نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال چهاردهم / شماره دوم / تابستان ۱۴۰۳/ مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۱۵ تا ۳۰

اثر کاربرد کودهای زیستی و آلی بر کارایی فیزیولوژیک نیتروژن و خصوصیات زراعی یونجه در منطقه کاشان

هادی کشایی آرانی[۱]، محمد میرزاخانی[۲*] و کریم نوزاد نمین[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۲)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کاربرد کودهای زیستی و آلی بر کارایی فیزیولوژیک نیتروژن و خصوصیات زراعی یونجه در منطقه کاشان آزمایشی در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در شهر آران و بیدگل از توابع استان اصفهان، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل سه نوع کود آلی (کود گاوی، کود گوسفندی و کود مرغی) به‌همراه شاهد هر کدام به میزان ۱۰ تن در هکتار) و سه نوع حاصلخیزکننده زیستی (کود نیتروکسین، کود فسفات بارور-۲ و ترکیب نیتروکسین و فسفات بارور-۲) به‌همراه شاهد بودند. صفاتی مانند تعداد ساقه در مترمربع، تعداد دانه در مترمربع، تعداد روز تا ده درصد گلدهی، وزن هزار دانه، عملکرد علوفه‌تر، درصد نیتروژن، درصد پروتئین، عملکرد پروتئین، کارایی فیزیولوژیک و کارایی مصرف فسفر مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تیمار کاربرد تلفیقی کود زیستی نیتروکسین + فسفات بارور-۲ با میانگین ۶۸/۴ تن بر هکتار نسبت به سایر سطوح کود زیستی از برتری ۱۵/۶ درصدی برخوردار بود. بنابراین می‌توان گفت که کاربرد توأم نیتروکسین و فسفر بارور-۲ توانسته است شرایط تغذیه‌ای بهینه‌تری را در چین‌برداری های متوالی نسبت به کاربرد منفرد هر یک از آنها ایجاد نماید. در بین سطوح کود آلی نیز مصرف ۱۰ تن بر هکتار کود گاوی با میانگین ۶۷/۱ و عدم مصرف کود آلی با میانگین ۶۲/۳ تن بر هکتار به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان عملکرد علوفه‌تر یونجه را تولید نمودند. همچنین اثر متقابل کودهای زیستی و آلی بر اکثر صفات معنی‌دار شد و در بین اثرات متقابل، بیشترین میزان کارایی فیزیولوژیک نیتروژن با میانگین ۳/۴۰ کیلوگرم دانه تولید شده بر کیلوگرم نیتروژن مصرف شده مربوط به تیمار عدم تلقیح با کود زیستی + مصرف ۱۰ تن بر هکتار کود گاوی بود.

واژه‌های کلیدی: بارور-۲، درصد پروتئین، عملکرد علوفه، فسفر، نیتروکسین

۱ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت و استادیار، گروه کشاورزی، واحد نراق، دانشگاه آزاد اسلامی، ، نراق، ایران.

۲. دانشیار، گروه کشاورزی، واحد فراهان، دانشگاه آزاد اسلامی، فراهان، ایران.

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: mmirzakhani@iau-farahan.ac.ir

مقدمه

یونجه از مهمترین محصولات علوفه‌ای (*Medicago sativa*) تیره لگوم است که دارای محصول بالا، توانایی تثبیت نیتروژن و حجم بالای پروتئین است. به‌دلیل سیستم ریشه‌ای عمیق و گسترده، فرسایش خاک را کاهش و نفوذ آب در زمین‌های کشاورزی را بهبود می‌دهد (۱۱). پژوهشگران اعلام نمودند که با توجه به رابطه منفی عملکرد یونجه با کیفیت علوفه بایستی از بین اکوتیپ‌های منتخب با عملکرد علوفه‌ی بالا اکوتیپ‌هایی را برگزید که دارای نسبت برگ به ساقه، پروتئین خام، قابلیت هضم، قندهای محلول و خاکستر کل بالا و میزان فیبر خام و فیبرهای محلول در شوینده اسیدی و خنثی پایین باشند (۲۹). نتایج تجزیه واریانس پژوهشی با مقایسه شش توده گزینش شده، شش توده اولیه و یک رقم خارجی (بولداگ) نشان داد که بین اکوتیپ‌های یونجه از نظر ارتفاع بوته، نسبت برگ به ساقه، عملکرد علوفه تر و عملکرد علوفه خشک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (۳۸). در آزمایشی تأثیر زمان برداشت و شوری خاک بر عملکرد و کیفیت علوفه پنج رقم یونجه مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که ارقام یونجه و چین‌های برداشت‌شده از نظر عملکرد علوفه تر و خشک، ارتفاع بوته، نسبت برگ به ساقه، درصد پروتئین و الیاف خام دارای تفاوت معنی‌داری بودند (۲۷).

محققان بیان داشتند که با توجه به این که در ساختار رنگیزه‌های فتوسنتز (کلروفیل وکاروتنوئید) برخی از عناصر غذایی مشارکت دارند، بنابراین به کارگیری منابع مختلف کودی از طریق فراهم نمودن شرایط رشد بهتر برای گیاه باعث افزایش محتوای کلروفیل کل برگ نسبت به تیمار شاهد می‌شوند (۲۰). پژوهشگران دریافتند که باکتری‌های ساکن در مناطقی که در معرض تنش مکرر هستند، به احتمال زیاد سازگاری بیشتر یا تحمل بیشتری به تنش دارند و می‌توانند تحت شرایط تنش شوری باعث رشد بهتر گیاه شوند (۳۵). گره‌های گیاهان یونجه کشت‌شده در خاک‌های شور منبع مناسبی از باکتری‌های همزیست و غیر همزیست مقاوم به شوری و محرک رشد گیاه است. این باکتری‌ها از طریق توسعه ریشه گیاهان، تثبیت نیتروژن، انحلال فسفات‌های آلی و معدنی می‌توانند باعث بهبود رشد گیاهان یونجه، تحت تنش شوری شوند (۲۸). نتایج تحقیقی نشان داد که کاربرد برگی کود اوره و کاربرد خاکی کود بیولوژیک باکتری ریزوبیوم ملیلوتی تأثیر معنی‌دار بر رشد و عملکرد علوفه‌ی یونجه نداشت (۲۶). نتایج جدول تجزیه واریانس تحقیقی نشان داد که تأثیر تلقیح با باکتری سینوریزوبیوم بر وزن خشک اندام هوایی یونجه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. تیمار استفاده از باکتری با عملکرد ۱۸ تن بر هکتار با تیمار عدم استفاده از باکتری، با عملکرد ۱۵ تن بر هکتار تفاوت معنی داری داشت (۳). تلقیح گیاه یونجه با باکتری‌های همزیست سینوریزوبیوم که مقاوم به سرب بوده و کارایی بالایی نیز دارند، می‌تواند اثرات نامطلوب سرب بر گیاه را تا حدودی کاهش دهد. به‌طوری‌که در گیاهان شاهد تلقیح نشده با باکتری (شاهد) با افزایش سطوح سرب از صفر به ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم، وزن خشک بخش هوایی یونجه حدود ۴۹ درصد کاهش نشان داد (۹).

قارچ‌های میکوریزا بر جذب عناصر غذایی مثل فسفر، نیتروژن و همچنین جذب آب در شرایط تنش، تولید هورمون‌های گیاهی، تعدیل اثر تنش های محیطی، افزایش مقاومت نسبت به عوامل بیماریزا در گیاه، کاهش آسیب‌های ریشه‌ای، تأثیر بر دانه‌بندی خاک، تشدید فعالیت تثبیت زیستی نیتروژن، همچنین بهبود خواص کمی، مؤثر هستند. از مهم‌ترین عناصری که توسط میکوریزا به‌طور فعال در سطح وسیع جذب می شود عنصر فسفر است (۸). با توجه به یافته‌های تحقیقی، استفاده از کود زیستی میکوریزا در جهت افزایش عملکرد علوفه یونجه هم در شرایط مناسب آبیاری و هم تحت شرایط کم‌آبیاری در راستای کشاورزی پایدار است (۱۹). محققان توانایی حل‌کنندگی فسفات در باکتری‌های اندوفیت را در مطالعات قبلی خود گزارش کرده‌اند (۱۲). نتایج نشان داد که کاربرد کود زیستی میکوریزا در شرایط آبیاری کامل یونجه، عملکردی معادل کاربرد کود شیمیایی داشت، ولی در هر دو شرایط کم

آبیاری به‌طور میانگین منجر به افزایش ۱۰/۲ درصدی عملکرد علوفه در مقایسه با تیمار کاربرد کود شیمیایی شد. سایر تیمارهای کودی در شرایط آبیاری در ۶۰ درصد ظرفیت زراعی تیمارهای کودی ورمی کمپوست، کود مرغی، شیمیایی و شاهد در یک گروه آماری قرار گرفتند (۱۹).

نتایج محققان نشان داد که کاربرد نیتروکسین و کود بیولوژیک فسفات بارور-۲ بر درصد پروتئین گیاه معنی‌دار بود و در بین اثرات متقابل بیشترین درصد پروتئین (۲۲/۳) مربوط به تلقیح با فسفات بارور-۲ و مصرف کود آلی کمپوست قارچ بود (۵). در یک پژوهش اثر منابع مختلف تغذیه (شیمیایی، ورمی‌کمپوست و تلفیقی (۵۰ درصد کود شیمیایی + نیتروکسین و فسفات بارور۲)) بر ارتفاع بوته یونجه در سطح احتمال پنج درصد و بر تعداد شاخه فرعی و برگ در بوته و عملکرد علوفه خشک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (۱۵). محققان بیان نمودند که تأثیر کود بیولوژیک فسفر بارور-۲ (در دو سطح عدم کاربرد و کاربرد ۱۰۰ گرم) و سوپر فسفات تریپل(چهار سطح ۰، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) بر یونجه در حضور کود بیولوژیک در تلفیق با میزان مناسبی از کود فسفره (۷۵ کیلوگرم در هکتار) سبب بهبود عملکرد علوفه، درصد پروتئین و جذب عناصر غذایی از قبیل فسفر، پتاسیم، کلسیم و نیتروژن شد (۱).

کود بیولوژیک نیتروکسین علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک، با تولید مقادیر قابل‌ملاحظه هورمون‌های تحریک‌کننده رشد، به‌خصوص انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکینین، رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۳۶). نتایج تحقیقی نشان داد که کاربرد نیتروکسین و کود بیولوژیک فسفات بارور-۲ بر کارایی مصرف نیتروژن معنی‌دار بود و تلقیح با نیتروکسین با میانگین (۲۲/۷) بیشترین مقدار کارایی مصرف نیتروژن را به خود اختصاص داد (۵). محققان گزارش نمودند که کاربرد توأم ۲۰ تن کود دامی و کود زیستی نیتروکسین و کاربرد ۷/۵ تن بر هکتار کود دامی و تلقیح با باکتری ازتوباکتر روی سیاهدانه بیانگر بهبود میزان اسانس بود. به‌طورکلی به‌نظر می‌رسد که اثر متقابل بین کودهای دامی و زیستی حل کنندهٔ فسفات، تحت تأثیر فراسنجه (پارامترهای) مختلفی مانند منبع و میزان کود دامی، شرایط اقلیمی، طول دورهٔ رشد گیاه و اندام حاوی اسانس است (۱۷). در پژوهشی مشخص شد که مصرف توأم ۱۵ تن کود دامی به‌همراه تلقیح با باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم باعث بهبود ۵۵ درصدی میزان اسانس گشنیز شد (۱۰). پژوهشگران با بررسی اثرات کود اوره و مرغی بر رشد، عملکرد و کارایی زراعی مصرف نیتروژن اظهار داشتند که با کاربرد ۱۰ تن کود مرغی در هکتار، عملکردهایی نزدیک به مصرف کود شیمیایی به‌دست آمد (۶). در آزمایشی دیگر، مصرف صفر، ۲۰ ، ۳۰ ، ۴۰ ، ۵۰ و ۶۰ تن در هکتار کود مرغی در سه منطقه نشان داد که بیشترین میزان عملکرد (۵۵/۴ تن در هکتار)، با مصرف ۶۰ تن در هکتار کود مرغی به‌دست آمد (۳۰). محققان با بررسی اثر مصرف کودهای دامی گاوی، گوسفندی و مرغی بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه نشان دادند که کود مرغی به مقدار ۲۰ تن در هکتار در مقایسه با کود گاوی و گوسفندی، منجر به بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد وش پنبه شد (۱۸). پژوهش حاضر به‌منظور توسعه کشاورزی پایدار، کاهش کاربرد کودهای شیمیایی و مطالعه تأثیر کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و آلی در شرایط اقلیمی شهرستان آران و بیدگل بر کارایی فیزیولوژیک نیتروژن و برخی خصوصیات زراعی یونجه انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه نصرآباد واقع در شرق شهرستان آران و بیدگل به اجراء درآمد. رقم مورد استفاده یونجه همدانی بود. از نظر تشکیل گره در ریشه، نمونه برداری انجام نشده است. محل انجام آزمایش در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۹ دقیقه و عرض ۳۴ درجه و ۱۴ دقیقه واقع شده است. آزمایش به‌صورت دوفاکتوره در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای

آزمایشی شامل سه نوع کود آلی به‌همراه شاهد (کود گاوی، کود گوسفندی و کود مرغی) هر کدام به میزان ۱۰ تن در هکتار) و سه نوع حاصلخیزکننده زیستی به‌همراه شاهد (کود نیتروکسین، کود فسفات بارور-۲ و ترکیب نیتروکسین و فسفات بارور-۲) بود. نتایج آزمایش خاک محل انجام پروژه در جدول ۱ آورده شده است.

این آزمایش در سال سوم مزرعه یونجه و برداشت هم بر اساس زمان رسیدن به ۱۰ درصد گلدهی بوته‌های یونجه انجام شد (البته جهت اندازه گیری اجزای عملکرد دانه، مانند تعداد دانه در مترمربع، وزن هزار دانه و .... در چین آخر به یونجه اجازه داده شد تا گلدهی کامل شود و برداشت پس از رسیدگی فیزیولوزیک انجام شد). هر کرت آزمایشی چهار متر عرض و شش متر طول بود. بین هر دو کرت آزمایشی نیز دو متر فاصله در نظر گرفته شد. جهت افزایش کارایی مصرف و جلوگیری از هدر روی کودهای آلی و زیستی در کرت‌های آزمایشی، پس از تعیین مقدار دقیق مصرف کودهای آلی هر کرت، در طول اجرای آزمایش و متناسب با مقدار رشد یونجه و تاریخ چین بردای‌ها، ابتدا هر یک از انواع کودهای آلی به‌طور جداگانه چندین روز جلوتر در ظروفی با حجم مناسب و یکسان (بشکه‌های ۲۰۰ لیتری) داخل آب کاملا حل شدند و پس از یک هفته بهم‌زدن، محلول‌های یکدستی از هر کدام به‌دست آمده و به‌طور یکنواخت در هر یک از کرت‌های آزمایشی پخش شد (این کار دو مرتبه در هر چین‌برداری یونجه تکرار شد). چون این آزمایش در سال سوم مزرعه یونجه اجرا شد. بنابراین امکان دخل و تصرف زیادی نداشتیم، به‌طوری‌که امکان اختلاط کودهای آلی با خاک مزرعه تقریبا غیرممکن بود و توزیع سطحی کودهای آلی نیز موجب کاهش شدید کارایی مصرف کودها و اثر بخشی ناچیز آنها می‌شد.

کودهای زیستی نیتروکسین و بارور-۲ نیز متناسب با هر یک از تیمارهای کودی به ظرف محتوی محلول کودهای آلی اضافه شد. مقدار مصرف نیتروکسین ۳ لیتر و کود زیستی بارور-۲ نیز حدود ۳۰۰ گرم برای انجام آزمایش بود. به‌طورکلی سه مرحله چین‌برداری انجام شد. برای تعیین میانگین وزن‌تر تجمعی از هر کرت آزمایشی پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای کرت (اثرات حاشیه‌ای)، از دو ردیف وسطی دو مترمربع از هر یک از کرت های آزمایشی انتخاب و علاوه بر آن جهت اندازه‌گیری اجزای عملکرد، ۲۰ بوته انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شد و صفاتی مانند تعداد ساقه در مترمربع، تعداد دانه در مترمربع، وزن هزار دانه، درصد نیتروژن کل بافت گیاه (به روش کجلدال)، درصد پروتئین (حاصلضرب درصد نیتروژن در عدد ۶/۲۵)، عملکرد پروتئین (حاصلضرب درصد پروتئین در عملکرد بیولوژیکی)، عملکرد علوفه‌تر، کارایی فیزیولوژیک نیتروژن و کارایی مصرف نیتروژن نیز (با استفاده از روابط زیر ۱ و ۲) محاسبه شدند. پس از تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTAT-C میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. کارایی فیزیولوژیک فسفر و کارایی مصرف فسفر بر اساس زیست توده (با استفاده از روابط ۱ و ۲) محاسبه شد (۱۳، ۲۲ و ۴۰).

$$\text{کارایی فیزیولوژیکی نیتروژن} = \frac{\text{عملکرد دانه کرت شاهد} - \text{عملکرد دانه کرت کود داده شده}}{\text{نیتروژن جذب شده در کرت شاهد} - \text{نیتروژن جذب شده در کرت کود داده شده (کیلوگرم برکیلوگرم)}} \quad (۱)$$

$$\text{کارایی مصرف نیتروژن} = \frac{\text{عملکرد دانه تولید شده}}{\text{مقدار نیتروژن مصرف شده (کیلوگرم برکیلوگرم)}} \quad (۲)$$

نتایج و بحث

تعداد ساقه در مترمربع

در جدول تجزیه واریانس، اثر تیمار مصرف کودهای زیستی و آلی در سطح احتمال یک درصد بر صفت تعداد ساقه در مترمربع معنی‌دار ولی اثر متقابل آنها بر این صفت غیر معنی‌دار بود (جدول ۲). با مقایسه میانگین اثرات اصلی سطوح کود زیستی، مشخص شد که کاربرد تلفیقی کود زیستی نیتروکسین به‌همراه فسفات بارور-۲ با میانگین (۳۵۵ عدد)، بیشترین و

جدول ۱. نتایج آزمایش خاک مزرعه

عمق خاک (سانتی‌متر)	اسیدیته اشباع	فسفر قابل جذب (پی‌پی‌ام)	پتاسیم قابل جذب (پی‌پی‌ام)	نیتروژن کل (درصد)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	بافت
۰–۳۰	۸/۰۶	۱۳/۸۲	۲۵۷	۰/۱۲	۳۳	۳۹	۲۸	لومی

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های زراعی گیاه یونجه تحت تأثیر کودهای زیستی و آلی

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد ساقه در متر مربع	روز تا ۱۰ درصد گلدهی	تعداد دانه در متر مربع	هزار دانه	عملکرد علوفه‌تر	درصد نیتروژن	درصد پروتئین
تکرار	۲	۳۲۸۳^{ns}	۳۶/۳**	۲۰۸۰۶۱۸**	۰/۰۸۵**	۴۹/۹**	۰/۱۳۱**	۵/۱۵**
سطوح کود زیستی	۳	۴۸۸۲۸**	۴۷۴**	۱۸۵۵۵۴۴۴**	۰/۲۰۶**	۲۱۰**	۳/۰۰۸**	۱۱۷**
سطوح کود آلی	۳	۵۵۶۰۰**	۹۳/۸**	۴۰۶۴۶۴۶۱**	۰/۱۴۳**	۵۲/۱**	۱/۹۹**	۷۷/۸**
کود زیستی × آلی	۹	۲۷۸۲^{ns}	۱۸/۵**	۱۲۶۲۱۲۰**	۰/۰۲۵**	۹/۲۲^{ns}	۰/۱۲۷**	۴/۹۷**
خطاء	۳۰	۱۴۷۹	۳/۶۲	۵۵۰۲۵	۰/۰۰۲	۱۳۵	۰/۰۰۹	۰/۳۵
ضریب تغییرات (درصد)		۱۴/۹	۵/۱۰	۴/۶۴	۱/۸۹	۳/۲۵	۴/۱۷	۴/۱۷

ns ، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار نیست، معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ادامه جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های زراعی گیاه یونجه تحت تأثیر کودهای زیستی و آلی

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد پروتئین	کارایی فیزیولوژیک نیتروژن	کارایی مصرف نیتروژن
تکرار	۲	۵۳۴۹**	۰/۵۱^{ns}	۹/۷۹*
سطوح کود زیستی	۳	۱۲۳۹۷۷**	۸۲/۱^{ns}	۴۴/۱^{ns}
سطوح کود آلی	۳	۷۰۶۶۷**	۲۰۰۹**	۵۳۳**
کود زیستی × آلی	۹	۱۸۴۲**	۲۶/۵**	۹/۱۱**
خطاء	۳۰	۱۰۳	۵/۷۴	۱/۲۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱۴/۹	۲/۸۷	۱۳/۳

ns ، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار نیست، معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

تیمار عدم مصرف کودهای زیستی با میانگین (۱۸۵ عدد) کمترین تعداد ساقه در مترمربع را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). تلقیح همزمان با نیتروکسین و فسفربارور-۲ از طریق افزایش فراهمی و قابلیت جذب عناصر غذایی، خصوصا نیتروژن و فسفر توسط ریشه‌های یونجه، موجب افزایش رشد و تولید آسیمیلات‌های گیاه شده و با تولید تعداد بیشتر آغازنده-های تولید ساقه در طوقه یونجه، افزایش تعداد ساقه در مترمربع را در پی داشته است. در بین سطوح کود دامی نیز کمترین و بیشترین تعداد ساقه در مترمربع به‌ترتیب با میانگین (۱۶۴ عدد) و (۳۲۸ عدد) متعلق به تیمار شاهد و تیمار کاربرد ۱۰ تن در هکتار کود گاوی بود. البته تیمارهای مصرف ۱۰ تن بر هکتار کود گوسفندی و ۱۰ تن بر هکتار کود مرغی از این لحاظ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۲).

محققان گزارش نمودند که اثر سطوح آبیاری، ژنوتیپ یونجه، سال و همچنین اثرات متقابل سال با ژنوتیپ سطوح آبیاری و ژنوتیپ بر صفت تعداد ساقه در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. میانگین تعداد ساقه تمامی ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سه سطح آبیاری به‌ترتیب ۱۶، ۱۷ و ۲۴ عدد بود (۲۴). نتایج پژوهشگران نشان داد که اثر مقدار بذر، چین برداری و اثر متقابل آنها بر تعداد ساقه شمارش شده یونجه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. به‌طوری‌که بیشترین و کمترین تعداد ساقه در مترمربع به‌ترتیب با میانگین ۴۷۳ و ۳۳۵ عدد مربوط به تیمار (چین دوم + مصرف ۳۰کیلوگرم بذر) و تیمار (چین اول + مصرف ۱۰کیلوگرم بذر) بود (۳۹).

روز تا ده درصد گلدهی

صفت تعداد روز تا ده درصد گلدهی، تحت تأثیر تیمار مصرف کودهای زیستی، آلی و اثر متقابل آنها قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). در بین اثرات متقابل، تیمار (کاربرد توأم کود زیستی نیتروکسین + فسفات بارور-۲ + مصرف ۱۰ تن بر هکتار کود گاوی) با میانگین ۲۷ روز کمترین و تیمار (عدم تلقیح با کودهای زیستی + عدم مصرف کودهای آلی) با میانگین ۵۲/۷ روز نیز بیشترین تعداد روز تا ده درصد گلدهی را داشتند (جداول ۴ و ۵). با توجه به این موضوع که با کاهش فاصله چین‌برداری در یونجه می‌توان به برداشت چین‌های بیشتری اقدام کرد، در این پژوهش با بررسی نتایج مشخص شد که عدم فراهمی و فقر عناصر غذایی در محیط ریشه یونجه از طریق تعویق در هر یک از مراحل رشد رویشی یونجه، موجب به تأخیر افتادن زمان آغاز گلدهی شده است. به‌طوری‌که کاربرد توأم کود زیستی نیتروکسین + فسفات بارور-۲ + مصرف ۱۰ تن بر هکتار کود گاوی، کمترین تأثیر منفی را در افزایش فاصله زمانی بین دو چین‌برداری داشته است. پژوهشگران با بررسی ۴۹ اکوتیپ یونجه اعلام نمودند که اثر اکوتیپ بر تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اکوتیپ محلی مسجد سلیمان با کد نمونه KR-20285 با میانگین ۹۴/۹ روز و اکوتیپ محلی آذربایجان شرقی با کد نمونه ۸۷۸ با میانگین ۱۰۷ روز به‌ترتیب کمترین و بیشترین روز تا ۵۰ درصد گلدهی را داشتند (۲۹).

تعداد دانه در مترمربع

در جدول تجزیه واریانس، صفت تعداد دانه در مترمربع، تحت تأثیر تیمار مصرف کودهای زیستی، آلی و اثر متقابل آنها قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). در بین اثرات متقابل، تیمار کاربرد توأم کود زیستی نیتروکسین + فسفات بارور-۲ + مصرف ۱۰ تن بر هکتار کود گاوی با میانگین ۹۶۹۰ عدد بیشترین و تیمار عدم تلقیح با کودهای زیستی + عدم مصرف کودهای آلی با میانگین ۱۹۳۳ عدد کمترین تعداد دانه در مترمربع را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد که تلقیح توأم با کودهای زیستی (فعالیت همزمان باکتری‌های غیرهمزیست موجود در کود زیستی نیتروکسین در کنار باکتری‌های همزیست با ریشه‌های یونجه) و مصرف مقادیر مناسب از کودهای آلی باعث افزایش جذب عناصر نیتروژن (بهبود رشد رویشی گیاه و تولید اجزای عملکرد بیشتر) و فسفر (افزایش واحدهای زایشی در گیاه و بهبود باروری گل‌ها) شده و در نهایت افزایش تعداد دانه در

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرات ساده کاربرد کودهای زیستی بر برخی صفات یونجه همدانی

تیمار	تعداد ساقه در مترمربع	روز تا ۱۰ درصد گلدهی	تعداد دانه در مترمربع	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد علوفه‌تر (تن بر هکتار)	درصد نیتروژن	درصد پروتئین	عملکرد پروتئین (کیلوگرم بر هکتار)
عدم مصرف کود (شاهد)	۱۸۵^{d}	۴۵/۲^{a}	۳۳۴۲^{d}	۲/۲۸^{c}	۵۹/۱^{b}	۱/۶۷^{c}	۱۰/۴^{c}	۳۹۵^{d}
کود زیستی نیتروکسین	۲۷۳^{b}	۳۹/۲^{b}	۵۱۳۷^{c}	۲/۳۹^{b}	۶۷/۲^{a}	۲/۵۲^{a}	۱۵/۷^{a}	۶۲۲^{a}
کود زیستی فسفات بارور–۲	۲۳۲^{c}	۳۳/۱^{c}	۵۴۴۳^{b}	۲/۴۲^{b}	۶۶/۶^{a}	۲/۲۰^{b}	۱۳/۵^{b}	۵۹۲^{b}
کود نیتروکسین+فسفات بارور–۲	۳۳۵^{a}	۳۱/۴^{d}	۶۲۹۸^{a}	۲/۶۲^{a}	۶۸/۴^{a}	۲/۱۲^{b}	۱۳/۲^{b}	۵۶۶^{c}

میانگین هایی که دارای حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی داری در آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات ساده کاربرد کودهای آلی بر برخی صفات یونجه همدانی

تیمار	تعداد ساقه در متر مربع	روز تا ۱۰ درصد گلدهی	تعداد دانه در مترمربع	وزن هزار دانه (گرم)	وزن‌تر تجمعی (تن بر هکتار)	درصد نیتروژن	درصد پروتئین	عملکرد پروتئین (کیلوگرم بر هکتار)
عدم مصرف کود (شاهد)	۱۶۴^{c}	۴۰/۶^{a}	۳۴۶۶^{d}	۲/۲۹^{d}	۶۲/۳^{b}	۱/۷۵^{d}	۱۰/۹^{d}	۴۵۰^{d}
کود گاوی (۱۰ تن بر هکتار)	۳۲۸^{a}	۳۴/۲ ^{d}	۷۶۰۶^{a}	۲/۵۵^{a}	۶۷/۱^{a}	۲/۳۸^{b}	۱۴/۹^{b}	۵۵۶^{b}
کود گوسفندی (۱۰ تن بر هکتار)	۲۶۲^{b}	۳۸/۲^{b}	۳۹۹۷^{c}	۲/۴۳^{c}	۶۵/۶^{a}	۲/۲۵^{c}	۱۴/۱^{c}	۵۳۲^{c}
کود مرغی (۱۰ تن بر هکتار)	۲۷۰^{b}	۳۵/۹^{c}	۵۱۵۲^{b}	۲/۴۸^{b}	۶۶/۳^{a}	۲/۷۳^{a}	۱۷/۱^{a}	۶۳۷^{a}

میانگین هایی که دارای حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی داری در آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

ادامه جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات ساده کاربرد کودهای آلی بر برخی صفات یونجه همدانی

تیمار	کارایی فیزیولوژیک نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)	کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)
عدم مصرف کود (شاهد)	۰/۰۰^{c}	۰/۰۰^{c}
کود گاوی (۱۰ تن بر هکتار)	۲/۷۵^{a}	۰/۸۶^{a}
کود گوسفندی (۱۰ تن بر هکتار)	۲/۳۳^{b}	۰/۳۳^{b}
کود مرغی (۱۰ تن بر هکتار)	۲/۵۱^{b}	۰/۳۹^{b}

میانگین هایی که دارای حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی داری در آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات متقابل مصرف کودهای زیستی و آلی بر خصوصیات زراعی یونجه

	تیمار	روز تا ۱۰ درصد گلدهی	تعداد دانه در متر مربع	وزن هزار دانه (گرم)	درصد نیتروژن	درصد پروتئین
عدم تلقیح	عدم مصرف کود آلی	۵۲/۶۷ a	۱۹۳۳ j	۲/۸۳ i	۱/۴۰ h	۸/۷۵ h
	کود گاوی (۱۰ تن بر هکتار)	۴۰/۰۰ cd	۵۰۳۳ e	۳/۶۰ c	۱/۷۷ f	۱۱/۰۴ f
	کود گوسفندی(۱۰ تن بر هکتار)	۴۱/۳۳ cd	۲۹۳۳ i	۳/۰۳ fg	۱/۶۰ g	۹/۹۹ g
	کود مرغی(۱۰ تن بر هکتار)	۴۷/۰۰ c-e	۳۴۶۷ h	۳/۳۰ d	۱/۹۰ ef	۱۱/۸۷ ef
تلقیح با نیتروکسین	عدم مصرف کود آلی	۳۹/۶۷ ef	۳۵۱۳ h	۳/۲۵ h	۱/۸ f	۱۱/۲۵ f
	کود گاوی (۱۰ تن بر هکتار)	۳۸/۰۰ c-e	۸۲۶۷ b	۴/۲۱ e-g	۳/۰۰ b	۱۸/۷۵ b
	کود گوسفندی(۱۰ تن بر هکتار)	۳۸/۶۷ de	۳۹۶۷ g	۳/۵۵ fg	۲/۹ b	۱۸/۱۲ b
	کود مرغی(۱۰ تن بر هکتار)	۴۰/۶۷ c-e	۴۸۰۰ ef	۳/۸۰ g	۳/۴۷ a	۲۱/۶۶ a
تلقیح با فسفات بارور	عدم مصرف کود آلی	۳۴/۶۷ b	۳۹۱۷ g	۳/۴۰ e-g	۱/۸۷ ef	۱۱/۶۶ ef
	کود گاوی (۱۰ تن بر هکتار)	۳۲/۰۰ c	۷۴۳۳ c	۴/۵۵ de	۲/۶۳ c	۱۴/۴۶ c
	کود گوسفندی(۱۰ تن بر هکتار)	۳۲/۶۷ c	۶۰۴۷ g	۳/۹۳ de	۲/۵۰ c	۱۵/۶۲ c
	کود مرغی(۱۰ تن بر هکتار)	۳۳/۳۳ ce	۶۳۵۷ d	۴/۱۸ ef	۳/۰۳ b	۱۸/۹۶ b
نیتروکسین + فسفات بارور	عدم مصرف کود آلی	۳۵/۶۷ c	۴۵۰۰ f	۳/۴۶ de	۱/۹۳ ef	۱۲/۰۸ ef
	کود گاوی (۱۰ تن بر هکتار)	۲۷/۰۰ f	۹۶۹۰ a	۴/۷۰ a	۲/۵۳ e	۱۵/۸۳ c
	کود گوسفندی(۱۰ تن بر هکتار)	۳۰/۳۳ d	۵۰۲۰ e	۴/۱۵ c	۲/۰۲ de	۱۲/۵۰ de
	کود مرغی(۱۰ تن بر هکتار)	۳۲/۶۷ c	۵۹۸۳ d	۴/۴۰b	۲/۱۳ d	۱۱/۳۳ d

میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، اختلاف معنی‌داری در آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

مترمربع را به‌همراه خواهد داشت. در تحقیقی مشخص شد که اثر میزان بذر مصرفی یونجه برای تمامی ویژگی‌های کمی مورد بررسی شامل تعداد غلاف در مترمربع و شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (۳۳). نتایج تحقیقی نشان داد که کاربرد نیتروکسین و کود بیولوژیک فسفات بارور-۲ بر تعداد دانه در مترمربع معنی‌دار بود و تلقیح با نیتروکسین با میانگین (۶۷۴ عدد) بیشترین تعداد دانه در مترمربع را به خود اختصاص داد (۵).

وزن هزار دانه

اثر تیمار مصرف کودهای زیستی، آلی و اثر متقابل آنها بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به جدول اثرات متقابل کودهای زیستی و آلی بیشترین وزن هزار دانه با میانگین ۴/۷۰ گرم مربوط به تیمار کاربرد توأم کود زیستی نیتروکسین + فسفات بارور-۲ + مصرف ۱۰ تن بر هکتار کود گاوی و کمترین مقدار آن نیز با میانگین ۳/۰۳ گرم مربوط به تیمار عدم تلقیح با کودهای زیستی + مصرف ۱۰ تن بر هکتار کود گوسفندی بود (جدول ۵). صفت وزن هزار دانه یکی از اجزاء عملکرد دانه است که به‌خوبی می‌تواند میزان و نحوه تخصیص و انتقال مواد فتوسنتزی را از قسمت‌های رویشی گیاه به دانه‌ها (مخازن) نشان دهد. بنابراین می‌توان گفت که مصرف

مقادیر کافی از کودهای زیستی و آلی گیاه را قادر به تولید مقدار مطلوب آسیمیلات‌های فتوسنتزی نموده است و در ضمن مقدار بیشتری از کربوهیدرات‌های فتوسنتزی نیز به مخازن انتقال داده شده است و نهایتاً منجر به برتری وزن هزار دانه شده است.

نتایج تحقیقی نشان داد که اثر تیمارهای تغذیه‌ای و همچنین اثر متقابل مکان و تیمارهای تغذیه‌ای بر وزن صد دانه یونجه در سطحاحتمال یک درصد معنی دار بود. بیشترین وزن هزار دانه در تیمار شاهد به مقدار ۲/۳۸ گرم به‌دست آمد. اگرچه سیستم‌های تغذیه‌ای تلفیقی بر تعداد غلاف در بوته و ذخیره بذر اثر مثبتی داشتند اما باعث کاهش و افت قابل‌توجهی در وزن هزار دانه در شرایط آبی شدند (۳۲).

درصد نیتروژن

در جدول تجزیه واریانس، اثر تیمار کاربرد کودهای زیستی، آلی و اثر متقابل آنها بر صفت درصد نیتروژن کل بافت گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). با بررسی جدول میانگین اثرات متقابل، مشخص شد که تیمار تلقیح با کود زیستی نیتروکسین + مصرف ۱۰ تن بر هکتار کود مرغی با میانگین ۳/۴۷ درصد و تیمار عدم تلقیح با کودهای زیستی + عدم مصرف کودهای آلی با میانگین ۱/۴۰ درصد، به‌ترتیب بیشترین و کمترین درصد نیتروژن را داشتند (جدول ۵). درصد نیتروژن بافت‌های گیاهی رابطه مستقیمی با میزان فراهمی نیتروژن در خاک، مورفولوژی و نحوه گسترش سیستم ریشه‌ای، رطوبت خاک، قابل دسترس بودن سایر عناصر غذایی موجود در خاک، زمان و روش مصرف کود، میزان حلالیت کود و سایر عوامل موثر، دارد. بنابراین به‌نظر می‌رسد که فعالیت ناشی از باکتری‌های موجود در کود زیستی نیتروکسین و همچنین وجود مقادیر بیشتر نیتروژن در کود مرغی نسبت به سایر کودهای آلی موجب برتری تیمار تلقیح با کود زیستی نیتروکسین + مصرف ۱۰ تن بر هکتار کود مرغی شده است.

در تحقیقی با مقایسه میانگین اثرات متقابل جدایه‌های باکتری‌های همزیست سینوریزوبیوم و سطوح سرب بر غلظت نیتروژن اندام هوایی مشخص شد که با افزایش سطوح سرب، در مورد تمام جدایه‌ها، غلظت نیتروژن اندام هوایی گیاه کاهش یافت و این کاهش در اکثر موارد به لحاظ آماری معنی‌دار بود. بیشترین غلظت نیتروژن اندام هوایی (۳/۳ درصد) مربوط به شاهد (سطح صفر و پنج میلی‌گرم در کیلوگرم سرب و مصرف ۷۰میلی‌گرم نیتروژن) و کمترین مقدار آن ۲/۴۳ درصد متعلق به تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سرب و تلقیح با جدایه همزیست N_6 بود (۹). نتایج تحقیقی نشان داد که وقتی اکوتیپ‌های یونجه در مقابل روند تدریجی افزایش شوری قرار گرفتند درصد یون‌های سدیم و کلر در اندام‌های هوایی افزایش پیدا کرده و در مقابل عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاس رو به نزول گذاشتند (۳۷).

درصد پروتئین

درصد پروتئین بافت‌های گیاهی یونجه تحت تأثیر کاربرد کودهای زیستی، آلی و اثر متقابل آنها قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). در بین مقایسه میانگین اثرات متقابل کودهای زیستی وآلی، تیمار تلقیح با کود زیستی نیتروکسین + مصرف ۱۰ تن بر هکتار کود مرغی با میانگین ۲۱/۶ درصد و تیمار عدم تلقیح با کودهای زیستی + عدم مصرف کودهای آلی با میانگین (۸/۷۵ درصد) به‌ترتیب بالاترین و پایین‌ترین میزان پروتئین را تولید نمودند (جدول ۵).

نتایج پژوهشی با مقایسه توده‌های گزینش شده یونجه، شش توده اولیه و یک رقم خارجی (بولداگ) نشان داد که بین اکوتیپ‌های یونجه از نظر میزان پروتئین تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (۳۸). در تحقیقی مشخص شد که اثر میزان بذر مصرفی یونجه بر ویژگی‌های کیفی مورد بررسی مانند میزان پروتئین خام معنی‌دار شد (۳۴). محققان اظهار داشتند که افزایش تراکم در کشت خالص یونجه یکساله منجر به کاهش درصد پروتئین شده و علت آن را به کاهش تثبیت نیتروژن نسبت دادند (۷). در پژوهشی سیستم تغذیه‌ای (۷۵ درصد دامی+ ۲۵ درصد نیتروکسین)، با داشتن

بیشترین درصد ماده خشک قابل هضم، بالاترین درصد پروتئین و کمترین درصد دیواره سلولی به غیر از همی‌سلولز، از لحاظ کیفیت علوفه بر سایر تیمارها برتری داشت (۲). بیشترین درصد پروتئین مربوط به محلول‌پاشی منگنز و تلقیح ریزوبیوم ملیلوتی در چین دوم یونجه مشاهده شد (۳۱).

عملکرد پروتئین

در جدول تجزیه واریانس، اثر کاربرد کودهای زیستی، آلی و اثر متقابل آنها بر عملکرد پروتئین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که تیمار تلقیح با کود زیستی نیتروکسین + مصرف ۱۰ تن بر هکتار کود مرغی با میانگین ۷۵۳ کیلوگرم برهکتار نسبت به سایر تیمارها برتری محسوسی داشت. به‌طوری‌که از افزایش ۲/۳ برابری را نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح با کودهای زیستی + عدم مصرف کودهای آلی) برخوردار بود (جدول ۶). عوامل مهم محیطی مثل درجه حرارت، میزان حاصلخیزی خاک و یا عوامل مدیریتی مثل زمان و مقدار آبیاری، وضعیت سایر عناصر غذایی نیز می توانند به‌صورت مستقیم و یا غیر مستقیم بر جذب نیتروژن و سنتز پروتئین‌ها موثر باشند. به‌نظر می‌رسد که اگر گیاه بتواند مقادیر کافی از عنصر نیتروژن را جذب نماید، بنابراین برای ساخت مقادیر بیشتری از پروتئین‌ها با مشکل خاصی مواجه نخواهد شد و به راحتی می‌تواند پروتئین مورد نیاز بافت‌های خود را بسازد.

در تحقیقی میانگین میزان پروتئین در ارقام یونجه سنتتیک الف و ب به ترتیب ۲۳/۴ و ۲۲/۶ درصد بود، که به‌طور معنی‌دار بیشتر از میزان آن در رقم شاهد (۱۸/۲درصد) بود (۲۵). نتایج آزمایشی روی نوع نهاده تغذیه‌ای که شامل کود شیمیایی (اوره + سوپرفسفات تریپل)، کود تلفیقی (کود زیستی نیتروکسین + کود زیستی بارور-۲ + ۵۰ درصد شیمیایی) وکودآلی (ورمی‌کمپوست) و کشت مخلوط یونجه نشان داد که اثر تیمار نوع تغذیه بر عملکرد پروتئین خام یونجه معنی‌دار نبود و مقدار پروتئین خام یونجه به‌ترتیب با میانگین ۰/۵۹، ۰/۵۸ و ۰/۴۹ تن بر هکتار مربوط به تغذیه شیمیایی، تلفیقی وکود آلی بود (۱۶).

عملکرد علوفه‌تر

عملکرد علوفه‌تر تحت تأثیر کاربرد کودهای زیستی و آلی قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد ولی اثر متقابل کودهای زیستی و آلی بر این صفت غیرمعنی‌دار بود (جدول ۲). در جدول مقایسه میانگین اثرات اصلی سطوح کود زیستی، تیمار کاربرد تلفیقی کود زیستی نیتروکسین + فسفات بارور-۲ با میانگین ۶۸/۴ تن بر هکتار نسبت به سایر سطوح کود زیستی از برتری ۱۵/۶ درصدی برخوردار بود (جدول ۳). بنابراین می‌توان گفت که کاربرد توأم نیتروکسین و فسفر بارور-۲ توانسته است شرایط تغذیه‌ای بهینه‌تری را در چین‌برداری‌های متوالی نسبت به کاربرد منفرد هر یک از آنها ایجاد نماید. در بین سطوح کود آلی نیز مصرف ۱۰ تن بر هکتار کود گاوی با میانگین ۶۷/۱ و عدم مصرف کود آلی با میانگین ۶۲/۴ تن بر هکتار به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان عملکرد علوفه‌تر یونجه را تولید نمودند (جدول ۳).

محققان گزارش نمودند که تغییرات معنی‌داری در تولید بیوماس کل در پایان سه مرحله از چین‌برداری در زراعت یونجه مشاهده شده است. مجموع عملکرد سه چین در تیمار کاربرد باکتری‌های حل کننده فسفات معدنی خاک به میزان ۷/۷۶ تن بر هکتار در مقایسه با ۵/۴۸ تن بر هکتار علوفه مجموع سه چین در تیمار شاهد بوده است (۲۱). در تحقیقی عملکرد سالانه علوفه‌تر ارقام سنتتیک الف و ب درمجموع چهار چین، به‌ترتیب ۷۲/۲ و ۷۱/۲ تن بر هکتار بود، که به‌طور معنی‌داری بیشتر از مجموع عملکرد علوفه تر رقم شاهد (۶۰/۹ تن بر هکتار) بود (۲۵). تلقیح یونجه با باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم در چین سوم با (۶۸ تن در هکتار) و محلول‌پاشی توأم عناصر ریزمغذی در چین دوم با (۷۱ تن در هکتار)، بالاترین مقدار عملکرد علوفه‌تر را داشتند (۳۱).

کارایی فیزیولوژیک نیتروژن

صفت کارایی فیزیولوژیکی نیتروژن، نسبت بین عملکرد دانه

جدول ۶. مقایسه میانگین اثرات متقابل مصرف کودهای زیستی و آلی بر خصوصیات زراعی یونجه

	تیمار	عملکرد پروتئین (کیلوگرم بر هکتار)	کارایی فیزیولوژیک نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)	کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)
عدم تلقیح	عدم مصرف کود آلی	۳۲۲ ^{k}	۰/۰۰ ^{f}	۰/۰۰ ^{i}
	۱۰ تن در هکتار کود گاوی	۴۱۵ ^{i}	۳/۴ ^{a}	۰/۶۱ ^{c}
	۱۰ تن در هکتار کود گوسفندی	۳۸۴ ^{j}	۳/۰۲ ^{ab}	۰/۱۹ ^{h}
	۱۰ تن در هکتار کود مرغی	۴۵۹ ^{h}	۳/۱۹ ^{a}	۰/۲۵ ^{gh}
تلقیح با نیتروکسین	عدم مصرف کود آلی	۴۸۲ ^{g}	۰/۰۰ ^{f}	۰/۰۰ ^{i}
	۱۰ تن در هکتار کود گاوی	۶۴۰ ^{c}	۲/۶۵ ^{bc}	۰/۹۲ ^{b}
	۱۰ تن در هکتار کود گوسفندی	۶۱۲ ^{d}	۲/۲۰ $^{c-e}$	۰/۳۵ ^{gh}
	۱۰ تن در هکتار کود مرغی	۷۵۳ ^{a}	۲/۴۲ $^{c-e}$	۰/۴۲ ^{fg}
تلقیح با فسفات بارور	عدم مصرف کود آلی	۵۱۵ ^{f}	۰/۰۰ ^{f}	۰/۰۰ ^{i}
	۱۰ تن در هکتار کود گاوی	۵۹۷ ^{d}	۲/۴۳ $^{c-e}$	۰/۸۵ ^{b}
	۱۰ تن در هکتار کود گوسفندی	۵۷۳ ^{e}	۲/۰۰ ^{e}	۰/۲۹ ^{fg}
	۱۰ تن در هکتار کود مرغی	۶۸۵ ^{b}	۲/۲۰ $^{c-e}$	۰/۳۱ ^{ef}
نیتروکسین + فسفات بارور	عدم مصرف کود آلی	۴۸۲ ^{g}	۰/۰۰ ^{f}	۰/۰۰ ^{i}
	۱۰ تن در هکتار کود گاوی	۵۷۲ ^{e}	۲/۵۲ ^{cd}	۱/۰۳ ^{a}
	۱۰ تن در هکتار کود گوسفندی	۵۵۸ ^{e}	۲/۱۳ ^{de}	۰/۵۰ ^{de}
	۱۰ تن در هکتار کود مرغی	۶۵۰^{c}	۲/۲۴ $^{c-e}$	۰/۵۷ ^{cd}

میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، اختلاف معنی‌داری در آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

تولید شده گیاه به مقدار نیتروژن جذب شده (نیتروژن کل بافت گیاه) را نشان می‌دهد. بنابراین بالا بودن این نسبت، نشان‌دهنده توانایی بیشتر گیاه در استفاده از نیتروژن جذب شده توسط ریشه‌ها است. بنابراین از مهم‌ترین عوامل موثر در افزایش کارایی فیزیولوژیکی نیتروژن، می‌توان به میزان تولید کلروفیل توسط گیاه، مقدار ماده خشک تولیدی و میزان تخصیص و انتقال آسیمیلات‌های فتوسنتزی به مخازن (دانه‌ها) اشاره کرد. در این پژوهش اثر تیمار مصرف کود آلی و اثر متقابل کودهای زیستی و آلی بر صفت کارایی فیزیولوژیک نیتروژن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در این مطالعه بیشترین میزان کارایی فیزیولوژیک نیتروژن با میانگین ۳/۴۰ کیلوگرم دانه تولید شده بر کیلوگرم نیتروژن جذب شده، مربوط به تیمار عدم تلقیح با کود زیستی + مصرف ۱۰ تن بر هکتار کود گاوی بود (جدول ۶). نتایج یک تحقیق که در آن ترکیبی از تیمارهای مختلف استفاده از کودهای شیمیایی، آلی، مرغی و گوسفندی مورد بررسی قرار گرفتند، نشان داد که دامنه تغییرات کارایی فیزیولوژیکی نیتروژن بین ۲۴/۶ تا ۴۰/۵ کیلوگرم دانه تولید شده به ازای کیلوگرم نیتروژن جذب شده متغیر بوده است (۴۰). پژوهشگران با بررسی اثرات کود اوره و مرغی بر رشد، عملکرد و کارایی زراعی مصرف نیتروژن اظهار داشتند که کارایی زراعی مصرف نیتروژن در کود اوره، بیشتر از کود مرغی

بود (۶). در یک آزمایش کارایی فیزیولوژیکی نیتروژن تحت تأثیر معنی‌دار تیمار کودهای آلی، زیستی و اثر متقابل آنها قرار گرفت. به‌طوری‌که بالاترین کارایی فیزیولویکی نیتروژن با ۰/۲۵ کیلوگرم برکیلوگرم مربوط به تیمار تلقیح با نیتروکسین + مصرف کود دامی بود (۴). محققان اظهار داشتند که در بین سطوح مصرف نیتروژن و فسفر، بیشترین و کمترین مقدار کارایی فیزیولوژیکی نیتروژن، با میانگین ۲۳/۱۲ و صفر کیلوگرم دانه تولید شده به کیلوگرم فسفر مصرف شده به‌ترتیب مربوط به تیمارهای مصرف۵۰ کیلوگرم نیتروژن + ۲۵ کیلوگرم فسفر و تیمار عدم مصرف کود بود (۲۳).

کارایی مصرف نیتروژن

در جدول تجزیه واریانس، اثر تیمار مصرف کود آلی و اثر متقابل کودهای زیستی و آلی بر صفت کارایی مصرف نیتروژن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان کارایی مصرف نیتروژن با میانگین ۱/۰۳ کیلوگرم دانه تولید شده بر کیلوگرم نیتروژن مصرف شده، مربوط به تیمار تلقیح توأم با کود زیستی نیتروکسین و فسفر بارور + مصرف ۱۰ تن بر هکتار کود گاوی بود (جدول ۶). ترکیب این تیمار برتر نشان می‌دهد که کاربرد همزمان کودهای زیستی و کود آلی کافی به لحاظ فراهم آوردن شرایط بهینه جذب عناصر غذایی مورد نیاز از طریق افزایش در مواد آلی خاک، حفظ بهتر رطوبت خاک، بهبود حلالیت عناصر در محیط ریزوسفر ریشه، ارتقاء ساختمان خاک و ... افزایش عملکرد گیاه به ازای میزان کود جذب شده، را نشان می‌دهد.

محققان اظهار داشتند که بهبود کارایی مصرف نیتروژن، راهکار کلیدی برای توسعه نظام‌های کشاورزی پایدار است که بیشترین تولید، با کمترین انرژی ورودی و اتلاف نیتروژن را ممکن می سازد (۱۴). پژوهشگران با بررسی اثرات کود اوره و مرغی بر رشد، با افزایش مصرف بیش از حد مطلوب کود شیمیایی نیتروژن، ضمن اینکه عملکرد به‌عنوان یک صفت اساسی کاهش یافت، کاهش میزان کارایی مصرف نیتروژن را نیز در پی داشت (۶). در تحقیقی مصرف نیتروکسین بر کارایی مصرف نیتروژن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین کارایی مصرف نیتروژن در تیمار مصرف حداقل کود آلی، عدم مصرف نیتروژن و تلقیح بذر با نیتروکسین به‌دست آمد (۳۴).

نتیجه‌گیری

تلقیح توأم کودهای زیستی نیتروکسین و فسفر بارور-۲ نسبت به کاربرد جداگانه هر یک از آنها موثرتر بود. در بین سطوح کود آلی، کارایی مصرف ۱۰ تن بر هکتار کود گاوی، در بهبود مقادیر صفات مورد ارزیابی برتری محسوسی داشت. در خصوص صفاتی مانند درصد نیتروژن، درصد پروتئین و عملکرد پروتئین که رابطه مستقیمی با کیفیت علوفه خواهند داشت، کاربرد ۱۰ تن بر هکتار کود مرغی اثرات مطلوب‌تری به همراه داشت. بنابراین از آنجا که یکی از اهداف اصلی تولید یونجه به‌عنوان گیاه علوفه‌ای تعلیف دام و ارزش غذایی آن است، لذا کاربرد تلفیقی کود نیتروکسین، فسفات بارور و همچنین مصرف ۱۰ تن بر هکتار کود مرغی در شرایط اقلیمی کاشان توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Afrasiabi, M., M. Amini Dehaghi and S. A. M. Modarres Sanavy. 2011. Effect of phosphate biofertilizer Barvar-2 and triple super phosphate fertilizer on yield, quality and nutrient uptake of Medicago scutellata, cv. Robinson, *Journal of Jouran of Agronomy Sciences* 4(4): 43-54. (In Farsi).
2. AghaAlikhani, M., Z. ShomaliZadeh and A. Ghalavand. 2020. Effect of different nutrition systems (chemical, organic and biological) on forage yield and quality of three grasspea (*Lathyrus sativus* L.) lines. *Iranian Journal of Field Crop Scienc* 51(1): 115-126. (In Farsi).
3. Ahmadi Dana, F., M. N. Gheibi, M. R. Ardakani and F. Paknejad. 2017. Evaluation of *SinoRhizobium meliloti*

efficiency and qualitative traits of alfalfa under application of molybdenum. *Iranian Journal of Field Crops Researc* 15(3): 536-545. (In Farsi).
4. Arab-Niasar, L., M. Mirzakhani and K. Nozad Namin. 2019. Evaluation of nitrogen efficiency and grain yield of white bean under combined application of organic and biological fertilizers. *Sustainable Agricultural and Production Science* 29(3): 1-11. (In Farsi).
5. Arab-Niasar, L., M. Mirzakhani and K. Nozad Namin. 2024. Effect of integrate application of organic and biological fertilizers on nitrogen percentage and nitrogen appear recovery in white bean. *Sustainable Agricultural and Production Science* 34(1): under publishing. (In Farsi).
6. Asefi, M., M. Khoramivafa, A. Ismaili and M. Saeidi. 2021. Urea fertilizer and poultry manure effects on potato growth, agronomic nitrogen use efficiency and yield in two regions of Lorestan province. *Iranian Journal of Field Crop Science* 52(3): 129-145. (In Farsi).
7. Barati, S., M. Bassiri, M. R. Vahabi, M. R. Mosaddeghi and M. Tarkesh. 2015. Yield evaluation of *Medicago sativa* L. and *Bromus tomentellus* Boiss. in mono-cropping and intercropping. *Journal of Rangeland* 8(4): 318-327. (In Farsi).
8. Baum, C., W. El-Tohamy and N. Gruda. 2015. Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi:a review. *Scientia Horticulturae* 187: 131-141.
9. Besharati, H. and S. Memar Kouche-Bagh. 2017. Effect of lead pollution stress on biological nitrogen fixation of alfalfa plant. *Environmental Stress in Agricultural Sciences* 10(1): 163-171. (In Farsi).
10. Darzi, M. T. and M. R. Haj Seyed Hadi. 2014. Response of concentration and composition of essential oil of coriander (*Coriandrum sativum* L.) to Cattle manure and Nitrogen fixing bacteria. *Ethno-Pharmaceutical Products* 1(2): 35-42.
11. Delic, D., O. Stajkovic-Srbinovic, J. Radovic, D. Kuzmanovic, N. Rasulic, A. Simic and N. Knezevic-Vukcevic. 2013. Difference in symbiotic N_2 fixation alfalfa, (*Medicago sativa* L.*)* cultivars and Sinorhizobium spp. strains in field conditions. *Romanian Biotechnological Letters* 18(6): 8743-8750.
12. Etesami, H. and H. A. Alikhani. 2016. Rhizosphere and endorhiza of oilseed rape (*Brassica napus* L.) plant harbor bacteria with multifaceted beneficial effects. *Biological Control* 94: 11-24.
13. Fan, X., F. Lin and D. Kumar. 2004. Fertilization with a new type of coated urea: Evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. *Journal of Plant Nutrition* 25: 853-865.
14. Gan, Y., S. S. Malhi, S. Brandt, F. Katepa-Mupondwa and C. Stevenson. 2008. Nitrogen use efficiency and nitrogen uptake of Jancea canola under diverse environments. *Agronomy Journal* 100: 285-295.
15. Garshasbi, M., M. Rafieiolhossaini, S. Fallah, A. A. Jafari and S. Rezazadeh. 2022a. Effect of different fertilizer sources on growth, forage yield and advantage indices of chicory-annual medic intercropping. *Iranian Journal of Field Crop Science* 53(3): 93-105. (In Farsi).
16. Garshasbi, M., M. Rafieiolhossaini, S. Fallah, A. A. Jafari and S. Rezazadeh. 2022b. Comparison of quantitative and qualitative yield of replacement ratios of chicory mixed cultivation with annual medic at different nutrient levels. *Journal of Crops Improvement* 24(2): 449-464. (In Farsi).
17. Ghanepasand, F. and M. R. Haj Seyed Hadi. 2016. Effects of nitrogen fixing bacteria and manure application on seed yield and essential oil content of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 32(4): 716-727. (In Farsi).
18. Hoshiarfard, M. and A. R. Gharanjiki. 2009. Effects of source and rate of manures on incidence and severity of important diseases, yield and yield components in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences* 11(3): 236-248. (In Farsi).
19. Kharazmi, K., R. Amirnia, J. Jalilian and M. Tajbakhsh. 2019. Investigating the impact of different fertilizer sources on forage, yield, osmolites, photosynthetic pigments, and some antioxidant enzymes of alfalfa (*Medicago sativa* L.) under low irrigation condition. *Crops Improvement (Journal of Agricultural Crops Production)* 20(4): 801-815. (In Farsi).
20. Lee, R. E. 2018. Phycology. Cambridge University Press, London.
21. Madani, H., N. A. Sajedi and H. Gholipoor Fadashk. 2016. Improvement of quality and quantity of alfalfa forage yield by using chemical and bio-fertilizers. *Journal of Crop Ecophysiology* 9(4): 583-598. (In Farsi).
22. Marino, M. A., A. Mazzanti, S. G. Assuero and F. Gastal. 2004. Nitrogen dilution curves and nitrogen efficiency during winter– spring of annual Rye grass. *Agronomy Journal* 96: 601-607.
23. Mirzakhani. M., M. R. Ardekani, A. Aeene Band, F. Rejaliand and A. H. Shirani Rad. 2009. Response of spring safflower to co–inoculation *with Azotobacter chroococcum* and *Glomus intraradices* under different level of nitrogen and phosphorus. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 4(3): 255-261.
24. Monirifar, H., P. Moradiyan, R. Ahmadi and A. Moghaddam. 2020. Identification of suitable alfalfa cultivars for deficit irrigation conditions in Tabriz plain. *Sustainable Agricultural and Production Science* 30(4): 249-264. (In Farsi).

25. Monirifar, H. and A. Mirmozaffari Roudsari. 2022. Investigation of the response of new improved alfalfa cultivars to salinity in field conditions. *Environmental Stress in Agricultural Sciences* 15(3): 709-718. (In Farsi).
26. Naderi, M. R. 2017. Effect of various fertilizer sources on growth and hay yield of alfalfa. *Journal of Plant Ecophysiology* 9(29): 156-164. (In Farsi).
27. Nekoeianfar, Z., Sh. Lac, and Gr. Abadouz. 2015. Assessment effect of cutting time and soil salinity on quality and quantity forage yield of five alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties under Ahvaz conditions. *Plant Production* 40(3): 113-127. (In Farsi).
28. Noori, F., H. Etesami, H. Najafi Zarini, N. A. Khoshkholgh Sima and G. H. Ranjbar. 2020. The feasibility of using the plant growth promoting bacteria isolated from the nodules to increase the alfalfa (*Medicago sativa* L.) plant resistance to salinity stress. *Environmental Stress in Agricultural Sciences* 13(1): 225-235. (In Farsi).
29. Noormand Moaied, F., A. Jafari, A. Razban Haghighi and F. Seyyedi Sahebari. 2018. Evaluation forage yield and quality of alfalfa (*Medicago sativa* L.) accessions in dryland conditions of Eastern Azerbaijan. *Journal of Plant Ecophysiology* 9(32): 94-107.
30. Oustani, M., M. T. Halilat and H. Chenchouni. 2015. Effect of poultry manure on the yield and nutriments uptake of potato under saline conditions of arid regions. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 27(1): 106-120.
31. Safari Kamalabadi, H., S. A. Valadabadi, J. Daneshian, H. Heydari Sharifabad and A. Baghizade. 2019. The Effect of foliar application of micronutrients on quality traits and yield of Bam population of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Journal of Crop Ecophysiology* 13(2): 305-320. (In Farsi).
32. Shabani, G., M. R. Chaichi, M. R. Ardakani, K. Khavazi and J. K. Friedel. 2014. The effect of different fertilizing systems on seed yield and phosphorous absorption in annual medic var. Robinson. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)* (104): 87-95. (In Farsi).
33. Sharafi, S. and M. Ramroudi. 2022. Evaluation of quantitative and qualitative of Medicago scutellata affected by sowing date, sowing depth, and seeding rate. *Journal of Agroecology* 13(4): 689-704. (In Farsi).
34. Sharifi, M., M. Mirzakhani and N. A. Sajedi. 2009. Effect of nitroxin, nitrogen and manure application on yield, nitrogen use efficiency and some crop characteristics of sweet corn. *New Finding Agriculture* 6(2): 139-149. (In Farsi).
35. Shrivastava, P. and R. Kumar. 2015. Soil salinity: a serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences* 22(2): 123-131.
36. Tahami Zarandi, S. M. K., P. Rezvani Moghaddam and M. Jahan. 2010. Comparison the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil percentage of Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agroecology* 2(1): 63-74. (In Farsi)
37. Torabi, M. 2017. Screening for salt tolerance via assessment of ion levels and nutrient contents in Iranian alfalfa ecotypes. *Journal of Plant Ecophysiology* 9(29): 81-90. (In Farsi).
38. Torabi, M. 2020. Evaluation and selection for salinity stress tolerance in Iranian promising alfalfa (*Medicago sativa* L.) ecotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences* 22(3): 252-262. (In Farsi).
39. Torabi, M. and M. Heidarisoltanabadi. 2020. Effect of different seed rates on yield and some agronomic traits of alfalfa Mohageran ecotype in no-till and conventional tillage methods in Semirom region. *Plant Productions* 43(3): 375-386. (In Farsi).
40. Vennila, C. and C. Jayanthi. 2006. Effect of integrated nitrogen management on nitrogen use efficiency in wet seeded rice + daincha dual cropping system. *Madras Agricutural Journal* 93: 274-277.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 14, No. 2, Summer 2024, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effect of Bio-fertilizers and Organic Manures on Nitrogen Physiological Efficiency and Some Agronomic Traits of Alfalfa in Kashan, Central Iran

H. Keshaie Arani[1], M. Mirzakhani*[2], K. Nozad Namin[3]

1 and 3. M.Sc. Student in Agronomy and Assistant Professor, Respectively, Department of Agriculture, Naragh Branch, Islamic Azad University, Naragh, Iran.
2. Associate Professor, Department of Agronomy, Farahan Branch, Islamic Azad University, Farahan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: mmirzakhani@iau-farahan.ac.ir

(Received: May 09-2023; Accepted: January 22-2024)

Extended Abstract:

Introduction

Alfalfa is one of the most important fodder plants, being able to produce a high quantity of forage dry mass with high concentration of protein and to symbiotically fix atmospheric nitrogen. Having a deep and extensive root system, it reduces soil erosion and improves water penetration in agricultural soils (11). The results of the previous researches showed that the use of Nitroxin and Phosphate Barvar-2 bi-fertilizers had a significant effect on plant protein concentration and the highest protein (22.3%) was obtained when the plants were inoculated with Phosphate Barvar-2 and received organic amendment in the form of mushroom compost. Also, the use of Nitroxin and Barvar-2 bi-fertilizer increased the efficiency of nitrogen consumption, and inoculation with Nitroxin had the highest (22.8%) nitrogen use efficiency (5). Our study aimed to shed light on the nitrogen physiological efficiency and some agronomic traits of alfalfa in the presence of bio-fertilizers and organic manures in Kashan, central Iran.

Materials and Methods

This study was carried out in Aran and Bidgol, central Iran, in 2014. The experiment was conducted with a factorial arrangement in a randomized complete block design with three replications. Treatments were 4 levels of bio-fertilizers (control, Nitroxin, Phosphate Barvar-2, and Nitroxin+Phosphat Barvar-2) and animal manures (control, cattle manure, sheep manure, and poultry manure in 10 tons/ha). Stems/m^2, grains/m^2, 1000-grains weight, days to 10 percent flowering, accumulative fresh weight, nitrogen content, protein content, protein yield, physiological efficiency of nitrogen and nitrogen use efficiency were evaluated.

Results and Discussion

Application of bio-fertilizers enhanced all examined attributes, compared to control, the extent of enhancement in a majority of attributes being greater for Nitroxin + Phosphate Barvar-2. The highest and lowest grains/m^2 and 1000-grains weight belonged to application of Nitroxin+ Phosphate Barvar-2 + 10 tons/ha cattle manure and control treatments, respectively. The highest nitrogen content, protein content, and protein yield were obtained by the application of Nitroxin and poultry manures. The highest physiological efficiency of nitrogen was recorded under the conditions of control and cattle manure (3.19 Kg/Kg). The highest nitrogen use efficiency was observed in the presence of cattle manure and Nitroxin+ Phosphate Barvar-2. The application of Nitroxin + Phosphate Barvar-2 with an average of 68.4 tons/ha led to 15.63% increase compared to other levels of bio-fertilizer. Therefore, the combined application of Nitroxin and Phosphate Barvar-2 has been able to produce a high-quality animal feed in successive harvests than the sole application of each of these bio-fertilizers. Among the different levels of organic fertilizers, application of cow manure with an average of 67.08 tons/ha and no use of organic fertilizer with an average of 62.37 tons/ha

produced the highest and lowest cumulative fresh weight of alfalfa, respectively. Also, the highest physiological efficiency of nitrogen (with an average of 3.40 kg of grains produced per kg of nitrogen applied) was achieved when 10 tons/ha of cow manure was applied.

Conclusions

The combined application of Nitroxin and Phosphat Barvar-2 bio-fertilizers was more effective than the sole application of each of these biofertilizers. Among the levels of organic manure (10 tons per hectare), cow manure was found to be more effective in enhancing the examined traits. Application of poultry manure had a more favorable effect on nitrogen and protein concentrations and protein yield of alfalfa. Therefore, combined application of Nitroxin and Phosphat Barvar-2 bio-fertilizers is recommended for producing alfalfa in the climatic conditions of Kashan.

Keywords

Barvar-2, Forage yield, Nitroxin, Organic manure, Phosphorus, Protein percent