مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۳۰، شماره ۴، سال ۱۳۹۳

کارایی جذب نیتروژن در زعفران (*Crocus sativus* L.) تحت تاثیر سطوح آبیاری و کشت پر تراکم بنه

Uptake Efficiency of Nitrogen in Saffron (*Crocus sativus* L.) as Affected by Irrigation Levels and High Corm Density

علیرضا کوچکی[۱]، سیدمحمد سیدی[۲] و مهدی جمشید عینی[۳]

۱ و ۲- به ترتیب استاد و دانشجوی دکتری، گروه اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- کارشناس ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۸

چکیده

کوچکی، ع.، سیدی، س. م. و جمشیدعینی، م. ۱۳۹۳. کارایی جذب نیتروژن در زعفران (*Crocus sativus* L.) تحت تاثیر سطوح آبیاری و کشت پر تراکم بنه. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۰ (۴):** ۴۵۶- ۴۴۱.

به منظور مطالعه اثر سطوح آبیاری و کشت پر تراکم بر کارایی جذب و مصرف نیتروژن در زعفران، آزمایشی در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. در این مطالعه، مقادیر آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی زعفران) به عنوان عامل اصلی و سطوح کشت پر تراکم (شامل ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ بنه در متر مربع) عامل فرعی در آزمایش بودند. بر اساس نتایج آزمایش، کمترین میزان جذب نیتروژن در اندام هوایی و بنه زعفران (به ترتیب ۶/۰۲ و ۵/۶۲ گرم در متر مربع) در شرایط اجرای کاشت ۵۰ بنه در متر مربع + ۵۰ درصد آبیاری مشاهده شد. با افزایش تراکم کاشت در هر دو سال، کارایی جذب، کارایی مصرف و شاخص برداشت نیتروژن در زعفران به طور معنی‌داری رو به افزایش گذاشت. همچنین در سال دوم، کارایی جذب، کارایی مصرف و شاخص برداشت نیتروژن در زعفران بیش از سال اول بود. به نظر می‌رسد که تراکم بالای کاشت زعفران که الگوی کشت پر تراکم نامیده می‌شود، بتواند به عنوان راهی برای افزایش کارایی مصرف نیتروژن در زعفران مورد توجه باشد.

واژه‌های کلیدی: بنه دختری، شاخص برداشت نیتروژن، غلظت نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن، نیاز آبی.

نویسنده مسئول: ac. irakooch@ferdowsi.um .
تلفن: ۰۵۱۳۸۸۰۴۰۰۰

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

زعفران زراعی (*Crocus sativus* L.) گیاه چند ساله‌ای است که سازگار به اقلیم خشک و نیمه خشک است (Sepaskhah and Kamgar-Haghighi, 2009). به طور کلی انطباق بخش عمده دوره رشد در فصل سرد و مرطوب سال، تقویم آبیاری مناسب اقلیم خشک و نیمه خشک (در پاییز و زمستان) و همچنین برخی خصوصیات ظاهری مانند برگ های باریک و ضخیم (Alizadeh *et al*., 2009) از جمله این دلایل سازگاری در نظر گرفته می‌شود.

اختلالات سیتولوژیکی به صورت ژنوم تریپلوئیدی و نیز ممانعت از خویش آمیزی ناشی از خود ناسازگاری، منجر به ایجاد پدیده عقیمی در زعفران می‌شود (Kumar *et al*., 2009؛ Ali *et al*., 2013). از این‌رو، رشد و تکثیر گیاه از طریق جوانه‌ها یا مناطق مریستمی در بنه مادری صورت انجام می‌شود که این در نتیجه رشد و تکامل این مریستم‌ها، بنه‌های جدیدی در سطح بنه مادری ایجاد می‌شود (Gresta *et al*., 2009؛ Bagheri and Vessal, 2003). این بنه‌های جدید که در اصطلاح بنه‌های دختری نامیده می‌شوند، در شروع فصل بعد به عنوان بنه مادری، ادامه رشد بوته زعفران را امکان پذیر می کند (Kafi, 2002؛ Renau-Morata *et al*., 2012).

نیتروژن به عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر در ساختار کلرفیل، اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک (Tegeder and Rentsch, 2010)، در داخل گیاه از پویایی بالایی برخوردار بوده که این امر سبب انتقال مجدد این عنصر از برگ‌های مسن به دیگر اندام‌ها و یا از اندام رویشی به بخش زایشی می‌شود (Bertheloot *et al*., 2008؛ Koocheki *et al*., 2011c). پویایی و انتقال نیتروژن به ویژه در گیاهان چند ساله نقش ویژه‌ای در رشد و بقای گیاه ایفا می کند (Ourry *et al*., 1988). از سوی دیگر، به دلیل چرخه رشد چند ساله گیاه زعفران و نیز ماهیت ژئوفیت- تریپلوئیدی این گیاه (Kumar *et al*., 2009؛ Gresta *et al*., 2008)، پویایی نیتروژن در بین برگ‌ها و اندام های زیرزمینی زعفران بیش از پیش در ادامه حیات گیاه نقش دارد. بر این اساس به نظر می‌رسد، ارزیابی کارایی مصرف نیتروژن در زعفران نسبتاً پیچیده‌تر از گیاهان یک ساله‌ای است که بذر حقیقی تولید می کنند.

به طور کلی کارایی مصرف نیتروژن می‌تواند تحت تاثیر هر یک از عوامل موثر بر رشد قرار گیرد (Salvagiotti *et al*., 2009). در بین عوامل موثر بر رشد زعفران، اجرای صحیح تراکم کاشت به ویژه بر اساس الگوی کشت پر تراکم حائز اهمیت ویژه‌ای است که می‌تواند ضمن افزایش عملکرد بنه‌های دختری، پایداری تولید در گیاه را امکان‌پذیر کند (Koocheki *et al*., 2011a, 2011d). به دلیل چرخه زندگی چند ساله گیاه زعفران و نیز با توجه به نقش موثر الگوی کشت پر تراکم در افزایش عملکرد گیاه به ویژه در سال‌های ابتدایی (Koocheki *et al*., 2014)، به نظر می‌رسد اجرای این روش کشت بتواند در افزایش کارایی استفاده از منابع محیطی شامل نیتروژن نیز موثر باشد.

www.SID.ir

طبق تعریف، کارایی در واقع نسبت بازده یا خروجی به نهاده یا ورودی می‌باشد (Koocheki *et al*., 2011c) در این راستا، مطالعه و بررسی کارایی استفاده از منابع در اکوسیستم‌های زراعی جهت شناخت مکانیسم‌های موثر بر استفاده از منابع و راه‌های افزایش آن صورت انجام می‌شود (Delogu *et al*., 1998؛ Koocheki *et al*., 2012). در بین منابع موثر بر رشد گیاه، مطالعه کارایی جذب و یا استفاده از نیتروژن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Ankumah *et al*., 2003). کارایی مصرف نیتروژن که در واقع نشان‌دهنده راندمان گیاه در تبدیل نیتروژن قابل دسترس در خاک به عملکرد دانه و یا بیولوژیک است، دارای دو جزء کارایی جذب (Uptake or acuquisition efficiency) که نسبت نیتروژن جذب شده در گیاه به نیتروژن به کار رفته است و کارایی استفاده (Utilization efficiency) که عملکرد به ازای هر واحد نیتروژن جذب شده است (Lea and Azevedo, 2006؛ Salvagiotti *et al*., 2009). از نقطه نظر کاهش مصرف کودهای نیتروژن و نیز توسعه کشاورزی پایدار، افزایش کارایی مصرف نیتروژن (عملکرد به ازای هر واحد نیتروژن به کار رفته) به ویژه در شرایط محدودیت آب و وقوع تنش خشکی مورد تاکید قرار گرفته است (Modhej *et al*., 2010؛ Masclaux-Daubresse *et al*., 2010؛ Feiziasl *et al*., 2014).

علاوه بر تراکم کاشت، آبیاری زعفران نیز از مهم‌ترین عوامل موثر بر رشد و عملکرد بنه‌های دختری زعفران در نظر گرفته می‌شود (Azizi-Zohan *et al*., 2006؛ Sepaskhah *et al*., 2008). آن جایی که زعفران اساساً در مناطق خشک و نیمه خشک کشت می‌شود، استفاده بهینه از منابع آب در این مناطق حائز اهمیت ویژه‌ای است (Yarami *et al*., 2011؛ Alizadeh *et al*., 2009؛ Najafinezhad *et al*., 2014). استفاده بهینه از آب با بهبود شرایط لازم جهت رشد بنه‌های دختری زعفران، ممکن است در نهایت کارایی استفاده از سایر منابع به ویژه نیتروژن را افزایش دهد.

بر اساس توضیحات ذکر شده، این آزمایش با هدف مطالعه اثر مقادیر آبیاری بر حسب نیاز آبی گیاه و سطوح کشت پر تراکم بر کارایی جذب و مصرف نیتروژن زعفران در شرایط اقلیم خشک و نیمه خشک مشهد انجام شد. همچنین برای شناخت بهتر تیمارهای ذکر شده بر جذب نیتروژن در زعفران، شاخص برداشت نیتروژن در این گیاه نیز مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ به صورت کرت‌های خرد شده (اسپلیت - پلات) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد اجرا شد. در این مطالعه، مقادیر آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی زعفران) به عنوان عامل اصلی و سطوح کشت پر تراکم شامل ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ بنه در مترمربع، عامل فرعی در آزمایش

www.SID.ir

بودند.

از آن‌جایی که تبخیر و تعرق زعفران در سال اول و دوم به ترتیب ۵۲۳ و ۶۴۰ میلی‌متر است، نیاز آبی بر اساس ضرایب گیاهی (Kc) در مراحل ابتدایی، میانی و انتهایی رشد در سال اول و دوم (به ترتیب ۰/۴۵-۰/۴۱، ۱/۰۵-۰/۹۳ و ۰/۳۱-۰/۲۹) تعیین شد (Yarami *et al.*, 2011). هر یک از سطوح آبیاری توسط آبیاری جداگانه در هر کرت (با کنتور) در سال اول (۱۷ مرداد، اواسط مهر (تسهیل گل‌دهی)، اواخر آبان (پس از برداشت گل و ظهور برگ‌ها)، اواخر آذر (بعد از وجین علف‌های هرز)، اواخر اسفند و اواسط فروردین (تکمیل رشد بنه‌ها) و در سال دوم (مشابه سال اول) اعمال شد (Rezvani Moghaddam *et al.*, 2013).

برای آماده‌سازی زمین مورد نظر (نیتروژن قابل جذب: ۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم، فسفر و پتاسیم قابل جذب: به ترتیب معادل ۸/۷۵ و ۲۱۲/۱۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم، ماده آلی: ۰/۵۴ درصد، pH: ۸/۱۶ و هدایت الکتریکی خاک: ۱/۱۳ دسی‌زیمنس بر متر)، ابتدا شخم اولیه و دیسک انجام و سپس کرت‌هایی با ابعاد یک متر × دو متر (دو مترمربع) و با فاصله دو متر از یک‌دیگر ایجاد شد. فاصله بین دو بلوک نیز دو متر تعیین شد. پیش از کاشت، کود دامی (۲۵ تن در هکتار) به تمامی کرت‌ها اعمال شد. عملیات کاشت زعفران در ۲۷ خردادماه ۱۳۹۱ توسط بنه‌های ۴ تا ۶ گرمی انجام شد. آبیاری کرت‌ها نیز به طور جداگانه با کنتور و توسط لوله و شیرهای پلی اتیلن انجام شد.

در سال اول آزمایش و همزمان با برداشت بنه‌ها (اوایل خرداد ماه ۱۳۹۲)، شاخص‌های مربوط به بنه‌های دختری (به تفکیک در اندازه‌های ۰/۱ تا ۴ گرمی (ریز)، ۴/۱ تا ۸ گرمی (متوسط) و بیش از ۸ گرمی (بزرگ) در مساحتی معادل یک چهارم مترمربع (۰/۵ متر × ۰/۵ متر) و با رعایت اثر حاشیه تعیین شد. با محاسبه وزن بنه‌های دختری تفکیک شده، غلظت نیتروژن (گرم بر کیلوگرم) و مقدار جذب نیتروژن (گرم در مترمربع) در بنه‌های دختری (همراه با پوشینه) به روش کجلدال و توسط دستگاه Kjeldahl- PECO، مدل Psu 55) اندازه‌گیری شد. مشابه سال اول، در سال دوم اجرای آزمایش نیز شاخص‌های ذکر شده در کل مساحت باقیمانده هر کرت (مساحت باقیمانده پس از برداشت بنه‌های دختری در خرداد ماه ۱۳۹۲) تعیین شد.

با محاسبه مقدار نیتروژن در اندام هوایی و بنه‌های دختری، کارایی جذب نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن و شاخص برداشت نیتروژن به ترتیب بر اساس معادلات ۱ تا ۳ اندازه‌گیری شد. لازم به توضیح است به دلیل ماهیت چند ساله گیاه زعفران، عدم تشکیل بذر و نقش بنه مادری به عنوان اندام لازم جهت تکثیر گیاه، شاخص‌های مربوط به کارایی نیتروژن بر اساس عملکرد بنه‌های دختری در پایان هر فصل رشد محاسبه شد (Koocheki and Seyyedi, 2015).

معادله ۱)

۱۰۰× (مقدار نیتروژن خاک در متر مربع / مقدار نیتروژن زیست توده در متر مربع) = کارایی جذب نیتروژن (درصد)

Archive of SID

www.SID.ir

معادله ۲)

(مقدار نیتروژن خاک در متر مربع / عملکرد بنه‌های دختری در متر مربع) = کارایی مصرف نیتروژن (گرم بر گرم)

معادله ۳)

۱۰۰× (مقدار نیتروژن زیست توده در متر مربع / مقدار نیتروژن بنه‌های دختری در متر مربع) = شاخص برداشت نیتروژن (درصد)

در معادلات ذکر شده، نیتروژن خاک از مجموع ۱- نیتروژن اولیه و قابل جذب خاک، ۲- نیتروژن اضافه شده حاصل از مصرف کود دامی و ۳- نیتروژن اولیه در بنه‌های مادری محاسبه شد. محاسبه نیتروژن اولیه خاک نیز بر اساس عمق ۳۰ سانتی‌متری و وزن مخصوص ظاهری خاک (۱/۵۵ گرم در سانتی‌مترمکعب) انجام شد. مقدار نیتروژن زیست توده در پایان فصل رشد نیز از مجموع نیتروژن در بنه‌های دختری و اندام هوایی به دست آمد (Koocheki and Seyyedi, 2015).

تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش با نرم افزار SAS 9.3و Mstat-C انجام شد. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. لازم به توضیح است که شاخص‌های مورد مطالعه زعفران در سال اول و دوم به صورت کرت‌های دو بار خرد شده (اسپلیت اسپلیت - پلات) در زمان و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی آنالیز شدند. به عبارت دیگر، آبیاری، کشت پر تراکم و برداشت (سال) به ترتیب عامل اصلی، عامل فرعی و عامل فرعی فرعی در نظر گرفته شدند.

نتایج و بحث

غلظت نیتروژن در اندام‌های زعفران

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثر ساده و متقابل سطوح آبیاری، کشت پرتراکم و برداشت تاثیر معنی‌داری بر غلظت نیتروژن در بنه‌های ریز (۰/۱ تا ۴ گرم) و اندام هوایی زعفران نداشت. از سوی دیگر، در بین اثر ساده و متقابل، تنها اثر سطوح آبیاری و کشت پر تراکم بر غلظت نیتروژن در بنه‌های دختری متوسط (۴/۱ تا ۸ گرم) و درشت (بیش از ۸ گرم) معنی‌دار بود (جدول ۱).

بر اساس نتایج جدول ۲، با افزایش سطوح نیاز آبی، غلظت نیتروژن در بنه‌های دختری متوسط و درشت به طور معنی‌داری رو به کاهش گذاشت. به عبارت دیگر، بیشترین غلظت نیتروژن در بنه‌های متوسط و درشت در شرایط تنش شدید آب (تامین ۵۰ درصد نیاز آبی زعفران) مشاهده شد. همچنین کاهش سطح نیاز آبی، منجر به کاهش غلظت نیتروژن در بنه‌های ریز شد؛ اما این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۲).

مطابق تعریف، سازگاری در گیاه در واقع تغییر ساختمان یا متابولیسم در پاسخ به تغییر در محیط بوده که به تدریج و یا در طی فصل رشد صورت انجام می‌شود و می‌تواند ضمن کاهش اثر تنش، بقای گیاه را افزایش دهد (Kafi and Mahdavi Damghani, 2007). از سوی دیگر، مراحل فنولوژیکی زعفران شامل سه مرحله رشد زایشی، رشد رویشی و مرحله رکود می‌باشد (Kafi, 2002؛ Kumar *et al*., 2009). به

www.SID.ir

جدول ۱- تجزیه واریانس شاخص‌های مربوط به غلظت نیتروژن در اندام‌های زعفران
Table 1. Analysis of variance for nitrogen concentration of saffron organs

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	میانگین مربعات MS: بنه‌های دختری Replacement corm: ۰/۱ تا ۴ گرم 0.1-4 g	۴/۱ تا ۸ گرم 4.1-8 g	بیش از ۸ گرم Over 8 g	اندام هوایی Aerial organ
Block	بلوک	2	0.06^{ns}	1.65^{ns}	13.54^{**}	0.13^{ns}
Irrigation (I)	آبیاری	2	2.09^{ns}	6.89^{*}	7.80^{**}	0.26^{ns}
Error I	خطای اصلی	4	4.37	1.18	4.68	0.07^{ns}
High sowing density (D)	کشت پر تراکم	3	0.86^{ns}	9.89^{**}	18.27^{**}	0.05^{ns}
I × D	آبیاری × کشت پر تراکم	6	1.91^{ns}	0.06^{ns}	0.54^{ns}	0.04^{ns}
Error II	خطای فرعی	18	1.93	3.81	9.70	0.09^{ns}
Harvest (H)	برداشت	1	8.93^{ns}	0.98^{ns}	0.85^{ns}	0.005^{ns}
I × H	آبیاری × برداشت	2	0.92^{ns}	0.34^{ns}	0.12^{ns}	0.003^{ns}
D × H	کشت پر تراکم × برداشت	3	0.78^{ns}	0.13^{ns}	0.08^{ns}	0.03^{ns}
I × D × H	آبیاری × کشت پر تراکم × برداشت	6	1.51^{ns}	0.05^{ns}	0.03^{ns}	0.01^{ns}
Error II	خطای فرعی فرعی	24	2.28	1.96	0.93	0.08^{ns}

**، * و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم اختلاف معنی‌دار.
**, * and ns : Significant at the 1% and 5% levels of probability and not significant, respectively.

طوری که همزمان با خشک شدن برگ‌های تشکیل شده در سطح خاک و تحلیل ریشه‌های گیاه (از اواخر فرودین تا اواخر اردیبهشت)، مرحله رکود (اواخر اردیبهشت) آغاز شده و تا اواخر مهر ادامه می‌یابد (Koocheki *et al*., 2014). با توجه به آن‌که رشد گیاه زعفران به روش رویشی و از طریق کاشت بنه‌های آن انجام می‌شود (Kumar *et al*., 2009)، افزایش غلظت نیتروژن در بنه‌های دختری متوسط و درشت در شرایط تنش شدید آبیاری (۵۰ درصد نیاز آبی) در مقایسه با شرایط عدم تنش (۱۰۰ درصد نیاز آبی) ممکن است به عنوان یک مکانیسم سازگاری مطرح باشد تا در واقع بتواند افزایش مقاومت گیاه به شرایط تنش را امکان‌پذیر کند.

با افزایش تراکم گیاهی، غلظت نیتروژن در بنه‌های دختری متوسط و درشت به طور معنی‌داری رو به کاهش گذاشت (جدول ۲). با این وجود، غلظت نیتروژن در بنه‌های دختری ریز و اندام هوایی، تحت تاثیر سطوح تراکم کاشت قرار نگرفت (جدول ۲).

به طور کلی، کاهش غلظت نیتروژن در بنه‌های دختری متوسط و درشت ممکن است به دلیل تشدید رقابت بین بنه‌های دختری تشکیل شده در تراکم بالای کشت (۳۰۰ بنه در مترمربع) بر سر جذب منابع مشترکی مانند نیتروژن باشد. در این ارتباط کوچکی و همکاران (Koocheki *et al*., 2011b) نیز با مشاهده تشدید رقابت بین بنه‌های دختری زعفران تحت تاثیر سطوح بالای تراکم کاشت، اظهار داشتند که با افزایش تعداد بنه‌های تشکیل شده در خاک، وزن خشک این بنه‌ها رو به کاهش گذاشت. از سوی دیگر، عدم تفاوت معنی‌دار بین سطوح تراکم کاشت از نظر غلظت نیتروژن بنه‌های ریز ممکن است در ارتباط با اندازه این بنه‌ها باشد. به عبارت دیگر، به دلیل رشد بسیار کم این بنه‌ها، به نظر می‌رسد افزایش تراکم کاشت تاثیری در محدود

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲- اثر آبیاری، کشت پر تراکم و برداشت بر غلظت نیتروژن اندام‌های زعفران

Table 2. Effects of irrigation, high sowing density and harvest on nitrogen concentration of saffron organs

تیمارها Treatments		غلظت نیتروژن Nitrogen concentration (gkg^{-1})			
		بنه‌های دختری Replacement corm			
		۰/۱ تا ۴ گرم 0.1-4 g	۴/۱ تا ۸ گرم 4.1-8 g	بیش از ۸ گرم Over 8 g	اندام هوایی Aerial part
آبیاری (درصد از نیاز آبی) Irrigation (percentage of water requirement)					
50		9.35a	12.44a	13.62a	11.64a
75		9.87a	11.99ab	12.92b	11.44a
100		9.86a	11.37b	12.49b	11.60a
کشت پر تراکم (بنه در مترمربع) High sowing density (corm per m^2)					
50		9.89a	12.73a	14.30a	11.56a
100		9.38a	12.37ab	13.19b	11.49a
200		9.75a	11.49bc	12.65b	11.61a
300		9.75a	11.14c	11.91c	11.59a
Harvest (year)	برداشت (سال)				
First harvest	برداشت اول	9.34a	11.82a	12.90a	11.55a
Second harvest	برداشت دوم	10.04a	12.05a	13.12a	11.57a
Mean	میانگین	9.69	11.93	13.01	11.56

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple range test.

کردن نیتروژن خاک جهت جذب توسط این بنه‌ها نداشته باشد.

به طور کلی، با افزایش اندازه بنه‌های دختری، غلظت نیتروژن به ازای واحد وزن بنه دختری رو به افزایش گذاشت. به عبارت دیگر، بنه‌های ریز دارای غلظت نیتروژن کمتر (۹/۶۹ گرم بر کیلوگرم) و بنه‌های دختری درشت دارای بالاترین غلظت نیتروژن (۱۳/۰۱ گرم بر کیلوگرم) بودند (جدول ۲). در این ارتباط گزارش شده است که با افزایش اندازه بنه مادری، سطح برگ و تولید ماده خشک زعفران در طی دوره رشد افزایش یافته و منجر به تولید بنه‌های دختری بیشتری در انتهای فصل رشد می‌شود (Renau-Morata *et al.*, 2012; Koocheki *et al.*, 2007). از این رو، به نظر می‌رسد که با افزایش اندازه بنه‌های دختری، ضمن آن‌که سهم تخصیص مواد غذایی از گیاه مادری به این بنه‌ها افزایش می‌یابد، رشد و توسعه سیستم ریشه‌ای حاصل از این بنه‌ها در خاک نیز بیشتر شده که این امر سبب افزایش توانایی گیاه در جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن از خاک می‌شود. علاوه بر این، با توجه به آن که تشکیل بنه‌های دختری زعفران می‌تواند در سراسر چرخه زندی گیاه ادامه یابد (Koocheki *et al.*, 2014)، پایین‌تر بودن میزان نیتروژن در بنه‌های کوچک‌تر ممکن است به دلیل موقعیت نامناسب‌تر روی بوته مادری و یا تشکیل این بنه‌ها در مراحل انتهایی فصل رشد باشد که منجر به توسعه محدود یا حتی عدم تشکیل سیستم ریشه‌ای در این بنه‌ها می‌شود. از سوی دیگر، پایین‌تر بودن غلظت نیتروژن در اندام هوایی

www.SID.ir

(۱۱/۵۶ گرم بر کیلوگرم) نسبت به غلظت نیتروژن در بنه‌های دختری متوسط و درشت ممکن است تحت تاثیر مراحل فنولوژیک زعفران باشد. به عبارت دیگر، می‌توان اظهار داشت که به دلیل ژئوفیت بودن گیاه زعفران، اهمیت بنه به عنوان اندام ذخیره‌ای گیاه (Gresta *et al.*, 2008؛ Kumar *et al.*, 2009) و نیز پویایی عنصر نیتروژن بین اندام‌های گیاهی (Bertheloot *et al.*, 2008؛ Koocheki *et al.*, 2011c)، این عنصر می‌تواند همزمان با خشک شدن و آغاز مرحله رکود از اندام‌های هوایی به سمت اندام‌های زیرزمینی منتقل شود تا ضمن تحریک بیشتر رشد بنه‌های دختری، در اندام‌های زیر زمینی گیاه ذخیره شود تا جهت آغاز رشد گیاه در فصل بعد مجدداً مورد استفاده قرار گیرد. در این ارتباط، نقش موثر نیتروژن در تحریک رشد برگ‌ها و فعال شدن جوانه‌های موجود در بنه‌های زعفران گزارش شده است (Chaji *et al.*, 2013). از این رو، این انتقال می‌تواند به عنوان توجیهی در ارتباط با پایین‌تر بودن غلظت نیتروژن در اندام هوایی زعفران نسبت به بنه‌های دختری متوسط و درشت در نظر گرفته شود.

میزان نیتروژن در اندام های زعفران

اثر متقابل آبیاری و کشت پر تراکم تأثیر معنی‌داری بر میزان نیتروژن در تمامی اندام‌های زعفران داشت (جدول ۳). علاوه بر این اثر متقابل و برداشت بر تمامی شاخص‌های ذکر شده معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس شاخص‌های مربوط به میزان نیتروژن در اندام‌های زعفران
Table 3. Analysis of variance for nitrogen content of saffron organs

			میانگین مربعات MS					
			بنه‌های دختری Replacement corm					
S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	۰/۱ تا ۴ گرم 0.1-4 g	۴/۱ تا ۸ گرم 4.1-8 g	بیش از ۸ گرم Over 8 g	کل بنه‌ها Total corms	اندام هوایی Aerial part	بوته کامل Whole plant
Block	بلوک	2	15.27**	1.970^{ns}	1.63**	16.88**	0.75^{ns}	24.24**
Irrigation (I)	آبیاری	2	375.76**	77.91**	21.50**	1016.45**	55.61**	1534.96**
Error I	خطای اصلی	4	12.63	0.65	0.13	10.07	0.19	12.05
High sowing density (D)	کشت پر تراکم	3	466.82**	24.01**	3.96**	672.80**	24.94**	934.41**
I × D	آبیاری × کشت پر تراکم	6	33.99**	5.07**	1.15**	52.58**	1.73*	59.77**
Error II	خطای فرعی	18	4.18	0.91	0.71	4.84	0.31	5.27
Harvest (H)	برداشت	1	72.66**	63.15**	33.52**	495.76**	73.39**	950.41**
I × H	آبیاری × برداشت	2	10.82*	5.00**	1.89**	44.75**	1.68*	57.76**
D × H	کشت پر تراکم × برداشت	3	2.51^{ns}	3.31*	1.26**	7.27^{ns}	0.56^{ns}	4.36^{ns}
I × D × H	آبیاری× کشت پر تراکم × برداشت	6	0.80^{ns}	0.52^{ns}	0.16^{ns}	0.79^{ns}	0.52^{ns}	1.08^{ns}
Error II	خطای فرعی فرعی	24	2.34	0.73	0.21	2.50	0.31	2.90

**، * و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم اختلاف معنی‌دار.
**, * and ns : Significant at the 1% and 5% levels of probability and not significant, respectively.

در هر یک سطوح آبیاری با افزایش تراکم کاشت، میزان نیتروژن در بنه‌های دختری ریز، کل بنه‌ها، اندام هوایی و کل بوته به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۴). با این وجود، افزایش

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۴- اثر متقابل آبیاری و کشت پر تراکم بر میزان نیتروژن اندام‌های زعفران

Table 4. Interaction effects of irrigation and high sowing density on nitrogen content of saffron organs

آبیاری (درصد از نیاز آبی) Irrigation (percentage of water requirement)	کشت پر تراکم (بنه در مترمربع) High sowing density (corm per m^2)	میزان نیتروژن Nitrogen content ($g.m^{-2}$)					
		بنه‌های دختری Replacement corm					
		۰/۱ تا ۴ گرم 0.1-4 g	۴/۱ تا ۸ گرم 4.1-8 g	بیش از ۸ گرم Over 8 g	کل بنه‌ها Total corms	اندام هوایی Aerial part	بوته کامل Whole plant
50	50	1.95f	2.08f	1.99cd	6.02e	5.62e	11.63e
	100	2.17ef	2.31ef	1.88d	6.36e	6.22e	12.58e
	200	4.88ef	2.65def	2.10cd	9.63de	7.15d	16.78de
	300	7.63def	3.85bcd	1.72d	13.19cd	7.74d	20.93cd
75	50	4.93ef	4.14bc	3.43b	12.51cd	7.29d	19.79cd
	100	6.34def	4.96b	3.31b	14.60cd	9.05c	23.65c
	200	13.80bc	7.52a	5.02a	26.33a	10.29a	36.63a
	300	17.97ab	8.68a	3.17b	29.82a	9.98ab	39.81a
100	50	5.42def	3.53cde	3.41b	12.36cd	7.69d	20.05cd
	100	7.81de	4.69bc	3.54b	16.04bc	9.30bc	25.34bc
	200	11.23cd	5.13b	3.73b	20.09b	10.26a	30.35b
	300	20.49a	5.03b	2.55c	28.06a	10.58a	38.64a

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple range test.

تراکم کاشت تا ۲۰۰ بنه در مترمربع ، منجر به افزایش میزان نیتروژن در بنه‌های درشت گردید و سپس در تراکم ۳۰۰ بنه در مترمربع، میزان نیتروژن در این بنه‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۴).

همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، در سطوح بالای تراکم کاشت، کاهش در میزان نیتروژن در بنه‌های دختری بیش از ۸ گرم ممکن است به دلیل تولید تعداد زیاد بنه دختری باشد که منجر به بروز رقابت شدید بین این بنه‌ها می‌شود (Koocheki *et al*., 2014).

از سوی دیگر، با وجود نقش مثبت میزان تنش خشکی در این آزمایش در افزایش غلظت نیتروژن در بنه‌های زعفران، نتایج نشان داد که در هر یک از سطوح تراکم کاشت، کمترین میزان نیتروژن در بنه‌های دختری و اندام هوایی زعفران در سطح ۵۰ درصد آبیاری زعفران به دست آمد (جدول ۴). به عنوان مثال، در شرایط اجرای تراکم ۵۰ بنه در مترمربع + تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی، میزان نیتروژن در بنه‌های درشت (۳/۴۱ گرم در متر مربع) در مقایسه با تراکم ۵۰ بنه در مترمربع + تامین ۵۰ درصد نیاز آبی (۱/۹۹ گرم در مترمربع)، تا ۷۱/۴ درصد افزایش یافت. در این راستا، ثابت تیموری و همکاران (Sabet Teimouri *et al*., 2010) نیز کاهش معنی‌دار تعداد و وزن خشک برگ، وزن خشک ریشه و بنه زعفران را در نتیجه تنش شدید آب (عدم آبیاری در طی فصل رشد) در مقایسه با آبیاری کامل (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) مشاهده کردند.

به طور کلی، با وجود نقش منفی تنش شدید آب در کاهش میزان نیتروژن در بنه‌های درشت، نتایج نشان داد که در هر یک از سطوح تراکم کاشت، تامین ۷۵ درصد نیاز آبی در مقایسه با ۱۰۰ درصد نیاز آبی زعفران، نقش موثرتری در افزایش میزان نیتروژن در بنه‌های متوسط و درشت داشت (جدول ۴). به عنوان مثال، میزان نیتروژن در

Archive of SID

www.SID.ir

بنه‌های درشت در نتیجه اجرای تراکم ۳۰۰ بنه در مترمربع + آبیاری بر اساس ۷۵ درصد نیاز آبی (۳/۱۷ گرم در مترمربع) در مقایسه با تراکم ۳۰۰ بنه در مترمربع + آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی (۲/۵۵ گرم در مترمربع) در حدود دو برابر کاهش یافت (جدول ۴). با توجه به سازگاری گیاه زعفران به مناطق خشک و نیمه خشک کشور (Sepaskhah and Kamgar-Haghighi, 2009؛ Yarami *et al*., 2011)، به نظر می‌رسد اعمال جزیی تنش آب به گیاه (تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی)، ضمن آن که منجر به تحریک بیشتر رشد ریشه‌های گیاه در جهت جذب بیشتر عناصر غذایی شامل نیتروژن از خاک می‌شود، ممکن است افزایش سهم تخصیص نیتروژن به اندام زیرزمینی (بنه‌های زعفران) را به دنبال داشته باشد.

نتایج نشان داد که در هر یک از سطوح آبیاری زعفران، میزان نیتروژن در بنه‌های دختری، اندام هوایی و کل بوته زعفران در سال دوم بیش از سال اول بود (جدول ۵). به عنوان مثال، در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی زعفران، میزان نیتروژن در بنه‌های درشت در سال دوم (۴/۱۳ گرم در متر مربع) تا حدود دو برابر بیش از سال اول (۲/۴۸ گرم در مترمربع) بود (جدول ۵). به طور کلی، به دلیل ماهیت رشدی چند ساله زعفران، بخش هوایی و به ویژه اندام زیر زمینی بوته‌های این گیاه در هر سال نسبت به سال قبل توسعه و تکامل بیشتری می‌یابد (Kumar *et al*., 2009). از این رو، افزایش تکامل گیاه به ویژه در بخش ریشه ممکن است منجر به افزایش توان جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن از خاک شود.

جدول ۵- اثر متقابل آبیاری و برداشت بر میزان نیتروژن اندام‌های زعفران

Table 5. Interaction effects of irrigation and harvest on nitrogen content of saffron organs

آبیاری (درصد از نیاز آبی) Irrigation (Percentage of water requirement)	برداشت (سال) Harvest (year)	میزان نیتروژن Nitrogen content (gm^{-2})					
		بنه‌های دختری Replacement corm					
		۰/۱ تا ۴ گرم 0.1-4 g	۴/۱ تا ۸ گرم 4.1-8 g	بیش از ۸ گرم Over 8 g	کل بنه‌ها Total corms	اندام هوایی Aerial part	بوته کامل Whole plant
50	برداشت اول First harvest	3.73d	2.25d	1.56e	7.54e	5.96e	13.50e
	برداشت دوم Second harvest	4.58d	3.20c	2.28d	10.06d	7.40d	17.46d
75	برداشت اول First harvest	9.02c	4.94b	2.87c	16.82c	8.08c	24.91c
	برداشت دوم Second harvest	12.50a	7.71a	4.60a	24.81a	10.22b	35.03a
100	برداشت اول First harvest	10.39b	3.64c	2.48d	16.52c	8.22c	24.73c
	برداشت دوم Second harvest	12.08a	5.54b	4.13b	21.76b	10.70a	32.45b

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple range test.

کارایی جذب، کارایی مصرف و شاخص برداشت نیتروژن

طبق نتایج به دست آمده، کارایی جذب، کارایی مصرف و شاخص برداشت نیتروژن در زعفران به طور معنی‌دار تحت تاثیر اثر متقابل آبیاری و کشت پر تراکم ، آبیاری و برداشت و نیز

www.SID.ir

اثر متقابل کشت پر تراکم و برداشت قرار گرفت (جدول ۶).

در هر یک از سطوح تراکم کاشت، کمترین کارایی جذب و کارایی مصرف نیتروژن در نتیجه اجرای آبیاری بر اساس ۵۰ درصد نیاز آبی زعفران مشاهده شد (جدول ۷). با این وجود در هر یک سطوح نیاز آبی، با افزایش تراکم کاشت، کارایی جذب، کارایی مصرف و شاخص برداشت نیتروژن به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۷). به عنوان مثال، در شرایط تامین ۵۰ درصد نیاز آبی زعفران، با افزایش تراکم کاشت از ۵۰ به ۳۰۰ بنه در مترمربع، کارایی جذب، کارایی مصرف و شاخص برداشت به ترتیب تا ۳۸/۴، ۶۸/۷ و ۲۱/۴درصد افزایش یافت (جدول ۷). این افزایش ضمن آن که می‌تواند نشان دهنده نقش موثر اجرای الگوی کشت پر تراکم در افزایش کارایی نیتروژن باشد، اهمیت اجرای این الگوی کشت در بهره‌برداری از منابع غذایی خاک به ویژه در شرایط محدودیت آب را خاطر نشان می‌سازد.

جدول ۶- تجزیه واریانس شاخص‌های کارایی جذب، کارایی مصرف و شاخص برداشت نیتروژن در زعفران

Table 6. Analysis of variance for nitrogen uptake efficiency, nitrogen use efficiency and nitrogen harvest index of saffron

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	کارایی جذب نیتروژن Nitrogen uptake efficiency	کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency	شاخص برداشت نیتروژن Nitrogen harvest index
Block	بلوک	2	64.54**	42.66**	0.65^{ns}
Irrigation (I)	آبیاری	2	4114.38**	2695.92**	1036.31**
Error I	خطای اصلی	4	30.95*	25.52*	13.26^{ns}
High sowing density (D)	کشت پر تراکم	3	942.64**	870.85**	629.22**
I × D	آبیاری × کشت پر تراکم	6	103.84**	94.59**	18.11*
Error II	خطای فرعی	18	12.71^{ns}	11.58^{ns}	14.24^{ns}
Harvest (H)	برداشت	1	2725.56**	1422.40**	143.06**
I × H	آبیاری × برداشت	2	165.40**	127.74**	22.18*
D × H	کشت پر تراکم × برداشت	3	29.25*	31.21**	100.93**
I × D × H	آبیاری× کشت پر تراکم × برداشت	6	4.39^{ns}	2.76^{ns}	3.88^{ns}
Error II	خطای فرعی فرعی	24	7.38	6.05	9.38

**، * و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم اختلاف معنی‌دار.

**, * and ns : Significant at the 1% and 5% levels of probability and not significant, respectively.

مشابه شاخص‌های مربوط به میزان نیتروژن در اندام‌های زعفران، نتایج نشان داد که در هر یک از سطوح آبیاری زعفران، کارایی جذب، کارایی مصرف و شاخص برداشت نیتروژن در زعفران در سال دوم بیش از سال اول بود (جدول ۸). بر اساس میانگین تیمارهای آزمایش نیز کارایی جذب و مصرف نیتروژن در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب ۳۴/۴ و ۴۶/۷ درصد و ۲۲/۱ و ۳۱/۰ گرم بر گرم بود (جدول ۸). در بین تیمارهای مورد مطالعه نیز بیشترین کارایی جذب، کارایی مصرف و شاخص برداشت نیتروژن در نتیجه تامین ۷۵ درصد نیاز آبی در سال دوم به دست آمد (جدول ۸).

همان‌طور که پیشتر به آن اشاره شد، رشد و تکامل گیاه به ویژه در بخش ریشه می‌تواند

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- اثر متقابل آبیاری و کشت پر تراکم بر کارایی جذب، کارایی مصرف و شاخص برداشت نیتروژن در زعفران

Table 7. Interaction effects of irrigation and high sowing density on nitrogen uptake efficiency, nitrogen use efficiency and nitrogen harvest index of saffron

آبیاری (درصد از نیاز آبی) Irrigation (percentage of water requirement)	کشت پر تراکم (بنه در متر مربع) High sowing density (corm per m^2)	کارایی جذب نیتروژن Nitrogen uptake efficiency (%)	کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency ($g.g^{-1}$)	شاخص برداشت نیتروژن Nitrogen harvest index (%)
50	50	22.03f	11.39f	51.76ef
	100	22.48f	11.36f	49.07f
	200	26.93f	15.46ef	57.21de
	300	30.48ef	19.21def	62.85cd
75	50	37.49de	23.69cde	62.70cd
	100	42.25cd	26.09bcd	60.06d
	200	58.77a	42.25a	71.76ab
	300	57.96a	43.43a	74.67a
100	50	37.97de	23.41cde	61.77cd
	100	45.27cd	28.65bc	62.52cd
	200	48.70bc	32.24b	66.11bc
	300	56.28ab	40.86a	72.58a

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple rang test.

جدول ۸- اثر متقابل آبیاری و برداشت بر کارایی جذب، کارایی مصرف و شاخص برداشت نیتروژن در زعفران

Table 8. Interaction effects of irrigation and harvest on nitrogen uptake efficiency, nitrogen use efficiency and nitrogen harvest index of saffron

آبیاری (درصد از نیاز آبی) Irrigation (percentage of water requirement)	برداشت (سال) Harvest (year)	کارایی جذب نیتروژن Nitrogen uptake efficiency (%)	کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency ($g.g^{-1}$)	شاخص برداشت نیتروژن Nitrogen harvest index (%)
50	برداشت اول First harvest	22.14e	12.24e	53.97c
	برداشت دوم Second harvest	28.81d	16.47d	56.47c
75	برداشت اول First harvest	40.59c	27.14c	64.86b
	برداشت دوم Second harvest	57.65a	40.59a	69.74a
100	برداشت اول First harvest	40.46c	26.79c	65.21b
	برداشت دوم Second harvest	53.65b	35.78b	66.28b

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple range test.

منجر به افزایش توان جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن از خاک شود. افزایش توانایی جذب نیتروژن از خاک نیز می‌تواند منجر به افزایش کارایی مصرف و در نهایت شاخص برداشت نیتروژن شود (Lea and Azevedo, 2006؛ Salvagiotti *et al*., 2009).

در سال اول و دوم اجرای آزمایش، بیشترین و کمترین کارایی جذب، کارایی مصرف و شاخص برداشت نیتروژن به ترتیب در نتیجه تراکم کاشت ۳۰۰ و ۵۰ بنه در مترمربع به دست آمد (جدول ۹). همان‌طور که پیشتر به آن اشاره شد، کاشت زعفران بر اساس الگوی کشت پر تراکم ممکن است با

www.SID.ir

جدول ۹- اثر متقابل کشت پر تراکم و برداشت بر کارایی جذب، کارایی مصرف و شاخص برداشت نیتروژن در زعفران

Table 9. Interaction effects of high sowing density and harvest on nitrogen uptake efficiency, nitrogen use efficiency and nitrogen harvest index of saffron

کشت پر تراکم (بنه در متر مربع) High sowing density (corm per m^2)	برداشت (سال) Harvest (year)	کارایی جذب نیتروژن Nitrogen uptake efficiency (%)	کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency ($g.g^{-1}$)	شاخص برداشت نیتروژن Nitrogen harvest index (%)
50	برداشت اول First harvest	26.09e	15.41f	58.33d
	برداشت دوم Second harvest	38.90c	23.58e	59.15d
100	برداشت اول First harvest	28.92d	15.70f	52.30e
	برداشت دوم Second harvest	44.42b	28.36d	62.14c
200	برداشت اول First harvest	39.04c	25.88e	64.44bc
	برداشت دوم Second harvest	50.56a	34.08b	65.61b
300	برداشت اول First harvest	43.54b	31.24c	70.30a
	برداشت دوم Second harvest	52.94 a	37.76a	69.76a

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple range test.

بهره‌برداری هر چه بیشتر عناصر غذایی مانند نیتروژن از خاک، بهبود کارایی مصرف این عنصر را امکان‌پذیر کند.

سپاسگزاری

هزینه‌های مورد نیاز جهت انجام این طرح توسط معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد، در قالب طرح تحقیقاتی مصوب با کد ۱/۲۳۲۶۴ مورخ ۹۱/۶/۲۹ تأمین شده است که بدین وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه سپاسگزاری می‌شود.

References

Ali, G., Iqbal, A. M., Nehvi, F. A., Samad, S. S., Nagoo, S., Naseer, S., and Dar, N. A. 2013. Prospects of clonal selection for enhancing productivity in saffron (*Crocus sativus* L.). African Journal of Agricultural Research 8: 460-467.

Alizadeh, A., Sayari, N., Ahmadian, J., and Mohamadian, A. 2009. Study for zoning the most appropriate time of irrigation of saffron (*Crocus sativus*) in Khorasan Razavi, north and southern provinces. Journal of Water and Soil 23: 109-118 (in Persian).

Ankumah, R. O., Khan, V., Mwamba, K., and Kpomblekou-A, K. 2003. The influence of source and timing of nitrogen fertilizers on yield and nitrogen use efficiency of four sweet potato cultivars. Agriculture, Ecosystems and Environment 100: 201-207.

Azizi-Zohan, A. A., Kamgar-Haghighi, A. A., and Sepaskhah, A. R. 2006. Effect of irrigation method and frequency on corm and saffron production (*Crocus sativus* L.).

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 10: 45–54 (in Persian).

Bagheri, A., and Vessal, S. 2003. Saffron improvement in Iran, breakthroughs and barriers. Proceedings of the 3rd National Symposium on Saffron, 2-3 December, Mashhad, Iran.

Bertheloot, J., Martre, P., and Andrieu, B. 2008. Dynamics of light and nitrogen distribution during grain filling within wheat canopy. Plant Physiology 148: 1707-1720.

Chaji, N., Khorassani, R., Astaraei, A. R., and Lakzian, A., 2013. Effect of phosphorous and nitrogen on vegetative growth and production of daughter corms of saffron. Journal of Saffron Research 1: 1-12 (in Persian).

Delogu, G., Cattivelli, L., Pecchioni, N., De Falcis, D., Maggiore, T., and Stanca, A. M. 1998. Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. European Journal of Agronomy 9: 11-20.

Feiziasl, V., Fotovat, A., Astarae, A. R., Lakzian, A., and Mousavi, S. B. 2014. Effect of optimized nitrogen application in reducing drought stress effect on grain yield of some rainfed bread wheat genotypes. Seed and Plant Production Journal 30-2: 169-198 (in Persian).

Gresta, F., Avola, G., Lombardo, G. M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2009. Analysis of flowering, stigmas yield and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by environmental conditions. Scientia Horticulturae 119: 320-324.

Gresta, F., Lombardo, G. M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2008. Effect of mother corm dimension and sowing time on stigma yield, daughter corms and qualitative aspects of saffron (*Crocus sativus* L.) in a Mediterranean environment. Journal of the Science of Food and Agriculture 88: 1144-1150.

Kafi, M. 2002. Saffron, Production and Processing. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran. 276 pp. (in Persian).

Kafi, M., and Mahdavi Damghani, A. 2007. Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran. 467pp. (in Persian).

Koocheki, A., Ganjeali, A., and Abbassi, F. 2007. The effect of duration and condition of incubation, weight of mother corms and photoperiod on corm and shoot characteristics of saffron plant (*Crocus sativus* L.). Iranian Journal of Field Crop Research 4: 315-331 (in Persian).

Koocheki, A., Jahani, M., Tabrizi, L., and Mohammad Abadi, A. A. 2011b. Investigation on the effect of biofertilizer, chemical fertilizer and plant density on yield and corm criteria

Archive of SID

www.SID.ir

of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Water and Soil 25: 196-206 (in Persian).

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Mondani, F., and Khorramdel, S. 2011c. Ecophysiology of Field Crops: A New Perspective. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran. 614pp. (in Persian).

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R., and Mansori, R. 2012. Investigation of flow and nitrogen use efficiency in wheat production and consumption cycles (*Triticum aestivum* L.) and maize (*Zea mays* L.) in Iran. Journal of Agroecology 4: 192-200.

Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Mollafilabi, A., and Seyyedi, S. M. 2014. The effects of high corm density and manure on agronomic characteristics and corms behavior of saffron (*Crocus sativus* L.) in the second year. Journal of Saffron Research 1: 144-155 (in Persian).

Koocheki, A., and 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: 128-137.

Koocheki, A., Siahmarguee, A., Azizi, G., and Jahani, M. 2011d. The effect of high density and depth of planting on agronomic characteristic of Saffron (*Crocus sativus* L.) and corms behavior. Journal of Agroecology 3: 36-49 (in Persian).

Koochaki, A., Tabrizi, L., Jahani, M., and Mohammad Abadi, A. A. 2011a. An evaluation of the effect of saffron (*Crocus sativus* L.) corm planting rate and pattern on the crop's performance. Iranian Journal of Horticultural Science 42: 379-391 (in Persian).

Kumar, R., Singh, V., Devi, K., Sharma, M., Singh, M. K., and Ahuja, P. S. 2009. State of art of saffron (*Crocus sativus* L.) agronomy: a comprehensive review. Food Reviews International 25: 44-85.

Lea, P. J., and Azevedo, R. A. 2006. Nitrogen use efficiency. 1. Uptake of nitrogen from the soil. Annals of Applied Biology 149: 243-247.

Masclaux-Daubresse, C., Daniel-Vedele, F., Dechorgnat, J., Chardon, F., Gaufichon, L., and Suzuki, A. 2010. Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. Annals of Botany 105: 1141-1157.

Modhej, A., Naderi, A., Emam, Y., Ayenehband, A., and Noormohammadi, G. 2010. 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. Seed and Plant Production Journal 25-2: 353-371 (in Persian).

Najafinezhad, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Modarres Sanavy, S. A. M., and Naghavi, H. 2014. Effects of irrigation regimes and the use of barley residue, zeolite and

Archive of SID

www.SID.ir

superabsorbent polymer on forage yield and water use efficiency of maize and sorghum in double cropping system under minimum tillage. Seed and Plant Production Journal 30-2: 327-349 (in Persian).

Ourry, A., Boucaud, J., and Salette, J. 1988. Nitrogen mobilization from stubble and roots during re-growth of defoliated perennial ryegrass. Journal of Experimental Botany 39: 803-809.

Renau-Morata, B., Nebauer, S. G., Sánchez, M., and Molina, R. V. 2012. Effect of corm size, water stress and cultivation conditions on photosynthesis and biomass partitioning during the vegetative growth of saffron (*Crocus sativus* L.). Industrial Crops and Products 39: 40-46.

Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., Molafilabi, A., and Seyyedi, S. M. 2013. Effect of biological and chemical fertilizers on replacement corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 15: 234-246 (in Persian).

Sabet Teimouri, M., Kafi, M., Avarseji, Z., and Orooji, K. 2010. Effect of drought stress, corm size and corm tunic on morphoecophysiological characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) in greenhouse conditions. Journal of Agroecology 2: 323-334 (in Persian).

Salvagiotti, F., Castellarín, J. M., Miralles, D. J., and Pedrol, H. M. 2009. Sulfur fertilization improves nitrogen use efficiency in wheat by increasing nitrogen uptake. Field Crops Research 113: 170-177.

Sepaskhah, A. R., Dehbozorgi, F., Kamgar-Haghighi, A. A. 2008. Optimal irrigation water and saffron corm planting intensity under two cultivation practices in a semi-arid region. Biosystems Engineering 101: 452-462.

Sepaskhah, A. R., and Kamgar-Haghighi, A. A. 2009. Saffron irrigation regime. International Journal of Plant Production 3: 1-16.

Tegeder, M., and Rentsch, D. 2010. Uptake and partitioning of amino acids and peptides. Molecular Plant 3: 997-1011.

Yarami, N., Kamgar-Haghighi, A. A., Sepaskhah, A. R., and Zand-Parsa, S. 2011. Determination of the potential evapotranspiration and crop coefficient for saffron using a water-balance lysimeter. Archives of Agronomy and Soil Science 57: 727-740.

Archive of SID

www.SID.ir