Plant Prod., 2025, 48(2), 265 - 279
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2025.47966.2206
Received: 15 September 2024
Accepted: 1 January 2025

Plant Productions
Research Article

Evaluation of Hamedani alfalfa (*Medicago sativa* L.) seed yield response to planting row spacing and harvesting time of the second cutting fodder

Mehdi Kakaei[1], Hojatolah Mazahery Laghab[2*], Saiedeh Salavati[3]

1. Associate Professor, Department of Agricultural Sciences, Faculty of Technical and Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran
2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
3. Assistant Professor, Department of Agricultural Sciences, Faculty of Technical and Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran

Citation: Kakaei, M., Mazahery Laghab, H., Salavati, S. (2025). Evaluation of Hamedani alfalfa (*Medicago sativa* L.) seed yield response to planting row spacing and harvesting time of the second cutting fodder. *Plant Productions,* 48(2), 265-279.

Abstract

Introduction

Hamedan is considered a suitable area for harvesting alfalfa seeds, because, in arid conditions, the seeds typically ripen uniformly, resulting in the harvesting of high-quality seeds at the optimal time. Using the best planting density with the desired row spacing is of great importance, because if attention is paid to both forage production and seed production when planting seeds, the appropriate planting density will be effective in attracting pollinating insects. Harvesting of alfalfa seeds is done in the fields of Hamedan province from the second harvest onwards, but special cultivation is not allocated specifically for seed production. In some years and harvests, the same crops cultivated for fodder production are dedicated to seed production. Since in fodder harvesting, the field must have reached 10% flowering and in seed harvesting, at least two-thirds to three-fourths of the pods of a plant should be dark brown, arrangements for harvesting fodder and seeds are made in the second and third harvest of this experiment, respectively. Accordingly, the purpose of this research is to evaluate the effect of planting density and the harvest time of fodder in the second harvest, aiming to achieve a balanced density and an appropriate harvest time to maximize seed yield.

Materials and Methods

The experiment was carried out using strip plots with four replications in a randomized complete block design during two cropping years 2018-2019 and 2019-2020 at Bu-Ali Sina University. The study area in Hamedan city was relatively mountainous, with a cold climate, an average annual rainfall of 300 mm, and a semi-arid climate. It was located at 48 degrees and 28 minutes east longitude, 34 degrees and 54 minutes north latitude, and an altitude of 1810 meters above sea level. In this research, the effect of planting density treatment at three different levels (40, 50, and 60 cm row spacing) in vertical plots and the fodder harvest time treatment in the second harvest

* **Corresponding Author:** Hojatolah Mazahery Laghab
E-mail: hojat.mazahery@yahoo.co.uk

© 2025 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

in horizontal plots at four phenological stages: (1. the appearance of flower buds, 2. the appearance of flowers 30 days after the first harvest, 3. 10% flowering 45 days after the second harvest, and 4. 50% flowering 60 days after the second harvest) on the traits such as the number of pods per plant, plant height, seed yield, thousand seed weight, seed weight per plant, germination rate of production seeds and germination percentage of production seeds were studied. The experimental statistical data were normalized using the square root method and analyzed using SAS software (v.9.12). Comparison of means was performed using the LSD method at a probability level of 5%.

Results and Discussion

The results showed that the germination rate of produced seeds, the weight of 1000 seeds, the weight of seeds per plant, and the yield of seeds were affected by the investigated treatments. The highest germination rate of the produced seeds was observed with a row spacing of 50 cm and harvesting fodder at the stage of flower bud emergence. The highest weight of 1000 seeds were obtained with a row spacing of 60 cm and harvesting at the stage of flower bud emergence, so that it increased by 66% and 42.8%, respectively, compared to harvesting at the stages of 10% and 50% flowering in the same distance of the row. Increasing the row spacing to 50 and 60 cm and harvesting fodder at the stages of flower bud emergence and flower emergence led to a significant increase in seed weight per plant. The highest seed weight per plant was observed with a row spacing of 60 cm and harvesting fodder at the stage of flower emergence. The highest seed yield was obtained with a planting density of 50 cm row spacing and fodder harvesting at the stage of flower bud emergence.

Conclusion

Cultivation density and fodder harvesting time had a significant effect on seed yield through their impact on yield components in this experiment. It seems that the increase in seed yield is related to the lengthening period from forage harvest to seed ripening and enough time for maximum use of natural resources, physiological ripening of seeds, more transfer of nutrients to seeds, and the opportunity to store dietary materials in seeds. Thus, based on the obtained results, it is recommended to cultivate with lower density and fodder harvesting at the beginning of the flowering period in the second harvest to achieve the maximum yield of alfalfa seed yield in subsequent harvests.

Keywords: Germination percentage of seed, Number of pods per plant, Seed weight per plant, Seed yield

تولیدات گیاهی، ۱۴۰۴، ۴۸(۲)، ۲۶۵ -۲۷۹
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2025.47966.2206
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۲

تولیدات گیاهی
مقاله پژوهشی

ارزیابی واکنش عملکرد بذر یونجه همدانی (*Medicago sativa* L.) به فاصلهٔ ردیف کاشت و زمان برداشت علوفهٔ چین دوم

مهدی کاکایی[۱]، حجت‌اله مظاهری لقب[۲*]، سعیده صلواتی[۳]

۱-دانشیار، گروه علوم کشاورزی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۲-دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۳-استادیار، گروه علوم کشاورزی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

چکیده

همدان، منطقهٔ مناسبی برای بذرگیری از یونجه به‌شمار می‌آید، زیرا در شرایط خشک، معمولاً بذرها یکنواخت‌تر رسیده و برداشت بذر با کیفیت بالا، در مناسب‌ترین زمان انجام می‌گیرد. در مزارع استان همدان برداشت بذر یونجه از چین دوم به بعد صورت می‌گیرد، اما برای برداشت بذر، کشت مخصوصی به بذرگیری اختصاص داده نمی‌شود و همان زراعت‌های معمولی که برای تولید علوفه زیر کشت رفته‌اند را در بعضی از سال‌ها و چین‌ها به بذرگیری اختصاص می‌دهند. از آنجایی که در برداشت علوفه، مزرعه بایستی به ۱۰ درصد گلدهی رسیده باشد و در برداشت بذر نیز، حداقل دوسوم تا سه‌چهارم غلاف‌های یک بوته، قهوه‌ای مایل به تیره باشند، در چین دوم و سوم این آزمایش، به‌ترتیب برداشت علوفه و بذر انجام شد. با توجه به موارد فوق، هدف از انجام این پژوهش؛ ارزیابی اثر تراکم کاشت و زمان برداشت علوفه در چین دوم به منظور رسیدن به یک تراکم متعادل و زمان برداشت مناسب برای حصول حداکثر عملکرد بذر در چین سوم بود. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده نواری با چهار تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال‌های زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ و ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در دانشگاه بوعلی سینا اجرا شد. در این پژوهش، اثر عامل تراکم کاشت در سه سطح مختلف (فاصلهٔ ردیف ۴۰، ۵۰ و ۶۰ سانتی‌متر) در کرت‌های عمودی و عامل زمان برداشت علوفه در چین دوم در چهار مرحلهٔ فنولوژیک (ظهور غنچه گل، ظهور گل با فاصلهٔ ۳۰ روز از برداشت اول، ۱۰ درصد گل‌دهی با فاصلهٔ ۴۵ روز از برداشت دوم، ۵۰ درصد گلدهی با فاصلهٔ ۶۰ روز از برداشت دوم) در کرت‌های افقی بر روی صفاتی نظیر تعداد غلاف در بوته، ارتفاع بوته، عملکرد بذر، وزن هزار دانه و وزن بذر در بوته، سرعت جوانه‌زنی بذور تولیدی و درصد جوانه‌زنی بذور تولیدی مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج نشان داد سرعت جوانه‌زنی بذور تولیدی، وزن هزار دانه، وزن بذر در بوته و عملکرد بذر، تحت تأثیر تیمارهای مورد بررسی قرار گرفتند. بیشترین سرعت جوانه زنی بذور تولیدی، مربوط به فاصلهٔ ردیف ۵۰ سانتی‌متر و برداشت علوفه در مرحلهٔ ظهور غنچه گل بود. بیشترین وزن هزار دانه در فاصلهٔ ردیف ۶۰ سانتی‌متر و زمان برداشت در مرحلهٔ ظهور غنچه گل حاصل گردید، به‌طوری‌که وزن هزار دانه

* **نویسنده مسئول:** حجت‌اله مظاهری لقب
رایانامه: hojat.mazahery@yahoo.co.uk

در فاصلهٔ ردیف ۶۰ سانتی‌متر و زمان برداشت در مرحلهٔ ظهور غنچه گل نسبت به برداشت در مراحل ۱۰ و ۵۰ درصد گلدهی در همین فاصلهٔ ردیف به‌ترتیب ۶۶ و ۴۲/۸ درصد افزایش نشان داد. افزایش فاصلهٔ ردیف به ۵۰ و ۶۰ سانتی‌متر و برداشت علوفه در مرحلهٔ ظهور غنچه گل و مرحلهٔ ظهور گل به افزایش معنی‌دار وزن بذر در بوته منجر گردید و بیشترین وزن بذر در بوته در تراکم کاشت با فاصلهٔ ردیف ۶۰ سانتی‌متر و برداشت علوفه در مرحلهٔ ظهور گل حاصل شد. بیشترین عملکرد بذر نیز در تراکم کاشت با فاصلهٔ ردیف ۵۰ سانتی‌متر و برداشت علوفه در مرحلهٔ ظهور غنچه گل به‌دست آمد. تراکم کاشت و زمان برداشت علوفه از طریق تأثیر بر اجزای عملکرد در این آزمایش، منجر به تأثیر معنی‌دار بر عملکرد بذر گردید. به‌نظر می‌رسد این افزایش در عملکرد بذر به طولانی شدن مدت زمان برداشت علوفه تا رسیدن بذر و زمان کافی برای استفاده حداکثر از منابع، رسیدن فیزیولوژیک بذر، انتقال بیشتر مواد غذایی به بذر و ایجاد فرصت ذخیره مواد غذایی در بذر مربوط می‌گردد. بدین ترتیب، بر اساس نتایج به‌دست آمده، کشت با تراکم کمتر و برداشت علوفه در اوایل دورهٔ گل‌دهی در چین دوم، برای دستیابی به حداکثر عملکرد بذر یونجه در چین‌های بعدی توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: تعداد غلاف در بوته، درصد جوانه‌زنی بذر، عملکرد بذر، وزن بذر در بوته

مقدمه

یونجه (*Medicago sativa* L.)، که به‌عنوان ملکهٔ گیاهان علوفه‌ای شناخته می‌شود، یکی از مهم‌ترین محصولات علوفه‌ای است و به‌دلیل عملکرد بالا و نیز کیفیت و سازگاری با محیط در حال تغییر، به‌طور گسترده در سراسر جهان کشت می‌شود (Annicchiarico *et al.,* 2015; Kakaei and Mazahery-Laghab, 2015). یونجه با عملکرد علوفهٔ بالا یکی از عوامل مهم در دامپروری است (Shi *et al.,* 2017). یونجه سرشار از پروتئین با قابلیت هضم عالی است که آن را به محصولی با ارزش غذایی بالا برای دام‌های مختلف تبدیل می‌کند (Acharya *et al.,* 2020; Kakaei *et al.,* 2015). عملکرد و کیفیت یونجه، توجه زیادی را به خود جلب کرده است، زیرا این دو بعد، کمیت ماده خشک و ارزش غذایی علوفه را تعیین می‌کنند (Yang *et al.,* 2021).

عملکرد مورد نظر در هر متر مربع زمین تحت تأثیر عملکرد بذر در هر گیاه و تعداد گیاهان قرار می‌گیرد. بنابراین، انتخاب بهینهٔ فاصلهٔ بین ردیف‌های کاشت برای بهره‌برداری حداکثر از زمین، تأثیر قابل توجه‌ای بر روی تشکیل گیاه و در نهایت عملکرد دانه و برداشت زیست‌توده دارد (Jafari and Marashi, 2020). محققان نشان دادند که عامل فاصلهٔ بین ردیف تأثیر بسیار معنی‌داری بر صفات تعداد گل‌آذین در مترمربع، تعداد بذر در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد بذر، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت دارد (Kazemi *et al.,* 2011). تعداد غلاف در یک بوته به عنوان یک عامل کلیدی در عملکرد دانه مؤثر است. با افزایش فاصلهٔ بین ردیف‌ها، تعداد غلاف‌ها به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد و همچنین وجود تعداد بیشتری بذر درون غلاف‌ها باعث ذخیرهٔ بیشتر مواد فتوسنتزی تولید شده می‌شود، که در نتیجه باعث افزایش عملکرد دانه می‌گردد (Kuzbakova *et al.,* 2022). نتایج تحقیقات متعدد نشان می‌دهد که فاصلهٔ بین ردیف‌ها بر عملکرد بذر و اجزای عملکرد یونجه در مناطق مختلف تأثیرگذار است و کاهش تراکم بوته و افزایش فاصلهٔ بین ردیف، عوامل مهمی برای تولید بذر یونجه هستند (Zhang *et al.,* 2017).

یکی از عوامل مؤثر روی کمیت و کیفیت محصول، انتخاب تراکم کاشت با فاصلهٔ ردیف مناسب و مطلوب است. در تراکم کاشت با فاصلهٔ ردیف مطلوب، عوامل محیطی مثل آب، نور و امکانات موجود در خاک به‌نحو مناسب‌تری در اختیار گیاه قرار می‌گیرند و رقابت‌های بین بوته‌ای و درون بوته‌ای به حداقل می‌رسد (Mosavi

به‌کارگیری بهترین تراکم کاشت با فاصلهٔ ردیف مطلوب از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا اگر در موقع کاشت بذر، طوری عمل گردد که هم به تولید علوفه و هم به تولید بذر توجه شود، تراکم کاشت مناسب در جذب بهتر حشرات گرده افشان موثر واقع می‌شود (Omidi nasab *et al.,* 2012; Omidi nasab *et al.,* 2021).

مدیریت برداشت و مرحلهٔ رسیدگی یونجه نیز نقش مهمی در کیفیت علوفه برداشتی ایفا می‌کند که با دانستن برهم‌کنش محیط و ارقام، می‌توان با مدیریت مزرعه و عملیات زراعی صحیح و به‌موقع برای چین‌های یونجه، سبب افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه در هر چین شد (Nekoyanfar *et al.,* 2017). در مطالعهٔ Kargar *et al.,* (2022)، مرحلهٔ نموی در زمان برداشت یکی از مهم‌ترین عوامل در عملکرد و کیفیت علوفه در گلرنگ ذکر شده است. زمان برداشت و رقم مناسب، از جمله عوامل مهم در مدیریت زراعی محصولات به‌شمار می‌آید و سبب دسترسی به حداکثر عملکرد کمی و کیفی خواهد بود (Ronga *et al.,* 2020). نتایج تحقیق Mazaheri Laghab *et al.,* (2011) روی به‌کارگیری زمان مناسب برداشت علوفه چین اول نشان داد که در شرایط عادی، به‌منظور تهیه بذر از تودهٔ یونجه همدانی، معمولاً سال چهارم به بعد به بذرگیری اختصاص می‌یابد و بر اساس تجربه، در منطقه همدان، کشاورزان معمولاً در مزارع یونجه‌ای که مدت ۵ سال به بالا زیر کشت بوده، حالت تنک شده‌اند و تراکم بوته‌ها نسبت به سال‌های اول کمتر شده است، اقدام به بذرگیری می‌نمایند و در صورت نیاز شدید به بذر، سال دوم به بعد کشت را نیز به بذرگیری اختصاص می‌دهند، ولی تاکنون تولید بذر در مزرعه با یک سال سن در این منطقه مورد تحقیق قرار نگرفته است. در شرایط اکولوژیکی همدان بهتر است که ابتدا یک بار برداشت علوفه صورت بگیرد تا امکان برداشت بذر همزمان با برداشت تأخیری علوفه به‌عنوان چین بعدی نیز فراهم شود.

در یک تحقیق، تأثیر تأخیر در برداشت علوفه تا مرحلهٔ گل‌دهی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که میانگین ارتفاع تاج پوشش گیاهی در تیماری که برداشت در اوایل گل‌دهی صورت گرفت، به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیماری بود که برداشت در مرحلهٔ اوایل غنچه‌دهی انجام شد (Rimi *et al.,* 2010). هنگامی که برداشت علوفه در مرحلهٔ ظهور غنچه گل و ظهور گل انجام می‌شود، مدت زمان برداشت علوفه در چین دوم تا رسیدن بذر به‌طور قابل توجه‌ای طولانی‌تر می‌شود. این طولانی شدن زمان برداشت، به‌منظور بهره‌برداری حداکثر از منابع، رسیدگی فیزیولوژیک بذر، انتقال بیشتر مواد غذایی به بذر و فراهم آوردن فرصت برای ذخیره سازی مؤثر مواد در بذر، تأثیر مثبت بر عملکرد دارد (Erol *et al.,* 2022). محققان دیگری نشان دادند که بیشترین عملکرد مادهٔ خشک (۴۷۸۴ کیلوگرم در هکتار) در زمان برداشت گندم سیاه در مرحلهٔ گلدهی به‌دست آمد (Gullap *et al.,* 2021).

همدان، منطقهٔ مناسبی برای بذرگیری از یونجه به‌شمار می‌آید، زیرا در شرایط خشک، معمولاً بذرها یکنواخت‌تر رسیده و برداشت بذر با کیفیت بالا، در مناسب‌ترین زمان انجام می‌گیرد. با هدف این‌که اگر در برداشت علوفه، مزرعه بایستی به ۱۰ درصد گل‌دهی رسیده باشد و در برداشت بذر نیز، حداقل دو سوم تا سه‌چهارم غلاف‌های یک بوته، قهوه‌ای مایل به تیره باشند، لذا در چین دوم و سوم این آزمایش، به‌ترتیب برداشت علوفه و بذر انجام می‌شود.

با توجه به موارد فوق، هدف از انجام این پژوهش، تعیین فاصلهٔ ردیف کاشت و مرحلهٔ برداشت یونجه کشت شده در شرایط اکولوژیکی همدان برای رسیدن به عملکرد بالای بذر بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ و ۱۳۹۸-۱۳۹۹، در مزرعهٔ آموزشی - پژوهشی دانشگاه

بوعلی سینا به‌منظور بررسی اثر زمان‌های مختلف برداشت علوفه یونجه در چین دوم و همچنین تراکم‌های مختلف کاشت بر عملکرد بذر در چین بعدی انجام شد. بذر یونجه اکوتیپ همدانی از بانک ژن دانشگاه تهران تهیه شد. منطقهٔ مورد مطالعه در شهر همدان، با ویژگی نسبتاً کوهستانی، با آب و هوای سرد، متوسط بارندگی سالانه ۳۰۰ میلی‌متر و اقلیم نیمه خشک بود که در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا قرار داشت. سال ۱۳۹۶ به عنوان سال استقرار مزرعه در نظر گرفته شد و نمونه‌برداری طی دو سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ و ۱۳۹۸-۱۳۹۹ انجام گرفت. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده نواری با چهار تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی صورت پذیرفت. هر کرت آزمایشی به ابعاد ۴×۴ متر، نه ردیف کاشت با فاصلهٔ ۴۰ سانتی‌متر، هفت ردیف با فاصلهٔ ۵۰ سانتی‌متر و شش ردیف با فاصلهٔ ۶۰ سانتی‌متر ایجاد شد. پس از انجام آزمون جوانه‌زنی بذر در آزمایشگاه، کشت بذر در اواخر شهریور انجام شد. در این آزمایش، عامل فاصلهٔ ردیف کاشت در سه سطح مختلف (۴۰، ۵۰ و ۶۰ سانتی‌متر) در کرت‌های عمودی و عامل زمان برداشت علوفه چین دوم در چهار مرحلهٔ فنولوژیکی [ظهور غنچهٔ گل، ظهور گل (با فاصلهٔ ۳۰ روز از برداشت اول)، ۱۰ درصد گلدهی (با فاصلهٔ ۴۵ روز از برداشت دوم)، ۵۰ درصد گلدهی (با فاصلهٔ ۶۰ روز از برداشت دوم)] در کرت‌های افقی مورد مطالعه قرار گرفتند. قبل از کاشت، نمونه‌برداری از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن انجام شد. مشخصات کامل خاک مزرعهٔ آزمایشی در جدول شماره ۱ ارائه شده است. عملیات آماده‌سازی زمین نیز در فصل بهار سال ۹۶ انجام شد. زمین ابتدا شخم عمیق زده شد و پس از خرد کردن کلوخه‌ها، علف‌های هرز جمع‌آوری گردید و با استفاده از دیسک، صاف و یکنواخت گردید. در فصل تابستان، با استفاده از پنجه غازی، با علف‌های هرز مبارزه و قبل از کاشت نیز از علف‌کش ۴،۲-دی برای مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ استفاده شد. براساس آزمون خاکی که قبل از آغاز آزمایش انجام شده بود، میزان کود مصرفی عناصر فسفات و پتاس مشخص شد. بدین‌منظور، مقدار ۸۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات مورد استفاده قرار گرفت. پس از تسطیح زمین و انجام کرت‌بندی به ابعاد ۴×۴ متر، آبیاری به صورت قطره‌ای و با استفاده از نوارهای تیپ، به مدت پنج ساعت با دوره چهار روز انجام شد. در مرحلهٔ شروع به قهوه‌ای شدن غلاف‌ها، آبیاری قطع شد و برداشت علوفه بر اساس تیمارهای مورد بررسی انجام پذیرفت. برای حذف اثر حاشیه‌ای در هر کرت، از خطوط میانی (با حذف دو خط کناری)، نمونه‌برداری صورت گرفت و از ابتدا و انتهای هر خط نیز، یک متر به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. بنابراین، برای هر کرت، میانگین سطح نمونه‌برداری دو مترمربع بود. در منطقهٔ همدان، به‌طور کلی معمولاً چهار چین یونجه قابل برداشت است. چین اول، اغلب با حمله آفت سرخرطومی یونجه همزمان است و نمی‌توان به صورت کامل آن را برداشت کرد. همچنین، چین چهارم در بیشتر سال‌ها با سرمای زودرس پاییزی روبرو می‌شود.

Table 1. Some physical and chemical properties of the experimental soil

K ($mg\ Kg^{-1}$)	P ($mg\ Kg^{-1}$)	N (%)	Organic matter (%)	EC ($ds.m^{-1}$)	pH	Silt (%)	Clay (%)	Sand (%)	Depth of soil (cm)
210	18.8	0.04	0.4	0.72	8.1	24	13.4	62.6	0-30

بنابراین به‌طور طبیعی، در همهٔ سال‌ها از آن به‌عنوان چین کامل نمی‌توان یاد کرد. بدین ترتیب، برای اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه، از چین سوم که به‌عنوان چین کامل می‌باشد، استفاده شد. صفات مورد بررسی شامل تعداد غلاف در بوته، ارتفاع بوته، عملکرد بذر، وزن هزار دانه و وزن بذر در هر بوته بود. برای اندازه‌گیری تعداد غلاف در بوته، وزن بذر در بوته و ارتفاع بوته، با حذف اثر حاشیه‌ای در هر کرت، پنج بوته به صورت تصادفی برداشت شد و میانگین تعداد غلاف در بوته و ارتفاع بوته محاسبه گردید. پس از خشک شدن بوته‌های برداشت شده، این نمونه‌ها با استفاده از دستگاه کوبنده خرد شده و از طریق دستگاه بوجاری، بذرها از علوفه جدا شدند. میانگین وزن بذر در بوته با استفاده از ترازوی دیجیتالی دقیق با دقت ۰/۰۰۱ محاسبه شد و علاوه بر این، عملکرد بذر بر اساس گرم در مترمربع نیز محاسبه و ثبت گردید. برای اندازه‌گیری صفات مرتبط با بذر، برداشت بذر در چین سوم زمانی انجام شد که سه چهارم غلاف‌های بذری به‌صورت قهوه‌ای تیره درآمده بودند. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه، از نمونه‌های بذری در هر کرت آزمایشی، سه نمونه تصادفی با تعداد ۱۰۰ عدد بذر جدا شد و با استفاده از ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۰۱ توزین گردید. وزنی که از ۱۰۰ بذر در هر نمونه به‌دست آمد، به هزار عدد بذر تعمیم داده شد و به‌عنوان وزن هزار دانه یادداشت و ثبت گردید (Mazaheri Laghab *et al.*, 2011). پس از این که رطوبت بذور به ۲۰ درصد رسید، با حذف اثر حاشیه‌ای، به‌طور تصادفی پنج بوته از هر کرت برداشت و بعد از طی ۷۲ ساعت، برای تعیین درصد و سرعت جوانه‌زنی، بذور به آزمایشگاه منتقل شدند. برای انجام آزمون جوانه‌زنی استاندارد، بذرها به‌مدت ۵ دقیقه با محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد تیمار و چندبار با آب مقطر شستشو شده و از هر تیمار، ۵۰ عدد بذر با چهار تکرار در پتری و به‌مدت هفت روز در انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، نگهداری شد (ISTA, 2014). بعد از گذشت هفت روز، با انتخاب ۱۰ گیاهچه به‌طور تصادفی، از هر پتری، درصد و سرعت جوانه زنی بر اساس روابط زیر محاسبه گردید (Bayat *et al.*, 2016).

درصد جوانه‌زنی= تعداد بذر جوانه زده/تعداد بذر کل×۱۰۰

سرعت جوانه زنی= تعداد بذر جوانه زده/تعداد روز

داده‌های آماری آزمایش با روش جذری نرمال شدند و با استفاده از نرم‌افزار SAS (v.9.12) مورد تجزیه‌و‌تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با روش LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس حاکی از آن بود که در هر دو سال آزمایش اثر فاصلهٔ ردیف کاشت در ارتباط با صفت تعداد غلاف در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین صفت تعداد غلاف در بوته در سال اول آزمایش تحت تأثیر زمان برداشت علوفه در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۲). به‌طور کلی برداشت علوفه در مرحلهٔ ظهور غنچه گل و مرحلهٔ ظهور گل، منجر به افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته یونجه گردید. به‌نظر می‌رسد هر چقدر دورهٔ زمانی بین مدت برداشت علوفه تا رسیدن بذر بیشتر شود، افزایش رشد رویشی وجود خواهد داشت و با افزایش بافت شاخه و برگی گیاه، تعداد غلاف در بوته و به تبع آن میزان بذر هم افزایش خواهد یافت. به‌عبارت دیگر، طول دورهٔ رویشی بیشتر، به گیاه این فرصت را می‌دهد تا مواد غذایی بیشتری جهت دانه‌بندی در اختیار غلاف‌ها قرار گرفته و فرصت فتوسنتز را افزایش دهد. جریان مواد پروردهٔ حاصل از پدیده فتوسنتز به طرف گل‌آذین‌ها در مدت طولانی‌تر، افزایش تعداد غلاف حاوی بذر را در پی خواهد داشت. در حقیقت، زمان برداشت علوفه چین دوم در زمان ظهور غنچهٔ گل، منجر به افزایش میانگین تعداد غلاف در بوته نسبت به سایر زمان‌های برداشت شد. در هر دو سال آزمایش، افزایش فاصلهٔ ردیف به ۵۰ و ۶۰ سانتی‌متر، منجر

به افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته گردید. جدول ۳، مقایسه میانگین اثر فاصلهٔ ردیف کاشت بر صفت تعداد غلاف در بوته یونجه طی دو سال آزمایش را نشان می‌دهد. بر اساس این جدول، صفت تعداد غلاف در بوته در فاصلهٔ ردیف ۶۰ سانتی‌متر نسبت به فاصلهٔ ردیف ۴۰ سانتی‌متر در سال اول و دوم به ترتیب ۵۳ و ۶۵ درصد افزایش را نشان داد. این افزایش تعداد غلاف در بوته با افزایش فاصلهٔ ردیف را می‌توان به کاهش رقابت بین ردیف مربوط دانست به‌نحوی که گیاهان با ساقه و برگ بیشتر ایجاد شده و به دنبال آن تعداد بیشتری گل و غلاف تولید کرده‌اند.

اثر فاصلهٔ ردیف کاشت روی تعداد غلاف در خوشه گل، تعداد غلاف در بوته و تعداد خوشه‌های محتوی غلاف توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است و نشان داد که با کشت بذر در ردیف‌های عریض، گیاهان قوی و شاداب تولید می‌شوند که گل‌های زیادی نیز تولید می‌کنند (Nabila Zaki *et al.,* 2007; Salehi, 2014).

افزایش تعداد غلاف در بوته با برداشت زودهنگام علوفه و افزایش فاصلهٔ ردیف کاشت سبب شد که تعداد بذر در

غلاف و در نتیجه عملکرد بذر هم روند افزایشی داشته باشد. تعداد غلاف در بوته به‌عنوان عامل مهمی جهت تولید دانه محسوب می‌گردد، همچنین وجود تعداد بذر بیشتر در غلاف‌ها باعث می‌گردد مواد فتوسنتزی تولید شده، بیشتر ذخیره گردد و عملکرد بذر افزایش یابد (Abdoli *et al.,* 2004).

بر اساس جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲)، مشاهده شد که اثر فاصلهٔ ردیف کاشت بر روی ارتفاع بوته فقط در سال دوم و در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری نشان داد. همچنین اثر متغیر زمان برداشت علوفه بر ارتفاع بوته در هر دو سال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد در هر دو سال زراعی، تأخیر در زمان برداشت علوفه منجر به افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته گردید (جدول ۴) که به‌نظر می‌رسد این تأخیر، به گیاه اجازه می‌دهد تا از منابع بیشتر و بهتر استفاده نماید و فرصت رشد رویشی بیشتری داشته باشد. در حقیقت فرصت فتوسنتز بیشتری برای آن فراهم می‌شود. در هر دو سال زراعی، ارتفاع بوته در زمان برداشت علوفه در مرحلهٔ ۱۰ درصد و ۵۰ درصد گلدهی بیشترین میزان بود. در مرحلهٔ ظهور غنچه گل، ارتفاع بوته در سال اول ۳۸/۰۵ و در سال دوم ۴۳/۶۰ سانتی‌متر بود، ولی در زمان ۵۰ درصد گلدهی نسبت به مرحلهٔ ظهور غنچهٔ گل در سال اول و دوم به ترتیب ۸۰ و ۶۱/۶ درصد افزایش یافت (جدول ۴). Rimi *et al.,* (2010) نشان دادند که برداشت در اوایل دوره گلدهی منجر به افزایش معنی‌دار ارتفاع سایه انداز نسبت به برداشت در مرحلهٔ اوایل غنچه‌دهی می‌گردد. بیشترین ارتفاع بوته در سال دوم در فاصلهٔ ردیف کاشت ۶۰ سانتی‌متر که کمترین رقابت بین بوته‌ها و در نتیجه دریافت نور بیشتری وجود دارد، به‌دست آمد. اگرچه Soleymani Sardoo *et al.,* (2017) و Fotouhi *et al.,* (2022) گزارش کردند افزایش تراکم بوته در سطح مترمربع برابر با افزایش رقابت بین بوته‌ها جهت کسب نور و مواد غذایی بیشتر بود، به‌طوری‌که کسب نور بیشتر توسط هر بوته، منجر به افزایش ارتفاع آن می‌گردد. براساس نتایج این مطالعه می‌توان استنباط کرد که برای افزایش عملکرد سبز یونجه، بایستی از حداقل فاصلهٔ ردیف کاشت بهره برد که با یافته‌های برخی دیگر از محققان مشابه است (Singh *et al.,* 2012; Sasmita *wt al.,* 2017; Nandini *et al.,* 2017).

در این آزمایش اثر فاصلهٔ ردیف کاشت و زمان برداشت علوفه و برهم‌کنش در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد بذر در سال اول معنی‌دار بود و در سال دوم اثر معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲)، که با توجه به تفاوت در میزان و پراکنش بارندگی در دو سال آزمایش، این نتیجه قابل انتظار بود. بیش از ۸۰ درصد از تغییرات عملکرد را می‌توان با تغییرات بارش توجیه نمود (Salek Zamani and Fakhr Vaezi, 2011). بیشترین عملکرد بذر در سال اول در تراکم با فاصلهٔ ردیف ۵۰ سانتی‌متر و برداشت علوفه در مرحلهٔ ظهور غنچهٔ گل حاصل شد (جدول ۵).

Table 2. Variance analysis of some measured traits in alfalfa as affected by planting row spacing and harvesting time during 2018-2019 and 2019-2020 cropping seasons

S.O.V	Df	Means of Squares							
		Number of pods per plant		Plant height		Seed yield		1000 seeds weight	
		2018-2019	2019-2020	2018-2019	2019-2020	2018-2019	2019-2020	2018-2019	2019-2020
Block (R)	3	1.29^{ns}	0.76^{ns}	0.31^{ns}	2.04^{ns}	8.59^{*}	0.04^{ns}	1.04^{ns}	0.22^{ns}
Planting row spacing (A)	2	163.32^{**}	13.1^{**}	0.46^{ns}	6.09^{*}	172.6^{**}	0.09^{ns}	4.23^{ns}	3.92^{ns}
Error(a)	6	0.99	0.37	0.94	1.60	0.75	0.02	10	0.001
Forage harvesting time (B)	3	4.60^{*}	0.94^{ns}	42.83^{**}	33.19^{**}	28.32^{**}	0.61^{ns}	1.65^{ns}	2.04^{ns}
A×B	6	0.52^{ns}	1.82^{ns}	0.37^{ns}	1.46^{ns}	70.20^{**}	0.37^{ns}	3.23^{*}	0.79^{ns}
Error (b)	9	0.79	0.12	64.44	68.97	0.26	0.17	0.41	0.08
Error	18	1.04	1.12	0.95	1.43	0.63	0.05	1.2	1

^{ns} not significant; $^{*}P \leq 0.05$; $^{**}P \leq 0.01$.

Table 3.Mean comparison for number of pods per plant and plant height as affected by planting × row spacing during 2018-2019 and 2019-2020 cropping seasons

	Number of pods per plant		Plant height (cm)
Planting row spacing (A)	2018-2019	2019-2020	2019-2020
40 (cm)	50.25 b	49.62 b	38.05 b
50 (cm)	74.56 a	78.86 a	41.72 b
60 (cm)	76.88 a	81.88 a	48.24 a

Means which follow the same letter are not statistically different at 5% probability level based on LSD test.

Table 4. Mean comparison for plant height and number of pods per plant as affected by forage harvesting time during 2018-2019 and 2019-2020 cropping seasons

	Plant height (cm)		Number of pods per plant
Timing of the second harvest	2018-2019	2019-2020	2018-2019
Onset of budding	38.05 b	43.60 c	76.9 a
Onset of flowering	44.03 b	44.03 c	74.6 a
10%flowering	63.18 a	63.37 b	50.3 b
50%flowering	68.86 a	70.46 a	49.9 b

Means which follow the same letter are not statistically different at 5% probability level based on LSD test.

Table 5. Mean comparison for some agronomic traits as affected by planting row spacing and forage harvesting time during 2018-2019 cropping seasons

		Seed yield ($g.m^{-2}$)	1000 seeds weight (g)	Seed weight per plant (g)	Germination rate of seeds
Treatment		2018-2019	2018-2019	2018-2019	2018-2019
Planting row spacing	Timing of the second harvest				
40 (cm)	Onset of budding	0.78 e	0.27 b	0.22 f	0.37 a-c
	Onset of flowering	0.81 e	0.26 b	0.21 f	0.37 a-c
	10%flowering	0.93 de	0.26 b	0.27 ef	0.40 a-c
	50%flowering	1.16 bc	0.30 ab	0.36 d-f	0.43 ab
50 (cm)	Onset of budding	1.67 a	0.29 ab	0.68 b	0.48 a
	Onset of flowering	1.25 bc	0.28 ab	0.46 c-e	0.40 a-c
	10%flowering	0.92 de	0.32 ab	0.25 ef	0.32 bc
	50%flowering	1.34 b	0.32 ab	0.46 c-e	0.29 bc
60(cm)	Onset of budding	1.30 bc	0.40 a	0.56 b-d	0.27 c
	Onset of flowering	1.35 b	0.32 ab	1.09 a	0.34 a-c
	10%flowering	1.11 cd	0.24 b	0.60 bc	0.34 a-c
	50%flowering	0.53 f	0.28 b	0.20 f	0.35 a-c

Means which follow the same letter are not statistically different at 5% probability level based on LSD test

می‌توان گفت در فاصلهٔ ردیف ۵۰ سانتی‌متر به‌دلیل ایجاد تعداد مناسب بوته در واحد سطح، شرایط استقرار بهتری برای گیاه فراهم شده و توانسته است با استفاده از عوامل نور و محیط، اجزای زایشی بیشتری به‌وجود آورد. افزایش عملکرد بذر و اجزای آن متأثر از عواملی مانند شرایط محیطی، خصوصیات ژنتیکی و تکنیک‌های زراعی است که در نهایت این عوامل روی فیزیولوژی تولید مثل گیاه مؤثر واقع می‌شوند (Sengul, 2006). چنین به‌نظر می‌رسد، زمانی‌که برداشت علوفه در مرحلهٔ ظهور غنچه گل و مرحلهٔ ظهور گل انجام بگیرد، مدت زمان برداشت علوفه تا رسیدن بذر طولانی‌تر شده و زمان طولانی برای استفاده حداکثر از منابع، رسیدن فیزیولوژیک بذر، انتقال بیشتر مواد غذایی به بذر، ایجاد فرصت ذخیره مواد در بذر مؤثر بوده و لذا عملکرد بذر افزایش می‌یابد. وقتی در اثر افزایش مدت زمان برداشت علوفه تا رسیدن بذر شاخه و برگ افزایش یابد، گیاه تا رسیدن به دورهٔکامل زایشی، تعداد غلاف و بذر بیشتری تولید می‌کند. در واقع گیاه این فرصت را پیدا می‌کند تا مواد غذایی بیشتری جهت دانه‌بندی در اختیار غلاف‌ها و بذرهای در حال رسیدن قرار دهد و عملکرد بذر افزایش یابد. نتایج مطالعه Mazaheri Laghab *et al.,* (2011) نشان داد که میانگین عملکرد بذر پس از برداشت علوفه چین اول در شروع دورهٔ زایشی حدود سه برابر بذر تولیدی پس از برداشت علوفه چین اول در اواخر دورهٔ زایشی بود. در مطالعهٔ دیگر، عملکرد بذر بالاتر با افزایش فاصلهٔ ردیف حاصل گردید (Stanisavljevic *et al.,* 2011). عملکرد بذر حاصل از چندین جزء می‌باشد که در مراحل مختلف رشد حاصل می‌شود. افزایش میزان تراکم بوته باعث افزایش عملکرد دانه در واحد سطح تا تراکم بهینه شده، اما پس از آن، تحت تأثیر رقابت، عملکرد دانه ثابت مانده و در برخی موارد تا حدی کاهش می‌یابد (Siadat *et al.,* 2016).

نتایج حاصل از تجزیه دو سال حاکی از آن بود که وزن هزار دانه تحت تأثیر برهم‌کنش فاصلهٔ ردیف کاشت و زمان برداشت علوفه در سطح احتمال پنج درصد در سال اول قرار گرفت (جدول ۲).

نتایج سال اول نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در فاصلهٔ ردیف ۶۰ سانتی‌متر و زمان برداشت در مرحلهٔ ظهور

غنچه گل حاصل گردید. اما در فاصلهٔ ردیف ۶۰ سانتی‌متر برداشت در مراحل ۱۰ و ۵۰ درصد گلدهی منجر به کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه گردید. به‌طوری‌که وزن هزار دانه در فاصلهٔ ردیف ۶۰ سانتی‌متر و زمان برداشت در مرحلهٔ ظهور غنچهٔ گل نسبت به برداشت در مراحل ۱۰ و ۵۰ درصد گلدهی در همین فاصلهٔ ردیف به ترتیب ۶۶ و ۴۲/۸ درصد افزایش نشان داد. در فواصل ردیف ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر، زمان برداشت علوفه تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه نداشت. در بین اجزای عملکرد معمولاً تعداد گل آذین در واحد سطح و وزن هزار دانه به‌ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را از شرایط محیطی می‌پذیرند (Ozlem and Geren, 2007).

افزایش وزن هزار دانه در اثر افزایش فاصلهٔ ردیف را شاید بتوان چنین توجیه نمود که با افزایش فاصلهٔ بین ردیف، تراکم و رقابت بین بوته‌ای کاهش یافته و در نتیجه استفاده هر غلاف از مواد غذایی بیشتر شود و این امر منجر به افزایش وزن هزار دانه شود (Kazemi *et al.,* 2011). از طرفی زمان طولانی بین برداشت علوفه تا زمان پر شدن دانه‌ها باعث می‌شود تا بذرها از دانه‌بندی مناسبی برخوردار شوند و این امر منجر به افزایش وزن هزار دانه در زمان ظهور غنچه گل نسبت به زمان ۵۰ درصد گلدهی شود (Mazaheri Laghab *et al.,* 2011). این موضوع با نتایج مطالعه Stanisavljevic *et al.,* (2011) روی یونجه مطابقت دارد.

در این آزمایش و در سال اول، اثر فاصلهٔ ردیف کاشت و زمان برداشت علوفه و برهم‌کنش آن در سطح احتمال یک درصد بر وزن بذر در بوته معنی‌دار بود (جدول ۶).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که افزایش فاصلهٔ ردیف به ۵۰ و ۶۰ سانتی‌متر و برداشت علوفه در مرحلهٔ ظهور غنچه گل و مرحلهٔ ظهور گل به افزایش معنی‌دار وزن بذر در بوته منجر گردید. بیشترین وزن بذر در بوته در سال اول در تراکم با فاصلهٔ ردیف ۶۰ سانتی‌متر و برداشت علوفه در مرحلهٔ ظهور گل حاصل شد (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد این افزایش وزن بذر یونجه در بوته به علت جذب بیشتر تشعشع خورشیدی و در نتیجه کسب مواد غذایی بیشتر با افزایش فاصلهٔ ردیف می‌باشد که با نتایج سایر تحقیقات هم مطابقت دارد (Zhang *et al.,* 2017; Rahmani and Esmaeili Aftabdari, 2017; Zendedel Sabet *et al.,* 2018).

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر فاصلهٔ ردیف کاشت، در سال اول بر سرعت جوانه‌زنی و در سال دوم بر درصد جوانه‌زنی در سطح آماری یک درصد و بر سرعت جوانه‌زنی در سال دوم در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). مقایسه بین تراکم‌های مختلف کشت نشان داد که بیشترین سرعت جوانه زنی بذور در سال اول و دوم، مربوط به فاصلهٔ ردیف ۵۰ سانتی‌متر و بیشترین درصد جوانه‌زنی بذور در سال دوم نیز مربوط به فاصلهٔ ردیف ۵۰ سانتی‌متر بوده است (جدول ۷). بین زمان برداشت علوفه، از لحاظ سرعت و درصد جوانه‌زنی، تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد اما برهم‌کنش آن در سطح احتمال یک درصد بر سرعت جوانه‌زنی بذر در سال اول معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش فاصلهٔ ردیف کاشت و زمان برداشت نشان داد که بیشترین سرعت جوانه‌زنی بذور تولیدی، مربوط به فاصلهٔ ردیف ۵۰ سانتی‌متر و برداشت علوفه در مرحلهٔ ظهور غنچهٔ گل بود (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد برداشت چین دوم در مراحل ابتدایی مثل مرحلهٔ ظهور غنچه گل و ایجاد فاصلهٔ طولانی بین برداشت علوفه تا پرشدن دانه‌ها کمک می‌کند تا فرصت کافی برای استقرار گیاه وجود داشته باشد و همین مسئله باعث افزایش کیفیت بذر از جمله درصد پروتئین آن، سرعت و درصد جوانه‌زنی بذور می‌گردد.

در رابطه با اثر فاصلهٔ ردیف نیز، باید اشاره نمود که یونجه حساسیت بالایی به فاصلهٔ ردیف کاشت نشان می‌دهد. به این معنی که فاصلهٔ ردیف مناسب در کیفیت بذور تولیدی نقش پررنگی دارد به‌نحوی که فاصلهٔ ردیف نامناسب در این گیاه می‌تواند موجب افزایش رقابت بین بوته‌ها و یا عدم استفاده حداکثری از منابع گردد (Heydarzade *et al.,* 2022).

Table 6. Variance analysis for some traits in alfalfa as affected by planting row spacing and forage harvesting time during 2018-2019 and 2019-2020 cropping seasons

S.O.V	Df	Means of Squares					
		Seed weight per plant		Germination rate of seeds		Germination percentage of seeds	
		2018-2019	2019-2020	2018-2019	2019-2020	2018-2019	2019-2020
Block (R)	3	4.14^{ns}	0.01^{ns}	5.31^{*}	2.07^{ns}	1.52^{ns}	0.74^{ns}
Planting row spacing (A)	2	86.44^{**}	0.92^{ns}	16.66^{**}	8.37^{*}	2.15ns	13.88^{**}
Error(a)	6	0.14	0.12	0.07	0.03	0.08	0.05
Forage harvesting time (B)	3	21.76^{**}	0.25^{ns}	0.3^{ns}	0.74^{ns}	0.35^{ns}	0.4^{ns}
A×B	6	37.94^{**}	0.94^{ns}	6.65^{**}	0.75^{ns}	2.21^{ns}	0.56^{ns}
Error (b)	9	0.10	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10
Error	18	0.22	0.14	1.70	0.1	0.09	0.12

^{ns} not significant; $^{*}P \leq 0.05$; $^{**}P \leq 0.01$.

Table 7. Mean comparison for germination rate of seeds and germination percentage of seeds as affected by planting row spacing during 2018-2019 and 2019-2020 cropping seasons

	Germination rate of seeds		Germination percentage of seeds (%)
Planting row spacing	2018-2019	2019-2020	2019-2020
40 (cm)	4.79 b	4.86 a	0.92 a
50 (cm)	5.10 a	5.25 a	0.94 a
60 cm)	4.57 b	3.11 b	0.84 b

Means which follow the same letter are not statistically different at 5% probability level based on LSD test.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش افزایش فاصلهٔ ردیف منجر به افزایش عملکرد بذر گردید. در سال اول کشت، بیشترین عملکرد بذر و سرعت جوانه‌زنی بذور تولیدی نیز در فاصلهٔ ردیف ۵۰ سانتی‌متر و مرحلهٔ ظهور غنچهٔ گل به‌دست آمد. اجزای عملکرد بذر شامل تعداد گل آذین در واحد سطح، تعداد غلاف در گل‌آذین، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه می‌باشد. بنابراین، فاصلهٔ ردیف کاشت و زمان برداشت علوفه از طریق تأثیر بر اجزای عملکرد در این آزمایش منجر به تأثیر معنی‌دار بر عملکرد بذر گردید. به‌نظر می‌رسد این افزایش در عملکرد بذر به بلندتر شدن مدت زمان برداشت علوفه تا رسیدن بذر و زمان طولانی برای استفاده حداکثر از منابع، رسیدگی فیزیولوژیک بذر، انتقال بیشتر مواد غذایی به بذر، ایجاد فرصت ذخیره مواد در بذر مربوط می‌گردد. بدین ترتیب، بر اساس نتایج به‌دست آمده از این آزمایش، کشت با فاصلهٔ ردیف بیشتر و برداشت علوفه در اوایل دوره گلدهی در چین دوم، با هدف افزایش عملکرد بذر یونجه در چین‌های بعدی توصیه می‌شود.

سپاس گزاری

با کمال احترام از تمامی کسانی که به‌نوعی در انجام این پژوهش ما را یاری کردند، نهایت قدردانی را داریم.

References

Abdoli, P., Siadat, S. A., Fathi, G., & Farshadfar, E. (2004). Effect of planting date on yield criteria of some canola genotypes in Kermanshah. *The Scientific Journal of Agriculture Iranian*, 27(1), 105-117. [In Persian]. https://sid.ir/paper/24643/en

Acharya, J.P., Lopez, Y., Gouveia, B.T, Oliveira, I.B.D., Resende, M.F.R, Muñoz, P.R., & Rios, E.F. (2020). Breeding alfalfa (*Medicago sativa* L.) adapted to subtropical agroecosystems. *Agronomy,* 10, 742. https://doi.org/10.3390/agronomy10050742

Annicchiarico, P., Nazzicari, N., Li, X., Wei, Y., Pecetti, L., & Charles Brummer, E. (2015). Accuracy of genomic selection for alfalfa biomass yield in different reference populations. *BMC Genomics*, 16, 1020. https://doi.org/10.1186/s12864-015-2212-y

Bayat, P., Ghobadi, M., Ghobadi, M., & Mohammadi, G. (2016). Evaluation the ability of standard germination test to predict emergence and establishment of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seedlings in field. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 5(1), 27-38. [In Persian]. https://ijsst.areeo.ac.ir/article_106701.html?lang=en

Erol, S., Arslan, O., Asik, B.B., & Budakli Carpici, E. (2022). The effects of different sowing times and harvest stages on forage yield and quality in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Turkish Journal of Field Crops*, 27(1), 78-86. https://doi.org/10.17557/tjfc.1071283

Fotouhi, F., Mousavi Fakhr, S.K., Sadeghi, M., Fazel zadeh, S.A., & Habibi khaniani, B. (2022). Study the effects of planting date and density on seed yield and some eco-physiological, agronomic and morphological traits of two fava bean genotypes in Dezfoul region. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 32(2), 65-79. [In Persian]. https://doi.org/10.22034/saps.2021.46116.2685

Gullap, M.K., Tan, M., Severoglu, S., & Yazici, A. (2021). The effects of harvest stage on hay and seed yields and some properties in buckwheat (*Fagophyrum esculentum* Moench). *Atatürk University Journal of Agricultural Faculty*, 52(1), 20-26. https://doi.org/10.17097/ataunizfd.716737

Heydarzade, M., Ehteshami, S.M.R., & Rabie, M. (2022). Evaluation of the effect of planting date and plant density of maternal plant on the quality and germination characteristics of guar seed (*Cyamopsis tetragonoloba*) in Guilan province. *Iranian Journal of Seed Research*, 9(1), 25-41. [In Persian]. https://doi.org/10.52547/yujs.9.1.25

International seed testing association (ISTA). (2014). *International Rules for Seed Testing*. Bassersdorf, Switzerland.

Jafari, R., & Marashi, K. (2020). Effect of plant density and planting pattern on growth and yield characteristics of mungbean (*Vigna radiate* L.) under Baghmalek weather condition. *Iranian Journal of Pulses Research*, 11(2), 12-21. [In Persian]. https://doi.org/10.22067/ijpr.v11i2.74268

Kakaei, M., Mazahery-Laghab, H., & Shararbar, H. (2015). Resistance mechanisms and protein expression of screening genotypes of alfalfa field germplasm to alfalfa weevil (*Hypera postica Gyll*) (Col., Curculionidae). *Journal of Entomological Society of Iran*, 35(3), 77-89. [In Persian]. https://jesi.areeo.ac.ir/article_107060.html?lang=en

Kakaei, M., & Mazahery-Laghab, H. (2015). Study of genetic diversity, heritability and the correlation of different traits in alfalfa (*Medicago sativa* L.) related to alfalfa weevil (*Hypera postica Gyll.*) damage in alfalfa germplasm. *Plant Genetic Researches*, 2(1), 63-76. [In Persian]. http://doi.org/10.29252/pgr.2.1.63

Kargar, M. H., Sayfzadeh, S., Jabbari, H., Zakerin, H., & Golzardi, F. (2022). Effect of harvest time on quantitative and qualitative traits of three safflower cultivars in dual-purpose cropping for seed and forage production. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 32(2), 269-284. [In Persian]. https://doi.org/10.22034/saps.2021.45930.2683

Kazemi, M., Talebifar, M., Ghaemmaghami, A.R., & Kazemi, H. (2011). Effect of seed rate and row spacing on seed yield and yield components of alfalfa (*Medicago sativa* L.) var Baghdadi. *Iranian Society of Crops and Plant Breeding Sciences*, 13(3), 511-520. [In Persian]. http://dorl.net/dor/20.1001.1.15625540.1390.13.3.5.3

Kuzbakova, M., Khassanova, G., Oshergina, I., Ten, E., Jatayev, S., Yerzhebayeva, R., Bulatova, K., Khalbayeva, S., Schramm, C., Anderson, P., Sweetman, C., Jenkins, C.L.D., Soole, K.L., & Shavrukov,

Y. (2022). Height to first pod: A review of genetic and breeding approaches to improve combine harvesting in legume crops. *Frontiers Plant Science*, 13, 1-20. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.948099

Mazaheri Laghab, H., Abdollahi, M.R., Moosavi, S., & Yazdi, R. (2011). Effect of row spacing and stage of the first cutting of forage on seed production in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Seed and Plant Production Journal*, 27(1), 91-110. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/sppj.2017.110426

Mosavi, S.G.R., Segatoleslamim M.J., & Pooyan, M. (2012). Effect of planting date and plant density on yield and seed yield components of (*Plantago ovata* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 27(4), 681-699. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2012.4517

Nabila Zaki, M., Hassanein Karima, M.S., & Gamal EL-Din, M. (2007). Growth and yield of wheat cultivars irrigated with saline water in newly cultivated land as affected by bio fertilization. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(10), 1121-1126. http://www.aensiweb.com/old/jasr/jasr/2007/1121-1126.pdf

Nandini, K.M., Sridhara, S., Patil, S., & Kumar, K. (2017). Effect of planting density and different genotypes on growth, yield and quality of guar. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 5(1), 320-328. https://doi.org/10.18782/2320-7051.2499

Nekoyanfar, Z., Lack, Sh., & Abadouz, G. (2017). Assessment effect of cutting time and soil salinity on quality and quantity forage yield of five alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties under Ahvaz condition. *Plant Productions*, 40(3), 113-127. [In Persian]. https://doi.org/10.22055/ppd.2017.15260.1239

Omidi nasab, D., Meskarbashee, M., & Rahnama Ghahfarokhi, A. (2021). Effect of foliar application of flourish microcombi complex fertilizer and plant density on yield and some quantitative traits of promising sunflower cultivars. *Journal of Crop Production,* 14(1), 145-160. https://10.22069/ejcp.2021.18704.2392

Ozlem, A., & Geren, H. (2007). Evaluation of heritability and correlation for seed yield components in faba bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Agronomy*, 6(3), 484-487. https://doi.org/10.3923/ja.2007.484.487

Rahmani, M., & Esmaeili Aftabdari, M. (2017). Determination of the most suitable planting pattern fora dual-purpose cropping of seed and forage alfalfa stand based on economic values in Zanjan. *Journal of Crops Improvement*, 19(2), 493-503. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/jci.2017.60411

Rimi, F., Macolino, S., Leinauer, B., Lauriault, L.M., & Ziliotto, U. (2010). Alfalfa yield and morphology of three fall-dormancy categories harvested at two phenological stages in a subtropical climate. *Agronomy Journal*, 102(6), 1578-1585. https://doi.org/10.2134/agronj2010.0193

Ronga, D., Dal Prà, A., Immovilli, A., Ruozzi, F., Davolio, R., & Pacchioli, M. T. (2020). Effects of harvest time on the yield and quality of winter wheat hay produced in northern Italy. *Agronomy*, 10(6), 917. https://doi.org/10.3390/agronomy10060917

Salehi, F. (2014). Effect of plant density on seed yield and its components in new red bean lines. *Applied Field Crops Research*, 27(103), 23-28. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/aj.2015.101200

Salek Zamani, A., & Fakhr Vaezi, A. (2011). Effect of row spacing and seeding rate on forage yield local alfalfa, c.v. gara yonjeh (*Medicago sativa L.*). *Crop Science Research in Arid Regions*, 4(16), 71-82. [In Persian]. https://srb.sanad.iau.ir/en/Article/956449?FullText=FullText

Sasmita, P., Ghanashyam Singh, R., & Sanat Kumar, D. (2017). Performance of some promising genotypes of cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) under varying levels of primary plant nutrients and row spacing. *International Journal of Agriculture Sciences*, 9, 4722-4724. https://bioinfopublication.org/include/download.php?id=BIA0003752

Sengul, S. (2006). Using path analysis to determine lucerne (*Medicago sativa* L.) seed yield and its components. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 49(1), 107-115. https://doi.org/10.1080/00288233.2006.9513700

Shi, S.L., Nan, L.L., & Smith, K.F. (2017). The current status, problems, and prospects of alfalfa (*Medicago sativa* L.) breeding in China. *Agronomy*, 7, 1-11. https://doi.org/10.3390/agronomy7010001

Siadat, S.A., Najafinia, F., & Khodarahmpour, Z. (2016). Effect of planting pattern on grain yield and yield components of three mung bean (*Vigna radiate* L.) varieties in north Khouzestan conditions. *Journal of Plant Production Science*, 6(1), 1-10. [In Persian]. https://sanad.iau.ir/Journal/jpps/Article/1034169

Singh, A.K., Bhatt, B.P., Upadhyaya, A., Kumar, S., Sundaram, P.K., Kumar Singh, B., Chandra, N., & Bharati, R.C. (2012). Improvement of faba bean (*Vicia faba* L.) yield and quality through biotechnological approach: A review. *African Journal of Biotechnology*, 11(87), 15264-15271. https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/129519

Soleymani Sardoo, M., Afsharmanesh, G., & Roudbari, Z. (2017). Evaluation effect of sowing date and plant density on yield and yield components of Mung bean in Jiroft conditions. *Crop Science Research in Arid Regions*, 1(1), 27-34. [In Persian]. https://doi.org/10.22034/csrar.01.01.03

Stanisavljevic, R., Milekovic, J., Dokic, D., Terzic, D., Markovich, J., Bekovic, D., & Dukanovic, L. (2011). Effect of crop density on yield and quality of alfalfa forage from combined use (forage-seed). *Biotechnology in Animal Husbandry*, 27(4), 1571-1578. https://doi.org/10.2298/BAH1104571S

Yang, C., Zhang, F., Jiang, X., Yang, X., He, F., Wang, Z., Long, R., Chen, L., Yang, T., Wang, C., Gao, T., Kang, J., & Yang, Q. (2021). Identification of genetic loci associated with crude protein content and fiber composition in alfalfa (*Medicago sativa* L.) using QTL mapping. *Frontiers in Plant Science*, 12, 1-10. https://doi.org/10.3389%2Ffpls.2021.608940

Zendedel Sabet, M., Sharifi, P., & Gholami, M. (2018). Effect of plant density on seed yield and morphological characteristics of some Guilan local bean lines. *Plant Productions*, 41(3), 1-12. [In Persian]. https://doi.org/10.22055/ppd.2018.21148.1445

Zhang, W., Xia, F., Li, Y., Wang, M., & Mao, P. (2017). Influence of year and row spacing on yield component and seed yield in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Legume Research*, 40(2), 325-330. https://doi.org/10.18805/lr.v0i0.6838