Archive of SID

نشریه زراعت و فناوری زعفران
جلد ۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵ ص. ۹۱-۷۵

Saffron Agronomy & Technology
Vol. 4, No. 2, Summer 2016, P. 75-91
DOI: 10.22048/jsat.2016.17359

نگاهی جامع به کارآیی مصرف نیتروژن و فسفر در زعفران (*Crocus sativus* L.)

علیرضا کوچکی[۱*] و سید محمد سیدی[۲]

تاریخ دریافت: ۲۶ مرداد ۱۳۹۴ تاریخ پذیرش: ۲۲ دی ۱۳۹۴

چکیده

زعفران (*Crocus sativus* L.) گیاهی است که از نظر بیولوژیکی یک ساله است، اما می‌تواند در شرایط زراعی به عنوان گیاهی چند ساله مورد کشت قرار گیرد. وجود اختلالات سیتولوژیکی به صورت ژنوم تریپلوئیدی و نیز خود ناسازگاری، عوامل ایجاد پدیده عقیمی در زعفران می‌باشند. از این رو، رشد زعفران هر ساله از طریق مناطق مریستمی که در سطح بنه مادری قرار دارد، انجام می‌شود. با فعال شدن این مریستم‌ها رشد بنه‌های دختری در سطح بنه مادری آغاز می‌گردد. همزمان با رشد بنه‌های دختری در طی فصل رشد، بنه مادری به تدریج رو به تحلیل می‌رود. هر بنه دختری تشکیل شده نیز به نوبه خود در فصل بعد، یک بنه مادری تلقی می‌شود که می‌تواند جهت کشت مجدد استفاده شود. به دلیل ماهیت رشد چند ساله زعفران در شرایط زراعی، تحلیل بنه‌های مادری در طی فصل رشد و انتقال عناصر غذایی از اندام‌های هوایی به بنه‌های دختری در انتهای هر فصل رشد، مطالعه مکانیسم جذب و کارایی مصرف نیتروژن و فسفر در زعفران پیچیده‌تر از گیاهان یکساله و یا دو ساله می‌باشد. در این مقاله ابتدا به توصیف مکانیسم جذب نیتروژن و فسفر در اندام‌های هوایی و بنه‌های گیاه پرداخته شده است. در ادامه مهم‌ترین عوامل مؤثر در بهبود کارایی مصرف نیتروژن و فسفر در زعفران و ارتباط بین کارایی مصرف نیتروژن و فسفر مورد بررسی قرار گرفته اند.

کلمات کلیدی: بنه‌های دختری، بنه های مادری، گیاه چندساله.

مقدمه

در طی تاریخ نام زعفران (*Crocus sativus* L.) همواره با نام ایران در پیوند بوده و نقش کشاورزان ایران در تکامل جنبه‌های زراعی آن بسیار مورد توجه بوده است (Koocheki, 2003). از نظر تاریخی، اعتقاد بر این است که فلات ایران خاستگاه زعفران بوده و سپس رشد، تکامل و کشت این گیاه از ایران به سایر مناطق جهان گسترش یافته است. قدیمی‌ترین اثر از زعفران در تاریخ باستانی ایران مربوط به نمایش نامه نویس قبل از میلاد یونان باستان بوده که در آنجا به رنگ زعفرانی لباس داریوش کبیر اشاره شده است. به شواهد تاریخی، در تمام دوره‌های هخامنشیان، اشکانیان و ساسانیان، زعفران در فلات ایران کشت شده و مورد استفاده قرار گرفته است (Sadeghi, 2003).

زعفران محصولی است که نه تنها دارای نیچ اکولوژیک

۱- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۲- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
(*- نویسنده مسئول: akooch@ferdowsi.um.ac.ir)

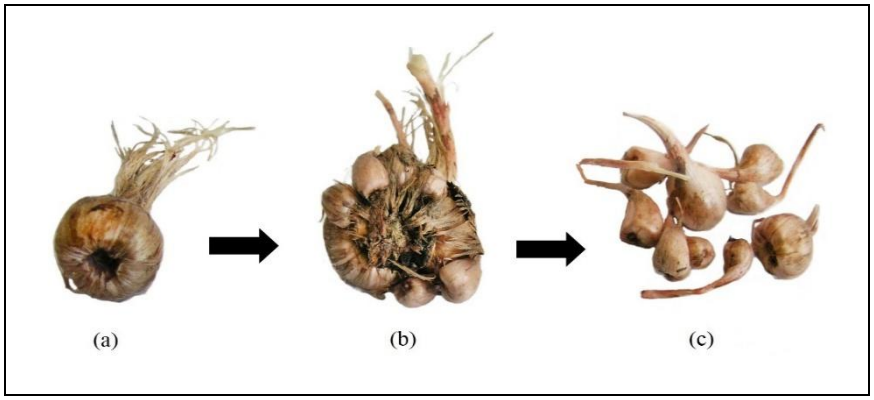
www.SID.ir

Archive of SID

ویژه‌ای از ابعاد محیطی است، بلکه از نقطه نظر اجتماعی و اقتصادی نیز دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. این محصول در مناطق خشک و نیمه خشک کشور و همسو با جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جوامع کشاورزان روستایی و بومی و به صورتی نسبتاً اکولوژیک تکامل یافته و مورد کشت قرار می‌گیرد (Koocheki, 2003; Koocheki et al., 2012). شاخص‌هایی مانند نیاز به آب کم، کارایی اقتصادی بالا، امکان بهره‌برداری طولانی با یک‌بار کاشت و نیز برخورداری از صفات ویژه بیولوژیکی و فیزیولوژیکی، سبب تکامل و توسعه کشت زعفران در نظام‌های کم‌نهاده مناطق خشک و نیمه خشک کشور شده است (Moayedi Shahraki et al., 2010; Aghaei & Rezagholizadeh, 2011; Koocheki et al., 2012; Rezvani Moghaddam et al., 2013b).

چرخه زندگی و مکانیسم رشد زعفران

زعفران زراعی به دلیل تریپلوئید بودن و نیز خود ناسازگاری، به صورت رویشی و از طریق اندام‌های زیر زمینی خود رشد و تکثیر می‌یابد (Kafi, 2002; Ali et al., 2013). اندام‌های زیر زمینی بوته که در واقع «بنه مادری» نامیده می‌شود، خود دارای جوانه‌ها یا مناطق مریستمی است که این در نتیجه رشد این مریستم‌ها، بنه‌های جدیدی به نام «بنه دختری» در سطح بنه مادری ایجاد می‌شود. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، با افزایش رشد بنه‌های دختری در طی فصل رشد، تحلیل بنه مادری نیز به تدریج آغاز می‌گردد (Kumar et al., 2009; Koocheki et al., 2014c).



شکل ۱- مراحل تشکیل بنه‌های دختری زعفران

Figure 1- Steps of daughter corms formation (Koocheki et al., 2014c).

(a): وزن بنه مادری (۱۱/۹۳ گرم) در زمان کاشت (۱۰ تیرماه)، (b): بنه مادری در پایان دوره رشد در سال اول (۱۱ خردادماه)، (c): ۹ بنه دختری تشکیل شده زعفران (میانگین هر بنه ۱/۷۱ گرم) در ۱۱ خردادماه

a: Mother corm weight (11.93 g) in planting time (1 July), b: Mother corm in end of the first growing season (1 June), c: 9 Daughter corms of saffron (average weight per corms: 1.71 g) in 1 June.

از این رو، در انتهای هر فصل رشد، شکل‌گیری عملکرد تحت تأثیر شرایط رشد بنه‌های دختری در فصل قبل می‌باشد (Gresta et al., 2008; Renau-Morata et al., 2012; Koocheki et al., 2014b). بر این اساس، از نقطه نظر بیولوژیکی، گیاه زعفران چند ساله نمی‌باشد، زیرا هر بنه تنها یک سال زنده است؛ اما می‌تواند در شرایط زراعی به عنوان گیاهی چند ساله مورد کشت و کار قرار گیرد (Koocheki & Seyyedi, 2105b).

به طور کلی در شرایط آب و هوای نیمه خشک مشهد، فنولوژی زعفران بر اساس رشد اندام‌های زیر زمینی در سال اول

www.SID.ir

Archive of SID

دارای شش مرحله می‌باشد (Koocheki & Seyyedi, 2105a):

۱- مرحله رکود (اواخر اردیبهشت تا اواخر مهر)،

۲- دوره گل‌دهی (اواخر مهر تا اواخر آبان)،

۳- تشکیل و آغاز رشد بنه‌های دختری (اواخر آبان تا اواخر آذر)،

۴- مرحله میانی رشد بنه‌های دختری (اواخر آذر تا اواخر دی)،

۵- مرحله نهایی رشد بنه‌های دختری (اواخر دی تا اواخر فروردین) و

۶- تحلیل رشد ریشه و آغاز دوره رکود (اواخر فروردین تا اواخر اردیبهشت).

در سال‌های بعد نیز مراحل فنولوژی زعفران مشابه سال اول می‌باشد. با این تفاوت که هر بنه دختری تشکیل شده در انتهای سال اول، در سال دوم به تنهایی به عنوان یک بنه مادری تلقی شده و می‌تواند جهت کشت مجدد استفاده شود. بر این اساس، چرخه زندگی زعفران تا حدود هشت الی ۱۰ سال ادامه می‌یابد.

به‌طور کلی، رشد زعفران به ویژه در مراحل ابتدایی وابسته به میزان ذخیره غذایی به ازای هر واحد وزن بنه مادری است (Amirshekari et al., 2007; Koocheki et al., 2007)؛ به طوری که بنه‌های مادری با وزن بالاتر عموماً دارای اندوخته غذایی بیشتر و با کیفیت بالاتری می‌باشند (Koocheki et al., 2014 a; 2014 b; 2014 c). از این رو، انتخاب بنه‌های مادری با وزن مناسب جهت کشت می‌تواند منجر به افزایش تشکیل و رشد بوته‌های دختری و در نهایت عملکرد بالاتر زعفران گردد (Koocheki et al., 2007; Renau-Morata et al., 2012). از سوی دیگر، با توجه به آن‌که رشد بنه‌های دختری تا زمان مستقل شدن آن‌ها در خاک، اساساً وابسته به بوته مادری است، اندازه یا وزن بنه مادری می‌تواند مستقیماً تشکیل بنه‌های دختری را تحت تأثیر قرار دهد (Rezvani Moghaddam et al., 2013a; Koocheki et al., 2014 b; 2014 c). سپس با تحلیل تدریجی بنه مادری در طی فصل رشد و همزمان با افزایش رشد بنه‌های دختری، نقش و اهمیت فراهمی عناصر غذایی در خاک بیش از پیش افزایش می‌یابد (Koocheki et al., 2015b).

اهمیت نیتروژن

فراهمی متعادل عناصر غذایی به ویژه نیتروژن می‌تواند در افزایش رشد بنه‌های دختری در طی فصل رشد نقش مستقیمی داشته باشد (Omidi et al., 2009; Koocheki et al., 2014 a; 2015 b). نیتروژن که از مهم‌ترین عناصر جهت افزایش عملکرد گل و بنه‌های زعفران در واحد سطح به شمار می‌رود (Chaji et al., 2013)، در داخل پیکره گیاه به عنوان عنصری متحرک شناخته شده (Bertheloot et al., 2008) و می‌تواند در طول دوره رشد گیاه و به ویژه در انتهای هر فصل، از اندام‌های هوایی به بخش زیر زمینی گیاه منتقل شود (Ourry et al., 1988; Masclaux-Daubresse et al., 2010).

جذب و کارایی مصرف نیتروژن

طبق تعریف، کارایی مصرف نیتروژن[1] در واقع نشان دهنده توانایی گیاه در شکل‌گیری عملکرد دانه و یا بیولوژیک به ازای هر واحد نیتروژن موجود در خاک می‌باشد (Salvagiotti et al., 2009). کارایی جذب نیتروژن[2] (میزان نیتروژن جذب شده به ازای هر واحد نیتروژن خاک) و کارایی استفاده از نیتروژن[3] (عملکرد به ازای هر واحد نیتروژن جذب شده در بوته) به عنوان اجزای کارایی مصرف نیتروژن در زعفران شناخته می‌شوند (Koocheki & Seyyedi, 2015b).

در سیستم‌های مدرن کشاورزی، افزایش کارایی جذب و مصرف نیتروژن با هدف افزایش تولید در واحد سطح، کاهش هزینه‌های تولید و نیز مخاطرات زیست محیطی، یک ضرورت

1- Nitrogen use efficiency (NUE)
2- Nitrogen acquisition (uptake) efficiency (NAE)
3- Nitrogen utilization efficiency (NUTE)

www.SID.ir

Archive of SID

بوده و حائز اهمیت ویژه‌ای است (Liu et al., 2010; Seyyedi et al., 2013). علاوه بر توانایی گیاه در جذب نیتروژن خاک، کارایی مصرف نیتروژن می‌تواند تحت تأثیر نوع منبع تامین کننده این عناصر نیز قرار گیرد (Ankumah et al., 2003; Limon-Ortega et al., 2008; Koocheki & Seyyedi, 2015b). بر این اساس، با توجه به ماهیت رشد چند ساله گیاه زعفران و نیز خشک شدن اندام‌های هوایی گیاه در انتهای هر فصل رشد (Kafi, 2002; Kumar et al., 2009)، مطالعه جذب و انتقال نیتروژن بین اندام‌های گیاه و همچنین بررسی کارایی جذب و مصرف نیتروژن در زعفران پیچیده‌تر از گیاهان یک ساله یا دو ساله‌ای است که به روش زایشی رشد می‌کنند.

کارایی جذب نیتروژن در واقع نیتروژن جذب شده در بوته به ازای هر واحد نیتروژن موجود در خاک می‌باشد (معادله ۱). اما همان‌طور که ذکر گردید، کارایی جذب نیتروژن در زعفران پیچیده از گیاهانی است که با تولید بذر و به روش جنسی تکثیر می‌یابند. با این توصیف، کارایی جذب نیتروژن در زعفران بر اساس معادله زیر محاسبه می‌گردد (Salvagiotti et al., 2009; Koocheki & Seyyedi, 2015b):

$$NAE\ (\%) = (Nt/Na) \times 100 \quad (۱)$$

NAE: کارایی جذب نیتروژن؛ Nt: کل نیتروژن جذب شده در بوته (در واحد سطح) و Na: نیتروژن موجود و یا اعمال شده در خاک (در واحد سطح).

در انتهای هر فصل رشد، کل نیتروژن موجود در بوته (Nt) شامل اندام هوایی (برگ های خشک شده) و نیز اندام زیر زمینی یا بنه‌های دختری می‌باشد. چنانچه کارایی جذب در طی فصل رشد اندازه‌گیری شود، اندام زیر زمینی می‌تواند شامل بنه مادری رو به تحلیل همراه با بنه دختری در حال رشد باشد.

در مطالعات مربوط به کارایی جذب نیتروژن در زعفران، نیتروژن اعمال شده (Na) خود دارای چند جزء می‌باشد:

۱- نیتروژن قابل جذب در خاک (مجموع دو فرم نیتروژن در خاک به صورت آمونیاکی و نیتراتی) بر حسب گرم در متر مربع یا کیلوگرم در هکتار. در محاسبه نیتروژن قابل جذب در خاک (بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)، جرم مخصوص ظاهری خاک و نیز عمق توسعه ریشه زعفران نیز باید لحاظ شود.

۲- کل نیتروژن اضافه شده در نتیجه مصرف احتمالی انواع کودهای آلی و یا شیمیایی. در واقع پس از مصرف کودهای آلی، نیتروژن این کودها به شکل معدنی در آمده و در دسترس گیاه قرار می‌گیرد.

۳- نیتروژن موجود در بنه‌های مادری (بر حسب گرم در متر مربع یا کیلوگرم در هکتار)؛ زیرا ممکن است بخشی از نیتروژن موجود در بنه‌های مادری، به ویژه نیتروژن موجود در فلس‌ها) در خاک آزاد شود. از سوی دیگر، جهت محاسبه Nt، نیتروژن اولیه موجود در بنه مادری لحاظ نمی‌شود، زیرا هدف از محاسبه کارایی جذب نیتروژن در واقع ارزیابی توانایی گیاه در جذب نیتروژن از خاک است. غلظت نیتروژن در اندام هوایی و نیز در بنه‌های گیاه (بر حسب گرم بر کیلوگرم) نیز بر اساس روش کجلدال (AOAC, 2000) اندازه‌گیری می‌شود.

کارایی استفاده و مصرف نیتروژن در زعفران نیز بر اساس روابط ۲ و ۳ محاسبه می‌شود:

$$NUTE\ (g\ g^{-1}) = CY/Nt \quad (۲)$$

$$NUE\ (g\ g^{-1}) = CY/Na \quad (۳)$$

NUTE: کارایی استفاده از نیتروژن؛ NUE: کارایی مصرف نیتروژن؛ CY: عملکرد بنه‌های دختری در واحد سطح؛ Nt: کل نیتروژن جذب شده در بوته (در واحد سطح) و Na: نیتروژن موجود و یا اعمال شده در خاک (در واحد سطح).

عملکرد کلاله به عنوان اندام اقتصادی زعفران شناخته می‌شود؛ اما به دلیل پدیده عقیمی (Bagheri & Vessal, 2003; Ali et al., 2013)، گل‌های زعفران پس از تشکیل، خشک شده و از بین می‌روند. در نتیجه در محاسبه کارایی استفاده و مصرف

www.SID.ir

Archive of SID

نیتروژن در زعفران، وزن بنه‌های دختری (به عنوان اندام اقتصادی) به جای وزن گل در محاسبات لحاظ می‌شود. بر اساس یافته‌های موجود، کارایی جذب نیتروژن در زعفران حدود ۳۱ درصد و کارایی مصرف آن نیز حدود ۱۵ گرم بر گرم گزارش شده است (Koocheki et al., 2015).

طیف نسبتاً وسیعی از عوامل ژنتیکی و نیز استراتژی‌های مدیریتی می‌توانند بر کارایی جذب و مصرف نیتروژن در گیاهان زراعی تأثیر گذار باشند (Ram et al., 2003; Guarda et al., 2004). با این حال و بر اساس رابطه ۱ این عوامل از دو طریق می‌توانند کارایی جذب و مصرف نیتروژن را تحت تأثیر قرار دهند (Salvagiotti et al., 2009):

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 Nt)، می‌توانند سبب افزایش کارایی جذب نیتروژن در زعفران شوند؛ به عبارت دیگر، به فرض ثابت بودن Na، هر عاملی که سبب افزایش Nt شود، می‌تواند مستقیماً و یا به طور غیر مستقیم منجر به افزایش کارایی جذب نیتروژن شود. به عنوان مثال، توسعه سیستم ریشه (Ju et al., 2015; Rasmussen et al., 2015)، افزایش توانایی گیاه در جذب نیتروژن به ویژه در شرایط محدودیت این عنصر در خاک (Dawson et al., 2008) و حفظ مکانیسم فتوسنتزی گیاه تحت شرایط تنش نیتروژن (Dawson et al., 2008)، از جمله این عوامل شناخته می‌شود.

در ارتباط با افزایش Nt، انتخاب بنه مادری با اندازه مناسب جهت کشت اولین استراتژی در جهت افزایش کارایی جذب و مصرف نیتروژن در زعفران می‌باشد (Koocheki & Seyyedi, 2015b)؛ زیرا گیاهان حاصل از بنه‌های مادری بزرگ‌تر به دلیل برخورداری از ذخیره غذایی بالاتر، عموماً دارای سیستم ریشه گسترده‌تری بوده و در نهایت می‌توانند تعداد بنه بیشتر و عملکرد گل بالاتری در واحد سطح تولید کنند (Amirshekari et al., 2007; Koocheki et al., 2007; Nassiri Mahallati et al., 2007; Renau-Morata et al., 2012). از این رو، افزایش کارایی جذب و مصرف نیتروژن در نتیجه کاشت بنه‌های مادری درشت‌تر اساساً به دلیل پتانسیل بالاتر گیاه در جذب نیتروژن از خاک و تولید ماده خشک بیشتر به ازای هر واحد نیتروژن مصرف شده می‌باشد که می‌تواند در نهایت سبب افزایش محتوی کل نیتروژن در گیاه (در واحد سطح) شود (Koocheki et al., 2015b).در این ارتباط کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) کارایی جذب نیتروژن در نتیجه کاشت بنه‌های مادری ریز (کمتر از چهار گرم) و درشت (بیش تر از هشت گرم) را به ترتیب ۲۲/۵ و ۴۰/۶ درصد گزارش کردند (جدول ۱)

به طور کلی، با افزایش اندازه بنه‌های دختری، غلظت نیتروژن به ازای واحد وزن بنه دختری افزایش می‌یابد (Koocheki et al., 2015). به بیانی دیگر، بنه‌های ریز دارای غلظت نیتروژن کمتر (۹/۶۹ گرم بر کیلوگرم) و بنه‌های دختری درشت دارای غلظت نیتروژن بیشتری (۱۳/۰۱ گرم بر کیلوگرم) هستند (جدول ۲).

در این ارتباط گزارش شده است که با افزایش اندازه بنه مادری، سطح برگ و تولید ماده خشک زعفران در طی فصل رشد افزایش می‌یابد و سبب تولید بنه‌های دختری بیشتری در انتهای فصل رشد می‌گردد (Renau-Morata et al., 2012; Koocheki et al., 2007). در نتیجه با افزایش اندازه بنه‌های دختری، ضمن آن‌که سهم تخصیص مواد غذایی از کل زیست توده 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 به ویژه نیتروژن از خاک می‌شود. از سوی دیگر، از آنجایی‌که تشکیل بنه‌های دختری زعفران در طی فصل رشد گیاه ادامه می‌یابد (Koocheki et al., 2014a)، پایین‌تر بودن میزان نیتروژن در بنه‌های کوچک‌تر ممکن است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- اثر متقابل منابع کود و اندازه بنه مادری بر کارایی جذب و مصرف نیتروژن در زعفران

Table 1- Interaction effects of fertilizer sources and mother corm size on uptake and use efficiency of nitrogen in saffron (Koocheki et al., 2016)

منبع کود Fertilizer sources	اندازه بنه مادری Mother corm size (g)	کارایی جذب نیتروژن Nitrogen uptake efficiency (%)	کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency ($g.g^{-1}$)
دامی Manure	۴ و کمتر از آن 4 and lower	29.07	9.88
	۴/۱ تا ۸ 4.1 – 8	36.17	18.07
	۸/۱ تا ۱۲ 8.1 – 12	43.53	23.91
	بیش از ۱۲ Over 12	52.05	30.84
شیمیایی Chemical	۴ و کمتر از آن 4 and lower	23.03	7.33
	۴/۱ تا ۸ 4.1 – 8	26.93	10.32
	۸/۱ تا ۱۲ 8.1 – 12	33.93	16.71
	بیش از ۱۲ Over 12	40.39	22.90
شاهد Control	۴ و کمتر از آن 4 and lower	15.50	6.00
	۴/۱ تا ۸ 4.1 – 8	19.84	9.03
	۸/۱ تا ۱۲ 8.1 – 12	24.25	12.31
	بیش از ۱۲ Over 12	29.24	17.07
LSD=0.05		2.89	1.10

جدول ۲- غلظت نیتروژن در اندام‌های زعفران

Table 2- Nitrogen concentration in saffron organs (Koocheki et al., 2015)

غلظت نیتروژن Nitrogen concentration ($g.\ kg^{-1}$)			
بنه‌های دختری Replacement corms			
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
9.69	11.93	13.01	11.56

به دلیل موقعیت نامناسب‌تر روی بوته مادری و یا تشکیل این بنه‌ها در مراحل پایانی هر فصل رشدی باشد که خود منجر به کاهش رشد و یا عدم تشکیل سیستم ریشه‌ای در این بنه‌ها می‌گردد (Koocheki et al., 2015).

پایین‌تر بودن غلظت نیتروژن در اندام هوایی (۱۱/۵۶ گرم بر کیلوگرم) نسبت به غلظت نیتروژن در بنه‌های دختری متوسط و درشت (جدول ۲) نیز می‌تواند ناشی از فنولوژی ویژه زعفران باشد. به دلیل ژئوفیت بودن گیاه زعفران، نقش بنه به عنوان اندام ذخیره‌ای گیاه (Kumar et al., 2009; Gresta et al., 2008) و نیز پویایی عنصر نیتروژن بین اندام‌های گیاهی (Koocheki et al., 2015b; Bertheloot et al., 2008)، این عنصر می‌تواند همزمان با خشک شدن و آغاز مرحله رکود از

www.SID.ir

Archive of SID

اندام‌های هوایی به اندام‌های زیر زمینی منتقل و در آنجا ذخیره شود تا جهت رشد دوباره گیاه در فصل بعد مجدداً مورد استفاده قرار گیرد. در نتیجه، 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. در این ارتباط، نقش مؤثر نیتروژن در تحریک رشد برگ‌ها و فعال شدن جوانه‌های موجود در بنه‌های زعفران مورد تأکید قرار گرفته است (Chaji et al., 2013).

ماهیت رشد چند ساله گیاه زعفران در شرایط مزرعه نیز خود عاملی مؤثر در جهت افزایش کارایی جذب و مصرف نیتروژن در طی زمان می‌باشد. به بیانی دیگر، بخش هوایی و به ویژه اندام زیرزمینی گیاه زعفران در هر سال نسبت به سال قبل توسعه بیشتری می‌یابد (Kumar et al., 2009; Koocheki et al., 2014 b). افزایش رشد اندام‌های هوایی گیاه، رشد و تولید بیشتر بنه-های دختری و در نهایت گسترش سیستم ریشه می‌تواند توانایی هر چه بیشتر جذب نیتروژن از خاک توسط گیاه را فراهم آورد. طبق نتایج کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015)، در شرایط عدم کاربرد کود در سال دوم، میزان جذب نیتروژن تا ٤١ درصد بالاتر از شرایط مشابه در سال اول بود. عدم نیاز به اجرای خاک‌ورزی هرساله و تخریب کمتر ساختار خاک در طی زمان در زراعت زعفران (Kumar et al., 2009) و در نتیجه کاهش فرسایش خاک (Foroughifar & Poor-Kasmani, 2002) نیز از دیگر دلایل افزایش کارایی جذب نیتروژن در طی زمان می‌باشد.

الگوی صحیح کشت نیز از مهم‌ترین عوامل به زراعی جهت افزایش کارایی جذب و مصرف نیتروژن می‌باشد (Koocheki et al., 2015). کشت زعفران به ویژه بر اساس «الگوی کشت پر تراکم» می‌تواند علاوه بر افزایش عملکرد بنه‌های دختری در واحد سطح، تولید پایدارتر گیاه را امکان پذیر کند (Koocheki et al., 2011; 2012; 2014a; 2014b). به توجه به ماهیت چند ساله گیاه زعفران در شرایط زراعی و نیز به دلیل نقش مؤثر الگوی کشت پر تراکم در افزایش عملکرد گیاه به ویژه در سال‌های ابتدایی (Koocheki et al., 2014a)، اجرای این روش کشت می‌تواند در افزایش کارایی استفاده از منابع محیطی به ویژه نیتروژن نیز مؤثر باشد. طبق نتایج کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015)، با افزایش تراکم کاشت، میزان نیتروژن در بنه‌های دختری درشت، کل بنه‌ها، اندام هوایی و کل بوته به طور معنی‌داری افزایش یافت. این محققین همچنین افزایش کارایی جذب و کارایی مصرف نیتروژن را در نتیجه افزایش تراکم کاشت مشاهده نمودند.

آبیاری نیز عامل مؤثری در راستای افزایش کارایی جذب و مصرف نیتروژن در زعفران می‌باشد (Koocheki et al., 2015). اعمال جزیی تنش آب به گیاه در مقایسه با شرایط عدم تنش و یا تنش شدید، ضمن آنکه منجر به تحریک رشد ریشه‌های گیاه در جهت جذب بیشتر عناصر غذایی شامل نیتروژن از خاک می‌شود، ممکن است افزایش سهم تخصیص نیتروژن به بخش زیر زمینی (بنه‌های زعفران) را به دنبال داشته باشد (Koocheki et al., 2014b; 2015). به بیانی دیگر، با تحریک رشد و تکامل گیاه به ویژه در بخش ریشه و به دنبال آن افزایش توان جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن از خاک، کارایی جذب و مصرف نیتروژن نیز افزایش می‌یابد (Salvagiotti et al., 2009; Lea & Azevedo, 2006). در این راستا کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) در مطالعه‌ای که به منظور بررسی سطوح آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی زعفران) بر رشد و عملکرد بنه-های زعفران انجام دادند، بیشترین کارایی جذب، کارایی مصرف و شاخص برداشت نیتروژن را در شرایط تامین ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه (اعمال جزئی تنش خشکی) در سال دوم گزارش نمودند (جدول ۳).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- اثر متقابل آبیاری و برداشت بر **کارایی جذب، کارایی مصرف و شاخص برداشت نیتروژن در زعفران**

Table 3- Interaction effects of irrigation and harvest on nitrogen uptake efficiency, nitrogen use efficiency and nitrogen harvest index of saffron (Koocheki et al., 2015)

آبیاری Irrigation (percentage of water requirement)	برداشت 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	22.14^{e}	12.24^{e}	53.97^{c}
	برداشت دوم Second harvest	28.81^{d}	16.47^{d}	56.47^{c}
75	برداشت اول First harvest	40.59^{c}	27.14^{c}	64.86^{b}
	برداشت دوم Second harvest	57.65^{a}	40.59^{a}	69.74^{a}
100	برداشت اول First harvest	40.46^{c}	26.79^{c}	65.21^{b}
	برداشت دوم Second harvest	53.65^{b}	35.78^{b}	66.28^{b}

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

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.

۲- افزایش میزان نیتروژن در خاک: به طور کلی در شرایط محدودتر بودن نیتروژن موجود در خاک، گیاه از نیتروژن باقیمانده در خاک با کارایی بالاتری استفاده می‌کند (Delogu et al., 1998). با وجود آنکه مصرف نهاده‌های کودی منجر به افزایش تولید ماده خشک و به دنبال آن افزایش Nt می‌شود، اما معمولاً کارایی جذب نیتروژن با افزایش میزان کاربرد نهاده‌های کودی کاهش می‌یابد (Delogu et al., 1998; Guarda et al., 2004). به بیانی دیگر، در شرایط عدم مصرف نهاده‌های کودی، مقدار Nt و Na کمتر از شرایطی است که نهاده‌های کودی مصرف می‌شوند؛ اما نکته مهم آن است که در شرایط عدم مصرف کود، مقدار کاهش Na بیش از کاهش Nt است. در نتیجه نسبت Nt به Na در شرایط عدم مصرف کود بیشتر از شرایطی است که کود مصرف می‌شود. از این رو، کاهش و مدیریت صحیح نهاده‌های کودی از مهم‌ترین عوامل در جهت افزایش کارایی جذب نیتروژن در زعفران به شمار می‌رود.

در کنار مصرف بهینه نهاده‌های کودی (کاربرد کود به میزان لازم و منطبق بر نیاز گیاه)، کاهش تلفات نیتروژن از خاک نیز از عوامل مؤثر جهت افزایش کارایی جذب نیتروژن می‌باشد. مصرف نیتروژن در زمان مناسب و بر حسب نیاز گیاه، شیوه صحیح مصرف کود نیتروژن (Anbessa & Juskiw, 2012; Gao et al., 2015; Lu et al., 2015)، مصرف نیتروژن از منابع آلی (Rodrigues et al., 2006; Bosch-Serra et al., 2015) و جایگزینی نهاده‌های آلی به جای کودهای شیمیایی (Rezvani Moghaddam et al., 2014; Koocheki & seyyedi, 2015b)، از جمله مهم‌ترین راه‌کارها جهت افزایش کارایی جذب و مصرف نیتروژن به شمار می‌روند. در این ارتباط، کوچکی و سیدی (Koocheki & Seyyedi, 2015b) افزایش کارایی جذب و مصرف نیتروژن در زعفران را در نتیجه مصرف کمپوست کود دامی نسبت به کود شیمیایی مشاهده نمودند. این محققین دلیل این افزایش را ناشی از تلفات کمتر نیتروژن از خاک در نتیجه

www.SID.ir

Archive of SID

مصرف کمپوست کود دامی در مقایسه با کود شیمیایی دانستند. به طور کلی، برتری کودهای آلی نسبت به کودهای شیمیایی از نظر جذب نیتروژن و افزایش عملکرد می‌تواند ناشی از فراهمی متعادل‌تر عناصر غذایی در خاک بر حسب نیاز گیاه، افزایش سطح مواد آلی و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و نیز آب‌شویی کمتر عناصر غذایی در طی زمان باشد (Mando et al., 2005; Safadoust et al., 2007; Limon-Ortega et al., 2008). در مجموع می‌توان مدیریت صحیح کودی زعفران را در قالب چهار اصل زیر خلاصه نمود (Anbessa & Juskiw, 2012; Rezvani Moghaddam et al., 2014; Koocheki & seyyedi, 2015b)؛ به طوری که رعایت و اجرای صحیح این اصول می‌تواند نقش مؤثری در افزایش کارایی مصرف نیتروژن در زعفران داشته باشد.

الف- انتخاب منبع کودی مناسب

ب- تعیین زمان مناسب کوددهی

ج- جایگذاری صحیح کود

د- مصرف مقدار بهینه کود

اهمیت فسفر

فسفر به عنوان دومین عنصر مهم در تغذیه گیاهی، نقش ویژه‌ای جهت انجام بسیاری از واکنش‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاهان دارد (Fageria et al., 2013). فسفر از عناصر اصلی در ساختار پروتئین‌های سلولی، فسفولیپیدها[1]، اسیدهای نوکلئیک[2] و نیز ATP[3] بوده و نقش مهمی در واکنش‌های انتقال انرژی و اکسیداسیون سلولی دارد (Schachtman et al., 1998; Nicanuzia dos Prazeres et al., 2004). ساختار و کارکرد میتوکندری[4] که به عنوان مرکز تنفس سلول شناخته می‌شود، نیز تحت تأثیر مستقیم فسفر می‌باشد (Burstein et al., 1971).

جذب و کارایی مصرف فسفر

فراهمی فسفر از مؤثرترین عوامل در بهبود عملکرد و کیفیت زعفران است (Koocheki et al., 2014b; 2014c). با این وجود، به دلیل پایین بودن میزان ماده آلی، pH قلیایی و سطح نسبتاً بالای کربنات‌ها به ویژه کربنات کلسیم[5] در خاک‌های نواحی خشک و نیمه خشک کشور (Sameni, & Kasraian, 2004a; 2004b)، محدودیت فسفر خاک از مشکلات رایج نظام‌های زراعی در این مناطق می‌باشد (Seyyedi et al., 2015a). از این رو مطالعه کارایی مصرف به ویژه بر اساس کارایی جذب فسفر در زراعت زعفران حائز اهمیت ویژه‌ای است.

مشابه تعریف ذکر شده برای نیتروژن، کارایی مصرف فسفر[6] نیز نشان‌دهنده توانایی گیاه در استفاده از فسفر موجود در خاک و تولید ماده خشک می‌باشد (Bationo & Kumar , 2002; Shenoy & Kalagudi, 2005). با توجه به مشکلات زیست‌محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی، افزایش کارایی مصرف فسفر می‌تواند از نقطه نظر مسائل اقتصادی، سلامت انسانی و نیز آلودگی‌های زیست‌محیطی مورد توجه باشد (Simpson et al., 2011; Tahir et al., 2011). در مرحله رسیدگی گیاه، کارایی جذب فسفر[7] (میزان فسفر موجود در زیست توده به فسفر قابل‌جذب خاک) و کارایی استفاده از فسفر[8] (عملکرد به ازای هر واحد فسفر موجود در زیست توده) به عنوان اجزای کارایی مصرف فسفر (عملکرد به ازای هر واحد فسفر قابل‌جذب خاک) در نظر گرفته می‌شوند (Fageria & Barbosa Filho, 2007; Bayuelo-Jiménez & Ochoa-Cadavid, 2014).

محاسبه کارایی جذب، کارایی استفاده و کارایی مصرف فسفر

1- Phospholipids
2- Nucleic acids
3- Adenosine triphosphate (ATP)
4- Mitochondria

5- Calcium carbonate
6- Phosphorus use efficiency (PUE)
7- Phosphorus acquisition efficiency (PAE)
8- Phosphorus utilization efficiency (PUTE)

www.SID.ir

Archive of SID

نیز مشابه این شاخص‌ها در نیتروژن بوده و بر اساس معادلات زیر تعیین می‌شود:

$$PAE\ (\%) = (Pt/Pa) \times 100 \quad (۴)$$

$$PUTE\ (g.g^{-1}) = CY/Pt \quad (۵)$$

$$PUE\ (g.g^{-1}) = CY/Pa \quad (۶)$$

مبنا و محاسبه میزان جذب فسفر در خاک و در گیاه (بر حسب گرم در متر مربع) نیز مشابه نیتروژن می‌باشد. با این تفاوت که به جای نیتروژن، مقدار فسفر قابل جذب خاک (بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در گیاه (بر حسب گرم بر کیلوگرم) که به ترتیب با روش اولسن (Olsen et al., 1954) و مورفی و ریلی (Murphy & Riley, 1962) اندازه گیری می‌شوند، در محاسبات جایگزین می‌گردد.

مدیریت صحیح کودهای فسفره در زعفران جهت افزایش کارایی مصرف این عنصر بر پایه همان چهار اصلی است که در پیشتر در ارتباط با مدیریت کودهای نیتروژنه ذکر شد. از سوی دیگر، افزایش کارایی مصرف فسفر می‌تواند از طریق افزایش کارایی جذب یا کارایی استفاده و یا افزایش هر دو کارایی جذب و استفاده حاصل شود (Wang et al., 2010). به طور کلی در شرایط محدودیت فسفر قابل‌جذب خاک، بالاتر بودن کارایی مصرف فسفر عمدتاً تحت تأثیر افزایش کارایی جذب بوده و در شرایط عدم محدودیت این عنصر (مانند مدیریت فشرده همراه با مصرف نهاده‌های کودی در سیستم‌های مدرن کشاورزی)، افزایش کارایی مصرف فسفر بیشتر وابسته به افزایش کارایی استفاده می‌باشد (Wang et al., 2010). بنابراین کارایی جذب فسفر به‌ویژه در خاک‌هایی با مقادیر کم فسفر قابل‌استفاده می‌بایست مورد توجه قرار گیرد (Shenoy & Kalagudi, 2005; Korkmaz et al., 2009).

به طور کلی، کارایی مصرف فسفر تحت تأثیر نوع منبع فسفر مصرف‌شده، عوامل محیطی، شرایط حاکم در بستر خاک و نیز چگونگی مدیریت گیاهی است (Bationo & Kumar, 2002) راهکارهای متعددی جهت افزایش کارایی مصرف فسفر ارائه شده است. در این راستا، افزایش نسبت ریشه به ساقه، تحریک رشد تارهای کشنده و توسعه بخش ریشه (Ramaekers et al., 2010)، استفاده از ارتباط میکوریزایی و باکتری‌های حل‌کننده فسفات (Shenoy & Kalagudi, 2005; Singh et al., 2005; Schröder et al., 2011)، اصلاح گیاه در جهت افزایش تحمل به خاک‌های دچار کمبود فسفر (Ramaekers et al., 2010)، بهینه‌سازی توزیع و انتقال مجدد فسفر در گیاه در جهت تخصیص هر چه بیشتر فسفر به بخش زایشی (Veneklaas et al., 2012)، کاهش فرسایش و حفظ ساختار و کیفیت خاک (Schröder et al., 2011)، تعیین میزان مناسب کود فسفر و مصرف آن در زمان مناسب (Hopkins & Ellsworth, 2005; Schröder et al., 2011)، کاربرد فسفر همراه با مصرف متعادل سایر عناصر غذایی (Hopkins & Ellsworth, 2005)، استفاده بیشتر از نهاده‌های آلی (Schröder et al., 2011; Rezvani Moghaddam & Seyyedi, 2014) و نیز مدیریت علف‌های هرز در جهت کاهش فشار رقابت با گیاه زراعی (Seyyedi et al., 2012)، از جمله راه‌کارهای شناخته‌شده جهت افزایش کارایی مصرف فسفر در گیاهان زراعی می‌باشد.

در کنار موارد ذکر شده، ساختار ریشه در زعفران و میزان توسعه آن در پروفیل خاک که متناسب با طول دوره زندگی گیاه می‌باشد نیز عامل مؤثری در جهت افزایش جذب فسفر از خاک است. به بیانی دیگر، با افزایش چرخه زندگی زعفران از سالی به سال دیگر، تعداد بنه‌های دختری در خاک افزایش می‌یابد که متناسب با این افزایش، توانایی گیاه در جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر از خاک نیز بیشتر می‌شود (Koocheki et al., 2014b; Kumar et al., 2009). علاوه بر این، گزارش شده است که افزایش در اندازه بنه مادری می‌تواند از طریق بهبود توانایی

www.SID.ir

Archive of SID

گیاه از نظر جذب فسفر از خاک، سبب افزایش غلظت فسفر در بنه‌های دختری، کل بوته مادری و همچنین افزایش کارایی جذب و مصرف فسفر شود (Koocheki & Seyyedi, 2015b).

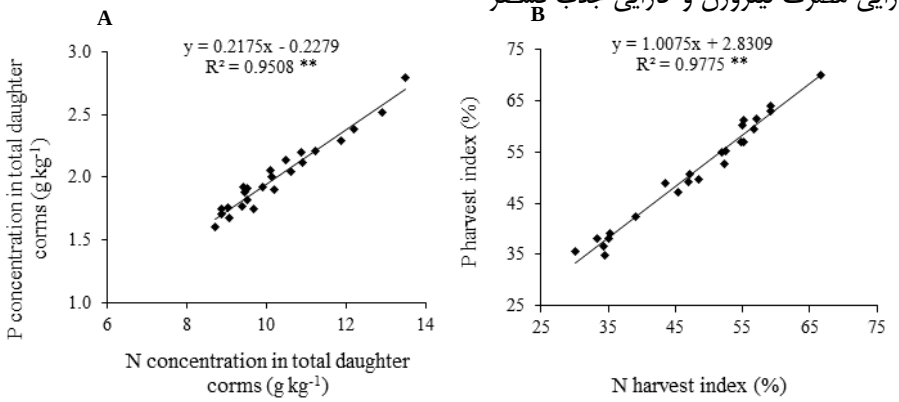
ارتباط کارایی مصرف نیتروژن و فسفر

به طور کلی بین فسفر و نیتروژن برهمکنش مثبتی وجود دارد که همین امر، کارایی جذب و مصرف این عناصر را افزایش می‌دهد. به بیانی دیگر، مصرف هر یک از این عناصر در خاک و جذب آن توسط گیاه می‌تواند از طریق تحریک رشد گیاه، سبب افزایش جذب دیگر عنصر از خاک شود (Shenoy & Kalagudi, 2005; Simpson et al., 2011; Seyyedi et al., 2015b). طبق نتایج کوچکی و سیدی (Koocheki & Seyyedi, 2015b)، بین غلظت نیتروژن و غلظت فسفر در بنه-های دختری زعفران ارتباط مثبت و معنی داری وجود دارد. در واقع هر واحد افزایش در غلظت نیتروژن می‌تواند منجر به افزایش غلظت فسفر در بوته‌های دختری شود (شکل 2A). علاوه بر این، ارتباط مثبت بین شاخص برداشت نیتروژن و فسفر (شکل 2B)، بین کارایی جذب نیتروژن و کارایی مصرف فسفر (شکل 3A)، بین کارایی مصرف نیتروژن و کارایی مصرف فسفر (شکل 3B)، بین کارایی جذب نیتروژن و کارایی جذب فسفر (شکل 3C) و بین کارایی مصرف نیتروژن و کارایی جذب فسفر (شکل 3D) نیز توسط این محققین گزارش شده است.

ارتباط مثبت بین شاخص‌های ذکر شده می‌تواند نشان‌دهنده آن باشد که افزایش جذب هر یک از عناصر نیتروژن یا فسفر از طریق تحریک رشد ریشه گیاه، ضمن تحریک فرآیند گل انگیزی و رشد بنه‌های دختری زعفران، سبب جذب عنصر دیگر از خاک می‌شود.

همانطور که پیشتر به آن اشاره شد، مهم‌ترین توجیه در ارتباط با وجود همبستگی مثبت بین جذب نیتروژن و فسفر در زعفران، تحریک رشد رویشی به ویژه در بخش زیر زمینی گیاه ناشی از مصرف نیتروژن می‌باشد که می‌تواند منجر به توسعه و نفوذ ریشه در پروفیل خاک شود (Seyyedi et al., 2015b). نفوذ بیشتر ریشه در پروفیل خاک نیز به نوبه خود می‌تواند توانایی جذب فسفر از خاک توسط ریشه گیاه را افزایش دهد (Shenoy & Kalagudi, 2005; Seyyedi et al., 2015b).

علاوه بر این، متحرک بودن دو عنصر نیتروژن و فسفر در پیکره گیاه (Bertheloot et al., 2008; Dordas, 2009) و انتقال مجدد این دو عنصر از برگ‌ها به اندام‌های ذخیره ای گیاه در زمان رسیدگی (Ourry et al., 1988; Koocheki et al., 2014b; 2015b; 2015) می‌تواند از دیگر دلایل این همبستگی مثبت در نظر گرفته شود.



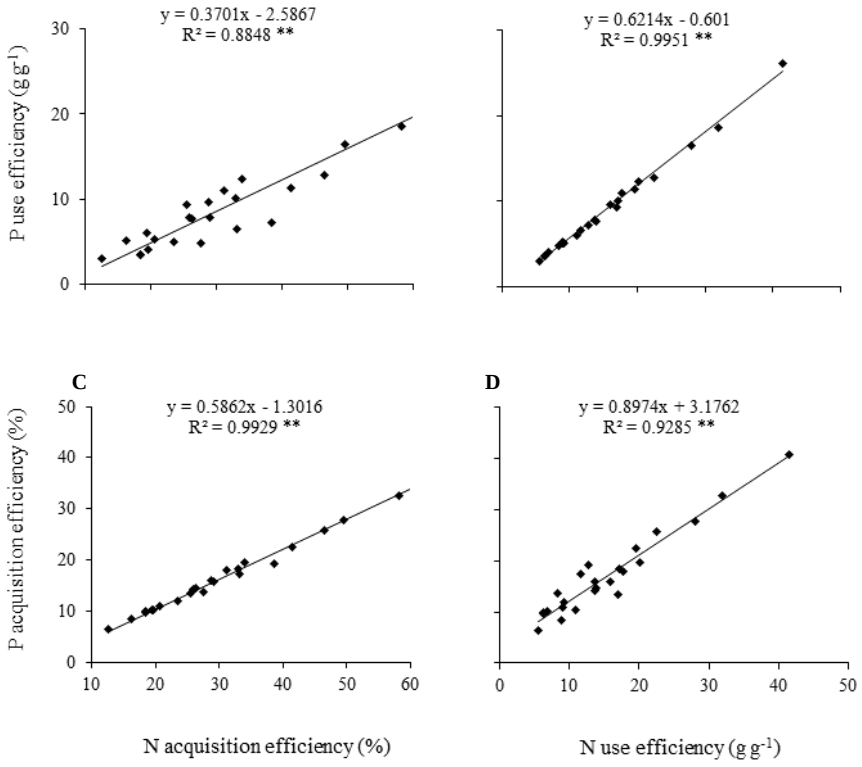
شکل ۲- ارتباط بین (A) غلظت نیتروژن و غلظت فسفر در کل بنه‌های دختری و (B) بین شاخص برداشت نیتروژن و فسفر در زعفران

Figure 2- Relation between (A) nitrogen (N) and phosphorus (P) concentration in total daughter corms and (B) N harvest index and phosphorus (P) harvest index in saffron (Koocheki & Seyyedi, 2015b).

A B

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- ارتباط بین (A) کارایی جذب نیتروژن و کارایی مصرف فسفر؛ (B) کارایی مصرف نیتروژن و کارایی مصرف فسفر، (C) کارایی جذب نیتروژن و کارایی جذب فسفر و (D) کارایی مصرف نیتروژن و کارایی جذب فسفر در زعفران

Figure 3. Relation between (A) nitrogen (N) acquisition efficiency and phosphorus (P) use efficiency, (B) N use efficiency and P use efficiency, (C) nitrogen acquisition efficiency and P acquisition efficiency, and (D) N use efficiency and P acquisition efficiency in saffron (Koocheki & Seyyedi, 2015b).

از این رو، مجموعه عوامل اقلیمی، ژنوتیپی و یا مدیریتی که منجر به تحریک رشد گیاه و جذب بیشتر یکی از این عناصر از خاک شود، می‌تواند به طور مستقیم و یا غیر مستقیم افزایش جذب دیگر عنصر از خاک را نیز امکان‌پذیر کند. به عنوان مثال، افزایش طول دوره زندگی زعفران در هر سال نسبت به سال دیگر، اعمال تنش جزئی آب، اجرای الگوی کشت پر تراکم (Koocheki et al., 2014a; 2014b; 2015b; 2015) و مصرف کمپوست کود دامی در مقایسه با کود شیمیایی (Koocheki & Seyyedi, 2015b)، می‌تواند سبب افزایش همزمان غلظت نیتروژن و فسفر در بنه‌های دختری و در نتیجه بهبود همزمان کارایی جذب و مصرف نیتروژن و فسفر در زعفران گردد.

نتیجه‌گیری

افزایش کارایی مصرف نیتروژن و فسفر تحت تأثیر افزایش کارایی جذب، کارایی استفاده و یا افزایش هر دو این کارایی‌ها می‌باشد. با این وجود، در خاک‌های نواحی خشک و نیمه خشک کشور، به دلیل کمبود مواد آلی و محدودیت عناصر غذایی در محلول خاک، افزایش کارایی مصرف نیتروژن یا فسفر بیشتر وابسته به افزایش کارایی جذب این عناصر می‌باشد. از این رو، با توجه به این‌که زعفران اساساً در مناطق خشک و نیمه خشک کشور مورد کشت و کار قرار می‌گیرد، افزایش کارایی جذب این عناصر می‌بایست به عنوان یک هدف اصلی در نظام‌های تولید این گیاه مورد توجه قرار گیرد. به‌طور کلی، به دلیل وجود رابطه مثبت بین غلظت نیتروژن و غلظت فسفر در بنه‌های زعفران و

www.SID.ir

Archive of SID

نیز همبستگی مثبت بین کارایی جذب نیتروژن با کارایی جذب فسفر، هر نوع عامل اقلیمی، ژنوتیپی و یا مدیریتی که بتواند سبب افزایش جذب یکی از این عناصر از خاک شود، می‌تواند افزایش جذب دیگر عنصر را نیز امکان‌پذیر کند. انتخاب بنه‌های مادری با وزن مناسب، اجرای الگوی کشت پر تراکم، الگوی صحیح آبیاری به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک و با هدف اعمال تنش جزئی و مدیریت شده آب به گیاه، مصرف متعادل کود بر اساس آنالیز خاک و استفاده از نهاده‌های آلی به جای کودهای شیمیایی، از جمله مهم‌ترین راه‌های به زراعی شناخته شده جهت افزایش کارایی جذب نیتروژن و فسفر در زعفران به‌شمار می‌آیند.

منابع

Aghaei, M., and Rezagholizadeh, M. 2011. Iran's comparative advantage in production of saffron. Journal of Agricultural Economics and Development 25: 121–132. (In Persian with English Summary).

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.

Amirshekari, H., Sorooshzadeh, A., Modaress Sanavy, A., and Jalali Javaran, M. 2007. Study of effects of root temperature, corm size, and gibberellin on underground organs of saffron (*Crocus sativus* L.). Iranian Journal of Biology 19: 5–18. (In Persian with English Summary).

Anbessa, Y., and Juskiw, P. 2012. Review: Strategies to increase nitrogen use efficiency of spring barley. Canadian Journal of Plant Science 92: 617–625.

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. 2003. Agriculture, Ecosystems and Environment 100: 201–207.

AOAC, 2000. Official methods of analysis (17th ed.) Gaithersburg, Maryland, USA: Association of Official Analytical Chemists.

Bagheri, A., and Vessal, S. 2003. Saffron improvement in Iran, breakthroughs and barriers. 3rd National Symposium on Saffron. 2-3 December 2003, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).

Bationo, A., and Kumar, K.A. 2002. Phosphorus use efficiency as related to sources of P fertilizers, rainfall, soil, crop management, and genotypes in the West African semi-arid tropics. Food Security in Nutrient-Stressed Environments 95: 145–154.

Bayuelo-Jiménez, J.S., and Ochoa-Cadavid, I. 2014. Phosphorus acquisition and internal utilization efficiency among maize landraces from the central Mexican highlands. Field Crops Research 156: 123–134.

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.

Bosch-Serra, A.D., Ortiz, C., Yagüe, M.R., and Boixadera, J. 2015. Strategies to optimize nitrogen efficiency when fertilizing with pig slurries in dryland agricultural systems. European Journal of Agronomy 67: 27–36.

Burstein, C., Loyter, A., and Racker, E. 1971. Effect of phospholipases on the structure and function of mitochondria. The Journal of Biological Chemistry 246: 4075–4082.

www.SID.ir

Archive of SID

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 with English Summary).

Dawson, J.C., Huggins, D.R., and Jones, S.S. 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: 89–101.

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.

Dordas, C. 2009. Dry matter, nitrogen and phosphorus accumulation: partitioning and remobilization as affected by N and P fertilization and source–sink relations. European Journal of Agronomy 30: 129–139.

Fageria, N.K., and Barbosa Filho, M.P. 2007. Dry-matter and grain yield, nutrient uptake, and phosphorus use-efficiency of lowland rice as influenced by phosphorus fertilization. Communications in Soil Science and Plant Analysis 38: 1289–1297.

Fageria, N.K., Moreira, A., and Dos Santos, A.B. 2013. Phosphorus uptake and use efficiency in field crops. Journal of Plant Nutrition 36: 2013–2022.

Foroughifar, H., and Poor-Kasmani, M.E. 2002. Soil Science and Management. Ferdowsi University of Mashhad Press. (In Persian).

Gao, X., Li, C., Zhang, M., Wang, R., and Chen, B. 2015. Controlled release urea improved the nitrogen use efficiency, yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.) on silt loamy soil. Field Crops Research 181: 60–68.

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.

Guarda, G., Padovan, S., and 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: 181–192.

Hopkins, B., and Ellsworth, J. 2005. Phosphorus availability with alkaline/calcareous soil. Western Nutrient Management Conference, Salt Lake City, UT. 6: 88–93.

Ju, C., Buresh, R.J., Wang, Z., Zhang, H., Liu, L., Yang, J., and 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.

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

Koocheki, A. 2003. With saffron in the world, fears and hopes. 3rd National Symposium on Saffron. 2-3 December 2002, Mashhad, Iran.

Koocheki, A., and Seyyedi, S.M. 2015a. Phonological stages and formation of replacement corms of saffron (*Crocus sativus* L.) during growing period (review article). Journal of Saffron Research (Accepted for publication). (In Persian with English Summary).

Koocheki, A., and Seyyedi, S.M. 2015b. 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.

www.SID.ir

Archive of SID

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 Crops Research 4: 315–331. (In Persian with English Summary).

Koocheki, A., Jahani, M., Tabrizi, L., and Mohammad Abadi, A.A. 2011. Investigation on the Effect of biofertilizer, chemical fertilizer and plant density on yield and corm criteria of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Water and Soil 25: 196–206. (In Persian with English Summary).

Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Molafilabi, A., and Seyyedi, S.M. 2014a. 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 with English Summary).

Koocheki, A., Seyyedi, S.M., and Jamshid Eyni, M. 2014b. Irrigation levels and dense planting affect flower yield and phosphorus concentration of saffron corms under semi-arid region of Mashhad. Northeast Iran. Scientia Horticulturae 180: 147–155.

Koocheki, A., Seyyedi, S.M., and Jamshid Eyni, M. 2016. Uptake efficiency of nitrogen in saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by irrigation levels and high corm density. Seed and Plant Production Journal 30: 441-456. (In Persian with English Summary).

Koocheki, A., Seyyedi, S.M., Azizi, H., and Shahriyari, R. 2014c. The effects of mothercorm size, organic fertilizers and micronutrient foliar application on corm yield and phosphorus uptake of saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agronomy and Technology 2: 3–16. (In Persian with English Summary).

Koocheki, A., Tabrizi, L., Jahani, M., and Mohammad Abadi, A.A. 2012. 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 with English Summary).

Korkmaz, K., Ibrikci, H., Karnez, E., Buyuk, G., Ryan, J., Ulger, A.C., and Oguz, H. 2009. Phosphorus use efficiency of wheat genotypes grown in calcareous soils. Journal of Plant Nutrition 32: 2094–2106.

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.

Limon-Ortega, A., Govaerts, B., and Sayre, K.D. 2008. Straw management, crop rotation, and nitrogen source effect on wheat grain yield and nitrogen use efficiency. European Journal of Agronomy 29: 21–28.

Liu, J., Liu, H., Huang, S., Yang, X., Wang, B., Li, X., and Ma, Y. 2010. Nitrogen efficiency in long-term wheat–maize cropping systems under diverse field sites in China. Field Crops Research 118: 145–151.

Lu, D., Lu, F., Pan, J., Cui, Z., Zou, C., Chen, X., He, M., and Wang, Z. 2015. The effects of cultivar and nitrogen management on wheat yield and nitrogen use efficiency in the North China Plain. Field Crops Research 171: 157–164.

Mando, A., Ouattara, B., Sédogo, M., Stroosnijder, L., Ouattara, K., Brussaard, L., and Vanlauwe, B. 2005. Long-term effect of tillage and manure application on soil organic fractions and crop performance under Sudano-Sahelian conditions. Soil and Tillage Research 80: 95–101.

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.

Moayedi Shahraki, E., Jami Al-Ahmadi, M., and Behdani, M.A. 2010. Study of energy efficiency of saffron (*Crocus sativus* L.) in Southern Khorasan. Journal of Agroecology 2: 55–62. (In Persian with English Summary).

Murphy, J., and Riley, J.P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Analytica Chimica Acta 27: 31–36.

www.SID.ir

Archive of SID

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Boroumand Rezazadeh, Z., and Tabrizi, L. 2007. Effects of corm size and storage period on allocation of assimilates in different parts of saffron plant (*Crocus sativus* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 5:155–166. (In Persian with English Summary).

Nicanuzia dos Prazeres, J., Veríssima Ferreira, C., and Aoyama, H. 2004. Acid phosphatase activities during the germination of *Glycine max* seeds. Plant Physiology and Biochemistry 42: 15–20.

Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. United States Department of Agriculture, Circular no. 939.

Omidi, H., Naghdibadi, H.A., Golzad, A., Torabi, H., and Fotoukian, M.H. 2009. The effect of chemical and bio-fertilizer source of nitrogen on qualitative and quantitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Medicinal Plant 8: 98–109.

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.

Ram, M., Ram, D., and Roy, S.K. 2003. Influence of an organic mulching on fertilizer nitrogen use efficiency and herb and essential oil yields in geranium (*Pelargonium graveolens*). Bioresource Technology 87: 273–278

Ramaekers, L., Remans, R., Rao, I.M., Blair, M.W., and Vanderleyden, J. 2010. Strategies for improving phosphorus acquisition efficiency of crop plants. Field Crops Research 117: 169–176.

Rasmussen, I.S., Dresbøll, D.B., and Thorup-Kristensen, K. 2015. Winter wheat cultivars and nitrogen (N) fertilization—Effects on root growth, N uptake efficiency and N use efficiency. European Journal of Agronomy 68: 38–49.

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., and Seyyedi, S.M. 2014. The effects of organic and biological fertilizers on phosphorus and potassium uptake by black Seed (*Nigella sativa* L.). Journal of Horticultural Science 28: 43–53. (In Persian with English Summary).

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 with English Summary).

Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., Molafilabi, A., and Seyyedi, S.M. 2013b. The effects of different levels of applied wheat straw in different dates on saffron (*Crocus sativus* L.) daughter corms and flower initiation criteria in the second year. Saffron Agronomy & Technology 1: 55–70. (In Persian with English Summary).

Rezvani Moghaddam, P., Seyyedi, S.M., and Azad, M. 2014. Effects of organic, chemical and biological sources of nitrogen on nitrogen use efficiency in black seed (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 30: 260–274. (In Persian with English Summary).

Rodrigues, M.A., Pereira, A., Cabanas, J.E., Dias, L., Pires, J., and Arrobas, M. 2006. Crops use-efficiency of nitrogen from manures permitted in organic farming. European Journal of Agronomy 25: 328–335.

Sadeghi, A. 2003. Saffron is a cultural heritage, a national concern. 3rd National Symposium on Saffron. 2-3 December 2003, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).

Safadoust, A., Mosadeghi, M.R., Mahboubi, A.A., Norouzi, A., and Asadian, G.H. 2007. Short-term tillage and manure influences on soil structural properties. Journal of Science and Technology of Agriculture and

www.SID.ir

Archive of SID

Natural Resources 11: 91–100. (In Persian with English Summary).

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.

Sameni, A.M., and Kasraian, A. 2004a. Effect of agricultural sulfur on characteristics of different calcareous soils from dry regions of Iran. II. Reclaiming effects on structure and hydraulic conductivity of the soils under saline-sodic conditions. Communications in Soil Science and Plant Analysis 35: 1235–1246.

Sameni, A.M., and Kasraian, A. 2004b. Effect of agricultural sulfur on characteristics of different calcareous soils from dry regions of Iran. I. disintegration rate of agricultural sulfur and its effects on chemical properties of the soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis 35: 1219–1234.

Schachtman, D.P., Reid, R.J., and Ayling, S.M. 1998. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. Plant Physiology 116: 447–453.

Schröder, J.J., Smit, A.L., Cordell, D., and Rosemarin, A. 2011. Improved phosphorus use efficiency in agriculture: A key requirement for its sustainable use. Chemosphere 84: 822–831.

Seyyedi, S.M., Ghorbani, R., Rezvani Moghaddam, P., and Nassiri Mahallati, M. 2012. The effects of weed interference durations on percentage and phosphorus and potassium uptake efficiency in black seed (*Nigella sativa* L.) and its weeds. Journal of Plant Protection 26: 82–91. (In Persian with English Summary).

Seyyedi, S.M., Ghorbani, R., Rezvani Moghaddam, P., and 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: 141–156. (In Persian with English Summary).

Seyyedi, S.M., Khajeh-Hosseini, M., Rezvani Moghaddam, P., and Shahandeh, H. 2015a. Relation between the increasing soluble phosphorus and nitrogen uptake and its effects on phosphorus harvest index of black seed. Iranian Journal of Field Crop Science 46: 25–36. (In Persian with English Summary).

Seyyedi, S.M., Khajeh-Hosseini, M., Rezvani Moghaddam, P., and Shahandeh, H. 2015b. Effects of phosphorus and seed priming on seed vigor, fatty acids composition and heterotrophic seedling growth of black seed (*Nigella sativa* L.) grown in a calcareous soil. Industrial Crops and Products 74: 939–949.

Shenoy, V.V., and Kalagudi, G.M. 2005. Enhancing plant phosphorus use efficiency for sustainable cropping. Biotechnology Advances 23: 501–513.

Simpson, R.J., Oberson, A., Culvenor, R.A., Ryan, M.H., Veneklaas, E.J., Lambers, H., Lynch, J.P., Ryan, P.R., Delhaize, E., Smith, F.A., Smith, S.E., Harvey, P.R., and Richardson, A.E. 2011. Strategies and agronomic interventions to improve the phosphorus-use efficiency of farming systems. Plant and Soil 349: 89–120.

Singh, K.K., Srinivasarao, C., and Ali, M. 2005. Root growth, nodulation, grain yield, and phosphorus use efficiency of lentil as influenced by phosphorus, irrigation, and inoculation. Communications in Soil Science and Plant Analysis 36: 1919–1929.

Tahir, S., Alam, S.M., and Ahmad, Z. 2011. Wheat yield and phosphorus fertilizer efficiency as influenced by pre-incubated use of single superphosphate and poultry litter and its time of application, Journal of Plant Nutrition 34: 1034–1040.

Veneklaas, E.J., Lambers, H., Bragg, J., Finnegan, P.M., Lovelock, C.E., Plaxton, W.C., Price, C.A., Scheible, W., Shane, M.W., White, P.J., and Raven, J.A. 2012. Opportunities for improving phosphorus-use efficiency in crop plants. New Phytologist 195: 306–320.

Wang, X., Shen, J., and Liao, H. 2010. Acquisition or utilization, which is more critical for enhancing phosphorus efficiency in modern crops? Plant Science 179: 302–306.

www.SID.ir

Archive of SID

A Comprehensive Look at Nitrogen and Phosphorus Use Efficiency in Saffron (*Crocus Sativus* L.)

Alireza Koocheki[1*] *and Seyyed Mohammad Seyyedi*[2]

Received: 17 August, 2015 **Accepted:** 12 January, 2016

DOI: 10.22048/jsat.2016.17359

Abstract

Saffron (*Crocus sativus* L.) is an annual plant from a biological aspect, but it has a perennial cycle in the field conditions. Cytological impairments such as triploid and self-incompatibility mechanisms are considered as the most important reasons for male-sterility in saffron. Therefore, saffron reproduction is made by meristems tissues and establishment of new daughter corms which are produced by the mother corms. During the growing season, mother corms deteriorate gradually with increasing daughter corms growth. Each daughter corm is considered as a mother corm for replanting in the next growing season. Duo to the life cycle of saffron as a perennial plant in the field conditions, the gradual deterioration of mother corms during the growing season and also the remobilization of nitrogen and phosphorus from aerial part to daughter corms at the end of each growing season, the study of acquisition and use efficiency of nitrogen and phosphorus in saffron is more complicated than other annual or biannual plants. Firstly, the objective of this review article is to describe the nitrogen and phosphorus concentration in aerial parts and daughter corms in saffron. In addition, relevant literature related to the most important strategies for improving nitrogen and phosphorus use efficiency is reviewed. Secondly, the relationship between nitrogen and phosphorus use efficiency in saffron is discussed.

Keywords: daughter corms, mother corms, perennial plant.

1- Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2- PhD. Student of Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding author Email: akooch@ferdowsi.um.ac.ir)

www.SID.ir