Plant Production Technology/ Volume24/ Issu 2/ Pages 115-124/ Autumn and Winter 2025
https://doi.org/10.22084/ppt.2024.27411.2094

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Effect of Simultaneous Cropping With Some of Legumes and Different Levels of Urea Application on Nitrogen Agronomic Efficiency in Corn

Alibakhshi[1], E., Mirzakhani[2*], M. and Dadian[3], A.

1. MSc Graduated Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Naragh Branch, Islamic Azad University, Naragh, Iran
2 and 3. Associate Professor and Assistant Professor, Respectively, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Farahan Branch, Islamic Azad University, Farahan, Iran
*: Corresponding Author Email: mmirzakhani@iau-farahan.ac.ir

Received: 2024/01/23 Accepted: 2024/10/23

Introduction
Mixed cultivation of plants is one of the most important scientific methods to help maintain the balance of the living system of the soil and to improve the fertility of the soil. Using the method of growing pulses and grains is one of the factors that improves soil fertility. An increase in the antioxidant compounds of corn in culture with soybeans compared to single culture has been reported. In a study, the cultivation of one-year alfalfa and corn compared to its pure cultivation caused an increase of 10.52% in corn protein. In a research, the most fodder and dry corn (67 and 14.94 tons) was produced from the cultivation of 100% corn + 100% alfalfa. One of the optimal methods of weed control is living plant mulch. In a research, living mulch (flowering mallow, holly and barsim clover) had a significant effect on the growth of corn and weeds. The least amount of weeds was observed in the presence of the cover plant of Bersim clover. Nitrogen plays an important role in the structure of proteins, enzymes and cytochromes. Consumption of 184 kg of nitrogen increased the yield of one ton of corn grain. According to the increase of nitrogen application in corn cultivation up to 200 kg, the protein percentage improves from 10.38 to 11.73 percent. To study of nitrogen agronomic efficiency of corn and some of legumes in simultaneous cropping with different levels of urea application.

Materials and methods
A factorial arrangement of treatment in a randomized complete block design with three replications was used. Urea manure levels [N_0= without urea (Control), consumption of urea N_1= 75 Kg ha^{-1}, N_2= 150 Kg ha^{-1}, N_3= 225 Kg ha^{-1}) and Simultaneous cropping treatment, (S_1= Cultivation of corn, S_2= Cultivation of corn + chickpea, S_3= Cultivation of corn + cowpea, S_4= Cultivation of corn + mung bean) were assigned in plots. In this study characteristics such as: panicule length, dry weight of stem and leaves, surface of ear leaf, height of poding in legumes, productivity index of plant, grain yield of legumes, protein yield of corn, number of corn + legumes grain per m^{-2} and nitrogen agronomy efficiency of corn + legumes were assessed.

Results and discussion
Results indicated that the effect of different levels of urea on the characteristics such as: dry weight of corn stem and leaves, height of poding in legumes, corn productivity index, grain yield of legumes, protein yield of corn, number of corn + legumes grain per m^{-2} and nitrogen agronomy efficiency of corn+legumes was significant. Effect of Simultaneous cropping treatment on the characteristics such as: surface of ear leaf, height of poding in legumes, grain yield of legumes and nitrogen agronomy efficiency of corn + legumes was significant, too. The maximum and minimum of nitrogen agronomy efficiency (10.19 and 0.22 Kg Kg $^{-1}$) were obtained with the (75 Kg ha^{-1} urea + Simultaneous cropping of chickpea and corn) and (225 Kg ha^{-1} urea + Simultaneous cropping of corn and cowpea) treatments, respectively.

Conclusions
With the increase in urea fertilizer consumption, the agronomic efficiency of nitrogen decreased. Urea, nitrogen agronomic efficiency decreased. So, the lowest agronomic efficiency of nitrogen was obtained with the consumption of 225 kg of urea fertilizer. Among the plants of the leguminous family, corn and chickpeas at the same time had a noticeable advantage in terms of nitrogen agricultural efficiency compared to the eye-bean and mung bean at the same time.Simultaneous multi-planting of leguminous plants (nitrogen fixation capability) with other crops, while reducing the consumption of chemical fertilizers, can be recommended to achieve sustainable agriculture.

Keywords: Protein yield, Mung bean, Chickpea, Legum, Cowpea.

Citations: Alibakhshi, E., Mirzakhani, M. and Dadian, A. (2025). Effect of Simultaneous Cropping With Some of Legumes and Different Levels of Urea Application on Nitrogen Agronomic Efficiency in Corn . *Plant Production Technology*, 24(2), 115-124. https://doi.org/10.22084/ppt.2024.27411.2094

© 2022 The Author(s). Bu- Ali Sina University Publication. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Online ISSN: 2476-5651 **Print ISSN:** 2476-6321

فنآوری تولیدات گیاهی/ جلد بیست و چهارم/ شمارهٔ دوم/ صفحات ۱۱۵-۱۲٤/ پاییز و زمستان ۱٤۰۳
https://doi.org/10.22084/ppt.2024.27411.2094

تأثیر چند کشتی همزمان برخی از بقولات و کاربرد سطوح کود اوره بر کارایی زراعی نیتروژن در ذرت

Effect of Simultaneous Cropping With Some of Legumes and Different Levels of Urea Application on Nitrogen Agronomic Efficiency in Corn

اسماعیل علی بخشی[۱]، محمد میرزاخانی[۲*] و علیرضا دادیان[۳]

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۱۱/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۰۸/۰۲
(مقاله پژوهشی)

چکیده

یکی از روش‌های مناسب جهت رسیدن به تولید و کشاورزی پایدار، افزایش تنوع‌بخشی در کشت است. در این راستا، کشت توام گیاهان لگوم با غلات بسیار مورد تأکید قرار گرفته‌است. جهت بررسی مقادیر اوره و چند کشتی همزمان لگوم‌ها بر کارایی زراعی نیتروژن، آزمایش فاکتوریل براساس بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی اراک در سال ۱۳۹۲ انجام شد. عامل اول کود اوره (شاهد، مصرف ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) و عامل دوم چند کشتی همزمان (شاهد، کاشت ذرت + نخود، ذرت + لوبیا چشم‌بلبلی و ذرت + ماش سبز) بود. خصوصیاتی نظیر طول پانیکول، مساحت برگ بلال، ارتفاع غلاف‌دهی بقولات، شاخص باروری ذرت، عملکرد دانه بقولات، عملکرد پروتئین ذرت، تعداد دانه ذرت + بقولات در مترمربع و کارایی زراعی نیتروژن مورد ارزیابی قرار گرفتند. کاربرد اوره بر وزن خشک ساقه و برگ‌های ذرت، ارتفاع غلاف‌دهی بقولات، شاخص باروری ذرت، عملکرد دانه بقولات، عملکرد پروتئین ذرت، تعداد دانه ذرت + بقولات در مترمربع و کارایی زراعی نیتروژن معنی‌دار بود. هم‌چنین اثر تیمار چند کشتی همزمان نیز بر سطح برگ بلال، ارتفاع غلاف‌دهی بقولات، عملکرد دانه بقولات و کارایی زراعی نیتروژن معنی‌دار بود. بالاترین و پایین‌ترین میانگین کارایی زراعی نیتروژن ذرت و بقولات با میانگین ۱۰/۱۹ و ۰/۲۲ کیلوگرم بر مترمربع مربوط به تیمار ۷۵ کیلوگرم کود اوره + کشت همزمان ذرت و نخود و تیمار ۲۲۵ کیلوگرم کود اوره + کشت همزمان ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی بود. با افزایش مصرف کود اوره، کارایی زراعی نیتروژن کاهش یافت. به‌طوری‌که کم‌ترین کارایی زراعی نیتروژن با مصرف ۲۲۵ کیلوگرم کود اوره به‌دست‌آمد. در بین گیاهان خانواده لگوم، چند کشتی همزمان ذرت و نخود از نظر کارایی زراعی نیتروژن نسبت به چند کشتی همزمان لوبیا چشم‌بلبلی و ماش از برتری محسوسی برخوردار بود.

کلید واژه‌ها: عملکرد پروتئین، چشم بلبلی، ماش سبز، لگوم، نخود.

ارجاع به مقاله: علی بخشی، ا.، میرزاخانی، م. و دادیان، ع (۱٤۰۳). تأثیر چند کشتی همزمان برخی از بقولات و کاربرد سطوح کود اوره بر کارایی زراعی نیتروژن در ذرت، *مجله فنآوری تولیدات گیاهی*، ۲٤(۲)، ۱۱۵-۱۲٤. https://doi.org/10.22084/ppt.2024.27411.2094

حق نشر متعلق به نویسنده (گان) است و نویسنده تحت مجوز Commons Creative License Attribution (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) به مجله اجازه می‌دهد مقاله‌ی چاپ شده را در سامانه به اشتراک بگذارد، منوط بر اینکه حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.

شاپا الکترونیکی: ۲٤۷٦-٥٦٥۱ **شاپا چاپی:** ۲٤۷٦-٦۳۲۱

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد نراق، دانشگاه آزاد اسلامی، نراق، ایران
۲ و ۳. به‌ترتیب دانشیار و استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد فراهان، دانشگاه آزاد اسلامی، فراهان، ایران
*: نویسنده مسئول Email: mmirzakhani@iau-farahan.ac.ir

۱. مقدمه

کشت مخلوط گیاهان از مهم‌ترین شیوه‌های علمی برای کمک به پایداری تعادل سیستم زنده خاک، برای بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک موثر می‌باشد (Ehsanipour *et al.*, 2021). استفاده از روش کشت بقولات و غلات، یکی از عواملی که موجب بهبود باروری خاک می‌شود (Iqbal *et al.*, 2018). افزایش ترکیبات آنتی اکسیدانی ذرت در کشت با سویا در مقایسه با تک کشتی گزارش شده‌است (Dragicevic *et al.*, 2017). در یک بررسی کشت یونجه یکساله و ذرت در مقایسه با کشت خالص آن موجب افزایش ۱۰/۵۲ درصدی پروتئین ذرت شد (Sharafi, 2020). پژوهشگران اظهار داشتند اگر بیوماس لگوم در مخلوط دو تن باشد، قریب‌به ۹۰ درصد گیاهان هرز را کنترل کرده و حداقل ۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن تثبیت می‌کند (Vrignon-Brenas *et al.*, 2016). در پژوهشی بیشترین علوفه‌تر و خشک ذرت (٦٧ و ١٤/٩٤ تن) از کشت ۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد یونجه تولید شد (Sharafi, 2020). در کشت گندم، نخود، لوبیا و سیب زمینی با نیشکر مشخص شد که عملکرد نیشکر در کشت مخلوط، بیشتر از تک کشـــتی بود (Abdul *et al.*, 2014). یکی از روش‌های بهینه کنترل گیاهان هرز، مالچ زنده گیاهی است (Pouryousef *et al.*, 2015). در پژوهشی مالچ زنده (ماشک گل خوشه‌ای، خلر و شبدر برسیم) بر رشد ذرت و علف‌های هرز تأثیر بسزایی داشت. در حضور گیاه پوششی شبدر برسیم، کمترین مقدار علف‌های هرز مشاهده شد (Toloee *et al.*, 2016).

نیتروژن نقش مهمی در ساختمان پروتئین‌ها، آنزیم‌ها و سیتوکروم‌ها دارد (Kumar *et al.*, 2013). مصرف ١٨٤ کیلوگرم نیتروژن موجب افزایش یک تن عملکرد دانه ذرت شد (Rahimi Jahangirlou *et al.*, 2021). محلول‌پاشی کود نیتروژن‌دار، بر عملکرد دانه، وزن‌تر و شاخص سطح برگ ذرت موثر بود (Brankov *et al.*, 2020). در پژوهشی بیشترین علوفه‌تر ذرت (۸۲/۵ تن) از ترکیب (آبیاری کامل + مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی + مصرف شش تن ورمی‌کمپوست) حاصل شد (Behrouzi *et al.*, 2022). گزارش شد که متناسب با افزایش کاربرد نیتروژن در زراعت ذرت تا ۲۰۰ کیلوگرم، درصد پروتئین از ۱۰/۳۸ به ۱۱/۷۳ درصد بهبود یافت (Seilsepour *et al.*, 2021). محققان گزارش نمودند که در صورت استاده از ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز ذرت، بیشترین وزن خشک (١٠٠٦/٨٦ گرم در مترمربع) تولید شد (Afshoon *et al.*, 2021). در تحقیقی بالاترین مقدار علوفه ذرت (٧٢/٦٨ تن) با کاربرد ٤٥٠ کیلوگرم نیتروژن تولید شد (Heidari pour *et al.*, 2017). هدف از اجرای این پژوهش، بررسی تأثیر چند کشتی هم‌زمان برخی از بقولات (نخود، لوبیا چشم‌بلبلی و ماش سبز) با کاربرد اوره بر روند تغییرات کارایی زراعی نیتروژن ذرت در شرایط آب و هوایی شهرستان اراک بوده‌است.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱ . محل اجرا و طرح آزمایشی

این پژوهش در مرکز تحقیقات کشاورزی اراک در سال انجام شد. از فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار استفاده شد. عامل اول مقادیر کود اوره (شاهد، مصرف ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) و عامل دوم چند کشتی هم-زمان (شاهد، کاشت ذرت + نخود، ذرت + لوبیا چشم‌بلبلی و ذرت + ماش سبز) بود. هدف از کاشت گیاهان پوششی که همزمان با گیاه اصلی (ذرت) در محل داغ‌آب پشته‌ها کاشته شدند، محدود شدن رشد علف‌های هرز، کاهش تبخیر سطحی و درجه حرارت خاک از طریق سایه‌اندازی گیاهان پوششی روی شیارهای کشت، بهبود حاصلخیزی خاک به‌واسطه تثبیت نیتروژن توسط بقولات، بهبود کیفیت علوفه ذرت از طریق برداشت همزمان ذرت علوفه‌ای و زیست توده گیاهان بقولات، بهبود ساختمان خاک، افزایش تنوع ریزجانداران خاکزی، کاهش فرسایش خاک و پایداری تولید در نظام‌های زراعی در صورت تداوم کاربرد این روش، بوده‌است. نتایج آزمایش خاک مزرعه در (جدول ۱) آورده شده‌است.

۲-۲ . عملیات زراعی

هر کرت آزمایشی چهار ردیف کاشت به طول شش متر، با فاصله بین ردیف‌های ٦٠ سانتی‌متر و رقم ذرت سینگل کراس ٧٠٤ با تراکم ۸۳۳۳۳ بوته در هکتار بود. تاریخ کاشت ذرت و تمامی گیاهان بقولات به‌طور همزمان و در دهه سوم اردیبهشت ماه بود. تراکم کاشت بقولات ١٦ بوته در مترمربع در نظر

گرفته‌شد. مبارزه با علف‌های هرز بصورت دستی انجام شد. مصرف کود اوره نیز در سه مرحله، یک‌سوم در زمان کاشت و دوسوم مابقی در دو مرحله تقسیط یکسان مصرف شد. ۲۰ بوته از ذرت و۱۰ بوته هم از بقولات، در زمان برداشت از هر کرت آزمایشی با رعایت اثرات حاشیه‌ای برداشت شد و صفات طول پانیکول، وزن خشک ساقه و برگ‌های ذرت، سطح برگ بلال، ارتفاع غلاف‌دهی بقولات، شاخص باروری ذرت که حاصل تقسیم وزن خشک بلال به وزن خشک کل بوته (Monjshirini *et al.*, 2016)، عملکرد دانه بقولات ، عملکرد پروتئین ذرت، تعداد دانه ذرت + بقولات در هر مترمربع و کارایی زراعی نیتروژن اندازه‌گیری و ثبت شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Mstat-c و میانگین‌ها نیز با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. کارایی زراعی نیتروژن با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد. (Dordas & Sioulas, 2008; Vennila & Jayanthi, 2006)

$$\text{کارایی زراعی نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)} = \frac{\text{عملکرد دانه کرت شاهد} - \text{عملکرد دانه کرت کود داده شده}}{\text{مقدار کود داده شده}} \times ۱۰۰$$

Table 1: Results of soil analysis

Depth (cm)	Texture	pH	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	K (mg kg^{-1})	P (mg kg^{-1})	Total Nitrogen (%)	Organic Carbon (%)
0-30	Sandy Loam	7.8	18	27	55	240	10	0.05	0.5

۳. نتایج و بحث

۳-۱. وزن خشک ساقه و برگ‌های ذرت

وزن خشک ساقه و برگ‌های ذرت تحت تأثیر اوره و اثر دوگانه (کود اوره + چند کشتی همزمان) قرار گرفت و به‌ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). جدول اثرات دوگانه نشان داد که بیش‌ترین وزن خشک ساقه و برگ‌های ذرت با میانگین ۱/۸۹ و ۱/۷۱ کیلوگرم بر مترمربع مربوط به تیمار ۲۲۵ کیلوگرم کود اوره + کشت همزمان ذرت و نخود، تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره + کشت همزمان ذرت و ماش که در یک گروه آماری قرار گرفتند و کمترین آن ۱/۳۰ کیلوگرم بر مترمربع مربوط به تیمار (عدم مصرف کود اوره + کشت همزمان ذرت و ماش سبز) بود (جدول ۵). در تیمار (مصرف ۲۲۵ کیلوگرم کود اوره + کشت همزمان ذرت و نخود)، مصرف مقدار کافی از کود شیمیایی اوره و همچنین کاهش تبخیر سطحی به‌دلیل پوشش انبوه و سایه‌اندازی مناسب کنوپی نخود باعث فراهم شدن شرایط مناسب رشدی ذرت برای توسعه سطح سبز گیاه و تجمع مقدار زیاد کربوهیدرات‌های فتوسنتزی شده‌است و در نتیجه بیوماس ساقه و برگ‌های آن نسبت به سایر تیمارها افزایش یافته‌است. محققان اظهار داشتند که بیش‌ترین بیوماس اندام هوایی آفتابگردان با کاربرد کود آلی زئوپونیکس با میانگین ۳۳۱۹۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست‌آمد (Daryayi *et al.*, 2012). یک بررسی نشان داد که بیشترین وزن خشک ذرت (۲۰٦۵ گرم بر متر مربع)، متعلق به کشت خالص ذرت با کوددهی ۱۰۰ درصد شیمیایی بود (Abbasdokht *et al.*, 2021). در تحقیقی بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی (ساقه و برگ) متعلق به زراعت خالص ذرت بود (Koocheki *et al.*, 2022). در پژوهشی مشخص شد که وزن خشک ذرت در محدوده بقایای گیاهان شبدر برسیم، ماشک گل خوشه‌ی و چاودار روند افزایشی و در محدوده بقایای گونه‌های خردل علوفه‌ای، منداب و جو روند کاهشی داشت (Khojamli *et al.*, 2019).

۳-۲. سطح برگ بلال

اثر تیمار چند کشتی همزمان با بقولات و همچنین اثر دوگانه (اوره × چند کشتی همزمان) به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد بر صفت سطح برگ بلال معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طوری‌که بیشترین سطح برگ بلال با میانگین ٥٤۲/٦ سانتیمتر و کمترین مقدار آن با میانگین ۳۷۱/۷ گرم در مترمربع به‌ترتیب

مربوطبه تیمار (مصرف ۲۲۵ کیلوگرم کود اوره + کشت هم-زمان ذرت و ماش سبز) و تیمار (مصرف ۷۵ کیلوگرم کود اوره + کشت همزمان ذرت و ماش سبز) بود (جدول ۵). نتایج به وضوح نقش و اهمیت عنصر نیتروژن را در افزایش سطح سبز گیاه و وسعت برگ‌ها را نشان می‌دهد. به‌طوری‌که با کاهش مصرف کود اوره از ۲۲۵ به ۷۵ کیلوگرم در هکتار وسعت برگ پرچم ذرت حدود ٤٥/٩٧ درصد نشان‌داد. در یک بررسی بین هیبریدهای ذرت، سطح برگ بلال تفاوت غیرمعنی‌دار وجود داشت (Khavari Khorasani *et al.*, 2010).

۳-۳. عملکرد دانه بقولات

تیمارهای مقادیر اوره، چند کشتی همزمان و اثر دوگانه آن‌ها بر صفت عملکرد دانه بقولات در سطح یک درصد اختلاف آماری دیده‌شد (جدول ۲). با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره، نخود نسبت به سایر گیاهان بقولات از عملکرد دانه بالاتری برخوردار بود. بنابراین نخود توانسته‌است در شرایط یکسان، حداکثر استفاده را از شیوه همزمانی کشت با ذرت داشته‌باشد. درحالی‌که تیمار (عدم مصرف اوره + کشت هم-زمان ذرت و ماش سبز) کمترین میزان عملکرد دانه را به خود اختصاص داد (جدول ۵). نتایج پژوهشگران حاکی از این بود که بیشترین تولید دانه با کاربرد ٤٥٠ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست‌آمد (Heidari pour *et al.*, 2017).

۳-۴. شاخص باروری ذرت

اثر کاربرد اوره بر شاخص باروری ذرت در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). با افزایش روند مصرف اوره، شاخص باروری ذرت از ٤٩/١٥ به ٤٣/٥٠ درصد کاهش یافت (جدول ۳). باتوجه‌به اینکه شاخص باروری گیاه نشان‌دهنده نحوه تسهیم و میزان تخصیص کربوهیدرات‌های گیاه به بخش‌های زایشی (بلال ذرت) می‌باشد. هرچقدرگیاه بتواند ماده خشک بیشتری را به بلال‌ها ارسال نماید، در نتیجه نسبت وزن بلال به وزن کل بوته افزایش و شاخص باروری را بیشتر خواهد شد. بنابراین نشان می‌دهد که مصرف بیشتر نیتروژن باعث افزایش رشد رویشی گیاه شده‌است و توانسته به همان نسبت، اسیمیلات های فتوسنتزی را به بخش زایشی اختصاص دهد و در نتیجه نسبت وزن ماده خشک تجمع یافته بین بخش‌های زایشی گیاه به بخش‌های رویشی آن افزایش یافته‌است. در پژوهشی بین هیبریدهای ذرت از نظر نسبت وزن بلال به وزن کل بوته (شاخص باروری) تفاوت معنی‌داری دیده شد (Khavari Khorasani *et al.*, 2010).

۳-۵. عملکرد پروتئین ذرت

عملکرد پروتئین ذرت با مصرف کود اوره و اثر دوگانه (کود اوره + چند کشتی همزمان) در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار نشان‌داد (جدول ۲). به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار آن (۰/۲۸۵کیلوگرم در مترمربع) با مصرف ۲۲۵ کیلوگرم کود اوره + کشت همزمان ذرت و نخود و کمترین آن (۰/۱٦۰ کیلوگرم در مترمربع) توسط کشت همزمان ذرت و ماش و عدم مصرف کود اوره به‌دست‌آمد. باتوجه‌به اینکه صفر فیزیولوژیکی نخود نسبت‌به لوبیا چشم‌بلبلی و ماش سبز پایین‌تر، بنابراین نخود در روزهای آغازین پس از سبز شدن با سرعت بیشتری نسبت‌به بقولات دیگر رشد نمود و سطح سبز زیادی را به‌وجود آورد و ضمن جلوگیری از تبخیر سطحی رطوبت ردیف‌های کاشت با حجم کنوپی زیاد خود، توانسته‌است با گره‌های ریزوبیومی زیادی که در ریشه‌های آن تشکیل شده بود، مقدار زیادی نیتروژن نیز تثبیت و در اختیار ریشه‌های ذرت گذارد و بدین ترتیب باعث افزایش عملکرد پروتئین ذرت شود. در پژوهش دیگری افزایش غلظت پروتئین دانه ذرت با تأمین نیتروژن ثابت شده‌است (Ray *et al.*, 2019). نتایج پژوهشی نشان داد که حداکثر پروتئین علوفه ذرت (۱۰/۲ درصد) توسط (آبیاری کامل + مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده + مصرف شش تن بر هکتار ورمی‌کمپوست) تولید شد (Behrouzi *et al.*, 2022).

Table 2: Results of variance analysis of corn agronomic characteristics with application of urea and simultaneous cropping with legumes

		Mean squares								
S.O.V	df	Nitrogen agronomy efficiency of corn+legumes	Number of corn+legumes grain per m^{-2}	Protein yield of corn	Grain yield of legumes	Productivity index of corn	Height of poding in legumes	Surface of ear leaf	Dry weight of stem and leaves	Panicule lenght
Replication	2	3.51^{ns}	87335.8^{ns}	315001.3^{ns}	10208.33^{ns}	1.11^{ns}	7.09^{ns}	3264.37^{ns}	3.68^{ns}	5.12^{ns}
Urea levels	3	578.37^{**}	940858.1^{**}	1583259.1^{**}	179872.22^{**}	168.35^{**}	40.58^{**}	1479.31^{ns}	24.94^{**}	7.02^{ns}
Simultaneous cropping	3	68.37^{**}	181355^{ns}	16518.6^{ns}	4162761.1^{**}	42.90^{ns}	2207.30^{**}	4286.73^{*}	0.25^{ns}	0.99^{ns}
N × S	9	66.13^{**}	318914.2^{**}	101928.1^{**}	59844.44^{**}	21.16^{ns}	23.93^{**}	7059.58^{**}	5.13^{*}	1.89^{ns}
Error	30	1.05	97363.6	32052.4	4621.66	21.95	3.66	1458.20	1.82	5.72
CV (%)	-	11.39	6.16	8.14	10.95	10.68	10.27	8.61	8.53	5.42

ns, * and **: Non significant, Significant at the 5% and 1% probability levels respectively

Table 3: Mean comparison of main effects of corn agronomic characteristics with application of urea and simultaneous cropping with legumes

Treatment	Productivity index of plant (%)	Dry weight of stem and leaves (kg m^{-2})	Panicule length (cm)
Urea levels (kg ha^{-1})			
Without urea (Control)	49.15^{a}	1.37^{b}	43.34^{a}
75 kg ha^{-1} of urea	40.36^{b}	1.59^{a}	44.03^{a}
150 kg ha^{-1} of urea	42.56^{b}	1.65^{a}	45.19^{a}
225 kg ha^{-1} of urea	43.50^{b}	1.70^{a}	44.09^{a}
Simultaneous cropping			
Corn (Control)	46.73^{a}	1.59^{a}	43.92^{a}
Corn + Chickpea	43.04^{a}	1.59^{a}	43.92^{a}
Corn + Cowpea	42.93^{a}	1.58^{a}	44.32^{a}
Corn + Mung bean	42.88^{a}	1.56^{a}	44.49^{a}

Means with at least one common letter do not have significantly different at the 5% level using DMRT

Table 4: Mean comparison of main effects of corn agronomic characteristics with application of urea and simultaneous cropping with legumes

Treatment	Nitrogen agronomic efficiency of corn+legumes (kg kg^{-1})	Number of corn+legumes grain per m^{-2}	Protein yield of corn (kg m^{-2})	Grain yield of legumes (kg m^{-2})
Urea levels (kg ha^{-1})				
Without urea (Control)	0^{d}	4772^{c}	0.169 ^{c}	0.056 ^{c}
75 kg ha^{-1} of urea	16.36^{a}	4966^{bc}	0.218 ^{b}	0.064 ^{b}
150 kg ha^{-1} of urea	11.83^{b}	5437^{a}	0.241 ^{a}	0.078 ^{a}
225 kg ha^{-1} of urea	7.80^{c}	5101^{b}	0.250 ^{a}	0.053 ^{c}
Simultaneous cropping				
Corn (Control)	7.95^{b}	5037^{a}	0.215 ^{a}	0 ^{d}
Corn + Chickpea	12.57^{a}	5176^{a}	0.222 ^{a}	0.139 ^{a}
Corn + Cowpea	7.63^{b}	5154^{a}	0.222 ^{a}	0.068 ^{b}
Corn + Mung bean	7.84^{b}	4909^{a}	0.218 ^{a}	0.040 ^{c}

Means with at least one common letter do not have significantly different at the 5% level using DMRT

۳-۶. کارایی زراعی نیتروژن ذرت + بقولات

اثر تیمار کود اوره، چند کشتی همزمان با بقولات و اثر دوگانه آن‌ها بر کارایی زراعی نیتروژن ذرت + بقولات معنی‌دار بود (جدول ۲). به دلیل آبشویی زیادی که کود نیتروژن دارد، معمولاً با افزایش مصرف آن کارایی مصرف آن نیز کاهش می‌یابد. در این آزمایش نیز روند کاهش کارایی زراعی نیتروژن نیز مشاهده‌شد. به‌طوری‌که تیمار (مصرف ۷۵ کیلوگرم کود اوره + کشت همزمان ذرت و نخود) با میانگین ۲۶/۲۷ کیلوگرم بر کیلوگرم بیشترین مقدار کارایی زراعی نیتروژن را داشت (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد که رشد رویشی زیاد نخود و ریشه‌های عمیق آن در جذب نیتروژن از خاک و جلوگیری از آبشویی کود اوره تأثیر مثبت بسزایی داشته‌است. محققان بیان داشتند که بیش‌ترین (۳۴/۸۲ کیلوگرم بر کیلوگرم) و کم-ترین (۲۴/۶۶ کیلوگرم بر کیلوگرم) کارایی استفاده از نیتروژن متعلق به هیبریدهای ذرت ۲۶۰ و ۵۰۰ بود (Jafari et al., 2019). نتایج تحقیقی نشان‌داد که کارایی زراعی نیتروژن در تمامی تیمارهای اعمالی در ذرت بالاتر از لوبیا بود (Akbari *et al.*, 2019). در پژوهشی اثر سطوح نیتروژن و برهمکنش رقم و نیتروژن بر کارایی جذب نیتروژن معنی‌دار نبود. گزارش شد که کارایی زراعی نیتروژن در سطوح کود اوره نسبت‌به کود مرغی بیشتر بوده‌است. زیرا زیست‌توده حاصل از مصرف کود مرغی نسبت به کود شیمیایی اوره کم‌تر بوده‌است (Abbasi *et al.*, 2010).

Table 5: Mean comparison of intraction effects of corn agronomic characteristics with application of urea and simultaneous cropping

	Treatment	Nitrogen agronomy efficiency of corn+legumes (kg kg^{-1})	Number of corn+legumes grain per m^{-2}	Protein yield of corn (kg m^{-2})	Sursace of ear leaf (cm^{-2})	Dry weight of stem and leaves (kg m^{-2})	Grain yield of legumes (kg m^{-2})
Without urea	Corn	0^{h}	4887^{cd}	0.162 ^{f}	412.3^{cd}	1.44 $^{d-f}$	0 ^{h}
	Corn + Chickpea	0^{h}	4978^{cd}	0.173 ^{ef}	411.4^{cd}	1.36 ^{ef}	0.141 ^{b}
	Corn + cowpea	0^{h}	4998^{cd}	0.181 ^{ef}	497.9^{ab}	1.40 $^{d-f}$	0.041 ^{f}
	Corn+ mung bean	0^{h}	4224^{f}	0.160 ^{f}	477^{ac}	1.30 ^{f}	0.236 ^{g}
75 kg ha^{-1} urea	Corn	6.43 ^{f}	5232^{a-d}	0.222 ^{cd}	452.1^{b-d}	1.74 $^{a-c}$	0 ^{h}
	Corn + Chickpea	26.27 ^{a}	4610^{ef}	0.198 ^{de}	435.3^{b-d}	1.51 $^{c-f}$	0.128 ^{c}
	Corn + cowpea	18.50 ^{b}	5303^{a-d}	0.225 $^{b-d}$	392^{d}	1.50 $^{c-f}$	0.090 ^{d}
	Corn+ mung bean	14.23 ^{c}	4718^{d-f}	0.228 $^{b-d}$	392^{d}	1.61 $^{b-e}$	0.040 ^{f}

150 kg ha^{-1} urea	Corn	15.37^{c}	5115^{b-e}	0.242 ^{bc}	417.4^{cd}	1.58 $^{b-e}$	0 ^{h}
	Corn + Chickpea	14.33^{c}	5722^{a}	0.234 ^{bc}	492.9^{ab}	1.61 $^{b-e}$	0.156 ^{a}
	Corn + cowpea	8.00^{ef}	5307^{a-d}	0.231 $^{b-d}$	456.4^{b-d}	1.64 $^{b-d}$	0.095 ^{d}
	Corn+ mung bean	9.63^{df}	5603^{ab}	0.257 ^{ab}	450.6^{b-d}	1.71 ^{ab}	0.061 ^{e}
225 kg ha^{-1} urea	Corn	10.00^{d}	4913^{cd}	0.234 ^{bc}	396 ^{d}	1.58 $^{b-e}$	0 ^{h}
	Corn + Chickpea	9.70^{df}	5393^{a-c}	0.285 ^{a}	437 $^{b-d}$	1.89 ^{a}	0.133 ^{bc}
	Corn + cowpea	4.03^{g}	5008^{b-e}	0.253 ^{bc}	393 ^{d}	1.79 ^{ab}	0.046 ^{f}
	Corn+ mung bean	7.50^{f}	5089^{b-e}	0.228 $^{b-d}$	542.6 ^{a}	1.54 $^{b-f}$	0.034 ^{fg}

Means with at least one common letter do not have significantly different at the 5% level using DMRT

٤. نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که اکثر صفات مورد بررسی ذرت، تحت تأثیر سطوح کود اوره و چندکشتی همزمان با بقولات قرار گرفتند. همچنین با افزایش مصرف کود اوره، کارایی زراعی نیتروژن کاهش یافت. به‌طوری‌که کم‌ترین کارایی زراعی نیتروژن با مصرف ۲۲۵ کیلوگرم کود اوره به‌دست‌آمد. در بین گیاهان خانواده لگوم، چند کشتی همزمان ذرت و نخود از نظر کارایی زراعی نیتروژن نسبت‌به چند کشتی همزمان لوبیا چشم‌بلبلی و ماش از برتری محسوسی برخوردار بود. به‌نظر می‌رسد که کاشت گیاهان تیره بقولات (توانایی تثبیت نیتروژن) با استفاده از شیوه چند کشتی هم‌زمان و کاربرد کمتر کودهای شیمیایی می‌تواند در راستای دستیابی به کشاورزی پایدار توصیه شود.

٥. منابع

Abbasdokht, H., Shafaghi, A. and Gholipoor, M. (2021). Effect of biological and chemical source of nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of maize and fenugreek forage in additive intercropping series. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 52(1), 61-73. (In Persian). http://doi.org/10.22059/ijfcs.2020.271663.654558

Abbasi, M. K., Khaliq, A., Shafiq, M., Kazmi, M. and Imran, A. (2010). Comparatative effectiveness of urea N, poultry manure and their combination in changing soil properties and maize productivity under rainfed conditions in northest Pakistan. *Experimental Agriculture*, 46(2), 211-230. https://doi.org/10.1017/S0014479709991050.

Abdul, R., Qamar, R. and Qamar, J. (2014). Economic assessment of sugarcane (Saccharum officinarum L.) through intercropping. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 3(3), 24-28. http://doi.org/10.4236/jacen.2014.33B004

Afshoon, E., Jahansooz, M. R., Moghadam, H. and Oveisi, M. (2021). Effect of Tillage, Nitrogen Fertilizer, and Water Stress on Crop Growth Indices and Yield of Forage Corn (Zea mays L.). Journal of Crops Improvement, 23(2), 235-246. https://doi.org/10.22059/jci.2020.295787.2337

Akbari, F., Dahmardeh, M., Morshdi, A., Ghanbari, A. and Khoramdel, S. (2019). Effects of tillage System and plant residue on nitrogen uptake and use efficiency in corn and bean intercropping systems. *Journal of Crops Improvement*, 20(4), 785-799 . (In Persian). https://doi.org/10.22059/jci.2018.259464.2043

Behrouzi, D., Diyanat, M., Majidi, E., Mirhadi, M. J. and Shirkhani, A. (2022). Effect of deficit irrigation, fertilizers and vermicompost on forage maize (*Zea mays* L.) . *Journal of Crops Improvement*, 24(4), 1069-1084. (In Persian). http://doi.org/10.22059/jci.2021.328509.2594

Brankov, M., Simi, M., Dolijanovi, Z., Rajkovi, M.,Mandi, V and Dragicevi, V. (2020). The Response of Maize Lines to Foliar Fertilizing. *Agriculture*, 10(9), 365. https://doi.org/10.3390/agriculture10090365

Daryayi, F., Ghalavand, A., Chaichi, M. R. and sooroosh zade, A. (2012). Effects of Different Fertilizing Systems using Green Manure and Zeoponix on Quantitative and Qualitative Yield of Sunflower in Sequential Cropping. Iranian *Journal of Field Crop Science*, (In Persian). https://doi.org/10.22059/ijfcs.2012.28487

Dordas, A. C. and Sioulas, C. (2008). Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis and water use efficiney response to nitrogen fertilation under rainfed conditions. *Industrial Crops and Products*, 27(1), 75-85. http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2007.07.020

Dragicevic, V., Oljaca, S., Simic, M., Dolijanovic, Z., Kresovic, B. and Brankov, M. (2017). Content of some antioxidants in intercropped maize and soybean grain. *Journal of Agricultural Sciences Belgrade*, 62(1), 31-40. http://doi.org/10.2298/JAS1701031D

Ehsanipour, A., Abbasdokht, H., Gholipour, M. and Abdali Mashhadi, A. (2021). Effect of biofertilizers on crop yield in intercropping of sugarcane an Legumes. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 51(4), 85-99. (In Persian). DOI: 10.22059/ijfcs.2020.283922.654619

Heidari pour, R., Koocheki, A. and Nassiri Mohallati, M. (2017). The effect of nitrogen fertilizer and density unusual levels on plant growth characteristics, grain and forage yields of maize. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 48(3), 865-876. (In Persian). http://doi.org/10.22059/ijfcs.2017.217558.654194

Iqbal, M. A., Iqbal, A., Maqbool, Z., Ahmad, Z., Ali, E., Siddiqui, M. H. and Ali, S. 2018. Revamping soil quality and correlation studies for yield and yield attributes in sorghum-legumes intercropping systems. *Bioscience Journal*, 34(3), 1165-1176. https://doi.org/10.14393/BJ-v34n3a2018-36561

Jafari, L., Koocheki, A. and Nassiri Mahallati, M. (2019). Evaluation of nitrogen efficiency for cereal crop cultivars in Iran based on the historical course of their release: 2- Corn (*Zea mays* L.). *Journal of Agroecology*, 11 (3), 975-994. (In Persian). http://doi.org/10.22067/jag.v11i3.57941

Khavari Khorasani, S., Golbashy, M., Azizi, F., Ashofteh Beiragi, M. & Fatemi, R. (2010). Evaluation of growth traits and yield of new forage corn (*Zea mays* L.) single cross combinations. *Journal of Agroecology*, 2(2), 335-342. (In Persian). https://doi.org/10.22067/jag.v2i2.7640

Khojamli, R., Siahmarguee, A., Zeinali, E. & Soltani, A. (2019). Effect of different winter cover crops on the dynamics of weed populations and corn growth (*Zea mays* L.) (Single 704). *Journal of Agroecology*, 11(2), 635-654. (In Persian). http://doi.org/10.22067/jag.v11i2.78205

Koocheki, A., Asadi, G. A., Bicharanlou, B. and Bagheri Shirvan, M. (2022). Elimination of irrigation restriction in spring corn (*Zea mays*) planting by relay-intercropping with canola (*Brassica napus* L.). *Journal of Agroecology*, 14(1), 35-51. (In Persian). http://doi.org/10.22067/jag.v1i1.57699

Kumar, K. V., Sudarshan, M. R., Dangi, K. S. and Reddy, S. M. (2013). Character association and path coefficient analysis for seed yield in quality protein maize Zea mays L. *Journal of Research Angrau*, 41(2), 153-157. http://dx.doi.org/10.4172/2168-9881.S1.004

Monjshirini, M., Mostafazadeh-Fard, M., Salari, A. & Landi, S. (2016). Effect of Irrigation Water Salinity on yield and yield components corn under T-Tape Irrigation System. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 1(10), 83-93. (In Persian). https:// idj.iaid.ir/issue_6714_6838.html?lang=en

Pouryousef, M., Yousefi, A. R., Oveisi, M. and Asadi, F. (2015). Intercropping of fenugreek as living mulch at different densities for weed suppression in coriander. *Crop Protection*, 69, 60-64. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.12.004

Rahimi Jahangirlou, M., Akbari, Gh., Allah dadi, I., Soufizadeh, S. and Parsnez, D. (2021). Effect of irrigation, planting date, cultivar and nitrogen on yield and concentration and composition of starch and oil of dent maize grain. *Journal of Crops Improvement*, 23(2), 263-276. (In Persian). https://doi.org/10.22059/jci.2020.296005.2339

Ray, K., Banerjee, H., Dutta, S., Hazra, A. K. and Majumdar, K. (2019). Macronutrients influence yield and oil quality of hybrid maize (Zea maysL.). *Plos One*, 14(5), e0216939. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216939

Seilsepour, M. (2021). Field Evaluation of Municipal Waste and Nitrogen Fertilizer Application on Forage Maize Yield and Some Physical and Chemical Properties of Soil. *Journal of Crops Improvement*, 23(3), 471-484. (In Persian). https://doi.org/10.22059/jci.2021.299430.2366

Sharafi, S. (2020). Effects of Different Irrigation Levels on the Qualitative and Quantitative Performance of Forage in the intercropping of Corn (*Zea mays*) with Snail Medic (*Medicago scutellata*) under Competition with Weeds. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30 (3), 41-60. (In Persian). https:// http://doi.org/20.1001.1.24764310.1399.30.3.3.8

Toloee, M., Yousefi, A., Pouryousef, M., Saba, J. and Lafify, S. (2016). Integration of living mulch and stale seedbed for weed management in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 26(1), 83-97. (In Persian). https://doi.org/10.22067/jag.v11i3.57941

Vennila, C. and Jayanthi, C. 2006. Effect of integrated nitrogen management on nitrogen use efficiency in wet seeded rice + daincha dual cropping system. *Madras Agricutural Journal*, 93 (7-12), 274-277. https://doi.org/10.29321/MAJ.10.100767

Vrignon-Brenas, S., Celette, F., Piquet-Pissaloux, A., Jeuffroy, M. and David, C. (2016). Early assessment of ecological services provided by forage legumes in relay intercropping. *European Journal of Agronomy*, 75, 89-98. http://doi.org/10.1016/j.eja.2016.01.011DOI:10.1016/j.eja.2016.01.011