مقدمه

افزایش بیش از حد جمعیت و الگوی فعالیت صنعتی امروزی، خصوصاً از نیمه دوم قرن حاضر، باعث آلودگی‌های زیست محیطی بویژه آلودگی با فلزات سنگین شده است (۱۰۳–۱۸). هر ساله کارخانجات و واحدهای صنعتی و مراکز شهری، با ورود فاضلابها و پسابهای خود به محیطهای آبی و وارد شدن آنها به زمین‌های کشاورزی و همچنین استفاده از سموم و کودهای شیمیایی به منظور باروری خاک که حاوی فلزات سنگین هستند. باعث آلودگی زمین‌های کشاورزی می‌شوند. و از آنجایی که رابطه معنی‌داری بین فلزات سنگین خاک و میزان تجمع آنها در گیاه وجود دارد این فلزات سنگین پس از تجمع در گیاهان و حیوانات علاوه بر آسیبهای جدی بر سلامت این موجودات، مصرف فراورده آنها را، برای مصرف کننده نهایی یعنی انسان، مخاطره آمیز می‌کند (۱۰–۱۲۷). در نتیجه یکی از دلایل اصلی مواجهه انسان به فلزات سنگین، مسیرخاک– دانه– غذا (Soil-Crop-Food) است (٦٩–٦٨). از میان فلزات سنگین، فلزاتی مانند سرب، کادمیم و آرسنیک زئوبیوتیک هستند به این مفهوم که این عناصر برای متابولیسم بدن مورد نیاز نیستند و حتی مقادیر کم آنها نیز، برای بدن مضر است (۹۸–۸۳).

در واقع فلزات سنگین پس از ورود به بدن دیگر از بدن دفع نشده، بلکه در بافتهایی مانند چربی، عضلات، استخوانها و مفاصل، رسوب کرده و انباشته می شوند و باعث بروز بیماریها و عوارض متعددی مانند : اختلالات عصبی، انواع سرطان، سقط جنین، اختلالات تنفسی، آسیب به کبد و کلیه و مغز، التهاب مفاصل، ریزش مو و پوکی استخوان می شوند (٦٩–٨٣).

با توجه به این مسئله و نیز ماهیت بین المللی اهمیت روز افزون غذا در سالهای اخیر، توجه عموم مردم و ارگانهای نظارتی در بخش غذا، به خصوص سازمان تجارت جهانی به صورت جدی به ایمنی غذا و تخمین کیفیت آن معطوف گشته است. زنجیره ایمنی غذا در کشور، باید از مرحله مزرعه تا سفره خانواده حفظ شود (٤٣). در این میان برنج، یکی از انواع پر مصرف غلات در جهان به شمار می‌آید (طبق گزارش FAO ، تقریباً ۳۰٪ از منبع انرژی و ۲۰٪ از منبع پروتئین جهان، از طریق مصرف برنج فراهم می‌گردد. وغذای عمده بیش از نیمی از مردم مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر ی جهان را تامین می کند) و دررژیم غدایی مردم ایران دومین غله پرمصرف بشمار می‌آید و می تواند به فرمهای مختلف، در آماده‌سازی غذاها، انواع کلوچه ها، کیکها و ... استفاده شود. پس آلودگی این محصول می تواند سلامتی انسان را به خطر بیاندازد. با این نگرش، بررسی سطوح آلاینده‌های برنج که یکی از اجزا اصلی سبد خانوار است، باید مورد توجه باشد (۸۳).

کشاورزان برای حاصلخیز شدن محصولات برنج خود، از کودهای شیمیایی استفاده می‌کنند که خود باعث تجمع فلزات سنگینی مانند سرب، کادمیوم وآرسنیک در برنج می‌گردد (٦٥). از دلایل دیگر آلودگی برنج به فلزات سنگینی چون سرب، به وضعیت صنعتی منطقه، ترافیک و فاصله منطقه رشد گیاه تا مناطق صنعتی را می‌توان نام برد. به طوری که گیاهانی که در مناطق صنعتی رشد می‌کنند غلظت بالاتری از سرب دارند. وجود کادمیم در گیاه نیز، به نزدیکی مراکز صنعتی و دفع فاضلابهای آنها و پسماندها بستگی دارد (٢٦-١٣٢). مهم‌ترین اثر سوءِ مصرف کادمیم در انسان، بیماری ایتا ایتای است که اولین بار به علت مصرف برنج آلوده به این فلز، در ژاپن گزارش شد. از دیگر اثرات سمی این فلز، می‌توان به تخریب کلیه اشاره کرد. از اثرات مخرب فلز سرب نیز می‌توان، به آسیب جدی به سیستم عصبی مرکزی و محیطی اشاره نمود (٧١-٦٨).

از آنجایی که برنج، کم طاقت‌ترین غله نسبت به خشکی بوده و نیاز آبی آن بیشتر از محصولات دیگر می‌باشد. و بدلیل کمبود آب، کشاورزان از آبهای زیرزمینی یا از فاضلابها یا رودخانه‌های آلوده به فلزات سنگین برای آبیاری مزارع برنج استفاده می‌کنند (٨). استفاده از این آبهای آلوده در مزارع برنج منجر به افزایش مقادیر فلزات سنگین در دانه‌های برنج شده و مصرف برنج (که در ایران تقریباً ٤٢/٥ کیلوگرم به ازای هر فرد در سال بوده و مصرف روزانه برنج در کشورهای آسیایی ١٧٨-١٥٨ گرم در روز برای هر فرد با متوسط وزن ٦٠ کیلوگرم می‌باشد) منجر به تجمع آنها در بدن شده، که در دوره-های طولانی مدت، منجر به نارسایی‌هایی در بافتها و ارگانهای بدن می‌شوند (١٢-٩). از آنجایی که بیشتر مصرف کنندگان ایرانی بر شستشوی برنج و خیساندن آن، قبل از پخت اصرار می ورزند هدف از این مطالعه، اندازه گیری میزان آرسنیک، کادمیوم و سرب در برنج خام و سپس در برنج شسته شده و خیسانده شده، در برنجهای وارداتی و داخلی با برند معروف، در سطح عرضه کرمانشاه می باشد. که پس از نمونه برداری با روش استانداردهای موجود آماده سازی شده و پس از هضم اسیدی بوسیله دستگاه اتمیک ابزربشن مدل Varian اندازه گیری شد.

برطبق گزارش FAO ، ٢٥ درصد دانه‌های زراعی تولیدی جهان آلوده به مایکوتوکسین هستند. طبق همین گزارش مایکوتوکسین‌ها بویژه گروه آفلاتوکسین، یکی از عوامل مؤثر در بروز بیماری‌های ناشی از غذا می‌باشند (٨٢). برنج یکی از غلات مهمی است که در معرض آلودگی به قارچ‌ها بوده و می‌تواند محل مناسبی برای رشد قارچ‌های توکسین‌زایی همچون آسپرژیلوس باشد (١١٢). درواقع آفلاتوکسین‌ها گروهی از توکسین‌های قوی هستند که باعث تأثیرات مخرب در سیستم‌های بیولوژیکی بدن می‌شوند. این متابولیتها در بعضی از پستانداران، پرندگان و ماهی‌ها ایجاد سرطان، جهش‌زایی و ناهنجاری‌های جنینی میشوند که اثرات سرطان زایی این توکسین‌هادر حیوانات

آزمایشگاهی به اثبات رسیده است (۹۳). برنج با توجه به رطوبت نسبی دانه آن می‌تواند محیط مناسبی جهت رشد قارچ باشد. و باعث تأثیرات مخرب دربدن شود و با توجه به مصرف بالای سرانه برنج قرار گرفتن در معرض آفلاتوکسین خصوصاB_1 بصورت روزانه، یک خطر جدی برای سلامت و بهداشت مواد غذایی محسوب می‌گردد (٦٢).

اپیدمی‌های ناشی از مسمومیت با این سموم در کشورهای آفریقایی، جنوب شرقی آسیا و چین موید سرطان‌زایی این سموم می‌باشد (۸۹). از بین آفلاتوکسین‌های (B_1، B_2، G_1،G_2) آفلاتوکسین B_1 توسط آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان در گروه ۱ (خطرناکترین مواد سرطان‌زا) طبقه‌بندی شده است (۲۷-۳۷). بنابراین هدف دیگر از این مطالعه، اندازه گیری آفلاتوکسین B1 در برنج های وارداتی و داخلی با برند معروف در سطح عرضه کرمانشاه می باشد. که پس از نمونه برداری و آسیاب کردن با دستگاه Hplc مدل KENUER آلمان اندازه گیری می شود. در پایان پس از جمع آوری داده ها آنالیز های آماری با استفاده از نرم افزار (Statistical Package for the Social Sciences) Spss انجام می شود.

۱–۱) هدف از طرح مورد نظر و ضرورت انجام آن:

هدف از این مطالعه، تعیین غلظت فلزات سنگین کادمیوم، سرب و آرسنیک در۲۱ نمونه برنج خام و شسته نشده وارداتی و داخلی در سطح عرضه استان کرمانشاه و مقایسه آن با برنج شسته شده و خیسانده شده میباشد و همچنین اندازه گیری میزان آفلاتوکسین B_1 در برنج خام و شسته نشده و مشخص کردن این مسئله که آیا مقادیر فلزات سنگین اشاره شده و آفلاتوکسین B_1 در دانه های برنج از حد استاندارد تعیین شده توسط سازمان ملی استاندارد بیشتر بوده یا خیر. و اینکه شستن و خیساندن در کاهش فلزات سنگین مورد مطالعه تاثیر دارد یا نه.

۱–۲) تاریخچه برنج:

تشخیص این که موطن اصلی برنج کجاست و برای اولین بار در کدام نقطه از جهان کشت برنج معمول گردیده برای پژوهشگران بسیار دشوار است. برهمین اساس،اطلاعات متفاوتی درباره موطن اصلی برنج و تاریخچه کشت و کار آن ارائه شده است. برخی از دانشمندان موطن برنج را کنیاو نیجریه می‌دانند و قدمت کشت آن را ۳۵۰۰ سال تخمین زده‌اند و برخی دیگر از دانشمندان، منطقه آسیا را، منشأ و مبدأ برنج می‌دانند. برخی از نویسندگان موطن دقیق برنج را جنوب شرق آسیا و بویژه کشورهای هند و چین معرفی کرده‌اند و معتقدند که تاریخچه کشت برنج، در آن کشورها به بیش از هفت هزار سال می‌رسد. کشف هزاران دانه برنج در عملیات باستان شناسی، در استان «جیانگ جو» در شرق کشور چین، تاریخچه کشت این محصول را به ۵۵۰۰ سال قبل باز می‌گرداند. خبرگزاری «شین هوا» به نقل از باستان‌شناسان، گزارش داد که دانه‌های کشف شده در مرکز باستانی «لانگ چیوزوانگ» در شمال رود «یانگ تسه» نشانگر آن است که مردم کشور چین در فاصله زمانی بین ۵۵۰۰ تا ۷۰۰۰ سال قبل به کشت برنج می‌پرداخته‌اند (۹–۲۹–۳۵). یکی از مدارک در مورد زراعت برنج، به سرزمین چین و به ۲۷۰۰ سال قبل از میلاد تعلق دارد. سند دیگری از سابقه زراعت برنج، نشان می‌دهد که اهالی هندوستان از ۱۷۰۰ سال قبل از میلاد و مردم مناطق ژاپن از یک قرن قبل از میلاد، برنج می‌کاشته‌اند. پس از کشورهای هندوستان و چین، رفته رفته کشت برنج در سایر کشورها از جمله تایلند، فیلیپین، ژاپن، کره شمالی، کره جنوبی، مالزی و تایوان رواج یافت تا جایی که در حال حاضر، ۹۰ درصد برنج دنیا در کشورهای چین، هندوستان، ژاپن، کره، جنوب شرقی آسیا و

جزایر مجاور اقیانوس آرام (قاره آسیا) کشت می‌گردد (۹-۲۹).

۱-۳) سابقه کشت برنج در ایران:

سابقه کشت برنج در ایران، به پایان دوره ساسانیان رسیده و گسترش وسیع آن از قرن دهم میلادی به بعد صورت گرفته و برخی نیز معتقدند شلتوک برای اولین بار، در زمان خسرو انوشیروان از هند به ایران آورده شده است. لائوفر نیز رونق کشت برنج را، به بعد از تسلط اعراب در ایران نسبت داده و عقیده دارد در دوره ساسانیان، برنجکاری در ایران وجود نداشته است. پروفسور ام. جی. میسون عقیده دارد، کشت برنج در ایران از اوایل قرن اول میلادی شروع شده است. اگرچه شلتوک در ایران، اوایل قرن اول میلادی کشت می‌شده لیکن گسترش آن در سطح وسیع با احتمال زیاد از قرن ٦ تا ٧ میلادی آغاز گردیده است (۹-۱۰). با بررسی تولید و عملکردکشت برنج کشور و مقایسه آن با مواد مشابه جهان، بیانگر آن است که ۰/٤۱ درصد سطح زیر کشت برنج دنیا را شامل و از این نظر رتبه ۲۲ جهان را در اختیار دارد و از نظر تولید نیز در رتبه هجدهم (۰/۵ درصد کل تولید برنج جهان) و از نظر مصرف برنج نیز، ایران حدود ۲۰/٦ درصد نسبت به جهان بیشتر است (۹-۳۵).

۱-۴) مشخصات گیاه برنج:

برنج از مهم‌ترین غلات است. نیمی از جمعیّت جهان، شامل بیشتر آسیای شرقی به برنج به عنوان یک غذای اصلی وابسته هستند.

شکل (۱-۱) گیاه برنج

۱-۴-۱) رده‌بندی علمی گیاه برنج:

- ***Kingdom: Planate***
- ***Davison: Magnoliophyta***

- ***Class: Liliopsida***
- ***Order: Poales***
- ***Family: Poaceae***
- ***Genus: Oryza***

۱–۴–۲) گیاه‌شناسی برنج:

برنج گیاهی است که دارای ارقام زودرس (طول دورهٔ رشد ۱۳۰ تا ۱٤٥ روز)، متوسط رس (۱۵۰ تا ۱٦۰) و ارقام دیررس (۱۷۰ تا ۱۸۰ روز) می‌باشد. برای شناخت بهتر گیاه برنج، به ذکر قسمت‌های مختلف آن از قبیل ریشه، ساقه، برگ و غیره می پردازیم (۲–۳).

۱–۴–۳) خصوصیات ریشه گیاه برنج:

ریشه برنج سطحی و افشان بوده و حداکثر در عمق ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متری خاک، نفوذ می‌نماید. در این گیاه به غیر از ریشه‌های جنینی، از محل گره‌ها نیز ریشه بوجود می‌آید. هر چقدر رشد برگها بیشتر باشد بر رشد ریشه‌ها هم افزوده شده و در نتیجه می‌توان گفت که با افزایش تعداد پنجه‌ها، تعداد برگها بیشتر شده و در نتیجه رشد ریشه‌ها نیز زیادتر می‌گردد. در زمان باز شدن گلها و به خوشه رفتن برنج، رشد ریشه حداکثر مقدار خود را دارد(۲–۳).

۱–۴–۴) خصوصیات ساقه گیاه برنج:

ساقه برنج بندبند و توخالی بوده و در فواصل مختلف ساقه، جداره‌های سختی قرار دارد که در آن قسمت‌های ساقه توپر می‌باشد و گره نام دارد. فاصله بین دو گره را، میان گره می‌نامند. بین سلول‌های ساقه ، فضایی بین سلولی زیادی وجود دارد که باعث می‌شود قسمتی از اکسیژن مورد نیاز ریشه، از طریق منافذ تأمین شود. برگهای این گیاه، کشیده و دارای رگبرگهای موازی بوده و بدون دمبرگ است و قاعدهٔ برگ، پهن‌تر از سایر نقاط آن می‌باشد. و قسمتی از ساقه گیاه یا تمام محیط آنرا احاطه کرده که آنرا غلاف یا نیام می‌نامند. در قاعده برگ، در طرفین غلاف دو صفحه کوچک یا بزرگ بنام گوشوارک (Stipule) وجود دارد. همچنین در محل اتصال غلاف به ساقه زائده کوچکی بنام زبانک (Liyule) وجود دارد. همچنین تعداد گره‌ها در این گیاه، از ۱۰ تا ۲۰ عدد تغییر می‌یابد. در مقادیر مساوی شاخص سطح برگ (LAI) بوته‌های دارای ساقه بلند، از نور بهتر می‌توانند استفاده نمایند. ارتفاع بوته‌های برنج در ارقام مختلف از ۵۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر و گاهی اوقات تا ۲۰۰ سانتی‌متر تغییر می‌یابد(۲–۳–۸).

۱–۴–۵) خصوصیات برگ گیاه برنج:

برگهای این گیاه متناوب بوده و در دوطرف متقابل ساقه قرار دارند. تعداد برگها در ارقام مختلف برنج متفاوت بوده، در ارقام زودرس ١٤ تا ١٥ برگ، در ارقام متوسط رس، ١٦ تا ١٧ برگ و در ارقام دیررس، تعداد برگها ١٨ تا ١٩ برگ، بر روی هر ساقه می‌باشد. افزایش دمای هوای پیرامونی در زیاد شدن سطح برگ اثر تعیین کننده‌ای داشته و موجب بیشتر شدن تعداد برگها می‌گردد. در مقادیر مساوی شاخص سطح برگ (LAT) بوته‌هایی که برگهای کوچک و زیادتر دارند از بوته‌هایی که برگها بزرگ و اندک دارند، بهترند (۲–۳–۸).

۱–۴–۶) خصوصیات پنجه‌زنی گیاه برنج:

پنجه‌ها به جوانه‌های اولیه گفته می‌شوند که در صورت مساعد بودن شرایط آب و هوایی، تبدیل به ساقه می‌شوند. از مرحله ٤ تا ٥ برگی شدن گیاه، پنجه‌زنی آغاز می‌گردد. پنجه‌ها در مراحل اولیه رشد، برای تأمین مواد غذایی خود از ساقه اصلی استفاده می‌کنند و این عمل تا ظهور حداقل ٣ برگ و ٤ ریشه ادامه می‌یابد. شرایط اقلیمی، بویژه آب و هوا در رشد پنجه‌ها، بسیار مهم و مؤثر می‌باشد. قدرت تولید پنجه در برنج، خیلی زیاد بوده بطوری که هر بوته برنج، معمولاً ٤ تا ٥ پنجه تولید می‌نماید (۲–۸).

۱–۴–۷) خصوصیات ساختمان گل آذین گیاه برنج:

گل آذین در برنج بصورت پانیکول بوده و فرق آن با گل آذین سنبله، در این است که در پانیکول هر سنبلک دارای دم باریک و بلندی می‌باشد و به همین دلیل به آن خوشه سنبل هم گفته می‌شود. پانیکول در ارقام مختلف برنج به شکلی فشرده، باز و یا نیمه باز است. پانیکول برنج در انتهای ساقه وجود داشته و دارای شاخه‌های فرعی با محورهای ثانوی می‌باشد (۲–۳–۸).

۱–۴–۸) ساختمان گُل در برنج:

گل آذین در برنج، بصورت خوشه‌ای بوده و دارای انشعابات فرعی می‌باشد و حاوی سنبلچه‌های تک گلچه‌ای است. برنج برخلاف سایر غلات که ٣ تا ٤ پرچم دارند ، دارای ٦ پرچم است. نافه کوتاه و بساک‌ها بصورت دوخانه‌ای و دارای یک مادگی بوده که حاوی یک تخمدان می‌باشد. کلاله دو شاخه و پردار است. مادگی دارای تخمدان یک برچه‌ای، می‌باشد. در اطراف هر گل، دو برگ بنام پوشینه

(Glumelle)، وجود دارد که یکی لما (Lema) و دیگر پالئا (Palea) نامیده می‌شود. همچنین در انتهای هر سنبله، دو برگک بنام پوشه (Glume) وجود دارد (۲-۳-۸).

۱-۴-۹) گرده افشانی و لقاح در برنج:

برنج گیاهی است خودگشن، و بین صفر تا ۳ درصد دگرگشنی دارد. گرده افشانی تقریباً هم زمان با باز شدن گلها در شرایط طبیعی، روی می‌دهد. دمای مطلوب برای گرده افشانی در حدود ۳۱ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد است. در دمای پایین‌تر از ۱۰ تا ۱۳ درجه سانتی‌گراد و همچنین بالاتر از ٦۰ درجه سانتی‌گراد، گرده‌افشانی متوقف می‌گردد. خشکی و دمای پایین می‌تواند، روی گرده‌افشانی اثر منفی داشته باشد. حداقل دما برای انجام عمل لقاح، ۱۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. زمان باز شدن گلها ۸ صبح الی ۲ بعدازظهر بوده و گلهای گل آذین در بین یک دورهٔ ۷ تا ۱۰ روزه باز می‌شوند و اکثر آنها ۲ تا ٤ روز پس از خروج گل آذین از غلاف برگ، این کار را انجام می‌دهند (۲-۳).

۱-۴-۱۰) گونه های جهانی برنج:

- انواع جاوه ایی
- انواع ژاپنی
- انواع هندی

۱-۴-۱۱) انواع ایرانی برنج:

از تیپ‌های ایران می‌توان به گرده، دابو، طارم، چرام۱، چرام ۲، صدری (شامل انواع دم سیاه، دم زرد و دم سرخ، بینام، علی کاظمی، چمپا و...) اشاره کرد از تیپهای اصلاح نژاد شده و پرمحصول می‌توان از سفیدرود و خزر نام برد (۲-۸).

۱-۴-۱۲) ویژگی‌های انواع بومی برنج:

انواع بومی متعدد برنج نسبت به هر یک از گونه‌های بومی ژاپنی، جاوه ای و هندی تمایز بیش‌تری یافته‌اند. عوامل هم القاءکنندگی، تمایزیابی گونه‌های بومی بایستی وابسته به عوامل محیطی زیستگاه-های گیاهی‌شان باشد. تفاوت حساسیت نوری و حرارتی در گل‌دهی، مقاومت به کم‌آبی در رشد،

مقاومت به مقدار زیاد کود و نمک‌های محیط کشت، مقاومت به تحمل غرقابی، مقاومت به درجه حرارت بالا و پایین و غیره در گونه‌های بومی مشخص شده‌اند. به علاوه ویژگی ریخت‌شناختی، ابعاد و اندازه دانه، به عنوان یک شاخص موثق اولیه گونه‌های بومی، در نظر گرفته می‌شوند. تمایزات چنین ویژگی‌هایی را، در میان شش نوع بومی ذکر شده می‌توان شناخت. اگر چه این شاخص، همیشه برای طبقه‌بندی سه گونه بومی کافی نیست (۸-۳-۲).

۱-۴-۱۳) انواع اقلام برنج:

اقلام برنج را براساس شکل ظاهری به صورت‌های زیر تقسیم‌بندی می‌کنند:

۱- برنج دانه بلند

۲- برنج دانه متوسط

۳- برنج دانه کوتاه

و از نظر کمیت، برنج را به دسته‌های پر محصول و معمولی و از نظر کیفیت نیز آن را به دسته‌های مرغوب وخوش پخت و خوشبو تقسیم می‌کنند. طبق آخرین آمار، مصرف سرانه برنج در ایران به طور میانگین برای هر فرد ۳۹ کیلوگرم و در جهان ٦٤ کیلوگرم می‌باشد (۹-۱۰).

۱-۴-۱۴) شرایط مناسب برای کشت برنج:

(۱)دما:

میانگین دمای مورد نیاز برنج هنگام رشد، باید بین ۲۰ تا ۳۷ درجه سانتیگراد باشد. پایین بودن دما در اوایل فصل زراعی یا آبیاری مزرعه با آب سرد، سبب می‌شود که زمان رسیدن دانه‌ها به تأخیر افتد. بالا بودن دما، هم موجب کاهش تعداد سنبلچه‌های بارور و هم زنگ دانه می‌شود (۲-۳-۸-۹).

(۲) نور:

نور هم یکی از عوامل مؤثر، در رشد گیاه است. شدت نور در اوایل فصل زراعی، شاید عامل محدود کننده‌ای برای رشد برنج به حساب آید. اما با نزدیک شدن به پایان فصل زراعی، بویژه موقع تشکیل خوشه، رقابت برای جذب نور بین بوته‌ها، افزایش می‌یابد (۲-۸).

(۳) رطوبت:

مناسب‌ترین میزان رطوبت برای گلدهی گیاه برنج، ۷۰ تا ۸۰ درصد است. رطوبت کمتر از ٤۰ درصد، عامل بازدارنده‌ای برای گلدهی گیاه به شمار می‌رود. وزش باد و ریزش باران و تگرگ، در زمان

گلدهی زیانبار است. همچنین بارندگی موقع برداشت محصول هم، عملیات مربوط به خشک شدن محصول را به تأخیر می‌اندازد. برنج، کلاً گیاه آب دوستی به شمار می‌رود ولی آبزی نیست. چون ریشه گیاهان آبزی، قادر نیست که تارهای کشنده و ریشه‌های فرعی تولید کند. در حالی که ریشه برنج هم تار کشنده و هم ریشه فرعی دارد (۲-۳-۸).

(۴) آب:

آب مورد نیاز برنج، از سایر غلات بیشتر است. هشتاد درصد آب مورد نیاز محصول برنج تولید شده در جهان بویژه در نقاط استوایی، از آب باران تأمین می‌گردد. ۲۰ درصد باقی‌مانده را از آب رودخانه و آب چاه تأمین می‌نمایند. نتایج بدست آمده نشان داده که اگر دمای آب کمتر از ۱۹ درجه سانتیگراد باشد زمان رسیدن دانه به تأخیر می‌افتد. اگر هم از ۳۰ درجه بیشتر باشد گسترش ریشه و میزان عملکرد گیاه برنج به دلیل محدود بودن اکسیژن موجود در آب، کم می‌شود و بازدهی گیاه کاهش می‌یابد (۲-۳-۸).

(۵) خاک:

برنج در خاکهای مختلف، از فقیر تا غنی که تنها آب مورد نیاز گیاه تأمین باشد به عمل می‌آید. البتّه مقدار آب مصرفی در خاکهای سبک، بیش از خاکهای سنگین است. مناسب‌ترین خاک برای کشت برنج، خاک رسی با لایه غیرقابل نفوذ در عمق ۵۰ تا ۱۵۰ سانتیمتری و همراه با مقدار زیادی مواد آلی است. برنج اصولاً نسبت به شوری خاک و شوری آب مقاوم است. در صورتی که آب کافی برای شستشوی نمک خاک وجود داشته باشد می‌توان از برنج برای اصلاح خاکهای شور استفاده نمود (۲-۳-۸).

۱-۴-۱۵) ارزش غذایی برنج:

شکل (۱-۲) برنج

برنج از غلات بسیار مغذی و پُر مصرف‌ترین غذای نزدیک به دو سوم جمعیت جهان محسوب می‌شود. ویژگی‌های خاص برنج، آن را به یک ماده‌ی غذایی پُر مصرف تبدیل کرده است. هضم این ماده بسیار آسان است. ارزش غذایی برنج ناشی از کربوهیدرات‌ها، فیبر رژیمی، پروتئین و چربی است که از مهم‌ترین ترکیبات تشکیل دهنده برنج است.

کربوهیدرات: کربوهیدرات‌ها، بخش مهمی از رژیم غذایی فرد را تشکیل می‌دهند. بیشترین مقدار انرژی بدن از این منبع غذایی تأمین می‌شود. حداقل نیمی از کالری مصرفی، باید از کربوهیدرات‌های پیچیده مانند برنج تأمین گردد. برنج غذایی از دسته کربوهیدرات‌های پیچیده است که نسبت به غذاهای کربوهیدراتی ساده، حاوی ویتامین‌ها، مواد معدنی و فیبر بیشتری می‌باشد. برنج دارای کربوهیدرات‌های زیادی است (۳۲/۳-۲۵/۵ گرم کربوهیدرات در هر ۱۰۰ گرم برنج پخته). در واقع ۹۰ درصد کالری برنج، ناشی از کربوهیدرات‌های آن است و در هرم غذایی، جزء گروه نان و غلات محسوب می‌شود (۹-۱۶).

فیبر رژیمی: تحقیقات نشان داده‌اند که مصرف حداقل ۲۵ گرم فیبر در روز، خطر ابتلای به بیماری‌های مزمن را کاهش می‌دهد. غذاهای غنی از فیبر، به بهبود عملکرد روده‌ها کمک کرده و درصد ابتلا به بیماری‌های روده‌ای را کاهش می‌دهد یک دوم فنجان برنج سفید، حاوی ۰/۳ گرم فیبر رژیمی است در حالی که همین مقدار از برنج قهوه‌ای، حاوی ۱/۸ گرم فیبر رژیمی می‌باشد (۹-۱۶).

پروتئین: پروتئین‌های موجود در رژیم غذایی، اسیدهای آمینه لازم را برای ساخت و نگهداری بافت‌ها، آنزیم‌ها و برخی هورمون‌های بدن فراهم می‌آورند. بسیاری از عوامل تنظیم‌کننده‌ی فرآیندهای بدن، پروتئینی هستند. ضمناً این ترکیبات می‌توانند به عنوان منبع انرژی عمل کنند (۲-۹). اگرچه برنج، منبع غنی از پروتئین به شمار نمی‌رود (۲/۵-۲ میلی‌گرم پروتئین در هر فنجان برنج پخته) ولی کیفیت پروتئینی آن از سایر غلات بالاتر می‌باشد. ارزش بیولوژیکی، معیاری برای سنجش کیفیت است و بیان می‌کند که چه مقدار از نیتروژن موجود در پروتئین خورده شده، در بدن حفظ می‌شود. ارزش بیولوژیکی پروتئین برنج، ۸۶ است. برای مثال، ارزش بیولوژیک پروتئین فیله‌ی ماهی ۹۰-۷۵ و پروتئین ذرت ۴۰ می‌باشد. پروتئین‌های که ارزش بیولوژیکی بالای ۷۰ دارند. به عنوان پروتئین‌هایی با کیفیت قابل قبول، در نظر گرفته می‌شوند (۲-۳-۹). کامل‌ترین پروتئین غذایی با چنین استانداردی (ارزش بیولوژیکی برابر ۱۰۰) پروتئین تخم مرغ می‌باشد که به عنوان پروتئین مرجع توسط FAO (سازمان جهانی خواربار و کشاورزی) در نظر گرفته شده است (۹-۱۶-۸۳).

چربی: برنج حاوی مقدار بسیار ناچیزی چربی می‌باشد (۰/۲ گرم چربی در یک دوم فنجان برنج

سفید پخته شده). بدن انسان قادر است تمام اسیدهای چرب (واحد تشکیل دهنده چربی) مورد نیاز خود، به جز لینولئیک را بسازد. این اسید چرب (اسید لینولئیک) حدود ۳۰ درصد از کل اسیدهای چرب موجود در برنج را شامل می‌شود. برنج فاقد کلسترول است (کلسترول خاص چربی حیوانی است) و با توجه به درصد پایین چربی، یک غذای فوق العاده در تمام رژیم‌های غذایی محسوب می-گردد (۹-۱۶-۸۳).

۱-۴-۱۶) نقش بذر، کود، زمین در تولید برنج:

الف) نقش بذر برنج در تولید برنج: نقش بذر، بسیار حائز اهمیت است به طوری که وقتی کیفیت بذر برنج پایین باشد گیاهچه‌ها اساس و بنیه ضعیف دارند رشد مناسب و طبیعی ندارند. اختلاف ارتفاع و زمان رسیدن بین بوته‌ها به وجود می‌آید. بوته‌های برنج مستعد برای حمله آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز می‌شوند (۹-۱۰). کیفیت خوب بذر موجب افزایش عملکرد برنج می‌شود . بذر انتخاب شده برای کشت، باید قدرت جوانه‌زنی بالا داشته باشد بذر باید عاری از حشره، بیماری و علف هرز باشد. مشکل کیفیت پایین بذرهای برنج را بیشتر کشاورزانی دارند که توجهی به نگهداری بذر انبار و بوجاری و تمیز کردن بذر نمی‌کنند و یا بذر را از یک محل مطمئن خرید نمی‌کنند (۹-۲۹).

ب) نقش کود در تولید برنج : ۵ نوع کود ازت ، فسفر، پتاسیم ، گوگرد و سلیسیم در تولید باروری برنج نقش دارند که به اختصار در زیر توضیح می‌دهیم:

-**ازت:** یکی از عناصر اصلی و پر نیاز گیاه برنج بوده که در تشکیل پروتئین پروتوپلاسمی، لازم برای افزایش ساقه، پنجه و مساحت برگ و همچنین افزایش فتوسنتز در واحد سطح برگ نقش اساسی دارد. در اثر کمبود ازت گیاه کوچک، برگ‌های آن زرد بی‌رنگ و پنجه‌زنی کاهش یافته و مزرعه به حالت تنک درمی‌آید (۹-۳۵).

-فسفر: یکی از عناصر اصلی و مهم مورد نیاز گیاه برنج است که علائم کمبود آن در گیاه، نازکی، تیرگی برگ، کوتاه شدن طول گیاه، کاهش تعداد پنجه، تأثیر در باروری و رسیدن دانه و ایجاد ماده رنگی آنتوسیانین (بنفش رنگ) در قسمت پایین گیاه می‌باشد (۹-۳۵).

-پتاسیم: در برنج نقش عمده‌ای در فعال کردن آنزیم‌های متعدد مؤثر، در رشد و افزایش مقاومت گیاه در مقابل تنش‌های محیطی، به خصوص سرما دارد. پتاسیم یکی از عناصر اصلی مهم، برای تولید محصول برنج بوده و جذب بیشتر آن نسبت به دیگر عناصر به صورت لکه‌های قهوه‌ای مایل به قرمز

در برگ‌های پایین و سیاه شدن و پوسیدگی درصد بالایی از ریشه‌ها ، بروز می‌کند (۹-۳۵) .

-گوگرد: این عنصر نیز یکی از عناصر پر نیاز گیاه برنج بوده ، که نیاز برنج به آن تقریباً به اندازه فسفر می‌باشد . علائم کمبود گوگرد شبیه کمبود ازت بوده ، و با کم شدن گوگرد ، فتوسنتز کاهش یافته رنگ برگ به صورت سبز روشن و زرد درآمده و بر خلاف کمبود ازت، کمبود گوگرد آن در برگ‌های جوان نمایان می‌گردد. مصرف گوگرد در اکثر موارد افزایش پنجه‌زنی، تیره شدن رنگ برگ، کاهش پوکی دانه، افزایش وزن هزار دانه و افزایش پروتئین دانه را به همراه داشته است (۹-۳۵).

-سیلیسیم: برای بعضی از گیاهان عنصر نسبتاً ضروری، ولی برای برنج یکی از عناصر اساسی و مهم و پر نیاز بوده که به مقدار ۱۰٪ تا ۲۰٪ در ماده خشک ساقه و برگ برنج یافت می‌شود. در اثر کمبود سیلیسیم، گیاه برنج به انواع بیماری‌ها حساس گشته و دانه برنج دارای لکه‌های قهوه‌ای می‌شود هرچه نسبت SiO_2 به N گیاه برنج بیشتر باشد، گیاه سالم‌تر خواهد بود (۹-۳۵).

ب) نقش خاک بر تولید: اولین نقش خاک در تولید برنج این است که توانایی نگهداری آب را داشته باشد و زهکشی آن ضعیف باشد و نقش‌های دیگر مهم خاک عبارتند از: نداشتن نمک زیاد، توانایی پذیرش کودها و عناصر، غنی بودن از نیتروژن و غیره (۹-۳۵).

۱-۴-۱۷) کیفیت برنج در بازار جهانی:

برنج برای بسیاری از مردم جهان ، غذای اصلی محسوب می‌گردد. آن کیفیتی از برنج که مردم یک کشور متقاضی آن می‌باشند ممکن است برای کشوری دیگر، غیرقابل مصرف و غیرمقبول باشد. قیمتی بالاتر برای یک رقم با کیفیت خاص در نقطه‌ای از جهان ممکن است با تنزل قیمت اساسی آن در بازاری در نقطه‌ای دیگر از جهان باشد. مصرف کنندگان آلمانی برنجهایی با پخت آسان را می‌پسندند و مشخصاتی همچون طول دانه، درصد تبدیل، طعم و خواص کیفی برنج که مورد نظر مصرف کنندگان آسیایی است برای آنها اهمیت چندانی ندارد (۹-۱۹). تصور مصرف کنندگان امریکایی از برنج خوب، برنجی است با درصد خرد کم (کمتر از ٤ درصد) که پس از پخت دانه‌های آن به هم نمی‌چسبد و ایتالیایی‌ها و ژاپنی‌ها برنجهای دانه گچی، کوتاه قد، نرم و چسبنده پس از پخت را، ترجیح می‌دهند. مصرف کنندگان هندی و پاکستانی مانند مردم آسیای میانه ، ارقامی با عطر قوی را پسندیده و معتقدند که برنج بدون عطر خوب و کافی، مانند غذای بدون نمک می‌باشد. حال آنکه مصرف کنندگان اروپایی، برنجهای دانه بلند و بدون عطر را ترجیح داده و حاضرند برنج نخورند تا آنکه انواع معطر برنج را مصرف نمایند. در حالیکه آمریکایی‌ها نصف قیمت برای برنجهای سفید با

خطوط قرمز را پرداخت می‌نمایند. بسیاری از مصرف کنندگان افریقایی بهترین قیمت را برای برنج-هایی با ظاهر قرمزرنگ پرداخت می‌نمایند. مهمترین خاصیت فیزیکی برنج، نسبت دو جزء نشاسته بنام آمیلوز و آمیلوپکتین آن می‌باشد. نرمی یا سفتی برنج پس از پخت ، مربوط به میزان آمیلوز آن است که اگر ۲۵-۱۵ درصد باشد نرم و خوش خوراک بوده، اگر کمتر از ۱۵ درصد باشد، برنج دارای نرمی زیاد و چسبنده و اگر بیشتر از ۲۵ درصد باشد، پس از پخت سفت می‌گردد. عامل دیگر کیفیت پخت، درجه قوام یا ژل و درجه حرارت ژلاتینی شدن برنج می‌باشد (۱۹-۳۱).

۱-۴-۱۸) انبارداری برنج:

اصولاً نگهداری برنج در انبار چه بصورت شالی یا برنج سفید، به دلیل اینکه همانند موجود زنده تنفس می‌نماید، نیاز به تهویه مناسب و شرایط مطلوب انبار دارد. مواردی که جهت انبارداری برنج در ذیل می‌آید، اکثراً مربوط به انبارهای بزرگ نگهداری برنج یا شالی است و برخی از این موارد در انبارهای خانگی نیز صدق می‌نماید.

- قبل از انتقال شالی یا برنج به انبار، تمیز کردن دقیق و ضدعفونی آن بر علیه تخم و سایر حالت‌های سیکل زندگی آفات انباری و عوامل بیماری‌زا و سایر عوامل نامساعد ضرورت دارد (۳-۵۸) .

- کف انبار برنج باید حتی الامکان حدود ۵۰-۴۰ سانتی متر از زمین بالاتر و یا فاصله داشته باشد و یا از صفحه‌های چوبی یا پالت استفاده گردد که برنج انبار شده تحت تأثیر رطوبت کف انبار قرار نگرفته و امکان تهویه وجود داشته باشد. فضای فوقانی مجموعه انبار شده تا سقف انبار خالی باشد (۳-۲۲).

- رعایت فاصله کافی کیسه‌های برنج، با دیواره انبار و همچنین بین ردیف‌ها جهت عبور و مرور و تهویه ضروری است.

- ایجاد سیستم تهویه مناسب در مبادی ورودی و خروجی انبار برنج، به منظور کنترل نسبی درجه حرارت و خشک نگه داشتن محیط و فضای داخل انبار تعیین کننده می‌باشد (۳-۵۸).

- کنترل رطوبت بیش از حد انبار، که باعث رشد و نمو اسپورهای قارچ و در نهایت آلودگی محموله می‌گردد، ضرورت دارد.

- بازدید و کنترل انبار به منظور تنظیم رطوبت، حرارت و آگاهی از وجود یا عدم وجود آفات انباری بطور منظم و مکرر ضروری می‌باشد.

- در صورت تعبیه و نصب تهویه برای انبار لازم است این دریچه‌ها مجهز به نرده و توری گردد تا از تردد پرندگان، جوندگان و سایر عوامل خسارت‌زا جلوگیری نموده و از آلوگی انبار ممانعت گردد.
- حجم برنج یا شالی ذخیره شده متناسب با فضای داخل انبار باشد (۳-۲۲).
- مدت نگهداری برنج در مناطق معتدل در صورتیکه رطوبت دانه ١٤ درصد باشد حدود ٢٤-١٨ ماه می‌باشد.
- نگهداری برنج در مناطق مرطوب، اگر رطوبت دانه ١٤ درصد باشد، به مدت ۱۸-۱۲ ماه امکان‌پذیر است (٤-۲۲).

۱-۵) آلودگی:

هر گونه تغییردرخصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب، هوا، خاک و مواد غذایی که بر سلامت محیط زیست و فعالیت‌های انسان و سایر جانداران اثر نامطلوب داشته باشد، آلودگی نامیده می‌شود. به طور کلی ماده آلاینده، ماده‌ای است که دارای غلظتی بیش از حد طبیعی باشد به طوری که روی موجودات زنده اثر نامطلوب داشته باشد و یا در جایی واقع شود که به طور معمول نباید در آنجا قرار بگیرد.

۱-۵-۱) انواع آلاینده‌ها:

۱-۵-۱-۱) آلاینده‌های آلی:

این آلاینده‌ها در ترکیب خود، حداقل دارای یک اتم کربن هستند. برخی مانند متان، حالت گازی داشته و یک اتم کربن دارند. برخی مانند بنزوپیرن، در ساختمان خود بیش از ۲۰ اتم کربن دارند. از مهمترین آلاینده‌ها آلی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود (۱-۳۸).

- هیدروکربن‌های آروماتیک پلی‌کلرین
- بی‌فنیل‌های پلی‌کلرینه
- هیدروکربن‌های سوختی (قابل اشتعال)
- حلال‌های آلی کلره مانند تری کلرواتیلن
- ترکیبات آروماتیک کلره
- آفت‌کش‌ها

۱–۵–۱–۲) آلاینده های غیرآلی:

این آلاینده‌ها شامل فلزات سنگین و عناصر رادیواکتیو می‌باشند.

۱–۶) فلزات سنگین:

در تقسیم‌بندی شیمیایی ، عناصر فلزی به سه گروه تقسیم می‌شوند:

فلزات: دسته‌ای از عناصرشیمیایی هستند که جامد و براق بوده و هادی خوب گرما و الکتریسیته هستند. این تعریف شامل همه فلزات نمی‌شوند. مثلاً جیوه یک فلز مایع است.

شبه فلزات: دسته‌ای از عناصر شیمیایی هستند که دارای ویژگی حد واسط فلزات و غیرفلزات می‌باشند مثل ژرمانیم و تالیم.

فلزات سنگین: عناصری هستند که دارای وزن اتمی **٥٤/٦٣ تا ٥٩/٢** گرم بر مول بوده و وزن مخصوص آنها بیشتر از ٤ گرم بر سانتیمتر مکعب می‌باشد. اغلب به علت این که غلظت فلزات سنگین کمتر از یک درصد است آنها را جزء عناصرکمیاب طبقه‌بندی می‌کنند.

به علت پیچیدگی در تعریف شیمیایی، فلزات براساس رفتار و اثرات در فرآیندهای بیولوژیکی به سه دسته تقسیم شده‌اند:

- فلزات غیرسمی با اثرات بیولوژیکی ناشناخته که شامل سزیوم، استرانسیم، روبیدیم و تیتانیوم می‌باشند. این فلزات توسط گیاهان و جانوران جذب شده و گاهی در سلول‌ها تجمع می‌یابند .
- فلزات سمی که عملکرد بیولوژیکی ناشناخته‌ای دارند و شامل نقره، کادمیوم، طلا، قلع، جیوه، تیتانیوم، سرب، آلومینیوم و شبه فلزهایی مثل آرسنیک، ژرمانیوم، آنتیموان و سلنیوم می‌باشند.
- فلزاتی که دارای عملکرد بیولوژیکی شناخته شده‌اند و به طور متداول مورد استفاده موجودات زنده قرار می‌گیرند و شامل سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، منگنز، آهن، مس و روی می‌شوند(۱–۳۲–۳۸).

۱–۶–۱) منابع فلزات سنگین:

این عناصر از دو راه کلی زیر به خاک وارد می‌شوند:

۱) هوادیدگی سنگ‌های معدنی

۲) فعالیت‌های انسانی

منابع آلاینده ناشی از فعالیت‌های انسان شامل موارد زیر است:

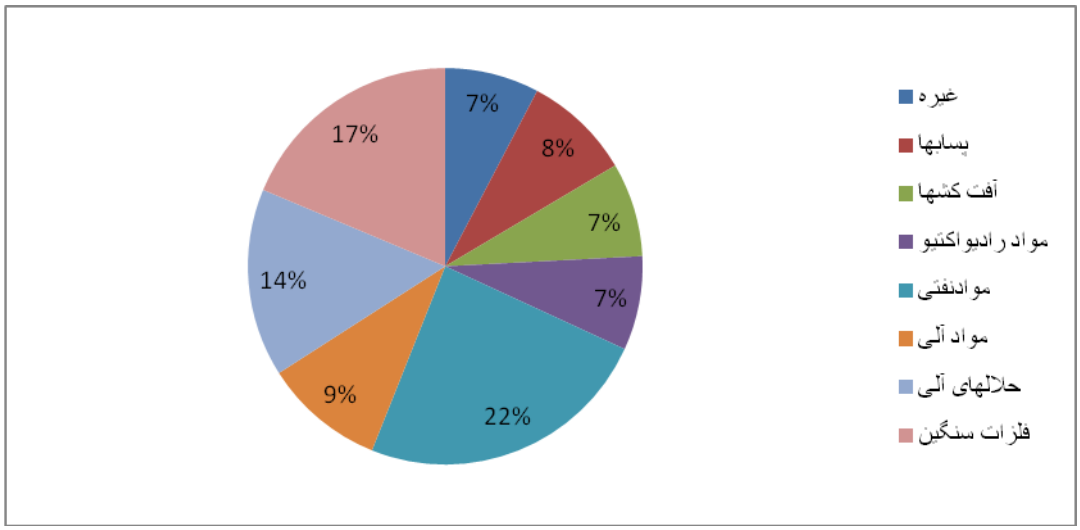
۱) ذوب و استخراج فلزات

۲) فعالیت‌های صنعتی

۳) رسوبات اتمسفری

٤) فاضلاب‌ها

٥) فعالیت‌های کشاورزی مثل استفاده از آفت‌کش‌های حاوی فلزات سنگین، کود و مواد به-سازی خاک و حشره‌کش‌ها .



شکل (۱-۳)انواع آلاینده‌های محیط زیست (EPA, 2000)

امروزه در اکثر کشورهای صنعتی برای غلظت عناصر سنگین حد مجاز تعیین شده است. غلظت مجاز این عناصر در کشورهای مختلف یکسان نبوده، دامنه تغییرات بین حداقل و حداکثر غلظت گاهی به ۱۰۰ برابر هم می‌رسد (۱-۳۸).

جدول (۱-۱)غلظت مجاز و دامنه غلظت چند فلز سنگین در خاک

فلز	دامنه غلظت *mg/kg*	غلظت مجاز *mg/kg*
کادمیوم	۰/۱-۳٤٥	۱۰۰
سرب	۱-٦۹۰۰۰	٦۰۰
روی	۱٥۰-٥۰۰	۱٥۰۰

عناصر سنگین در رفتار بیوشیمیایی خود، معمولاً از عناصر ضروری تقلید می‌کنند. مثلاً نیکل از کبالت، کادمیوم از روی، سرب از کلسیم و سلنیم از گوگرد تقلید می‌کنند (۱-۳۸).

۱-۶-۲) عوارض سمیت فلزات سنگین در انسان :

فلزات سنگین موجب تشکیل رادیکال‌های آزاد و در نتیجه تنش اکسایشی می‌شوند. همچنین باعث جایگزینی با فلزات ضروری در آنزیم‌ها و محیطی برای رشد گیاه می‌شوند. از جمله عوارض این فلزات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد :

- ناراحتی‌های گوارشی، شکنندگی ناخن‌ها، ریزش مو و مشکلات عصبی.
- سرطان‌زایی و مشکلات استخوان‌ها و مفاصل.
- مشکلات ریه و آسم، بی‌اشتهایی و تنگی نفس.
- مشکلات پوستی و تحریک پذیری و مشکلات گیجی و فراموشی (۱).

۱-۷) کادمیوم :

کادمیوم با مقدار معلوم ۰/٦۰ تا ۱/۱ میلی‌گرم در یک گرم خاک، به عنوان متحرک‌ترین عنصر سنگین در خاک محسوب می‌شود و برای بیشتر موجودات زنده، سمی بوده و میزان آن ۲۰-۲ بار بیشتر از سایر فلزات سنگین دیگر است. کادمیوم بیشتر از عناصر واسطه دیگر، محلول بوده و در خاک به صورت محلول، به فرم کاتیون دو ظرفیتی باقی می‌ماند و پنجمین فلزی سمی برای مهره‌داران و چهارمین فلز برای گیاهان آوندی است (۱-۲٦).

۱-۷-۱) خصوصیات شیمیایی کادمیوم:

کادمیوم در سال ۱۸۱۷ توسط *Stromeyer* هنگام کار بر روی کربنات روی، کشف شد. منشأ آن از کلمه یونانی کادمیا از سنگ معدن روی به نام کالامین گرفته شده است. کادمیوم یک فلز نرم، جلادار و به رنگ سفید مایل به نقره‌ای است. کادمیوم از لحاظ فراوانی شصت و هفتمین عنصر بوده و در همه ترکیبات وضعیت اکسیداسیون آن ۲+ با پتانسیل الکتروشیمیایی طبیعی ۰/٤- نسبت به الکترود هیدروژن و نسبتاً بی‌اثرتر از روی است. کادمیوم در محلول‌های بازی نامحلول بوده و در اسیدکلریدریک و اسید سولفوریک حلالیت کمی داشته و در اسیدنیتریک نسبتاً محلول است. برخی از ترکیبات کادمیوم، رنگی (قهوه‌ای، قرمز، زرد) و برخی فاقد رنگ هستند (۲٦-۳۸).

جدول(۱-۲) برخی از خصوصیات کادمیوم

عدد اتمی	جرم اتمی	نقطه ذوب	سختی	نرمی در ۲۰C^{o}	نقطه جوش	رنگ	علامت اختصاری
٤٨	۱۱۲/٤۱	۳۲۰/۹° C	نرم	۸/٦٥	۷٦٥° C	آبی	cd

۱-۷-۲) منابع کادمیوم:

غلظت متوسط کادمیوم در پوسته زمین حدود ۰/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد که معمولاً همراه با مواد معدنی دارای فسفر و روی، دیده می‌شود. مقدار متوسط کادمیوم ۰/٤ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد و در خاک‌های غیرآلوده مقدار آن ۰/۰٦ **تا** ۱/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم است. در خاک‌های آلوده ، مقدار کادمیوم فراتر از ۱٦۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بوده و در خاک‌های اطراف کارخانجات ذوب فلزات، از این مقدار هم بیشتر است. در خاک‌های کشاورزی مقدار کادمیوم کمتر از یک میلی‌گرم در کیلوگرم بوده و مقادیر بیشتر از این، در خاک‌های کشاورزی که استفاده طولانی مدت از کودهای فسفری و لجن فاضلاب داشته‌اند مشاهده می‌شوند. کودهای فسفری یکی از منابع مهم آلودگی خاک‌های زراعی با کادمیوم محسوب می‌شوند. کادمیوم بیشتر در مقادیر کم همراه با سنگ معدن روی (اسفالریت ZnS) است که دارای ۷/۷ درصد کادمیوم می‌باشد و به صورت پوشش سولفوره بر روی آسفالریت یافت می‌شود. کانی گرینوکیت (CdS) منبع دیگر کادمیوم است. همچنین این عنصر به عنوان محصول فرعی، طی فرآیند تصفیه سنگ معدن‌های روی، سرب و مس به دست می‌آید. آمریکا بزرگترین تولید کننده کادمیوم بوده و بعد از آن کشور، آفریقای جنوبی، مکزیک، کانادا و استرالیا تولید کننده‌های عمده کادمیوم و روی هستند. از مهم‌ترین منابع کادمیوم می‌توان به کودهای فسفری (مقدار متوسط کادمیوم در کود ۷mg/kg) لجن فاضلاب‌ها، استخراج معادن و ذوب سنگ معدن‌های سولفیدی دارای کادمیوم اشاره نمود. کادمیوم معمولاً با کانی‌های روی یافت شده و کانی‌های خالص کادمیوم بسیار نادرند (۲۸-۳۸).

۱–۷–۳) توزیع کادمیوم در محیط زیست، زنجیره غذایی و موجودات زنده:

۱–۷–۳–۱) توزیع کادمیوم در محیط زیست:

با توسعه فعالیت‌های صنعتی پس از جنگ جهانی دوم ورود کادمیوم به محیط زیست به شکل گرد و غبار اتمسفری، محلول در آب رودخانه‌ها و جامد از منابع فاضلاب، مواد زائد، خاکستر، سوخت ذغال سنگ، کودهای فسفری و لجن فاضلاب‌ها افزایش یافت. از سال ۱۹۳۵ افزایش کادمیوم باعث توزیع مجدد آن به صورت منطقه‌ای و جهانی شد (۲۸–۳٤).

جدول(۱–۳) میزان ورود کادمیوم به خاک کشاورزی از راههای ورودی

منابع مختلف	میزان ورود 10^6 *kg/yr*	درصد کل
ضایعات کشاورزی و فضولات حیوانی	۰/۲۳–٤/۵	۱۱/۷
ضایعات چوبی و باتلاقی	۰/۲–۲/۲	۸/۵
فاضلاب‌ها و لجن شهری	۰/۷–۷/۸	۵/۲۰
گرد و غبار	۱/۵–۱۳	۲/۳٤
رسوبات اتمسفری	۲/۲–۸/٤	۱/۲۲
سایر منابع	۰/۷۷–۲/۱۵	٤/۵
کل کادمیوم ورودی به خاک	۵/٦–۳/۸	۲۳/٤٦

۱–۷–۳–۲) توزیع کادمیوم در اتمسفر:

انتشار کادمیوم در اتمسفر ناشی از منابع تولید آهن، سوخت‌های فسیلی و خاکستر شدن مواد زائد و تولید سایر فلزات مثل کادمیوم می‌باشد. کادمیوم موجود در اتمسفر می‌تواند به صورت رسوبات اتمسفری به خاک اضافه شود و غلظت کادمیوم خاک را افزایش دهد (۳٤–۳۸).

۱–۷–۳–۳) توزیع کادمیوم در آب: