

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
مَنْ مَلَكَ مِنْكُمْ لَعَلَّ يَسْتَفِئِفْئِفْ



دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی آب

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

گرایش: آبیاری و زهکشی

عنوان:

اثر زئولیت بر حاصلخیزی و کاهش آبشویی نیترات از خاک شور تحت کشت زعفران

نگارش:

محسن احمدی

استاد راهنما:

دکتر عباس خاشعی سیوکی

استاد مشاور:

دکتر محمدحسن سیاری

تابستان 1393

## اظهارنامه

اینجانب محسن احمدی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی- مهندسی آب گرایش آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، نویسنده پایان نامه "اثر زئولیت بر حاصلخیزی و کاهش آبشویی نیترات از خاک شور تحت کشت زعفران"

تحت راهنمایی دکتر عباس خاشعی سیوکی متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در این پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه بیرجند می‌باشد و مقالات مستخرج از آن با نام «دانشگاه بیرجند» و یا « University of Birjand » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت و از افزودن نام افراد غیر مرتبط پرهیز خواهد شد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آن) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.
- عدم رعایت موارد فوق توسط اینجانب تخلف محسوب شده و دانشگاه بیرجند حق پیگیری موضوع از طریق مجاری قانونی را خواهد داشت.

### تاریخ

امضای دانشجو

### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه بیرجند می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

تصدیم به

پدر و مادر عزیزم

آنانکه وجودم برایشان همه رنج است

و وجودشان برایم همه مهر

توانشان رفت تا به توانایی برسم

و مویشان سپیدشت تا رویم سپید بماند

آنانکه راستی قائم در شکستی قاتلان تجلی یافت

آنانکه فروغ نخبشان به گرمی کلامشان و روشنی رویشان، سرمایه های جاودانی زندگی من است

سر و وجودشان همیشه سبز و پدیدار باد

## مشکر و قدردانی

پروردگارا به پیشگاه پاک و مقدس تقدیم می‌دارم که زندگی فقط و فقط تو را سزود. آنچه داده‌ای بیش از شایستگی من است، اگر چه در خور بخشندگی تو ست.  
پروردگارا سپاس می‌گویم که بر من منت نهادی و خلعت تحصیل بر من پوشاندی. چه زیباست ستایش خالق، او که زندگی می‌کنیم برای وصالش در حالی که تقدیر از مخلوق جنبه‌ای از ستایش خالق است.

بر خود و نطفه می‌دانم تا از تمامی بزرگوارانی که صبورانه و دل‌سوزانه در راستای انجام این پژوهش مرایاری کردند، مشکر و قدردانی می‌نمایم. چرا که اگر یاری این عزیزان نبود، امروز این تلاش به پایان راه خود نمی‌رسید. در ابتدا از استاد راهنمای محترم جناب آقای دکتر عباس خاشعی سوگی و استاد مشاور، جناب آقای دکتر محمد حسن سیاری که در طول دوره تحصیل و نیز در مراحل مختلف این پژوهش صبورانه و مشتاقانه مراراً بهمانی کردند کمال مشکر و قدردانی را دارم.  
از اساتید گرانقدر جناب آقای دکتر علی شهیدی و جناب آقای دکتر حسین خزیمه‌نژاد که زحمت دآوری این پایان نامه را بر عهده داشتند و با دقت بسیار به مطالعه این پژوهش پرداختند مشکر و قدردانی می‌م. همچنین از جناب آقای دکتر محمد حسن نجفی مود، نماینده تحصیلات تکلیفی این پژوهش کمال و قدردانی را دارم. از خداوند برای تمامی این بزرگواران ارجمند اجری عظیم را خواستارم.

## چکیده

آبشویی نیترات نه تنها باعث اتلاف هزینه‌های بسیار زیادی می‌شود بلکه تشدید آلودگی منابع آب را نیز به دنبال خواهد داشت. ورود نیترات به بدن انسان و تبدیل آن به نیتريت سبب بروز مشکلاتی مانند تومورهای معده، مغز، پوست و استخوان، فشار خون بالا، افزایش مرگ و میر نوزادان می‌شود. بدین منظور راه‌های بسیاری برای جلوگیری از آبشویی نیترات پیشنهاد شده است که به دلیل مشکلاتی مانند هزینه بالا و کارایی کم مورد استقبال واقع نشده‌اند. استفاده از زئولیت‌ها یکی از راه‌هایی است که به دلیل ارزانی و توانایی بالا مورد توجه قرار گرفته است. بدین منظور این تحقیق در سال 1391 با 21 تیمار و در 3 تکرار و مجموعاً 63 گلدان در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی در این تحقیق شامل نوع زئولیت (کلسیک: Zca، پتاسیک Zp و خاک ترکیبی Zs) در دو سطح (2: M2 و 6: M6 درصد وزنی) و سه سطح کود اوره (صفر، 200 و 400 میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک) بود. یک تیمار بدون زئولیت نیز به منظور مقایسه نتایج با شرایط عدم کاربرد زئولیت در نظر گرفته شد. در این تحقیق علاوه بر اثر زئولیت بر کاهش آبشویی نیترات، به دلیل خصوصیات بی‌نظیر زئولیت، تأثیر این کانی بر شاخص‌های رشدی گیاه زعفران و برخی تغییرات فیزیکوشیمیایی خاک نیز بررسی شد. نتایج نشان داد که نوع زئولیت، مقدار زئولیت، مقدار کود مصرفی، نوع زئولیت × مقدار زئولیت اثر معنی‌داری در سطح احتمال 1 درصد بر آبشویی نیترات دارد و سایر اثرات متقابل معنی‌دار نشدند. در این آزمایش، زئولیت کلسیک اثر بیشتری بر کاهش آبشویی نیترات نشان داد. با اعمال 200 میلی‌گرم کود اوره، کمترین میزان آبشویی در تیمار ZpM6 مشاهده شد که نسبت به شاهد 3/47 برابر کاهش داشت. همچنین با افزودن کود اوره در سطح 400 میلی‌گرم، کمتری آبشویی در تیمار ZpM6 با کاهش 4/61 برابری نسبت به شاهد مشاهده شد. نتایج اثر نوع زئولیت بر تغییر عناصر خاک نشان داد که مقدار زئولیت تنها بر بی‌کربنات در سطح احتمال 5 درصد اثر معنی‌داری دارد. اثر متقابل نوع و مقدار زئولیت در سطح احتمال 5 درصد بر کلسیم، منیزیم، کلر، بی‌کربنات، سولفات و pH و در سطح احتمال 1 درصد بر میزان سدیم و مجموع کاتیون‌ها معنی‌داری شد ولی مقدار زئولیت بر هیچ پارامتری اثر معنی‌داری نداشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد زئولیت پتاسیک در هر دو سطح کاربرد بر سدیم و بی‌کربنات خاک اثرگذار بوده است علاوه بر این نتایج، زئولیت پتاسیک به دلیل کاهش هدایت هیدرولیکی خاک، سبب نگهداشت بیشتر رطوبت در خاک شد. از طرفی کاربرد زئولیت کلسیک سبب تغییر EC خاک شد به طوری که در هر سه عمق نمونه‌برداری شده نسبت به سایر تیمارها EC کمتری داشت و سبب کاهش 3/1 تا 3/9 برابر کاهش EC نسبت به ابتدای آزمایش شد. اثر زئولیت بر خصوصیات رشدی گیاه زعفران نشان داد که نوع زئولیت تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال 1 درصد بر مدت زمان سبز شدن و در سطح

احتمال 5 درصد بر درصد سبز شدن زعفران داشت. اثر متقابل نوع و مقدار زئولیت در سطح احتمال 0/1 درصد بر مدت زمان سبز شدن بنه‌های زعفران تأثیر مثبت معنی‌دار داشت. نوع و اثر متقابل نوع×مقدار زئولیت بر طول و وزن خشک برگ زعفران معنی‌دار نشد ولی اثر مقدار زئولیت بر طول برگ زعفران اثر معنی‌داری داشت. بنابراین استفاده از زئولیت پتاسیک به منظور نگهداری رطوبت در خاک و کاهش آبشویی نیترات می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. از طرفی زئولیت کلسیک سبب کاهش شوری خاک گردید و می‌تواند در بهبود خاک‌های شور مورد استفاده قرار بگیرد که با توجه به اندازه زئولیت کلسیک، اگر این زئولیت با دانه‌بندی ریزتر عرضه شود، توانایی بیشتری در نگهداری نیترات و رطوبت خواهد داشت. پیشنهاد می‌گردد با توجه به اثرات متفاوت این دو زئولیت بر عملکرد و شاخص‌های رشد گیاهان، به منظور کشت هر گیاه مطالعات قبلی صورت گیرد.

**کلمات کلیدی:** خصوصیات خاک، زعفران، کلینوپتیلولایت، نگهداشت نیترات

## فهرست مطالب

1	فصل اول
1	کلیات
2	1-1 مقدمه
2	2-1 زعفران
5	3-1 اهمیت نیتروژن در خاک و گیاه
6	4-1 پدیده آبشویی نیترات
7	1-4-1 مضرات آبشویی نیترات
8	2-4-1 عوامل موثر بر آبشویی نیترات
9	3-4-1 روش‌های جلوگیری از آبشویی نیترات
10	5-1 زئولیت
11	1-5-1 طبقه بندی زئولیت‌ها
13	2-5-1 کاربردهای زئولیت
14	3-5-1 کلینوپتیلولایت
15	4-5-1 زئولیت در ایران
15	6-1 زئولیت و سبز شدن و رشد گیاهان
16	7-1 زئولیت و خاک
18	8-1 زئولیت و کاهش آبشویی نیترات
19	9-1 اهداف پژوهش
20	فصل دوم
20	بررسی منابع
21	1-2 مقدمه



- 2-2 اثر زئولیت بر شاخص‌های رشدی گیاه ..... 21
- 3-2 اثر زئولیت بر خصوصیات خاک ..... 26
- 4-2 اثر زئولیت بر کاهش آبشویی نیترات ..... 28
- فصل سوم ..... 34
- مواد و روش‌ها ..... 34
- 1-3 مقدمه ..... 35
- 2-3 مشخصات منطقه آزمایش ..... 35
- 3-3 مشخصات آب و خاک مورد استفاده ..... 36
- 4-3 مشخصات زئولیت‌های مورد استفاده ..... 37
- 5-3 نحوه آماده‌سازی تیمارها ..... 38
- 6-3 اندازه‌گیری سرعت و درصد سبز شدن بنه‌ها ..... 39
- 1-6-3 معرفی مدل GERMIN ..... 39
- 7-3 روش اندازه‌گیری شاخص‌های برگ‌گی زعفران ..... 40
- 8-3 روش‌های اندازه‌گیری عناصر خاک ..... 41
- 1-8-3 هدایت الکتریکی خاک (EC) ..... 41
- 2-8-3 pH خاک ..... 41
- 3-8-3 کلسیم خاک ..... 41
- 4-8-3 منیزیم خاک ..... 41
- 5-8-3 سدیم خاک ..... 41
- 6-8-3 پتاسیم خاک ..... 42
- 7-8-3 کلر خاک ..... 42
- 8-8-3 بی‌کربنات خاک ..... 42
- 9-3 روش اندازه‌گیری آبشویی نیترات ..... 42
- 10-3 تعیین منحنی مشخصه رطوبتی ..... 42

44	1-10-3 معرفی مدل SWRC
46	فصل چهارم
46	نتایج و بحث
47	1-4 مقدمه
47	2-4 اثر زئولیت بر سبز شدن
56	2-4 اثر زئولیت بر شاخص‌های برگ‌گی
61	3-4 اثر زئولیت بر خصوصیات شیمیایی خاک
76	4-4 اثر زئولیت بر منحنی مشخصه رطوبتی
80	5-4 اثر زئولیت بر کاهش آبشویی نترات
89	فصل پنجم
89	نتیجه‌گیری و پیشنهادات
90	1-5 نتیجه‌گیری
93	2-5 پیشنهادات
94	فهرست منابع
116	پیوست الف
118	پیوست ب
121	پیوست پ
124	پیوست ت
127	پیوست ث
130	پیوست ج

## فهرست شکل‌ها

- فصل اول ..... 1
- کلیات ..... 1
- شکل (1-1) شمای سه بعدی و نحوه قرار گرفتن چهار وجهی‌های سیلیکاتی در تکتو سیلیکات‌ها ..... 11
- فصل دوم ..... 20
- بررسی منابع ..... 20
- فصل سوم ..... 34
- مواد و روش‌ها ..... 34
- شکل (1-3) استقرار گلدان‌های آزمایش در محوطه باغ دانشکده کشاورزی ..... 36
- شکل (2-3) نمایش محیط کاری مدل GERMIN ..... 40
- شکل (3-3) نگهداری نمونه‌های زه‌آب در یخچال (سمت راست)، انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه جهت آزمایش (سمت چپ) ..... 42
- شکل (4-3) قرار دادن صفحه‌های دستگاه پرشرپلات در آب ..... 44
- شکل (5-3) محیط کاری مدل SWRC ..... 45
- فصل چهارم ..... 46
- نتایج و بحث ..... 46
- شکل (1-4) تأثیر تیمار ZCAM2 بر زمان و درصد سبز شدن زعفران ..... 53
- شکل (2-4) تأثیر تیمار ZCAM6 بر زمان و درصد سبز شدن زعفران ..... 54

- 54..... شکل (3-4) تأثیر تیمار ZSM2 بر زمان و درصد سبز شدن زعفران
- 55..... شکل (4-4) تأثیر تیمار ZSM6 بر زمان و درصد سبز شدن زعفران
- 55..... شکل (5-4) تأثیر تیمار ZPM2 بر زمان و درصد سبز شدن زعفران
- 56..... شکل (6-4) تأثیر تیمار ZPM6 بر زمان و درصد سبز شدن زعفران
- 56..... شکل (7-4) تأثیر تیمار شاهد بر زمان و درصد سبز شدن زعفران
- 65..... شکل (8-4) مقایسه میانگین اثر نوع زئولیت بر عناصر خاک
- 65..... شکل (9-4) مقایسه میانگین اثر مقدار زئولیت بر عناصر خاک
- 66..... شکل (10-4) مقایسه میانگین اثر نوع زئولیت (A) و مقدار زئولیت (B) بر اسیدیته خاک
- 66..... شکل (11-4) مقایسه میانگین اثر نوع و مقدار زئولیت بر اسیدیته خاک
- 68..... شکل (12-4) مقایسه میانگین اثر نوع و مقدار زئولیت بر کاتیون‌های خاک
- 68..... شکل (13-4) مقایسه میانگین اثر نوع و مقدار زئولیت بر آنیون‌های خاک
- 70..... شکل (14-4) مقایسه میانگین نوع زئولیت (A)، مقدار زئولیت (B) و عمق خاک (C) بر شوری خاک
- 71..... شکل (15-4) مقایسه میانگین اثر نوع و مقدار زئولیت بر شوری خاک
- 72..... شکل (16-4) مقایسه میانگین اثر نوع زئولیت و عمق خاک بر شوری خاک
- 73..... شکل (17-4) مقایسه میانگین اثر مقدار زئولیت و عمق خاک بر شوری خاک
- 73..... شکل (18-4) مقایسه میانگین اثر نوع و مقدار و عمق زئولیت بر شوری خاک

- شکل (4-19) مقایسه تغییرات شوری در اعماق مختلف خاک بر اثر نوع و مقدار زئولیت پتاسیک (A)، ترکیبی (B) و کلسیک (C)..... 76
- شکل (4-20) اثر نوع زئولیت بر آبشویی نیترات..... 81
- شکل (4-21) اثر مقدار زئولیت بر آبشویی نیترات..... 82
- شکل (4-22) اثر مقدار کود بر آبشویی نیترات..... 83
- شکل (4-23) اثر نوع×مقدار زئولیت بر آبشویی نیترات..... 84
- شکل (4-24) اثر مقدار زئولیت×کود بر آبشویی نیترات..... 85
- شکل (4-25) اثر نوع زئولیت در مقدار کود بر آبشویی نیترات..... 85
- شکل (4-26) اثر نوع و مقدار زئولیت×مقدار کود بر آبشویی نیترات..... 85
- فصل پنجم..... 89
- نتیجه‌گیری و پیشنهادات..... 89
- شکل (1-پیوست ث) نتایج میزان تبخیر براساس نوع زئولیت..... 127
- شکل (2-پیوست ث) نتایج میزان تبخیر براساس مقدار زئولیت..... 128
- شکل (3-پیوست ث) نمایش میزان کاهش رطوبت در تیمارهای مورد آزمایش..... 128
- شکل (4-پیوست ث) نتایج اثر متقابل نوع و مقدار زئولیت بر میزان تبخیر..... 129

## فهرست جدول‌ها

1	فصل اول
1	کلیات
12	جدول (1-1) تقسیم‌بندی زئولیت‌ها براساس واحدهای ثانویه
13	جدول (2-1) خواص فیزیکی متداول‌ترین زئولیت‌های طبیعی
20	فصل دوم
20	بررسی منابع
34	فصل سوم
34	مواد و روش‌ها
36	جدول (1-3) میانگین بارندگی ماهانه بیرجند در فصل کشت زعفران
37	جدول (2-3) مشخصات خاک مورد استفاده در آزمایش
37	جدول (3-3) مشخصات آب آبیاری
38	جدول (4-3) ترکیبات زئولیت کلسیک مورد استفاده
38	جدول (5-3) ترکیبات زئولیت خاک ترکیبی مورد استفاده
38	جدول (6-3) ترکیبات زئولیت پتاسیک مورد استفاده
46	فصل چهارم
46	نتایج و بحث

- جدول (1-4) نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برای زمان و درصد سبز شدن زعفران.....48
- جدول (2-4) مقایسه میانگین زمان و درصد سبز شدن زعفران در مقادیر زئولیت.....49
- جدول (3-4) مقایسه میانگین زمان و درصد سبز شدن زعفران برای انواع زئولیت.....50
- جدول (4-4) مقایسه میانگین اثر متقابل نوع و مقدار زئولیت بر زمان و درصد سبز شدن زعفران.....52
- جدول (5-4) نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برای طول و وزن خشک برگ زعفران.....57
- جدول (6-4) مقایسه میانگین نوع زئولیت برای طول و وزن خشک برگ زعفران.....58
- جدول (7-4) مقایسه میانگین مقدار زئولیت برای طول و وزن خشک برگ زعفران.....59
- جدول (8-4) مقایسه میانگین براساس نوع و مقدار زئولیت برای طول و وزن خشک برگ زعفران.....61
- جدول (9-4) تجزیه واریانس نوع و مقدار زئولیت بر خصوصیات خاک (میانگین مربعات).....63
- جدول (10-4) تجزیه واریانس نوع زئولیت، مقدار زئولیت و عمق خاک بر شوری خاک (میانگین مربعات).....63
- جدول (11-4) آماره  $R^2$  برازش دو مدل منحنی رطوبتی.....77
- جدول (12-4) مشخصات پارامترهای معادلات بروکس کوری و ون گنوختان در اثر کاربرد زئولیت پتاسیک.....78
- جدول (13-4) مشخصات پارامترهای معادلات بروکس کوری و ون گنوختان در اثر کاربرد زئولیت کلسیک.....79
- جدول (14-4) جدول تجزیه واریانس اثر نوع و مقدار زئولیت و میزان کود بر آیشویی نترات.....80
- فصل پنجم.....89
- نتیجه گیری و پیشنهادات.....89

- جدول (1-پیوست ب) نتایج جدول تجزیه واریانس (آماره F) برای گیاه تربچه.....118
- جدول (2-پیوست ب) مقایسه میانگین براساس نوع زئولیت برای شاخص‌های رشد و عملکرد تربچه..119
- جدول (3-پیوست ب) مقایسه میانگین براساس نوع آب و زئولیت برای شاخص‌های رشد و عملکرد تربچه  
120.....
- جدول (1-پیوست پ) نتایج جدول تجزیه واریانس (آماره F) برای گیاه شاهی.....121
- جدول (2-پیوست پ) مقایسه میانگین براساس نوع زئولیت برای شاخص‌های رشد و عملکرد شاهی..122
- جدول (3-پیوست پ) مقایسه میانگین براساس نوع آب و زئولیت برای شاخص‌های رشد و عملکرد شاهی  
123.....
- جدول (1-پیوست ت) نتایج جدول تجزیه واریانس (آماره F) برای گیاه لوبیا.....124
- جدول (2-پیوست ت) مقایسه میانگین براساس نوع زئولیت برای شاخص‌های رشد و عملکرد لوبیا.....125
- جدول (3-پیوست ت) مقایسه میانگین براساس نوع آب و زئولیت برای شاخص‌های رشد و عملکرد لوبیا  
126.....
- جدول (1-پیوست ث) نتایج تجزیه واریانس اثر زئولیت بر تبخیر.....127
- جدول (1-پیوست ج) جدول تجزیه واریانس (آماره F) اثر زئولیت بر هدایت هیدرولیکی دو خاک شنی و  
شنی لومی.....130
- جدول (2-پیوست ج) مقایسه‌ی میانگین هدایت هیدرولیکی براساس نوع زئولیت برای خاک شنی و  
شنی لومی.....130
- جدول (3-پیوست ج) مقایسه‌ی میانگین هدایت هیدرولیکی براساس مقدار زئولیت برای دو خاک شنی و  
شنی لومی.....130
- جدول (4-پیوست ج) مقایسه‌ی میانگین هدایت هیدرولیکی براساس نوع و مقدار زئولیت برای خاک  
شنی و شنی لومی.....131



# فصل اول

کلیات

## 1-1 مقدمه

در بوم نظام‌های زراعی شناخت عوامل افزایش دهنده کمیت و کیفیت محصول الزامی بوده و باید جهت دستیابی به عملکرد مطلوب مورد توجه قرار گیرد (کوچکی و همکاران، 1390). بدین منظور امروزه از کودهای شیمیایی به منظور افزایش تولید محصولات کشاورزی در واحد سطح به وفور استفاده می‌شود (امیدی و همکاران، 1388). نتیجه این استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی طی سال‌های اخیر سبب ایجاد بحران آلودگی‌های محیط زیست و به ویژه منابع آب و خاک شده که طی زنجیره غذایی به منابع غذایی انسان راه یافته است و تهدیدی برای سلامتی جامعه بشری به وجود آورده است (امیدی و همکاران، 1388). یکی از راه‌های رفع این مشکل استفاده از اصول کشاورزی پایدار می‌باشد (نصیری محلاتی و همکاران، 1392). کشاورزی پایدار یک نظام تلفیقی مبتنی بر اصول اکولوژیک است که به جای استفاده از نهاده‌های خارجی نظیر کودهای شیمیایی از منابع طبیعی استفاده می‌نماید. مدیریت خاک نیز از عوامل اصلی نیل به اهداف کشاورزی پایدار محسوب می‌شود لذا جایگزینی تدریجی کودهای زیستی با کودهای شیمیایی خصوصاً کوه‌های نیتروژن، بشر را در دستیابی به این هدف و تولید پایدار محصولات کشاورزی یاری می‌نماید (علیرضایی نغندر، 1391). با به کارگیری روش صحیح برای حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه می‌توان ضمن حفظ محیط زیست، افزایش کیفیت آب، کاهش فرسایش و حفظ تنوع زیستی، کارایی نهاده‌ها را افزایش داد. همچنین با اجتناب از مصرف بی‌رویه عناصر غذایی علاوه بر کاهش هزینه تولید، به سوی کشاورزی پایدار می‌توان گام برداشت (حسن‌زاده قورت تپه، 1379؛ رضایی نژاد و افیونی، 1379؛ مالانگودا<sup>1</sup>، 1995). دستیابی به کشاورزی پایدار در کنار افزایش عملکرد محصولات کشاورزی و تأمین سلامت جامعه از اهداف محققان در بخش کشاورزی است (مدنی و همکاران، 1388).

## 2-1 زعفران

زعفران با نام علمی (*Crocus sativus* L.) گیاهی نسبتاً مقاوم به سرما می‌باشد که دوران رشد آن مصادف با پاییز و زمستان و اوایل بهار است (بهنیا، 1370). زعفران در طب سنتی به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد و از عصاره و فرآورده‌های آن به عنوان ضد اسپاسم، کمک به هضم طبیعی غذا، ضد

1-Mallanagouda

آبریزش، آرام بخش، ضد نفخ، افزایشده تعریق، خلط آور، مقوی معده، محرک تمایلات جنسی و ایجاد قاعدگی زودرس استفاده می‌شود (ریوس و همکاران<sup>1</sup>، 1996). همچنین عصاره کلالة و گلبرگ زعفران اثر ضدالتهابی، ضد درد و ضد افسردگی دارد (کریمی و همکاران<sup>2</sup>، 2001؛ حسین‌زاده و یونسی<sup>3</sup>، 2002).

زعفران از گران‌بهارترین گیاهان زراعی موجود بر روی کره زمین است که گرچه کشت آن از قدیم‌الایام در برخی نقاط دنیا مانند ایران، هند، ایتالیا و یونان متداول بوده (کوچکی و همکاران، 1388) ولی امروزه ایران بزرگترین تولید کننده زعفران دنیا بوده و در کشور ما ارزش اقتصادی بسیاری دارد و یکی از اقلام مهم صادراتی محسوب می‌شود (امیر قاسمی، 1380). مرکز اصلی پرورش این گیاه مناطق کویری و خشک خراسان است که سابقه کشت آن در این مناطق به 700 سال پیش برمی‌گردد (صبوری بیلندی و ودیعی، 1387). ایران از نظر سطح زیر کشت و تولید زعفران، مقام اول را در جهان دارا می‌باشد؛ به طوری که بیشتر از 90 درصد زعفران دنیا در ایران تولید می‌شود. استان‌های خراسان رضوی و خراسان جنوبی در ایران مناطق عمده کشت این محصول به شمار می‌روند به طوری که بیش از 90٪ تولید کل زعفران کشور از این دو استان به دست می‌آید (شاهرودی و همکاران، 1386).

گرچه نیاز کودی این گیاه بسیار کم می‌باشد ولی عملکرد آن به شدت به خصوصیات خاک وابسته است (کوچکی و همکاران<sup>4</sup>، 2006). حدود 16 تا 80 درصد تغییرات عملکرد گل زعفران به متغیرهای مربوط به خاک از جمله میزان ماده آلی، فسفر قابل استفاده، نیتروژن و پتاسیم قابل تبادل وابسته است (تمپرینی و همکاران<sup>5</sup>، 2009) به طوری که با تغذیه زعفران توسط کود مایع مخلوط از عناصر مغذی، عملکرد آن تا 33 درصد افزایش می‌یابد (حسینی، 1376).

بنابراین استفاده از کودها به خصوص در خاک‌های با عناصر غذایی کم برای کشت این محصول اهمیت می‌یابد. کودهای آلی، دامی و شیمیایی اثرات مثبتی بر عملکرد زعفران دارند و با تغذیه گیاه توسط مواد مغذی می‌توان عملکرد زعفران را تا چند برابر مزارع سنتی افزایش داد (حسینی، 1376). بین استفاده از کود آلی و عملکرد زعفران همبستگی مثبت و بالایی وجود دارد (نگبی<sup>6</sup>، 1999). کودهای آلی علاوه بر اثرات مثبت بر ساختمان خاک و اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن، باعث کاهش شستشوی

1-Rios et al.

2-Karimi et al.

3-Hosseinzadeh and Younesi

4-Koocheki et al.

5-Temperini et al.

6- Negbi

عناصر به خصوص نیتروژن شده و با آزادسازی تدریجی آن نقش مهمی در تولید زعفران ایجاد می‌کنند. گاه کاربردهای کودهای آلی در بهبود ویژگی‌های ساختمانی خاک مهم‌تر از اثرات آن‌ها در تأمین نیازهای غذایی گیاهان زراعی است. به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک که با کمبود رطوبت مواجه هستند؛ کاربرد این کودها سبب افزایش رطوبت خاک نیز می‌گردد (جاسمی و همکاران، 1389). استفاده از کودهای آلی در گیاه زعفران موجب افزایش وزن تازه و خشک و درصد ماده خشک بنه‌ها شده و میزان ریشه‌های بنه را افزایش می‌دهد. این اثرات ممکن است در اثر افزایش رطوبت خاک و نهایتاً رشد بهتر گیاه باشد (بهدانی، 1384). کود دامی نیز اثر مثبتی بر عملکرد زعفران داشته که این تأثیر به سبب آزاد شدن تدریجی عناصر غذایی و تأمین نیازهای غذایی گیاه و بهبود حاصلخیزی و ساختمان خاک می‌باشد (جاسمی و همکاران، 1389). کود شیمیایی دلفارد (حاوی 12 درصد ازت، 8 درصد فسفر، 4 درصد پتاسیم و کلات‌های آهن، ری، منگنز و مس) نیز که به صورت اختصاصی برای این گیاه تولید شده است بر عملکرد و رشد زعفران اثر مثبتی دارد. در حالی که کود نیتروکسین عملکرد منفی بر رشد زعفران دارد (کوچکی و همکاران، 1390). مصرف بالای کود نیتروژن سبب کاهش عملکرد زعفران می‌شود در حالی که استفاده از مواد تغذیه‌ای مانند کود دامی سبب افزایش محصول در این گیاه می‌گردد (امیدی و همکاران، 1388؛ صادقی و همکاران، 1367). با اینکه کود نیتروژن پرکاربردترین و مناسب‌ترین کود برای رشد و افزایش عملکرد در بسیاری از گیاهان معرفی شده است؛ ولی استفاده زیاد از این کود سبب افزایش بیش از حد رشد سبزینه زعفران شده و عملکرد آن کاهش می‌یابد (بیسواز و همکاران<sup>1</sup>، 1975). البته توجه به منبع تأمین کننده عنصر غذایی بر عملکرد زعفران نیز مهم است به طوری که با افزایش ازت آمونیاکی خاک، عملکرد کاهش ولی با افزایش نیتراتی خاک میزان عملکرد افزایش می‌یابد (بهدانی، 1384).

بنابراین تغذیه گیاه زعفران اثر مثبتی بر خصوصیات رشد و عملکرد آن دارد و کودهای دامی و نیتروژن‌دار بیشترین اثر را بر رشد این گیاه دارند. استفاده از کودهای دامی علی‌رغم فواید بسیار، دو مشکل عمده دارد: نخست اینکه استفاده از کودهای دامی به صورت تازه به دلیل افزایش ذخیره بذری علف‌های هرز در مزرعه، افزایش جمعیت آفات و بیماری‌ها و نهایتاً آسیب زدن به ریشه گیاهان از طریق تجمع آمونیاک در

---

1- Biswas et al.