



## The Effect of Using Legume and Non-Legume Plant Residues as Green Manure on Potato Growth and Yield

Bijan Ashena<sup>1</sup> | Gholamreza Mohammadi<sup>2</sup>✉ | Farzad Mondani<sup>3</sup> | Pardis Boroomandan<sup>4</sup>

1. Department of Plant Production and Genetics, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. Email: [b.ashna@stu.razi.ac.ir](mailto:b.ashna@stu.razi.ac.ir)
2. Corresponding Author, Department of Plant Production and Genetics, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. Email: [gr\\_mohammadi@razi.ac.ir](mailto:gr_mohammadi@razi.ac.ir)
3. Department of Plant Production and Genetics, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. Email: [f.mondani@razi.ac.ir](mailto:f.mondani@razi.ac.ir)
4. Department of Plant Production and Genetics, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. Email: [p.boroomandan@razi.ac.ir](mailto:p.boroomandan@razi.ac.ir)

### Article Info

**Article type:**  
Research Article

**Article history:**

Received: April 16, 2024  
Received in revised form:  
June 14, 2024  
Accepted: June 16, 2024  
Published online: December  
21, 2024

**Keywords:**

Green manure,  
leaf area,  
potato,  
relative water content,  
tuber size.

### ABSTRACT

In sustainable agriculture, one of the effective strategies to improve potato yield as the fourth most valuable plant in human nutrition is the use of cover crops in crop rotation. This research was conducted to investigate the effect of using legume and non-legume plants residues as pure and mixed as green manure on growth and yield of potato in the Agricultural Research Farm of Razi University, Kermanshah in the form of a randomized complete block design with three replications. Treatments included control (without green manure), pure clover, pure barley, pure vetch, 50% barley + 50% clover, 50% barley + 50% vetch, 50% vetch + 50% clover, 30% barley + 70% clover, 30% vetch + 70% barley, and 40% clover + 40% vetch + 20% barley. The results showed that the application of green manure increased plant height, leaf area, leaf dry weight, stem dry weight, and the number of main stems in the stages of vegetative growth (before flowering), tuber formation, tuber filling and maturity compared to the control. In addition, in all four growth stages of potato, the treatment of 40% clover + 40% vetch + 20% barley caused an increase of 43.35, 53.37, 42.17, and 50.43% respectively, RWC was compared to the control. In addition, with the use of the mentioned treatment, the highest number of potato tubers was obtained, which was increased by about 73 tubers per m<sup>2</sup> compared to the control. Green manure had a positive effect on the diameter grading of the tubers in the maturity stage, so that in the treatment of 40% clover + 40% vetch + 20% barley, most of the small tubers (95 per m<sup>2</sup>), medium tubers (329 per m<sup>2</sup>) and large tubers (211 per m<sup>2</sup>) were observed. In addition, under this treatment, potato tuber yield increased by 8 ton. ha<sup>-1</sup> compared to the control treatment. In general, the results of this research showed that mixed cultivation of legume (vetch and clover) and non-legume (barley) species as green manure can be a good option for increasing potato production and yield in Kermanshah region.

**Cite this article:** Ashena, B., Mohammadi, G., Mondani, F., & Boroomandan, P. (2024). The effect of using legume and non-legume plant residues as green manure on potato growth and yield. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 55(4), 131-147. Doi: [10.22059/ijfcs.2024.374693.655074](https://doi.org/10.22059/ijfcs.2024.374693.655074).





## تأثیر کاربرد بقایای گیاهان لگوم و غیر لگوم به عنوان کود سبز بر رشد و عملکرد سیب زمینی

بیژن آشنا<sup>۱</sup>، غلامرضا محمدی<sup>۲</sup>، فرزاد مندنی<sup>۳</sup>، پردیس برومندان<sup>۴</sup>

۱. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: [b.ashna@stu.razi.ac.ir](mailto:b.ashna@stu.razi.ac.ir)
۲. نویسنده مسئول، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: [gr\\_mohammadi@razi.ac.ir](mailto:gr_mohammadi@razi.ac.ir)
۳. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: [f.mondani@razi.ac.ir](mailto:f.mondani@razi.ac.ir)
۴. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: [p.boromandan@razi.ac.ir](mailto:p.boromandan@razi.ac.ir)

### اطلاعات مقاله

### چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۳/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۷

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۰/۰۱

در کشاورزی پایدار، یکی از راهکارهای مؤثر جهت بهبود عملکرد سیب زمینی به عنوان چهارمین گیاه ارزشمند در تغذیه بشر، استفاده از کود سبز در تناوب زراعی است. پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر کاربرد بقایای گیاهان لگوم و غیر لگوم به عنوان کود سبز به صورت خالص و مخلوط بر رشد و عملکرد سیب زمینی در مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل شاهد (بدون کود سبز)، شبدر خالص، جو خالص، ماشک خالص، ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد شبدر، ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد ماشک، ۵۰ درصد ماشک + ۵۰ درصد شبدر، ۳۰ درصد جو + ۷۰ درصد شبدر، ۳۰ درصد ماشک + ۷۰ درصد جو، و ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو بود. نتایج نشان داد که کاربرد کود سبز موجب افزایش ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و تعداد ساقه اصلی در مراحل رشد رویشی (قبل از گل‌دهی)، تشکیل غده، پرشدن و بلوغ غده در مقایسه با شاهد شد. در هر چهار مرحله رشدی سیب زمینی، تیمار ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو به ترتیب سبب افزایش ۴۳/۳۵، ۵۳/۳۷، ۴۲/۱۷ و ۵۰/۴۳ درصدی محتوای نسبی آب برگ در مقایسه با شاهد شد. همچنین با کاربرد تیمار مذکور بیشترین تعداد غده سیب زمینی حاصل شد که در مقایسه با شاهد حدود ۷۳ عدد در متر مربع افزایش داشت. کود سبز تأثیر مثبتی بر درجه بندی قطری غده‌ها در مرحله بلوغ نیز داشت، به طوری که در تیمار ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو بیشترین غده‌های کوچک (۹۵ عدد در متر مربع)، متوسط (۳۲۹ عدد در متر مربع) و درشت (۲۱۱ عدد در متر مربع) مشاهده شد. همچنین، در این تیمار عملکرد غده حدود هشت تن در هکتار نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت. به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که کشت مخلوط گونه‌های لگوم (ماشک و شبدر) و غیر لگوم (جو) به عنوان کود سبز می‌تواند گزینه مناسبی برای افزایش تولید و عملکرد سیب زمینی در منطقه کرمانشاه باشد.

### کلیدواژه‌ها:

اندازه غده،

سیب زمینی،

سطح برگ،

کود سبز،

محتوای نسبی آب.

**استناد:** آشنا، ب.، محمدی، غ.، مندنی، ف.، و برومندان، پ. (۱۴۰۳). تأثیر کاربرد بقایای گیاهان لگوم و غیر لگوم به عنوان کود سبز بر رشد

و عملکرد سیب زمینی. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۵(۴)، ۱۳۱-۱۴۷. Doi: 10.22059/ijfcs.2024.374693.655074



## ۱. مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) متعلق به خانواده Solanaceae رایج‌ترین محصول غذایی غیر دانه‌ای است. در مقیاس جهانی سیب‌زمینی به‌عنوان چهارمین محصول غذایی است که بعد از ذرت، برنج و گندم مصرف می‌شود و به دلیل پتانسیل عالی برای عملکرد بالا و ارزش غذایی، برای امنیت غذایی مردم دنیا حیاتی است. در سطح جهان، سیب‌زمینی در بیش از ۱۵۵ کشور تولید می‌شود که تأمین غذای بیش از یک میلیارد نفر را به همراه دارد (Adekanmbi *et al.*, 2023). براساس آخرین آمار وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت سیب‌زمینی در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در ایران حدود ۱۳۱ هزار هکتار با تولید حدود ۴/۶ میلیون تن و میانگین تولید در کشت آبی حدود ۳۵/۷ هزار کیلوگرم در هکتار برآورد شده است (Ministry of Jihad Agriculture, 2023). سیب‌زمینی اغلب در خاک‌های شنی سبک، با استفاده از کودهای معدنی، آبیاری، خاک ورزی فشرده و تناوب کوتاه با سایر محصولات زراعی کشت می‌شود. در این سیستم تولید، تنها مقادیر کمی از بقایای گیاهی به خاک بازگردانده می‌شود. این اقدامات زراعی ممکن است به بدتر شدن سلامت کلی خاک و در نتیجه ازدست‌دادن ماده آلی، کاهش ظرفیت نگهداری آب، ساختار ضعیف، حاصلخیزی پایین و تنوع زیستی ضعیف خاک منجر شود (Rittl *et al.*, 2023). در چنین شرایطی، بروز بیماری‌های قارچی سیب‌زمینی مانند شانکر ساقه و استولن (شوره سیاه) ممکن است افزایش یابد و در نتیجه عملکرد کم و غده‌های با کیفیت پایین ایجاد شود. تناوب سیب‌زمینی با کود سبز و افزودن مواد آلی به خاک ممکن است این اثرات را خنثی کند (Larkin *et al.*, 2017). استفاده از کود سبز در سیستم‌های کشت تأثیر مثبتی بر ویژگی‌های خاک داشته و بهره‌وری محصول را افزایش می‌دهد و رطوبت خاک را حفظ می‌کند (Das *et al.*, 2020). همچنین کود سبز مزایای قابل توجهی برای رشد و عملکرد محصول دارد و با افزایش فعالیت آنزیم‌های خاک منجر به رشد گیاه و تنظیم مواد مغذی آن می‌شود (Asghar & Kataoka, 2022). به‌علاوه، کود سبز در دسترس بودن کربن (C) و نیتروژن (N) را تغییر می‌دهد. بقولات نیتروژن را تثبیت می‌کنند، درحالی‌که گیاهان غیر بقولات دارای بهره‌وری زیست‌توده بالایی هستند و بنابراین کربن بیشتری تولید می‌کنند که بر گروه‌های میکروبی خاک، عملکرد اکوسیستم و بهره‌وری محصول تأثیر می‌گذارد (Khan *et al.*, 2020). کود سبز در سیستم‌های تولید سیب‌زمینی می‌تواند سلامت خاک و بهره‌وری سیب‌زمینی را افزایش دهند. کاهش اتکای سیستم‌های کشاورزی به کود نیتروژن از طریق بهره‌برداری بهتر از تثبیت همزیست نیتروژن کمک خوبی به پایداری و کارایی استفاده از منابع خواهد بود. عملکرد محصول، جذب و معدنی‌سازی نیتروژن به دنبال یک گیاه پوششی بقولات در مقایسه با غلات افزایش می‌یابد (Nyiraneza *et al.*, 2021). با وجود این، تأثیر کود سبز بر عملکرد محصول بعدی بسته به عواملی مانند گونه‌های کود سبز، فصل رشد، ورودی نیتروژن، عوامل محیطی، شرایط آب و هوایی، خواص خاک و شیوه‌های مدیریتی بسیار متغیر است (Fan *et al.*, 2021).

در مطالعه‌ای کشت سیب‌زمینی بعد از کود سبز چاودار، ترپچه علوفه‌ای و نخود زمستانه ۱۳ تا ۲۵ درصد عملکرد غده بیشتری نسبت به شاهد تولید کرد. چاودار نسبت به ترپچه علوفه‌ای یا نخود زمستانه نیتروژن کمتری در اختیار محصول سیب‌زمینی قرار داد. با وجود این، کشت سیب‌زمینی پس از چاودار عملکرد بیشتری نسبت به تیمار عدم کاشت گیاه پوششی تولید کرد (Jahanzad *et al.*, 2017). در تحقیقی، کاربرد شبدر قرمز و مخلوط شبدر قرمز- تیموتی به عنوان کود سبز به دلیل تجمع ماده خشک بیشتر و نسبت C:N کمتر موجب افزایش عرضه نیتروژن به محصول بعدی (سیب‌زمینی) شد و کیفیت خاک را با افزایش پایداری خاکدانه‌ها بهبود بخشید (Whittaker *et al.*, 2023). در پژوهشی دیگر، عملکرد سیب‌زمینی پس از تیمار آیش کمتر از تیمارهای کود سبز غلات و بقولات بود (Geisseler & Wilson, 2020). Essah *et al.* (2012) نشان دادند که کود سبز پتانسیل افزایش عملکرد و کیفیت غده (از نظر اندازه و شکل ظاهری غده‌ها) سیب‌زمینی را دارند. در بررسی آن‌ها، اغلب کود سبز، به‌ویژه سورگوم-سودانگراس، عملکرد و کیفیت غده را افزایش دادند. کاربرد ماشک و نخود مزرعه‌ای به عنوان کود سبز، موجب رفع نیازهای سیب‌زمینی به نیتروژن در طی فصل رشد شد. همچنین این کود سبز، به تنهایی یا در مخلوط با گونه‌های غیر بقولات، عملکرد و کیفیت محصول سیب‌زمینی را افزایش داد (Wilson *et al.*, 2019). نتایج یک بررسی دیگر نشان داد که کاشت چاودار، جو و تریتی‌کاله به عنوان کود سبز عملکرد سیب‌زمینی را بهبود بخشید و تیمارهای چاودار با تراکم کاشت معمول (۱۹۰ کیلوگرم در هکتار) و سه برابر (۵۷۰ کیلوگرم در هکتار) و جو با تراکم کاشت سه برابر (۵۷۰ کیلوگرم در هکتار) دارای بیشترین عملکرد غده

سیبزمینی بودند (Ghafari et al., 2012). در یک پژوهش، کود سبز باقلا مخملی (*Mucuna aterrima*)، نیتروژن زیادی را برای سیبزمینی شیرین که به طور متوالی کشت می‌شد تامین کرد، اما اثری مشابه با نخود سنی (*Crotalaria spectabilis*) بر عملکرد غده داشت. در این بررسی، استفاده از بقولات به عنوان کود سبز نیاز به کود معدنی نیتروژن مورد نیاز سیبزمینی شیرین را تا ۳۵/۲ درصد کاهش داد (Fernandes et al., 2018).

با توجه به ضرورت کاهش کاربرد نهاده‌های شیمیایی به‌ویژه کود نیتروژن در راستای افزایش پایداری و کاهش هزینه‌های زیست‌محیطی و اقتصادی در زراعت سیبزمینی، پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر کشت سه گونه شبدر، ماشک و جو به عنوان کود سبز بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد سیبزمینی در منطقه کرمانشاه انجام شد.

## ۲. روش‌شناسی پژوهش

این آزمایش به منظور بررسی تأثیر کاربرد کودهای سبز شبدر، ماشک و جو به صورت خالص و مخلوط بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد سیبزمینی رقم سانتا (یک رقم متوسط‌رس با ارتفاع متوسط و سازگار با منطقه)، در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه انجام شد. بر اساس طبقه‌بندی دومارتن، کرمانشاه دارای اقلیم سرد و نیمه‌خشک با میانگین بارش بلندمدت (۷۰ ساله) ۴۳۳/۱ میلی‌متر می‌باشد. این منطقه دارای طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۱۹ متر است. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری.

Texture	EC (ds/m)	pH	Organic Carbon (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)
Silty clay	0.83	7.06	1.00	0.09	5.1	312	4.8	1.72	1.24	6.2

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ۱۰ سطح کود سبز (T1: شاهد، T2: شبدر خالص، T3: جو خالص، T4: ماشک خالص، T5: ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد شبدر، T6: ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد ماشک، T7: ۵۰ درصد ماشک + ۵۰ درصد شبدر، T8: ۳۰ درصد جو + ۷۰ درصد شبدر، T9: ۳۰ درصد ماشک + ۷۰ درصد جو، و T10: ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو) بودند.

به‌منظور کشت گیاهان مورد استفاده به عنوان کود سبز، ابتدا در پاییز، زمین مورد نظر شخم و سپس دیسک زده شد. سپس اقدام به کرت‌بندی زمین شد و کرت‌هایی به ابعاد هفت متر در شش متر ایجاد شد و فاصله بین بلوک‌ها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. در مرحله بعد بذر همه گیاهان مورد استفاده برای کود سبز (ماشک، شبدر و جو) در عمق دو تا پنج سانتی‌متری و به صورت ردیفی با فاصله ۱۵ سانتی‌متر بر اساس تیمارهای تعیین‌شده کشت شدند. پس از کشت این گیاهان به منظور جوانه‌زنی آبیاری انجام شد. مقدار بذر مصرفی برای هر تیمار متفاوت بود که در جدول ۲ نشان داده شده است. در تاریخ ۳۰ فروردین ۱۴۰۲ کودهای سبز در آغاز مرحله گلدهی و قبل از تولید بذر، با استفاده از دیسک بشقابی در دو مرحله با فاصله یک هفته به خاک برگردانده شدند. ۳۰ روز پس از برگرداندن کودهای سبز (۱ خردادماه)، اقدام به کشت سیبزمینی رقم سانتا شد. برای این منظور ابتدا با استفاده از فاروئر، شیارهایی به عرض ۷۰ سانتی‌متر ایجاد و غده‌های با قطر ۳-۳/۷ سانتی‌متر روی ردیف‌هایی با فاصله ۷۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر کشت شدند. یک روز بعد از کشت سیبزمینی اقدام به آبیاری مزرعه شد و زمان آبیاری‌های بعدی به‌طور منظم و به صورت هفتگی تکرار شد. ۴۰ روز بعد از کشت نیز اقدام به خاک‌دهی پای بوته‌ها شد.

در این پژوهش صفات ارتفاع بوته (متر)، سطح برگ در سه سطح یک متر مربعی از هر کرت (دستگاه Version: 1.02 Hansatech) در چهار مرحله شامل رشد رویشی (قبل از گلدهی)، تشکیل غده (زمان گلدهی)، پرشدن غده (۲۰ روز بعد از تشکیل غده) و بلوغ غده‌ها ارزیابی شدند. در هر مرحله از نمونه‌برداری سه بوته سیبزمینی از هر تیمار به‌طور تصادفی و با

رعایت اثرات حاشیه‌ای اندازه‌گیری شد. همچنین به منظور تعیین تعداد ساقه در واحد سطح، از هر تیمار بوته‌های واقع در یک متر مربع انتخاب و تعداد ساقه آن‌ها شمارش شد. سپس این بوته‌ها از سطح خاک قطع شده و پس از انتقال به آزمایشگاه ساقه و برگ هر تیمار تفکیک شد. در نهایت با قرار دادن در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک گردیدند و وزن خشک برگ و ساقه با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد.

جدول ۲. مقدار بذر مصرف‌شده برای هر یک از گیاهان مورد استفاده به عنوان کود سبز در تیمارهای مختلف.

Green manure	Seeding rate (kg ha <sup>-1</sup> )	Pure treatment (kg ha <sup>-1</sup> )	Mixed treatments			
			70% (kg ha <sup>-1</sup> )	50% (kg ha <sup>-1</sup> )	40% (kg ha <sup>-1</sup> )	20% (kg ha <sup>-1</sup> )
Vetch	60	60	-	30	24	-
Clover	20	20	14	10	8	-
Barley	150	150	105	75	-	30

جهت محاسبه محتوای نسبی آب برگ در هر چهار مرحله از نمونه‌برداری، سه عدد برگ واقع در قسمت وسط ساقه (از ساقه‌های میانی) جدا شد. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و وزن تر آن‌ها با ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد. پس از آن، تمامی نمونه‌ها در آب مقطر قرار داده شده و به مدت پنج ساعت در یخچال در دمای چهار درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. در نهایت وزن اشباع برگ‌ها اندازه‌گیری شد. برگ‌ها به مدت ۷۲ ساعت دیگر در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد در یک آون قرار گرفته و وزن خشک هر کدام اندازه‌گیری و سپس محتوای آب نسبی برگ‌ها از طریق رابطه ۱ محاسبه شد (Webster & Ebdon, 2005):

$$\text{RWC}(\%) = [(FW - DW) / (TW - DW)] \times 100 \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در این رابطه، RWC: محتوای آب نسبی، FW: وزن تر، DW: وزن خشک و TW: وزن اشباع برگ می‌باشد.

جهت محاسبه درجه‌بندی قطری غده‌های سیب‌زمینی از سه ردیف مرکزی هر تیمار با رعایت اثر حاشیه، قطعات یک متر مربعی در هر تیمار به صورت جداگانه برداشت و اندازه غده‌ها مشخص شد. اندازه غده‌ها در مرحله بلوغ با دستگاه کولیس بر اساس سه سایز کوچک (سه تا ۳/۷ سانتی‌متر)، متوسط (چهار تا ۴/۷ سانتی‌متر) و درشت (پنج تا ۵/۷ سانتی‌متر) درجه‌بندی و سپس تعداد آن‌ها در متر مربع تعیین شد (Abbas *et al.*, 2012). جهت تعیین تعداد غده در مرحله بلوغ از هر تیمار با استفاده از کوادرات یک متر مربعی تعداد یک کوادرات به طور تصادفی انتخاب و پس از شمارش تعداد غده‌ها و میانگین‌گیری تعداد آن‌ها در واحد سطح محاسبه شد. برای تعیین عملکرد در واحد سطح در مرحله بلوغ کامل از هر تیمار سه ردیف میانی به ابعاد ۲/۱ متر در ۲/۱ متر (سه ردیف ۷۰ سانتی‌متری و هفت بوته در هر ردیف با فاصله ۳۰ سانتی‌متر) جهت نمونه‌برداری انتخاب گردید. غده‌های برداشت‌شده پس از تمیزشدن، با ترازوی دیجیتال توزین و نتایج در واحد سطح محاسبه شد.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد. شایان ذکر است که در تجزیه داده‌های صفات غیر عملکردی از روش برش‌دهی استفاده شد و مقایسه میانگین اثر تیمارهای کود سبز برای هر مرحله رشدی به صورت جداگانه انجام گرفت.

### ۳. نتایج پژوهش و بحث

#### ۳-۱. ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود سبز بر ارتفاع بوته سیب‌زمینی در هر چهار مرحله رشد رویشی (قبل از گل‌دهی)، تشکیل غده (گل‌دهی)، پر شدن غده (۲۰ روز بعد از گل‌دهی) و بلوغ غده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). ارتفاع بوته با کاربرد کود سبز در مقایسه با تیمار شاهد افزایش نشان داد. در مرحله رویشی بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۴۱/۵۰ سانتی‌متر مربوط به تیمار ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو بود و کمترین آن برای تیمارهای شاهد با میانگین ۳۰/۲۳ سانتی‌متر و جو خالص با میانگین ۳۱/۶۶ سانتی‌متر ثبت شد (شکل ۱). همچنین در مرحله تشکیل غده که شروع مرحله زایشی

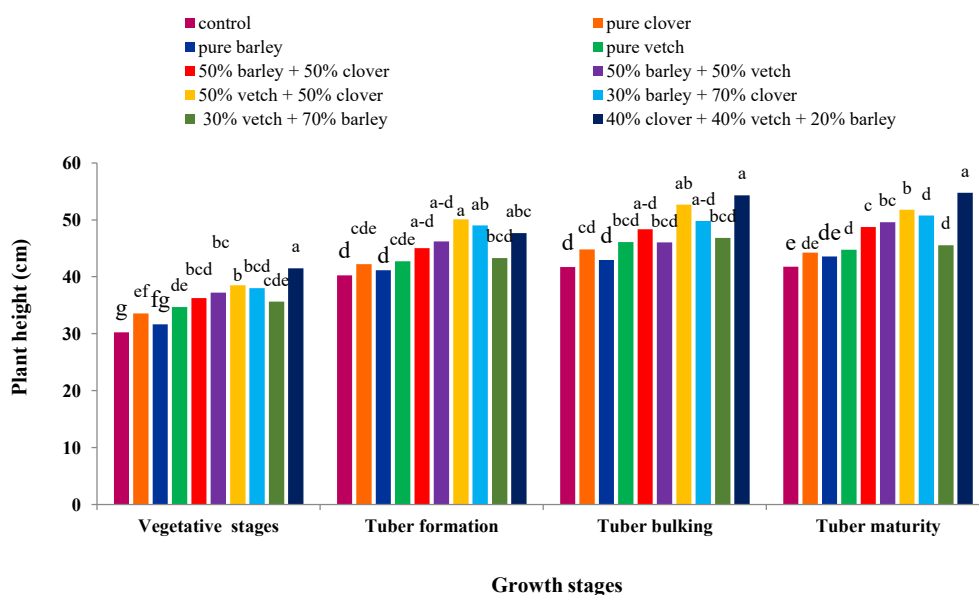
بود، بیشترین ارتفاع بوته با ۵۰/۱ سانتی‌متر در تیمار ۵۰ درصد ماشک + ۵۰ درصد شبدر به دست آمد و کمترین میزان آن مربوط به تیمار شاهد با ۴۰/۲۶ سانتی‌متر و سپس جو خالص با ۴۱/۱۳ سانتی‌متر، شبدر خالص با ۴۲/۲۰ سانتی‌متر و ماشک خالص با میزان ۴۲/۷۰ سانتی‌متر بود (شکل ۱). به علاوه، در هر دو مرحله تشکیل غده و بلوغ غده در تیمار ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو بلندترین گیاهان سیب‌زمینی مشاهده شدند، به گونه‌ای که ارتفاع آن‌ها به ترتیب ۵۴/۳ سانتی‌متر (تشکیل غده) و ۵۴/۷۶ سانتی‌متر (بلوغ غده) بود. در رتبه بعدی ۵۰ درصد ماشک + ۵۰ درصد شبدر بیشترین ارتفاع بوته را داشتند. کوتاه‌ترین بوته‌ها نیز در مرحله تشکیل غده و بلوغ غده به ترتیب مربوط به تیمار شاهد با میزان ۴۱/۷ و ۴۱/۷۶ سانتی‌متر و سپس شبدر خالص با مقدار ۴۴/۸ و ۴۴/۲۳ سانتی‌متر و جو خالص با ۴۲/۹۶ و ۴۳/۵۶ سانتی‌متر بود (شکل ۱).

ارتفاع گیاه یک جزء مورفولوژیکی مهم است که نقش عمده‌ای در جذب نور، فتوسنتز و در نهایت تولید زیست‌توده ایفا می‌کند. بهبود پارامترهای رشدی ممکن است به دلیل افزایش در دسترس بودن مواد مغذی و تولید مواد محرک رشد ناشی از کودهای سبز باشد که باعث افزایش طول و تکثیر سلول می‌شود (Smitha et al., 2019). نتایج نشان داد که در کشت مخلوط جو با بقولات و کشت مخلوط شبدر و ماشک ارتفاع بوته سیب‌زمینی بیشتر شد. به طور کلی، گونه‌های گندمیان به دلیل برخورداری از رشد زیاد، ایجاد پوشش قابل توجه روی خاک و پوسیده شدن آهسته بقایا مطلوب هستند. از سوی دیگر، گونه‌های بقولات نیز به دلیل سریع‌تر پوسیده شدن بقایا و بازگشت مواد مغذی جذب‌شده به سامانه ممکن است در مواردی نسبت به گندمیان بهتر باشند (Koudahe et al., 2022). تفاوت در ارتفاع بوته می‌تواند در نتیجه افزایش مواد مغذی خاک مانند نیتروژن باشد که ناشی از کودهای سبز بقولات است، زیرا این گیاهان جذب کل نیتروژن را برای محصول بعدی نسبت به سامانه‌های بدون کود سبز بهبود می‌بخشند (Mas-Ud et al., 2021).

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر گیاهان مورد مطالعه به عنوان کود سبز بر ارتفاع سیب‌زمینی در مراحل مختلف رشد.

S.O.V.	Df	Vegetative stage (before flowering)	Tuber formation	Tuber bulking	Tuber maturity
Replication	2	1.20	38.48	18.92	24.38
Green manure	9	33.74**	34.51**	48.31**	52.76**
Error	18	1.11	6.54	8.33	1.49
CV (%)	-	2.95	5.71	6.09	2.57

\*\* به مفهوم معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد می‌باشد.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر گیاهان مورد مطالعه به عنوان کود سبز بر ارتفاع بوته سیب‌زمینی در مراحل مختلف رشد.

عدد هر ستون از میانگین سه تکرار تشکیل شده است. حروف مشابه در هر مرحله رشدی بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

### ۳-۲. سطح برگ

نتایج نشان داد که سطح برگ سیب زمینی در هر چهار مرحله رشدی تحت تاثیر کود سبز قرار گرفت، به گونه‌ای که تفاوت معنی داری در سطح احتمال یک درصد بین تیمارها وجود داشت (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در مرحله رشد رویشی، بیشترین سطح برگ در واحد بوته سیب زمینی در تیمار ۴۰ درصد شبدر ۴۰+ درصد ماشک ۲۰+ درصد جو با میانگین ۲۴۸/۸۱ سانتی متر مربع و کمترین میزان آن از تیمار شاهد با میانگین ۱۳۶/۲۷ سانتی متر مربع به دست آمد (شکل ۲). در مرحله تشکیل غده نیز حداکثر سطح برگ با میانگین ۲۶۱/۶۳ سانتی متر مربع به تیمار ۴۰ درصد شبدر ۴۰+ درصد ماشک ۲۰+ درصد جو اختصاص یافت که باعث افزایش ۱۳۶/۶ درصدی نسبت به شاهد شد. پس از آن، تیمارهای ۵۰ درصد ماشک ۵۰+ درصد شبدر و ۳۰ درصد جو ۷۰+ درصد شبدر در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (شکل ۲).

در مرحله پر شدن غده نیز، بیشترین سطح برگ سیب زمینی با میزان ۲۶۱/۸۱ سانتی متر مربع در تیمار ۴۰ درصد شبدر ۴۰+ درصد ماشک ۲۰+ درصد جو حاصل شد و کمترین آن با ۱۲۲/۷۷ سانتی متر مربع مربوط به تیمار شاهد و یا عدم استفاده از کود سبز بود (شکل ۲). کود سبز در مرحله بلوغ نیز تیمار ۴۰ درصد شبدر ۴۰+ درصد ماشک ۲۰+ درصد جو با میزان ۲۷۲/۰ سانتی متر مربع بیشترین تاثیر را در افزایش سطح برگ داشت، در حالی که کمترین میزان آن ۱۱۶/۲۵ سانتی متر مربع مربوط به تیمار شاهد بود. با وجود این، بین سایر تیمارهای کود سبز مورد استفاده از نظر این صفت اختلاف معنی داری وجود نداشت (شکل ۲).

افزایش نیتروژن در دسترس گیاه می‌تواند رشد رویشی و سطح برگ را افزایش دهد. کود سبز از طریق تأمین نیتروژن باعث افزایش تعداد برگ و در نهایت سطح برگ محصولات می‌شود (Islam et al., 2019). در مطالعه حاضر وجود کود سبز به ویژه بقولات باعث افزایش سطح برگ نسبت به تیمار شاهد گردید که این امر شاید به دلیل آن باشد که این گیاهان با تثبیت نیتروژن می‌توانند نیتروژن بیشتری نسبت به غیر بقولات در اختیار سیب زمینی قرار دهند. بقولاتی مانند ماشک و شبدر به علت داشتن غلظت بالای نیتروژن و نسبت پایین کربن به نیتروژن، خیلی سریع در خاک تجزیه شده و باعث همزمانی آزادسازی نیتروژن از بقایای گیاهی با تقاضای گیاه بعدی برای این ماده غذایی می‌شوند. Ahmadvand & Hajinia (2015) گزارش دادند که گیاه پوششی ماشک به علت حفظ بیشتر رطوبت خاک به ویژه در ابتدای فصل رشد سیب زمینی موجب افزایش سطح برگ آن می‌شود که همسو با نتایج این پژوهش است.

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس اثر گیاهان مورد مطالعه به عنوان کود سبز بر سطح برگ سیب زمینی در مراحل مختلف رشد.

S.O.V.	Df	Vegetative stage (before flowering)	Tuber formation	Tuber bulking	Tuber maturity
Replication	2	57.54	41.44	8.29	387.90
Green manure	9	2581.99**	4770.02**	4219.02**	4448.54**
Error	18	36.35	39.66	46.03	259.35
CV(%)	-	3.12	3.02	3.04	7.57

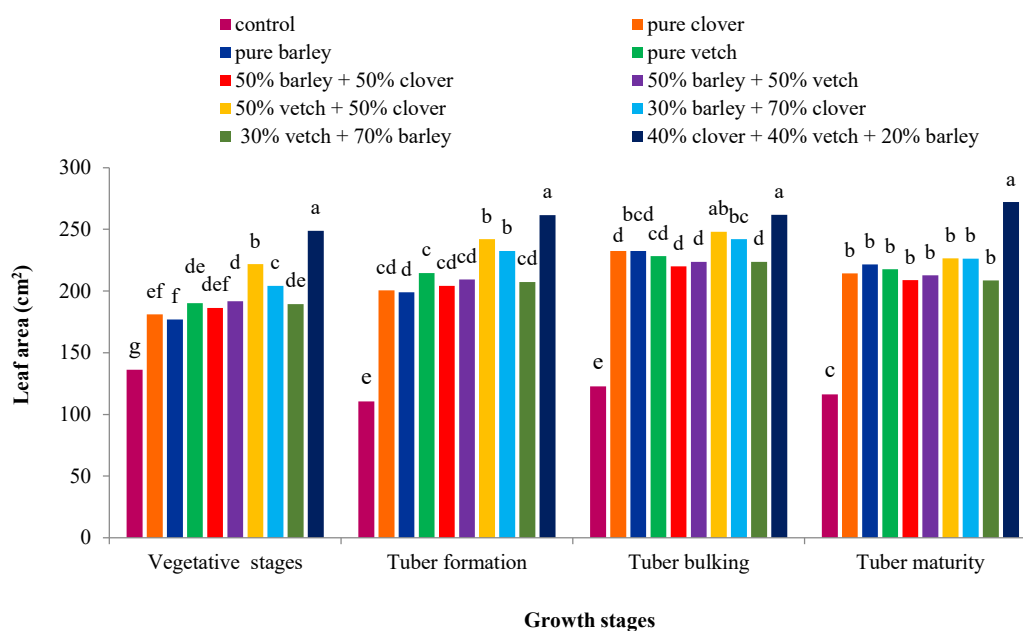
\*\* به مفهوم معنی داری در سطح احتمال یک درصد می‌باشد.

### ۳-۳. وزن خشک برگ

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مشخص شد که اثر گیاهان مورد مطالعه به عنوان کود سبز بر وزن خشک برگ در مرحله تشکیل و پر شدن غده در سطح احتمال یک درصد و در مرحله بلوغ غده در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۵). بر اساس نتایج مقایسه میانگین، کودهای سبز سبب افزایش وزن خشک برگ سیب زمینی در هر سه مرحله رشدی شدند، به گونه‌ای که بیشترین مقدار آن از تیمار ۴۰ درصد شبدر ۴۰+ درصد ماشک ۲۰+ درصد جو به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی داری نشان داد. در دو مرحله اول رشد، تیمارهای ۵۰ درصد ماشک ۵۰+ درصد شبدر و ۳۰ درصد جو ۷۰+ درصد شبدر و در مرحله بلوغ تیمار شبدر خالص در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. کمترین وزن خشک برگ نیز در تیمار شاهد و به میزان ۱۸۸/۴، ۱۸۵/۴ و ۲۲۵/۲ گرم در متر مربع به ترتیب در مرحله‌های تشکیل، پر شدن و بلوغ غده ثبت شد (شکل ۳).

بیشتر بودن وزن خشک برگ‌های سیب زمینی در تیمارهای کود سبز احتمالاً با در دسترس بودن بیشتر نیتروژن خاک همراه است، که امکان جذب آن توسط گیاه را فراهم می‌کند. در دسترس بودن بیشتر نیتروژن باعث افزایش سرعت توسعه برگ‌ها، جذب

تابش کل خورشیدی و تجمع ماده خشک در گیاه می‌شود. از سوی دیگر، کمتر بودن تجمع ماده خشک در اندام‌های هوایی سیب‌زمینی در نبود کود سبز ممکن است به دلیل دسترسی کمتر نیتروژن برای بافت‌های هوایی سیب‌زمینی باشد که باعث حذف زودرس برگ‌ها می‌شود (Mohamed *et al.*, 2017). علاوه بر این، اثر مطلوب بقایای گیاهان پوششی بر رشد از طریق تأمین رطوبت کافی، به جذب بیشتر مواد مغذی، تقسیم کارآمد متابولیت‌ها و تجمع و جابجایی کافی مواد فتوسنتزی منجر شده و موجب بهبود ویژگی‌های رشدی می‌شود (Choudhary *et al.*, 2016).



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر گیاهان مورد مطالعه به عنوان کود سبز بر سطح برگ سیب‌زمینی در مراحل مختلف رشد.

عدد هر ستون از میانگین سه تکرار تشکیل شده است. حروف مشابه در هر مرحله رشدی بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس اثر گیاهان مورد مطالعه به عنوان کود سبز بر وزن خشک برگ سیب‌زمینی در مراحل مختلف رشد.

S.O.V.	Df	Vegetative stage (before flowering)	Tuber formation	Tuber bulking	Tuber maturity
Replication	2	1848.45	2764.18	642.96	5621.91
Green manure	9	1360.86 <sup>ns</sup>	13435.40 <sup>**</sup>	19856.51 <sup>**</sup>	12182.22 <sup>*</sup>
Error	18	993.47	963.44	731.15	3398.12
CV(%)	-	15.16	10.38	10.21	19.78

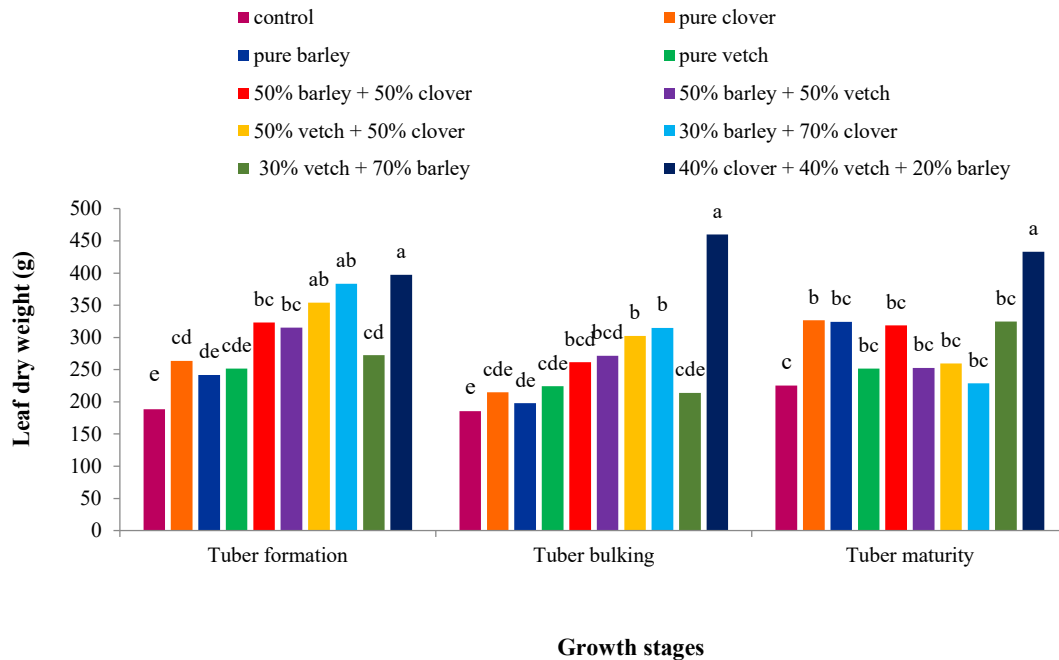
<sup>\*</sup>، <sup>\*\*</sup> و <sup>ns</sup> به ترتیب به مفهوم معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

### ۳-۴. وزن خشک ساقه

نتایج نشان داد که اثر گیاهان مورد مطالعه به عنوان کود سبز بر وزن خشک ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بقایای گیاهان پوششی به صورت خالص و مخلوط سبب افزایش وزن خشک ساقه سیب‌زمینی شدند. در مرحله رویشی، تیمار ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو بیشترین تأثیر را بر افزایش وزن خشک ساقه نسبت به سایر تیمارها داشت، به گونه‌ای که کمترین وزن خشک ساقه یعنی ۱۸۸/۶۴ گرم در متر مربع مربوط به تیمار شاهد و بیشترین آن مربوط به تیمار ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو با میانگین ۲۷۹/۳ گرم در متر مربع بود (شکل ۴). در مرحله تشکیل غده نیز بالاترین وزن خشک ساقه به تیمار ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو با میزان ۲۹۱/۴ گرم در متر مربع اختصاص یافت که با تیمار ۵۰ درصد ماشک + ۵۰ درصد شبدر اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین میزان آن نیز با میانگین ۱۸۲/۲ گرم در متر مربع در تیمار شاهد مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با جو خالص ۱۹۴/۶ گرم در متر مربع و ۳۰



درصد ماشک +۷۰ درصد جو با میانگین ۲۲۰ گرم در متر مربع نداشت. به طور کلی، تیمار ۴۰ درصد شبدر +۴۰ درصد ماشک +۲۰ درصد جو وزن خشک ساقه سیب زمینی را به ترتیب نسبت به شاهد، جو خالص و ۳۰ درصد ماشک +۷۰ درصد جو ۵۹/۹۳، ۴۹/۷۴ و ۳۲/۴۵ درصد افزایش داد (شکل ۴).



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر گیاهان مورد استفاده به عنوان کود سبز بر وزن خشک برگ سیب زمینی در مراحل مختلف رشد. عدد هر ستون از میانگین سه تکرار تشکیل شده است. حروف مشابه در هر مرحله رشدی بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

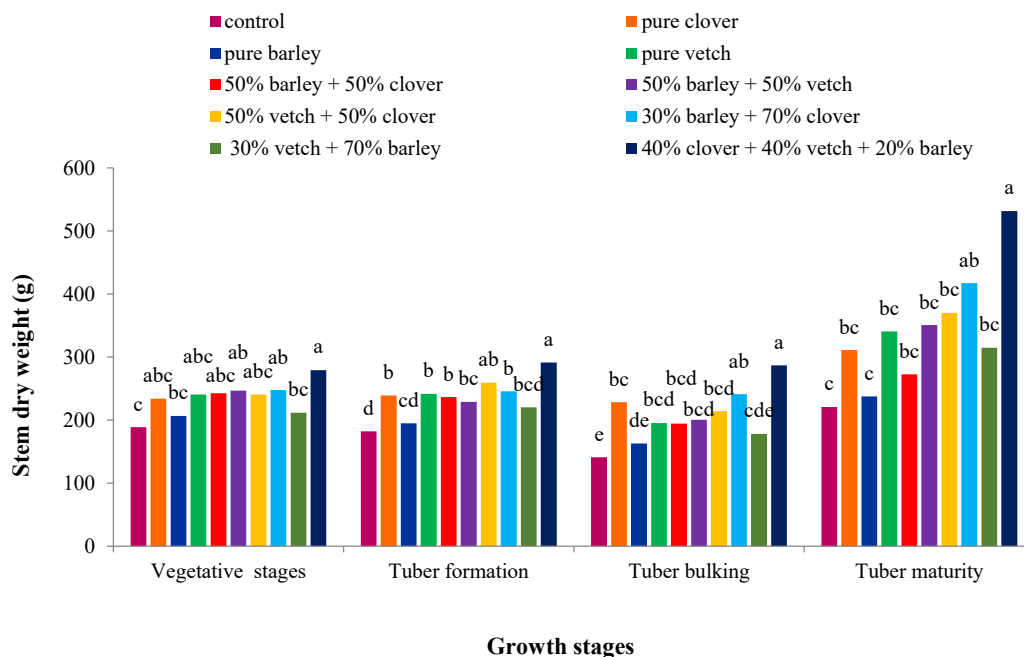
به علاوه، در مرحله پر شدن غده با میزان ۲۸۷ گرم در متر مربع و بلوغ غده با ۵۳۱/۶۷ گرم در متر مربع در تیمار ۴۰ درصد شبدر +۴۰ درصد ماشک +۲۰ درصد جو وزن خشک ساقه بالاترین مقدار را داشت. سپس تیمار ۳۰ درصد جو +۷۰ درصد شبدر در رتبه بعدی قرار داشت. کمترین میزان آن نیز در مرحله پر شدن غده با ۱۴۱/۲۰ گرم در متر مربع و بلوغ غده با میانگین ۲۲۰/۶ گرم در متر مربع مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۴).

از آنجایی که کود سبز موجب افزایش سطح برگ می شود، ممکن است به دلیل فتوسنتز بیشتر و تأمین متعادل مواد مغذی در خاک تولید ماده خشک را افزایش دهد (Islam et al., 2019). به علاوه، وجود بقایای گیاهی با پوشاندن سطح خاک برای مدت طولانی، موجب حفظ رطوبت خاک (Mesbah et al., 2019) و افزایش جمعیت میکروبی خاک می شود که در نتیجه دسترسی و جذب مواد مغذی را تسهیل کرده و در نهایت تجمع ماده خشک را افزایش می دهد (Smitha et al., 2019).

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس اثر گیاهان مورد مطالعه به عنوان کود سبز بر وزن خشک ساقه سیب زمینی در مراحل مختلف رشد.

S.O.V.	Df	Vegetative stage (before flowering)	Tuber formation	Tuber bulking	Tuber maturity
Replication	2	1172.03	896.29	2729.94	15514.95
Green manure	9	1953.30**	2869.60**	5143.82**	24806.19**
Error	18	540.38	302.62	503.72	4161.15
CV(%)	-	9.94	7.43	10.98	19.16

\*\* به مفهوم معنی داری در سطح احتمال یک درصد می باشد.



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر گیاهان مورد مطالعه به عنوان کود سبز بر وزن خشک ساقه سیب‌زمینی در مراحل مختلف رشد.

عدد هر ستون از میانگین سه تکرار تشکیل شده است. حروف مشابه در هر مرحله رشدی بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

### ۳-۵. تعداد ساقه اصلی

اثر کود سبز بر تعداد ساقه اصلی سیب‌زمینی در سه مرحله تشکیل غده (گلدهی)، پرشدن غده (۲۰ روز بعد از گلدهی) و بلوغ غده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). در مرحله تشکیل غده، تیمار ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو موجب تولید بیشترین ساقه اصلی شده است، به طوری که این تیمار باعث افزایش ۱۵۵/۴ درصدی تعداد شاخه اصلی نسبت به گیاهان شاهد شد. همچنین، سایر تیمارهای کود سبز تاثیر مثبتی در تولید ساقه اصلی داشتند و از این نظر تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان دادند (شکل ۵). در مرحله پر شدن غده نیز با کاربرد کود سبز تعداد ساقه سیب‌زمینی روند افزایشی داشته، به طوری که بیشترین تعداد مربوط به تیمار ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۳۰ درصد جو + ۷۰ درصد شبدر نداشت. از سوی دیگر، کمترین تعداد آن از تیمار شاهد به دست آمد که در مقایسه با تیمارهای ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو و ۳۰ درصد جو + ۷۰ درصد شبدر به ترتیب ۴۴/۳ و ۳۷/۱ درصد کاهش نشان داد (شکل ۵).

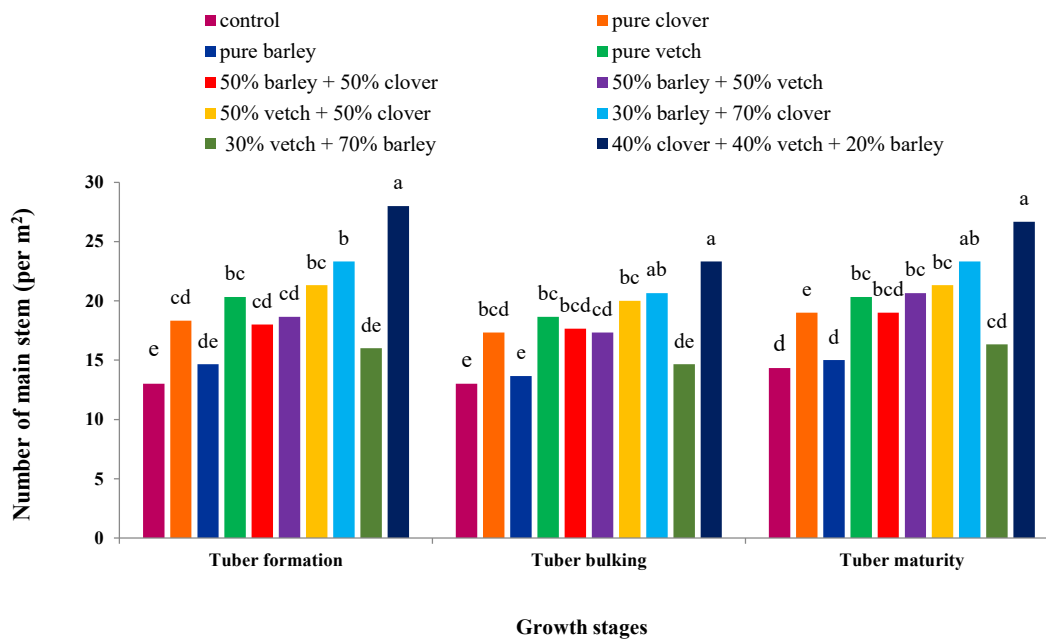
در مرحله سوم رشدی (بلوغ غده)، بالاترین تعداد ساقه از تیمارهای ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو و ۳۰ درصد جو + ۷۰ درصد شبدر حاصل شد که به ترتیب افزایش ۴۶/۲ و ۳۸/۷ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشتند. کمترین تعداد آن نیز به تیمار شاهد و جو خالص اختصاص داشت (شکل ۵).

بقولاتی که به عنوان کود سبز استفاده می‌شوند نقش مهمی در تثبیت نیتروژن جو، کاهش آبشویی نیترات و افزایش دسترسی نیتروژن خاک برای محصول بعدی دارند. در مقابل، توانایی گیاهان غیر بقولات برای آزادسازی نیتروژن همزمان با نیاز محصول کمتر است (Sadra et al., 2023). تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه موجب تحریک رشد رویشی می‌شود و از طریق افزایش سطح سبز میزان مواد فتوسنتزی را که در اختیار مریستم‌های جانبی قرار می‌گیرد، افزایش می‌دهد. این عامل موجب تحریک رشد جوانه‌ها و به وجود آمدن شاخه‌های بیشتر خواهد شد (Jalilian et al., 2021). همسو با یافته‌های این پژوهش (Ahmadvand & Hajinia, 2015) بیان کردند که کاشت گیاه پوششی ماشک توانست تعداد ساقه در بوته سیب‌زمینی را افزایش دهد. آن‌ها گزارش دادند که ایجاد بستر مناسب، زمینه رشد و استفاده بهتر از عناصر غذایی خاک را فراهم آورده و سبب افزایش تعداد ساقه اصلی شد.

جدول ۷. نتایج تجزیه واریانس اثر گیاهان مورد مطالعه به عنوان کود سبز بر تعداد ساقه اصلی سیب زمینی در مراحل مختلف رشد.

S.O.V.	Df	Tuber formation	Tuber bulking	Tuber maturity
Replication	2	45.63	14.53	30.90
Green manure	9	57.35**	31.51**	42.94**
Error	18	2.92	1.79	4.93
CV(%)	-	8.93	7.59	11.33

\*\* به مفهوم معنی داری در سطح احتمال یک درصد می باشد.



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر گیاهان مورد مطالعه به عنوان کود سبز بر تعداد ساقه اصلی گیاه سیب زمینی در مراحل مختلف رشد. عدد هر ستون از میانگین سه تکرار تشکیل شده است. حروف مشابه در هر مرحله رشدی بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

### ۳-۶. محتوای آب نسبی برگ

اثر کود سبز بر محتوای آب نسبی برگ سیب زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید (جدول ۸). کاربرد کود سبز سبب افزایش محتوای آب نسبی برگ در هر چهار مرحله رشد رویشی، تشکیل غده، پرشدن غده و بلوغ غده سیب زمینی در مقایسه با شاهد بدون کود سبز شد. در مرحله رویشی، در تیمار ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو محتوای آب نسبی برگ با ۸۲/۶ درصد بالاترین مقدار بود. در تیمار بدون کود سبز (شاهد) محتوای آب نسبی برگ ۲۱/۶ درصد نسبت به تیمار فوق کاهش یافت. به طور کلی، بیشترین محتوای آب نسبی برگ بعد از تیمار ذکر شده در تیمارهای ۳۰ درصد جو + ۷۰ درصد شبدر، ۵۰ درصد ماشک + ۵۰ درصد شبدر، ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد شبدر و ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد ماشک به دست آمد که البته اختلاف معنی داری با یکدیگر نشان ندادند. کمترین محتوای آب نسبی نیز مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۶۱ درصد بود (شکل ۶).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین، بیشترین محتوای آب نسبی برگ در مرحله تشکیل غده با میانگین ۷۴/۶ درصد مربوط به تیمار ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو بود که افزایش ۵۳/۴ درصدی نسبت به شاهد با میانگین ۴۸/۷ درصد نشان داد. با وجود این، تیمار ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو اختلاف معنی داری از نظر محتوای آب نسبی برگ با تیمارهای ۵۰ درصد ماشک + ۵۰ درصد شبدر، ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد شبدر و ۳۰ درصد جو + ۷۰ درصد شبدر نداشت (شکل ۶). در مرحله پر شدن غده نیز بیشترین محتوای آب نسبی برگ در تیمار ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو به دست آمد که حدود ۲۳/۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت (شکل ۶).

در مرحله بلوغ غده، بالاترین محتوای آب نسبی برگ در تیمارهای ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو و ۵۰ درصد ماشک + ۵۰ درصد شبدر به ترتیب با میزان ۷۴/۹ و ۶۳/۵ درصد حاصل شد. در حالی که تیمار شاهد در این مرحله نیز با

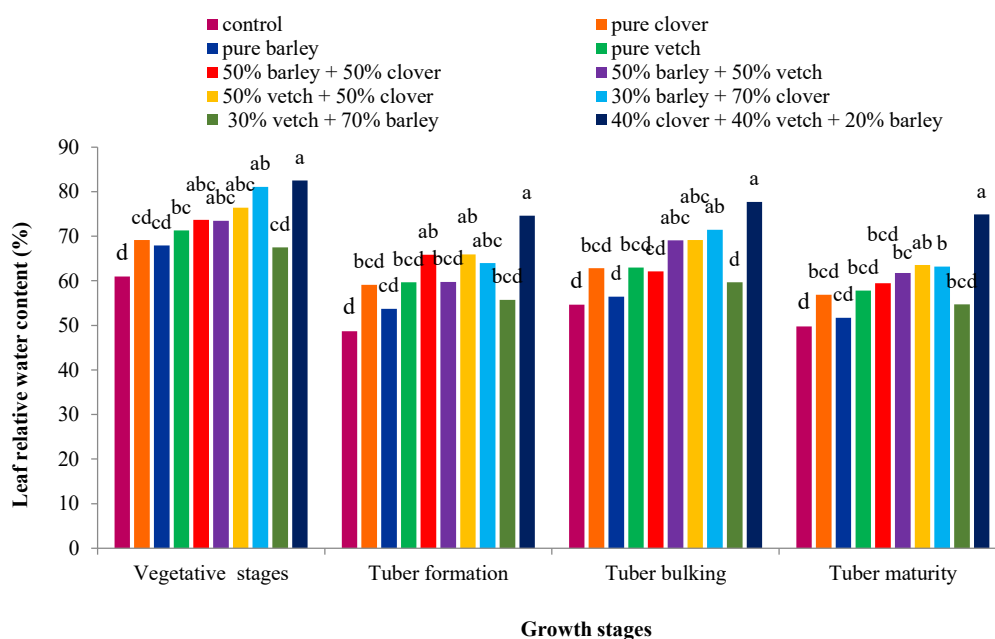
میزان ۴۹/۸ درصد کمترین محتوای آب نسبی برگ را داشت که تفاوت معنی داری با تیمارهای جو خالص، شبدر خالص، ماشک خالص، ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد شبدر و ۳۰ درصد ماشک + ۷۰ درصد جو نشان نداد (شکل ۶).

ریشه‌های گیاهان پوششی می‌توانند با نفوذ و شل کردن لایه‌های فشرده شده خاک، کانال‌ها و حفره‌های بزرگی را تشکیل دهند که منجر بهبود ساختمان خاک می‌شود (Wang *et al.*, 2020). یافته‌های یک بررسی نشان داد که کاشت گیاهان پوششی به نفوذ بیشتر آب به لایه زیرین و بهبود ذخیره آب خاک منجر می‌شود و گیاهان بعدی می‌توانند از محتوای آب ذخیره شده در مرحله رشد رویشی بهره‌مند شوند (Dehkordi *et al.*, 2021). همچنین، کود سبز حاصل از گیاهان پوششی، فرسایش و رواناب را کاهش می‌دهد و وضعیت آب گیاه را بهبود می‌بخشد و موجب می‌شود که گیاهان از محتوای آب نسبی برگ بالاتری برخوردار باشند (Lotfi & Pessaraki, 2023).

جدول ۸. نتایج تجزیه واریانس اثر گیاهان مورد مطالعه به عنوان کود سبز بر محتوای آب نسبی برگ سیب‌زمینی در مراحل مختلف رشد.

S.O.V.	Df	Vegetative stage (before flowering)	Tuber formation	Tuber bulking	Tuber maturity
Replication	2	39.93	10.09	118.49	238.99
Green manure	9	128.20**	160.35**	153.80**	153.15**
Error	18	17.54	25.93	15.90	23.57
CV (%)	-	5.78	8.39	6.17	8.17

\*\* به مفهوم معنی داری در سطح احتمال یک درصد می‌باشد.



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر گیاهان مورد مطالعه به عنوان کود سبز بر محتوای آب نسبی برگ گیاه سیب‌زمینی در مراحل مختلف رشد. عدد هر ستون از میانگین سه تکرار تشکیل شده است. حروف مشابه در هر مرحله رشدی بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

### ۳-۷. تعداد غده

تأثیر کود سبز بر تعداد غده سیب‌زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۹). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد کود سبز سبب افزایش تعداد غده سیب‌زمینی شد. بیشترین تعداد غده مربوط به تیمارهای ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو (۱۴۰/۸ غده در متر مربع)، ۳۰ درصد جو + ۷۰ درصد شبدر (۱۱۸/۷ غده در متر مربع)، ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد ماشک (۱۱۸/۱ غده در متر مربع) و ۵۰ درصد ماشک + ۵۰ درصد شبدر (۱۱۱/۳ غده در متر مربع) و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد با

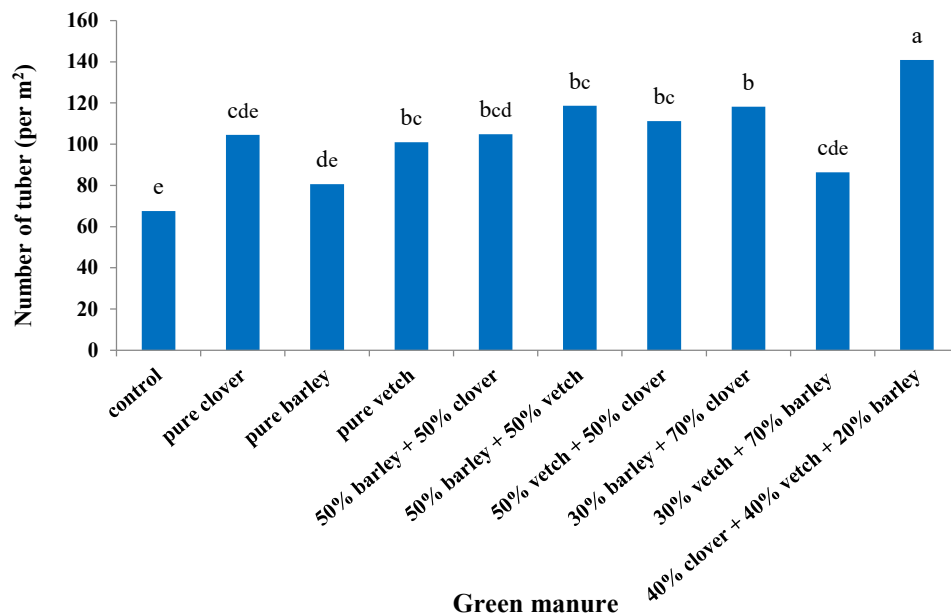
۶۷/۶ غده در متر مربع بود. در این تحقیق، بین تیمارهای جو خالص، ماشک خالص، ۳۰ درصد ماشک + ۷۰ درصد جو و شاهد اختلاف معنی داری وجود نداشت (شکل ۷).

تعداد بیشتر غده سیبزمینی را می توان به رطوبت بالاتر خاک در تیمارهای پوششی در طول توسعه اولیه سیبزمینی نسبت داد. همچنین کود سبز، موجب سبز شدن سریع تر و تولید گیاهچه قوی سیبزمینی می شوند و بر این اساس ساقه ها و شاخه های هر بوته را افزایش داده که به افزایش تعداد غده ها منجر می شود (Ahmed *et al.*, 2017). علاوه بر این، کاربرد بقایای گیاهان پوششی باعث کاهش قابل توجه دمای خاک در ناحیه ریشه و حفظ رطوبت خاک می شود و این شرایط مساعدی را برای رشد گیاه بعدی ایجاد می کند که به حداکثر رشد رویشی همراه با بیشترین تعداد غده منجر می شود (Bharati *et al.*, 2020). در این پژوهش، تعداد غده سیبزمینی با کاربرد کود سبز افزایش یافت که ممکن است به این دلیل تخلخل خاک باشد. به علاوه خاک حاوی مقدار بیشتری مواد مغذی است که به بهبود وزن اندام زیرزمینی کمک می کند و مواد غذایی بیشتر برای تشکیل ساختار زیرزمینی ایجاد می گردد. Ali *et al.* (2018) نیز گزارش کردند که کاشت گیاهان پوششی تخلخل خاک را افزایش داده و شرایط مناسبی برای تشکیل اندام زیرزمینی و افزایش فعالیت میکروبی در خاک فراهم می کند.

جدول ۹. نتایج تجزیه واریانس اثر گیاهان مورد مطالعه به عنوان کود سبز بر تعداد غده، درجه بندی قطری و عملکرد غده سیبزمینی در مرحله بلوغ.

S.O.V.	Df	Number of tuber	Small size tuber (3-3.7 cm)	Medium size tuber (4-4.7 cm)	Large size tuber (5-5.7 cm)	Tuber yield
Replication	2	35.71	167.50	3515.63	747.90	440.17
Green manure	9	1339.38**	585.04**	5223.76**	7907.54**	18.44**
Error	18	202.86	35.57	600.15	1538.64	10.89
CV (%)	-	13.77	7.85	9.59	31.98	16.96

\*\* به مفهوم معنی داری در سطح احتمال یک درصد می باشد.



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر گیاهان مورد مطالعه به عنوان کود سبز بر تعداد غده سیبزمینی در مراحل مختلف رشد. عدد هر ستون از میانگین سه تکرار تشکیل شده است. حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

### ۳-۸. درجه بندی غده ها بر اساس قطر

نتایج آزمایش نشان داد که اثر کود سبز بر درجه بندی قطری غده های سیبزمینی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۹). ارزیابی اثر کود سبز بر قطر غده های کوچک (۳-۳/۷ سانتی متر) سیبزمینی نشان داد که حداکثر تعداد غده کوچک با میانگین

۹۵ عدد در متر مربع مربوط به تیمار ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو و حداقل آن با میانگین ۵۱ عدد در متر مربع برای تیمار شاهد مشاهده شد که اختلاف معنی داری با سایر تیمارها به استثنای جو خالص داشت (شکل ۸). مقایسه میانگین قطر غده‌های متوسط (۴-۴/۷ سانتی‌متر) نشان داد که کمترین تعداد غده متوسط در تیمارهای شاهد، جو خالص و ۳۰ درصد ماشک + ۷۰ درصد جو به ترتیب به میزان ۱۸۵/۷، ۲۰۵/۳ و ۲۲۳ عدد در متر مربع مشاهده شد. بیشترین تعداد غده متوسط (۳۲۹ عدد در متر مربع) نیز در تیمار ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو به دست آمد که موجب افزایش ۷۷/۲ درصدی تعداد غده متوسط نسبت به شاهد شد. لازم به ذکر است که بین تیمارهای ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو، ۳۰ درصد جو + ۷۰ درصد شبدر، ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد ماشک و ۵۰ درصد شبدر اختلاف معنی داری مشاهده نشد (شکل ۸).

نتایج نشان داد بیشترین تعداد غده با قطر درشت (۵-۵/۷ سانتی‌متر) مربوط به تیمار ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو (۲۱۱ عدد در متر مربع) بود. پس از این تیمار، بیشترین تعداد غده درشت در تیمارهای ۵۰ درصد ماشک + ۵۰ درصد شبدر، ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد ماشک، ۳۰ درصد جو + ۷۰ درصد شبدر و ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد شبدر به ترتیب با مقادیر ۱۷۸/۷، ۱۵۷/۷، ۱۵۳/۷ و ۱۲۰ عدد در متر مربع دیده شد. کمترین تعداد غده درشت نیز در تیمار شاهد به میزان ۴۲ عدد در متر مربع به دست آمد (شکل ۸).

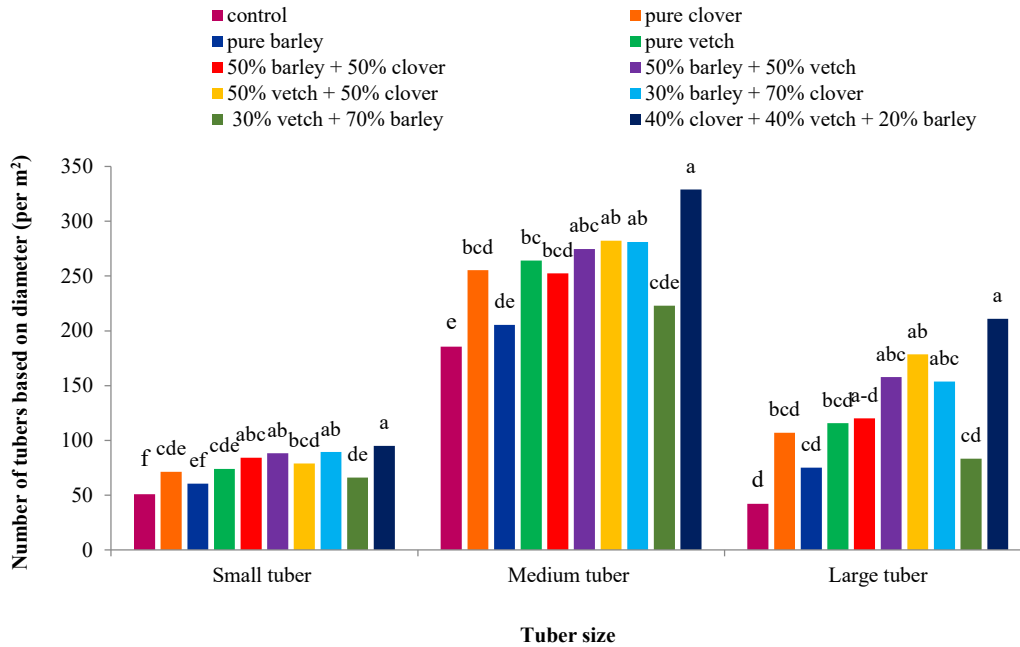
بقایای گیاهی عمدتاً به دلیل بهبود شرایط فیزیکی و بیولوژیکی خاک از جمله ایجاد رژیم‌های دمایی و رطوبتی مطلوب، در دسترس بودن مواد مغذی و فعالیت میکروبی شرایط مساعدی را برای رشد گیاه ایجاد می‌کنند (Bharati et al., 2020). جمعیت‌های میکروبی خاک با در دسترس قرار دادن مواد مغذی بیشتر در طول دوره رشد محصول، ویژگی‌های رشدی را افزایش داده و مواد آلی موجود در خاک ممکن است محیطی را ایجاد کند که رشد و نمو بهتر گیاه را به همراه داشته باشد (Smitha et al., 2019). به علاوه، گیاهان پوششی پتانسیل زیادی برای جذب نیتروژن باقیمانده در مقادیر زیاد و از عمق نیم‌رخ خاک دارند و می‌توانند نیتروژن کافی برای دستیابی به عملکرد بالایی غده را فراهم کنند. همچنین، بقولات، مقدار قابل توجهی از بافت هوایی با درصد نیتروژن بالا تولید می‌کنند که می‌تواند به راحتی برای محصولات بعدی در دسترس باشد (Jahanzad et al., 2017). این گیاهان رشد اندام‌های زیرزمینی را با بهبود خواص خاک و جلوگیری از شستشوی مواد مغذی از ناحیه ریشه افزایش می‌دهند (Ali et al., 2018). به نظر می‌رسد کود سبز از طریق حفظ آب و افزایش ویژگی‌های ریشی مانند ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ و تعداد ساقه موجب افزایش مواد فتوسنتزی و کربوهیدرات‌ها شده و گیاه از طریق انتقال این مواد به غده‌ها موجب افزایش قطر آن‌ها شود.

### ۳-۹. عملکرد غده

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود سبز بر عملکرد غده در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۹). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد استفاده از کود سبز موجب افزایش عملکرد غده سیب‌زمینی شد، به گونه‌ای که تیمار ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو بیشترین عملکرد غده (۲۳/۹ تن در هکتار) را داشت که تفاوت معنی داری با ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد شبدر، ۵۰ درصد ماشک + ۵۰ درصد شبدر، ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد ماشک، جو خالص، شبدر خالص و ۳۰ درصد ماشک + ۷۰ درصد جو نشان نداد. کمترین عملکرد غده (۱۵/۹ تن در هکتار) نیز مربوط به تیمار شاهد بود. به طور کلی، در تیمارهای ۴۰ درصد شبدر + ۴۰ درصد ماشک + ۲۰ درصد جو و ۵۰ درصد ماشک + ۵۰ درصد شبدر عملکرد غده نسبت به تیمار شاهد حدود ۸ تن در هکتار افزایش داشت (شکل ۹).

افزایش عملکرد غده سیب‌زمینی می‌تواند به دلیل افزایش نیتروژن حاصل از تجزیه بقایای کودهای سبز باشد. از سوی دیگر، گونه‌های پوششی گندمیان پتانسیل زیادی برای جذب نیتروژن باقیمانده در خاک دارند، در حالی که گیاهان پوششی بقولات قادر به تثبیت مقدار زیادی از نیتروژن اتمسفری هستند، بنابراین ترکیب این دو می‌تواند مقدار کافی نیتروژن برای دستیابی به عملکرد بالا فراهم کند (Massantini et al., 2021). همچنین، احتمال می‌رود با توجه به نسبت کربن به نیتروژن کمتر در لگوم‌ها و تجزیه

نسبتاً سریع این گیاهان پوششی، عناصر غذایی کافی در خاک فراهم کرده و به افزایش عملکرد سیب زمینی منجر شده باشد (Ghahramani *et al.*, 2021).



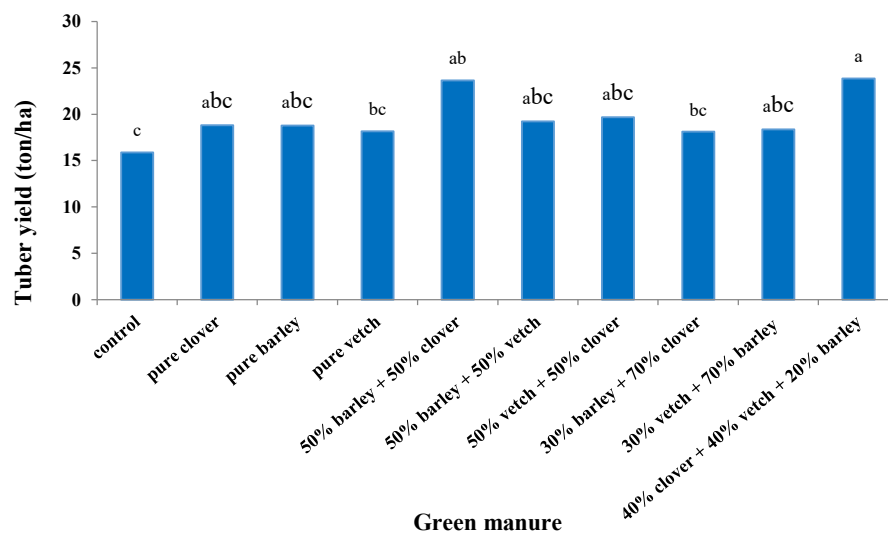
شکل ۸. مقایسه میانگین اثر گیاهان مورد مطالعه به عنوان کود سبز بر درجه بندی قطری غده های سیب زمینی در مرحله بلوغ.

عدد هر ستون از میانگین سه تکرار تشکیل شده است. حروف مشابه در هر گروه از غده ها (بر اساس اندازه) بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

دلیل دیگر افزایش عملکرد آن است که کود آلی حاصل از کود سبز، ظرفیت نگهداری آب را بهبود بخشیده و مواد مغذی را برای مدت طولانی تری به دلیل شستشوی کمتر مواد مغذی فراهم می کنند، جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم و کلسیم را سرعت می بخشند و در نهایت عملکرد بیشتری حاصل می شود (Ali *et al.*, 2018). در بررسی حاضر، مشخص شد که برگشت بقایای جو، ماشک و شبدر به صورت خالص و مخلوط سبب افزایش قابل توجه عملکرد غده سیب زمینی نسبت به شاهد می شود. به نظر می رسد، کود سبز از طریق بهبود ساختار و میزان آب قابل دسترس خاک و در نتیجه افزایش محتوای آب نسبی برگ و همچنین افزایش ارتفاع بوته، تعداد ساقه، تعداد و سطح برگ سیب زمینی موجب تولید مواد فتوسنتزی بیشتری شده و پتانسیل لازم برای عملکرد بالاتر غده را ایجاد کرده است. مطابق با نتایج پژوهش حاضر، Jahanzad *et al.* (2017) نیز نشان دادند که عملکرد غده سیب زمینی کاشته شده پس از تریچه علوفه ای یا نخود زمستانه در مقایسه با چاودار بیشتر بود. این ممکن است به دلیل هماهنگی بیشتر بین جذب نیتروژن توسط سیب زمینی و آزادسازی نیتروژن از بقایای تریچه علوفه ای یا نخود زمستانه نسبت به چاودار باشد.

#### ۴. نتیجه گیری

بر اساس یافته های این پژوهش، کاربرد گیاهان پوششی به عنوان کود سبز ویژگی های رشدی و عملکرد سیب زمینی را بهبود بخشید. در بین تیمارهای مورد بررسی، کاشت مخلوط با نسبت های ۴۰ درصد شبدر، ۴۰ درصد ماشک و ۲۰ درصد جو نسبت به سایر تیمارها مطلوب تر بود و بیشترین تأثیر مثبت را بر رشد و عملکرد سیب زمینی نشان داد که بیانگر اثرات هم افزایی بین گونه های لگوم و غیر لگوم به عنوان کود سبز می باشد. بنابراین، می توان گفت که کشت مخلوط این سه گونه گیاهی به عنوان کود سبز می تواند گزینه مناسبی برای افزایش تولید و عملکرد سیب زمینی در منطقه کرمانشاه باشد.



شکل ۹. مقایسه میانگین اثر تیمارهای مورد مطالعه به عنوان کود سبز بر عملکرد غده سیب‌زمینی. عدد هر ستون از میانگین سه تکرار تشکیل شده است. حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

## ۵. منابع

- Abbas, G., Hafiz, I.A., Abbasi, N.A., & Hussain, A. (2012). Determination of processing and nutritional quality attributes of potato genotypes in Pakistan. *Pak. J. Bot.*, 44, 201-208.
- Adekanmbi, T., Wang, X., Basheer, S., Nawaz, R.A., Pang, T., Hu, Y., & Liu, S. (2023). Assessing future climate change impacts on potato yields—A case study for Prince Edward Island. *Canada Foods*, 12(6), 1176.
- Ahmadvand, G., & Hajinia, S. (2015). The effect of cover crop and different tillage systems on soil physical properties and yield of potato. *Journal of Crop Production*, 8(4), 163-182. (In Persian).
- Ahmed, N.U., Mahmud, N.U., Hossain, A., Zaman, A.U., & Halder, S.C. (2017). Performance of mulching on the yield and quality of potato. *International Journal of Natural and Social Sciences*, 4(2), 7-13.
- Ali, M., Khan, N., Khan, A., Ullah, R., Naeem, A., & Khan, M.W. (2018). Organic manures effect on the bulb production of onion cultivars under semiarid condition. *Pure Appl. Biol.*, 7, 1161-70.
- Asghar, W., & Kataoka, R. (2022). Green manure incorporation accelerates enzyme activity, plant growth, and changes in the fungal community of soil. *Archives of Microbiology*, 204, 1-10.
- Bharati, S., Joshi, B., Dhakal, R., Paneru, S., Dhakal, S.C., & Joshi, K.R. (2020). Effect of different mulching on yield and yield attributes of potato in Dadeldhura district, Nepal. *Malaysian Journal of Sustainable Agriculture*, 4(2), 54-58.
- Choudhary, M., Rana, K.S., Rana, D.S., & Bana, R.S. (2016). Tillage and crop residue effects in rainfed pearl millet (*Pennisetum glaucum*) in conjunction with sulphur fertilization under pearl millet Indian mustard (*Brassica juncea*) cropping system. *Indian Journal of Agronomy*, 61(1), 15-19.
- Das, K., Biswakarma, N., Zhiipao, R., Kumar, A., Ghasal, P.C., & Pooniya, V. (2020). Significance and management of green manures. *Soil Health*, 197-217.
- Essah, S.Y., Delgado, J.A., Dillon, M., & Sparks, R. (2012). Cover crops can improve potato tuber yield and quality. *Hort Technology*, 22(2), 185-190.
- Fan, F., van Der Werf, W., Makowski, D., Lamichhane, J. R., Huang, W., Li, C., Zhang, C., Cong, W.F., & Zhang, F. (2021). Cover crops promote primary crop yield in China, a meta-regression of factors affecting yield gain. *Field Crops Research*, 271, 108237.
- Fernandes, A.M., Campos, L.G., Senna, M.S., da Silva, C.L., & Assuncao, N.S. (2018). Yield and nitrogen use efficiency of sweet potato in response to cover crop and nitrogen management. *Agronomy Journal*, 110(5), 2004-2015.
- Geisseler, D., & Wilson, R. (2020). Nitrogen in potato rotations with cover crops: Field trial and simulations using DSSAT. *Agronomy Journal*, 112(3), 2275-2287.
- Ghafari, M., Ahmadvand, G., Ardakani, M.R., Nadeali, I., & Elahi Panah, F. (2012). Effects of cover crops residue on weed control, physiological indices, yield and yield components of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 43(2), 295-309. (In Persian).



- Ghahramani, S., Ebadi, A., Tobeh, A., Hashemi, M., Sedghi, M., & Gholipuri, A. (2021). Short-term effect of winter cover crops on improvement of some soil properties and potato yield. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 31(3), 71-83. (In Persian).
- Islam, M.M., Urmi, T.A., Rana, M.S., Alam, M.S., & Haque, M.M. (2019). Green manuring effects on crop morpho-physiological characters, rice yield and soil properties. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 25, 303-312.
- Jahanzad, E., Barker, A.V., Hashemi, M., Sadeghpour, A., Eaton, T., & Park, Y. (2017). Improving yield and mineral nutrient concentration of potato tubers through cover cropping. *Field Crops Research*, 212, 45-51.
- Jalilian, S., Mondani, F., Fatemi Ghomeshe, A., & Bagheri, A. (2021). Effect of farmyard manure and green manure application on yield, yield components and grain oil content of sesame (*Sesamum indicum* L.) under organic conditions. *Applied Field Crops Research*, 33(4), 62-83. (In Persian).
- Khan, M.I., Gwon, H.S., Alam, M.A., Song, H.J., Das, S., & Kim, P.J. (2020). Short term effects of different green manure amendments on the composition of main microbial groups and microbial activity of a submerged rice cropping system. *Applied Soil Ecology*, 147, 103400.
- Koudahe, K., Allen, S.C., & Djaman, K. (2022). Critical review of the impact of cover crops on soil properties. *International Soil and Water Conservation Research*, 10(3), 343-354.
- Larkin, R.P., Honeycutt, C.W., Griffin, T.S., Olanya, O.M., He, Z., & Halloran, J.M. (2017). Cumulative and residual effects of different potato cropping system management strategies on soilborne diseases and soil microbial communities over time. *Plant Pathology*, 66(3), 437-449.
- Lotfi, R., & Pessarakli, M. (2023). Effects of crop rotation and tillage on winter wheat growth and yield under cold dryland conditions. *Crops*, 3(2), 88-100.
- Massantini, R., Radicetti, E., Frangipane, M.T., & Campiglia, E. (2021). Quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) changes under different cover crops, soil tillage and nitrogen fertilization management. *Agriculture*, 11(2), 106.
- Mas-Ud, M., Dokurugu, F., & Kaba, J.S. (2021). Effectiveness of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) living mulch on weed suppression and yield of maize (*Zea mays* L.). *Open Agriculture*, 6(1), 489-497.
- Mesbah, A., Nilahyane, A., Ghimire, B., Beck, L., & Ghimire, R. (2019). Efficacy of cover crops on weed suppression, wheat yield, and water conservation in winter wheat–sorghum–fallow. *Crop Science*, 59(4), 1745-1752.
- Ministry of Jihad Agriculture. (2023). Agricultural statistics. Vol. 1: Crops. Statistics and Information Technology Office, Deputy of Planning and Economy, Ministry of Jihad Agriculture, Tehran, Iran. (In Persian).
- Mohamed, E.M., Watthier, M., Zanuncio, J.C., & Santos, R.H. (2017). Dry matter accumulation and potato productivity with green manure. *Idesia*, 35(1), 79-86.
- Nyiraneza, J., Chen, D., Fraser, T., & Comeau, L.P. (2021). Improving soil quality and potato productivity with manure and high-residue cover crops in Eastern Canada. *Plants*, 10(7), 1436.
- Rittl, T.F., Grønmyr, F., Bakken, I., & Løes, A.K. (2023). Effects of organic amendments and cover crops on soil characteristics and potato yields. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 73(1), 13-26.
- Sadra, S., Mohammadi, G., & Mondani, F. (2023). Nitrogen release dynamics and carbon sequestration by legume and non-legume cover crops under pure and mixed planting conditions. *Agriculture (Pol'nohospodárstvo)*, 69(1), 13-26.
- Smitha, G.R., Basak, B.B., Thondaiman, V., & Saha, A. (2019). Nutrient management through organics, bio-fertilizers and crop residues improves growth, yield and quality of sacred basil (*Ocimum sanctum* Linn). *Industrial Crops and Products*, 128, 599-606.
- Wang, L., Wang, H., Tian, Z., Lu, Y., Gao, W., & Ren, T. (2020). Structural changes of compacted soil layers in northeast china due to freezing-thawing processes. *Sustainability*, 12(4), 1587.
- Webster, D.E., & Ebdon, J.S. (2005). Effects of nitrogen and potassium fertilization on perennial raygrass cold tolerance during deacclimation in late winter and early spring. *Horticultural Science*, 40, 842-849.
- Whittaker, J., Nyiraneza, J., Zebbarth, B.J., Jiang, Y., & Burton, D.L. (2023). The effects of forage grasses and legumes on subsequent potato yield, nitrogen cycling, and soil properties. *Field Crops Research*, 290, 108747.
- Wilson, R., Culp, D., Peterson, S., Nicholson, K., & Geisseler, D. (2019). Cover crops prove effective at increasing soil nitrogen for organic potato production. *California Agriculture*, 73(2), 79-89.