دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده کشاورزی

گروه علوم و مهندسی خاک

خاکشناسی عمومی

حاصلخیزی خاک

تهیه و تنظیم

حاصلخیزی خاک:

عوامل محدود کننده عملکرد:

دستیابی به حداکثر پتانسیل عملکرد در یک سیستم زراعی بستگی به شرایط محیطی، فصل رشد و مهارت تولید کنندگان در به حداقل رساندن عوامل بالقوه کاهش دهنده عملکرد دارد. حدود ۵۲ عامل است که رشد و عملکرد بالقوه را تحت تاثیر قرار می‌دهد (حدود ۴۵ عامل قابل کنترل می‌باشد) (جدول). این عوامل شامل عوامل ژنتیکی و عوامل محیطی می‌باشند.

با وجود اینکه که تولیدکنندگان نمی‌توانند بسیاری از عوامل اقلیمی را کنترل کنند، اغلب عوامل خاکی و گیاهی برای دستیابی به حداکثر عملکرد مدیریت می‌شوند. برای عملکرد بالقوه، گیاهان باید درصد بالایی از انرژی تشعشعی قابل دسترس را استفاده کنند. بر اساس انرژی تشعشعی در دسترس، حداکثر عملکرد بالقوه برای اکثر گیاهان زراعی بسیار بیشتر از سطوح عملکرد کنونی است.

برای عملکرد بالا، عوامل قابل کنترل و غیرقابل کنترل باید با هم هماهنگی داشته باشند زیرا بسیاری از آنها با هم مرتبط هستند. بسیاری از عوامل موثر بر عملکرد بالقوه با هم در ارتباطند و رشد و عملکرد را افزایش و کاهش می‌دهند.

چالش تولید کنندگان شناخت دقیق تمامی عوامل محدود کننده عملکرد و حذف یا به حداقل رساندن آنهایی است که می توانند مدیریت شوند. رشد هر گیاه در درجه اول از محدودترین عامل تبعیت می‌کند. این اصل را اصل عوامل محدودکننده یا **قانون حداقل لیبیک**[۲۸] می‌نامند.

جدول: عوامل موثر بر عملکرد بالقوه گیاهان

عوامل محیطی	عوامل خاکی	عوامل گیاهی
نزولات آسمانی	مواد آلی	گونه / رقم گیاه
مقدار	بافت خاک	تاریخ کشت
توزیع	ساختمان خاک	روش بذرکاری
دمای هوا	ظرفیت تبادل کاتیونی	فاصله ردیف
رطوبت نسبی	ظرفیت نگهداری رطوبت	کیفیت بذر
نور (کمیت، شدت، مدت)	اشباع بازی	تبخیر و تعرق
کمیت طول و عرض جغرافیایی	شیب و پستی و بلندی	دسترسی آب
شدت باد (سرعت، توزیع)	دمای خاک	تغذیه
غلظت CO_2	عملیات خاک‌ورزی	آفات
	شخم	حشرات
	زهکشی	بیماریها
	عمق خاک	علف‌های هرز
		راندمان برداشت

خاک به منزله محیط رشد نبات:

خاک فصل مشترک بین محیط زنده و مرده می‌باشد. جائی است که در آن گیاهان با استفاده از انرژی خورشید و دی-اکسیدکربن موجود در هوا و آب و مواد غذائی درون خاک انساج زنده را می‌سازند. اگر چه مقدار قابل توجهی از فتوسنتز در دریا صورت می‌گیرد، مع الوصف ۹۹٪ غذای بشر در خشکی‌ها تامین می‌گردد.

عوامل موثر در رشد گیاه:

به طور کلی خاک از نظر تامین آب و مواد غذائی برای گیاهان حائز اهمیت بوده و علاوه بر آن محیطی است که ریشه‌های گیاهان را در خود نگه می‌دارد. اکسیژن لازم برای گیاه توسط خلل و فرج به گیاه رسیده و گاز دی‌اکسید کربن توسط این حفرات از خاک خارج می‌گردد. از طرفی خاک باید محیطی عاری از عوامل محدود کننده از جمله وجود املاح سمی یا عناصر سمی نظیر آلومینیوم، سرب، کادمیوم یا تغییرات شدید حرارتی و عوامل بیماریزا باشد.

۱- جایگاه نگهداری گیاه و تامین عناصر غذائی مورد نیاز جهت رشد:

تثبیت ریشه گیاه بدیهی‌ترین نقش خاک در برابر گیاه بوده و باعث پایداری و مستقیم ماندن گیاه در خاک می‌گردد تا بتواند بخش هوایی خود (برگها) را در مقابل تایش نور خورشید و جذب انرژی نورانی توسط کلروفیل برای عمل فتوسنتز قرار دهد. گیاهانی که در محلول غذائی رویش داده می‌شوند معمول توسط چهار چوب فلزی در جای خود مستقر می‌گردند.

۲- احتیاج گیاه به آب:

تولید یک گرم ماده خشک گیاهی حدودا احتیاج به ۵۰۰ گرم آب دارد که از این مقدار آب ۱٪ آن به صورت قسمتی از ساختمان گیاه در آمده و جزء لاینفک گیاه می‌باشد و بقیه این آب از طریق روزنه‌های و در حین جذب گاز کربونیک از دست می‌رود. شرایط جوی از قبیل درجه حرارت و رطوبت نسبی، سرعت از دست رفتن آب را زیاد کرده و در تعیین مقدار آب مورد نیاز گیاهان موثر می‌باشند.

۳- احتیاج گیاهان به اکسیژن:

ریشه گیاهان دارای روزنه‌هائی است که از آن طریق تبادلات گازی صورت می‌گیرد. اکسیژن به طرف سلولهای ریشه انتشار یافته و صرف تنفس ریشه می‌گردد، در حالی که دی‌اکسیدکربن به طرف خاک انتشار حاصل می‌کند. از تنفس ریشه انرژی لازم برای سنتز و انتقال ترکیبات آلی و همچنین تجمع عناصر غذائی درگیاه و بر خلاف جهت شیب غلظت تامین می‌گردد.

۴- خاک عاری از عوامل محدود کننده:

خاک مناسب برای رشد نبات می‌باید فاقد عوامل محدود کننده از قبیل اسیدیته یا قلیائیت زیاد، عوامل بیماری زا، عناصر سمی، غلظت بیش از حد املاح و یا لایه‌های غیرقابل نفوذ باشد.

با توجه به عوامل مختلفی که توسط خاک برای رشد مناسب گیاه تامین می‌شود، پتانسیل بالقوه خاک نماینده تاثیر کلیه عوامل خاکی و غیرخاکی در میزان محصول می‌باشد. با اعمال مدیریت اراضی کشاورزی و عملیات مناسب می‌توان حداکثر محصول را از یک خاک مشخص برداشت نمود.

حاصلخیزی خاک:

فاکتورهای رشد گیاه شامل: هوا، گرما، نور، شخم، مواد غذائی و آب می‌باشند که همه آنها به غیر از نور به خاک بر می‌گردد. **یک خاک حاصلخیز عبارت از کیفیتی است که در نتیجه آن خاک می‌تواند مقادیر مناسبی از ترکیبات و مواد غذائی را که در حال تعادل با یگدیگر نیز می‌باشند، در اختیار گیاه مشخصی قرار دهد تا رشد مناسب گیاه انجام گیرد** و این در صورتی است که درجه حرارت و سایر عوامل مورد نیاز برای رشد (نور، رطوبت، اکسیژن و ...) نیز مناسب باشند. بنابر این حاصلخیزی خاک، خاک را محیطی مناسب برای رشد و نمو گیاه قرار می‌دهد. انسان می‌تواند با عملیات به نژادی، به زراعی، بهداشتی، افزایش کود و تامین آب، شرایط خاک را بهبود بخشد و حاصلخیزی آن را افزایش دهد و از این طریق است که می توان به افزایش کمیت و کیفیت محصولات زراعی دست یافت، از آن مهم‌تر تلاشی است که باید به منظور تامین آینده خاک به عمل آید تا امکان بهره‌برداری از آن را در دراز مدت افزایش دهد و مانع از تخریب فیزیکی، شیمیائی و زیستی خاک شود. **کشاورزی پایدار[۲۹]: نوعی مدیریت تلفیقی و مبتنی بر رعایت اصول زیست محیطی با کاربرد حداقل نهاده‌های کشاورزی برای بهره‌وری بلندمدت و تضمین ثبات عملکرد است.**

احتیاجات غذایی و تغذیه معدنی نباتات:

رشد و نمو نباتات تحت تأثیر عوامل متعدد خاک، اقلیم و همچنین عوامل موروثی گیاهان می‌باشد. برخی از این عوامل قابل کنترل ولاکن بسیاری از آنها از کنترل بشر خارج است. به عنوان مثال بشر نمی‌تواند میزان دی‌اکسیدکربن هوا، نور و درجه حرارت را کنترل نماید لکن می‌تواند مقدار عناصر غذایی گیاهان را در خاک تغییر دهد. افزایش مقدار عناصر قابل‌استفاده گیاهان از طریق تغییر وضعیت خاک و مدیریت صحیح و استفاده از کودهای شیمیایی امکان‌پذیر می‌باشد. احتیاجات غذایی و نقش عناصر شیمیایی در رشد گیاه مورد توجه خاص افرادی است که به طور مستقیم با رویش نباتات ارتباط دارند.

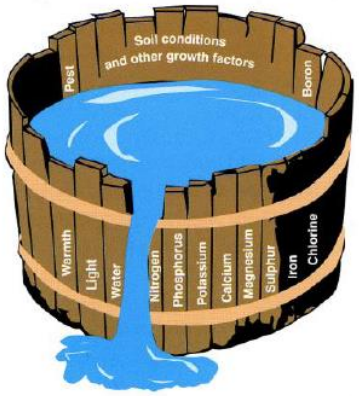
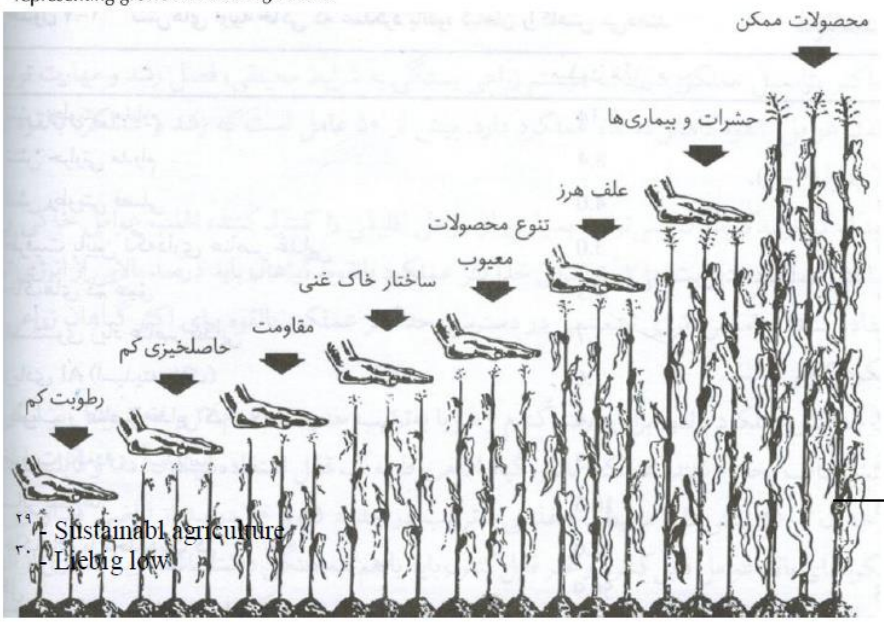


Fig. 2.3. The 'law of the minimum' illustrated by barrel staves of varying lengths representing growth-controlling factors.

عناصر غذایی مورد استفاده گیاهان:

تولید موفقیت‌آمیز محصولات گیاهی مستلزم خاک مناسب و وجود مقدار کافی از عناصر غذایی و قابل استفاده گیاه است. عناصر غذایی نه تنها باید به صورت ترکیباتی باشند که به سهولت مورد استفاده گیاهان قرار بگیرند بلکه تعادل بین مقدار آنها نیز حائز اهمیت است. رشد هر گیاه در درجه اول از محدودترین عامل تبعیت می‌کند. این اصل را اصل عوامل محدود کننده یا **قانون حداقل لیبیک**[۳۰] می نامند. هرگاه یکی از عناصر غذائی وجود نداشته باشد و یا اینکه مقدار آن مناسب نباشد رویش گیاه به طور طبیعی صورت نخواهد گرفت.



به گفته دکتر محمد بایبوردی- مدرس دانشگاه- مصرف نهاده‌ها (آب، بذر، کود و ...) در ایران کمتر از کشورهای پیشرفته نیست ولی عملکرد کمتر است. عدم بکارگیری دانش کشاورزی موجب اختلاف سطح تولید در ایران و کشورهای پیشرفته است. بتدریج باید نهاده‌ها را کاهش دهیم و بجای آن دانش را بکار گیریم.

چیزی که فعلاً موجود نیست، مدیریت کشاورزی مبتنی بر دانش کشاورزی است.

شکل قانون حداقل لیبیک را بیان می‌کند که عوامل زیادی عملکرد بالقوه را تعیین می‌کنند. تولیدکنندگان باید محدود ترین عامل را حذف کنند سپس دومین عامل محدود کننده و به همین ترتیب ادامه دهند. تنها با این روش است که به حداکثر عملکرد بالقوه می‌توانند برسند.

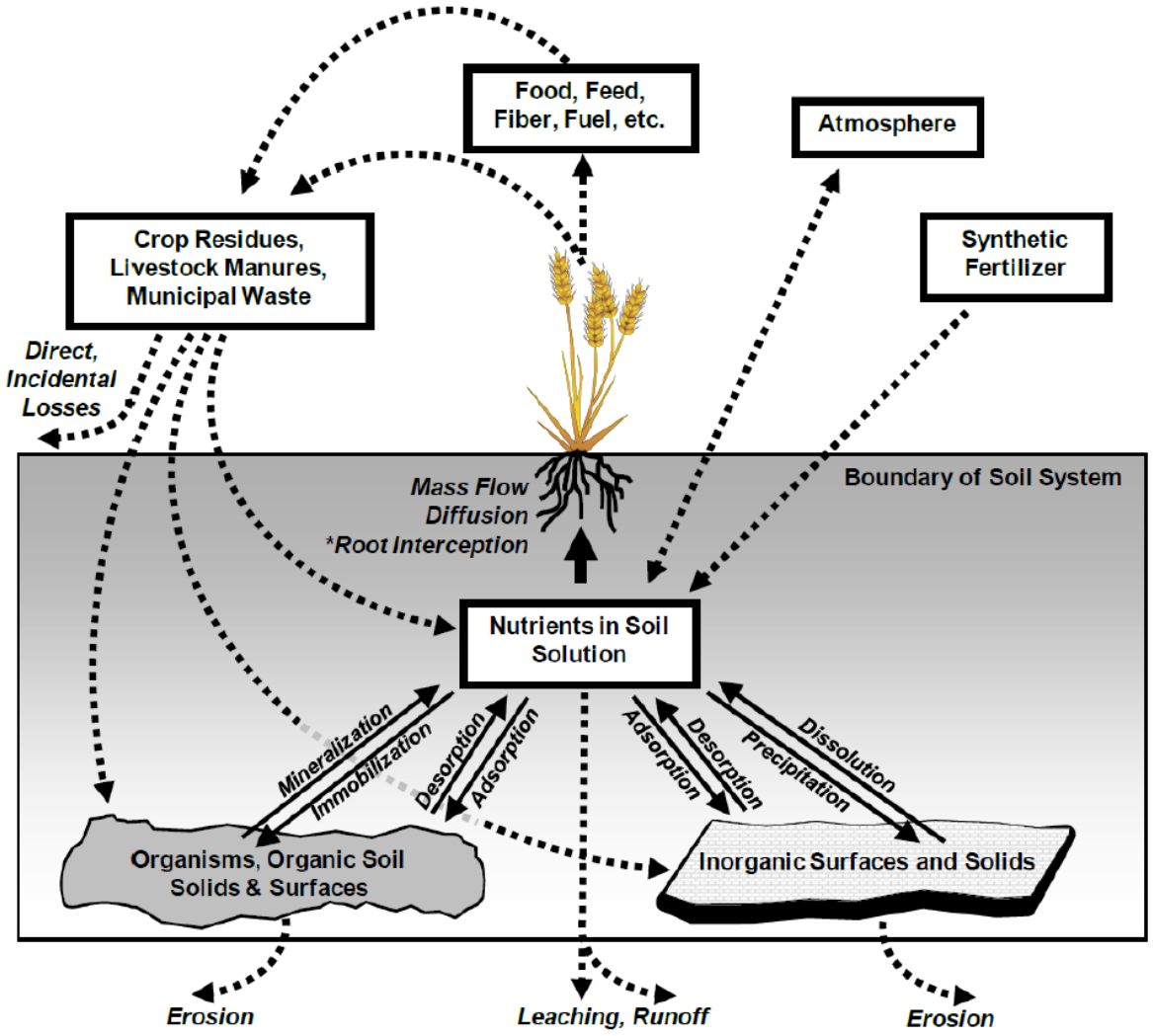
گردش عناصر غذایی در اکوسیستمهای مختلف سطح کره زمین:

در کشاورزی فشرده، سطح عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک از اهمیت ویژه‌ایی برای رشد و نمو گیاه برخودار است و این عناصر بین بخش آلی و معدنی خاک توسط واکنش‌های شیمیایی و بیوشیمیایی در حال جابجایی بوده و از طرفی می‌توانند در اکوسیستمهای مختلف آب، هوا و خاک جابجا شوند.

۲۹- Sustainabl agriculture
۳۰- Liebig low

Internal Transformations of Nutrients in Soil

Soil organic matter and inorganic minerals are the foundation of nutrient availability because they release and retain nutrients through internal transformations in soil (Figure 2). Nutrients are released and retained by six processes: mineralization, immobilization, precipitation, dissolution, adsorption and desorption.



ترکیبات شیمیائی گیاه:

مواد آلی گیاهی شامل مقداری ماده خشک به اضافه مقادیر متنابهی آب است. بطور متوسط ۹۵-۷۰ درصد اندامهای رویشی محصولات زراعی را آب تشکیل می‌دهد. مواد خشک گیاهی، مرکب از ۹۵-۹۰ درصد، ترکیبات آلی و ۱۰- ۵ درصد، املاح معدنی است. مواد آلی گیاه شامل پروتئین‌ها و سایر ترکیبات ازته، چربی‌ها، نشاسته، قندها، سلولز و پکتین است.

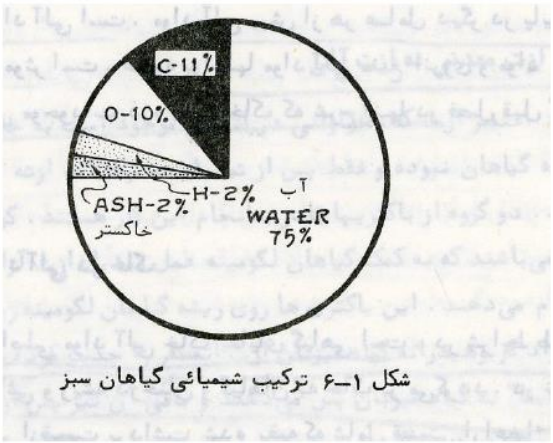
در مجموع می‌توان بیان نمود که قسمت اعظم گیاه زنده را اکسیژن تشکیل می‌دهد. چهار عنصر کربن، اکسیژن، هیدروژن و نیتروژن را که جمعا ۹۵ درصد وزن ماده خشک گیاهی را تشکیل می‌دهند، اصطلاحا عناصر انرژی می‌نامند که شامل ۴۵ درصد کربن، ۴۲ درصد اکسیژن، ۶/۵ درصد هیدروژن و ۱/۵ درصد نیتروژن است و نیز بقایای حاصل از سوختن بافت را عناصر معدنی یا خاکستر گیاه می‌نامند که ۵ درصد وزن ماده خشک را تشکیل می‌دهد.

بافت گیاهی:
- آب ٪۹۵-۷۰
- مواد خشک گیاهی
  - ترکیبات آلی ٪۹۵-۹۰ (پروتئین، چربی، هیدراتهای کربن)
    - ٪۴۵=C
    - ٪۴۲ =O
    - ٪۶/۵= H
    - ٪۱/۵ =N
  - املاح معدنی (٪۱۰-۵): عناصر معدنی یا خاکستر گیاه

- **عناصر غذایی ضروری گیاه**

مشخصات یک عنصر غذایی ضروری:

از قرنها پیش بشر به اثر محرک موادی از قبیل کوددامی، خاکستر و خون در رشد گیاه پی برده بود، و نیز می‌دانست که این اثر در نتیجه وجود عناصر غذایی موجود در این مواد می‌باشد. لکن تا سال ۱۸۰۰ میلادی مشخص نشده بود که کدامیک از این عناصر ضروری می باشند. کشف عناصر شیمیایی و روشهای تشخیص و مقدار آنها در بافت گیاه قدم اول در راه تعیین عناصر ضروری برای رشد گیاه می باشد و تحقیق در این زمینه همچنان نیز ادامه دارد.



شکل ۱ـ۶ ترکیب شیمیائی گیاهان سبز

جدول: غلظت میانگین نسبی عناصر غذایی بر اساس وزن خشک گیاه می‌باشد

عناصر مغذی	غلظت نسبی	* غلظت متوسط
H	60,000,000	6.0%
O	30,000,000	45.0%
C	30,000,000	45.0%
N	1,000,000	1.5%
K	400,000	1.0%
Ca	200,000	0.5%
Mg	100,000	0.2%
P	30,000	0.2%
S	30,000	0.1%
Cl	3,000	100 ppm (0.01%)
Fe	2,000	100 ppm
B	2,000	20 ppm
Mn	1,000	50 ppm
Zn	300	20 ppm
Cu	100	6 ppm
Mo	1	0.1 ppm

دو نکته معمولاً در تعیین ضروری بودن یک عنصر اهمیت دارد:

۱- ضرورت آن جهت تکمیل دوره و چرخه زندگی نبات

۲- هیچ عنصر دیگر نمی‌تواند جانشین آن در چرخه رشد نبات شود.

برخی از واژه‌هایی که معمولا برای توصیف لازم بودن عناصر غذایی در خاک برای رشد در گیاهان استفاده می‌شوند عبارتند از:

کمبود (Deficiency): وقتی غلظت یک عنصر ضروری کمتر از حدی باشد که باعث کاهش رشد شدید شده و علائم کمبود نمایان باشد. کمبودهای شدید باعث مرگ گیاهان می‌شود. در حالت کمبود متوسط و کم علائم کمبود ممکن است قابل رویت نباشد ولی کاهش عملکرد مشاهده می‌شود.

محدوده بحرانی (Critical nutrient range): غلظت عنصر در گیاه حدی است که کمتر از آن پاسخی به کود یا عنصر غذائی مصرف شده مشاهده می‌شود. محدوده بحرانی برای عناصر غذایی و گیاهان مختلف متفاوت است و در محدوده کمبود و

کفایت قرار می‌گیرد.

حدکفایت (Suficient): محدوده غلظت عنصر در گیاه حدی است که مصرف عناصر غذائی با افزایش عملکرد همراه نیست ولی می‌تواند غلظت عنصر غذائی را افزایش دهد. واژه مصرف تجملی (Luxury consumption) اغلب برای توصیف جذب عناصر غذائی به وسیله گیاهان به کار می‌رود که با افزایش عملکرد همراه نیست.

زیادی یا سمیت (Toxicity): وقتی غلظت عنصر ضروری یا سایر عناصر به مقدار کافی بالا باشد که رشد و عملکرد گیاهان را کاهش دهد. زیادی غلظت عناصر غذایی ممکن است باعث عدم توازن در سایر عناصر غذائی ضروری شده و عملکرد را کاهش دهد.

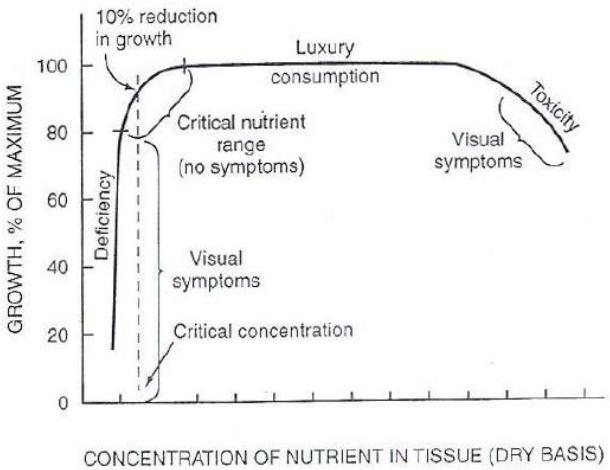


FIGURE 9.7 Relationship between nutrient concentration in the plant and crop yield. The critical nutrient range (CNR) represents an economic loss in yield without visual deficiency symptoms.

تقسیم بندی عناصر غذایی ضروری در گیاهان:

عناصر غذائی ضروری حداقل ۱۷ عنصر برای رشد نبات ضروری تشخیص داده شده است. کربن، اکسیژن و هیدروژن از آب و هوا تامین می‌گردند و در عمل فتوسنتز با یگدیگر ترکیب می‌شوند و کربوئیدرات‌ها را تولید می‌نمایند که ۹۰٪ وزن خشک گیاه را تشکیل می‌دهند. ۱۳ عنصر دیگر از خاک تامین می‌گردند. ازت، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد جزء اصلی محسوب گردیده (**عناصر پر مصرف**). در حالی که عناصر دیگری که به مقدار کم مورد احتیاج گیاه می‌باشند به نام **عناصر کم مصرف** نامیده می‌شوند و عبارتند از منگنز، آهن، بر، روی، مس، مولیبدن، کلر.و نیکل

عناصر غذائی مورد نیاز گیاه در سه گروه تقسیم‌بندی می‌شوند.

۱- عناصر اصلی (Basic nutrients):

شامل کربن، هیدروژن و اکسیژن که بیش از ۹۰٪ وزن خشک گیاه را تشکیل می‌دهند و از طریق آب و هوا تامین می‌شوند.

۲- عناصر پرمصرف یا (Macroelements):

گیاهان به مقدار نسبتاً زیادی به آنها احتیاج داشته و غالباً بیش از ۵۰۰ قسمت در میلیون از این عناصر برای گیاهان ضروری است. که شامل: نیتروژن (N)، فسفر (P)، پتاسیم (K)، گوگرد (S)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg) هستند.

۲- کم مصرف یا (Microelements): که شامل آهن (Fe)، روی (Zn)، منگنز (Mn)، مس (Cu)، بور (B)، کلر (Cl)، مولیبدن (Mo)، و نیکل (Ni) بسیار کم است. ۴ عنصر دیگر یعنی سدیم (Na)، کبالت (Co)، وانادیم (Va) و سیلیسیم (Si) برای برخی گیاهان ضروری تشخیص داده شده‌اند.

اگر چه آلومینیم (Al) برای رشد گیاهان ضروری نیست، غلظت این عنصر در گیاه وقتی که خاک حاوی غلظت بالایی از Al باشد می‌تواند زیاد باشد. در واقع گیاهان بسیاری از عناصر غیرضروری را جذب می‌کنند و بیش از ۶۰ عنصر در گیاهان تشخیص داده شده است. وقتی مواد گیاهی سوزانده می‌شود خاکستر باقی مانده شامل عناصر ضروری و غیرضروری به استثنای N، S، H، O، و C است که اینها به صورت گاز متصاعد می‌شوند.

غلظت عناصر غذائی در گیاه تحت تاثیر **عوامل خاکی، اقلیم، رقم گیاه و مدیریت** قرار می‌گیرد. از آنجایی که بسیاری از واکنشهای زیستی و شیمیایی بر روی عناصر غذائی در خاک انجام می‌شود گیاهان قادر به جذب تمامی عناصر غذائی اضافه شده به خاک از منابع کودی مختلف نیستند. مدیریت مناسب می‌تواند نسبت جذب عناصر از کودهای اضافه شده را به وسیله گیاهان افزایش دهد. گیاهان عناصر غذائی را از خاک جذب می‌کنند و چرخه زندگی خود را کامل کرده، می‌میرند و از طریق بقایای خود عناصر را به خاک طی پروسه تجزیه برمی گردانند. هر چند این چرخه برای عناصر مختلف متفاوت است. درک تغییرات عناصر غذائی در سیستم خاک، گیاه و اتمسفر برای مدیریت موفق آنها لازم است.

جدول: مقدار متوسط عناصر غذائی در گیاهان

عنصر غذائی		غلظت در گیاه	تقسیم بندی
نام	علامت	(درصد)	
هیدروژن	H	۶	پر مصرف
اکسیژن	O	۴۵	
کربن	C	۴۵	
نیتروژن	N	۱/۵	
پتاسیم	K	۱/۰	
فسفر	P	۰/۲	
کلسیم	Ca	۰/۵	
منیزیم	Mg	۰/۲	
گوگرد	S	۰/۲	
کلر	Cl	۱۰۰ ppm(۰,۰۱٪)	کم مصرف
آهن	Fe	۱۰۰ ppm	
بور	B	۲۰ ppm	
منگنز	Mn	۵۰ ppm	
روی	Zn	۲۰ ppm	
مس	Cu	۶ ppm	
مولیبدن	Mo	۰/۱ ppm	
نیکل	Ni	۰/۰۱ ppm	

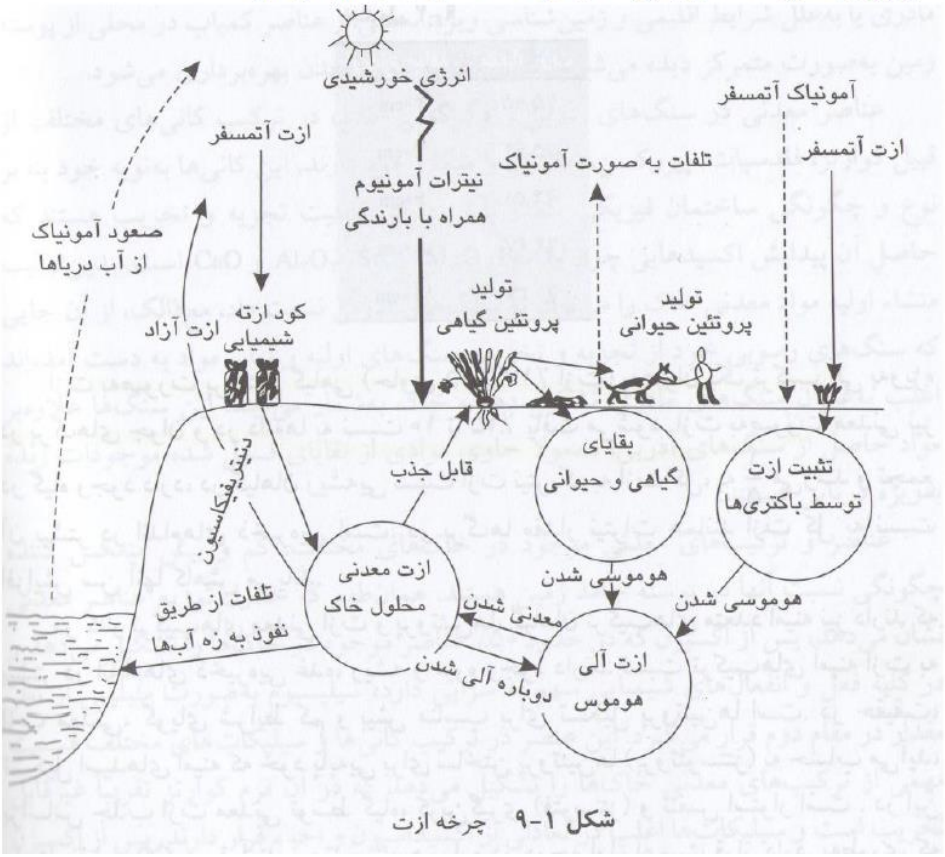
نیتروژن:

نقش ازت در گیاه: بطور متوسط ٪۳-۱ وزن خشک گیاه را ازت تشکیل می‌دهد. پس از اکسیژن، کربن و هیدروژن ازت فراوان ترین عنصر در گیاه است که بیشتر در اندام‌های جوان متمرکز است ازت در ساختمان کلروفیل، آلکالوئیدها، و بسیاری دیگر از مواد زنده سلولهای گیاهی وجود دارد. قسمت اعظم ازت گیاه به صورت ازت آلی و عمدتاً به شکل پروتئین (حاوی ۱۵ تا ۱۷٪ ازت) است و به عبارت دیگر تکامل ازت در گیاه، به صورت پروتئینی است بدین معنی که ابتدا ازت جذب شده به صورت آمونیوم در می‌آید و آمونیوم حاصله، پس از ترکیب با برخی مواد هیدروکربنه به اسیدهای‌آمینه تغییر شکل می‌دهد و سرانجام تبدیل به مواد پروتئینی می‌شود.

ازت در صدر فهرست عناصری است که باید از طریق خاک و کود تامین شود، جذب به حد کفایت ازت به وسیله گیاه، موجب افزایش پروتئین و درشتی میوه به ویژه اندازه دانه غلات و حبوبات می‌شود. هر چه غلظت ازت در برگها افزایش یابد، شدت کربن‌گیری را زیاد می‌کند، زیرا ازت غیر از آن که به صورت پروتئین در گیاه وجود دارد، عنصر اصلی تشکیل دهنده کلروفیل یا سبزینه گیاه و عامل اساسی فرایند کربن‌گیری در گیاهان سبز نیز است. علاوه بر آن در تشکیل هورمون‌های گیاهی و ناقل‌های انرژی، و به ویژه ATP یا آدنوزین‌تری‌فسفات دخالت دارد که در سنتز مواد گیاه دارای نقش اصلی است.

جذب ازت از خاک:

منبع اصلی ازت دخیره در خاک به صورت مواد آلی می باشد. حدود $\frac{1}{20}$ وزن مواد آلی خاک را ازت تشکیل می‌دهد. یعنی وقتی ازت کل خاک اندازه گیری شود، مقدار ماده آلی موجود در خاک را می‌توان حدود ۲۰ برابر آن تخمین زد. کلیه نقل و انتقالهایی را که ازت در بخش زنده (کره حیات)[۳۱] می‌گذراند **سیکل یا چرخه ازت** نامیده می‌شود (شکل ۱-۹). این دگرگونی ها اغلب منشاء میکروبی دارد و از اهمیت کشاورزی قابل ملاحظه‌ای برخوردارند. در واقع، ریزموجودات تعیین کننده بیلان ازت در خاک هستند و آن را به صورت معدنی یعنی شکل قابل استفاده برای گیاهان می‌سازند.



شکل ۱-۹ چرخه ازت

مواد آلی خاک ۹۸-۹۷ درصد کل نیتروژن ذخیره شده در خاک را تشکیل می‌دهند. مقدار نیتروژن در ماده آلی خاک حدود ٪۵ می‌باشد. تجزیه و تخریب و معدنی شدن (Mineralization)، این منبع ذخیره در یک خاک با ۲- ۰/۵ درصد ماده آلی در هکتار و با تجزیه سالانه ٪۳-۱ بطور متوسط ۴۰-۱۰ کیلوگرم از طریق معدنی شدن مواد آلی در خاک آزاد می‌شود. در واقع مواد آلی خاک یک منبع ذخیره بوده که کمبود نیتروژن در خاک را کشاورز با افزایش کودهای معدنی تکمیل می‌کند.

فرم قابل جذب ازت خاک برای گیاه عمدتاً یونهای NH_4^+ و NO_3^- است که بیشتر از طریق تجزیه مواد آلی نیتروژن‌دار خاک مثل پروتنینها، اوره، بازهای آلی، قندهای آمیدی و دیگر ترکیبات نیتروژنه به دست می‌آید. سالانه حدود ٪۳-۱ از مواد آلی تحت عمل تجزیه و معدنی‌شدن[۳۲] توسط ریزموجودات (آمونیفیکیشن[۳۳]) قرار می‌گیرند و ازت به صورت آمونیوم معدنی آزاد می‌شود. قسمت اعظم آمونیاک آزاد شده در خاک توسط ریزموجودات اتوتروف طی دومین مرحله معدنی شدن یعنی عمل نیتریفیکیشن (Nitrification) به شکل نیتریت و سپس نیترات در می‌آید و مورد استفاده گیاه و میکروبها قرار می‌گیرد و بخشی از آن در شرایط غرقاب و بی‌هوازی شستشو و تصعید می‌یابد. بخشی از نیتروژن معدنی شده جذب بخش میکروبی و گیاهان عالی خاک شده و دوباره آلی می‌شود که به آن ایموبیلیزاسیون (Immobilization) میگویند

میکروبها در جذب نیتروژن معدنی با گیاهان زراعی از خاک رقابت می‌کنند و در این رقابت با توجه به جمعیت و سطح ویژه زیاد ریزموجودات، آنها در جذب نیتروژن معدنی محلول خاک بر گیاهان زراعی برتری دارند.

دنیتریفیکاسیون (Dinitrification): یعنی تصعید فرم گازی نیتروژن از خاک

$$NH_4^+/NH_3 \longrightarrow NO_2^- \rightarrow NO_3^-$$

$$\uparrow \quad \uparrow$$

$$N_2O \quad N_2O, NO$$

زیادی ازت در خاک، موجب پیدایش رنگ سبز تیره در برگها، رشد سریع ساقه‌ها و جوانه‌ها و ترد و شکننده بودن آنها می‌شود. میوه‌ها نرم، آبدار و شفاف می‌شوند. این خاصیت اگر چه در برخی از سبزیها، بسیار مطلوب است، ولی سبب خوابیدن (ورس) غلات و نیز استعداد گیاه برای پذیرفتن خسارت آفات و بیماریها می‌شود، همچنین بکارگیری کودهای ازتی در دوران گل‌زایی موجب تحریک رشد رویشی گیاه می‌شود، گیاه دیرتر به گل می‌رود و دیرتر به بار می‌نشیند و رسیدن محصول به تأخیر می‌افتد.

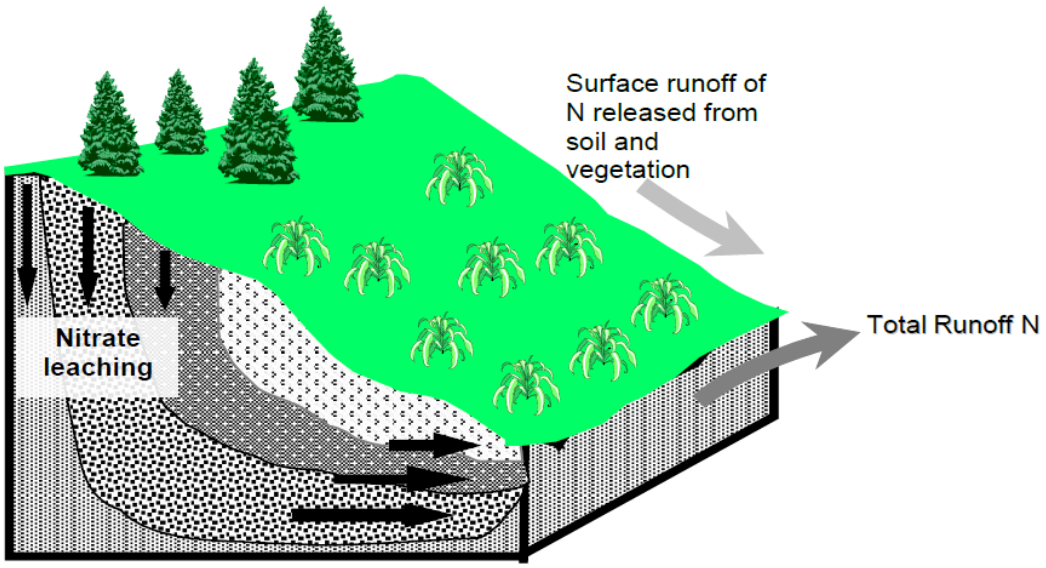


Figure 7 | Nitrogen can be transported to groundwater and surface water along surface and subsurface pathways *(Adapted from Sharpley 2007)*.

علائم کمبود ازت در گیاه:

ازت، عنصری است سریع‌الاثر که علائم زیادی با کمبود آن به سرعت ظاهر می‌شود: چون ازت یکی از عناصر سازنده کلروفیل است، کمبود آن نیز موجب کاهش تولید کلروفیل و محو تدریجی رنگ سبز در برگها می‌شود. ابتدا کمبود در برگهای پیر و قسمتهای پایینی گیاه ظاهر می‌شود و علامت بارز آن، رنگ‌پریدگی و پیدایش رنگ سبز روشن در برگها است.

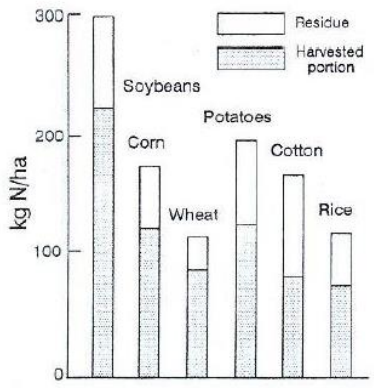


Fig. 5.2 Nitrogen contained in the harvested portion and residue of good yields of some major agricultural soils. Adapted from Olson and Kurtz.[16]