بهبود کمی و کیفی علوفه در کشت مخلوط ذرت – لگوم با کاربرد کود زیستی نیتروکسین در کشت دوم

عبدالله جوانمرد[۱]، مصطفی امانی ماچیانی[۲]، فرزاد رسولی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۶/۷/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۱۶

۱-دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
۲-دانشجوی دکتری زراعت، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
۳-استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
*مسئول مکاتبه: Email: a.javanmard@maragheh.ac.ir

چکیده

به‌منظور بررسی کمیت و کیفیت علوفه در چند کشتی ذرت (*Zea mays* L.) با ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa*)، شبدر (*Trifolium alexanderinum* L.)، اسپرس (*Onobrychis vicifolia*) و خلر (*Lathyrus sativus*)، آزمایشی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۴ تیمار و سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه در سال زراعی ۱۳۹۴ اجرا گردید. تیمارها شامل کشت‌های خالص ذرت هیبرید ۷۰۴، ماشک گل خوشه‌ای، خلر، اسپرس، شبدر برسیم و کشت مخلوط ذرت با هر یک از لگوم‌ها در حالت تلقیح و عدم تلقیح با کود بیولوژیک نیتروکسین بود. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد کل علوفه خشک به تیمار ذرت تلقیح شده با نیتروکسین+ ماشک و کمترین میزان آن نیز به کشت خالص اسپرس تعلق داشت. همچنین، بیشترین میزان پروتئین خام (۲۷۷/۵ گرم در کیلوگرم ماده خشک) به تیمار کشت خالص ماشک و کمترین میزان آن (۶۰/۶۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک) به ذرت خالص بدون تلقیح مربوط بود. علاوه بر این بیشترین میزان دیواره سلولی (NDF) و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز (ADF) به کشت خالص ذرت (عدم تلقیح) و کمترین میزان آنها در کشت خالص ماشک و کشت مخلوط ذرت تلقیح شده با نیتروکسین+ ماشک مشاهده شد. بیشترین مقادیر ماده خشک مصرفی (DMI)، ماده خشک قابل هضم (DDM)، ارزش نسبی تغذیه‌ای (RFV)، انرژی ویژه شیردهی (NE_L) و کل مواد مغذی قابل هضم (TDN) در کشت خالص ماشک گل خوشه‌ای بدست آمد. همچنین در بین تیمارهای مخلوط بیشترین مقادیر پروتئین خام، خاکستر، DMI، DDM، RFV و NE_L در ذرت تلقیح شده با نیتروکسین+ ماشک بدست آمد. بطور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که اثر ماشک گل خوشه‌ای در کشت مخلوط با ذرت بر عملکرد کمی و کیفی علوفه تولید شده بیشتر از سایر لگوم‌ها بود.

واژه‌های کلیدی: انرژی ویژه شیردهی، پروتئین خام، کشاورزی پایدار، کود بیولوژیک، ماده خشک قابل هضم

Improvement of Forage Quantity and Quality in Corn-Legumes Intercropping with Nitroxin Biofertilizer Application in Double Cropping

Abdollah Javanmard[2], Mostafa Amani Machiani[2], Farzad Rasoli[3]

Received: October 19, 2017 Accepted: March 7, 2018
1-Assoc. Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.
2-Ph.D Student of Agronomy, Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.
3-Assist. Prof., Dept. of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.
Corresponding Author: Email: a.javanmard@maragheh.ac.ir

Abstract

Forage quantity and quality in simultaneous cropping of maize with vetch (*Vicia villosa*), grass pea (*Lathyrus sativus*), sainfoin (*Onobrychis vicifolia*), berseem clover (*Trifolium alexanderinum* L.), studied by experiment as randomized complete block design (RCBD) with 14 treatments and three replications at the Faculty of Agriculture, University of Maragheh during 2015. The treatments were monocultures of maize (SC 704), Vetch, Grass pea, Sainfoin, Berseem clover and intercropping maize with each legume in inoculated and non-inoculated with nitroxin biofertilizer. The results showed that the highest and lowest forage yield were obtained in maize (inoculation)+ vetch intercropping and sainfoin monoculture, respectively. Also, the highest (277.5 $g.kgDM^{-1}$) and the lowest (60.60 $g.kgDM^{-1}$) crude protein were achieved in vetch and maize monoculture (without inoculation), respectively. In addition to, the highest acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF) values were obtained in monoculture of maize (no -inoculation). The lowest ADF and NDF values were obtained in vetch monoculture and intercropping of maize (inoculation) + vetch. The highest values of DMI, DDM, RFV, NE_L and TDN was observed in vetch monocultures. Also, between intercropping patterns, the highest values of these indices were obtained in intercropping of maize (inoculation) + vetch. Generally, the results of this study exhibited that the effects of vetch on the quality and quantity of forages was higher than other legumes in intercropping patterns.

Keywords: Bio-Fertilizer, Crude Protein, Dry Matter Digestibility, Sustainable Agriculture, Net Energy of Lactation

مقدمه

با توجه به رشد سریع جمعیت جهان، پیش بینی شده است که جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ به ۹/٦ میلیارد نفر رسیده و جهت تأمین نیازهای غذایی جمعیت رو به رشد، تولیدات کشاورزی باید ۷۰ درصد افزایش یابد. بعد از انقلاب سبز افزایش مصرف کودهای شیمیایی به عنوان یکی از راهکارهای افزایش عملکرد گیاهان شناخته می‌شود. ولی در چهار دهه گذشته، علی‌رغم تلاش‌های بسیار، کارایی استفاده از عناصر غذایی[1] در گیاهان زراعی ثابت باقیمانده است (سوبرامانیان و همکاران ۲۰۱۵). لذا کارایی کم عناصر غذایی، کوددهی نامتعادل و پاسخ کم گیاه به کودهای شیمیایی، نهایتاً منجر به رکود

1- Nutrient Use Efficiency (NUE)

در تولید محصولات کشاورزی بویژه در کشورهایی که با کمبود مواد آلی خاک روبه‌رو هستند، شده است (شارما ۲۰۰۸). از طرفی کاربرد کودهای شیمیایی در سطح زیاد و به مدت طولانی جهت دستیابی به حداکثر عملکرد باعث بروز مشکلاتی از قبیل آلودگی‌های زیست محیطی، کاهش کیفیت محصولات تولیدی، هجوم علف-های هرز رقابت کننده با گیاهان زراعی و شیوع آفات و بیماری‌ها می‌شود (امانی ماچیانی و همکاران ۲۰۱۸؛ لیو و لال ۲۰۱۵). بنابراین استفاده از کودهای زیستی بعنوان جایگزین مناسب مورد توجه تولید کنندگان بخش کشاورزی قرار گرفته است.

کودهای زیستی حاوی قارچ‌ها و باکتری‌های مفید حل کننده عناصر غذائی هستند که معمولاً با اسیدی کردن خاک و یا ترشح آنزیم‌ها باعث آزادسازی این عناصر از ترکیبات پیچیده معدنی و آلی شده و در دسترس گیاه قرار می‌گیرند. استفاده از کودهای زیستی نظیر رایزوباکتری‌های تحریک کننده رشد گیاه، میزان استفاده از نهاده‌های شیمیایی را کاهش و به تبع آن پایداری تولید را افزایش خواهد شد (لیو و لال ۲۰۱۵). بیلال و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که با تقلیح بذور یولاف (*Avena sativa* L.) با کودهای زیستی آزوسپریلیوم[1] و ازتوباکتر[2] تعداد پنجه، ارتفاع بوته، نسبت برگ به ساقه، عملکرد ماده خشک، عناصر معدنی، فیبر خام[3]، پروتئین خام[4]، عملکرد پروتئین خام[5] و عملکرد پروتئین خام قابل هضم[6] علوفه آن بترتیب ۶/۵۸، ۹/۵۸، ۲/۵۱، ۱۶/۹۴، ۱۰/۲۶، ۱۷/۵۹، ۱۴/۰۲، ۳۳/۸۱ و ۶۶/۱۸ درصد نسبت به عدم تلقیح افزایش یافت. تارنگ و همکاران (۲۰۱۳) در مقایسه اثر کودهای شیمیایی و کودهای بیولوژیک بر روی ذرت مشاهده کردند که استفاده از کود بیولوژیکی نیتروکسین باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل برگ، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت ذرت شد. مهرورز و چایچی (۲۰۰۸) با بررسی اثر میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات و کود شیمیایی بر کیفیت دانه و علوفه جو نتیجه گرفتند که بیشترین مقدار پروتئین از کاربرد باکتری‌های حل کننده فسفات به‌دست آمد. علاوه بر این کودهای زیستی میزان خاکستر را به صورت معنی‌داری افزایش داد. در نتیجه با کاربرد کودهای زیستی، میزان فیبرهای شوینده خنثی کاهش و کیفیت علوفه افزایش پیدا کرد. همچنین آمال و همکاران (۲۰۱۰) نتیجه گرفتند که ارتفاع بوته، وزن خشک بوته، شاخص سطح برگ، نسبت سطح برگ و وزن مخصوص برگ سورگوم در اثر استفاده از کودهای زیستی حاوی ازتوباکتر و سودودموناس به طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف) افزایش یافت.

برای تحقق پایداری در سیستم‌های کشاورزی، فعالیت‌های زراعی باید بر اساس اصول اکولوژیک صورت پذیرد. یکی از راهکارهای موثر در کشاورزی پایدار، افزایش تنوع در اکوسیستم‌های کشاورزی و بهره‌برداری بهتر از منابع موجود جهت حصول اهداف پایداری در سیستم‌های کشاورزی می‌باشد (کوچکی و همکاران ۲۰۰۹). کشت مخلوط[7] به عنوان یکی از مؤلفه‌های کشاورزی پایدار با کشت دو یا چند محصول بطور همزمان یا غیرهمزمان در یک قطعه زمین شکل گرفته و اهدافی نظیر ایجاد تعادل اکولوژیک، بهره‌برداری بیشتر از منابع در دسترس، افزایش کمیت و کیفیت علوفه، افزایش تنوع زیستی و کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی را دنبال می‌نماید (استولز و نادیو ۲۰۱۴).

در بین الگوهای مختلف کشت مخلوط، ترکیب گیاهان تثبیت کننده نیتروژن با غلات از جمله معمول‌ترین و قدیمی‌ترین سیستم‌ها در نقاط مختلف دنیا به ویژه در کشورهای در حال توسعه می‌باشد (امانی ماچیانی و همکاران، ۲۰۱۸). ذرت به عنوان یک گیاه زراعی دو منظوره (دانه‌ای و علوفه‌ای) سومین گیاه زراعی مهم جهان بوده که در تغذیه انسان و دام نقش مهمی دارد.

1- Azospirillum
2- Azotobacter
3- Crude fibre
4- Crude Protein
5- Crude Protein Yield
6- Total Digestible Crude Protein Yield
7- Intercropping

علوفه‌ی ذرت نه تنها انرژی زیادی برای دام تولید می‌کند، بلکه به دلیل عدم داشتن ترکیبات مضر تغذیه‌ای مانند اسید پروسیک و اسید اگزالیک که در گیاهانی مانند سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) وجود دارند، در تمامی مراحل رشد، توسط دام قابل مصرف می‌باشد (بلل و همکاران ۲۰۱٤). لذا علوفه‌ی ذرت به عنوان یکی از منابع مناسب تغذیه حیوانات نشخوارکننده مطرح بوده که علاوه بر کاهش هزینه‌های مربوط به تغذیه دام‌ها، در رشد مناسب آن‌ها نیز اهمیت زیادی دارد (بلل و همکاران ۲۰۱٤). اگرچه ذرت عملکرد بالایی در تولید ماده خشک دارد، با این حال علوفه این گیاه از نظر پروتئین فقیر می‌باشد (کمتر از ۱۰۰ گرم در هر کیلوگرم ماده خشک). در حالی که پروتئین برای رشد مطلوب و تولید شیر کافی توسط دام و فعالیت باکتری‌های موجود در دستگاه گوارش حیوانات نشخوارکننده که مسئول هضم علوفه مصرف شده توسط دام می‌باشند، ضروری می‌باشد (کنتروراس‌گووئا و همکاران ۲۰۰۹). بنابراین، یک روش مناسب جهت افزایش کیفیت علوفه از نظر محتوای پروتئینی، استفاده از گیاهان لگوم بوده که از نظر محتوای پروتئینی غنی می‌باشند (بلل و همکاران ۲۰۱٤). صادق پور و همکاران (۲۰۱۳) تولید محصول با کمیت و کیفیت مناسب را به عنوان یک چالش در مناطق خشک و نیمه خشک معرفی می‌کنند و بر این اساس معتقدند که کشت مخلوط لگوم و غلات می‌تواند یک روش مناسب برای بهبود عملکرد علوفه و افزایش میزان پروتئین خام آن در بین سیستم‌های کشاورزی مختلف باشد. همچنین لامعی هروانی (۲۰۱۳) در کشت مخلوط جو و لگوم‌های یکساله نتیجه گرفت که بیشترین کیفیت علوفه بر اساس پروتئین خام، از کشت مخلوط بدست می‌آید. نتایج شکورزاده و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که بیشترین عملکرد علوفه (۹/۵۲ تن در هکتار) در تیمار ۵۰ درصد ماشک+ ۵۰ درصد جو با تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع به دست آمد. کوین و همکاران (۲۰۰۸) نتیجه گرفتند که کشت مخلوط لوبیا (*Phasaeolous vulgaris* L.) با ذرت باعث افزایش پروتئین خام، کربوهیدات‌های محلول در آب (WSC)[1]، قابلیت هضم ماده خشک (DMD)[2]، کاهش الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)[3] و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)[4] شد.

هدف از آزمایش‌های کشت مخلوط گیاهان علوفه‌ای، افزایش عملکرد در واحد سطح و افزایش کیفیت محصولات تولید شده جهت رفع نیازهای غذایی دام‌ها و خودکفایی در زمینه تولیدات پروتئینی می‌باشد. لذا پژوهش حاضر جهت ارزیابی عملکرد و خصوصیات کیفی علوفه حاصل از کشت مخلوط ذرت با چند لگوم به صورت افزایشی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹٤ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه با ارتفاع از سطح دریای آزاد ۱٤۷۷ متر و مختصات جغرافیایی آن بترتیب ٤٦ درجه و ۱٦ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه، ۲٤ دقیقه عرض شمالی اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش سه نمونه خاک بصورت تصادفی از قسمت های مختلف محل اجرای آزمایش برداشته و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن اندازه گیری شد (جدول ۱).

آزمایش بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و ۱٤ تیمار اجرا شد. تیمارها شامل کشت‌های خالص ذرت هیبرید ۷۰٤، ماشک گل خوشه‌ای رقم پانونیکا (*Vicia villosa* Roth)، رقم محلی خلر (*Lathyrus sativus*)، اسپرس زراعی ایرانی (*Onobrychis vicifolia* scop.) و شبدر برسیم یا مصری (*Trifolium alexandrinum* L.) به‌ترتیب با تراکم‌های ۱٤، ۲۵۰، ۲۵۰، ۲۵۰ و ۹۹۰ بوته در متر مربع و کشت مخلوط ذرت با هر یک از لگوم‌های ذکر شده در حالت تلقیح و بدون تلقیح با کود بیولوژیک نیتروکسین (حاوی باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم) بود. کلیه بذور از

1- Water Soluble Carbohydrate (WSC)
2- Dry Matter Digestibility (DMD)
3- Acid Detergent Fiber (ADF)
4- Neutral Detergent fiber (NDF)

شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شدند. مساحت هر کرت در کشت‌های خالص و مخلوط ذرت ۱۲ متر مربع و در کشت خالص لگوم‌ها ٤/٨ متر مربع در نظر گرفته شد. در هر کرت مخلوط و خالص ذرت، ٤ ردیف کاشت بطول ٥ متر و با فاصله ردیفی ٦٠ سانتیمتر وجود داشت.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

ماده آلی (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	نیتروژن کل (درصد)	بافت خاک
		(میلی گرم بر کیلوگرم)				
۰/۹۸	۰/٦۹	۷/٤	۳٥۲	۱٥/٦	۰/۰۹	لومی

همچنین، فاصله بین کرت‌های مجاور در یک بلوک و فاصله بین بلوک ها بترتیب ۰/٦ و ۱/٥ متر در نظر گرفته شدند. روش کشت مخلوط از نوع افزایشی کامل بود. بدین صورت که در یک طرف پشته ذرت و در طرف دیگر آن لگوم کشت گردید. قبل از کاشت ٥۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ٤۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل به خاک اضافه شد. کشت بذرها به طریقه دستی و همزمان برای ذرت و لگوم‌ها در هفته اول تیرماه (کشت دوم) انجام شد. همچنین، کود زیستی نیتروکسین به میزان ۲ لیتر در هکتار به صورت تلقیح با بذور استفاده گردید. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کشت و دفعات بعدی بصورت جوی و پشته و هر هفته یکبار انجام پذیرفت. همچنین مبارزه با علف‌های هرز دو بار بصورت دستی در مراحل اولیه رشد انجام گرفت. برداشت لگوم‌ها در ابتدای گلدهی (اوایل شهریور ماه) و ذرت در مرحله شیری (اواخر شهریور ماه) در سطحی معادل ۳/٦ متر مربع برداشت شدند. علوفه برداشت شده در هوای آزاد به اندازه‌ای خشک شد تا وزن آن‌ها در چند توزین متوالی به حالت ثابت درآمد و مقادیر ثبت شده به عنوان عملکرد خشک علوفه در نظر گرفته شدند. سپس از هر کرت، ۱۰۰ گرم علوفه پودر شده با توجه به نسبت هر گیاه در کشت مخلوط انتخاب و جهت اندازه‌گیری صفات کیفی به آزمایشگاه موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور انتقال داده شدند. صفات کیفی شامل پروتئین خام (CP)، خاکستر علوفه (ASH)، الیاف محلول در شوینده خنثی (NDF)، الیاف محلول در شوینده اسیدی (ADF) و کربوهیدرات محلول در آب (WSC) با استفاده از فناوری طیف سنجی مادون قرمز نزدیک (NIRS)[1] انجام شد. سیستم NIRS مورد استفاده سری اینفراماتیک ۸٦۰[2] شرکت پرتن[3] با ۲۰ طول موج در دامنه ۲٤۰۰-٥۰۰ نانومتر بود (جعفری و همکاران ۲۰۰۳). سایر صفات کیفی از قبیل ارزش نسبی تغذیه‌ای[4] (RFV)، انرژی ویژه شیردهی[5] (NE_L)، کل ماده مغذی قابل هضم[6] (TDN)، ماده خشک مصرفی[7] (DMI)، ماده خشک قابل هضم[8] (DDM) با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند (لایتورگایدیس و همکاران ۲۰۰٦). همچنین عملکرد پروتئین خام از حاصلضرب عملکرد علوفه خشک در درصد پروتئین خام به دست آمد.

1- Near Infrared Reflectance Spectroscopy
2- Inframatic860
3- Perten
4- Relative Feed Value
5- Net Energy of Lactation
6- Total Digestible Nutrients
7- Dry matter intake
8- Digestible Dry Matter

$$TDN = (-1.291 \times ADF) + 101.35 \quad [۱]$$

$$DMI = 120/ \%NDF \text{ dry matter basis} \quad [۲]$$

$$DDM = 88.9 - (0.779 \times \%ADF \text{ , dry matter basis}) \quad [۳]$$

$$RFV = \%DDM \times \%DMI \times 0.775 \quad [٤]$$

$$NE_L = (1.044 - (0.0119 \times \%ADF)) \times 2.205 \quad [٥]$$

در نهایت پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها و عدم وجود اثر متقابل تکرار و تیمار، تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

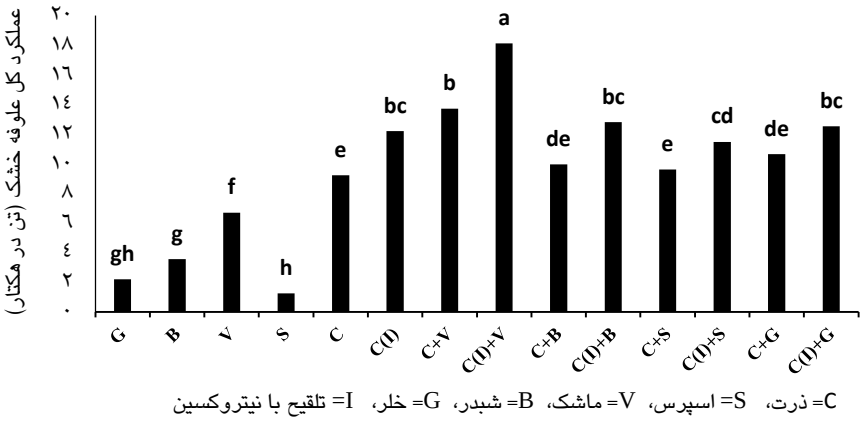
عملکرد کل علوفه خشک

نتایج تجزیه واریانس (جدول۲) نشان داد بین تیمارهای مختلف از لحاظ عملکرد کل علوفه خشک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها (شکل۱) نشان داد که بیشترین عملکرد کل علوفه خشک به ذرت تلقیح شده با نیتروکسین+ ماشک (۱۸/۱۳ تن در هکتار) و کمترین میزان آن نیز به کشت خالص اسپرس (۱/۲٤ تن در هکتار) و سپس خلر (۲/۲۱ تن در هکتار) تعلق داشت. همچنین کاربرد نیتروکسین در ذرت موجب افزایش ۳۲/٤۷ درصد عملکرد علوفه آن نسبت به عدم تلقیح آن شد. از آنجایی که نیتروکسین شامل دو باکتری آزوسپریلیوم و ازتوباکتر است، تلقیح این باکتری‌ها با بذر، توان تثبیت زیستی نیتروژن، سطح ریشه، جذب آب و عناصر غذایی و تولید برخی ویتامین‌ها را افزایش داده که نتیجه آن بصورت افزایش عملکرد نمایان می‌شود (بیلال و همکاران ۲۰۱۷). بهبود عملکرد به افزایش کارایی تنظیم‌کنندگی مناسب رشد، فعالیت فیزیولوژیکی و متابولیسمی گیاه در نتیجه استفاده از کودهای زیستی نسبت داده می‌شود (بیلال و همکاران ۲۰۱۷). بهبود عملکرد ذرت را می‌توان به افزایش تعداد و وزن خشک گره‌های فعال ریزوبیومی، تثبیت نیتروژن ریشه ماشک و انتقال آن به ذرت تحت تاثیر کاربرد کودهای زیستی نسبت داد (چاپاگین و رایزمن ۲۰۱٤). همچنین آگگنهو و همکاران (۲۰۰٦) در کشت مخلوط جو و باقلا گزارش کردند که کشت مخلوط این دو گیاه از عملکرد بیشتری نسبت به کشت خالص برخوردار است و دلیل این امر را استفاده مکملی از عناصر غذایی و سایر منابع (آب و نور) توسط اجزاء کشت مخلوط و نیاز به ورودی‌های خارجی کمتر بیان نمودند. به عبارت دیگر گیاهان گراس و لگوم بدلیل تفاوت‌های فیزیولوژیک و موفولوژیک در نحوه استفاده از منابع محیطی به صورت مکملی مثبت عمل کرده و در نتیجه عملکرد کل افزایش می‌یابد (نصیری محلاتی و همکاران ۲۰۱۵).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس عملکرد کل علوفه خشک در کشت خالص و مخلوط

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
بلوک	۲	۱/۷٤٦*
تیمار	۱۳	٦٦/۹٤۱**
اشتباه آزمایشی	۲٦	۰/۸٦
ضریب تغییرات (درصد)		۹/٦۹

**، * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱و۵ درصد می باشد.



شکل ۱- عملکرد کل علوفه خشک در تیمارهای کشت خالص و مخلوط

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

پروتئین خام کل علوفه (CP)

پروتئین خام ترکیبی از پروتئین حقیقی و ترکیبات نیتروژن‌دار غیر پروتئینی بوده و برای رشد دام و تولید شیر آن ضروری می‌باشد (کیانی و همکاران ۲۰۱٤). نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول۳) نشان داد که بین تیمارهای مختلف از لحاظ میزان پروتئین خام کل در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بیشترین میزان پروتئین خام (۲۷۷/۵ گرم در کیلوگرم ماده خشک) به تیمار کشت خالص ماشک و کمترین میزان آن (٦۰/٦ گرم در کیلوگرم ماده خشک) به تیمار ذرت خالص (عدم تلقیح) مربوط بود و در بین کشت‌های مخلوط تیمار ذرت تلقیح شده با نیتروکسین+ ماشک دارای بیشترین میزان پروتئین خام بوده است (جدول ٤). همانطور که مشاهده می‌شود بر اثر تلقیح ذرت با کود بیولوژیک نیتروکسین پروتئین خام علوفه افزایش یافته است، به‌طوری‌که تلقیح ذرت با نیتروکسین در مقایسه با عدم تلقیح، پروتئین خام را ۱۱/٤۰ درصد افزایش داده است. از آنجایی که کود زیستی نیتروکسین، دارای مجموعه‌ای از موثرترین باکتری‌های تثبیت کننده‌ی نیتروژن از جنس‌های آزوسپریلیوم و ازتوباکتر است، دلیل این امر می‌تواند به باکتری‌های موجود در کود بیولوژیک نیتروکسین نسبت داده شود که موجب تثبیت نیتروژن و ایجاد تعادل در جذب عناصر غذایی پرمصرف از جمله نیتروژن در گیاه شده است (بیلال و همکاران ۲۰۱۷). لی و همکاران (۲۰۱۰) نتیجه گرفتند که با کاهش نیتروژن در دسترس پروتئین خام علوفه ذرت به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد که دلیل آن را وابستگی مسیر سنتز پروتئین به نیتروژن نسبت دادند. رس و همکاران (۲۰۰۵) نیز معتقدند که با جذب نیتروژن توسط گیاه سطح برگ افزایش و موجب افزایش میزان پروتئین خام و کاهش بخش‌های خشبی و لیگنینی در علوفه خواهد شد. همچنین مشاهده می‌شود در بین لگوم‌ها ماشک بیشترین تاثیر را بر روی میزان پروتئین خام ذرت داشته است. بنابراین علاوه بر جذب بیشتر نیتروژن در کشت مخلوط، تثبیت نیتروژن اتمسفری توسط لگوم‌ها در پاسخ به افزایش رقابت با ذرت بر سر جذب نیتروژن خاک و در نتیجه انتقال آن به ذرت می‌تواند دلیل دیگر افزایش پروتئین خام در کشت مخلوط ذرت با ماشک گل خوشه‌ای نسبت به کشت‌های خالص ذرت باشد (امانی ماچیانی و همکاران ۲۰۱۸ و استولز و نادیو ۲۰۱٤). چاپاگین و رایزمن (۲۰۱٤) نتیجه گرفتند که با انجام کشت مخلوط جو با نخود فرنگی، تعداد گره‌های نخود بطور معنی‌داری نسبت به کشت خالص لگوم افزایش یافت، بطوری که تعداد گره‌ها ٤۵-۲۷ درصد و میزان تثبیت بیولوژیکی ۱۷-۹ درصد بیشتر از کشت خالص بود که دلیل آن را به افزایش رقابت با جو بر سر جذب نیتروژن

معدنی خاک و تکیه بیشتر نخود فرنگی به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن نسبت دادند. همچنین آنها گزارش کردند بیشترین میزان نیتروژن انتقال داده شده از نخود فرنگی به جو (٦ کیلوگرم در هکتار و یا ١٦ درصد نیتروژن موجود در دانه جو) در نسبت ١:١ مشاهده شد. علاوه بر این استریدهورست و همکاران (٢٠٠٨) نیز به این نتیجه رسیدند که تمامی نسبت‌های مختلف کشت مخلوط‌های جو با باقلا (*Vicia faba* L.) و لوپن (*Lupinus angustifolius* L.)، نسبت به تک کشتی جو (*Hordeum vulgare* L.) غلظت پروتئین خام بالایی داشتند. آنها این افزایش را به خاصیت بالای پروتئین لگوم‌ها و تثبیت نیتروژن توسط لگوم‌ها و در نتیجه افزایش سطوح بالای نیتروژن خاک، افزایش نور، آب و مواد غذایی و انتقال نیتروژن تثبیت شده از لگوم به غیر لگوم نسبت دادند.

جدول ٣- نتایج تجزیه واریانس صفات کیفی علوفه در کشت‌های خالص و مخلوط

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		پروتئین خام	عملکرد پروتئین خام	خاکستر	الیاف نامحلول در شوینده خنثی	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی
تکرار	٢	٦٣٠/٠١٨^{ns}	٠/٠٠٨^{ns}	١١٨٠/٣٦٥**	١٥٣٥/١١٢**	٩٤٤/٦٤٣**
تیمار	١٣	١٥٠٦٤/١٣٩**	١/١٧٢**	١٣٠٧/١٥٦**	٢٦٨٥٣/٧١٨**	١٠١٦١/٥٠٦**
اشتباه آزمایشی	٢٦	٤٨/٠١٨	٠/٠٢٠	٥١/٣٥٤	٦٩/٨٨١	٧١/٥٦٦
ضریب تغییرات (درصد)		٤/٨٥	١٢/٠٨	٨/٢٢	١/٧٦	٢/٦٩

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ١، ٥ درصد و عدم معنی‌دار می باشد.

جدول ۴- میانگین صفات کیفی علوفه در کشت‌های خالص و مخلوط

تیمارها	پروتئین خام (گرم در کیلوگرم ماده خشک)	عملکرد پروتئین خام (گرم در کیلوگرم ماده خشک)	خاکستر (گرم در کیلوگرم ماده خشک)	دیواره سلولی (گرم در کیلوگرم ماده خشک)	دیواره سلولی بدون همی‌سلولز (گرم در کیلوگرم ماده خشک)
شبدر خالص	٢٣٠/٨ c	٠/٨١٣ fgh	١٢٣/٥ a	٣٦٥ h	٢٧٨ f
ماشک خالص	٢٧٧/٥ a	١/٨٥٧ b	١٢٠/١ a	٣٣١/٦ i	٢٤٠/٢ h
خلر خالص	٢٥٨/١ b	٠/٥٧٧ hi	٩٧/٥٠ b	٣٦٥/٨ h	٢٥٣ gh
اسپرس خالص	٢٠٤/٤ d	٠/٢٥٣ j	٩٦/٧٥ b	٣٨٥ g	٢٨٤/٨ f
ذرت (تلقیح) + ماشک	١٤٥ e	٢/٦٢٣ a	١٠٧/٩ b	٤١٣/٨ f	٢٤٦ gh
ذرت (عدم تلقیح) + خلر	١١٠ h	١/١٧٠ d	٧٥/١٥ cd	٥٥٠/٦ c	٣٧١/٢ c
ذرت (عدم تلقیح) + اسپرس	٧٩/٤٠ ij	٣/٧٦٣ ghi	٧٤/٨٥ cd	٥٧١/٨ b	٣٥٧ d
ذرت (تلقیح) + شبدر	١١٣/٣ gh	١/٤٦٠ c	٧٧/٩٠ c	٤٩٣/٤ d	٣٢٤ e
ذرت(عدم تلقیح) + ماشک	١٢٢/٢ fg	١/٦٧٣ bc	١٠٢/٦ b	٤٧٢ e	٢٨١/٩ f
ذرت(تلقیح) + خلر	١٢٨ f	١/٦٠٣ c	٧١/٤٠ cd	٤٢٠ f	٢٥٦ g
ذرت (تلقیح) + اسپرس	٩٠/٥٠ i	١/٠٣٣ def	٦٩/٨٠ cde	٥٦٥/٥ b	٣٤٦/٤ d
ذرت (عدم تلقیح) + شبدر	١٠٧/٦ h	١/٠٧٠ de	٨١/٤٠ c	٥٣٧/٢ c	٣٥٤/٤ d
ذرت خالص (عدم تلقیح)	٦٠/٦٠ k	٠/٥٥٧ i	٦٣/٣٠ de	٦١٢/٥ a	٤١٤/١ a
ذرت خالص (تلقیح)	٧٢/٤٠ j	٠/٨٨٧ efg	٥٧/٨٥ e	٥٧٨ b	٣٩٠ b

در هر ستون حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال ٥ درصد است.

عملکرد پروتئین خام کل علوفه (CPY)

یکی از اصلی‌ترین سودمندی‌های علوفه کشت مخلوط لگوم با غلات افزایش عملکرد پروتئین خام نسبت به کشت خالص می‌باشد (استریدهورست و همکاران ۲۰۰۸). نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول۳) نشان داد که عملکرد پروتئین خام کل در سطح احتمال یک درصد تحت تاثیر الگوی کشت قرار گرفت. بیشترین عملکرد پروتئین خام در تیمار ذرت تلقیح شده با نیتروکسین+ ماشک و کمترین آن در تیمار اسپرس و ذرت خالص (عدم تلقیح) بدست آمد. به نظر می‌رسد افزایش عملکرد پروتئین خام در کشت مخلوط به دلیل تولید بیشتر ماده خشک در تیمار ذرت تلقیح شده+ ماشک (شکل ۱) و همچنین تثبیت بیشتر نیتروژن توسط ماشک و جذب بیشتر نیتروژن توسط ذرت در این تیمار می‌باشد. همچنین دلیل کمتر بودن عملکرد پروتئین خام در تیمارهای اسپرس و ذرت خالص (عدم تلقیح) به پایین بودن عملکرد ماده خشک و درصد پروتئین خام آن‌ها نسبت داده می‌شود (شکل ۱ و جدول ٤). هاگارد نیلسن و همکاران (۲۰۰۳) به این نتیجه رسیدند که میزان غلظت نیتروژن در اندام‌های هوایی کشت مخلوط جو– نخود در حدود ۳ برابر میزان نیتروژن در کشت خالص جو بود و افزایش تجمع نیتروژن به افزایش درصد پروتئین خام و عملکرد پروتئین خام علوفه منجر شد. همچنین در تحقیق حاضر در بین لگوم‌ها ماشک گل خوشه‌ای بدلیل برخورداری از بالاترین علوفه خشک و دارا بودن درصد بالایی از میزان پروتئین خام بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش عملکرد پروتئین خام علوفه گذاشته است. علاوه بر این، با توجه به وجود همبستگی مثبت و معنی دار عملکرد کل ماده خشک و عملکرد پروتئین خام (استریدهورست و همکاران ۲۰۰۸)، افزایش عملکرد پروتئین خام کل قابل توجیه است (استولتز و نادیو ۲۰۱٤؛ صادق‌پور و همکاران ۲۰۱۳). نتایج مشابهی دال بر افزایش چشمگیر عملکرد پروتئین خام علوفه بر اثر ترکیب لگوم با گراس توسط آتیس و همکاران (۲۰۱۲)، لایتورگایدیس و همکاران (۲۰۰۷) و چن و همکاران (۲۰۰٤) نیز گزارش شده است.

خاکستر علوفه (ASH)

میزان خاکستر علوفه، بیانگر مقدار مواد معدنی موجود در بافت‌های گیاهی است و این عناصر در علوفه به لحاظ این که در متابولیسم‌های حیوانات نقش دارند، برای فعالیت سلول‌های بدن لازم و مهم هستند (یولسو و همکاران ۲۰۰۹). محتوای خاکستر علوفه شامل مواد معدنی می‌باشد که برای سنتز ویتامین‌ها، تولید هورمون‌ها، فعالیت آنزیم‌ها، ساخت بافت و بسیاری از فرایندهای بیولوژیک که بستگی به رشد، سلامتی و تولید دارند، مورد نیاز می‌باشند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای مختلف از لحاظ خاکستر علوفه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۳). بیشترین میزان خاکستر به کشت خالص شبدر (۱۲۳/٥ گرم بر کیلوگرم ماده خشک) و سپس ماشک (۱۲۰/۱ گرم بر کیلوگرم ماده خشک) تعلق داشت و بعد از آن تیمارهای کشت مخلوط ذرت (تلقیح شده)+ ماشک، ذرت (عدم تلقیح)+ ماشک و کشت خالص خلر و اسپرس قرار داشتند. همچنین کمترین میزان خاکستر در تیمارهای کشت خالص ذرت مشاهده شد. در بین کشت‌های مخلوط تیمار ذرت تلقیح شده با نیتروکسین + ماشک بیشترین میزان خاکستر علوفه را دارا بود که این افزایش می‌تواند به دلیل جذب بهتر عناصر غذایی نسبت به کشت خالص ذرت است. علت افزایش خاکستر با کابرد نیتروکسین این است که نیتروژن باعث بهبود رشد قسمت‌های رویشی و ریشه شده و هر چه ریشه گیاه گسترش بیشتری داشته باشد، جذب مواد معدنی نیز بیشتر خواهد شد و گیاه علاوه بر تولید مواد آلی، مقدار بیشتری از مواد معدنی را نیز در خود ذخیره می‌کند (مجیدیان و همکاران ۲۰۰۸). لی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که با کاهش نیتروژن در دسترس میزان خاکستر علوفه ذرت به طور

معنی‌داری کاهش پیدا کرد. دهمرده و همکاران (۲۰۱۰) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند و اظهار داشتند افزایش درصد خاکستر در کشت مخلوط ذرت- لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna sinensis*) نسبت به کشت خالص دو گیاه، منجر به بهبود کیفیت علوفه گردید.

دیواره سلولی بدون همی سلولز (ADF) و دیواره سلولی (NDF)

نقش فیبر در تامین شرایط مناسب برای تخمیر شکمبه‌ای و جلوگیری از بروز بیماری‌های متابولیکی نشخوارکنندگان به اثبات رسیده است. الیاف نامحلول شوینده‌های خنثی (NDF) و اسیدی (ADF) جزو مهم‌ترین ترکیبات شیمیایی علوفه می‌باشند که تعیین مقدار آن‌ها در علوفه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زمانی که علوفه با محلول شوینده خنثی جوشانده شود، مواد باقی مانده پس از استخراج عصاره، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی است که شامل لیگنین ، سلولز و همی‌سلولز است. افزایش این شاخص موجب کاهش قابلیت هضم علوفه می‌گردد (اسماعیلی و همکاران ۲۰۱۲). NDF نشان دهنده پتانسیل مصرف علوفه توسط دام می‌باشد (کنتررراس‌گووئا و همکاران ۲۰۰۹). وقتی درصد NDF افزایش می‌یابد مصرف ماده خشک به دلیل افزایش میزان سیرکنندگی علوفه کاهش می‌یابد، بنابراین، درصد پائین NDF مطلوب است. علاوه بر این، ADF نیز از لیگنین و سلولز تشکیل شده و همانند NDF از قابلیت هضم پایینی برخوردار می باشد (کنتررراس‌گووئا و همکاران ۲۰۰۹). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای مختلف از لحاظ ADF و NDF تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول۳). بیشترین میزان ADF و NDF به کشت خالص ذرت (عدم تلقیح) و کمترین میزان آن‌ها در کشت خالص ماشک و کشت مخلوط ذرت تلقیح شده با نیتروکسین + ماشک تعلق داشت (جدول٤). همچنین تلقیح ذرت با نیتروکسین منجر به کاهش ۵/٦۳ و ۵/۸۱ درصد میزان NDF و ADF علوفه نسبت به عدم تلقیح آن شد. کاهش NDF و ADF علوفه ذرت به کاهش سلولز در شرایط نیتروژن در دسترس نسبت داده می‌شود (لی و همکاران ۲۰۱۰). تانگ و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند که نیتروژن در دسترس باعث افزایش رشد رویشی، نسبت برگ به ساقه و در نتیجه کاهش NDF و ADF گردید. حبیبی و مجیدیان (۲۰۱٤) گزارش کردند با در دسترس بودن نیتروژن، به‌علت اتساع دیواره سلولی، بخش کمتری به دیواره سلولی تعلق گرفته و میزان NDF و ADF آن کاهش می‌یابد. به طور کلی کشت مخلوط ذرت با لگوم به کاهش چشمگیر میزان ADF و NDF علوفه بدست آمده از مخلوط در مقایسه با علوفه خالص ذرت منجر شده است. آسفا و لدین (۲۰۰۱) بهبود کیفیت علوفه در کشت مخلوط ماشک با یولاف را بر حسب NDF پایین به حضور ماشک نسبت دادند. همچنین، رس و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند که غلظت NDF بالاتر از ۵۰۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک به طور معنی‌داری مصرف علوفه توسط دام را کاهش می‌دهد. بنابراین با گنجاندن لگوم‌ها در کشت مخلوط با ذرت، امکان افزایش مصرف علوفه توسط دام به دلیل کاهش NDF و ADF و در نتیجه افرایش کیفیت علوفه قابل انتظار است. نتایج مشابهی دال بر کاهش ADF بدست آمده از مخلوط گراس با لگوم توسط استریدهورست و همکاران (۲۰۰۸)، کنتررراس-گووئا و همکاران (۲۰۰۹)، نقی زاده و گلوی (۲۰۱۲) نیز گزارش شده است.

کربوهیدرات محلول در آب (WSC)

کربوهیدرات‌های محلول که بخش عمده‌ای از کربوهیدات‌های غیر ساختمانی را تشکیل می‌دهند، یکی از مهمترین اجزای تعیین کننده کیفیت علوفه هستند که وظیفه آنها تأمین انرژی برای میکروارگانیسم‌های شکمبه و حفظ سلامت دستگاه گوارشی دام است (لایتورگایدیس و همکاران ۲۰۰٦). نتایج تجزیه واریانس (جدول۵) نشان داد که میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب تحت تاثیر

کشت‌های خالص و مخلوط قرار گرفت. بیشترین و کمترین میزان کربوهیدرات محلول در آب به‌ترتیب به کشت‌های خالص ذرت و کشت خالص شبدر برسیم تعلق داشت. در بین تیمارهای کشت مخلوط بیشترین میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب به ترتیب در تیمارهای ذرت تلقیح شده+ خلر و ذرت تلقیح شده+ اسپرس مشاهده شد و کمترین میزان هم به کشت‌های ذرت تلقیح شده و عدم تلقیح با ماشک مربوط بود. به طور کلی می‌توان گفت گیاهان گرامینه نسبت به گیاهان لگوم درصد قندهای محلول در آب بیشتری در ترکیب خود دارند. نخزری مقدم و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی کشت مخلوط ذرت و ماش بیشترین درصد کربوهیدارتهای محلول در آب را از کشت خالص ذرت بدست آوردند. در این رابطه نتایج مشابهی توسط کنترراس‌گووئا و همکاران (۲۰۰۹) در کشت مخلوط ذرت با ارقام مختلف لوبیا (Lablab bean[1]، Velvet bean[2] و Scarlet runner bean[3]) گزارش شده است. در بین لگوم‌ها شبدر دارای کمترین میزان WSC می‌باشد، بنابراین می‌توان چنین استبناط کرد که لگوم‌ها در میزان WSC اثر معنی داری نداشته‌اند. اسماعیلی و همکاران (۲۰۱۲) مشاهده کردند که در کشت مخلوط جو با یونجه بیشترین میزان قندهای محلول در آب مربوط به کشت خالص جو با میزان ۱۵/۴۲ درصد بود. همچنین، دهمرده و همکاران (۲۰۱۰) در کشت مخلوط ذرت با باقلا به این نتیجه رسیدند که میزان WSC در کشت خالص ذرت، بیشتر از کشت‌های مخلوط ذرت با لگوم‌ها بوده است.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس سایر صفات کیفی علوفه در کشت‌های خالص و مخلوط

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ماده خشک مصرفی	ماده خشک قابل هضم	ارزش نسبی تغذیه‌ای	کربوهیدرات قابل حل در آب	انرژی ویژه شیردهی	کل مواد مغذی قابل هضم
تکرار	۲	۳/۸٤٤**	٥٧٣/٢٤٨**	١٩٩/٩٠٤**	١٩٥٤/٠٨٣**	٠/٠٠٧**	١٥٧٤/٤١٩**
تیمار	۱۳	٨٩/٨٠٦**	٦١٦٦/٢٧٤**	٣٨٨١/٥٨٨**	٧٥١٥/٢٥٩**	٠/٠٧٠**	١٦٩٣٥/٥٧٧**
اشتباه آزمایشی	۲٦	٠/١٣١	٤٣/٤٢٩	٦/١٢٧	٥٤/٢٢٦	٠/٠٠٠١	١١٩/٢٧٨
ضریب تغییرات (درصد)		١/٣٨	١/٠٢	١/٨٧	٣/٠٦	١/٥٠	١/٨٠

**، * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱، ۵ درصد می باشد.

میزان کل مواد مغذی قابل هضم علوفه (TDN) و میزان ماده خشک مصرفی (DMI)

بر اساس جدول تجزیه واریانس اثر کشت‌های خالص و مخلوط بر میزان کل مواد مغذی قابل هضم علوفه و میزان ماده خشک مصرفی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۵). مقایسه میانگین کشت‌های خالص و مخلوط (جدول ٦) نشان داد که بیشترین میزان TDN و DMI به تیمار کشت خالص ماشک و کمترین میزان آن‌ها به ذرت خالص (عدم تلقیح) مربوط بود. در بین تیمارهای کشت مخلوط تیمار ذرت تلقیح شده با نیتروکسین+ ماشک بیشترین میزان TDN و DMI را دارا بود. میزان TDN و DMI علوفه ذرت در نتیجه تلقیح با کود زیستی نیتروکسین به‌ترتیب ٦/٧ و ٥/٩٦ درصد نسبت به عدم تلقیح آن افزایش یافت. تانگ و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که کیفیت علوفه سورگوم بر اساس شاخص‌های TDN و DMI دارای همبستگی منفی با مصرف کودهای شیمیایی بود. بطور کلی TDN بیانگر مواد غذایی قابل دسترس برای دام است و به میزان غلظتADF علوفه بستگی دارد. بینگول و

1- *Lablab purpureus* (L.) Sweet
2- *Mucuna pruriens* (L.) D.C.
3- *Phaseolus coccineus* L.

جدول ۶- مقایسه میانگین سایر صفات کیفی علوفه در کشت‌های خالص و مخلوط

تیمارها	ماده خشک مصرفی (گرم در کیلوگرم ماده خشک)	ماده خشک قابل هضم (گرم در کیلوگرم ماده خشک)	ارزش نسبی تغذیه‌ای (درصد)	کربوهیدرات قابل حل در آب (گرم در کیلوگرم ماده خشک)	انرژی ویژه شیردهی (گرم در کیلوگرم ماده خشک)	کل مواد مغذی قابل هضم (گرم در کیلوگرم ماده خشک)
شبدر خالص	۳۲/۸۸ b	٦۷۲/٤ c	۱۷۱/٤ c	۱٤٥/۹ h	۱/٥۷۳ c	٦٥٤/٦ c
ماشک خالص	۳٦/۱۹ a	۷۰۱/۹ a	۱۹٦/۹ a	۱٦۱/۳ g	۱/٦۷۲ a	۷۰۳/٤ a
خلر خالص	۳۲/۸۲ b	٦۹۱/۹ ab	۱۷٦ b	۱۹۳/۳ f	۱/٦۳۸ b	٦۸٦/۹ ab
اسپرس خالص	۳۱/۱۷ c	٦٦۷/۱ c	۱٦۱/۲ d	۲۱۳/۳ e	۱/٥٥٥ d	٦٤٥/۸ c
ذرت (تلقیح) + ماشک	۲۹ d	٦۹۷/٤ ab	۱٥٦/۷ e	۲۲۱/٦ e	۱/٦٥٦ a	٦٥۹/۹ ab
ذرت (عدم تلقیح) + خلر	۲۱/۸۲ gh	٥۹۹/۸ f	۱۰۱/٥ i	۲۷۲/۷ c	۱/۳۲۸ h	٥۳٤/۳ f
ذرت (عدم تلقیح) + اسپرس	۲۱ i	٦۱۰/۹ ef	۹۹/٤٤ i	۲٥٥/۸ d	۱/۳٦٥ g	٥٥۲/٦ e
ذرت (تلقیح) + شبدر	۲٤/۳۲ f	٦۳٦/٦ d	۱۲۰ g	۲٥٤/٤ d	۱/٤٥۲ e	٥۹٥/۲ d
ذرت (عدم تلقیح) + ماشک	۲٥/٤٥ e	٦٦۹/٤ c	۱۳۲/۱ f	۲۲۲/۷ e	۱/٥٦۲ cd	٦٤۹/٦ c
ذرت (تلقیح) + خلر	۲۸/٥۷ d	٦۸۹/٦ b	۱٥۲/۷ e	۲۸٦/٥ b	۱/٦۳۰ b	٦۸۳ b
ذرت (تلقیح) + اسپرس	۲۱/۲٤ hi	٦۱۹/۲ e	۱۰۱/۹ i	۲۸٤/۳ bc	۱/۳۹۳ f	٥٦٦/۳ e
ذرت (عدم تلقیح) + شبدر	۲۲/۳۷ g	٦۱۲/۹ e	۱۰٦/۳ h	۲٤۷/۱ d	۱/۳۷۲ g	٥٥٦ e
ذرت خالص (عدم تلقیح)	۱۹/٦۰ j	٥٦٦/٤ h	۸٦/۰٤ k	۳۰۷/۳ a	۱/۲۱٥ j	٤۷۸/۹ h
ذرت (تلقیح) خالص	۲۰/۷۷ i	٥۸٥/۲ g	۹٤/۲۳ j	۳۰۰/۸ a	۱/۲۷۹ i	٥۱۰ g

در هر ستون حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال ٥ درصد است.

همکاران (۲۰۰۷) کاهش TDN را به افزایش ADF و میزان لیگنین بالا نسبت دادند. همچنین صادق‌پور و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند، از آنجایی که مقدار ADF در یونجه پایین بود در نتیجه با کشت مخلوط یونجه با جو میزان TDN افزایش یافت. لایتورگایدیس و همکاران (۲۰۰٦) بیان کردند که میزان غلظت دیواره سلولی (NDF) برای پیش‌بینی میزان ماده خشک مصرفی به کار رفته و همبستگی منفی بالایی بین DMI و NDF مشاهده شده است. به عبارت دیگر وقتی که میزان NDF علوفه افزایش می‌یابد، کیفیت و میزان ماده خشک مصرفی کاهش پیدا می‌کند. همانطور که مشاهده می‌شود، بالاترین میزان DMI و TDN علوفه در کشت خالص ماشک مشاهده شد. بنابراین می‌توان گفت که رقابت لگوم‌ها با ذرت در اوایل دوره رشد موجب محدودیت رشد ذرت و در نتیجه تولید بافت‌های ظریف‌تر و با ارزش غذایی بالاتر می‌گردد. بنابراین، زمانی که ذرت با لگوم‌ها کشت می‌شود، به دلیل کاهش میزان NDF، میزان DMI علوفه و به تبع آن کیفیت علوفه تولیدی افزایش می‌یابد.

ماده خشک قابل هضم (DDM)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای مختلف از لحاظ ماده خشک قابل هضم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ٥). بیشترین میزان DDM در کشت خالص ماشک و بعد از آن در تیمار ذرت تلقیح شده+ ماشک و کشت خالص خلر مشاهده شد و کمترین میزان آن نیز در

کشت خالص ذرت (عدم تلقیح) مشاهده شد (جدول ٦). میزان DDM علوفه ذرت با تلقیح نیتروکسین نسبت به عدم تلقیح ۳/۳۱ درصد افزایش یافت. دلیل آن می‌توان به کاربرد میکروارگانیسم‌ها و باکتری‌های محرک رشد گیاه و تأثیر آن‌ها بر عملکرد کمی و کیفی ذرت نسبت داد که کیفیت علوفه ذرت را از طریق افزایش میزان قابلیت هضم ماده خشک بهبود بخشیده‌اند (نقی زاده و گلوی ۲۰۱۲). با توجه به همبستگی منفی DDM با NDF و ADF علوفه (لی و همکاران ۲۰۱۰) و کاهش معنی‌دار NDF و ADF در شرایط تلقیح با نیتروکسین، افزایش DDM قابل توجیه است. محمد آبادی و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی تاثیر کودهای آلی بر شنبلیله بیان داشتند که مصرف کودهای آلی، بهبود قابلیت هضم ماده خشک را به دنبال داشت. دهمرده و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی کشت مخلوط ذرت و سویا نتیجه گرفتند که کشت مخلوط نسبت به کشت خالص ماده خشک قابل هضم و به تبع آن کیفیت علوفه ذرت بالاتری را تولید می‌کند. این مساله به واسطه افزایش پروتئین خام و درصد خاکستر می‌باشد. شایان ذکر است که ماده خشک قابل هضم اغلب نماینده انرژی قابل هضم بوده (کارپیسی و همکاران ۲۰۱۰) و ارتباط مستقیمی با میزان انرژی و دیگر عناصر غذایی قابل دریافت توسط دام دارد (بیلال و همکاران ۲۰۱۷). علاوه بر این، قابلیت هضم علوفه مهم‌ترین شاخص برای افزایش وزن دام و تولید شیر است (اسمیت و همکاران ۱۹۹۷). همچنین نتایج نشان دهنده این است که میزان DDM علوفه ذرت تحت تاثیر نوع لگوم قرار گرفته است به طوری که بین لگوم‌ها اثر ماشک بر روی این صفت نسبت به سایر لگوم‌ها بیشتر بوده است. یولسو و همکاران (۲۰۰۹) نتیجه گرفتند بالاترین قابلیت هضم ماده خشک در کشت مخلوط نخود– جو و ماشک – جو بدست آمد. لایتورگایدیس و همکاران (۲۰۰٦) پایین بودن مواد غذایی قابل هضم را در گیاهی که دیواره سلولی عاری از همی سلولز آن بالا بود را گزارش کردند که این نتیجه قابل تعمیم به نتیجه آزمایش حاضر از جهت پایین بودن قابلیت هضم و بالابودن دیواره سلولی عاری از همی سلولز ذرت است.

ارزش نسبی تغذیه‌ای (RFV)

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول٥) بین تیمارهای مختلف از لحاظ ارزش نسبی تغذیه‌ای در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. بیشترین میزان RFV (۱۹٦/۹ درصد) به کشت خالص ماشک و کمترین آن (۸٦/۰٤ درصد) به کشت خالص ذرت (عدم تلقیح) تعلق داشت. در بین کشت‌های مخلوط هم مخلوط ذرت تلقیح شده با نیتروکسین+ ماشک و بعد از آن ذرت تلقیح شده+ خلر بیشترین میزان RFV را داشتند (جدول٦). دلیل آن به میزان کمتر ADF و NDF ماشک و خلر نسبت داده می‌شود (جدول ٤). شاخص RFV برای پیش‌بینی میزان انرژی و مصرف علوفه استفاده می‌شود (لایتورگایدیس و همکاران ۲۰۰٦). در این آزمایش علوفه حاصل از مخلوط ذرت تلقیح شده با ماشک و خلر در حد ممتاز[1] می‌باشند، زیرا طبق گزارش‌های هوروکس و والنتین (۱۹۹۹)، علوفه‌هایی که دارای RFV بالاتر از ۱۵۱ درصد باشند از نظر ارزش تغذیه‌ای ممتاز و عالی محسوب می‌شوند. صادق‌پور و همکاران (۲۰۱۳) نتیجه گرفتند که ارزش نسبی تغذیه‌ای در کشت مخلوط جو و یونجه یکساله نسبت به کشت خالص جو بهبود یافت. مقادیر بالای NDF و ADF در کشت خالص ذرت می‌تواند دلیل پایین بودن RFV علوفه آن باشد. در بین لگوم‌های مورد مطالعه، ماشک بیشترین تاثیر را بر افزایش میزان RFV داشته است. افزایش RFV علوفه ذرت از افزایش DMI و DDM ذرت بر اثر کشت مخلوط ناشی می‌شود. با توجه به اینکه DMI و DDM به ترتیب اثر همبستگی منفی با NDF و ADF علوفه دارند وبا توجه به کاهش معنی‌دار این شاخص‌ها در کشت مخلوط، افزایش RFV ذرت قابل انتظار است. یلماز و

1- Prime

همکاران (۲۰۱۵) و جوانمرد و همکاران (۲۰۰۹) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند.

انرژی ویژه شیردهی (NE_L)

با توجه به تجزیه واریانس (جدول ۵) انرژی ویژه شیردهی تحت تأثیر کشت‌های خالص و مخلوط قرار گرفت. بیشترین میزان NE_L (۱/۶۷۲) در تیمار کشت خالص ماشک بدون تفاوت معنی‌دار با ذرت تلقیح شده با نیتروکسین + ماشک مشاهده شد و کشت خالص خلر با تیمار کشت مخلوط ذرت تلقیح شده+ خلر در رتبه بعدی قرار گرفتند. همچنین کمترین میزان این شاخص در ذرت خالص (عدم تلقیح) به‌دست آمد که نسبت به ذرت تلقیح شده ۵ درصد کاهش نشان داد (جدول٦). می‌توان بیان کرد که انرژی ویژه شیردهی علوفه به نوع لگوم مورد استفاده بستگی داشته و با توجه به کمتر بودن ADF لگوم‌ها در مقایسه با ذرت افزایش NE_L علوفه قابل پیش‌بینی است. لاریالت و کیرکسی (۲۰۰٤) نتیجه گرفتند که بین ترکیب‌های گراس با لگوم از لحاظ NE_L اختلاف معنی‌داری وجود دارد و بیان کردند مخلوط لگوم‌ها با چاودار و یولاف تأثیری بر میزان NE_L ندارد، در حالی‌که مخلوط لگوم‌ها با گندم و تریتیکاله موجب افزایش NE_L نسبت به کشت خالص گراس‌ها شد که دلیل آن را به کاهش میزان ADF در الگوهای مخلوط ذکر شده نسبت دادند. همچنین بینگول و همکاران (۲۰۰۷) نتیجه گرفتند که بیشرین میزان NE_L در کشت مخلوط ماشک و جو بدست آمد.

نتیجه گیری کلی

کشت مخلوط، یکی از ارکان اصلی کشاورزی پایدار جهت حفظ حاصلخیزی خاک و تأمین زمینه‌های لازم برای تولید پایدار محصولات و افزایش کمیت و کیفیت علوفه می‌باشد. بطور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که کشت مخلوط ذرت با لگوم‌ها سبب افزایش معنی-دار عملکرد کل علوفه خشک نسبت به کشت خالص آن‌ها شد. به طوری که بیشترین میزان عملکرد علوفه خشک کل در کشت ذرت (تلقیح با نیتروکسین)+ ماشک و کمترین میزان آن به کشت خالص اسپرس و خلر مشاهده شد. علاوه بر این، بیشترین میزان عملکرد پروتئین خام علوفه به کشت ذرت (تلقیح با نیتروکسین) با ماشک گل خوشه‌ای تعلق داشت. به عبارت دیگر ماشک گل خوشه-ای بیشترین تاثیر بر روی عملکرد کل علوفه خشک و پروتئین تولیدی نسبت به سایر لگوم‌ها داشته است. همچنین، بیشترین مقادیر ماده خشک مصرفی (DMI)، ماده خشک قابل هضم (DDM)، ارزش نسبی تغذیه‌ای (RFV) و انرژی ویژه شیردهی (NE_L) در کشت خالص ماشک مشاهده شد. در بین تیمارهای مختلف کشت مخلوط نیز بیشترین مقادیر ذکر شده در تیمار ذرت تلقیح شده با نیتروکسین+ ماشک بدست آمد. بنابراین، با توجه به پایین بودن کیفیت علوفه ذرت، جهت افزایش شاخص‌های کمی و کیفی علوفه آن، کشت همزمان ذرت تلقیح شده با نیتروکسین و ماشک گل خوشه‌ای توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

Agegnehu G, Ghizaw A and Sinebo W, 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. European Journal of Agronomy, 25: 202–207.

Amal GA, Orabi S and Gomma AM. 2010. Bio-organic farming of grain sorghum and its effect on growth, physiological and yield parameters and antioxidant enzymes activity. Research Journal of Agricultural and Biological Sciences, 6: 270-279.

Amani Machiani M, Javanmard A, Morshedloo MR and Maggi F, 2018. Evaluation of yield, essential oil content and compositions of peppermint (*Mentha piperita* L.) intercropped with faba bean (*Vicia faba* L.). Journal of Cleaner Production, 171: 529-537.

Atis I, Kokten K, Hatipoglu R, Yilmaz S, Atak M and Can E, 2012. Plant density and mixture ratio effects on the competition between common vetch and wheat. Australian Journal of Crop Science, 6: 498–505.

Assefa A and Ledin I, 2001. Effect of variety, soil type and fertilizer on the establishment, growth, forage yield, quality and voluntary intake by cattle of oats and vetches cultivated in pure stand and mixtures. Animal Feed Science and Technology, 92: 95-111.

Banik P, Midya A, Sarkar BK and Ghose SS, 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. European Journal of Agronomy, 24: 325- 332.

Belel MD, Halim RA, Rafii MY and Saud HM, 2014. Intercropping of corn with some selected legumes for improved forage production: A Review. Journal of Agricultural Science, 6(3): 48-62.

Bilal M, Ayub M, Tariq M, Tahir M and Nadeem MA, 2017. Dry matter yield and forage quality traits of oat (*Avena sativa* L.) under integrative use of microbial and synthetic source of nitrogen. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 16: 236–241.

Bingol NT, Karsli MA, Yilmaz IH and Bolat D, 2007. The effects of planting time and combination on the nutrient composition and digestible dry matter yield of four mixtures of vetch varieties intercropped with barley. Veterinary and Animal Sciences, 31: 297-302.

Carpici EB, Celik N and Bayram G, 2010. Yield and quality of forage maize as influenced by plant dencity and nitrogen rate. Turkish Journal of Field Crops, 15: 128- 132.

Chapagain T, Riseman A, 2014. Barley-pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. Field Crops Research, 166: 18–25.

Chen C, Westcott M, Neill K, Wickman D and Knox M, 2004. Row configuration and nitrogen application for barley- pea intercropping in Montana. Agronomy Journal, 96: 1730-1738.

Contreras-Govea FE, Muck RE, Armstrong KL and Albrecht KA, 2009. Nutritive value of corn silage in mixture with climbing beans. Animal Feed Science and Technology, 150: 1-8.

Dahmardeh M, Ghanbri A, Syahsar BA and Ramroudi M, 2010. Evolution of forage yield and protein content of maize and cowpea intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research. 3:633-642. (In Persian).

Esmaeili AR, Hosseini MB, Mohammadi M and Hosseinikhah FS, 2012. Evaluation of grain yield, dry matter production and some of the forage and silage quality properties in annual medic (*Medicago scutellata*) and spring barley (*Hordeum vulgare*) intercropping. Seed and Plant Production Journal, 28(2): 277-296.

Habibi S and Majidian M, 2014. Effect of different levels of nitrogen fertilizer and vermi-compost on yield and quality of sweet corn (*Zea mays* Hybrid Chase). Journal of Crop Production and Processing, 4 (11):15-26.

Hauggaard-Nielsen H, Ambus P and Jensen ES, 2003. The comparison of nitrogen use and leaching in sole cropped versus intercropped pea and barley. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 65: 289-300.

Horrocks RD and Vallentine JF, 1999. Harvested forage. Academic Press, London, UK.

Jafari AV, Frolich AC and Walsh EK, 2003. A note on estimation of quality in perennial rye grass by near in frared spectroscopy. Irish Journal of Agriculture And Food Research, 42: 293-299.

Javanmard A, Dabbagh Mohammadi Nasab A, Javanshir A, Moghaddam M and Janmohammadi H, 2009. Forage yield and quality in intercropping of maize with different legumes as double-cropped. Journal of Food, Agriculture & Environment, 7: 163–166.

Koocheki A, Lalehgani B and Najibnia S, 2009. Evaluation of productivity in bean and corn intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research, 7(2): 605-614. (In Persian).

Lameie-Harvani J, 2013. Assessment of dry forage and crude protein yields, competition and advantage indices in mixed cropping of annual forage legume crops with barley in rain fed conditions of Zanjan province in Iran. Seed and Plant Production Journal, 2(29): 169-183. (In Persian).

Lauriault LM and Kirksey RE, 2004. Yield and nutritive value of irrigated winter cereal forage grass- legume intercrops in the southern high plains. USA. Agronomy Journal, 96: 352-358.

Li H, Li L, Wegenast T, Longin CF, Xu X, Melchinger AE and Chen S, 2010. Effect of N supply on stalk quality in maize hybrids. Field Crops Reserch, 118: 208–214.

Lithourgidis AS, Vasilakoglou IB, Dhima KV, Dordas CA and Yiakoulaki MD, 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. Field Crops Reserch, 99: 106–113.

Lithourgidis AS, Dhima KV, Vasilakoglou IB, Dordas CA and Yiakoulaki MD. 2007. Sustainable production of barley and wheat by intercropping common vetch. Agronomy for Sustainable Development, 27: 95–99.

Liu R and Lal R, 2015. Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. Science of the total environment, 514: 131-139. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 25(2): 17-32.

Majidian M, Ghalavand A, Kamkar H and Karimian N, 2008. Effect of water stress, nitrogen fertilizer and manure on chlorophyll meter reading, grain yield components in grain maize. Cv. SC. 704. Iranian Journal of Crop Sciences, 10: 303-330.

Mehrvarz S and Chaichi MR, 2008. Effect of Phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on forage and grain quality of barely (*Hordeum vulgare* L). American- Eurasian Journal Agricultural and Environmental Science, 3: 855-860.

Mohammad Abadi AA, Rezvani Moghaddam P, Fallahi J and Bromand Rezazadeh Z, 2012. Effect of chemical and organic fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of fenugreek (*Trigonella foenumgraecum* L.) forage. Agroecology, 3(4): 491-499. (In Persian with English Summary).

Nakhzari-Moghadam A, Chaichi MR, Mazaheri D, Rahimian Mashhadi H, Majnoon hoseini N and Noorinia AA, 2009. The effects of corn and green gram intercropping on yield, LER and some quality characteristics of forage. Iranian Journal of Field Crops Reaserch, 40(4): 151-159. (In Persian).

Naghizadeh M and Galavi M, 2012. Evaluation of phosphorous biofertilizer and chemical phosphorous influence on fodder quality of corn (*Zea mays* L.) and grass pea (*Lathyrus sativa* L.) intercropping. Agroecology, 4(1): 52-62.

Nassiri Mahallati M, Koocheki A, Mondani F, Feizi H and Amirmoradi S, 2015. Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. Journal of Cleaner Production, 106: 343–350.

Roos SM, King JR, Donovan JTO and Spaner D, 2005. The productivity of oats and berssem clover intercrops. I. Primary growth characteristics and forage quality at four densities of oats. Grass and Forage Science, 60: 74- 86.

Sadeghpour A, Jahanzad E, Esmaieli A, Hosseini MB and Hashemi M, 2013. Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi-arid conditions: Additive series. Field Crops Research, 148: 43-48.

Shakour Zadeh A, Alizadeh K, Pour Yousef M and Ghaffari AA, 2012. Study of density and nixed ratios on forage qualitative and quantitative yield in intercropping of barley and vetch under dryland conditions. Iranian Journal of Dry Land Farming, 1: 63-74.

Sharma P, 2008. Nutrient management–Challenges and options. Journal of the Indian Society of Soil Science, 56(4): 395-403.

Smith KF, Reed KFM and Fiit JZ, 1997. An assessment of the relative importance of specific traits for the genetic improvement of nutritive value in dairy pasture. Grass Forage Science, 52: 167-175.

Stoltz E and Nadeau E, 2014. Effects of intercropping on yield, weed incidence, forage quality and soil residual N in organically grown forage maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.). Field Crops Research, 169: 21-29.

Strydhorst SM, King JR, Lopetinksy KJ and Harker KN, 2008. Forage potential of intercropping barley with faba bean, lupin, or field pea. Agronomy Journal, 100: 182–190.

Subramanian KS, Manikandan A, Thirunavukkarasu M and Rahale CS, 2015. Nano-fertilizers for balanced crop nutrition. Nanotechnologies in Food and Agriculture, 69-80.

Tang CH, Yang X, Chen X, Ameen A and Xie G, 2018. Sorghum biomass and quality and soil nitrogen balance responce to nitrogen rate on semiarid marginal land, Field Crops Research, 215: 12-22.

Tarang E, Ramroudi M, Galavi M, Dahmardeh M and Mohajeri F, 2013. Evaluation grain yield and quality of corn (Maxima Cv) in responses to Nitroxin bioferilizer and chemical fertilizers. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5: 683–687.

Yilmaz Ş, Özel A, Atak M and Erayman M, 2015. Effects of seeding rates on competition indices of barley and vetch intercropping systems in the eastern mediterranean. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 39: 135–143.

Yolcu H, Dasci M and Tan M, 2009. Evaluation of annual legumes and barley as sole crops and intercrop in spring frost conditions for animal feeding I. Yield and quality. Journal of Animal and Veterinary Advances, 8: 1337–1342.