بسم الله الرحمن الرحیم

تغذیه گیاهی در شرایط دیم

یاسر عظیم زاده

Yaser.azimzadeh@gmail.com

مهر ۱۴۰۱

منظور از زراعت دیم چیست؟

ویژگی	Dryland farming
آبیاری	بدون آبیاری با بارندگی معمولاً ناکافی
بارندگی سالانه (میلی‌متر)	کمتر از ۸۰۰-۷۵۰
میزان رطوبت خاک	کم
فصل رشد (تعداد روز)	کمتر از ۲۰۰
مناطق رشد	خشک و نیمه‌خشک و آپ‌لندهای نیمه‌مرطوب
محدودیت‌ها	فرسایش بادی و آبی و محدودیت‌های مربوط به خاک

به طور کلی خاک هایی که بیش از یک درصد کربنات کلسیم یا آهک داشته باشند آهکی هستند و بیش از ۹۰ درصد از خاک‌های ایران ازجمله اکثر خاک‌های دیم، آهکی هستند!

بیش از یک سوم خاک‌های دنیا (کربنات کلسیم از چند درصد تا بیش از ۹۵ درصد).

خاک‌های آهکی چه محدودیت‌هایی دارند؟

۱) محدودیت رطوبت، آبشویی و نقل انتقال مواد و املاح محلول = **آهک زیاد، درجه اشباع بازی تقریباً صددرصد و pH خنثی تا قلیائی.**

۲) pH قلیایی (**بین ۷ تا ۸/۳**). pH می‌تواند **تا بیش از ۹** نیز افزایش یابد.

۳) اغلب **دارای شیب** = مقدار **آبدوی، فرسایش** و **حرکت خزشی خاک** بیشتر و مقدار **آب نفوذی** به خاک و **مقدار آب ذخیره شده** کم. **تکامل پروفیلی خاک** کم. به طور کلی، افزایش درصد شیب زمین باعث کاهش آبشویی، میزان مواد آلی، نقل و انتقال رس، هوادیدگی کانی‌ها، تمایز بین افق‌های خاک و کاهش **ضخامت سولوم خاک** می‌گردد.

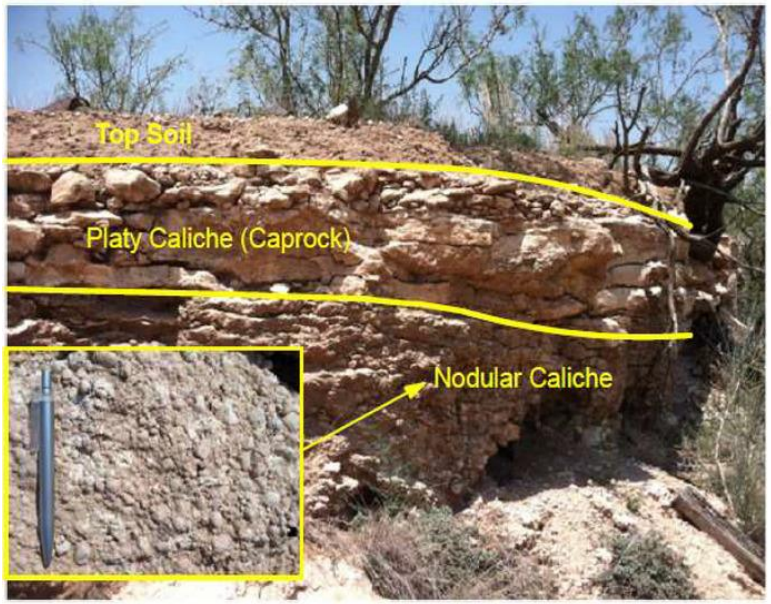
۴) **تولیدات بیولوژیکی** در خاک‌های دیم کم و در نتیجه **مواد آلی** و **فعالیت زیستی** آنها کمتر از خاک‌های آبی است.

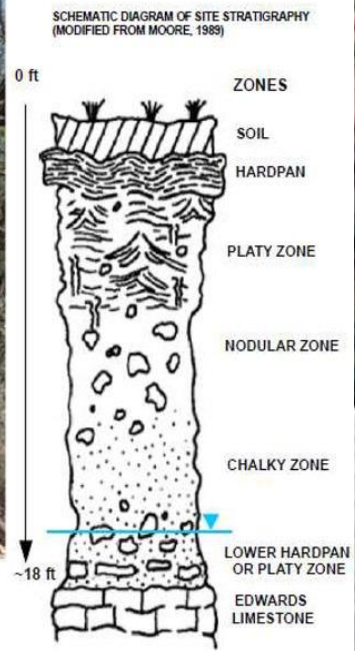
۵) به علت **پایین بودن سطح آب ایستابی**، عدم آبیاری و استفاده کمتر از کود و اصلاحگر در اراضی دیم، **شوری** این خاک‌ها کمتر از اراضی آبی است.

۶) وجود کلسیم محلول در خاک‌های آهکی باعث به هم پیوستن ذرات خاک شده و از پراکندگی ذرات رس جلوگیری می‌کند؛ بنابراین **باعث ایجاد ساختار خاکدانه‌ای مناسب** می‌شود. خاک‌های آهکی در شرایط هم‌آوری شده (گرانوله) باقی می‌مانند. این خاک‌ها به دلیل وجود منافذ زیاد در برابر آب و هوا قابل‌نفوذاند. **ساختمان ضعیف در صورت زیادی آهک**

۷) **تشکیل سله:** بر اثر **انحلال کربنات و تبدیل به بی کربنات** بعد از بارندگی (از چند سانتی متر تا بیش از ۲۰ سانتی متر)

۸) **تشکیل لایه پتروکلسیک یا تشکیل کلیچه (Caliche یا Calcrete):** کلیچه از جنس کربنات کلسیم بسیار سفت و سخت (تقریباً سنگ شده) است که معمولاً در پروفیل خاک‌های آهکی تشکیل می‌شود و به‌عنوان یک سخت لایه سفت و غیرقابل نفوذ شناخته می‌شود. شبیه سنگ آهک است ولی برخلاف سنگ آهک، در داخل کلیچه فسیلی یافت نمی‌شود.





۹) **تصعید آمونیاک:** در محلول خاک، یون‌های آمونیوم با گاز آمونیاک در تعادل است؛ بنابراین **در pHهای بالا** (بیش از ۷/۵)، تصعید آمونیاک از خاک را خواهیم داشت. کلوییدهای خاک (رس و هوموس) آمونیاک را جذب و مانع از تصعید می‌شوند؛ بنابراین در خاک‌های آهکی با **بافت سبک** و **مواد آلی کم** تصعید آمونیاک زیاد است. **تصعید آمونیاک** از خاک وقتی **خاک گرم** می‌شود و نیز وقتی **خشک** می‌شود افزایش می‌یابد.

۱۰) **کمبود فسفر قابل‌جذب:** فسفر در خاک‌های اسیدی توسط آهن و آلومینیوم و در خاک‌های آهکی و قلیایی توسط کلسیم و منیزیم تثبیت می‌شود. مناسب‌ترین pH برای فراهمی‌فسفر pH=6/5 است. در خاک‌های آهکی ممکن است گیاه علایمی‌از کمبود فسفر را نشان ندهد ولی به علت کمبود فسفر افت عملکرد داشته باشد. فسفر در ابتدای افزوده شدن به خاک آهکی به سرعت و شدت تثبیت می‌شود ولی با گذشت زمان از سرعت و شدت تثبیت آن در خاک کاسته می‌شود.

۱۱) **تثبیت ترکیبات آهن:** مقدار کل آهن در خاک بسیار بیشتر از نیاز گیاه است ولی آهن فراهم در خاک بسیار کمتر از مقدار کل آن می‌باشد. فراهمی‌آهن در خاک وابسته به pH و پتانسیل ریداکس خاک است؛ به طوری که فراهمی‌آهن با کاهش pH و پتانسیل ریداکس خاک افزایش می‌یابد. در خاک‌های آهکی به علت pH قلیایی، گیاهان با خطر کمبود آهن مواجه هستند

۱۲) **کمبود نیتروژن**

۱۳) **فراهمی کم عناصر غذایی کم‌مصرف ازجمله آهن، منگنز، مس، روی، بر و مولیبدن**

۱۴) **عدم تعادل بین عناصر غذایی مانند پتاسیم، منیزیم و کلسیم**

۱۵) **ظرفیت تبادل کاتیونی کم**

۱۶) **هدررفت عناصر غذایی از طریق فرسایش**

۱۷) **ظرفیت کم نگهداری رطوبت**

مدیریت حاصلخیزی خاک‌های آهکی

- ✓ در خاک‌های آهکی در صورتی که خاک زیرین دارای آهک بیشتری باشد، برای **اجتناب از انتقال آهک زیرین** به لایه‌های سطحی خاک، از انجام شخم عمیق با گاوآهن برگردان‌دار به شدت اجتناب شود.
- ✓ معمولاً میزان مواد آلی خاک‌های آهکی کم است و علاوه‌برآن، مواد آلی در این خاک‌ها بر اثر قرار گرفتن کربنات کلسیم در سطوح آنها به طور فیزیکی محصور شده و از دسترس بخش فعال خاک یعنی همان قسمت بالایی پروفیل خاک خارج می‌گردند. با **افزودن مقدار کافی کود دامی، کمپوست و یا کود سبز** به این خاک‌ها، بر اثر افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک و افزایش ترشحات آلی آنها و همچنین افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن ناشی از تجزیه مواد آلی و تنفس میکروارگانیسم‌ها و اسیدی شدن خاک، ترکیبات کربناته محصورکننده مواد آلی حل می‌شود.
- ✓ برای نفوذ بهتر آب و ریشه به لایه‌های پایین‌تر خاک‌های آهکی، **باید سخت‌لایه کربنات کلسیم (پتروکلسیک) شکسته شود.**
- ✓ به علت pH زیاد و فرایندهای تثبیت، **مدیریت کودها در خاک‌های آهکی متفاوت** از خاک‌های غیرآهکی است.
- ✓ استفاده از سیستم **جایگذاری کود** در اراضی دیم به علت کمبود رطوبت یک ضرورت است و اهمیت آن در خاک های آهکی دیم بیشتر است.
- ✓ برای جلوگیری از **تصعید آمونیاکی نیتروژن**، کودهای نیتروژنی با منبع آمونیاکی و اوره نباید در خاک‌های آهکی به صورت سطحی به کار برده شود.
- ✓ فراهمی عناصری مانند فسفر و عناصر کم مصرف در خاک‌های آهکی کم است. باید توجه کرد که با افزایش میزان مصرف کودهای فسفری ممکن است **فراهمی عناصر کم مصرف** بیشتر دچار محدودیت شود.
- ✓ در خاک‌های آهکی می‌توان برای افزایش راندمان مصرف کود، **کودهای فسفری را به صورت محلول‌پاشی و به صورت تقسیطی** نیز مصرف نمود.

خاک‌های آهکی را چگونه باید اصلاح کرد؟

گوگرد علاوه بر نقش تغذیه‌ای برای گیاهان و مبارزه با برخی از عوامل بیماری‌زای گیاهی، به عنوان یک ماده اصلاحی در خاک های آهکی برای کاهش pH خاک و بهبود برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مطرح است.

میزان گوگرد قابل استفاده ۳۷ درصد از خاک‌های تحت کشت گندم در کشور کمتر از حد بحرانی (۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) می‌باشد. به عبارت دیگر حدود ۳۷ درصد از اراضی تحت کشت گندم به کاربرد گوگرد نیازمندند.

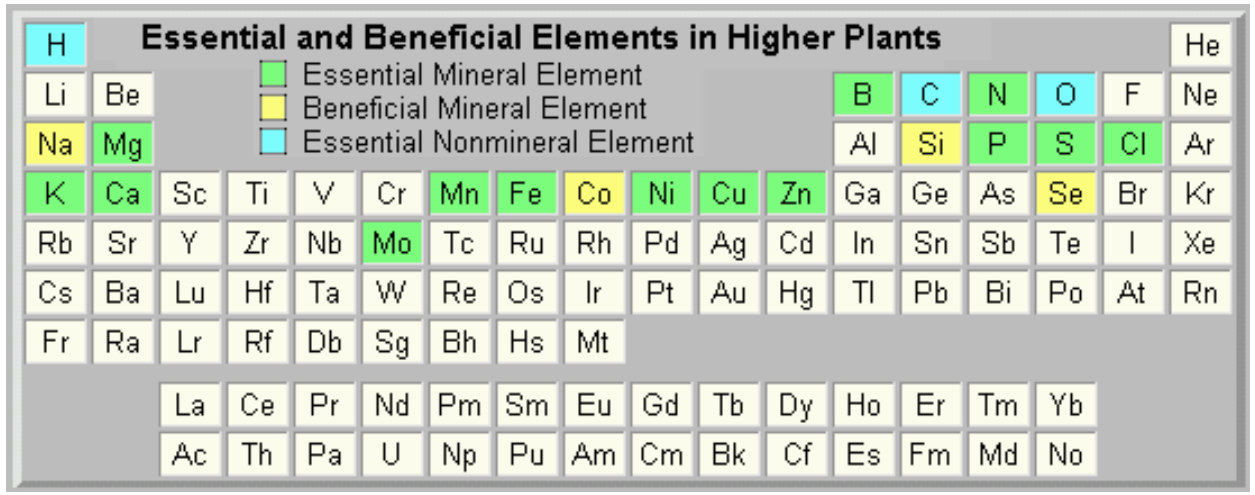
گوگرد عنصری --- اکسایش (زیستی) --- (تیوباسیلوس ۲٪) --- مواد آلی

توجه!

- کاربرد گوگرد در خاک ۲ تا ۴ ماه قبل از کشت توصیه می‌شود و بعد از افزودن باید با خاک مخلوط شود.
- گوگرد باید همراه با کود دامی پوسیده و باکتری تیوباسیلوس و در مقادیر توصیه شده مصرف شود.
- مقدار مناسب گوگرد عنصری بسته به ویژگی‌های خاک ۱۰۰۰ – ۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار توصیه می‌شود.
- میزان مصرف باکتری تیوباسیلوس ۲ درصد گوگرد مصرفی می‌باشد (۲۰ – ۱۰ کیلوگرم بر هکتار).
- بعد از افزودن به خاک، در صورت دسترسی به آب، آن را آبیاری کنید.

تقسیم بندی عناصر غذایی بر اساس مقدار مصرف توسط گیاه

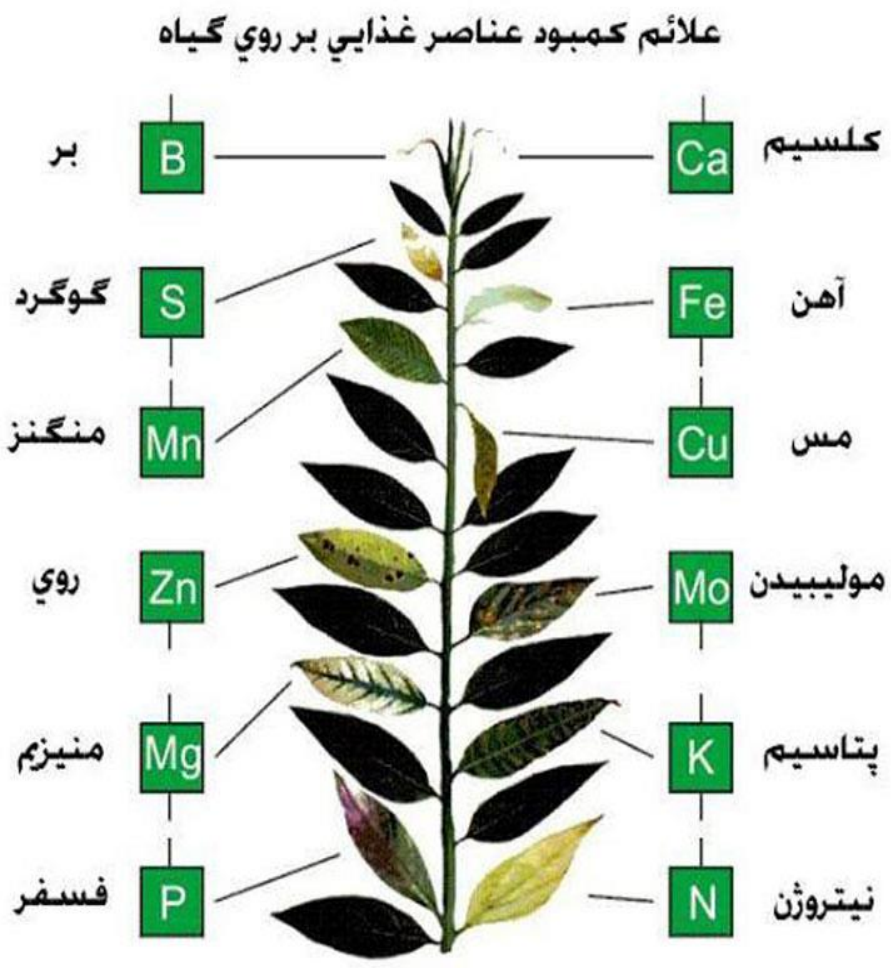
۱۷ عنصر غذایی ضروری				
عناصر کم‌مصرف (۸ عنصر)		عناصر پرمصرف (٦ عنصر)		عناصر غیرمعدنی (۳ عنصر)
عناصر غیرکودی	عناصر کودی	عناصر پرمصرف اولیه	عناصر پرمصرف ثانویه	
کلر و نیکل	آهن، منگنز، مس، روی، بر، مولیبدن	کلسیم، منیزیم، گوگرد	نیتروژن، فسفر، پتاسیم	کربن (۴۵٪)، اکسیژن (۴۵٪)، هیدروژن (۶٪)
٪۴				٪۹۶



عناصر غذایی متحرک در خاک و گیاه

عنصر	غلظت در ماده خشک گیاه (درصد)	وضعیت تحرک		عنصر	غلظت در گیاه (ppm)	وضعیت تحرک	
		در گیاه	در خاک			در گیاه	در خاک
نیتروژن	۱–۵	+	+، ±	آهن	۵۰–۲۵۰ ppm	–	–
فسفر	۰/۱–۰/۵	+	–	منگنز	۲۰–۲۰۰ ppm	–	–
پتاسیم	۰/۵–۰/۸	+	±	مس	۵–۲۰ ppm	–	–
کلسیم	۰/۲–۱	–	–	روی	۲۵–۱۵۰ ppm	±	–
منیزیم	۰/۱–۰/۴	±	–	بر	۶–۶۰ ppm	–	–
گوگرد	۰/۱–۰/۴	–	+	مولیبدن	۰/۰۵–۰/۲ ppm	±	–
				کلر	۰/۱–۱ ppm	–	+
				نیکل	۰/۱–۱ ppm	؟	؟

+: متحرک –: غیرمتحرک ± : کم‌تحرک



عناصر غذایی در چه فازهایی در خاک وجود دارند؟

فاز محلول: شامل کاتیون ها و آنیون‌های محلول.

بیشتر عناصر غذایی موجود در فاز محلول خاک به صورت یون هستند و به صورت یون جذب گیاه می‌شوند.

(اسید بوریک به صورت مولکولی و از طریق ریشه وارد گیاه می‌شود).

فاز تبادلی: شامل کاتیون‌ها و آنیون‌های موجود در سطوح تبادلی فاز جامد

فاز جامد: شامل عناصر موجود در ساختمان فاز جامد خاک (مانند پتاسیم موجود در ساختمان رس‌ها)

حاصلخیزی فعال (Active Fertility): مجموع عناصر غذایی موجود در فاز محلول و فاز تبادلی را به عنوان حاصلخیزی فعال خاک می‌نامند. این بخش از عناصر را بخش قابل‌جذب نیز می‌نامند.

حاصلخیزی ذخیره (Reserve Fertility): عناصر غذایی موجود در فاز جامد خاک را به عنوان حاصلخیزی ذخیره می‌نامند.

حاصلخیزی بالقوه (Potential Fertility): عناصر غذایی موجود در بخش حاصلخیزی ذخیره که می تواند وارد بخش حاصلخیزی فعال شود.

خاک حاصلخیز خاکی است که در آن، رهاسازی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از فاز RF به AF در حدی باشد که نیاز گیاه را تأمین کند.

در صورتی که تمام نیاز گیاه تأمین نشود می‌توان با کاربرد کودهای حاوی عناصر غذایی بقیه نیاز گیاه را تأمین کرد.

عنصر غذایی / علامت شیمیایی	ترکیب یونی (فرم) قابل جذب
هیدروژن (H)	H_2O
کربن (C)	CO_2^- , HCO_3^-
اکسیژن (O)	O_2 , H_2O
نیتروژن یا ازت (N)	NO_3^- , NH_4^+
فسفر(P)	PO_4^{-3} , $H_2PO_4^-$, HPO_4^{-2}
پتاسیم(K)	K^+
کلسیم (Ca)	Ca^{+2}
منیزیم (Mg)	Mg^{+2}
گوگرد (S)	SO_4^{-2}
مس (Cu)	Cu^{+2}, Cu^+
روی (Zn)	Zn^{+2}
مولیبدن (Mo)	MoO_4^{-2}
بُر (B)	$H_4B_2O_7$, BO_3^-, $H_4BO_3^-$
آهن (Fe)	Fe^{+3} , Fe^{+2}
منگنز (Mn)	Mn^{+2}

عناصر غذایی به چه شکل‌هایی توسط گیاه جذب می‌شوند؟

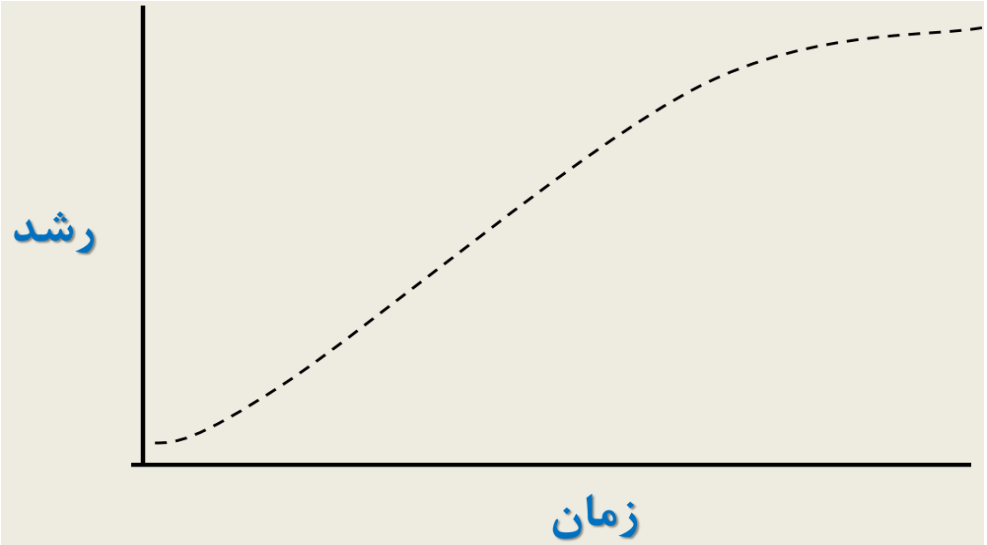
۱) کاتیون
۲) آنیون
۳) مولکول
۴) کلات

رشد: تقسیم سلولی (افزایش در تعداد) و بزرگ شدن سلول ها (افزایش در اندازه) در یک موجود زنده.

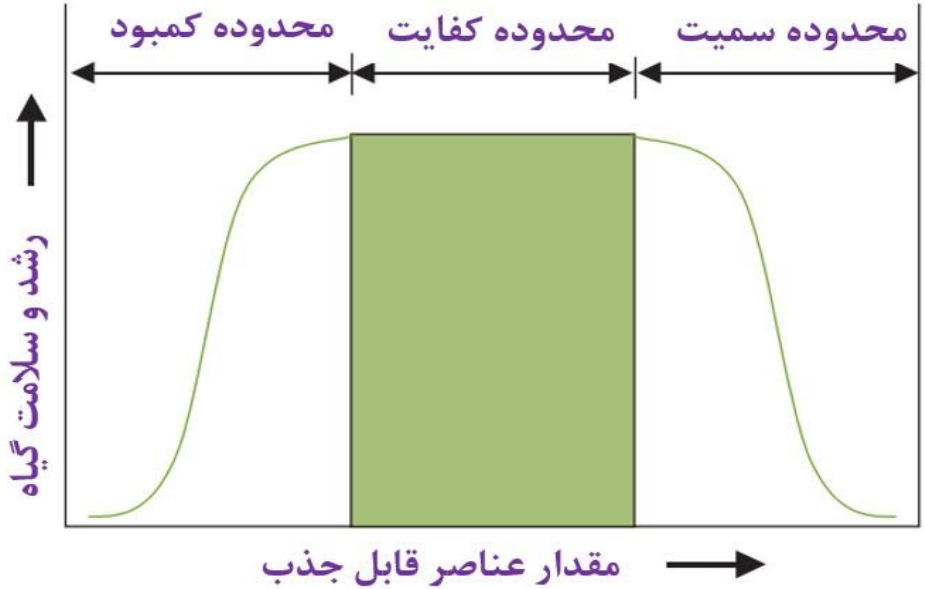
نمو: عبور از یک مرحله رشد به مرحله بعد.

باروری خاک (Soil Productivity): قدرت و توانایی خاک برای ایجاد حداکثر رشد و نمو برای گیاهان.

منحنی عمومی رشد

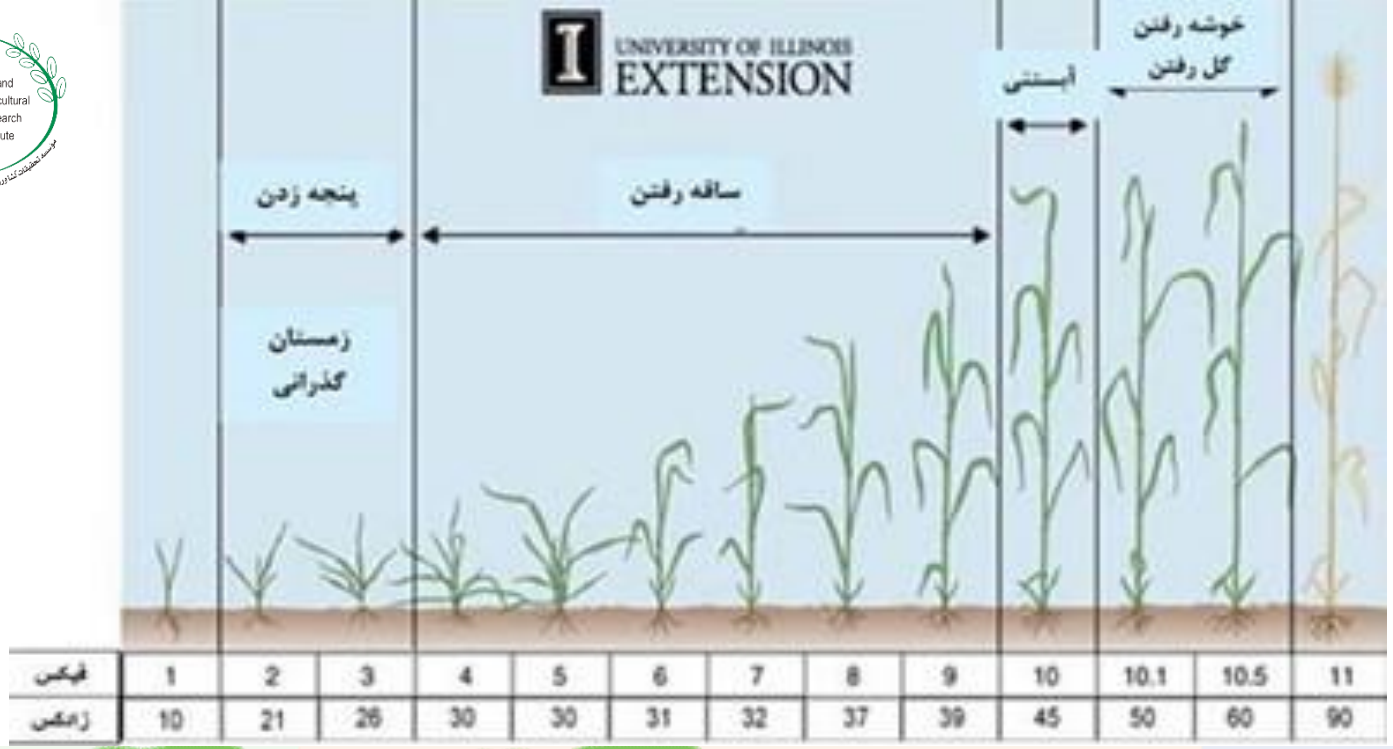


منحنی پاسخ گیاه



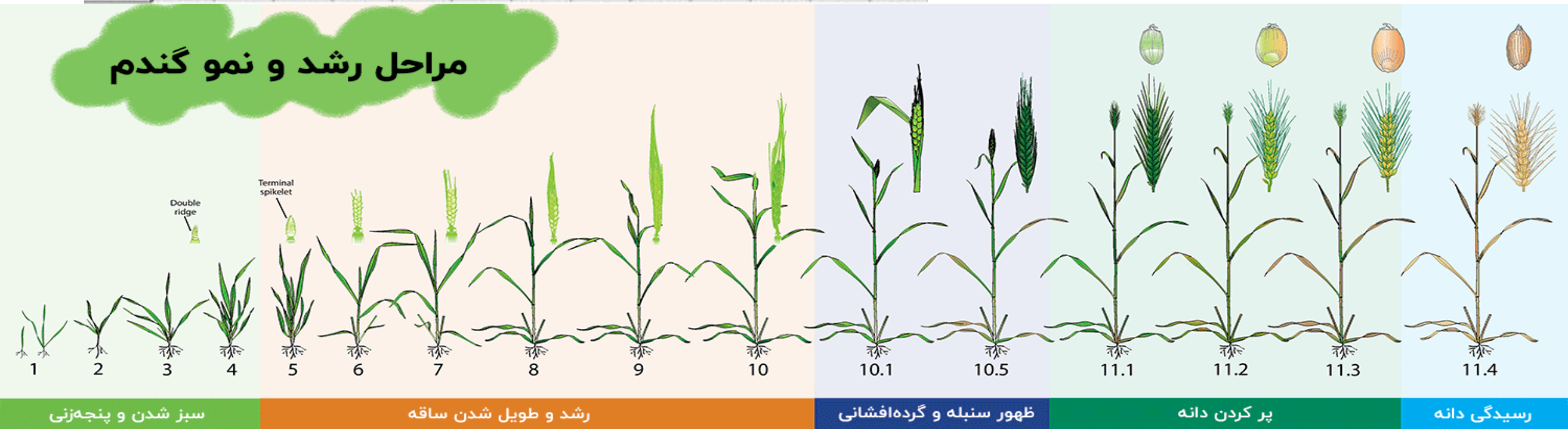
الگوی جذب عناصر غذایی

توجه به الگوی جذب عناصر غذایی بر اساس مراحل مختلف رشد به تعیین مقدار و زمان مصرف کود برای جلوگیری از بروز اثر کمبود عناصر کمک می‌نماید.



فیکس	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10.1	10.5	11
زمکس	10	21	26	30	30	31	32	37	39	45	50	60	90

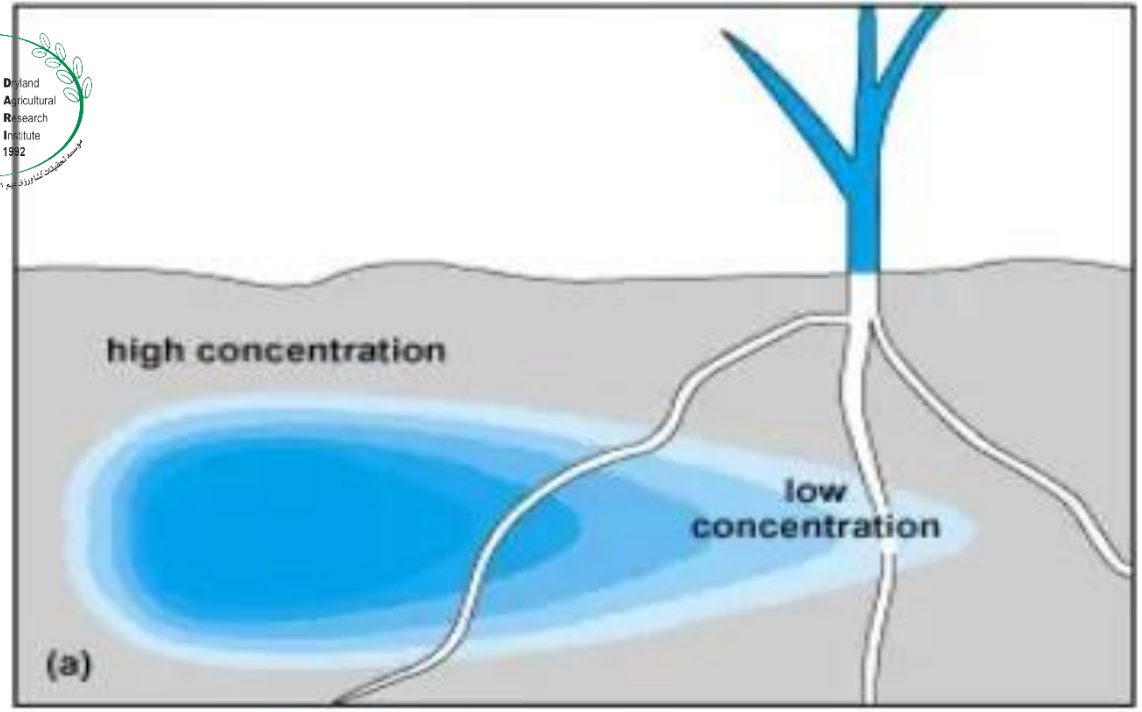
مراحل رشد و نمو گندم

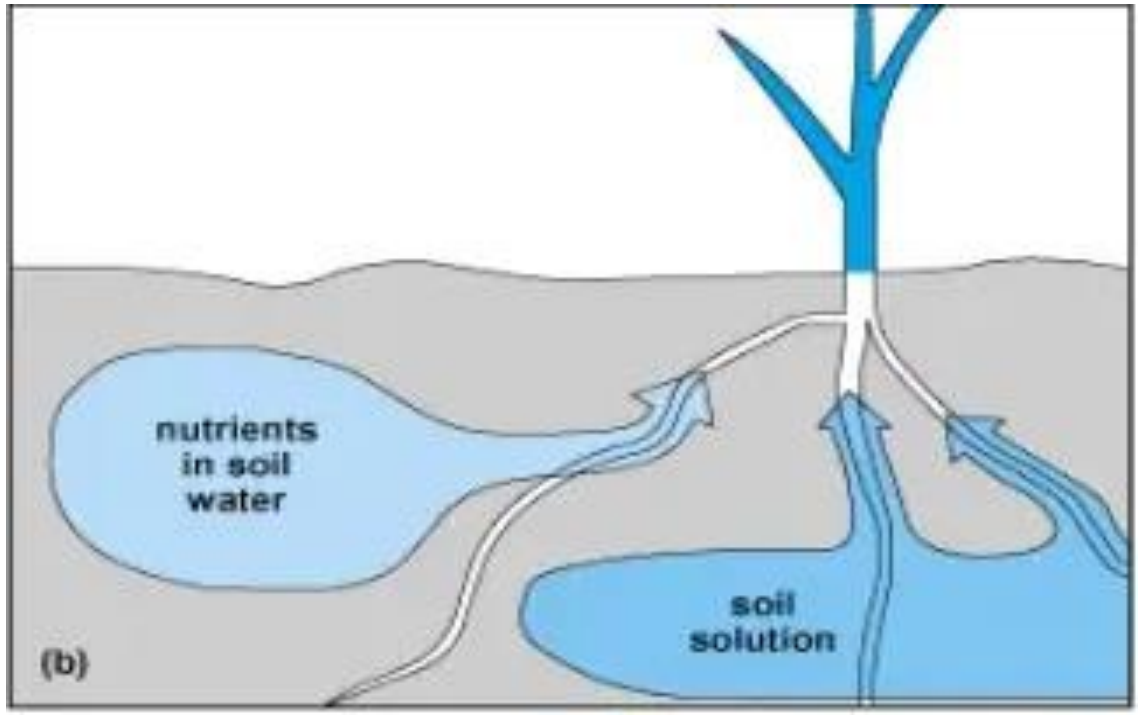


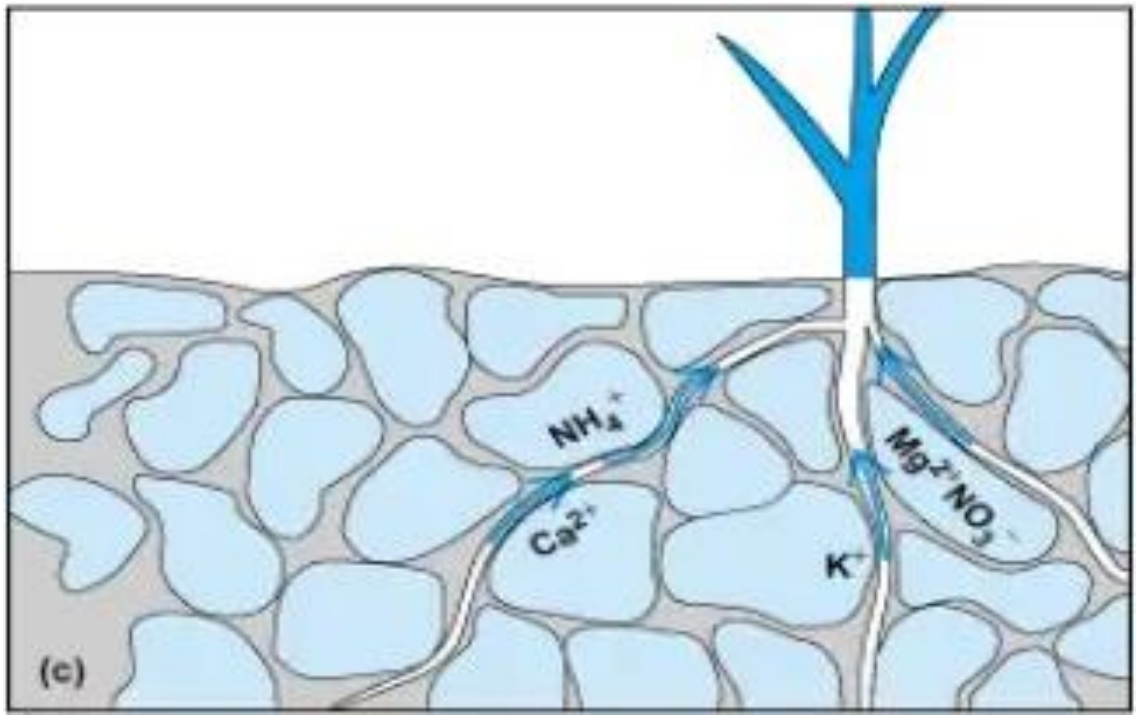
مکانیسم‌های انتقال عناصر غذایی به سطح ریشه:

a) **انتشار (پخشیدگی)** = P&K، غلظت، دما، تهویه
b) **جریان توده ای** = N&Ca&Mg&S، غلظت
c) **تماس ریشه ای (تبادل تماسی)** = Cu، تبادل

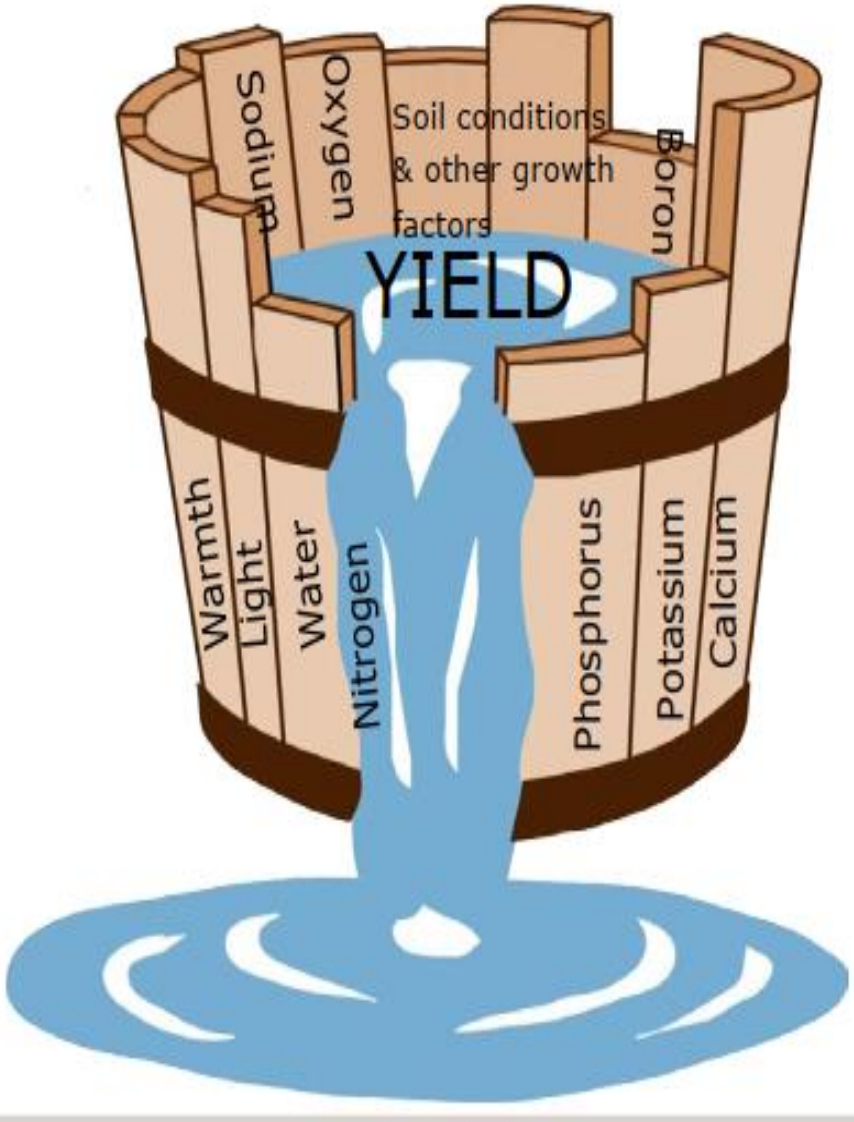
جذب در مکانیسم‌های انتشار و تماس ریشه ای به صورت تبادل یون‌ها با H_3O^+ و HCO_3^- انجام می‌شود ولی در مکانیسم جریان توده‌ای تبادل در کار نیست.







قانون بشکه (قانون حداقل)



حد بحرانی کمبود عنصر غذایی، حداقل غلظت عنصر غذایی مورد نیاز گیاه است که در پایین تر از آن حد گیاه علائم کمبود آن عنصر را نشان میدهد.

حد بحرانی سمیت یا مرز مسمومیت، حداقل غلظت عنصر غذایی مورد نیاز گیاه است که در بیشتر از آن حد گیاه علایم سمیت نشان می دهد.

حد اعتدال، در حد اعتدال علائم نقصان عنصر غذایی در گیاه به چشم نمیخورد و بهترین نمو در گیاه و اغلب بهترین کیفیت در محصول وجود دارد و از طریق کوددهی هیچگونه افزایش محصولی امکان پذیر نمی باشد.

گرسنگی پنهان (کمبود پوشیده)، عبارت است از اینکه گیاه به یک عنصر خاص بیشتر از آنچه در اختیار دارد نیازمند است اما علائم ظاهری کمبود را نشان نمی دهد، بطوریکه افزایش غلظت این عنصر باعث افزایش عملکرد گیاه میشود. گرسنگی پنهان هیچگونه علائم ظاهری نداشته و گیاه در ظاهر دارای نمو خوبی بوده اما بعد از کوددهی، عملکرد کمیو کیفی محصول افزایش میابد.

مسمومیت پنهان یا پوشیده، غلظت یک عنصر در گیاه بیشتر از نیاز گیاه به آن است و این بیش‌بود غلظت عنصر بدون نشان دادن علایم ظاهری سمیت، باعث افت عملکرد گیاه می شود.

مصرف لوکس یا تفننی، جذب عناصر غذایی به میزان بیش از نیاز گیاه مصرف لوکس نامیده میشود. عنصر غذایی که به این صورت جذب گیاه میشود میتواند در اندامهای خاصی ذخیره شده و در مراحل بعدی رشد گیاه به مصرف برسد. در این محدوده علائم ظاهری کمبود یا زیادی عناصر غذایی در گیاه مشاهده نمیشود؛ ولیکن جذب عناصر غذایی که به آنها نیازی نیست همچنان انجام میشود.

اثر رقت (Dilution effect): با گذشت زمان عملکرد گیاه و میزان جذب (حاصلضرب غلظت عناصر غذایی در عملکرد گیاه) تجمعی عناصر غذایی توسط گیاه افزایش میابد ولی غلظت تجمعی ممکن است افزایش و یا کاهش یابد. اثر رقت مربوط به زمانی است که غلظت عنصر غذایی در بافت گیاه بر اثر افزایش عملکرد گیاه کاهش میابد. به عبارت دیگر، عنصر در بافت گیاهی رقیق تر میشود.

کمبود عناصر غذایی در گیاه ممکن است واقعی یا دروغین باشد!

۱) کمبود واقعی:

الف) کمبود عناصر غذایی در خاک

کمبود اولیه عناصر در خاک: خاک شنی، شدیداً گچی یا آهکی و ...

کمبود ثانویه عناصر در خاک: جذب و برداشت عنصر غذایی توسط گیاه، آبشویی خاک به ویژه خاکهای سبک، صعود نمک های محلول پتاسیم، کلسیم و منیزیم به سطح خاک و کاهش غلظت آن ها در ناحیه ریشه در زمان خشکی و تبخیر بیش از حد و ...

ب) غیرقابل‌جذب بودن عناصر غذایی برای گیاه

خاک های اکسیدی، خاک های قلیایی یا اسیدی، مصرف نیتروژن خاک بر اثر افزودن مواد آلی با نسبت کربن به نیتروژن بالا و ...

۲) کمبود دروغین:

عنصر غذایی به شکل قابل‌جذب در خاک وجود دارد اما گیاه قادر به جذب آن نیست:

الف) دمای نامناسب هوا و خاک

ب) رطوبت نامناسب خاک

ج) اسیدیته نامناسب خاک

د) شوری زیاد خاک

ه) برهم کنش های آنتاگونیستیک عناصر

و) اثر رقت

...

چه شرایطی باعث کاهش فراهمی عناصر غذایی در خاک می‌شود؟

ازت	آبشویی زیاد همراه با بارندگی‌های زیاد، پایین بودن میزان مواد آلی در خاک، سوزاندن بقایای گیاهی
فسفر	خاکهای اسیدی، آلی، آبشویی یافته و آهکی و بالا بودن میزان آهک در خاک
پتاسیم	خاکهای شنی، آلی، آبشویی و فرسایش یافته، بالا بودن میزان آهک در خاک و سیستم کشت متراکم
کلسیم	خاکهای اسیدی، قلیایی و سدیمی
منیزیم	خاکهای اسیدی، قلیایی و سدیمی
گوگرد	کمبود مواد آلی در خاک، استفاده زیاد از کودهای N و P بدون گوگرد و سوزاندن بقایایی گیاهی در مزرعه
آهن	خاکهای آهکی، خاکهای دارای مقادیر بالای P، Mn، Cu یا Zn
روی	خاکهای اسیدی آبشویی یافته، خاکهای آهکی و خاکهای دارای مقدار بالای Ca، Mg و P
منگنز	آهکهای سیلتی و رسی، بالا بودن میزان مواد آلی در خاک و خاکهای آهکی
بُر	خاکهای شنی، خاکهای اسیدی آبشوی یافته طبیعی و خاکهای قلیایی دارای آهک فعال
مولیبدن	خاکهای آهکی با درجه زهکشی خوب

روش های تعیین کمبود عناصر غذایی:

۱) آنالیز خاک

۲) تجزیه گیاه

۳) استفاده از علایم ظاهری

نکته ۱: شباهت علایم ظاهری کمبود برخی از عناصر غذایی به اثرات برخی از تنشهای زیستی و محیطی

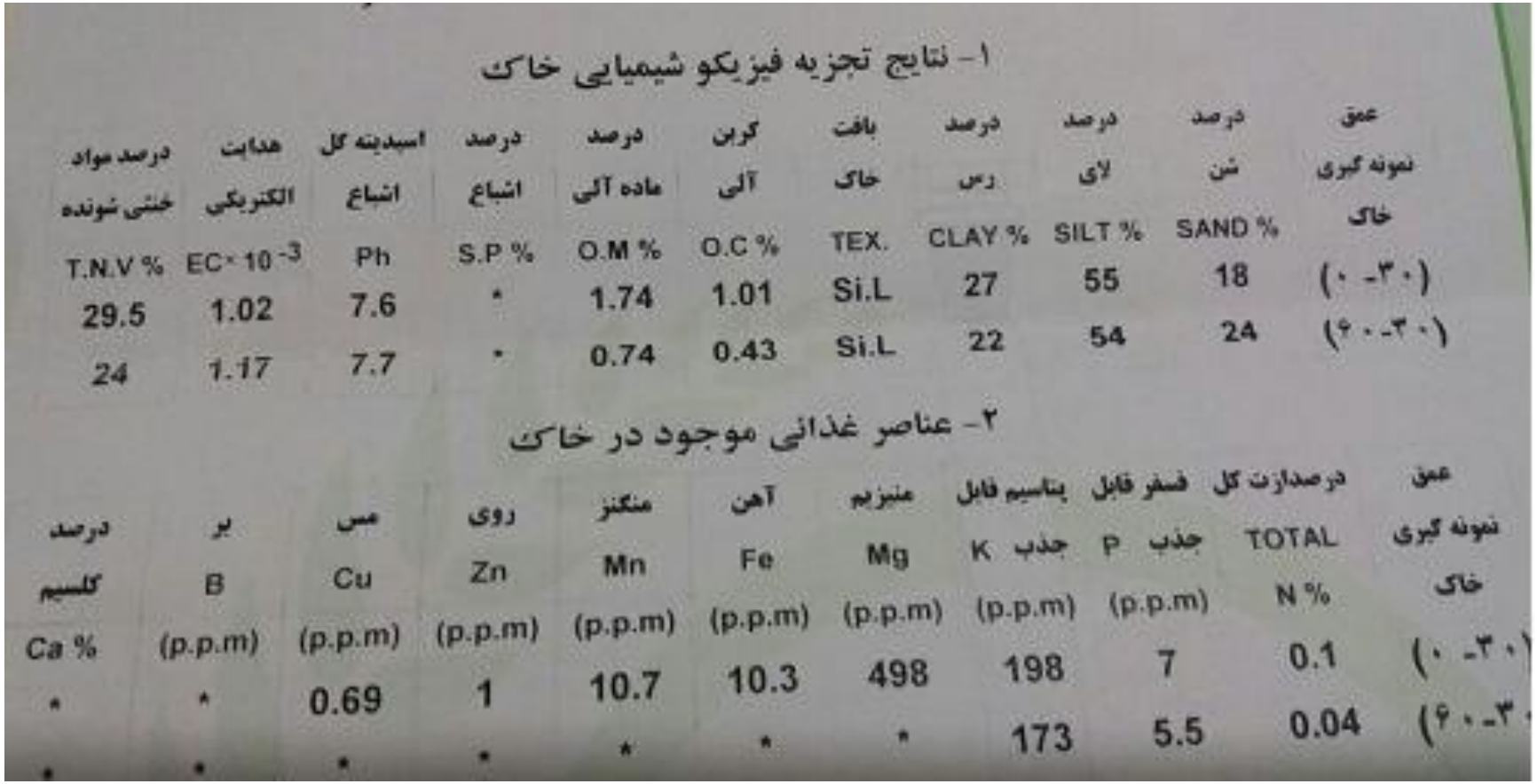
نکته ۲: وقتی گیاه علایم ظاهری کمبود را نشان میدهد خسارت ناشی از کمبود عنصر قبلاً وارد شده است.

نکته ۳: ممکن است غلظت یک عنصر غذایی در گیاه کم باشد ولی گیاه علایم ظاهری کمبود را هنوز نشان ندهد.

نکته ٤: ممکن است بروز علایم ظاهری کمبود بر اثر کاهش غلظت عنصر غذایی در گیاه نباشد بلکه بر اثر مختل شدن نقش فیزیولوژیک عنصر غذایی در داخل گیاه باشد.

نکته ٥: ممکن است بروز علایم ظاهری کمبود بر اثر بر هم خوردن تعادل عناصر غذایی در خاک و گیاه باشد نه بر اثر کاهش غلظت عنصر غذایی در خاک یا گیاه.

این اعداد و ارقام به چه معناست؟



۱- نتایج تجزیه فیزیکو شیمیایی خاک

عمق نمونه گیری خاک	درصد شن SAND %	درصد لای SILT %	درصد رس CLAY %	بافت خاک TEX.	کربن آلی O.C %	درصد ماده آلی O.M %	درصد اشباع S.P %	اسیدیته گل اشباع Ph	هدایت الکتریکی EC×10⁻³	درصد مواد خنثی شونده T.N.V %
(۰-۳۰)	18	55	27	Si.L	1.01	1.74	*	7.6	1.02	29.5
(۳۰-۶۰)	24	54	22	Si.L	0.43	0.74	*	7.7	1.17	24

۲- عناصر غذائی موجود در خاک

عمق نمونه گیری خاک	درصدازت کل TOTAL N %	فسفر قابل جذب P (p.p.m)	پتاسیم قابل جذب K (p.p.m)	منیزیم Mg (p.p.m)	آهن Fe (p.p.m)	منگنز Mn (p.p.m)	روی Zn (p.p.m)	مس Cu (p.p.m)	بر B (p.p.m)	درصد کلسیم Ca %
(۰-۳۰)	0.1	7	198	498	10.3	10.7	1	0.69	*	*
(۳۰-۶۰)	0.04	5.5	173	*	*	*	*	*	*	*

توصیه برای تغذیه گیاه انجام می گیرد

اما...

محدودیت های خاک؟ داشته های بومی خاک؟ میکروب‌های خاک؟ ...

تغذیه گیاه یا خاک؟

خاک سالم = گیاه سالم = انسان سالم

نیتروژن: تثبیت نیتروژن مولکولی نامحدود در اتمسفر

فسفر: فراهم کردن فسفر تثبیت شده در خاک

پتاسیم: آزاد کردن پتاسیم‌های بین لایه‌ای و پتاسیم‌های ساختمانی کانی‌های رس

آهن: تشکیل کلات، احیاء و حل کردن آهن اکسیدی و آهن ترکیب شده با کربنات‌های خاک

منگنز، روی و مس: تشکیل کلات و انحلال و افزایش تحرک و فراهمی فلزات کم‌مصرف

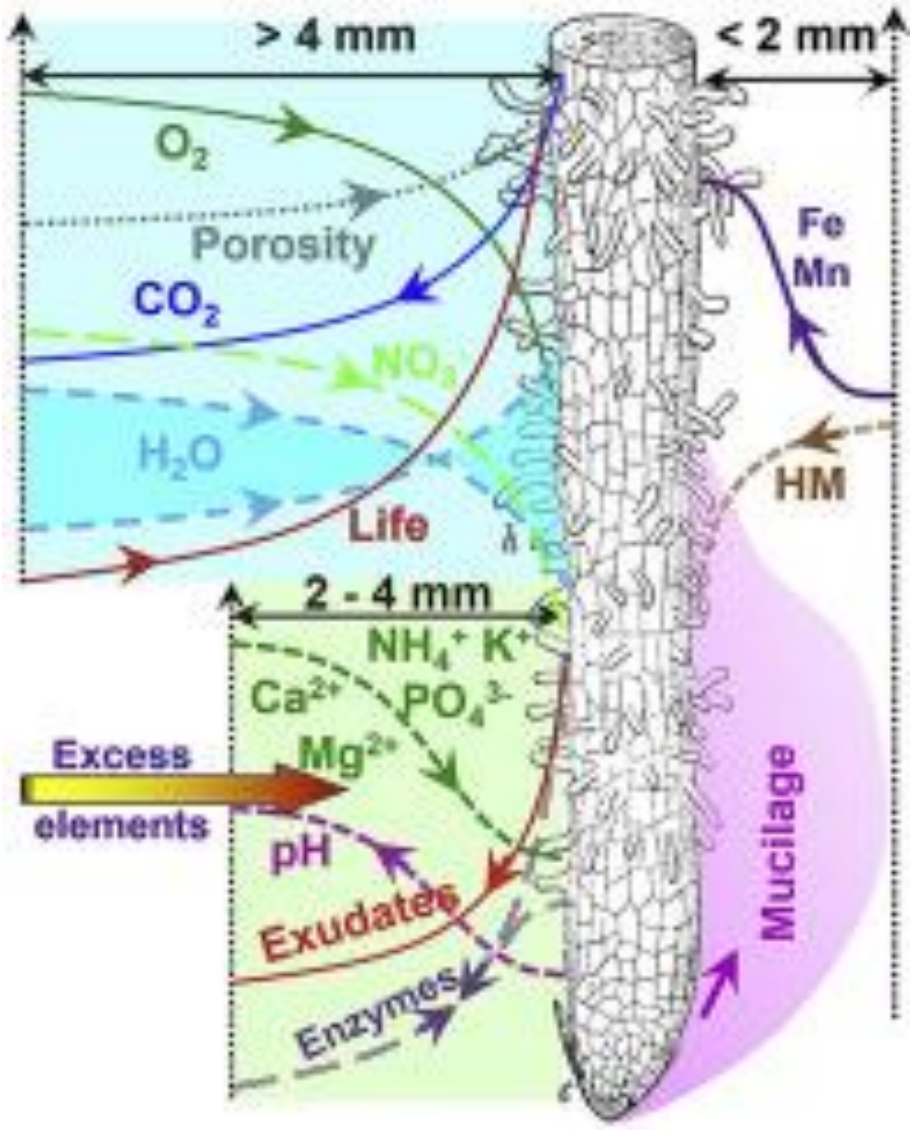
فسفر، پتاسیم و فلزات کم مصرف در خاک‌ها غالباً به اندازه ای زیاد است که می‌تواند تا سال‌ها نیاز غذایی گیاهان زراعی را تأمین کند.

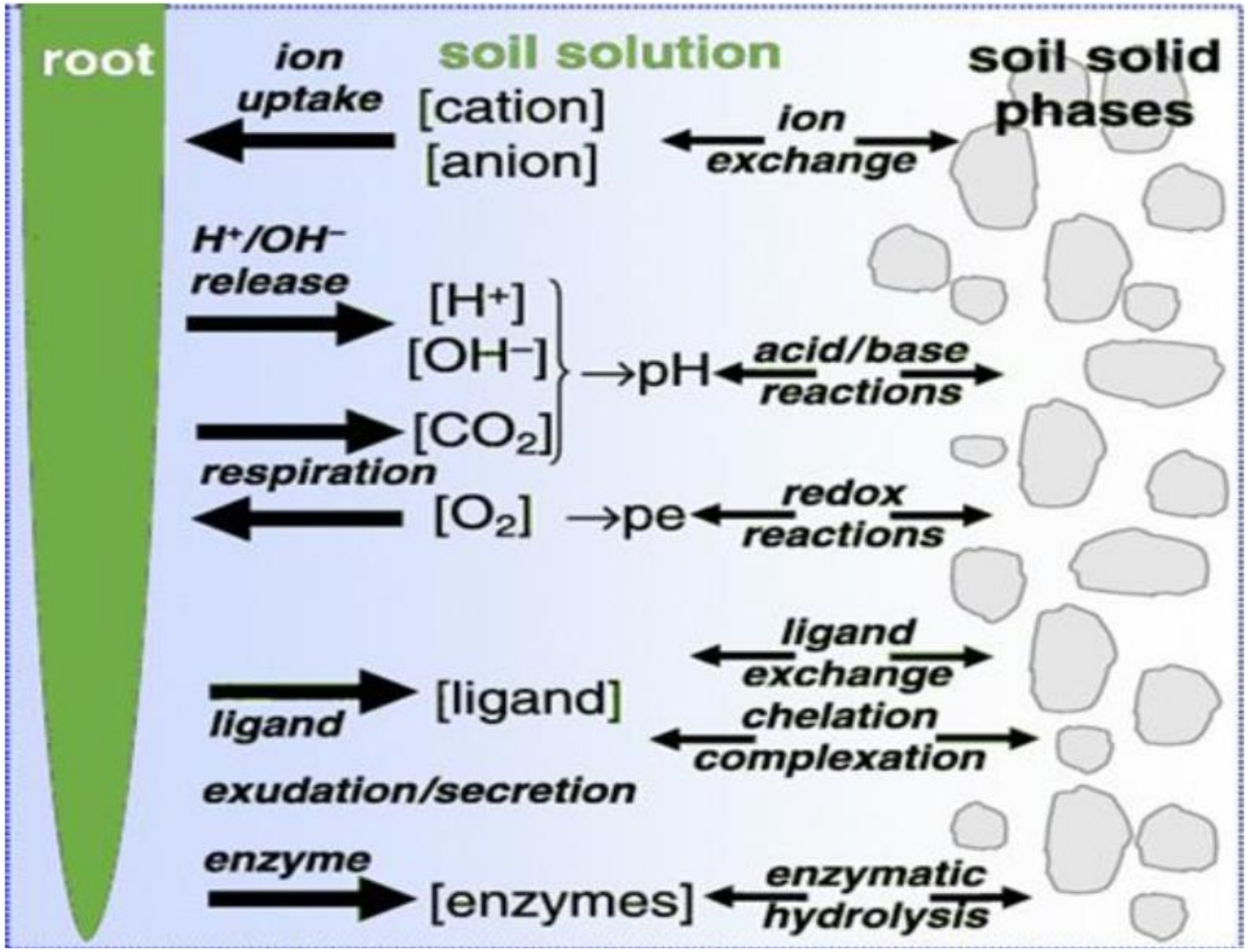
مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه

توصیه کودی دقیق و بهینه با در نظر گرفتن عوامل زیادی انجام می شود:

- ✓ نیاز غذایی گیاه
- ✓ وضعیت فراهمی عنصر غذایی در خاک
- ✓ برهم‌کنش عناصر غذایی
- ✓ تعادل عناصر غذایی در خاک و گیاه
- ✓ ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک
- ✓ میزان بارندگی و دمای هوا

چه فرآیندهایی در حدفاصل بین خاک و ریشه در ریزوسفر رخ می دهند؟

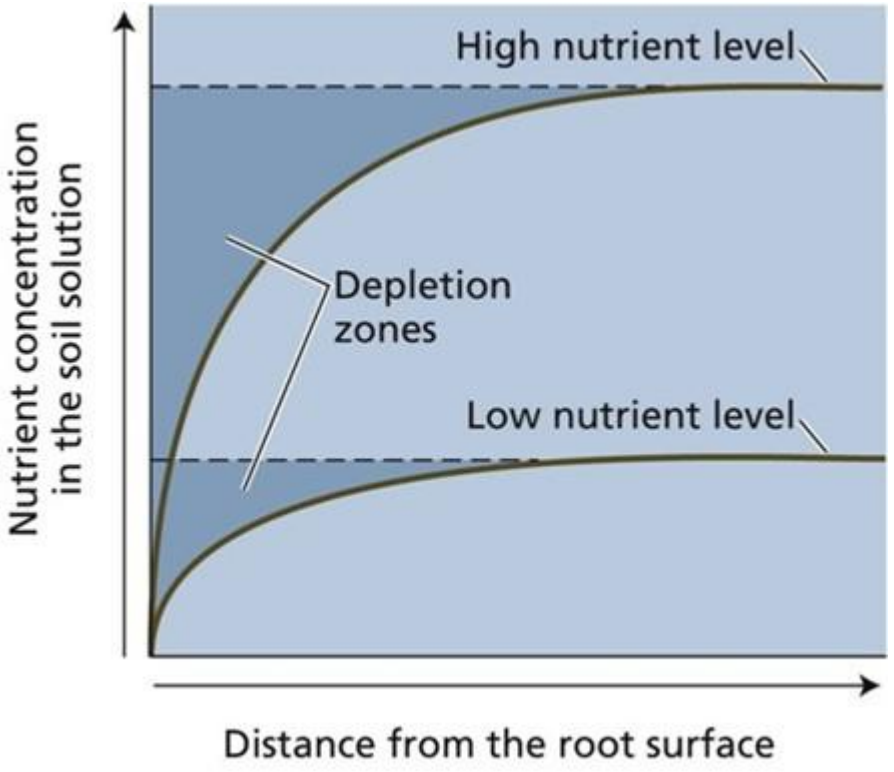




تشکیل ناحیه تخلیه عناصر (Depletion zone)

زمانی تشکیل می‌شود که سرعت جذب عنصر توسط ریشه گیاه بیشتر از سرعت جایگزینی آن باشد.
همزیستی ریشه گیاه با قارچ های میکوریز به گیاه کمک می کند که بر این مشکل غلبه کند.

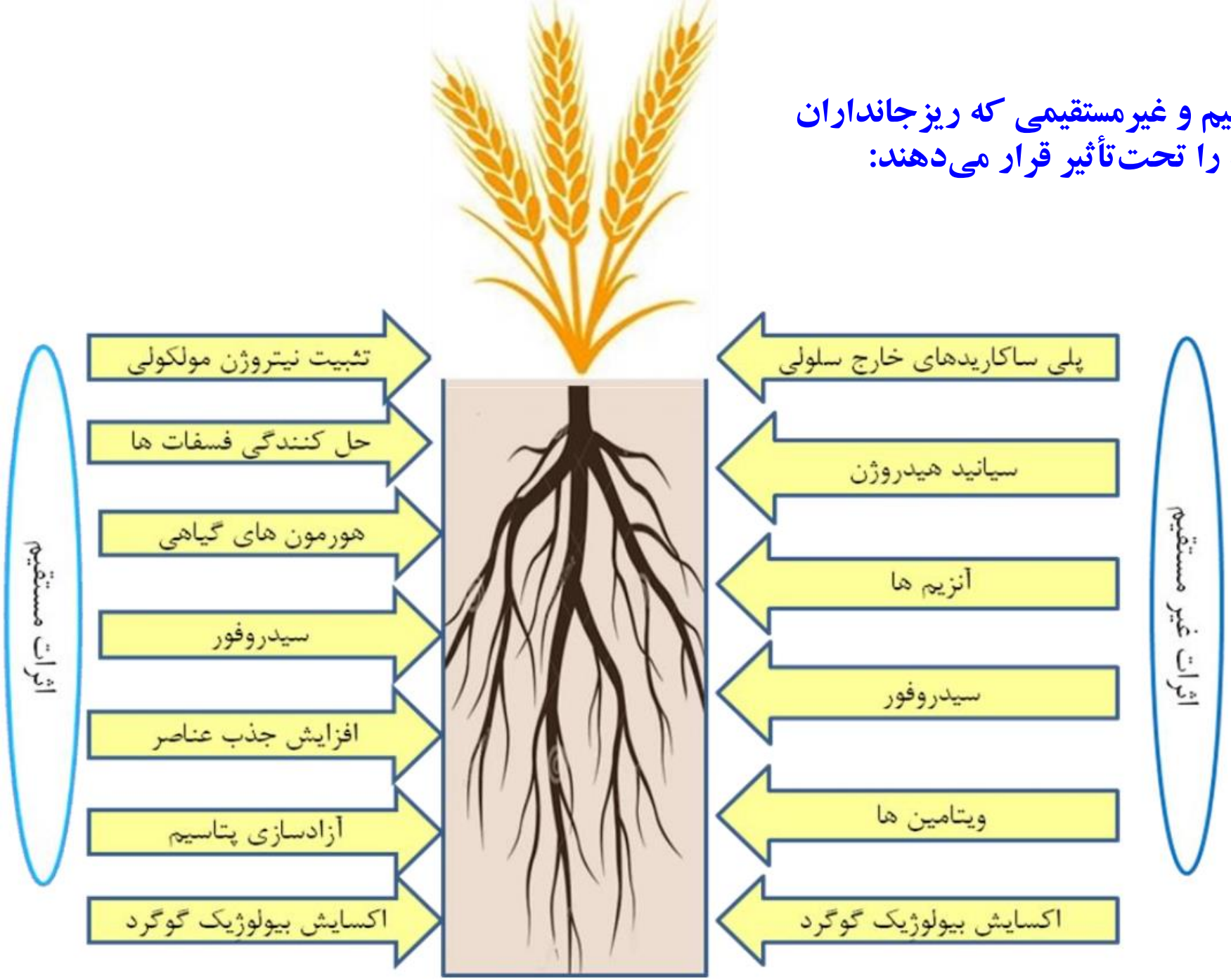
انتشار معکوس: سرعت جذب عناصر غذایی توسط گیاه کمتر از سرعت انتقال عناصر به سطح ریشه‌ها از طریق سه مکانیسم



کمک گرفتن از لشکر پنهان باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPRs)

باکتری‌های مفید در ناحیه ریزوسفر که از مهم‌ترین آنها می‌توان به Azotobacter، Pseudomonas و Bacillus اشاره کرد.
باکتری‌های همیار با گرامینه‌ها مانند Azospirillum
باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مانند Klebsiella، Beijerinckia، Enterobacter
Rhizobiumهای همزیست با گیاهان لگوم و حتی Rhizobiumهای غیرهمزیست با گیاهان غیر لگوم ازجمله گندم

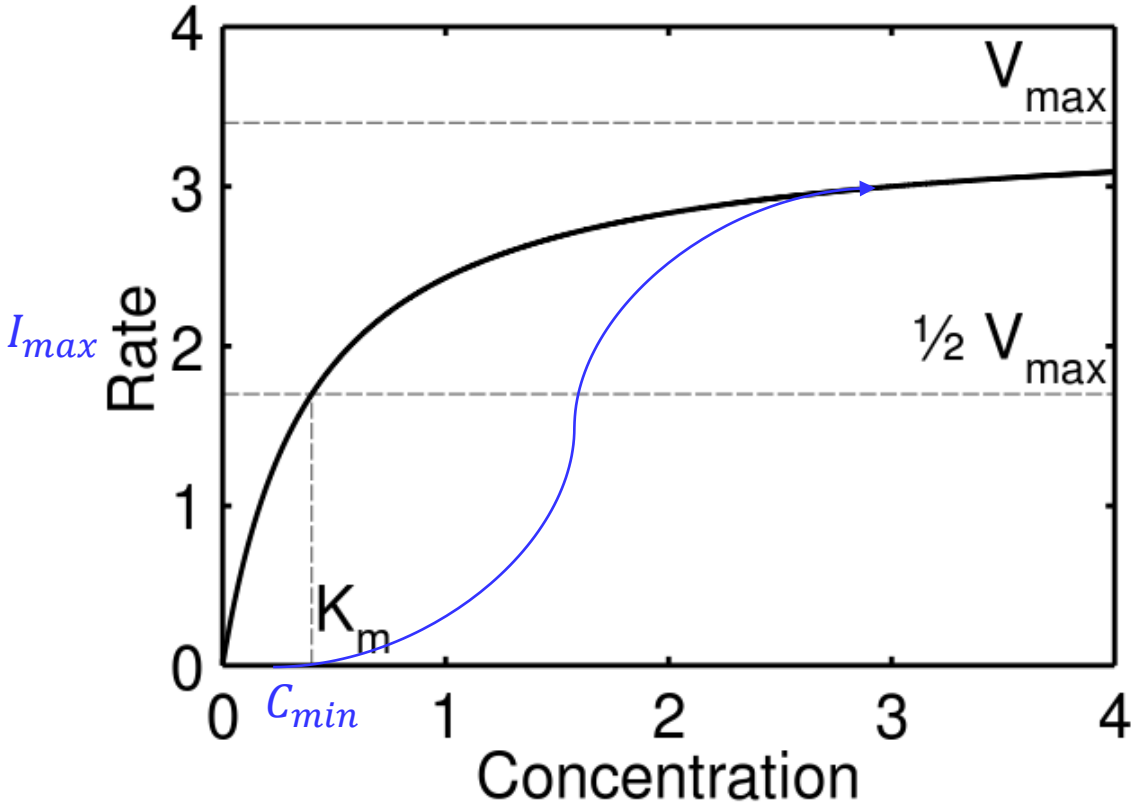
روش‌های مستقیم و غیرمستقیمی که ریزجانداران رشد گیاه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند:



چه عواملی بر جذب یون‌ها و مواد به‌وسیله گیاهان مؤثر اند؟

ژنتیک: سرعت جذب بین گونه‌ها و ارقام مختلف متفاوت است.

غلظت یون: سینتیک میکائیلیس–منتن (برای یون‌ها)



$$V = \frac{V_{max} \times C}{K_m + C} \quad \gg\gg\gg\gg \quad I_n = \frac{I_{max} \times (C - C_{min})}{K_m + (C - C_{min})}$$

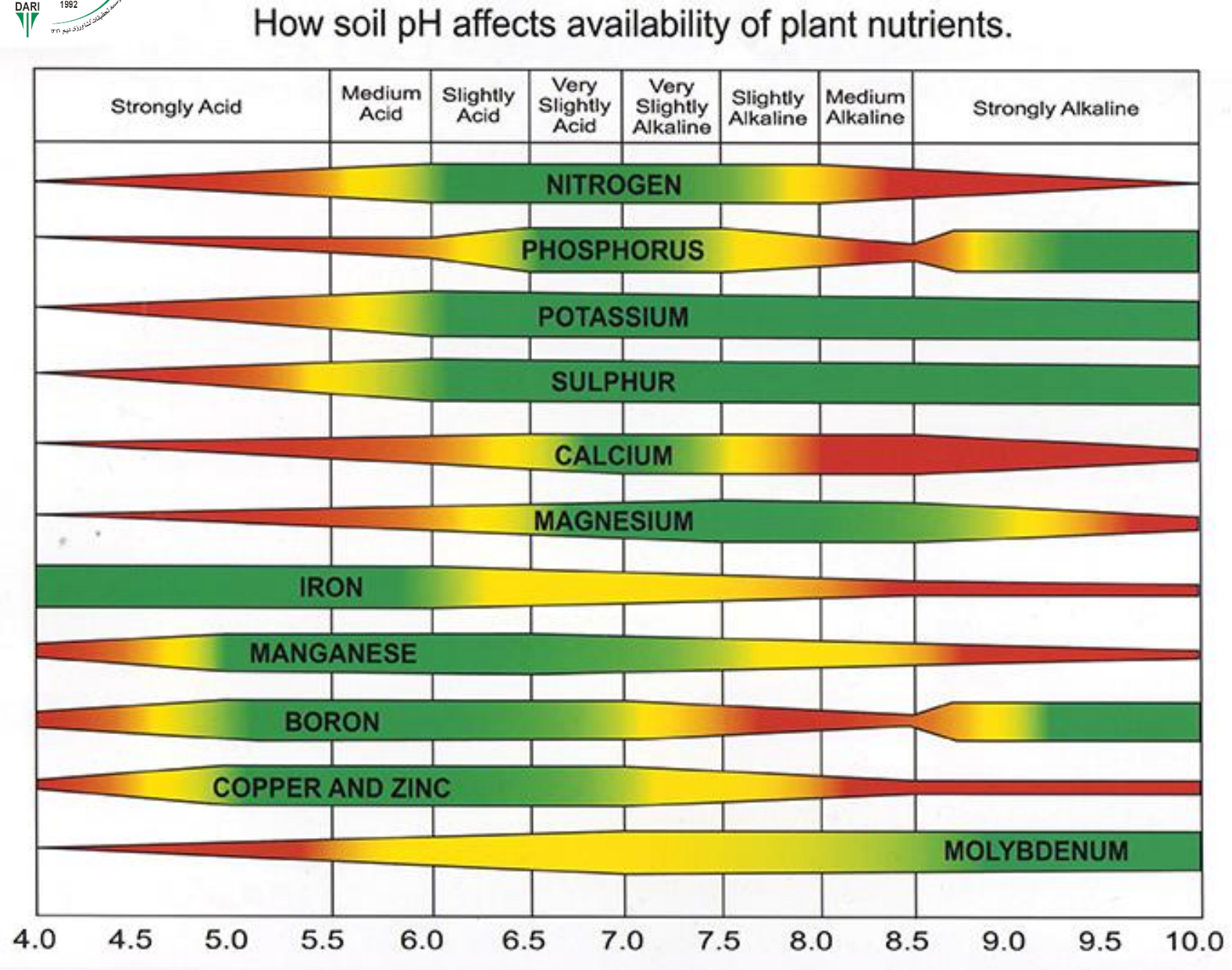
pH:

اثرات مستقیم:

1. سرعت جذب کاتیون‌ها در محیط قلیایی و سرعت جذب آنیون ها در محیط اسیدی بیشتر است (تغییر بارهای منفی دیواره سلول‌های ریشه).
2. آسیب، نفوذپذیری و تراوش ریشه در محیط اسیدی بیشتر است.
3. سمیت یون‌های Al^{3+}، Mn^{2+} و $Fe^{2,3+}$ در محیط اسیدی

اثرات غیرمستقیم:

1. اثر بر حل‌پذیری، تحرک و فراهمی عناصر غذایی
2. اثر بر فعالیت میکروارگانیسم‌ها



فشار جزئی گاز اکسیژن:

وقتی فشار جزئی گاز اکسیژن در خاک کمتر از ۵٪ باشد، سرعت و قدرت جذب یون‌ها توسط ریشه به شدت کاهش می‌یابد.

دما:

اثر مستقیم: در محدوده دمای فیزیولوژیک، به ازای افزایش ۱۰ درجه سلسیوس دما، سرعت جذب یون‌ها توسط گیاه ۲ برابر می‌شود (برخی کمبودهای اوایل بهار با گرمتر شدن دما رفع می شود).

اثر غیرمستقیم: اثر بر فعالیت میکروارگانیسم‌ها و سرعت انحلال و معدنی شدن عناصر و ...

نور: نور بیشتر = سرعت فتوسنتز بیشتر = سرعت جذب عناصر بیشتر

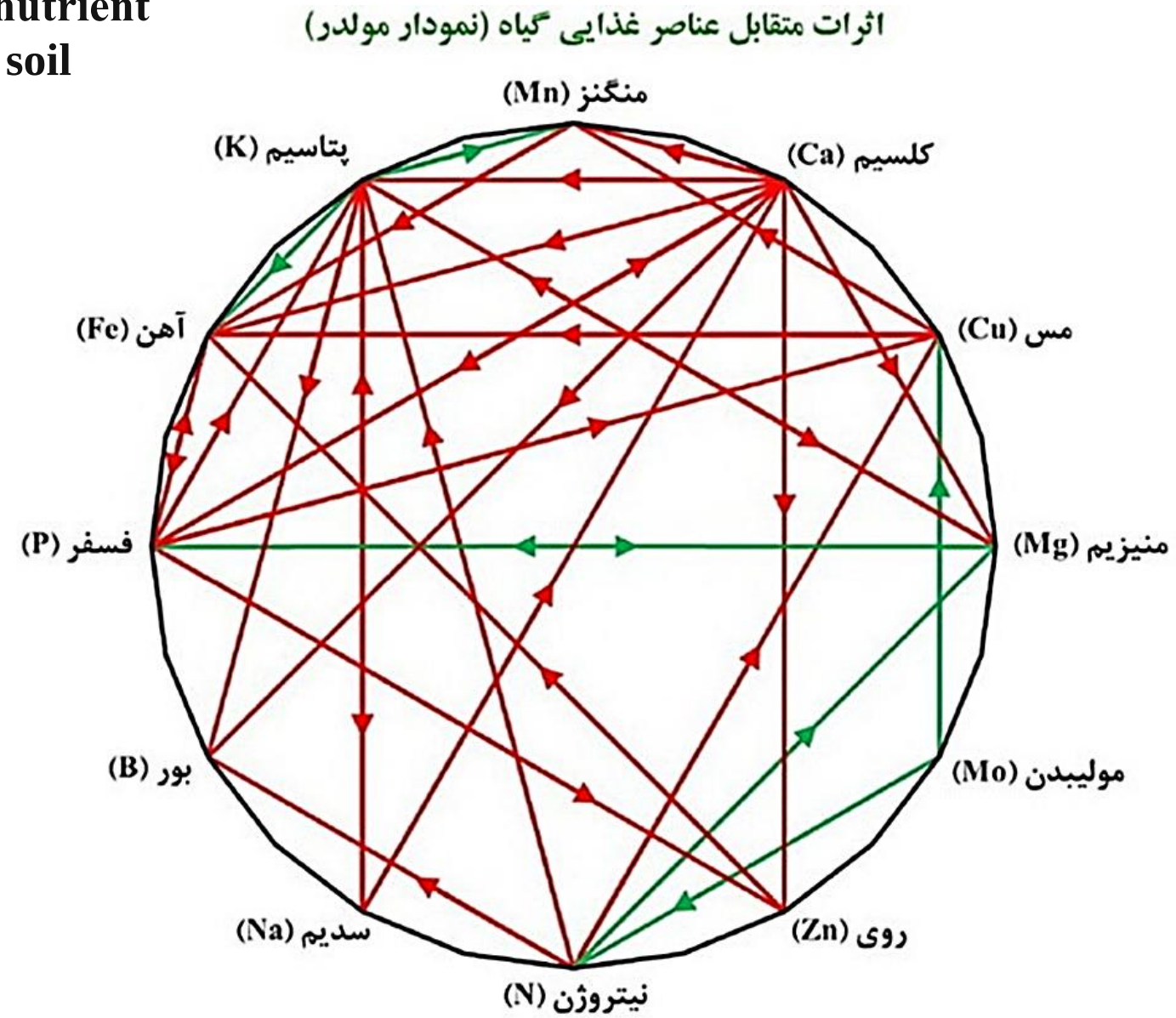
وجود ترکیباتی مانند سموم شیمیایی، قندهای محلول و ... در محیط ریشه:

ایجاد اختلال در جذب یون‌ها

اثرات متقابل عناصر غذایی:

برهم‌کنش‌های سینرژیستی و آنتاگونیستی

Mulder's chart of nutrient interactions in soil



اصول چهارگانه مصرف کود:

منبع مناسب

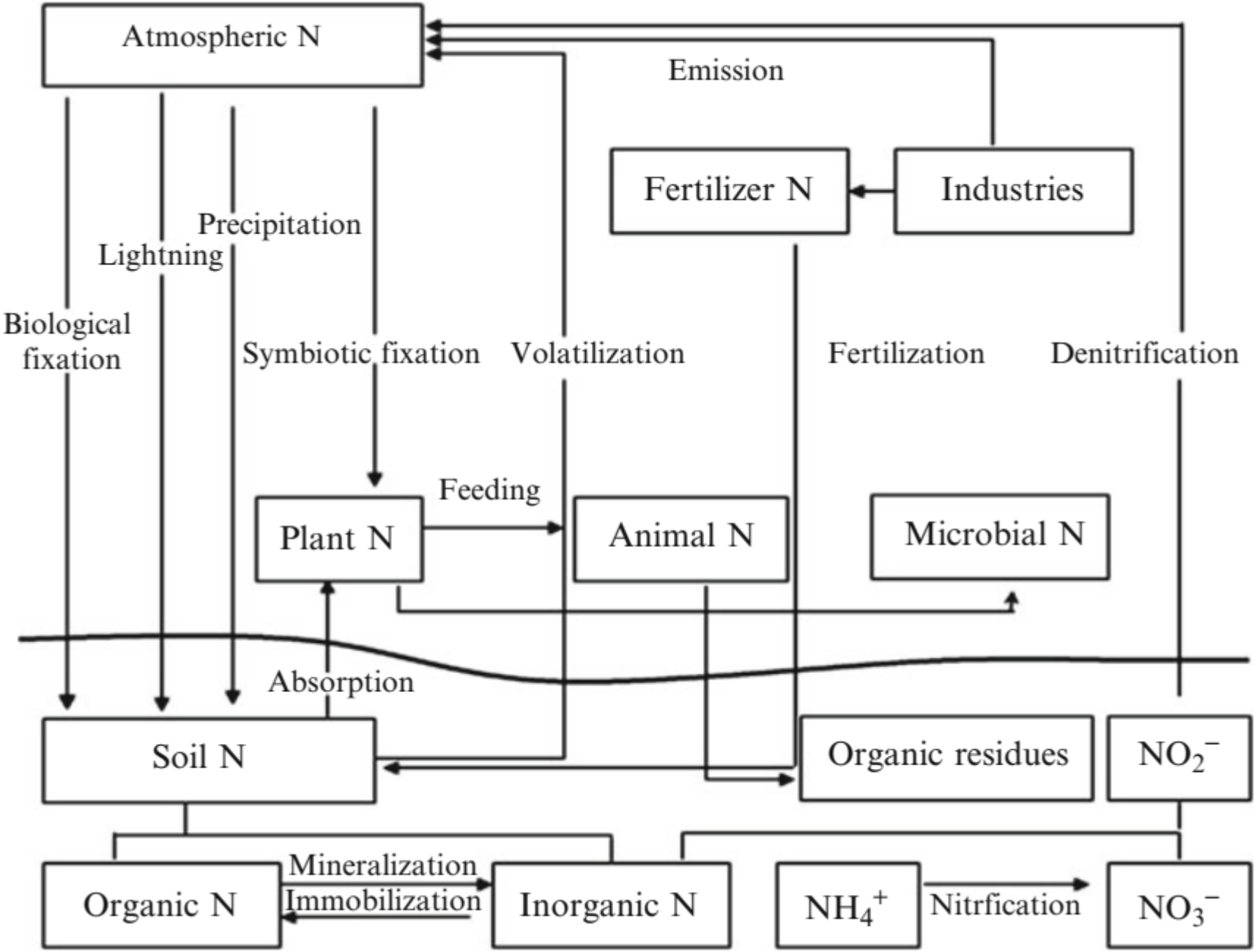
مقدار مناسب

زمان مناسب (قبل از کاشت، همزمان با کاشت، در طول داشت و ... – تقسیطی یا غیرتقسیطی) = در دیم، مصرف سرک قبل از بارندگی

روش مناسب (مصرف خاکی، محلول پاشی، بذرمال و ... – پخش سطحی، نواری، نقطه ای، گودالی، جایگذاری و ...)

نیتروژن (N)

کلیدی ترین عنصر غذایی در تولید محصول


Atmospheric N
Emission
Fertilizer N
Industries
Precipitation
Lightning
Biological fixation
Symbiotic fixation
Volatilization
Fertilization
Denitrification
Feeding
Plant N
Animal N
Microbial N
Absorption
Soil N
Organic residues
NO_2^-
Mineralization
Immobilization
Organic N
Inorganic N
NH_4^+
Nitrfication
NO_3^-

در دیمزارها بعد از رطوبت، نیتروژن محدودکننده ترین عامل رشد غلات دیم است.

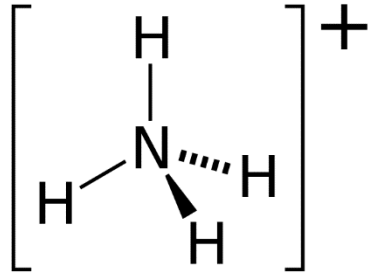
علل کمبود نیتروژن:

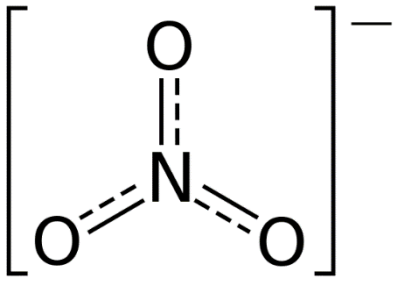
۱- کمبود مواد آلی خاک با توجه به اقلیم نیمه خشک (رابطه مستقیمی بین درصد مواد آلی خاک و میزان نیتروژن خاک وجود دارد).
۲- عدم بازگشت بقایای حاصل از برداشت به خاک
۳- سوزاندن کلش و بقایا پس از برداشت
۴- عدم رعایت تناوب زراعی
۵- کشت جا کار توسط زارعین
۶- عدم تناسب اراضی برای زراعت بدلیل استفاده از اراضی مرتعی
۷- کشت متراکم و مداوم

جذب نیتروژن توسط گیاه:

از طریق ریشه و برگ

مولکول اوره ($CO(NH_2)_2$ یا CH_4N_2O)، NO_3^-، NH_4^+ و مولکول‌های آلی کوچک

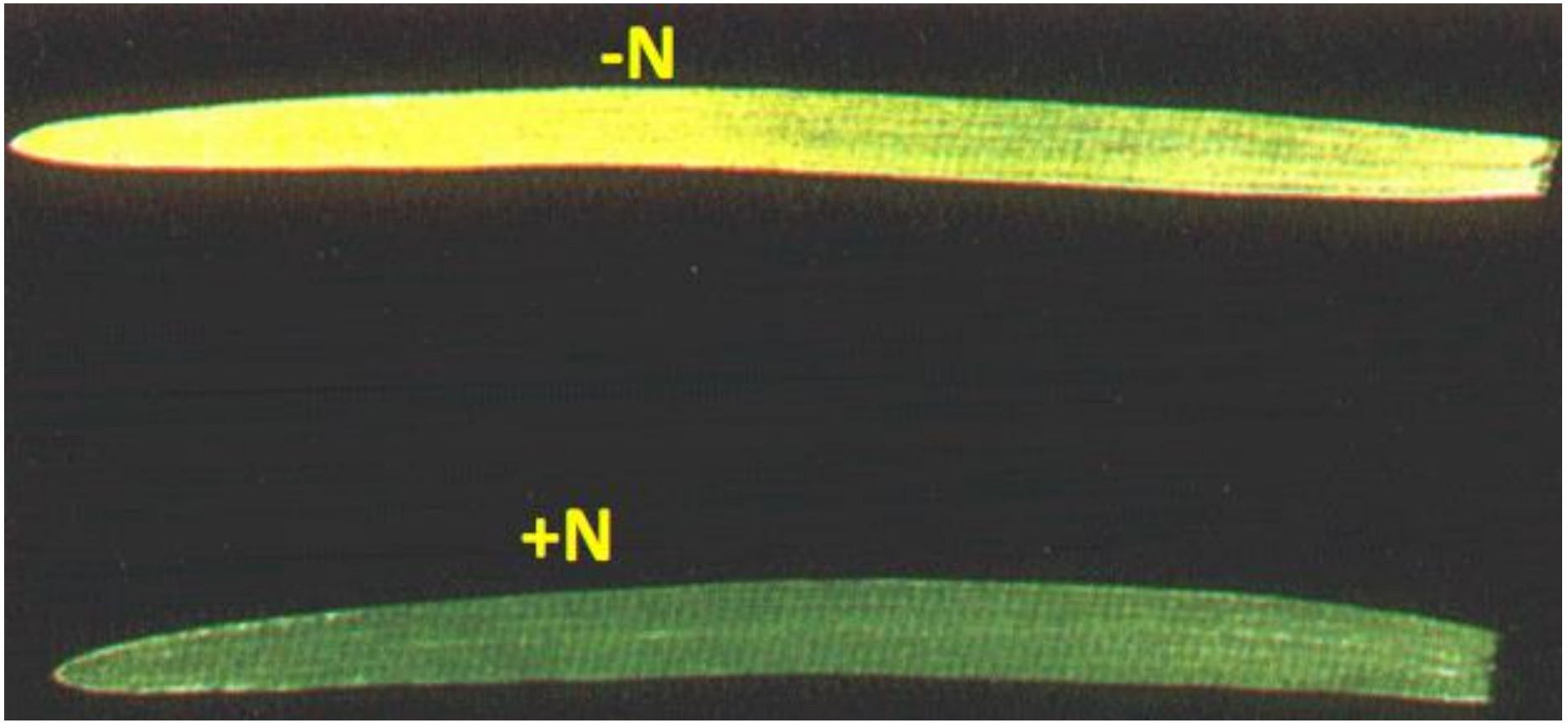




- ✓ جذب نیترات ده برابر بیشتر از آمونیوم است.
- ✓ جذب نیترات انرژی برتر از جذب آمونیوم است.
- ✓ نیترات اضافی بر خلاف آمونیوم در گیاه ذخیره میشود که برای انسان و حیوان سمیت ایجاد میکند.
- ✓ آمونیوم اضافی برخلاف نیترات برای گیاه سمیت ایجاد میکند (آمونیاک).
- ✓ آمونیوم اضافی برخلاف نیترات در اطراف بذر و گیاهچه سمیت ایجاد میکند.
- ✓ آمونیوم در محیط قلیایی بهتر جذب میشود ولی نیترات در محیط اسیدی (بارهای سطحی ریشه و فضای دونان).
- ✓ جذب آمونیوم منجر به اسیدی شدن و جذب نیترات منجر به قلیایی شدن ریزوسفر میشود (تبادل یونی ریشه).

علایم ظاهری کمبود نیتروژن در غلات:

- ✓ زرد مایل به ارغوانی شدن برگهای پیر
- ✓ کاهش شدت رنگ سبز و تعمیم یافتن زردی به ساقه ها و همه برگ ها (زردی عمومی گیاه)
- ✓ کاهش تعداد و اندازه برگ ها و کاهش زاویه برگ با ساقه، کاهش ارتفاع بوته، تعداد پنجه و ریشه و توقف رشد رویشی



Dryland
Agricultural
Research
Institute
1992
DARI
+N
-N

چهار مرحله اساسی در رشد گندم شامل:

1. پنجه‌زنی
2. ساقه‌دهی
3. خوشه‌دهی
4. پر شدن دانه

تأمین نیتروژن مورد نیاز گندم در این مراحل از اهمیت ویژهای برخوردار است.

در زراعت گندم دیم، **دوسوم تا یک چهارم** مقدار کود نیتروژنی توصیه شده می بایست **در پاییز** همزمان با کشت به صورت **جایگذاری** زیر بستر بذر در فاصله ۸ تا ۱۰ سانتیمتری بذر مصرف شود. یک سوم تا یک چهارم باقیمانده نیز در صورت وجود بارندگی های مؤثر بهاره به صورت سرک مصرف شود.

برای کاهش تصعید نیتروژن، بهتر است اولاً نیتروژن پاییزه همزمان با کاشت و به صورت جایگذاری مصرف شود و ثانیاً قبل از بارندگی مصرف شود تا بارش بعد از آن هم منجر به جوانه زنی و استقرار گیاه شود و هم بخشی از دانه های کود را حل کرده و نیتروژن توسط کلوئیدهای خاک جذب و نگهداری شود تا در موقع لزوم توسط گیاه جذب شود.

چرا توصیه به مصرف پاییزی کود نیتروژن می کنیم؟

در مصرف بهاری کود نیتروژن:

- به علت عدم همزمانی وقوع بارندگی مؤثر و مصرف کود در بهار، مزرعه دچار سوختگی ناشی از مصرف کود سرک می شود (به علت افزایش شوری خاک و تصعید گاز آمونیاک).
- به علت تشدید و تداوم فتوسنتز و رشد رویشی، اولاً نسبت ریشه به شاخساره گیاه کاهش می یابد دوماً محصول دیررس می شود.
- به علت عدم تأمین نیتروژن کافی در ابتدای رشد، استقرار موفق گیاهچه ها و تعداد پنجه کاهش یافته و مزرعه تنک می شود.
- به علت تأمین نیتروژن در زمانی که گندم بخش زیادی از نیاز نیتروژنی خود را دریافت کرده، علف های هرز افزایش می یابد.
- مصرف پاییزی نیتروژن به طور خطی باعث افزایش کارایی بهره وری آب باران در گندم دیم می شود.
- مصرف سرک کودهای نیتروژنی در مزارع بزرگ و مکانیزه در اوایل بهار باعث متراکم شدن خاک به علت تردد ادوات کودپاش در خاک مرطوب و از بین رفتن محصول در مسیر تردد ماشین آلات می شود.
- انتقال مجدد نیتروژن
- در پژوهش هایی که برای گندم دیم نیتروژن کافی در پاییز مصرف نشده است، حتی با مصرف مقادیر بالای نیتروژن به صورت سرک و محلولپاشی، عملکرد دانه گندم دیم افزایش چندانی نداشته است (فیضی اصل و همکاران).

در صورتی که مقدار نیتروژن در پاییز و یا بهار بیش از مقدار توصیه شده مصرف شود چه اتفاقی ممکن است رخ دهد؟

- تحمیل هزینه اضافی
- با تأمین نیتروژن زیاد برای گیاه، رشد رویشی شاخساره گیاه افزایش یافته و نسبت ریشه به شاخساره کاهش می یابد. تعرق افزایش یافته، ذخیره رطوبتی خاک کاهش و فشار اسمزی در خاک افزایش می یابد. رقابت برای دریافت رطوبت خاک بین گیاهانی که اکنون به علت افزایش شاخساره، نیاز رطوبتی شان هم افزایش یافته، افزایش می یابد. در نتیجه **عملکرد دانه در هکتار به شدت کاهش می یابد**.
- در سال پرباران یا در مناطق با امکان آبیاری تکمیلی برای اجتناب از ورس و کاهش طول سنبله، باید گیاه را به صورت متعادل تغذیه کرد. یعنی سایر نیازهای غذایی مانند فسفر و پتاسیم و عناصر کم مصرف را نیز در برنامه تغذیه گیاهی گنجاند.

آیا در مصرف پاییزی، نیتروژن دچار آبشویی نمی شود؟

در دیمزارهای ایران مشکل آبشویی نیتروژن چندان جدی نیست زیرا:

1) میزان بارندگی در اغلب مناطق دیم کم است.
2) در مناطقی که دمای خاک کمتر از ۴ درجه سانتیگراد باکتری های مربوط به تبدیل آمونیم نیترات (نیتروباکترها و نیترو زوموناس ها) غیر فعالند لذا آمونیوم کمتر به نیترات تبدیل شده و در سطح رس ها جذب و به تدریج آزاد می گردد.
3) عمده خاک اراضی دیم دارای رس بالای ۳۰ درصد می باشند در نتیجه شدت جذب نیتروژن آمونیومی بالاست و شست و شو ناچیز است.
4) اغلب اراضی دیم دارای سخت لایه شخم است.

با این حال، در برخی از مناطق دیم‌خیز کشور مانند استان کرمانشاه به دلیل تفاوت اقلیمی با استانهای شمال غرب کشور و بارندگی‌های بهاری مناسب در بلندمدت، نتایج اغلب پژوهشهای انجام گرفته مصرف تقسیطی نیتروژن برای گندم دیم را مناسب تشخیص داده اند (جام جم و اسکندانیان، ۱۳۷۲؛ طلیعی و حق پرست، ۱۳۷٦، صیادیان، ۱۳۷۹).

مقایسه این نتایج با نتایج به دست آمده از مناطق سرد و نیمه سرد نشان می دهد که «اقلیم» یکی از مؤثرترین عوامل در تعیین زمان مصرف کودهای نیتروژنی برای گندم دیم در ایران بشمار می آید.

بنابراین، زمان مناسب مصرف کود نیتروژن برای گندم دیم باید از طریق آزمایش های منطقه ای مشخص گردد.

نقش مصرف پاییزی کود اوره در افزایش عملکرد گندم دیم در منطقه مراغه

فیضی و همکاران

سوختگی مزرعه گندم ناشی از مصرف کود اوره بدون وقوع بارندگی مؤثر

نقش مصرف پاییزی کود اوره در احیای مزرعه آسیب دیده از طوفان خاک

چه مقدار کود نیتروژنی برای گندم دیم توصیه می شود؟

در حالتی که بخشی (حداقل ۳۰ درصد) از بقایای گیاهی کشت قبلی در سطح مزرعه باقیمانده است، **به ازای هر تن کلش گندم و یا جو، مقدار ۳۵ کیلوگرم در هکتار اوره** مصرف گردد. نحوه مصرف نیز به اینگونه است که ۵۰ درصد نیتروژن محاسبه شده قبل از کاشت در سطح مزرعه توزیع می شود؛ ۲۵ درصد همزمان با کاشت به مقدار کود توصیه شده افزوده شده و جایگذاری می شود و مابقی به همراه مصرف سرک نیتروژن به مجموع کود مورد نیاز سرک اضافه می شود.

مصرف نیتروژن به منظور فراهم نمودن رشد مطلوب گیاه:

مقدار مصرف نیتروژن در روش سنتی، کم خاکورزی و بی خاکورزی یا کشت مستقیم برای گندم بر اساس میزان بارندگی و اقلیم منطقه به صورت زیر است:

نیاز نیتروژنی گندم دیم در مناطق سرد و نیمه سرد

بارندگی سال زراعی (میلی‌متر)	خاک‌ورزی	رقم گندم	اوره قبل از کاشت (کیلوگرم در هکتار)	اوره سرک (کیلوگرم در هکتار)	محلول پاشی
سرد و پر بارش (۳۵۰-۵۰۰)	مرسوم	جام، هور، راد، صدرا، باران، هشترود، واران، مهر، شالان، کمال، رحمت، رصد، تک آب،	۹۰	۳۰	-
		آذر ۲	۱۰۰	۳۰	
		سرداری، اوحدی و هما	۷۵	۲۵	
	کم خاک‌ورزی	جام، هور، راد، صدرا، باران، هشترود، واران، مهر، شالان، کمال، رحمت، رصد، تک آب، سائین	۱۰۰	۳۰	†
		آذر ۲	۱۱۰	۳۰	
		سرداری، اوحدی و هما	۸۰	۳۰	
	بدون خاک‌ورزی	جام، هور، راد، صدرا، باران، هشترود، واران، مهر، شالان، کمال، رحمت، رصد، تک آب، سائین	۱۱۰	۳۰	†
		آذر ۲	۱۲۰	۳۰	
		سرداری، اوحدی و هما	۹۰	۳۰	

نیاز نیتروژنی گندم دیم در مناطق سرد و نیمه سرد

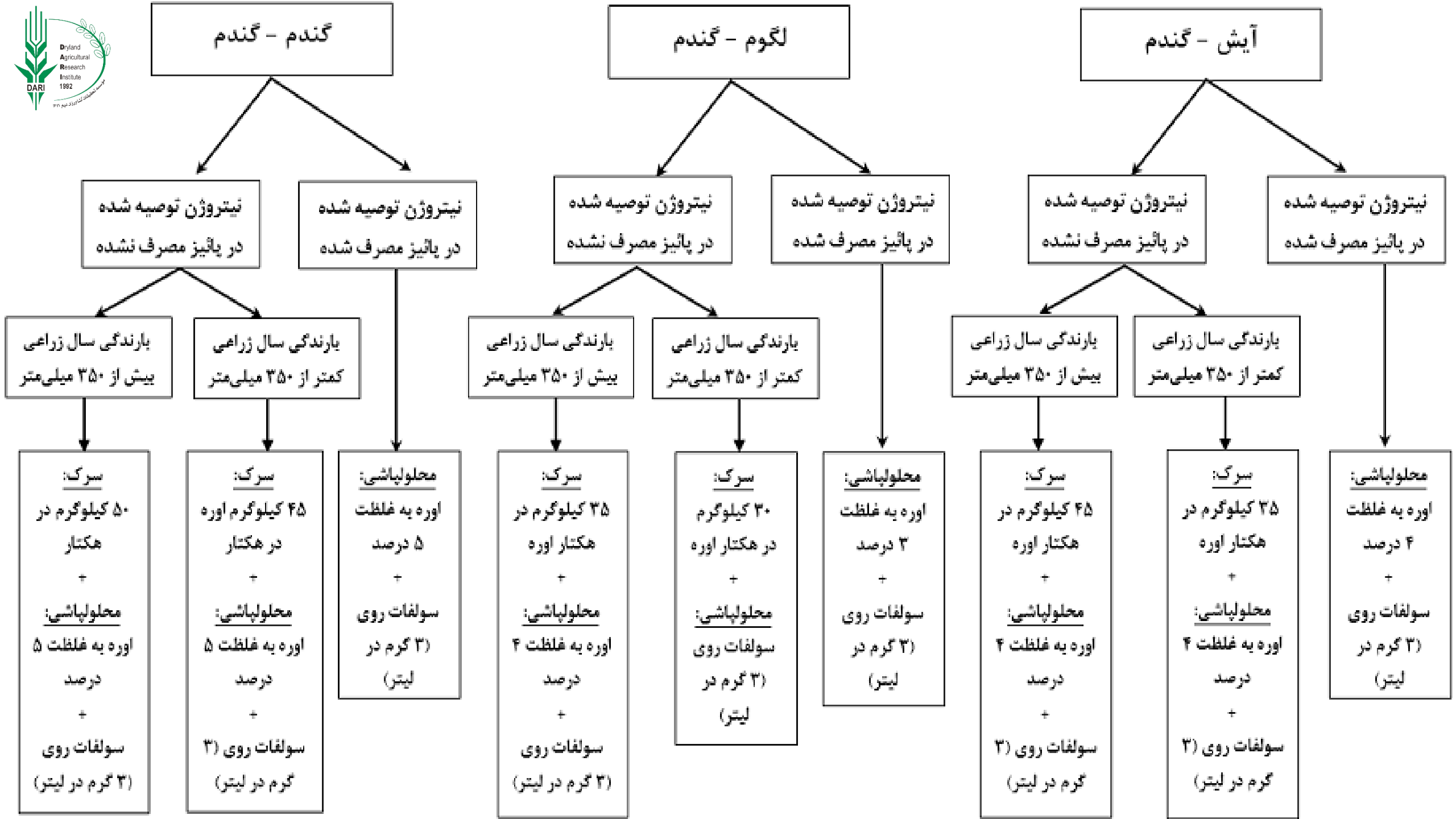
بارندگی سال زراعی (میلی‌متر)	خاک‌ورزی	رقم گندم	اوره قبل از کاشت (کیلوگرم در هکتار)	اوره سرک (کیلوگرم در هکتار)	محلول پاشی
سرد و خشک (۳۵۰-۲۵۰)	مرسوم	جام، هور، راد، صدرا، باران، هشترود، واران، مهر، شالان، کمال، رحمت	۸۰	۲۰	-
		آذر ۲	۹۰	۲۰	
		سرداری، اوحدی و هما	۵۰	۲۵	
	کم خاک‌ورزی	جام، هور، راد، صدرا، باران، هشترود، واران، مهر، شالان، کمال، رحمت	۹۰	۲۰	†
		آذر ۲	۱۰۰	۲۰	
		سرداری، اوحدی و هما	۶۵	۲۰	
	بدون خاک‌ورزی	جام، هور، راد، صدرا، باران، هشترود، واران، مهر، شالان، کمال، رحمت	۹۰	۳۰	†
		آذر ۲	۱۰۰	۳۰	
		سرداری، اوحدی و هما	۸۰	۲۰	

نیاز نیتروژنی گندم دیم در مناطق معتدل

اقلیم	بارندگی سال زراعی (میلی‌متر)	خاک‌ورزی	رقم گندم	اوره قبل از کاشت (کیلوگرم در هکتار)	اوره سرک (کیلوگرم در هکتار)	محلول پاشی
معتدل	معتدل پربارش (۳۵۰-۵۰۰)	مرسوم	ریژاو، ذهاب (دوروم)،سپند، ساجی (دوروم)، جام، هور، راد، واران، ایوان، پراو، صدرا، باران، هشترود، شالان، کمال رحمت، مهر و آذر۲.	۱۰۰	۳۰	-
		کم خاک‌ورزی	ریژاو، ذهاب (دوروم)،سپند، ساجی (دوروم)، جام، هور، راد، واران، ایوان، پراو، صدرا، باران، هشترود، شالان، کمال رحمت، مهر و آذر۲.	۱۱۰	۳۰	†
		بدون خاک‌ورزی	ریژاو، ذهاب (دوروم)،سپند، ساجی (دوروم)، جام، هور، راد، واران، ایوان، پراو، صدرا، باران، هشترود، شالان، کمال رحمت، مهر و آذر۲.	۱۱۰	۴۰	†
	کم بارش (۳۰۰-۳۵۰)	مرسوم	ریژاو، ذهاب (دوروم)،سپند، ساجی (دوروم)، جام، هور، راد، واران، ایوان، پراو، صدرا، باران، هشترود، شالان، کمال رحمت، مهر و آذر۲.	۷۵	۰	-
		کم خاک‌ورزی	ریژاو، ذهاب (دوروم)،سپند، ساجی (دوروم)، جام، هور، راد، واران، ایوان، پراو، صدرا، باران، هشترود، شالان، کمال رحمت، مهر و آذر۲.	۸۵	۰	†
		بدون خاک‌ورزی	ریژاو، ذهاب (دوروم)،سپند، ساجی (دوروم)، جام، هور، راد، واران، ایوان، پراو، صدرا، باران، هشترود، شالان، کمال رحمت، مهر و آذر۲.	۱۰۰	۰	†

نیاز نیتروژنی گندم دیم در مناطق گرم

اقلیم	بارندگی سال زراعی (میلی‌متر)	خاک‌ورزی	رقم گندم	اوره قبل از کاشت (کیلوگرم در هکتار)	اوره سرک (کیلوگرم در هکتار)	محلول پاشی
گرمسیر شمال	گرم و مرطوب شمالی (۳۵۰-۴۵۰)	مرسوم	کوهدشت، قابوس، کبیر، پایا و کریم، آبان و آفتاب (برای دشت مغان)، زاگرس (فقط دشت مغان)	۱۰۰	۵۰	–
		کم خاک‌ورزی	کوهدشت، قابوس، کبیر، پایا و کریم، آبان و آفتاب (برای دشت مغان)، کریم، زاگرس (فقط دشت مغان)	۱۱۰	۵۰	†
		بدون خاک‌ورزی	کوهدشت، قابوس، کبیر، پایا و کریم، آفتاب و آبان (برای دشت مغان)، کریم و زاگرس (فقط دشت مغان)	۱۱۰	۶۰	†
گرمسیر غرب	گرم و خشک (۲۵۰-۳۵۰)	مرسوم	کوهدشت، قابوس، آفتاب، کریم، کبیر، پایا، ساورز، ذهاب، آبان، ساجی، دهدشت، ایوان، زاگرس، آسمان	۱۳۰	۰	–
		کم خاک‌ورزی	کوهدشت، قابوس، آفتاب، کریم، کبیر، پایا، ساورز، آبان، ذهاب، ساجی، دهدشت، ایوان، زاگرس، آسمان و ...	۱۱۰	۳۰	†
		بدون خاک‌ورزی	کوهدشت، قابوس، آفتاب، کریم، کبیر، پایا، ساورز، آبان، ذهاب، ساجی، دهدشت، ایوان، زاگرس، آسمان	۱۱۰	۳۰	†


Dryland Agricultural Research Institute 1992
DARI
آیش - گندم
نیتروژن توصیه شده در پائیز مصرف شده
نیتروژن توصیه شده در پائیز مصرف نشده
بارندگی سال زراعی کمتر از ۳۵۰ میلی‌متر
بارندگی سال زراعی بیش از ۳۵۰ میلی‌متر
محلولپاشی: اوره به غلظت ۴ درصد + سولفات روی (۳ گرم در لیتر)
سرک: ۳۵ کیلوگرم در هکتار اوره + محلولپاشی: اوره به غلظت ۴ درصد + سولفات روی (۳ گرم در لیتر)
سرک: ۴۵ کیلوگرم در هکتار اوره + محلولپاشی: اوره به غلظت ۴ درصد + سولفات روی (۳ گرم در لیتر)
لگوم - گندم
نیتروژن توصیه شده در پائیز مصرف شده
نیتروژن توصیه شده در پائیز مصرف نشده
بارندگی سال زراعی کمتر از ۳۵۰ میلی‌متر
بارندگی سال زراعی بیش از ۳۵۰ میلی‌متر
محلولپاشی: اوره به غلظت ۳ درصد + سولفات روی (۳ گرم در لیتر)
سرک: ۳۰ کیلوگرم در هکتار اوره + محلولپاشی: سولفات روی (۳ گرم در لیتر)
سرک: ۳۵ کیلوگرم در هکتار اوره + محلولپاشی: اوره به غلظت ۴ درصد + سولفات روی (۳ گرم در لیتر)
گندم - گندم
نیتروژن توصیه شده در پائیز مصرف شده
نیتروژن توصیه شده در پائیز مصرف نشده
بارندگی سال زراعی کمتر از ۳۵۰ میلی‌متر
بارندگی سال زراعی بیش از ۳۵۰ میلی‌متر
محلولپاشی: اوره به غلظت ۵ درصد + سولفات روی (۳ گرم در لیتر)
سرک: ۴۵ کیلوگرم اوره در هکتار + محلولپاشی: اوره به غلظت ۵ درصد + سولفات روی (۳ گرم در لیتر)
سرک: ۵۰ کیلوگرم در هکتار + محلولپاشی: اوره به غلظت ۵ درصد + سولفات روی (۳ گرم در لیتر)

مواردی که در مورد مصرف کودهای نیتروژنی باید مورد توجه قرار گیرد:

۱) همزمان با کاشت و به روش جایگذاری.

۲) در اولین فرصت در بهار و قبل از ساقه رفتن گندم دیم (۳ تا ۵ برگی)

۳) اطمینان از وقوع بارندگی مؤثر (بیش از ۱۵ میلی متر بارندگی در دو روز متوالی)

۴) در صورتی که در سیستم کشاورزی حفاظتی، بقایای محصول سال قبل در مزرعه حفظ نشود (چرانیده شود و یا سوزانده شود)، مقدار نیتروژن مورد نیاز گندم دیم معادل با خاکورزی مرسوم در نظر گرفته شود.

۵) اگر گندم در تناوب با لگوم کشت شود، از مقدار نیتروژن توصیه شده به طور متوسط ۷ الی ۱۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (معادل ۱۵ الی ۲۲ کیلوگرم اوره در هکتار) کم شود.

۶) چنانچه از دی آمونیوم فسفات بجای سوپر فسفات تریپل بعنوان منبع تامین کننده فسفر استفاده شود به ازای مصرف هر ۵۰ کیلوگرم دی آمونیوم فسفات حدود ۲۰ کیلوگرم از میزان اوره توصیه شده کم می شود.

۷) مصرف کودهای بیولوژیک ازتوباکتر و حل کننده های فسفات مخصوص تلقیح گندم توصیه می شود. میزان مصرف مایه تلقیح در شرایط دیم ۰/۵ الی ۱ کیلوگرم بیشتر از شرایط آبی در نظر گرفته شود.

۸) به دلیل اثرات منفی و احتمال گیاه سوزی ناشی از مصرف سرک کودهای نیتروژنی، مقدار مصرف سرک از ۳۰ الی ۴۰ کیلوگرم اوره در هکتار بیشتر نباشد.

نیاز نیتروژنی گندم دیم در شرایط آبیاری تکمیلی

مقدار آبیاری تکمیلی	نیتروژن توصیه شده (کیلوگرم بر هکتار)			اوره توصیه شده (کیلوگرم بر هکتار)		
در آبیاری تکمیلی ۵۰ میلی متر در پاییز	۸۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار	پاییز	۵۳ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار	۱۷۴ کیلوگرم اوره بر هکتار	پاییز	۱۱۶ کیلوگرم اوره بر هکتار
		بهار	۲۷ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار		بهار	۵۸ کیلوگرم اوره بر هکتار
در آبیاری تکمیلی ۵۰ میلی متر در پاییز + ۳۰ میلی متر در بهار	۹۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار	پاییز	۶۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار	۱۹۷ کیلوگرم اوره بر هکتار	پاییز	۱۳۱ کیلوگرم اوره بر هکتار
		بهار	۳۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار		بهار	۶۶ کیلوگرم اوره بر هکتار

توصیه عمومی مصرف کود اوره برای تناوب آیش-گندم دیم بر اساس میزان بارندگی: (چنانچه سیستم تناوبی به علوفه (لگوم)-گندم تغییر کند، مصرف نیتروژن برای گندم به طور متوسط ۱۰ الی ۲۰ کیلوگرم در هکتار کمتر خواهد بود).

بارندگی سال زراعی (میلی‌متر)	نیتروژن مورد نیاز (کیلوگرم در هکتار)	اوره (کیلوگرم در هکتار)
۲۵۰-۲۷۵	۴۰	۸۷
۲۷۵-۳۰۰	۴۵	۹۸
۳۰۰-۳۲۵	۵۰	۱۰۹
۳۲۵-۳۵۰	۵۵	۱۲۰
۳۵۰-۳۷۵	۶۰	۱۳۰
۳۷۵-۴۰۰	۶۵	۱۴۱
بیش از ۴۰۰	۷۰	۱۵۲

نیاز نیتروژنی جو دیم در مناطق مختلف

منطقه	میزان بارندگی سال زراعی (میلی متر)	مقدار اوره (کیلوگرم در هکتار)	
		پاییز	بهار (سرک)
سرد و نیمه سرد	کمتر از ۳۰۰	۵۰	۳۰
	۳۰۰ الی ۴۸۰	۶۰	۴۰
معتدل	کمتر از ۳۰۰	۶۵	۰
	۳۰۰ الی ۴۸۰	۶۵	۲۰
گرمسیری	۳۰۰ الی ۴۵۰	۸۵	۰
	بیش از ۴۵۰	۸۰	۳۰

در شرایطی که خطر سرمازدگی برای جو دیم وجود نداشته باشد، کل نیاز نیتروژنی جو (۸۵ کیلوگرم اوره در هکتار) در پاییز همزمان با کاشت به صورت جایگذاری در زیر بستر بذر مصرف شود.

نیاز نیتروژنی نخود، عدس و علوفه دیم

لگوم ها می توانند ۶۰ تا ۸۰ درصد از نیاز ازتی خود را از طریق تثبیت بیولوژیکی تأمین کند. با این حال، کاربرد **۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار** (معادل ۴۳ کیلوگرم اوره در هکتار) همزمان با کشت نخود و عدس به عنوان آغازگر توصیه میشود.

نیاز نیتروژنی گلرنگ دیم

در کشت پاییزه مصرف **۱۰۰ کیلوگرم اوره بر هکتار** مناسب است.

این مقدار در کشت بهاره به **۸۰ کیلوگرم اوره بر هکتار** کاهش می یابد.

مصرف کود سرک برای مناطقی با بارندگی بیش از ۴۰۰ میلی متر و دارای بارندگی های مناسب بهاره توصیه می شود که به میزان **۵۰ کیلوگرم اوره بر هکتار** در اوایل بهار استفاده شود.

مصرف گوگرد نیز بعد از انجام آزمون خاک مفید خواهد بود.

مصرف کود باید به صورت جایگذاری و در فاصله تا ۱۰ سانتیمتری زیر بذر باشد.

آیا با محلولپاشی می توان میزان پروتئین دانه گندم را افزایش داد؟

سلامتی از مزرعه می آید نه از داروخانه

مرحله محلولپاشی: چکمه ای شدن = برای افزایش کیفیت دانه گندم

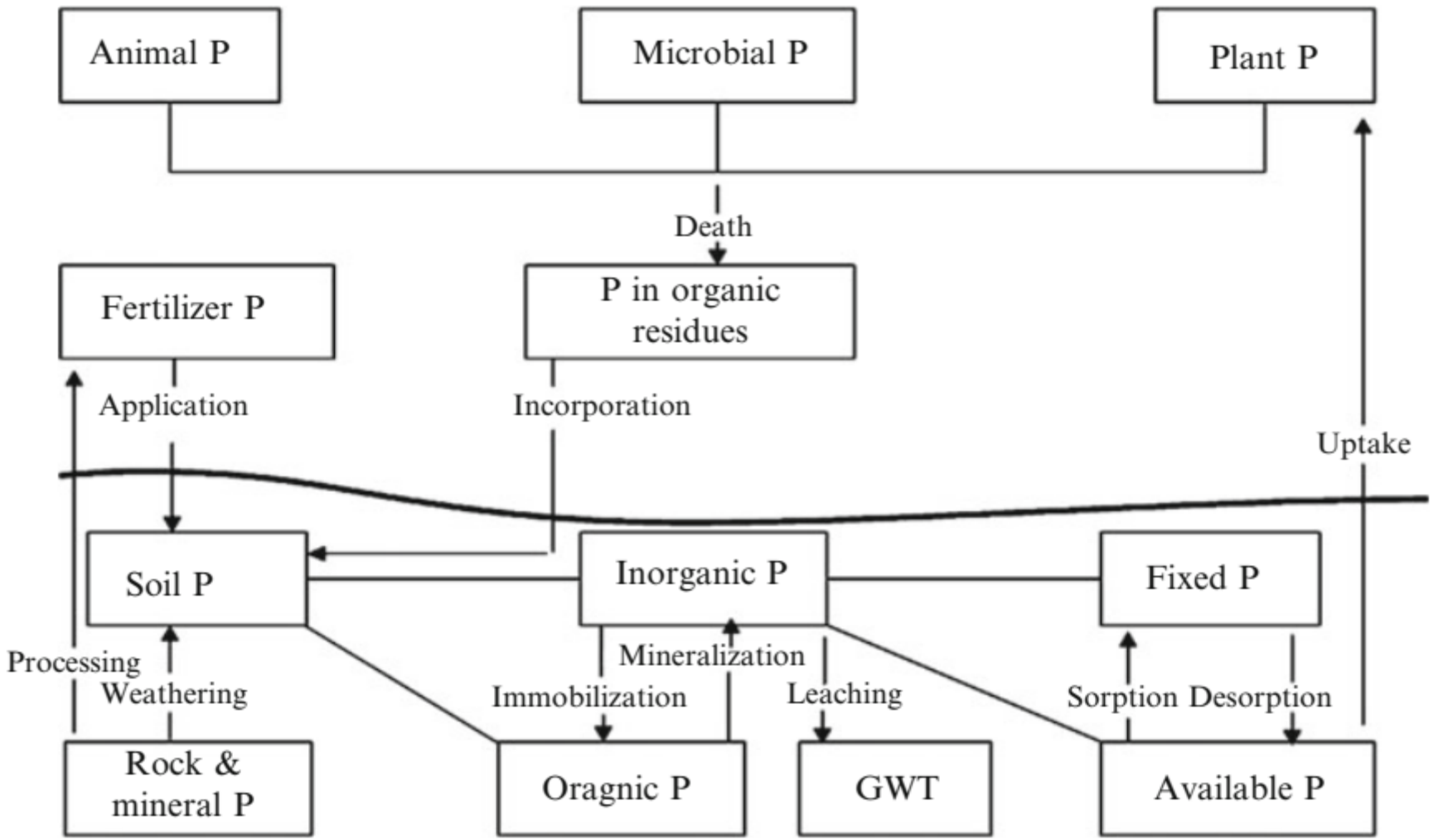
غلظت اوره: ۳ درصد اوره (۳ کیلوگرم اوره به ازای ۱۰۰ لیتر)

مقدار محلولپاشی: ۴۰۰ لیتر در هکتار

کل اوره مورد نیاز برای هر هکتار: ۱۲ کیلوگرم

توصیه می شود مقدار ۳ گرم بر لیتر سولفات روی (۳ در هزار) به محلول اوره افزوده و توأم با محلول اوره محلولپاشی شود.

فسفر (P)


Animal P
Microbial P
Plant P
Death
Fertilizer P
P in organic residues
Application
Incorporation
Uptake
Soil P
Inorganic P
Fixed P
Processing
Weathering
Mineralization
Immobilization
Leaching
Sorption Desorption
Rock & mineral P
Oragnic P
GWT
Available P

منابع ورودی فسفر:

1) فسفر کودها: کودهای فسفری مهمترین منبع تأمین فسفر در خاک.
2) فسفر آزاد شده از مواد آلی
3) فسفر آزاد شده از هوادیدگی کانی ها (آپاتیت، واریسایت، استرنگایت و ...)
4) سایر منابع فسفر: فاضلاب ها، سیلاب ها، فرسایش، گرد و خاک، باران و ...

منابع خروجی فسفر:

1) برداشت فسفر توسط گیاه
2) شستشوی فسفر از خاک (کم)
3) تثبیت فسفر توسط میکروارگانیسم ها (رقابت بین گیاه و میکروارگانیسم ها)
4) تثبیت معدنی فسفر

عوامل مؤثر بر جذب فسفر

عوامل خاکی:

رس ها و اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و آلومینیوم: رس های ۱:۱ مانند کائولینایت = مانند خاک هایی که در نواحی گرم و پر باران دیده می شوند.

زمان: هر چه زمان تماس خاک با فسفر افزوده شده بیشتر باشد مقدار تثبیت نیز بیشتر است.

pH خاک: گیاه فسفر را به صورت ارتوفسفات اولیه (آنیون یک ظرفیتی) و ثانویه (آنیون دوظرفیتی) جذب می کند ولی بیشتر ارتوفسفات اولیه را ترجیح می دهد.

فسفر محلول: حرکت فسفر به طرف ریشه عمدتاً از طریق پخشیدگی است. مقدار فسفات های محلول خاک هر چقدر بیشتر باشد، جذب فسفر (مقدار و سرعت پخشیدگی) بیشتر خواهد بود.

دما: دما بیشتر = اکسیدهای آبدار آهن و آلومینیم بیشتر = تثبیت فسفر بیشتر.

سطح تماس کود و خاک: تثبیت در کودهای پودری بیشتر است. در روش پخش سطحی که کود با کل خاک مخلوط می شود نسبت به روش نواری تثبیت فسفر بیشتر است.

ماده آلی خاک: مواد آلی فراهمی فسفر خاک را افزایش می دهد.

1) اسیدهای آلی و دی اکسیدکربن ناشی از تجزیه مواد آلی pH خاک را کاهش می دهد.
2) به صورت پوششی بر روی سطوح تثبیت کننده فسفر قرار گرفته و تثبیت فسفر را کاهش می دهد.
3) تشکیل کمپلکس های فسفوهیومیک که برای گیاه با سهولت بیشتری قابل جذب است.

عوامل گیاهی:

فیزیک ریشه گیاه: با افزایش حجم ریشه و با گسترش بیشتر ریشه در خاک، فسفر بیشتری جذب می شود (قارچ‌های میکوریز).

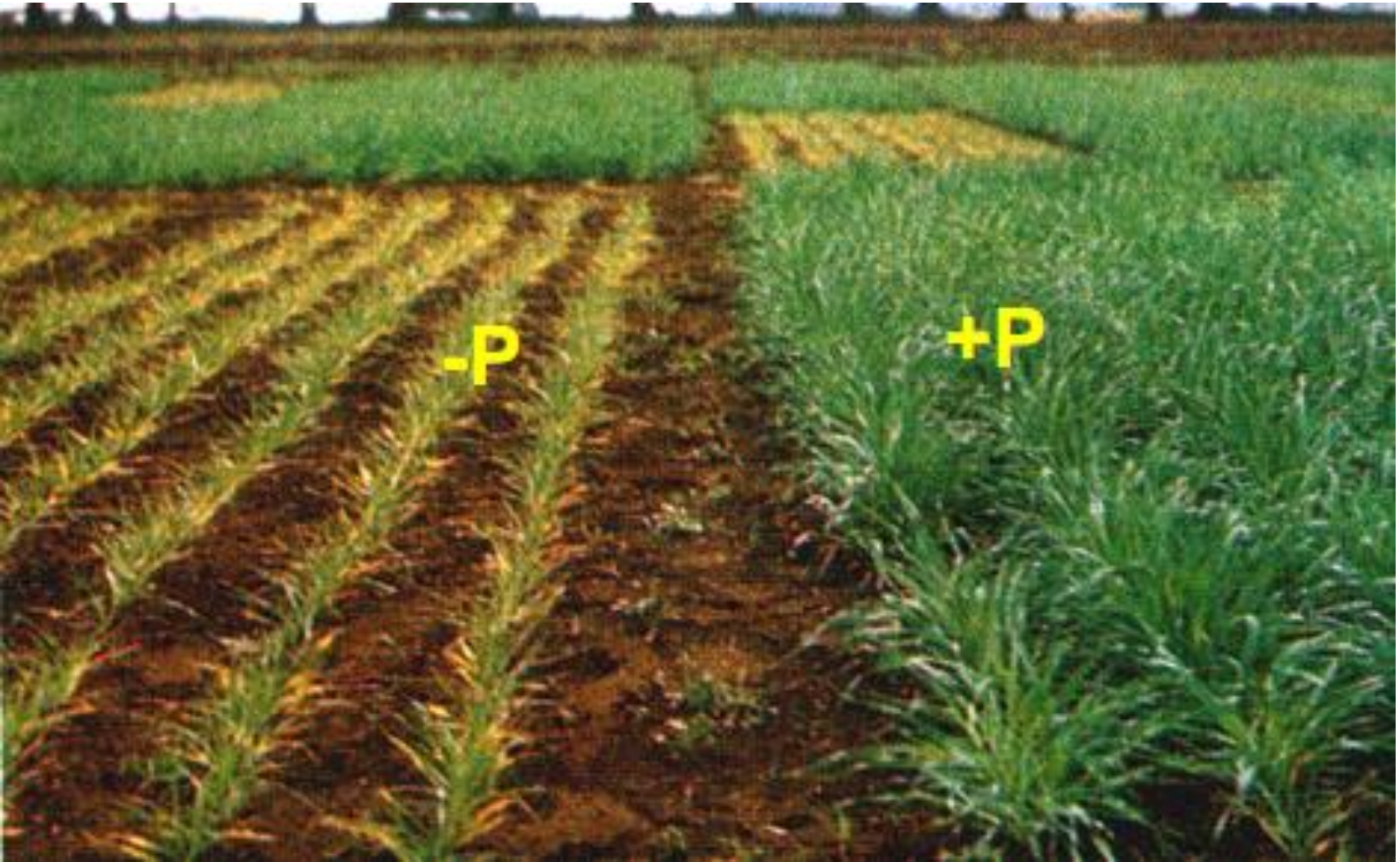
ترشحات ریشه: ترشح پروتون و ترکیبات آلی اسیدی از ریشه به ریزوسفر باعث کاهش pH ریزوسفر و حل شدن و افزایش تحرک و جذب فسفر می شود.

علایم ظاهری کمبود فسفر در گندم:

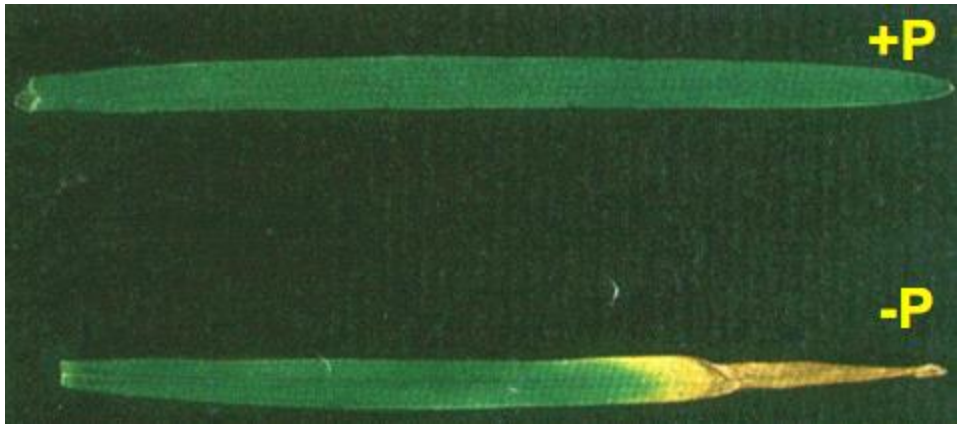
گیاهان به رنگ سبز تیره و برگ های مسن در نوک و لبه ها به رنگ ارغوانی مایل به قرمز تغییر رنگ می یابند.

برگ های گندم مبتلا به کمبود فسفر دچار پیچیدگی شده و بعضی اوقات برگ های پیر به دور برگهای جوانتر پیچ می خورند.

کاهش توانایی رشد و تعداد پنجه



علایم ظاهری کمبود فسفر در گندم دیم



فسفر مورد نیاز بر حسب کمبود از سطح بحرانی (۱۰ میلی گرم در کیلوگرم)

بهتر است بر اساس جرم مخصوص ظاهری خاک و عمق توسعه ریشه گیاه مربوطه، مقدار کود مورد نیاز محاسبه شود. با این حال، با فرض جرم مخصوص ظاهری خاک برابر ۱/۵ گرم بر سانتی متر مکعب (۱۵۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب) و متوسط عمق توسعه ریشه برابر ۲۰ سانتی متر (۰/۲ متر) می توان از داده های جدول زیر استفاده کرد (کود سوپرفسفات تریپل ۴۶ درصد P_2O_5 دارد نه P).

فسفر اولیه خاک (میلیگرم بر کیلوگرم)	کمبود از سطح بحرانی (P - 10)	فسفر مورد نیاز (بر حسب P_2O_5)	سوپرفسفات تریپل مورد نیاز* (کیلوگرم بر هکتار)
9	1	7	15
8	2	14	30
7	3	21	45
6	4	28	60
5	5	35	75
4	6	42	90
3	7	49	105
2	8	56	120
1	9	63	135

* در مواردی که مقدار نیتروژن مصرفی بیش از ۵۵ کیلوگرم بر هکتار باشد، مقدار ۱۵ الی ۲۰ کیلوگرم بر هکتار به داده های این ستون (سوپرفسفات تریپل) افزوده شود.

توجه!

- ✓ میزان کود فسفر توصیه شده برای گندم دیم در سیستم کشت مستقیم کمتر از کم خاکورزی و در آن هم کمتر از روش سنتی است.
- ✓ میزان کود فسفر توصیه شده برای گندم دیم در خاک های با بافت سبک کمتر از خاک های با بافت سنگین است.
- ✓ میزان کود فسفر توصیه شده برای گندم دیم در روش جایگذاری کمتر از روش پخش سطحی است.
- ✓ حدود ۱۰ تا ۳۰ درصد فسفر مصرف شده جذب گیاه جذب می شود و باقیمانده آن به صورت غیرقابل جذب در می آید. بنابراین کودهای فسفری برای کشت محصول بعدی دارای اثرات باقیمانده می باشند.

اگر کود فسفری بیش از مقدار توصیه شده مصرف شود چه اتفاقی ممکن است رخ دهد؟

- افزایش فشار اسمزی
- برهم خوردن تعادل عناصر غذایی مخصوصاً کاهش جذب عناصر ریزمغذی مانند روی و آهن می گردد (اثر آنتاگونیسم). به عنوان مثال، مقادیر فسفر مصرفی باید طوری تنظیم شود که نسبت فسفر به روی در خاک بیش از ۱۲ نباشد. در غیر این صورت مصرف کودهای حاوی روی ضروری می باشد ($P/Zn \leq 12$).
- افت عملکرد
- هزینه های اضافی ناشی از مصرف کود بیشتر

نیاز فسفر جو دیم

برای جو دیم نیز توصیه های جدول مربوط به توصیه کودی فسفر گندم دیم صحیح است با این تفاوت که در جو دیم **حد بحرانی فسفر قابل جذب خاک را ۹ میلی گرم بر کیلوگرم خاک** در نظر می گیریم؛ یعنی برای مقدار فسفر قابل جذب ۹ میلی گرم بر کیلوگرم خاک، توصیه کود سوپرفسفات برابر صفر و برای ۸، ۱۵ و برای ۷، ۳۰ و به این ترتیب الی آخر خواهد بود.

نیاز فسفر نخود، عدس و علوفه دیم

در صورتی که میزان فسفر خاک کمتر از **٦ میلی گرم بر کیلوگرم خاک** باشد، مصرف کود فسفره تا رسیدن به مرز ۶ میلی گرم بر کیلوگرم ضروری است.

در صورتی که اطلاعاتی از وضعیت فسفر خاک در دسترس نیست، کاربرد **۳۰-۱۵ کیلوگرم P_2O_5 در هکتار (معادل ٤٣ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار)** همزمان با کشت توصیه می شود.

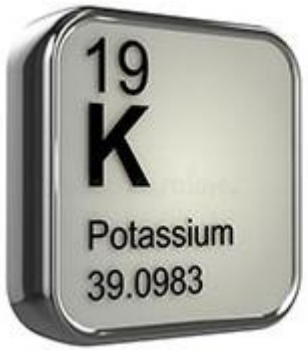
در کشت بهاره یا انتظاری نخود و عدس در اقلیم سرد، کود فسفره براساس میزان توصیه شده در پاییز مصرف خواهد شد و کود نیتروژن همراه با کشت مصرف می شود.

اگر نخود، عدس و یا علوفه در تناوب با غلات کشت شود و میزان مصرف P_2O_5 برای غلات ۳۰ کیلوگرم در هکتار یا بیشتر بوده باشد، نیازی به مصرف کود فسفر برای نخود، عدس و علوفه نیست.

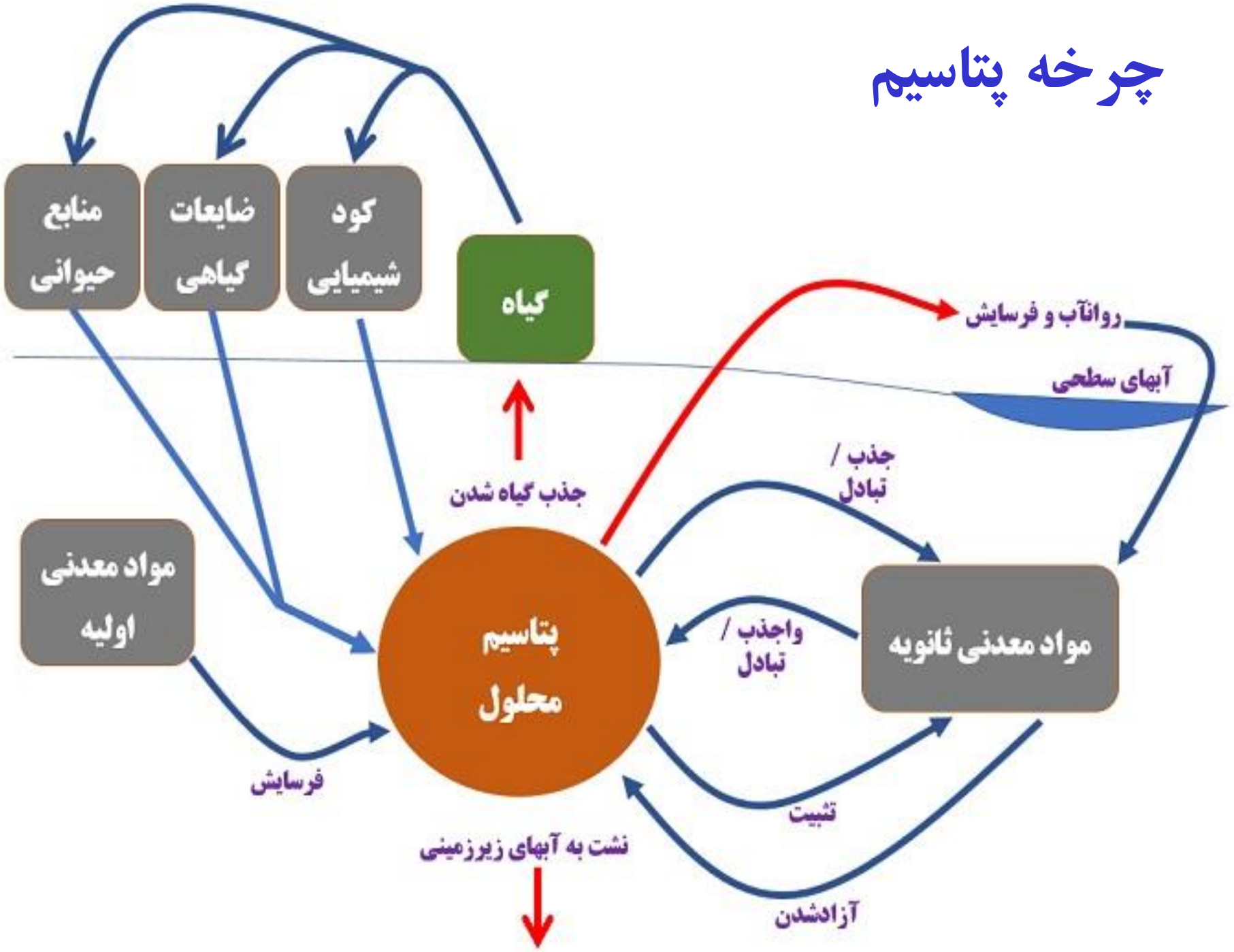
نیاز فسفر گلرنگ دیم

در کشت پاییزه مصرف **۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم** مناسب است. این کود در کشت بهاره به **٤٠ کیلوگرم فسفات آمونیوم** کاهش می یابند.
مصرف کود باید به صورت جایگذاری و در فاصله ۸ تا ۱۰ سانتی متری زیر بذر باشد.

پتاسیم (K)



چرخه پتاسیم


منابع حیوانی
ضایعات گیاهی
کود شیمیایی
گیاه
رواناب و فرسایش
آبهای سطحی
جذب گیاه شدن
جذب / تبادل
مواد معدنی اولیه
پتاسیم محلول
واجذب / تبادل
مواد معدنی ثانویه
فرسایش
تثبیت
نشت به آبهای زیرزمینی
آزادشدن

علایم ظاهری کمبود پتاسیم در گندم دیم

- زرد شدن و نکروزه شدن نوک و حاشیه برگ های پیر و گسترش این حالت به شکل پیکان در قاعده تا مرکز برگ
- در شرایط کمبود شدید پتاسیم این علایم به برگ های جوان نیز منتقل می گردد.
- گیاهانی که به کمبود شدید پتاسیم مبتلا می شوند، ظاهری مشابه گیاهان دچار تنش خشکی را پیدا می کنند.

Credit: IPNI

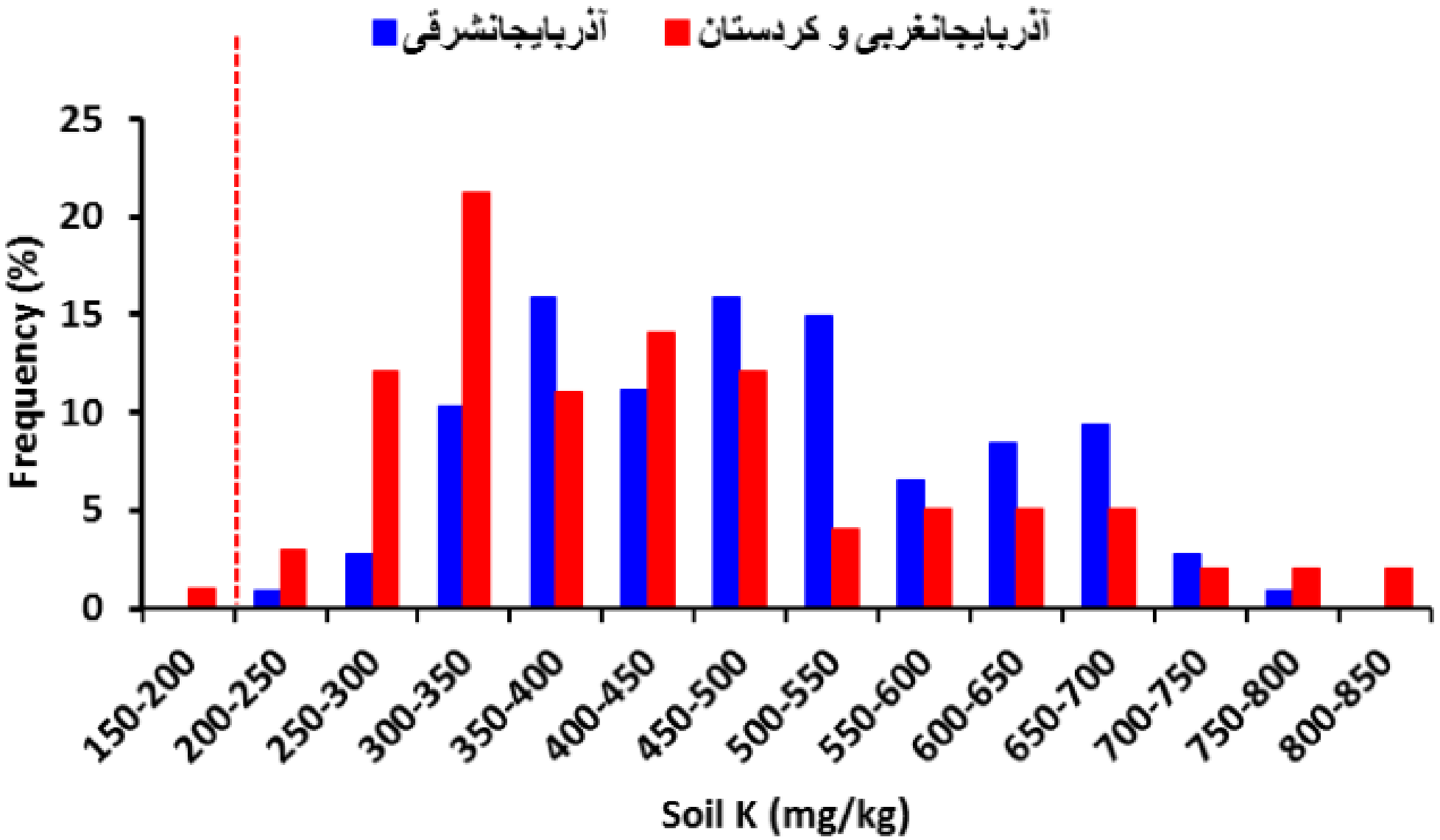
مقدار پتاسیم در خاک **چند برابر نیتروژن و فسفر** است.

میزان پتاسیم خاک بستگی به اقلیم (در نواحی **خشک بیشتر از مرطوب**)، بافت خاک (در خاک های **رسی بیشتر از شنی**)، جنس سنگ مادری و مواد کانی تشکیل دهنده خاک دارد.

پتاسیم دارای **جذب لوکس** است. یعنی گیاهان پتاسیم را بیش از مقدار نیاز برای رشد مطلوب جذب می کنند که این امر سبب انباشته شدن پتاسیم در گیاه می شود بدون اینکه باعث افزایش رشد و عملکرد شود (افزایش هزینه اقتصادی).

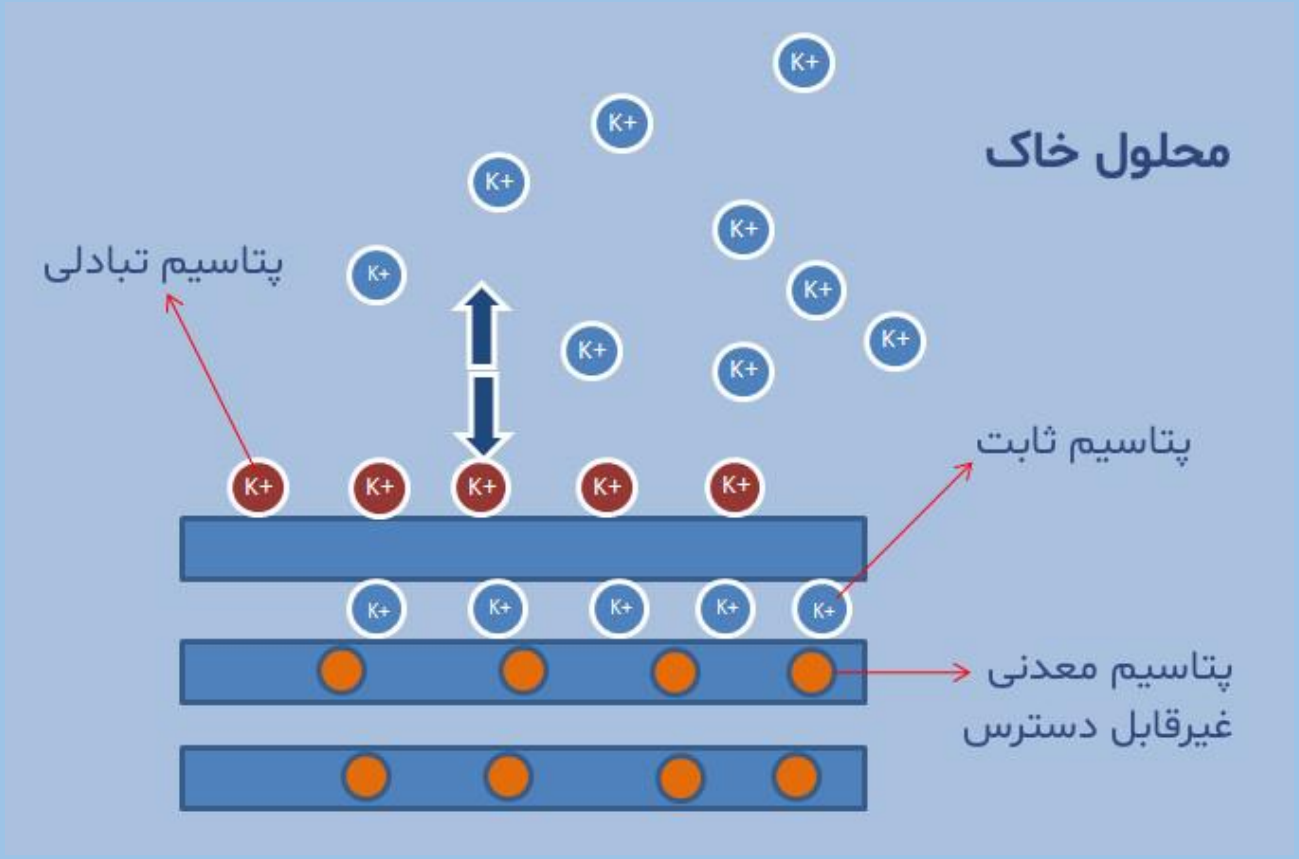
نتایج بررسی های میدانی نشان می دهد که در هیچ کدام از اراضی دیم مورد بررسی در استان های سرد، نیمه سرد و معتدل کشور (به استثنای بخش هایی از خوزستان) کمبود پتاسیم برای رشد گندم دیم در خاک وجود ندارد و میزان پتاسیم قابل استفاده در خاک این اراضی اغلب بیش از **۲۵۰ میلی گرم در کیلوگرم تا ۹۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم** و به طور میانگین ۴۸۰ میلی گرم بر کیلوگرم (۷۵ درصد اراضی بیش از ۳۶۰ میلی گرم بر کیلوگرم) می باشد (فیضی اصل، ۱۳۹۹).

وضعیت پتاسیم در اراضی دیم (پائیز ۱۳۹۶)



پتاسیم موجود در خاک به چهار دسته کلی تقسیم می شود:

1. پتاسیم ساختمانی یا غیر قابل دسترس
2. پتاسیم ثابت یا با دسترسی آهسته
3. پتاسیم تبادلی یا به آسانی در دسترس
4. پتاسیم محلول خاک



عوامل مؤثر بر میزان جذب پتاسیم توسط گیاهان

سطح اکسیژن: برای کارکرد درست ریشه، از جمله جذب پتاسیم، وجود اکسیژن ضرورت دارد.

رطوبت: هر چه خاک رطوبت بیشتری داشته باشد، گیاهان راحتتر پتاسیم جذب کنند.

خاکورزی: تحقیقات ثابت کرده است خاکورزی منظم به جذب بهتر پتاسیم کمک می کند.

دمای خاک: دمای بین ۱۵ الی ۲۶ درجه سلسیوس طیف دمایی ایده آل خاک برای فعالیت ریشه و غالب فرآیندهای فیزیولوژیکی درون گیاهان محسوب میشود. دما هر چه پایین تر باشد، جذب پتاسیم نیز آهسته تر انجام می شود.

چرا مصرف کودهای پتاسیمی در اغلب اراضی دیم ایران توصیه نمی شود؟

۱) عدم کمبود پتاسیم در خاک

۲) آزاد شدن پتاسیم تبادلی و پتاسیم ثابت با مدیریت صحیح مصرف کودهای نیتروژن

اگر در خاک‌های دیمی که نیازی به مصرف کود پتاسیمی نیست، کود پتاسیمی مصرف شود چه اتفاقی ممکن است رخ دهد؟

۱) ایجاد فشار اسمزی

۲) بر هم خوردن تعادل پتاسیم با کلسیم و منیزیم و عناصر کم مصرف کاتیونی

۳) افت عملکرد

۴) تحمیل هزینه های اقتصادی ناشی از مصرف کود

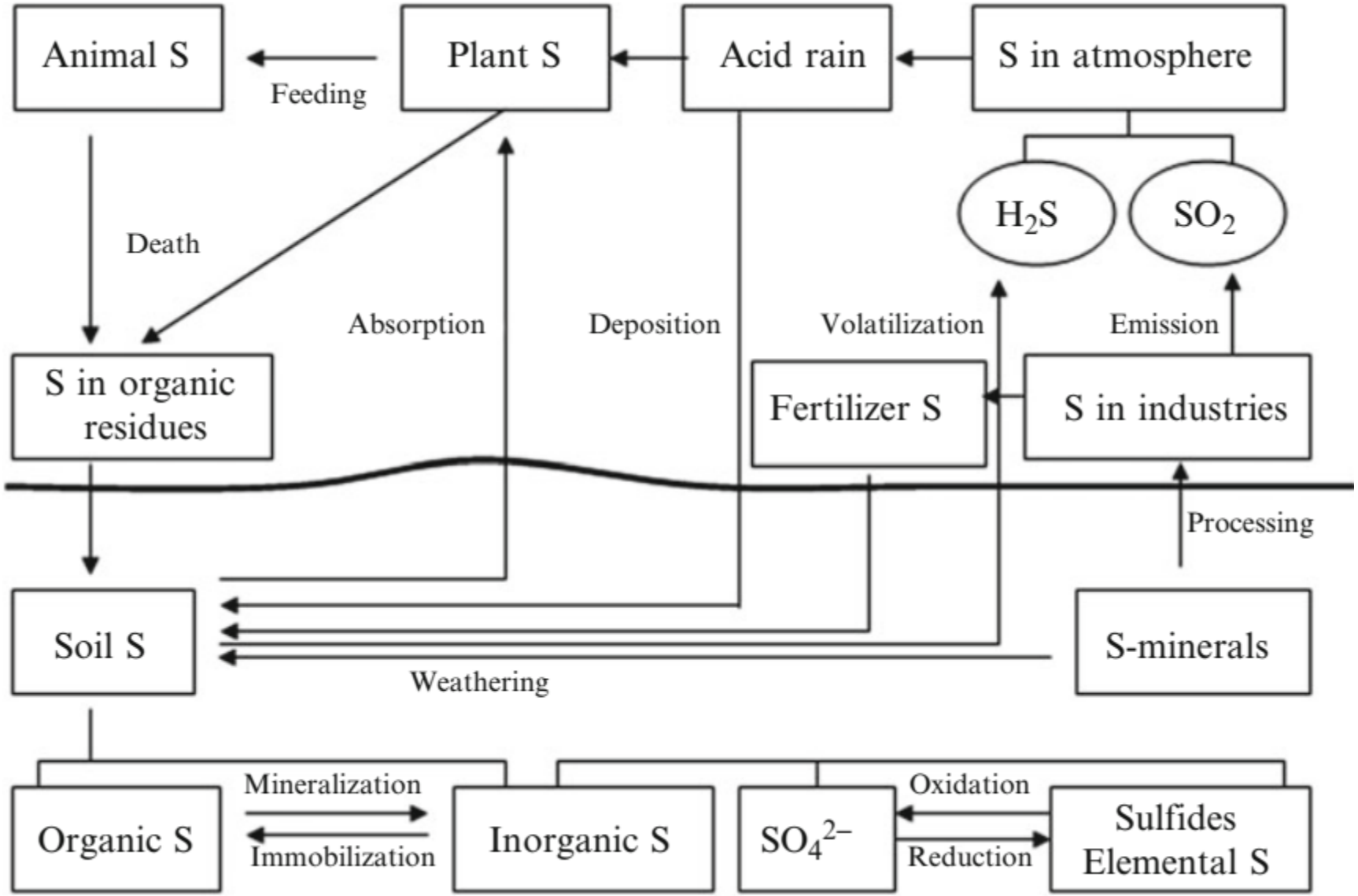
مقدار کود پتاسیمی مورد نیاز گندم دیم

پیش بینی میزان بارندگی(میلی لیتر)	میزان پتاسیم قابل جذب در خاک (ppm)			
	کمتر از ۱۵۰	۱۵۰-۲۰۰	۲۰۰-۲۵۰	۲۵۰-۳۰۰
کمتر از ۲۰۰	۱۰۰	۸۰	۵۰	-
۲۰۰-۳۰۰	۱۵۰	۱۲۰	۷۰	۵۰
۳۰۰-٤۰۰	۱۷۰	۱۵۰	۱۰۰	۷۰
بیشتر از ٤۰۰	۲۰۰	۱۷۰	۱۵۰	۱۰۰

توجه!

- ✓ مقدار کود پتاسیمی مورد نیاز برای استفاده در کشت مستقیم کمتر از روش کم خاکورزی و در آن کمتر از روش خاکورزی مرسوم است.
- ✓ مقدار کود پتاسیمی مورد نیاز برای استفاده به روش جایگذاری کمتر از روش های نواری و پخش سطحی و ... است.
- ✓ مقدار کود پتاسیمی توصیه شده با افزایش میزان بارندگی افزایش می یابد.
- ✓ در خاک های بسیار سبک (درصد شن بالای ۶۰ درصد) و خاک های سنگین (درصد رس بالای ۷۰ درصد) توصیه می شود مصرف پتاسیم ۳۰٪ بیشتر شود.
- ✓ در خاک هایی که میزان پتاسیم قابل جذب خاک بیشتر از ۳۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک است، اگر درصد شن بالای ۶۰ درصد و یا درصد رس بالای ۷۰ درصد باشد، مصرف حداقل ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار توصیه می شود.
- ✓ معمولا قبل از گلدهی و یا در زمان تشکیل دانه با گرم شدن هوا و کاهش رطوبت خاک در دیمزارها، علی رغم وجود پتاسیم کافی در خاک ، حرکت پتاسیم در محلول خاک به مقدار زیادی کاهش می یابد. به علت عدم وجود رطوبت کافی در خاک و برای اجتناب از برهم خوردن تعادل عناصر غذایی به‌ویژه عناصر غذایی کم‌مصرف، توصیه به مصرف خاکی پتاسیم در این شرایط نمی‌شود. لذا محلول پاشی منابع کودی حاوی پتاسیم با رعایت دستورالعمل های محلولپاشی می تواند مفید باشد.

گوگرد (S)


Animal S
Feeding
Plant S
Acid rain
S in atmosphere
H_2S
SO_2
Death
Absorption
Deposition
Volatilization
Emission
S in organic residues
Fertilizer S
S in industries
Processing
Soil S
S-minerals
Weathering
Organic S
Mineralization
Immobilization
Inorganic S
SO_4^{2-}
Oxidation
Reduction
Sulfides
Elemental S

علایم ظاهری کمبود گوگرد در گندم:

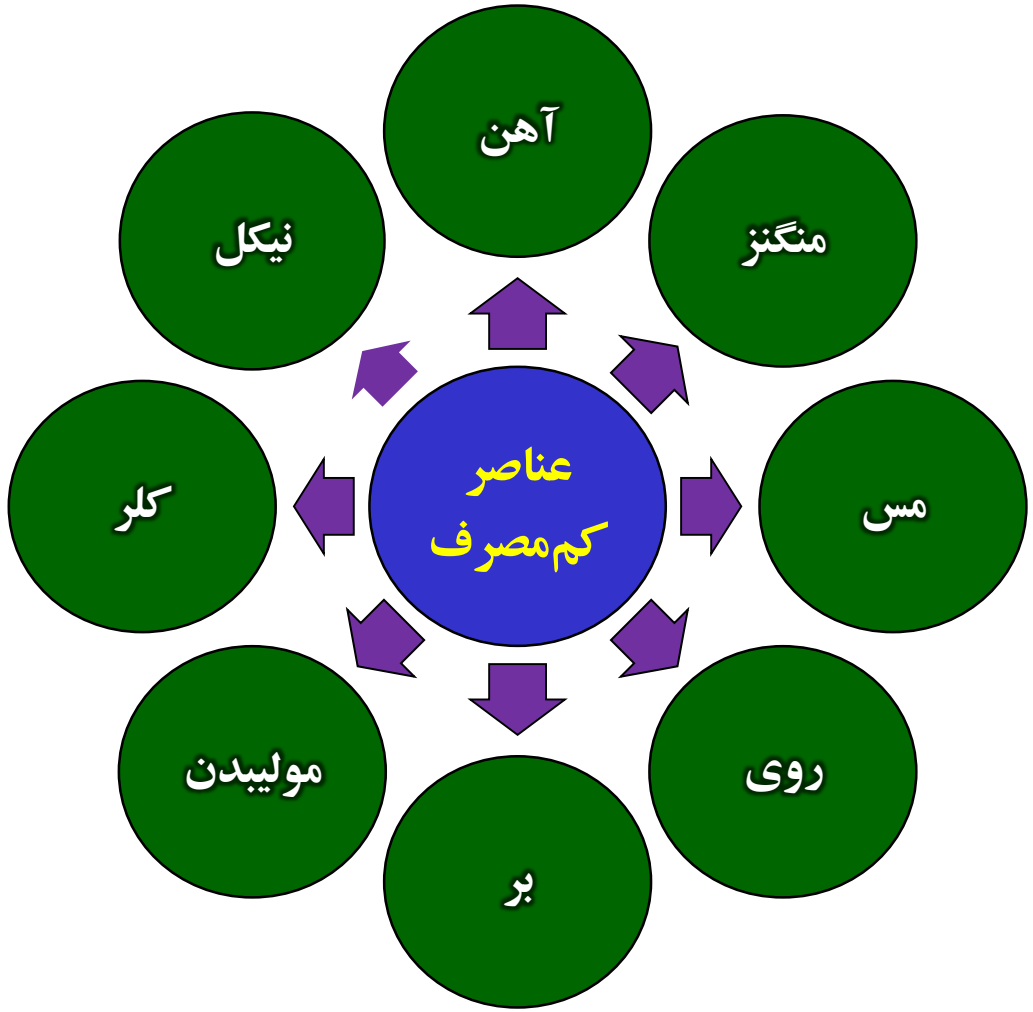
شبیه کلروز ناشی از کمبود نیتروژن (زردی عمومی برگ) است. با این حال کمبود گوگرد بر خلاف کمبود نیتروژن بیشتر در برگ های جوان دیده می شود.

- یون سولفات از طریق ترکیبات موجود در خاک از جمله گچ به خاک اضافه می شود.
- کاربرد کودها با بنیان سولفات نظیر سولفات آمونیوم و سولفات پتاسیم نیز می تواند در رفع کمبود گوگرد در گیاه گندم مؤثر واقع شود. با این حال کاربرد گوگرد به صورت پودری، گوگرد پاستیل و یا کودهای آلی گرانوله گوگردی نیز به عنوان منابع مهم تأمین گوگرد مورد نیاز گندم شناخته شده اند.
- مقدار مصرف گوگرد بسته به نوع آن متفاوت است.
- گوگرد ممکن است پالایشگاهی یا معدنی باشد.
- **گوگرد پودری در کشاورزی بیشتر برای دفع آفات و بیماری ها مورد استفاده قرار می گیرد.**

گرانول **پاستیل** **پودر** **پودر**

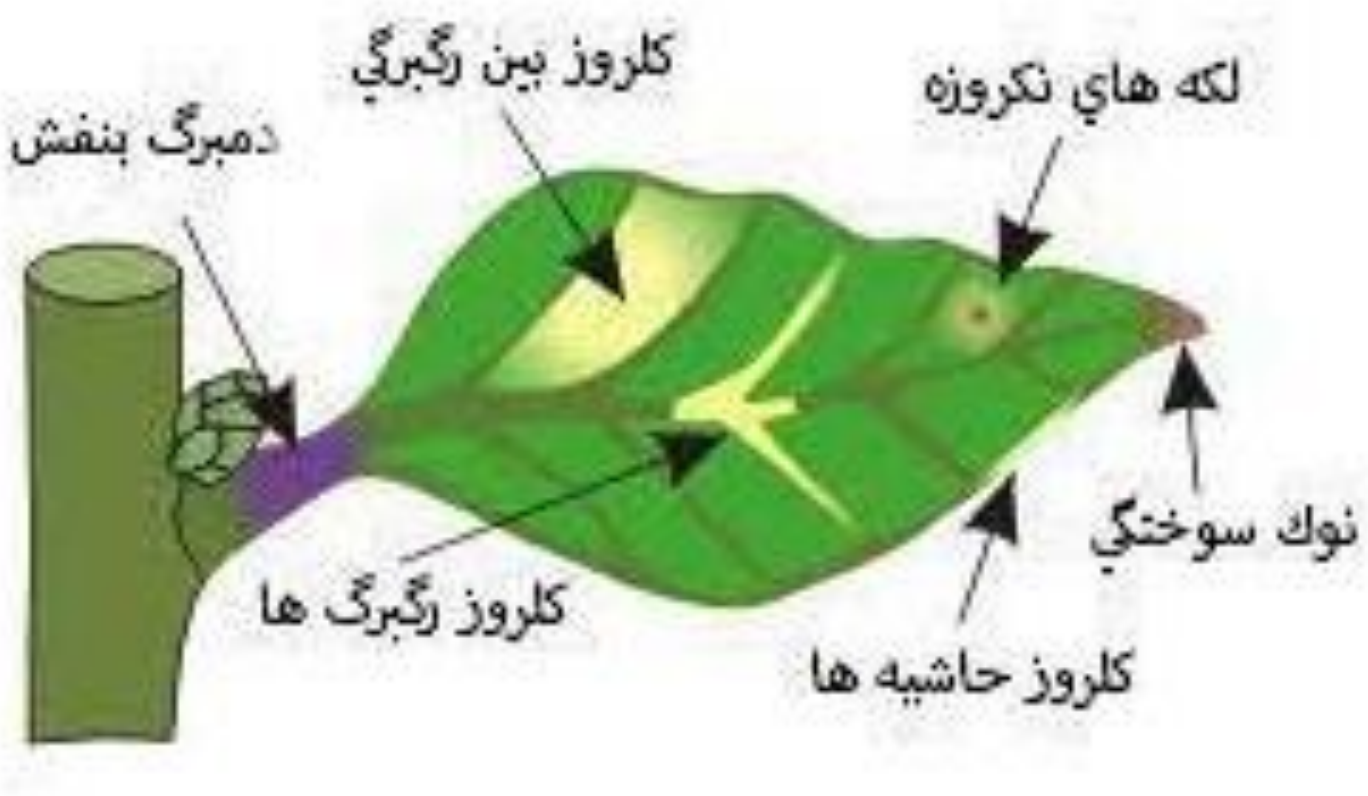
عناصر کم مصرف

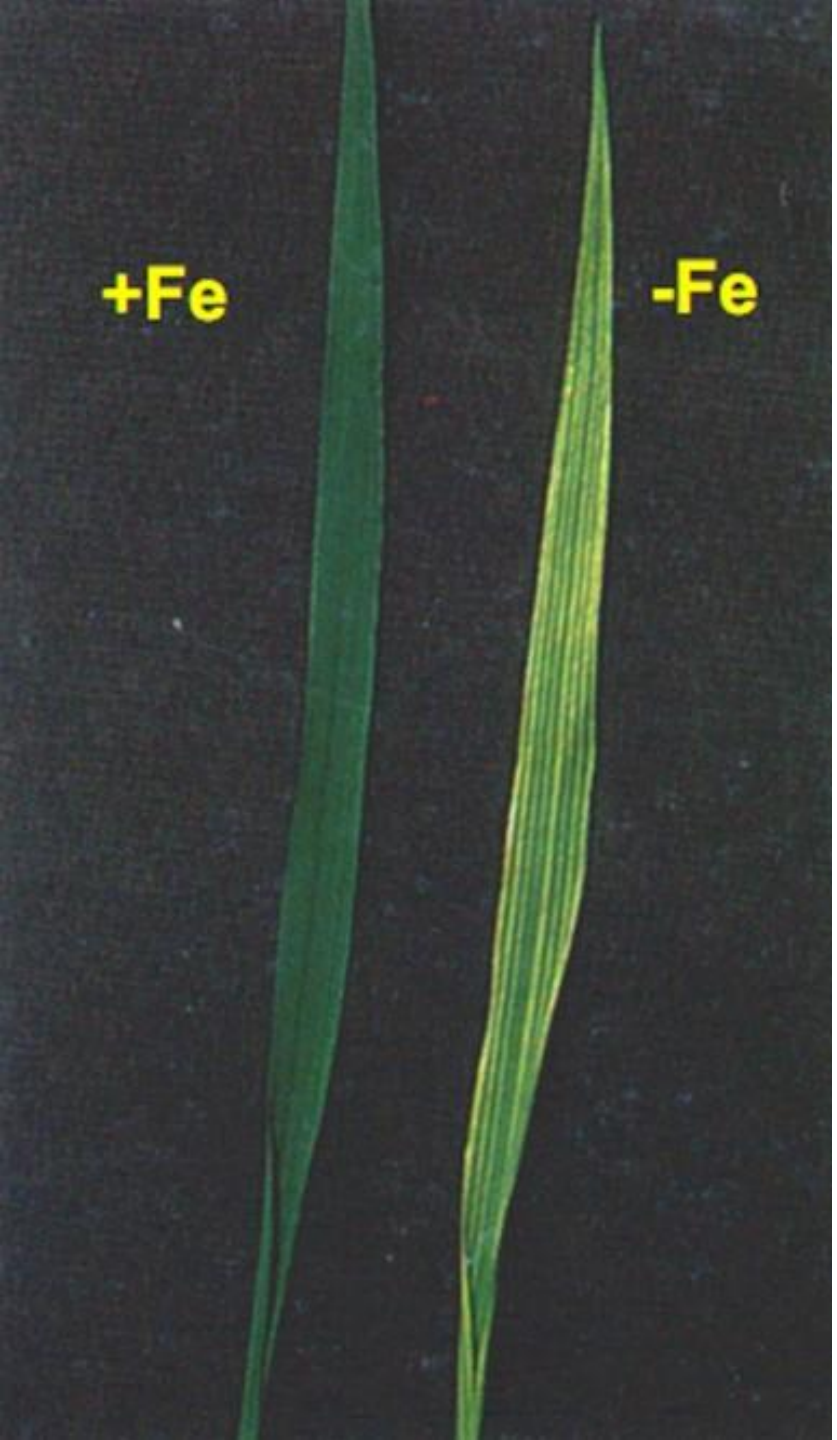
(Micro elements)



- در دیم زارهای ایران به علت آهکی بودن و کمبود مواد آلی خاک، کمبود عناصر غذایی کم مصرف قابل توجه است.
- کمبود عناصر غذایی کم مصرف به طور معمول در خاک های سبک و درشت بافت (شنی)، خاک های آهکی و خاک های با ماده آلی کم اتفاق می افتد.
- کودهای ریزمغذی را به غیر از آهن به دلیل تشکیل رسوب در خاک، می توان به صورت مصرف خاکی و در زمان کاشت استفاده نمود؛ ولی محلولپاشی این کودها (با غلظت ۲ تا ۳ در هزار و مقدار ۴۰۰ لیتر در هکتار) در مرحله پنجه دهی یا اوایل ساقه دهی نیز امکان پذیر است.

برخی از اختلالات ایجاد شده بر روی برگ ها بر اثر کمبود عناصر غذایی در گیاه





علایم ظاهری کمبود آهن در گندم:

- ✓ علایم کمبود آهن و منیزیم در اکثر گیاهان شبیه هم هستند.
- ✓ در کمبود منیزیم و آهن، ابتدا برگ های جوان زرد می شوند.
- ✓ در کمبود آهن تفاوت بین رنگ سبز برگ های پیر و زردی برگ های جوان مشخص تر از سایر عناصر نسبتاً غیرمتحرک است.
- ✓ حالت زردی ناشی از کمبود آهن به صورت کلروز نواری و مشاهده نوارهای سبز و زرد متناوب در امتداد رگبرگ اصلی ایجاد می شود. این نوارها نسبت به کمبود منیزیم و منگنز منظم تر هستند.
- ✓ در حالت کمبود شدید آهن، برگ های جوان سفید می شوند. در شرایط کمبود آهن، گیاهان کاملاً ایستاده هستند در حالی که در کمبود منگنز گیاهان حالت افتاده و تاخورده دارند.

علایم ظاهری کمبود منگنز در گندم:

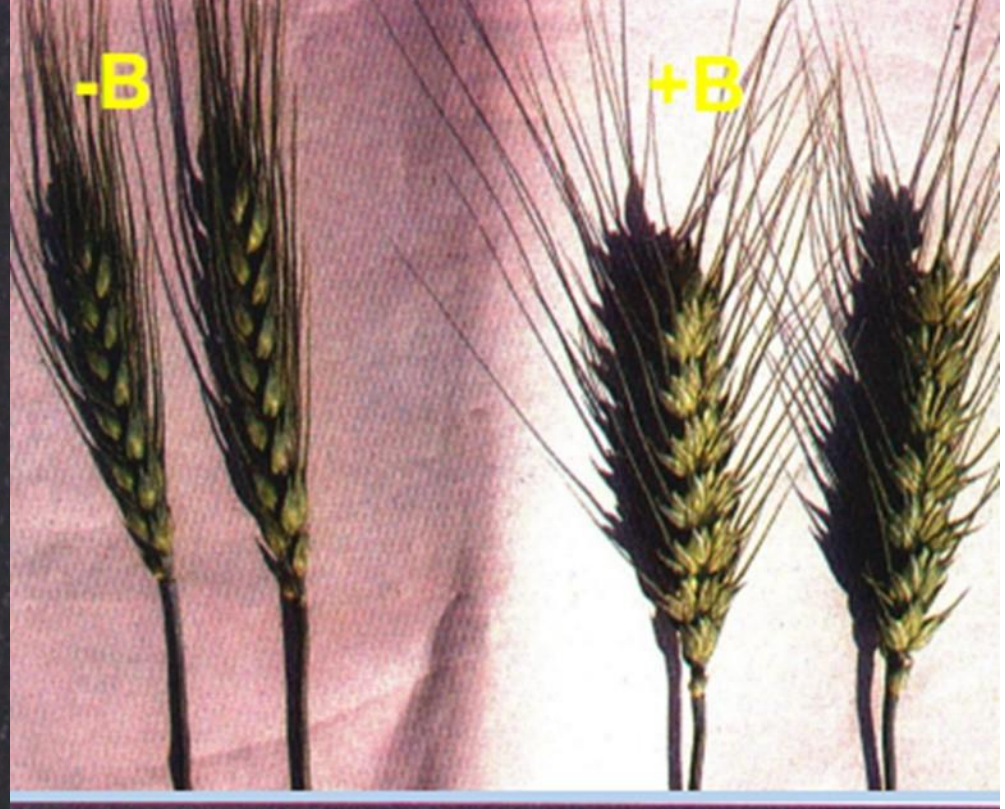
- ✓ علایم کمبود منگنز در گندم ابتدا در برگ های جوان آشکار می شوند که در مقایسه با برگ های پیر ظاهری زرد و پژمرده پیدا می کنند. سپس لکه و نوارهای برنزی کمرنگ در قاعده جوانترین برگی که به طور کامل باز شده است ظاهر می گردد و در ادامه تمام طول برگ را می گیرد.
- ✓ با شدید کمبود منگنز، برگ‌های جوان خشک می‌شوند.
- ✓ کمبود منگنز را مانند کمبود آهن می توان در خاک های آهکی مشاهده نمود.

علایم ظاهری کمبود روی در گندم:

- ✓ علایم کمبود روی در گندم به طور معمول ابتدا در برگ های میانی مشاهده می شود.
- ✓ علایم اولیه شامل تغییر رنگ از سبز طبیعی و سالم به سبز برنزی کدر می باشد که بیشتر در وسط برگ ها ظاهر می شوند.
- ✓ علایم کمبود روی در خاکهای سبک و در خاک های آهکی مشاهده می شود.

علایم ظاهری کمبود مس در گندم:

- ✓ سوختگی نوک برگ های جوان و پژمردگی گیاه اولین نشانه ظاهری کمبود مس در گندم است که در اوایل پنجه دهی، حتی اگر رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه باشد، پیش می آید.
- ✓ گیاهان بر اثر کمبود مس رنگ روشن تری دارند.
- ✓ خشک شدن و پیچ خوردگی انتهای برگ و در مواقعی تا نصف طول برگ را فرا می گیرد ولی قسمت پایین برگ تا زمان پیری طبیعی آن به رنگ سبز باقی می ماند.



علایم ظاهری کمبود بُر در گندم:

- ✓ اولین نشانه کمبود بُر، ترک خوردگی برگ های جوان نزدیک رگبرگ اصلی است.
- ✓ این علامت با تعدادی دندانه های غیرطبیعی در حاشیه برگ همراه است که در طرف مقابل رگبرگ اصلی تا قسمت ترک خورده در طول برگ ایجاد می شوند.
- ✓ عقیم شدن گل ها نیز از علایم مشخص کمبود بر است.

- ✓ در خاک های آهکی، کارایی کود سولفات آهن کم است. در این صورت از محلولپاشی سولفات آهن و یا مصرف خاکی سکوسترین آهن (EDDHA-Fe) به میزان ۳-۲ کیلوگرم در هکتار استفاده می شود (توصیه عمومی آهن).
- ✓ در شرایط کمبود شدید عناصر کم مصرف در خاک، مصرف خاکی کودهای حاوی عناصر کم مصرف به ویژه سولفات روی و منگنز به میزان ۴۰-۲۵ کیلوگرم در هکتار توصیه می شود.
- ✓ کودهای حاوی عناصر کم مصرف در صورت کاربرد در خاک بایستی در زمان کاشت و به صورت جایگذاری در زیر بذر مصرف شوند و یا در صورت پخش سطحی در مزرعه قبل از کاشت با شخم به زیر خاک برده شوند و یا با غلظت ۳-۲ در هزار در مراحل پنجه زنی، اوایل ساقه دهی و یا حتی در مرحله گلدهی محلولپاشی شوند.
- ✓ مصرف بر در مناطقی که دارای خاک شور می باشد توصیه نمی گردد.
- ✓ محلولپاشی عناصر کم مصرف از منابع کودی سولفاته مانند سولفات آهن و روی با غلظت ۲ تا ۳ در هزار امکانپذیر است.
- ✓ مصرف کودهای حاوی عناصر کم مصرف به صورت بذر مال نیز قابل توصیه می باشد.

توصیه کودهای عناصر کم مصرف نیز مانند توصیه کودی فسفر و پتاسیم بر اساس آزمون خاک خواهد بود.

عنصر کممصرف	حد بحرانی (میلی گرم بر کیلوگرم)	جبران کمبود از حد بحرانی (میلی گرم بر کیلوگرم)	کود مورد نیاز (کیلوگرم بر هکتار)
آهن	۸/۸	۱	۱۲/۶ سولفات آهن ($FeSO_4$) ۴۰ سکوسترین آهن (NaFeEDDHA)
منگنز	۱۱/۳	۱	۸/۹ سولفات منگنز ($MnSO_4$) ۱۲/۶ اکسید منگنز (MnO)
روی	۰/۸۸	۰/۵	۵/۲ سولفات روی (Zn_2SO_4) ۱/۵۵ اکسید روی (ZnO)
مس	۱/۸۴	۱	۹/۴ سولفات مس (Cu_2SO_4)
بر	۰/۶۵	۰/۵	۷/۱ اسیدبوریک (H_3BO_3)

توصیف عمومی علایم سمیت عناصر غذایی در گیاهان زراعی (فاجریا، ۱۹۹۲)

عنصرغذایی	علایم
N	گیاهان معمولاً به رنگ سبز تیره با برگ های زیاد اما با یک سیستم ریشه ای محدود دیده می شوند؛ سمیت NO_3^- به صورت سوختگی حاشیه برگ های پیر که بعداً موجب اضمحلال بین رگبرگی در گیاهان می شود؛ سمیت NH_4^+ باعث سیاه شدن اطراف نوک برگ های پیر و نکروزه شدن آنها می شود. گیاه به رنگ تیره سبز آبی در می آید و حالت آبدار به خود می گیرد که این امر سبب کاهش مقاومت گیاهان به آفات و بیماریها می گردد و همچنین باعث ورس (خوابیدگی) و ریزش نیز می گردد.
P	نکروزه شدن و برگشت نوک ، کلروزه بین رگبرگ ها در برگ های جوان ؛ خشک شدن حاشیه برگ های پیر.
K	زیادی K ممکن است منجر به کمبود Mg و احتمالاً Mn، Zn و Fe گردد.
S	کاهش رشد و اندازه برگ ها ؛ گاهی زرد شدن بین رگبرگ ها یا سوختگی برگها.
Mg	زیادی Mg می تواند موجب کمبود K گردد.
Fe	معمولاً در گیاه برنج اشباع شده در خاک های اسیدی؛ برنزی شدن برگ های پیر؛ موجب کمبود عناصر P، K و Zn در گیاه می شود.
B	نکروزه شدن بین رگبرگ ها
Mn	شروع زردی در کناره (لبه) برگ های پیر ، نا یکنواختی توزیع کلروفیل؛ زردی بُرنزی بین رگبرگی در لوبیاها.
Cl	سوختگی نوک برگ ها یا حاشیه ها؛ کاهش اندازه برگ، گاهی زرد شدن.
Zn	زیادی Zn موجب کلروز ناشی از کمبود Fe در گیاهان می شود.
Cu	توقف رشد گیاه ؛ کاهش شاخه دهی؛ موجب زرد ناشی از کمبود Fe در گیاهان می شود.
Mo	علایم سمیت این عنصر به ندرت مشاهده می شود.
Al	زرد شدن همراه با نوارهای سفید بین رگبرگی در برگ های پیر.

با تشکر