دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده کشاورزی

گروه علوم و مهندسی خاک

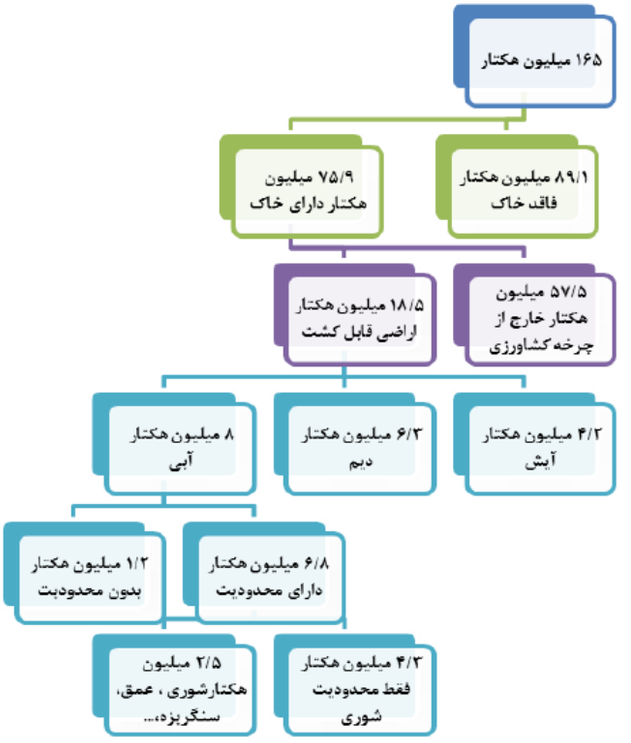
خاکشناسی عمومی

شور و سدیمی شدن خاکها

تهیه و تنظیم

شوری در خاک

پیش‌بینی‌ها از روند افزایشی جمعیت به حدود ۱۰۴/۵ میلیون نفر حکایت داشته و نیاز به افزایش عملکرد هکتاری محصولات به ۲ تا ۳ برابر وضعیت کنونی برای تحقق اهداف کمّی تولید محصولات زراعی در برنامه پنجم سازندگی ذکر گردیده. بر اساس اطلاعات موجود در آرشیو مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور، وسعت خاک‌های کشاورزی بدون محدودیت کشت، فقط دارای سطحی معادل ۱/۲ میلیون هکتار می‌باشد که درصد کمی از حدود ۱۸/۵ میلیون هکتار اراضی قابل کشت کشور را در بر می‌گیرد. خاک بقیه اراضی دارای یک یا چند محدودیت بطور جداگانه یا توأم هستند (شکل).



شکل: وضعیت منابع خاک کشور بر اساس مطالعات انجام شده در مؤسسه تحقیقات خاک و آب

منشاء نمک در خاک:

در مورد اینکه منشا نمک از کجاست دو نظریه وجود دارد: بنابر یک نظریه مبنای نمک نتیجه عملیات تجزیه و تخریب عوامل جوی روی سنگ‌های آذرین و سایر سنگ‌ها است که در نتیجه آن نمک‌های محلول آزاد شده‌اند، این نمک‌های محلول آزاد شده به مرور زمان به وسیله‌ی آبهای جاری سطح زمین به دریاها حمل و در آنجا انباشته گردیده‌اند.

در نظریه دیگر، نمک به طور مستقیم از مواد خروجی کوه‌های آتشفشان حاصل شده، یعنی نمک‌ها در حین پیدایش سنگ‌های آذرین به صورت ترکیبات گاز، بخار، مواد مذاب (ماگما) و غیره مستقیماً وارد دریاها شده و انباشته گردیده‌اند. به هر حال منبع این نمک‌ها در دریاست. نمک‌ها از یک قانون کلی که در گردش بسته و دائمی بین دریا و خشکی حرکت می‌کنند.

گستردگی اراضی شور در جهان:

بر اساس گزارش اخیر فائو در سال ۲۰۰۰ وسعت کل اراضی شور و سدیمی ۸۳۱ میلیون هکتار می‌باشد، که شامل اراضی شور و سدیمی در آفریقا، آسیا، استرالیا و آمریکاست. سه نوع شوری بر اساس فرایندهای خاک و آب زیرزمینی در کره زمین وجود دارد (جدول).

جدول: گسترش خاک‌های شور و سدیمی در جهان (ماشالی،۱۹۹۹)

منطقه	سطح کل	اراضی شور	درصد از کل	اراضی سدیمی	درصد از کل
آفریقا	۱۸۹۹/۱	۳۸/۷	۲	۳۳/۵	۱/۸
آسیا و استرالیا	۳۱۰۷/۲	۱۹۵/۱	۶/۳	۲۴۸/۶	۸
اروپا	۲۰۱۰/۸	۶/۷	۰/۳	۷۲/۷	۳/۶
آمریکای لاتین	۲۰۳۸/۶	۶۰/۵	۳	۵۰/۹	۲/۵
خاور نزدیک	۱۸۰۱/۹	۹۱/۵	۵/۱	۱۴/۱	۰/۸
آمریکای شمالی	۱۹۲۳/۷	۴/۶	۰/۲	۱۴/۵	۰/۸
جمع کل	۱۲۷۸۱/۳	۳۹۷/۱	۱۶/۹	۴۳۴/۳	۱۷/۵

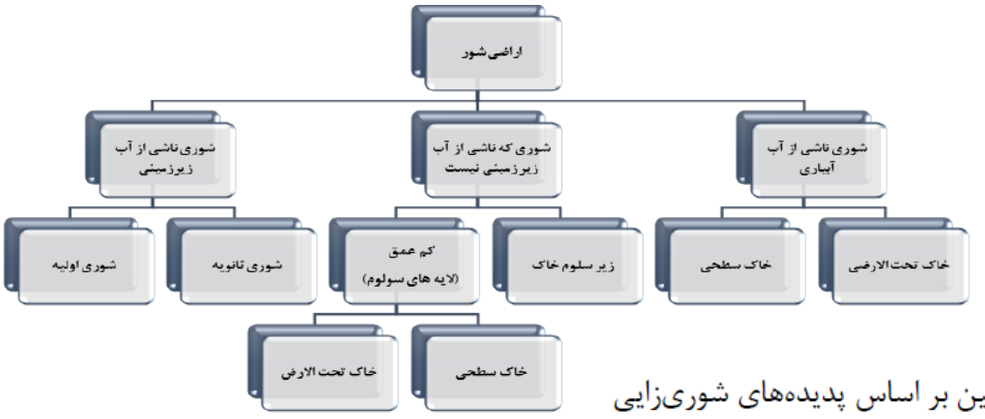
اعداد جدول به میلیون هکتار است.

شوری در ایران:

کشور ایران دارای مساحت ۱۶۴/۸ میلیون هکتار و ارتفاع از سطح دریا بیش از ۱۲۰۰ متر می‌باشد. میزان تبخیر و تعرق سالانه آن بسیار زیاد و به کمتر از ۷۰۰ میلیمتر در کنار دریای خزر تا ۴۰۰۰ میلیمتر در بیابان‌ها می‌رسد که منجر به صعود نمک‌های محلول به سمت بالا می‌شود. ایران از جمله کشورهایی است که سطح بزرگی از اراضی آن متاثر از املاح است. آمار دقیقی در مورد گستره زمین های شور و ماندابی در ایران وجود ندارد. اما در برخی منابع گزارش شده است که حدود ۱۶ تا ۲۳ میلیون هکتار از اراضی کشور به نوعی متاثر از فرآیند شوری هستند آنها علت اختلاف در برآوردها را تغییرات شوری در طول فصل رشد در اثر مدیریت آبیاری، آبشویی و کیفیت آب آبیاری کاربردی اعلام نمودند. بر اساس اطلاعات مستخرج از نقشه یک میلیونیوم منابع و استعداد خاک‌های ایران، اراضی دارای خاک‌هایی با درجات مختلف شوری کشور را مساحتی معادل ۵۵/۶ میلیون هکتار (۳۴ درصد مساحت کل کشور) برآورد نمود. اکثر این اراضی در فلات مرکزی و دشت‌های ساحلی جنوب و دشت خوزستان قرار دارند. این آمار مستندترین و بهنگام‌ترین اطلاعات در این زمینه می‌باشد. باستناد این اطلاعات میزان ۶/۸ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی کشور نیز به درجات مختلف با مشکل شوری مواجه می‌باشند. به طور کلی می‌توان گفت تقریبا تمام خاک‌های دشت و اراضی پست ایران، کم و بیش شور بوده و بیشترین شوری در اراضی که فعلا تحت آبیاری می‌باشند وجود دارد. براساس برآوردهای انجام شده میزان ۵۰-۷۵ درصد اراضی تحت آبیاری با مشکل شوری مواجه هستند.

همه زمین‌های مسطح و پست تقریبا تا حدی تحت‌تأثیر شوری قرار گرفته‌اند. عواملی مانند نوع ماده مادری، بوجودآمدن سفره آب‌زیرزمینی در نزدیک سطح زمین و در نتیجه عدم رعایت مسایل زهکشی، نامناسب بودن کیفیت آب آبیاری و مصرف بی رویه آن، فقدان زه کشی و عدم آبشویی خاک و نهایتا عدم رعایت اصول صحیح در مدیریت آب و خاک در شور شدن و گسترش این اراضی دخالت دارند، در بررسی علل شوری اراضی کشاورزی در کشورمان می‌توان به دو گروه مهم اشاره نمود.

گروه اول شامل عوامل طبیعی مانند زمین شناسی، عوامل اقلیمی، حرکت نمک به محدوده ریشه توسط آب آبیاری و آب زیرزمینی می‌باشد که **شوری اولیه** نامیده می شود. اما گروه دوم که نقش مهمی را نیز در بردارند از جمله اعمال مدیریت ضعیف در امور آب و خاک، کشت اراضی با پتانسیل تولید کم، چرای بیش از حد مراتع و از بین بردن جنگل‌ها و استفاده بی رویه از آبهای زیرزمینی با کیفیت نامناسب می‌باشد، که اصطلاحاً به **شوری ثانویه** معروف است. عامل اخیر یکی از مهمترین عوامل شوری اراضی کشاورزی در کشورمان به حساب می‌آید، زیرا نه تنها باعث شور شدن اراضی کشاورزی شده بلکه باعث کاهش شدید در میزان آب های زیرزمینی نیزگردیده است.



شکل: انواع اصلی شوری خاک کره زمین بر اساس پدیده‌های شوری‌زایی

حدود یک سوم از اراضی جهان در اقلیمهای خشک و نیمه‌خشک قرار دارند و تقریباً ۱۵ درصد از این زمین‌ها متاثر از نمک بوده و همچنین در حدود یک سوم از اراضی تحت آبیاری جهان یعنی بیش از ۴۰۰ میلیون هکتار دارای قابلیت زراعی در دنیا متاثر از شوری می‌باشند. برابر آمار موجود سطح کل خاک‌های شور در ایران حدود ۴۴ میلیون هکتار تخمین زده می‌شود که حدود ۳۰ درصد مساحت دشتها و متجاوز از ۵۰ درصد اراضی تحت کشت آبی کشور است. بطور کلی می‌توان گفت به استثناء اراضی گیلان و مازندران تقریباً تمام خاک‌های دشت و اراضی پست ایران کم و بیش شور بوده و بیشترین شوری در اراضی که فعلاً تحت آبیاری می‌باشند وجود دارد.

با آبیاری اراضی زراعی با آبهای نسبتاً شور، شوری ثانویه بر اثر تبخیر و تعرق و خارج شدن آب خاک و بجا ماندن نمک‌های محلول صورت می‌گیرد و به تدریج این اراضی از انتفاع خارج می‌شوند.

علل شور شدن خاکها:

۱. شور بودن مواد مادری تشکیل دهنده خاک

۲. انتقال املاح محلول در اراضی مرتفع به مناطق پایین دست به کمک آب

۳. استفاده از آب‌های شور در آبیاری

۴. تبخیر شدید رطوبت خاک و انتقال و تجمع املاح محلول در قسمتهای سطحی خاک و عدم کفایت بارندگی با آب وارده به خاک برای شستشوی املاح از خاک

۵. بالا آمدن سطح آب‌های زیرزمینی و انتقال املاح آنها به طور مستقیم همراه با صعود شعریه آب

۶. انتقال نمکهای موجود در آب دریا به کمک بادهایی که از دریا به سمت ساحل می‌وزند. این بادها ذرات آب حاوی نمک را به ساحل می‌رسانند. همچنین نفوذ و انتقال جانبی آب شور دریاها در سواحل

بطور کلی علل شوری دو دسته می‌باشند:

۱- شوری اولیه: خاک‌هائی که بطور طبیعی شور بوده‌اند.

۲- شوری ثانویه: خاکهائی که در اثر مدیریت ناصحیح شور شده‌اند (آبیاری با آب شور، فقدان زهکشی، بالا آمدن آب زیرزمینی).

گیاهانی که قادر به رویش و بقاء در خاک‌های خیلی شور هستند، اصطلاحا گیاهان شورپسند (هالوفیت[40]) می‌نامند. مقاومت این گیاهان به شوری خاک به علت شرایط فیزیولوژیک و آناتومیک خاصی است که اجازه می‌دهد تا گیاه غلظت زیاد املاح را تحمل کند.

- **عمده اثر شوری خاک بر گیاه**، افزایش فشار اسمزی محلول خاک و ممانعت از جذب آب و عناصر غذایی به وسیله گیاه می‌باشد. دو جزء پتانسیل ماتریک و پتانسیل اسمزی بر سیستم آب خاک تاثیر داشته و گیاه برای اینکه آب را جذب کند باید بر این نیروها غلبه کند. پتانسیل اسمزی با افزایش شوری خاک و کود دهی افزایش یافته و موجب کاهش آب قابل استفاده در خاک می‌گردد. پتانسیل کل در این حالت برابر است با:

$$\Psi_t = (\psi_s) + (\psi_m)$$

به علاوه سمیت حاصل از بر هم خوردن تعادل تغذیه‌ای که **تأثیرات ویژه یونی** نامیده می‌شود موجب صدمه رساندن به گیاه می‌گردد.

به طور کلی ٪۹۹/۹ گیاهان زراعی نمک گریز یا آبدوست (Glycophyte) می‌باشند و نمی‌توانند مقادیر زیاد نمک در محلول خاک را تحمل کرده و نقصان رشد در آنها مشاهده می‌شود. ولی بطور نسبی در بین گیاهان زراعی روش‌های مقاومت به شوری ضعیفی مشاهده شده و بر این اساس به سه گروه حساس، نیمه حساس و نیمه مقاوم تقسیم می‌شوند.

- **آثار شوری خاک** بر محصول به صورت پیدایش لکه‌های خالی سبز نشده در مزرعه خود نمائی می‌کند و گیاهان حاصله نیز کوتاه، کوچک، پراکنده و غیریکنواخت می‌شوند. برگها به رنگ سبز مایل به آبی در می‌آیند پوشش آنها ضخیم، کوچک، پراکنده و غیریکنواخت می‌شوند. برگهای جوان زرد و گاهاً دچار سوختگی می‌شوند.

- لطمه‌ای که شوری به محصول می‌زند، در ابتدای رشد بیشتر از مراحل بعدی است. شوری خاک بویژه مانع از زود جوانه‌زدن بذرها و خوب و یکنواخت سبز شدن آنها می‌شود. زراعین، سبز نشدن بذر در اثر شوری را رد کردن بذر می‌نامند. بزرگترین شکل شوری خاک هم این است که در اثر تبخیر آب از سطح خاک، املاح زیادی روی پشته تراکم می‌یابد و غلظت املاح در اطراف بذر تا چندین برابر مقدار آن در عمق ۲۰ سانتیمتری خاک می‌رسد که مانع از سبز شدن بذر می‌شود (که اصطلاحا به آن **کچلی** گفته می‌شود و باید **واکاری** صورت گیرد). به همین دلیل باید با انجام عملیات به‌زراعی بستر بذر را طوری انتخاب کرد که پس از آبیاری وقتی املاح روی تاج پشته جمع می‌شوند، نمک جمع شده دور از بستر بذر و ریشه گیاه قرار گیرد.

الف) بذور در دوطرف پشته‌های عریض کاشته شده و همه جویها آبیاری می‌شوند.

ب) ردیفکاری در یک سمت پشته‌های کم‌عرض و آبیاری یک درمیان جویها

شکل ۲۲- روشهای کاشت و انواع الگوی تجمع املاح در خاکهای زراعی

برنامه شناخت و مدیریت خاک و آب در شرایط شور

تحقیق و مطالعات در اراضی شور در عرصه‌های مختلف به دلیل پیچیدگی‌های موجود در شرایط شور باعث گردیده تا ارزیابی و اندازه‌گیری ویژگی‌ها و رفتار آنها در خاک با دشواری‌هایی همراه باشد که نیازمند اصلاح و تکمیل می‌باشد. در راستای مدیریت و بهره برداری از خاک و آب شور، تحقیقات و مطالعات گسترده‌ای در گذشته برای پاسخ به نیازهای بسیاری از پروژه‌های اصلاح و بهسازی خاک‌های شور و سدیمی از قبیل عملیات آبشویی، استفاده از ترکیبات بهساز، اختلاط و استفاده دوره‌ای از آب‌های با کیفیت مختلف انجام شده است اما مدیریت مزرعه و باغ از جمله مدیریت آب (شیوه‌های آبیاری، برنامه ریزی آبیاری، ...)، مدیریت کشت و کار، مدیریت حاصلخیزی خاک و ... از جمله مواردی هستند که هنوز نیازمند تکمیل و انجام تحقیقات چند جانبه در مدیریت جامع خاک و آب می‌باشد.

اگرچه در گذشته مصرف کود شیمیایی در اراضی شور برای محصولاتی مثل گندم و جو از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نبوده است، اما امروزه آثار مثبت کودهای اصلی به اثبات رسیده است. با توجه به مطالعات متنوع صورت گرفته در کشور، نیاز به مصرف کودهای اصلی و کم‌مصرف با توجه به تنوع مقدار و ترکیب شوری در خاک‌های مختلف، امکان ویژه بودن مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاهی در شرایط شور، انجام تحقیقات تکمیلی در این امر ضروری است. کیفیت آب آبیاری از جمله افزایش نسبت منیزیم به کلسیم و کربناتی بودن آنها اثرات بسیاری را بر کیفیت خاک و تولید محصولات ایجاد نموده است که راهکارهای مختلفی برای مقابله با آنها متصور می‌باشد.

در سالهای اخیر با توجه به محدودیت شدید منابع آب و پیشرفت‌های صورت گرفته، استفاده از گیاهان شورپسند برای تولید روغن، علوفه، ترکیبات دارویی و بهداشتی و ... و نیز آب شیرین کن‌ها مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. این امر بویژه با توجه به برخورداری از منابع آب دریا و زه آب‌ها از جایگاه ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. به همین لحاظ طرح های کلانی برای انجام مدیریت بهینه خاک و آب همانند استفاده از بیوتکنولوژی و دیدگاه‌های نوین در امر مدیریت خاک‌های شور و سدیمی همانند بکارگیری ریزجانداران میکروبی دوستدار یا مقاوم به شوری و قلیائیت خاک و آب، پیشنهاد شده اند (برنامه استراتژیک مؤسسه تحقیقات خاک و آب،۱۳۹۴).

واحد اندازه‌گیری شوری:

امروزه شوری توسط هدایت‌الکتریکی محلول اندازه‌گیری می‌شود. برای اندازه‌گیری هدایت‌الکتریکی محلول مورد نظر بین دو الکترود با شکل هندسی و فاصله ثابت جدایی قرار داده می‌شود با برقراری یک پتانسیل الکتریکی شدت جریان به طور مستقیم با کل غلظت نمکهای محلول تغییر می‌کند. بنابر این اندازه‌گیری قابلیت هدایت‌الکتریکی عصاره معیار دقیقی از غلظت کل اجزاء یونیزه شده این املاح بدست می‌دهد. در چنین سیستمی محلول ما بین دو الکترودها در حکم یک هادی الکتریکی عمل نموده و قوانین فیزیکی مربوطه در مورد آن قابل اجرا است و مقاومت الکتریکی (R) با (L) فاصله ما بین الکترودها رابطه مستقیم داشته و با سطح مقطع هادی (A) نسبت عکس دارد. بنابر این $R=rL/A$ بوده که در آن r ضریب تناسب یا مقاومت الکتریکی می‌باشد. که مقدار آن بستگی به کیفیت محلول دارد. چنانچه (R) را بر حسب (ohm) و (L) را بر حسب (cm) و (A) را بر حسب (cm^2) حساب نمائیم واحد (r)، (ohm.cm) خواهد شد. عکس مقاومت‌الکتریکی یک محلول یعنی (1/r) قابلیت هدایت‌الکتریکی یا Electrical Conductivity (EC) می‌باشد. این یک واحد استاندارد برای قابلیت هدایت می‌باشد. واحد (1/r) یا EC= ۱/ohm.cm یا mho/cm می‌باشد. این یک واحد استاندارد برای قابلیت هدایت می‌باشد، ولی برای جلوگیری از ارائه اعداد کوچک آنرا در ۱۰۰۰ ضرب نموده و از واحدهای ($EC\times10^3$) بر حسب (mmho/cm) برای بیان هدایت-الکتریکی خاک و یا ($EC\times10^6$) برحسب µmho/cm برای بیان هدایت‌الکتریکی آب آبیاری استفاده می‌نمایند. در سیستم بین المللی واحد جدید EC برحسب ds/m=desisimens/meter می‌باشد. هر mmho/cm برابر با ds/m ۱ می‌باشد.

میزان هدایت‌الکتریکی آب آبیاری در درجه‌های مختلف حرارت متفاوت است (با افزایش دما ویسکوزیته تغییر می‌کند و با تغییر ویسکوزیته هدایت‌الکتریکی تغییر می‌کند). وقتی دما یک درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد از میزان هدایت ۲٪ کاسته می‌شود. به همین دلیل در هر اندازه‌گیری دمای عصاره خاک یا آب آبیاری نیز اندازه‌گیری و در ضریب حرارتی مربوط (f_t) ضرب می‌شود تا هدایت برای تمام نمونه‌ها در دمای معینی (۲۵^{oc}) تصحیح گردد.

اندازه‌گیری میزان شوری در محلول خاک و آب آبیاری:

در تعیین کیفیت آب آبیاری همواره ارزیابی غلظت املاح محلول مطرح می‌شود. افزایش این غلظت موجبات بالا رفتن فشار اسمزی در محلول خاک را فراهم می‌سازد. در چنین شرایطی جذب آب و مواد غذائی توسط ریشه‌ها مختل و یک نوع خشکی فیزیولوژیکی بر محیط فعالیت ریشه‌های گیاهی غلبه می‌کند.

برخی روابط تجربی برای تعیین نوع تجزیه کیفیت آب آبیاری و میزان شوری محلول خاک استفاده می‌شود.

EC (mmho/cm)×۱۰= جمع کاتیونها و آنیونها (به واحد میلی اکی والانت در لیتر) در محلول می‌دهد.

Total dissolved salts (TDS)=EC (mmho/cm) × ۶۴۰ میزان غلظت نمک در عصاره اشباع خاک را حساب می‌کند برحسب mgr/l یا ppm ۰ برای شوری های زیر ۵ میلی موس بر سانتیمتر).

اگر مقدار شوری زیر بیشتر از ۵ دسی‌زیمنس بر متر باشد ضریب تبدیل آن به غلظت متفاوت خواهد بود.

TDS(mg/L)= ۸۰۰ × EC (dS/m)

PSW= ۰/۰۶۴ × $EC_{۲۵}$ درصد نمک در عصاره اشباع خاک

Percent of salt in soil (PSS)= PSW × %SP/۱۰۰ (درصد نمک در خاک محاسبه می‌شود)

Osmotic pressure (OP)=EC(mmho/cm)×۰/۳۶ (میزان فشار اسمزی در عصاره خاک را حساب می‌کند بر حسب بار).

مثلا آب آبیاری که محتوی ۳me در لیتر $Ca^{۲+}$ ۲me, در لیتر $Mg^{۲+}$ ۳me, در لیتر Na^{+} است دارای ۸me در لیتر کل کاتیون‌ها و EC تقریبی ۰/۸ mmho/cm و TDS تقریبی ۵۱۰mg در لیتر دارد فشار اسمزی تخمینی آن ۰/۳ بار است.

با توجه به رابطه (OP= ۰/۳۶. $EC_{۲۵}$) اگر هدایت الکتریکی آب آبیاری(EC) برابر دو میلی موس بر سانتی متر باشد، با توجه به رابطه بالا، فشار اسمزی ناشی از آن در حدود ۰/۷۲ اتمسفر می‌شود و توان ریشه را برای جذب آب تا حدود ۱۵-۰/۷۲= ۱۴/۲۸ اتمسفر کاهش می‌دهد.

تحمل گیاهان علفی نسبت به شوری:

گیاهان خشکی پسند برای مقابله با کم آبی سازه گاریهایی را پیدا کرده‌اند که از آن جمله می توان گوشتی شدن بافتها، مومی شدن کوتیکول، ضخیم شدن اپیدرم و غیره را نام برد. گیاهان علفی از نظر مقاومت به شوری به چهار گروه تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

۱- حساس (Sensitive, S)
۲- نسبتا حساس (Moderately Sensitive, MS)
۳- نسبتا مقاوم (Moderately Tolerant, MT)
۴- مقاوم (Tolerant, T)

اما این طبقه‌بندی‌ها مطلق نبوده و هر کدام دامنه و یا طیف نسبتا وسیعی را در بر می‌گیرند. از نظر عملی معیاری که شوری با آن سنجیده می‌شود هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC_e) خاک منطقه توسعه ریشه هاست. چون غالبا نمونه‌گیری از خاک و تهیه عصاره‌اشباع از آن وقت‌گیر است. هدایت‌الکتریکی آب آبیاری (EC_w) تعیین شده و از روی رابطه تجربی زیر هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک تخمین زده می‌شود. معمولا EC_e را حدودا ۱/۵ برابر EC_w در نظر می‌گیرند.

EC_e = ۱/۵ EC_w

طبقه‌بندی خاک‌ها براساس میزان نمک و SAR:

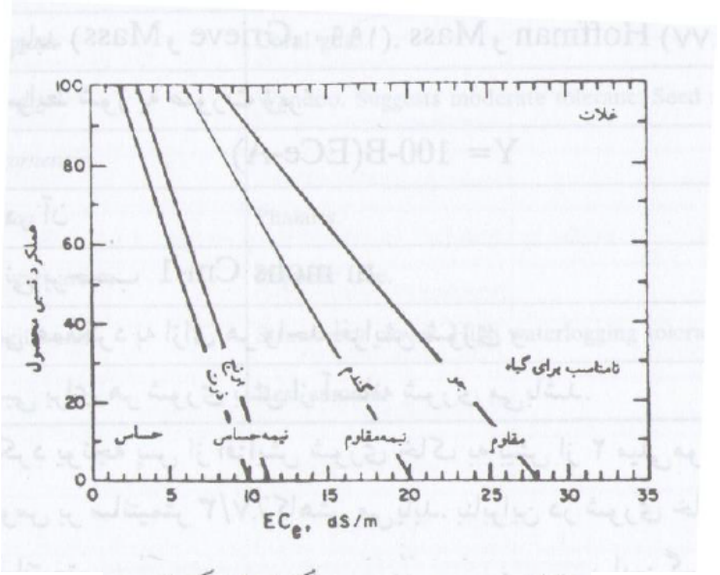
خاکهایی که دارای شوری بیشتر از ۴>mmho/cm در عصاره اشباع می‌باشد خاکهای شور اطلاق می‌گردد.

به خاکهایی که دارای SAR>۱۵ خاکهای قلیا یا سدیک (Sodic) اطلاق می‌گردد. در جدول زیر سه گروه اصلی خاک‌های شور و قلیا آورده شده است.

نوع خاک	pH	ESP(%)	EC(mmho/cm)
خاک‌های شور Saline soil	۸/۵>	۱۵>	۴<
خاک‌های شور و قلیا Saline sodic soil	۸/۵>	۱۵<	۴<
خاک‌های قلیا Sodic soil	۸/۵<	۱۵<	۴>

مقاومت به شوری در گیاهان:

تحمل گیاهان مختلف به شوری خاک متفاوت می‌باشد و بر اساس امکانات فیزیولوژیکی و فنوتیپی خود در طول رشد می‌توانند با تنش شوری خاک مقابله کنند بیشترین حساسیت به شوری در موقع جوانه زنی بذر جهت جذب آب وجود دارد و پس از استقرار گیاه و ریشه دوانی میزان مقاومت به تنش شوری افزایش می‌یابد. عملکرد و تولید محصول در شوریهای متفاوت و برای گیاهان مختلف تفاوت دارد. برخی از گیاهان و محصولات نسبت به شوری حساس می‌باشند مثل مرکبات، سیب، گلابی، هلو، گیلاس، حبوبات، چای، و گیاهانی چون گندم، نخود، چغندرقند و یونجه نیمه مقاوم به شوری هستند. گیاهانی چون پنبه، خرما و انار مقاوم به شوری می‌باشند. برای گیاهان مختلف یک آستانه شوری در یک EC مشخص محاسبه شده در آن مقدار شوری در خاک گیاه به شروع به کاهش محصول می‌کند و درصد کاهش عملکرد در گیاهان مختلف متفاوت می‌باشد.



مقاومت به شوری گیاهان گرامینه

$$Y=۱۰۰-B\ (A - EC_{se})$$

EC_{se}- آستانه شوری (mmho/cm)

B - درصد کاهش عملکرد به ازاء هر واحد افزایش شوری

Y- عملکرد نسبی محصول

A -غلظت نمک در عصاره اشباع خاک

مثال: اگر در خاکی که یونجه کاری شده به ازای هر واحد افزایش شوری از حد آستانه ۷.۳٪ کاهش محصول داشته و آستانه شوری برای یونجه ۲mmho/cm و میزان شوری در عصاره اشباع خاک ۴mmho/cm باشد میزان محصول چند درصد کاهش می‌یابد.

Y= ۱۰۰-۷.۳(۴/۰-۲/۰)= ۸۶/۴٪

۱۰۰ – ۸۶/۴ = ۱۴/۶٪ درصد کاهش محصول

نیاز آبشوئی خاک (Leaching requiremente)

برای مقابله با شوری خاک بایستی علاوه بر آب آبیاری مقداری اضافی آب به زمین شور داده شود تا با عمل شستشو نمک اضافی از عمق ریشه خارج گردد. این میزان آب ضافی را نیاز آبشوئی می‌نامند.

اگر مقدار کافی آب با شوری کم در دسترس باشد و زهکشی سطحی و داخلی مناسب باشد، خاکهای شور نسبتا به آسانی اصلاح می‌شوند نمک‌ها باید به زیر ناحیه ریشه و خارج از محدوده تماس با آب آبیاری بعدی شسته شوند.

مقدار آب آبیاری مورد نیاز برای شستشوی نمک‌ها به خارج از عمق ریشه و یا نیاز آبشویی (LR) زیر محاسبه می‌شود

$$LR = \frac{ECiw}{^{\circ}(ECse) - ECiw}$$

که در آن

LR- نیاز آبشویی

ECse- آستانه تحمل به شوری برای گیاه مورد نظر

ECiw- EC آب آبیاری است

برای مثال حد آستانه علف آبی کنتاکی۳=ECse است اگر ۱.۵=ECiw باشد، بنابراین نیاز آبشویی

$$LR = \frac{۱.۵}{۵(۳) - ۲} = ۰.۱۱۵$$

LR بیانگر آب اضافی مورد نیاز برای شستشوی نمک‌ها بیش از مقداری است که برای اشباع آب پروفیل خاک مورد نیاز است (۱۱/۵ درصد) هرچند این رابطه تخمینی از حجم آب مورد نیاز برای کاهش شوری خاک است. محاسبات پیچیده‌تری معمولا برای تخمین دقیق مقدار آب مورد نیاز به کار می‌رود. مقدار آب مورد نیاز شستشو به عوامل زیر بستگی دارد (۱)ECse مطلوب که بستگی به مقاومت به شوری گیاه مورد نظر، (۲) کیفیت آبیاری (ECiw)، (۳) عمق ریشه دوانی یا شستشو، (۴) ظرفیت نگهداری آب خاک

خطر افزایش سدیم تبادلی:

آب‌های آبیاری حاوی سدیم زیاد باعث تشکیل خاکهائی با مقادیر زیاد سدیم تبادلی می‌شوند، اگر بیش از ۱۵ درصد از ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را سدیم فرا گرفته باشد، چنین خاک‌هایی اغلب به طور بدی سله می‌بندند و تورم و پراکندگی پیدا می‌کنند. در نتیجه هدایت هیدرولیکی (هدایت آبی) یا نفوذ آب در آنها به شدت کاهش می‌یابد. ذرات رس پراکنده می‌شوند و کانالهای هدایت آب در داخل خاک را مسدود می‌کنند. کاهش نفوذپذیری می‌تواند میزان زهکشی لازم برای مهار کردن شوری خاک را با مشکل مواجه کند و همچنین تبادلات گازی در خاک کاهش می‌یابد. آبهای آبیاری دارای نمکهای سدیم‌دار (Na_2CO_3, NaCl) در صورتی که کل غلظت کاتیون‌ها دو ظرفیتی قابل توجه باشد ممکن است به تولید مقادیر نسبتا کمی سدیم به صورت تبادلی در خاک منجر شود و با توجه به تمایل شدید اغلب رس‌ها به کاتیونهای دو ظرفیتی نسبت به یک ظرفیتی اما اگر این نسبت برقرار نباشد و غلظت نمک‌های سدیم‌دار در آب آبیاری غالب باشد خطر سدیمی شدن فاز تبادلی وجود دارد که آنرا با اندازه‌گیری نسبت جذب سدیم در فاز تبادلی SAR (sodium adsorbtion ratio) بر اساس غلظت این کاتیون‌ها در آب آبیاری بدست می‌آید.

$$SAR=[Na^+]/C([Ca+Mg]/2)^{0.5}$$

$$SAR=\frac{[Na]}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$$

تمامی غلظت‌ها بر حسب me/l می‌باشد.

این رابطه می‌رساند که با مقدار ثابتی کاتیون سدیم، هر چه میزان کلسیم و منیزیم که اساس درجه سختی آب را تشکیل می‌دهد زیادتر باشد قابلیت جذب سدیم به وسیله خاک کمتر و در نتیجه خطر قلیایی شدن و زیان آن برای گیاه نیز کمتر می‌شود.

در طبقه بندی آبهای کشاورزی میزان هدایت‌الکتریکی با رجوع املاح محلول در آب و همچنین نسبت کاتیونهای مختلف در آب به ویژه نسبت سدیم به کلسیم و منیزم بیش از همه مهم است و در طبقه‌بندی آب لحاظ می‌شود.

سدیم موجود در محلول خاک بر روی ESP (Exchange Sodium Percentage) تاثیر گذاشته و با افزایش آن خطر قلیا شدن خاک زیاد می‌شود و pH از ۸/۵ هم بالاتر رفته و فیزیک خاک بهم می‌خورد.

$$.ESP=\frac{Na}{CEC}\times 100$$

بین SAR آب آبیاری و درصد سدیم تبادلی خاک (ESP) که با آن در نوسان است رابطه زیر وجود دارد.

$$\frac{ESP}{100-ESP}=0/015(SAR)$$

جدول زیر خطر قلیایی شدن توسط SAR آب آبیاری را نشان می‌دهد.

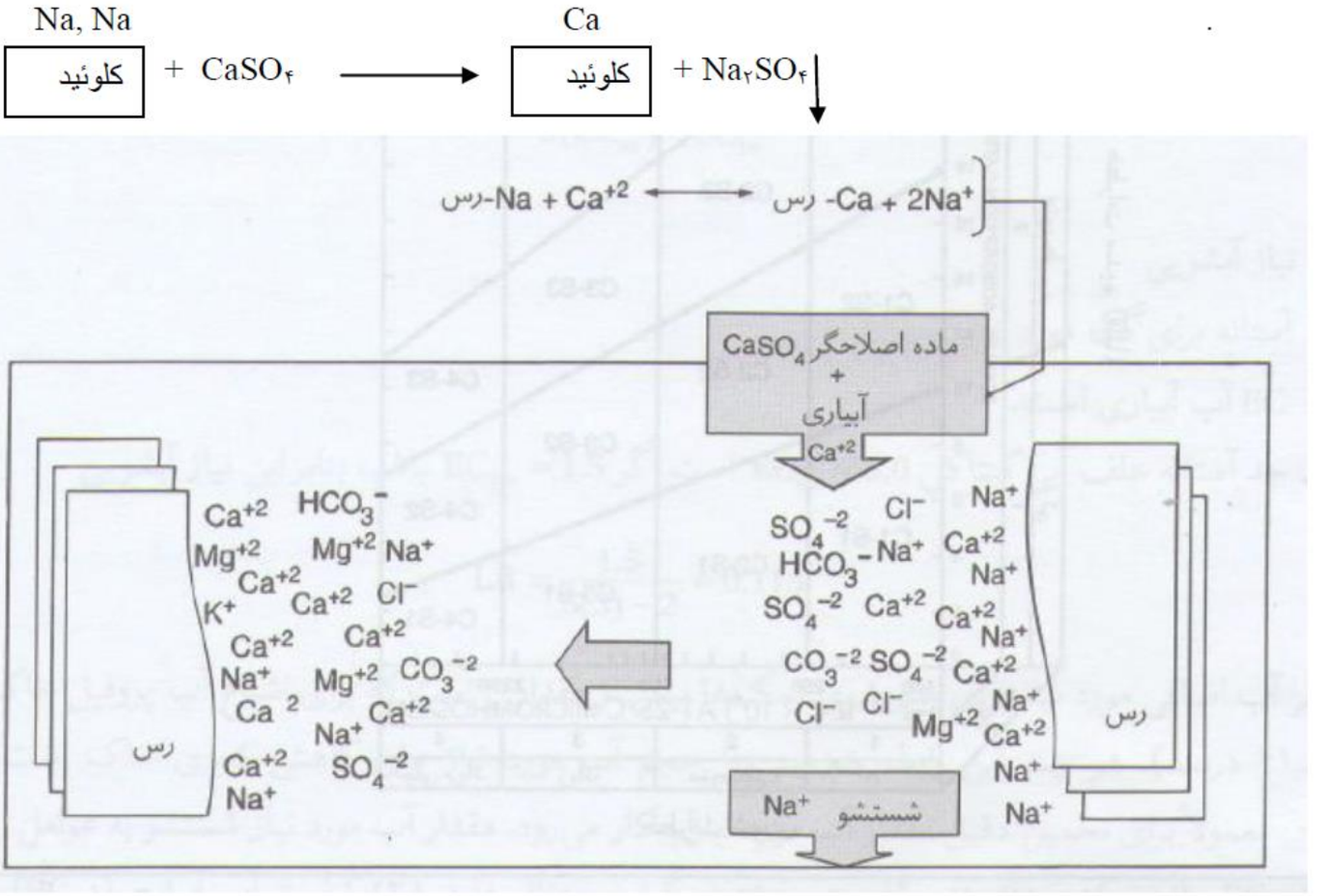
کلاس قلیائیت	SAR	
S_1	۱۰>	خطر قلیایی شدن کم است
S_2	۱۰-۱۸	خطر قلیایی شدن متوسط است
S_3	۱۸-۲۶	خطر قلیایی شدن زیاد است
S_4	۲۶<	خطر قلیایی شدن خیلی زیاد است

مشکل خاک‌های قلیا و چگونگی اصلاح آنها:

از مشخصات بارز این خاکها وجود مقادیر زیادی یونهای سدیم روی کمپلکس جذب کننده خاک و در نتیجه پراکندگی و قلیائیت زیاد آنها است. قلیائیت خاک را با ESP می‌سنجند. جذب سدیم به وسیله کمپلکس جذب کننده خاک سبب می‌شود که استحکام و مقاومت خاک در برابر اثر آب و انیدریدکربونیک کاهش یابد. یون‌های OH و بعد هم Na_2CO_3 نیز موجب می‌شود که خاک واکنش قلیائی پیدا کند و pH آن افزایش یابد. جذب زیاد سدیم، سبب متلاشی شدن ذرات کلوئیدی، پراکنده شدن و انتقال آنها و پیدایش افقهای رسوبی با نفوذ پذیری بسیار کم در خاک می‌شود. یکی از مشکلات خاکهای قلیائی، پیدایش همین افقهای رسوبی با نفوذ پذیری بسیار کم در خاک است که مانع از نفوذ آب به عمق خاک می‌شود و از تهویه مناسب خاک نیز جلوگیری می‌کند.

$$2Na(HCO_3) \longleftrightarrow Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

برای اصلاح شیمیایی این خاک‌ها باید مقداری ماده اصلاح کننده به منظور سدیم‌زدائی کمپلکس کلوئیدی خاک نیز مصرف شود. در این باره بهترین ماده اصلاح کننده گچ یا $CaSO_4.2H_2O$ است که با افزایش و مخلوط سازی آن با خاک موجبات جایگزینی Na توسط Ca به ویژه در محیط مرطوب فراهم می‌آید، به تدریج ساختمان مرمت شده و به کمک شستشو و زهکش‌ها، زیادی املاح محلول همراه با سدیم آزاد از محیط خاک خارج می‌شود.



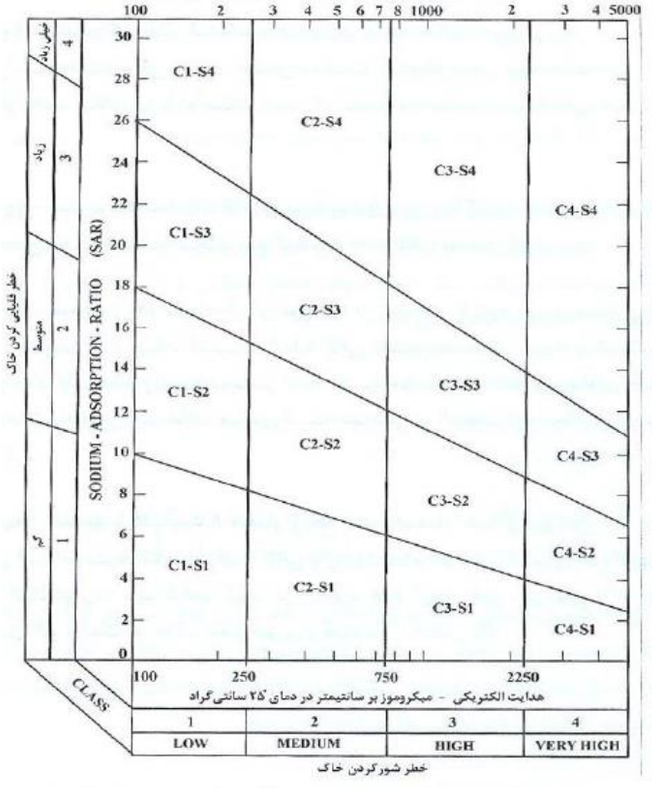
طبقه‌بندی آب‌های آبیاری:

امروزه مشخص شده در صورتی که زهکشی طبیعی خاک مناسب بوده و یا به صورت مصنوعی در آن تعبیه شود تقریبا از هر آبی می‌توان در آبیاری بهرمند شد. ولی این بهرمندی مستلزم رعایت دقیق مبانی علمی مدیریت بهره‌برداری از خاک و آب است.

آب‌ها را از نظر خطر شور کردن اراضی به چهار گروه (C_1-C_4) و از نظر وجود خطر قلیا شدن خاک نیز به چهار گروه تقسیم می‌شوند (S_1-S_4) این طبقه‌بندی به وسیله آزمایشگاه شوری آمریکا در کالیفرنیا ارائه شده و تقریبا در تمام دنیا مورد استفاده خاک شناسان می‌باشد مشخصات هر گروه به طور خلاصه در زیر آورده می‌شود.

از نظر شوری مرزهای این چهار گروه ۲۵۰-۷۵۰-۲۲۵۰-۵۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر در ۲۵ درجه سانتی‌گراد است، EC خاک غیرشور ممکن است مدتی پس از آبیاری در خاک تبخیر دائم آب و جذب توسط ریشه گیاه و باقی گذاردن املاح در خاک می‌باشد آب‌های دارای ECe < ۲۵۰ بدون هیچ خطری برای رشد گیاه بکار برده می‌شوند.

آب های با شوری متوسط که حداکثر برابر ۷۵۰ است، اغلب بدون هیچ خطری می‌توانند به کار رود ولی در شرایط استثنائی وقتی که شدت تبخیر زیاد باشد ممکن است باعث شوری خاک گردد. آب‌های با شوری زیاد (۷۵۰ تا ۲۲۵۰ در صورتی می‌توان مصرف کرد که شستشو انجام شود و زهکشی کافی باشد آب‌های دارای EC>۲۲۵۰ فقط برای گیاهان مقاوم در شرایط استثنایی وقتی خاک سبک و زهکشی عالی باشد و آن هم در موقع ضرورت بکار می‌رود.



شکل شماره ۲۳- نمودار ویکاکس (طبقه بندی آبهای آبیاری براساس املاح)

بطور کلی بر حسب هدایت‌الکتریکی عصاره اشباع خاک، بشرح زیر خاک‌ها از نظر شوری تقسیم بندی می‌شوند:

۱- خاکهای غیر شور با ECe <۲ds/m ، کشاورزی در آن با کاهش محصول همراه نیست.

۲- خاکهای با شوری کم ECe = ۲-۴ds/m، خاکی است که مقداری کاهش محصول دارد.

۳- خاکهای با شوری متوسط ECe = ۴-۸ds/m، فقط گیاهان مقاوم به شوری رشد می‌کنند.

۴- خاکهای با شوری زیاد ECe = ۸-۱۶ds/m، از نظر کشاورزی قابلیت استفاده ندارند. مثل گیاهان شورپسند گیاه آتریپلکس.

۵- خاکهای با شوری خیلی زیاد ECe >۱۶ds/m، گیاهان قادر به رشد و نمو در آن نیستند.

طبقه‌بندی آبها از نظر قلیائی شدن:

S_1 سدیم کم: می‌تواند برای آبیاری تمام خاک‌ها، بدون احتمال بروز خطر سدیم قابل تبادل به کار رود.

S_2 سدیم متوسط: در خاک‌هایی که دارای ظرفیت تبادلی زیاد و بافت ریز باشند بخصوص در شرایط شستشوی کم رقیق ژیپس در خاک موجود نباشد خطر قلیائی شدن بسیار متحمل است.

S_3 سدیم زیاد: اکثر خاکها ممکن است حد زیان بخش سدیم قابل تبادل به وجود آورد.

روش های مخصوص زراعی زهکشی خوب، شستشوی فراوان و افزایش مواد آلی لازم است .

S_4 سدیم خیلی زیاد: اصولا برای مصرف آبیاری مناسب نمی‌باشد مگر آنکه شوری آن کم یا متوسط باشد یا آنکه وجود آهک، ژیپس یا سایر مواد اصلاح کننده مصرف آن را ممکن سازد.

جدول: آستانه مقاومت به شوری و درصد کاهش محصول بر اثر افزایش آن در محصولات مختلف می‌باشد.

Crop	*Threshold EC_{se} (mmho/cm)*	*% Yield Decrease/ Unit EC_{se} Increase*	*Salt Tolerance Rating**
Alfalfa	2.0	7.3	MS
Almond	1.5	18	S
Apple	1.0	15	S
Apricot	1.6	23	S
Avocado	1.0	24	S
Barley (Forage)	6.0	7.0	MT
Barley (Grain)	8.0	5.0	T
Bean	1.0	19	S
Beet (Garden)	4.0	9.0	MT
Bent Grass	—	—	MS
Bermuda Grass	6.9	6.4	T
Blackberry	1.5	22	S
Boysenberry	1.5	22	S
Broad Bean	1.6	9.6	MS
Broccoli	2.8	9.1	MT
Bromegrass	—	—	MT
Cabbage	1.8	9.7	MS
Canary Grass (Reed)	—	—	MS
Carrot	1.0	14	S
Clover (Red, Ladino, Alsike)	1.5	12	MS
Clover (Berseem)	1.5	5.8	MT
Corn (Forage)	1.8	7.4	MS
Corn (Grain, Sweet)	1.7	12	MS
Cotton	7.7	5.2	T
Cowpea	1.3	14	MS
Cucumber	2.5	13	MS
Date	4.0	3.6	T
Fescue (Tall)	3.9	5.3	MT
Flax	1.7	12	MS
Grape	1.5	9.5	MS
Grapefruit	1.8	16	S
Hardinggrass	4.6	7.6	MT
Lemon	1.0	—	S
Lettuce	1.3	13	MS
Lovegrass	2.0	8.5	MS
Meadow Foxtail	1.5	9.7	MS
Onion	1.2	16	S
Orange	1.7	16	S
Orchard Grass	1.5	6.2	MT
Peach	3.2	19	S
Peanut	3.2	29	MS
Pepper	1.5	14	MS
Plum	1.5	18	S
Potato (White)	1.7	12	MS
Potato (Sweet)	1.5	11	MS
Radish	1.2	13	MS
Rice (Paddy)	3.0	12	MS
Ryegrass (Perennial)	5.6	7.6	MT
Sorghum	4.8	8.0	MT
Soybean	5.0	20	MT