مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۱ شماره ۳ صفحه‌های ۲۱۱ تا ۲۲۴ (۱۳۹۹)
مقاله پژوهشی

تاثیر اوره و سولفات پتاسیم بر رشد، اجزای عملکرد سوخ و ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی رازیانه شیرین[1]

The Effect of Urea and Potassium Sulphate on Growth, Bulb Yield Components and Antioxidant Properties of Sweet Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill. cv. Boelli RZ F1)

سمیرا محمدی، طاهر برزگر* و زهرا قهرمانی[2]

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر اوره و سولفات پتاسیم بر رشد، عملکرد و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی رازیانه شیرین آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی دو سال (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷) اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره) و پتاسیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم) بودند. نتیجه‌ها نشان داد که کاربرد نیتروژن و پتاسیم به‌طور معنی‌داری شمار برگ، وزن تر، قطر و طول سوخ را در هر دو سال افزایش داد. با افزایش سطح نیتروژن تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، محتوای فنول و فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی برگ افزایش یافت، اما کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن منجر به کاهش آن‌ها شد. هم‌چنین، با کاربرد پتاسیم تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار ویژگی‌های کیفی سوخ و آنتی‌اکسیدانی برگ افزایش یافت. در هر دو سال، اعمال تیمارها درصد نیتروژن و پتاسیم بافت سوخ را افزایش داد و نیتروژن در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در ترکیب با سطح‌های بالاتر پتاسیم، باعث کاهش درصد پتاسیم سوخ گردید. با توجه به نتیجه‌های به‌دست آمده کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن و ۱۵۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار برای بهبود رشد، عملکرد غده و ویژگی آنتی‌اکسیدانی رازیانه شیرین پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، رازیانه شیرین، ویژگی‌های رشدی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، نیتروژن.

مقدمه

رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill) گیاهی علفی از تیره چتریان است که منشاء آن نواحی مدیترانه و جنوب اروپا گزارش شده است (۵). رازیانه شیرین گیاهی دارویی است که مصرف تازه خوری نیز دارد و بخش قابل مصرف آن، بن برجسته برگ‌ها (سوخ سفید رنگ) و برگ‌های جوان است (۹). این گیاه دارای ارزش غذایی بالا با مقدار کالری کم است و دارای ویتامین‌های K، B6، B2، B1، C، بتاکاروتن و ماده‌های معدنی پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم و فسفر می‌باشد (۵). رازیانه دارای اثرهای ضد التهاب، ضد گرفتگی عضلانی، ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی، ضد دیابت، مدر، خلط آور، افزایش دهنده شیر مادر، ملین و ضد درد است (۵). ویژگی احیاکنندگی رازیانه مربوط به حضور قندهای احیاکننده، ترکیب‌های فلاونوئیدی، گلیکوزیدها، فلاونول‌ها و به ویژه حضور فنیل پروپانوئیدها (ترانس-آنتول و استراگول) و هیدروکربن‌های ترپنی اکسیژنه می‌باشد (۱۷). بسیاری از ماده‌های جهش‌زا و سرطان‌زا از راه گونه‌های فعال اکسیژن، اثر تخریبی خود را اعمال می‌کنند (۱۷)، بنابراین ماده‌هایی که به عنوان آنتی‌اکسیدان عمل می‌کنند آثار زیانبار رادیکال‌های آزاد را کاهش می‌دهند (۱۸) در نتیجه مصرف روزانه آنتی‌اکسیدان‌ها، دفاع

۱- تاریخ دریافت: ۹۸/۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱/۲۰

۲- به ترتیب دانشجوی پیشین کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (tbarzegar@znu.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.3.5.3]

و ایمنی بدن را افزایش داده و به‌عنوان ضد سرطان عمل می‌کنند. برخی از ماده‌های آنتی‌اکسیدان در گیاهان شامل ترکیب‌های فنولی، آسکوربیک اسید، کارتنوئیدها و ترکیب‌های آنتراکینونی می‌باشند که در قسمت‌های مختلف گیاهان وجود دارند (۱۹).

نیتروژن یکی از عنصرهای ضروری و مهم در رشد گیاهان است که بر میزان عملکرد و کیفیت محصول تأثیر دارد (۳). افزون بر این، نیتروژن با نقش مستقیم در ساخت کلروفیل و در نتیجه افزایش کارایی فتوسنتز، در زیست‌ساخت متابولیت‌های ثانویه با پایه کربنی مانند ترکیب‌های فلاونوئیدی، گلوکوزینولات‌ها و کاروتنوئیدها نقش دارد (۱۵). بررسی‌ها روی کلم‌ها نشان داد که کوددهی با نیتروژن باعث افزایش ترکیب‌های فنولی شد (۲۹). در پژوهشی روی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، کود نیتروژن اثر معنی‌داری بر میزان آنتی‌اکسیدان کل داشت به‌طوری که با افزایش غلظت کود نیتروژن، محتوای آنتی‌اکسیدان کل کاهش یافت (۲۳).

پتاسیم یکی دیگر از عنصرهای ضروری و پر مصرف می‌باشد که در رشد و گسترش یاخته‌های گیاهی، ایجاد تورژسانس یاخته‌ای، باز و بسته شدن روزنه‌ها و ساخت انواع کربوهیدرات‌ها نقش دارد، از این رو تأثیر مهمی بر رشد و نمو، عملکرد و کیفیت محصول دارد (۱۰). پتاسیم افزون بر وظایف فیزیولوژیک بسیار مهمی که در گیاهان بر عهده دارد، در بهبود کیفیت محصول‌های کشاورزی نیز جایگاه ویژه‌ای دارد، از این رو عنصر کیفیت نامیده می‌شود (۴). کاربرد پتاسیم موجب افزایش ارتفاع بوته، شمار برگ، قطر سوخ، وزن تر سوخ و محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ و سوخ رازیانه شیرین شد (۱). در ارزیابی اثر کود پتاسیم بر رشد، عملکرد و کیفیت پیاز خوراکی (*Allium cepa* L.)، بیشترین رشد گیاه (ارتفاع بوته، شمار برگ در هر بوته) و بالاترین عملکرد با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به‌دست آمد (۸). با توجه به اهمیت نیتروژن و پتاسیم در رشد و کیفیت سبزی‌ها، این بررسی با هدف ارزیابی اثر سطح‌های مختلف کود نیتروژن و پتاسیم بر رشد و ویژگی‌های کیفی (طول، قطر و ضخامت سوخ و متابولیت‌های ثانویه برگ) رازیانه شیرین انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌منظور مطالعه اثر کود نیتروژن و پتاسیم بر ویژگی‌های رشدی و کیفیت رازیانه شیرین در مزرعه پژوهشی دانشگاه زنجان طی دو سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره) و چهار سطح پتاسیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم) بود. قبل از انجام آزمایش، از خاک مزرعه نمونه‌برداری تصادفی انجام گرفت که جدول‌های یک، دو و سه به ترتیب ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، آب آبیاری و داده‌های هواشناسی استان زنجان را نشان می‌دهند. بذرهای گیاه مورد نظر از شرکت سپاهان رویش اصفهان برای دو سال پی‌درپی به‌صورت جداگانه تهیه شد. از ویژگی‌های این رقم می‌توان به دوره رشد کوتاه (۹۰ تا ۱۱۰ روز)، بوته‌ی قوی، مقاوم به اکسید شدن (سوخ‌های سفید رنگ بعد از برداشت مقاومت خوبی به اکسید شدن (سیاه شدن) دارند) پس از برداشت، عملکرد خوب، مناسب کشت زمستانه در مناطق معتدل گرم و قابل برداشت در اوایل بهار و در مناطق معتدله سرد و قابل برداشت در اواخر بهار اشاره کرد. بذرها در ۲۱ اسفند ماه سال ۹۵ و ۹۶ داخل سینی‌های مخصوص کاشت بذر ۷۲ حجره‌ای در بستر حاوی پیت ماس در گلخانه (دمای ۳±۲۵ سلسیوس روز و ۳±۲۰ سلسیوس شب با رطوبت نسبی ۶۰ تا ۷۰ ٪) کشت گردید و نشاها بعد از شش هفته در مرحله سه تا چهار برگی به مزرعه انتقال داده شدند. فاصله ردیف‌های کاشت ۳۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها ۲۰ سانتی‌متر بود.

پتاسیم به‌صورت کود سولفات پتاسیم در یک نوبت در زمان آماده کردن زمین به صورت نواری در کنار خط کاشت ردیف‌ها به خاک افزوده شد و نیتروژن به‌صورت کود اوره در دو نوبت به خاک اضافه شد. نصف کود در مرحله آماده کردن زمین همزمان با کود پتاسیم به خاک اضافه شد و نصف دیگر نیتروژن یک ماه پس از نشاء کاری همراه با آب آبیاری اعمال شد. نیاز آبی گیاه با استفاده از میانگین بلند مدت داده‌های روزانه پارامترهای هواشناسی ثبت شده در ایستگاه هواشناسی زنجان و رابطه ۱ برآورد گردید.

$$ETc = ET_0 \times Kc \quad \text{د}$$

ETc: نیاز آبی رازیانه (میلی‌متر در روز)، ET_0: تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن (میلی‌متر در روز) و Kc: ضریب گیاهی رازیانه. لازم به توضیح است مقادیر ET_0 بر اساس روش استاندارد فائو-پنمن-مانتیث برآورد شد (۳۱). پس از محاسبه مقادیر ETc، مقادیر

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.3.5.3]

نیاز خالص و نیاز ناخالص آب آبیاری گیاه بر اساس فاصله‌های کشت، نوع سیستم آبیاری (قطره‌ای-نواری) و دور آبیاری برآورد شده و سپس در هر نوبت آبیاری به گیاه داده شد. در طول فصل رشد عمل وجین علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در سال ۹۶.

Table 1. Physical and chemical properties of the soil used in the experiment site in 2017.

pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن N (%)	کلسیم Ca (gkg^{-1})	سدیم Na (gkg^{-1})	پتاسیم K (gkg^{-1})	مود آلی Organic matter (%)	بافت خاک Soil texture	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)
7.4	1.49	0.07	0.12	0.13	0.20	0.94	لوم رسی Clay loam	25	38	37

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آبیاری محل اجرای آزمایش در سال ۹۶.

Table 2. Physical and chemical properties of the irrigation water used in the experiment site in 2017.

سولفات SO_4^{-2} ($mg\ L^{-1}$)	بی‌کربنات HCO_3^- ($mg\ L^{-1}$)	کربنات CO_3^{-2} ($mg\ L^{-1}$)	کلر Cl ($mg\ L^{-1}$)	منیزیم Mg ($mg\ L^{-1}$)	کلسیم Ca ($mg\ L^{-1}$)	پتاسیم K ($mg\ L^{-1}$)	سدیم Na ($mg\ L^{-1}$)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	pH
550.5	159	0.0	435.3	241.6	400	2.74	152	2.7	7.2

جدول۳- میانگین داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک زنجان در فصل‌های زراعی ۹۶ و ۹۷.

Table 3. Average climatic parameters of Zanjan Synoptic station during the growth season 2017 and 2018.

سال Year	ماه Month	رطوبت نسبی Relative humidity (%)	بارندگی Rainfall (mm)	میانگین دما Average temperature (°C)	دمای بیشینه Maximum temperature (°C)	دمای کمینه Minimum temperature (°C)
96	فروردین April	56.7	41	10.6	16.7	4.6
	اردیبهشت May	52.5	22.1	17.2	25.2	9.3
	خرداد June	39.4	0.0	21.2	31.4	10.9
	تیر July	42.5	1.3	25.5	34.1	16.9
97	فروردین April	46.2	14.3	11.8	19	4.5
	اردیبهشت May	61.3	50.6	13.3	19.7	6.8
	خرداد June	54.9	34.6	19.3	28	10.6
	تیر July	34.7	0.0	26.3	35.6	16.8

ویژگی‌های مورد ارزیابی

در پایان آزمایش به منظور حذف اثر حاشیه‌ای، از گیاهان موجود در بخش‌های میانی کرت‌ها (۲۲ عدد بوته در هر واحد آزمایشی) برای نمونه‌برداری استفاده شد. به منظور حفظ کیفیت سوخ‌ها و خشبی نشدن برگ‌های آن، بوته‌ها پیش از پیدایش ساقه گلدهنده (۱۰ تیر ماه ۱۳۹۶ و ۱۵ تیر ۱۳۹۷) برداشت شدند. شمار برگ در بوته در زمان برداشت بوته‌ها شمارش گردید. برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته، بوته از سطح خاک قطع گردید و ارتفاع آن توسط خط‌کش اندازه‌گیری شد و میانگین ارتفاع بوته

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.3.5.3]

بر حسب سانتی‌متر گزارش شد. به منظور تعیین وزن تر سوخ‌ها (بخش برجسته بن برگ‌ها) ابتدا بوته کف بر شد سپس بخش بالایی بوته شامل برگ‌ها از بخش متورم پایین برگ‌ها جدا شد. وزن تر هر بخش به‌طور جداگانه بر حسب گرم توزین گردید. طول و قطر سوخ‌ها با استفاده از کولیس دیجیتالی بر حسب میلی‌متر ثبت شد.

Fig 1. Sweet fennel plants at harvest stage.

شکل ۱- بوته‌های رازیانه شیرین در مرحله برداشت.

محتوای فنول، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل

برای ارزیابی میزان فنول کل، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی از بافت تازه برگ‌ها استفاده شد. مقدار سه گرم از بافت تازه برگ در هاون سائیده شد و به آن ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ ٪ اضافه شد، سپس نمونه‌ها با دور ۵۰۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد (۳۲).

برای اندازه‌گیری محتوای فنول کل به ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره گیاه، ۲ میلی‌لیتر کربنات سدیم (۲ درصد)، ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین سیوکالتو (۵۰ درصد) اضافه شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی نگه داشته شدند و جذب آن‌ها در طول موج ۷۲۰ نانومتر خوانده شد. اسیدگالیک (۶۰۰-۶۰ میلی‌گرم بر لیتر) به عنوان استاندارد فنول برای رسم منحنی استاندارد به‌کار رفت. محتوای فنول کل براساس میلی‌گرم معادل اسیدگالیک بر گرم وزن تر گیاه محاسبه شد (۳۰).

برای سنجش میزان فلاونوئید کل به ۵۰۰ میکرولیتر عصاره، ۱/۵ میلی‌لیتر متانول (۸۰ درصد)، ۱۰۰ میکرولیتر محلول آلومینیوم کلراید (۱۰ درصد)، ۱۰۰ میکرولیتر محلول استات پتاسیم یک مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. پس از گذشت ۴۰ دقیقه در دمای اتاق، جذب آن‌ها در طول موج ۴۱۵ نانومتر خوانده شد. برای رسم منحنی استاندارد از کوئرستین (۱۵۰-۱۵ میلی‌گرم بر لیتر) استفاده شد. میزان فلاونوئید کل براساس میلی‌گرم معادل کوئرستین بر گرم وزن تر گیاه گزارش شد (۱۳).

برای سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی به ۱/۵ میلی‌لیتر عصاره، ۱/۵ میلی‌لیتر محلول متانولی ۰/۰۳٪ DPPH اضافه شد. محلول‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی و در دمای اتاق نگهداری شدند. جذب نمونه‌ها در ۵۱۷ نانومتر در اسپکتروفتومتر ثبت گردید (۵). درصد بازدارندگی رادیکال آزاد هر عصاره به کمک رابطه یک محاسبه شد:

رابطه (۱) درصد بازدارندگی رادیکال آزاد = (جذب کنترل- جذب نمونه حاوی عصاره) / جذب کنترل × ۱۰۰

$$I\% = (Abs\ positive\ control - Abs\ sample / Abs\ positive\ control) \times 100$$

اندازه‌گیری نیتروژن

به منظور تعیین میزان نیتروژن سوخ، ابتدا نمونه‌های گیاهی آسیاب و پس از هضم با سولفوریک اسید غلیظ، مقدار نیتروژن موجود در عصاره حاصل توسط روش کجلدال اندازه‌گیری شد. (۱۴)

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.3.5.3]

اندازه‌گیری پتاسیم

در تهیه محلول استاندارد از ماده کلراید پتاسیم استفاده شد. ابتدا از استاندارد ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پتاسیم، استانداردهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر ساخته شدند. برای کالیبره‌کردن دستگاه، استاندارد ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر روی ۱۰۰ و استاندارد صفر روی صفر تنظیم شد و منحنی کالیبراسیون رسم گردید. سپس به‌وسیله فلیم فتومتر خوانش مربوط به پتاسیم نمونه‌ها تعیین گردید. بعد از اعمال ضرایب و محاسبه‌های لازم، غلظت پتاسیم در ماده خشک گیاهی بر حسب درصد گزارش شد.

داده‌ها به‌صورت تجزیه مرکب با استفاده نرم افزار SAS 9.1 و Mstatc 2.1 واکاوی شدند. مقایسه میانگین داده‌ها از راه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

شمار برگ و ارتفاع گیاه

کاربرد نیتروژن و پتاسیم به‌طور معنی‌داری ($P\leq0.01$) شمار برگ و ارتفاع بوته را افزایش دادند (شکل ۲-A و B). پتاسیم در سطح‌های پایین تأثیر معنی‌داری بر شمار برگ نشان نداد و تنها در بالاترین سطح (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) شمار برگ را به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد افزایش داد. کاربرد نیتروژن به تنهایی یا در ترکیب با پتاسیم شمار برگ را افزایش داد و این افزایش در سطح‌های بالاتر پتاسیم و نیتروژن برجسته‌تر بود، به‌طوری‌که بیشترین شمار برگ در بوته (۹/۲) در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و پتاسیم به دست آمد (شکل ۲-A) و بیشینه ارتفاع بوته (۴۵/۱ سانتی‌متر) از گیاهان زیر تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و پتاسیم به دست آمد (شکل ۲-A و B). کمترین میانگین شمار برگ در بوته و ارتفاع بوته (۷/۶، ۳۶/۲ سانتی‌متر) در گیاهان تیمار نشده حاصل گردید (شکل ۲-A و B). نتیجه‌های تجزیه مرکب اثر برهمکنش سال، نیتروژن و پتاسیم بر شمار برگ و ارتفاع بوته تاثیر معنی‌داری نشان نداد.

طول و قطر سوخ

با توجه به نتیجه‌های مقایسه میانگین اثر برهمکنش تیمارها (شکل ۳- A و B)، با افزایش مقدار نیتروژن و پتاسیم طول و قطر سوخ به‌طور معنی‌داری ($P\leq0.05$) افزایش یافت به‌طوری که بیشترین طول سوخ (۱۰۴/۴ و ۱۰۳/۹میلی‌متر) از گیاهان زیر تیمار ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم به‌دست آمد (شکل۳- A). بیشترین قطر سوخ با کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و پتاسیم حاصل شد (شکل۳- B). نتیجه‌های حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال بر قطر سوخ اختلاف معنی‌داری داشت، اما اثر برهمکنش سال، نیتروژن و پتاسیم بر طول و قطر سوخ تاثیر معنی‌داری نشان نداد.

وزن تر سوخ

واکنش وزن تر سوخ به نیتروژن و پتاسیم برای دو سال در شکل (۴) نشان داده شده است. وزن تر سوخ به طور چشمگیری به نیتروژن، پتاسیم و کاربرد ترکیبی نیتروژن و پتاسیم پاسخ داد. در هر دو سال افزایش مصرف نیتروژن تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار وزن تر سوخ را افزایش داد ($P\leq0.01$) که این افزایش وزن در سال ۹۶ بیشتر بود. در سال اول افزایش سطح‌های پتاسیم تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار وزن تر سوخ را افزایش داد، اما افزایش پتاسیم به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سبب کاهش معنی‌دار وزن تر سوخ گردید. در صورتی که در سال دوم افزایش سطح‌های پتاسیم تا ۱۵۰ کیلوگرم سبب افزایش وزن تر سوخ گردید. در کل وزن تر سوخ در سال اول به‌طور معنی‌داری بیشتر از سال دوم بود، به‌طوری‌که بیشترین وزن تر سوخ (۱۵۲/۸ و ۱۵۷/۹ گرم) به ترتیب با کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در ترکیب با ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم در سال اول حاصل شد.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.3.5.3]

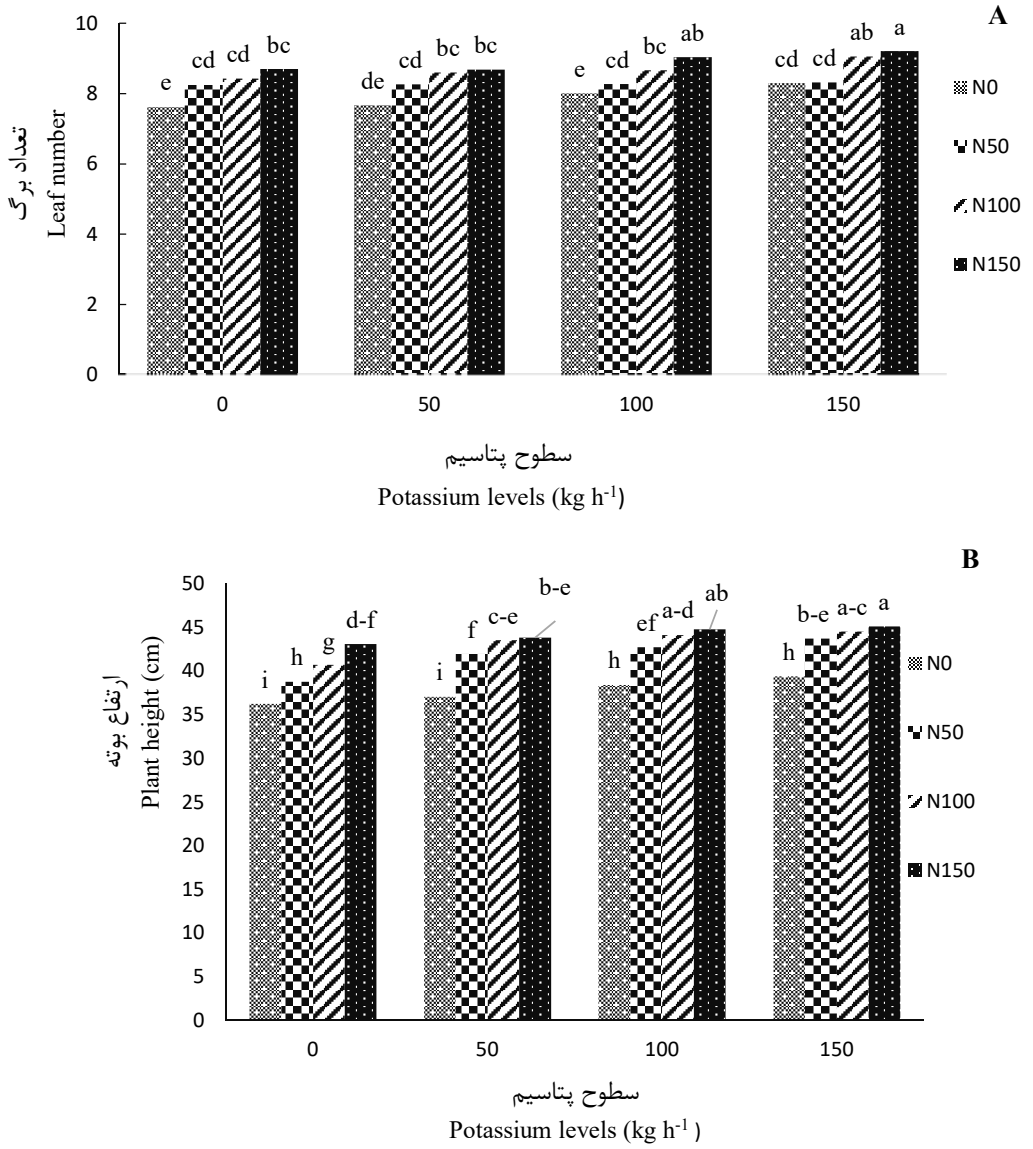

Fig 2. The interaction effect of nitrogen (0, 50, 100 and 150 kg ha^{-1}) and potassium (0, 50, 100 and 150 kg ha^{-1}) on leaf number (A) and plant height (B) of sweet fennel. In each column, there is no significant difference between treatments with same letters at $P\leq 0.05$.

شکل ۲- اثر برهمکنش نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و پتاسیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بر ویژگی‌های شمار برگ (A) و ارتفاع بوته (B) رازیانه شیرین. تفاوت بین ستون‌های مربوط به هر تیمار که دارای حرف‌های مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد ($P\leq$۰/۰۵).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.3.5.3]

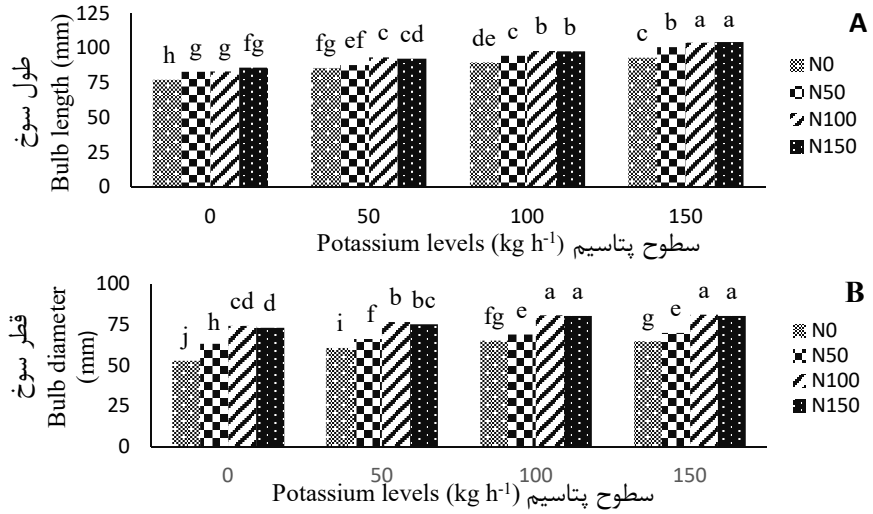

Fig 3. The interaction effect of nitrogen (0, 50, 100 and150 kg ha^{-1}) and potassium (0, 50, 100 and 150 kg ha^{-1}) on bulb length (A) and bulb diameter (B) of sweet fennel. In each column, there is no significant difference between treatments with same letters at $P\leq 0.05$.

شکل ۳- اثر بر همکنش نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و پتاسیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بر ویژگی‌های طول (A) و قطر سوخ (B) رازیانه شیرین. تفاوت بین ستون‌های مربوط به هر تیمار که دارای حرف‌های مشترک می باشند از نظر آماری در سطح ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد ($P\leq$۰/۰۵).

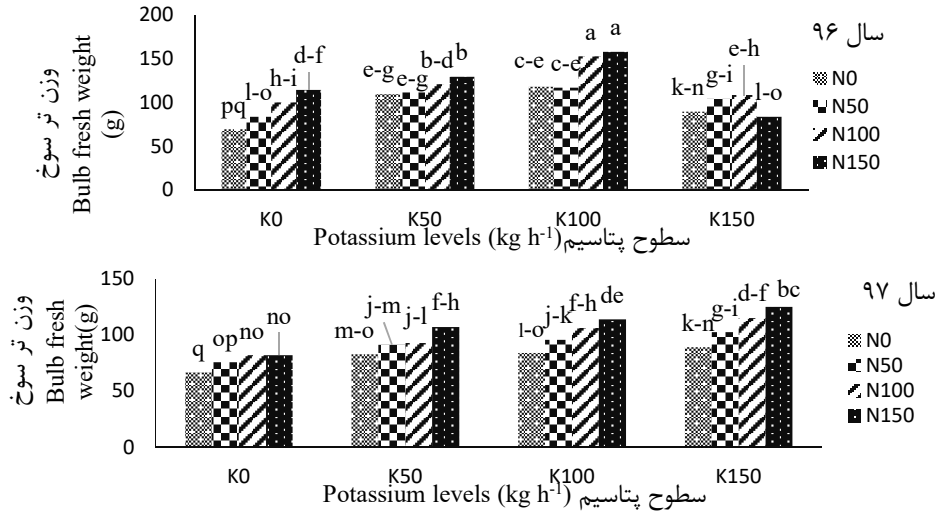

Fig 4. The interaction effect of nitrogen (0, 50, 100 and150 kg ha^{-1}) and potassium (0, 50, 100 and 150 kg ha^{-1}) on bulb fresh weight of sweet fennel in two years (2017 and 2018). In each column, there is no significant difference between treatments with same letters at $P\leq 0.05$.

شکل ۴- اثر بر همکنش نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و پتاسیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بر ویژگی وزن تر سوخ رازیانه شیرین در دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷. تفاوت بین ستون‌های مربوط به هر تیمار که دارای حرف‌های مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد ($P\leq$۰/۰۵).

با توجه به اثر عوامل محیطی بر تظاهر ژن‌های کنترل‌کننده ویژگی‌های کمی مانند عملکرد تر، بدیهی است که این ویژگی زیر تاثیر زمان قرار دارد. افزایش بیشتر وزن تر گیاه در سال اول ممکن است به دلیل تغییرهای دمایی دوره رشد بوده باشد (جدول ۳). به طور کلی وجود نیتروژن در ساختار بزرگ مولکول‌هایی مانند پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک را می‌توان از جمله عوامل موثر بر افزایش رشد رویشی محسوب کرد (۲۲). دلیل دیگر افزایش رشد رویشی با افزایش میزان نیتروژن

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.3.5.3]

را تغییر تعادل هورمون‌های گیاهی در بخش‌های رویشی گزارش کردند به این صورت که مصرف نیتروژن با کاهش نسبت آبسیزیک اسید بر جیبرلین باعث افزایش رشد رویشی گیاه می‌گردد (۲۰). در گزارشی، بیشترین مقدار شاخص‌های رشد رویشی رازیانه شیرین شامل ارتفاع گیاه، شمار برگ، ابعاد سوخ (طول، قطر و ضخامت) و وزن تر سوخ با کاربرد بالاترین سطح پتاسیم (۷۵ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (۱). پتاسیم باعث رشد بافت‌های جوان می‌شود و برای تقسیم یاخته‌ای لازم است (نقش اساسی دارد). این عنصر در گیاه بسیار متحرک است به همین دلیل آزادانه حرکت می‌کند و نقش حیاتی در تنظیم فشار اسمزی دارد. هم‌چنین، در چندین فرایند فیزیولوژیکی و جذب دیگر ماده‌های غذایی کمک می‌کند و نقش مهمی در فتوسنتز، تولید کربوهیدرات و انتقال ماده‌های فتوسنتزی دارد (۲). پژوهشگران گزارش کردند که بیشترین وزن تر سوخ ، طول، قطر و عملکرد سوخ از مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم حاصل شد (۲) که یافته‌های پژوهش حاضر با این نتایج در یک راستا می‌باشند.

فنول کل برگ

نتیجه‌های حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد، اثرهای ساده تیمارهای نیتروژن، پتاسیم و اثرهای برهمکنش آن‌ها در طی دو سال بر فنول کل برگ رازیانه شیرین در سطح ۱٪ ($P\leq$۰/۰۱) معنی‌دار شد.

با توجه به شکل ۵، میزان فنول کل برگ رازیانه در سال ۹۶ بیشتر از سال ۹۷ بود. کاربرد نیتروژن به تنهایی یا همراه با پتاسیم به‌طور معنی‌داری میزان فنول کل برگ رازیانه را در هر دو سال افزایش داد، اما افزایش نیتروژن به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار همراه با ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم مقدار فنول کل را به‌طور چشمگیری در سال ۹۷ کاهش داد. کاربرد پتاسیم تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش مقدار فنول کل در هر دو سال شد. با توجه به اثرهای برهمکنش بیشترین میزان فنول کل (۲۱۵/۸ میلی‌گرم بر گرم بافت تازه) از کاربرد ترکیبی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم در سال ۹۶ به‌دست آمد (شکل ۵).

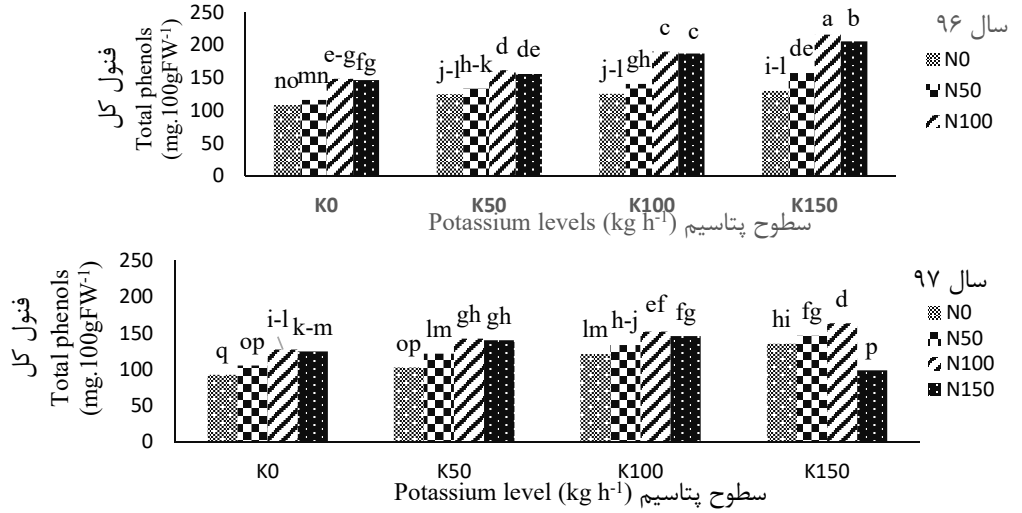

Fig 5. The interaction effect of nitrogen (0, 50, 100 and150 kg ha^{-1}) and potassium (0, 50, 100 and 150 kg ha^{-1}) on total phenol of sweet fennel leaves in two years (2017 and 2018). In each column, there is no significant difference between treatments with same letters at $P\leq 0.05$

شکل ۵- اثر بر همکنش نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و پتاسیم (پتاسیم، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بر ویژگی فنول کل برگ‌های رازیانه شیرین در دو سال ۹۶ و ۹۷. تفاوت بین ستون‌های مربوط به هر تیمار که دارای حرف‌های مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد ($P\leq$۰/۰۵).

فلاونوئید کل برگ

نتیجه‌های حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد، اثرهای ساده تیمارهای نیتروژن، پتاسیم و اثرهای برهمکنش آن‌ها در طی دو سال بر میزان فلاونوئید کل برگ رازیانه شیرین در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. با توجه به شکل ۶، میزان فلاونوئید کل در

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.3.5.3]

سال ۹۶ (۱۲۸/۱۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر) بیشتر از سال ۹۷ (۱۰۷/۴۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) بود. کاربرد نیتروژن به تنهایی و همراه با پتاسیم باعث افزایش میزان فلاونوئید کل رازیانه نسبت به تیمار شاهد در هر دو سال گردید. کاربرد نیتروژن در غلظت بیشتر (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) به تنهایی و در ترکیب با پتاسیم میزان فلاونوئید را کاهش داد که این کاهش در شرایط کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم پتاسیم بود و نسبت به سطح‌های دیگر نیتروژن به‌طور معنی‌داری میزان فلاونوئید را کاهش داد. تیمار سطح‌های مختلف پتاسیم نیز باعث افزایش مقدار فلاونوئید در هر دو سال شد. با توجه به اثرهای برهمکنش، بیشترین میزان فلاونوئید (۱۲۸/۱۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر) از کاربرد ترکیبی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم در سال اول به‌دست آمد (شکل۶).

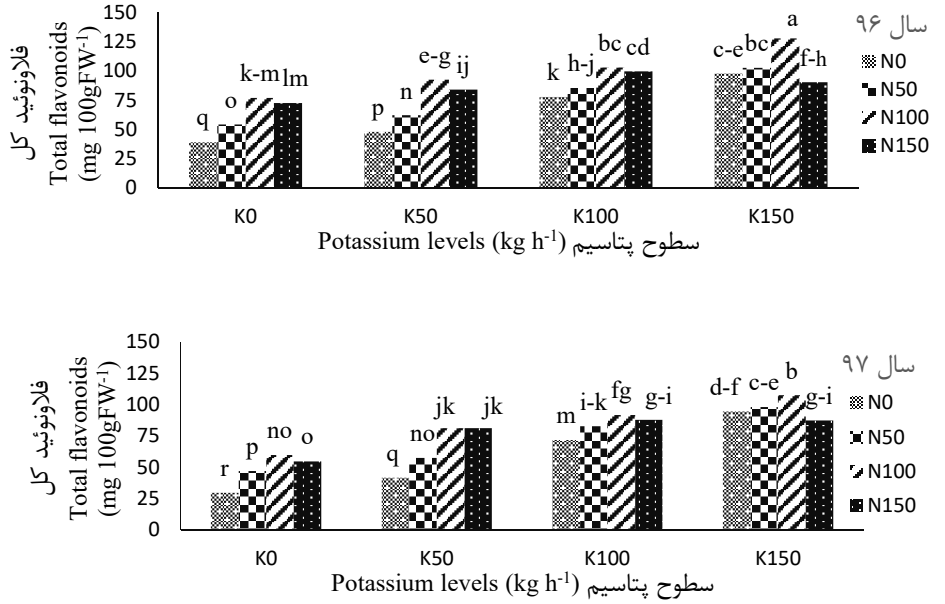

Fig 6. The interaction effect of nitrogen (0, 50, 100 and150 kg ha^{-1}) and potassium (0, 50, 100 and 150 kg ha^{-1}) on total flavonoid content of sweet fennel leaves in two years (2017 and 2018). In each column, there is no significant difference between treatments with same letters at $P\leq 0.05$

شکل۶- اثر برهمکنش نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و پتاسیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بر ویژگی فلاونوئید کل برگ‌های رازیانه شیرین در دو سال ۹۶ و ۹۷. تفاوت بین ستون‌های مربوط به هر تیمار که دارای حرف‌های مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد ($P\leq$۰/۰۵).

رشد و نمو گیاهان تابع شرایط اقلیمی، منابع تغذیه‌ای محیط رشد، منطقه، رقم و دما است و تفاوت در هر کدام از این فاکتورها بر رشد و نمو گیاهان تاثیر خواهد گذاشت. در این آزمایش نیز با وجود تفاوت شرایط آب و هوایی در طی دو سال آزمایش، چون رطوبت خاک و میزان آب مصرفی اندازه‌گیری و کنترل می‌شد، بنابراین آب مورد استفاده طی دو سال یکسان بود. پس به نظر می‌رسد دلیل اختلاف فنول و فلاونوئید کل در این دو سال تفاوت دما و یا عوامل محیطی باشد. در سال اول مساعد بودن شرایط اقلیمی باعث افزایش محتوای کربوهیدرات‌ها گردید، با افزایش محتوای کربوهیدرات میزان ترکیب‌های فنولی نیز افزایش و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی هم بالاتر می‌رود. زیست‌ساخت ترکیب‌های فنولی از فنیل آلانین به عنوان پیش ساز معمول در گیاهان عالی شروع می‌شود. فنیل آلانین آمونیالیاز آنزیم کلیدی در زیست‌ساخت ترکیب‌های فنولی است که آمین‌زدائی از فنیل آلانین را کاتالیز می‌کند. نیتروژن باعث تعدیل زیست‌ساخت متابولیت‌های ثانویه چون فنول‌ها، فلاونوئیدها و کارتنوئیدها می‌شود (۳). کاربرد بیش از حد نیتروژن به علت تغییر تعادل نسبت کربن به نیتروژن موجب کاهش ساخت ترکیب‌های فنولی می‌شود (۱۹). هم‌چنین، ممکن است اثر منفی سطح‌های بالاتر نیتروژن بر غلظت فنول را چنین بیان کرد که ماده اولیه کلیدی ساخت فنول، مانند فنیل‌آلانین در مسیر ساخت پروتئین به جای مسیر فنول مصرف می‌شود. استفاده از

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.3.5.3]

نیتروژن بیشتر باعث کاهش سطح فنول در میوه گوجه‌فرنگی و آرابیدوپسیس شد (۲۷). در سطح‌های بالاتر پتاسیم، فتوسنتز گیاه افزایش می‌یابد و افزایش غلظت فنول ممکن است به علت اختصاص کربن ثابت به مسیر اسید شیکیمیک رخ دهد (۲۶). فنیل‌آلانین یک پیش ماده برای تشکیل فلاونوئیدها است. افزایش فنیل‌آلانین باعث افزایش تولید فلاونوئیدها می‌شود (۲۶). عنصر پتاسیم به دلیل داشتن فعالیت فیزیولوژیکی بالا در ساختمان گیاه و کاهش مصرف آب موجب افزایش فلاونوئید می‌شود (۲۶). کاربرد پتاسیم موجب افزایش غلظت فلاونوئید میوه عناب (*Ziziphus jujuba*) شد و مصرف نیتروژن زیاد باعث کاهش محتوای فلاونوئید کل عناب گردید (۷).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل

نتیجه‌های به‌دست آمده از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل زیر تاثیر تیمارهای نیتروژن، پتاسیم و اثر برهمکنش آن‌ها طی دو سال در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. با توجه به شکل ۷، کاربرد پتاسیم به تنهایی یا همراه با نیتروژن در طی دو سال سبب افزایش درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل شد. افزایش سطح‌های نیتروژن نیز فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در مقایسه با گیاهان شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد، با این وجود تیمار نیتروژن در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به ۱۰۰ کیلوگرم تا حدودی فعالیت آنتی‌اکسیدانی را کاهش داد. (شکل ۷).

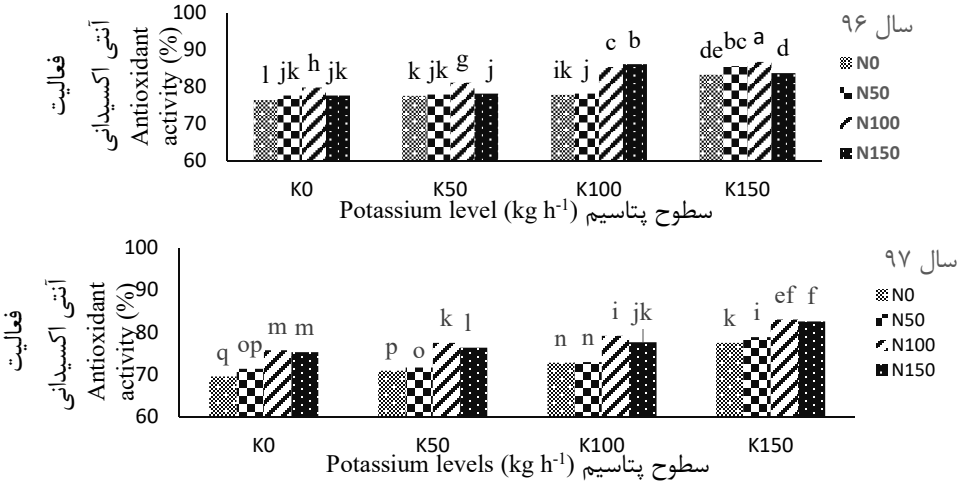

Fig 7. The interaction effect of nitrogen (0, 50, 100 and150 kg ha^{-1}) and potassium (0, 50, 100 and 150 kg ha^{-1}) on antioxidant activity of sweet fennel leaves in two years (2017 and 2018). In each column, there is no significant difference between treatments with same letters at $P\leq 0.05$.

شکل ۷- اثر برهمکنش نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و پتاسیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی برگ‌های رازیانه شیرین در دو سال ۹۶ و ۹۷. تفاوت بین ستون‌های مربوط به هر تیمار که دارای حرف‌های مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد ($P\leq$۰/۰۵).

گیاه رازیانه دارای مقدار چشمگیری ترکیب‌های فنولی مانند فنول و فلاونوئید است. ترکیب‌های فنولیک، تولیدهای ثانویه گیاهی می‌باشند که ممکن است به‌طور مستقیم در فعالیت آنتی‌اکسیدانی سهیم باشند. با توجه به نتیجه‌های آزمایش، افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در اثر کاربرد نیتروژن و پتاسیم به دلیل افزایش محتوای فنول و فلاونوئید کل می‌باشد. می‌توان اظهار داشت که یک همبستگی مثبت بین ترکیب‌های فنولی و فعالیت آنتی اکسیدانی وجود دارد و با افزایش مقدار ترکیب‌های فنولی میزان فعالیت آنتی اکسیدانی نیز افزایش می‌یابد (۲۴).

درصد نیتروژن بافت سوخ

با توجه به نتیجه‌های به‌دست آمده از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها، درصد نیتروژن بافت سوخ زیر تاثیر تیمارهای نیتروژن، پتاسیم و اثر برهمکنش آن‌ها طی دو سال در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. با توجه به شکل ۸، میزان نیتروژن بافت سوخ در سال اول (۶/۴ درصد) بیشتر از سال دوم (۶/۰۹ درصد) بود. کاربرد نیتروژن و پتاسیم باعث افزایش میزان نیتروژن بافت سوخ

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.3.5.3]

نسبت به شاهد در هر دو سال گردید. با توجه به اثرهای برهمکنش، میزان نیتروژن بافت سوخ پاسخ مثبتی به افزایش کاربرد نیتروژن و پتاسیم در سال ۹۶ نشان داد، اما در سال ۹۷ میزان نیتروژن بافت سوخ با افزایش نیتروژن به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در ترکیب با پتاسیم به ویژه تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، به‌طورمعنی‌داری در مقایسه با سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم کاهش یافت. بیشترین میزان نیتروژن بافت سوخ (۶/۴ درصد) از کاربرد ترکیبی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم در سال اول به‌دست آمد (شکل۸).

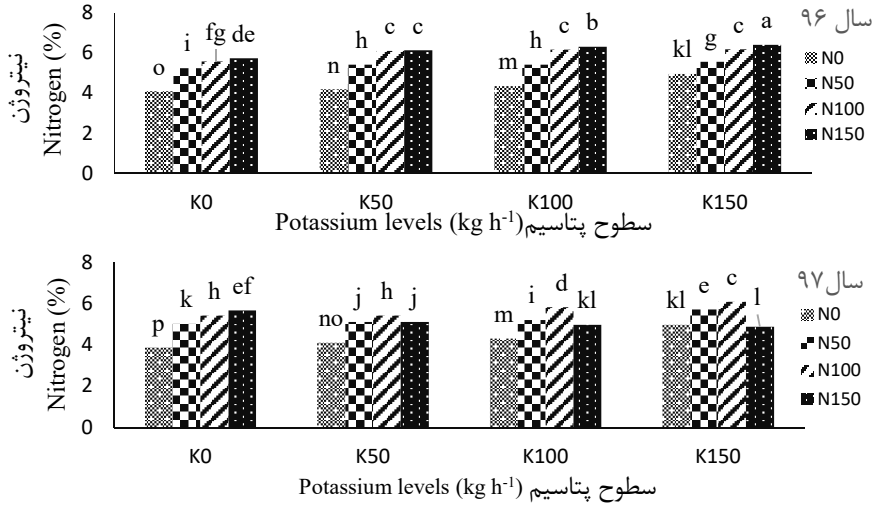

Fig. 8. The interaction effect of nitrogen (0, 50, 100 and150 kg ha^{-1}) and potassium (0, 50, 100 and 150 kg ha^{-1}) on nitrogen of sweet fennel bulb in two years (2017 and 2018). In each column, there is no significant difference between treatments with same letters at $P\leq 0.05$

شکل ۸- اثر برهمکنش نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و پتاسیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بر درصد نیتروژن بافت سوخ رازیانه شیرین در دو سال ۹۶ و ۹۷. تفاوت بین ستون‌های مربوط به هر تیمار که دارای حرف‌های مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد ($P\leq$۰/۰۵).

در سال اول به دلیل مساعد بودن شرایط آب و هوایی ضمن افزایش توانایی گیاه در ایجاد سیستم ریشه‌ای گسترده‌تر، منجر به افزایش جذب عنصرهای غذایی و تولید ماده خشک در واحد سطح گردید. افزایش جذب نیتروژن ممکن است به‌دلیل افزایش غلظت نیتروژن در محیط پیرامون ریشه باشد. با افزایش غلظت نیتروژن، جذب نیتروژن در گیاه فلفل به طور معنی‌داری افزایش یافت (۲۲). پتاسیم با بهبود گسترش ریشه‌ها موجب افزایش سطح جذب ریشه و تماس بیشتر ریشه با خاک شده و در نتیجه جذب نیتروژن را افزایش می‌دهد (۱۱). در برهمکنش اثر پتاسیم و نیتروژن در سیب‌زمینی، بیشترین درصد نیتروژن در اندام زیرزمینی با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد و کمترین درصد نیتروژن در عدم کاربرد نیتروژن و پتاسیم مشاهد شد (۱۱).

درصد پتاسیم بافت سوخ

نتیجه‌های حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد، اثرهای ساده تیمارهای نیتروژن، پتاسیم و اثرهای برهمکنش آن‌ها در طی دو سال بر درصد پتاسیم بافت سوخ رازیانه شیرین در سطح یک درصد معنی‌دار بود. در هر دو سال، با افزایش سطح‌های پتاسیم، درصد پتاسیم بافت سوخ افزایش یافت و این افزایش با افزایش سطح پتاسیم بهبود یافت (شکل ۹). با این وجود اثر نیتروژن بر درصد پتاسیم بافت سوخ به سطح‌های پتاسیم بستگی داشت. به‌طوریکه در هر دو سال، اعمال نیتروژن به تنهایی و در ترکیب با پتاسیم، درصد پتاسیم بافت سوخ را افزایش داد، اما کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در ترکیب با سطح‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم نسبت به سطح‌های پایین‌تر، درصد پتاسیم بافت سوخ را کاهش داد (شکل ۹).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.3.5.3]

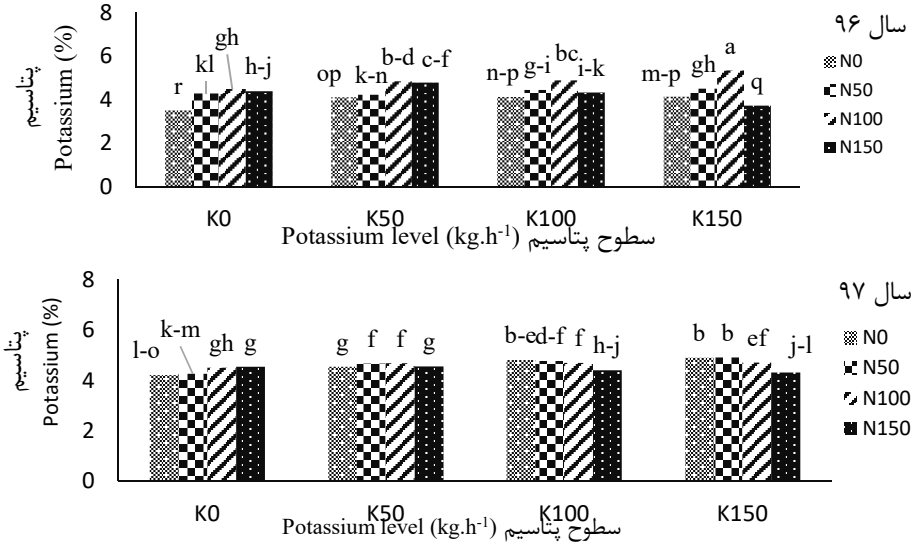

Fig. 9. The interaction effect of nitrogen (0, 50, 100 and150 kg ha^{-1}) and potassium (0, 50, 100 and 150 kg ha^{-1}) on potassium of sweet fennel bulb in two years (2017 and 2018). In each column, there is no significant difference between treatments with same letters at $P \leq 0.05$

شکل ۹- اثر برهمکنش نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و پتاسیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بر درصد پتاسیم بافت سوخ رازیانه شیرین در دو سال ۹۶ و ۹۷. تفاوت بین ستون‌های مربوط به هر تیمار که دارای حرف‌های مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد ($P \leq ۰/۰۵$).

افزایش جذب پتاسیم رابطه مستقیمی با افزایش رشد سبزینه‌ای گیاه دارد که خود وابسته به جذب نیتروژن در گیاه است (۱۶) . نتیجه‌های پژوهشی روی پیاز نشان داد که غلظت پتاسیم در پاسخ به افزایش نیتروژن در محلول ابتدا افزایش یافت و سپس به‌صورت خطی کاهش نشان داد (۲۸). پژوهشگران با پژوهش روی گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.)، کتان (*Linum usitatissimum* L.) و ارزن (*Panicum miliaceum* L.) دریافتند که با افزایش مقدار مصرف پتاسیم، غلظت پتاسیم در این گیاهان افزایش یافت (۱۲).

نتیجه گیری

نیتروژن و پتاسیم از عنصرهای ضروری هستند که نقش قابل توجهی در افزایش رشد و کیفیت سبزی‌ها دارند. بنابر نتیجه‌های این پژوهش، کاربرد نیتروژن و پتاسیم در تمام سطح‌ها در مقایسه با تیمار شاهد با افزایش شمار برگ و ارتفاع بوته توانست طول، قطر و وزن تر سوخ را افزایش دهد. کاربرد نیتروزن تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و پتاسیم تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار با افزایش محتوای فنول و فلاونوئید کل که از ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی می‌باشند ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه را افزایش داد. مصرف سطح‌های بالاتر نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با سطح‌های پایین‌تر باعث کاهش فنول، فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی رازیانه شیرین گردید. کاربرد نیتروژن و پتاسیم، درصد پتاسیم و نیتروژن بافت سوخ را افزایش داد و نیتروژن در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در ترکیب با سطح‌های بالاتر پتاسیم، باعث کاهش درصد پتاسیم سوخ گردید.

References منابع

1. Abou El-Magd, M. M., M. F. Zaki and Y. Camilia. 2010. Effect of planting dates and different levels of potassium fertilizer on growth, yield and chemical composition of sweet fennel cultivars under newly reclaimed sandy soil conditions. J. Amer. Sci. 6(7): 89-105
2. Ahmed Baloch, P., R. Uddin, F. K. Nizamani, A.H. Solangi and A. A. Siddiqui. 2014. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on growth and yield characteristics of radish (*Raphinus sativus* L.). J. Agr. Environ. Sci. 14 (6): 565-569
3. Aires, A., E. Rosa and R. Carvalh. 2006. Effect of nitrogen and sulfur fertilization on glucosinolates in the leaves and roots of broccoli sprouts (*Brassica oleracea* var. Italica). J. Sci. Food Agr. 86: 1512–1516.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.3.5.3]

4. Arancon, N. Q., C. A. Edwards, S. Lee and R. Byrne. 2006. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. Eur. J. Soil Biol. 42: S65-S69
5. Birdane, F. M., M. Cemek, Y. O. Birdane, İ. Gülçin and M. E. Büyükokuroğlu. 2007. Beneficial effects of *Foeniculum vulgare* on ethanol-induced acute gastric mucosal injury in rats. World J. Gastroenterol. 13(4): 607-11.
6. Brand-Williams, W., M. E. Cuvelier and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensm.Wiss. Technol. 28: 25-30.
7. Chen, J., Z. Li, M. Maiwulanjiang, W. L. Zhang, J. Y. X. Zhan and C. T. W. Lam. 2013. Chemical and biological assessment of *Ziziphus jujuba* fruits from China: Different geographical sources and developmental stages. J Agr. Food Chem. 61(30): 7315-24
8. El-Bassiony, A. M. 2006. Effect of potassium fertilization on growth, yield and quality of onion plants. J. Appl. Sci. 2(10): 780-785
9. El-Bassiony, A. M., Z. F. Fawzy, M. F. Zaki and M. A. El-Nemr. 2014. Increasing productivity of two sweet fennel cultivars by foliar spraying of some bio and organic compounds. Middle East J. Appl. Sci. 4(4): 794-801
10. Ghanjei, B. and A. Golchin. 2012. The effect of different levels of N, K and Mg on yield and growth indices of strawberry in hydroponic culture. J. Sci. Thechnol. Greenhouse cul. 2 (8): 71-80. (In Persian)
11. Ghasemi, E., M. R. Tookalloo and H. R. Zabihi. 2012. Effect of nitrogen and potassium and hiumic acid on vegetative growth, nitrogen and potassium uptake of potato minituber in greenhouse condition. IJAPB. 8 (1): 39-56 (In Persian)
12. Heidary, M. and P. Jamshid. 2010. Interaction between salinity and potassium on grain yield, carbohydrate content and nutrient uptake in Pearl Millet. ARPN J. Agr. Biol. Sci. 5(6): 39-46
13. Jaberian, H., K. Piri and J. Nazari. 2013. Phytochemical composition and in vitro antimicrobial and antioxidant activities of some medicinal plants. Food Chem. 136(1): 237-244
14. Jackson, M. L. 1958. Soil chemical analysis, Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey. United States of America, 498
15. Khalid, K. A. 2013. Effect of nitrogen fertilization on morphological and biochemical traits of some Apiaceae crops under arid region conditions in Egypt. Nusantara Biosci. 5(1): 15-21.
16. Khamadi, F., M. Mesgarbashi., P. Hasibi., M. Farzaneh and N. Enayatzamir. 2016. Influence of crop residue and nitrogen levels on nutrient content in grain wheat. Agron. J. 108: 158-166. (In Persian)
17. Koksal, E. and I. Gulcin. 2008. Antioxidant activity of cauliflower (*Brassica oleracea* L.). Turk. J. Agr. For. 32 (1): 65-78
18. Kumaran, A. and R. J. Karunakaran. 2006. Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of Coleus aromaticus. Food Chem. 97: 109-114
19. Leser, C and D. Treutter. 2005. Effects of nitrogen supply on growth, contents of phenolic compounds and pathogen (scab) resistance of apple trees. Physiol. Plant. 123: 49–56
20. Marschner, H. 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants, Third Edition, Academic Press, London
21. Mathew, S. and T. E. Abraham. 2006. In vitro antioxidant activity and scavenging effects of *Cinnamomum verum* leaf extract assayed by different methodologies. Food Chem. Toxicol. 44: 198-206
22. Motesharezadeh, B., M. Zarbizadeh., G. R. Savaghebi., M. Delshad., M. Hosseyni and F. Bekhradi. 2017. Effects of different levels of Calcium nitrate on some Morpho-physiological and nutritional traits of tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.). IJHS. 48 (3): 535-544. (In Persian)
23. Nguyen, P. M., E. M. Kwee and E. D. Niemeyer. 2010. Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. Food Chem. 123: 1235–1241
24. Oktay, M., I. Gulcin and O.I. Kufrevioglu. 2003. Determination of in vitro antioxidant activity of fennel (*Foeniculum vulgare*) seed extracts. Lebensm. Wiss. Technol. 36: 263–271
25. Olsen, SR., C. V. Cole, F. S Watenabe and L. A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate. U. S. Department of Agriculture, Cris. 939. USA
26. Phuong, M., E. M. Nguyen and E. D. Niemeyer. 2010. Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. Food Chem. 123: 1235– 1241
27. Radi, M., M. Mahrouz, A. Jaouad and M. J. Amiot. 2003. Influence of mineral fertilization (NPK) on the quality of apricot fruit ('Canino'). Effect of the mode of nitrogen supply. Agro. 23: 737–745

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.3.5.3]

28. Randle, W. M. 2000. Increasing nitrogen concentration in hydroponics solutions affects onion flavor and bulb quality. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125(2): 254-259
29. Sady, W., S. Rozek, M. Leja and A. Mareczek. 1999. Spring cabbage yield and quality as related to nitrogen fertilizer type and method of fertilizer application. Acta Hort. 506: 77-80
30. Singleton, V. L. and J. R. Rossi. 1965. Colorimetric of total phenolics with phosphomolybdic–phosphotungstic acid reagents. Amer. J. Enol. Viticult. 16: 144-58
31. Vaziri, Z. H., A. Salamat., M. Ansari., M. Masihi., N. Heydari and H. Dehghani Sanich. 2008. Evapotranspiration plant (water consumption guidelines for plants) (Translation). Publications of the National Committee of Irrigation and Drainage, printing, Tehran. (In Persian)
32. Zeinab, A. S., K. E. Farouk, A. G. Alaa and F. Z. Mohamed. 2015. Antioxidant activities of phenolics, flavonoids and vitamin C in two cultivars of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) in responses to organic and bio-organic fertilizers. J. Saudi Soc. Agr. Sci. 14: 91-99.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.3.5.3]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 21 (2): 211 - 224 (2020)
Research article

The Effect of Urea and Potassium Sulphate on Growth, Bulb Yield Components and Antioxidant Properties of Sweet Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill. cv. Boelli RZ F1)

S. Mohammadi, T. Barzegar* and Z. Ghahremani[1]

The present study was conducted to investigate the effects of nitrogen (N) and potassium (K) on growth, yield, qualitative traits and antioxidant capacity of sweet fennel. The experiment was performed according to the factorial experiment based on randomized completely block design with three replications in two years (2017 and 2018). Treatments included four different levels of N (0, 50, 100 and 150 kg ha^{-1}, urea source) and K (0, 50, 100 and 150 kg ha^{-1}, potassium sulphate source). Results showed that application of N and K significantly increased plant height, leaf number, bulb diameter and length, and bulb fresh weight in both years. Increasing nitrogen concentration up to 100 kg ha^{-1} increased the phenols and flavonoids contents and antioxidant activity, but application of 150 kg ha^{-1} N caused a decrease in such parameters. Also, application of high level of K increased quality traits and antioxidant activity. Application of N and K fertilizers increased the content of them in bulb tissue in both years. According to the results, application of 150 kg ha^{-1} K and 100 kg ha^{-1} N could be recommended to improv grwth, bulb yield and antioxidant properties of sweet fennel.

Keywords: Antioxidant activity, Growth traits, Nitrogen, Potassium, Sweet fennel.

1. Former M.Sc. Student, Associate Professor, and Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran, respectively.
* Corresponding author, Email: (Taher Barzegar, tbarzegar@znu.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.3.5.3]