



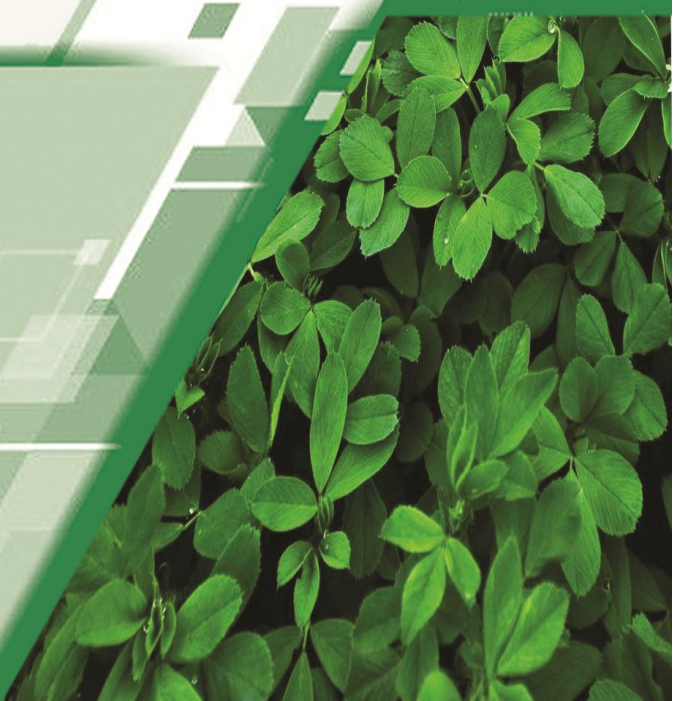
وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
موسسه تحقیقات خاک و آب

# دستورالعمل مدیریت تلفیقی تغذیه و کوددهی محصول یونجه

رامین ایرانی پور

نشریه فنی: ۶۰۳

۱۳۹۹







وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
موسسه تحقیقات خاک و آب

## دستورالعمل مدیریت تلفیقی تغذیه و کوددهی

### محصول یونجه

نگارنده

رامین ایرانی پور

عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری

نشریه فنی: ۶۰۳

۱۳۹۹

---

#### مشخصات اثر

---

عنوان: دستورالعمل مدیریت تلفیقی تغذیه و کوددهی محصول یونجه

نگارنده: رامین ایرانی پور

ناشر: موسسه تحقیقات خاک و آب

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: انتشارات سنا

ویراستار: زهرا محمدی

صفحه آرا: سمانه پورمنصور

طراح جلد: راضیه محمدی

سال انتشار: ۱۳۹۹

---

نشانی: کرج، میدان استاندارد، جاده مشکین دشت، بعد از رزکان نو، بلوار امام خمینی (ره)، موسسه

تحقیقات خاک و آب، کد پستی: ۳۱۷۷۹۹۳۵۴۵ - صندوق پستی: ۳۱۱-۳۱۷۸۵

تلفن: ۰۲۶-۳۶۲۰۱۹۰۰ دورنگار: ۰۲۶-۳۶۲۱۰۱۲۱

Website: [www.swri.ir](http://www.swri.ir)

Email: [info@swri.ir](mailto:info@swri.ir)

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

این اثر با شماره ۵۹۲۱۷ در تاریخ ۹۹/۱۲/۱۹ در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت

رسیده است.

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

---

مسئولیت صحت مطالب به عهده نگارنده است.

## فهرست عناوین

| عنوان                                                              | صفحه |
|--------------------------------------------------------------------|------|
| مقدمه .....                                                        | ۱    |
| کیفیت علوفه یونجه .....                                            | ۲    |
| ویژگی‌های خاک .....                                                | ۲    |
| عناصر غذایی مورد نیاز گیاه .....                                   | ۸    |
| عوامل مؤثر در تعیین نیازهای غذایی یونجه .....                      | ۹    |
| کودهای آلی .....                                                   | ۳۱   |
| روش مصرف کودهای شیمیایی .....                                      | ۳۳   |
| زمان مصرف کودها کودهای شیمیایی .....                               | ۳۳   |
| توصیه‌ها در مورد میزان مصرف کودهای شیمیایی بر اساس آزمون خاک ..... | ۳۳   |
| نشانه‌های ظاهری کمبود عناصر غذایی در یونجه .....                   | ۳۴   |
| تلقیح بذر یونجه .....                                              | ۳۵   |
| تنش شوری .....                                                     | ۳۶   |
| کودهای زیستی .....                                                 | ۳۸   |
| تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه در کاهش تأثیر تنش‌های شوری .....    | ۴۰   |
| توصیه‌ها .....                                                     | ۴۲   |
| منابع .....                                                        | ۴۶   |



## مقدمه

یونجه (*Medicago sativa* L.) گیاهی چندساله بوده و یکی از مهم‌ترین و با ارزش‌ترین گیاهان علوفه‌ای می‌باشد که بشر آن را به درستی به‌عنوان یک گیاه با ارزش برای تغذیه دام تشخیص داده است. این گیاه به علت دارا بودن پروتئین، مواد معدنی، ویتامین و دیگر مواد، ارزش غذایی زیادی داشته و افزون بر آن کشت این گیاه به تجدید مواد آلی خاک، اصلاح خصوصیات فیزیکی خاک و بهبود حاصلخیزی آن کمک می‌کند. کشت این گیاه در کشورهای در حال توسعه که رشد جمعیت زیاد بوده و کشاورزان توانایی تأمین کودهای شیمیایی را ندارند، بسیار رایج و از گیاهان بسیار مفید در دوره تناوب زراعی است. در بعضی مناطق کشور که فصل رویش طولانی است، این گیاه می‌تواند تا ۲۵ تن علوفه خشک در هکتار تولید کند (واعظی و ملکوتی، ۱۳۷۹).

گیاه یونجه در شرایط آب و هوایی گوناگون، به شرط آن‌که در طول دوره رشد، میانگین درجه حرارت روزانه از ۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر باشد، کشت می‌شود. تعداد چین یونجه در مناطق گرمسیر به مراتب بیشتر از مناطق سردسیر است. به‌طور مثال در جلگه خوزستان حدود ۱۰ تا ۱۵ چین، در نواحی معتدله مانند کرج ۴ تا ۵ چین و در نواحی سردسیر مانند تبریز دو تا سه چین است (الفقی، ۱۳۷۹). با توجه به این‌که طول دوره رشد یونجه طولانی است و برداشت محصول بیشتر در مرحله جوانی صورت می‌گیرد، برداشت چندین محصول یونجه در سال، موجب کم شدن مقدار مواد غذایی خاک و کاهش محصول در سال‌های بعدی می‌شود. این امر به‌ویژه در مورد عناصری چون نیتروژن، پتاسیم و کلسیم بیشتر صادق است. افزون بر آن کمبود عناصر غذایی در خاک، سبب کاهش عملکرد و کیفیت محصول می‌شود. جذب بیش از اندازه برخی عناصر توسط یونجه، به علت عدم تعادل عناصر غذایی در خاک، سبب ایجاد مسمومیت در دام‌ها می‌شود. اختلالات متابولیکی با تعادل مواد معدنی در رژیم غذایی دام‌ها ارتباط داشته و استفاده از توصیه‌های مناسب کودهای شیمیایی برای رفع عدم تعادلات ضروری است. بدین ترتیب مصرف بهینه کودهای شیمیایی با آگاهی از وضعیت عناصر غذایی در خاک و گیاه، برای رسیدن به افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول الزامی است (واعظی و ملکوتی، ۱۳۷۹).

## کیفیت علوفه یونجه

از آنجاکه برگ یونجه مغذی‌ترین بخش گیاه است، از این‌رو نسبت برگ به ساقه شاخص خوبی برای سنجش کیفیت علوفه است. در زمان برداشت، برگ‌های یونجه ۵۰ تا ۷۰ درصد پروتئین دارند. علوفه مرغوب به رنگ سبز تیره، پر برگ با بوی مطبوع، بدون کپک، خاک و علف هرز است. برای برداشت یونجه نخست علوفه را با موور<sup>۱</sup> بریده، آن را ردیف کرده و هنگامی که میزان رطوبت آن به ۱۰ تا ۱۵ درصد رسید، با استفاده از بیلر<sup>۲</sup> آن را فشرده و بسته‌بندی می‌کنند. سیلو کردن یونجه یکی از روش‌های مناسب نگهداری این علوفه است که سبب افزایش کیفیت آن می‌شود. از آنجا که پروتئین نخستین ماده‌ای است که از دسترس خارج می‌شود، از این‌رو اگر فرآیند سیلو کردن به‌درستی انجام نشود، بخش زیادی از آن از بین خواهد رفت. مقدار رطوبت توصیه شده برای علوفه یونجه به هنگام سیلو کردن ۶۰ تا ۷۰ درصد است. برای بدست آوردن سیلویی با کیفیت مطلوب بهتر است، اسیدهای معدنی رقیق مانند اسید سولفوریک، اسید کلریدریک یا ملاس رقیق شده به توده‌تر علوفه افزوده شود.

## ویژگی‌های کلی خاک

گیاه یونجه، خاک‌های عمیق با بافت سبک تا متوسط و حاصلخیز را دوست دارد. اثر حاصلخیزی خاک در رشد و تولید محصول، بیشتر از تأثیر بافت خاک است. هرچند مشاهده شده که در خاک‌های با بافت سنگین حاصلخیز، می‌توان محصول خوبی برداشت نمود. مناسب‌ترین واکنش خاک برای زراعت یونجه ۶/۵ تا ۷/۵ است، این گیاه در خاک‌های آهکی که واکنش آن‌ها چندان فراتر از ۷/۵ نیست، به‌خوبی به عمل آمده و جزء گیاهان آهک‌دوست به شمار می‌آید. یونجه در آغاز رشد به هنگام جوانه زدن نسبت به شوری و قلیائیت خاک حساسیت زیادی نشان می‌دهد ولی بعد از استقرار نسبت به شوری خاک تا حدودی مقاوم است، از این‌رو در آغاز رشد بهتر است با انجام آبیاری‌های مناسب سطح شوری خاک را تا مدتی پایین نگه داشت.

<sup>۱</sup> Mover

<sup>۲</sup> Bailer

در خاک‌های سنگین و رسی، سله‌بندی سطح خاک می‌تواند تولید مزاحمت‌هایی می‌نماید، به‌ویژه هنگام زدن این پدیده باعث خشک شدن سریع خاک شده و یا در مراحل نخستین رشد باعث قطع ریشه‌های نازک می‌شود. در این گونه خاک‌ها در طول دوره جوانه‌زنی خاک باید مرطوب نگه داشته شود تا جوانه‌ها به راحتی از زمین خارج شوند. در این زمان هوای خنک و مرطوب به جوانه‌زنی کمک می‌کند و به همین دلیل فصل پاییز و آغاز بهار برای کشت مناسب‌تر است. یونجه دارای ریشه‌های عمیق بوده و در شرایط مساعد نفوذ ریشه تا اعماق شش متری دیده شده است، از این رو خاک‌های عمیق و نفوذپذیر برای کشت این گیاه مناسب‌تر است. خاک‌های آلی یا پیت برای کشت یونجه مناسب نیستند.

### ویژگی‌های فیزیکی خاک

برای بررسی تناسب یک محل برای کشت یونجه، نسخت باید ویژگی‌های خاک محل تعیین شود. تعیین ویژگی‌های خاک می‌تواند با استفاده از نقشه‌های خاک، موقعیت ژئومورفیک و توپوگرافی منطقه و یا به صورت مشاهده‌ای انجام شود. ویژگی‌های مهم برای بررسی تعیین کیفیت خاک به شرح زیر است:

#### بافت خاک

بافت خاک به مفهوم نسبت شن، لای و رس در خاک است. بافت خاک بر سرعت نفوذ آب در آن و نیز ظرفیت نگهداری رطوبت خاک تأثیر می‌گذارد. خاک‌های رسی بیشترین و خاک‌های شنی کمترین میزان آب را در خود نگه می‌دارند. همچنین، خاک‌های رسی کمترین و خاک‌های شنی بیشترین سرعت نفوذ آب را دارند. یونجه با دامنه وسیعی از خاک‌ها سازگاری دارد ولی خاک‌های لوم-شنی و لوم-رسی را ترجیح می‌دهد و می‌تواند شوری خاک را تا اندازه‌ای تحمل نماید. این نوع خاک‌ها توازن مناسبی از نگهداری و نفوذ آب را فراهم می‌آورند. خاک‌های شنی و لوم-شنی ظرفیت نگهداری آب کمی دارند و از این رو مزرعه را بایستی چند روز یک بار آبیاری نمود، که این کار به‌ویژه در سیستم‌های آبیاری سنتی بسیار مشکل خواهد بود. تولید یونجه در خاک‌های رسی بسیار مشکل است

(با توجه به نفوذ زیاد ریشه این گیاه در عمق خاک، امکان انجام عملیات اصلاحی برای خاک‌های بسیار عمیق عملیاتی نبوده و باصرفه نیست. چون در این خاک‌ها نفوذ آب و زهکشی با سرعت کمی انجام شده و مزرعه دچار حالت غرقاب می‌شود، برای تولید مطلوب یونجه به زهکشی مناسب نیاز است. یونجه به تنش غرقاب حساس است و در این شرایط افزون بر ایجاد بیماری‌های گوناگون برای گیاهچه‌ها، ریشه‌های گیاه نیز با کمبود اکسیژن مواجه شده و رشد آن‌ها متوقف خواهد شد. تولید یونجه در خاک‌های با سطح سنگلاخی نیز با مشکلات پرشماری مواجه خواهد شد.

### عمق خاک

خاک باید به میزان کافی عمیق باشد تا گنجایش نگهداری آب را تا اندازه مورد نیاز فراهم آورد. یونجه ریشه اصلی درازی دارد که تا اعماق بیشتری نسبت به ریشه گیاهان زراعی مانند ذرت یا گندم در خاک نفوذ می‌کند. در شرایط مطلوب، ریشه‌های یونجه می‌توانند تا اعماق شش متری خاک نیز نفوذ کنند که این عمق نفوذ زیاد به یونجه قدرت تحمل بالایی در برابر تنش خشکی می‌بخشد. کمترین عمق خاک نیازمند برای نفوذ ریشه یونجه یک متر است. خاک‌های کم‌عمق بیشتر با لایه‌های زیرسطحی نفوذناپذیری محصور شده‌اند که به علت کاهش نفوذپذیری، تهویه و زهکشی خاک در این لایه‌ها، محصول یونجه کاهش می‌یابد. حدود مطلوب برخی ویژگی‌های خاک برای گیاه یونجه در جدول یک ارائه شده است.

جدول ۱ - حدود مطلوب برخی ویژگی‌های خاک برای کشت گیاه یونجه  
(منیری فر و همکاران، ۱۳۹۴)

| مشخصه            | واحد             | مطلوب             | آستانه            | نامطلوب                    |
|------------------|------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| بافت خاک         | -                | لوم شنی - لوم رسی | لوم رسی           | شنی یا رسی                 |
| عمق خاک          | سانتی‌متر        | بیشتر از ۱۸۰      | ۹۰-۱۸۰            | کمتر از ۹۰                 |
| pH               | -                | ۷/۵-۶/۳           | ۵/۸-۶/۳ و ۷/۵-۸/۲ | کمتر از ۵/۸ و بیشتر از ۸/۲ |
| EC <sub>e</sub>  | دسی زیمنس بر متر | ۰-۲               | ۲-۵               | بیشتر از ۵                 |
| بور قابل استفاده | میلی گرم در لیتر | ۰/۵-۲             | ۲-۶               | بیشتر از ۶                 |

### مشکل غرقابی و سفره‌های آب زیرزمینی

در برخی از مناطق که سطح سفره‌های آب زیرزمینی بالاست، یا نفوذپذیری خاک توسط سخت لایه‌ها کاهش پیدا کرده است و یا در مسیل رودخانه‌ها قرار دارند، ممکن است در فصول پرباران سال، حالت غرقابی ایجاد شود. یونجه، به‌ویژه در مراحل رشد فعال به شرایط غرقابی حساس است. این حساسیت از جنبه کاهش اکسیژن در دسترس ریشه‌ها و گره‌های تثبیت‌کننده نیتروژن بوده که نتیجه آن مشکلات تنفسی و همچنین بیماری‌های گوناگون ریشه و طوقه توسعه می‌یابد. در صورتی که ایجاد حالت غرقابی هم‌زمان با افزایش دمای هوا باشد، احتمال توسعه بیماری‌ها به شدت افزایش خواهد یافت. پیش از انتخاب چنین زمین‌هایی برای کاشت، بایستی بررسی لازم انجام تا اطمینان حاصل شود که می‌توان با خاک‌ورزی عمقی میزان نفوذپذیری را افزایش داد. در صورت عدم رفع مشکل غرقابی باید از کاشت یونجه در آن مزرعه خودداری نمود. یونجه به بالا بودن سطح آب زیرزمینی و آب ماندگی حساسیت داشته و آب زیرزمینی بایستی پایین‌تر از ۹۰ سانتی‌متری سطح زمین باشد. در زمان خواب زمستانه یونجه می‌تواند حداکثر تا ۲۱ روز آب ماندگی را تحمل نماید ولی در فصل رشد آب ماندگی بیشتر از سه روز موجب وارد آمدن خسارت و خفگی خواهد شد.

احداث مزارع یونجه بایستی با توجه به ویژگی‌های خاک و نیازمندی‌های گیاه یونجه انجام شود. در این خصوص اراضی با بافت لوم شنی تا لوم رسی، واکنش خاک (pH) در محدوده ۶/۵-۷/۵، با عمق بیشتر از ۱۸۰ سانتی‌متر و دارای زهکش مناسب، با هدایت الکتریکی کمتر از ۲ دسی‌زیمنس بر متر و غلظت بور کمتر ۲ میلی‌گرم بر لیتر در محلول خاک برای کشت گیاه یونجه از تناسب برخوردار است. خاک‌های سنگین و رسی به دلیل سلبندی مناسب کشت گیاه یونجه نیستند.

## ویژگی‌های شیمیائی خاک

### حاصلخیزی

حاصلخیزی خاک انتخاب شده برای کاشت یونجه تأثیر به سزایی در عملکرد و کیفیت علوفه تولیدی دارد. از سوی دیگر، جبران کمبود عناصر ضروری برای رشد یونجه با افزایش مصرف کود پیاپی، هزینه‌های تولید را بسیار افزایش می‌دهد.

### اسیدی، قلیائی و شور بودن خاک

واکنش اسیدی یا قلیائی بودن خاک توسط پ‌هاش (pH) بیان می‌شود. خاک‌های با واکنش کمتر از ۶/۵ اسیدی، ۶/۵ تا ۷/۵ خنثی و بیشتر از ۷/۵ قلیائی محسوب می‌شوند. واکنش خاک بر میزان مواد غذایی در دسترس تأثیر می‌گذارد. میزان دسترسی به عناصر غذایی برای بیشتر گیاهان زراعی، زمانی که واکنش خاک بین ۶ تا ۷ باشد، حاصل می‌شود. با این وجود، برای زراعت یونجه واکنش ۶/۳ تا ۷/۵ توصیه می‌شود، چون در این محدوده فعالیت باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، بیشتر تحریک می‌شود. زراعت یونجه در خاک با واکنش کمتر از ۶ توصیه نمی‌شود. خاک‌های اسیدی بیشتر در نواحی پر باران ایران پراکنش یافته‌اند. چون در اثر بارش پیاپی باران، عناصر کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم شستشو داده شده و یون‌های هیدروژن و آلومینیوم جایگزین آن‌ها خواهند شد. با افزایش غلظت یون هیدروژن، واکنش خاک کاهش یافته و خاک اسیدی می‌شود. غلظت زیاد یون هیدروژن و همچنین یون‌های آلومینیوم و منگنز بر رشد گیاه و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن تأثیر می‌گذارند. بهترین راه برای اصلاح چنین خاک‌هایی، این است که آهک را با خاک مزرعه مخلوط کنند.

کاشت یونجه در خاک‌های با واکنش‌های بیشتر از هشت نیز به علت قلیائی بودن این خاک‌ها مشکل‌ساز خواهد بود. یونجه به شوری خاک به نسبت حساس است. هرچند تولید یونجه در خاک‌های شور امکان‌پذیر است، ولی سطوح زیاد نمک ایجاد سمیت نموده و دسترسی به آب را کاهش می‌دهد. شوری خاک با اندازه‌گیری میزان هدایت الکتریکی (EC) در عصاره خاک تعیین می‌شود. نمک‌ها میزان هدایت الکتریکی را افزایش می‌دهند و از این‌رو، میزان هدایت الکتریکی خاک با بیشتر شدن شوری افزایش می‌یابد. آستانه

خسارت شوری در یونجه دو دسی زیمنس بر متر است. در صورتی که میزان شوری خاک از این میزان بیشتر باشد عملکرد یونجه به ازای هر واحد افزایش هدایت الکتریکی،  $7/3$  درصد کاهش خواهد یافت. بی‌گمان مقاومت یونجه به شوری در مراحل گوناگون نمو آن متفاوت است و در مرحله جوانه‌زنی بالاترین حساسیت را نسبت به شوری دارد و رفته رفته از میزان این حساسیت کاسته می‌شود. در کل، اگر EC خاک بیشتر از پنج دسی زیمنس بر متر باشد باید از کاشت یونجه خودداری کرد. برای کاشت یونجه در چنین خاک‌هایی باید نسبت به اصلاح آن‌ها اقدام کرد.

مهم‌ترین روش برای اصلاح خاک‌های شور، انجام آبشویی آن‌هاست. ولی این روش‌ها زمان‌بر بوده و مدت‌ها پیش از کاشت یونجه باید آبشویی انجام شود. لازمه انجام آبشویی و نمک شویی، زهکشی مناسب خاک و وجود منبع آب غیرشور است. برای آبشویی خاک، آب در حد بیشتر از ظرفیت مزرعه خاک استفاده می‌شود تا آب مازاد، نمک‌های خاک را در خود حل کرده و از لایه‌های تحت نفوذ ریشه یونجه خارج نماید. کاشت گیاهان مقاوم به شوری، مانند جو پس از انجام آبشویی در میزان تأثیرآبشویی نقش مفیدی دارد. سدیمی بودن خاک نیز از تنش‌های کاهش‌دهنده محصول یونجه است. خاک‌هایی که نسبت جذب سدیم (SAR) بیش از ۱۳ و درصد سدیم تبدالی (ESP) آن‌ها بیش از ۱۵ باشد، خاک‌های سدیمی محسوب می‌شوند. در این نوع خاک‌ها، سدیم ظرفیت‌های عناصر غذایی گوناگونی مانند کلسیم، منیزیم و پتاسیم را اشغال کرده و با کاهش سطح دسترسی به این عناصر، باعث کمبود آن‌ها می‌شود. میزان زیاد سدیم باعث پراکنش ذرات رس و هوموس و در نتیجه کاهش نفوذپذیری خاک می‌شود. برای اصلاح چنین خاک‌هایی، بایستی از گچ استفاده نمود. کلسیم موجود در گچ، با سدیم جایگزین شده و باعث اصلاح خاک‌های سدیمی می‌شود. فرآیند اکسیداسیون گوگرد در خاک فرآیندی بیولوژیکی است که توسط باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد به انجام خواهد رسید. این فرآیند تابع ویژگی‌های خاک بوده و زمان‌بر است. پس از اکسیداسیون گوگرد در خاک و تولید اسید سولفوریک، اسید حاصل با ترکیبات آهکی موجود در خاک واکنش انجام داده و منجر به آزادسازی کلسیم در محلول خاک و جایگزینی کلسیم با سدیم قابل تبادل و خروج سدیم می‌شود. در خاک‌هایی که میزان کربنات کلسیم آن‌ها زیاد است، می‌توان به جای گچ از

گوگرد استفاده نمود. بعد از توزیع گچ یا گوگرد در مزرعه و اختلاط کامل آن با خاک و انجام مراحل جایگزینی، باید مزرعه را آبشویی کرد تا سدیم مازاد حاصل از جایگزینی با کلسیم از منطقه نفوذ ریشه یونجه خارج شود. اگر هدف از تولید دستابی به بیشینه محصول ممکن در واحد سطح باشد، بایستی از زراعت در اراضی شور و سدیمی خودداری نمود. از سوی دیگر، فرآیند اصلاح چنین خاک‌هایی به چندین سال زمان و همچنین هزینه بالا نیاز دارد. بسته به این‌که میزان شور و سدیمی بودن اراضی چقدر باشد، پایش رد پای زیست‌بوم در بهره‌برداری‌ها، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در مواردی ممکن است هرگونه استفاده از این اراضی (به‌ویژه استفاده‌های زیستی و کشاورزی) توجیه اقتصادی نداشته و آن را از برتری کاربری‌های کشاورزی خارج نماید.

### عناصر غذایی مورد نیاز گیاه

عناصری که گیاه نیاز دارد بر اساس میزان مصرف به دو دسته تقسیم می‌شوند:

#### عناصر غذایی پرمصرف

عناصری مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد که بیشتر گیاه نیاز دارد را عناصر پرمصرف می‌نامند.

#### عناصر غذایی کم مصرف

عناصری مانند آهن، منگنز، روی، مس، بور، مولیبدن و کلر که گیاه به مقدار کمی نیاز دارد را عناصر کم مصرف یا ریزمغذی می‌نامند. سه عنصر کربن، اکسیژن و هیدروژن هم از عناصر نیازمند گیاه هستند، ولی چون این عناصر به فراوانی در هوا و آب یافت می‌شوند، به‌عنوان عناصر غذایی خاک محسوب نمی‌شوند. از آنجا که تعیین سطوح بهینه کودها برای رسیدن به محصول و مطلوب یکی از اهداف مهم مدیریت تغذیه گیاه است و در این میان عناصری که با یکدیگر اثرات متضاد دارند از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردارند، تعیین سطح بهینه یکی از آن‌ها بدون در نظر گرفتن دیگری باعث حذف تأثیرات متقابل عناصر بر یکدیگر شده و در نتیجه سطح توصیه شده تفاوت خواهد کرد. اندازه‌های حد مطلوب عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف برای گیاه یونجه در جداول دو و سه ارائه شده است.

## جدول ۲- حد مطلوب عناصر غذایی پرمصرف در گیاه یونجه (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹)

| اندام مورد آزمایش: برگ‌های ۱۵ سانتی‌متری سطح زمین |           |          |        |
|---------------------------------------------------|-----------|----------|--------|
| زمان نمونه‌برداری: پیش از گل‌دهی                  |           |          |        |
| عناصر پرمصرف (%)                                  |           |          |        |
| عناصر غذایی                                       | کم        | حد مطلوب | زیاد   |
| نیتروژن                                           | ۴-۴۹      | ۴/۵-۵    | > ۵    |
| فسفر                                              | ۰/۲۱-۰/۲۵ | ۰/۲۶-۰/۷ | ۰/۷۱-۱ |
| پتاسیم                                            | ۱/۷۵-۱/۹۹ | ۲-۳/۵    | ۳/۶-۵  |
| کلسیم                                             | ۱-۱/۷۹    | ۱/۸-۳    | ۳/۱-۴  |
| منیزیم                                            | ۰/۲-۰/۲۹  | ۰/۳-۱    | ۱/۱-۲  |
| گوگرد                                             | ۰/۲-۰/۲۵  | ۰/۲۶-۰/۵ | > ۰/۵  |

## جدول ۳- حد مطلوب عناصر غذایی کم مصرف در گیاه یونجه (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹)

| اندام هدف آزمایش: برگ‌های ۱۵ سانتی‌متری سطح زمین |         |          |         |
|--------------------------------------------------|---------|----------|---------|
| زمان نمونه‌برداری: پیش از گل‌دهی                 |         |          |         |
| عناصر کم مصرف (میلی‌گرم در کیلوگرم)              |         |          |         |
| عناصر غذایی                                      | کم      | حد مطلوب | زیاد    |
| بور                                              | ۲۰-۲۹   | ۳۰-۸۰    | > ۸۰    |
| مس                                               | ۵-۷     | ۸-۳۰     | ۳۱-۵۰   |
| آهن                                              | ۲۰-۲۹   | ۳۰-۲۵۰   | ۲۵۱-۴۰۰ |
| منگنز                                            | ۲۰-۳۰   | ۳۱-۱۰۰   | ۱۰۱-۲۵۰ |
| مولیبدن                                          | ۰/۵-۰/۹ | ۱-۵      | > ۵     |
| روی                                              | ۱۰-۲۰   | ۲۱-۷۰    | ۷۱-۱۰۰  |

## عوامل مؤثر در تعیین نیازهای غذایی یونجه

## ۱- توان تأمین عناصر غذایی توسط خاک

میزان حاصلخیزی خاک از جمله عواملی است که در ارزش غذایی گیاه یونجه تأثیر می‌گذارد. خاک‌ها از نظر تأمین عناصر غذایی بسیار باهم متفاوت هستند. از جمله عواملی که در توان تأمین عناصر غذایی خاک نقش دارند، ویژگی‌های ژنتیکی و واکنش خاک است. واکنش مناسب برای رشد یونجه بین ۶/۶ تا ۷/۵ است. واکنش مناسب برای رشد

یونجه، به بافت خاک، مقدار مواد آلی و دیگر ویژگی‌های شیمیایی خاک بستگی دارد. در خاک‌های اسیدی در اثر حضور مقادیر زیاد آهن، منگنز و آلومینیوم و کمبود برخی عناصر مانند فسفر، کلسیم و منیزیم و عناصر کم‌مصرفی مانند مولیبدن مقدار محصول یونجه کم خواهد بود.

همچنین در خاک‌های با واکنش زیاد به دلیل کاهش جذب برخی عناصر مانند آهن، منگنز، روی، عملکرد و کیفیت محصول تحت تأثیر قرار می‌گیرد. با این که بیشتر خاک‌های تحت کشت این محصول در کشور آهکی است، با اینهمه گیاه یونجه از حساس‌ترین گیاهان خانواده علوفه نسبت به کلسیم است.

## ۲- میزان عملکرد

افزایش عملکرد گیاه یونجه در واحد سطح سبب کاهش مقدار عناصر غذایی خاک می‌شود، به طوری که حتی در خاک‌های حاصلخیز نیز در کشت‌های چندین ساله، کمبود برخی عناصر غذایی در خاک مشاهده می‌شود. مقدار عناصر غذایی برداشت شده از خاک به ازای عملکردهای گوناگون یونجه در جدول چهار ارائه شده است.

جدول ۴- مقادیر عناصر غذایی برداشت شده توسط گیاه یونجه (کیلوگرم در هکتار)  
(واعظی و ملکوتی، ۱۳۷۹)

| عملکرد<br>(تن در هکتار) | نیتروژن | فسفر | کلسیم | منگنز | روی | آهن | بور  | کربن | آزوت |
|-------------------------|---------|------|-------|-------|-----|-----|------|------|------|
| کمتر از ۹               | ۲۲۷     | ۲۵   | ۲۰۵   | ۹۹    | ۱۷  | ۱۸  | ۱/۰۹ | ۰/۴  | ۰/۱۸ |
| بیشتر از ۱۸             | ۵۵۹     | ۶۱   | ۵۲۲   | ۲۲۶   | ۳۹  | ۴۷  | ۲/۱۵ | ۰/۸۷ | ۰/۴  |

## ۳- مدیریت

تأمین متوازن عناصر غذایی برای تولید مطلوب یونجه از ضروریات است. عناصر غذایی خاک ممکن است برای ورود به گیاه به یکدیگر کمک یا باهم رقابت کنند و در نتیجه

توانایی دسترسی همدیگر را بهبود بخشیده یا مختل نمایند. به این دلیل مدیریت مصرف کودهای شیمیایی برای تأمین متوازن و متعادل عناصر غذایی برای جلوگیری از کمبود یا بیش بود آن‌ها ضروری است. در زیر به نقش عناصر غذایی در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت یونجه پرداخته می‌شود.

برای به دست آوردن بیشینه محصول و به دنبال آن سود بیشتر در فعالیت‌های کشاورزی در آغاز باید به دنبال افزایش محصول در واحد سطح بود. یکی از بهترین راه‌های رسیدن به این هدف استفاده از کودهای شیمیایی به‌طور صحیح و فنی است. یکی از نکاتی که برای رسیدن به این هدف به ما کمک می‌کند، شناسایی خاک از نظر عناصر غذایی موجود در آن است.

### نیتروژن

نیتروژن یکی از عناصر تشکیل‌دهنده کلروفیل، اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها و دیگر ترکیباتی است که گیاه نیاز دارد. مقدار نیتروژن نیازمند گیاه یونجه بیشتر از دیگر عناصر است. حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد ماده خشک پروتوپلاسم را نیتروژن تشکیل می‌دهد. نیتروژن همانند فسفر و پتاسیم در آغاز دوره رشد به صورت فعال جذب می‌شود، هرچه گیاهان به مرحله رسیدگی نزدیک‌تر شوند، نسبت‌های گوناگون نیتروژن به فسفر و نیتروژن به پتاسیم رو به کاهش می‌گذارند. بخش‌های جوان یونجه نسبت به قسمت‌های پیر آن درصد نیتروژن بیشتری دارند و مقدار آن در مراحل آغازین گل‌دهی حدود سه درصد است.

کمبود نیتروژن در یونجه به ندرت مسئله ایجاد می‌کند زیرا باکتری‌های ریزوبیوم که در داخل گره‌هایی که بر روی ریشه‌های یونجه به وجود می‌آیند، با گیاه حالت همزیستی داشته و می‌توانند نیتروژن هوا را تثبیت کرده و مقداری از آن را در اختیار گیاه قرار دهند. در صورتی که برای تأمین فسفر، از فسفات آمونیوم استفاده می‌شود مصرف کود نیتروژنه دیگری ضروری نیست ولی اگر از کود سوپرفسفات تریپل استفاده شود بهتر است پیش از کاشت، در هر هکتار ۵۰ کیلوگرم اوره یا ۷۵ کیلوگرم نترات آمونیوم مصرف شود. با توجه به این که میزان عناصر غذایی خاک از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تعیین نیاز غذایی

گیاه محسوب می‌شود، بهتر است هر ساله پیش از مصرف کود، اقدام به نمونه‌گیری و تجزیه خاک نمود. در بین کودهای نیتروژنه استفاده از نترات آمونیوم باعث افزایش کارایی مصرف نیتروژن در گیاه می‌شود و توان تثبیت آن نیز افزایش می‌یابد. در صورت آغشته کردن بذر یونجه به باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، افزایش ۱۰ تا ۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در هنگام کشت یونجه کافی خواهد بود. این میزان نیتروژن موجب رشد سریع یونجه‌های جوان شده و گره‌های روی ریشه نیز به خوبی تشکیل می‌شوند.

به دلیل امکان همزیستی این گیاه با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن خاک، یونجه می‌تواند نیتروژن نیازمند خود را از هوا تثبیت کند. باکتری ریزوبیوم ملیلوتی (*Rhizobium meliloti*) می‌تواند بخش قابل توجهی از نیاز یونجه به عنصر نیتروژن را تأمین نماید. ولی به اشتباه در زراعت‌های یونجه از کود نیتروژنه استفاده می‌نمایند. در صورت استفاده پیوسته از کودهای نیتروژنه دیگر باکتری‌های ریزوبیوم نیازی به فعالیت نمی‌بینند و سرانجام محصول یونجه سال به سال کاهش پیدا خواهد کرد. اما در خاک‌های با ماده آلی کم، مصرف ۱۰ تا ۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در زمان کاشت، برای رشد سریع یونجه و تشکیل غده‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در ریشه می‌تواند مؤثر واقع شود. افزون‌بر این با افزایش تعداد چین و بالا رفتن میزان محصول در واحد سطح و با توجه به دوره چندین ساله برداشت یونجه، احتمال وقوع کمبود نیتروژن غیرمنتظره نیست. در این حالت کمبود نیتروژن سبب کاهش رشد گیاه و در نتیجه موجب کاهش عملکرد می‌شود. در هر حال برای رسیدن به کشاورزی پایدار مصرف کودهای نیتروژنه به صورت پی در پی برای یونجه و دیگر گیاهان خانواده حبوبات قابل توصیه نیست. یونجه می‌تواند از نیتروژن باقی‌مانده محصولات سال‌های پیش استفاده نماید. از طرف دیگر افزودن کودهای پتاسیمی می‌تواند مقدار نیتروژن نیتراتی و غیر پروتئینی را کاهش دهد. افزایش کارایی تثبیت نیتروژن می‌تواند از راه انتخاب بهترین رقم گیاهی میزبان، همچنین انتخاب بهترین ترکیب‌های رقم میزبان و باکتری به دست آید. نشانه‌های ظاهری کمبود نیتروژن در گیاه یونجه، در تصویر یک ارائه شده است.



تصویر ۱- نشانه های ظاهری کمبود نیتروژن در گیاه یونجه

### فسفر

فسفر در تحریک رشد و تکامل ریشه ها نقش مهمی دارد. این عنصر با مصرف نیتروژن و به طور غیرمستقیم با جذب مولیبدن و با مراحل گل دهی و میوه دهی گیاه در ارتباط است. فسفر از عناصر تشکیل دهنده اسید نوکلئیک بوده، در گل دهی و میوه دهی مؤثر بوده و موجب افزایش مقاومت گیاه در مقابل بعضی از بیماری ها می شود. فسفر عنصری است که یونجه بیشتر از دیگر عناصر به آن واکنش نشان داده و در تولید محصول اهمیت زیادی دارد. در اثر استفاده از کودهای فسفره مقاومت گیاه نسبت به آفات و بیماری ها بیشتر می شود. در صورتی که گیاه دچار کمبود فسفر شود برگ ها به رنگ سبز تیره و یا بنفش درآمده و از نوک شروع به خشک شدن می کند. همچنین گره زایی متوقف شده و احتمال سرمازدگی در گیاه زیاد می شود.

مقدار فسفر در یونجه کمتر از نیتروژن و پتاسیم و حدود  $0/2$  تا  $0/3$  درصد وزن خشک گیاه است. حد معمول این عنصر برابر  $0/25$  درصد گزارش شده است. در مرحله گل دهی و دانه بستن یونجه، مقدار بیشتری از فسفر موجود در گیاه به دانه منتقل می شود. کمبود فسفر در بیشتر خاک های آهکی به دلیل تثبیت و غیر فعال شدن فسفر در خاک، مشاهده می شود. واکنش بالا، تراکم یا فشردگی خاک، دمای پایین و مقادیر زیاد

کلسیم و روی قابل جذب در خاک از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کاهش مقادیر قابل جذب فسفر در خاک هستند.

یونجه همانند بیشتر لگوم‌ها سیستم ریشه‌ای راست داشته و در خاک، عمیق‌تر نفوذ می‌کند، بدین علت با توجه به تمرکز فسفر و عناصر کم‌تحرک دیگری چون پتاسیم در سطح خاک، میزان جذب آن‌ها کمتر است، مگر آن‌که نسبت به جایگذاری عمقی کودهای فسفاته پیش از کاشت به اندازه کافی اقدام شود. توقف رشد، رشد ضعیف و کاهش گلدهی از نشانه‌های کمبود فسفر است. میزان کاربرد کود فسفره بستگی زیادی به مقدار فسفر قابل جذب در خاک و میزان محصول برداشت شده یونجه دارد. پیش از کاشت یونجه، در صورتی که غلظت فسفر قابل استفاده خاک کمتر از ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد، مصرف ۷۰ تا ۹۰ کیلوگرم فسفر به شکل  $P_2O_5$  معادل ۱۵۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل (پیش از کاشت، آن هم به صورت جایگذاری عمقی) برای افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول (افزایش پروتئین تا حدود یک درصد) مناسب است. این درحالی است که یونجه چه بسا فقط ۳۵ کیلوگرم آن را از خاک جذب می‌کند. هنگامی که گیاه به حدود ۲۵ درصد رشد خود رسید، ۷۵ درصد فسفر نیازمند خود را جذب می‌نماید. کودهای فسفردار را در پائیز پیش از کاشت، پخش نموده یا به صورت نواری در عمق قرار می‌دهند. در موارد کمبود این عنصر در خاک، مصرف این عنصر نقش مؤثری در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت این محصول دارد.

در روش کشت دستپاش یونجه در سال نخست کود فسفاته پیش از کشت مصرف شده و با خاک مخلوط می‌شود، ولی در سال‌های بعد و در صورت نیاز، بعد از چین نخست، کود در سطح مزرعه توزیع شده و با خاک مخلوط می‌شود. در صورتی که کشت به صورت خطی باشد بهتر است کودهای فسفاته نیز به صورت نواری و در بین ردیف به فاصله چند سانتی‌متری از خطوط کشت مصرف شود. در مورد کودهای فسفره بر حسب این‌که کدام یک از کودهای فسفات آمونیوم و یا سوپرفسفات تریپل در دسترس باشد تنها یکی از آن‌ها استفاده می‌شود. توصیه مقادیر مصرف کود فسفاته برای محصول یونجه بر پایه نتایج آزمون خاک در جدول پنج ارائه شده است (الفتی، ۱۳۷۵). نشانه‌های ظاهری کمبود فسفر در گیاه یونجه، در تصویر دو ارائه شده است.

جدول ۵- توصیه کودی مصرف سوپرفسفات تریپل برای گیاه یونجه

| غلظت فسفر قابل جذب خاک<br>(میلی گرم در کیلوگرم) | سوپرفسفات تریپل نیازمند<br>(کیلوگرم در هکتار) |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| کمتر از ۵                                       | ۲۰۰                                           |
| ۵-۱۰                                            | ۱۵۰                                           |
| ۱۰-۱۵                                           | ۱۰۰                                           |
| ۱۵-۲۰                                           | ۵۰                                            |
| بیشتر از ۲۰                                     | کود فسفره مورد نیاز نیست                      |



تصویر ۲- نشانه های ظاهری کمبود فسفر در گیاه یونجه

### پتاسیم

پتاسیم بعد از نیتروژن بیشترین عنصر غذایی است که یونجه نیاز دارد. این عنصر به عنوان تنظیم کننده و کاتالیزور، نقش اساسی در رشد یونجه دارد. همچنین در واکنش های آنزیمی، تنفس، متابولیسم کربوهیدرات ها (از راه تأثیر آن بر فتوسنتز)، ایجاد مقاومت در برابر بیماری ها، نگهداری آب و مقاومت به خشکی (از راه تنظیم مقدار آب سیتوپلاسم)، ساخت پروتئین ها، رشد برگ ها و دیرکرد در پیر شدن آن ها ضروری است. حد بحرانی پتاسیم ۱/۷۵ درصد در ماده خشک گیاهی است. گاهی مقدار بیش از ۲/۵ درصد نیز برای افزایش محصول توصیه می شود. مقدار این عنصر در یونجه با افزایش سن

گیاه کاهش می‌یابد و بیشترین مقدار آن در طول دوره رویشی مشاهده می‌شود و در مرحله گل‌دهی و دانه بستن از مقدار آن کاسته می‌شود.

مقدار پتاسیم در قسمت‌های گوناگون گیاه متفاوت است، به‌طوری که در ساقه بیشترین و در برگ بیشتر از ریشه است. یونجه مانند دیگر بقولات علوفه‌ای نیاز پتاسیمی زیادی دارد و با برداشت محصول زیاد، مقادیر قابل توجهی پتاسیم از خاک خارج می‌شود. از طرفی یونجه دارای شبکه ریشه‌ای عمیق و گسترده است و می‌تواند با در اختیار داشتن حجم زیادی از خاک، پتاسیم نیازمند خود را تأمین نماید. ریشه گیاه یونجه برخلاف گندمیان دارای گنجایش تبادل کاتیونی بیشتری است. از این‌رو تمایل بیشتری به جذب کاتیون‌های دو ظرفیتی از جمله کلسیم دارد و از این‌رو کمبود این عنصر در مزارع یونجه حتی در مناطق نیمه‌خشک قابل مشاهده است.

کمبود پتاسیم در مزارع یونجه قابل تشخیص است. در این شرایط تراکم محصول در مزرعه کم است و به علت کاهش فعالیت آنزیم تثبیت‌کننده نیتروژن، نیتروژن غیر پروتئینی در گیاه تجمع می‌یابد و رشد ساقه‌ها و ریشه‌ها کم بوده و لکه‌های کوچک سفید یا زرد رنگ در اطراف برگچه‌ها نمایان می‌شود. به تدریج بافت‌های بین لکه‌ها شروع به زرد شدن کرده و در برخی موارد حاشیه برگ به رنگ قرمز یا قهوه‌ای در آمده و برگچه‌ها به سمت پایین فنجانی می‌شوند و در صورت تشدید کمبود، برگ‌ها می‌ریزند. در خاک‌هایی که غلظت پتاسیم قابل استفاده کمتر از ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد، بسته به میزان کمبود می‌توان تا ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود کلرور پتاسیم (به دفعات همراه با آبیاری) مصرف نمود. رطوبت پایین خاک، بر هم خوردن تعادلات کاتیونی، نوع رس، دمای پایین خاک در قسمت‌هایی از دوره رشد و تراکم بیش از اندازه خاک از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کاهش مقادیر قابل جذب پتاسیم در خاک هستند. زیادی پتاسیم نیز می‌تواند مانع جذب کلسیم شود. با توجه به حلالیت بیشتر کلرور پتاسیم، استفاده از این کود به‌صورت سرک و بر اساس آزمایش‌های منطقه‌ای می‌تواند در تأمین پتاسیم نیازمند گیاه یونجه مفید واقع شود.

مصرف زیاد کلرور پتاسیم موجب کاهش تراکم یونجه و زرد شدن انتهای برگچه‌ها می‌شود. بدین منظور برای کاهش خطرات زیان‌آور کلرور پتاسیم، باید این کود را به

صورت تقسیطی و با مقادیر کم مصرف نمود. رابطه مستقیمی بین میزان جذب نیتروژن و پتاسیم وجود دارد، به طوری که با جذب بیشتر نیتروژن اندام‌های رویشی فعال‌تر شده و پتاسیم بیشتری نیاز دارند. برای تأمین پتاسیم نیازمند گیاه یونجه در خاک‌های شور استفاده از سولفات پتاسیم و در خاک‌های غیرشور استفاده از کلرور پتاسیم توصیه می‌شود. کود دهی با توجه به نتایج آزمون خاک برای بهبود بازده و عملکرد گیاه قابل توصیه است. افزون‌بر این با اضافه کردن پتاسیم، پایداری گیاه در زمستان بهبود پیدا می‌کند. توصیه‌های کودی مصرف سولفات پتاسیم برای محصول یونجه بر اساس نتایج آزمون خاک در جدول شش ارائه شده است (الفتی، ۱۳۷۵).

جدول ۶- توصیه کودی مصرف سولفات پتاسیم برای گیاه یونجه

| سولفات پتاسیم نیازمند<br>(کیلوگرم در هکتار) | غلظت پتاسیم قابل جذب خاک<br>(میلی‌گرم در کیلوگرم) |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| ۲۰۰                                         | کمتر از ۵۰                                        |
| ۱۵۰                                         | ۵۱-۱۰۰                                            |
| ۱۰۰                                         | ۱۰۱-۲۰۰                                           |
| ۵۰                                          | ۲۰۱-۳۰۰                                           |
| کود پتاسه مورد نیاز نمی‌باشد                | بیشتر از ۳۰۰                                      |

در ارتباط با اثرات قوی‌تر مصرف کلرور پتاسیم می‌توان چنین اظهار داشت که احتمالاً تأمین به موقع پتاسیم نیازمند گیاه در زمانی کوتاه‌تر از یک منبع با حلالیت بیشتر، از عوامل مؤثر بر ارتقاء شاخص‌های محصول گیاه یونجه بوده است. لازم به توضیح است که مقدار پتاسیم موجود در کلرور پتاسیم به‌طور متوسط ۱۰ درصد بیشتر از سولفات پتاسیم و حلالیت آن کم و بیش سه برابر سولفات پتاسیم است. نشانه‌های ظاهری کمبود پتاسیم در گیاه یونجه، در تصویر سه ارائه شده است.



تصویر ۳- نشانه‌های ظاهری کمبود پتاسیم در گیاه یونجه

### کلسیم

کلسیم در ساختمان دیواره سلولی، ساخت پروتئین‌ها، اقتصاد مصرف آب، تشکیل غده روی ریشه و تثبیت نیتروژن، رشد و توسعه ریشه‌ها و نیز عملکرد آن نقش مؤثر دارد. مقدار مطلوب کلسیم در یونجه حدود یک درصد است. نتایج برخی بررسی‌ها نشان می‌دهد که برداشت پنج تن یونجه خشک با جذب ۷۵ کیلوگرم کلسیم از خاک همراه است. واکنش، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، قلیائیت زیاد و مقادیر کلسیم موجود در مواد مادری خاک از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر قابلیت جذب کلسیم در خاک هستند. به نظر می‌رسد میزان تحمل یونجه در خاک‌های اسیدی به عناصر آهن، منگنز و آلومینیم با مقدار کلسیم جذب شده در ارتباط باشد. در این خاک‌ها که غلظت زیاد این عناصر سبب کاهش رشد نخستین یونجه می‌شود. مصرف آهک افزون بر تأمین کلسیم کافی، از توانایی انحلال این عناصر می‌کاهد. همچنین توانایی دسترسی فسفر و مولیبدن را افزایش داده و به این ترتیب محصول را نیز افزایش می‌دهد. به دلیل آهکی بودن بیشتر خاک‌های زیر کشت یونجه در مناطق گوناگون کشور، کمبود آن مطرح نیست. مصرف بیش از حد نیاز کودهای پتاسیمی در برخی خاک‌ها احتمال کمبود کلسیم را به دنبال دارد.

در شرایط کمبود کلسیم، جوان‌ترین و پیرترین برگ‌های گیاه یونجه تحت تأثیر قرار می‌گیرند، در این شرایط رشد یونجه و میزان تثبیت نیتروژن کاهش می‌یابد، بوته‌های جوان یونجه دچار مرگ زمستانی شده و یا در طول خشکی تابستان از بین می‌روند.

در خاک‌های با pH کمتر از شش مصرف مواد آهکی به صورت مخلوط با خاک، دو تا سه هفته یا بهتر است یک سال پیش از کاشت مناسب انجام شود. بررسی‌ها نشان داده است که یونجه برای تولید یک محصول خوب، به مقدار ۴۵۰ الی ۶۰۰ کیلوگرم سولفات کلسیم برای رشد مناسب خود در خاک‌های دچار کمبود نیاز دارد. در برخی مناطق با مصرف ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات کلسیم، رشد و عملکرد مزرعه یونجه بسیار مطلوب بوده است (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹). نشانه‌های ظاهری کمبود کلسیم در گیاه یونجه، در تصویر چهار ارائه شده است.



تصویر ۴- نشانه‌های ظاهری کمبود کلسیم در گیاه یونجه

#### منیزیم

منیزیم تنها عنصر معدنی تشکیل‌دهنده مولکولی کلروفیل بوده و در فرآیند فتوسنتز نقش مهمی دارد. این عنصر فعال‌کننده بیشتر سیستم‌های آنزیمی مؤثر در متابولیسم کربوهیدرات‌ها، انتقال قندها، متابولیسم نیتروژن و ساخت اسیدهای نوکلئیک و انتقال

فسفر در گیاه است. مقدار مطلوب این عنصر در یونجه حدود ۰/۳ تا یک درصد گزارش شده است. اگر مقدار منیزیم در برگ خشک گیاه کمتر از ۰/۳ درصد باشد، کمبود منیزیم اتفاق می‌افتد. واکنش، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، رقابت‌های کاتیونی موجود در محلول خاک، مقادیر منیزیم موجود در کانی‌های اولیه تشکیل‌دهنده خاک و نسبت‌های تعادلی منیزیم و منگنز از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر قابلیت جذب منیزیم در خاک هستند. کمبود این عنصر بیشتر در خاک‌های شنی، خاک‌های اسیدی، خاک‌های آهکی با نسبت بالای پتاسیم و کلسیم به منیزیم مشاهده می‌شود. مصرف بیش از حد کودهای پتاسیمی در خاک‌های شنی نیز سبب کاهش جذب منیزیم می‌شود به‌طوری‌که گاه مصرف کودهای منیزیمی نیز اثرات سوء زیادی پتاسیم را جبران نمی‌نماید.

در شرایط کمبود منیزیم، کلروز در وسط برگچه‌ها ظاهر شده اما حاشیه برگچه‌ها به حالت سبز باقی می‌ماند. در صورت تشدید کمبود، نشانه‌های یاد شده از برگ‌های پیر به برگ‌های جوان گسترش می‌یابد و رشد گیاه را محدود می‌سازد. نسبت پتاسیم به منیزیم نیز از عوامل مهم در افزایش محصول یونجه است و اگر این نسبت از ۱۵ بیشتر شود، موجب آشکارشدن بیماری سوء تغذیه در دام یا حتی هیپومگنزمیا<sup>۱</sup> می‌شود. همچنین زیادی نیتروژن و پتاسیم و کمبود منیزیم سبب ایجاد بیماری تتانی<sup>۲</sup> یا کزاز علفی در دام می‌شود. تأثیر مصرف کودهای پتاسیمی بر کاهش جذب کلسیم و منیزیم در جدول هفت نشان داده شده است.

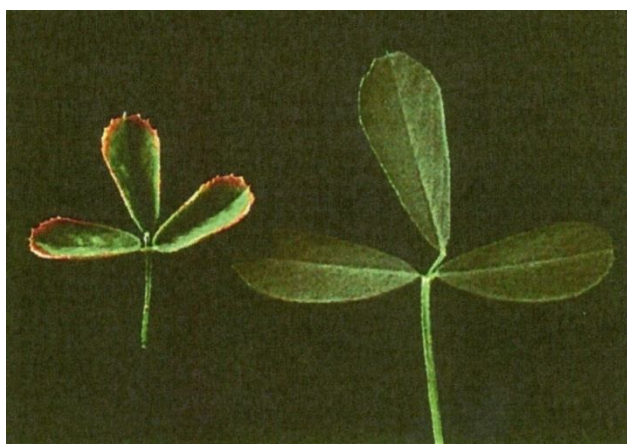
جدول ۷- نقش مصرف کودهای پتاسیمی بر کاهش جذب کلسیم و منیزیم در گیاه یونجه (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹)

| مقدار کود پتاسیمی<br>(کیلوگرم در هکتار) | عملکرد ماده خشک<br>(تن در هکتار) | پتاسیم<br>(درصد) | کلسیم<br>(درصد) | منیزیم<br>(درصد) |
|-----------------------------------------|----------------------------------|------------------|-----------------|------------------|
| ۰                                       | ۱۶/۲                             | ۱/۲۶             | ۱/۸۱            | ۰/۴۶             |
| ۱۸۷                                     | ۱۷/۳                             | ۱/۸۷             | ۱/۶۱            | ۰/۳۴             |
| ۲۷۴                                     | ۱۷/۸                             | ۲/۳۰             | ۱/۵۶            | ۰/۳۱             |

<sup>۱</sup> Hypomagnesemia

<sup>۲</sup> Tetany

برای رفع کمبود این عنصر می‌توان از کودهای منیزی می‌از قبیل سولفات منیزیم و سولفات پتاسیم- منیزیم استفاده نمود (مصرف خاکی ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات منیزیم هم‌زمان با کشت در شرایط کمبود بسیار شدید مؤثر خواهد بود). نشانه‌های ظاهری کمبود منیزیم در گیاه یونجه، در تصویر پنج ارائه شده است.



تصویر ۵- نشانه‌های ظاهری کمبود منیزیم در گیاه یونجه

### گوگرد

این عنصر در ساختمان اسیدهای آمینه (متیونین و سیستئین)، هورمون‌ها و ویتامین‌ها، آنزیم‌ها شرکت دارد و نقش اساسی در فرآیند فتوسنتز، پروتئین‌سازی و توسعه ریشه دارد. سطح بحرانی گوگرد در گیاه یونجه ۰/۲۲ درصد است. برخی از پژوهشگران مقدار گوگرد را بیشتر از این مقدار، ۰/۵ درصد، نیز گزارش کرده‌اند. این مقدار شامل ۰/۲ درصد گوگرد آلی و ۰/۳ درصد گوگرد معدنی است. رابطه نزدیکی بین نیتروژن و گوگرد در ترکیب پروتئین وجود دارد. گیاهانی که نیتروژن زیادی در زیست توده خود دارند به مقدار بیشتری گوگرد نیز نیاز دارند. مقدار مواد آلی موجود در خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، دمای خاک و شرایط زهکشی خاک از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر قابلیت

جذب گوگرد در خاک هستند. کمبود این عنصر بیشتر در خاک‌های فرسایش یافته با بافت ریز و یا در خاک‌هایی که سرعت معدنی شدن مواد آلی کم است، مشاهده می‌شود.

در شرایط کمبود گوگرد، ساخت پروتئین‌ها دیر می‌شود، برگ‌های بالایی به رنگ زرد روشن و به صورت باریک و دراز درمی‌آیند و در صورت ماندگاری کمبود، رشد و بلوغ گیاه به تأخیر افتاده یا متوقف می‌شود. به تدریج مزرعه یونجه تنک و کم تراکم شده و عملکرد پایین می‌آید. تولید گوشت نیز در گوسفندانی که از علوفه دارای گوگرد پایین تغذیه می‌کنند، کمتر است. با توجه به آنچه که یاد شد استفاده از کودهای گوگردی به عنوان عنصر غذایی گیاهان و اصلاح‌کننده خاک‌های زراعی و ضروری است. آزمایش‌های زیاد انجام شده نشان داد که افزایش گوگرد میزان توانایی جذب فسفر و عنصر کم مصرف را در خاک افزایش می‌دهد (واعظی و ملکوتی، ۱۳۷۹).

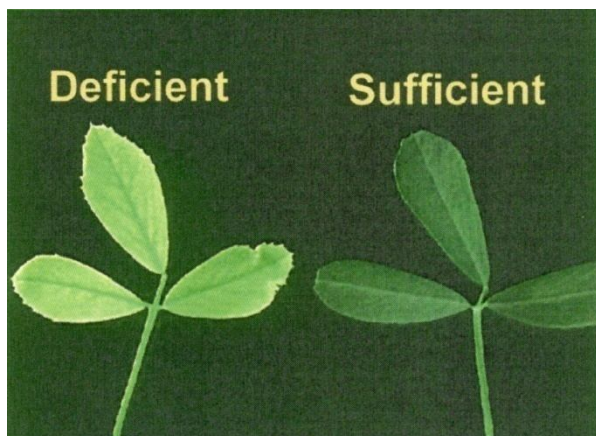
برای رفع کمبود این عنصر می‌توان از گوگرد عنصری به همراه تیوباسیلوس، سولفات پتاسیم- منیزیم و حتی سوپرفسفات تریپل استفاده نمود. کاربرد ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد هنگامی که غلظت آن در خاک کمتر از ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است، توصیه می‌شود. نشانه‌های ظاهری کمبود گوگرد در گیاه یونجه، در تصویر شش ارائه شده است.



تصویر ۶- نشانه‌های ظاهری کمبود گوگرد در گیاه یونجه

## آهن

این عنصر در ساخت کلروفیل، تولید کربوهیدرات‌ها، تنفس و به‌عنوان کاتالیزور در برخی از مراحل تثبیت نیتروژن و تبدیل نیتروژن نیتراتی به اسیدهای آمینه نقش حیاتی دارد. غلظت آهن در برگ‌های یونجه حدود ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است. بالا بودن pH خاک، زیادی بی‌کربنات، آبیاری سنگین و تهویه نامناسب خاک، پایین بودن مقدار مواد آلی خاک، تراکم خاک و غلظت زیاد فسفر و روی قابل جذب، از عوامل مؤثر در ایجاد کمبود آهن در گیاه هستند. در خاک‌های آهنی به دلیل ایجاد ترکیبات غیرقابل حل آهن در خاک، در خاک‌های خنثی و قلیایی گاهی به دلیل بالا بودن غلظت فسفر در خاک، کمبود آهن دیده می‌شود. نشانه کمبود آهن در برگ جوان یونجه، ایجاد کلروز بین رگبرگ‌هاست. گاهی ممکن است برگ‌ها دچار کمبود از لحاظ زیادی آهن کل (به علت زیادی آهن سه ظرفیتی) باشند. برای رفع کمبود آهن در محصول یونجه استفاده از محلول‌پاشی با غلظت پنج در هزار توصیه می‌شود. استفاده از مواد آلی از دیگر روش‌های تأمین آهن مورد نیاز گیاهان است که به طور مستقیم از راه آزادسازی آهن موجود در ساختار سلولی ترکیبات آلی پس از فرآیند تجزیه این مواد و همچنین به‌طور غیر مستقیم از راه افزایش فعالیت‌های میکروبی خاک و ترشح اسیدهای آلی در تأمین آهن نیازمند گیاه مؤثر هستند. در اراضی خشک و نیمه‌خشک مقدار مواد آلی خاک بسیار کم است. استفاده از کودهای آلی یکی از مهم‌ترین راه‌های حفظ بیلان کربن آلی خاک، چرخش طبیعی مواد و عناصر در بوم نظام‌های کشاورزی است. افزودن ماده آلی به خاک از جمله کود دامی افزون‌بر این‌که سبب بهبود وضعیت فیزیکی خاک می‌شود، دارای عناصر غذایی پرمصرف مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم و گوگرد و همچنین عناصر کم مصرف از جمله آهن، روی و مس نیز هستند. نشانه‌های ظاهری کمبود آهن در گیاه یونجه، در تصویر هفت ارائه شده است.

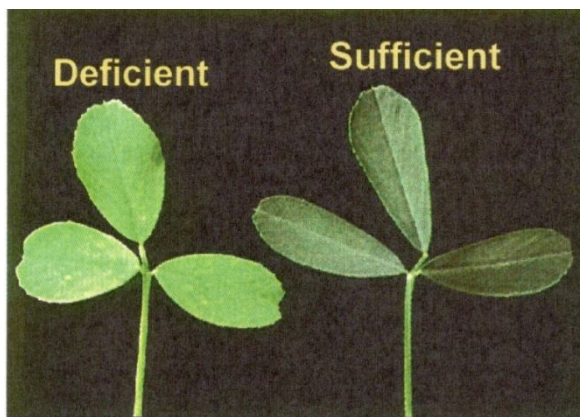


تصویر ۷- نشانه های ظاهری کمبود آهن در گیاه یونجه

### منگنز

این عنصر در ساخت کلروفیل، واکنش های انتقال الکترون، واکنش های اکسیداسیون و احیا و نیز در جذب و مصرف مولیبدن و همچنین مصرف نیتروژن به عنوان فعال کننده سیستم های آنزیمی نقش دارد. واکنش خاک، تغییرات سریع شرایط رطوبتی خاک و غلظت زیاد پتاسیم، آهن، مس و روی قابل جذب از مهم ترین عوامل مؤثر بر قابلیت جذب منگنز در خاک هستند.

حد مطلوب غلظت این عنصر در برگ های گیاه یونجه ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم است. کمبود منگنز در خاک های آهکی با فسفر فراوان مشاهده می شود. اگرچه نقش منگنز در فرآیند غده سازی و تثبیت نیتروژن کاملاً شناخته شده نیست، اما کمبود آن موجب کاهش تثبیت نیتروژن و عملکرد یونجه می شود. برای برداشتن کمبود منگنز می توان سولفات منگنز را به صورت محلول پاشی با غلظت سه تا چهار در هزار یا حدود ۳۵ تا ۴۰ کیلوگرم در هکتار به صورت خاکی مصرف نمود. نشانه های ظاهری کمبود منگنز در گیاه یونجه، در تصویر هشت ارائه شده است.

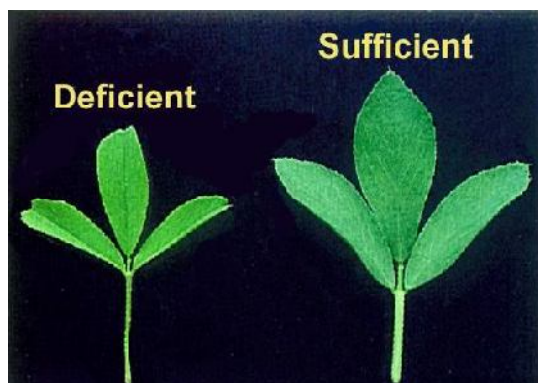


تصویر ۸- نشانه‌های ظاهری کمبود منگنز در گیاه یونجه

### روی

روی از عناصر کم مصرف ضروری در ساخت پروتئین‌ها بوده، به‌عنوان کاتالیزور در واکنش‌های اکسیداسیون و احیا در بسیاری از سیستم‌های آنزیمی و ساخت هورمون رشد نقش دارد. واکنش خاک، مقدار مواد آلی موجود در خاک، زهکشی نامناسب و مقادیر مس، منگنز و منیزیم قابل جذب از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر قابلیت جذب روی در خاک هستند.

غلظت نیازمند روی در گیاه یونجه بین ۲۵ تا ۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم است. در خاک‌های آهکی با غلظت زیاد فسفر و خاک‌های فاریاب با آب‌های دارای کربنات و بی‌کربنات، کمبود روی مشاهده می‌شود. در این شرایط، برگ‌ها به رنگ زرد و گاهی نکروزه در می‌آید، رشد گیاه کاهش یافته و تولید ساقه‌های ثانویه متوقف می‌شود و بوته‌های قدیمی از رشد باز می‌مانند. در شرایط کمبود روی جذب آب توسط گیاه کم می‌شود. مصرف سولفات روی به‌صورت محلول‌پاشی با غلظت سه تا چهار در هزار و یا مصرف آنبه میزان ۳۵ تا ۴۰ کیلوگرم در هکتار پیش از کاشت برای رفع کمبود و سرعت رشد گیاه مؤثر است. نشانه‌های ظاهری کمبود روی در گیاه یونجه، در تصویر نه ارائه شده است.



تصویر ۹- نشانه‌های ظاهری کمبود روی در گیاه یونجه

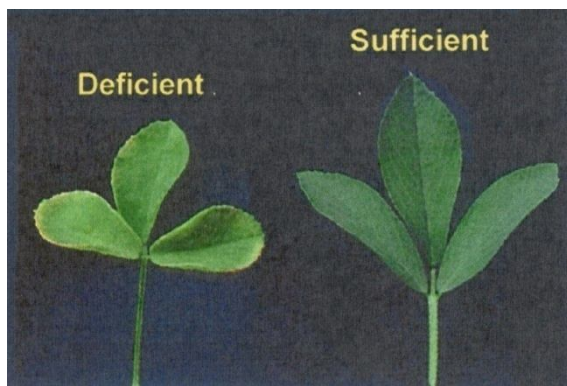
#### مس

مس در فرآیندهای آنزیمی، واکنش‌های اکسیداسیون و احیا، تشکیل کلروفیل و فرآیند فتوسنتز نقش دارد. یونجه از جمله گیاهان حساس به کمبود مس است. حد مطلوب غلظت مس در برگ گیاه یونجه ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و در ساقه آن به‌طور میانگین ۱۳ میلی‌گرم در کیلوگرم است. واکنش خاک، مقدار مواد آلی خاک، مقدار مس موجود در مواد مادری و غلظت فسفر، روی و آهن قابل جذب خاک از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر قابلیت جذب مس در خاک هستند.

در خاک‌های دارای بافت ریز، بیشتر خاک‌های سبک و در خاک‌های آلی غلظت مس قابل جذب پایین است. در صورت ایجاد کمبود مس، ساقه‌های جوان و برگچه‌ها پژمرده شده، بخش بزرگی از ساقه‌های انتهایی گیاه می‌میرند و گل‌دهی متوقف می‌شود. در دام‌هایی که مقدار مس در علوفه مورد تغذیه آن‌ها پایین است، نوعی کم‌خونی به نام آنمیا<sup>۱</sup> ایجاد می‌شود که رشد و فربه شدن را کند می‌کند.

برای برداشتن کمبود این عنصر، مصرف سولفات مس به صورت محلول‌پاشی با غلظت دو در هزار و یا به میزان ۲۵ کیلوگرم در هکتار به صورت مصرف خاکی هم‌زمان با کشت پیشنهاد می‌شود. اثرات باقی‌مانده این کودها تا سه سال بعد از مصرف مشاهده می‌شود. نشانه‌های ظاهری کمبود مس در گیاه یونجه، در تصویر ۱۰ ارائه شده است.

<sup>۱</sup>Anemia



تصویر ۱۰- نشانه های ظاهری کمبود مس در گیاه یونجه

#### بور

بور در ساختمان غشای سلولی، توسعه دیواره سلولی، متابولیسم نیتروژن و انتقال کربوهیدرات‌ها، جذب آب در سلول، تولید و جوانه‌زنی گرده و رشد و توسعه سلول‌ها نقش دارد. گیاه یونجه نسبت به کمبود این عنصر حساسیت زیاد دارد. حد مطلوب غلظت آن در گیاه یونجه ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم است. آب و هوای خشک، پیدایش کمبود بور را که اغلب در خاک‌های آهکی در شرایط کمبود مواد آلی روی می‌دهد را تشدید می‌کند. واکنش خاک، آبشویی خاک، فقر مواد آلی خاک، رطوبت اندک خاک، کمبود مقادیر نیتروژن قابل جذب خاک و مقادیر کلسیم و پتاسیم خاک از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر قابلیت جذب بور در خاک هستند.

مقدار این عنصر در مواد آلی خاک بیشتر بوده و واکنش پایین خاک به علت کاهش فعالیت ریزجانداران، آزاد شدن بور از مواد آلی را کاهش می‌دهد. در شرایط کمبود بور ساقه اصلی یونجه به تدریج از بین می‌رود، شاخه‌های جانبی گاهی در بالای ساقه اصلی توسعه یافته و ظاهر گیاه را بدشکل می‌کنند. رشد برگ‌ها کم شده و از تعداد آن‌ها کاسته می‌شود و تراکم قند و نشاسته در آن‌ها افزایش می‌یابد.

بدشکل شدن جوانه انتهایی، کلروز و ایجاد روزت<sup>۱</sup> در انتهای رشد از نشانه‌های دیگر کمبود بور هستند. کمبود این عنصر سرانجام موجب کاهش کمیت و کیفیت محصول می‌شود.

<sup>۱</sup> Roset

برای رفع کمبود بور می‌توان به صورت محلول‌پاشی با غلظت دو در هزار و یا مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار اسید بوریک پیش از کاشت به همراه سایر کودها استفاده نمود. مصرف این کودها به صورت سرک یا بعد از هر چین نیز در کاهش کمبود بور مؤثر است. در مزارعی که یونجه با یک محصول غله‌ای یکجا کشت می‌شوند، کودهای یاد شده را بهتر است بعد از برداشت غله مصرف نمود، چرا که غلظت بور مناسب برای یونجه ممکن است برای گیاه غله اثر سمی داشته باشد. همچنین مقدار مصرف بور، در مناطق دارای بارندگی یا آبیاری زیاد بیشتر است.

نشانه‌های کمبود بور عبارت‌اند از زردی و یا برنزه‌ای شدن برگ، که پس از تغییر رنگ مایل به قرمز در راستای حاشیه برگچه و سطح زیرین جوان‌ترین برگ‌ها به طور کامل توسعه پیدا می‌کند. در پایان سطح بالایی برگ نیز تبدیل به رنگ زرد مایل به قرمز یا قرمز می‌شود. برگ‌های پایین‌تر سبز باقی می‌ماند. شاخه‌های بالایی گیاه به دلیل گره‌های کوتاه و نقطه در حال رشد ممکن است از بین برود. کمبود شدید بور مانع از به گل رفتن گیاهان یا برهم خوردن تنظیمات پُر شدن دانه می‌شود. از بین رفتن یونجه در اثر یخبندان اول فصل زمستان می‌تواند نشانه‌ای از کمبود بور باشد. نشانه‌های ظاهری کمبود بور در گیاه یونجه، در تصویر ۱۱ ارائه شده است.

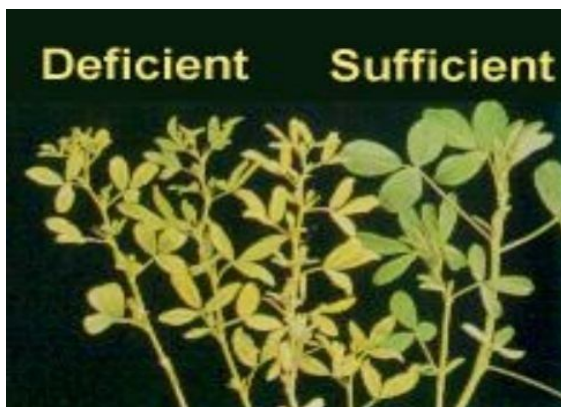


تصویر ۱۱- نشانه‌های ظاهری کمبود بور در گیاه یونجه

## مولبیدن

یونجه از جمله گیاهانی است که نسبت به مولبیدن عکس العمل مثبت نشان می دهد. این عنصر در فعال سازی ریزوبیوم ها برای تثبیت همزیستی نیتروژن، تبدیل نیتروژن نیتراتی به نیتروژن آمینه و ساخت پروتئین ها در گیاه یونجه نقش دارد. حدمطلوب مولبیدن برای گیاه یونجه یک تا پنج میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک تعیین شده، از این رو در غلظت های کمتر از یک میلی گرم مولبیدن بر کیلوگرم ماده خشک کمبود این عنصر در گیاه محتمل است. واکنش خاک، آبشویی خاک، شرایط رطوبتی خاک و مقادیر فسفر، گوگرد و نیتروژن قابل جذب موجود در خاک از مهم ترین عوامل مؤثر بر قابلیت جذب مولبیدن در خاک هستند.

واکنش خاک از جمله عواملی است که در میزان جذب این عنصر تأثیر می گذارد. هرچه واکنش خاک اسیدی تر باشد، احتمال آشکار شدن کمبود آن بیشتر است. پژوهشگران نشان دادند که یونجه زمانی به مصرف مولبیدن پاسخ نشان می دهد که واکنش خاک حدود پنج تا شش باشد. زیادی گوگرد در خاک به دلیل کاهش واکنش خاک و رقابت آنیونی آن با مولبیدن، از جذب آن می کاهد. در صورت پیش آمدن کمبود مولبیدن، غلظت نیتروژن برگ ها افزایش می یابد، برگ های بالایی به رنگ سبز روشن و برگ های پایینی به حالت کلروز (سفید شدگی کامل نوک و مرکز برگچه ها) و در پایان به صورت نکروز درمی آیند و گل دهی به شدت محدود می شود و گاهی به دلیل نقش این عنصر در تثبیت نیتروژن هوا، نشانه های کمبود آن همانند نشانه های کمبود نیتروژن است. غلظت ۰/۵ میلی گرم در کیلوگرم مولبیدن در خاک برای رشد یونجه مناسب است. برای برداشتن کمبود مولبیدن در خاک های با واکنش پایین، از آهک می توان استفاده نمود. مصرف خاکی ۱ تا ۲ کیلوگرم از کودهای مولبیدات سدیم یا آمونیوم در هکتار، هم زمان با کشت نیز می تواند مؤثر باشد. با توجه به آهکی بودن بیشتر خاک های زیر کشت یونجه کمبود این عنصر به ندرت قابل مشاهده است. نشانه های ظاهری کمبود مولبیدن در گیاه یونجه، در تصویر ۱۲ ارائه شده است.



تصویر ۱۲- نشانه‌های ظاهری کمبود مولیبدن در گیاه یونجه

### کلر

پژوهشگران نشان دادند که کلر برای رشد گیاهان لگومی ضروری است و یونجه از جمله گیاهانی است که به مصرف کلر پاسخ می‌دهد. این عنصر رسیدن گیاه را سرعت می‌بخشد و در دیر شدن پیری در یونجه تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارد. نقش اصلی این عنصر توازن کاتیونی و تنظیم فشار اسمزی است. باید توجه داشت که زیادی این عنصر سبب صدمه به گیاه و ایجاد خسارت در مزارع یونجه می‌شود.

### کبالت

با آن‌که این عنصر برای رشد گیاه یونجه ضروری نیست، به دلیل نقش آن در ساختمان ویتامین B<sub>12</sub> موجود در غده‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، این عنصر نقش اساسی در تثبیت نیتروژن دارد. این عنصر آنزیم‌های اصلی گیاهی را فعال می‌کند و فقدان آن سبب پیدایش بیماری‌های ناشی از کمبود کبالت در دام‌ها می‌شود.

استفاده از آزمون خاک و آزمون برگ از روش‌های کارآمد برای تعیین غلظت عناصر قابل جذب در خاک، تعیین وضعیت و غلظت عناصر در گیاه و نیز تعیین انواع کودهای نیازمند به منظور افزایش کمیت و کیفیت محصول گیاه هستند.

## کودهای آلی

مواد آلی ترکیبات کربنی هستند که به وسیله گیاهان، ریزجانداران و جانوران در خاک تولید می‌شوند. وجود مواد آلی افزون بر این که نشان‌دهنده سلامت و کیفیت خاک است، شاخص مناسبی برای باروری آن به شمار می‌آید که حاصل برهم‌کنش فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک است. ماده آلی با بهبود شرایط خاکدانه‌سازی، وضعیت تخلخل و نفوذپذیری خاک را بهبود می‌بخشد. در حالتی که خاک فشرده و دارای نفوذپذیری کمی است، تجمع دی‌اکسیدکربن پیرامون ریشه افزایش یافته و این امر افزون بر این که سبب خفگی ریشه می‌شود و از جذب عناصر غذایی که نیاز به انرژی متابولیک دارند نیز نقش بازدارنده دارد. همچنین مواد آلی به علت داشتن گروه‌های عامل گوناگون از جمله کربوکسیلی، فنلی، الکلی و هیدروکسیلی، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را افزایش داده و سبب می‌شود عناصر غذایی در خاک بهتر نگهداری شوند و گیاه دسترسی بیشتری به آن‌ها داشته باشد. از طرف دیگر مواد آلی در اثر معدنی شدن مقدار قابل توجهی از عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف را در خاک آزاد نموده و به تغذیه متعادل گیاه کمک زیادی می‌نمایند. مقدار مواد آلی خاک پیرو از عوامل گوناگون از جمله اقلیم، ویژگی‌های خاک، مدیریت زراعی و غیره است. واقع شدن ایران در منطقه خشک و نیمه خشک و استفاده از نهاده‌هایی مانند کودهای شیمیایی، برای دستیابی به محصول زیاد، سبب شده است تا اهمیت مواد آلی کمتر در نظر گرفته شود به گونه‌ای که در بیش از ۶۰ درصد خاک‌های زیر کشت در ایران، میزان کربن آلی کمتر از یک درصد و در بخش قابل توجهی از کشور کمتر از ۰/۵ درصد است (خاوازی و همکاران، ۱۳۹۳). از کودهای آلی به منظور اصلاح خواص فیزیکی و تأمین بخشی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه یونجه استفاده می‌شود. برخی از کشاورزان کودهای تازه حیوانی را یکرست به مزرعه وارد و در نقاط گوناگون به صورت کپه‌های کوچک ریخته و سپس با شخم وارد خاک می‌نمایند. وارد نمودن کودهای تازه به مزرعه پیش از عمل تخمیر سبب خواهد شد که بذر علف‌های هرز و یا شاید عوامل بیماری‌زای گوناگون وارد مزرعه شده و در اثر بارندگی و یا تبخیر، عناصر غذایی و ترکیبات مواد آلی به هدر رود. از این‌رو برای جلوگیری از هدر رفت عناصر غذایی، تکمیل فرایند تخمیر در کود تازه حیوانی ضروری است.

آزمایش‌هایی که برای جلوگیری از آبشویی عناصر غذایی کودهای شیمیایی و تأثیر آن در گیاهان گوناگون در زمان مصرف انجام شده مشخص نمود که مصرف بیشتر کودها در زمان کاشت تأثیر بهتری داشته است (منیری‌فر و همکاران، ۱۳۹۴). در زمینه زمان مصرف کودهای حیوانی نیز چنین است. یعنی کودهای حیوانی به درستی تخمیر شده بایستی هم‌زمان با کاشت و یا هم‌زمان با مصرف کودهای شیمیائی مصرف شوند زیرا مواد مغذی داخل کودهای حیوانی نیز آبشویی شده به هدر می‌رود. ترکیبات مغذی در کودهای مصرف شده در پائیز کمتر تأثیر داشته است و نتایج مصرف بهاره مفیدتر بوده است. نتایج نشان داده است که با مصرف کودهای حیوانی در خاک‌های با بافت سنگین، هدررفت عناصر غذایی کمتر اتفاق می‌افتد (منیری‌فر و همکاران، ۱۳۹۴). البته تثبیت عناصر غذایی در اینگونه از خاک‌ها بیشتر است. در خاک‌های با بافت سبک و یا اراضی شیب‌دار که احتمال شستشو و فرسایش خاک بیشتر است، لازم است زمان مصرف کود به زمان کاشت نزدیک شود. در این خصوص کودها را در فرصت کوتاه به شکل یکنواخت در مزرعه پخش نموده سپس با شخم با خاک مخلوط می‌شود. مقدار مصرف کود حیوانی پوسیده به میزان ۱۰ تا ۲۰ تن در هر هکتار است. در صورت استفاده از ورمی‌کمپوست و کودمرغی پوسیده، مقدار پنج تن در هر هکتار توصیه می‌شود که بهتر است هنگام آماده کردن زمین مصرف شود.

برای تعیین مقدار کود حیوانی لازم است به عواملی مانند ماده آلی خاک، نوع گیاه مورد کشت، بافت خاک و میزان و نوع بارش توجه داشت. برای نمونه خاک‌هایی که از دید ماده آلی فقیر هستند باید کود شیمیائی بیشتری مصرف شود. از طرفی در خاک‌های دارای بافت سبک نسبت به خاک‌های سنگین بافت، مصرف کود حیوانی بیشتر و یا در مناطقی که دارای باران زیادی باشند مصرف کود زیادتر خواهد بود.

توصیه مقادیر کود دامی بر اساس نتایج آزمون خاک در جدول هشت ارائه شده است.

جدول ۸- توصیه مصرف کود دامی بر اساس نتایج آزمون خاک (الفتی، ۱۳۷۵)

| کود دامی مورد نیاز<br>(تن در هکتار) | کربن آلی خاک<br>(درصد) |
|-------------------------------------|------------------------|
| ۲۰                                  | کمتر از ۰/۶            |
| ۱۵                                  | ۰/۶ - ۱/۲              |
| ۱۰                                  | بیشتر از ۱/۲           |

### روش مصرف کودهای شیمیایی

در روش دست پاش در سال اول و پیش از کشت، کود مصرف شده با خاک مخلوط می‌شود ولی در سال‌های بعد در زمان مناسب در سطح مزرعه توزیع و با دندان‌ها با خاک مخلوط شود. در صورتی که کشت خطی انجام شود، می‌توان کودها را به دو روش دست پاش و نوار مصرف نمود. در مزارعی که قدرت تثبیت فسفر در آن‌ها کم است می‌توان از هر دو روش استفاده نمود ولی در خاک‌های آهکی و همچنین خاک‌هایی که قدرت تثبیت فسفر زیادی دارند، بهتر است کود فسفره را به صورت نواری و در بین ردیف به فاصله چند سانتی‌متر از خطوط کشت مصرف نمود.

### زمان مصرف کودهای شیمیایی

در سال اول باید همه کودهای شیمیایی پیش از کشت مصرف شده و به زیر خاک بروند. کود آلی در صورتیکه پوسیده باشد پیش از کشت توزیع و با خاک مخلوط می‌شود، اما در حالتی که بدرستی پوسیده نشده باشد بهتر است در پاییز سال پیش از کشت با خاک مخلوط شود. در صورت نیاز به مصرف کودهای پتاسه در خاک‌های سبک و یا در هر خاکی که غلظت پتاسیم قابل استفاده در آن کمتر از ۳۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک بود بهتر است آن را در دو نوبت به ترتیب بعد از چین اول و همچنین در میانه مرداد ماه بعد از برداشت مصرف کرد.

### توصیه‌ها در مورد میزان مصرف کودهای شیمیایی بر اساس آزمون خاک

عوامل گوناگونی بر روی نیاز کودی گیاه یونجه تأثیر دارد که مهم‌ترین این عوامل عبارت‌اند از: ویژگی‌های خاک و میزان عناصر غذایی موجود در آن، شرایط اقلیمی، مقدار عناصر غذایی برداشت شده توسط گیاه و روش مدیریت. هریک از این عوامل فوق می‌توانند در میزان کودهای نیازمند مؤثر باشند. با توجه به این که میزان عناصر غذایی خاک یکی از مهم‌ترین عوامل در تعیین نیاز غذایی محسوب می‌شود، بهتر است هر ساله پیش از مصرف کودها از خاک مزرعه یونجه، نمونه خاک تهیه و تجزیه‌های لازم برای تعیین عناصر غذایی خاک انجام شود.

### نشانه‌های ظاهری کمبود عناصر غذایی در یونجه

نشانه‌های کمبود عناصر غذایی و مقادیر کود مورد نیاز برای محصول یونجه در مناطق با شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک در جدول نه ارائه شده است.

جدول ۹- نشانه‌های ظاهری کمبود عناصر غذایی در یونجه به همراه با توصیه کودی مناسب

| عنصر غذایی | نشانه‌های کمبود                                                                                                  | شرایط ایجاد کمبود                                                       | منبع کودی مناسب                                         | حداکثر میزان مصرف                      |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| نیتروژن    | زردی عمومی گیاه به‌ویژه در برگ‌های مسن‌تر به همراه ایجاد رنگ صورتی در محل دم‌برگ و میان رگبرگ‌ها                 | گره زایی محدود در ریشه گیاه                                             | اوره<br>آمونیم نیترات                                   | ۵۶ کیلوگرم در هکتار در هر چین          |
| فسفر       | کوچک شدن برگ‌ها به همراه ایجاد رنگ سبز تیره در آن‌ها، ایجاد رنگ ارغوانی در سطح زیرین برگ‌ها، تا خوردگی برگ‌چه‌ها | سردی محیط خاک                                                           | منابع رایج<br>کودهای فسفوری<br>مانند سوپرفسفات<br>تریپل | ۱۱۳ کیلوگرم در هکتار $P_2O_5$ در هرسال |
| پتاسیم     | ایجاد نقاط سفید رنگ در لبه‌های خارجی برگ‌های بالایی                                                              | خاک‌های شنی                                                             | کلرور پتاسیم<br>سولفات پتاسیم                           | ۳۴ کیلوگرم در هکتار $K_2O$ در هرسال    |
| منیزیم     | زرد شدن میان رگبرگ‌ها در برگ‌های مسن‌تر، زرد شدن برگ در محل حاشیه‌ها و سپس قرمز شدن و سرانجام مرگ برگ            | زیادی پتاسیم یا سدیم در خاک، خاک‌های شنی، خاک‌های با مقادیر کم مواد آلی | ترکیبات آهنکی<br>دولومیتی- نمک<br>اپسوم                 | متفاوت برحسب نیاز                      |
| گوگرد      | زرد شدن برگ‌های جوان، محدود شدن رشد، طویل و باریک شدن برگ‌ها                                                     | خاک‌های شنی و خاک‌های با مقادیر کم مواد آلی                             | گوگرد و گچ                                              | ۱۷ تا ۵۶ کیلوگرم در هکتار در هرسال     |
| بور        | زرد و قرمز شدن قسمت‌های بالایی گیاه                                                                              | واکنش (pH) بالای خاک، خاک‌های با مقادیر کم مواد آلی                     | بوراکس،<br>بوراسیلیکات،<br>اسید بوریک                   | ۱/۱ تا ۳/۴ کیلوگرم در هکتار            |
| مولیبدن    | زردی عمومی برگ‌های مسن همراه با سفید شدن                                                                         | واکنش (pH) پایین خاک، مقادیر زیاد آهن در خاک                            | مولیبدات آمونیوم                                        | ۰/۱۳ تا ۰/۵۷ کیلوگرم در هکتار          |

### تلقیح بذر یونجه

باکتری ریزوبیوم در ریشه‌های یونجه گره‌هایی را ایجاد می‌کند که به باکتری امکان تثبیت نیتروژن و تبدیل نیتروژن اتمسفری را به شکل قابل استفاده برای گیاهان فراهم می‌آورند. هرچند بسیاری از مزارع دارای جمعیت‌هایی از باکتری ریزوبیوم هستند که از زراعت‌های پیشی یونجه در آنجا باقیمانده است، اما ممکن است که میزان جمعیت‌های باکتریایی ذکر شده برای شروع تثبیت نیتروژن در مزرعه جدید یونجه کافی نباشد. برای اطمینان از حضور باکتری مرتبط، بایستی از بذور پیش تلقیح شده استفاده نمود و یا بذور را با استفاده از مایه تلقیح *Rhizobium meliloti* که مخصوص یونجه است تیمار نمود. امروزه مایه تلقیح به شکل تجاری موجود است. چون شکل تجاری مایه تلقیح افزون بر مایه باکتریایی، دارای مواد افزودنی دیگری نیز هستند. در صورتی که شکل تجاری آن در دسترس زارعین نباشد، می‌توان آن را به صورت ترکیبی تهیه نمود. برای تلقیح باکتری بایستی بذور را در همان روز کاشت، در یک ظرف بزرگ ریخته و مقدار توصیه شده از مایه تلقیح را به اندازه وارد نمود. همچنین عمل تلقیح باید در محل سایه انجام گیرد. به مخلوط بذر و مایه تلقیح بایستی به میزان کافی آب قند ۱۰ تا ۲۰ درصد اضافه نمود و سپس آن‌ها را به‌خوبی مخلوط کرد تا تمامی بذرها به طور مساوی با مایه تلقیح آغشته شوند. سپس چندین دقیقه باید بذرها را در هوای آزاد قرار داد تا خشک شوند. پیشنهاد می‌شود که محلول دارای مایه تلقیح به صورت تدریجی به توده بذری اضافه شود تا مقدار بیشتر از حد به بذرها نچسبد. بایستی توجه داشت که مایه تلقیح در بسته‌بندی عایق به نور و در بسته قرار داشته و دور از حرارت و تابش آفتاب نگهداری شود تا خشک نشود. توصیه می‌شود که کاشت یونجه تلقیح شده نیز در ساعات نخستین صبح و یا در هنگام عصر، زمانی که تابش آفتاب در کمترین میزان خود بوده و دمای هوا نیز کمتر است انجام شود. تقویم کوددهی یونجه در جدول ۱۰ ارائه شده است.

جدول ۱۰- تقویم کوددهی محصول یونجه

| محلول پاشی       | پس از چین برداری                    | پیش از کشت                       |               |
|------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------|
|                  |                                     | ۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره | کود نیتروژنی  |
|                  |                                     | ۱۰۰ درصد توصیه ترجیحاً           | کود فسفوری    |
|                  |                                     | به صورت نواری                    |               |
|                  | سرک کلرور پتاسیم در<br>اراضی غیرشور | مصرف بر اساس توصیه               | کود پتاسی     |
| پنج در هزار      |                                     |                                  |               |
| پیش از<br>گل دهی |                                     | مصرف بر اساس توصیه               | عناصر ریزمغذی |
|                  |                                     | مصرف بر اساس توصیه               | کود آلی       |
|                  |                                     | بذر مال                          | کود زیستی     |

## تنش شوری

آب و خاک شور از مهم ترین عوامل محدودکننده تولید محصول در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می شوند. شور شدن تدریجی خاک از مسائل مهم در بسیاری از مناطق جهان به ویژه در ایران است. از مجموع هشت میلیون هکتار اراضی آبی کشور که حدود ۹۰ درصد محصولات کشاورزی در آن ها تولید می شود، حدود ۶/۸ میلیون هکتار مبتلا به شوری هستند که از این سطح، نزدیک به ۴/۳ میلیون هکتار آن فقط محدودیت شوری دارند و ۲/۵ میلیون هکتار دیگر افزون بر شوری دارای محدودیت های مربوط به ویژگی های ذاتی خاک (بافت، عمق، ضریب آبگذری و نفوذپذیری)، پستی و بلندی، فرسایش و آب زیر زمینی هستند (خاوازی و همکاران، ۱۳۹۳).

خسارت شوری در گیاهان از راه اثر اسمزی، اثر سمیت یون ها و اختلال در جذب عناصر غذایی است. اثر شوری بر توسعه نیافتن جوانه زنی بیشتر در نتیجه اثر اسمزی کلرید سدیم است. املاح موجود در خاک موجب کاهش پتانسیل آب در محیط ریشه شده و جذب آب توسط ریشه را محدود می کند، در نتیجه، گیاه دچار نوعی خشکی فیزیولوژیک می شود. بررسی اثر تنش شوری بر رشد رویشی یونجه نشان داده است که با افزایش میزان شوری، طول گیاه، طول ریشه چه و ساقه چه، وزن خشک ساقه و وزن

خشک ریشه کاهش پیدا می‌کنند. بررسی‌های انجام شده در خصوص تحمل به شوری ارقام یزدی، بمی، نیک شهری و بغدادی نشان داده است که بیشترین طول ریشه و ساقه ارقام یونجه در شوری پنج دسی زیمنس بر متر بوده و ارقام یونجه یزدی و نیک شهری تحمل بیشتری نسبت به دیگر ارقام داشته‌اند.

به دلیل قرارگیری ایران در منطقه آب و هوایی خشک و نیمه خشک، نزدیک به ۵۰ درصد سطح زیر کشت محصولات کشاورزی، به درجات گوناگون با مشکل شوری و قلیایی بودن مواجه هستند. یکی از آشکارترین اثرات کاهش رشد گیاه، کاهش سطح برگ است. از این‌رو حتی در صورتی که میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ تغییر نکند، میزان رشد به دلیل کاهش میزان فتوسنتز در کل گیاه که حاصل کاهش سطح برگ فتوسنتزکننده کاهش خواهد یافت.

یونجه در مقایسه با دیگر گیاهان علوفه‌ای، به دلیل رشد دوباره و سریع پس از برداشت، مقاومت در برابر خشکی و گرما، تولید علوفه مغذی و نیز تثبیت بیولوژیک نیتروژن مولکولی هوا، بیشتر مورد توجه کشاورزان است.

سطوح بالای شوری در یونجه موجب کاهش وزن خشک اندام هوایی می‌شود. این کاهش با ایجاد رنگ سبز تیره در برگ‌ها همراه است که می‌تواند ناشی از افزایش مقدار کلروفیل برگ‌ها باشد.

واکنش فتوسنتزی چهار رقم یونجه بومی ایران (همدانی، بمی، شیرازی و یزدی) در شرایط تنش شوری و رابطه آن با وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ و محتوای کلروفیل برگ‌ها نشان داد با افزایش شوری محیط رشد ریشه، میزان تجمع ماده خشک در اندام هوایی تمام ارقام، در هر سه مرحله هستی‌زایی (گیاهچه‌ای یا برداشت اول، برداشت دوم و برداشت سوم) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. متحمل‌ترین ارقام نسبت به افزایش شوری محیط در این مراحل به ترتیب ارقام شیرازی، همدانی و بمی بودند که از کمترین میزان کاهش وزن خشک اندام هوایی در شرایط تنش شوری برخوردار بودند. استفاده از گونه‌های مقاوم به تنش‌های خشکی و شوری، به‌عنوان مهم‌ترین عوامل بازدارنده رشد و نمو گیاهان مناطق خشک و بیابانی، در امر اصلاح و توسعه ساختار تولید در بخش کشاورزی ضروری به نظر می‌رسد.

یونجه از جمله گیاهان به نسبت حساس به شوری است. بر اساس آزمایش‌های انجام شده، در شوری‌های ۳/۴، ۵/۴، ۸/۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، عملکرد یونجه به ترتیب ۵۰٪، ۷۵٪ و ۹۰٪ کاهش می‌یابد. گزارش شده که شوری، مقادیر لگ‌هموگلوبین رادرگه کاهش می‌دهد، که به عنوان شاخصی از پیری محسوب می‌شود.

نتایج پژوهش‌های انجام شده نشان داده است که با افزایش میزان شوری قابلیت جذب نیتروژن در گیاه یونجه کاهش می‌یابد. عوامل مؤثر در کاهش قابلیت استفاده نیتروژن توسط گیاه یونجه در شرایط شور عبارت‌اند از:

۱- جذب کمتر نیتروژن در محیط شور به علت کاهش تراوایی ریشه گیاه

۲- کاهش فعالیت میکروبی خاک و به دنبال آن کاهش معدنی شدن ترکیبات آلی

۳- کاهش تعداد ریزجانداران تثبیت‌کننده در خانواده بقولات

۴- کاهش جذب نیترات در اثر عرضه زیاد آنیون کلر در محیط ریشه گیاه

۵- کاهش فعالیت نیترات‌سازی در خاک

در بسیاری از مطالعات مزرعه‌ای کارشناسان کشاورزی این فرضیه را اثبات کرده‌اند (منیری فر و همکاران، ۱۳۹۴) که استفاده از کودهای نیتروژنی تا اندازه‌ای می‌تواند تأثیر زیان‌آور شوری بر گیاهان را کاهش دهد. ریزوبیوم‌های جدا شده از خاک‌های شور، سطوح بسیار بالا و بازدارنده شوری را بیشتر از سویه‌های تهیه شده از مناطق غیرشور تحمل کرده و قادرند تا در شرایط شور، کلنیزاسیون موفق‌تری داشته باشند.

### کودهای زیستی

گرچه یونجه توانایی زیادی در استفاده از عناصر غذایی ذخیره شده در خاک دارد و وابسته به نیتروژن معدنی نیست، ولی نیاز آن به فسفر (به دلیل تحرک کم فسفر در خاک) و پتاسیم از دیگر گیاهان بیشتر بوده و حساسیت زیادی به کمبود عناصری از جمله گوگرد، مولیبدن، آهن، فسفر، کلسیم و پتاسیم در خاک نشان می‌دهد زیرا مواد معدنی نقش مهمی در حیات گیاه و تشکیل آنزیم نیتروژناز دارا هستند. گزارش شده که رشد گره‌ها، فعالیت آنزیم نیتروژناز و فعالیت آنزیم‌های تقویت‌کننده نیتروژناز (آنزیم‌های

سنتزکننده گلوتامات) درماشک به شکل معنی‌داری در مقابل مصرف کودهای زیستی فسفره (*Vicia villosa* Roth) افزایش نشان داده‌اند. همچنین رشد بقولات تثبیت نیتروژن در آن‌ها وابستگی زیادی به میزان فسفر دارد. برای رسیدن به حداکثر رشد و تولید بذرمناسب، کاربرد کودهای فسفردار بسیار مفید و مؤثر خواهد بود. مقدار مصرف کودهای فسفردار با تعیین سطح فسفر قابل استفاده در خاک مشخص می‌شود. با نظر پژوهشگران باید حداقل ۵۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل در هکتار، در زمان کاشت یونجه‌های یک ساله برای افزایش فعالیت‌های بیولوژیکی و بهبود عملکرد علوفه و بذر مصرف شود. در تناوب غله - گیاه علوفه‌ای به واسطه نیاز شدید یونجه‌های یک‌ساله به فسفر، درسال‌هایی که مزرعه برای تولید علوفه و چراگاه استفاده می‌شود، می‌بایست به اندازه کافی کود فسفر بکار برد تا تولید علوفه و بذر به صورت مطلوب انجام شود. از جمله گونه‌های یونجه یک-ساله که در ایران از محصول کمی و کیفی خوبی برخوردار است یونجه یک‌ساله رقم اسکوتالاتا بوده، که دارای کیفیت علوفه و بذر بالایی نیز است.

کیفیت یونجه به عنوان یک نشانگر مقایسه و ارزیابی نقش بسیار مهمی در ارزش غذایی و اقتصادی محصول گیاهان علوفه‌ای دارد. برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که رابطه مثبتی بین تجمع نیتروژن و میزان استفاده از کود فسفره وجود دارد. از این‌رو فسفر افزون‌بر نقش مهم در عملکرد کمی علوفه می‌تواند با افزایش جذب عناصری مانند نیتروژن باعث بیشتر شدن عملکرد کیفی علوفه شود.

نتایج بررسی اثر کمبود فسفر بر چند گونه لگوم (*Medicago polymorpha*) نشان داد که گونه‌ها در شرایط کمبود فسفر، ریشه‌های کوتاه‌تر و ضخیم‌تر با وزن ریشه کمتری تولید کردند. از این‌رو با توجه به نقشی که ریشه این گیاهان به صورت همزیستی با ریزوبیوم و میکوریزا در تثبیت نیتروژن، حاصلخیزی خاک و جذب دیگر عناصر دارند، مطالعه تأثیر کود فسفره به عنوان یک عامل تأثیرگذار بر فعالیت همزیستی گیاهان لگوم مهم به نظر می‌رسد.

کودهای زیستی متشکل از ریزجانداران از جمله باکتری‌ها و قارچ‌های مفیدی هستند که نقش مهمی در تثبیت نیتروژن و رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم و آهن از ترکیبات نامحلول آن‌ها دارند. در این میان کودهای زیستی با نقش مهمی که دراز بین رفتن برخی

از عناصر از جمله فسفر دارد می‌توانند به صورت آمیختن با کود فسفره جذب عناصر را تحت تأثیر خود قرار دهند. این کودها، دارای باکتری حل‌کننده فسفات از گونه سودوموناس پوتیدا است که با استفاده از دو سازوکار ترشح اسیدهای آلی و اسید فسفات از باعث تجزیه ترکیبات فسفره نامحلول و در نتیجه قابل جذب شدن آن برای گیاه می‌شوند. با توجه به تغییرات شدید غلظت فسفر قابل جذب در ریزوسفر گیاه، استفاده از کودهای بیولوژیک آزادکننده فسفر تا حدود زیادی می‌توانند مشکلات جذب این عنصر را تعدیل بخشیده و بر جذب دیگر عناصر در گیاهان به ویژه در گیاهان علوفه‌ای به عنوان یک معیار کیفی تأثیرگذار باشند.

### تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه در کاهش تأثیر تنش‌های شوری

تنش هنگامی روی می‌دهد که عوامل محیطی در سطحی فراتر یا زیر سطح مفید و یا خارج از دامنه قابل تحمل گیاه واقع شوند که این مسئله به ویژه در مورد عناصر غذایی آشکارتر است. غلظت‌هایی که عناصر غذایی اثر خود را اعمال می‌کنند، بیشتر از یونی به یون دیگر و از گیاهی به گیاه دیگر متفاوت است. این مسئله به‌ویژه در مورد یون‌های غیرضروری همچون سدیم و کلر که نقش چندانی در سوخت‌وساز گیاه ندارند، آشکارتر است.

در خصوص شوری تعریف‌های گوناگونی ارائه شده است، اما به طور کلی، خاک‌هایی که هدایت الکتریکی محلول آن‌ها بیشتر از چهار دسی‌زیمنس بر متر باشد، خاک‌های شور نامیده می‌شوند (Lomond and Whitney, 1992). در بیشتر گیاهان زراعی، مرحله جوانه‌زنی حساس‌ترین مرحله به تنش شوری است. شوری با افزایش فشار اسمزی و در نتیجه کاهش جذب آب و همچنین از راه اثرات سمی یونی جوانه‌زنی بذور را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از این‌رو عمده‌ترین مشکل پیشرو در راستای تولید محصول در این مزارع مربوط به جوانه‌زنی و استقرار مناسب گیاهچه در مزرعه است. پیدایش سریع و یکنواخت گیاهچه‌ها در مزرعه عاملی مهم در دستیابی به عملکرد کمی و کیفی بالقوه گیاهان زراعی است.

یونجه یکی از مهم‌ترین و باکیفیت‌ترین گیاهان علوفه‌ای است که در میان گیاهان زراعی از جایگاه ویژه برخوردار است. گزارش منتشر شده در رابطه با تحمل به شوری در یونجه نشان می‌دهد که این گیاه از نظر مقاومت به شوری در گروه گیاهان نیمه متحمل قرار دارد. در حال حاضر، تقویت زیستی بذر با به کارگیری باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه از جمله کارآمدترین روش‌های پرایمینگ<sup>۱</sup> بذر بوده و در حال جایگزین تدریجی با کودهای شیمیایی است. پرایمینگ بذر فناوری است که به واسطه آن بذور پیش از قرار گرفتن در بستر خاک و مواجهه با شرایط اکولوژیکی محیط، به لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به دست می‌آورند. این امر می‌تواند سبب تظاهرات زیستی و فیزیولوژیکی بسیاری در بذر پرایم شده و گیاه حاصل از آن مانند چگونگی جوانه‌زنی، استقرار اولیه گیاه، بهره‌برداری از نهاده‌های محیطی، زودرسی، افزایش کمی و کیفی محصول شود.

باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه از طریق ساز و کارهای متفاوت بر شاخص‌های گوناگون رشد تأثیر می‌گذارند. از جمله این سازوکارها می‌توان به تولید و ترشح تنظیم‌کننده‌های رشد مثل اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، سیتوکنین‌ها، تثبیت نیتروژن، توان حل‌کنندگی فسفات‌های نامحلول و دیگر عناصر غذایی و نیز کنترل عوامل بیماری‌زای گیاهی اشاره کرد.

بیشتر باکتری‌های محرک رشد گیاه که در تحقیقات سال‌های جدید استفاده شدند به جنس‌های آزوسپریلیوم، ازتوباکتر، سودوموناس وریزوبیوم مربوط هستند. پیدایش سریع و یکنواخت گیاهچه‌ها در مزرعه از جمله عوامل مؤثر در استقرار و حصول تراکم بوته مطلوب برای دستیابی به عملکرد کمی و کیفی بالقوه گیاهان زراعی است که به دنبال مصرف باکتری‌های محرک رشد گیاه ایجاد می‌شود.

---

<sup>۱</sup> Priming

## توصیه‌ها

- یک مزرعه مناسب برای کاشت یونجه باید دارای خاکی با بافت لوم- شنی یا لوم-رسی با تهویه و زهکشی مناسب، عمقی بیش از یک متر، واکنش (pH) در حدود ۶/۵ تا ۷/۵ و EC کمتر از ۲ دسی زیمنس برمتر باشد. کشت یونجه در خاک‌هایی که سطح آب زیرزمینی کمتر از یک متر است توصیه نمی‌شود.
- با توجه به نیاز آبی زیاد یونجه، وجود منابع آبی مناسب نیز از عوامل مهم در انتخاب محل کاشت است.
- لازم است که پیش از کاشت بذور یونجه با مایه تلقیح *Rhizobium meliloti* تلقیح شده و سپس کشت شوند تا عمل همزیستی و تثبیت نیتروژن به صورت موفقیت‌آمیزی انجام شود.
- با توجه به میزان پایین کربن آلی و در پی آن مقادیر اندک نیتروژن خاک، مصرف این عنصر در بیشتر خاک‌های کشور ضروری است.
- در بین کودهای نیتروژنه استفاده از نترات آمونیوم باعث افزایش کارایی مصرف نیتروژن در گیاه می‌شود و توان تثبیت نیز افزایش می‌یابد و استفاده از آن بر دیگر کودها برتری دارد.
- پیش از هنگام کاشت میزان ۵۰ کیلوگرم اوره یا ۷۵ کیلوگرم نترات آمونیوم در هکتار توصیه می‌شود. در صورت آغشته کردن بذر یونجه به باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، افزایش ۱۰ تا ۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در هنگام کشت یونجه کافی خواهد بود.
- حد بحرانی پتاسیم گیاه یونجه ۱/۷۵ درصد در ماده خشک گیاه است.
- کمبود پتاسیم در یونجه‌زارها باعث کاهش تراکم محصول می‌شود و رشد ساقه‌ها و ریشه‌ها کم شده و لکه‌های کوچک سفید یا زرد رنگ در اطراف برگچه‌ها نمایان می‌شود. به تدریج بافت‌های بین لکه‌ها آغاز به زرد شدن کرده و در برخی موارد حاشیه برگ به رنگ قرمز یا قهوه‌ای درآمده و برگچه‌ها به صورت فنجانی به سمت پایین متمایل می‌شوند و در صورت تشدید کمبود، برگ‌ها می‌ریزند.

- در خاک‌های شور از سولفات پتاسیم و در دیگر خاک‌ها از کلرور پتاسیم استفاده می‌شود. گیاه یونجه در غلظت ۱۲۰ تا ۱۴۰ قسمت در میلیون پتاسیم قابل استفاده در خاک، بهترین رشد را دارد که معادل ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسه خواهد بود. به دلیل نقش مؤثر پتاسیم در افزایش تولید محصول، افزایش مقاومت یونجه در برابر بیماری‌ها، خشکی و سرمای زمستانه، مصرف آن به‌ویژه در خاک‌های آهکی به هنگام کاشت در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول مؤثر است.

- فسفر باعث گسترش نظام ریشه‌ای گیاه شده و عملکرد را افزایش می‌دهد. استفاده از کودهای فسفره باعث افزایش مقاومت گیاه نسبت به آفات و بیماری‌ها می‌شود. در صورتی که گیاه دچار کمبود فسفر شود برگ‌ها به رنگ سبز تیره و یا بنفش درآمده و از نوک آغاز به خشک شدن می‌کنند. همچنین گره‌زایی متوقف شده و احتمال سرمازدگی در گیاه زیاد می‌شود.

- کاربرد ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفاتی سوپر فسفات تریپل، هنگامی که غلظت فسفر قابل جذب خاک، کمتر از ۱۵ میلی گرم در کیلوگرم باشد قابل توصیه است.

- کاربرد ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد هنگامی که غلظت آن در خاک کمتر از ۲۰ میلی گرم در کیلوگرم باشد، توصیه می‌شود.

- نشانه‌های کمبود بور عبارت‌اند از زردی و یا برنزه‌ای شدن برگ، که پس از تغییر رنگ مایل به قرمز در راستای حاشیه برگچه و سطح زیرین جوان‌ترین برگ‌ها به طور کامل توسعه پیدا می‌کند.

- استفاده از سه تا چهار کیلوگرم در هکتار از بور هر سه سال یک بار به طور کلی توصیه می‌شود. بور به صورت اسید بوریک، با ۲۴ درصد بورخالص، به کار می‌رود. بهتر است از کودهای دارای بور در یونجه‌زارهای جدید در اوایل پاییز استفاده شود.

- افزودن کودهای آلی به خاک در کوتاه مدت باعث تأمین بخشی از نیاز غذایی گیاه و افزایش فعالیت میکروبی خاک شده و در درازمدت باعث بهبود خواص فیزیکی خاک می‌شود. کودهای حیوانی که به طور کامل پوسیده شده‌اند را بایستی هم زمان با کاشت و یا هم‌زمان با مصرف کودهای شیمیائی مصرف نمود، چرا که با مصرف زود هنگام این کودها

مواد مغذی درون کودهای حیوانی نیز آبشویی شده و به هدر می‌رود. از این‌رو مصرف تا ۳۰ تن کود حیوانی پوسیده پیش از کشت یونجه توصیه می‌شود.

- از آنجا که یونجه در مراحل نخستین رشد خود به‌ویژه در هنگام جوانه‌زنی نسبت به شوری بسیار حساس است، در صورت کشت در خاک‌های با شوری کم، لازم است پیش از کشت با انجام آبیاری سنگین شوری را کاهش داده و یا در صورتی که از آب با شوری کم استفاده می‌شود در چند نوبت نخستین آبیاری از آب شیرین استفاده شود.

- افزون‌بر بالا بودن ارزش غذایی یونجه و نقش آن در تغذیه دام‌ها، کاشت این گیاه به‌عنوان کود سبز در دوره‌های تناوب زراعی برای تقویت ویژگی‌های خاک ضروری است. کشت این نوع گیاهان در خاک‌های کشاورزی که در اثر کشت پیوسته جرم مخصوص ظاهری در آن‌ها افزایش، نفوذپذیری کاهش و سرانجام فشرده شده‌اند توصیه می‌شود.

- با توجه به طولانی بودن دوره رشد یونجه و برداشت چند چین محصول در سال، تجزیه شیمیایی خاک و گیاه برای شناخت و رفع کمبود عناصر غذایی و توصیه کودی ضروری است. مقدار مصرف کودهای شیمیایی در زراعت یونجه بستگی به توان عرضه عناصر غذایی خاک، میزان محصول، مرحله رشد و تعداد چین، آب و هوا و مدیریت مصرف دیگر کودها دارد. از این‌رو پیش از کشت با انجام آزمون خاک بایستی وضعیت حاصلخیزی خاک از نظر درصد مواد آلی، فسفر و پتاسیم مشخص شود تا در صورت نیاز کود لازم به خاک اضافه و مخلوط شود. مصرف فسفر بعد از کشت به‌صورت سرک به هیچ وجه توصیه نمی‌شود و برای پتاسیم در صورتی که خاک سبک باشد می‌توان آن را بعد از کشت به سطح خاک اضافه کرد.

- گیاه یونجه از راه هم‌زیستی با باکتری‌های خانواده ریزوبیوم در صورت فراهم بودن شرایط مناسب، قادر است نیاز نیتروژنه خود را تأمین کند، از این‌رو از مصرف نیتروژن به جز در آغاز فصل رشد به‌عنوان شروع‌کننده (استارتر) باید خودداری شود. به علت امکان هم‌زیستی ریشه یونجه با باکتری‌های هم‌زیست تثبیت‌کننده نیتروژن هوا، مصرف کودهای نیتروژنی به جز در خاک‌های دارای ماده آلی کم به هنگام کاشت و در خاک‌های با عملکرد زیاد یونجه و با دوره چندین ساله برداشت به صورت سرک، توصیه نمی‌شود.

- عناصر ریزمغذی به‌ویژه روی، منگنز، بور و مولیبدن در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول نقش مهمی دارند. با توجه به سرشت آهکی و تا اندازه‌ای زیاد بودن واکنش بیشتر خاک‌های زیرکشت این محصول، کمبود این عناصر غیرمنتظره نیست و از این‌رو دلیل توجه به مصرف کودهای دارای عناصر ریزمغذی با توجه به نیاز گیاه در طول دوره رشد ضروری است.

## منابع

- ۱- افراسیابی، م.، امینی‌دهقی، م. و مدرس ثانوی، ع. ۱۳۹۰. تأثیر کود بیولوژیک فسفر بارور ۲ و سوپر فسفات تریپل بر عملکرد، کیفیت و جذب عناصر در یونجه یک‌ساله گونه اسکوتالاتا (*Medicago scutellata*, cv.). مجله دانش زراعت/ سال چهارم/ شماره ۴.
- ۲- خاوازی، ک و همکاران. ۱۳۹۳. "برنامه جامع حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه ۱۴۰۴-۱۳۹۳ در راستای افزایش خود کفایی محصولات زراعی راهبردی" جلد اول: وضعیت حاصلخیزی خاک/ نظام تامین، توزیع و مصرف کود، نیازهای پژوهشی، آموزشی و ترویجی/ کنترل کیفی کود و ملاحظات محیط‌زیستی. ناشر: موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج. ایران.
- ۳- درویشی، ب.، پوستینی، ک. و توکل افشاری، ر. ۱۳۸۴. واکنش فتوسنتزی ۴ رقم یونجه بومی ایران نسبت به تنش شوری. مجله علوم کشاورزی ایران. سال ۶، شماره ۳۶.
- ۴- شهابی، ع.ا و ملکوتی، م.ج. ۱۳۷۹. ضرورت افزودن پتاسیم به خاک‌های کشور، قسمت دوم: پتاسیم عنصر کیفیت. انتشارات نشر آموزش کشاورزی، نشریه فنی ۱۱۱. ۱۹ صفحه.
- ۵- الفتی، م. ۱۳۷۵. چگونگی استفاده از کودهای شیمیایی و آلی در افزایش تولید یونجه. انتشارات نشر آموزش کشاورزی، نشریه فنی شماره ۶، ۱۱ صفحه.
- ۶- کریمی، ه. ۱۳۶۹. یونجه. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی. چاپ اول. ۳۷۱ صفحه.
- ۷- معاونت برنامه‌ریزی راهبردی رئیس جمهور و سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور. ۱۳۸۷. ضوابط و دستورالعمل‌های فنی مرتع (دستورالعمل تبدیل دیم زارهای کم بازده و پر شیب به مراتع دست کاشت). نشریه شماره ۴۱۸. تهران. ایران.
- ۸- معمار کوچه باغ، ا و بشارتی، ح. ۱۳۹۱. اثر آلودگی کادمیم بر رشد یونجه و تثبیت بیولوژیک نیتروژن توسط جدایه‌های بومی سینوریزوبیوم ملیوتی. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). شماره ۲۶.
- ۹- ملکوتی، م.ج.، امیرمکری، ه. و متشرع زاده، ب. ۱۳۷۹. نگرشی بر وضعیت مصرف انواع کودها در جهان و ایران. انتشارات فنی معاونت ترویج کشاورزی. ۲۴ صفحه.

- ۱۰- ملکوتی، م.ج. ۱۳۷۹. دستیابی به اهداف برنامه سوم توسعه از طریق همگانی کردن مصرف بهینه کود در کشور. نشر آموزش کشاورزی، نشریه فنی ۱۱۰. ۲۰ صفحه.
- ۱۱- ملکوتی، م.ج. و غیبی، م.ن. ۱۳۷۹. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی مؤثر در خاک، گیاه و میوه. نشر آموزش کشاورزی، چاپ دوم. ۹۲ صفحه.
- ۱۲- ملکوتی، م.ج.، مجیدی، ع.، بلالی، م.، درودی، س.، داودی، م.ج. و شهبازی، ک. ۱۳۷۹. توصیه بهینه کودی برای محصولات زراعی و باغی استان آذربایجان غربی. نشریه فنی شماره ۱۹۶. نشر آموزش کشاورزی، چاپ اول. ۳۹ صفحه.
- ۱۳- منیری فر، ح و همکاران. ۱۳۹۴. راهنمای یونجه (کاشت، داشت، برداشت). ویژه طرح بسیج همگام با کشاورز. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و سازمان بسیج مهندسين کشاورزی و منابع طبیعی و پژوهشکده خودکفایی و امنیت غذایی.
- ۱۴- واعظی، ع و ملکوتی، م.ج. ۱۳۷۹. ضرورت مصرف بهینه کود برای افزایش عملکرد یونجه. انتشارات نشر آموزش کشاورزی، نشریه فنی شماره ۱۵۸، ۱۷ صفحه.
- ۱۵- یونسی، ا.، پوستینی، ک.، چایچی، م. و پوربابایی، ا. ۱۳۹۱. کاربرد باکتری‌های محرک رشد بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذور دو رقم یونجه تحت شرایط تنش شوری. مجله به زراعی کشاورزی، دوره ۱۴، شماره ۲.
- 16-Collins, M. and Duke, SH. 1981. Influence of potassium fertilization rate and form on photosynthesis and N<sub>2</sub> fixation of alfalfa. Crop Science.21: 4, 481-485.
- 17-Gething, P.A. 1986. Improving returns from nitrogen fertilizer: the potassium – nitrogen partnership. International potash institute, Bern (IPI). Reseach topics. No.13.Bern, Switzerland.
- 18-Jafarnejadi, A.R. and Malakouti M.J. 1999. Effect of potassium and micronutrients on yield and quality of sugarcane in Khuzestan province. International Symposium on Balanced Fertilization and Crop Response to Potassium. Soil & Water Res. Ins. And Int Potash Ins., Tehran, Iran.
- 19-Khademi, Z., Balali, M.R. and Malakouti, M.J. 1999. Potassium accumulation and crop yield related to potassium fertilizer rate. International Symposium on Balanced Fertilization and Crop Response to Potassium. Soil & Water Res. Ins. And Int Potash Ins., Tehran, Iran.

- 20-Krauss, A. 1992. Role of Potassium in nutrient efficiency. 4th National congress of Soil science. Islamabad. Pakistan.
- 21-Krauss, A. 1993. Role of potassium in nutrient fertilizer efficiency regional symposium on K-availability of soil in west Asia and North Africa. Status and perspectives. Soil and water research institute and international potash institute. Tehran. Iran.
- 22-Larson, W.E., Barnes, R.F. and Runge, E.C.A. 1985. In: R.D. Manson(Ed), Potassium in agriculture. Amer. Soc. Agronomy, Crop Sci. Soc. Amer, and Soil Sci. Amer.
- 23-Lomond, R.E. and Whitney, D.A. 1992. Management of saline and sodic soils. Kansas state univer. Department of Agronomy.
- 24-Malakoti, M.J. and Mirsolaymani, M.Y. 1993. Response of potato to potassium in the calcareous soils of Iran. Symposium on K availability of Soils in west Asia and North Africa: Status and perspective, Tehran, Iran.
- 25-Manrique, L.A. 1992. Potato production in tropics: crop requirments, J. Plant. Nut. 15-(12)-2679-2726.
- 26-Mays, D.A. 1977. Sulfure coated KCl fertilizer for alfalfa. Sulphur in Agriculture. 1:4-6
- 27-Peck, N.H. 1980. Plant response to concentrated superphosphate and potassium chloride fertilizers. Search Agriculture. No 12. 10pp.
- 28-Pretty, K.M. and Stangel, P.J. 1985. Current and future use of worldpotassium. In: R.D. Munson (ed), Potassium in agriculture, Amer. Soc. Agronomy, Crop Sci. Soc. Amer and Soil. Sci. Soc. Amer. pp :413-423.
- 29-Roberts, S. and Dole, R.Mc. 1985. Potassium nutrition of potato. In: R.D. Munson (Ed). Potassium in agriculture. Amer. Soc. Agronomy. Madison. W.I.
- 30-Simons, R.G., Grant, C.A. and Baily, L.D. 1995. Effect of fertilizer placement on yield of established alfalfa stands. Can. J. Plant. Sci. 75: 4, 883-887.



Islamic Republic of Iran



MINISTRY OF AGRICULTURE – JAHAD  
Agricultural Research, Education and Extension Organization  
Soil and Water Research Institute

# Guidelines for Integrated Management of Nutrition and Fertilization of Alfalfa Crop

Ramin Iranipour

2020

