اثر بی خاکورزی ، تنش آب و نیتروژن بر انتقال نیترات در خاک و عملکرد ذرت در شمال خوزستان

محمد خرمیان[۱] *، سعید برومند نسب و سید رضا اشرفی زاده

عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد دزفول، khorramy.mohamad @yahoo.com

استاد دانشگاه شهید چمران اهواز، broomandsaeed@yahoo.com

عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد دزفول، sra492@mail.usask.ca

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی امکان کاشت ذرت در بقایای گندم و اثر تنش آب و کود اوره بر روند حرکت نیترات در خاک، عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت در روش بی خاک ورزی صورت گرفت. برای این منظور آزمایشی به صورت کرت های خرد شده در قالب بلوک کامل تصادفی در سه تکرار و ۲ سال در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد انجام شد. آب در سه سطح ۵۰ ، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری (با علامت I_1 ، I_2 و I_3) به عنوان عامل اصلی و کود نیتروژن نیز در سه سطح $Kg\ ha^{-1}$ ۱۵۰، ۲۲۵ و ۳۰۰ (با علامت N_{150}، N_{225} و N_{300}) اعمال شد. متوسط عملکرد دانه ذرت ۵تن در هکتار نشان داد که کاشت مستقیم ذرت تابستانه در بقایای گندم بدون عملیات خاک ورزی در شرایط اقلیمی خوزستان امکان پذیر است. اثر تیمار آبیاری بر عملکرد در سطح ۱٪ معنی دار بود. به طوری که بیشترین عملکرد دانه (۵/۶ تن در هکتار) مربوط به تیمار I_3، با مقدار آب مصرفی۱۰۳۷ mm و کمترین آن (۴/۲ تن در هکتار) مربوط به تیمارI_1 با مقدار آب مصرفی ۷۸۶mm بود. اثر کود نیتروژن بر عملکرد و درصد پروتئین دانه به ترتیب در سطح ۵٪ و ۱٪ معنی دار بوده و تیمار N_{300} با عملکرد دانه ۵/۴ تن در هکتار و پروتئین ۱۰/۱٪ برتر از دو تیمار دیگر بود. مقدار نیترات باقیمانده تا عمق ۳۰cm نفوذ نموده به طوری که غلظت نیترات در اعماق پایین تر به ۵۰ – ۳۰ درصد آن رسید. حال آنکه تغییرات غلظت نیترات در همان تیمار در اعماق پایین تر ناچیز بود.

واژه های کلیدی: آبشویی نیترات، بی خاکورزی، کارایی مصرف آب ذرت.

---

۱ – مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد دزفول صندوق پستی ۳۳۳

* دریافت: مهر ۱۳۹۱ و پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۳

مقدمه

بی‌خاکورزی به دلیل اثر مستقیمی که بر خاک دارد می تواند خصوصیات فیزیکی و فرایندهای دینامیکی خاک را در زمان و مکان تغییر دهد (استرادلی و همکاران، ۲۰۰۸). از اینرو عکس العمل گیاه ذرت به مقادیر آب و کود مصرفی در شرایط بی‌خاکورزی متفاوت از حالت خاک وزی مرسوم است(شیپیتالو و ادوارد، ۱۹۹۳). بحرانی و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی شیوه خاکورزی و مدیریت بقایای گندم بر عملکرد ذرت و خواص فیزیکی خاک دریافتند که بی‌خاکورزی با وجود بقایای گیاهی در مقایسه با خاک ورزی مرسوم باعث افزایش کربن آلی خاک می شود. پانگ و لتی (۱۹۹۸) نشان دادند که افزایش آب آبیاری به مقادیر بالاتر از نیاز گیاه باعث افزایش نفوذ عمقی و آبشویی نیتروژن و کاهش عملکرد ذرت می شود.

این محققان نتیجه گرفتند که هر تنشی که ناشی از کمبود آب یا نیتروژن باشد، باعث کاهش عملکرد ذرت می شود. نتایج پاندی و همکاران(۲۰۰۰) نشان داد که واکنش ذرت به کم آبیاری در شرایط اقلیمی نیمه خشک در سطوح مختلف نیتروژن متفاوت است. به طوری که با اعمال کم آبیاری، درصد کاهش عملکرد در مقادیر بالای نیتروژن پایین تر از کاربرد سطوح پایین نیتروژن بود. این محققان مصرف بهینه و اقتصادی نیتروژن برای تولید حداکثر محصول را حدود ۸ الی ۱۵ درصد کمتر از مقدار نیتروژن مورد نیاز گیاه توصیه کردند. آل کیسی و یین (۲۰۰۳) در تحقیقی، اثر سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن را بر عملکرد و بهره وری آب آبیاری ذرت مورد بررسی قرار داده و گزارش دادند که در حالت تامین ۸۰ تا ۱۰۰ درصد نیاز آبی به همراه ۲۵۰-۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حداکثر بهره وری آب آبیاری حاصل می شود.

سلیم پور(۱۳۷۷) بیشترین عملکرد ذرت در منطقه شمال خوزستان را در حالت تامین ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار گزارش کرده است. چامپیون و بارتولومه (۱۹۹۲) با مصرف نیتروژن (بصورت محلول اوره- نیترات آمونیوم) به همراه آب آبیاری نشان دادند که عملکرد ذرت نسبت به روش های رایج کوددهی ۱۲ درصد افزایش یافت. اعمال دو تیمار آبیاری کامل وکم آبیاری (۷۵ درصد نیاز آبیاری) برای گیاه ذرت باعث کاهش معنی‌دار آبشویی نیترات خاک در رژیم کم آبیاری شد (تارکالسون، ۲۰۰۶). نتایج کاربرد تقسیطی کود نیتروژن بر آبشویی نیترات در تناوب ذرت – جو در کشور برزیل نشان داد افزایش آبشویی نیترات زمانی است که سهم بیشتری از کود نیتروژن در هنگام کاشت مصرف شود تا در زمان رشد گیاه (۶ تا ۸ برگی) (فرناندز و همکاران، ۲۰۰۶).

متوسط مصرف سالانه کودهای نیتروژنه در نواحی شمال استان خوزستان بین ۳۹۰ تا ۴۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار است(محوی و همکاران، ۲۰۰۵). این مقدار بیش از حد توصیه شده است و باعث افزایش تجمع نیترات در ناحیه ریشه گیاه و در نتیجه افزایش تلفات آبشویی آن می شود. وجود بقایای گیاهی در روش بی‌خاکورزی احتمالا می تواند نیتروژن را غیر متحرک نموده و بنابراین آبشویی نیترات باقیمانده را کاهش دهد (کریستیانسن، ۱۹۸۶).

سالانه سطح وسیعی از اراضی استان خوزستان به گندم در تناوب با ذرت اختصاص داده می شود و در این تناوب استفاده از روش بی‌خاکورزی و کاشت مستقیم ذرت در بقایای گندم در کشت و صنعت‌ها و اراضی کشاورزان منطقه مورد توجه قرار گرفته است. نظر به اینکه روش بی خاکورزی با وجود بقایا مانع حرکت آب روی سطح زمین است این سوال جدی مطرح است که مقدار مصرف آب و کود در مقایسه با روش خاکورزی مرسوم چقدر است. لذا این مطالعه با هدف بررسی امکان کاشت مستقیم ذرت روی بقایای گندم و اثر متقابل مصرف کود نیتروژن و آب بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت و آبشویی نیترات انجام شده است.

مواد و روش ها

این پـژوهش در سـال هـای ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد واقع در اراضی شبکه آبیاری دز در شمال استان خوزستان انجام شد. خاک ایـن منطقه از نوع رسوبی با درصد آهک بالا و بافت آن عموما لومی رسی سیلتی است جدول(۱). طبق اطلاعات موجود در جدول(۱) خاک محل آزمـایش فاقـد شـوری و میـزان کربن آلی آن در حد متوسط و جـرم مخصـوص ظـاهری نسبتا بالایی دارد. برای اجرای آزمایش ابتـدا زمـین مـورد نظر در آبان سال ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ تهیه و در اوایل آذر همان سال ها گندم (رقم چمران) به صورت جـوی و پشـته بـا فواصل ۷۵ سانتی متر کشت شد(نـادری، ۱۳۹۰). پـس از برداشت گنـدم در اواخـر اردیبهشـت، روش هـای خـاک ورزی مرسوم و بی خاک ورزی هر کدام در سه مقدار آب آبیاری ۵۰ ، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گیاه (به ترتیـب با علامت I_1 ، I_2 و I_3) به عنوان کرت اصلی و سه سـطح نیتروژن خالص ۱۵۰، ۲۲۵ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، (بـه ترتیب بـا علامـت N_{150}، N_{225} و N_{300}) از منبـع اوره بـه عنوان کرت فرعی برای ذرت دانه ای اجرا شدند.

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه قبل از اعمال تیمار

عمق خاک (cm)	OC (٪)	N_{tot} (mg Kg^{-1})	NO_3 (ppm)	EC (dS m^{-1})	pH	رطوبت وزنی(٪) FC	رطوبت وزنی(٪) PWP	بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (gcm^{-3})
۰-۳۰	۰/۷۵	۸۱۰	۴/۷	۱/۳	۷/۶۴	۲۲	۱۲	لومی رسی سیلتی	۱/۶۱
۳۰-۶۰	۰/۵	۵۶۰	۳/۴	۰/۲۷	۷/۷۹	۲۲	۱۲	لومی رسی سیلتی	۱/۶۸
۶۰-۹۰	۰/۴۷	۴۲۰	۳/۶	۰/۶۹	۷/۹۳	۲۲	۱۲	لومی رسی سیلتی	۱/۷
۹۰-۱۲۰	۰/۳۴	۳۸۰	۲/۷	۰/۶۲	۷/۸۶	–	–	لومی رسی سیلتی	۱/۷

PWP: رطوبت حد پژمردگی دائمی، FC: ظرفیت زراعی، P^H: اسیدیته، EC هدایت الکتریکی، NO_3: غلظت نیترات خاک، N_{tot}: نیتروژن کل خاک، OC: کربن آلی خاک

آزمایش در دو سال یاد شده به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سـه تکرار اجرا شد. در روش بی خاک ورزی کاشت همزمـان کود و بذر، با به کارگیری دستگاه ردیف کار بی‌خـاکورز، روی پشته های باقیمانده از گندم انجام شـد. عـرض هـر کرت ۶ متر (۸ جویچه برای هـر سـطح کـودی) و طـول کرت ها ۱۱۰ متر با شیب طولی ۰/۲ درصد در نظر گرفته شد. کاشت ذرت (رقم سـینگل کـراس ۷۰۴) در مناسـب ترین تاریخ کاشت منطقه یعنـی دهـه اول مـرداد صـورت گرفت (برزگری و همکاران، ۱۳۸۶).

فسفر به شکل سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و پتاسیم به شکل سـولفات پتاسـیم بـه میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار مطابق آزمون خاک همزمان با کاشت بذر توسط قسمت کود کار دستگاه بی خاک ورز اسفوجیا (متشکل از چهار مخزن بذر و دو مخـزن کـود و لوله سقوط کود و بذر مجزا) در عمـق ۴ سـانتی متـری از سطح خاک قرار گرفت. رطوبت خـاک در حـین اجـرای عملیات کاشت حدود پنج درصد وزنی اندازه گیری شـد. نیتروژن مورد نیاز به شـکل اوره در سـه تقسـیط، قبـل از کاشت، زمان ۸-۶ برگی (همزمان با عملیات کولتیواسیون) و قبل از گلدهی به صورت کـود آبیـاری در اختیـار گیـاه قرار گرفت. برای اجرای کودآبیاری نزدیـک کـف بشـکه های ۲۲۰ لیتری به یک شیر ۱ اینچ و یک لوله پلی اتیلنی سوراخ دار متصل به شیرمجهز شد. ابتدا کود توزین شـده هر تیمار در بشکه مربوطه ریخته شد، سپس بشکه‌ها پر از آب شد. با باز نمودن شیرها آب و کود در فاصـله زمـانی مرحله پیشروی به جویچه‌های هر تیمار وارد شد(خرمیان و همکاران، ۱۳۹۰). پس از تکمیل مرحلـه پیشـروی، آب ورودی نیز قطع و برای جلوگیری از خـروج آب و کـود، انتهای جویچه ها مسدود شد.

برای اندازه گیری جریان ورودی و خروجی بـه هر یک از کرت ها، از فلومهای WSC[2] اسـتفاده شـد. در هر نوبت آبیاری زمان آبیاری، میزان آب ورودی به مزرعه

[2] -Washington State College

، رواناب سطحی، پیشروی و پسروی آب اندازه گیری شده و مقدار بازدهی آبیاری (مقدار آب ورودی به مقدار آب ذخیره شده در ناحیه ریشه گیاه) محاسبه و مبنای آبیاری های بعدی قرار گرفت. به اینصورت که مقدار نیاز آبی گیاه محاسبه و با داشتن بازده آبیاری و مساحت تیمار، حجم آب آبیاری محاسبه شد و از طریق فلوم های یاد شده در اختیار گیاه قرار گرفت. در این مطالعه به منظور افزایش بازدهی آبیاری، از شیوهٔ کاهش دبی استفاده شد (واکر و اسکوگربو، ۱۹۸۷). به این صورت که در شروع آبیاری سیفون‌های یک اینچ ودبی حدود ۰/۹– ۰/۸ لیتر در ثانیه (دبی غیر فرسایشی)برای هر جویچه استفاده شد. پس از اتمام زمان پیشروی، عملیات آبیاری با نصب سیفون-های ۳/۴ اینچ به همراه کاهش مقدار آب ورودی هر جویچه به میزان ۰/۲۵ –۰/۲ لیتر در ثانیه (دبی نزدیک به سرعت نفوذ پایه خاک) ادامه یافت.

مقادیر روزانه تبخیر از تشت تبخیر کلاس A ایستگاه هواشناسی (واقع در ۲۰۰ متری محل اجرای تحقیق) جمع آوری و به دلیل در اختیار بودن داده های تشتک و داشتن اعتبار کافی، مقدار تبخیر و تعرق تجمعی گیاه در فواصل آبیاری به روش تشت تبخیر با ضریب متوسط تشتک ۰/۸ محاسبه شد (دورنبوس و کاسم، ۱۹۷۷). رطوبت خاک طی دوره رشد، در مراحل قبل و ۲۴ ساعت پس از هر آبیاری در عمق های۲۰–۰، ۴۰–۲۰، ۶۰–۴۰ و ۸۰–۶۰ سانتی متری با استفاده از دستگاه ترایم IPH (Voucher Number: T95WV-VC6YG) اندازه گیری شد. پس از رسیدگی فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد اندازه گیری و سپس شاخص کارایی مصرف آب آبیاری (WP)، نسبت عملکرد دانه با رطوبت ۱۴ درصد(Y) به مقدار آب آبیاری (I)، با نمونه گیری از دو ردیف وسط هر کرت به طول ۴ متر و مساحت ۶ متر مربع اندازه گیری شد

$$WP = \frac{Y}{I}. \qquad \text{(معادله ۱)}$$

تجزیه و تحلیل آماری مقادیر عملکرد و اجزای عملکرد به کمک نرم افزار MSTATC و مقایسه میانگین تیمارها به روش دانکن صورت گرفت. به‌منظور بررسی غلظت نیترات در نیم‌رخ خاک در فواصل زمانی قبل از هر کودآبیاری وهشت تا ده روز پس از آن (۲۳) و همچنین پس از برداشت ذرت (مجموعاً در هفت نوبت) از روی پشته ها ودر فواصل ۲۰ و ۸۰ متری از ابتدای زمین و ازعمق های ۳۰–۰، ۶۰–۳۰، ۹۰–۶۰، و ۱۲۰–۹۰ سانتی‌متری خاک برای هر تکرار نمونه برداری صورت گرفت. نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و پس از خشک کردن و کوبیدن آنها، از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. نیترات و آمونیوم نمونه‌ها به روش تقطیر بخار آب اندازه‌گیری شد(برمنر و کینی، ۱۹۶۵).

نتایج و بحث

مقدار آب آبیاری و بارندگی

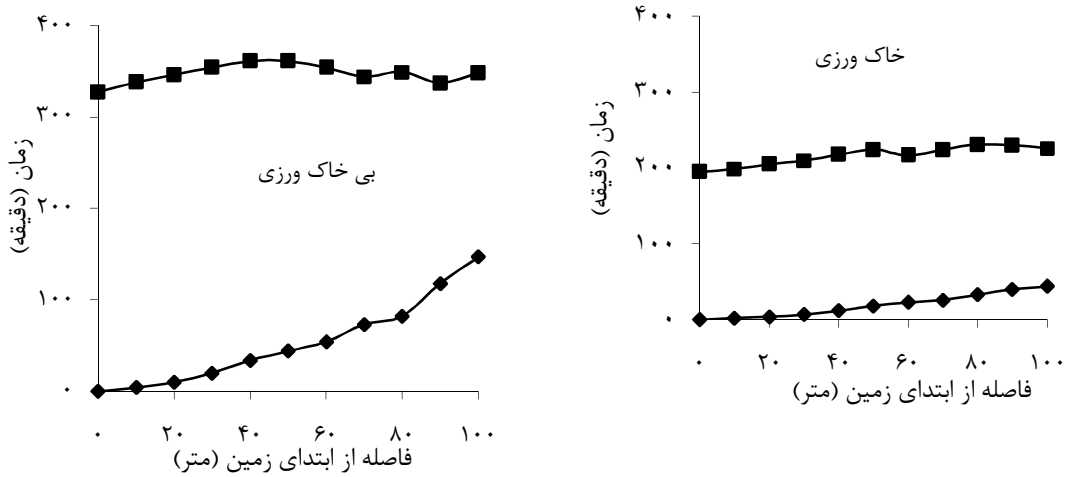
نیاز آبی ذرت در طول دوره رشد ذرت بر مبنای روش تشتک تبخیر برای سال اول و دوم به ترتیب ۷۱۳ و ۷۰۲ میلی متر برآورد شد. بارندگی‌ها ی سال اول در اواخر دوره رشد گیاه، همزمان با مرحله رسیدگی دانه تا زمان رسیدگی فیزیولوژیکی، به میزان ۹۰/۲ mm بوده که اکثر آن در ماه آبان (به میزان ۷۷/۷ mm) و بارندگی های سال دوم پس از آخرین آبیاری فصل، همزمان با خمیری سفت و رسیدگی دانه های ذرت، به میزان ۵۴ میلی متر اتفاق افتاد . مقدار کل آب ورودی و خروجی در دوره رشد ذرت برای دو روش خاک ورزی در جدول(۲)نشان داده شده است.

علی رغم اینکه مقادیر آب ورودی در هر یک از تیمارهای آبیاری روش بی‌خاکورزی بیش از روش خاکورزی مرسوم بود، مقدار رواناب تولیدی در بی-خاکورزی کمتر از خاکورزی مرسوم اندازه گیری شد. زیرا کاه و کلش موجود از کشت قبل باعث شد تا مدت زمان پیشروی (فاصله زمانی که آب مسیر ابتدا تا انتهای زمین را طی می کند) و فرصت نفوذ (فاصله زمانی بین منحنی های پیشروی و پسروی آب)، بیش از روش خاکورزی مرسوم شود(شکل۱). مقادیر جدول(۲) نشان می دهد که

مقـدار آب نفـوذ یافتـه (تفاضـل مقـادیر آب ورودی و خروجی) در روش بی‌خاکورزی بیش از خاکورزی مرسوم است.

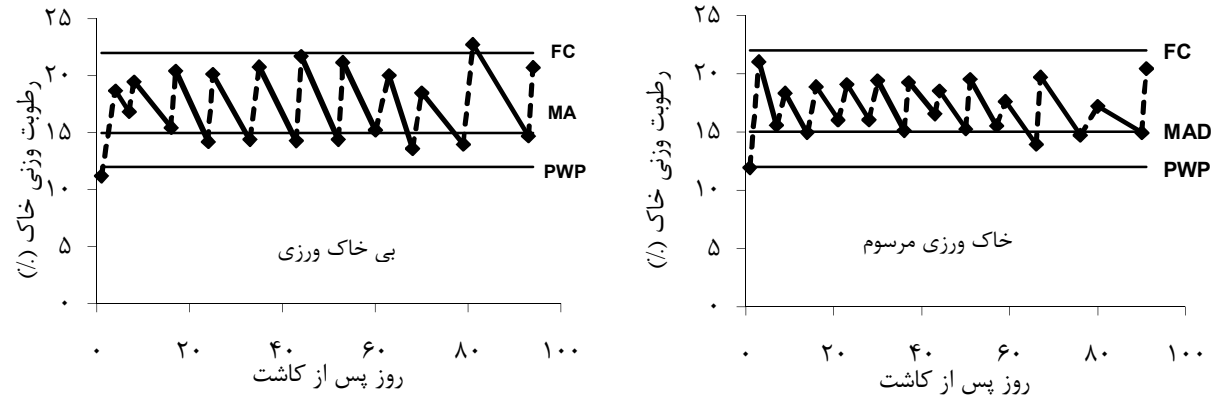
جدول۲- مقادیر آب ورودی و خروجی در دو روش خاک وری بر حسب میلی متر

سال	تیمار	بی خاک ورزی		خاک ورزی مرسوم	
		آب ورودی	آب خروجی	آب ورودی	آب خروجی
اول	I_1	۷۱۶/۸	۴۰/۴	۶۳۱/۱	۴۵/۹
	I_2	۸۵۳/۱	۷۱/۴	۷۷۹/۹	۷۹/۸
	I_3	۹۶۱/۴	۵۳/۴	۹۳۱/۸	۱۷۱/۷
دوم	I_1	۸۵۵/۱	۲۳/۴	۶۸۴/۸	۸۰/۵
	I_2	۱۰۳۲/۸	۱۷/۹	۸۲۵/۵	۱۳۲/۷
	I_3	۱۱۱۳/۳	۳۴/۹	۹۲۷/۱	۱۴۱/۴



شکل۱- نمونه ای از منحنی های پیشروی و پسروی آب برای دو روش بی‌خاکورزی و خاکورزی مرسوم

متوسط تغییرات رطوبت خاک پس از هر آبیاری این وضعیت را به خوبی نشان می دهد شکل(۲). با توجه به شکل (۲) رطوبت خاک در عمق ۶۰-۰ سانتی متر در روش بی‌خاکورزی پس از هر آبیاری تقریبا به حد ظرفیت مزرعه (FC) رسیده است. حال آنکه در روش خاکورزی مرسوم رطوبت پس از هر آبیاری فاصله بیشتری از خط ظرفیت مزرعه دارد. این فاصله رطوبتی بیانگر فرصت نفوذ کمتر آب در روش خاکورزی مرسوم و تخلیه رطوبتی بیشتر از سطح خاک در اثر تبخیر است. با تخلیه آب سهل الوصول خط MAD در شکل(۲) وقبل از رسیدن به نقطه پژمردگی دائم (PWP) آبیاری بعدی اعمال شد. به طوری که در روش بی‌خاکورزی ۱۱ نوبت و در روش خاک ورزی مرسوم ۱۲ نوبت آبیاری صورت گرفت.



شکل۲- روند تغییرات رطوبت خاک قبل و پس از هر آبیاری برای دو روش بی‌خاکورزی و خاکورزی مرسوم

واکنش گیاه به سطوح آبیاری و کود نیتروژن

الف- اثر سطوح آبیاری

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده های حاصل از سال اول و دوم نشان دهنده اختلاف معنی داری در سطح ۱٪ بین مقادیر آب برای صفت عملکرد دانه در دو روش خاک ورزی است جدول(۳). معنی‌دار بودن اثر سال نشان دهنده غیر همسانی شرایط محیطی طی دو سال انجام آزمایش است. به طوری که شرایط مساعد آب وهوایی سال اول اجرای آزمایش باعث شد تا عملکرد و کارایی مصرف آب در روش خاک ورزی مرسوم به ترتیب ۲۴ و ۳۰ درصد و برای بی‌خاکورزی ۱۷ و ۲۹ درصد بیشتر از سال دوم باشد.

جدول۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد و کارایی مصرف آب در دو روش خاکورزی

منابع تغییرات	درجه آزادی	بی خاک ورزی			خاک ورزی مرسوم		
		عملکرد دانه	کارایی مصرف آب	درصد پروتئین	عملکرد دانه	کارایی مصرف آب	درصد پروتئین
سال	۱	۱۱/۷**	۰/۵**	۱/۵^{ns}	۳۰/۸**	۰/۷۱**	۰/۵۵^{ns}
تکرار(سال)	۴	۰/۷*	۰/۰۰۸*	۰/۶^{ns}	۱/۱**	۰/۰۲**	۱/۲*
آبیاری	۲	۸/۳**	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۷^{ns}	۱۶/۶**	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۹۱^{ns}
سال* آبیاری	۲	۰/۳^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۳^{ns}	۰/۷۷*	۰/۰۵**	۰/۷۴^{ns}
خطای a	۸	۰/۶	۰/۰۰۸	۰/۴	۰/۱۴	۰/۰۰۲	۰/۲۶
نیتروژن	۲	۳/۱*	۰/۰۳**	۱/۷**	۵/۸*	۰/۰۹**	۳/۸۵**
سال*نیتروژن	۲	۰/۰۷^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۳**	۰/۳^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۶^{ns}
آبیاری *نیتروژن	۴	۰/۳*	۰/۰۰۲ns	۰/۹۴^{ns}	۰/۵۳^{ns}	۰/۰۰۵ns	۰/۴^{ns}
سال*آبیاری*نیتروژن	۴	۰/۴^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۲۱^{ns}	۰/۱۴^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۷*
خطای b	۲۴	۰/۳	۰/۰۰۴	۰/۳۷	۰/۲۲	۰/۰۰۳	۰/۱۶
CV (٪)		۸/۳	۱۱/۵	۶/۴	۸/۷	۷/۹۹	۴/۱

ns ,* و ** : به ترتیب تفاوت غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

معنی‌دار نبودن اثر سال و آبیاری در روش بی-خاکورزی نشان دهنده روند یکسان تغییرات، کاهش عملکرد دانه با اعمال تنش آبی، در دو سال اجرای آزمایش است جدول(۴). مقایسه میانگین تیمارها در روش بی‌خاکورزی نشان داد که عملکرد دانه در آبیاری کامل، I_3، (۵/۶ تن در هکتار) بالاتر از تیمارهای I_2 و I_1، و تیمار I_2 (با عملکرد دانه ۵/۱ تن در هکتار) بالاتر از تیمار I_1 (با عملکرد ۴/۳ تن در هکتار) بود جدول(۴). مقایسه این ارقام با روش خاک ورزی مرسوم در شرایط شیب، بافت و تاریخ کاشت مشابه، نشان داد که مقدار عملکرد و کارایی مصرف آب در روش بی‌خاکورزی به ترتیب ۸/۵ و ۲۰ درصد کاهش یافته است جدول(۴). معمولا در روش

خاکورزی برای تهیه زمین، عملیات آبیاری لازم است. اندازه گیرهای به عمل آمده در محل اجرای طرح نشان داد که حدود ۱۰۰ میلی متر آب برای گاورو شدن زمین مصرف می شود. درصورتی که این مقدار آب در محاسبات کارایی مصرف آب دخالت داده شود، مقدار عددی کارایی مصرف آب در دو روش خاکورزی به هم نزدیک خواهد شد. علی رغم اینکه در روش خاکورزی اثر سال و آبیاری برای صفت عملکرد معنی‌دار شد، روند تغییرات عملکرد برای تیمارهای مختلف آبیاری در دو سال اجرای آزمایش یکسان است. اما این روند برای صفت کارایی مصرف آب کاملا برعکس می باشد. به طوری که در سال اول تیمار I_3 و در سال دوم تیمارهای I_2 و I_1 کارایی مصرف آب بالاتری داشتند.

جدول ۴- مقایسه میانگین دو ساله صفات مهم برای سطوح مختلف آبیاری در دو روش خاک ورزی

	تیمار		سال اول	سال دوم
	عملکرد ($kgha^{-1}$)	کارایی مصرف آب ($kgha^{-1}m^{-3}$)	عملکرد ($kgha^{-1}$)	کارایی مصرف آب ($kgha^{-1}m^{-3}$)
I_3	۷۰۱۰a	۰/۷۵a	۵۶۱۰a	۰/۶a
I_2	۶۰۹۰b	۰/۷۸ab	۴۹۳۰b	۰/۵۹a
I_1	۵۴۴۰b	۰/۸۵a	۳۴۱۰c	۰/۵b

علت این امر را می توان در وضعیت بارش دو سال جستجو نمود. بارندگی های سال اول در سه نوبت ۵۲، ۷۹ و ۹۸ روز پس از کاشت اتفاق افتاد و در مقایسه با سال دوم(بارندگی در یک نوبت ۱۰۲ روز پس از کاشت) مقدار و توزیع بهتری داشت. این بارندگی‌ها، به خصوص در تیمار کم آبیاری I_1، افزایش رطوبت خاک و کاهش نسبی تنش رطوبتی در مرحله شیری شدن و مراحل بعدی را به همراه داشته است.

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مهم در خاک ورزی مرسوم برای سطوح مختلف آبیاری در دو سال متوالی

تیمار	بی خاک ورزی			خاک ورزی مرسوم		
	عملکرد ($kgha^{-1}$)	کارایی مصرف آب ($kgha^{-1}m^{-3}$)	پروتئین (٪)	عملکرد ($kgha^{-1}$)	کارایی مصرف آب ($kgha^{-1}m^{-3}$)	پروتئین (٪)
I_3	۵۶۰۰a	۰/۵۴a	۹/۳۱a	۶۴۰۰a	۰/۶۸a	۹/۷a
I_2	۵۱۰۰b	۰/۵۵a	۹/۲۹a	۵۵۰۰b	۰/۶۹a	۹/۹a
I_1	۴۲۰۰c	۰/۵۴a	۹/۶۵a	۴۴۰۰c	۰/۶۷a	۱۰/۲a

ب- اثرسطوح کود نیتروژن بر عملکرد ذرت

اثر مقدار نیتروژن برای صفت درصد پروتئین و کارایی مصرف آب در سطح ۱٪ و برای صفت عملکرد دانه در سطح ۵٪ معنی‌دار بود جدول (۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها جدول(۶) نشان داد که در هر دو روش خاک ورزی تیمار N_{300} عملکرد دانه و مقدار کارایی مصرف آب آبیاری بالاتری داشته و از لحاظ آماری برتر از تیمار N_{150} و با تیمار N_{225} در یک سطح آماری بود. همچنین مقایسه میانگین ها نشان داد که در روش بی خاک ورزی درصد پروتئین دانه در تیمار N_{300} (به میزان ۱۰/۱) بالاتر از تیمار N_{225} (با مقدار۹/۶۳ درصد) و هردو بالاتر از تیمار N_{150} (با مقدار ۸/۵۲

درصد) بود. بنابراین برای دستیابی بـه عملکـرد دانـه بـالا مقادیر ۲۲۵ یا ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص توصیه مـی-شود. اما درصورتی که هدف دستیابی بـه بـالاترین میـزان پروتئین دانه باشد، مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتـروژن خـــــالص قابـــــل توصـــــیه اســـــت.

.

جدول ۶- مقایسه میانگین دو ساله صفات مهم برای سطوح نیتروژن در دو روش خاکورزی

تیمار	بی خاک ورزی			خاک ورزی مرسوم		
	عملکرد ($kgha^{-1}$)	کارایی مصرف آب ($kgha^{-1}m^{-3}$)	پروتئین (٪)	عملکرد ($kgha^{-1}$)	کارایی مصرف آب ($kgha^{-1}m^{-3}$)	پروتئین (٪)
N_{150}	۴۵۰۰b	۰/۵b	۸/۵۲c	۴۹۰۰b	۰/۶۲c	۹/۶b
N_{225}	۵۰۰۰a	۰/۵۶ab	۹/۶۳b	۵۳۰۰a	۰/۶۶b	۹/۸b
N_{300}	۵۴۰۰a	۰/۵۹a	۱۰/۱a	۶۰۰۰a	۰/۷۶a	۱۰/۵a

سلیم‌پور (۱۳۷۷) با استفاده از سـه سـطح ۱۸۷، ۲۵۰ و ۳۱۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نشان داد که مقدار پروتئین دانه با افزایش مقدار نیتروژن افزایش یافت. نتایج سایر محققان اثر مثبت نیتروژن بر افزایش عملکرد دانه را مورد تایید قرار داده‌اند(آل کیسـی و یـین، ۲۰۰۳ و سـلیم پور، ۱۳۷۷). اثر سال و کود نیتروژن برای صفت درصـد پروتئین دانه و در روش بی‌خاکورزی معنـی دار شـد. لـذا تجزیه و تحلیل هر سال بصورت جداگانه صورت گرفت.

نتایج نشان داد که درصد پروتئین دانه دو تیمـار N_{300} و N_{225} در یـک سـطح (بـه ترتیـب ۱۰/۲ و ۹/۶۵ درصد) و بالاتر از تیمار N_{150} (با مقدار ۷/۸۹ درصد) بـود حال آنکه در سال دوم ارقام درصد پروتئین نزدیک به هم بوده و دو تیمار N_{300} و N_{150} (به ترتیـب بـا مقـادیر ۱۰و ۹/۱۶ درصد) اختلاف معنی‌دار داشته و با تیمـار N_{225} (بـا مقدار ۹/۶ درصد) در یک سطح قرار داشتند.

ج- اثر متقابل آب و کود بر عملکرد

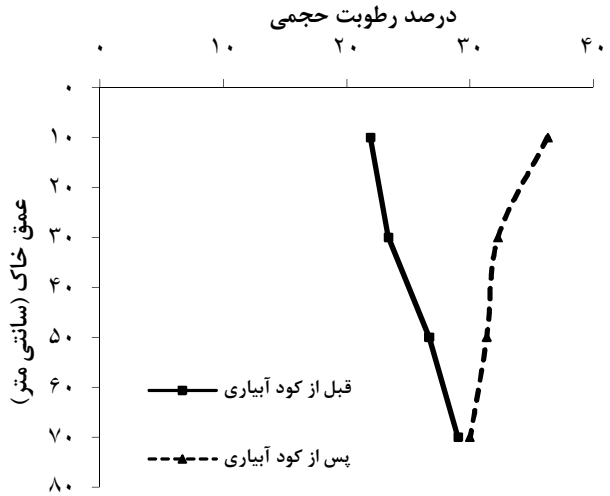
اثر متقابل آب و کود نیتروژن فقط در روش بی-خاکورزی برای صفت عملکرد دانه در سطح ۵٪ معنی دار بود (جدول۳). به طوری که بیشترین عملکرد دانه مربـوط به رژیم آبیاری I_3 و تیمار کودی N_{300} (به میـزان ۶/۲ تـن در هکتار) و در مرتبه بعدی تیمار N_{225} از رژیم آبیاری I_3 و در مراتب بعدی سطوح کودی مربوط به رژیم آبیاری I_2 قرار داشتند.

روند انتقال نیترات در نیم رخ خاک

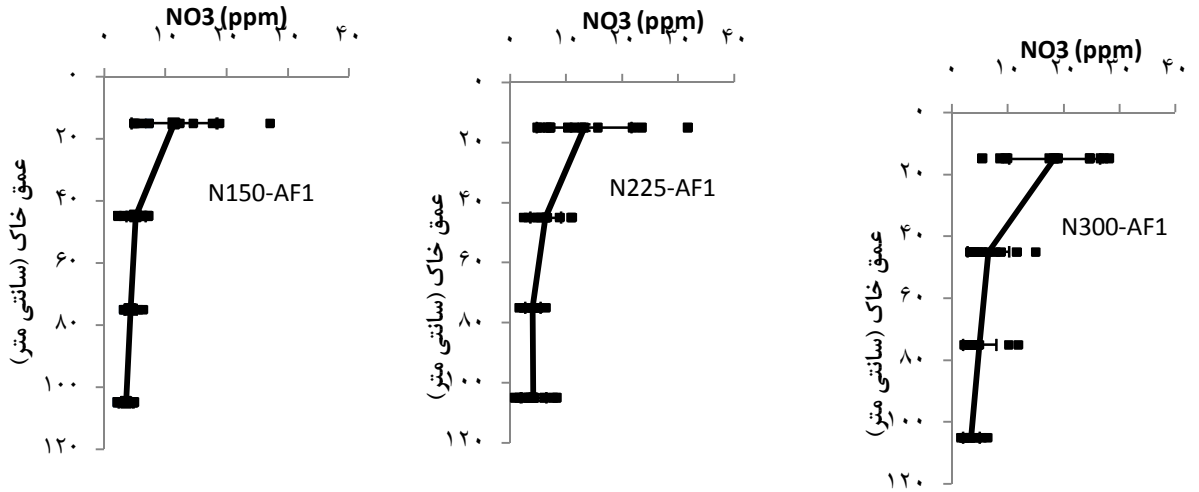
غلظت نیترات نمونه های خاک در هـر یـک از سطوح آب و کود در هفت نوبت اندازه‌گیری شد و سپس تغییرات غلظت آنها در نیم‌رخ خـاک بـرای حالـت تـامین ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری (I_3) و سـطوح مختلـف نیتـروژن برای دو سال متوالی ارائه شد. مقـادیر غلظـت نیتـرات در نیم رخ خاک ، برای هر یک از مراحل قبـل (بـا علامـت BF) و پس از کود آبیاری (با علامـت AF) (بـه اسـتثنای قبل از کود آبیاری اول که بـرای تعیـین نیتـرات خـاک از نمونه مرکب خاک اسـتفاده شـد)، در شـکل هـای ۴ و ۵ نشان داده شده است. تجزیه و تحلیل آماری نشان دهنـده اختلاف معنی دار نیترات در عمق هـای مختلـف، مقـادیر کود و زمان نمونه برداری است(نتایج ارائه نشده است).

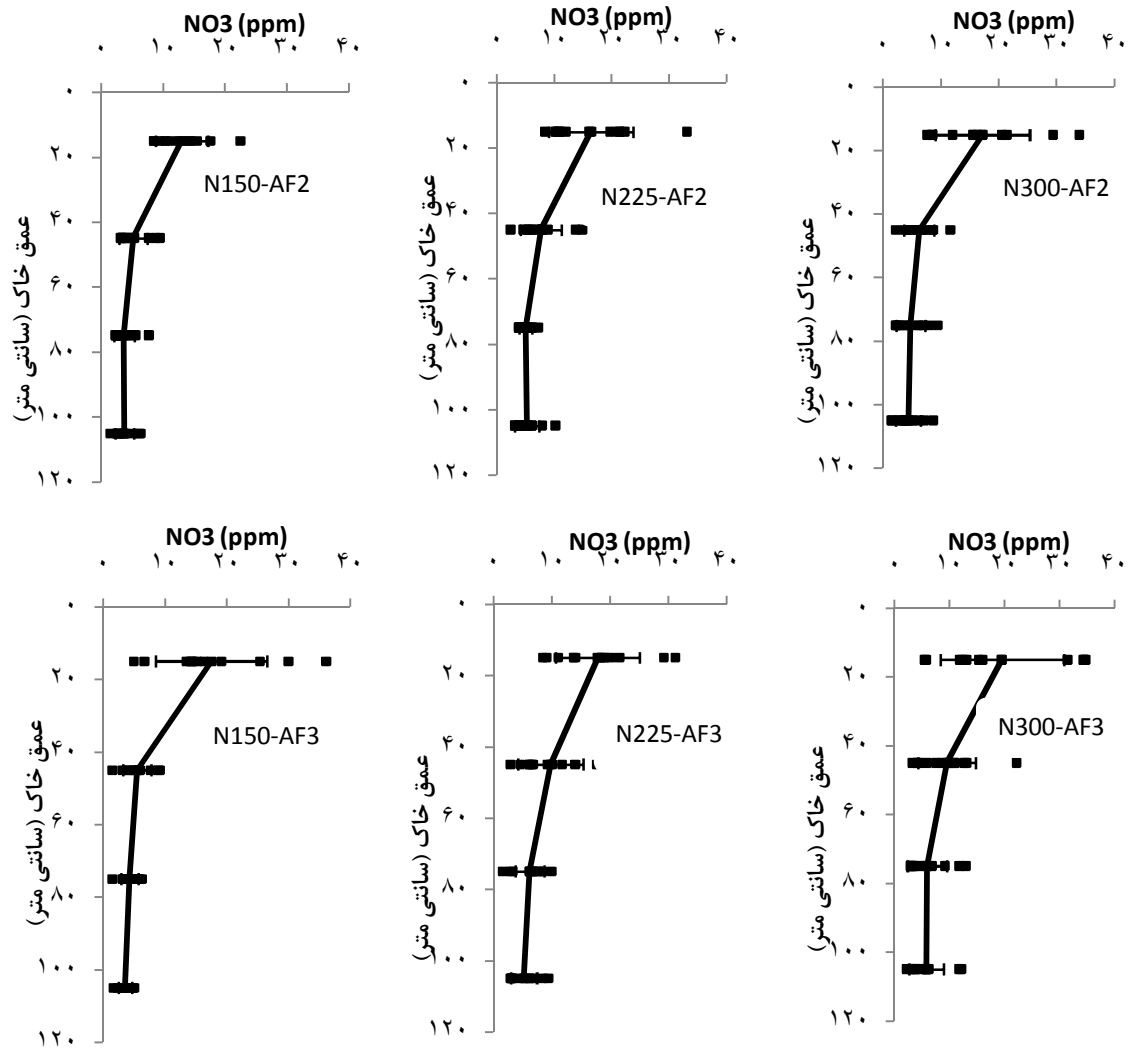
به طوری‌که غلظت نیترات ۱۰ روز پـس از هـر یک از مراحل کودآبیاری (AF1، AF2 و AF3) (شکل۴) بیانگر افزایش ۲ تـا ۳ برابـری آن در لایـه ۳۰ -۰ سـانتی متری نسبت به زمان قبـل از کودآبیـاری اسـت (تغییـرات غلظت نیترات خاک تا عمق ۱۲۰cm قبل از کود آبیـاری ۵ppm - ۳ اندازه گیری شد)، حـال آنکـه مقـدار غلظـت نیترات در عمق‌های ۶۰cm تا ۱۲۰ بـرای هـر سـه سـطح کودی تغییر نکرده است. زیرا اعمال کودآبیـاری در زمـان

پیشروی آب و قطع جریان آب ورودی قبل از رسیدن آب به انتها صورت گرفت. بـه طـوری کـه اخـتلاف رطوبـت خاک در مراحل قبل و پس از کود آبیاری در عمـق پـایین تر از ۶۰ سانتی متر ناچیز اندازه گیری شد شکل(۳).



شکل۳- متوسط رطوبت خاک قبل و پس از کود آبیاری در روش بی‌خاکورزی





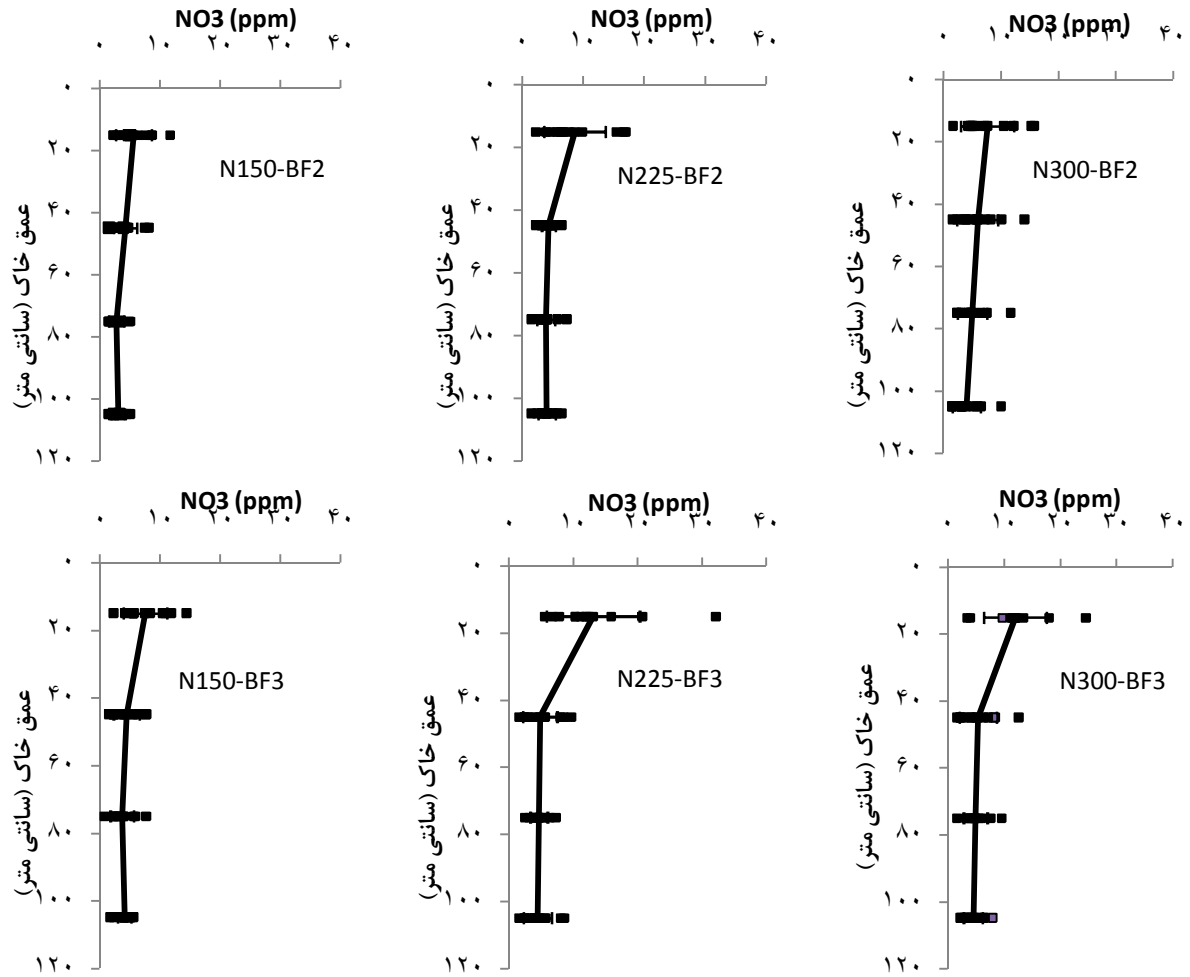
شکل۴ - تغییرات غلظت نیترات در پروفیل خاک پس از کود آبیاری اول، دوم و سوم

علاوه بر این تقسیط کود در چند مرحله، باعث شده تا نیترات به لایه های پایین تر از ۶۰ cm نفوذ نکند.

مطالعات کود آبیاری در یک خاک لومی بدون پوشش نیز نشان داد که مقدار نیترات تا عمق ۷۰cm نفوذ نموده و تغییرات غلظت نیترات در اعماق پایین تر از cm ۴۰ ناچیز است (عباسی و همکاران، ۱۳۸۷). کاهش نیتروژن معدنی خاک با افزایش عمق خاک توسط ستیا و همکاران (۲۰۰۶) گزارش شده است. آنها گزارش کردند که کود نیتروژن، غلظت نیترات را در خاکی با بافت لومی شنی و در تناوب ذرت–گندم فقط تا عمقcm ۴۵ تحت تاثیر قرار داد.

مطالعات دیگر نشان داده که آبیاری‌های سنگین یکی از عوامل انتقال نیترات به لایه های پایین تر از عمق ریشه است (زمان و همکاران، ۲۰۰۱). انحراف معیار زیاد غلظت نیترات لایه سطحی خاک میله های افقی در شکل (۴) بیانگر تغییرات زیاد نیترات لایه سطحی خاک در نقاط مختلف نمونه برداری است.

.



شکل۵ - تغییرات غلظت نیترات در پروفیل خاک قبل از کود آبیاری دوم و سوم

خصوصیات مکانی محل اندازه‌گیری به لحاظ میزان بقایا، عمق توسعه ریشه گیاه و مقدار فرصت نفوذ احتمالا باعث شده تا تغییرات غلظت نیترات لایه سطحی خاک بیش از لایه‌های دیگر باشد. اندازه‌گیری غلظت نیترات پس از برداشت ذرت نشان داد که میزان نیترات خاک در تمام تیمارها به مقدار نیترات اولیه خاک در زمان قبل از کاشت رسیده است، بدون آنکه حرکت و تجمع نیترات در لایه‌های زیرین خاک مشاهده شود. وجود بقایا در کف جویچه‌ها و تجزیه تدریجی آنها در مراحل کود آبیاری و مراحل پس از آن، احتمالا باعث شده تا از نفوذ عمقی و آبشویی نیترات جلوگیری شود (بالوتا و همکاران، ۲۰۰۴). از طرف دیگر کاهش دما درانتهای دوره رشد ذرت، باعث شده تا تبخیر و تعرق گیاه کاهش و فاصله بین آبیاری ها افزایش یابد و این امر مانع از انتقال نیترات به لایه‌های زیرین خاک شود

نتیجه گیری

تاثیر بی خاک ورزی و مقادیر مختلف آب و کود نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه ای و حرکت نیترات در اراضی سنگین (با مقادیر رس بیش از ۳۰ درصد) و کم شیب شمال استان خوزستان مورد مطالعه قرار گرفت. شیب کم زمین باعث افزایش زمان پیشروی و در نتیجه افزایش حجم آب آبیاری در هر نوبت آبیاری نسبت به روش خاک ورزی مرسوم شد. تیمارهای کم آبیاری (I_1 و I_2) فارغ از مقدار بارندگی در هر دو روش خاک ورزی موجب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شدند. کارایی مصرف آب سال اول در

روش خاک ورزی مرسوم به دلیل مقدار و توزیع بارش، متفاوت از سال دوم بود. به طوری که در سال اول تیمار I_3 و در سال دوم تیمارهای I_2 و I_1 کارایی مصرف آب بالاتری داشتند. حال آنکه در روش بی‌خاکورزی تفاوت معنی داری بین دو سال مشاهده نشد.

بنابراین آبیاری کامل ذرت (تامین ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه) در شرایط اقلیمی خوزستان توصیه می شود. افزایش مقدار کود نیتروژنه در هر دو روش خاکورزی باعث افزایش عملکرد گیاه و درصد پروتئین دانه شد. بنابراین برای دستیابی به عملکرد دانه بالا مقادیر ۲۲۵ یا ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص توصیه می شود. اما درصورتی که هدف دستیابی به بالاترین میزان پروتئین دانه باشد، مقدار ۳۰۰ کیلو گرم در هکتار نیتروژن خالص قابل توصیه است. انتقال نیترات به عمق های پایین تر از ۶۰ cm در هیچ یک از مراحل کود آبیاری مشاهده نشد. به طوری که مقادیر نیترات خاک در هر یک از سطح کودآبیاری در عمق های ۱۲۰cm–۶۰ نزدیک به مقدار اولیه اندازه گیری شد.

سپاسگزاری

امکانات و تسهیلات مورد نیاز برای انجام این تحقیق توسط مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد دزفول و سازمان جهاد کشاورزی استان خوزستان فراهم گردیده که در اینجا از کلیه همکاران این مراکز قدردانی به عمل می آید

فهرست منابع

۱. برزگری، م. آفرینش،ع.، اسلامی زاده، ر.، قنبری بیرگانی، د.، زاده دباغ،غ.، میرزا شاهی، ک.، سلیم پور، س. و م. خرمیان. ۱۳۸۶. کاشت، داشت و برداشت ذرت در استان خوزستان. انتشارات فنی حوزه ترویج و نظام بهره برداری خوزستان. ۲۸ص.

۲. خرمیان،م. برومند نسب،س. عباسی،ف. و اشرفی زاده،س.ر. ۱۳۹۰. اثر مقادیر مختلف آب و نیتروژن بر حرکت نیترات در خاک و عملکرد ذرت. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. دوره ۴۲. شماره ۲.ص ۲۷۸–۲۷۱

۳.سلیم پور، س. ۱۳۷۷. بررسی تاثیر منابع و مقادیر مختلف کود ازته در عملکرد ذرت دانه ای. انتشارات مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد. شماره ثبت ۷۸/۲۹۳. ۱۱ص.

۴.عباسی، ف.، لیاقت، ع. و گنجه، ا. ۱۳۸۷. ارزیابی یکنواختی کودآبیاری در آبیاری جویچه ای. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۳۹، شماره۱ ، ص. ۱۲۷–۱۱۷

۵.نادری، ا. ۱۳۹۰. ارزیابی اثرات عرض پشته و تعداد خطوط کاشت بر عملکرد دانه ارقام گندم. مجله تولیدات کشاورزی زراعت، اصلاح نباتات و باغبانی. جلد ۳۱، شماره۱. ص ۹۶–۸۳

6. Al-Kaisi, M.M., and X.Yin. 2003. Effects of nitrogen rate, irrigation rate, and plant population on corn yield and water use efficiency. *Agronomy Journal*. 95:1475–1482.

7.Bahrani, M.J., Raufat, M.H., and H. Ghadiri. 2007. Influence of wheat residue management on irrigated corn grain production in a reduced tillage system. *Soil and tillage research*. 94:305-309.

8. Balota, E.L., Colozzi, A., Andrade, D.S., and R.P. Dick. 2004. Long-term tillage and crop rotation effects on microbial biomass and C and N mineralization in a Brazilian Oxisol. *Soil and Tillage Research*. 77:137-145.

9.Bremner, J. M, and D.R. Keeney. 1965. Stream distillation methods for determination of ammonium, nitrite and nitrate. *Analytical Chemistry*. 32:485-495.

10.Champion, G., and R. C. Bartholomy. 1992. Fertigation through surge values [Online]. Available at *www.Prsurge. Com/ csfert. htm*.

11. Christensen, B.T. 1986. Barley straw decomposition under field conditions: Effect of placement and initial nitrogen content on weight loss and nitrogen dynamics. *Soil Biology and Biochemistry*. 18:523-529.
12. Doorenbos, J., and A.H. Kassam. 1977. Yield response to water irrigation and drainage. *paper, No.33. FAO*, Rome, Italy.
13. Fernandes, F. C., Libardi, P. L., and L. A. Carvalho. 2006. Internal drainage and nitrate leaching a corn-black oat-corn succession with two split nitrogen application. *Science Agricultural Journal*. 63(5): 483-492.
14. Mahvi, A. H., Nouri, J., Babaei A. A., and R. Nabizadeh. 2005. Agricultural activities impact on groundwater nitrate pollution. *International Journal Environment Science Technology*. 2(1): 41-47.
15.Pandey, R.K., Maranwille, J.W., and A. Admou. 2000a. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. I.Grain yield and yield components. *Agricultural Water Management*. 46(1):1-13.
16.Pang, X.P., and J. Letey. 1998. Development and evaluation of ENVIRO-GRO, an integrated water, salinity, and nitrogen model. *Soil Science Society American Journal.* 62 (5): 1418–1427.
17.Setia, R.K., Sharma, K.N., and V.K. Verma. 2006. Movement of nitrogen in a sandy loam soil under continous maize-wheat cropping system. *Journal Acta Agronomica Hungarica*. 54(4): 487-497.
18. Shipitalo, M.J., and W.M. Edwards. 1993. Seasonal patterns of water and chemical movement in tilled and no- till column lysimeters. *Soil Science Society American Journal*. 57: 218-223.
19.Strudley, M.W., Green, T.R., and J.C. Ascough. 2008. Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science. *Soil Tillage Research.* 99:4-48.
20.Tarkalson, D.D. 2006. Nitrate accumulation and movement under deficit irrigation in soil receiving cattle manure and commercial fertilizer. *Agricultural water management.* 85:201-210.
21.Walker, W. R., and G. V. Skogerboe. 1987. Surface Irrigation: Theory and Practice, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.386 P.P.
22.Zaman, W., Arshad, M., and A., Saleem, 2001. Distribution of nitrate-nitrogen in the soil profile under different irrigation methods. *International Journal of Agriculture & Biology*. 3 (2): 208-209.
23. Zhou, J.B. Xi, J.G. Chen, Z.J., and S.X. Li. 2006. Leaching and Transformation of Nitrogen Fertilizers in Soil After Application of N with Irrigation: A Soil Column Method. *Pedosphere* 16 (2): 245–252.