به‌زراعی کشاورزی
دوره ۱۷ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۴
صفحه‌های ۶۹۹-۶۸۳

ارزیابی عملکرد کمی و کیفی علوفه درکشت مخلوط ذرت با لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی

پرستو مرادی[۱]*، جعفر اصغری[۲]، غلامرضا محسن‌آبادی[۳] و حبیب‌اله سمیع‌زاده[۴]

۱. دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکدهٔ علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۲. استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۳. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۴. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۰۶/۱۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۹/۰۴

چکیده

به‌منظور مقایسهٔ عملکرد کمی و کیفی علوفه در مخلوط‌های دوگانه و سه‌گانهٔ ذرت با لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعهٔ پژوهشی دانشکدهٔ علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، در سال زراعی ۱۳۹۱ اجرا شد. تیمارها شامل کشت‌های خالص ذرت، لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی، مخلوط‌های دوگانهٔ ذرت - لوبیاچیتی و ذرت - کدوی تخمه‌کاغذی و سه‌گانهٔ ذرت – لوبیاچیتی - کدوی تخمه‌کاغذی بودند. بیشترین وزن خشک علوفهٔ کل در مخلوط‌های دوگانه و سه‌گانه و کمترین آن در کشت‌های خالص لوبیاچیتی مشاهده شد. بیشترین و کمترین مقدار پروتئین خام به‌ترتیب در کشت‌های مخلوط سه‌گانه و کشت خالص ذرت مشاهده شد. بیشترین مقدار فیبرهای محلول در شوینده‌های اسیدی (ADF) و خنثی (NDF) در کشت خالص ذرت دیده شد که در مخلوط‌های سه‌گانه به‌سبب اختلاط با لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی کاهش نشان داد. در نتیجه با کاهش ADF و NDF در مخلوط‌های دوگانه و سه‌گانه، مقدار کل مادهٔ مغذی قابل هضم و مادهٔ خشک مصرفی افزایش یافت و به افزایش کیفیت در مخلوط‌های سه‌گانه منجر شد. نتایج حاصل، برتری معنادار سیستم کشت مخلوط سه‌گانهٔ ذرت، لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی نسبت به دیگر سیستم‌های کشت از نظر تولید کمی و کیفی علوفه را نشان داد.

کلیدواژه‌ها: پروتئین خام، سیستم مخلوط سه‌گانه، فیبرهای محلول در شوینده‌های اسیدی، مادهٔ مغذی قابل هضم، نسبت برابری زمین.

* نویسنده مسئول
Email: parasto.moradi@yahoo.com

۱. مقدمه

ذرت[1] سومین گیاه زراعی مهم در جهان است که در تغذیهٔ انسان و دام اهمیت فراوانی دارد و گیاهی علوفه‌ای با عملکرد و انرژی زیاد است که نسبت به دیگر گیاهان علوفه‌ای به نیروی کارگری و ماشین‌آلات کمتری برای کشت‌وکار نیازمند است. این گیاه، همچنین، منبع اولیهٔ انرژی در صنعت دامداری‌های جهان است و با اینکه از نظر تولید مادهٔ خشک در سطح بالایی قرار دارد [۱۸]، استفادهٔ تنها از علوفهٔ آن (به‌دلیل پروتئین کم) به تولید رضایت‌بخش در بسیاری از دام‌ها منجر نمی‌شود [۳].

در این راستا، معرفی منابع و روش‌های نوین تولید علوفه و بهره‌گیری بهینه از نهاده‌های تولید می‌تواند تأثیر زیادی بر افزایش کمی و کیفی علوفه داشته باشد، زیرا عملکرد بیشتر علوفه زمانی مطلوب است که کیفیت نیز مطلوب باشد [۱].

یکی از روش‌های مدیریتی با رویکرد توسعهٔ گیاهان علوفه‌ای، استفاده از کشت مخلوط است. کشت مخلوط یکی از شیوه‌های کشاورزی پایدار است که با بهره‌گیری از اصل تنوع گیاهی در مزرعه، موجب افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات، حفظ حاصلخیزی خاک، کنترل فرسایش و در مجموع بهره‌برداری بهینه از منابع می‌شود [۲]. در آزمایشی دربارهٔ کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی مشاهده شد که عملکرد، ثبات عناصر غذایی خاک، کاهش آفات و بیماری‌ها، استفادهٔ مؤثر از نیروی کار، کاهش ریسک، افزایش تنوع گونه‌ای و افزایش تولید علوفه در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص برتری داشت [۲۹]. همچنین، کشت مخلوط غلات با لگوم‌ها و دیگر گیاهان علوفه‌ای، یکی از روش‌های افزایش کیفیت علوفهٔ این گیاهان است [۱۲]؛ زیرا لگوم‌ها پروتئین بیشتری از غلات دارند و دامداران آنها را برای افزایش عملکرد و کیفیت علوفه و کاهش احتمالی کمبود پروتئین خام به علوفه اضافه می‌کنند [۱۲]. به‌علاوه، تأمین مواد معدنی، ویتامین‌ها و ایجاد تعادل غذایی در ترکیب علوفهٔ غلات و لگوم‌ها، از دیگر مزایای کشت مخلوط این گیاهان است که تأثیر زیادی بر افزایش فراورده‌های دامی دارد [۲۴].

در بررسی مخلوط جو[2] و یونجه[3] در یک آزمایش دوساله گزارش شد که مخلوط این گیاهان سبب افزایش عملکرد کمی و کیفی علوفه شد [۳۹]. میانگین عملکرد علوفهٔ کل نیز، در مخلوط باقلا[4] با خلر[5] (۱۱/۲ تن در هکتار) در بیشترین مقدار خود بود [۳۷]. تولید مادهٔ خشک در کشت مخلوط ذرت – لوبیا چشم‌بلبلی[6] در مقایسه با کشت خالص افزایش نشان داد و کیفیت علوفه برحسب پروتئین خام زیاد شد [۲]. مخلوط جو با لگوم‌ها، محتوای فیبرهای محلول در شوینده‌های خنثای[7] کمتری در مقایسه با جو داشت [۴۰، ۱۶]. در مخلوط ذرت – یونجه، بیشترین علوفهٔ تولیدشده در مخلوط این گیاهان (۴:۲ یونجه – ذرت) حاصل شد که اختلاف معناداری نسبت به کشت‌های خالص آنها نشان داد [۴۸]. در مخلوط یونجه – اسپرس[8]، پروتیئن خام، الیاف محلول در شوینده‌های اسیدی، خاکستر و الیاف خام، بیشتر از کشت خالص اسپرس و کمتر از یونجه بود و به عبارت دیگر، بین این دو گیاه قرار داشت [۸]. در بررسی گونه‌ها و واریته‌های مختلف غلات دانه‌ریز (جو و تریتیکاله)، در مخلوط با خلر مشاهده شد که ویژگی‌های زراعی واریته‌های مختلف غلات، نسبت‌های کشت و رقابت بین اجزای ترکیب در کشت مخلوط، بر عملکرد و کیفیت علوفهٔ تولیدی تأثیر

1. *Zea mays* L.

2. *Hordeum vulgare* L.
3. *Medicago sativa* L.
4. *Vicia faba*. L.
5. *Lathirus sativus* L.
6. *Vigna unguiculata* L.
7. Neutral detergent fiber
8. *Onobrychis viciifolia* L

می‌گذارد [۱۱ ، ۷]، به‌طوری که غلات در رقابت با خلر گیاه برتر بودند و قدرت رقابتی جو نسبت به تریتیکاله بیشتر بود که دلیل آن را قدرت زیاد جوانه‌زنی و رشد سریع جو در بهار ذکر کردند که به افزایش عملکرد مخلوط این دو گیاه منجر شد. به‌علاوه، با افزایش سهم جو، قدرت رقابتی آن افزایش یافت. بنابراین، انتخاب گونه‌های گیاهی مناسب می‌تواند تأثیر زیادی در ایجاد تعادل غذایی و تولید علوفه‌ای با کمیت و کیفیت مطلوب داشته باشد.

با توجه به اهمیت گسترش سیستم‌های کشاورزی پایدار، هدف پژوهش حاضر، بررسی امکان کشت مخلوط گونه‌های گیاهی مختلف و تعیین بهترین ترکیب و نسبت کاشت برای ارتقای کمی و کیفی علوفه است.

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعهٔ پژوهشی دانشکدهٔ علوم کشاورزی دانشگاه گیلان با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۲ دقیقهٔ شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۹ دقیقهٔ شرقی و هفت متر بالاتر از سطح دریا، در سال زراعی ۱۳۹۱ انجام گرفت. بیشینه و کمینهٔ دما در طول دورهٔ آزمایشی ۳۰/۹ و ۲۲/۴ درجهٔ سانتی‌گراد و بافت خاک مزرعهٔ آزمایشی رسی – لومی بود. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل سه گیاه ذرت هیبرید متوسطرس (*Zea mays* L. *cv.* AS66)، لوبیاچیتی[1] (کلاس تجاری Cranberry، فرم بوته رونده، رشد نامحدود و تیپ ۳) و کدوی تخمه‌کاغذی[2] بود که با ترکیب‌های ارائه‌شده در جدول ۱ کشت شدند.

پیش از اجرای آزمایش، عملیات آماده‌سازی زمین (شخم در فروردین و دیسک در اردیبهشت قبل از کاشت گیاهان) انجام گرفت و پس از آن زمین به‌صورت جوی و پشته در آمد. هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف به طول ۵ متر با فاصلهٔ ۶۰ سانتی‌متر بین ردیف در تمامی تیمارها بود. ذرت در داخل جوی‌ها و کدوی تخمه‌کاغذی و لوبیاچیتی (در کشت‌های خالص و مخلوط) روی پشته کشت شدند. فاصلهٔ بین ردیف‌ها در مخلوط‌های دوگانه ۳۰ و در مخلوط‌های سه‌گانه ۲۰ سانتی‌متر بود. ذرت، لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی، همزمان در پنجم خرداد به‌صورت دستی کشت و در دههٔ اول شهریور برداشت شدند. مقدار کودهای نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) با درنظر گرفتن مقدار نیاز هر سه گیاه و براساس آزمون خاک تعیین و به زمین داده شد (جدول ۲). کود نیتروژن در دو مرحله (زمان کاشت و یک ماه پس از کاشت)، فسفر و پتاسیم (پس از اولین شخم در فروردین و قبل از کاشت گیاه زراعی) به زمین داده شدند.

علوفه در مرحلهٔ خمیری ذرت و از مساحت ۲ × ۲ متر مربع برداشت شد و پس از ۴۸ ساعت نگهداری در آون در دمای ۷۲ درجهٔ سانتی‌گراد، وزن خشک آن ثبت شد. صفات کیفی شامل درصد فیبرهای محلول در شوینده‌های اسیدی و خنثی، درصد پروتئین و فیبر خام بودند که در سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور و با استفاده از طیف‌سنج مادون قرمز[3] مدل Perten Informatics 8620 Feed Analyzer اندازه‌گیری شدند.

مادهٔ خشک قابل هضم[4] و مقدار مادهٔ خشک مصرفی[5] با استفاده از معادله‌های زیر محاسبه شدند [۳۳]:

$$TDN = (-1.291 \times ADF) + 101.35 \qquad (۱)$$

$$DMI = 120\%\ NDF\ dry\ matter\ basis \qquad (۲)$$

1. *Phaseolus vulgaris* L.
2. *Cucurbita pepo* L. var. Styriaca
3. Near infer red
4. Total digestible nutrients (TDN)
5 . Dry matter intake (DMI)

جدول ۱. تیمارهای کشت خالص و مخلوط ذرت، لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی

تیمارها	نسبت گیاهان در مخلوط (٪)	تراکم (plant/ha)	فاصله روی ردیف (cm)	توضیحات
	کشت خالص			
ذرت (M_1)	۱۰۰	۵۵۰۰۰	۳۰	تراکم بیشتر
ذرت (M_2)	۷۵	۳۷۰۰۰	۴۵	تراکم بهینه
ذرت (M_3)	۵۰	۲۷۰۰۰	۶۰	تراکم کمتر
لوبیاچیتی (B_1)	۱۰۰	۱۱۱۰۰۰	۱۵	تراکم بیشتر
لوبیاچیتی (B_2)	۷۵	۸۳۰۰۰	۲۰	تراکم بهینه
لوبیاچیتی (B_3)	۵۰	۵۵۰۰۰	۳۰	تراکم کمتر
کدوی تخمه‌کاغذی (P_1)	۱۰۰	۳۷۰۰۰	۴۵	تراکم بیشتر
کدوی تخمه‌کاغذی (P_2)	۷۵	۲۷۰۰۰	۶۰	تراکم بهینه
کدوی تخمه‌کاغذی (P_3)	۵۰	۱۸۰۰۰	۹۰	تراکم کمتر
	مخلوط دوگانه			
$M_1 + B_1$	۱۰۰ + ۱۰۰	-	۱۵ + ۳۰	-
$M_2 + B_2$	۷۵ + ۷۵	-	۲۰ + ۴۵	-
$M_3 + B_3$	۵۰ + ۵۰	-	۳۰ + ۶۰	-
$M_1 + P_1$	۱۰۰ + ۱۰۰	-	۴۵ + ۳۰	-
$M_2 + P_2$	۷۵ + ۷۵	-	۶۰ + ۴۵	-
$M_3 + P_3$	۵۰ + ۵۰	-	۹۰ + ۶۰	-
	مخلوط سه‌گانه			
$M_1 + B_1 + P_1$	۱۰۰ + ۱۰۰ + ۱۰۰	-	۴۵ + ۱۵ + ۳۰	-
$M_2 + B_2 + P_2$	۷۵ + ۷۵ + ۷۵	-	۶۰ + ۳۰ + ۴۵	-
$M_3 + P_3 + B_3$	۵۰ + ۵۰ + ۵۰	-	۹۰ + ۴۰ + ۶۰	-

جدول ۲. ویژگی‌های خاک

بافت خاک (۳۰-۰) سانتی‌متر	مادهٔ آلی (٪)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm)	نیتروژن کل (٪)	هدایت الکتریکی (dS/m)	اسیدیته
رسی - لومی	۰/۶۸	۱۰۸	۲/۷	۰/۰۹	۰/۴۲	۵/۸

عملکرد نسبی[1]، نسبت برابری زمین[2] و نسبت رقابت[3] نیز از معادلات زیر به‌دست آمدند [۴۶، ۴۵ ، ۲۱]:

$$RYa = Yi/Ys \quad (۳)$$

$$LER = RYa/RYb \quad (۴)$$

$$CRab = \frac{Yia/(Ysa\times Fa)}{Yib/(Ysb\times Fb)} \quad (۵)$$

در این رابطه‌ها، Y_S و Y_i به‌ترتیب عملکرد در کشت خالص و مخلوط، F زمین اشغال‌شده توسط گیاهان زراعی و a و b گونه‌های گیاهان زراعی است.

داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخهٔ ۹/۱) تجزیه‌وتحلیل شد. برای مقایسهٔ میانگین، از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۰ رسم شد.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. وزن خشک علوفه

برهمکنش سیستم‌های کشت × تراکم بر وزن خشک علوفه معنادار شد (جدول ۳). در بین کشت‌های خالص، بیشترین وزن خشک علوفهٔ تولیدی به کشت خالص ذرت با تراکم زیاد اختصاص داشت و کمترین آن در کشت خالص لوبیاچیتی مشاهده شد. تفاوت در تولید وزن خشک علوفه به تفاوت نوع گونه‌های گیاهی اشاره دارد و اینکه هر گونهٔ گیاهی دارای پتانسیل بالقوه‌ای است که به ویژگی ذاتی گونه‌ها بستگی دارد. برای مثال، غلات در تولید علوفهٔ خشک نسبت به لگوم‌ها برترند که این برتری در آزمایش حاضر نیز دیده شد [۳۲]. در برخی مطالعات، به دلیل بهره‌برداری بیشتر منابع توسط غلات، کاهش عملکرد علوفهٔ خشک لگوم‌ها در مخلوط با آنها دیده شده است [۴۰ ، ۲۷].

جدول ۳. تجزیهٔ واریانس تأثیر سیستم‌های کاشت بر عملکرد کمی و کیفی علوفه در مخلوط سه‌گانهٔ ذرت، لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات					
		علوفهٔ خشک	CP	CF	ADF	NDF	TDN
تکرار	۲	۱۶۰۵۰۰۳۰**	۱۲۳/۹**	۱۹/۳**	۲۶/۴*	۴۰/۷۷*	۱۰۷۳/۸*
تراکم	۲	۳۲۶۴۶۴۴۴**	۴۰/۹*	۴/۲۹^{ns}	۷/۱۲^{ns}	۲۰/۶۸^{ns}	۸۱۲/۱*
سیستم کشت	۵	۱۳۷۲۷۸۹۸**	۱۹۴/۸**	۱۹/۸۸**	۱۲۷/۳**	۵۰/۳*	۹۷۹/۶*
تراکم × سیستم کشت	۱۰	۵۱۲۲۳۵۰**	۱۴/۹^{ns}	۱/۹^{ns}	۸/۸۱^{ns}	۲۵/۲^{ns}	۲۶۳/۷^{ns}
خطا	۳۴	۶۸۲۹۸۰	۱۱/۰۷	۲/۲	۸/۰۱	۱۵/۱	۱۸۸/۴
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۰/۰۸	۶/۶۵	۹/۳۲	۱۳/۵	۱۱/۷	۱۲/۴

CP: پروتئین خام، CF: فیبر خام، ADF: فیبرهای محلول در شوینده‌های اسیدی، NDF: فیبرهای محلول در شوینده‌های خنثی و TDN: مادهٔ قابل هضم کل.

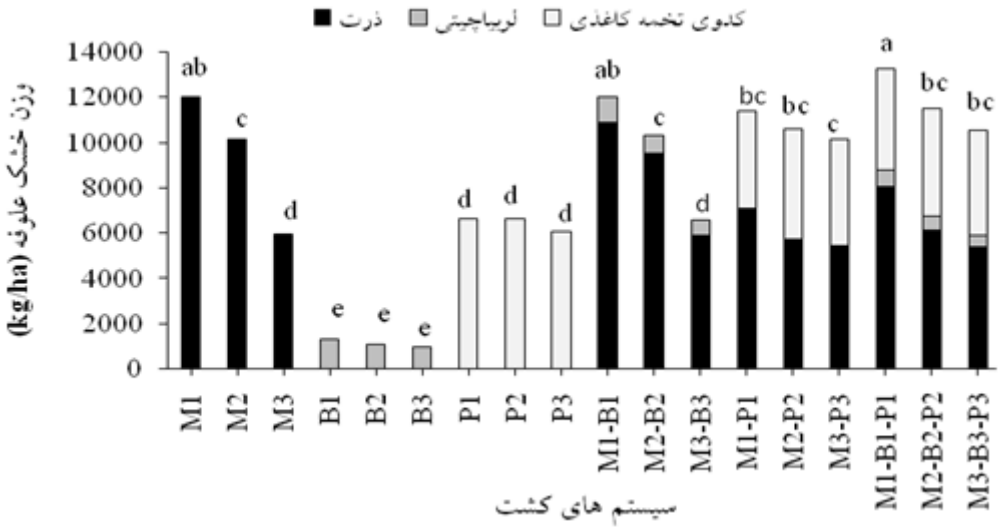
1 . Relative yield (RY)
2 . Land equivalent ratio (LER)
3. Competitive ratio (CR)

در پژوهش حاضر نیز، تفاوت در پتانسیل تولید و توان رقابتی گونه‌ها، به تغییراتی در عملکرد علوفهٔ خشک منجر شد. به این ترتیب که مقدار علوفهٔ خشک در مخلوط‌های دوگانه و سه‌گانه در تراکم بیشتر و بهینه با کشت خالص ذرت در تراکم‌های مشابه تفاوت معناداری نداشتند که دلیل آن را می‌توان رقابت درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای در کشت‌های مخلوط دانست (شکل ۱). در کشت خالص ذرت، تنها رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌های ذرت وجود دارد، درحالی که در مخلوط‌ها علاوه‌بر رقابت درون‌گونه‌ای، رقابت بین‌گونه‌ای نیز وجود دارد. همین امر به کاهش عملکرد ذرت، به‌ویژه در مخلوط با کدوی تخمه‌کاغذی منجر شده است، زیرا کدوی تخمه‌کاغذی توانایی رقابت بیشتری نسبت به ذرت داشته و گیاه غالب بوده است. نسبت رقابت کمتر از یک در مخلوط دوگانهٔ آنها گواه روشنی بر این امر است (جدول ۴). اما در مخلوط ذرت – لوبیاچیتی، کاهش بیشتر مادهٔ خشک لوبیاچیتی می‌تواند دلیلی بر نبود تفاوت معنادار علوفهٔ تولیدی نسبت به کشت خالص باشد. زیرا عملکرد نسبی لوبیاچیتی کاهش بیشتری نسبت به ذرت نشان داده که حاکی از بیشتر بودن رقابت بین‌گونه‌ای نسبت به درون گونه‌ای است و اینکه لوبیا در رقابت با ذرت مغلوب بوده (ضریب رقابت کمتر از یک لوبیاچیتی نسبت به ذرت) و همین امر به کاهش تولید مادهٔ خشک آن منجر شده است (جدول ۴).

جدول ۴. تأثیر سیستم‌های مختلف کشت مخلوط دوگانه و سه‌گانه بر نسبت برابری زمین

تیمارها	RY_M	RY_B	RY_P	LER	CR_{MB}	CR_{MP}
M_1/B_1	۰/۹	۰/۸۲	–	۱/۷۲	۱/۰۹	–
M_2/B_2	۰/۹۲	۰/۷۵	–	۱/۶۷	۱/۲۳	–
M_3/B_3	۰/۹۹	۰/۷۱	–	۱/۷۱	۱/۳۸	–
M_1/P_1	۰/۶۴	–	۰/۷۲	۱/۳۷	–	۰/۸۸
M_2/P_2	۰/۶	–	۰/۷۴	۱/۳۴	–	۰/۸۱
M_3/P_3	۰/۹۵	–	۰/۸۲	۱/۷۷	–	۱/۱۶
$M_1/B_1/P_1$	۰/۶۷	۰/۵۳	۰/۶۹	۱/۹	۱/۲۷	۰/۹۸
$M_2/B_2/P_2$	۰/۶۲	۰/۵۵	۰/۷	۱/۸۷	۱/۱۱	۰/۸۸
$M_3/B_3/P_3$	۰/۹	۰/۵۳	۰/۷۷	۲/۲	۱/۷	۱/۱۶

M_1، M_2 و M_3: ذرت با فاصلهٔ روی ردیف ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر، B_1، B_2 و B_3: لوبیاچیتی با فاصلهٔ روی ردیف ۱۵، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر و P_1، P_2 و P_3:کدوی تخمه‌کاغذی با فاصلهٔ روی ردیف ۴۵، ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متر.



شکل ۱. تأثیر سیستم‌های کشت خالص و مخلوط بر وزن خشک علوفه در مخلوط سه‌گانهٔ ذرت، لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی

M_1، M_2 و M_3: ذرت با فاصلهٔ روی ردیف ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر، B_1، B_2 و B_3: لوبیاچیتی با فاصلهٔ روی ردیف ۱۵، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر و P_1، P_2 و P_3:کدوی تخمه‌کاغذی با فاصلهٔ روی ردیف ۴۵، ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متر.

عملکرد علوفهٔ خشک در مخلوط‌ها نه تنها به پتانسیل ذاتی گونه‌ها در تولید مادهٔ خشک بستگی دارد بلکه به توان رقابتی آنها نیز وابسته است [۳۱]، زیرا رقابت بین‌گونه‌ای (شامل رقابت روزمینی و زیرزمینی) سبب برهمکنش بین گونه‌های گیاهی می‌شود که کاهش سودمندی یک یا هر دو گونه را به دنبال دارد [۱۹] و تأثیر مهمی در تعیین عملکرد آنها در کشت مخلوط دارد [۳۱]، به‌طوری که گونه‌هایی با قدرت رقابتی بیشتر، گونهٔ غالب یا رقابت‌کنندهٔ برتر نامیده می‌شوند و ظرفیت بیشتری در به‌دست آوردن منابع و تولید بیشتر خواهند داشت [۲۵]. همچنین، مقایسهٔ نتایج این تحقیق با مطالعات مشابهی که در این زمینه با استفاده از گونه‌ها و واریته‌های مختلف غلات انجام گرفته بود، بیانگر این نکته بود که ویژگی‌های زراعی واریته‌های مختلف، نسبت‌های کشت و رقابت بین اجزای مخلوط بر عملکرد علوفهٔ تولیدی تأثیر می‌گذارد که این امر در پژوهش حاضر مشهود بود [۱۸ ، ۴].

مخلوط‌های دوگانه و سه‌گانه در تراکم کمتر با ذرت و کلیهٔ تراکم‌های کدوی تخمه‌کاغذی و لوبیاچیتی اختلاف معنادار نشان دادند که به‌علت کاهش رقابت بین‌گونه‌ای ناشی از زیاد شدن فاصلهٔ بین گیاهان و کاهش همپوشانی در آشیان‌های اکولوژیکی یکدیگر است. افزایش عملکرد نسبی ذرت (RY_M = ۰/۹) و کدوی تخمه‌کاغذی (RYp = ۰/۷۷) در مخلوط‌های با تراکم کمتر شاهدی بر این مدعاست که افزایش عملکرد علوفه را در پی داشته است (جدول ۴). به‌علاوه در تراکم کمتر، مقدار علوفهٔ خشک تولیدی در مخلوط دوگانهٔ ذرت – کدوی تخمه‌کاغذی بیشتر از ذرت – لوبیاچیتی بود که این امر به تفاوت گونه‌های موجود در مخلوط برمی‌گردد. در پژوهشی روی مخلوط خلر با جو و تریتیکاله[1] نیز به تفاوت بین گونه‌ها در تولید مادهٔ خشک اشاره و دیده شد که عملکرد مادهٔ خشک در مخلوط خلر با جو (۳۸/۲ تا ۶۸/۵ درصد) بیشتر از مخلوط خلر با تریتیکاله در نسبت‌های مشابه بود [۷].

1. *Triticosecale*

با اینکه تفاوت مقدار علوفهٔ خشک در کشت‌های مخلوط نسبت به خالص معنادار نبود، مخلوط‌های سه‌گانه، ۶ و ۱۰ درصد به‌ترتیب نسبت به مخلوط‌های دوگانهٔ ذرت – لوبیاچیتی و ذرت – کدوی تخمه‌کاغذی و ۱۳/۵، ۹۰ و ۵۱ درصد به‌ترتیب در مقایسه با کشت‌های خالص ذرت، لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی علوفهٔ خشک بیشتری تولید کردند. بسیاری از محققان افزایش تولید در مخلوط‌ها را به استفادهٔ مکمل از آب، مواد غذایی و نور نسبت دادند و دلیل آن را تفاوت مورفولوژی و فیزیولوژی این گیاهان [۴۱، ۲۸]، از جمله ارتفاع [۶]، عمق گسترش ریشه [۷]، باریک‌برگ و پهن‌برگ بودن [۶] و سیستم فتوسنتزی متفاوت نسبت دادند.

تأثیر تراکم بر عملکرد علوفهٔ خشک در کشت‌های خالص و مخلوط بارز بود، به‌طوری که با کاهش تراکم، وزن خشک علوفه در کشت خالص ذرت، مخلوط‌های ذرت – لوبیاچیتی و ذرت – کدوی تخمه‌کاغذی کاهش یافت (شکل ۱). البته، در کشت‌های خالص لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی، تغییر تراکم بر تولید وزن خشک علوفهٔ آنها تأثیر نداشت. سیستم‌های مخلوط دوگانهٔ ذرت – کدوی تخمه‌کاغذی (در همهٔ تراکم‌ها) و ذرت – لوبیاچیتی (در تراکم بیشتر) با مخلوط سه‌گانهٔ این گیاهان تفاوت معناداری نشان نداد (شکل ۱). علت این امر، تولید مادهٔ خشک بیشتر کدوی تخمه‌کاغذی در مقایسه با لوبیاچیتی در مخلوط‌های دوگانه و سه‌گانه است. در پژوهشی مشاهده شد که وزن خشک در الگوهای مختلف مخلوط اختلاف معنادار نشان داد و بیشترین عملکرد مادهٔ خشک در مخلوط ۶۶ درصد یونجه + ۳۳ درصد بیدگیاه[1] مشاهده شد [۵].

۲.۳. نسبت برابری زمین

نسبت برابری زمین در تمامی سیستم‌های کشت مخلوط دوگانه و سه‌گانه بیش از یک بود که نشان‌دهندهٔ سودمندی کشت‌های مخلوط بود. محققان بسیاری برتری کشت‌های مخلوط به خالص را به استفادهٔ مکمل از منابع محیطی نسبت دادند [۴۱، ۲۸، ۷، ۶].

نسبت برابری زمین در مخلوط‌های دوگانه متفاوت بود و در مخلوط ذرت – لوبیاچیتی بیشتر از مخلوط ذرت با کدوی تخمه‌کاغذی بود (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد دلیل این تفاوت، تغییر مقدار عملکرد نسبی در ذرت باشد، زیرا عملکرد نسبی در لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی تقریباً مشابه است (جدول ۴)، درحالی که عملکرد نسبی ذرت در مخلوط با لوبیاچیتی بیش از ۹۰ درصد و در مخلوط با کدوی تخمه‌کاغذی حدود ۶۰ درصد است که به تغییر در نسبت برابری زمین منجر شده است. تفاوت در عملکرد نسبی ذرت در مخلوط‌های دوگانه به‌دلیل توانایی رقابتی متفاوت این گیاه با لوبیا و کدوست. به‌عبارت دیگر، در مخلوط ذرت – لوبیاچیتی، تأثیر ذرت در افزایش نسبت برابری زمین بیشتر بود و در مخلوط ذرت – کدوی تخمه‌کاغذی، ذرت تأثیری تقریباً مشابه و حتی کمتر از کدو در نسبت برابری زمین داشت.

بیشترین نسبت برابری زمین در مخلوط‌های سه‌گانه مشاهده شد که نسبت به هر دو مخلوط دوگانه بیشتر بود که به‌دلیل رابطهٔ مکملی هر سه گیاه در استفاده از منابع محیطی بود (جدول ۴). در مخلوط ذرت و سویا[2] بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۳۷) در مخلوط این گیاهان بود که نشان‌دهندهٔ برتری کشت مخلوط به کشت خالص است [۹]. افزون‌بر آن، ارزیابی تولید علوفه در کشت مخلوط سورگوم و لوبیا چشم‌بلبلی (با نسبت‌های ۰:۱۰۰، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵ و ۱۰۰:۰ سورگوم به لوبیا چشم‌بلبلی) نشان

1. *Agropyron repens* L.

2. *glaycine max* L.

داد که بیشترین نسبت برابری زمین در تیمار ۲۵ درصد لوبیا و ۷۵ درصد سورگوم معادل ۱/۱۹ به‌دست آمد و عملکرد علوفهٔ خشک حاصل از کشت مخلوط در این تیمار نسبت به کشت خالص ۱۹ درصد افزایش نشان داد [۴].

۳.۳. ارزیابی صفات کیفی علوفه

۳.۳. ۱. پروتئین خام[1]

بیشترین و کمترین مقدار پروتئین خام به‌ترتیب در کشت خالص لوبیاچیتی و ذرت مشاهده شد (جدول ۵). زیاد بودن پروتئین خام در لگوم‌ها نسبت به غلات را بسیاری از محققان گزارش کرده‌اند [۴۰،۱۸،۱۵] و دلیل آن را به کارایی استفاده از نیتروژن بیشتر در کشت‌های خالص غلات نسبت داده‌اند. به‌عبارت دیگر، کشت خالص غلات مادهٔ خشک بیشتری را به‌ازای هر کیلوگرم نیتروژن جذب‌شده تولید می‌کند که این امر به کاهش نیتروژن در بافت غلات منجر می‌شود [۲۲]، درحالی که کارایی استفاده از نیتروژن در لگوم‌ها اندک است و علی‌رغم جذب بیشتر نیتروژن، مادهٔ خشک کمتری را تولید می‌کنند که این نیتروژن جذب‌شده در بافت‌های آنها باقی خواهد ماند و حاصل آن، افزایش پروتئین خواهد بود [۱۴]، زیرا پروتئین خام – به‌عنوان یکی از مهم‌ترین فاکتورهای تعیین‌کنندهٔ کیفیت علوفه – به‌طور مستقیم به محتوای نیتروژنی علوفه بستگی دارد [۱].

علی‌رغم نبود تفاوت معنادار بین کشت‌های خالص لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی، محتوای پروتئین خام در مخلوط‌های دوگانهٔ ذرت – لوبیاچیتی به طور معناداری کمتر از ذرت – کدوی تخمه‌کاغذی بود (جدول ۵). دلیل این امر ممکن است سهم بیشتر کدوی تخمه‌کاغذی نسبت به لوبیاچیتی در تشکیل وزن خشک در مخلوط‌ها باشد، زیرا در مخلوط ذرت – کدوی تخمه‌کاغذی، از مقدار علوفهٔ خشک ذرت (با محتوای کم پروتئین ۹/۰۹ درصد) کاسته شده و در عوض کدوی تخمه‌کاغذی با مقدار علوفهٔ خشک بیشتر با پروتئین بیشتر (۱۶/۱ درصد) جایگزین آن شده و همین سبب تولید پروتئین خام بیشتر در مخلوط این گیاهان شده است.

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین صفات کیفی علوفه در سیستم‌های کشت خالص و مخلوط ذرت، لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی

تیمارها	صفات کیفی (٪)					
	TDN	DMI	NDF	ADF	CF	CP
M	۶۲۳/۶^{c}	۲/۳۵	۵۰/۶^{a}	۳۰/۶^{a}	۵۲/۹^{a}	۹/۰۹^{c}
B	۷۵۷/۸^{a}	۳/۳۶	۳۵/۲^{d}	۱۹/۶^{d}	۳۹/۴^{b}	۱۷/۲^{a}
P	۶۶۸/۸^{b}	۳/۷	۳۲/۰۱^{e}	۲۶/۲^{b}	۴۱/۳^{b}	۱۶/۱^{a}
M/B	۶۷۸/۶^{b}	۲/۵۸	۴۶/۴^{b}	۲۵/۳^{b}	۴۶/۶^{ab}	۱۲/۱^{b}
M/P	۶۳۷/۴^{c}	۲/۹	۴۱/۳۸^{c}	۲۹/۰۵^{a}	۴۶/۰۸^{ab}	۱۸/۱^{a}
M/B/P	۷۲۰/۱^{a}	۳/۲۳	۳۷/۰۳^{d}	۲۲/۵^{c}	۴۴/۱۲^{b}	۱۶/۰۹^{a}

M: ذرت، B: لوبیاچیتی و P: کدوی تخمه‌کاغذی. CP: پروتئین خام، CF: فیبر خام، ADF: فیبرهای محلول در شوینده‌های اسیدی، NDF: فیبرهای محلول در شوینده‌های خنثی، DMI: مادهٔ خشک مصرفی و TDN: مادهٔ قابل هضم کل.

1. Crude protein

در مخلوط ذرت – لوبیاچیتی، سهم ذرت در تشکیل عملکرد علوفه، بسیار بیشتر از لوبیاچیتی بود که می‌تواند در کاهش مقدار پروتئین خام در مخلوط این گیاهان تأثیر چشمگیری داشته باشد. تعدیل مقدار پروتئین خام در مخلوط سه‌گانه در مقایسه با دیگر ترکیبات به‌دلیل حضور هر دو گیاه لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی در این مخلوط است، زیرا مقدار پروتئین خام لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی در مقایسه با ذرت به‌ترتیب ۴۷/۶ و ۴۳/۷ درصد بیشتر بود. در ارزیابی مخلوط دوگانهٔ نخود با غلات (تریتیکاله و گندم) مشخص شد که نوع گیاهان موجود در مخلوط بر عملکرد علوفهٔ خشک و پروتئین خام تأثیر متفاوتی داشتند، به این صورت که هر دو صفت مذکور در مخلوط نخود – تریتیکاله بیشتر از مخلوط نخود – گندم بود [۳۴]. بررسی مخلوط جو– نخود نشان داد غلظت نیتروژن در اندام‌های هوایی مخلوط جو – نخود، سه‌برابر مقدار تجمع نیتروژن در کشت خالص جو بود و همین افزایش تجمع نیتروژن به بیشتر شدن درصد پروتئین خام و عملکرد پروتئین در مخلوط با لگوم‌ها منجر شد [۲۶]. این موضوع می‌تواند کیفیت علوفه‌ی تولیدشده را تحت تأثیر قرار دهد، به‌طوری که افزایش کیفیت علوفهٔ مخلوط یونجه – ذرت در مقایسه با کشت خالص ذرت به بیشتر بودن پروتئین خام (۹۹/۴– ۳۰/۸ درصد) در مخلوط این گیاهان نسبت داده شده است [۳۵].

براساس جدول استاندارد کیفی، محتوای پروتئین خام در کشت خالص ذرت (۹ درصد) در ردهٔ فقیر[1] قرار داشت و لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی هر یک به‌ترتیب با داشتن ۱۷/۲ و ۱۶/۱ درصد در ردهٔ عالی[2] قرار داشتند که همراه شدن هر یک از آنها با ذرت می‌تواند به افزایش پروتئین خام در مخلوط‌ها منجر شود که این افزایش در مخلوط سه‌گانه بیشتر مشهود بود (جدول ۶)؛ زیرا با اضافه شدن این گیاهان پروتئین خام علوفهٔ ذرت از ردهٔ فقیر به عالی ارتقا پیدا کرد. ازآنجا که پروتئین خام یکی از معیارهای افزایش کیفیت علوفه است و برای ارزیابی سیستم‌های علوفه‌ای و به‌ویژه سیستم‌های کشت مخلوط به‌کار می‌رود، می‌توان گفت کیفیت علوفه در مخلوط با لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی افزایش یافت [۴۷ ، ۳۶].

جدول ۶. جدول استاندارد کیفی علوفه [۳۳]

نوع استاندارد	صفات کیفی (٪)			
	DMI	NDF	ADF	CP
Prime	> ۳	< ۴۰	< ۳۰	> ۱۹
Premium (1)	۲/۶–۲/۹	۴۰–۴۶	۳۱–۳۵	۱۷–۱۹
Good (2)	۲/۱–۲/۵	۴۷–۵۳	۳۶–۴۰	۱۱–۱۶
Fair (3)	۱/۷–۲	۵۴–۶۰	۴۱–۴۲	۱۱–۱۳
Poor (4)	۱/۳–۱/۶	۶۱–۶۵	۴۳–۴۵	۸–۱۰
Reject (5)	< ۱/۲	> ۶۵	> ۴۵	< ۸

CP: پروتئین خام، ADF: فیبرهای محلول در شوینده‌های اسیدی، NDF: فیبرهای محلول در شوینده‌های خنثی، DMI: مادهٔ خشک مصرفی.

1. Poor
2 . Premium

۳.۳.۲. فیبر خام[1]

در بین سیستم‌های کشت، بیشترین مقدار فیبر خام در کشت خالص ذرت مشاهده شد که با مخلوط شدن ذرت با لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی در مخلوط‌های دوگانه، کاهش معناداری نشان نداد (جدول ۵)؛ اما با مخلوط سه‌گانهٔ ذرت، لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی اختلاف معناداری داشت. مخلوط‌های سه‌گانه، مقدار فیبر خام را ۱۶ درصد در مقایسه با کشت خالص ذرت کاهش دادند، به‌طوری که با کمترین مقدار فیبر خام (۳۹/۴ درصد) در لوبیاچیتی در یک گروه آماری قرار گرفتند. تفاوت معناداری در مقدار فیبر خام، بین مخلوط‌های دوگانه مشاهده نشد. الیاف خام شامل همهٔ مواد هضم‌نشدنی علوفه است یعنی سلولز، همی‌سلولز و لیگنین است و هرچه مقدار آن در علوفه کمتر باشد، نشان‌دهندهٔ کیفیت مطلوب علوفه است. دلیل زیاد بودن فیبر خام در ذرت، زیاد بودن نسبت ساقه به برگ است؛ زیرا مقدار سلولز و همی‌سلولز در ساقهٔ ذرت بیشتر از برگ آن است [۲۳]. گزارش‌هایی از کاهش فیبر خام در ذرت با کاهش نسبت ساقه به برگ ارائه شده است [۱۳]. به علاوه، عنوان شده که هیبریدهای ذرت آمریکایی که برای تولید علوفه استفاده می‌شوند، تعداد برگ بیشتری دارند، این هیبریدها کیفیت فیبر بهتر و قابلیت هضم بیشتری را نشان دادند [۱۷]؛ درحالی که در کدوی تخمه‌کاغذی و لوبیاچیتی، برگ‌ها سهم بیشتری در تشکیل مادهٔ خشک داشتند و نسبت ساقه به برگ کمتر بود و همین امر سبب کاهش فیبر خام در این گیاهان و مخلوط‌های دوگانه و سه‌گانهٔ حاوی این گیاهان شد. به‌عبارت دیگر، کشت مخلوط ذرت با لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی سبب کاهش فیبر خام در علوفهٔ تولیدی و افزایش کیفیت آن می‌شود. فیبر خام در مخلوط یونجه و اسپرس نیز تحت تأثیر قرار گرفت و مقدار آن از کشت خالص یونجه بیشتر و از اسپرس کمتر بود [۸].

۳.۳.۳. فیبرهای محلول در شوینده‌های اسیدی[2] و فیبرهای محلول در شوینده‌های خنثی

ADF (دیوارهٔ سلولی بدون همی‌سلولز) و NDF (دیوارهٔ سلولی)، دو صفت کیفی مهم دیگر برای ارزیابی تولید علوفه‌اند. مقدار ADF و NDF در کشت خالص ذرت از دیگر کشت‌های خالص و مخلوط بیشتر بود (جدول ۵). کمترین مقدار ADF و NDF در بین کشت‌های خالص به‌ترتیب متعلق به لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی بود. بیشتر بودن مقدار ADF در گندمیان در مقایسه با لگوم‌ها در دیگر مطالعات نیز مشاهده شده است [۳۸]. در کشت مخلوط چند گیاه علوفه‌ای گندمیان و لگوم‌ها گزارش شد که مقدار این شاخص در لگوم‌ها کمتر بوده‌است [۱۰]. در بررسی دیگری نیز، بیشترین مقدار ADF (۳۱/۵۸ درصد) در کشت خالص ذرت مشاهده شد و این در حالی بود که افزایش لوبیا چشم‌بلبلی تا ۵۰ درصد، مقدار ADF را به کمترین حد خود رساند [۲۰].

مقدار ADF و NDF در مخلوط‌های دوگانه متفاوت بود؛ به این صورت که مقدار ADF در مخلوط ذرت با لوبیاچیتی به‌طور معناداری کمتر از مخلوط ذرت با کدوی تخمه‌کاغذی بود (جدول ۵)، اما برعکس، NDF در مخلوط ذرت با کدوی تخمه‌کاغذی کمتر از مخلوط آن با لوبیاچیتی بود که این تفاوت ناشی از اختلاف در ADF و NDF هر یک از گونه‌های گیاهی بود. تفاوت در مقدار ADF و NDF در گونه‌های گیاهی مختلف (شبدر برسیم، گاودانه، ماشک گل‌خوشه‌ای و لوبیا) و حتی ارقام یک گیاه (هیبرید ۷۰۴ و ۳۰۱ ذرت) نیز گزارش شده است [۳]، به‌طوری که از یک طرف مخلوط ذرت با لوبیا نسبت به مخلوط آن با شبدر برسیم، NDF و ADF کمتری داشت. از طرف دیگر، کشت لوبیا و ماشک گل‌خوشه‌ای با ذرت هیبرید ۳۰۱ در مقایسه با کشت آنها با هیبرید ۷۰۴ منجر به

1 . Crude fiber

2. Acid detergent fiber (ADF)

کاهش بیشتر این صفات شد. در این آزمایش، نقش لوبیا و ماشک گل‌خوشه‌ای در کاهش اجزای تشکیل‌دهندهٔ دیوارهٔ سلولی بیشتر از شبدر برسیم و گاودانه بود.

ADF در مخلوط ذرت – لوبیاچیتی و NDF در هر دو مخلوط دوگانه نسبت به کشت خالص ذرت کمتر بودند که دلیل آن، محتوای کمتر ADF و NDF در لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی است. کاهش این دو صفت در مخلوط با لگوم‌ها، می‌تواند از زیاد بودن سطح برگ و تعداد برگ لگوم‌ها در شرایط سایه ناشی شده باشد؛ زیرا گیاهان در محیط‌های برخوردار از سایه برای افزایش جذب نور، مواد فتوسنتزی بیشتری را به تعداد برگ و رشد آنها اختصاص می‌دهند و بر اثر افزایش نسبت برگ به ساقه مقدار ADF و NDF کاهش می‌یابد [۳]. افزایش شاخص سطح برگ کانوپی لوبیا بر اثر سایه‌اندازی بوته‌های ذرت، در مخلوط این گیاهان گزارش شده است [۴۲]. کاهش محتوای ADF در مخلوط یونجه و اسپرس نسبت به کشت خالص یونجه مشاهده شد که مؤید نتایج آزمایش حاضر است [۴۴]. مخلوط غلات با نخود به کاهش مقدار NDF منجر می‌شود [۳۰]. بنابراین، می‌توان گفت افزودن لگوم‌ها به علوفهٔ ذرت، می‌تواند ADF و NDF را کاهش دهد و سبب افزایش جذب علوفه شود. این در حالی است که در آزمایشی روی مخلوط جو با یونجهٔ یکساله، اثر معناداری بر مقدار ADF و NDF دیده نشد [۳۹] که با نتایج پژوهش ما مغایرت دارد که دلیل آن را می‌توان به تفاوت در گونه‌های گیاهی آزمایش نسبت داد.

تراکم کاشت (یا نسبت‌های کاشت مختلف) اثر معناداری بر مقدار ADF و NDF در کشت‌های خالص و مخلوط نداشتند که می‌تواند به این دلیل باشد که تمامی تراکم‌ها در سیستم‌های کشت مخلوط به نسبت یکسان کاهش یا افزایش یافته‌اند. نبود اختلاف معنادار در مقدار ADF بین نسبت‌های مختلف کشت مخلوط در آزمایشی روی جو – نخود مشهود بود [۱۶]؛ این در حالی است که عنوان شد مقدار NDF در مخلوط‌ها وابسته به تراکم ذرت و گونه‌های گیاهی بود و تیمارهای با تراکم کمتر ذرت، حاوی NDF کمتری نسبت به تراکم نرمال بودند [۱۲].

کاهش مقدار ADF و NDF در مخلوط‌های سه‌گانه به‌دلیل اختلاط با لوبیاچیتی و کدو، اثر مثبتی بر کیفیت علوفهٔ تولیدی (براساس استانداردهای کیفی علوفه) داشت، زیرا NDF و ADF دو معیار مهم برای ارزیابی کیفیت علوفه‌اند [۳۳] و کاهش آنها سبب افزایش کیفیت علوفه می‌شود. در کشت خالص ذرت مقدار ADF در رتبهٔ خوب[1] و مقدار NDF در رتبهٔ متوسط[2] بود؛ اما در مخلوط سه‌گانهٔ این گیاهان کیفیت علوفه به بیشترین حد خود یعنی درجهٔ عالی[3] تغییر یافت که این امر حاکی از بهبود کیفیت علوفهٔ ذرت در مخلوط با لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی است. در مخلوط هیبریدهای ذرت (۳۰۱ و ۷۰۴) با لگوم‌ها (ماشک گل‌خوشه‌ای، لوبیا، گاودانه و شبدر برسیم) مشاهده شد که مخلوط هیبرید ذرت ۳۰۱ با گاودانه دارای رتبهٔ یک است که نشان‌دهندهٔ بهبود کیفیت علوفه در نتیجهٔ مخلوط ذرت با این لگوم‌هاست. کمترین رتبه متعلق به علوفهٔ خالص ذرت هیبرید ۷۰۴ (فقیر) و هیبرید ۳۰۱ (متوسط) بود. همچنین، از نظر ADF، مخلوط ذرت هیبرید ۷۰۴ با شبدر برسیم در ردهٔ پایین قرار داشتند [۳].

۳.۳.۴. مادهٔ قابل هضم کل

کمترین مادهٔ قابل هضم کل در بین سیستم‌های کشت مختلف، متعلق به کشت خالص ذرت بود و بیشترین آن در کشت‌های خالص لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی دیده شد (جدول ۵). مخلوط‌های دوگانه و سه‌گانه نیز به‌واسطهٔ کشت‌لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی با ذرت مقدار مادهٔ

1. Good
2. Fair
3. Prime

قابل هضم کل را در مقایسه با کشت خالص ذرت افزایش دادند که این افزایش در مخلوط سه‌گانه به‌ترتیب ۶/۸ و ۱۱/۵ درصد بیشتر از مخلوط دوگانهٔ ذرت – لوبیاچیتی و ذرت – کدوی تخمه‌کاغذی بود. زیاد بودن مادهٔ قابل هضم در گونه‌های لگوم نسبت به غیرلگوم گزارش شده است [۴۳]. مادهٔ قابل هضم کل به مادهٔ غذایی قابل دسترس برای دام اطلاق می‌شود و با ADF رابطهٔ منفی دارد، زیرا ADFنشان‌دهندهٔ سهم دیوارهٔ سلولی در علوفه است که شامل سلولز و لیگنین است. ازآنجا که این صفت نشان‌دهندهٔ قابلیت هضم علوفه توسط دام است، به‌طور معمول با افزایش مقدار این شاخص، از قابلیت هضم علوفه کاسته می‌شود [۱۰]. بنابراین کشت خالص ذرت به‌دلیل داشتن ADF زیاد، علوفه‌ای با قابلیت هضم کم دارد. اما اضافه شدن لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی به ذرت در مخلوط‌های دوگانه و سه‌گانه (به‌دلیل داشتن ADF کم) به کاهش ADF در مخلوط علوفهٔ ذرت منجر شده و مادهٔ قابل هضم کل را افزایش داده است (جدول ۵). افزایش مادهٔ قابل هضم کل تا ۱۴ درصد در مخلوط‌های سه‌گانه (نسبت به کشت خالص ذرت) به‌واسطهٔ حضور هر دو گیاه لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی و افزایش سهم آنها در کاهش ADF بود. در مخلوط ذرت با ماشک گل‌خوشه‌ای و لوبیا، به‌دلیل کاهش محتوای ADF، مقدار کل مادهٔ مغذی قابل هضم علوفه افزایش یافت [۳].

مقدار مادهٔ قابل هضم کل در مخلوط‌های دوگانهٔ ذرت – لوبیاچیتی و ذرت– کدوی تخمه‌کاغذی در آزمایش حاضر نیز بیشتر از ذرت و کمتر از لوبیاچیتی بود. اما مخلوط سه‌گانه با کشت خالص لوبیاچیتی تفاوت معناداری نداشت. مقایسهٔ مقدار مادهٔ خشک قابل هضم در مخلوط یونجه – جو نشان داد که این مقدار در مخلوط این گیاهان بیشتر از کشت خالص جو و کمتر از یونجه بود [۳۹]. تراکم‌های کاشت بر مقدار مادهٔ خشک قابل هضم در کشت‌های خالص و مخلوط اثر معناداری نداشتند که نتایج دیگران نیز بیانگر این موضوع بود [۳۹].

۳ .۳. ۵. مقدار مادهٔ خشک مصرفی کل علوفه

مقدار مادهٔ خشک مصرفی تحت تأثیر گونه‌های گیاهی و سیستم‌های کشت قرار گرفت؛ به‌طوری که مقدار مادهٔ خشک مصرفی بر اثر مخلوط ذرت با لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی افزایش یافت (جدول ۵). این افزایش در مخلوط‌های سه‌گانه نسبت به دوگانه و کشت‌های خالص بیشتر بود که ممکن است به‌دلیل حضور هر دو گیاه (لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی) در مخلوط‌های سه‌گانه در مقایسه با مخلوط‌های دوگانهٔ این گیاهان باشد. دلیل این امر، رابطهٔ منفی بین NDF و مادهٔ خشک مصرفی است؛ به‌طوری که با افزایش NDF کیفیت علوفه و مادهٔ خشک مصرفی کاهش می‌یابد [۳۳]. هر دو گیاه لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی محتوای NDF کمتری نسبت به ذرت داشتند و می‌توانند با کاهش NDF (به‌دلیل اختلاط با علوفهٔ ذرت) مقدار مادهٔ خشک مصرفی و کیفیت علوفه را در مخلوط این گیاهان افزایش دهند. ازاین‌رو، محتوای NDF در فرمولـه کردن رژیم غذایی دام تأثیر زیادی دارد، زیرا انعکاسی است از مقدار علوفه‌ای که می‌تواند توسط دام مصرف شود و اگر درصد NDF کاهش یابد، جذب مادهٔ خشک افزایش پیدا می‌کند، امری که در آزمایش حاضر مشاهده شد [۱۵]. افزایش مقدار مادهٔ خشک مصرفی در مخلوط ذرت با لگوم‌ها (لوبیا و ماشک گل‌خوشه‌ای) به کاهش در NDF نسبت داده شده است [۳].

از نظر استاندارد کیفیت، مخلوط دوگانهٔ ذرت با لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی دارای رتبهٔ یک بودند و مخلوط سه‌گانهٔ آنها رتبهٔ عالی را به خود اختصاص داده بود، درحالی‌که علوفهٔ ذرت به‌تنهایی در رتبهٔ خوب قرار داشت. به‌عبارت دیگر، پتانسیل مصرف علوفه در مخلوط ذرت با لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی توسط دام افزایش یافت (جدول ۶).

۴. نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، با توجه به شاخص نسبت برابری زمین، سیستم‌های کشت مخلوط دوگانه و سه‌گانه نسبت به کشت خالص سودمندی داشتند. وزن خشک علوفه و پروتئین خام نیز در مخلوط‌های سه‌گانه نسبت به دوگانه و کشت خالص ذرت افزایش یافت، همچنین مقدار فیبر خام، NDF و ADF در مخلوط‌های دوگانه و سه‌گانه در مقایسه با کشت خالص ذرت کمتر بود. ازآنجا که NDF پتانسیل مصرف علوفه توسط دام و ADF قابلیت هضم را نشان می‌دهد، کاهش این صفات در کشت‌های مخلوط دوگانه و به‌ویژه سه‌گانه، به افزایش مادهٔ خشک قابل هضم کل و مادهٔ خشک مصرفی منجر شد. در نهایت، به‌نظر می‌رسد وارد کردن لوبیاچیتی و کدوی تخمه‌کاغذی در مخلوط با ذرت، امکان افزایش مصرف علوفه توسط دام را به‌دلیل افزایش پروتئین، مادهٔ خشک قابل هضم کل و مادهٔ خشک مصرفی فراهم می‌کند و به افزایش تولید کمی و کیفی علوفه منجر می‌شود.

منابع

۱. اسکندری ح ا و جوانمرد ع ا (۱۳۹۲) ارزیابی عملکرد و کیفیت علوفه در الگوهای کشت مخلوط ذرت (Zea mays L.) و لوبیاچشم بلبلی (Vigna sinensis L.). دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۳(۴): ۱۱۰-۱۰۱.

۲. جوانشیر ع، دباغ محمدی نسب ع، حمیدی آ و قلی‌پور م (۱۳۷۹) اکولوژی کشت مخلوط (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۳. جوانمرد ع ا، دباغ محمدی نسب ع، جوانشیر ع، مقدم م و جان‌محمدی ح (۱۳۹۲) ارزیابی کیفیت علوفه در کشت مخلوط ذرت با برخی لگوم‌ها. تولید گیاهان زراعی. ۶(۱): ۹۶-۷۷.

۴. شریفی ی، آقاعلیخانی م، مدرس‌ثانوی س ع م و سروش‌زاده ع (۱۳۸۵) تاثیر نسبت اختلاط و تراکم بوته بر تولید علوفه در کشت مخلوط سورگوم (Sorghum bicolor L.) با لوبیا چشم‌بلبلی (Vigna unguiculata L.). علوم کشاورزی ایران. ۳۷(۲): ۳۷۰-۳۶۳.

۵. قادری غ، گزانچیان ع و یوسفی م (۱۳۸۷) مقایسه عملکرد علوفهٔ کشت مخلوط و تک‌کشتی یونجه و آگروپایرون. تحقیقات مرتع و بیابان ایران. ۱۵(۲): ۲۵۶-۲۶۸.

۶. قنبری ا، غدیری ح، غفاری مقدم م و صفری م (۱۳۸۹) بررسی کشت مخلوط ذرت (Zea mays L.) و کدو (Cucurbita sp.) و اثر آن بر کنترل علف‌های هرز. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۱(۱): ۵۵-۴۳.

۷. لامعی‌هروانی ج (۱۳۹۱) ارزیابی فنی و اقتصادی کشت مخلوط خلر با جو و ترتیکاله در شرایط دیم استان زنجان. تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۲(۴): ۱۰۲-۹۳.

۸. مجیدی‌دیز ج ح، مظاهری د، صباحی ق ا و میرابزاده م (۱۳۹۳) ارزیابی عملکرد و کیفیت علوفه در کشت مخلوط یونجه و اسپرس. علوم زراعی ایران. ۱۶(۱): ۶۱-۵۱.

۹. منصوری ا (۱۳۸۹) بررسی کشت مخلوط ذرت (Zea mays L.) و سویا (Glycine max L. Merr.) در تاریخ‌های مختلف کاشت. تولید گیاهان زراعی. ۳(۱): ۲۱۶-۲۰۹.

10. Albayrak S, Turk M, Yuksel O and Yilmaz M (2011) Forage yield and the quality of perennial legumegrass mixtures under rainfed conditions. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 39(1): 114-118.

11. Arlauskiene A, Maikstenienei S, Sarunaite L, Kadziuliene Z, Deveikyte I, Zekaite V and Cesnuleviciene R (2011) Competitiveness and productivity of organically grown pea and spring cereal intercrops. Journal of Agriculture. 98(4): 339-348.

12. Armstrong KL, Albrecht KL, Lauer JG and Riday H (2008) Intercropping corn with lablab bean, velvet bean, and scarlet runner bean for forage. Crop Science. 48: 371-379.

13. Ballard CS, Thomas ED and Tsang DS (2001) Effect of corn silage hybrid on dry matter yield, nutrient composition, in vitro digestion, intake by dairy heifers, and milk production by dairy cows. Journal of Dairy Science. 84(2): 442-452

14. Bedoussac L and Justes E (2010) Dynamicanalysis of competition and complementarity for light and N use to understand the yield and the protein content of a durum wheat-winter pea intercrop. Plant and Soil. 330: 37–54.

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

16. Chen C, Westcott M, Neill K, Wichman D and Knox M (2004) Row configuration and nitrogen application for barley–pea intercropping in Montana. Journal of Agronomy. 96: 1730–1738.

17. Clark PW, Kelm S and Endres MI (2002) Effect of feeding a corn hybrid selected for leafiness as silage or grain to lactating dairy cattle. Journal of Dairy Science. 85(3):607-612.

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

19. Crawley MJ (2009) Plant Ecology, 2nd ed. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK. De Wit, C.T., 1960. On competition. Verslagen Landbouwkundige Onderzoekingen. 66: 1–82.

20. Dahmardeh M, Ghanbari A, Syasar B and Ramroudi M (2009) Effect of intercropping maize with cowpea on green forage yield and quality evaluation. Asian Journal of Plant Science. 8(3): 235-239.

21. De Wit CT and Van den Bergh JP (1965) Competition between herbage plants. Netherlands Journal of Agricultural Science. 13(2): 212–221.

22. Fageria NKand Baligar VC (2005) Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advanced Agronomy. 88: 97-185.

23. Firdous R and Gilani AH (2002) Prediction of dry matter digestibility of maize (Zea mays L.) fodder from chemical composition. Pakestan Journal of Agricultural Science. 39(1): 56-62.

24. Ghanbari Bonjar A and Lee HC (2002) Intercropping field beans (Vicia faba) and wheat (Triticum aestivum) for whole crop forage: Effect of nitrogen on forage yield and quality. Agriculture Science Cambridge. 138: 311-314.

25. Grace JB (1990) On the relationship between plant traits and competitive ability. In: Grace, J.B., Tilman, D. (Eds.), Perspective on Plant Competition. Academic Press, Inc., San Diego, pp. 51–65.

26. Hauggaard-Nielsen H, Ambus P and Jensen ES (2003) The comparison of nitrogen use and

leaching in sole cropped versus intercropped pea and barley. Nutrient Cycling Agroecosystems. 65: 289-300.

27. Jahanzad E, Jorat M, Moghadam H, Sadeghpour A, Chaichi MR and Dashtaki M (2013) Response of a new and a commonly grown forage sorghum cultivar to limited irrigation and planting density. Agriculture Water Management. 117: 62-69.

28. Jana PK, Mandal BK, Prakash O and Chakraborty D (1995) Growth, water-use and yield of Indian mustard (Brassica juncea), gram (Cicer arietium) and lentil (Lens culinaris) grown as sole crops and intercrops with 3 moisture regimes. Indian Journal of Agricultural Science. 65: 387-397.

29. Jonathan DC (2008) Intercropping with maize in sub-arid regions. Community planning and analysis. Definition and benefits of intercropping. Community Planning and Analysis. Technical Brief. 1-5 (Abst.).

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

31. Li L, Sun J, Zhang F, Guo T, Bao X, Smith FA and Smith SE (2006) Root distribution and interactions between intercropped species. Oecologia. 147: 280-290.

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

33. Lithourgidis AS, Vasilakoglou IB, Dordas CA and Yiakoulaki MD (2006) Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. Field Crop Research. 99: 106-113.

34. Lithourgidis AS, Vlachostergios DN, Dordas CA and Damalas CA (2011) Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea–cereal intercropping Systems. European Journal Agronomy. 34: 287-294.

35. Liu JH, Zeng ZH, Jiao LX, Hu YG, Wang Y and Li H (2006) Intercropping of different silage maize cultivars and alfalfa. Acta Scientiarum Agronomy. 32: 125-130.

36. Malezieux E, Crozat Y, Dupraz C, Laurans M, Makowski D, Ozier-Lafontaine H, Rapidel B, Tourdonnet S and Valantin-Morison M (2009) Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. Review Journal Agronomy for Sustainable Development. 29: 43–62.

37. Mikic A, Cupina B, Mihailovic V, Krstic D, Antanasovic S, Zoric L, Dordevic V, Peric V and Srebric M (2013) Intercropping white (Lupinus albus) and Andean (Lupinus mutabilis) lupins with other annual cool season legumes for forage production. South African Journal of Botany. 89: 296–300.

38. Reich JM and Casler MD (1985) Effect of maturity and alfalfa competition on expected selection response for smooth brome grass forage quality traits. Crop Science. 25: 635-640.

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

40. Strydhorst SM, King JR, Lopetinsky KJ and Neil Harker K (2008) Forage potential of intercropping barley with faba bean, lupin or field pea. Journal of Agronomy. 100: 182-190.

41. Tofinga MP, Paolini R and Snaydon RW (1993) A study of root and shoot interactions between cereals and peas in mixtures. Journal of Agricultural Science, Cambridge. 120: 13-24.

42. Tsubo M, Walker S and Mukhala E (2001) Comparisons of radiations use efficiency of mono-intercropping systems with different row orientations. Field Crop Research. 71: 17-29.

43. Ullah MA (2010) Forage production in panicum grass-legumes intercropping by combining geometrical configuration, inoculation and fertilizer under rainfed conditions. University of Kassel. Ph.D. dissertation.

44. Wang Y, McAllister TA, Barbieri LR and Berg BP (2006) Effect of sainfoin incorporated into alfalfa pasture on ruminal fluid characteristics and development of bloat in grazing steers. Canadian Journal of Animal Science. 86(3):383-392.

45. Willey RW and Osiru DSO (1972) Studies on mixtures of maize and beans (Phaseolus vulgaris L.) with special reference to plant population. Journal of Agricultural Science. 79: 519–529.

46. Willey RW and Rao MR (1980) A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. Experimental Agriculture. 16: 117-125.

47. Yolcu H, Polat M and Aksakal V (2009) Morphologic, yield and quality parameters of same annual forages as sole crops and intercropping mixtures in dry conditions for livestock. Food, Agriculture and Environment. 7: 594-599.

48. Zhang G, Yang Z and Dong SH (2011) Interspecific competitiveness affects the total biomass yield in an alfalfa and corn intercropping system. Field Crop Research. 124: 66-73.