

Effect of different fertilizer sources on growth, forage yield and advantage indices of chicory-annual medic intercropping

Mehrnoosh Garshasbi¹, Mohammad Rafieiohossaini^{*2}, Sina Fallah³, Ali Ashraf Jafari⁴,
Shamsali Rezazadeh⁵

1,2,3. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. 4. Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

5. Department of Pharmacognosy and Pharmacy, Institute of Medicinal Plants, ACECR, Karaj, Iran.

(Received: March 28, 2021- Accepted: May 12, 2021)

ABSTRACT

In order to investigate the effect of different sources of fertilizer and patterns of mixed cultivation of chicory (*Cichorium intybus* L.) and annual medic (*Medicago scutellata*) on agromorphological characteristics and forage yield, a factorial experiment was carried out in a randomized complete block design with three replications at the Behbahan agricultural Research farm, Iran. The first factor was different fertilizer sources (chemical, organic and integrated) in three levels including chemical fertilizer (urea + triple super phosphate), vermi-compost fertilizer and combined fertilizer (50% chemical fertilizer + nitroxin biofertilizer + fertile phosphate 2) and the second factor was five levels of intercropping patterns including pure cultivation of chicory, pure cultivation of annual medic, one row of chicory: one row of annual medic, one row of chicory: two rows of annual medic and two rows of chicory: one row of annual medic. Studied traits for chicory and medic were plant height, number of sub-branches, number of leaves per plant, chlorophyll index, leaf area index, dried forage yield and advantageous indices of intercropping including land equivalent ratio (LER), actual yield loss (AYL) and intercropping advantage (IA). The results showed that different treatments had significant effects on the studied traits. The maximum dried yield of chicory and annual medic (4 and 4.6 ton.ha⁻¹, respectively) obtained in pure cultivation and chemical fertilizer source, which was not significantly different from pure cultivation and vermin-compost and integrated fertilizer sources. Considering the total yield of two crops and land equivalency ratio higher than one, the mixed ratios of chicory-medic replacement with vermin-compost and combined fertilizer sources were beneficial compared to sole cropping of each crop.

Keywords: Biofertilizer, chlorophyll index, land equivalent ratio, leaf area index, monoculture.

اثر منابع مختلف کود بر رشد، عملکرد علوفه و شاخص های سودمندی کشت مخلوط کاسنی-یونجه یکساله

مهرنوش گرشاسبی^۱، محمد رفیعی الحسینی^{*۲}، سینا فلاح^۳، علی اشرف جعفری^۴، شمسعلی رضا زاده^۵

۱ و ۲ و ۳- به ترتیب دانشجو، استادیار و استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ۴- استاد پژوهش، بخش تحقیقات مرتع موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی ایران، ۵- استادیار، گروه فارماکوتوزی و داروسازی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج،

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۸ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۲)

چکیده

به منظور بررسی اثر منابع مختلف کود و ترکیب های مختلف کشت مخلوط بر خصوصیات آگرومورفولوژیکی و عملکرد علوفه کاسنی (*Cichorium intybus* L.) و یونجه یکساله (*Medicago scutellata*)، آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان به اجرا درآمد. فاکتور اول شامل نوع نهاده تغذیه ای در سه سطح کود شیمیایی (اوره + سوپرفسفات تریپل)، کود آلی (ورمی کمپوست) و کود تلفیقی (کود زیستی نیتروکسین + فسفات بارور + ۵۰٪ کود شیمیایی) و فاکتور دوم، ترکیب های مختلف کشت در پنج سطح شامل کشت خالص کاسنی، کشت خالص یونجه اسکوتالاتا، یک ردیف کاسنی: یک ردیف یونجه، یک ردیف کاسنی: دو ردیف یونجه و دو ردیف کاسنی: یک ردیف یونجه بودند. ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ در بوته، شاخص کلروفیل، شاخص سطح برگ، عملکرد خشک علوفه و شاخص های ارزیابی کشت مخلوط شامل نسبت برابری زمین (LER)، کاهش یا افزایش عملکرد واقعی (AYL) و شاخص سودمندی (IA) کشت مخلوط، صفات مورد مطالعه بودند. نتایج آزمایش نشان داد که تیمارهای مختلف بر صفات مورد مطالعه گیاهان تاثیر معنی داری داشت. بیشترین عملکرد علوفه خشک کاسنی و

* Corresponding author E-mail: rafiei@sku.ac.ir

یونجه (به ترتیب چهار و ۴/۶ تن در هکتار) در تیمار تک کشتی و منبع کود شیمیایی حاصل شد که با تک کشتی و منابع کودی ورمی کمپوست و تلفیقی اختلاف معنی داری نداشت. با توجه به مجموع عملکرد دو گیاه در کشت مخلوط و شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط در این آزمایش، نسبت‌های مخلوط جایگزینی کاسنی: یونجه با منابع کودی ورمی-کمپوست و کود تلفیقی با نسبت برابری زمین بالاتر از یک و سودمندی نسبی مثبت، نشان‌دهنده برتری و موفقیت کشت مخلوط در مقایسه با تک کشتی این محصولات می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شاخص سطح برگ، شاخص کلروفیل، کشت خالص، کود زیستی، نسبت برابری زمین.

مقدمه

مقاومت در برابر خشکسالی و محتوای زیاد آب، به خوبی با تغییرات آب و هوا و شرایط خشک سازگار است (Niderkorn *et al.*, 2019).

از دیگر گیاهان علوفه‌ای سازگار با مراتع ایران می‌توان به گونه‌های یونجه یک‌ساله از قبیل یونجه یک‌ساله رقم رابینسون گونه اسکوتلاتا (*Medicago scutellata cv.*) اشاره کرد که دارای کیفیت علوفه و مقدار بذر بالایی است (Derkaoui *et al.*, 1991) و با داشتن خصوصیتی از جمله عملکرد و پروتئین بالا، خوش خوراکی، ویتامین‌ها و وفور کلسیم و نیتروژن می‌تواند گزینه‌ای مناسب برای کشت مخلوط باشد (Shabani *et al.*, 2014).

پس از طراحی آرایش کشت، مدیریت بوم‌نظام زراعی در کشاورزی پایدار، مستلزم ایجاد تغییراتی از جمله جایگزینی نهاده‌های تجدیدناپذیر و مضر با نهاده‌ها و عملیات بوم‌سازگار می‌باشد. استفاده از ورمی کمپوست در کشاورزی پایدار باعث بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، تولید هورمون‌های رشد گیاهی و اسیدهای آلی در خاک و در نهایت بهبود عملکرد گیاه زراعی می‌شود (Ravindran *et al.*, 2008). در آزمایشی نیز کاربرد کود آلی کمپوست، سبب بهبود عملکرد زیست‌توده تر و خشک و میزان پلی فنول برگ گیاه دارویی کاسنی پاکوتاه شد (Doaei *et al.*, 2018). نتایج تحقیقات نشان داد که کودهای زیستی در اکثر موارد به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌تواند پایداری تولید را در نظام‌های کشاورزی تامین کنند (Muyayabantu *et al.*, 2013). کود زیستی نیتروکسین دارای باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن از جنس‌های آزوسپریلیوم، ازتوباکتر و حل‌کننده فسفات از جنس سودوموناس است. کود زیستی

هدف از کشت مخلوط گیاهان، بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، بهبود قابلیت جذب عناصر غذایی و افزایش کمی و کیفی عملکرد می‌باشد و به همین منظور، اغلب آزمایش‌های کشت مخلوط، شامل گیاهان خانواده بقولات هستند (Lithourgids *et al.*, 2011). از طرفی تعدادی از گونه‌های گیاهان دارویی که به تنهایی و به دلایل مختلف چون غیرخوش خوراکی و یا دارا بودن ترکیبات ضد تغذیه‌ای مانند اسید پروسیک، کومارین و ترکیبات فنولی ارزش علوفه‌ای بالایی ندارند، از طریق کشت مخلوط با گیاهان علوفه‌ای رایج می‌توانند علوفه‌ای با کمیت بالا و ارزش دارویی فراوان با عنوان "علوفه دارو" تولید کنند که متضمن مزایای اکولوژیکی و زیست محیطی فراوانی است (Bagheri *et al.*, 2014).

کاسنی با نام علمی *Cichorium intybus L.* یکی از گیاهان داروئی مهم خانواده گل ستاره‌ای‌ها (Asteraceae) است (Bais *et al.*, 2001) که به‌عنوان غنی‌ترین منبع اینولین شناخته می‌شود و در بیشتر کشورهای جهان به‌منظور استحصال همین ماده کشت می‌شود. اینولین به‌عنوان یک پری‌بیوتیک و اصلاح کننده بافت، اثرات فوق‌العاده‌ای در رشد و سلامت انسان دارد و باعث تکثیر افزایش فلور روده‌ای می‌شود. (Shoab *et al.*, 2016)؛ از طرفی تعلیف دام‌ها با علوفه کاسنی، نفخ ایجاد نمی‌کند. همچنین بالا بودن میزان مواد معدنی، کربوهیدرات‌های محلول در آب و حضور تانن‌های متراکم و ترکیبات فنلی در کاسنی، موجب کاهش انگل‌های روده‌ای در دام می‌شود (Li & Kemp, 2005). گزارش‌های متعددی نیز وجود دارد که نشان می‌دهد کاسنی می‌تواند منبع غذایی مطبوع و مغذی نشخوارکنندگان باشد و به دلیل

تکرار در مزرعه پژوهشی ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان بهبهان واقع در استان خوزستان اجرا شد؛ حداقل و حداکثر دما در این منطقه به ترتیب ۶- و ۵۰/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. فاکتور اول شامل نوع نهاده تغذیه‌ای (شیمیایی، آلی و تلفیقی) در سه سطح کود شیمیایی (اوره + سوپرفسفات تریپل)، کود ورمی-کمپوست و کود تلفیقی (۵۰٪ کود شیمیایی + کود زیستی نیتروکسین + فسفات بارور ۲) و فاکتور دوم، ترکیب‌های مختلف کشت در پنج سطح کشت خالص کاسنی (SC)، کشت خالص یونجه اسکوتالاتا (SM)، یک ردیف کاسنی: یک ردیف یونجه (C₁M₁) یک ردیف کاسنی: دو ردیف یونجه (C₁M₂) و دو ردیف کاسنی: یک ردیف یونجه (C₂M₁) بودند. قبل از شروع آزمایش، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌برداری تصادفی از عمق صفر الی ۳۰ سانتیمتری انجام شد و همراه با کود آلی ورمی‌کمپوست مورد تجزیه قرار گرفت (جدول ۱، ۲).

فسفات بارور ۲ نیز دارای دو نوع باکتری حل‌کننده فسفات است که سبب تولید اسیدهای آلی و رهاسازی فسفات از ترکیبات معدنی و ترکیبات آلی می‌شوند. این پژوهش با هدف تولید مناسب علوفه‌دارو در کشت مخلوط جایگزینی کاسنی و یونجه یک‌ساله و بررسی تأثیر کودهای آلی، شیمیایی و تلفیقی بر شاخص‌های رشد و عملکرد علوفه و کاهش اتکا به نهاده‌های شیمیایی انجام شد تا با شناخت ترکیب مناسب کشت و منبع مناسب تغذیه در جهت پویایی تحقیقات کاربردی و ترویج تولید گیاهان دارویی و علوفه باکیفیت، گام موثر برداشته شود و ضمن کاهش هزینه‌های تولید، به حفاظت محیط زیست نیز کمک شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ به صورت فاکتوریل و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک مزرعه آزمایشی

Table 1. Soil analysis of the experimental site

Potassium (mg/kg)	Phosphorus (mg/kg)	Nitrogen (%)	Organic carbon (%)	pH	EC (dS.m ⁻¹)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil texture
243	8.09	0.076	0.72	7.6	4.3	8	68	24	Silty-loam

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ورمی‌کمپوست

Table 2. Physiochemical properties of vermicopost

K ₂ O (%)	P ₂ O ₅ (%)	Nitrogen (%)	Organic matter (%)	pH	EC (dS.m ⁻¹)
1.8	2.2	1.5	60.2	7.2	6.7

تیمارهای کود زیستی، بذرها درون یک کیسه پلی‌اتیلنی حاوی مایه تلقیح خیسانده و در سایه خشک شدند. در نیمه دوم آبان‌ماه، بذرها کاسنی (تهیه شده از شرکت دشتیار اصفهان) در عمق یک تا ۱/۵ سانتی‌متری و بذرها یونجه یک‌ساله (تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان) به صورت ردیفی و با در نظر گرفتن تراکم مطلوب در عمق ۱/۵ تا دو سانتی-متری کشت شدند. آبیاری در طول فصل رشد و با توجه به وضعیت بارندگی و نیاز آبی گیاه انجام شد. جهت اندازه‌گیری ارتفاع ساقه، تعداد برگ، شاخه‌های جانبی و شاخص کلروفیل در کاسنی و یونجه، ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب شدند و میانگین صفات ثبت

بر اساس نتایج آزمون خاک، میزان مصرف کود شیمیایی نیتروژن و فسفر هر گیاه مشخص و بر اساس نیتروژن موجود در کودهای شیمیایی مصرفی و احتساب میزان نیتروژن در ورمی‌کمپوست و ۵۰ درصد معدنی شدن نیتروژن آن، میزان ورمی‌کمپوست مصرفی تعیین شد. هر کرت به طول چهار و عرض ۲/۸۸ متر بود و فاصله کرت‌ها ۰/۵ متر و فاصله بین بلوک‌ها سه متر در نظر گرفته شد. کلیه کرت‌ها شامل هشت خط کاشت و فاصله ردیف‌ها ۳۲ سانتی‌متر بود. در تیمار کودهای شیمیایی، نصف کود اوره به همراه کل کود فسفات قبل از کاشت و بقیه به صورت سرک پس از آخرین مرحله تنک‌کردن به زمین داده شد. در

که در این معادلات، Z_{ba} ، Z_{ab} : به ترتیب درصد گونه a و b در کشت مخلوط را نشان می‌دهد.

ج) شاخص سودمندی کشت مخلوط نیز از معادله زیر محاسبه شد (Vandermeer, 1989).

$$IA = (P_a / P_a + P_b) \times AYL_a + (P_b / P_b + P_a) \times AYL_b$$

معادله (۷)

که در آن، P_a و P_b : قیمت واحد محصول a و b ، AYL_a : کاهش یا افزایش عملکرد واقعی جزء a و AYL_b : کاهش یا افزایش عملکرد واقعی جزء b می‌باشد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و رسم نمودارها توسط نرم‌افزار EXCEL انجام شد و مقایسه میانگین داده‌ها به روش دانکن و در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

کاسنی

اثر منابع مختلف کود بر هیچ‌کدام از خصوصیات مورفولوژیکی کاسنی به استثنای شاخص سطح برگ معنی‌دار نشد. اثر ترکیب‌های مختلف کشت بر ارتفاع کاسنی و شاخص کلروفیل در سطح احتمال یک درصد و بر شاخص سطح برگ و عملکرد علوفه خشک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. اثرات متقابل منبع کود و ترکیب کشت نیز بر ارتفاع و شاخص سطح برگ کاسنی در سطح یک درصد و بر شاخص کلروفیل گیاه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد و بر سایر صفات اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

شد. برداشت علوفه از ردیف‌های میانی هر کرت با حذف دو ردیف از ابتدا و انتهای هر کرت و نیم متر از بالا و پایین ردیف‌ها به عنوان اثرات حاشیه‌ای بود. برداشت یونجه در نیمه اول اسفند ۹۸ و برداشت کاسنی در نیمه دوم فروردین ۹۹ انجام شد. پس از اندازه‌گیری عملکرد علوفه تر، نمونه‌ای یک کیلوگرمی از علوفه تر گیاهان برداشت شد و پس از خشک شدن در سایه، وزن خشک آن ثبت شد و عملکرد علوفه خشک محاسبه شد. با استفاده از روابط زیر، شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط محاسبه شد:

الف) شاخص نسبت برابری زمین (Mao et al, 2012):

$$\text{معادله (۱)} \quad LER(T) = LER(a) + LER(b)$$

$$\text{معادله (۲)} \quad LER(a) = Y_{ab} / Y_{aa}$$

$$\text{معادله (۳)} \quad LER(b) = Y_{ba} + Y_{bb}$$

در این معادله، $LER(T)$ ، $LER(a)$ و $LER(b)$:

به ترتیب بیانگر نسبت برابری زمین کل، نسبت برابری زمین گونه A و B و Y_{ab} و Y_{ba} : به ترتیب عملکرد گونه‌های اول و دوم و Y_{aa} و Y_{bb} نیز عملکرد خالص گونه اول و دوم است.

ب) کاهش یا افزایش عملکرد واقعی (ALY): رقابت هر گونه در کشت مخلوط را نشان می‌دهد و با استفاده از این شاخص می‌توان افزایش یا کاهش جزئی مربوط به هر عملکرد را به دست آورد که با استفاده از معادلات زیر محاسبه شد (Banik et al., 2000).

$$\text{معادله (۴)} \quad AYL_a = [LER_a * 100 / Z_{ab} - 1]$$

$$\text{معادله (۵)} \quad AYL_b = [LER_b * 100 / Z_{ba} - 1]$$

$$\text{معادله (۶)} \quad AY = AYL_a + AYL_b$$

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارهای کود و کشت مخلوط با یونجه یک‌ساله بر خصوصیات آگرومورفولوژیکی و عملکرد علوفه خشک کاسنی

Table 3. Variance analysis of the effect of fertilizer treatments and intercropping with annual medic on agromorphological characteristics and dry forage yield of chicory

Source of variation	df	Mean Square					
		Plant height	Branch No. per plant	Leaf No. per plant	SPAD	LAI	Dry forage yield
Replication	2	735.5**	54.6**	326.9**	7.6 ^{ns}	3.9**	2.3**
Fertilizer type (F)	2	58.4 ^{ns}	2.3 ^{ns}	40.8 ^{ns}	8.1 ^{ns}	2.1**	0.3 ^{ns}
Cropping system (C)	3	1734**	4.6 ^{ns}	199.1 ^{ns}	45.9**	1.5*	7.78*
F × C	6	141**	3.6 ^{ns}	214.6 ^{ns}	17.6*	1.7**	0.3 ^{ns}
Error	22	37.3	3.1	201.2	6.9	0.4	0.3
CV (%)		4.1	12.9	18.3	5.6	19.3	21.6

^{ns}، * و **: به ترتیب نشانگر غیر معنی‌دار بودن، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد. ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

یونجه

نبود. اثر ترکیب‌های مختلف کاشت نیز بر ارتفاع کاسنی در سطح پنج درصد و بر عملکرد علوفه خشک در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اثرات متقابل منبع کود و ترکیب کاشت، فقط بر شاخص کلروفیل و عملکرد علوفه خشک یونجه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد و بر سایر صفات تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۴).

اثر منابع مختلف تغذیه (شیمیایی، ورمی‌کمپوست و تلفیقی (۵۰ درصد کود شیمیایی + نیتروکسین و فسفات بارور)) بر ارتفاع بوته در سطح پنج درصد و بر تعداد شاخه فرعی و برگ در بوته و عملکرد علوفه خشک در سطح یک درصد معنی‌دار شد، ولی بر شاخص کلروفیل و شاخص سطح برگ گیاه معنی‌دار

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر تیمارهای کود و کشت مخلوط بر خصوصیات آگرومورفولوژیکی و عملکرد علوفه خشک یونجه یک‌ساله

Table 4. Variance analysis of the effect of fertilizer treatments and intercropping with chicory on agromorphological characteristics and dry forage yield of annual medic

Source of variation	df	Mean Square					
		Plant height	Branch No. per plant	Leaf No. per plant	SPAD	LAI	Dry forage yield
Replication	2	623.2**	74.7**	1268.6**	6.5 ^{ns}	0.1 ^{ns}	4.2**
Fertilizer type (F)	2	206.5*	100.7**	2254.7**	2.9 ^{ns}	0.5 ^{ns}	1.4**
Cropping system (C)	3	127.2*	13.8 ^{ns}	223.6 ^{ns}	5.7 ^{ns}	0.6 ^{ns}	4.5**
F × C	6	10.2 ^{ns}	11.8 ^{ns}	288.8 ^{ns}	11.1*	1.4 ^{ns}	0.8*
Error	22	29.5	7.1	139	4.8	0.8	0.3
CV (%)		13	22.7	17.9	5.3	20.5	18.5

ns، * و ** به ترتیب نشانگر غیر معنی‌دار بودن، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.
ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

ارتفاع بوته

کشت خالص و کمترین آن (۱۳۳/۶ سانتی‌متر) در تیمار C₁M₂ مشاهده شد (جدول ۵).

با مقایسه میانگین‌های اثر اصلی ترکیب‌های مختلف کشت، بیشترین ارتفاع کاسنی (۱۶۵ سانتی‌متر) در

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر نوع کود و کشت مخلوط بر خصوصیات آگرومورفولوژیکی و عملکرد علوفه خشک کاسنی

Table 5. Means comparison of the effects of fertilizer type and intercropping on agromorphological characteristics and dry forage yield of chicory

Treat ment	Plant height (cm)	Branch No. per plant	Leaf No. per plant	SPAD	LAI	Dry forage yield (ton.ha ⁻¹)	
Fertilizer	Chemical	152.6 ^a	13.9 ^a	77 ^a	48.1 ^a	3.8 ^a	2.5 ^a
	Integreated	149.8 ^a	13.7 ^a	79.4 ^a	46.5 ^a	3 ^b	2.45 ^a
	Vermicompost	148.2 ^a	13.1 ^a	75.8 ^a	47 ^a	3.3 ^{ab}	2.2 ^a
Cropping system	Chicory:Medic(1:1)	144.7 ^c	13.2 ^a	75.1 ^a	47.6 ^{ab}	3.8 ^a	2.1 ^b
	Chicory:Medic(1:2)	133.6 ^d	12.8 ^a	72.3 ^a	46.8 ^{bc}	3 ^b	1.3 ^c
	Chicory:Medic(2:1)	157.5 ^b	14.1 ^a	83.1 ^a	50 ^a	3.5 ^{ab}	2.6 ^b
	Pure Chicory:	165 ^a	14.2 ^a	79 ^a	44.5 ^c	38 ^b	3.5 ^a

در هر ستون و برای هر تیمار، میانگین‌های دارای حرف مشترک، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

In each column and treatment, means with the similar letter (s) are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to Duncan's multiple range test.

نداشت. کمترین ارتفاع کاسنی (۱۲۳ سانتی‌متر) نیز در تیمار C₁M₂ و مصرف کود ورمی‌کمپوست مشاهده شد (شکل ۱ الف). محققین گزارش کردند که ارتفاع سیاهدانه نیز در کشت مخلوط با نخود کاهش یافت و علت آن را افت تولید مواد فتوسنتزی سیاهدانه و

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل منبع کود و کشت مخلوط نشان داد که بیشترین ارتفاع کاسنی در تیمار کشت خالص و کود آلی ورمی‌کمپوست (۱۶۵/۲ سانتی‌متر) به دست آمد که با تک‌کشتی کاسنی در منابع تلفیقی و شیمیایی تفاوت معنی‌داری

قدرت رقابتی کمتر آن در مقایسه با گیاه نخود بیان نمودند (Gholinezhad & Rezaei Chiyaneh, 2014). طبق نتایج مقایسه میانگین، بیشترین ارتفاع یونجه (۴۶/۲ سانتی‌متر) در تیمار مصرف کود شیمیایی و کمترین آن (۳۸ سانتی‌متر) در تیمار کود ورمی-کمپوست تولید شد که با کود تلفیقی اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۶).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر نوع کود و کشت مخلوط بر خصوصیات آگرو مورفولوژیکی و عملکرد علوفه خشک یونجه یکساله

Table 6. Means comparison of the fertilizer type and intercropping effects on agromorphological characteristics and dry forage yield of annual medic

Treatment	Plant height (cm)	Branch No. per plant	Leaf No. per plant	SPAD	LAI	Dry forage yield (ton.ha ⁻¹)	
Fertilizer	Chemical	46.2 ^a	14.4 ^a	78.6 ^a	40.9 ^a	4.4 ^a	2.8 ^{ab}
	Integreated	41.6 ^b	12.1 ^a	67.8 ^b	41.8 ^a	4.6 ^a	3.1 ^a
	Vermicompost	38 ^b	8.6 ^b	51.4 ^c	41.6 ^a	4.2 ^a	2.4 ^b
Cropping system	Chicory:Medic(1:1)	40.5 ^b	11.7 ^a	64.9 ^a	42.2 ^a	4.4 ^a	2.6 ^{bc}
	Chicory:Medic(1:2)	41.4 ^b	10.8 ^a	60.6 ^a	41.1 ^a	4.5 ^a	2.7 ^b
	Chicory:Medic(2:1)	38.5 ^b	13.5 ^a	72.6 ^a	42 ^a	4.6 ^a	2.1 ^c
	Pure Medic:	47.3 ^a	10.8 ^a	65.8 ^a	40.5 ^a	4 ^a	3.8 ^a

در هر ستون و برای هر تیمار، میانگین‌های دارای حرف مشترک، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار براساس آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

In each column and treatment, means with the similar letter (s) are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to Duncan's multiple range test.

به‌دست آمد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار نداشت و همگی در گروه آماری a قرار داشتند (جدول ۵). طبق گزارش محققین، استفاده از کودهای مختلف، تاثیری بر صفات مورفولوژیک کاسنی از جمله تعداد پنجه و تعداد برگ در بوته نداشت (Doaei et al., 2018). کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا نیز تاثیری بر تعداد برگ در گیاه آفتابگردان نداشت (Singh, 2007).

بیشترین تعداد شاخه فرعی یونجه (۱۴/۴) در تیمار مصرف کود شیمیایی مشاهده شد که با منبع کود تلفیقی اختلاف معنی‌دار نداشت. کمترین میزان شاخه فرعی یونجه (۸/۶) نیز در تیمار کود ورمی‌کمپوست و بیشترین تعداد برگ یونجه (۷۸/۶) نیز در تیمار مصرف کود شیمیایی و کمترین آن (۵۱/۴) در تیمار مصرف کود ورمی‌کمپوست مشاهده شد (جدول ۶). محققان با بررسی تاثیر عناصر ماکرو بر گیاه گشنیز به این نتیجه رسیدند که کود شیمیایی به دلیل تامین عناصر ضروری مورد نیاز رشد گیاه، باعث بهبود فاکتورهای رویشی و زایشی گیاه گشنیز شد و تعداد شاخه فرعی و عملکرد خشک گیاه افزایش یافت (Yeganehpour et al., 2017). در آزمایش دیگری

احتمالا اختلاف میان کمترین و بیشترین ارتفاع بوته یونجه، ناشی از محدودیت عناصر غذایی با توجه به تیمارهای مختلف کودی است. با توجه به این‌که یونجه از خانواده بقولات می‌باشد، انتظار می‌رود به کمک روابط همزیستی با باکتریهای تثبیت‌کننده، نیاز خود به نیتروژن برای رشد و نمو مطلوب را برطرف کند، اما در طی دوره استقرار اولیه و قبل از این‌که روابط همزیستی در آن ایجاد شود، به مقادیر کمی کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار نیاز دارد (Franch et al., 2009). بیشترین ارتفاع یونجه در تیمار یونجه خالص و کمترین ارتفاع آن در تیمار C₂M₁ مشاهده شد که با سایر نسبت‌های مخلوط اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۶). از آن‌جا که یونجه نسبت به کاسنی دارای ارتفاع و زیست‌توده کمتری بود، به‌نظر می‌رسد که در کشت مخلوط، فشار بیشتری نسبت به تک‌کشتی متحمل شده است و در نتیجه رشد رویشی و به تبع آن ارتفاع گیاه کاهش یافته است.

تعداد شاخه فرعی و تعداد برگ در بوته

بیشترین تعداد شاخه های فرعی کاسنی از تیمار کود شیمیایی و کشت خالص و بیشترین تعداد برگ از تیمار مصرف کود تلفیقی و ترکیب کشت C₂M₁

شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ بهترین معیار برای تعیین ظرفیت تولید ماده خشک عنوان شده است (Sarmadnia & Koochaki, 2003). مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که مقدار این شاخص برای گیاه کاسنی در منبع کود شیمیایی (۳/۸) و ورمی کمپوست (۳/۳) اختلاف معنی دار نداشت، اما اختلاف آن با شاخص سطح برگ در تیمار تلفیقی معنی دار بود (جدول ۵). کمترین شاخص سطح برگ یونجه در تیمار منبع کود ورمی-کمپوست و کشت خالص مشاهده شد که با سایر منابع کود و ترکیب‌های کشت تفاوت معنی داری نداشتند (جدول ۶). میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین و کمترین میزان شاخص سطح برگ کاسنی به ترتیب ۴/۸ در تیمار C_1M_1 و مصرف کود ورمی-کمپوست و ۲/۳ در تک کشتی کاسنی (Sc) و مصرف ورمی کمپوست بود (شکل ۱.ج). به نظر می‌رسد که علت تفاوت در شاخص سطح برگ در تیمارهای مختلف کودی، تفاوت در میزان فراهمی عناصر غذایی قابل دسترس در ریشه گیاه باشد. طبق گزارشات محققین، وجود اثر گذاری‌های مثبت دو گونه در کشت مخلوط، بهبود شاخص سطح برگ را به دنبال داشت (Hanming *et al.*, 2012).

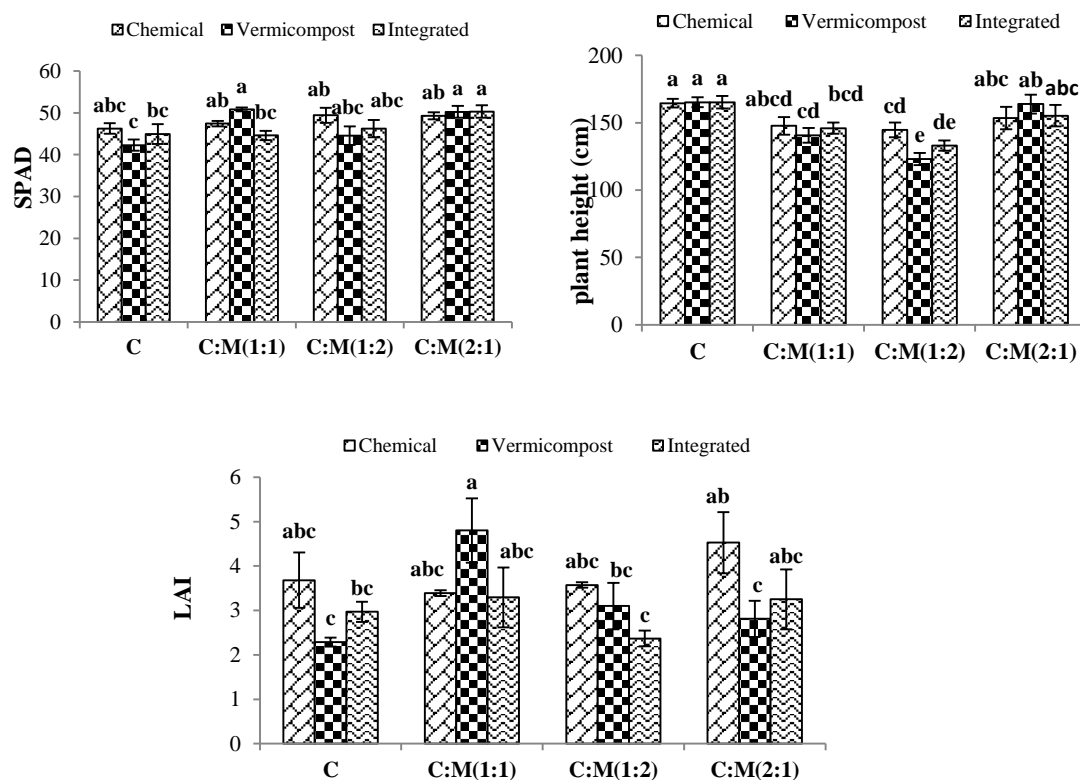
عملکرد علوفه خشک

بیشترین عملکرد علوفه خشک کاسنی (۳/۵) تن در هکتار) در کشت خالص و کمترین آن (۱/۳) تن در هکتار) نیز در ترکیب C_1M_2 مشاهده شد (جدول ۴). طبق مقایسه میانگین اثرات اصلی کود، بیشترین و کمترین عملکرد علوفه خشک یونجه نیز به ترتیب از تیمار کود تلفیقی و کود ورمی کمپوست به دست آمد. در بین ترکیب‌های مختلف کشت نیز بیشترین و کمترین میزان علوفه خشک به ترتیب به تک کشتی یونجه و ترکیب کشت C_2M_1 تعلق داشت (جدول ۶). در مطالعه دیگری، دلیل کاهش ماده خشک در کشت مخلوط، سایه اندازی و کاهش ورود نور بیان شده است که موجب افزایش میزان اختصاص مواد به ساقه برای جذب نور می‌شود (EyshiRezaee *et al.*, 2011).

گزارش شد که کودهای زیستی حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن، گیاه را در جذب عناصر بیشتر یاری می‌کنند که در نتیجه آن، رشد اندام هوایی و انشعابات جانبی گیاه افزایش پیدا می‌کند (Selosse *et al.*, 2004).

شاخص کلروفیل

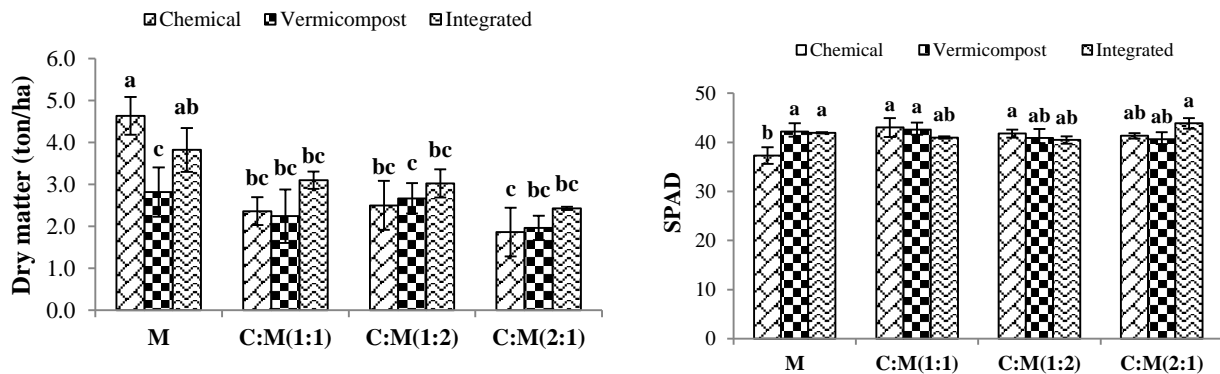
بیشترین شاخص کلروفیل کاسنی در تیمار کود شیمیایی (۴۸/۱) مشاهده شد که با دو منبع کود ورمی کمپوست و تلفیقی اختلاف معنی داری نداشت و بالاترین شاخص کلروفیل کاسنی (۵۰) در بین ترکیب‌های مختلف کشت نیز از تیمار C_2M_1 حاصل شد (جدول ۵). طبق نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل کود و ترکیب‌های مختلف کشت، بیشترین میزان شاخص کلروفیل کاسنی (۵۰/۸) در تیمار C_1M_1 و مصرف کود ورمی کمپوست و کمترین آن (۴۲/۳) در تک کشتی کاسنی و مصرف ورمی کمپوست مشاهده شد (شکل ۱.ب). در پژوهش حاضر، میزان کلروفیل برگ در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تک کشتی کاسنی بیشتر بود که علت این امر را می‌توان به سایه اندازی گیاهان روی همدیگر و تثبیت نیتروژن توسط یونجه نسبت داد. میزان کلروفیل برگ‌های کلزا نیز در کشت مخلوط با شبدر و ماشک بیشتر از کشت خالص آن بود (Genard *et al.*, 2017). در کشت مخلوط، مقدار نور دریافتی گیاه کاهش می‌یابد و گیاه با افزایش کلروفیل برگ، کارایی نور رسیده به برگ را افزایش می‌دهد (Singh *et al.*, 2013). با توجه به نتایج مقایسه میانگین، شاخص کلروفیل یونجه در هیچ کدام از منابع کود و ترکیب‌های مختلف کشت، اختلاف معنی داری نداشت و همگی در گروه آماری a قرار گرفتند (جدول ۶). میانگین اثرات متقابل منبع کود و ترکیب‌های مختلف کشت نشان داد که بیشترین میزان شاخص کلروفیل یونجه (۴۳/۹) در تیمار C_2M_1 و مصرف کود تلفیقی مشاهده شد که با سایر تیمارها بجز تیمار تک کشتی یونجه و مصرف کود شیمیایی که کمترین میزان شاخص کلروفیل (۳۷/۳) را نشان داد، اختلاف معنی دار نداشت (شکل ۲.الف).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع کود و کشت مخلوط بر ارتفاع بوته، شاخص کلروفیل و شاخص سطح برگ کاسنی. C و M: به ترتیب نشان‌دهنده کاسنی و یونجه و اعداد داخل پرانتز نسبت کشت هر یک از گیاهان در کشت مخلوط را نشان می‌دهد. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند.

Figure 1. Mean comparison of the interaction effect of fertilizer type and intercropping on plant height, chlorophyll index and leaf area index of chicory. C and M: Chicory and medic, respectively. Numbers in the parentheses represent ratio of each plant in intercropping pattern. Means with the similar letter are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to Duncan's multiple range tests.

مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین میزان علوفه خشک (۴/۶ تن در هکتار) در تک‌کشتی یونجه و مصرف کود شیمیایی تولید شد که با تک‌کشتی یونجه و مصرف کود تلفیقی اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۲.ب). محققین نیز در آزمایشی گزارش کردند که عملکرد آفتابگردان در کشت مخلوط با ماش نسبت به کشت خالص کاهش یافت (Khorramdel *et al.*, 2016). رقابت بین‌گونه‌ای برای نور و نیتروژن در طول دوره رشد رویشی، دلیل اصلی کاهش عملکرد کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص بیان شده است (Thorsted *et al.*, 2006).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع کود و کشت مخلوط بر شاخص کلروفیل و عملکرد علوفه خشک یونجه یک‌ساله. C و M: به ترتیب نشان‌دهنده کاسنی و یونجه و اعداد داخل پرانتز نسبت کشت هر یک از گیاهان در کشت مخلوط را نشان می‌دهد. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند.

Figure 2. Mean comparison of the interaction effect of fertilizer type and intercropping on chlorophyll index and dry forage yield of annual medic. C and M: Chicory and medic, respectively. Numbers in the parentheses represent ratio of each plant in intercropping pattern. Means with the similar letter are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to Duncan's multiple range test.

جدول ۷- تجزیه واریانس شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط کاسنی- یونجه یکساله

Table 7. Variance analysis of advantage indices of chicory- annual medic intercropping

S.O.V	df	LERa (Chicory)	LERb (Medic)	Total LER	AYLa (Chicory)	AYLb (Medic)	Total AYL	IA
Relication	2	0.5 ^{ns}	0.5 ^{ns}	2*	1.9 ^{ns}	0.4 ^{ns}	0.4 ^{ns}	1.7 ^{ns}
Fertilizer type (F)	2	0.9**	2.8*	6.6*	2.7*	0.4 ^{ns}	1**	3.2*
Cropping system (C)	2	3.1**	0.7*	0.7 ^{ns}	0.03 ^{ns}	1.5**	1.3**	0.1 ^{ns}
F × C	4	0.1 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.2 ^{ns}	0.3 ^{ns}	0.33 ^{ns}	0.5*	0.4 ^{ns}
Error	16	0.2	0.2	0.4	0.6	0.2	0.1	0.7
CV (%)		21.6	21.3	16.2	40.3	37.3	30.1	40.3

ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

و همه منابع کودی داشت (جدول ۸). می‌توان چنین برداشت کرد که در این نسبت‌های کشت مخلوط، یونجه تاثیر مثبت بیشتری از همراهی با کاسنی پذیرفته است و همین امر باعث افزایش نسبت برابری آن نسبت به گیاه کاسنی شده است. محققین دیگر هم نتیجه گرفتند که افزایش LER جزئی به بیشتر از ۰/۵، به درجه مکملی اجزای کشت مخلوط بستگی دارد (Monti et al., 2016).

بالاترین نسبت برابری زمین برای کاسنی و یونجه هر دو در منبع کودی ورمی‌کمپوست حاصل به دست آمد که با منبع کود تلفیقی اختلاف معنی‌داری نداشت. نسبت برابری زمین کاسنی در تیمار C₂M₁ بیشتر از نسبت برابری جزئی یونجه در همین ترکیب کشت بود، ولی در نسبت‌های C₁M₁ و C₁M₂، نسبت برابری جزئی یونجه بالاتر بود که این نشان از برتری گیاه یونجه نسبت به گیاه کاسنی در این نسبت‌های مخلوط

جدول ۸- مقایسه میانگین شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط کاسنی- یونجه یکساله

Table 8. Means comparison of advantage indices of chicory- annual medic intercropping

Treatment	LERa (Chicory)	LERb (Medic)	Total LER	AYLa (Chicory)	AYLb (Medic)	Total AYL	IA
Chemical	0.5 ^b	0.5 ^b	1 ^b	-0.1 ^b	0.3 ^a	0.3 ^b	-0.1 ^b
Integraated	0.6 ^a	0.8 ^a	1.4 ^a	0.2 ^a	0.6 ^a	0.9 ^a	0.2 ^{ab}
Vermicopost	0.7 ^a	0.8 ^a	1.5 ^a	0.2 ^a	0.7 ^a	0.9 ^a	0.3 ^a
Chicory:Medic(1:1)	0.6 ^b	0.7 ^a	1.3 ^a	0.1 ^a	0.5 ^b	0.6 ^b	0.2 ^a
Chicory:Medic(1:2)	0.4 ^c	0.7 ^a	1.2 ^a	0.1 ^a	0.2 ^b	0.3 ^b	0.1 ^a
Chicory:Medic(2:1)	0.8 ^a	0.6 ^b	1.3 ^a	0.1 ^a	1 ^a	1.1 ^a	0.2 ^a

در هر ستون و برای هر تیمار، وجود حداقل یک حرف مشترک، نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

In each column and treatment, means with the similar letter(s) are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to Duncan's multiple range test.

a قرار داشتند؛ از طرفی AYL یونجه تحت تاثیر ترکیب کشت مخلوط قرار گرفت و بالاترین افزایش یا افت عملکرد واقعی یونجه و کل، در تیمار C_2M_1 مشاهده شد و تیمار C_1M_2 با کمترین میزان افت عملکرد و عدم اختلاف معنی‌دار با تیمار C_1M_1 در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۸). بالاترین AYL کل در تیمار C_2M_1 و مصرف کود شیمیایی مشاهده شد که با سایر ترکیب‌های کشت مخلوط و مصرف کود ورمی‌کمپوست و کود تلقیقی بجز ترکیب کشت C_1M_2 اختلاف معنی‌دار نداشت (شکل ۳). مثبت بودن میزان AYL بالاتر از صفر نشان می‌دهد که کشت مخلوط نسبت به خالص برتری دارد و همچنین بیانگر سودمندی کشت مخلوط در استفاده بهینه از منابع موجود است (Banik et al, 2006).

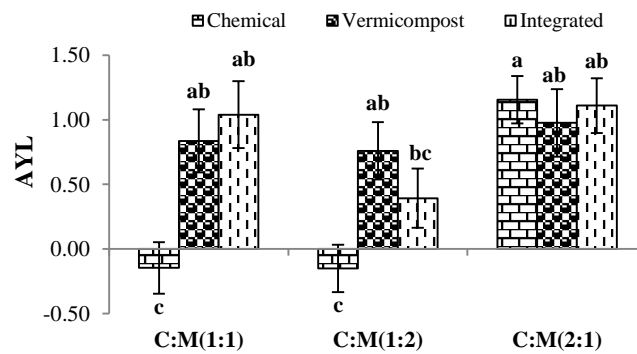
سودمندی نسبی (IA)

طبق نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی منبع کود، بیشترین شاخص سودمندی نسبی (۰/۳) از مصرف کود ورمی‌کمپوست به دست آمد که با مقدار این شاخص در منبع کود تلقیقی (۰/۲) اختلاف معنی‌دار نداشت. کمترین میزان (۰/۱-) نیز مربوط به منبع کود شیمیایی بود (جدول ۸). محققین دیگری نیز سودمندی اقتصادی کشت مخلوط گندم و نخود را بیشتر از کشت خالص آن‌ها گزارش کردند (Banik et al., 2006).

بالاترین نسبت برابری زمین کل (۱/۴۶)، به تیمار منبع کود ورمی‌کمپوست تعلق داشت که با منبع کود تلقیقی اختلاف معنی‌دار نداشت و کمترین آن (۰/۹۶) نیز در تیمار منبع کود شیمیایی مشاهده شد (جدول ۸). بالاتر بودن نسبت برابری زمین از یک نیز علاوه بر همیاری مثبت دو گیاه، به تثبیت نیتروژن و فراهمی عناصر پرمصرف برای این دو گیاه مربوط است. افزایش LER کشت مخلوط را می‌توان به تبادل مواد غذایی، افزایش توانایی رقابتی در کنترل علف‌های هرز، تثبیت نیتروژن، اختلاف در سیستم ریشه‌ای اجزای مخلوط و جذب بیشتر تشعشع نسبت داد (Banik et al, 2006). در کشت مخلوط گندم و شنبلیله نیز مقدار LER تیمارهای مخلوط، بالاتر از یک گزارش شد که با نتایج این آزمایش همخوانی دارد (Ahmad et al., 2013).

کاهش یا افزایش عملکرد واقعی (AYL)

بیشترین و کمترین میزان AYL کاسنی به ترتیب به کود ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی تعلق داشت (جدول ۸)؛ این نتیجه نشان‌دهنده بهره‌وری بیشتر کاسنی از منابع کود آلی و تلقیقی نسبت به منبع کود شیمیایی می‌باشد. AYL گیاه یونجه نیز در هر سه منبع کودی، بالاتر از صفر و بالاتر از AYL گیاه کاسنی بود. بالاترین میزان AYL نیز در تیمار کود ورمی‌کمپوست به دست آمد که با منبع کود تلقیقی در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۸). AYL کاسنی در هر سه تیمار کشت مخلوط، مثبت و در گروه آماری



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع کود و کشت مخلوط بر افزایش یا کاهش عملکرد واقعی کل. C و M: به ترتیب نشان‌دهنده کاسنی و یونجه و اعداد داخل پرانتز نسبت کشت هر یک از گیاهان در کشت مخلوط را نشان می‌دهد. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند.

Figure 3. Mean comparison of the interaction effect of fertilizer type and intercropping on total AYL. C and M: Chicory and medic, respectively; Numbers in the parentheses represent ratio of each plant in intercropping pattern. Means with the similar letter are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to Duncan's multiple range test

نسبت به تک‌کشتی این گیاهان می‌باشد و می‌توان عنوان کرد که کشت مخلوط کاسنی و یونجه یک‌ساله و استفاده از نهاده‌های آلی مانند ورمی‌کمپوست و تلفیق، با ایجاد تنوع در اکوسیستم‌های کشاورزی و کاهش مصرف کودهای شیمیایی می‌تواند باعث ثبات تولید شود، به گونه‌ای که در کنار تولید علوفه سالم با کاهش هزینه‌ها، اثرات سودمندی در افزایش درآمد اقتصادی داشته باشد و با بهبود بهره‌وری اراضی کشاورزی و کاهش مضرات زیست محیطی، در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار مد نظر قرار گیرد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به عملکرد کل مخلوط و شاخص‌های اقتصادی می‌توان ترکیب‌های کشت C_1M_1 و C_2M_1 و مصرف کودی تلفیقی و ورمی‌کمپوست را به‌عنوان تیمارهای برتر این پژوهش معرفی کرد. اگرچه بیشترین عملکرد علوفه هر گیاه از کشت خالص به دست آمد، اما با توجه به مجموع عملکرد دو گیاه و نسبت برابری زمین بالاتر از یک، تیمارهای کشت مخلوط کاسنی- یونجه با کاربرد منابع کودی ورمی-کمپوست و تلفیقی، نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط

REFERENCES

- Ahmad, W. R., Hassan, F. H., Ansar, M., Manaf, A. & Sher, A. (2013). Enhancing crop productivity through wheat (*Triticum aestivum* L.) fenugreek intercropping system. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 23(1), 210-215.
- Bagheri, M., Zaefarian, F., Bicharanlou, B. & Ghanizadeh, H. (2014). A study of intercropping of maize with sweet basil and borag. *Cercetari Agronomice in Moldova*, 47(2). 13-28.
- Bais, H. P. & Ravishankar, G. A. (2001). *Cichorium intybus* L. cultivation, processing, utility, value addition and biotechnology, with an emphasis on current status and future prospects. *Journal of Science Food Agriculture*, 81, 467-484.
- Banik, P., Midya A., Sarkar, B. K. & Ghose, S. S. (2006). Wheat and chickpea intercropping systems in an additive experiment. *European Journal of Agronomy*, 24, 325-332.
- Banik, P., Sasmal, T., Ghosal, P. K. & Bagchi, D. K. (2000). Evaluation of mustard (*Brassica campestris* var. Toria) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row- replacement series systems. *Agronomy and Crop Sciences*, 185, 9-14.
- Derkaoui, M., Caddel, J. L., & Christiansen, S. (1991). A frost tolerance screening of annual medicago spp. *Agricolura Mediterranea*, 120, 407-416.

7. Doaei, F., Rezvani Moghddam, P., Ghorbani, R. & Balandari, A. (2018). The effect of organic and biological fertilizers application on biomass yield and poly-phenols contents of dwarf chicory leaves (*Cichorium pumilum* Jacq.). *Journal of Agroecology*, 9(4), 910-92. (In Persian)
8. EyshiRezaee, A., Rezvani Moghadam, P., Khazaee, F. H. & Mohammad Abadi, P. (2011). Effect of density and pattern of mixed cultivars of millet and soybean on yield performance and their forage components. *Journal of Iranian Crop Researches*, 9(1), 50-59. (In Persian)
9. Franche, C., Lindstrom, k. & Elmerich, C. (2009). Nitrogen-fixing bacteria associated with leguminous and non-leguminous plants. *Plant and Soil*, 321,1-2, 35-59.
10. Genard, T., Etienne, P., Diquélou, S., Yvin, J. C., Revellin, C. & Laîné, P. (2017). Rapeseed-legume intercrops: plant growth and nitrogen balance in early stages of growth and development. *Heliyon*, 3(3), 1-20.
11. Gholinezhad, E. & Rezaei- Chiyaneh, E. (2014). Evaluation of grain yield and quality of black cumin (*Nigella sativa* L.) in intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 16(3), 236-249. (In Persian)
12. Hanming, H., Lei, Y., Liming, F., Lihua, Z.H., Han, W., Jing, Y. & Chengyun, L. (2012). The effect of intercropping of maize and soybean on microclimate. International CCTA. *Springer, Berlin, Heidelberg*. 257-263.
13. Khorramdel, A., Siahmarguie, A. & Mahmoodi. G. (2016). Effect of replacement and additive intercropping series of ajowan with bean on yield and yield components. *Electronic Journal. Crop Production*, 1(9), 1-24. (In Persian)
14. Li, G. & Kemp, P. D. (2005). Forage chicory (*Cichorium intybus* L.): A review of its agronomy and animal production. *Advances in Agronomy*, 88, 187-222.
15. Lithourgids, A. S., Dordas, C. A., Damalas, C. A. & Vlachostergios, D. N. (2011). Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian Journal of Crop Science*, 5(4), 396-470.
16. Mao, L., Zhang, L., Li, W., van der Werf, W., Sun, J., Spiertz, H. & Li, L. (2012). Yield dvantage and water saving in maize/pea intercrop. *Field Crops Research*, 138, 11-20.
17. Monti, M., Pellicanò, A., Santonoceto, C., Preiti, G. & Pristeri, A. (2016). Yield components and nitrogen use in cereal-pea intercrops in Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 196, 379-388.
18. Muyayabantu, G. M., Kadiata, B. D. & Nkongolo, KK. (2013). Assessing the effects of integrated soil fertility management on biological efficiency and economic advantages of intercropped maize (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.) in DR Congo. *American Journal of Experimental Agriculture*, 3(3), 520-541.
19. Niderkorn, V, Martin, C., Bernard, M., Le Morvan, A., Rochette, Y. & Baumont, R. (2019). Effect of increasing the proportion of chicory in forage-based diets on intake and digestion by sheep. *Animal*, 13(4), 718-726.
20. Ravindran, B., Dinesh, S. L., Kennedy, L. & Sekaran, G. (2008). Vermicomposting of solid as te generated from leather industries using epigeic earthworm *Eisenia fetida*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 151(2-3), 480-488.
21. Sarmadnia, G. H., & Koochaki, A. (2003). *Physiology of crop plants*. Mashhad University Jahad, Mashhad, Iran. (In Persian)
22. Selosse, M. A., Baudoin, E. & Vandenkoornhyse, P. (2004). Symbiotic microorganisms, a key for ecological success and protection of plants. *Comptes Rendus Biologies*, 327, 639-648.
23. Shabani, Q., Chayichi, M. R., Ardakani, M. R., Khavazi, K. & Friedel, y. (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 Persian)
24. Shoaib, M., Shehzad, A., Omar M, Rakha A, Husnain, R, Sharif, H. R., & Niazi, S. (2016). Inulin: Properties, health benefits and food applications. *Carbohydrate Polymer*, 20(147), 444-454.
25. Singh, J. K. (2007). Response of sunflower (*Helianthus annuus*) and French bean (*Phaseolus vulgaris*) Intercropping to different row ratios and nitrogen levels under rain fed conditions of temperate Kashmir. *Indian Journal of Agronomy*, 52, 36-39.
26. Singh, M., Singh, U. B., Ram, M., Yadav, A. & Chanotiya, CS. (2013). Biomass yield, essential oil yield and quality of geranium (*Pelargonium graveolens* L. Her.) as influenced by intercropping with garlic (*Allium sativum* L.) under subtropical and temperate climate of India. *Industrial Crops and Products*, 46, 234-237.
27. Thorsted, M. D., Olesen, J. E. & Weiner, J. (2006). Width of clover strips and wheat rows influence grain yield in winter wheat/white clover intercropping. *Field Crop Research*, 95, 280-290.
28. Vandermeer, J. H. (1989). *The Ecology of intercropping*. Cambridge University Press. 297 p.

29. Yeganehpour, F., Zahtab Salmasi, S., Shafagh, J. & Ghasemi Golozani, K. (2017). Effect of drought stress chemical and biofertilizer and salicylic acid on grain yield and yield components of Coriander (*Coriandrum sativum* L.). Journal of Crop Production, 9, 4.37-55.