تأثیر سطوح مختلف پتاسیم و نیتروژن بر کارآیی نیتروژن و محتوای برخی عناصر غذایی رازیانه شیرین

فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۵، شماره ۱، صفحات ۶۹-۵۷
(بهار ۱۳۹۸)

سمیرا محمدی، طاهر برزگر✉، زهرا قهرمانی

گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران ✉ tbarzegar@znu.ac.ir (مسؤول مکاتبات)

چکیده به منظور ارزیابی اثر سطوح مختلف نیتروژن و پتاسیم بر کارآیی مصرف، جذب و استفاده از نیتروژن و محتوای عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم، فسفر، کلسیم و منیزیم در رازیانه شیرین، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان اجرا شد. کودهای مورد استفاده شامل مقادیر ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن و پتاسیم در هکتار از منبع اوره و سولفات پتاسیم بودند. کاربرد نیتروژن و پتاسیم بر شاخص‌های کارآیی نیتروژن و غلظت عناصر نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، فسفر و منیزیم تاثیر معنی‌داری داشت. افزایش سطوح نیتروژن، کارآیی مصرف، جذب و استفاده از نیتروژن را کاهش داد. با افزایش غلظت پتاسیم، کارآیی نیتروژن نیز افزایش یافت. کاربرد کود نیتروژنه و پتاسیمی میزان غلظت عناصر نیتروژن، پتاسیم و فسفر را در بافت غده افزایش داد. غلظت کلسیم و منیزیم با افزایش سطوح نیتروژن افزایش یافت و کاربرد پتاسیم باعث کاهش غلظت کلسیم و منیزیم در بافت غده گردید. با توجه به دوره رشد کوتاه رازیانه شیرین، جهت بهبود کارآیی نیتروژن در گیاه، کاربرد سطوح پایین نیتروژن توصیه می‌گردد.

شناسه مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ پژوهش: ۱۳۹۶

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۱۸

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۳۰

واژه‌های کلیدی

- کارآیی جذب نیتروژن
- کارآیی مصرف نیتروژن
- محتوای فسفر
- محتوای کلسیم
- محتوای منیزیم

این مقاله با دسترسی آزاد تحت شرایط و قوانین The Creative Commons of BY - NC - ND انتشار یافته است.

DOI: 10.22034/AEJ.2019.665193

مقدمه رازیانه[1] گیاهی علفی از خانواده چتریان که منشاء آن نواحی مدیترانه و جنوب اروپا است.[۲] رازیانه شیرین یک سبزی غده‌ای است که بخش خوراکی آن، قاعده برجسته مانند برگ‌ها به صورت غده سفید رنگ و برگ‌های جوان این گیاه است که مصرف تازه‌خوری دارد.[۱۱] این گیاه دارای کالری کم و ارزش غذایی بسیار بالا و حاوی ویتامین‌های مختلف، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم و فسفر است و دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌دیابتیک، اثرات ضد التهاب، ضد اسپاسم، مدر، خلط‌آور، افزایش دهنده شیر مادر، ملین و ضددرد می‌باشد.[۵]

امروزه از کودها به عنوان ابزاری برای نیل به حداکثر تولید در واحد سطح استفاده می‌شود. کودهای شیمیایی علی‌رغم بر افزایش کمی و کیفی تولید، متاسفانه به دلیل مصرف نامتعادل و عدم انطباق مصرف کودها با نیاز واقعی گیاه، کاهش کیفیت محصولات تولیدی، کیفیت خاک سیستم‌های زراعی و کاهش تنوع میکروارگانیسم‌های خاک مورد انتظار می‌باشد.[۲۹]

نیتروژن از اجزای اصلی پروتئین‌ها و از عنصرهای غذایی اصلی و ضروری و پرنیازترین عنصر برای رشد گیاهان به شمار می‌آید و بعد از کمبود آب یکی از مهم ترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان است.[۲۶] به دلیل اثر مثبت نیتروژن بر عملکرد گیاه، کودهای نیتروژنی به طور بی‌رویه مورد استفاده قرار می‌گیرد، بنابراین کاربرد نامتعادل و مداوم کودهای نیتروژنه موجب آلودگی منابع آب، هوا و خاک از راه آبشویی، تصعید و باقی ماندن در خاک می‌شود.[۴۵] همین امر منجر به کاهش کارآیی کاربرد این کودها شده و امروزه به عنوان یک چالش عمده زیست محیطی در جهان مطرح است. درک صحیح از سازوکارهای مؤثر بر تنظیم کارآیی نیتروژن می‌تواند نقش مؤثری در افزایش تولید داشته باشد.[۲۳]

پتاسیم از عناصر ضروری پرمصرفی است که در رشد و توسعه سلول‌های گیاهی، ایجاد تورژسانس سلولی، باز و بسته شدن روزنه‌ها، سنتز انواع کربوهیدرات‌ها نقش داشته و تأثیر مهمی بر رشد و نمو، عملکرد و کیفیت محصول دارد.[۲۳]

به طور کلی، جذب مواد مغذی در گیاه به شدت به خواص کاتیون و آنیون بستگی دارد.[۳۶] پاسخ محصول به کودهای نیتروژنی زمانی که پتاسیم خاک کمتر از سطح مطلوب باشد، کاهش می‌یابد به طوری که بدون وجود پتاسیم از نظر ژنتیکی در سلول‌های گیاهی تولید پروتئین و آنزیم غیرممکن می‌باشد. اگرچه نیتروژن در تولید پروتئین نقش دارد ولی فرآورده‌هایی مانند اسیدآمینه، آمید و نیترات در سلول تجمع می‌یابند زیرا آنزیم نیترات ردوکتاز، کاتالیز کردن تشکیل پروتئین را با پتاسیم فعال می‌کند.[۲۸]

کارآیی جذب نیتروژن می‌تواند به طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع منبع تأمین کننده نیتروژن قرار گیرد.[۱۳] کارآیی نیتروژن شامل کارآیی جذب (بازیافت)، کارآیی مصرف (کارآیی فیزیولوژیکی) و کارآیی استفاده از نیتروژن (کارآیی زراعی) است که کارآیی زراعی، حاصل‌ضرب کارآیی جذب و مصرف نیتروژن می‌باشد. در پژوهشی بالاترین کارآیی زراعی مصرف نیتروژن با مصرف اولین واحد کود حاصل شد و با افزایش واحدهای بعدی، افزایش کمتری حاصل شد.[۳۰] پژوهش‌ها نشان داده است که هر چه مقدار نیتروژن اولیه در خاک بیشتر باشد کارآیی مصرف نیتروژن در مقادیر پایین‌تر تیمارهای کودی کاهش می‌یابد.[۳۴] با افزایش سطح کاربرد نهاده‌های کودی، میزان کارآیی جذب و مصرف نیتروژن در گیاهان رو به کاهش می‌گذارد.[۱۷]

پژوهشگران گزارش کردند که استفاده از کود نیتروژنی، محتوای نیتروژن و عناصر دیگر را در پیازهای گل زنبق افزایش داد.[۲۷] عرضه بهینه نیتروژن باعث جذب بهینه پتاسیم، فسفر، منیزیم و آهن از خاک

[1] *Foeniculum vulgare* Mill.

می‌شود و مقدار بیش از حد آن باعث کاهش جذب فسفر، پتاسیم، آهن و تقریباً تمام مواد ثانویه می‌شود. هنگامی که عرضه پتاسیم کاهش می‌یابد، انتقال نیترات‌ها، فسفات‌ها، کلسیم و اسیدآمینه کاهش می‌یابد.[۲۸] افزایش میزان نیتروژن سبب افزایش غلظت کلسیم و کاهش غلظت کلر در گیاه کلم شد.[۴] در پژوهشی سطوح بالاتر کود نیتروژن موجب افزایش غلظت نیتروژن کل در میوه‌های گوجه‌فرنگی شد.[۳۶]

کاربرد کود اوره به صورت محلول‌پاشی و کاربرد خاکی منجر به افزایش میزان کلسیم در برگ‌های کلم بروکلی گردید.[۴۴] کاربرد نیتروژن به طور کلی باعث افزایش وزن زیست توده و محتوای نیتروژن، پروتئین و نیترات در گیاهان می‌شود.[۱۰] افزایش میزان نیتروژن سبب افزایش مقدار کلسیم در کلم و منداب شد و جذب فسفر توسط گیاه را از طریق افزایش رشد اندام‌های هوایی و ریشه، همچنین تغییر متابولیسم گیاه و افزایش قابلیت استفاده و حلالیت فسفر افزایش داد.[۴] بنابراین مدیریت صحیح حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه علاوه بر کاهش آلودگی‌های نیتراتی و حفظ تنوع زیستی با اجتناب از کاربرد غیرضروری و بی‌رویه عناصر غذایی، هزینه‌ها را به حداقل می‌رساند و کارآیی مصرف نهاده‌ها را افزایش می‌دهد.[۴۱]

بنابراین، پژوهش حاضر با هدف یافتن سطوح مناسب نیتروژن و پتاسیم جهت بهبود کارآیی نیتروژن و غلظت برخی عناصر غذایی در رازیانه شیرین انجام شد.

مواد و روش‌ها این آزمایش به منظور ارزیابی اثر سطوح مختلف نیتروژن و پتاسیم بر کارآیی مصرف، جذب و استفاده از نیتروژن و میزان غلظت عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم، فسفر، کلسیم و منیزیم در غده رازیانه شیرین در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹۶ انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح نیتروژن ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار از منبع اوره و سه سطح پتاسیم ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار از منبع سولفات پتاسیم بود. قبل از انجام آزمایش، از خاک و آب مزرعه نمونه‌برداری شد که نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و آب آبیاری به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است. بذرهای رازیانه شیرین رقم Boelli RZ از شرکت سپاهان رویش اصفهان تهیه شد. از ویژگی‌های این رقم می‌توان به دوره رشد کوتاه (۹۰ تا ۱۱۰ روز)، بوته قوی، مقاوم

جدول ۱) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1) Physical and chemical properties of the soil used in the experiment

pH	EC (dS/m)	N (%)	Ca (g/kg)	Na (g/kg)	K (g/kg)	organic matter (%)	soil texture	sand (%)	silt (%)	clay (%)
7.4	1.49	0.07	0.12	0.13	0.20	0.94	loamy clay	25	38	37

جدول ۲) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب آبیاری محل اجرای آزمایش

Table 2) Physical and chemical properties of the irrigation water used in the experiment

SO_4^{-2} (mg/L)	HCO_3^- (mg/L)	CO_3^{-2} (mg/L)	Cl (mg/L)	Mg (mg/L)	Ca (mg/L)	K (mg/L)	Na (mg/L)	EC (dS/m)	pH
550.5	159	0.0	435.3	241.6	400	2.74	152	2.7	7.2

به اکسید شدن پس از برداشت، عملکرد خوب، مناسب کشت زمستانه در مناطق معتدل و قابل برداشت در اوایل بهار اشاره کرد.[۴۲] بذرها در ۲۱ اسفند ماه سال ۱۳۹۵ داخل سینی‌های مخصوص کاشت بذر ۷۲ حجره‌ای در بستر حاوی پیت ماس در گلخانه با دمای ۳ ± ۲۵ روز و ۳ ± ۲۰ سلسیوس شب و با رطوبت نسبی ۶۰-۷۰٪ کشت گردید و نشاها بعد از شش هفته در مرحله سه تا چهار برگی به مزرعه انتقال داده شدند. فاصله ردیف‌ها ۳۵ و بوته‌ها ۲۰ سانتی‌متر بود. پتاسیم به صورت کود سولفات پتاسیم در یک نوبت در زمان آماده کردن زمین به صورت نواری در کنار خط کاشت ردیف‌ها به خاک اضافه شد و نیتروژن به صورت 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 نشاءکاری همراه با آب آبیاری اعمال شد. آبیاری به‌صورت قطره‌ای-نواری با فاصله سه روز یکبار انجام گرفت. در طول فصل رشد عمل وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد.

در پایان آزمایش به منظور حذف اثر حاشیه‌ای، از گیاهان موجود در بخش‌های میانی کرت‌ها جهت نمونه‌برداری استفاده شد. کارآیی جذب نیتروژن، نسبت میان نیتروژن موجود در زیست توده به نیتروژن موجود در خاک است و نشان دهنده این است که از مجموع کود نیتروژن به کار رفته، چه میزان از آن در زیست توده محصول تجمع یافته است و به صورت درصد بیان می‌شود، کارآیی مصرف نیتروژن، میزان تولید اندام اقتصادی شامل غده، دانه، گل در هر واحد نیتروژن بازیافت شده در زیست توده می‌باشد.[۳۱] کارآیی استفاده از نیتروژن، میزان تولید اندام اقتصادی به ازای نیتروژن موجود در خاک می‌باشد.

جنبه‌های مختلف کارآیی نیتروژن با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه گردید:

رابطه (۱) $NUPE\ (\%) = BNYb \times (100/NF)$

در این رابطه، NUPE[1]: کارآیی جذب نیتروژن (درصد)، BNYb[2]: میزان نیتروژن در زیست توده گیاهان کرت کود داده شده (گرم بر متر مربع)، N_F : میزان کود نیتروژن استفاده شده (گرم بر متر مربع) می‌باشد.

رابطه (۲) $NUTE(gDW\ gN^{-1}) = BYLD_b / BNY_b$

در این رابطه، NUTE[3]: کارآیی مصرف نیتروژن (گرم غده خشک بر گرم نیتروژن)، $BYLD_b$: عملکرد غده خشک در کرت کود داده شده و BNYb: میزان نیتروژن در زیست توده گیاهان کرت کود داده شده بر حسب گرم در متر مربع می‌باشد.

رابطه (۳) $NUE(gWD.gN^{-1}) = BYLD_b/N_F$

در این رابطه، NUE: کارآیی استفاده از نیتروژن بر حسب گرم غده خشک بر گرم نیتروژن، BYLDb: عملکرد غده خشک در کرت کود داده شده و N_F میزان کود نیتروژن استفاده شده بر حسب گرم در متر مربع می‌باشد.[۳۸]

به منظور ارزیابی مقدار نیتروژن غده، ابتدا نمونه‌های گیاهی آسیاب و پس از هضم با اسید سولفوریک مقدار نیتروژن موجود در عصاره حاصل توسط روش کجلدال اندازه‌گیری شد.[۲۰]

برای اندازه‌گیری فسفر کل در غده، میزان ۵ میلی‌لیتر از محلول‌های عصاره و شاهد را به بالن ژوژه یا لوله آزمایش ۲۵ میلی‌لیتر منتقل و سپس میزان ۵ میلی‌لیتر از محلول آمونیوم مولیبدات-وانادات به آن اضافه کرده و به حجم رسانده شد. نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر[4] در طول موج ۴۷۰ نانومتر بعد از ۵ الی ۲۰ دقیقه قرائت شد.[۲۰]

[1] Nitrogen Uptake Efficiency
[2] Biomass Nitrogen Yield
[3] Nitrogen Utilization Efficiency
[4] Safas Monaco (RS 232), France

برای اندازه‌گیری پتاسیم کل در غده رازیانه ابتدا ۲ میلی‌لیتر از سری محلول‌های استاندارد، نمونه شاهد و عصاره گیاه تهیه شد و طبق روش هضم گیاه در بالن ۲۵ میلی‌لیتر ریخته و با آب مقطر به حجم رسانده شد. سپس دستگاه فیلم فتومتر[1] با استانداردهای موجود تنظیم شد. بعد عصاره را به دستگاه داده و عدد قرائت شده را روی نمودار کالیبراسیون برده و مقدار پتاسیم بر حسب میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد[۳۵] و به صورت درصد در ماده خشک گیاهی گزارش گردید.

کلسیم و منیزیم موجود در عصاره هضم شده به روش مرطوب با دستگاه جذب اتمی[2] پس از کالیبره کردن دستگاه، با استانداردهایی که از استاندارد ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کلسیم و منیزیم ساخته شده بودند، اندازه‌گیری شد. مقدار کلسیم و منیزیم بر حسب درصد در ماده خشک گیاهی گزارش گردید.

تجزیه داده‌ها با نرم‌افزارهای آماری SAS ver. 9 و MSTAT-C و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ انجام شد.

نتایج و بحث

کارآیی جذب، مصرف و استفاده از نیتروژن

کلیه اثرات ساده و بر همکنش نیتروژن و پتاسیم بر کارآیی جذب، مصرف و کارآیی استفاده از نیتروژن در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). کاربرد نیتروژن، کارآیی نیتروژن را در گیاه کاهش داد. با افزایش میزان کود نیتروژن، کارآیی جذب، مصرف و استفاده از نیتروژن در غده رازیانه شیرین کاهش یافت. کاربرد کود پتاسیم تاثیر مثبت بر کارآیی نیتروژن داشت و با افزایش سطوح پتاسیم، کارآیی جذب، مصرف و استفاده از نیتروژن در گیاه افزایش یافت (جدول ۴).

طیف نسبتاً وسیعی از عوامل ژنتیکی و راهکارهای مدیریتی می‌تواند بر کارآیی نیتروژن در گیاهان تأثیر بگذارد.[۱۷] با این حال بر اساس رابطه (۱) این عوامل از دو طریق می‌توانند کارآیی‌های نیتروژن را تحت تأثیر بگذارند.[۴۰]

۱- افزایش میزان نیتروژن در بوته: بر اساس رابطه (۱) عواملی که منجر به تحریک رشد و جذب نیتروژن توسط گیاه به ازای هر واحد نیتروژن اعمال شده در خاک شوند افزایش میزان نیتروژن در زیست توده گیاهان کرت کود داده شده می‌تواند سبب افزایش کارآیی جذب در غده شود با فرض ثابت بودن میزان کود نیتروژن استفاده شده، هر عاملی که سبب افزایش میزان نیتروژن در زیست توده گیاهان کرت کود داده شده شود، می‌تواند مستقیم یا غیرمستقیم منجر به افزایش کارآیی جذب نیتروژن شود. به عنوان مثال توسعه سیستم ریشه،[۲۱] راهکار افزایش توانایی گیاه در جذب نیتروژن به ویژه در شرایط محدودیت این عنصر در خاک است.[۷]

۲- افزایش نیتروژن در خاک: به طور کلی در شرایط محدود بودن نیتروژن موجود در خاک، گیاه از نیتروژن باقی مانده در خاک با کارآیی بالاتر استفاده می‌کند.[۸] با وجود آنکه مصرف نهاده‌های کودی منجر به افزایش تولید ماده و به دنبال آن افزایش میزان نیتروژن در زیست توده گیاهان کرت کود داده شده می‌شود، اما معمولاً کارآیی جذب نیتروژن با افزایش میزان کاربرد نهاده‌های کودی کاهش می‌یابد.[۱۷] به بیانی دیگر، در شرایط عدم مصرف نهاده‌های کودی، مقدار نیتروژن در زیست توده گیاهان کرت کود داده شده و میـــزان کود

[1] Flamephotometer, BMV, England
[2] AAS v AA-7050, EWAI, China

جدول ۳) تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف نیتروژن و پتاسیم بر کارآیی نیتروژن و محتوای عناصر پرمصرف غده رازیانه شیرین

Table 3) Variance analysis of different nitrogen and potassium application rates on nitrogen efficiency and macronutrient content in sweet fennel bulb

Source of variation	df	mean of squares							
		nitrogen utilization efficiency	nitrogen uptake efficiency	nitrogen use efficiency	N content	K content	P content	Ca content	Mg content
Replication	2	19.676	0.1188	0.3042	0.021	0.001	0.003	0.005	0.004
Nitrogen	3	10033.45**	296.03**	1172.90**	7.48**	1.78**	2.0**	2.55**	0.72**
Potassium	3	4350.958**	16.674**	23.938**	0.99**	0.22**	0.06**	0.33**	0.035**
Nitrogen× potassium	9	176.295**	1.610**	3.856**	0.069**	0.32**	0.007**	0.06**	0.005**
Error	30	18.054	0.0965	0.3586	0.010	0.004	0.001	0.002	0.001
CV (%)	-	2.3	2.8	3.1	1.87	0.5	1.4	1.5	2.6

ns,*,**: non significant, significant at 5 and 1%, respectively

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱٪

جدول۴) اثر سطوح مختلف نیتروژن و پتاسیم بر شاخص‌های کارآیی نیتروژن در رازیانه شیرین

Table 4) Effect of nitrogen and potassium application rates on nitrogen efficiency indices in weet fennel

Nitrogen application rate (kg/ha)	Potassium application rate (kg/ha)	nitrogen uptake efficiency (%)	nitrogen use efficiency (g_{wd}/g_n)	nitrogen utilization efficiency (g_{wd}/g_n)
0	0	-	-	246.63 a
	50	-	-	231.50 b
	100	-	-	217.55 c
	150	-	-	194.88 d
50	0	14.13 c	26.88 c	190.04d f
	50	15.91 b	29.09 b	182.73 ef
	100	17.21 a	30.98 a	179.98 ef
	150	18.00 a	31.90 a	174.10 fg
100	0	8.30 f	14.50 f	174.53 fg
	50	10.16 e	16.62 e	163.43 ghi
	100	11.73 d	18.71 d	159.42 hi
	150	12.27 d	19.35 d	157.74 i
150	0	5.73 h	9.81 gh	170.94 fgh
	50	5.93 h	9.49 h	160.01 hi
	100	7.44 fg	11.46 g	154.02 i
	150	6.56 gh	9.94 gh	151.38 i

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن می باشند.

Similar letters in each column shows non- significant difference according to Duncan test at 5% level

نیتروژن استفاده شده کمتر از شرایطی است که نهاده‌های کودی مصرف می‌شوند؛ اما نکته مهم آن است که در شرایط عدم مصرف کود، مقدار کاهش میزان کود نیتروژن استفاده شده بیش از کاهش میزان نیتروژن در زیست توده گیاهان کرت کود داده شده است در نتیجه نسبت میزان نیتروژن در زیست توده گیاهان کرت کود داده شده به میزان کود نیتروژن استفاده شده در شرایط عدم مصرف کود بیشتر از شرایطی مصرف کود می‌شود. با افزایش میزان مصرف نیتروژن به دلیل خارج شدن آن از دسترس گیاه در اثر آبشویی و تصعید و همچنین از نظر تئوری با بزرگ شدن مخرج کسر، کارآیی مصرف نیتروژن نیز کاهش می‌یابد.

به طور کلی زمانی که گیاه به عناصر غذایی نیاز دارد در برابر افزودن آنها به خاک واکنش مثبت نشان می‌دهد. با رفع تدریجی نیاز گیاه، واکنش آن به مقادیر بیشتر کود کمتر می‌شود. بنابراین کارآیی مصرف عناصر غذایی با رفع نیاز گیاه کمتر می‌شود.[۲۵] معمولا بالاترین مصرف کود در اولین واحدهای آن به دست می‌آید. پتاسیم با بهبود توسعه ریشه‌ها و افزایش سطح جذب و تماس بیشتر ریشه با خاک، جذب نیتروژن را افزایش می‌دهد.[۱۵]

محتوای عناصر غذایی در گیاه

اثر ساده نیتروژن و پتاسیم و اثرات متقابل آنها بر غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). بین سطوح کاربردی نیتروژن و پتاسیم با غلظت نیتروژن در بافت گیاه همبستگی مثبت وجود داشت به‌طوریکه با افزایش سطوح کاربردی نیتروژن و پتاسیم، غلظت نیتروژن در بافت غده افزایش یافت (جدول ۵).

نیتروژن یکی از مواد مغذی ضروری است که توسط گیاهان برای ساخت ترکیبات آلی متعدد مورد استفاده قرار می‌گیرد. کود نیتروژن اثر مهمی بر رشد گیاه و همچنین عملکرد و کیفیت محصول دارد.[۹] افزایش جذب نیتروژن می‌تواند به علت افزایش غلظت نیتروژن در محیط ریشه باشد. با افزایش غلظت نیتروژن، جذب نیتروژن در گیاه فلفل به طور معنی‌داری افزایش یافت.[۳۳] در بررسی روی گیاه سیب زمینی، افزایش سطوح کود نیتروژن، درصد نیتروژن غده سیب زمینی را افزایش داد.[۳] پتاسیم با افزایش دادن توسعه ریشه‌ها می‌تواند با افزایش سطح جذب ریشه و تماس بیشتر با خاک جذب نیتروژن را افزایش دهد.[۱۵] پتاسیم در ارتباط تنگاتنگ با فرآیندهایی است که در گیاه منجر به تولید پروتئین می‌شود. پتاسیم تضمین کننده حرکت نیتروژن در گیاه است. به عنوان پمپ نیتروژن عمل می‌کند بدین روش بهره-برداری نیتروژن به وسیله گیاه و همچنین برداشت نیتروژن از خاک زیاد می‌شود. به علت اینکه پتاسیم در ارتباط با متابولیسم نیتروژن است کمبود پتاسیم در گیاه و دادن کود نیتروژنی به آن منجر به تولید و تجمع محصولات حد واسط سنتز پروتئین می-شود و افزایش پتاسیم در گیاه موجب تبدیل مولکول‌های کم وزن نیتروژنی به پروتئین می‌شود.[۱۹] در برهمکنش پتاسیم و نیتروژن بیشترین درصد نیتروژن در اندام زیرزمینی سیب‌زمینی در ۷۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به دست آمد و کمترین درصد نیتروژن در عدم کاربرد نیتروژن و پتاسیم مشاهده شد.[۱۵]

با افزایش کاربرد نیتروژن تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، غلظت پتاسیم در گیاه

جدول ۵) اثر سطوح مختلف نیتروژن و پتاسیم بر غلظت برخی عناصر غذایی در غده رازیانه شیرین

Table 5) Effect of different nitrogen and potassium appltion rates on nitrogen, potassium and phosorous content of sweet fennel bulb

Nitrogen application rate (kg/ha)	Potassium application rate (kg/ha)	nitrogen (%)	potassium (%)	phosphor (%)	calcium (%)	magnesium (%)
0	0	4.6 h	3.59 i	2.09 j	2.55 gh	1.3 f-h
	50	4.32 h	4.1 g	2.14 ij	2.49 hi	1.3 f-h
	100	4.6 g	4.19 fg	2.18 hi	2.42 ij	1.26 gh
	150	5.13 f	4.22 fg	2.24 gh	2.34 j	1.23 h
50	0	5.26 ef	4.27 e-g	2.31 fg	2.75 ef	1.41 de
	50	5.47 de	4.31 ef	2.34 ef	2.71 ef	1.36 d-f
	100	5.55 d	4.54 cd	2.36 ef	2.64 fg	1.33 e-g
	150	5.64 cd	4.57 cd	2.42e	2.54 g-i	1.31 f-h
100	0	5.73 cd	4.63 c	2.6 d	3.07 c	1.43 d
	50	6.12 b	4.92 b	2.64 d	2.92 d	1.45 d
	100	6.27 ab	4.95 b	2.66 d	2.82 de	1.41 de
	150	6.34 ab	5.32 a	2.77 c	2.74 ef	1.38 d-f
150	0	5.85 c	4.52 cd	2.92 b	3.83 a	1.93 a
	50	6.25 ab	4.88 b	3.14 a	3.83 a	1.88 ab
	100	6.49 a	4.42 de	3.18 a	3.26 b	1.81 b
	150	6.47 a	3.8 h	3.17 a	3.16 bc	1.68 c

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن می باشند.

Similar letters in each column shows non- significant difference according to Duncan test at 5% level

افزایش یافت ولی سطح بالاتر آن ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار باعث کاهش غلظت پتاسیم در غده گیاه گردید. همچنین با افزایش کاربرد پتاسیم، غلظت پتاسیم افزایش یافت ولی این افزایش در سطح ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار پتاسیم از لحاظ آماری معنی‌دار نگردید و در یک سطح آماری قرار گرفتند (جدول ۵).

افزایش جذب پتاسیم رابطه مستقیمی با افزایش رشد سبزینه‌ای گیاه دارد که خود وابسته به جذب نیتروژن در گیاه است.[۲۴] نتایج پژوهشی روی پیاز نشان داد که غلظت پتاسیم در پاسخ به افزایش نیتروژن در محلول ابتدا افزایش یافته و سپس بصورت خطی کاهش یافت.[۳۹] در بررسی روی پیاز، غلظت جذب پتاسیم، بصورت معنی‌داری با کاربرد سولفات پتاسیم افزایش یافت.[۱۲] همچنین، پژوهشگران در آزمایش خود بر روی پیاز گزارش کردند کاربرد سولفات پتاسیم تا ۱۵۶/۶ و نیترات آمونیم تا ۶۷/۵ کیلوگرم بر هکتار سبب افزایش غلظت پتاسیم گردید و با کاربرد مقادیر بالاتر نیترات آمونیوم کاهش یافت.[۳۳] افزایش مقدار پتاسیم منجر به افزایش غلظت پتاسیم می‌شود.[۱۴] پژوهشگران با پژوهش روی گوجه‌فرنگی، کتان و ارزن دریافتند که با

افزایش مقدار مصرف پتاسیم، غلظت پتاسیم در این گیاهان افزایش یافت.[۱۸] با افزایش مقدار کودهای نیتروژنی تجمع نیترات صورت می‌گیرد که باعث افزایش pH آپوپلاست خواهد شد که جذب سایر عناصر غذایی را کاهش خواهد داد.

اثر تیمارهای نیتروژن و پتاسیم بر غلظت فسفر بافت غده در سطح ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۳). کاربرد نیتروژن و پتاسیم مقدار فسفر را در گیاه افزایش داد و با افزایش سطوح نیتروژن و پتاسیم، غلظت فسفر در گیاه افزایش یافت (جدول ۵). افزایش نیتروژن خاک جذب فسفر توسط گیاه را از طریق افزایش رشد اندام‌های هوایی و ریشه، همچنین تغییر متابولیسم گیاه و افزایش قابلیت استفاده و حلالیت فسفر افزایش می‌دهد.[۲۴] با پژوهش‌هایی روی اسفناج مشخص شد که با افزایش سطح نیتروژن مصرفی، غلظت فسفر گیاه کاهش می یابد. نتایج حاصله را این گونه توجیه کردند، از آنجایی که جذب فسفر به صورت آنیون فسفات صورت می‌گیرد احتمالا افزایش نیتروژن خاک و به دنبال آن افزایش نیترات در خاک می‌تواند یک اثر رقابتی با آنیون داشته و مانع جذب آن شود در نتیجه غلظت فسفر در گیاه کاهش می‌یابد[۱] که با نتایج حاصل از این پژوهش مغایرت دارد. نتایج پژوهشی نشان داد که غلظت جذب فسفر توسط پیاز با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم افزایش یافت.[۱۲] محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ و غده رازیانه شیرین با افزایش سطح کود پتاسیم به صورت خطی و تدریجی افزایش یافت.[۲]

اثرات اصلی نیتروژن و پتاسیم و اثر متقابل آنها بر میزان کلسیم بافت غده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). اعمال مقادیر مختلف نیتروژن و پتاسیم تاثیر زیادی بر میزان کلسیم در غده داشته است. با افزایش سطوح نیتروژن کاربردی، میزان کلسیم غده افزایش یافت ولی پتاسیم تاثیر منفی داشت و با افزایش سطح پتاسیم، مقدار کلسیم در بافت غده کاهش نشان داد (جدول ۵).

در شرایط عدم مصرف پتاسیم در خاک، غلظت کلسیم افزایش و با فراهمی پتاسیم در خاک میزان تجمع کلسیم کاهش نشان داد که با نتایج برخی پژوهشگران همخوانی داشت.[۲۱] این موضوع نشان دهنده نقش کنترلی پتاسیم بر جذب و انتقال کلسیم به داخل گیاه می‌باشد. وجود رابطه آنتاگونیسمی بین کلسیم و پتاسیم و رقابت بر سر محل‌های جذب در غشا از یک طرف و افزایش مقدار پتاسیم در محیط ریشه به عنوان عوامل کاهش‌دهنده غلظت کلسیم می‌توانند به شمار آیند. برا اساس نتایج پژوهشی، با افزایش میزان نیتروژن قابل دسترس گیاه به صورت نیترات، غلظت این آنیون در ریشه زیاد می‌شود و گیاه برای ایجاد تعادل بار در ریشه، کاتیون‌هایی مانند پتاسیم و کلسیم را جذب می‌کند که این امر منجر به افزایش غلظت آن می‌گردد.[۴۳] افزایش غلظت عناصری مانند فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در کلم بروکلی با افزایش مصرف نیتروژن گزارش شده است.[۶]

با افزایش سطح نیتروژن، غلظت منیزیم در بافت غده افزایش یافت، ولی پتاسیم تأثیر منفی بر مقدار منیزیم داشت به‌طوریکه با افزایش سطح پتاسیم مصرفی، غلظت منیزیم کاهش نشان داد. در برهمکنش بین نیتروژن و پتاسیم مشاهده می‌گردد که غلظت بالای منیزیم در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و عدم کاربرد پتاسیم به دست آمد (جدول ۵).

کاربرد کودهای پتاسیم باعث کاهش توانایی جذب منیزیم توسط گیاه می‌شود. کلسیم، منیزیم و پتاسیم با یکدیگر برای جذب رقابت می‌کنند و هر یک از آنها میزان جذب دیگری را کاهش می‌دهد.[۲۸] افزایش مصرف نیتروژن در کلم بروکلی سبب افزایش غلظت منیزیم گردید.[۳۷]

نتیجه‌گیری کلی مصرف کود نیتروژن باعث افزیش محتوای نیتروژن، پتاسیم، فسفر، منیزیم و کلسیم بافت غده شد و پتاسیم نیز همانند نیتروژن در سطوح بهینه باعث افزایش نیتروژن، پتاسیم و فسفر شد ولی مقدار عناصر کلسیم و منیزیم با افزایش پتاسیم کاهش یافت. بیشترین کارآیی‌های نیتروژن در سطوح پایین کود مصرفی نیتروژن حاصل شد و با افزایش کود نیتروژن و رفع نیاز کودی کاهش یافت. همچنین، با افزایش سطوح پتاسیم در هر سطح نیتروژن، کارآیی استفاده و جذب نیتروژن افزایش یافت ولی سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم فقط در سطح ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن سبب کاهش شد.

References

1. Abd El-Latif KM, Osman EAM, Abdullah R, Abd El-Kader N (2011) Response of potato plants to potassium fertilizer rates and soil moisture deficit. Advances in Applied Science Research 2(2): 388-397.
2. Abou El-Magd MM, Zaki MF, Camilia YE (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. Journal of American Science 6(7): 89-105.
3. Belanger G, Walsh JR, Richards JE, Milburn PH, Ziadi N (2002) Nitrogen fertilization and irrigation affects tuber characteristics of two potato cultivars. American Journal of Potato Research 79(4): 269-279.
4. Biesiada A, Kolota E (2010) The effect of nitrogen fertilization on yielding and chemical composition of radicchio chicory for autumn-harvest cultivation. Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus 9(4): 85–91.
5. Birdane FM, Cemek M, Birdane YO, Gülçin I, Büyükokuroğlu ME (2007) Beneficial effects of *Foeniculum vulgare* on ethanol-induced acute gastric mucosal injury in rats. World Journal of Gastroenterology 13(4): 607-611.
6. Castellanos JZ, Lazcano I, Sosa Baldibia A, Badillo V, Villalobos S (1999) Nitrogen fertilization and plant nutrient status monitoring - the basis for high yields and quality of broccoli in potassium-rich vertisols of central Mexico. Better Crops International (BCI) - International Plant Nutrition Institute 13(2): 25-27.
7. Dawson JC, Huggins DR, Jones SS (2008) Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agricultural systems. Field Crops Research 107(2): 89–101.
8. Delogu G, Cattivelli L, Pecchioni N, De Falcis D, Maggiore T, Stanca AM (1998) Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. European Journal of Agronomy 9(1): 11–20.
9. Dong H, Li W, Eneji AE, Zhang D (2012) Nitrogen rate and plant density effects on yield and late-season leaf senescence of cotton raised on a saline field. Field Crops Research 126(14): 137–144.
10. Ehsanipour A, Razmjoo J, Zeinali H (2012) Effect of nitrogen rates on yield and quality of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) accessions. Industrial Crops and Products 35(1): 121–125.
11. El-Bassiony AM, Fawzy ZF, Zaki MF, El-Nemr MA (2014) Increasing productivity of two sweet fennel cultivars by foliar spraying of some bio and organic compounds. Middle East Journal of Applied Sciences 4(4): 794-801.
12. EL-Desuki M, Abdel-Mouty M M, Ali A H (2006) Response of onion plants to additional dose of potassium application. Journal of Applied Science Research 2(9): 592-597.

13. Elwan MWM, Abd El-Hamed KE (2011) Influence of nitrogen form, growing season and sulfur fertilization on yield and the content of nitrate and vitamin C of broccoli. Scientia Horticulturae 127(3):181-187.
14. Gaj R, Gorski D (2014) Effects of different phosphorus and potassium fertilization on contents and uptake of macronutrients (N, P, K, Ca, Mg) in winter wheat I. Content of macronutrients. Journal of Central European Agriculture 15(4): 169-187.
15. Ghasemi E, Tookalloo MR, Zabihi HR (2012) Effect of nitrogen, potassium and humic acid on vegetative growth, nitrogen and potassium uptake of potato minituber in greenhouse condition. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding 8(1):39-56. [in Persian with English abstract]
16. Gruda N (2005) Impact of environmental factors on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption. Critical Reviews in Plant Sciences 24(3): 227-274.
17. Guarda G, Padovan S, Delogu G (2004) Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. European Journal of Agronomy 21(2): 181–192.
18. Heidary M, Jamshid P (2010) Interaction between salinity and potassium on grain yield, carbohydrate content and nutrient uptake in pearl millet. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science 5(6): 39-46.
19. Imas P (1999) Quality aspects of K nutrition in horticultural crops. Proceedings of the IPI-PRII-KKV Workshop on the Recent Trends in Nutrition Management in Horticultural Crops. Dapoli, Maharashtara, India.
20. Jackson ML (1958) Soil Chemical Analysis.Verlag: Prentice Hall: Englewood Cliffs, New Jersey.
21. Jordan-Meille L, Pellerin S (2004) Leaf area establishment of a maize (Zea mays L.) field crop under potassium deficiency. Plant and Soil 265(1): 75-92.
22. Ju C, Buresh RJ, Wang Z, Zhang H, Liu L, Yang J, Zhang J (2015) Root and shoot traits for rice varieties with higher grain yield and higher nitrogen use efficiency at lower nitrogen rates application. Field Crops Research 175: 47–55.
23. Kant S, Bi YM, Rothstein SJ (2011) Understanding plant response to nitrogen limitation for the improvement of crop nitrogen use efficiency. Journal of Experimental Botany 62(4): 1499-1509.
24. Khamadi F, Mesgarbashi M, Hasibi P, Farzaneh M, Enayatzamir N (2016) Influence of crop residue and nitrogen levels on nutrient content in grain wheat. Applied Field Crops Research (Pajouhesh & Sazandegi) 29(109): 158-166. [in Persian with English abstract]
25. Koocheki A, Seyyedi S M (2015) Relationship between nitrogen and phosphorus use efficiency in saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by mother corm size and fertilization. Industrial Crops and Products 71(1): 128–137.
26. Lemaire G, Jeuffroy MH, Gastal F (2008) Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage: Theory and practices for crop N management. European Journal of Agronomy 28(4): 614-624.
27. Mahgoub HM, Rawia A, Bedour A (2006) Response of Iris bulbs grown in sandy soil to nitrogen and potassium fertilization. Journal of Applied Sciences Research 2(11): 899–903.
28. Malvi UR (2011) Interaction of micronutrients with major nutrients with special reference to potassium. Karnataka Journal of Agricultural Sciences 24(1): 106-109.
29. Mansouri H, Banayan-Aval M, Rezvani-Moghaddam P, Lakzian A (2015) Management of nitrogen, irrigation and planting density in Persian shallot (*Allium hirtifolium*) by using central composite optimizing method. Agricultural Science and Sustainable Production 24(4.1): 41-60. [in Persian with English abstract]
30. Modhej A, Naderi A, Emam Y, Aynehband A, Normohammadi G (2008) Effect of different nitrogen levels on grain yield, grain protein content and agronomic nitrogen use efficiency in wheat genotypes under optimum and post-anthesis heat stress conditions. International Journal of Plant Production 2(3): 257-268. [in Persian with English abstract]
31. Moles DJ, Rangai SS, Bourke RM, Kasamani CT (1984) Fertilizer Responses of Taro in Papua New Guinea. In: Edible Aroids. Chandra S (Ed.). Clarendon Press: Oxford 64–71.

32. Motesharezadeh B, Zarbizadeh M, Savaghebi Gh, Delshad M, Hosseini M, Bekhradi F (2017) Effects of different levels of Calcium nitrate on some Morpho-physiological and nutritional traits of tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.). Iranian Journal of Horticultural Science 48(3): 535-544. [in Persian with English abstract]
33. Mollavali M, Bolandnazar S, Tabatabaei SJ (2011) Effect of ammonium nitrate and potassium sulphate on concentration of some nutrients in onion (*Allium cepa* L.). Journal of Horticulture Science 25(1): 101-108. [in Persian with English abstract]
34. Noshad H, Mohammadian R, Khayamim S, Hamdi F (2014) Effect of amino acid containing organic fertilizers on nitrogen use efficiency and qualitative and quantitative properties of sugar beet. Journal of Sugar Beet 30 (2): 167-181. [in Persian with English abstract]
35. Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS, Dean LA (1954) Estimation of Available Phosphorous in Soil by Extraction with Sodium Bicarbonate. U. S. Department of Agriculture: Washington, D.C.
36. Peyvast G, Olfati JA, Ramezani-Kharazi P, Kamari-Shahmaleki S (2009) Uptake of calcium nitrate and potassium phosphate from foliar fertilization by tomato. Journal of Horticulture and Forestry 1(1): 007-013.
37. Rakhsh F, Golchin A (2012) The effects of nitrogen and boron on yield and concentrations of macronutrients in broccoli head in a calcareous soil. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 3(2): 43-54. [in Persian with English abstract]
38. Ram M, Ram D, Roy SK (2003) Influence of an organic mulching on fertilizer nitrogen use efficiency and herb and essential oil yields in geranium (*Pelargonium graveolens*). Bioresource Technology 87(3): 273-278.
39. Randle WM (2000) Increasing nitrogen concentration in hydroponics solutions affects onion flavor and bulb quality. Journal of the American Society for Horticultural Science 125(2): 254-259.
40. Salvagiotti F, Castellarín JM, Miralles DJ, Pedrol HM (2009) Sulfur fertilization improves nitrogen use efficiency in wheat by increasing nitrogen uptake. Field Crops Research 113(2): 170–177.
41. Seyyedi M, Ghorbani R, Rezvani Moghaddam P, Nassiri Mahallati M (2013) Nitrogen use efficiency and harvest index in black seed (*Nigella sativa* L.) at different weed competition durations. Journal of Plant Production 20(1): 141–156. [in Persian with English abstract]
42. Sepahan Rooyesh (2016) Boelli RZ F1, Rijk Zwaan USA. Available on-line as http://www.srooyesh.com/ on 26 May 2019.
43. Wojciechowska R, Rozek S, Rydz A (2005) Broccoli yield and its quality in spring growing cycle as dependent on nitrogen fertilization. Folia Horticulturae 17(2): 141-152.
44. Yildirim E, Guvenc I, Turan M, Karatas A (2007) Effect of foliar urea application on quality, growth, mineral uptake and yield of broccoli (*Brassica oleracea* L., var. *italca*). Plant soil Environment 53(3): 120-128.
45. Zareabyaneh H, Bayatvarkeshi M (2015) Effects of slow-release fertilizers on nitrate leaching, its distribution in soil profile, N-use efficiency, and yield in potato crop. Environmental Earth Sciences 74(4): 3385-3393.

Effect of different nitrogen and potassium levels on nitrogen efficiency and some nutrient contents of sweet fennel

Agroecology Journal
Vol. 15, No. 1 (57-69)
(spring 2019)

Samira Mohammadi, Taher Barzegar✉, Zahra Ghahremani

Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
✉ tbarzegar@znu.ac.ir **(corresponding author)**

Received: 08 January 2019 **Accepted:** 20 May 2019

Abstract To investigate the effects of different nitrogen and potassium fertilizer rates on nitrogen use efficiency (NUE), nitrogen uptake efficiency (NUPE), nitrogen utilization efficiency (NUTE) and N, K, P, Ca and Mg nutrient contents in sweet fennel, a factorial experiment was conducted based on randomized completely block design with three replications in University of Zanjan, Iran. The applied fertilizers included 50, 100, and 150 kg/ha of N and K from urea and potassium sulfate sources, respectively. N and K application had significant effect on NUE and N, P, Ca, P, and Mg contents. Increasing nitrogen application rate levels desreased NUE, NUPE, and NUTE. Increasing of K application rate caused increment of N efficiency. Application of N and K fertilizers increased N, K and P concenterations on bulb tissue. Increasing N application rates resulted in more Ca and Mg concentrations, but application of K decreased Ca and Mg contents in bulb tissue. Regarding short growing period of sweet fennel, lower rates of N fertilizer is recommended to improve NUE.

Keywords

- calcium content
- Magnesium content
- nitrogen uptake efficiency
- nitrogen use efficiency
- phosphor content

This open-access article is distributed under the terms of the Creative Commons-BY-NC-ND which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

DOI: 10.22034/AEJ.2019.665193