فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه..... ۱
فصل اول(کلیات)..... ۴
۱-۱-۱ فلزات سنگین..... ۴
۱-۱-۲ اهمیت کادمیم..... ۵
۱-۱-۲-۱ موارد عمده نگرانی در رابطه با عنصر کادمیم..... ۷
۱-۱-۲-۲ اثرات سوء کادمیم در محصولات کشاورزی ۷
۱-۱-۲-۳ عوامل مؤثر در جذب کادمیم توسط گیاه ۸
۱-۱-۲-۴- روشهای کاهش تجمع کادمیم درمحصولات کشاورزی..... ۹
۱-۱-۳- گندم و اهمیت آن ۱۰
۱-۱-۴- کود..... ۱۱
۱-۱-۴-۱ آثار مثبت کود..... ۱۲
۱-۱-۴-۲ مشکلات زیست محیطی در اثر مصرف بی رویه کودهای فسفاته..... ۱۳
۱-۱-۵- روشهای کنترل آلودگی یا کاهش اثرات فلزات سنگین ۱۴
۱-۱-۶- اهداف و فرضیه ها ۱۵
۱-۱-۶-۱- اهداف..... ۱۵
۱-۱-۶-۲- فرضیه ها ۱۵

فصل دوم : بررسی منابع

۲- مروری بر مطالعات انجام شده..... ۱۶
۲-۱- مروری بر مطالعات انجام شده در داخل کشور..... ۱۷
۲-۲ مروری بر مطالعات انجام شده در خارج از کشور..... ۲۲

فصل سوم : مواد و روشها

۳-۱ - مشخصات منطقه مورد مطالعه..... ۲۸
۳-۲- خصوصیات خاک منطقه ۲۹
۳-۲-۱- تعیین بافت خاک ۳۰

۳-۲-۲- تعیین هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک ۳۰
۳-۲-۳- اندازه گیری مواد آلی خاک ۳۱
۳-۳- تعیین غلظت کل کادمیم در خاک ۳۳
۳-۴- تعیین غلظت فلز کادمیم دربافت گیاه ۳۳
۳-۵- روش تعیین غلظت فلز سنگین در کودها ۳۴
۳-۶- روش تعیین غلظت فلزسنگین آب ۳۴
۳-۷- پردازش اطلاعات ۳۵

فصل چهارم : نتایج ، بحث و نتیجه‌گیری

۴ نتایج و بحث..... ۳۶
۴-۱ غلظت کادمیم درمنابع آب کشاورزی منطقه مورد مطالعه..... ۳۷
۴-۲ غلظت کادمیم درکودهای مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه..... ۳۷
۴-۳ غلظت کادمیم کل خاک مزارع گندم منطقه مورد مطالعه..... ۴۰
۴-۴ غلظت کادمیم در گیاه گندم مزارع منطقه مورد مطالعه..... ۴۲
۴-۵ تاثیر مدت زمان استفاده از کودهای شیمیایی بر میزان کادمیم در مزارع منطقه مورد مطالعه ۴۴
۴-۶ تاثیر روش آبیاری بر میزان کادمیم درمزارع منطقه مورد مطالعه..... ۴۶
۴-۷ تاثیر وجود/عدم وجود آیش برمیزان کادمیم در مزارع منطقه مورد مطالعه..... ۴۸
۴-۸ نتیجه‌گیری..... ۴۹
۴-۹ پیشنهادات..... ۵۰
فهرست منابع و مآخذ..... ۵۱

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول۳-۱- برخی خصوصیات خاک منطقه مورد مطالعه ۳۲
جدول۳-۲- بافت خاک منطقه مورد مطالعه ۳۲
جدول۴-۱ ویژگی آب مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه ۳۷
جدول۴-۲ میانگین غلظت کادمیم در سه کود پرمصرف منطقه مورد مطالعه ۳۸
جدول۴-۳ مقدار احتمالی کادمیم اضافه شده به سیستم گندمزار منطقه مورد مطالعه ۳۸
جدول۴-۴ میانگین غلظت کادمیم در کودهای فسفاته برخی کشورها ۳۹
جدول۴-۵ میانگین غلظت کادمیم کل درخاک مزارع گندم و خاک شاهد منطقه مورد مطالعه ۴۰
جدول۴-۶ میانگین غلظت کادمیم در گندم آبی و دیم منطقه مورد مطالعه ۴۳
جدول۴- ۷ میانگین غظت کادمیم خاک مزرعه ،خاک شاهد ، گندم براساس مدت زمان استفاده از کود ۴۴
جدول۴-۸ میانگین غلظت کادمیم خاک مزرعه ،خاک شاهد و گندم براساس روش آبیاری ۴۷
جدول ۴-۹ میانگین غلظت فلزکادمیم خاک مزرعه ،خاک شاهد و گندم براساس وجود / عدم وجود..... ۴۸

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل۳-۱- نقشه منطقه مورد مطالعه ۲۹
شکل ۴-۱- مقایسه میانگین غلظت کادمیم موجود درسه کود پرمصرف منطقه مورد مطالعه ۳۸
شکل ۴-۲- مقایسه میانگین غلظت کادمیم کل خاک مزارع گندم باخاک شاهد در منطقه موردمطالعه ۴۰
شکل ۴-۳ - مقایسه میانگین میانگین غلظت کادمیم در گندم آبی با دیم در منطقه مورد مطالعه ۴۳
شکل ۴-۴- برسی مدت زمان استفاده برمیزان کادمیم در خاک و گندم منطقه مورد مطالعه ۴۵
شکل ۴-۵ – تاثیر روش آبیاری برمیزان کادمیم در خاک و گندم منطقه مورد مطالعه ۴۷
شکل ۴-۶ - تاثیر وجود / عدم وجود آیش برتجمع کادمیم در خاک و گندم منطقه مورد مطالعه ۴۸

مقدمه

جمعیت روزافزون دنیا، نیاز جهانی به مواد غذایی را بیشتر کرده است و این در حالی است که افزایش عملکرد محصولات کشاورزی نقش عمده‌ای در برطرف نمودن این نیاز ایفا می‌کند. این افزایش عملکرد در پی چندین عامل بوجود آمده که یکی از مهمترین آنها کاربرد کودهای شیمیایی است. از طرفی این کودها بایستی بتوانند ضمن افزایش تولید، کیفیت محصولات کشاورزی را ارتقاء داده و سلامتی انسان و دام را نیز تأمین کنند. کودها از جمله منابع اصلی ورود فلزات سنگین به چرخه تولید کشاورزی شناخته می‌شوند. فلزات سنگین به طور طبیعی در بعضی ازمواد معدنی که به عنوان مواد اولیه تولیدی بعضی از کودها مورد استفاده قرار می‌گیرد، وجود دارند تجزیه‌های آزمایشگاهی نشان می‌دهد که بعضی از کودهای فسفاته و عناصر کم مصرف حاوی مقادیری از عناصر آرسنیک، کادمیم و سرب هستند. در بین انواع کودها، کودهای فسفاته دارای بیشترین میزان فلزات سنگین می‌باشند. کودهای ازته کمتر از کودهای فسفاته و کودهای پتاسیمی نسبت به دو کود دیگر دارای کمترین میزان فلز سنگین می‌باشند (داودی وهمکاران،۱۳۸۹).

میزان کادمیم ورودی به خاک از طریق کودهای فسفاته، بستگی به غلظت آن در کود و میزان کود مصرفی دارد. میزان کادمیم موجود در سنگهای فسفاته از ۸ تا بیش از ۵۰۰ میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم فسفر متغیر است (جامی الاحمدی و همکاران ، ۱۳۸۵).

مهم‌ترین منبع آلودگی گیاهان به فلزات سنگین محیط رشد آنها از قبیل خاک، کودها، و مواد شیمیایی تغذیه‌ای مورد استفاده برای رشد آن‌ها می‌باشد (جولی و امجوویا؛۲۰۰۹)[1].

ارزیابی مقدار غلظت عناصر سنگین به ویژه کادمیم، در سیستم خاک- آب- گیاه به دلیل تأثیر این مواد بر زنجیره غذایی و سلامت انسان دارای اهمیت زیادی است (گری و مک لارن، ۲۰۰۶).[2]

[1] Joel, and Amajuoyi
[2] Gray, and McLaren

انباشت فلزات سنگین در خاک نه تنها بارآوری خاک و کیفیت محصول را کاهش می‌دهد بلکه بطور همزمان نقش اکولوژیکی خاک و تاثیر آن بر سایر اجزاء محیط زیست را نیز مختل می‌کند. تجمع فلزات سنگین و افزایش غلظت آن‌ها و رسیدن به محدوده خطر، می‌تواند از طریق ورود به زنجیره غذایی انسان، سلامتی او را مورد تهدید قرار دهد. سالانه هزاران تن از این فلزات در مقیاس جهانی وارد سیستم خاک می‌شوند. این فلزات بر خلاف بیشتر آلاینده‌های آلی توسط موجودات زنده، تجزیه نشده و اکثراً ترکیبات پایداری را در طبیعت تشکیل می‌دهند و به شدت جذب بافت‌های زنده می‌شوند و خروج آن‌ها از بافت به سختی صورت می‌گیرد. دربین فلزات سنگین، برخی از آن‌ها، همچون روی، مس، و کبالت و.... در مقادیر مناسب برای بیشتر سیستم‌های بیولوژیکی از جمله انسان ضروری هستند. در حالی که برخی دیگر از فلزات سنگین از جمله کادمیم، سرب، آرسنیک و ... برای گیاهان، حیوانات و انسان بسیار سمی می‌باشند (مهاجرو همکاران،۱۳۸۹).

یکی از راهبردهای مهم توسعه کشاورزی، ارتقاء سطح سلامت جامعه است که این مهم زمینه ساز تحقق شعار "پیشگیری مقدم بر درمان" است. توجه به غنی‌سازی مواد غذایی و تامین عناصر ضروری برای بدن انسان و مهار غلظت آلاینده‌ها در محصولات کشاورزی از جمله راه‌های اساسی دستیابی به این خواسته مهم است. از آنجا که گیاهان اولین زنجیره تولید کننده در چرخه زیستی محسوب می‌شوند، باید به تغذیه مناسب و حساب شده آنان توجه بیشتری شود. اهمیت موضوع وقتی بیشتر می‌شود که تغذیه گیاه از نظر تأمین عناصر ضروری برای انسان و دام مد نظر قرار می‌گیرد. متاسفانه در کشور ما میزان مصرف کود در بخش کشاورزی بسیار بالا و سالانه حدود ۴/۵ میلیون تن است که ۸۷٪ آن را کودهای اوره –فسفره تشکیل می‌دهند؛ استفاده زیاد از این کودها به دلیل داشتن کادمیم و نیترات باعث سرطان‌زایی می‌شود. به دلیل آهکی بودن خاک‌های کشورمان، PHبالا، میزان بی‌کربنات بالا در آبیاری، کمی مواد آلی و عدم تعادل در مصرف کودهای شیمیایی، حلالیت عناصر غذایی به ویژه عناصر کم مصرف خاک بسیار پایین است. بنابراین به دلیل کمبود این عناصر در محلول خاک و عدم جذب توسط ریشه، گیاه با عدم تعادل نسبت عناصر غذایی مواجه شده و دچار کمبود برخی عناصر می‌شود که این کمبود در نهایت در دام وانسان نیز بروز می‌کند. از

سوی دیگر با بالارفتن غلظت برخی عناصر غذایی در اثر مصرف مفرط و حساب نشده از کودهای شیمیایی موجب تمرکز بیش از حد برخی عناصر غذایی مثل نیترات و کادمیم در پیکره گیاه و نهایتاً روش‌های مبارزه با کمبود و یا سمیت مواد مغذی در بدن انسان است (صالحی و همکاران،۱۳۸۹). بررسی منابع سنگ فسفات نشان می‌دهد که نگرانی اصلی در این رابطه متوجه کادمیم می‌باشد زیرا غلظت آن در این سنگها در مقایسه با متوسط غلظت آن‌ها در خاک زیادتر می‌باشد(ون کائوونبرگ ۱۹۹۷). یکی از مهمترین مشکلات در زمینه استفاده از کودهای فسفاته علاوه بر آلودگی خاک، آبهای سطحی و زیرزمینی، قابلیت انتقال آلودگی انواع فلزات سنگین ناشی از استفاده از این کودها، به محصولات زراعی می‌باشد. در نتیجه رخداد پدیده بزرگنمایی زیستی محصولات زراعی موجود در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین، می‌توانند آلودگی‌های خاک را در خود جذب کرده و با مصرف این محصولات، آلودگی ناشی از آنها در طی زنجیره غذایی نیز انتقال یافته و سلامت مصرف کنندگان را نیز تهدید می‌کنند. لذا در این تحقیق اثر کود فسفاته بر تجمع کادمیم در مزارع گندم منطقه زیرکوه خراسان جنوبی مورد بررسی قرار گرفت.

۱-۱- کلیات

۱-۱-۱ فلزات سنگین

فلزات سنگین گروهی از فلزات با دانسیته بیشتر از g/cm^3 ۵ می‌باشند و از مهم‌ترین آلوده کننده‌های محیطی به شمار می‌روند. سمیت آنها یک مشکل مشخص رو به افزایش برای اکولوژی، موادغذایی و محیط زیست محسوب می‌شود (سرمدی و همکاران،۲۰۱۱) .

عمده‌ترین منبع آلودگی خاک ومحیط زیست به فلزات سنگین از راه فعالیت‌های صنعتی و ساخت دست بشر نظیر معادن، ذوب فلزات، آبکاری‌ها، نیروگاه‌ها، خروجی اگزوز وسایل نقلیه موتوری، ایستگاه‌های نگهداری و عرضه بنزین، محل‌های تولید ومصرف کودهای شیمیایی، آفت‌کشها، استفاده از پساب و لجن فاضلاب کشاورزی و مکان‌های دفن زباله به ویژه ضایعات صنعتی است. غلظت فلزات سنگین به طور معنی‌داری در خاک اراضی کشاورزی در حال افزایش است. بخشی از این آلودگی از منبع طبیعی و مواد مادری خاکهاست (منبع ژئوژنیک) و بخشی نیز در اثر فعالیت‌های انسان (منبع آنتروپوژنیک) اضافه می‌گردد (مهاجر و همکاران،۱۳۸۹).

محققان خاک‌های مختلف دنیا را برحسب آلودگی به فلزات سنگین در سه گروه تقسیم‌بندی می‌کنند. گروه اول، خاک‌های با میزان آلودگی کم را در برمی‌گیرد که معمولا خاک‌های غیر آلوده کشاورزی و خاک‌های مناطق دور از شهرها را شامل می‌شود. گروه دوم، خاک‌های دارای آلودگی کم تا متوسطاند که نباید از این نوع خاک‌ها برای کشاورزی استفاده شود. گروه سوم، خاک‌هایی هستند که در اطراف مناطق صنعتی، محل تخلیه و دفع لجن فاضلاب‌های صنعتی و خانگی و جاده‌های پرترافیک وجود دارند (مردانی و همکاران،۱۳۸۹).

ورود فلزات سنگین به زنجیره غذایی و رسیدن به غلظت‌های بحرانی اثرات سوء متابولیکی و فیزیولوژیکی در موجودات زنده به جای می‌گذارند (ناظمی و خسروی، ۱۳۸۹). فلزات سنگین جزء آلاینده‌های پایدارند و قابلیت تجزیه زیست شناختی ندارند(دمورا و همکاران ،۲۰۰۴)[1] . به علت سمیّت و قابلیت فلزات برای تجمع در بدن موجودات زنده، آلودگی فلزات سنگین یک مشکل

[1] De Mora et al., 2004

جدی و اساسی است(یوزر و همکاران،۲۰۰۵)[1]. یکی از مهمترین نگرانی فلزات سنگین مربوط به کادمیم است زیرا برای سلامتی ضرر دارد(مورتوید،۱۹۹۶).[2]

بیماری جدی ناشی از کادمیم در انسان بیماری ایتایی‌ایتایی (بیماری روماتیسم یا تغییر شکل دردناک اسکلتی) است، همچنین اثرات اصلی کادمیم بر روی کلیه، ریه‌ها و استخوان‌ها می‌باشد (مهدویان، ۱۳۸۹) .

پس از انتقال عناصر کمیاب توسط آب به انسان، مهم‌ترین منبع دیگرانتقال عناصرسنگین، گیاهان محسوب می‌شوند. گیاهان خیلی سریع قادر به جذب عناصر سنگین محلول از خاک می‌باشند. فلزات سنگین همچنین ممکن است در خاک‌های زیستی به شکل معدنی یا کمپلکس ارگانیک یافت شوند که می‌توانند در واکنش‌های شیمیایی خاک مؤثر باشند. غلظت سرب و کادمیم تحت تاثیر انواع خاک، نوع کشت و نوع غلات متغیر است (کرباسی و بیاتی، ۱۳۸۶).

۱-۱- ۲ - اهمیت کادمیم

کادمیم یکی از فلزات سنگین دو ظرفیتی است که درطبیعت بیش‌تر در سنگ‌های معدنی همراه با روی یافت می‌شود. این عنصر از طریق فعالیت‌های معدن‌کاوی، استخراج و پردازش سنگ‌های معدنی روی، آبکاری فلزات، استفاده از سوخت‌های فسیلی، کودهای فسفاته و حشره‌کش‌ها در کشاورزی و از طریق فاضلاب‌های شهری و صنعتی وارد خاک می‌شود (رابینسون و همکارن ،[3]۲۰۰۰؛ ،خیرخواه، ۲۰۰۶) .

کادمیم با مقدار معمول ۰/۰۶ تا ۱/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک یکی از مهمترین و متحرک‌ترین فلزات سنگین خاک محسوب می‌شود. بر اساس استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، میانگین مجاز ماهانه افزایش یون کادمیم در خاک معادل ۳۹ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک اعلام شده است. و مقدار کل کادمیم اضافه شده در هر هکتار خاک در سال نباید از ۱/۹

[1] Usero, et al
[2] Mortvedl
[3] Robinson, Mills, Petit, Fung, Green, and Clothier

کیلوگرم تجاوز کند. نتایج پژوهش ترابیان و مهجوری ۲۰۰۲ نشان می‌دهد که دامنه آلودگی اراضی زراعی جنوب تهران به کادمیم ۰/۱۰ تا ۷/۵۴ میلی‌گرم برکیلوگرم خاک و در گونه‌های زراعی (انواع سبزی) در محدوده ۰/۳۹۸۵تا ۱/۴۳۶۹ میلی‌گرم برکیلوگرم وزن خشک محصول است که بیش از حد مجاز برای مصارف انسانی است (یارقلی،۱۳۸۸). کادمیم در بین فلزات سنگین میل ترکیبی کمی برای اتصال به فازهای تثبیت کننده خاک نظیر اکسیدها و کلات‌ها دارد. بنابراین، قابلیت جذب این عنصر توسط گیاه و انتقال آن به شاخساره گیاه زیاد است. کادمیم همچنین توانایی بالایی برای عبور از غشاء سلولی ریشه دارد. همه این عوامل باعث شده که خطر حضور کادمیم در زنجیره غذایی بیشتر شود غلظت‌های بالای کادمیم در زنجیره غذایی برای انسان خطرناک است و باعث بیماری‌های کلیوی و کبدی، مشکلات استخوانی و بیماری‌های عصبی می‌شود. علاوه بر این، توازن سایر عناصر معدنی مانند کلسیم و فسفر بدن در حضور مقادیر بالای کادمیم به هم می‌خورد (شریفی و همکاران،۲۰۱۰).

به طور طبیعی سالیانه حدود ۲۵۰۰۰ تن کادمیم وارد محیط زیست می شود. حدود نیمی از این کادمیم از طریق هوازدگی سنگ‌ها وارد رودخانه‌ها می‌شود. آتش‌سوزی جنگل‌ها و آتش‌فشان‌ها، فعالیت‌های بشری مانند شیرابه‌های زباله‌های صنعتی، تولید کودهای فسفاته مصنوعی از منابع مهم منتشر کننده کادمیم هستند (احمدی ،۱۳۸۷).

یکی از مناطق مهم آلوده به کادمیم دنیا، خاک‌های اطراف زمین های کشاورزی است که جهت تقویت خاک از کودهای شیمیایی فسفات‌دار و یا از لجن فاضلاب استفاده می‌شود (میدجال ،۲۰۱۰)[1].

میزان آلودگی به کادمیم در اکثر خاک‌های جهان تعیین شده است، آلودگی به این فلز در مناطق مختلف ایران نیز گزارش شده است. میزان کادمیم در خاک‌های جنوب تهران که از ۲تا۳ سطح مختلف نمونه برداری شده مقادیری بین mg/kg ۱ تا۱/۵۷ گزارش شده است. رباطی و

[1]Mudgal

همکاران غلظت کادمیم را در خاکهای جنوب تهران که با استفاده از فاضلاب شهر فیروزآباد آبیاری می‌شدند تا حدmg/kg ۲ گزارش کردند (سرمدی و همکاران ،۲۰۱۱).

۱-۱-۲-۱- موارد عمده نگرانی در رابطه با این عنصر بالقوه مضر

- تجمع در خاک و احتمال آثار طولانی مدت بر عملکرد و کیفیت گیاهان زراعی
- جذب عنصر توسط گیاه، تجمع آن در خوراک دام و نیز وارد شدن در رژیم غذایی انسان
- خسارت بالقوه بر فرآیندهای میکروبی خاک
- تماس مستقیم با انسان

این نگرانی‌ها وجود دارد که فلزات سنگین موجود در کودهای معدنی ممکن است برای مردمی که از طریق تماس یا بلعیدن در معرض آنها قرار می‌گیرند، سمی باشد(جامی الاحمدی و همکاران ، ۱۳۸۵).

۱-۱-۲-۲- اثرات سوء کادمیم در محصولات کشاورزی

چینو در سال ۱۹۸۱ اعلام کرد، کادمیم بیشترین و سرب کمترین اثر سوء را بر رشد گیاه دارا می‌باشد (کرباسی و بیاتی ،۱۳۸۶) .

کادمیم از فلزات سنگینی است که تحرک و بی‌نظمی بالایی دارد. میزان دسترسی بیولوژیک آن برای موجودات زنده‌ای مانند گیاهان با عواملی همچون خاک، پتانسیل احیایی، میزان وجود کودهای فسفاته، ماده آلی و ... در ارتباط است. اسیدی بودن خاک دسترسی بیولوژیکی گیاهان به کادمیم را افزایش می‌دهد و در نهایت یک وابستگی مثبت خطی بین تمرکز کادمیم و تراکم این عنصر در بافت گیاهان وجود دارد. کادمیم از طریق ریشه گیاهان و در سراسر گیاه پخش می‌شود. همچنین می‌تواند به مغز دانه‌های گندم وبرنج در حال رشد وارد و در آن متمرکز شود. مطالعات صورت گرفته از سوی کارشناسان سازمان زمین شناسی سوئد و شواهد بیوژئوشیمیایی موجود نشان می‌دهد که کادمیم موجود در خاک، آب و گیاه و دیگر اجزای محیط زیست به طور حتم منشاء طبیعی دارد. استفاده از کودهای فسفاته موجب بالاتر رفتن غلظت فسفر در خاک می شود. کارشناسان سازمان زمین

شناسی سوئد پس از بررسی گزارش کرده‌اند گیاهانی که در خاک‌های با فسفر بالا رشد می‌کنند غالبا با مشکل کمبود روی مواجه هستند این درحالی است که جذب مقادیر بالای روی در گیاهان نیز می‌تواند میزان جذب کادمیم را کاهش دهد. به این ترتیب از چنین رابطه‌ای می‌توان راهکارهایی را برای کنترل تمرکز زیان‌آور کادمیم در خاک به وسیله گیاهان ارائه کرد (مهرپرتو،۱۳۸۵).

۱-۱-۲-۳- عوامل مؤثر درجذب کادمیم توسط گیاه

۱- کل میزان کادمیم ورودی به خاک

۲- pHخاک: توانایی دسترسی کادمیم با کاهش pH افزایش می‌یابد.

۳- تعداد مکانهای پیوند برای کادمیم: توانایی دسترسی کادمیم با افزایش میزان ماده آلی و رس کاهش می‌یابد.

۴- رطوبت خاک: با افزایش رطوبت خاک دسترسی کادمیم بیشتر می‌شود .

۵- شوری خاک: با افزایش شوری خاک توانایی دسترسی کادمیم را نیز افزایش می‌یابد.

۶- سایر عناصر: غلظت بالای روی ، جذب کادمیم توسط گیاه را کاهش می‌دهد.

۷- گونه و رقم گیاه : سبزیهای برگی ،کادمیم بیشتری نسبت به سایر محصولات خواراکی تجمع می‌کنند.

تحرک و آبشویی کادمیم به وسیله همان مکانسیم‌هایی که توانایی دسترسی و جذب آن را تنظیم می‌کنند، کنترل می‌شود. در خاک‌های غرقاب شده مانند شالیزارها، تشکیل سولفید کادمیم نامحلول (Cds) موجب غیرقابل دسترس بودن آن می‌شود. آهک‌دهی خاک‌های اسیدی، تحرک کادمیم و بنابراین جذب آن توسط گیاه را کاهش می‌دهد (جامی الاحمدی و همکاران ،۱۳۸۵) .

از علایم عمومی ناشی از جذب مقادیر اضافی کادمیم در گیاه می‌توان به کاهش و توقف رشد ریشه، چوب پنبه‌ای شدن، صدمه به ساختمان ریشه، کاهش هدایت هیدرولیکی آب در ریشه، تداخل با جذب و انتقال طبیعی عناصر غذایی، کاهش میزان کلروفیل، کلروز برگ و اختلال در فعالیت‌های آنزیمی به ویژه آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز اشاره نمود. زیاده روی در مصرف کودهای

فسفاته‌ی کادمیم‌دار باعث تجمع آن در گندم، سیب زمینی، پیاز و در نهایت سبب افت کیفیت انواع سبزی‌ها گردیده است کادمیم برای رشد گیاهان یک عنصر ضروری نیست، بلکه یک عنصر سمی برای گیاه است که در غلظت‌های ۵ تا۳۰ میلی گرم در کیلوگرم در برگ گیاهان سمیت ایجاد می‌کند (شریفی و همکاران ،۲۰۱۰).

۱-۱-۲-۴- روشهای کاهش تجمع کادمیم در محصولات کشاورزی

روش‌های متعددی برای کاهش تجمع کادمیم وجود دارد که اهم آنها شامل: اصلاح ژنتیکی گیاهان، مصرف بهینه کود و زیست پالایی می‌باشد. با اعمال روش‌های زیر می‌توان از تجمع کادمیم در دانه گندم و سایر محصولات کشاورزی حتی الامکان ممانعت نمود:

الف) از ورود کودهای فسفاتی و یا خاک فسفات محتوی بیش از ۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم کادمیم و یا سرب اکیدا جلوگیری شود.

ب) مصرف بهینه کودی به ویژه استفاده از کودهای سوپرفسفات ساده، میکروبی فسفاتی، بیوفسفات طلایی محتوی روی و بیوگوگرد آلی که تماماً تولید داخل بوده و عاری از کادمیم نیز می‌باشند، رعایت شود.

ج) در راستای هدفمند کردن یارانه‌ها، یارانه از کودهای نیتروژنی و فسفاتی حذف و به کودهای موثر برافزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی اختصاص یابد.

د) رعایت اصول مصرف بهینه کودی

ه) عدم استفاده از پساب‌های شهری

ز) خرید گندم و سایر محصولات کشاورزی (درحدامکان) بر مبنای کمیت و کیفیت انجام گیرد و استفاده از ارقامی که نسبت به جذب کادمیم کارا نیستند، رایج گردد (ملکوتی ،۱۳۸۹).

۱-۱-۳- گندم و اهمیت آن

گندم مهمترین گیاه زراعی است که هرروز در نقطه‌ای از کره زمین کاشت و در نقطه‌ای دیگر برداشت می‌شود. این امر حاکی از توانایی سازش بسیار زیاد این گیاه با اقلیم‌های گوناگون است (سایت،انجمن تخصصی محیط زیست).

گندم بیش از سایر غلات کشت می‌شود و ۱۷ درصد سطح زیرکشت زمین‌های زراعی جهان به این گیاه اختصاص دارد و نسبت سطح زیرکشت این گیاه در کشورهای صنعتی و توسعه نیافته، تقریباً یکسان است (کوک و وست ،۱۹۹۱).

گندم معمولی (***Triticum turgidum* L.**) یک گندم هگزاپلوئید است و۴۲ کروموزوم دارد. این گونه به دلیل بالا بودن کیفیت پخت نان، بیشتر از بقیه گونه‌های گندم در دنیا کشت می‌شود (گودرزی ،۱۳۸۵). گندم غذای اصلی ۳۵٪ جمعیت جهان است و بیش از هر محصول زراعی دیگر کالری و پروتئین رژیم غذایی را تامین می‌کند(جامی الاحمدی و همکاران ،۱۳۸۵) .

طبق گزارش فائو حدود نیمی از پروتئین جهان از غلات به ویژه گندم تامین می‌شود. گندم یکی از مهمترین و پر مصرف‌ترین گیاهان زراعی جهان می‌باشد. آردی که از دانه گندم حاصل می‌شود بیشتر به مصرف نان می‌رسد و نان یکی از مواد اولیه خوراکی انسان به ویژه در کشورهای جهان سوم است حدود ۶۰تا۷۰ در صد انرژی غذایی را تامین می‌کند (خادمی،۱۳۷۵).

لذا با توجه به نقش گندم در تغذیه مردم کشور و آلودگی خاک، گندم می تواند نقش ویژه‌ای در ورود کادمیوم به زنجیره غذایی انسان ایفا کند. در ایران نیز تولید و سطح زیر کشت این گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخودار است. عواملی نظیر هزینه‌های پایین، در آمد نسبتاً زیاد، استفاده از کاه آن جهت تغذیه دام و ... باعث شده است که این محصول روز به روز بیشتر مورد توجه کشاورزان قرار گیرد. بنابراین توجه ویژه‌ای به تغذیه مناسب این گیاه باعث افزایش کمی و کیفی این محصول و در نتیجه افزایش در آمد کشاورزان می‌شود(انجمن تخصصی محیط زیست).

۱-۱-۴- کود

کود عبارت از هرماده طبیعی یا مصنوعی است که وقتی به گیاه یا به محیط اطراف آن (خاک) اضافه شود، بتواند یک یا چند عنصر غذایی مورد نیاز گیاه را تامین کند. کمبود عناصری همچون نیتروژن، فسفر، پتاسیم یا گوگرد می‌تواند از طریق کودهای شیمیایی تامین گردد. کودها را می‌توان به طرق مختلف دسته‌بندی کرد. در یک دسته‌بندی، کودها به کودهای معدنی (شیمیایی) و کودهای آلی تقسیم می‌شوند (نصر اله زاده و اشرفی زاده ، ۱۳۸۸).

تولید کودهای غیر آلی در ایران از سال ۱۳۲۴ (۱۹۴۵) شروع و واردات کود ده سال بعد و درسال ۱۳۳۴ (۱۹۵۵) آغاز گردید (تومانیان و همکاران ،۱۳۸۹).

از مزایای کودهای شیمیایی بهای ارزان، کاربرد سهل و آسان، درآمد کاذب کوتاه مدت (بدون توجه به استهلاک سرمایه اصلی یعنی خاک و مواد آلی) است (ملکوتی،.۱۳۷۸).

مسائل محیطی مرتبط با زراعت و عملیات کشاورزی از مدتها پیش مورد توجه و نگرانی عموم و بحث انگیز بوده است. برخی از این مسائل مربوط به استفاده از کودهای معدنی برای حفظ و افزایش حاصلخیزی خاک می‌باشد، زیرا این کودها از یک سو سودمند بوده و از سوی دیگر مصرف نامتعادل و مفرط آنها دارای عواقب و عوارضی می‌باشد (جامی الاحمدی و همکاران ،۱۳۸۵).

بسیاری از مواد استفاده شده به عنوان کود، محتوی عناصر کمیاب هستند که برای بیوسفر زیان‌بار و برای انسان بالقوه سمی محسوب می‌باشند. این مواد می‌توانند در خاک‌ها تجمع و به آب‌های محلی نشت نمایند. از میان کودهای معدنی مورد استفاده، کودهای فسفاته از سنگ‌های غنی از آپاتیت تولید می‌شود و از اهمیت ویژه ای برخوردارند، زیرا محتوی غلظت‌های فزاینده‌ای از عناصر مختلف بالقوه خطرناک هستند. کادمیم بالا در برخی از خاک‌ها و آب‌های سطحی در مناطق کشاورزی مربوط به کاربرد کودهای فسفاته است (کرباسی و بیاتی ،۱۳۸۶).

۱-۱-۴-۱ آثارمثبت کاربردکود

استفاده کارآمد از عناصرغذایی گیاهی، از طریق تصحیح کمبود و یا عدم موازنه موادغذایی خاک، این اطمینان را ایجاد می‌کند که عملکرد بیشتری در مقایسه با حالتی که از حاصلخیزی ذاتی خاک استفاده شود، بدست می‌آید.

ـ باافزایش عملکرد به ازای واحد سطح در زمین‌های مطلوب و قابل کشت و زرع، استفاده از کودها موقعیتی را فراهم می‌سازد که بتوان زمین‌هایی را که از لحاظ کیفیت فقیر هستند از گردونه تولید خارج نمود و به طور کلی فشار بر روی زمین‌ها را کاهش داد.

ـ عناصرغذایی گیاهی کنترل فرسایش در زمین‌های زراعی را آسانتر می‌کنند، چرا که باعث حفظ پوشش گیاهی متنوع و متراکم در سطح این زمین‌ها می‌شوند (جامی الاحمدی و همکاران ، ۱۳۸۵).

از مشکلات مختلفی که استفاده از کودهای شیمیایی در زندگی انسان و محیط بوجود می‌آورند مو ارد زیر اهمیت بیشتری دارند:

۱) بیماری‌زایی بر اثر اضافه یا کمبود عناصر غذایی در انسان، حیوان و نباتات.

۲) آلودگی محیط زیست و آب‌های سطحی و زیر زمینی توسط عناصر غذایی(افزایش فسفر و نیتروژن باعث شکوفایی جلبکی آبهای سطحی می شود).

۳) کاهش کیفیت محصولات کشاورزی(تجمع عناصر سمی در بافت گیاه).

۴) افزایش رادیواکتیویته در محیط زندگی انسان.

۵) افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک، گیاه و محیط زندگی انسان.

۶) بیماری زایی افزایش فلزات سنگین در محیط برای انسان.

۷) تغییر شرایط زیستی در اکوسیستم‌های طبیعی و تخریب یا انهدام بوم‌های زیستی جانوری وگیاهی.

۸) کاهش کیفیت و سلامت خاک ها (تومانیان وهمکاران ،۱۳۸۹).

۱-۱-۴- ۲- مشکلات زیست محیطی در اثر مصرف بی‌رویه کودهای فسفاته

از جمله فلزات سنگینی که در سنگ‌های فسفاته معمولاً وجود دارند و در هنگام استخراج کودهای فسفاته از این نوع سنگ‌ها می‌توانند وارد ترکیب کود شوند می‌توان به آرسنیک، کادمیم، کروم، جیوه، سرب، سلنیوم، اورانیوم و وانادیوم اشاره نمود. لذا کودهای شیمیایی فسفاته به عنوان یکی از مهمترین منابع توزیع کننده فلزات سنگین آلوده کننده محیط خاک و اکوسیستم در اراضی کشاورزی مطرح می‌باشند(هدا ،۲۰۱۰). به عبارتی می‌توان این دسته از کودها را به عنوان آلاینده‌های غیرنقطه‌ای تقسیم‌بندی نمود.

کودهای فسفاته بسته به محل تولید و روش ساخت، مقدار کادمیم موجود در آنها از ۱۰ تا ۱۷۰ متغیراست (آلوی، ۱۹۹۰)[1]. کادمیم به عنوان ناخالصی این کودها محسوب می‌شود. در این کودها، کاهش دادن مقدار کادمیم به دلیل افزایش بیش از ۲۰درصدی هزینه‌های خالص‌سازی مقرون به صرفه نمی‌باشد (ملکوتی، ۱۳۸۴).

آلودگی کادمیم توسط کودهای شیمیایی فسفاته به عنوان یکی از اصلی‌ترین منبع افزایش آن در کشاورزی مدرن به شمار می‌رود. گزارش‌هایی در مورد اثرات سوء مصرف بی‌رویه کودهای فسفاتی در ایران در دست می‌باشد که نه تنها منجر به تجمع آن در خاک و ایجاد اختلال در جذب عناصر کم مصرف از جمله روی می‌شود، بلکه به دلیل داشتن کادمیم در کودهای فسفاته وارداتی موجب تجمع کادمیم در گیاه نیز می‌شود. در بررسی وضعیت فسفر و کادمیم در شالیزارهای گیلان و مازندران همبستگی مثبتی بین غلظت فسفر و کادمیم در شالیزارها مشاهده گردید (ملکوتی وهمکاران۱۳۸۴).

باتوجه به منشاء سنگ فسفاته گسترده‌ترین منبع ورود کادمیم به خاک است (لامبرت و همکاران، ۲۰۰۷).[2]

[1] Alloway
[2] Raphaël Lambert et al

۱-۱-۵- روش های کنترل آلودگی یا کاهش اثرات فلزات سنگین

از روش‌های کاهنده آلایندگی کودهای شیمیایی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- کشت ارگانیک.

۲- تغییر فرآیند تولید کودها.

۳- تغییر منابع معدنی استفاده شده برای تولید کودها.

۴- تغییر منبع خرید مواد اولیه.

۵- استفاده از کودهای آلی مثل کودهای میکربی و بیولوژیکی.

۶- کاهش میزان مصرف کود.

۷- میزان آلایندگی سری‌های خاک تخمین‌زده شود و استاندارد و حد آستانه آلایش فلزات و مواد آلی تعیین و احتمال در نظر گرفتن آلایش بیش از حد در تاکسونومی خاک‌ها گوشزد شود.

۸- میزان آلایندگی کودها و استانداردها و حدود آستانه آنها و مواد آلی تعیین گردد(تومانیان وهمکاران ،۱۳۸۹).

۱-۱-۶- اهداف و فرضیه ها

۱-۱-۶-۱ اهداف

- اندازه‌گیری میزان کادمیم تجمع یافته در خاک و اندام هوایی در گندم مزارع منطقه و نمونه‌های شاهد
- مقایسه غلظت کادمیم در خاک و اندام هوایی گندم با میزان استاندارد
- بررسی تاثیر پارامتر مدت استفاده از کود برمیزان تجمع کادمیم در خاک و گیاه گندم
- بررسی تاثیر پارامتر نوع آبیاری برمیزان تجمع کادمیم در خاک و گیاه گندم
- بررسی تاثیر پارامتر وجود /عدم وجود آیش برمیزان تجمع کادمیم در خاک و گیاه گندم

۱-۱-۷-۲- فرضیه ها

- ✓ استفاده طولانی مدت از کودهای شیمیایی فسفاته در میزان تجمع کادمیم در خاک و گندم موثر است .
- ✓ آیش باعث کاهش تجمع کادمیم خاک ناشی از مصرف کودهای فسفاته می‌شود.
- ✓ نوع آبیاری تأثیری بر میزان تجمع فلز سنگین کادمیم در خاک ندارد.

در دهه‌های اخیر آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی بسیاری از نقاط جهان به یک مشکل زیست محیطی تبدیل شده است (مک براید، ۱۹۹۵)[1].

افزایش فلزات سنگین به ویژه کادمیم در خاک‌های کشاورزی ممکن است از طریق نیوار، سنگ مادری، کاربرد لجن فاضلاب آلوده به عناصر سنگین، استفاده از کودها و فضولات دامی و یا آبیاری با پساب غنی از فلزات باشد. بنابراین، نوع عملیات مدیریتی کشاورزی به طور مستقیم بر مقدار کادمیم و قابل دسترس بودن آن در خاک موثر بوده و ممکن است بر انباشت کادمیم در گیاه تاثیر داشته باشند معمولاً، فلزات در خاک‌های کشاورزی غیرمتحرک هستند. لیکن، همان عواملی که باعث افزایش حرکت این فلزات در خاک می‌شوند، می‌توانند موجب افزایش جذب آنها توسط گیاه وآبشویی آن‌ها از خاک نیز گردند. یکی از منابع مهم آلودگی خاک‌های زراعی به کادمیم، مصرف کودهای شیمیایی به ویژه کودهای فسفاتی است. غلظت این عنصر در خاک فسفات‌های تولیدی کشورهای سنگال، مراکش و تونس در مقایسه با خاک فسفات‌های کشورهای روسیه، اردن، سوریه و ایران بیشتر است (جعفر نژاد و همکاران ،۱۳۸۹).

علی‌رغم این که در کشورهای اروپایی قوانین سخت در ارتباط با میزان آلودگی و مصرف کودهای فسفاتی وجود دارد. لیکن، مقدار آلودگی کادمیم در خاک‌ها ناشی ازمصرف کودهای شیمیایی فسفاتی ۵۴ تا ۵۸ درصدی (آلوی ،۱۹۹۰)[2] گزارش شده است. بر اساس آمار موجود، در ایران مصرف کودهای شیمیایی در اکثر محصولات کشاورزی با نیاز واقعی گیاهان تطابق ندارد. با در نظر گرفتن غلظت کادمیم در کود فسفاتی به میزان ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، سالانه حدود ۷۵ تن کادمیم وارد خاک‌های زارعی کشور خواهد شد (ملکوتی، ۱۳۸۴).

بنابراین، با توجه به مصرف نامناسب و نامتعادل کودهای شیمیایی در اراضی کشاورزی، که عمدتاً از خارج کشور تهیه می‌گردد، انتظار می‌رود که غلظت این آلاینده در این اراضی افزایش چشمگیری یافته باشد. فعالیت‌های بسیار متمرکز صنعتی و کشاورزی می‌توانند اثرات سویی بر خصوصیات زیست محیطی خاک‌ها و کیفیت آنها، بعنوان یکی از مهمترین منابع در دسترس، بجا بگذارند. حفاظت از کیفیت خاک‌ها و جلوگیری از

[1] McBride
[2] Alloway