Plant Prod., 2023, 46(2), 171-183
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2023.42974.2080
Received: 27 February 2023
Accepted: 6 July 2023

Plant Productions
Research Article

The effect of nitrogen application on some quantitative and qualitative characteristics of barley mixed with vetch

Hossein Neyestani[1*], Hamid Abbasdokht[2], Ahmad Gholami[3]

1. PhD Student, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.
2. Associate Professor, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.
3. Associate Professor, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.

Citation: Neyestani, H, Abbasdokht, H., & Gholami, A. (2023). The effect of nitrogen application on some quantitative and qualitative characteristics of barley mixed with vetch. *Plant Productions*, 46(2), 171-183.

Abstract

Introduction

One of the main goals of sustainable agriculture is controlling soil erosion, stabilizing yield in unfavorable conditions and increasing yield in favorable environmental conditions, and finally creating diversity and stability in agricultural ecosystems. Mixed cultivation is a part of crop rotation program in sustainable farming systems. One of the most important advantages of mixed cultivation over pure cultivation is that in the mixed state, the plants show more compatibility together and increases the total yield. Among the different types of mixed cropping systems that are currently used by farmers, one-year mixed cropping systems are more economical and are of interest to most farmers. It also includes many positive aspects including increasing yield and increasing land equivalent ratio.

Materials and Methods

In order to study the production potential and competitive ability of barley and vetch plants in the mixed cropping pattern under the influence of different planting patterns and nitrogen use, an experiment was conducted in the crop year 2017-2018 in Shirvan Rain Research Station of North Khorasan Province. The experiment was in the form of split plots based on a randomized complete block design. The main factor includes nitrogen fertilizer at three levels (zero, 50 and 100 kilograms per hectare) and the secondary factor of different cultivation patterns at five levels (pure barley, pure vetch, incremental ratios of 15, 30 and 45% of vetch plant increase to barley plant density). And the cultivation was of a mixed and incremental type.

* **Corresponding Author:** Hossein Neyestani
E-mail: Hossein.1365@yahoo.com

© 2023 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Results and Discussion

According to the results of the experiment, the highest value of 1000-grains weight in the treatment of pure barley cultivation and the use of 50 and 100 kg of nitrogen per hectare (52.75 grams) and in the treatment of mixed cultivation of 100:30 and in the absence of nitrogen use, the lowest value of 1000-garins weight (45 grams), the highest number of seeds per spike in nitrogen 100 kg per hectare and mixed cultivation 100:30 with an average of 17.25 and the least amount of this trait in the treatment of no use of nitrogen and pure barley cultivation with an average of 10.8 seeds It was at the peak. Also, the highest seed yield was obtained in the pure cultivation of barley and in the nitrogen treatment of 100 kg (1515 kg) and the lowest was obtained in the mixed crop of 100:45 and the fertilizer treatment of no nitrogen use (732.5 kg). The mixture of 45:100 and 50 kg of nitrogen had the highest amount (1.158).

Conclusion

According to the results of LER, the use of vetch as a nitrogen-fixing species along with the consumption of 50 kg of nitrogen fertilizer per hectare can be effective to achieve the optimal yield.

Keywords: Ash, Grain yield, Land equality ratio, Pure cultivation

تولیدات گیاهی، ۱۴۰۲، ۴۶(۲)، ۱۷۱-۱۸۳
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2023.42974.2080
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۵

تولیدات گیاهی

مقاله پژوهشی

تأثیر کاربرد نیتروژن در برخی ویژگی‌های جو درکشت مخلوط با ماشک در شرایط دیم

حسین نیستانی[۱*]، حمید عباس دخت[۲]، احمد غلامی[۳]

۱. دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.
۲. دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.
۳. دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.

چکیده

به‌منظور مطالعه‌ی پتانسیل تولید وتوان رقابتی گیاهان جو و ماشک در شرایط دیم تحت تأثیر الگوهای مختلف کاشت و استفاده از نیتروژن، آزمایشی در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷در ایستگاه تحقیقاتی دیم شیروان استان خراسان شمالی اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکراربود. عامل اصلی شامل کود نیتروژن در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و عامل فرعی الگوهای مختلف کشت در پنج سطح (تک‌کشتی گیاه جو، تک‌کشتی گیاه ماشک، نسبت‌های سری افزایشی ۱۵، ۳۰ و ۴۵ درصد افزایش ماشک به تراکم جو) و کشت از نوع درهم و سری افزایشی بود. بر اساس نتایج آزمایش، بیش‌ترین مقدار وزن هزار دانه در تیمار کشت خالص جو و در استفاده ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۵۲/۷۵ گرم)و در تیمار کشت مخلوط ۱۰۰:۳۰ و در عدم استفاده نیتروژن کم‌ترین مقدار وزن هزار دانه (۴۵ گرم) را داشت، بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله در نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و کشت مخلوط ۱۰۰:۳۰ با متوسط ۱۷/۲۵ عدد و کم‌ترین مقدار این صفت نیز در تیمار عدم استفاده نیتروژن و کشت خالص جو با متوسط ۱۰/۸ دانه در سنبله بود. همچنین بیش‌ترین عملکرد دانه در کشت خالص جو و در تیمار نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم (۱۵۱۵ کیلوگرم) به دست آمد و کم‌ترین آن در کشت مخلوط ۱۰۰:۴۵ و تیمار کودی عدم استفاده نیتروژن (۷۳۲/۵کیلوگرم) به دست آمد نسبت برابری زمین در کشت مخلوط ۱۰۰:۴۵ و نیتروژن ۵۰ کیلوگرم بیش‌ترین مقدار (۱/۱۵۸) را داشت. با توجه به نتایج LER استفاده از گیاه ماشک به‌عنوان گونه تثبیت شده کننـده نیتروژن همراه با مصرف ۵۰ کیلوگرم کـود نیتروژن در هکتار برای دستیابی به عملکرد مطلوب می‌تواند مؤثر باشد.

کلیدواژه‌ها: خاکستر، عملکرد دانه، کشت خالص، نسبت برابری زمین

* **نویسنده مسئول:** حسین نیستانی
رایانامه: Hossein.1365@yahoo.com

© 2023 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

مقدمه

امروزه روند رو به افزایش تخریب منابع آب، خاک و محیط‌زیست در اثر کاربرد بی‌رویه مواد شیمیایی در کشاورزی و روش‌های رایج تولید مواد غذایی در جهان موجب توجه و ترغیب محققان به بخش کشاورزی پایدار گردیده است. از اهداف عمده کشاورزی پایدار، کنترل فرسایش خاک، تثبیت عملکرد در شرایط نامطلوب و افزایش عملکرد در شرایط مطلوب محیطی و درنهایت ایجاد تنوع و ثبات در اکوسیستم‌های زراعی می‌شود (Yang et al., 2014). یکی از راه‌کارهای کلیدی در کشاورزی پایدار، بازگرداندن تنوع بالا بوم نظام‌های کشاورزی و مدیریت مؤثر آن است (Rabiee and Farahdahr, 2020). محققین گزارش کردند که کشت مخلوط با لگومینوزمی‌تواند استفاده از کودهای شیمیایی را کاهش داده و عملکرد محصول را افزایش و خصوصیات خاک را بهبود بخشد(Tang et al., 2018; Du et al. 2019). ازآنجاکه تثبیت نیتروژن توسط لگوم‌ها می‌تواند در اختیار غلات قرار گیرد در نتیجه رقابت برای جذب این عنصر کاهش خواهد یافت (Peoples et al., 2015)، با این‌حال اثرات سیستم‌های کشت مخلوط در تثبیت نیتروژن می‌تواند متفاوت باشد (Fan et al., 2019). کشت مخلوط باعث افزایش عملکرد گیاهان زراعی و بهبود استفاده از زمین می‌شود (Yang et al., 2018). کشت مخلوط، بخشی از برنامه تناوب زراعی در کشت نظام‌های پایدار است. یکی از مهم‌ترین مزایای کشت مخلوط در برابر کشت خالص این است که در حالت مخلوط، گیاهان در کنار هم سازگاری بیش‌تری نشان می‌دهند و عملکرد کل در هکتار را افزایش می‌دهد (Alizadeh et al., 2014). عملکرد در سیستم‌های کشت مخلوط در گرو انتخاب گیاهان سازگار و واجد ویژگی‌های مناسب برای ایجاد حداقل رقابت و حداکثر مساعدت و به‌کارگیری عملیات زراعی مناسب (از جمله تراکم و نسبت اختلاط) گزارش شده است (Alizadeh and da Silva., 2013). در میان انواع سیستم‌های مختلف کشت مخلوط که در حال حاضر توسط کشاورزان استفاده می‌شود، سیستم‌های کشت مخلوط یکساله دارای صرفه اقتصادی بیشتری بوده و مورد توجه اغلب کشاورزان می‌باشد (Martin-Guay et al., 2018). همچنین جنبه‌های مثبت زیادی از جمله افزایش عملکرد (Tilman, 2020) و افزایش شاخص کارایی زمین (Xu et al., 2020) را شامل می شود. جو (*Hordeum vulgareL.*) یکی از مهم‌ترین و قدیمی‌ترین غلات کشور است، در ایران جو پس از گندم بیش‌ترین سطح زیر کشت در بین غلات را با حدود ۱/۷ میلیون هکتار دارد (FAO, 2018). همچنین، بر طبق آمار اعلام شده در سال ۲۰۱۹، در جهان مقدار تولید جو حدود ۱۵۸/۹ میلیون تن و در کشور ایران ۳/۶ میلیون تن بود (FAO, 2019). ماشک (*Vicia ervilia*) قدیمی‌ترین گیاهان زراعی خانواده لگومینوز به شمار می‌رود ولی از لحاظ سطح کشت و تولید، توسعه چندانی نداشته است، به‌طورکلی، انواع ماشک در کاهش فرسایش خاک، بهبود بافت خاک، کاهش استفاده از سموم و افزایش بهره‌وری در کشاورزی نقش دارند و تنها قابلیت هضم ماده خشک ماشک‌ها بیش از ۷۰ درصد است. استفاده از ماشک‌ها و تأثیر آن بر اکوسیستم مزرعه به شرایط آب و هوایی، نوع و میزان ماده آلی خاک و مدیریت کشت این گیاهان بستگی داشته و در مناطق مختلف و سیستم‌های تناوبی گوناگون با یکدیگر تفاوت دارند (Alizadeh et al., 2013). تولید جهانی ماشک گاودانه تقریباً ۸۵۰ هزار تن در سال برآورد شده است و متوسط عملکرد آن ۱۶۵۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (FAO, 2018). در ترکیب یک لگوم از جمله ماشک و غله همانند جو علاوه بر افزایش تولید، افزایش کیفیت علوفه تولیدی نیز مشاهده خواهد شد و عملکرد در اراضی کشاورزی از ثبات بیش‌تری برخوردار خواهد شد. کشت گیاهان علوفه‌ای خانواده لگومینوز به‌جای آیش در دیم‌زارها، منجر به افزایش مواد آلی و نیتروژن در خاک شده و ضمن بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و به حفاظت خاک از خطر فرسایش و افزایش حاصلخیزی آن کمک می‌نماید (Alizadeh et al., 2013). گزارش‌های متعددی مبنی بر افزایش عملکرد در نظام کشت مخلوط وجود دارد (Aliyu and Emechebe, 2006). نتایج تحقیقی نشان داده که کشت مخلوط ماشک با جو سبب افزایش عملکرد کل (بیولوژیک) شده است (Kusvuran et al., 2014). کشت مخلوط گیاهان زراعی از طریق افزایش کارایی مصرف منابع و افزایش عملکرد به جهت بهره‌برداری مکمل گونه‌ها، استفاده بیش از حد از زمین و منابع را کاهش می‌دهد (Yu et al., 2019). در آزمایشی گزارش شد که در کشت مخلوط جو و شنبلیله تیمارهای مخلوط افزایشی، از نسبت برابری زمین بالاتری نسبت به تیمارهای مخلوط

جـایگزینی بهره‌مند بودند که این امر به جهت اسـتفاده بهتـر گیاهان از منابع موجود مانند نور، آب و مـواد غـذایی در ایـن تیمارهـا بـوده اسـت (Nakhzari Moghaddam et al., 2009). کود نیتروژن از جمله عوامل مهم زراعی است که تأثیر زیـادی بر رشد و عملکرد گیاهان دارد و در بخش زیادی از فرآیندهای متابولیکی گیاه نقـش مهمـی ایفـا مـی‌کنـد. بـه همـین علـت محققان اثر کودهای نیتروژنی بر رشد گیاهـان زراعـی را زیـاد مورد بررسی قرار می‌دهند. گزارش شـده کـه افـزایش مصـرف کود نیتروژنـی در غـلات موجـب کـاهش سـرعت پیـر شـدن برگ‌ها، افزایش ارتفاع بوته، افزایش سرعت پر شدن دانـه و در نهایت موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود (Luo et al., 2021). Bingol et al., (2007) در آزمایشـی نشـان دادنـد کـه کشـت مخلوط ماشک و جـو ازنظر مـاده خشـک قابل هضم و میـزان پروتئین خام تفاوت معنـی‌داری با کشـت خـالص داشـت و در کشت مخلوط میزان پروتئین خام بیشتر بوده اسـت. Tosti et al., (2010) با بررسی رقابت و مساعدت کشت مخلوط افزایشی ماشک و جو در شرایط آب‌وهوای مدیترانـه‌ای، اظهـار داشـتند که نسبت‌هـای مخلـوط موجـب بهبـود نسـبت برابـری زمـین گردید. پـژوهش حاضـر بـا هـدف بررسـی عملکـرد دو گیـاه جـو و ماشـک در کشت مخلوط افزایشـی بـه‌صـورت درهم با یکدیگر و اسـتفاده بهینـه از تـوان بـالقوه اراضـی کشـاورزی دیـم در تولیـد علوفـه بـا عملکـرد زیـاد و کمـک بـه حاصـلخیزی خاک‌ها بـا وارد نمـودن لگـوم‌هـا در ترکیـب کشت‌های مخلوط انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم شهرستان شیروان در استان خراسان شمالی اجرا شد. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۱۳۱ متر و دارای طول و عرض جغرافیایی به‌ترتیب ۵۸/۰۷ درجه شرقی و ۳۷/۱۹ درجه شمالی می‌باشد. محل اجرای آزمایش دارای اقلیم معتدل و متمایل به سرد و خشک است و از تابستان‌های گرم و نیمه‌خشک و زمستان‌های سرد و مرطوب برخوردار است. میزان بارندگی در سال اجرای آزمایش ۱۳۰ میلی‌متر و میانگین بارندگی ۳۰ ساله منطقه ۲۶۶ میلی‌متر می‌باشد (جدول ۱). آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. همچنین، نوع کشت مخلوط به‌صورت درهم و افزایشی بود. عامل اصلی شامل سه سطح نیتروژن از منبع کود اوره (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و عامل فرعی ترکیب کشت گیاهان در پنج سطح شامل کشت خالص جو، کشت خالص ماشک، کشت مخلوط افزایش ۱۵ درصد ماشک به جو، کشت مخلوط افزایش ۳۰ درصد ماشک به جو، کشت مخلوط افزایش ۴۵ درصد ماشک به جو بودند. تراکم گیاه ماشک ۱۵۰ عدد بذر در مترمربع در نظر گرفته شده که نسبت‌های افزایشی ماشک به جو بر اساس آن محاسبه گردید. عملیات آماده‌سازی مزرعه به‌وسیله گاوآهن برگردان دار و دو بار دیسک عمود برهم انجام شد و کرت بندی به طریق دستی انجام شد. هر کرت شامل ۶ ردیف و فاصله ردیف‌ها از هم ۲۵ سانتی‌متر و طول هر ردیف ۵ متر بود و کاشت هر دو گیاه به طریق دستی انجام شد، تراکم گیاه جو (رقم آبیدر) ۳۷۵ بوته در مترمربع بود (Naghashzade and Azadbakht, 2018) و همچنین از گیاه ماشک رقم گاودانه که مخصوص مناطق خشک و نیمه‌خشک سردسیری است جهت کشت مخلوط با گیاه جو استفاده شد. کاشت جو و ماشک هم‌زمان و در پانزدهم آبان ماه ۱۳۹۷ انجام شد، همچنین وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. نمونه‌گیری در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک گیاه جو از سطحی به میزان ۰/۲۵ مترمربع از ابتدای کرت بعد حذف اثرات حاشیه‌ای، نمونه‌ها برداشت شد. به‌منظور حذف اثرات حاشیه‌ای، دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای کرت‌ها حذف و بقیه کرت برداشت شد. چون هدف عملکرد دانه جو بوده برداشت ماشک نیز در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک جو انجام شد. ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در این آزمایش شامل ارتفاع بوته، میزان خاکستر جو، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه و عملکرد دانه جو بودند. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه از کرت‌ها به مساحت ۴ مترمربع زمانی که رطوبت دانه‌ها حدود ۱۲ تا ۱۵ درصد بود بوته‌ها برداشت و عملکرد دانه بر اساس هکتار محاسبه شد. برای اندازه‌گیری سایر ویژگی‌ها نمونه‌برداری از یک کوادرات ۰/۲۵ مترمربع استفاده شد که به‌صورت تصادفی در هر کرت مورد نظر قرار داده شد و گیاهانی که داخل کوادرات قرار داشتند برداشت و به آزمایشگاه منتقل می‌شدند. نمونه‌برداری خاک با استفاده از اوگر از عمق ۵۰ سانتی‌متری برداشت گردید، بافت خاک لومی رسی بوده و با توجه به نتایج آزمایش خاک (جدول ۲) ۵۰ کیلوگرم‌درهکتار فسفر از منبع سوپرفسفات‌تریپل مصرف شد.

Table 1. The amount of rainfall in 2017-2018 growing season, and the 30-year average in different months of the year in Shirvan station.

Month	October	November	December	January	February	March	April	May	June	July	Total
Year 2017-18 (mm)	5	9	12	8	16	14	27	24	9	6	130
30-Yr Average(mm)	12	15	22	24	30	45	46	47	14	11	266

Table2. Selected properties of the top (0-30 cm) of soil at the experimental sits.

Properties	pH	EC (ds/m at 25°C)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (meq/lit)	Soil Texture
	8	0/4	11	15.5	131	8/3	Clay-Loam

تمام کود فسفر موردنیاز به‌صورت کود پایه داده شد و در تیمارهایی که باید به نسبت تعریف‌شده در آزمایش کود نیتروژن دریافت می‌کردند در سه مرحله به‌صورت سرک زمان سبز شدن، زمان شروع ساقه رفتن و در زمان سنبله‌دهی جو مصرف شد. درصد خاکستر (Ash) با استفاده از روش ارائه شده توسط Jafari et al. (2003) انجام شد.

نسبت برابری زمین (LER[1])

به‌منظور بررسی و ارزیابی سودمندی کشت مخلوط از شاخص نسبت برابری زمین مطابق فرمول ۱ استفاده شد (Dordas et al., 2019).

$$LER=(\frac{Y_{ab}}{Y_{aa}})+(\frac{Y_{ba}}{Y_{bb}})$$ رابطه (۱)

در این معادله، Y_{ab} بیانگر عملکرد گونه a (گیاه جو) در کشت مخلوط، Y_{aa} بیانگر عملکرد گونه a (گیاه جو) در کشت خالص، Y_{ba} بیانگر عملکرد گونه b (گیاه ماشک)در کشت مخلوط و Y_{bb} بیانگر عملکرد گونه b (گیاه ماشک)در کشت خالص می‌باشند.

محاسبات آماری داده‌ها از طریق نرم‌افزار MSTAT-C (V 1.1.0) انجام شد و چون هدف بررسی ویژگی‌های جو بوده لذا در جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) درجه آزادی مربوط به ماشک لحاظ نشده است، همچنین مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد محاسبه شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته جو

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، مشاهده گردید و اثر متقابل نیتروژن و الگوهای کشت مخلوط در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مطابق نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نیتروژن و اجزاء کشت مخلوط، بیش‌ترین مقدار ارتفاع بوته جو در تیمار نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و کشت مخلوط ۴۵:۱۰۰ (۷۶/۷ سانتی‌متر) و کم‌ترین آن در تیمار عدم استفاده نیتروژن و کشت خالص جو (۵۴/۵ سانتی‌متر) به دست آمد (شکل ۱). چنین می‌شود استنباط کرد که گیاه ماشک به جهت سازوکار مساعدت با گیاه جو موجب افزایش رشد رویشی و درنتیجه سبب افزایش ارتفاع گیاه جو شده است اثر مساعدتی گیاه جو ممکن است به خاطر بهره‌وری بیشتر از نیتروژن خاک باشد. با مقایسه تیمارهای کودی مشاهده شد که تیمار کود نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم نسبت به دو سطح دیگر آن ارتفاع بوته بیش‌تری داشته است. از نتایج آزمایش چنین استنباط می‌شود که به جهت ایجاد رقابت بین‌گونه‌ای جو و ماشک در کشت مخلوط ارتفاع بوته افزایش‌یافته است دلیل آن نیز این است که به جهت بالا بودن تراکم گیاهی نور به بخش‌های پایینی گیاه نرسیده در این حالت هورمون اکسین تجزیه نمی‌شود که عدم تجزیه آن سبب افزایش غلظت اکسین شده و درنهایت سبب افزایش ارتفاع بوته خواهد شد (Cruz and Sinoqet, 2003).

1. Land Equivalent Ratio

Table 3. Variance analysis of studied traits in barley traits in mixed cropping with vetch.

S.O.V	df	Plant height	Ash	No. grain of spike	Pedankel length	1000-grain weight	Grain yield
Rep	3	3.5 ns	0.007 ns	1.5 ns	1.08 ns	0.25 ns	440.8 ns
Nitrogen(N)	2	660.4 **	3.1 **	17.7**	34.1 **	36.02 **	146459.9 **
Error a	6	1.7	0.02	0.27	0.1	0.27	483.5
Mixed cropping(M)	3	575.8 **	4.8 **	32.05 **	145.6**	60.2**	621071.3**
N*M	6	6.7 *	0.3 *	1.01 *	4.13 ns	2.3 *	30993.2 **
Error b	27	1.4	0.02	0.39	2.2	0.7	461.8

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

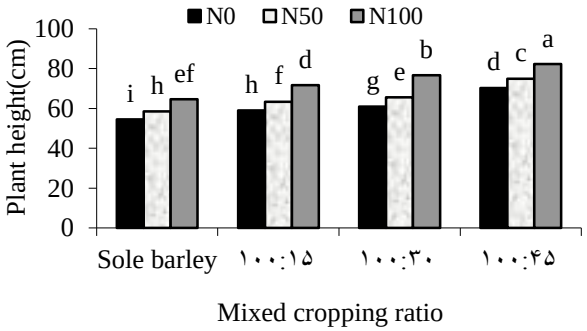

Figure 1. Mean comparisons of interaction effect of nitrogen and mixed cropping ratio on barley plant height trait

در آزمایشی محققیق گزارش کردند، بیش‌ترین مقدار ارتفاع بوته جو با میانگین ۹۲/۲۳ سانتی‌متر در کشت مخلوط جو و شبدر به دست آمد (Najafi et al., 2014). در آزمایشی Abbasi and Namdar (2022) گزارش کردند که با اضافه شدن لگوم به کشت مخلوط سبب افزایش ارتفاع بوته گیاه اصلی می‌گردد که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد. همچنین در تحقیق دیگر گزارش‌شده که افزایش نسبت گیاه خردل در کشت مخلوط با جو سبب افزایش ارتفاع بوته جو نسبت به کشت خالص شد (Khorramdel and Asadi, 2016).

میزان خاکستر جو

بر اساس نتایج آنالیز واریانس آزمایش، مشاهده شد که اثرات متقابل نیتروژن و الگوهای کشت مخلوط در سطح احتمال آماری پنج درصد ($p<۰/۰۵$) معنی‌دار گردید (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل نیتروژن و الگوهای کشت مخلوط نیز نشان می‌دهد نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و کشت مخلوط ۱۰۰:۴۵ بیش‌ترین مقدار خاکستر (۷/۲ درصد) را داشت و کم‌ترین مقدار آن در تیمار عدم استفاده نیتروژن و کشت مخلوط ۱۰۰:۱۵ (۴/۶ درصد) به دست آمد که تفاوت بین کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار خاکستر ۳۵/۱ درصد می‌باشد (شکل ۲). برخی از محققان گزارش کردند که در کشت مخلوط جو و شنبلیله، مقدار خاکستر علوفه افزایش‌یافته است (Toreifi et al., 2018) که با نتایج این آزمایش همسو می‌باشد. نتایج آزمایش Dahmardeh et al., (2011) نشان داد که کشت مخلوط ذرت- لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata*) در مقایسه با تک‌کشتی آن‌ها ازلحاظ مقدار خاکستر سبب بهبود کیفیت علوفه شد که این امر می‌تواند به جهت جذب بهتر عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن درکشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی باشد.

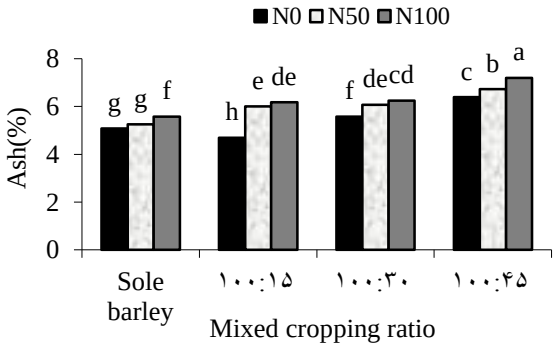

Figure 2. Mean comparisons of interaction effect of nitrogen and mixed cropping ratio on barley Ash trait

تعداد دانه در سنبله جو

بر اساس نتایج آنالیز واریانس آزمایش، اثرات متقابل نیتروژن و الگوهای کشت مخلوط در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل نیتروژن و الگوهای کشت مخلوط نشان می‌دهد که بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله در نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و کشت مخلوط ۱۰۰:۳۰ با متوسط ۱۷/۲ عدد و کمترین مقدار این ویژگی نیز در تیمار عدم استفاده نیتروژن و کشت خالص جو با متوسط ۱۰/۸ دانه در سنبله بود (شکل ۳). از نتایج آزمایش چنین استنباط می‌شود، کشت مخلوط جو و ماشک در نسبت‌های مختلف نشان داد که تا تیمار ۱۰۰:۳۰ (ماشک- جو) مقدار این صفت افزایش پیداکرده که دلیل آن هم می‌تواند به خاطر توان کم رقابتی برون گونه‌ای ماشک در رقابت با جو دانست و فضای بیش‌تری را برای رشد جو فراهم کرده است بنابراین، مواد فتوسنتزی بیش‌تری به سنبله‌ها انتقال یافته است که این مسئله سبب تشکیل تعداد دانه‌های بیش‌تری در سنبله شده و این امر نیز تعداد دانه در سنبله را افزایش داده است که با نتایج آزمایش Kahraryan et al.(2018) مطابقت داشت. همچنین به نظر می‌رسد که تثبیت نیتروژن و آزادسازی اسیدهای آلی توسط گیاه ماشک، دستیابی به عناصر غذایی در مدت دوره رشد و مراحل بحرانی را برای گیاه همراه در کشت مخلوط با جو، موجب افزایش تعداد دانه در سنبله شده است (Inal et al., 2007)؛ اما همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است در تیمار ۱۰۰:۴۵ (ماشک- جو) مقدار این صفت نسبت به تیمار ۱۰۰:۳۰ (ماشک- جو) کاهش یافته که دلیل آن رقابت برون گونه‌ای بیش‌ازحد بین این دو گیاه بوده که سبب کاهش تعداد دانه در سنبله شده است.

طول پدانکل جو

بر اساس نتایج آنالیز واریانس آزمایش، مشاهده شد که اثرات ساده نیتروژن و الگوهای کشت مخلوط در سطح احتمال یک درصد ($p<0/01$) معنی‌داربود (جدول ۳). مطابق نتایج مقایسه میانگین اثر نیتروژن، مشخص شد که با افزایش مقدار کود نیتروژن استفاده شده طول پدانکل جو زیاد شد به طوریکه مقدار این ویژگی در تیمار نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۲۰/۹ سانتی‌متر بیش‌تر از دو سطح دیگر بود (جدول ۴). مقایسه میانگین جدول ۵ نیز نشان می‌دهد که در کشت‌های مخلوط ۱۰۰:۳۰ و ۱۰۰:۴۵ مقدار طول پدانکل بیش‌تر از دو سطح دیگر بود. نتایج اثرات متقابل کود نیتروژن و الگوهای کشت مخلوط نشان داد، بیش‌ترین طول پدانکل در تیمارهای کشت مخلوط ۱۰۰:۳۰ و ۱۰۰:۴۵ با استفاده ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد و تیمار کشت خالص جو در تیمار عدم استفاده نیتروژن و استفاده ۵۰ کیلوگرم در هکتار کمترین طول پدانکل را داشتند (شکل ۴). افزایش مقدار کود نیتروژن و همچنین افزایش سهم ماشک به جو سبب افزایش طول پدانکل شد و دلیل آن را این‌طورمی‌توان بیان کرد که به جهت رقابت برون گونه‌ای ایجاد شده جهت دریافت نور و نیتروژن ارتفاع گیاه افزایش یافت که افزایش ارتفاع بوته منجر به افزایش طول پدانکل گیاه جو شد که با نتایج آزمایش Radaei Alamol et al. (2020) مطابقت دارد.

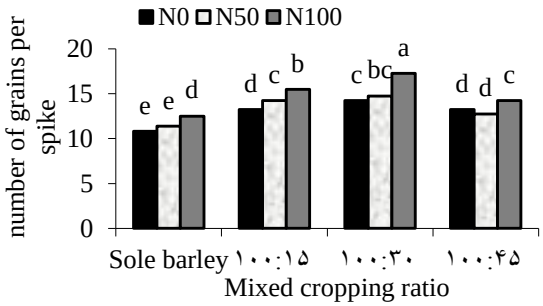

Figure 3. Mean comparisons of interaction effect of nitrogen and mixed cropping ratio on number of grain in spike

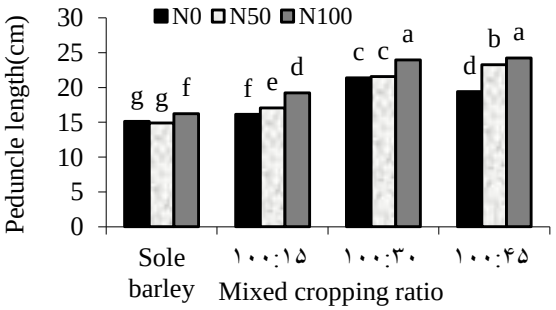

Figure 4. Mean comparisons of interaction effect of nitrogen and mixed cropping ratio on pedankel length

Table 4. Mean comparison of barley traits at different levels of nitrogen fertilizer

Treatment	Plant height (cm)	Ash (%)	No. grain of spike	Pedankel length (cm)	1000-grain weight (gr)	Grain yield (kg/ha)
0 (N kg/ha)	61.1 c	5.4 c	12.8 b	18.02 c	47.9 c	986.3 c
50(N kg/ha)	65.5 b	6.01 b	13.2 b	19.1 b	49.5 b	1057. b
100(N kg/ha)	73.8 a	6.3 a	14.8 a	20.9 a	50.9 a	1176. a

Means with the same letters in the same column are not significantly different based on LSD (P≤0.05)

Table 5. Mean comparison of barley traits at mixed cropping ratio

Treatment	Plant height (cm)	Ash (%)	No. grain of spike	Pedankel length (cm)	1000-grain weight (gr)	Grain yield (kg/ha)
Sol barley	59.2 d	5.3 d	11.5 d	15.4 c	52.4 a	1370 a
100-15(barley-vetch)	64.7 c	5.6 c	14.3 b	17.4 b	49.6 b	1132 b
100-30(barley-vetch)	67.7 b	5.9 b	15.4 a	22.3 a	47.1 d	894.2 c
100-45(barley-vetch)	75.7 a	6.7 a	13.4 c	22.3 a	48.6 c	895.8 c

Means with the same letters in the same column are not significantly different based on LSD (P≤0.05)

وزن هزار دانه

آنالیز واریانس صفات جو نشان داد که اثر متقابل نیتروژن و الگوهای کشت مخلوط در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دارشد (جدول ۳). بر اساس مقایسه میانگین بیش‌ترین مقدار وزن هزار دانه در تیمار کشت خالص جو و در استفاده ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۵۲/۷۵ گرم) حاصل شد و تیمار کشت مخلوط ۱۰۰:۳۰ و در عدم استفاده نیتروژن کمترین مقدار وزن هزار دانه (۴۵ گرم) به دست آمد (شکل ۵). در تیمارهای عدم استفاده از نیتروژن و حتی مصرف کود نیتروژن به مقدار ۵۰ کیلوگرم نتوانسته مواد فتوسنتزی موردنیاز برای دانه‌های تشکیل شده جو را تأمین نماید و دانه‌ها در این دو سطح کود از میانگین کم‌تری برخوردار بودند کم‌ترین مقدار این ویژگی در تیمار عدم استفاده نیتروژن و کشت مخلوط ۱۰۰:۱۵ با متوسط ۴۰/۳ گرم بود (شکل ۵). به نظر می‌رسد که تأمین نیتروژن در زمان پر شدن دانه جو از طریق افزایش مصرف نیتروژن به‌ویژه در مجاورت گیاه ماشک و یا دسترسی جو به نیتروژن تثبیت‌شده توسط ماشک سبب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه جو در تیمار کودی ۱۰۰ کیلوگرم و کشت مخلوط ۱۰۰:۴۵ شده است. با توجه به اینکه افزایش میزان نیتروژن مصرفی سبب افزایش تعداد سنبله در واحد سطح شده و همچنین سبب افزایش تعداد دانه در سنبله شده است، در این شرایط منبع قوی سبب تقاضای بیش‌تر برای مواد فتوسنتزی شده و درنتیجه فراهمی نیتروژن با تقویت فتوسنتز گیاه می‌تواند سبب افزایش پر شدن دانه‌ها مؤثر باشد. Mashhadi and Abbasdokht (2015) گزارش کردند که افزایش مقدار نیتروژن مصرفی سبب رشد اندام‌های هوایی و به‌ویژه دانه‌ها می‌شود.

وزن هزار دانه تابعی از شرایط محیطی در موقع پر شدن دانه و توانایی گیاه در فراهم نمودن مواد شیره پرورده برای منبع است. به‌نظر می‌رسد که ساختار تاج پوشش مختلف دو گیاه جو و ماشک در کشت مخلوط در دستیابی به تشعشع خورشیدی مؤثر بوده که این موضوع به جهت افزایش جذب نور، بهبود رشد اندام‌های هوایی و افزایش تعداد دانه را در برداشته است که با افزایش تعداد دانه در سنبله وزن هزار دانه در کشت مخلوط کم‌تر از کشت خالص‌شده است.

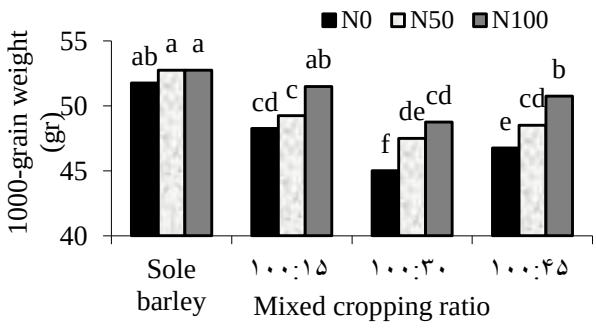

Figure 5. Mean comparisons of interaction effect of nitrogen and mixed cropping ratio on the weight of 1000-grain

Kahraryan et al., (2018) در یک آزمایش که در کشت مخلوط درهم جو بهار (*Hordeum vulgare* L.) و ماشک گل‌خوشه‌ای انجام دادند، گزارش کردند با افزایش سهم بوته ماشک به جو وزن هزار دانه جو کاهش پیدا کرد، زیرا با افزایش تراکم گیاهی مواد فتوسنتزی می‌بایست در تعداد بیش‌تری از منابع توزیع شود و این موضوع سبب کاهش وزن هزار دانه شده است که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت داشت.

عملکرد دانه جو

اثر متقابل نیتروژن و الگوهای کشت مخلوط در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بر اساس مقایسه میانگین (شکل۶) مشاهده شد که در تیمار نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و کشت خالص جو بیش‌ترین عملکرد دانه (۱۵۱۵ کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین آن در تیمار عدم استفاده نیتروژن و کشت مخلوط ۱۰۰:۴۵ (۷۳۲/۵ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (شکل ۶). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده عملکرد دانه جو در کشت خالص بیش‌تر از کشت‌های مخلوط بوده است و این موضوع می‌تواند به دلیل عدم وجود رقابت بین‌گونه‌ای در کشت‌های خالص باشد و در کشت‌های مخلوط به نسبتی که ماشک افزوده شده به خاطر ایجاد رقابت بین‌گونه‌ای، عملکرد دانه جو نسبت به کشت خالص جو کاهش‌یافته است این کاهش در همه سطوح اجزای کشت مخلوط مشاهده شد به عبارتی در این نوع کشت (مخلوط افزایشی) با ثابت نگه‌داشتن جز جو (غله) و افزایش مناسب جز ماشک (لگوم) به جهت ایجاد رقابت بین‌گونه‌ای بین غله و لگوم عملکرد دانه غله کاهش خواهد یافت که با نتایج آزمایش Asghari Meydani and Karimi, (2015 مطابقت داشت.

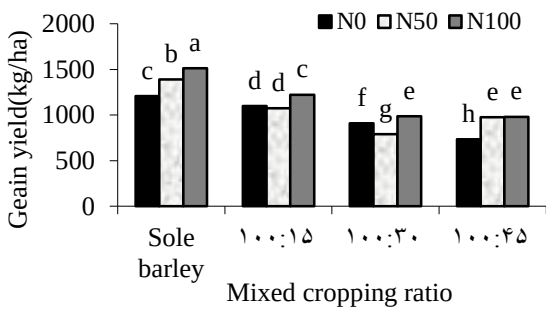

Figure 6. Mean comparisons of interaction effect of nitrogen and mixed cropping ratio on grain yield

شاخص نسبت برابری زمین

بر اساس آنالیز واریانس شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط که در جدول ۶ آورده شده است مشاهده شد که اثر نیتروژن و اجزای کشت مخلوط در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار شد و اثرات متقابل نیتروژن و الگوهای کشت مخلوط در سطح احتمال آماری پنج درصد معنی‌دار شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین شکل ۷ مشاهده شد که تیمار کشت مخلوط ۱۰۰:۴۵ در هر سه سطح کود نیتروژن در بالاترین و در یک رتبه آماری قرارگرفته و ازنظر آماری اختلاف معنی‌دار بین آن‌ها ایجاد نشد هرچند بیش‌ترین مقدار LER در تیمار کشت مخلوط ۱۰۰:۴۵ و نیتروژن ۵۰ کیلوگرم در هکتار با متوسط عددی ۱/۱۵۸ حاصل شد و بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری حاصل نشد. اختلافات مورفولوژیک گراس و لگوم و درنتیجه ایجاد اشکوب‌های مختلف و استفاده مکملی از منابع، بهره‌برداری بهتر از نور و یا افق‌های مختلف خاک می‌تواند دلیل LER بزرگ‌تر از یک باشد. نقش اختلافات مورفولوژیک در دستیابی به LER بالاتر و درنتیجه سودمندی کشت مخلوط توسط Yilmaz et al., (2008) در کشت مخلوط ذرت و لگوم Hauggaard- Nielsen (2003) و در کشت مخلوط جو و نخود نیز گزارش‌شده است.

Table 6. Variance analysis of evaluation traits of mixed cultivation

S.O.V	df	LER
Rep	3	0.001 ns
Nitrogen	2	0.02**
Error $_a$	6	0.002
Mixed cropping	2	0.09 **
N*M	4	0.01 *
Error $_b$	12	0.004

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

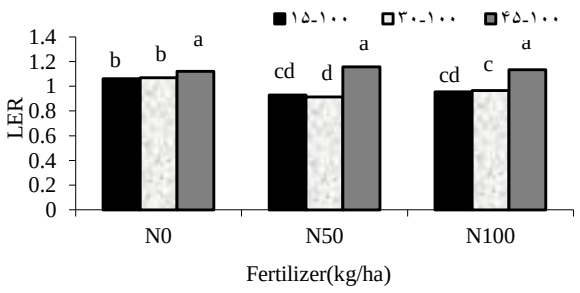

Figure 7. Mean comparisons of interaction effect of nitrogen and mixed cropping ratio on index of land equality ratio

نتیجه‌گیری

یافته‌های این آزمایش نشان می‌دهد که در شرایط مشابه رشدی، مقدار عملکرد دانه جو در کشت مخلوط افزایش یافته است. با استفاده از کشت مخلوط غله و لگوم در کنار افزایش عملکرد و تولید علوفه، سبب پایداری تولید در سیستم‌های تناوبی در دیمزارها خواهد شد. نتایج آزمایش نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه در سطوح کودی ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. علاوه بر این گیاه جو در کشت خالص بیش‌ترین عملکرد را داشتند با بررسی مقدار عملکرد و محاسبه LER، سودمندی کشت مخلوط جو و ماشک قابل قبول بود. به‌این‌ترتیب تیمار کشت مخلوط ۱۰۰:۴۵ و سطح کودی ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیش‌ترین میزان LER را داشت که می‌تواند به‌عنوان تیمار برتر معرفی گردد. با توجه به نتایج LER استفاده از گیاه ماشک به‌عنوان گونه تثبیت شده کننده نیتروژن همراه با مصرف ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار برای دستیابی به عملکرد مطلوب می‌تواند مؤثر باشد.

سپاس‌گزاری

از کلیه کارکنان دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود و همچنین کارکنان بخش آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی بجنورد که در انجام آزمایش‌ها همکاری کردند صمیمانه تقدیر و تشکر می‌گردد.

References

Abbasdokht, H., Chaichi, M.R., Asadi, S., Nazari, M., Manafi Noran, M., & Khademi, H.R. (2016). Effects of types of nitrogenous fertilizer (biological, chemical, integrative) and cropping mixes on some forage-medicine characteristics in additive intercropping of sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) with fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science,* 62(12), 1741-1752.

Abbasi, R., & Namdar, M. (2022). Study of soybean (*Glycine max* L.) and chia (*Salvia hispanica* L.) competition in the different intercropping ratios based on replacement method. *Plant Production*, 45(1), 1-14. [In Persian]

Abdollahpour, K., Nassiri Mahallati, M., & Khorramdel, S. (2020). Effect of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) and black seed (*Nigella sativa* L.) additive intercropping on yield and yield components. *Iranian Journal of Field Crops Research,* 18(1), 31-47. [In Persian]

Ahmadi, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Zehtab Salmasi, S., Amini, R., & Janmohammadi, H. (2010). Evaluation of yield and advantage indices in barley and vetch intercropping. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 20(4), 78-88. [In Persian]

Aliyu, B.S., & Emechebe, A.M. (2006). Effect of intra- and inter-row mixing of sorghum with two varieties of cowpea on host crop yield. *African Journal of Agricultural Research,* 1(2), 24- 26.

Alizadeh, K., & Teixeira da Silva, J.A. (2013). Mixed cropping of annual feed legumes with barley improves feed quantity and crude protein content under dry-land conditions. *Maejo International Journal of Science and Technology*, 7(1), 42-47. [In Persian]

Alizadeh, K., Pooryousef, M., & Shiv Kumar, A. (2014). Bi-culturing of grass pea and barley in the semi-arid regions of Iran. *Legume Research*, 37 (1), 98–100.

Asghari Meydani, J., & Karimi, E. (2015). The effect of seed mixing ratios on forage yield in vetch and barley in dryland conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research,* 12(4), 677-682. [In Persian]

Ayne band, A. (2013). Ecology of agricultural ecosystems. Publications of Shahid Chamran University of Ahvaz, 291p. [In Persian]

Ayne band, A., Hosseini, S., & Frzaneh, M. (2020). The effect of types of fodder plants and cultivation method on the quantity and quality of fodder in mixed cropping pattern. *Journal of Agricultural Crops*, 22(2), 295-305. [In Persian]

Azizi, K.H., Daraeimofrad, A.R., Heidari, S., & Ahmadifard, M. (2014). Studying Utilization Time of Lands under Relay Intercropping of Broadleaf Vetch and Triticale. *Research in Crop Ecosystems*, 1 (4), 105-115. [In Persian]

Bingol, N.T., Karsli, M.A., Yilmaz, I.H., & 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. *Journal of Veterinary Animal Science,* 31(5), 297-302.

Cruz, P.A., & Sinoquet, H. (2003). Competition for light and nitrogen during a regrowth cycle in a tropical forage mixture. *Field Crops Research,* 36(1), 21-30

Dahmardeh, M., Ghanbari, A., Siahsar, B.A., & Ramrodi, M. (2011). Evaluation of forage yield and protein content of maize and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) intercropping. *Iranian Journal of Field Crops Science,* 13(4), 658-670. [In Persian]

Dordas, C.A., Lithourgidis, A.S., & Galanopoulou, K. (2019). Intercropping of Faba Bean with Barley at Various Spatial Arrangements Affects Dry Matter and N Yield, Nitrogen Nutrition Index, and Interspecific Competition. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(4), 1116-1127.

Du, Q., Zhou, L., Chen, P., Liu, X., & Yong, T. (2019). Relay-intercropping soybean with maize maintains soil fertility and increases nitrogen recovery efficiency by reducing nitrogen input. *The Crop Journal*, 8(1), 140–152.

Eskandari, H., & Javanmard, A. (2013). Evaluation of forage yield and quality in intercropping patterns of maize and cowpea. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 4(23), 101-111. [In Persian]

Fan, Z., Zhao, Y., Chai, Q., Zhao, C., Yu, A., Coulter, J.A., Gan, Y., & Cao, W. (2019). Synchrony of nitrogen supply and crop demand are driven via high maize density in maize/pea strip intercropping. *Scientific Reports*, 9, 10954p.

Food and Agriculture Organization (FAO). (2019). Statistical data. www.Fao.org/faostat

Food and Agriculture Organization (FAO). (2018). The FAOSTAT Database. Available at Web site http://faostat.fao.org/default.aspx (verified September 2019)

Gilani, A.R., Abbasdokht, H., & Gholam, A. (2021). Effects of Thiobacillus and Different Levels of Sulfur Fertilizer on Growth and Physiological Indices in Intercropping of Sesame (*Sesamum Indicum* L.) and Mung Bean (*Vigna Radiata* L.). *Gesunde Pflanzen*, 73, 317-333.

Hauggaard- Nielsen, H., Ambus, P., & Jensen, E.S. (2003). The comparison of nitrogen using and leaching in sole cropped versus intercropped pea and barley. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 65: 289-300.

Hirpa, T. (2014). Response of maize crop to spatial arrangement and staggered interseeding of haricot bean. *International Journal of Environment*, 3(3), 126-138.

Hong, Y., Berentsen, P., Heerink, N., Shi, M., & Werf, W. (2019). The future of intercropping under growing resource scarcity and declining grain prices - A model analysis based on a case study in Northwest China. *Journal of Agricultural Systems*, 176, 102661.

Inal, A., Gunes, A., Zhang, F., & Cakmak, I. (2007). Peanut/maize intercropping induced changes in rhizosphere and nutrient concentrations in shoots. *Plant Physiology and Biochemistry,* 45(5), 350-356.

Jafari, A., Connolly, V., Frolich, A., & Walsh, E.J. (2003). A note on estimation of quality in perennial ryegrass by near infrared spectroscopy. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 42(2), 293-299

Kahraryan, B., Farahvash, F., Mohammadi, S., Mirshekari, B., & Rashidi, V. (2018). Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) and vetch (*Vicia villosa Roth.*) intercropping. *Journal of Crop Ecophysiology,* 4(48), 651-670. [In Persian]

Khorramdel, S., & Asadi, G.A. (2016). The Effect of mixed crop mixed ratios on crop variety and weed and yield. *Production of Crops*, 7(1), 131-156. [In Persian]

Kusvuran, A., Kaplan, M., & Nazli, R.I. (2014). Intercropping of hungarian vetch (*Vicia pannonica Crantz.*) and barley (*Hordeum vulgare* L.) under different plant varieties and mixture rates. *Legume Research*, 37(6), 590-599.

Lal, B., Rana, K., Rana, D., Shivay, Y., Sharma, D., Meena, B., & Gautam, G. (2019). Biomass, yield, quality and moisture use of Brassica carinata as influenced by intercropping with chickpea under semiarid tropics. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences,* 18, 61-71.

Luo, J., Li, Z., Mo, F., Liao, Y., & Liu, Y. (2021). Removal of superior wheat kernels promotes filling of inferior kernels by changing carbohydrate metabolism and sink strength. *The Crop Journal*, 6(8), 123.

Luce, M.S.T., Grant, C.A., Zebarth, B.J., Ziadi, N., O'Donovan, J.T., & Blackshaw, R.E. (2015). Legumes can reduce economic optimum nitrogen rates and increase yields in a wheat-canola cropping sequence in western Canada. *Field Crops Research*, 179, 12- 25.

Martin-Guay, M.O., Paquette, A., Dupras, J., & Rivest, D. (2018). The new green revolution: sustainable intensification of agriculture by intercropping. *Science of the Total Environment*, 615, 767–772.

Mashhadi, E., & Abbasdokht, H. (2015). Interaction effect of nitroxin biologic fertilizer, mineral nitrogen fertilizer and hydro priming on grain yield and yield components of maize, SC704. *Cereal Research Journal*, 5(3), 273-287. [In Persian]

Naghashzade, M.R., & Azadbakht, N. (2018). Principles of seed production and certification. *Publications of the Higher Education Institute of Applied Scientific and Skilled Jihad Agriculture.* [In Persian]

Najafi, S., Ghanbari, D., Bonjar, A., Ramroudi, M., & Sirousmehr, A. (2014). Evaluation of yield and yield components in intercropping of barley (*Hordeum vulgar* L.) with clover (*Trifolium resupinatum* L). *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 5(4), 31-39. [In Persian]

Nakhzari Moghaddam, A., Chaeechi, M.R., Mazaheri, D., Rahimian Mashhadi, H., Majnoon Hosseini, N., & Noori Nia, A.A. (2009). The effect of corn (*Zea mays*) and green gram (*Vigna radiata*) intercropping on yield, LER and some quality characteristics of forage. *Iranian Journal of Field Crops Science*, 40(4), 113-121. [In Persian]

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., & Jahan, M. (2011). Radiation absorption and use efficiency in relay intercropping and double cropping of winter wheat and maize. *Iranian Journal of Field Crops Research,* 8(6), 878- 890. [In Persian]

Peoples, M.B., Chalk, P.M., Unkovich, M.J., & Boddey, R.M. (2015). Can differences in ^{15}N natural abundance be used to quantify the transfer of nitrogen from legumes to neighbouring non-legume plant species? *Soil Biology and Biochemistry*, 87, 97–109.

Preissel, S., Reckling, M., Schläfke, N., & Zander, P. (2015). Magnitude and farm economic value of grain legume pre-crop benefits in Europe: a review. *Field Crops Research,* 175, 64- 79.

Rabiee, M., & Farahdahr, F. (2020). Evaluation of yield and advantages of forage legumes with cereals intercropping as second crop in paddy fields. *Plant Production,* 43(3), 363-374. [In Persian]

Raseduzzaman, M., & Jensen, E.S. (2017). Does intercropping enhance yield stability in arable crop production? A meta-analysis. *European Journal of Agronomy*, 91, 25-33.

Radaei Alamol, Z., Jehansooz, M.R., Soofizadeh, S., & Hosseini, S.M.B. (2020). Evaluation the growth characteristics, yield and yield components of wheat and barley under water and nitrogen stress conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 51 (2), 87-104. [In Persian]

Ren, Y., Liuc, J., Wangd, Z., & Zhanga, S. (2016). Planting density and sowing proportions of maize–soybean intercrops affected competitive interactions and water-use efficiencies on the Loess Plateau, China. *European Journal of Agronomy,* 72, 70–79.

Seyedi, M., Hamzei, G., Ahmadvand, G., & Abutalebian, M.A. (2012). The evaluation of weed suppression and crop production in barley-chickpea intercrops. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 22(3), 10-115. [In Persian]

Tang, Q.X., Tewolde, H., Liu, H.B., Ren, T.Z., Jiang, P.A., Zhai, L.M., Lei, B.K., Lin, T., & Liu, E. (2018). Nitrogen uptake and transfer in broad bean and garlic strip intercropping systems. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(1), 220–230.

Tarqi, S.H., Fateh, A., & Ayne band, A. (2017). The effect of different ratios of mixed crops of barley (*Hordeum vulgare*) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) under the effect of nitrogen fertilizer on the quantity and quality of dry matter. *Journal of Crop Production*, 11(1), 23-35. [In Persian]

Tilman, D. (2020). Benefits of intensive agricultural intercropping. *Nature Plants*, 6 (6), 604–605.

Tosti, G., Benincasa, P., & Giuiducci, M. (2010). Competition and facilitation in hairy vetch- barley intercrops. *Italian Journal of Agronomy,* 5(3), 239-247.

Verret, V., Pelzer, E., Bedoussac, L., & Jeuffroy, M. (2020). Tracking on-farm innovative practices to support crop mixture design: The case of annual mixtures including a legume crop. *European Journal of Agronomy,* 115, 1-12.

Xu, Z., Li, C.J., Zhang, C.C., Yu, Y., van der Werf, W., & Zhang, F.S. (2020). Intercropping maize and soybean increases efficiency of land and fertilizer nitrogen use: a meta-analysis. *Field Crop Research*, 246, 107661.

Yang, C., Fan, Zh., & Chai, Q. (2018). Agronomic and economic benefits of pea/maize intercropping systems in relation to N fertilizer and maize density. *Agronomy*, 8(4), 52.

Yang, F., Huang, S., Gao, R., Liu, W., Yong, T., Wang, X., Wu, X., & Yang, W. (2014). Growth of soybean seedling in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red: farred ratio. *Field Crops Research*, 155, 245-253.

Yilmaz, S., Atak, M., & Erayman, M. (2008). Identification of advantages of maize – legume intercropping over solitary cropping through competition indexes the east Mediterranean region. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry,* 32(2), 111-119.

Yu, H., Berentsen, P., Heerink, N., Shi, M., & Vanderwer, W. (2019). The future of intercropping under growing resource scarcity and declining grainprices-A model analysis based on a case study in North West China. *Agricultural Systems*, 176, 1-13.