Horticultural Plants Nutrition
Vol.3, No.2, Autumn & Winter 2020-21
Research Paper

DOI: 10.22070/hpn.2020.5264.1082

Evaluation of biomass production and nitrogen efficiency of *Portulaca oleracea* under green manure and nitrogen

Hamed Javadi [1] ***, Parviz Rezvani Moghaddam*** [2*] ***, Mohammad Hassan Rashed Mohasel*** [3] ***, Mohammad Javad Seghatoleslami*** [4]

1- Ph.D. Graduated of Agrotechnology, Department of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. h_ javadi@pnu.ac.ir
2- Corresponding Author and Professor of Agrotechnology, Department of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. rezvani@um.ac.ir
3- Professor of Agrotechnology, Department of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran mhrashed@um.ac.ir
4- Associate Professor, Department of Agriculture, Birjand branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran mjseghat@yahoo.com

Received Date: 2020/02/07 Accepted Date: 2020/06/03

Abstract

Introduction: Purslane (*Portulaca oleracea* L.) is an annual and C4 plant that belong to the family of Portulacaceae. Nitrogen is the key element in soil fertility and crop production. Attention to the soil quality and health has increased in recent years, especially for sustainable production of medicinal crops. So that, for production of healthy food, using natural and on-farm inputs has been considered (Den Hollander *et al.,* 2007). Green manure application is one of the practical ways to achieve this goal. Therefor, this study was conducted to evaluate the biomass production and nitrogen efficiency indices of *Portulaca oleracea* under green manure and nitrogen application.

Material and methods: In this experiment, the effect of four levels of green manure including: control (Without consuming green manure), Rocket Sativa (*Eruca sativa* L.), Hairy vetch (*Vicia villosa* L.), mix rocket sativa and hairy vetch (*Eruca sativa* + *Vicia villosa*) and three levels of nitrogen (0, 50 and 100 kg.ha^{-1}) on purslane was studied as a split plot based on random complete blocks design with 3 replications. The studied traits included dry weight of stem, leaves and shoots, leaf to stem ratio, biomass nitrogen percentage and content, uptake efficiency, biomass physiological efficiency and biomass agronomic efficiency. After completing the vegetative growth period of clover and vetch and before entering the reproductive stage, these plants were returned to the soil. Nitrogen content of shoots was measured by Kjeldahl method (Ogg, 1960). The content of biomass nitrogen was obtained by multiplying the shoots nitrogen percentage and yield. Nitrogen content of the soil also was determined to calculate nitrogen use efficiency.

Results and discussion: The results showed that the application of a mixture of *Eruca sativa* and *Vicia villosa* increased dry weight of the leaf by 11.1% compared to the control (no fertilizer consumption). The highest dry weight of shoots was obtained from the treatment of *Vicia villosa* and the consumption of 100 kg N.ha^{-1}, which had a 20.9% increase compared to the control (non-consumption of fertilizer); while the lowest dry weight of the shoots was obtained from the treatment of *Vicia villosa* alone, which decreased by 19.7% compared to the control (no fertilizer consumption). The highest percentage of biomass nitrogen was obtained jointly from control treatments and consumption of 100 kg N. ha^{-1} and *Eruca sativa* and *Vicia villosa* mixture, which had an increase of 36.8% and 43.1% compared to control (no fertilizer consumption), respectively. The lowest biomass nitrogen (0.95%) was related to the control (non-use of fertilizer). The highest nitrogen agronomic efficiency of biomass was obtained jointly from control treatments, *Vicia villosa* and *Eruca sativa* and *Vicia villosa* mixture with 100 kg N. ha^{-1}, which increased by 8.2, 4.9 and 7.4 percent, respectively, compared to the control (no fertilizer use). The lowest nitrogen agronomic efficiency of biomass belonged to *Vicia villosa* treatment alone, which decreased by 29.7% compared to control (no fertilizer use).

Conclusions: The two-year results of this experiment showed that the use of green manure along with nitrogen fertilizer, only under using 100 kg N.ha^{-1}, improved biomass yield and nitrogen consumption efficiency. On the other hands, the treatment of cluster flower mash along with 100 kg N.ha^{-1} increased shoot dry weight and crop nitrogen efficiency by 20.9% and 4.9%, respectively, compared to control. Therefore, to produce maximum biomass yield of portulaca in Birjand, the use of green manure fertilizer *Vicia villosa* along with 100 kg N.ha^{-1} is recommended.

Keywords: *Eruca sativa, Vicia villosa,* dry weight, leaf /ratio.

نشریه علمی تغذیه گیاهان باغی
دوره ۳، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۹، (ص ۴۲- ۲۹)
مقاله پژوهشی

DOI: 10.22070/hpn.2020.5264.1082

ارزیابی تولید زیست‌توده و کارایی نیتروژن در گیاه دارویی خرفه (*Portulaca oleracea*) تحت تأثیر کود سبز و نیتروژن

حامد جوادی [۱]، پرویز رضوانی مقدم [۲*]، محمدحسن راشد محصل [۳]، محمدجواد ثقةالاسلامی [۴]

۱- دانش آموخته دکتری بوم شناسی زراعی، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
h_javadi@pnu.ac.ir
۲- نویسنده مسئول و استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
rezvani@um.ac.ir
۳- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
mhrashed@um.ac.ir
۴- دانشیار گروه زراعت، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران
mjseghat@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۱۸ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۱۴**

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کود سبز و مقادیر نیتروژن بر تولید زیست‌توده و کارایی مصرف نیتروژن در خرفه، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بیرجند در دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ انجام شد. چهار کود سبز شامل: شاهد (عدم مصرف کود)، ماشک گل‌خوشه‌ای (.Vicia villosa L)، منداب (.Eruca sativa L) و مخلوط منداب و ماشک گل‌خوشه‌ای به‌عنوان عامل اصلی و سه سطح کود نیتروژن شامل: صفر (شاهد)، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. صفات مورد مطالعه در این آزمایش شامل: وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، وزن خشک اندام‌های هوایی، نسبت برگ به ساقه، درصد نیتروژن زیست‌توده، محتوای نیتروژن زیست‌توده، کارایی جذب نیتروژن، کارایی فیزیولوژیک زیست‌توده و کارایی زراعی زیست‌توده بودند. نتایج نشان داد که کاربرد مخلوط منداب و ماشک گل خوشه‌ای باعث افزایش ۱۱/۱ درصدی وزن خشک برگ نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) شد. همچنین برهمکنش کود سبز و نیتروژن بر وزن خشک ساقه، وزن خشک اندام‌های هوایی، درصد و محتوای نیتروژن زیست‌توده، کارایی فیزیولوژیک و زراعی نیتروژن زیست‌توده خرفه معنی‌دار بود؛ به‌طوری‌که استفاده از تمامی کودهای سبز مورد مطالعه همراه با ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار باعث افزایش تمامی صفات مورد اشاره شد. بر اساس نتایج این آزمایش، استفاده از کود سبز ماشک گل خوشه‌ای همراه با ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار جهت افزایش تولید زیست‌توده و کارایی مصرف نیتروژن خرفه در منطقه بیرجند قابل توصیه می‌باشد.

کلمات کلیدی: منداب، ماشک گل خوشه‌ای، وزن خشک، نسبت برگ به ساقه.

مقدمه

خرفه با نام علمی *Portulaca oleracea* L. گیاهی یک‌ساله و چهار کربنه از خانواده پرتولاکاسه (Portulacaceae) است که به تنش‌های محیطی ازجمله شوری و خشکی مقاوم است (اسدی و همکاران، ۱۳۸۵؛ رحیمی و همکاران، ۱۳۹۰). این گیاه بومی ایران بوده و سابقه کشت آن به بیش از ۲۰۰۰ سال قبل برمی‌گردد (اسدی و همکاران، ۱۳۸۵). خرفه در بسیاری از کشورهای دنیا برای اهداف گوناگون ازجمله تغذیه انسان، صنایع تبدیلی و دارویی کاربرد دارد. از نظر خواص دارویی، این گیاه مدر، ضد کمبود ویتامین C، معالج سرفه‌های مقاوم، تصفیه‌کننده خون، تب‌بر، مفید در ترمیم سوختگی‌ها، شل کننده عضلات، ضد تشنج، ضدالتهاب، کاهش دهنده خطر بیماری‌های قلبی و عروقی و رفع تشنگی است. در اندام‌های مختلف این گیاه مواد معدنی متعددی ازجمله آهن، مس، منگنز، پتاسیم، کلسیم و فسفر وجود دارد. همچنین این گیاه دارای مواد لعابی، پکتین، پروتئین، کربوهیدرات، اسیدهای چرب به‌ویژه اسیدهای چرب امگا-۳ و امگا- ۶، مواد آنتی‌اکسیدان و ویتامین‌هایی ازجمله ویتامین A، C و E است (اسدی و همکاران، ۱۳۸۵؛ رحیمی و همکاران، ۱۳۹۰). ساقه و برگ این گیاه غنی از ترکیبات آنتی‌اکسیدان شامل آلفاتوکوفرول، اسید آسکوربیک، بتاکاروتن و گلوتاتیون است (Simopoulos, 2004؛ اینانلو فر و همکاران، ۱۳۹۲؛ سلطانی نژاد و همکاران، ۱۳۹۲).

در سال‌های اخیر، استفاده از کودهای شیمیایی تا حد معینی باعث افزایش کمیت و کیفیت محصولات زراعی شده است (اینانلوفر و همکاران، ۱۳۹۲.، یوسفیان قهفرخی و همکاران، ۱۳۹۴). با این وجود، نتایج برخی بررسی‌ها نشان می‌دهد که استفاده طولانی‌مدت از کودهای شیمیایی باعث تخریب ساختمان خاک، افزایش هزینه‌ها و کاهش پتانسیل تولید و مشکلات زیست‌محیطی می‌شود (Yang *et al.*, 2006). از طرف دیگر، توجه مردم به‌ویژه در کشورهای توسعه‌یافته به غذای سالم و عاری از سم و کود شیمیایی، اهمیت کاهش کودهای شیمیایی و جایگزین نمودن آن با نهاده‌های طبیعی و درون مزرعه‌ای را دوچندان کرده است (Den Hollander *et al.*, 2007).

استفاده ناکارآمد از کودهای شیمیایی به‌ویژه در نظام‌های فشرده، بهره‌وری و کارایی مصرف کودها را به میزان زیادی کاهش داده است؛ به‌طوری‌که کارایی جهانی جذب نیتروژن برای تولید غلات ۳۳ درصد برآورد شده است که این میزان برای کشورهای در حال توسعه و پیشرفته به ترتیب ۲۹ و ۴۲ درصد است (Raun and Johnson, 1999). پایین بودن کارایی نیتروژن به دلیل هدر رفت آن از طریق دنیتریفیکاسیون، آبشویی و تصعید آمونیوم می‌باشد (Svecnjak and Rengel, 2007). این هدر رفت نه تنها منجر به کاهش کارایی استفاده از نیتروژن می‌شود، بلکه در دراز مدت اثرات مخربی بر محیط‌زیست و سلامتی انسان دارد.

استفاده از کودهای سبز به دلیل آزادسازی تدریجی عناصر غذایی و تسهیل در فراهم کردن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌تواند به‌عنوان راهکاری عملی جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و بهبود کارایی آن‌ها مدنظر قرار گیرد (Mosavi *et al.*, 2008). کاربرد کود سبز به‌ویژه گیاهان تیره غلات (Poaceae) می‌تواند به‌طور کارآمدی عناصر غذایی باقی‌مانده در خاک را جذب کند (Kuo and Jellum, 2002) و درنتیجه نقش به سزایی را در کاهش آبشویی نیترات ایفا نماید. در مقابل، کاشت لگوم‌ها به دلیل توانایی تثبیت نیتروژن جوی در تقویت خاک از نظر این عنصر مؤثر است. با وجود این، در تحقیقی مشخص شد که کاشت ترکیبی از گیاهان پوششی لگوم و غله می‌توانند از مزایای بیشتری در یک محدوده گسترده از آشیان‌های اکولوژیک برخوردار باشد (Bergkvist *et al.*, 2011). شاه و همکاران (Shah *et al.*, 2011) در یک پژوهش چندساله

گزارش کردند که کشت متناوب گیاهان خانواده بقولات به‌عنوان کود سبز با گندم (*Triticum aestivum*) به همراه استفاده از کود شیمیایی نیتروژن باعث افزایش کارایی جذب این عنصر غذایی گردید.

با توجه به اهمیت خرفه به‌عنوان یک گیاه مقاوم به شوری و خشکی و مستعد پرورش در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌ویژه در خراسان جنوبی، تاکنون اطلاعات دقیقی در خصوص نیاز کودی این محصول در دسترس نیست. بر این اساس، در راستای بهبود کارایی نیتروژن از طریق کاهش مصرف کود شیمیایی و استفاده از منابع پایدار تأمین‌کننده عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر کود سبز و سطوح مختلف نیتروژن بر تولید زیست‌توده و کارایی مصرف نیتروژن گیاه دارویی خرفه در منطقه بیرجند طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند با مختصات جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه طول شرقی و با ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا در دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ به اجرا درآمد. محل آزمایش از نظر اقلیمی بر اساس سیستم طبقه‌بندی آمبرژه جزء مناطق خشک است. میانگین ۱۵ ساله بارندگی این منطقه ۱۷۶ میلی‌متر، حداکثر دمای آن ۳۹/۱، حداقل دما ۱۷- و متوسط دمای روزانه ۱۲ درجه سانتی‌گراد است. نتایج تجزیه خاک، منطقه مورد نظر در جدول ۱ آمده است:

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در دو سال مورد مطالعه

Table 1- The results of soil analysis at 0-30 cm depth in two years studied

Crop year	Texture	EC ($dS.\ m^{-1}$)	pH	OM (%)	N ($mg.kg^{-1}$)	P ($mg.kg^{-1}$)	K ($mg.kg^{-1}$)
2013-2014	Loam- clay	2.89	7.14	0.46	0.147	5.4	276
2015-2016	Loam	7.30	7.60	0.70	0.073	12.4	297

آزمایش به‌صورت طرح کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای اصلی با چهار سطح کود سبز شامل: (شاهد (عدم مصرف کود)، ماشک گل‌خوشه‌ای (*Vicia villosa*)، منداب (*Eruca sativa*)، مخلوط منداب و ماشک گل‌خوشه‌ای) و فاکتورهای فرعی شامل کود نیتروژن از منبع اوره به‌صورت خالص در سه سطح شامل صفر (شاهد)، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. در این تحقیق اندازه هر کرت ۴×۳ متر (۱۲ مترمربع)، فاصله بین کرت‌های فرعی ۰/۵ متر، فاصله بین کرت‌های اصلی ۳ متر و فاصله بین بلوک‌ها ۳ متر در نظر گرفته شد.

در اوایل آبان ماه آماده‌سازی زمین صورت گرفت. بذر منداب و ماشک گل‌خوشه‌ای از سازمان جهاد کشاورزی خراسان جنوبی تهیه شد. کاشت منداب و ماشک گل خوشه‌ای در سال اول آزمایش در ۲۰ آبان ماه ۱۳۹۳ و در سال دوم آزمایش در ۵ آبان ماه ۱۳۹۴ با دست به‌صورت خشکه‌کاری و کرتی انجام گرفت. با توجه به سرمازدگی که در سال اول آزمایش به وجود آمد، کاشت منداب و ماشک گل خوشه‌ای در سال بعد ۱۵ روز زودتر انجام شد. میزان بذر مصرفی برای منداب ۲۰ کیلوگرم در هکتار (وزن هزار دانه ۳ گرم)، برای ماشک گل‌خوشه‌ای ۱۳۵ کیلوگرم در هکتار (وزن هزار دانه ۵۴ گرم) و مخلوط دو گیاه منداب و ماشک گل‌خوشه‌ای به ترتیب ۱۰ و ۶۷/۵ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. پس از تکمیل دوره رشد رویشی این گیاهان و قبل از ورود به مرحله زایشی اقدام به برگرداندن گیاهان مذکور شد. در این تحقیق،

اندام‌های هوایی منداب (سال اول آزمایش: در تاریخ ۲۸ اسفند ۱۳۹۳ و سال دوم آزمایش: در تاریخ ۲۷ اسفند ۱۳۹۴) و ماشک گل‌خوشه‌ای (سال اول آزمایش: ۱۰ فروردین ۱۳۹۴ و سال دوم آزمایش: ۲۵ فروردین ۱۳۹۵) توسط تیلر به زمین برگردانده شد. همچنین، تیمار مخلوط منداب و ماشک گل‌خوشه‌ای همزمان با تیمار منداب به خاک برگردانده شد. اطلاعات مربوط به کاشت تا برگرداندن گیاهان کود سبز به خاک در دو سال زراعی مورد مطالعه در جدول ۲ آمده است:

جدول ۲- اطلاعات مربوط به کاشت تا برگرداندن گیاهان کود سبز به خاک در دو سال زراعی مورد مطالعه
Table 2- Planting information to return green fertilizer plants to soil in two crop years studied

Crop year	Green fertilizer	Planting to bring the plants back to the soil (day)	Turning plants into soil until planting purslane (day)	Return the plants to the soil by the end of the first purslane harvest (day)	Return the plants to the soil by the end of the second purslane harvest (day)
2013-2014	*Eruca sativa*	128	43	123	183
	Vicia villosa	140	30	111	171
	Eruca sativa + Vicia villosa	128	43	123	183
2015-2016	*Eruca sativa*	167	52	145	199
	Vicia villosa	190	24	117	170
	Eruca sativa + Vicia villosa	167	52	145	199

عملیات کاشت خرفه در سال اول آزمایش، ۱۰ اردیبهشت ۱۳۹۴ و در سال دوم آزمایش، ۱۸ اردیبهشت ۱۳۹۵ با دست و به‌صورت خشکه‌کاری در کرت‌های مذکور انجام شد. جهت تجزیه اولیه بقایای ماشک گل خوشه‌ای و سهولت در عملیات کاشت بذر، تاریخ کاشت خرفه در سال دوم آزمایش حدود یک هفته به تأخیر افتاد. در این آزمایش فاصله بین ردیف ۴۰ سانتی متر و فاصله بین بوته‌ها ۱۵ سانتی‌متر (تراکم ۱۶۶۶۶۶/۶ بوته در هکتار) در نظر گرفته شد. جهت دستیابی به تراکم فوق، ابتدا بذور با تراکم بالا کشت شد، سپس با تنک کردن در مرحله هشت برگی، تراکم مورد نظر حاصل شد. پس از کاشت، نسبت به آبیاری هر کرت به‌صورت جداگانه، توسط سیفون اقدام شد. آبیاری پس از سبز شدن، هر ۷ روز یک‌بار تا پایان فصل رشد ادامه یافت. در این آزمایش، مصرف کود نیتروژن بر اساس تجزیه خاک انجام گرفت. کود نیتروژن از منبع اوره در دو مرحله (یک‌دوم قبل از کاشت در اوایل بهار و یک‌دوم مابقی پس از چین اول) به‌صورت سرک در اختیار گیاه قرار گرفت. عملیات مبارزه با علف‌های هرز طی سه نوبت با دست انجام پذیرفت. در طول فصل رشد در سال اول آزمایش و چین دوم، بیماری زنگ سفید (*Wilsoniana Portulacae*) مشاهده و جهت جلوگیری از خسارت از سم ریدومیل (Ridomil- MZ, 72 WP) به میزان ۱/۵ در هزار استفاده شد. در سال دوم آزمایش و در چین اول، آفت سرخرطومی بلند چغندرقند (*Lixus incanescens* Boh.) مشاهده و جهت جلوگیری از خسارت از سم تیودیکارب (لاروین) به میزان ۱/۵ در هزار استفاده شد. در طی فصل رشد این گیاه در هر سال، دو چین برداشت شد (چین اول در سال اول آزمایش در تاریخ ۹۴/۴/۲۸ و در سال دوم آزمایش در تاریخ ۹۵/۵/۱۸، چین دوم در سال اول آزمایش در تاریخ ۹۴/۶/۲۶ و در سال دوم آزمایش در تاریخ ۹۵/۷/۱۰).

برداشت اندام‌های هوایی در هر چین در ابتدای گل‌دهی صورت گرفت. بوته‌ها از ارتفاع ۵ سانتی‌متری سطح خاک قطع شدند و برای اندازه‌گیری وزن‌تر اندام‌های هوایی از هر کرت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای اقدام به برداشت شد. سپس ۵ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و

برای اندازه‌گیری صفاتی مانند وزن‌تر ساقه، وزن‌تر برگ و نسبت برگ به ساقه به آزمایشگاه منتقل شدند. همچنین پس از تعیین وزن‌تر اندام‌های هوایی در واحد سطح، برای تعیین میزان رطوبت یک نمونه تصادفی (تعداد ۵ بوته) از هر کرت را توزین و سپس به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد.

به‌منظور تعیین درصد نیتروژن اندام‌های هوایی و محاسبه شاخص‌های کارایی نیتروژن، ابتدا نمونه‌های گیاهی آسیاب و پس از هضم با اسیدسولفوریک و کاتالیزور، مقدار نیتروژن موجود در عصاره حاصل توسط روش کجلدال (Ogg, 1960) اندازه‌گیری شد. محتوای نیتروژن زیست‌توده از حاصل‌ضرب درصد نیتروژن اندام‌های هوایی در عملکرد زیست‌توده حاصل شد (رضوانی مقدم و همکاران، ۱۳۹۳). جنبه‌های مختلف کارایی نیتروژن با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه گردید (اسدی و همکاران، ۱۳۹۲):

$$NupE = (N_{off} / N_s) \times 100 \quad \text{(رابطه ۱)}$$

$$NutE_g = (G_w / N_{off}) \quad \text{(رابطه ۲)}$$

$$NUE_g = (G_w / N_s) \quad \text{(رابطه ۳)}$$

در این رابطه‌ها، NupE: کارایی جذب (بازیافت) نیتروژن، N_{off}: نیتروژن موجود در زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار)، N_s: نیتروژن موجود در خاک که شامل نیتروژن اولیه خاک و نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار) می‌باشد، $NutE_g$: کارایی مصرف (فیزیولوژیک) نیتروژن برحسب زیست‌توده، G_w: عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار) و NUE_g: کارایی زراعی (بهره‌وری) نیتروژن برحسب زیست‌توده می‌باشد.

برای محاسبه کارایی مصرف نیتروژن، علاوه بر کود مصرفی، میزان نیتروژن موجود در خاک نیز در نظر گرفته شد. برای این منظور و محاسبه ذخیره نیتروژن خاک قبل از کشت گیاه زراعی، عمق خاک برای خرفه ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و با توجه به درصد نیتروژن خاک و وزن مخصوص ظاهری خاک میزان نیتروژن موجود در خاک به‌دست آمد (جدول ۱) که میزان آن در سال اول آزمایش ۵۴۶۰ کیلوگرم در هکتار (وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب) و در سال دوم آزمایش ۳۰۶۶ کیلوگرم در هکتار (وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب) بود. با توجه به اینکه فقط ۳ درصد نیتروژن کل خاک قابل‌جذب برای گیاه می‌باشد (Cassman *et al.*, 2002)، بنابراین میزان نیتروژن قابل‌جذب گیاه از خاک در سال اول آزمایش ۱۶۳/۸ کیلوگرم در هکتار و در سال دوم آزمایش ۹۱/۹۸ کیلوگرم در هکتار بود.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه واریانس مرکب با استفاده از نرم‌افزار Minitab 17 انجام پذیرفت. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) و در سطح یک و پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

وزن خشک ساقه، برگ و اندام‌های هوایی

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر سال، کود سبز، نیتروژن، اثرمتقابل سال و نیتروژن، اثرمتقابل کود سبز و نیتروژن بر وزن خشک ساقه در سطح احتمال یک درصد و اثرمتقابل سال و کود سبز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل کود سبز و نیتروژن نشان داد که افزایش کاربرد نیتروژن در تمامی تیمارهای مورد مطالعه باعث افزایش وزن خشک ساقه شد. بیشترین وزن خشک ساقه از تیمار ماشک گل خوشه‌ای و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد که از افزایش ۲۶/۹ درصدی نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) برخوردار بود؛ درحالی‌که کمترین وزن خشک ساقه از تیمار ماشک گل خوشه‌ای به‌تنهایی حاصل شد که ۲۴/۱ درصد نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) کاهش داشت (جدول ۶). در گزارش اینانلوفر و همکاران

(۱۳۹۲) به افزایش وزن خشک ساقه خرفه در اثر مصرف ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره اشاره شده است. سلطانی نژاد و همکاران (۱۳۹۲) نیز به افزایش وزن خشک ساقه در اثر افزایش مصرف نیتروژن اشاره کردند. نتایج مشابهی توسط سایر محققان در خصوص تأثیر مثبت نیتروژن بر وزن خشک گزارش شده است (برادران و همکاران، ۱۳۹۲؛ عابدی و همکاران، ۱۳۹۲؛ رضوانی مقدم و همکاران، ۱۳۹۲). افزایش نیتروژن از طریق جذب بهتر فسفر و پتاسیم موجود در خاک، افزایش شاخص سطح برگ و کارایی فتوسنتز باعث افزایش وزن خشک گیاه می‌شود (Ashraf *et al.*, 2005). برجکویست و همکاران (Bergkvist *et al.*, 2011) گزارش کردند که استفاده از لگوم ها به‌عنوان کود سبز باعث افزایش نیتروژن خاک و افزایش حاصلخیزی می‌شود. ویلیام و همکاران (Wilhelm *et al.*, 2007) گزارش کردند که پس از طی حدود پنج ماه از به زیر خاک بردن کود سبز، معدنی شدن نیتروژن انجام گرفته و عناصر غذایی به اندازه کافی در دسترس گیاه قرار می‌گیرند. در همین ارتباط فاگریا (Fageria, 2007) توصیه کرد که کود سبز به همراه کود شیمیایی نیتروژن استفاده گردد تا باعث عملکرد بیشتر و با کیفیت بهتر از طریق ایجاد تنوع در منابع عناصر غذایی ضروری گیاه شود. به نظر می‌رسد که کاهش نیتروژن خاک به دلیل جذب نیتروژن توسط میکروارگانیسم‌ها و تأخیر در برگرداندن ماشک گل خوشه‌ای نسبت به سایر تیمارهای کود سبز (جدول ۲) از دلایل کاهش وزن خشک ساقه در تیمار ماشک گل خوشه‌ای نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) باشد. توی و همکاران (Thuy *et al.*, 2008) گزارش کردند که در سال‌های اول آزمایش به دلیل محبوس شدن نیتروژن معدنی خاک و کاهش قابلیت دسترسی گیاه بعدی به نیتروژن نمی‌توان اثرات مثبت معنی‌دار حاصل از برگشت بقایا را مشاهده کرد.

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر سال، کود سبز، اثرمتقابل سال و کود سبز، اثرمتقابل سال و نیتروژن بر وزن خشک برگ در سطح احتمال یک درصد و اثرمتقابل سال، کود سبز و نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود اما اثر نیتروژن و اثرمتقابل کود سبز و نیتروژن بر وزن خشک برگ معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که استفاده از مخلوط ماشک گل خوشه‌ای و منداب نسبت به شاهد ۱۱/۱ درصد وزن خشک برگ را افزایش داد. اثر منداب و ماشک گل خوشه‌ای به‌تنهایی نسبت به شاهد تفاوت آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۴). در تحقیقی مشخص شد که کاشت ترکیبی گیاهان پوششی می‌توانند از مزایای بیشتری در یک محدوده گسترده از آشیان‌های اکولوژیک برخوردار باشد (Bergkvist *et al.*, 2011). ساینجو و سینگ (Sainju and Singh, 2001) نیز عنوان کردند که کاشت توأم یک لگوم و یک غله به عنوان گیاه پوششی موجب افزایش بیوماس گیاهی در زیر و بالای خاک و نیز افزایش محتوای نیتروژن و کربن اضافه شده به خاک می‌شود و در مقایسه با تک‌کشتی هر یک از این گیاهان، نقش بیشتری در بهبود کیفیت خاک و حاصلخیزی آن خواهند داشت. جهان و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه اثر دو گیاه پوششی خلر و شبدر ایرانی بر عملکرد ریحان گزارش کردند که اثر کاشت گیاهان پوششی بر وزن خشک برگ معنی‌دار بود. در مطالعه‌ای دیگر، جهان و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که استفاده از مخلوط شبدر ایرانی و خلر نسبت به شاهد وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه دارویی ریحان را کاهش داد. با توجه به افزایش کارایی جذب نیتروژن و کارایی زراعی نیتروژن بر اساس زیست‌توده در تیمار مخلوط منداب و ماشک گل خوشه‌ای (جدول ۴) وزن خشک برگ افزایش یافت.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که اثر نیتروژن بر وزن خشک برگ تأثیری نداشت (جدول ۵). در همین ارتباط، اینانلوفر و همکاران (۱۳۹۲) گزارش نمودند که کاربرد

۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) تأثیری بر وزن خشک برگ نداشت؛ اما نتایج مطالعه یوسفیان قهفرخی و همکاران (۱۳۹۴) و سلطانی نژاد و همکاران (۱۳۹۲) بیانگر اثر مثبت نیتروژن بر وزن خشک برگ خرفه بود.

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر سال، کود سبز، اثرمتقابل سال و کود سبز، نیتروژن، اثرمتقابل سال و نیتروژن، اثرمتقابل کود سبز و نیتروژن بر وزن خشک اندام‌های هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل کود سبز و نیتروژن نشان داد که افزایش کاربرد نیتروژن در تمامی تیمارهای مورد مطالعه باعث افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی خرفه شد. بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی از تیمار ماشک گل خوشه‌ای و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد که از افزایش ۲۰/۹ درصدی نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) برخوردار بود؛ درحالی‌که کمترین وزن خشک اندام‌های هوایی از تیمار ماشک گل خوشه‌ای به‌تنهایی حاصل شد که ۱۹/۷ درصد نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) کاهش داشت (جدول ۶). در تحقیقی مشخص گردید استفاده از تیمارهای تلفیقی کود آلی و شیمیایی (نیتروژن) می‌تواند ضمن افزایش وزن اندام‌های هوایی از هدر رفت نیتروژن جلوگیری کند (یوسفیان قهفرخی و همکاران، ۱۳۹۴). در تحقیقی دیگر، به افزایش وزن اندام‌های هوایی گیاه در اثر استفاده از کود سبز به همراه کود شیمیایی از طریق ایجاد تنوع در منابع غذایی ضروری گیاه اشاره شده است (Fageria, 2007). با توجه به اینکه اثرمتقابل کود سبز و نیتروژن وزن خشک برگ را تحت تأثیر قرار نداد لذا تغییرات وزن خشک اندام‌های هوایی در تیمارهای فوق مربوط به تغییرات وزن خشک ساقه می‌باشد.

جدول۳- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) تأثیر کود سبز و نیتروژن بر عملکرد زیست‌توده و کارایی مصرف نیتروژن خرفه

Table 3-Combined variance analysis (mean squares) effect of green fertilizer and nitrogen on biological yield and nitrogen use efficiency of Purslane

S. O.V	df	Stem dry weight	Leaf dry weight	Shoot dry weight	Leaf to stem ratio	Biomass nitrogen	Nitrogen content of biomass	Nitrogen uptake efficiency	Nitrogen physiological efficiency of biomass	Nitrogen agronomic efficiency of biomass
Year (Y)	1	55.97**	1.36**	39.86**	2.11**	0.17**	4413.99**	27909.00**	877.91**	15732**
Rep (Y)	4	0.49	0.13	0.47	0.01	0.009	209.69	90	15.94	27
Green fertilizer (A)	3	0.74**	0.19**	1.56**	0.01^{ns}	0.11**	1024.09**	828**	295.28**	126**
Y×A	3	0.54*	0.18**	1.30**	0.008^{ns}	0.09**	1050.37**	828**	378.67**	117**
Ea	12	0.56	0.08	0.97	0.004	0.006	193.95	108	17.17	54
Nitrogen fertilizer (B)	2	3.37**	0.02^{ns}	3.87**	0.0011^{ns}	0.029^{ns}	1224.83**	693**	118.64^{ns}	144**
Y×B	2	2.16**	0.41**	1.70**	0.058**	0.003^{ns}	276.63**	315**	4.09^{ns}	144**
A×B	6	0.57**	0.03^{ns}	0.76**	0.004^{ns}	0.13**	718.39**	414**	449.13**	45*
Y×A×B	6	0.35^{ns}	0.08*	0.45^{ns}	0.006^{ns}	0.004^{ns}	127.36*	99**	21.64^{ns}	27^{ns}
E_b	32	0.16	0.03	0.21	0.006	0.012	44.82	24.3	42.40	9
CV (%)		12.9	13.54	10.49	17.01	10.01	10.13	9.68	9.61	11.35

**، * و n.s به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱، ۵٪ و غیر معنی‌دار می‌باشد.

**,* and ^{ns} are significant at 1 and 5% probability levels and non-significant, respectively

نسبت برگ به ساقه

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر سال و اثرمتقابل سال و نیتروژن بر نسبت برگ به ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). استفاده از کود سبز و کود نیتروژن نسبت برگ به ساقه را تحت تأثیر قرار نداد (جدول ۳). در تحقیقی، مشخص شد استفاده از خلر و شبدر ایرانی نسبت به عدم کاشت گیاه پوششی تفاوت معنی‌داری بر نسبت برگ به ساقه گیاه دارویی ریحان مشاهده نشد (جهان و همکاران، ۱۳۹۱). در مطالعه‌ای دیگر، مشخص شد استفاده از گیاهان پوششی چاودار و ماشک گل خوشه‌ای نسبت به تیمار آیش و مصرف ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار نسبت به شاهد (صفر) نتوانست نسبت برگ به ساقه را در سورگوم علوفه‌ای تحت تأثیر قرار دهد (پور عزیزی و فلاح، ۱۳۹۲). در گزارش رضوانی مقدم و همکاران (۱۳۹۲) در خصوص گیاه کاسنی علوفه‌ای و سیف اله و باربری (Sifola and Barbieri, 2006) در خصوص گیاه دارویی ریحان نیز به عدم تأثیر نیتروژن بر نسبت برگ به ساقه اشاره شده است.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر کود سبز بر تولید زیست‌توده و کارایی مصرف نیتروژن خرفه

Table 4. Mean comparison of green fertilizer on biomass yield and nitrogen use efficiency of Purslane

Green fertilizer	Stem dry weight (t. ha^{-1})	Leaf dry weight (t. ha^{-1})	Shoot dry weight (t. ha^{-1})	Biomass nitrogen (%)	Nitrogen content of biomass (Kg. ha^{-1})	Nitrogen uptake efficiency (%)	Nitrogen physiological efficiency of biomass (Kg. Kg^{-1})	Nitrogen agronomic efficiency of biomass (Kg. Kg^{-1})
Control	3.23 ^{a}	1.27 ^{b}	4.51 ^{ab}	1.11 ^{bc}	65.47 ^{b}	51.9 ^{b}	70.31 ^{ab}	35.7 ^{ab}
Eruca sativa	3.04 ^{ab}	1.23 ^{b}	4.28 ^{bc}	1.13 ^{b}	64.66 ^{b}	51.0 ^{b}	66.38 ^{bc}	33.9 ^{b}
Vicia villosa	2.84 ^{b}	1.20 ^{b}	4.05 ^{c}	1.04 ^{c}	57.94 ^{c}	42.6 ^{c}	71.65 ^{a}	30.9 ^{c}
Eruca sativa + *Vicia villosa*	3.29 ^{a}	1.43 ^{a}	4.73 ^{a}	1.24 ^{a}	76.18 ^{a}	59.4 ^{a}	62.69 ^{c}	37.5 ^{a}
LSD $_{5\%}$	0.5	0.2	0.4	0.1	10.1	7.5	3.6	3

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (P ≤۰/۰۵).

In each column, with at least one similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD Multiple Range Test

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر نیتروژن بر تولید زیست‌توده و کارایی مصرف نیتروژن خرفه

Table 5. Mean comparison of nitrogen fertilizer on biomass yield and nitrogen use efficiency of Purslane

Nitrogen fertilizer	Stem dry weight (t. ha^{-1})	Shoot dry weight (t. ha^{-1})	Nitrogen content of biomass (Kg. ha^{-1})	Nitrogen uptake efficiency (%)	Nitrogen agronomic efficiency of biomass (Kg. Kg^{-1})
0	2.79 ^{b}	4.07 ^{b}	61.78 ^{b}	48.6 ^{b}	32.4 ^{b}
50	3.00 ^{b}	4.27 ^{b}	62.11 ^{b}	47.7 ^{b}	33.0 ^{b}
100	3.52 ^{a}	4.84 ^{a}	74.31 ^{a}	57.3 ^{a}	38.1 ^{a}
LSD $_{5\%}$	0.2	0.26	3.9	3.0	0.6

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (P ≤۰/۰۵).

In each column, with at least one similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD Multiple Range Test

جدول ۶- مقایسه میانگین برهمکنش کود سبز و نیتروژن بر عملکرد زیست‌توده و کارایی نیتروژن خرفه

Table 6. Mean comparison of green fertilizer and nitrogen on biological yield and nitrogen use efficiency of purslane

Green fertilizer ×	Nitrogen	Stem dry weight (t. ha^{-1})	Shoot dry weight (t. ha^{-1})	Biomass nitrogen (%)	Nitrogen content of biomass (Kg. ha^{-1})	Nitrogen uptake efficiency (%)	Nitrogen physiological efficiency of biomass (Kg. Kg^{-1})	Nitrogen agronomic efficiency of biomass (Kg. Kg^{-1})
Control	0	2.90 ^{ef}	4.15 ^{de}	0.95 ^{d}	56.04 ^{de}	45.6 ^{d}	80.21 ^{a}	36.3 $^{a-c}$
	50	3.19 $^{b-e}$	4.47 $^{b-d}$	1.08 ^{cd}	58.81 ^{cd}	45.3 ^{d}	70.93 $^{b-d}$	31.8 ^{cd}
	100	3.60 ^{ab}	4.90 ^{ab}	1.30 ^{a}	81.57 ^{a}	65.1 ^{a}	59.78 ^{ef}	39.3 ^{a}
Eruca sativa	0	2.8 ^{ef}	4.00 ^{de}	1.23 ^{ab}	65.03 ^{bc}	52.8 ^{c}	61.25 ^{ef}	32.7 ^{cd}
	50	3.08 $^{c-f}$	4.35 ^{cd}	1.03 ^{cd}	60.18 ^{cd}	46.5 ^{d}	72.65 $^{a-c}$	33.6 $^{b-d}$
	100	3.25 $^{a-e}$	4.49 $^{a-d}$	1.14 ^{bc}	68.78 ^{b}	53.4 ^{c}	65.25 $^{c-e}$	35.4 $^{a-c}$
Vicia villosa	0	2.20 ^{g}	3.33 ^{f}	0.99 ^{d}	45.87 ^{f}	33.9 ^{e}	74.04 ^{ab}	25.5 ^{e}
	50	2.64 ^{fg}	3.79 ^{ef}	0.99 ^{d}	49.89 ^{ef}	37.2 ^{e}	76.15 ^{ab}	29.4 ^{de}
	100	3.68 ^{a}	5.02 ^{a}	1.16 ^{bc}	78.07 ^{a}	57.3 ^{bc}	64.76 ^{de}	38.1 ^{a}
Eruca sativa + *Vicia villosa*	0	2.95 $^{d-f}$	4.47 $^{b-d}$	1.36 ^{a}	80.16 ^{a}	62.7 ^{ab}	56.11 ^{f}	35.7 $^{a-c}$
	50	3.40 $^{a-d}$	4.78 $^{a-c}$	1.29 ^{a}	79.56 ^{a}	61.2 ^{ab}	59.89 ^{ef}	37.5 ^{ab}
	100	3.53 $^{a-c}$	4.95 ^{ab}	1.08 ^{cd}	68.83 ^{b}	54.0 ^{c}	72.07 $^{b-d}$	39.0 ^{a}
LSD $_{5\%}$		0.5	0.54	0.1	7.9	5.7	3.6	3.9

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (P ≤۰/۰۵).

In each column, with at least one similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD Multiple Range Test

درصد و محتوای نیتروژن زیست‌توده

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر سال، کود سبز، اثرمتقابل سال و کود سبز و اثرمتقابل کود سبز و نیتروژن بر درصد و محتوای نیتروژن زیست‌توده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل کود سبز و نیتروژن نشان داد که افزایش کاربرد نیتروژن در تیمارهای شاهد (عدم مصرف کود) و ماشک گل خوشه‌ای باعث افزایش درصد نیتروژن زیست‌توده و در تیمارهای منداب و مخلوط منداب و ماشک گل خوشه‌ای باعث کاهش درصد نیتروژن زیست‌توده خرفه شد. بیشترین درصد نیتروژن زیست‌توده به‌طور مشترک از تیمارهای شاهد و مصرف ۱۰۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار و مخلوط منداب و ماشک گل خوشه‌ای به‌تنهایی حاصل شد که از افزایش به ترتیب ۳۶/۸ و ۴۳/۱ درصدی نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) برخوردار بود؛ درحالی‌که کمترین نیتروژن زیست‌توده با میانگین ۰/۹۵ درصد متعلق به شاهد (عدم مصرف کود) بود (جدول ۶). در تیمار شاهد (عدم مصرف کود) افزایش نیتروژن موجب افزایش قابلیت دسترسی گیاه به نیتروژن شد. در تیمار ماشک گل خوشه‌ای استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن باعث شد کاهش نیتروژن موجود در خاک (به دلیل تجزیه بقایا توسط میکروارگانیسم‌ها) جبران شود. در تیمارهای منداب و مخلوط منداب و ماشک گل خوشه‌ای آزادسازی عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن همگام با نیاز گیاه در طول فصل رشد انجام گرفته و افزایش بیشتر نیتروژن ممکن است از طریق مسمومیت خاک باعث کاهش قابلیت دسترسی و

جذب نیتروژن و سایر عناصر غذایی شده باشد؛ بنابراین با افزایش بیشتر نیتروژن در این تیمارها درصد نیتروژن زیست‌توده کاهش یافت.

مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل کود سبز و نیتروژن نشان داد که افزایش کاربرد نیتروژن در تمامی تیمارهای مورد مطالعه (به‌جز مخلوط منداب و ماشک گل خوشه‌ای) باعث افزایش محتوای نیتروژن زیست‌توده خرفه شد. بیشترین محتوای نیتروژن زیست‌توده به‌طور مشترک از تیمارهای شاهد و ماشک گل خوشه‌ای و با مصرف ۱۰۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار و مخلوط منداب و ماشک گل خوشه‌ای به‌تنهایی حاصل شد که از افزایش به ترتیب ۴۵/۵، ۳۹/۳ و ۴۳ درصدی نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) برخوردار بود؛ درحالی‌که کمترین محتوای نیتروژن زیست‌توده متعلق به تیمار ماشک گل خوشه‌ای به‌تنهایی بود که ۱۸/۱ درصد نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) کاهش داشت (جدول ۶). نتایج سینگ (Singh, 2012) بر روی گیاه دارویی رزماری و اسدی و همکاران (۱۳۹۲) بر روی گیاه دارویی اسفرزه بیانگر افزایش محتوای نیتروژن زیست‌توده در اثر مصرف نیتروژن است. ینگ و همکاران (Ying *et al.*, 1998) بیان کردند که هر چه عملکرد و بیوماس گیاه افزایش یابد، گیاه باید نیتروژن بیشتری را جذب کند. در این پژوهش بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی مربوط به ماشک گل خوشه‌ای و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و بیشترین درصد نیتروژن متعلق به تیمار شاهد و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و مخلوط منداب و ماشک گل خوشه‌ای به‌تنهایی بود (جدول ۶). با توجه به اینکه محتوای نیتروژن زیست‌توده از حاصل‌ضرب درصد نیتروژن زیست‌توده و عملکرد زیستی به‌دست‌آمده لذا تغییر هر یک از این دو پارامتر موجب تغییر محتوای نیتروژن زیست‌توده می‌شود.

کارایی نیتروژن زیست‌توده

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر سال، کود سبز، اثرمتقابل سال و کود سبز بر تمامی شاخص‌های کارایی نیتروژن زیست‌توده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین، اثر نیتروژن و اثرمتقابل سال و نیتروژن بر کارایی جذب و زراعی نیتروژن زیست‌توده در سطح احتمال یک درصد و اثرمتقابل کود سبز و نیتروژن بر کارایی جذب نیتروژن زیست‌توده در سطح احتمال یک درصد و بر کارایی زراعی نیتروژن زیست‌توده در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل کود سبز و نیتروژن نشان داد که افزایش کاربرد نیتروژن تا ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تمامی تیمارهای مورد مطالعه تأثیری بر کارایی جذب نیتروژن زیست‌توده نداشت؛ اما افزایش نیتروژن به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کارایی جذب نیتروژن زیست‌توده در تیمارهای منداب و ماشک گل خوشه‌ای را افزایش و موجب کاهش در تیمار مخلوط منداب و ماشک گل خوشه‌ای شد (جدول ۶). بیشترین کارایی جذب نیتروژن زیست‌توده از تیمار شاهد و مصرف ۱۰۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد که از افزایش ۴۲/۷ درصدی نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) برخوردار بود؛ درحالی‌که کمترین کارایی جذب نیتروژن زیست‌توده از تیمار ماشک گل خوشه‌ای به‌تنهایی و با کاهش ۲۵/۶ درصدی نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) حاصل شد (جدول ۶). نتیجه به‌دست آمده در این تحقیق با نتایج محققان متعددی که به کاهش کارایی جذب نیتروژن در گونه‌های اهلی شده و زراعی در اثر افزایش نیتروژن پرداخته بود متناقض بود (Martin *et al.*, 1982؛ عامری و همکاران، ۱۳۸۶؛ اسدی و همکاران، ۱۳۹۲). در پایان دوره رشد خرفه و پس از آنالیز خاک مشخص شد که تفاوتی بین شاهد و سطوح نیتروژن مصرفی از لحاظ میزان نیتروژن موجود در خاک وجود نداشت (جوادی و همکاران، ۱۳۹۸). به عبارتی دیگر شاید بتوان این گونه بیان کرد که تمامی کود شیمیایی تقسیط شده در طول فصل زراعی توسط خرفه جذب شده و لذا

در پایان فصل رشد نیتروژن موجود در خاک در تیمار عدم مصرف کود (شاهد) و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار برابر بوده و تفاوت آن معنی‌دار نبود. بالا بودن میزان کارایی جذب نیتروژن قابل‌دسترس، نشان‌دهنده کارآمد بودن بازیافت فیزیولوژیکی گیاه و تجمع نیتروژن قابل‌دسترس در گیاه می‌باشد. این حالت زمانی اتفاق می‌افتد که مقدار و زمان فراهمی نیتروژن هم‌زمان با نیاز گیاه باشد (آینه بند، ۱۳۹۱). در این پژوهش با توجه به اینکه در بالاترین سطح نیتروژن، عملکرد زیستی و محتوی نیتروژن زیست‌توده افزایش یافت لذا به نظر می‌رسد در مقادیر بیش از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خرفه به دلیل حفظ خصوصیات وحشی توانایی جذب نیتروژن را داشته باشد. در تحقیقی به‌منظور بررسی اثر کود سبز (خانواده لگوم و غیرلگوم) و نیتروژن بر روی گندم مشخص گردید بیشترین کارایی جذب نیتروژن از تیمار لوبیا چشم‌بلبلی (از خانواده بقولات) در شرایط عدم مصرف نیتروژن حاصل شد (گرامی و همکاران، ۱۳۹۲). نتایج این تحقیق نشان داد که در تیمار ماشک گل خوشه‌ای تأخیر در برگرداندن آن به خاک (جدول ۲) و عدم دسترسی موقت نیتروژن به علت رقابت میکروارگانیسم‌ها در جذب نیتروژن موجود در خاک باعث کاهش درصد و عملکرد نیتروژن زیست‌توده شده و کارایی جذب نیتروژن را کاهش داد؛ بنابراین، جهت تجزیه بقایا در منداب و ماشک گل خوشه‌ای بخشی از نیتروژن خاک، مورد استفاده میکروارگانیسم‌ها قرار گرفت، لذا استفاده از نیتروژن شیمیایی در تلفیق با کود سبز باعث بهبود کارایی جذب نیتروژن شد. در تیمار مخلوط منداب و ماشک گل خوشه‌ای و در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن به نظر می‌رسد که با آزادسازی تدریجی عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن نیاز گیاه فراهم شده و مصرف بیشتر کود شیمیایی تأثیری بر افزایش کارایی جذب نیتروژن نداشت.

مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل کود سبز و نیتروژن نشان داد که بیشترین کارایی فیزیولوژیک نیتروژن زیست‌توده از تیمار شاهد (عدم مصرف کود) با میانگین ۸۰/۲۱ کیلوگرم زیست‌توده بر کیلوگرم نیتروژن به دست آمد؛ درحالی‌که کمترین کارایی فیزیولوژیک نیتروژن زیست‌توده از تیمار مخلوط منداب و ماشک گل خوشه‌ای به‌تنهایی و با کاهش ۳۰ درصدی نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) حاصل شد (جدول ۶).

مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل کود سبز و نیتروژن نشان داد که افزایش کاربرد نیتروژن در تمامی تیمارهای مورد مطالعه باعث افزایش کارایی زراعی نیتروژن زیست‌توده شد. بیشترین کارایی زراعی نیتروژن زیست‌توده به‌طور مشترک از تیمارهای شاهد، ماشک گل خوشه‌ای و مخلوط منداب و ماشک گل خوشه‌ای با مصرف ۱۰۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد که از افزایش به ترتیب ۸/۲، ۴/۹ و ۷/۴ درصدی نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) برخوردار بودند؛ درحالی‌که کمترین کارایی زراعی نیتروژن زیست‌توده متعلق به تیمار ماشک گل خوشه‌ای به‌تنهایی بود که ۲۹/۷ درصد نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) کاهش داشت (جدول ۶). نتایج به‌دست‌آمده توسط سینگ (Singh, 2012) و مارتین و همکاران (Martin *et al.*, 1982) که بیان نمودند افزایش نیتروژن باعث کاهش کارایی زراعی نیتروژن می‌شود با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق مطابقت نداشت. در تحقیقات انجام گرفته مشخص شد عواملی مانند نوع گیاه، رعایت تناوب زراعی صحیح، مصرف به موقع کودها از لحاظ زمان و تقسیط با توجه به مراحل رشد گیاه، نوع و شیوه مصرف کود نیتروژن از جمله راهکارهای افزایش کارایی زراعی نیتروژن می‌باشد (Cassman *et al.*, 1998). همچنین، استفاده از واریته‌هایی که علاوه بر توانایی جذب و تبدیل بالا، از عملکرد زیادی نیز برخوردار باشند مورد توجه قرار گرفتند (Singh *et al.*, 1998). در این پژوهش کود نیتروژن مصرفی (از منبع اوره) بر اساس مراحل رشد گیاه تقسیط شده و نتایج نیز نشان داد که افزایش مصرف نیتروژن در گیاه خرفه باعث افزایش

کارایی جذب نیتروژن (جدول ۶) و وزن خشک اندام‌های هوایی شد؛ بنابراین انتظار می‌رود افزایش نیتروژن باعث افزایش کارایی زراعی نیتروژن زیست‌توده خرفه شود. در این پژوهش استفاده از کود سبز به‌تنهایی نتوانست تغییر چشمگیری در کارایی زراعی نیتروژن زیست‌توده ایجاد نماید و حتی استفاده از کود سبز ماشک و منداب در سطوح پایین نیتروژن باعث کاهش این کارایی شد.

نتیجه‌گیری

نتایج دوساله این آزمایش نشان داد که استفاده از کود نیتروژن به‌تنهایی و تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش عملکرد زیست‌توده و کارایی مصرف نیتروژن خرفه شد. همچنین، زمانی که از کود سبز و کود نیتروژن با هم استفاده گردید تنها وقتی کود سبز باعث بهبود عملکرد زیست‌توده و کارایی مصرف نیتروژن شد که با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار همراه بود. از بین کودهای سبز مورد مطالعه تیمار ماشک گل خوشه‌ای و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار عملکرد خشک اندام‌های هوایی و کارایی زراعی نیتروژن را به ترتیب ۲۰/۹ و ۴/۹ درصد نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) افزایش داد؛ بنابراین، استفاده از کود سبز ماشک گل خوشه‌ای همراه با ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار جهت تولید حداکثر زیست‌توده خرفه در منطقه بیرجند قابل توصیه می‌باشد.

سپاسگزاری

از زحمات جناب آقای دکتر مهدی نصیری محلاتی استاد گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به جهت راهنمایی‌های ارزنده ایشان در تجزیه آماری این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Abedi, M. H., Seghatoleslami, M. J., and Mousavi, Gh. R. 2013. Effects of irrigation intervals and nitrogen fertilizer levels on vegetative and reproductive yields of basil (*Ocimum basilicum* L.) under Birjand conditions. Journal of Agroecology, 5(4): 342-349. (In Persian).

Ameri, A., Nassiri Mahalati, M., and Rezvani Moghadam, P. 2009. Effects of different nitrogen levels and plant density on flower, essential oils and extract production and nitrogen use efficiency of Marigold (*Calendula officinalis*). Iranian Journal of Field Crops Research, 5(2): 315-326. (In Persian).

Asadi, A. R., Hassandaught, M. R., and Dashti, F. 2007. Comparison of fatty acids, oxalic acid, and mineral varieties of seeds and leaves of Purslane. Iranian foreign examples. Journal of Food Science, 3(3): 49-54. (In Persian).

Asadi, G.A., Momen, A., Nurzadeh Namaghi, M., and Khorramdel, S. 2014. Effects of organic and chemical fertilizer rates on nitrogen efficiency indices of isabgol (*Plantago ovata* Forsk.). Agroecology, *5*(4): 373-382. (In Persian).

Ashraf, M., Ali, Q., and Rha, E. S. 2005. The effect of applied nitrogen on the growth and nutrient concentration of Kalonji (*Nigella sativa*). Australian Journal of Experimental Agriculture, 45(4): 459-463.

Aynehband, A. 2012. *Production efficiency of agricultural ecosystems*. Mashhad, Iran: Jihad University Mashhad Press.

Baradaran, R., Shokhmgar, M., Mosavi, G., and Arazmjo, E. 2013. Evaluating the effects of irrigation interval and nitrogen on yield and yield components of Fenugreek (*Trigonella foenum*-graecum L.). Journal of Horticultural Science, 27(3): 295-300. (In Persian).

Bergkvist, G., Stenberg, M., Wetterlind, J., Bath, B., and Elfstrand, S. 2011. Clover cover crops under-sown in winter wheat increase yield of subsequent spring barley-Effect of N dose and companion grass. Field Crops Research, 120: 292-298.

Cassman, K. G., Dobermann, A. R., and Walters, D. T. 2002. Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. *Ambio*, 31(2): 132-140.

Cassman, K. G., Peng, S., Olk, D. C., Ladha, J. K., Reichardt, W., Doberman, A., and Singh, U.1998. Opportunities for increased nitrogen-use efficiency from improved resource management in irrigated rice systems. Field Crops Research, 56: 7-39.

Den Hollander, N. G., Bastiaans, L., and Kropff, M. J. 2007. Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design. II. Competitive ability of several clover species. European Journal of Agronomy, 26: 104-112.

Fageria, N. K. 2007. Green manuring in crop Production. *Journal of Plant Nutrition*, 30: 691-719.

Gerami, F., Aynehband, A., and Fateh, E. 2013. Effect of green manures and nitrogen fertilizer levels on early growth, yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agricultural Sinence and Sustinable Production, 23(1): 1-17. (In Persian).

Inanloofar, M., Omidi, H., and Pazoki, A. R. 2013. Morphological, Agronomical Changes and Oil Content in Purslane (*Portulaca oleracea* L.) under Drought Stress and Biological /Chemical Fertilizer of Nitrogen. Journal of Medicinal Plant, 48: 170-184. (In Persian).

Jahan, M., Amiri, M. B., Shabahang, J. Ahmadi, F., and Soleymani, F. 2014. The effects of winter cover crops and plant growth promoting rhizobacteria on some soil fertility aspects and crop yield in an organic production system of *Ocimum basilicum* L. Iranian Journal of Field Crops Research, 11(4): 562-572. (In Persian).

Jahan, M., Amiri, M., Dehghani Pour, F., and Tahhami, M. 2012. The effect of biofertilizers and winter cover crops on essential oil production and some agroecological characteristics of Basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal Field Crops Research, 10(4): 751-763. (In Persian).

Javadi, H., Rezvani Moghaddam, P., Rashed Mohasel, M.H., and Seghatoleslami, M.J. 2019. Effect of fertilizer management on some chemical properties of soil and absorption of nitrogen and phosphorus elements by purslane (*Portulaca oleracea* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 17(2): 187-205. (In Persian).

Kuo, A., and Jellum, E. J. 2002. Influence of winter cover crop and residue management on soil nitrogen availability and corn yield. Agronomy Journal, 94: 501-508.

Martin, D. L., Watts, D. G., Mielke, L. N., Frank, K. D., and Eisen-Hauer, D. E. 1982. Evolution of nitrogen and irrigation management for corn production using water high in nitrate. Soil Science Society of American Journal, 49: 1056-1062.

Mosavi, S. B., Jafarzadeh, A. A., Nishabouri, M. R., Ostan, Sh., and Feiziasl, V. 2008. Effects of Rye Green Manure Application in Soil Physical and Chemical Characteristics in Maragheh Dryland Condition Zone. Intl. Meeting on Soil Fertil. Land Manage and Agroclimatology, Turkey, PP. 599-608.

Ogg, C. L. 1960. Determination of nitrogen by the micro-Kjeldahl method. Journal of the Association of Official Analytical Chemists. 43: 689-693.

Pourazizi, M., and Fallah, S. 2013. Optimization of application of nitrogen fertilizers for growth and yield of forage sorghum under low-input and conventional farming systems. Journal of Crop Production and Processing. 3 (9): 81-91. (In Persian).

Rahimi, Z., Kafi, M., Nezami, A., and Khozaie, H. R. 2011. Effect of salinity and silicon on some morphophysiologic characters of Purslane (*Portulaca oleracea* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 27(3): 359- 374. (In Persian).

Raun, W. R., and Johnson, G. V. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agronomy. 91: 357-363.

Rezvani Moghaddam, P., Balandari, A., and Seyedi, S. M. 2013. The integrated fertilizer management of forage chicory (*Cichorium intybus* L. cv. Grasslands Puna) as affected by harvest time and cutting frequency. Iranian Journal of Crop Scienes, 15(3): 207-221. (In Persian).

Rezvani Moghaddam, P., Seyedi, S. M., and Azad, M. 2014. Effects of organic, chemical and biological sources of nitrogen on nitrogen use efficiency in black seed (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 30(2): 260-274. (In Persian).

Sainju, U. M., and Singh, B. P. 2001. Tillage, cover crop, and kill-planting date effects on corn yield and soil nitrogen. Agronomy Journal, 93: 878-886.

Shah, Z., Rashid, A., Rahman, H.U., Latif, A., and Shah, A. 2011. Rice and wheat yield in relation to biomass of green manure legumes. Sarhad Journal of Agriculture, 27 (1): 73-84.

Sifola, M. I., and Barbieri. G. 2006. Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. Scientia Horticulture, 108: 408-413.

Simopoulos, A. P. 2004. Omega-3 fatty acids and antioxidants in edible wild plants. Biological Research. 37: 263- 277.

Singh, M. 2012. Influence of organic mulching and nitrogen application on essential oil yield and nitrogen use efficiency of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). Archives of Agronomy and Soil Science, 59: 273-279.

Singh, U., Ladha, J. K., Castillo, E. G., Punzalan, G., Tirol-Padre, A and Duqueza, M.1998. Genotypic variation in nitrogen use efficiency in medium and long-duration rice. Field Crops Research. 58: 35–53.

Soltaninejhad, F., Fallah, S., and Heidari, M. 2013. Effect of different sources and rates of nitrogen fertilizer on the growth and biomass production of purslane (*Portulaca oleracea*). Journal of Crop Production, 6(3): 125-143. (In Persian).

Svecnjak, Z., and Rengel, Z. 2007. Canola cultivars differ in nitrogen utilization efficiency at vegetative stage. Field Crops Research, 97: 221- 226.

Thuy, N. H., Shan, Y., Bijay-Sing, K., Wang, Z., Cai, Y., Singh, K., and Buresh, R. J. 2008. Nitrogen supply in rice-based cropping systems as affected by crop residue management. Soil Science Society of America Journal, 72: 514-523.

Wilhelm, J. M., Johnson, F., Karlen L., and David, T. 2007. Corn stover to sustain soil organic carbon further constrains biomass supply. Agronomy Journal, 99: 1665-1667.

Yang, S. M., Malhi, S. S., Song, J. R., Xiong, Y. C., Yue, W. Y., Lu, L. L., Wang, J. G., and Guo, T. W. 2006. Crop yield, nitrogen uptake and nitrate-nitrogen accumulation in soil as affected by 23 annual applications of fertilizer and manure in the rainfed region of Northwestern China. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 76: 81-94.

Ying, J., Peng, S., Yang, G., Zhou, N., Visperas, R. M., and Cassman, K. G. 1998. Comparison of high-yield rice in tropical and subtropical environments: II. Nitrogen accumulation and utilization efficiency. Field Crops Research, 57:85-93.

Yusefian Ghahfarokhi, H., Abdali Mashhadi, A., Bakhshandeh, A., Lotfi, A., and Abadi, J. 2015. Evaluation of effect attract moisture substances and organic fertilizers on quality and quantity yield of Purslane (*Portulaca oleracea* L.) in Ahwaz region. Journal of Plant Process and Function. 4(13): 87-96. (In Persian)