quantity characteres and varieties classification. Acta Agriculture Universitatis Pekinen Sciences 17: 17-24.

Yazdani, D., Shahnazi, S., and Seifi, H. 2004. A Practical Guide of Cultivation of 40 Important Medicinal Plant in Iran. Jihad Daneshgahi Publisher. Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. (In Persian)

Zahoor, A., Ghafor, A., and Muhammad, A. 2004. *Plantago ovata*- a crop of arid and dry climates with immense. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science 12: 215-219.

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.3, Fall 2018, p. 805-822

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، ص. ۸۲۲-۸۰۵

# Effect of Fertilizer Type and Intercropping of Trigonella (*Trigonella foenum-graecum*) and Psyllium (*Plantago psyllium*) on Growth Index of *Psyllium* using Factor Analysis

**S. Ghasemi Maham[1*], S. Fallah[2] and A. Dadrasi[3]**

Submitted: 23-12-2016
Accepted: 06-05-2017

Ghasemi Maham, S., Fallah, S., and Dadrasi, A. 2018. Assessing fertilizer type and intercropping impacts on growth index *Psyllium* using factor analysis. Journal of Agroecology. 10(3): 805-822.

**Introduction**

In the cultivation of medicinal plants, employing practices that can increase the essential materials is of necessary issues. Intercropping can improve the ecological diversity and stability in agro-ecosystems, increase the yield and reduce the use of chemical compounds. In addition, application of integrated fertilizers on agricultural soils may affect ecosystem sustainability, directly or indirectly, through changing the amount of chemical fertilizers application. Integrated fertilizers not only increase the yield, but also prevent environmental pollution. Accurate assessment of plant growth changes in various agricultural land management cannot be achieved by measuring an individual simple parameter. For this reason, simultaneous determination of several growth indicators can be a suitable method for monitoring the changes of plant growth in different conditions. The use of multivariate analysis is a beneficial approach in agronomic studies, since the method can easily assess the measured indices and more clearly interpret the results. Principal Components Analysis (PCA) or Factor Analysis (FA) are among of multivariate analysis methods in which reducing the number of primary studied variables is their initial aim. The purpose of this research was to evaluate the changes of psyllium growth indices in different fertilizer treatments and different combinations of intercropping using multivariate analysis and selection of the most sensitive growth indicator.

**Materials and Methods**

In order to evaluate the effects of different fertilizer types and intercropping ratios on the quantitative and qualitative yield of psyllium, the study was setup as 3×4 full factorial arrangement based on a randomized complete block design with three replications for each treatment over a period of 120 days. The treatments were intercropping ratio (monoculture of psyllium, trigonella: psyllium (2:1), fenugreek: psyllium (1:1), fenugreek: psyllium (1:2)) as the main plot factors and fertilizer types (cow manure, integrated fertilizer and chemical fertilizer) as the sub-plot factors. In intercropping treatments, the amount of fertilizer consumption corresponded to their intercropping ratio. Finally, 20 plants were randomly collected from each plot and were transferred to the laboratory. Data obtained from the study were analyzed using multivariate analysis (Factor Analysis, FA).

**Results and Discussion**

Extracted factors were rotated by Quartimax rotation to set most of the factor loadings on the first factor. Factor analysis led to the selection of four factors with eigenvalue greater than 1. The eigenvalue of fifth factor was 0.981, so it was not considered in the analysis and interpretation of data. The first, second, third and fourth factors were accounted for 31.1, 22, 18.3 and 8.3% of the variability of the data, respectively. These three factors explained 79.7% of the original variability, totally (i.e., variance). Consequently, four factors were retained to represent the original variability of the dataset. The first factor had 5 highly weighted variables with positive loadings for mucilage yield, the percentage of mucilage and inflation factor and negative loadings for other variables. The first factor, which included most of the qualitative and quantitative indicators as input variables,

1 and 2- Graduated Student of Agroecology and Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, respectively.
3- Ph.D Student, Department of Genetics and Crop Production, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran.
(*- Corresponding Author Email: S.ghasemimaham@gmail.com)
DOI: 10.22067/jag.v10i3.60474

clearly separated fertilizer treatments. Number of branches, during spike and the weight of one thousand seeds loaded heavily on the second factor with a positive loading for all properties. The second factor noticeably discriminated intercropping treatments. The effect of fertilizer treatments depended extremely on intercropping ratio, due to positive interaction between fertilizer type and leguminous symbiosis. However, the positive impact of fertilizer treatments was only related to appropriate intercropping ratio (1:2), probably due to suitable space for psyllium growth.

**Conclusion**

Factor analysis was used successfully in discriminating the effects of fertilizer type and intercropping on psyllium growth indicators. As a result, psyllium qualitative and quantitative properties were positively affected by the first and second factors. The first and second factors were clearly affected by fertilizer type and intercropping ratio, respectively. Therefore, these factors can be used for improving psyllium growth and increasing its quality. Moreover, application of integrated fertilizer not only increase intercropping efficiency, but also reduce environmental pollution.

**Keywords**: Integrated manure, Leguminous symbiosis, Medicinal plant, Multivariate analysis