تاثیر پساب و کود نیتروژن بر غلظت عناصر غذایی در ذرت شیرین

محمدجواد فریدونی[۱] *، هوشنگ فرجی و حمیدرضا اولیایی

دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد زراعت دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه یاسوج، fereidooni2010@yahoo.com

استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه یاسوج، hooshangfarajee@yahoo.com

استادیار گروه خاک‌شناسی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه یاسوج، h_owliaie@yahoo.com

چکیده

برای ارزیابی اثر استفاده از پساب شهری و کود ازت بر غلظت عناصر غذایی در ذرت شیرین، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در سال ۱۳۸۸ در مزرعه پژوهشی شهر یاسوج انجام شد. عامل اصلی آزمایش پنج تیمار آبیاری بود شامل: I_1: آبیاری مزرعه با آب معمولی در کل فصل رشد ؛ I_2: از مرحله سبز شدن گیاه (مرحله ۱۰) تا مرحله ظهور نر خوشه یا تاسل (مرحله ۵۰)، آبیاری با پساب و از مرحله ظهور تاسل (مرحله ۵۰) تا مرحله شیری دانه (مرحله ۸۲)، آبیاری با آب معمولی ؛ I_3:از مرحله سبز شدن گیاه (مرحله ۱۰) تا مرحله ظهور تاسل (مرحله ۵۰)، آبیاری با آب معمولی و از مرحله ظهور تاسل (مرحله ۵۰) تا مرحله شیری دانه (مرحله ۸۲)، آبیاری با پساب ؛ I_4: آبیاری یک در میان با آب معمولی و پساب ؛ I_5: آبیاری مزرعه با پساب در کل فصل رشد. عامل فرعی شامل کود ازت در سه سطح (N_{0}=۰، N_{80}=۸۰ و N_{160}=۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) بود. نتایج نشان داد که تاثیر آبیاری بر غلظت عناصر پرمصرف و کم‌مصرف علوفه و دانه ذرت شیرین معنی‌دار شد. بیشترین جذب عناصر گیاه در سطوح آبیاری I_5 و I_4 و کمترین جذب عناصر در سطح آبیاری I_1 بدست آمد. تاثیر کود ازته بر غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، آهن و منگنز علوفه و غلظت عنصر نیتروژن دانه گیاه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. به طوری که بیشترین غلظت عناصر یاد شده در سطح کودی N_{80} و کمترین غلظت عناصر مطرح شده در سطح کودی N_0 بدست آمد. برهمکنش آبیاری و کود ازته بر غلظت عنصر نیتروژن دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین غلظت نیتروژن دانه در تیمار I_5N_{160} معادل ۲/۱۷ درصد و کمترین میزان نیتروژن دانه در تیمار I_1N_0 معادل ۱/۲ درصد بدست آمد. نتایج بیانگر این مطلب است که کاربرد پساب باعث کاهش مصرف کود شیمیایی نیتروژن در تولید علوفه ذرت شیرین می‌شود. به طور کلی کاربرد پساب برای مواد خوراکی قابل توصیه نمی‌باشد و در این زمینه هشدار داده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری ذرت، بر همکنش آب ونیتروژن، عملکرد علوفه، غلظت نیتروژن دانه، کیفیت علوفه

مقدمه

گسترش نیازهای انسان در زمینه کشاورزی و بالارفتن سطح بهداشت عمومی، باعث شده که منابع آب شیرین سطحی و زیرزمینی بیش از حد مصرف شود. این مسئله در دوره‌های خشکسالی تشدید می‌شود و برای کشورهایی نظیر ایران محسوس‌تر است. وقتی تأمین آب شیرین، پاسخگوی نیازهای کشاورزی، صنعتی

---

[۱]. **آدرس نویسنده‌ی مسئول** : یاسوج، دانشگاه دولتی یاسوج، دانشکده‌ی کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، کدپستی: ۷۵۹۱۸۷۴۸۳۱

* دریافت: بهمن ۱۳۹۱و پذیرش:آبان ۱۳۹۲

و شهری نباشد، توجه به استفاده از پساب تصفیه شده، آب نمک زدایی شده دریا و دیگر آب‌های غیرمتعارف اهمیت خواهد یافت (شریعتمدار، ۱۳۸۳). در این میان، پساب تصفیه شده شهری، آبی بسیار با ارزش است که به سبب دارا بودن مواد معدنی و آلی می‌تواند نقش مهمی در حاصلخیزی اراضی کشاورزی داشته باشد. با توجه به ماهیت دوگانه پساب (منبع تأمین آب و آلایندگی) بازیافت آن به عنوان یکی از راهکارها و فرصت‌های کلیدی به منظور بهبود وضعیت آب مطرح می‌باشد (کاس و همکاران، ۲۰۰۴).

نظری و همکاران (۱۳۸۵) گزارش کردند استفاده از پساب، موجب افزایش غلظت نیتروژن ذرت می‌شود. به دلیل بالا بودن نیاز ذرت به نیتروژن، استفاده از کود ازته همراه با پساب مد نظر قرار گرفت و تا حدودی نیتروژن موجود در پساب جایگزین کود ازته در تولید ذرت شد و کاهش مصرف کود نیتروژن را به همراه داشت. همچنین، این محققان گزارش کردند که کاربرد پساب بر غلظت عناصر فسفر و پتاسیم گیاهان تاثیری نداشته است. آن‌ها همچنین نشان دادند غلظت عناصر آهن، روی، منگنز و مس در گیاهان آبیاری شده با پساب، افزایش می‌یابد. افزایش عملکرد ذرت تحت تیمار آبیاری با پساب، احتمالا مربوط به عناصر غذایی موجود در پساب نظیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم بود که به عنوان جایگزین‌های مناسب برای کودهای شیمیایی عمل نموده‌اند (ولی نژاد و همکاران، ۱۳۸۰).

اوچی‌اردبیلی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند با کاربرد کود نیتروژن‌دار، بیشترین جذب عناصر فسفر و مس در سطح ۸۰ کیلوگرم کود نیتروژن بدست آمد و از این مقدار به بعد، افزایش در سطوح کود نیتروژن، تاثیر معنی‌داری بر جذب این عناصر نداشت. همچنین، این محققان گزارش کردند با افزایش کود نیتروژن تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، جذب عناصر کلسیم و پتاسیم بیشتر شد. استفاده از پساب، موجب افزایش غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در اندام گیاه ذرت شد، اما غلظت کلسیم در مقایسه با آب معمولی کاهش یافت (بهروز و لیاقت، ۱۳۸۴). گزارش شده است که تصفیه فاضلاب در حد تصفیه ثانویه، برای آبیاری در گیاهان خوراکی (مانند ذرت دانه‌ای) و گیاهان علوفه‌ای (مانند ذرت علوفه‌ای) ضروری می‌باشد (ای‌پی‌آ، ۱۹۹۵). ملاحسینی و فیضی (۱۳۸۷) با کاربرد پساب گزارش کردند بیشترین غلظت عناصر آهن و منگنز در ذرت علوفه‌ای به ترتیب معادل ۳۳۵/۲۵ و ۱۴۴/۷۸ میلی‌گرم در لیتر بود.

یک گیاه علوفه‌ای مطلوب باید دارای عملکرد علوفه و ماده خشک بالا، قابلیت هضم بالا، فیبر کم، پروتئین بالا باشد و به غیر از پروتئین بالا سایر خصوصیات ذرت از سایر گیاهان علوفه‌ای برتر است (لموس و همکاران، ۲۰۰۸). کاراسو و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند با افزایش کود ازت در چند رقم ذرت، غلظت نیتروژن دانه افزایش یافت. آندراسکی و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند به دلیل تولید عملکرد علوفه بالا، نیاز نیتروژنی ذرت بالا است. مصرف بهینه نیتروژن ضمن کاهش تلفات نیتروژن و مرتفع نمودن نیاز گیاهی، باعث حداکثر عملکرد گیاه می‌شود (پائولو و رینالدی، ۲۰۰۷).

در مطالعات صورت گرفته، مشخص شد که پساب تا حدی می‌تواند عناصر مورد نیاز را در اختیار گیاهان قرار دهد. اما استفاده از کود شیمیایی در این شرایط می‌تواند بر افزایش عملکرد گیاهان بیافزاید. همچنین قابل ذکر است که آبیاری با پساب برای مواد خوراکی قابل توصیه نیست. لذا، این پژوهش به منظور بررسی اثر کاربرد پساب توأم با مصرف کود نیتروژن بر غلظت عناصر غذایی در ذرت شیرین و امکان سنجی کاهش مصرف کود شیمیایی نیتروژن همراه با کاربرد پساب در منطقه یاسوج انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر استفاده از پساب و کود ازت بر غلظت عناصر غذایی در ذرت شیرین آزمایشی به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در تابستان سال ۱۳۸۸ مجاور

تصفیه‌خانه یاسوج در منطقه‌ای با مختصات عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۹ دقیقه‌ی شمالی، طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه‌ی شرقی و ارتفاع ۱۸۳۲ متر از سطح دریا، اجرا شد. عامل اصلی آزمایش شامل آبیاری در پنج سطح با آب معمولی در کل فصل رشد I_1؛ از مرحله سبز شدن گیاه (مرحله رشدی ۱۰) تا مرحله ظهور تاسل (مرحله رشدی ۵۰)، آبیاری با پساب و از مرحله ظهور تاسل (مرحله رشدی ۵۰) تا مرحله شیری دانه (مرحله رشدی ۸۲)، آبیاری با آب معمولی I_2؛ از مرحله سبز شدن گیاه (مرحله رشدی ۱۰) تا مرحله ظهور تاسل (مرحله رشدی ۵۰)، آبیاری با آب معمولی و از مرحله ظهور تاسل (مرحله رشدی ۵۰) تا مرحله شیری دانه (مرحله رشدی ۸۲)، آبیاری با پساب I_3؛ آبیاری یک در میان با آب معمولی و پساب تصفیه شده I_4؛ آبیاری مزرعه با پساب در کل فصل رشد I_5، نام گذاری به روش شوته و مایر[1]، ۱۹۸۱ (اقتباس از نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۹) و عامل فرعی شامل نیتروژن در سه سطح ($N_{0.}$=۰، $N_{8.}$=۸۰ و $N_{16.}$=۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) بود.

هر کرت آزمایشی دارای پنج متر طول، سه متر عرض، چهار ردیف کاشت (فاصله ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر) و فاصله بوته‌ها روی ردیف، ۱۹ سانتی‌متر بود. رقم ذرت شیرین هاروست گلد[2] بود که با تراکم ۷۰ هزار بوته در هکتار کشت شد. فاصله بین بلوک‌ها و بین کرت‌های اصلی دو متر و فاصله بین کرت‌های فرعی یک متر در نظر گرفته شد. پس از کاشت برای یکنواخت سبزشدن مزرعه، دو نوبت آبیاری با آب معمولی به فاصله ۲-۳ روز صورت گرفت و آبیاری‌های بعدی نیز مطابق نیاز گیاه بر اساس سطوح یادشده، انجام شد. به منظور آبیاری صحیح و یکنواخت واحدهای آزمایش، یک شبکه لوله کشی پلی اتیلنی همراه با یک کنتور حجمی استفاده شد. تعیین نیاز آبی بر اساس داده‌های تشتک تبخیر کلاس A هر هفت روز یک بار صورت گرفت. پساب مصرفی از تصفیه خانه و آب معمولی از رودخانه مجاور تصفیه‌خانه تامین شد. یک سوم کود نیتروژن پس از تنک‌کردن در مرحله دو برگی و دو سوم باقیمانده نیز یک ماه بعد از اعمال نوبت اول کود در اوایل مرحله ظهور گل‌تاجی مصرف شد. مقادیر کود شیمیایی بر اساس نتایج آزمون خاک محل آزمایش به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم در آزمایش اعمال شد. تمام کودهای سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم در یک مرحله به صورت یکنواخت و قبل از کاشت در سطح کرت‌های مربوطه پخش و کاملا با خاک مخلوط شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری قبل از کاشت در جدول (۱) نشان داده شده است. پساب در سه مرحله مورد تجزیه قرار گرفت. تجزیه اول (پساب A) در تاریخ ۲۰ تیر (اوایل مرحله کاشت)، تجزیه دوم (پساب B) در تاریخ ۲۰ مرداد (اواسط مرحله داشت)، تجزیه سوم (پساب C) در تاریخ ۲۰ شهریور (قبل از مرحله برداشت محصول) صورت گرفت. حد مطلوب پارامترهای شیمیایی موجود در پساب، با استفاده از EPA (۱۹۹۵) به انجام رسید. ویژگی‌های فاضلاب خام و پساب خروجی در جداول (۲) و (۳) و تجزیه شیمیایی پساب و آب رودخانه در جدول (۴) نشان داده شده است.

برای تعیین عملکرد علوفه، بوته‌های دو متر مربع وسط کرت‌ها کف‌بر شد (بلال‌ها جدا شدند) و سپس توزین شد. تعداد بلال‌ها در مساحت برداشت شده (دو متر مربع وسط کرت) شمارش شد. از شمارش تعداد دانه-های ۵ بلال و محاسبه میانگین آن‌ها، تعداد دانه در بلال بدست آمد. میزان نیتروژن علوفه و دانه ذرت شیرین، با دستگاه میکروکلدال، محاسبه شد (برمنر، ۱۹۹۶). پس از برداشت بلال‌ها، دانه‌های بلال‌ها جدا و سپس آن‌ها را درون آون قرار داده تا خشک شدند و با استفاده از دستگاه میکروکلدال میزان نیتروژن محاسبه شد. همچنین، علوفه ذرت شیرین (برگ و ساقه) پس از رسیدگی بلال برداشت

[1]- Schuette & Meier
[2]- Harvest Gold

شد و مانند روش یاد شده، میزان نیتروژن علوفه محاسبه شد. برای تعیین فسفر در گیاه، از روش رنگ‌سنجی در طول موج ۴۷۰ نانومتر و با استفاده از دستگاه طیف‌سنجی صورت گرفت (جونز و همکاران، ۱۹۹۱). اندازه‌گیری پتاسیم اندام‌های گیاهی، با دستگاه فلیم‌فتومتر صورت پذیرفت (جونز و همکاران، ۱۹۹۱). برای اندازه‌گیری عناصر کم‌مصرف و فلزات سنگین از روش هضم، سوزاندن خشک و ترکیب با اسید کلریدریک دو نرمال، استفاده شد (هارنز و کراچویل، ۱۹۸۲). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد، مقایسه شد.

با احتساب تبدیل تقریبی ۶۰ تا ۷۰ درصدی آب مصرفی شهروندان به فاضلاب، شهر یاسوج توان تولیدی ۲۴۰ لیتر پساب تصفیه شده را در هر ثانیه دارا است. این تصفیه‌خانه می‌تواند حدود ۱۶۰ هکتار از زمین‌های کشاورزی را آبیاری نماید. پساب تصفیه شده این شهر، دارای میانگین اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی[1] حدود ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر، میانگین اکسیژن‌خواهی شیمیایی[2] حدود ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر و میانگین مواد جامد کل[3] حدود ۵۸ میلی‌گرم بر لیتر است (جداول ۲ و ۳). در این تصفیه‌خانه برای ضدعفونی کردن به ازای یک متر مکعب فاضلاب، حدود ۳۰ گرم پودر کلر به پساب اضافه می‌شود. بنابراین، پساب برای سلامت انسان ایجاد مخاطره نمی‌نماید. البته این نکته نیز باید مدنظر قرار گیرد که آبیاری با پساب در محصولات خوراکی قابل توصیه نیست.

نتایج و بحث

عناصر غذایی موجود در علوفه ذرت شیرین

نتایج تجزیه واریانس داده‌های عملکرد علوفه و عناصر موجود در علوفه در جدول (۵)، اثرات ساده آبیاری و کود ازت بر عملکرد علوفه و غلظت عناصر علوفه ذرت شیرین در جدول (۶) و حد کفایت عناصر موجود در علوفه در جدول (۷) ارائه شده است. ذرت شیرین زمانی برداشت می‌شود که علوفه آن کاملا سبز است؛ در همین زمان کمبود علوفه نیز در بعضی مناطق وجود دارد. بنابراین علاوه بر مصرف ذرت شیرین برای تغذیه انسان، علوفه آن در این مناطق می‌تواند برای تغذیه دام نیز مورد استفاده قرار گیرد. به همین دلیل عملکرد علوفه به عنوان یک عامل مهم مورد توجه است.

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که تاثیر آبیاری، کود ازت و برهم‌کنش آبیاری و کود ازت بر صفت عملکرد علوفه از لحاظ آماری در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). بیشترین عملکرد علوفه در سطح آبیاری I_4 معادل ۲۴۹۴ گرم در متر مربع بدست آمد و با سطوح آبیاری I_5 و I_3 تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۶). کمترین عملکرد علوفه در سطح آبیاری I_1 معادل ۲۰۰۵ گرم در متر مربع بود (جدول ۶). افزایش عملکرد علوفه با آبیاری با پساب، می‌تواند به دلیل وجود عناصر مختلف در پساب که در چرخه‌های فتوسنتزی و ساختمان سیتوکروم‌ها حضور دارند، باشد که در نتیجه باعث افزایش فتوسنتز می‌شوند. در سطوح کودی نیتروژن، بیشترین عملکرد علوفه در سطح N_{16} بدست آمد که معادل ۲۴۸۲ گرم در متر مربع بود و کمترین عملکرد علوفه در سطح N_0 معادل ۲۰۰۰ گرم در متر مربع بدست آمد (جدول ۶). نیتروژن یکی از اجزای اصلی تشکیل دهنده‌ی کلروفیل می‌باشد و در کل باعث افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد رویشی گیاه خواهد شد و با توجه به کودپذیری بالای ذرت شیرین و واکنش سریع نسبت به نیتروژن با افزایش سطوح نیتروژن، رشد رویشی و در نتیجه عملکرد علوفه افزایش می‌یابد.

توسلی و همکاران (۲۰۱۰) با کاربرد پساب در ذرت شیرین گزارش کردند آبیاری با پساب باعث افزایش عملکرد علوفه ذرت شد؛ به طوری که بیشترین عملکرد علوفه، در تیمار آبیاری کامل با پساب و کمترین عملکرد علوفه، در تیمار آبیاری کامل با آب چاه بدست آمد. نظری و همکاران (۱۳۸۵) گزارش کردند بیشترین و کمترین

1- (BOD): Biochemical Oxygen Demand
2- (COD): Chemical Oxygen Demand
3- (TSS): Total Suspend Solids

عملکرد خشک اندام هوایی ذرت دانه‌ای به ترتیب در تیمارهای آبیاری با پساب و آبیاری با آب چاه بدست آمد. همچنین این محققین گزارش کردند افزایش عملکرد علوفه ذرت آبیاری شده با پساب به علت بیشتر بودن نیتروژن و فسفر موجود در پساب و همچنین بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک برای رشد بهتر گیاهان است. کسکین و همکاران (۲۰۰۵) با مصرف کود ازته در ذرت، گزارش کردند بیشترین عملکرد علوفه ذرت در تیمار ۱۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن بدست آمد. ملاحظه شد که بیشترین عملکرد علوفه معادل ۲۸۹۷ گرم در متر مربع در تیمار I_4N_{80} و کمترین عملکرد علوفه معادل ۱۸۶۳ گرم در مترمربع در تیمار I_1N_0 اندازه‌گیری شد؛ هر چند بین عملکرد علوفه تیمار I_4N_{80} (به میزان ۲۸۹۷ گرم در مترمربع) و I_3N_{160} (به میزان ۲۸۴۰ گرم در مترمربع) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱). در نتیجه می‌توان با آبیاری یک در میان با پساب تصفیه شده و آب معمولی و مصرف ۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به نتایج مطلوب در مورد عملکرد علوفه دست یافت. در سطوح بالاتر، نیتروژن باعث افزایش گسترش سطح برگ در هنگام نمو رویشی و حفظ بیشتر آن در حین دوره پرشدن دانه می‌شود که باعث کاهش انتقال مجدد نیتروژن برگ به دانه می‌شود. همچنین، نیتروژن به دلیل وظایفی که در فرآیندهای حیاتی گیاه انجام می‌دهد، نقش اساسی در دستیابی به عملکرد مناسب دارد. با این وجود، مصرف کودهای نیتروژنی اثرات متفاوتی بر عملکرد علوفه دارد. به طور کلی، افزایش هر عنصر (مثل نیتروژن) تا نقطه بهینه، عملکرد علوفه را افزایش می‌دهد و بعد از آن واکنش گیاه نسبت به کود کاهش می‌یابد (خلدبرین و اسلام‌زاده، ۱۳۸۰).

نتایج تجزیه آماری داده‌ها (جدول ۵) نشان داد تاثیر آبیاری بر غلظت نیتروژن علوفه ذرت شیرین در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین و کمترین غلظت نیتروژن در علوفه گیاه به ترتیب در سطوح آبیاری I_5 و I_1، معادل ۲/۰ و ۰/۹ درصد بدست آمد (جدول ۶). آبیاری با پساب در مرحله دوم فصل رشد گیاه، نسبت به آبیاری با پساب در مرحله اول فصل رشد گیاه، باعث افزایش غلظت نیتروژن شد. به نظر می‌رسد ذرت در مرحله پر شدن دانه، نسبت به کود ازت واکنش بیشتری نشان داده و غلظت نیتروژن علوفه آن افزایش یافته است.

تاثیر آبیاری بر غلظت فسفر علوفه ذرت شیرین در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). بیشترین و کمترین غلظت فسفر در علوفه گیاه به ترتیب در سطوح آبیاری I_5 و I_1، معادل ۰/۳۳ و ۰/۱۶ درصد بدست آمد (جدول ۶). احتمالا بالا بودن فسفر موجود در پساب، باعث تجمع بیشتر فسفر علوفه گیاه، نسبت به آبیاری با آب معمولی شد. تاثیر آبیاری بر غلظت پتاسیم علوفه ذرت شیرین در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). بیشترین و کمترین غلظت پتاسیم در علوفه گیاه به ترتیب در سطوح آبیاری I_5 و I_1، معادل ۰/۹۳ و ۰/۷۶ درصد بدست آمد (جدول ۶). تاثیر آبیاری بر غلظت سدیم علوفه ذرت شیرین در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). بیشترین و کمترین غلظت سدیم در علوفه گیاه به ترتیب در سطوح آبیاری I_5 و I_1، معادل ۰/۱۴ و ۰/۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمد (جدول ۶). بین سطوح آبیاری I_1، I_2، I_3 و I_4 اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. سطح آبیاری یک در میان با پساب و آب معمولی، نسبت به سطح آبیاری کامل با پساب، دارای غلظت کمتر سدیم در علوفه بود که نشان دهنده روشی مناسب برای کاهش شوری خاک (۱/۴ دسی‌زیمنس بر متر) و به تبع آن کاهش غلظت سدیم ذرت شیرین است.

تاثیر آبیاری بر غلظت آهن علوفه ذرت شیرین در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). بیشترین و کمترین غلظت آهن در علوفه گیاه به ترتیب در سطوح آبیاری I_5 و I_1، معادل ۲۴۸/۳ و ۲۱۶/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمد (جدول ۶). تاثیر آبیاری بر غلظت روی علوفه ذرت شیرین در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). بیشترین و کمترین غلظت روی در علوفه گیاه به ترتیب در سطوح آبیاری I_4 و I_1، معادل ۳۳/۵ و ۳۰/۰

میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمد (جدول ۶). تاثیر آبیاری بر غلظت مس علوفه ذرت شیرین در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). بیشترین و کمترین غلظت مس در علوفه گیاه به ترتیب در سطوح آبیاری I_5 و I_1، معادل ۱۸/۶ و ۱۵/۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمد (جدول ۶).

راتان و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند با کاربرد پساب، عنصر روی در گیاه ذرت افزایش یافت. در این بررسی مشخص شد بیشترین تجمع عنصر روی در اندام هوایی (علوفه) ذرت بود و کمترین مقدار آن در دانه ذرت مشاهده شد. توسلی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که آبیاری با پساب، باعث افزایش غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم شد؛ به طوری که حداکثر این پارامترها در تیمار آبیاری کامل با پساب بدست آمد. سلونسکایا و همکاران (۲۰۰۱) با کاربرد پساب گزارش کردند بالا بودن غلظت عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در پساب، باعث افزایش غلظت عناصر معدنی علوفه ذرت شد. فیضی (۲۰۰۱) گزارش کرد که غلظت عناصر آهن و منگنز در علوفه ذرت آبیاری شده با پساب، بیشتر از آب چاه بود. همچنین، این محقق گزارش نمود که خطر قابل توجهی در ارتباط با غلظت عناصر سنگین در خاک و گیاه آبیاری شده با پساب، وجود ندارد و آبیاری تناوبی (مخلوط کردن پساب با آب معمولی و کاربرد یک در میان پساب و آب معمولی) برای کاهش غلظت نمک در گیاه و خاک می‌تواند مورد توجه قرار گیرد و این شیوه آبیاری، غلظت عناصر سنگین در خاک و گیاه را کاهش داد.

نتایج آزمایش مطابق جدول (۵) نشان داد که تاثیر کود ازت بر غلظت نیتروژن علوفه ذرت شیرین در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین و کمترین غلظت نیتروژن به ترتیب در سطوح کودی $N_{۱۶۰}$ و $N_{۰}$، معادل ۱/۷ و ۱/۳ درصد بدست آمد (جدول ۶). تاثیر کود ازت بر غلظت فسفر علوفه ذرت شیرین در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). بیشترین و کمترین غلظت فسفر علوفه به ترتیب در سطوح کودی $N_{۱۶۰}$ و $N_{۰}$، معادل ۰/۲۶ و ۰/۲۴ درصد بدست آمد (جدول ۶). افزایش غلظت فسفر علوفه با افزایش کود ازت، احتمالا ناشی از رشد بیشتر ریشه‌ها در خاک و تجمع فسفر در گیاه بود. از سطح کودی $N_{۸۰}$ (به میزان ۰/۲۶ درصد) به سطح کودی $N_{۱۶۰}$ (به میزان ۰/۲۶ درصد)، در غلظت فسفر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). در واقع با افزایش کود نیتروژن، تا حد مشخصی فسفر تجمع می‌یابد و پس از آن با افزایش نیتروژن، تجمع فسفر در گیاه بیشتر نخواهد شد.

تاثیر کود ازت بر غلظت عناصر پتاسیم، سدیم و روی علوفه ذرت شیرین معنی‌دار نشد؛ ولی تاثیر کود ازت بر غلظت عناصر آهن، مس و منگنز علوفه ذرت شیرین در سطح پنج درصد معنی دار شد (جدول ۵). بیشترین غلظت این عناصر در سطح کودی $N_{۱۶۰}$ به ترتیب معادل ۲۴۰/۹، ۱۷/۷ و ۱۶۸/۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بدست آمد و کمترین غلظت این عناصر در سطوح کودی $N_{۰}$ به ترتیب معادل ۲۱۶/۷، ۱۶/۴ و ۱۵۰/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم بدست آمد (جدول ۶). مهمترین عناصر موثر در فرآیند فتوسنتز، عناصر نیتروژن، آهن و مس است. کوچکی و سرمدنیا (۱۳۸۰) گزارش کردند با افزایش نیتروژن، فعالیت عناصر تشکیل دهنده زنجیره انتقال الکترون بیشتر می‌شود. به همین دلیل میزان غلظت این عناصر در علوفه، افزایش یافت.

اوچی‌اردبیلی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند با افزایش کود نیتروژن تا سطح ۸۰ کیلوگرم در هکتار، غلظت فسفر گیاه افزایش یافت و از سطح ۸۰ الی ۱۶۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، روند افزایشی در غلظت فسفر گیاه، مشاهده نشد. این محققین گزارش کردند که با افزایش مصرف کود نیتروژن تا سطح ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، غلظت پتاسیم گیاه افزایش می‌یابد. نیتروژن گیاه به همراه رشد گیاه، تاثیر معنی‌داری بر افزایش جذب عناصر کم‌مصرف داشت (توسلی و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین، این محققین گزارش کردند کمترین غلظت مس گیاه در سطح عدم مصرف کود نیتروژن و بیشترین غلظت آن در سطح ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد و

در سطوح بالاتر کود نیتروژن، غلظت مس در گیاه کاهش یافت (اوچی‌اردبیلی و همکاران، ۲۰۱۰). با توجه به جدول (۷) تمام عناصر اندازه‌گیری شده در علوفه ذرت شیرین، در حد کفایت عناصر غذایی موجود در ذرت بود.

عناصر معدنی موجود در دانه ذرت شیرین

نتایج تجزیه واریانس داده‌های اجزای عملکرد و عناصر موجود در دانه در جدول (۸)، اثرات ساده آبیاری و کود ازت بر اجزای عملکرد و غلظت عناصر دانه ذرت شیرین در جدول (۹) حد کفایت عناصر موجود در دانه در جدول (۱۰) ارائه شده است.

به طور کلی کاربرد پساب برای مواد خوراکی قابل توصیه نمی‌باشد و در این زمینه هشدار داده می‌شود. تاثیر نیتروژن بر صفت تعداد بلال در متر مربع در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۸). تاثیر آبیاری و برهم‌کنش آبیاری و نیتروژن بر صفت تعداد بلال در متر مربع معنی‌دار نشد (جدول ۸). در سطوح کودی نیتروژن، بیشترین تعداد بلال در سطح $N_{۱۶۰}$ و کمترین تعداد بلال در سطح $N_{۰}$ به ترتیب معادل ۹/۶۴ و ۸/۴۷ بلال در متر مربع اندازه‌گیری شد (جدول ۹). با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد بلال با تعداد بلال، با افزایش نیتروژن، عملکرد بلال افزایش یافت و در نتیجه تعداد بلال بیشتر شد. ذرت شیرین گیاهی است که قدرت پنجه‌زنی کمی دارد، ولی هر بوته ممکن است یک، دو یا سه بلال تولید کند؛ رقم هاروست گلد یکی از ارقام مهم ذرت شیرین است که توانایی تولید پاجوش نابارور (پنجه‌های نابارور) دارد. با افزایش نیتروژن پاجوش‌هایی از طوقه گیاه به وجود آمد که به دلیل نابارور بودن، از ادامه رشد آن‌ها جلوگیری شد و از آنجایی که این رقم توانایی تولید دو یا سه بلال داشت، با افزایش نیتروژن، تعداد بلال نیز افزایش یافت. صفت تعداد بلال در متر مربع تحت تاثیر آبیاری قرار نگرفت (جدول ۸). نتایج تجزیه‌ی آماری داده‌ها نشان داد که تاثیر نیتروژن بر صفت تعداد دانه در بلال در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۸). تاثیر آبیاری و برهم‌کنش آبیاری و نیتروژن بر صفت تعداد دانه در بلال معنی‌دار نشد (جدول ۸). در اثر افزایش نیتروژن عملکرد بلال و در نتیجه وزن بلال افزایش یافت. صفت تعداد دانه در بلال همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات عملکرد بلال و تعداد بلال دارد.

در سطوح کودی نیتروژن، بیشترین تعداد دانه در بلال در سطح $N_{۱۶۰}$ و کمترین تعداد دانه در بلال در سطح $N_{۰}$ به ترتیب معادل ۵۷۸/۶ و ۴۵۰/۷ دانه در بلال، اندازه‌گیری شد (جدول ۹). صفت تعداد دانه در بلال، رابطه منفی با وزن هزار دانه دارد، به طوری که با افزایش نیتروژن از سطح $N_{۸۰}$ به سطح $N_{۱۶۰}$ وزن هزار دانه کاهش یافت، در صورتی که تعداد دانه در بلال این کاهش وزن هزار دانه را جبران نمود. با توجه به ارتباط طول بلال و تعداد دانه در بلال، با افزایش کود نیتروژن، طول بلال و به تبع آن تعداد دانه در بلال افزایش یافت. وجید و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند با افزایش کود نیتروژن از سطح ۱۵۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، تعداد دانه در بلال افزایش یافت.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول (۸) نشان داد که تاثیر آبیاری بر غلظت نیتروژن دانه ذرت شیرین در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین و کمترین غلظت نیتروژن در دانه گیاه به ترتیب در سطوح آبیاری $I_{۵}$ و $I_{۱}$، معادل ۲/۰ و ۱/۴ درصد بدست آمد (جدول ۹). به نظر می‌رسد که بالا بودن نیتروژن موجود در پساب، باعث افزایش غلظت نیتروژن در دانه گیاه شد. تاثیر آبیاری بر غلظت فسفر دانه ذرت شیرین در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۸). بیشترین و کمترین غلظت فسفر در دانه گیاه به ترتیب در سطوح آبیاری $I_{۵}$ و $I_{۱}$، معادل ۰/۲۸ و ۰/۱۱ درصد بدست آمد (جدول ۹).

تاثیر آبیاری بر غلظت عناصر پتاسیم، آهن و روی دانه ذرت شیرین معنی‌دار نشد، تاثیر آبیاری بر غلظت مس دانه ذرت شیرین در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۸). بیشترین و کمترین غلظت مس در دانه گیاه به ترتیب در سطوح آبیاری $I_{۵}$ و $I_{۱}$، معادل ۹/۸ و ۵/۱ میلی گرم بر کیلوگرم بدست آمد (جدول ۹). تاثیر آبیاری

بر غلظت منگنز دانه ذرت شیرین در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۸). بیشترین و کمترین غلظت منگنز در دانه گیاه به ترتیب در سطوح آبیاری I_5 و I_1، معادل ۱۸/۵ و ۱۶/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمد (جدول ۹).

راتان و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کرد با کاربرد پساب در ذرت عنصر آهن افزایش یافت. آن‌ها همچنین نشان دادند که این عنصر عمدتا در ریشه گیاه ذرت تجمع یافت و کمتر به اندام هوایی گیاه منتقل می‌شود. این محققین گزارش کردند که تجمع آهن در برگ‌ها از مقادیر تجمع یافته آهن در ساقه و دانه بیشتر بود. به طوری که تجمع بیشتر آهن در اندام هوایی را به استفاده این عنصر در فرآیند فتوسنتز، نسبت دادند. نظری و همکاران (۱۳۸۵) گزارش کردند تجمع عناصر مس و منگنز در ذرت آبیاری شده با پساب، نسبت به تیمار آبیاری با آب معمولی افزایش معنی‌داری داشت. نتایج آزمایش مطابق جدول (۸) نشان داد که تاثیر کود ازته بر غلظت نیتروژن دانه گیاه معنی‌دار شد. بیشترین و کمترین غلظت نیتروژن دانه به ترتیب در سطوح کودی N_{160} و N_0، معادل ۱/۸ و ۱/۶ درصد بدست آمد (جدول ۹). تاثیر کود ازت بر غلظت عناصر فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس و منگنز دانه گیاه معنی‌دار نشد (جدول ۸).

توفنسکی و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند با مصرف بیشتر نیتروژن، میزان فسفر دانه سویا افزایش یافت و در سطوح بالاتر نیتروژن، میزان فسفر گیاه کاهش یافت. عنصر فسفر به عنوان محرک رشد ریشه در جذب عناصر مغذی نقش دارد. با مصرف بیشتر نیتروژن، میزان فسفر دانه نیز افزایش نمود (مرشد و همکاران، ۲۰۰۸). کوماوات و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که جذب فسفر دانه سویا، ارتباط مهمی با میزان نیتروژن دارد و با افزایش نیتروژن، جذب فسفر گیاه افزایش یافت.

برهمکنش آبیاری و کود ازت بر غلظت نیتروژن دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۸)؛ ولی برهمکنش آبیاری و کود ازت بر غلظت عناصر فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس و منگنز معنی‌دار نشد. با توجه به شکل (۲) ملاحظه می‌شود بالاترین غلظت نیتروژن دانه در تیمار I_5N_{160} معادل ۲/۱۷ درصد بدست آمد و کمترین غلظت نیتروژن دانه در تیمار I_1N_0 معادل ۱/۲ درصد نتیجه شد. مراحل عمده مصرف نیتروژن در گیاه شامل، جذب به درون سلول‌ها و ورود آن به ساختار اسیدهای آمینه و آمیدها است که فراهمی نیتروژن نقش عمده‌ای در تولید و افزایش نیتروژن در گیاه دارد. زمانی که نیتروژن بیش از حد نیاز گیاه برای تولید باشد، درصد نیتروژن در اثر افزایش مصرف نیتروژن، افزایش می‌یابد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۰). از آنجایی که در این آزمایش، سطح بهینه نیتروژن مورد نیاز برای حداکثر عملکرد، ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود، مصرف نیتروژن بیشتر از این مقدار، باعث افزایش غلظت نیتروژن دانه شد. صادقی و بحرانی (۱۳۸۱) گزارش کردند با افزایش مصرف نیتروژن از صفر تا ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، میزان نیتروژن دانه افزایش یافت. مرشد و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش کردند جذب عناصر غذایی و غلظت نیتروژن دانه با مصرف سطوح بالاتر نیتروژن، افزایش می‌یابد.

هر چند پساب حاوی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف می‌باشد، ولی این انتظار وجود دارد که غلظت آن‌ها نیز در خاک و به تبع آن در گیاه، افزایش یابد؛ به طوری که نتایج نشان داد که کاربرد پساب تصفیه شده شهر یاسوج در یک فصل زراعی، باعث افزایش غلظت عناصر پرمصرف و سنگین در ذرت شیرین شد که مطابق جدول (۱۰) کمتر از حد مجاز آن عناصر بود. البته عوامل دیگری از جمله اسیدیته خاک، رطوبت در دسترس خاک و نوع گیاه زراعی کشت شده، می‌تواند در انباشتگی این عناصر در گیاه مؤثر باشد (فیضی، ۲۰۰۱). همچنین استفاده از پساب در آبیاری گیاهانی که مصرف خوراکی دارند قابل توصیه نمی‌باشد و با توجه به مواردی که در زمینه پارامترهای استاندارد ارائه شد، استفاده از این پساب‌ها هشدار داده می‌شود.

نتیجه گیری

آبیاری کامل با پساب در افزایش غلظت عناصر معدنی دانه ذرت شیرین از قبیل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس و منگنز موثر است. افزایش مصرف کود نیتروژن، باعث افزایش غلظت عناصر نیتروژن، آهن و مس علوفه ذرت شیرین می‌شود. میزان غلظت عناصر کم-مصرف و سنگین در سطوح مختلف آبیاری در ذرت شیرین، کافی و زیر حد مسمویت قرار دارند. با توجه به استانداردهای بین‌المللی (فائو، ۱۹۹۲)، (ای‌پی‌آ، ۱۹۹۵) و سازمان حفاظت محیط زیست ایران (۱۳۷۱)، پساب مورد آزمایش از لحاظ شوری در محدوده قابل استفاده برای کشاورزی قرار دارد. مشاهده می‌شود که با مصرف سطوح بالاتر نیتروژن کیفیت ذرت شیرین تغییر نکرد. بنابراین، با کاربرد پساب، می‌توان مصرف کود نیتروژن را کاهش داد و در مقابل کیفیت بالاتری در ذرت شیرین، قابل دسترسی خواهد بود. با توجه به اینکه ذرت شیرین مصرف انسانی و حیوانی دارد، بنابراین از این نظر باید مورد بررسی قرار گیرد، چه بسا ممکن است در آبیاری با پساب، عناصری در دانه ذخیره شود که برای انسان و دام مضر باشد. به طور کلی کاربرد پساب برای مواد خوراکی قابل توصیه نمی‌باشد و در این زمینه هشدار داده می‌شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از سازمان آب و فاضلاب شهری یاسوج که در تامین بخشی از بودجه و امکانات این پژوهش صمیمانه همکاری کردند، قدردانی می‌شود

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر)

ویژگی‌ها	واحد	مقدار	ویژگی‌ها	واحد	مقدار
pH (۱:۱)	-	۷/۹۴	شن	(٪)	۲۶/۲
هدایت الکتریکی (EC)	(dSm^{-1})	۰/۳۸	سیلت	(٪)	۴۲/۹
نیتروژن کل	(٪)	۰/۰۲	رس	(٪)	۳۰/۹
فسفر قابل جذب	($mgkg^{-1}$)	۳/۷	کربنات کلسیم معادل	(٪)	۶۴/۹
پتاسیم قابل جذب	($mgkg^{-1}$)	۱۸۶	کربن آلی	(٪)	۰/۱۹
بیکربنات	($mgkg^{-1}$)	۴/۴	رطوبت اشباع	(٪)	۴۴
سدیم	($mgkg^{-1}$)	۷	گروه بافتی	-	لوم رسی
آهن*	($mgkg^{-1}$)	۴/۸			
روی*	($mgkg^{-1}$)	۰/۸			
مس*	($mgkg^{-1}$)	۲/۴			
منگنز*	($mgkg^{-1}$)	۶			

*قابل اندازه‌گیری به وسیله DTPA است.

جدول ۲- ویژگی‌های فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه یاسوج (میانگین)

پارامترهای مورد اندازه‌گیری	واحد اندازه‌گیری	مرداد	شهریور	مهر
اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی (BOD)	(mgl^{-1})	۳۰۸	۳۴۰	۳۴۰
اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD)	(mgl^{-1})	۵۶۰	۶۷۵	۷۵۶
مواد جامد کل (TSS)	(mgl^{-1})	۲۳۴	۲۵۲	۲۶۷
pH (۱:۱)	-	۷/۴	۷/۶	۷/۶

جدول ۳- ویژگی‌های پساب خروجی تصفیه‌خانه یاسوج (میانگین)

پارامترهای مورد اندازه‌گیری	واحد اندازه‌گیری	مرداد	شهریور	مهر
اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی (BOD)	(mgl^{-1})	۳۵	۲۹	۳۲
اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD)	(mgl^{-1})	۶۰	۸۰	۸۵
مواد جامد کل (TSS)	(mgl^{-1})	۶۷	۵۸	۴۸
pH (۱:۱)	-	۷/۷	۷/۹	۷/۹

جدول ۴- تجزیه شیمیایی پساب و آب رودخانه یاسوج و حد مطلوب عناصر

پارامترهای شیمیایی	واحد اندازه‌گیری	پساب			آب رودخانه	حد مطلوب
		A	B	C		
نیترات (NO_3-N)	(mgl^{-1})	۳/۷	۵	۸/۵۶	nd	۱۰-۰
نیتریت (NO_2-N)	(mgl^{-1})	۱/۱	۰/۵۲	۰/۸۹	۰/۰۸	۲-۰
آمونیاک (NH_3-N)	(mgl^{-1})	۳	۲/۹	۲/۷	۰/۲۳	۵-۰
فسفر (P)	(mgl^{-1})	۱۰	۱۲	۱۴	۰/۱۳	۲-۰
پتاسیم (K)	(mgl^{-1})	۱۲	۱۱	۱۰	۱	۲-۰
کلسیم (Ca)	(mgl^{-1})	۵۰	۳۵	۴۰	۱۶/۷	۷۵
منیزیم (Mg)	(mgl^{-1})	۱۸/۲	۲۴	۲۰	۱۴	۵۰
سدیم (Na)	(mgl^{-1})	۳۴/۲	۸۵/۸	۷۵	۶	۴۰-۰
آهن (Fe)	(mgl^{-1})	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۰۱۷	۳
مس (Cu)	(mgl^{-1})	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۲
روی (Zn)	(mgl^{-1})	۰/۲۳	۰/۰۴	۰/۲۵	۰/۰۱۵	۲
منگنز (Mn)	(mgl^{-1})	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۰۲	۰/۲
سرب (Pb)	(mgl^{-1})	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲	nd	۱
کادمیوم (Cd)	(mgl^{-1})	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	nd	۰/۰۱
نیکل (Ni)	(mgl^{-1})	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	nd	۰/۲
کبالت (Co)	(mgl^{-1})	۰/۰۱	nd	۰/۰۱	۰/۰۶۴	۰/۰۵
هدایت الکتریکی (EC)	(dSm^{-1})	۱/۹	۲/۳	۲/۱	۰/۵۸	۲/۹۷

nd (Non Detectable): غیر قابل اندازه‌گیری است.

جدول ۵- تجزیه واریانس عملکرد علوفه و غلظت عناصر غذایی علوفه ذرت شیرین، تحت تأثیر آبیاری و کود ازت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		عملکرد علوفه	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	سدیم	آهن	روی	مس	منگنز
تکرار	۲	۴۳۱۷۱/۴	۰/۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۰۱	۳۱۶/۵	۶/۹۰	۸/۷	۲۵۸۶/۵
آبیاری (A)	۴	۳۶۱۲۸۹/۸*	۱/۷۰**	۰/۰۳**	۰/۰۳*	۰/۰۰۱*	۱۶۷۶/۲*	۱۹/۴۳*	۲۰/۴*	۶۰۹۲/۵^{ns}
خطای a	۸	۵۷۶۸۳/۳	۰/۰۴	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰۱	۲۸۴/۵	۳/۰۴	۴/۶	۱۵۹۶/۳
نیتروژن (B)	۲	۹۲۵۲۷۸/۱**	۰/۵۰**	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۰۴^{ns}	۲۲۸/۶*	۵/۹۰^{ns}	۶/۹*	۱۱۶۹/۷*
آبیاری × نیتروژن	۸	۱۴۵۱۶۷/۳*	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۲۸۹/۲^{ns}	۱۳/۵۰^{ns}	۰/۵^{ns}	۳۳۳۵/۹^{ns}
خطای b	۲۰	۴۵۲۴۵/۰	۰/۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۱	۶۱۴/۱	۷/۲۴	۱/۴	۲۳۱/۷
ضریب تغییرات (درصد)	-	۹/۳۰	۷/۷۳	۷/۰۸	۱۰/۵۰	۱۰/۱۴	۱۰/۷۸	۸/۳۰	۶/۹۶	۹/۴۷

^{ns} معنی‌دار نیست. ** و * به ترتیب در سطوح احتمال یک و پنج درصد، از لحاظ آماری معنی‌دار هستند.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات ساده آبیاری و کود ازت، بر عملکرد علوفه و غلظت عناصر غذایی علوفه ذرت شیرین

عامل‌های آزمایش	عملکرد علوفه گرم بر متر مربع	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	سدیم	آهن	روی	مس	منگنز
		(٪)				(mgkg^{-1})			
آبیاری									
I_1	۲۰۰۵^{c}	۰/۹^{d}	۰/۱۶^{c}	۰/۷۶^{c}	۰/۱۱^{b}	۲۱۶/۱^{b}	۳۰/۰^{b}	۱۵/۰^{b}	۱۳۴/۰^{b}
I_2	۲۱۳۳^{bc}	۱/۳^{c}	۰/۲۳^{b}	۰/۸۴^{abc}	۰/۱۲^{b}	۲۱۶/۷^{b}	۳۲/۳^{a}	۱۶/۱۹^{a}	۱۴۹/۱^{b}
I_3	۲۳۷۶^{ab}	۱/۷^{b}	۰/۲۵^{b}	۰/۸۲^{bc}	۰/۱۲^{b}	۲۳۰/۹^{ab}	۳۲/۴^{a}	۱۶/۴^{ab}	۱۵۰/۵^{b}
I_4	۲۴۹۳^{a}	۱/۸^{ab}	۰/۳۰^{a}	۰/۸۸^{ab}	۰/۱۲^{b}	۲۳۶/۲^{a}	۳۳/۷^{a}	۱۸/۵^{a}	۱۶۷/۸^{ab}
I_5	۲۳۷۳^{ab}	۲/۰^{a}	۰/۳۳^{a}	۰/۹۳^{a}	۰/۱۴^{a}	۲۴۸/۳^{a}	۳۳/۵^{a}	۱۸/۶^{a}	۲۰۲/۰^{a}
کود ازت									
N_0	۲۰۰۰^{b}	۱/۳^{c}	۰/۲۴^{b}	۰/۸۰^{a}	۰/۱۱^{a}	۲۱۶/۷^{b}	۳۱/۶^{a}	۱۶/۴^{b}	۱۵۰/۹^{b}
N_{80}	۲۳۴۷^{a}	۱/۶^{b}	۰/۲۶^{a}	۰/۸۴^{a}	۰/۱۲^{a}	۲۳۱/۳^{ab}	۳۲/۷^{a}	۱۷/۵^{a}	۱۶۳/۱^{a}
N_{160}	۲۴۸۲^{a}	۱/۷^{a}	۰/۲۶^{a}	۰/۸۶^{a}	۰/۱۳^{a}	۲۴۰/۹^{a}	۳۲/۷^{a}	۱۷/۷^{a}	۱۶۸/۰^{a}

در هر مقایسه، میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

جدول ۷- حد کفایت برخی عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف در علوفه ذرت (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴)

عنصر	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
واحد اندازه‌گیری	(٪)	(٪)	(٪)	(٪)	(٪)	(mgkg^{-1})	(mgkg^{-1})	(mgkg^{-1})	(mgkg^{-1})
غلظت مطلوب	۲/۵-۴	۰/۲-۰/۵	۱/۹-۳	۰/۲-۱	۰/۱-۰/۶	۷۰-۲۰۰	۵۰-۱۵۰	۴۰-۱۰۰	۱۰-۲۰

جدول ۸- تجزیه واریانس اجزای عملکرد و غلظت عناصر غذایی دانه ذرت شیرین، تحت تأثیر آبیاری و کود ازت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		تعداد بلال	تعداد دانه در بلال	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	مس	منگنز
تکرار	۲	۰/۲	۵۷۰۵/۲	۰/۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۴/۹	۱۵/۱	۲/۵	۲/۰۱
آبیاری (A)	۴	۱/۵ ^{ns}	۱۰۴۳۲/۵ ^{ns}	۰/۴۸**	۰/۰۴*	۰/۰۰۱^{ns}	۵۴/۴^{ns}	۴/۸^{ns}	۲۸/۸*	۸/۰۴*
خطای a	۸	۰/۶	۷۳۲۰/۳	۰/۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰۹	۴۶/۷	۷/۴	۴/۷	۲/۹
نیتروژن (B)	۲	۵/۴**	۶۳۱۶۱/۰**	۰/۲۳**	۰/۰۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۵۵/۴^{ns}	۱/۳^{ns}	۱/۹^{ns}	۷/۹^{ns}
آبیاری × نیتروژن	۸	۱/۰ ^{ns}	۸۴۱۴/۶ ^{ns}	۰/۰۲*	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۲۰/۹^{ns}	۲/۶^{ns}	۳/۵^{ns}	۳/۲^{ns}
خطای b	۲۰	۰/۶	۵۵۱۹/۰	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۱	۳۸/۲	۲/۲	۱/۴	۳/۷
ضریب تغییرات (درصد)	-	۸/۹۰	۱۴/۶۱	۳/۶۹	۱۲/۱۹	۸/۸۵	۸/۲۳	۱۲/۹۵	۱۰/۰۹	۱۱/۰۸

^{ns}، ** و * به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد

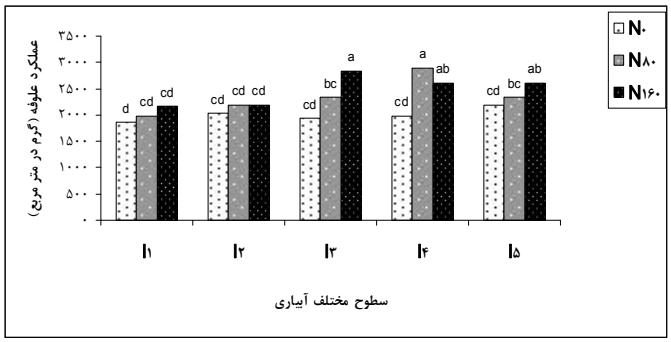
جدول ۹- مقایسه میانگین اثرات ساده آبیاری و کود ازت، بر اجزای عملکرد و غلظت عناصر غذایی دانه ذرت شیرین

عامل‌های آزمایش	تعداد بلال در متر مربع	تعداد دانه در بلال	نیتروژن (٪)	فسفر (٪)	پتاسیم (٪)	آهن ($mgkg^{-1}$)	روی ($mgkg^{-1}$)	مس ($mgkg^{-1}$)	منگنز ($mgkg^{-1}$)
آبیاری									
I_1	۸/۷^{a}	۴۷۵/۸ ^{a}	۱/۴^{d}	۰/۱۱^{b}	۰/۳۴^{a}	۷۲/۵^{a}	۱۰/۴^{a}	۵/۱^{b}	۱۶/۳^{b}
I_2	۸/۹^{a}	۴۷۰/۷ ^{a}	۱/۶^{c}	۰/۲۴^{a}	۰/۳۶^{a}	۷۲/۹^{a}	۱۱/۶^{a}	۸/۷^{a}	۱۶/۵^{ab}
I_3	۹/۵^{a}	۵۴۹/۲ ^{a}	۱/۷^{b}	۰/۲۶^{a}	۰/۳۷^{a}	۷۴/۸^{a}	۱۱/۹^{a}	۷/۵^{ab}	۱۷/۸^{ab}
I_4	۸/۹^{a}	۵۱۷/۶ ^{a}	۱/۹^{a}	۰/۲۶^{a}	۰/۳۷^{a}	۷۶/۵^{a}	۱۱/۹^{a}	۸/۸^{a}	۱۷/۹^{ab}
I_5	۹/۶^{a}	۵۲۸/۵ ^{a}	۲/۰^{a}	۰/۲۸^{a}	۰/۳۷^{a}	۷۸/۴^{a}	۱۲/۳^{a}	۹/۸^{a}	۱۸/۵^{a}
کود ازت									
N_0	۸/۵^{b}	۴۵۰/۷ ^{b}	۱/۶^{c}	۰/۲۲^{a}	۰/۳۵^{a}	۷۳/۱۸^{a}	۱۱/۹^{a}	۷/۵ ^{a}	۱۷/۷^{a}
N_{80}	۹/۳^{a}	۴۹۵/۸ ^{b}	۱/۷^{b}	۰/۲۳^{a}	۰/۳۶^{a}	۷۵/۰۲^{a}	۱۱/۶^{a}	۸/۲^{a}	۱۷/۹^{a}
N_{160}	۹/۶^{a}	۵۷۸/۶ ^{a}	۱/۸^{a}	۰/۲۴^{a}	۰/۳۷^{a}	۷۷/۰۳^{a}	۱۱/۳^{a}	۸/۲^{a}	۱۶/۶^{a}

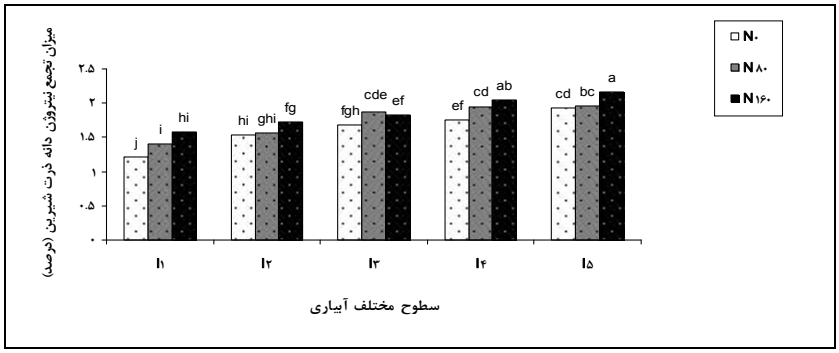
در مقایسه، میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

جدول ۱۰- حد کفایت برخی عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف در دانه ذرت (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴)

عنصر	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
واحد اندازه‌گیری	(٪)	(٪)	(٪)	(٪)	(٪)	($mgkg^{-1}$)	($mgkg^{-1}$)	($mgkg^{-1}$)	($mgkg^{-1}$)
غلظت مطلوب	۱/۵–۲	۰/۲–۰/۲۸	۰/۳–۰/۵	۰/۱	۰/۱۵	۳۰–۴۰	۲۵–۳۰	۲۰–۲۵	۳–۵



شکل ۱- برهمکنش آبیاری و کود ازت بر عملکرد علوفه ذرت شیرین



شکل ۲- برهمکنش آبیاری و کود ازت بر میزان تجمع نیتروژن دانه ذرت شیرین

فهرست منابع

۱. بهروز، ر. و ع. لیاقت. ۱۳۸۴. مدیریت استفاده از فاضلاب در کشاورزی. مجموعه‌ی مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. صفحه ۱۲۵.

۲. ثابت‌رفتار، ع. ۱۳۸۰. گزارش ملی مدیریت تقاضا حفاظت و کنترل آلودگی آب در ایران، اولین کنفرانس منطقه‌ای مدیریت تقاضا حفاظت و کنترل آلودگی آب. صفحات ۲۳-۳۰.

۳. خلدبرین، ب. و ه. اسلام‌زاده. ۱۳۸۰. تغذیه معدنی گیاهان آلی (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز. ۲۵۰ ص.

۴. شریعتمدار، م. ح. ۱۳۸۳. آیا باید برای خشکسالی برنامه داشت. روش‌های کاهش خسارت خشکسالی (۳). انتشارات معاونت زراعت، وزارت جهاد کشاورزی. ۳۴۶ ص.

۵. صادقی، ح. و م. بحرانی. ۱۳۸۱. تأثیر تراکم بوته و مقادیر نیتروژن بر ویژگی‌های مورفولوژیک و میزان پروتئین دانه ذرت دانه‌ای. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳ (۲): ۴۰۳-۴۱۲.

۶. صفری‌سنجانی، ع؛ و م، حاج‌رسولی‌ها. ۱۳۷۹. تاثیر آبیاری با پساب فاضلاب شاهین شهر اصفهان بر عملکرد و کیفیت ذرت و برخی ویژگی‌های خاک. همایش ملی بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدید شونده در کشاورزی. صفحه ۷۷.

۷. کوچکی، ا. و ق.ح. سرمدنیا. ۱۳۸۰. فیزیولوژی گیاهان زراعی. جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۵۰ ص.

۸. معاونت تحقیقاتی سازمان حفاظت محیط زیست. ۱۳۷۱. استاندارد خروجی فاضلاب‌ها. انتشارات دفتر آموزشی زیست محیطی، صفحه ۱۱۵.

۹. ملاحسینی، ح. و م. فیضی. ۱۳۸۷. بررسی غلظت و تجمع عناصر ضروری و کادمیوم در گیاهان آفتابگردان، شلغم و ذرت علوفه‌ای تحت آبیاری با فاضلاب شهری. سومین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدید شونده در کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، صفحه ۶۴.

۱۰. ملکوتی، م.ج.؛ ف. مشیری و م.ن. غیبی. ۱۳۸۴. حد مطلوب غلظت عناصر غذایی در خاک و برخی محصولات زراعی و باغی. موسسه تحقیقات خاک و آب تهران، نشریه فنی ۴۰۵. صفحه ۶۶.

۱۱. نظری، م.ع.؛ ح. شریعتمداری، م. افیونی، م. مبلی و ش. رحیلی. ۱۳۸۵. اثر کاربرد پساب و لجن فاضلاب صنعتی بر غلظت برخی عناصر و عملکرد گندم، جو و ذرت. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۰ (۳): ۹۶-۱۰۱.

۱۲. نورمحمدی، ق.، س.ع.ا. سیادت و ع. کاشانی. ۱۳۸۹. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. ۴۶۸ ص.

۱۳. ولی‌نژاد، م.؛ ب. مصطفی‌زاده و س.ع. میرمحمدی. ۱۳۸۰. اثر پساب تصفیه شده شاهین شهر بر خصوصیات زراعی و شیمیایی ذرت تحت سیستم‌های آبیاری بارانی و سطحی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۹ (۱): ۱۰۳-۱۰۷.

14. Andraski, T.W., L.G. Bundyand, and K.R. Brye. 2000. Crop management and corn nitrogen rate effects on nitrate leaching. J. Environ. Qual. 29: 1095-1103.

15. Bremner, J.M. 1996. Nitrogen total, In: Sparks, D.L. (Ed.) Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods. SSSA and ASA, Madison, USA, Pp: 535-550.

16. EPA. 1995. Guidelines for wastewater reuse. Office of Wastewater Enforcement and Compliance, Washington, DC, 215p.

17. FAO. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. Pp: 47.

18. Feizi, M. 2001. Effect of treated wastewater on accumulation of heavy metals in plant and soil. P 1180-1186, In: Geof Pearce, R., J. Changkim, S. Nairizi, and A. Hamdy (Eds.) International Workshop on Wastewater Reuse and Management, Seoul, Korea.

19. Harns, E., and S. Kratchvil. 1982. An introduction to chemical analysis. Holt Rinehart, New York, 256p.

20. Jones J.R., J.B. Wolf, and H.A. Mills. 1991. Plant analysis: A practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. Micro and Macro Publishing Inc. Athens, Georgia, 453p.
21. Karasu A., G. Bayram, and I. Turgut. 2009. The effect nitrogen levels on forage yield and some attributes in some hybrid corn (Zea mays indentata Sturt) cultivars sown as second crop for silage corn. Afric. J. Agri. Res. 4: 166-177.
22. Kass, A., I. Gavrieli, Y. Yechieli, A. Vengosh, and A. Starinsky. 2004. The impact of freshwater and wastewater irrigation on the chemistry of shallow ground water: a case study from the Israeli Coastal Aquifer. J. of Hydro. 4: 1-18.
23. Keskin B., H. Akdeniz, I. Hakki Yilkaz, and T. Nizamettin. 2005. Yield and quality of forage corn as influenced by cultivar and nitrogen rate. Agron. J. Sci. 4(2): 138-141.
24. Kumawat, S.M., L.L. Dhakar, and P.L. Maliwal. 2000. Effect of irrigation regimes and nitrogen on yield, oil content and nutrient uptake of soybean. Indian. J. Agron. 45(2): 361-366.
25. Lemus R., C.L. Brummer, K.J. Burras Moore, M.F. Barker, and N.E. Molstad. 2008. Effect of nitrogen fertilization on biomass yield and quality in large fields established switch grass in southern, USA. J. Bio. and Bioenergy. 32: 1187-1194.
26. Morshed, R.M., M.M. Rahman, and M.A. Rahman. 2008. Effect of nitrogen on seed yield, protein content and nutrient uptake of soybean (Glycine max). J. Agri. Rural Dev., 6(1,2): 13-17.
27. Ochie Ardabili, M., S. Jamaatie Somarin, A. Abbasi, S. Hedayat, M. Hassanzadeh, and R. Zabihie Mahmoodabady. 2010. Effect of nitrogen fertilizer and plant density on N, P, K uptake by potao tuber. J. World Applic. Sci. 8(3): 382-386.
28. Paolo, E.D., and M. Rinaldi. 2007. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. J. Field Crops. Res. 125: 18-25.
29. Rattan, R.K., S.P. Datta, P.K. Chhonkar, K. Suribabu, and A.K. Singh. 2005. Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soil, crop and groundwater a case study. J. Agri. Eco. and Environ., 109: 310-322.
30. Selivanovskaya, S.Y., V.Z. Latypova, S.N. Kiyamova, and F.K. Alimova. 2001. Use of microbial parameters to access treatment methods of municipal sewage sludge applied to grey forest soils of Tatarstan. J. Agri. Eco. Environ. 86: 145-153.
31. Tavassoli, A., A. Ghanbari, E. Amiri, and Y. Paygozar. 2010. Effect of municipal with manure and fertilizer on yield and quality characteristics of forage in corn. Africa. J. Biol. 9(17): 2515-2520.
32. Tufenkci, S., F. Sonmez, and R.I. Sensoy. 2006. Effect of arbuscular mycorrhiza fungus inoculation and phosphorus and nitrogen fertilizer on some plan growth parameters and nutrient content of soybean. Pak. J. Biol. Sci. 9(6): 1121-1127.
33. Wajid, A., A. Ghffar, M. Maqsood, K. Hussain, and N. Wajid. 2007. Yield response of maize hybrids to varying nitrogen rates. Pak. J. Agric. Sci. 42: 217-220.