نشریه دانش آب و خاک / جلد23 شماره3 صفحه‌های 43 تا 56/ سال 1392

تأثیر پساب شهری تصفیه شده و نیتروژن بر عملکرد کمی، کیفیت دانه ذرت شیرین و برخی ویژگی‌های خاک در منطقه یاسوج

محمدجواد فریدونی[1*] ، هوشنگ فرجی[2] و حمیدرضا اولیایی[3]

تاریخ دریافت: 91/03/09 تاریخ پذیرش: 91/10/09

[1-] دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج.

[2-] استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج.

[3-] استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

[*] مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Fereidooni2010@yahoo.com

چکیده

برای ارزیابی اثر استفاده از پساب و نیتروژن بر عملکرد کمی، کیفیت دانه ذرت شیرین (*Zea mays L. saccharata*) و برخی ویژگی‌های خاک، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال 1388، در مزرعه تحقیقاتی در شهر یاسوج انجام شد. عامل اصلی آزمایش شامل آبیاری با پساب در 5 سطح [آبیاری با آب معمولی بدون پساب در کل فصل رشد (I_1)؛ نیمه اول فصل رشد گیاه آبیاری با پساب و ادامه فصل رشد گیاه آبیاری با آب معمولی (I_2)؛ عکس تیمار I_2 (I_3)؛ آبیاری یک در میان با آب معمولی و پساب (I_4)؛ آبیاری با پساب در کل فصل رشد (I_5)] و عامل فرعی شامل نیتروژن در سه سطح (N_0=0، N_{80}=80 و N_{160}=160 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) بود. نتایج نشان داد که تأثیر پساب و نیتروژن بر صفات عملکرد بلال و دانه کنسروی معنی‌دار گردید. بیشترین عملکرد بلال و دانه کنسروی در تیمار I_5N_{80}، به ترتیب معادل 2548 و 1246 گرم در متر مربع بود. کاربرد پساب باعث کاهش مصرف کود شیمیایی نیتروژن در تولید ذرت شیرین گردید. تأثیر کود نیتروژن بر غلظت نیتروژن و فسفر دانه گیاه معنی‌دار گردید. غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک، تحت پساب I_5 بیشتر از سایر سطوح آبیاری با پساب بود و اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح نشان داد. تأثیر پساب بر مقدار کربن آلی و EC خاک معنی‌دار گردید. بیشترین مقدار کربن آلی خاک در سطح پساب I_5 معادل 0/45 درصد و کمترین آن در سطح پساب I_1 معادل 0/33 درصد بدست آمد. بیشترین مقدار EC خاک در سطح پساب I_5 معادل 2/0 دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. تأثیر پساب بر pH خاک معنی‌دار نگردید.

واژه‌های کلیدی: پساب، عملکرد کمی، کیفیت دانه، نیتروژن، ویژگی‌های خاک

Effect of Treated Urban Sewage and Nitrogen on Yield and Grain Quality of Sweet Corn and Some Soil Characteristics in Yasouj Region

MJ Fereidooni [*1], H Farajee [2] and HR Owliaei [3]

Received: 29 May 2012 Accepted: 29 December 2012
[1-] Ph.D Student, College of Agric., Yasouj Univ. Iran
[2-] Assist. Prof., College of Agric., Yasouj Univ. Iran
[3-] Assist. Prof., College of Agric., Yasouj Univ. Iran
[*]Corresponding Author Email: Fereidooni2010@yahoo.com

Abstract

The study was carried out to assess the effects of treated urban sewage and N on yield and grain quality of sweet corn (*Zea mays L. saccharata*) and some soil characteristics in Yasouj in 2009. The main experimental factor consisted of 5 irrigation levels including: common irrigation water without sewage effluent until the end of plant growth (I_1), the first half of plant growth period with sewage effluent and the second period with common irrigation water (I_2), inverse of treatment I_2 (I_3), alternate irrigation with common irrigation water and sewage effluent till the end of the plant growth (I_4), sewage effluent till the end of the plant growth (I_5), and the sub factor was 3 N rates (N_0=0, N_{80}= 80 and N_{160}=160 kg N ha^{-1}) in a completely randomized design with three replications. Results indicated that the interaction of irrigation and nitrogen was significant on ear yield and canned grain yield. The highest fresh ear and canned grain yield were in treatment I_5N_{80}, as 2548 and 1246 gr m^{-2}, respectively. In general, application of sewage effluent reduced nitrogen fertilizer rate. A significant effect was noticed between consumed nitrogen and absorption of N and P in the seed. The soil N, P and K concentrations in treatment I_5 had significant differences compared to the other treatments. Irrigation levels were also exhibited a significant increase in soil organic matter and EC. Maximum and minimum of soil organic matter were measured in I_5 (0.45%) and in I_1 (0.33%), respectively. Maximum of soil EC was noticed in I_5 (2.0 dSm^{-1}). Irrigation treatments did not show a significant change in soil pH.

Key words: Grain quality, Nitrogen, Sewage effluent, Soil characteristics, Yield quantity

مقدمه

گسترش نیازهای انسان در زمینه کشاورزی و بالارفتن سطح بهداشت عمومی، باعث گردیده است که منابع آب شیرین سطحی و زیرزمینی بیش از حد مورد استفاده قرار گیرد. این مسئله در دوره‌های خشکسالی تشدید شده و در کشورهایی مانند ایران محسوس‌تر است. این امر ضرورت توجه به منابع آب نامتعارف (فاضلاب‌ها یا پساب‌ها) برای کشاورزی را اجتناب‌ناپذیر

می‌نماید (شریعتمدار 1383). امروزه استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده به‌عنوان یکی از منابع پایدار در کشاورزی حائز اهمیت می‌باشد. بر اساس برآورد صورت گرفته، استفاده مجدد از پساب در ایران، قابلیت افزایش حدود 30 درصد منابع آب فعلی را دارد. از سوی دیگر، مواد غذایی موجود در پساب می‌تواند نیاز گیاهان به کودهای شیمیایی را کاهش دهد. گزارش گردیده است که استفاده از پساب شهری جهت آبیاری به‌دلیل محتوای نیتروژن، فسفر و مواد آلی آن باعث افزایش حاصلخیزی خاک و کاهش نیاز به کودهای شیمیایی شد (ولی‌نژاد و همکاران 1380).

نظری و همکاران (1385) گزارش نمودند که کاربرد پساب شهری، غلظت نیتروژن ذرت را افزایش داد. به‌دلیل بالا بودن نیاز ذرت به نیتروژن، استفاده از کود شیمیایی نیتروژن در آبیاری با پساب مد نظر قرار گرفت، به طوری که آبیاری با پساب در تولید ذرت، کاهش مصرف کود نیتروژن را به همراه داشت. اوچی‌اردبیلی و همکاران (2010) با کاربرد کود نیتروژن، مشاهده کردند که بیشترین جذب عناصر فسفر در سطح 80 کیلوگرم کود نیتروژن بدست آمد و از این مقدار به بعد افزایش در سطوح کود نیتروژن، تأثیر معنی‌داری بر جذب این عنصر نداشت. صالحی و همکاران (1387) با کاربرد طولانی مدت آبیاری با پساب، بیان کردند که عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کربن آلی، EC و pH خاک تیمار شده با فاضلاب شهری نسبت به خاک تیمار شده با آب چاه، به‌طور معنی‌داری از سطوح بالاتری برخوردار بود و هدایت الکتریکی نسبتاً بالای پساب، بیانگر وجود نمک-های زیاد در آن است.

در بررسی آبیاری با پساب شهری بر حاصلخیزی خاک توسط ملی و همکاران (2002) بیان گردید که اگر چه زیتوده میکروبی خاک به طور مستقیم تحت تأثیر نوع آب مورد استفاده قرار گرفت، اما آبیاری با پساب، زیتوده میکروبی خاک را به میزان قابل توجهی تحت تأثیر قرار نداد. همچنین این محققان بیان کردند که استفاده از پساب سبب افزایش مقدار ماده غذایی خاک گردید.

به منظور حفظ باروری خاک، باید نمک‌های تجمع یافته در خاک از طریق آبشویی از محدوده رشد ریشه‌ها خارج شود. در مناطق مرطوب و معتدل که آبیاری طی دوره‌های خشک سال انجام می‌شود، بارندگی‌های سالانه برای آبشویی خاک و جلوگیری از شور شدن خاک کفایت می‌کند، اما در مناطق خشک و نیمه خشک که بارندگی به حد کافی نیست، در صورت عدم انجام عملیات آبشویی، این خاک‌ها به تدریج شور و غیربارور گردیده که در این راستا آبیاری تناوبی می‌تواند مد نظر قرار گیرد (حق نیا و کوچکی 1375).

با احتساب تبدیل تقریبی 60 تا 70 درصدی آب مصرفی شهروندان به فاضلاب، شهر یاسوج توان تولیدی 240 لیتر پساب تصفیه شده را در هر ثانیه دارا است. این تصفیه‌خانه می‌تواند حدود 160 هکتار از زمین‌های کشاورزی را آبیاری نماید. پساب این شهر، دارای میانگین اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی[1] حدود 20 میلی‌گرم بر لیتر، میانگین اکسیژن‌خواهی شیمیایی[2] حدود 75 میلی‌گرم بر لیتر و میانگین کل مواد جامد معلق[3] حدود 58 میلی‌گرم بر لیتر است. در این تصفیه‌خانه برای ضدعفونی کردن به ازای یک متر مکعب فاضلاب، حدود 30 گرم پودر کلر به پساب اضافه می‌شود. بنابراین پساب برای سلامت انسان ایجاد مخاطره نمی‌نماید. با توجه به میزان نیترات موجود در پساب (حدوداً 5/7 میلی‌گرم در لیتر)، تعیین سطح بهینه نیتروژن با کاربرد پساب برای رسیدن به حداکثر عملکرد، ضروری می‌باشد. همچنین کاربرد پساب در آبیاری تلفیقی با آب آبیاری، باعث بهبود برخی ویژگی‌های حاصلخیزی خاک می‌گردد. لذا در این آزمایش اثر پساب و نیتروژن بر عملکرد کمی، کیفیت

[1] (BOD): Biochemical Oxygen Demand
[2] (COD): Chemical Oxygen Demand
[3] (TSS): Total Suspended Solids

دانه ذرت شیرین و برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار، در تابستان سال 1388، مجاور تصفیه‌خانه یاسوج در منطقه‌ای با مختصات عرض جغرافیایی 30 درجه و 39 دقیقه شمالی، طول جغرافیایی 51 درجه و 33 دقیقه شرقی و ارتفاع 1832 متر از سطح دریا، اجرا گردید. عامل اصلی آزمایش شامل آبیاری با پساب در 5 سطح [آبیاری با آب معمولی بدون پساب در کل فصل رشد (I_1)؛ نیمه اول فصل رشد گیاه آبیاری با پساب و ادامه فصل رشد گیاه آبیاری با آب معمولی (I_2)؛ عکس تیمار I_2 (I_3)؛ آبیاری یک در میان با آب معمولی و پساب (I_4)؛ آبیاری با پساب در کل فصل رشد (I_5)] و عامل فرعی شامل نیتروژن در سه سطح (N_0=0، N_{80}=80 و N_{160}=160 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) بود.

هر کرت آزمایشی دارای 5 متر طول، 3 متر عرض، 4 ردیف کاشت (فاصله ردیف‌ها 75 سانتی‌متر) و فاصله بوته‌ها روی ردیف، 19 سانتی‌متر بود. فاصله بین بلوک‌ها و بین کرت‌های اصلی 2 متر و فاصله بین کرت‌های فرعی 1 متر در نظر گرفته شد. مقادیر کود شیمیایی بر اساس نتایج تجزیه شیمیایی خاک محل آزمایش به میزان 200 کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل و 100 کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم در آزمایش اعمال گردید. تمام کودهای سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم در یک مرحله به صورت یکنواخت و قبل از کاشت در سطح کرت‌های مربوطه پخش گردید و کاملا با خاک مخلوط شدند. پس از کاشت (22 تیرماه 1388) جهت یکنواخت سبزشدن مزرعه، دو نوبت آبیاری با آب معمولی به فاصله 3-2 روز صورت گرفت و آبیاری‌های بعدی نیز مطابق نیاز گیاه بر اساس تیمارهای‌آزمایشی، انجام شد. یک سوم کود نیتروژن پس از تنک‌کردن در مرحله دو برگی و دو سوم باقیمانده (بر اساس نقشه طرح و تیمارهای کودی به کار رفته) نیز یک ماه بعد از اعمال نوبت اول کود در اوایل مرحله ظهور گل تاجی مصرف گردید. پساب تصفیه شده شهری از محل تصفیه خانه فاضلاب شهر یاسوج تأمین گردید. به منظور آبیاری صحیح و یکنواخت واحدهای آزمایش، یک شبکه لوله کشی پلی اتیلنی همراه با یک کنتور حجمی به کار رفت. تعیین نیاز آبی بر اساس داده‌های تشتک تبخیر کلاس A هر هفت روز یک بار صورت گرفت. بدین منظور تبخیر روزانه از تشتک تبخیر اندازه‌گیری شده و بر اساس ضریب تشتک و ضریب گیاهی با استفاده از روش FAO محاسبه شد (کرامر و بویر 1995). ویژگی‌های خاک محل آزمایش در جدول 1، ویژگی‌های فاضلاب خام و پساب خروجی و آب رودخانه در جداول 2، 3 و 4 ذکر گردید.

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق 30-0 سانتی‌متر).

کلاس بافتی	نیتروژن کل (%)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	کربن آلی (%)	قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m)	pH (1:1)
لوم رسی	0/02	37	186	0/19	0/38	7/94

جدول 2- ویژگی‌های فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه یاسوج.

پارامترهای مورد اندازه‌گیری	واحدهای اندازه‌گیری	مرداد (میانگین)	شهریور (میانگین)	مهر (میانگین)
اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی (BOD)	(mg/L)	308	340	340
اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD)	(mg/L)	560	675	756
کل مواد جامد معلق (TSS)	(mg/L)	234	252	267
pH (1:1)	-	7/4	7/6	7/6

جدول 3- ویژگی‌های پساب خروجی تصفیه‌خانه یاسوج.

پارامترهای مورد اندازه‌گیری	واحدهای اندازه‌گیری	مرداد (میانگین)	شهریور (میانگین)	مهر (میانگین)
اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی (BOD)	(mg/L)	35	29	32
اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD)	(mg/L)	60	80	85
کل مواد جامد معلق (TSS)	(mg/L)	67	58	48
pH (1:1)	-	7/7	7/9	7/9

جدول 4- تجزیه شیمیایی پساب تصفیه شده و آب رودخانه یاسوج و حد مطلوب عناصر.

پارامترهای شیمیایی	واحد اندازه‌گیری	پساب A	پساب B	پساب C	آب رودخانه	حد مطلوب
نیتروژن نیتراتی (NO_3-N)	(mg/L)	3/7	5	8/56	nd	0-10
نیتروژن نیتریتی (NO_2-N)	(mg/L)	1/1	0/52	0/89	0/08	0-2
نیتروژن آمونیاکی (NH_3-N)	(mg/L)	3	2/9	2/7	0/23	0-5
فسفر (P)	(mg/L)	10	12	14	0/13	0-2
پتاسیم (K)	(mg/L)	12	11	10	1	0-2
کلسیم (Ca)	(mg/L)	50	35	40	16/7	75
منیزیم (Mg)	(mg/L)	18/2	24	20	14	50
سدیم (Na)	(mg/L)	34/2	85/8	75	6	0-40
آهن (Fe)	(mg/L)	0/17	0/12	0/07	0/017	3
مس (Cu)	(mg/L)	0/03	0/05	0/01	0/01	0/2
روی (Zn)	(mg/L)	0/23	0/04	0/25	0/015	2
منگنز (Mn)	(mg/L)	0/05	0/13	0/17	0/02	0/2
سرب (Pb)	(mg/L)	0/02	0/03	0/02	nd	1
کادمیوم (Cd)	(mg/L)	0/01	0/02	0/01	nd	0/01
نیکل (Ni)	(mg/L)	0/03	0/02	0/02	nd	0/2
کبالت (Co)	(mg/L)	0/01	nd	0/01	0/064	0/05
هدایت الکتریکی (EC)	(dS/m)	1/9	2/3	2/1	0/58	2/97

[1]nd: غیر قابل اندازه‌گیری است.

[1] *non detectable*

پساب در سه مرحله مورد تجزیه قرار گرفت. تجزیه اول (پساب A) در تاریخ 20 تیر (اوایل مرحله کاشت)، تجزیه دوم (پساب B) در تاریخ 20 مرداد (اواسط مرحله داشت)، تجزیه سوم (پساب C) در تاریخ 20 شهریور (قبل از مرحله برداشت محصول) صورت گرفت. حد مطلوب پارامترهای شیمیایی موجود در پساب، از منابع (بی‌نام 1992) و (بی‌نام 1992) برگرفته شده است. در زمان رسیدگی محصول جهت برداشت نهایی، 2 متر مربع وسط کرت‌ها با رعایت حاشیه از ابتدا و انتهای هر ردیف، به صورت کف‌بر برداشت شد. تعداد بلال‌ها در مساحت برداشت شده شمارش و توزین گردید. دانه‌های بلال‌ها جدا شد و عملکرد دانه کنسروی توزین شد. برای اندازه‌گیری نیتروژن دانه، از دستگاه میکروکلدال (برمنر 1996)، برای اندازه‌گیری فسفر دانه، از رنگ زرد وانادات مولیبدات با استفاده از روش رنگسنجی (جونز و همکاران 1991) و برای اندازه‌گیری پتاسیم دانه از دستگاه فلیم‌فتومتر به روش نشر شعله‌ای استفاده شد (جونز و همکاران 1991).

برای بررسی اثر تیمارها بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک، از عمق 30-0 سانتی‌متری خاک قبل از کاشت و بعد از برداشت، از هر کرت نمونه‌گیری انجام گرفت. نمونه‌های خاک در پاکت‌های نمونه‌برداری به آزمایشگاه منتقل شد و پس از هوا خشک کردن، کوبیده شدند و از الک 2 میلی‌متری گذرانده شدند. pH خاک در خمیر اشباع توسط دستگاه pH- متر (مدل ADWA 111) برگرفته از منبع بی‌نام (1945)، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع به کمک دستگاه هدایت‌سنج مدل 646- اهم روش توماس و هارگرو (1984)، نیتروژن خاک توسط روش هضم‌تر کجلدال (برمنر 1996)، فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن و سامرز (1982)، پتاسیم قابل جذب خاک توسط عصاره‌گیری با استات آمونیوم یک نرمال با دستگاه نورسنج شعله‌ای مدل کورنینگ 405 به روش پرات (1965) و کربن آلی خاک به روش نلسون و سامرز (1996) اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم-افزار SAS انجام گردید. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد مقایسه گردید. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

ذرت شیرین به صورت بلال به بازار عرضه می‌شود به همین دلیل عملکرد کل در این آزمایش تحت عنوان عملکرد بلال، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که تأثیر آبیاری، نیتروژن و برهم‌کنش آبیاری و نیتروژن بر عملکرد بلال معنی‌دار بود (جدول 5). در ارتباط با برهمکنش آبیاری و نیتروژن، بیشترین عملکرد بلال معادل 2548 گرم در متر مربع در تیمار I_5N_{80} و کمترین آن معادل 1090 گرم در متر مربع در تیمار I_1N_0 اندازه‌گیری شد (شکل 1). احتمالاً کاهش عملکرد بلال در تیمار I_5N_{160} (به میزان 2281 گرم در متر مربع) نسبت به تیمارهای I_5N_{80} (به میزان 2548 گرم در متر مربع) و I_4N_{80} (به میزان 2545 گرم در متر مربع)، به‌دلیل رشد رویشی زیاد در نتیجه مصرف زیاد نیتروژن، سایه‌اندازی زیاد و در نتیجه آن، کاهش انتقال مواد فتوسنتزی جهت پرشدن بلال‌ها و در نهایت افزایش عملکرد علوفه گیاه بود. نظری و همکاران (1385) نشان دادند که با افزایش مصرف نیتروژن از 350 تا 500 کیلوگرم در هکتار، عملکرد بلال افزایش نیافت و دلیل آن را به افزایش رشد رویشی در نتیجه فتوسنتز بیشتر و افزایش عملکرد علوفه گیاه نسبت دادند. فیجین و همکاران (1981) با کاربرد پساب تصفیه شده و کود نیتروژن در ذرت دانه-ای بیان کردند که تمام کود مصرفی در خاک، جذب گیاه ذرت نگردید و مقداری از نیتروژن مورد استفاده در خاک دچار نیترات‌زدایی و تصعید شد. در شرایط عدم

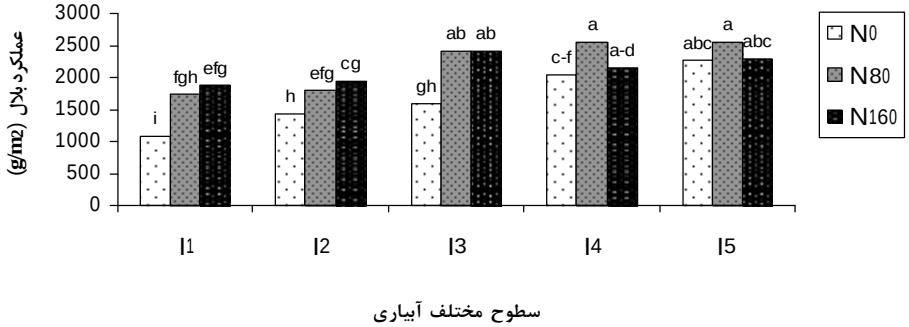
استفاده از کود نیتروژن و تنها آبیاری کامل با پساب، عملکرد بلال ذرت شیرین تا حدود 2250 گرم در متر مربع، افزایش یافت (شکل 1).

حسنلی و همکاران (2009) گزارش کردند که با استفاده از پساب، عملکرد ذرت دانه‌ای تا 23 تن در هکتار افزایش پیدا کرد. اکتم و همکاران (2010) با کاربرد کود نیتروژن در ذرت شیرین بیان کردند که تأثیر نیتروژن بر عملکرد بلال معنی‌دار گردید. این محققان بیان کردند که عملکرد بلال از سطح صفر تا 320 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، افزایش یافت و پس از رسیدن به سطح 360 کیلوگرم در هکتار، کاهش نشان داد.

جدول 5- تجزیه واریانس صفات عملکرد کمی و کیفیت دانه ذرت شیرین تحت تأثیر آبیاری و کود نیتروژن.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد بلال	عملکرد دانه کنسروی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
آبیاری (A)	4	1057690/1**	298241/03**	0/48**	0/04*	0/001^{ns}
خطای a	8	29004/5	7808/60	0/01	0/006	0/0009
نیتروژن (B)	2	1211683/1**	589577/10**	0/23**	0/0008^{ns}	0/001^{ns}
آبیاری × نیتروژن	8	122528/7*	54163/10**	0/02*	0/0003^{ns}	0/001^{ns}
خطای b	20	38517/9	11956/40	0/004	0/0008	0/001
ضریب تغییرات (درصد)	-	9/78	12/49	3/69	12/19	8/85

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



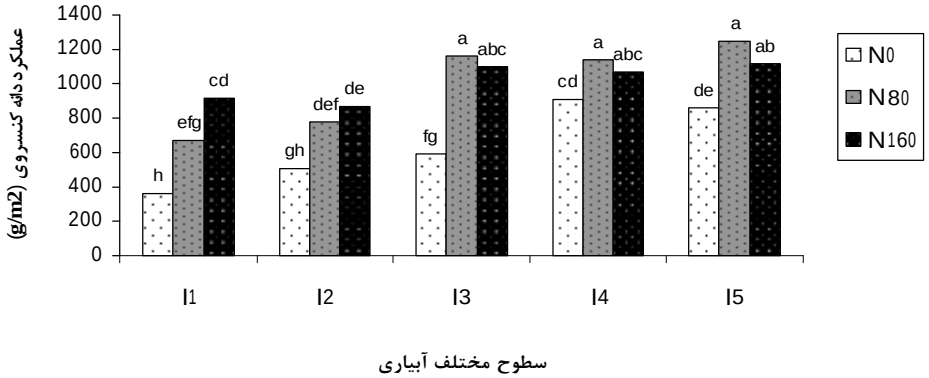
شکل 1- برهمکنش آبیاری و نیتروژن بر عملکرد بلال ذرت شیرین.

تأثیر آبیاری، نیتروژن و برهمکنش آبیاری و نیتروژن بر عملکرد دانه‌ی کنسروی معنی‌دار گردید (جدول 5). در ارتباط با برهمکنش عوامل آزمایش، بیشترین عملکرد دانه کنسروی در تیمار I_5N_{80}، معادل 1246 گرم در متر مربع بدست آمد که با تیمار I_4N_{80} و I_3N_{80} که به ترتیب معادل 1140 و 1163 گرم در متر مربع بود، اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین عملکرد دانه کنسروی نیز در تیمار I_1N_0 معادل 360 گرم در متر مربع اندازه‌گیری شد (شکل2). با کاربرد پساب، نیاز به نیتروژن مصرفی در ذرت دانه‌ای کاهش یافت (فیجین و همکاران 1981). در واقع نیتروژن موجود در پساب، تا حدودی توانسته است نیاز ذرت شیرین به کود نیتروژن را کاهش دهد، بنابراین سطح 80 کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، به همراه آبیاری

کامل مزرعه با پساب، جهت حصول حداکثر عملکرد دانه کنسروی، امری ضروری به نظر می‌رسد.

رضوانی‌مقدم و میرزایی‌نجم‌آبادی (1388) مشاهده نمودند که کاربرد پساب، عملکرد دانه ذرت را افزایش داد. آن‌ها همچنین نشان دادند که با کاربرد پساب، حدود 50 درصد از نیاز نیتروژن گیاه به منابع کودی کاهش می‌یابد. احتمالاً بالا بودن غلظت نیتروژن، فسفر و مواد آلی موجود در پساب، باعث افزایش وزن هزار دانه و افزایش عملکرد دانه کنسروی گردید. از سوی دیگر وجود نیتروژن باعث تداوم سطح برگ شده و با افزایش دوام سطح برگ، مدت و میزان فتوسنتز برگ افزایش می‌یابد و در نتیجه گیاه می‌تواند ماده خشک بیشتری تولید کند. با توجه به این مطلب افزایش عملکرد در اثر افزایش نیتروژن تا حد بهینه طبیعی به نظر می‌رسد. البته با افزایش نیتروژن از سطح 80 به 160 کیلوگرم در هکتار در سه سطح آبیاری I_3، I_4 و I_5؛ عملکرد دانه کنسروی کاهش یافت (شکل 2) که این کاهش، احتمالاً به علت رشد رویشی زیاد، افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به سمت اندام‌های هوایی، تولید پاجوش (پنجه‌های نابارور) کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه و عدم پر شدن دانه‌ها نسبت به سطوح کمتر نیتروژن بود. این مسئله نشان دهنده تأثیر مثبت آبیاری با پساب در سطوح پایین‌تر نیتروژن است.

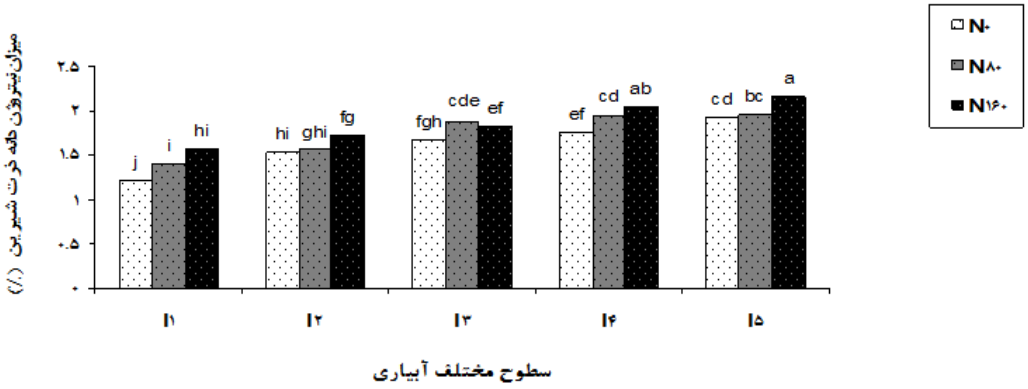
حتی در صورت عدم استفاده از کود نیتروژن و تنها آبیاری کامل با پساب، عملکرد دانه کنسروی ذرت شیرین به میزان 862 گرم در متر مربع افزایش یافت (شکل 2). در واقع نیتروژن موجود در پساب تصفیه شده، می‌تواند جایگزین کود نیتروژن مصرفی در خاک گردد، که در سطح آبیاری کامل با پساب، کاهش مصرف کود نیتروژن در جهت رسیدن به حداکثر عملکرد دانه کنسروی که یکی از مهمترین شاخص‌های اقتصادی ذرت شیرین است، قابل مشاهده است. با توجه به اینکه نیتروژن به طور مستقیم در ساختار مولکول کلروفیل شرکت می‌کند، می‌توان ارتباط مثبت و معنی‌داری بین مقدار نیتروژن برگ و مقدار کلروفیل برگ انتظار داشت (کاسمان و همکاران 1994). در اثر افزایش کلروفیل به طور طبیعی فتوسنتز هم افزایش یافت که این افزایش منجر به افزایش تولید شیره پرورده و افزایش سرعت پر شدن دانه و در نتیجه افزایش عملکرد دانه کنسروی و به طبع آن افزایش عملکرد بلال گردید. گزارش شده است که افزایش عملکرد دانه ذرت در نتیجه استفاده از پساب به‌دلیل غلظت بالای عناصر غذایی همانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم در پساب بود (فیضی 2001). طبق گزارش وجید و همکاران (2007) افزایش مصرف نیتروژن از 150 تا 250 کیلوگرم در هکتار، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه‌ی ذرت گردید.



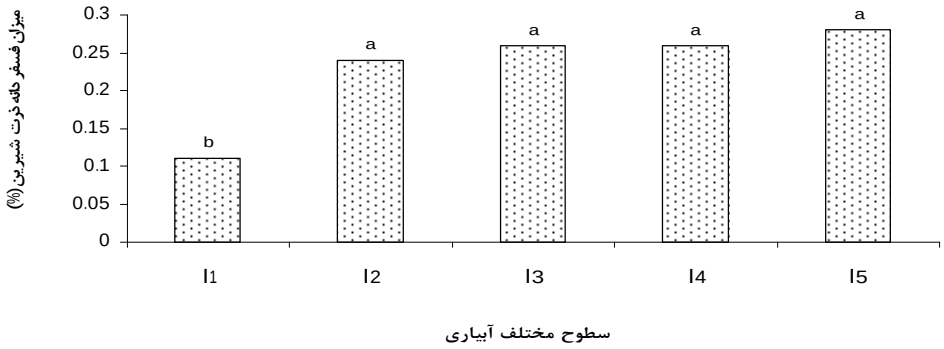
شکل 2- برهم‌کنش آبیاری و نیتروژن بر عملکرد دانه کنسروی ذرت شیرین.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر آبیاری و برهمکنش آبیاری و نیتروژن بر غلظت نیتروژن دانه معنی‌دار گردید (جدول 5). بالاترین غلظت نیتروژن دانه در تیمار I_5N_{160} معادل 2/17 درصد، بدست آمد و کمترین غلظت نیتروژن دانه در تیمار I_1N_0 معادل 1/2 درصد، بدست آمد (شکل 3). 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 بر اثر افزایش مصرف نیتروژن، افزایش می‌یابد (سرمدنیا و کوچکی 1382). از آنجایی که در این آزمایش، سطح بهینه نیتروژن مورد نیاز برای حداکثر عملکرد، 80 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود، مصرف نیتروژن بیشتر از این مقدار، باعث افزایش غلظت نیتروژن دانه گردید. گزارش شده است که جذب عناصر غذایی و غلظت نیتروژن دانه با مصرف سطوح بالاتر نیتروژن، افزایش یافت (مرشد و همکاران 2008).

تأثیر آبیاری بر غلظت فسفر دانه معنی‌دار گردید (جدول 5). بیشترین و کمترین غلظت فسفر در دانه گیاه به ترتیب در سطوح آبیاری I_5 و I_1، معادل 0/28 و 0/11 درصد بدست آمد (شکل 4). تأثیر آبیاری بر غلظت پتاسیم دانه ذرت شیرین معنی‌دار نگردید. ملکوتی و همکاران (1384) میزان غلظت نیتروژن را حدود 2-1/5 درصد، فسفر را حدود 0/28-0/2 درصد و پتاسیم را حدود 0/5-0/3 درصد در دانه ذرت بیان کردند.



شکل 3- برهمکنش آبیاری و کود نیتروژن بر میزان تجمع نیتروژن دانه ذرت شیرین.



شکل 4- تأثیر آبیاری بر میزان فسفر دانه ذرت شیرین.

گزارش شده است که با مصرف بیشتر نیتروژن، میزان فسفر دانه سویا افزایش یافت و در سطوح بالاتر نیتروژن، میزان فسفر دانه گیاه کاهش یافت (توفنسکی و همکاران 2006). عنصر فسفر به‌عنوان محرک رشد ریشه در جذب عناصر غذایی نقش دارد. گزارش شده است که مقدار فسفر دانه سویا، ارتباط مهمی با میزان نیتروژن دارد و با افزایش نیتروژن، جذب فسفر گیاه افزایش یافت (کوماوات و همکاران 2000). 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. البته عوامل دیگری از جمله pH خاک، رطوبت در دسترس خاک و نوع گیاه زراعی کشت شده، می‌تواند در انباشتگی این عناصر در گیاه مؤثر باشد (فیضی 2001). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر آبیاری بر غلظت نیتروژن خاک معنی‌دار گردید (جدول 6). بیشترین و کمترین غلظت نیتروژن خاک به ترتیب در سطوح آبیاری I_5 و I_1، معادل 0/035 و 0/029 درصد بود (جدول 7). انباشتگی نیتروژن در خاک به انباشتگی مواد آلی بستگی دارد. نیتروژن، بیشتر در لایه‌های سطحی‌تر خاک به صورت ترکیبات آلی نگه‌داری می‌شود. رس‌ها در جذب و نگه‌داری شکل آمونیومی نیتروژن نقش دارند. امینی (2005) نشان داد که تجمع نیتروژن در خاک آبیاری شده با پساب تصفیه شده نسبت به آب شرب شهری افزایش معنی‌داری داشت به طوری که آبیاری با پساب باعث افزایش NO_3^- به میزان 7/8 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک شد.

جدول 6- تجزیه واریانس ویژگی‌های شیمیایی خاک تحت تأثیر آبیاری و نیتروژن.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کربن آلی	EC	pH
تکرار	2	0/00002^{ns}	20/09 ^{ns}	1934/1*	0/003^{ns}	0/15^{ns}	2/6*
آبیاری (A)	4	0/00004*	64/8*	1415/8*	0/010*	0/50*	0/6^{ns}
خطای a	8	0/00001	16/5	290/5	0/005	0/08	0/3
نیتروژن (B)	2	0/00006*	21/4^{ns}	827/1^{ns}	0/000006^{ns}	0/006^{ns}	0/1^{ns}
آبیاری × نیتروژن	8	0/000009^{ns}	2/4^{ns}	954/5^{ns}	0/004^{ns}	0/20^{ns}	0/4^{ns}
خطای b	20	0/00001	5/9	668/7	0/002	0/08	0/6
ضریب تغییرات (درصد)	-	11/22	9/12	10/13	11/30	15/01	10/25

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

جدول 7- مقایسه میانگین اثرات ساده آبیاری و نیتروژن بر ویژگی‌های شیمیایی خاک.

عامل‌های آزمایش	نیتروژن کجلدال (%)	فسفر اولسن (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	کربن آلی نلسون وسامرز (%)	EC (dS/m)	pH (1:1)
آبیاری						
I_1	0/029^{b}	24/1^{b}	240/5^{c}	0/33^{b}	1/4^{b}	8/2^{a}
I_2	0/032^{ab}	24/9^{b}	252/0^{bc}	0/41^{ab}	1/5^{b}	7/9^{a}
I_3	0/033^{a}	26/1^{b}	248/3^{bc}	0/41^{a}	1/6^{b}	7/8^{a}
I_4	0/034^{a}	27/7^{ab}	263/2^{ab}	0/43^{a}	1/4^{b}	7/6^{a}
I_5	0/035^{a}	30/9^{a}	272/2^{a}	0/45^{a}	2/0^{a}	7/5^{a}
کود نیتروژن						
N_0	0/030^{b}	25/4^{a}	247/0^{a}	0/41^{a}	1/5^{a}	7/9^{a}
N_{80}	0/033^{a}	27/0^{a}	257/1^{a}	0/41^{a}	1/6^{a}	7/8^{a}
N_{160}	0/034^{a}	27/8^{a}	261/5^{a}	0/40^{a}	1/6^{a}	7/7^{a}

در هر مقایسه، میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن 5%).

تأثیر آبیاری بر غلظت فسفر قابل جذب خاک معنی‌دار گردید (جدول 6). بیشترین و کمترین غلظت فسفر قابل جذب خاک به ترتیب در سطوح آبیاری I_5 و I_1، معادل 30/9 و 24/1 میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمد (جدول 7). احتمالاً بالا بودن فسفر پساب، باعث بالا رفتن فسفر در خاک گردیده است (جدول 4). سطح آبیاری یک در میان با پساب و آب معمولی به علت طولانی بودن دوره آبیاری از ابتدای فصل رشد گیاه، نسبت به سطوح 50 درصد پساب در نیمه اول و دوم فصل رشد گیاه، باعث افزایش غلظت فسفر خاک شد. تاسادیلاس و واکالیس (2003) نشان دادند که آبیاری با پساب تصفیه شده، باعث افزایش غلظت فسفر خاک گردید. تأثیر آبیاری بر تجمع پتاسیم قابل جذب خاک معنی‌دار گردید (جدول 6). بیشترین و کمترین میزان پتاسیم قابل جذب خاک به ترتیب در سطوح آبیاری I_5 و I_1، معادل 272/2 و 240/5 میلی گرم بر کیلوگرم بدست آمد (جدول 7). تأثیر آبیاری بر مقدار کربن آلی خاک معنی‌دار گردید (جدول 6). بیشترین مقدار کربن آلی خاک در سطح آبیاری I_5 معادل 0/45 درصد و کمترین مقدار آن در سطح آبیاری I_1 معادل 0/33 درصد بدست آمد (جدول 7). گزارش شده است که بر اثر کاربرد پساب در کشت ذرت علوفه‌ای، در لایه‌های سطحی درصد ماده آلی، فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل جذب افزایش یافت (فیضی 1377). ملی و همکاران (2002) بیان کردند که استفاده از پساب، سبب افزایش معنی‌دار مقدار ماده آلی خاک شد. مواد آلی موجود در پساب پس از ورود به خاک به وسیله ریزجانداران خاک پوسیده و تجزیه می‌شود که نتیجه آن ایجاد هوموس است که دارای سطح ویژه و ظرفیت تبادل کاتیونی بالایی است و می‌تواند بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک را تغییر دهد (مجللی 1366). استفاده از لجن و پساب، باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک گردید (سلیوانواسکایا و همکاران 2001). با افزایش ماده آلی خاک، جذب فسفر افزایش می‌یابد؛ فرایند نیترات‌سازی که تبدیل آمونیوم به نیترات است (یک فرایند اسیدزا است و تولید H^+ می‌کند) موجب انحلال فسفر به شکل فسفات‌های کلسیم یا آپاتیت و افزایش جذب فسفر می‌شود، ضمن اینکه در نتیجه تجزیه‌ی ماده آلی خاک، اسیدهای آلی آزاد به روش مشابه موجب افزایش جذب فسفر توسط گیاه می‌شود (هاینزینگر و همکاران 2003).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کود نیتروژن اثر معنی‌داری بر غلظت نیتروژن خاک داشت (جدول 6). بیشترین و کمترین غلظت نیتروژن در خاک به ترتیب در سطوح کودی N_{160} و N_0، معادل 0/034 و 0/030 درصد بود (جدول 7). تجمع عنصر نیتروژن در خاک تا حد مشخصی افزایش یافت و با افزایش بیشتر کود نیتروژن، نمی‌توان انتظار داشت که تجمع عنصر نیتروژن در خاک بیشتر شود، به طوری که مقداری از نیتروژن جذب گیاه شد و احتمالاً مقداری نیز تحت فرآیند آبشویی، تصعید و نیترات‌زدایی قرار گرفت. هر چه مقدار کود نیتروژن بیشتر شود، شدت این فرآیندها نیز بیشتر می‌شود. تأثیر کود نیتروژن و نیز برهمکنش آبیاری و نیتروژن بر غلظت فسفر و پتاسیم خاک معنی‌دار نگردید (جدول 6). اوچی‌اردبیلی و همکاران (2010) بیان کردند که مصرف 80 کیلوگرم کود نیتروژن، کمترین آلودگی نیتراتی را در خاک موجب شد.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر آبیاری بر EC عصاره اشباع خاک معنی‌دار گردید، تأثیر آبیاری بر pH خاک معنی‌دار نگردید (جدول 6). بیشترین و کمترین EC عصاره اشباع خاک به ترتیب در سطوح آبیاری I_5 و I_1، معادل 2/0 و 1/4 دسی‌زیمنس بر متر، بود (جدول 7). شوری آب، منبع اصلی افزایش نمک در خاک است (حق‌نیا و کوچکی 1375). همانطور که مشاهده می‌شود (جدول 7)، آبیاری کامل با پساب، باعث افزایش شوری خاک گردید. بالاتر بودن هدایت الکتریکی و املاح موجود در پساب نسبت

به آب معمولی، باعث افزایش شوری عصاره اشباع خاک شد. بارش کم، تبخیر و تعرق بالا، شوری پساب، ویژگی‌های شیمیایی کودهای مصرفی و واکنش آن‌ها با خاک از جمله عواملی است که باعث افزایش شوری خاک در این آزمایش گردیده است. آلوز و همکاران (2006) بیان کردند که مصرف زیاد پساب در آبیاری، باعث افزایش شوری خاک گردید. سطح آبیاری یک در میان با پساب و آب معمولی نسبت به سطح آبیاری کامل با پساب، باعث کاهش غلظت سدیم خاک می‌گردد. این روش یکی از بهترین روش‌های موجود جهت کاهش سدیم و شوری خاک است. به این دلیل که آبیاری معمولی پس از آبیاری با پساب، باعث شستشوی سدیم و کاهش غلظت آن می‌شود. تأثیر کود نیتروژن بر EC عصاره اشباع و pH خاک معنی‌دار نگردید. همچنین برهمکنش آبیاری و کود نیتروژن بر EC عصاره اشباع و pH خاک، معنی‌دار نشد (جدول 6). pH، از عوامل تعیین کننده رفتار و دسترسی گیاهان به عناصر کم-مصرف در خاک می‌باشد (هاولین و تیسداله 2005). آلهندس و همکاران (1995) با کاربرد پساب تصفیه شده، تغییرات pH را مشاهده نکردند. گزارش شده است که تیمار آبیاری با پساب، باعث افزایش EC و pH عصاره اشباع خاک نسبت به تیمار آبیاری با آب معمولی گردید (عرفانی و همکاران 1381). اگر مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب 50، 10 و 30 میلی‌گرم در هر لیتر از پساب باشد، می‌توان انتظار داشت که در یک هکتار از زمین‌های کشاورزی که با پساب آبیاری می‌شوند، در طول یک سال به طور متوسط مقادیر 250، 50 و 150 کیلوگرم نیتروژن، فسفر و پتاسیم به خاک مزرعه اضافه شود (برنستین و فایرمن 1997)، در تحقیق صورت پذیرفته، مقدار نیتروژن نیتراتی، فسفر و پتاسیم به ترتیب 6، 12 و 11 میلی‌گرم در هر لیتر از پساب بود که در طول یک سال حدوداً مقادیر 30، 60 و 55 کیلوگرم نیتروژن، فسفر و پتاسیم در هکتار به خاک مزرعه اضافه گردید.

نتیجه‌گیری کلی

آبیاری با پساب با تأثیر معنی‌دار بر اجزای عملکرد، باعث افزایش عملکرد بلال و دانه ذرت شیرین گردید. در مجموع تیمار I_5N_{80} بهترین تیمار جهت رسیدن به عملکرد بلال و عملکرد دانه کنسروی بود. کاربرد پساب باعث کاهش مصرف کود شیمیایی نیتروژن در تولید ذرت شیرین گردید. آبیاری کامل با پساب در افزایش غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه ذرت شیرین مؤثر بود. استفاده از پساب نسبت به آب معمولی باعث افزایش غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک گردید. استفاده از پساب، باعث کاهش pH و افزایش هدایت الکتریکی خاک‌های تحت تیمار نسبت به خاک اولیه گردید. استفاده از پساب، باعث افزایش میزان مواد آلی خاک گردید و جهت افزایش حاصلخیزی خاک می‌تواند مد نظر قرار گیرد. همچنین تیمار آبیاری یک در میان با پساب و آب معمولی منجر به کاهش شوری خاک شد.

منابع مورد استفاده

حق‌نیا غ و کوچکی ع، 1375. مدیریت آبیاری پایدار خاک. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

رضوانی‌مقدم پ و میرزایی‌نجم‌آبادی م، 1388. تأثیر آبیاری با پساب تصفیه شده بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیک ذرت، سورگوم و ارزن. مجله کشاورزی ایران، جلد اول، شماره 7. صفحه‌های 63 تا 74.

سرمدنیا غ و کوچکی ع، 1382. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

شریعتمدار م ح، 1383. آیا باید برای خشکسالی برنامه داشت. روش‌های کاهش خسارت خشکسالی (3). انتشارات معاونت زراعت، وزارت جهاد کشاورزی. صفحه‌های 1 تا 121.

صالحی آ، علی عرب ع ر، شهسواری ن و طاهری‌آزاد ل، 1387. تأثیر طولانی مدت آبیاری با پساب فاضلاب شهری تهران بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی خاک تحت جنگل‌کاری کاج تهران. صفحه‌های 34 تا 37. سومین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدید شونده در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان.

عرفانی ع، حق‌نیا غ و علیزاده ا، 1381. تأثیر آبیاری با فاضلاب بر عملکرد و کیفیت کاهو و برخی ویژگی‌های خاک. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد پنجم، شماره 1. صفحه‌های 72 تا 79.

فیضی م، 1377. تأثیر مصرف پساب فاضلاب بر روی خاک و گیاه در منطقه‌ی شمال اصفهان. صفحه‌های 6 تا 10. هفتمین کنگره علوم خاک ایران. تهران.

مجللی ح، 1366. شیمی خاک (ترجمه). مرکز نشر دانشگاهی تهران.

ملکوتی م ج مشیری ف و غیبی م ن، 1384. حد مطلوب غلظت عناصر غذایی در خاک و برخی محصولات زراعی و باغی. موسسه تحقیقات خاک و آب تهران، نشریه فنی 405. صفحه‌های 66 تا 69.

نظری م ع، شریعتمداری ح، افیونی م، مبلی م و رحیلی ش، 1385. 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، جلد دهم، شماره 3. صفحه‌های 96 تا 101.

ولی‌نژاد م مصطفی‌زاده ب و میرمحمدی س ع، 1380. اثر پساب تصفیه شده شاهین شهر بر ویژگی‌های زراعی و شیمیایی ذرت تحت سیستم آبیاری بارانی و سطحی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد نهم، شماره 1. صفحه‌های 103 تا 107.

Alhands MN, Allick SA, Overman AR, Leseman WG and Vidak W, 1995. Municipal water reuse at Tallahassee, Florida. Agriculture Science. 38(2): 411-418.

Alves WW, Azedo CV, Neto JD, Lima VL and Santon JW, 2006. Treated wastewater and nitrogen: Effect on the chemical properties of the soil. Agriculture and Biology Engineers 10: 62-67.

Amini M, 2005. Mapping risk of cadmium and lead contamination to human health in soils of central Iran science of the total environment. European Journal Agronomy 34: 64-77.

Anonymous, 1945. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA. Handbook 60, Washington D.C.

Anonymous, 1992. Guideline for water reuse. United State Environment Protection Agony (EPA), USA.

Anonymous, 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. Food and Agriculture Organization (FAO), United Nations, Rome.

Bernstein L and Fireman M, 1997. Laboratory studies on salt distribution in furrow irrigation soil with special reference in the pre-emergence period. Journal Soil Science 83: 249- 263.

Bremner JM, 1996. Nitrogen Total. Methods of Soil Analysis. Leonard Hill, London.

Cassman KG, Kropff MJ and Yan ZD, 1994. A conceptual framework for nitrogen management of irrigated rice in high- yield environments. New developments and future projects. IRRI, Los Banes, Philippines.

Feigin A, Feigenbum S and Limoni H, 1981. Utilization efficiency of nitrogen from sewage effluent and fertilizer applied to corn plant growing in clay soil. Publish Journal Environment Quality 10: 284-287.

Feizi M, 2001. Effect of treated wastewater on accumulation of heavy metals in plant and soil. Pp: 137-146. In: Geof Pearce R, Changkim J, Nairizi S and Hamdy A, (eds). International Workshop on Wastewater Reuse and Management. Seoul, Korea.

Hassanli AM, Ebrahimzade M and Beecham S, 2009. The effect of irrigation method with effluent and irrigation scheduling on water use efficiency and corn yield in an arid region. Agriculture Water Management 96: 93-99.

Havlin J and Tisdale SL, 2005. Soil Fertility and Fertilizers: an Introduction to Nutrient Management. CRC press, New York.

Hinsinger P, Plassard C, Tang C and Jaillard B, 2003. Origins of root-mediated pH changes in the rhizosphere and their responses to environmental constraints: a review. Plant and Soil 248: 43–59.

Jones JR, Wolf JB and Mills HA, 1991. Plant Analysis: A Practical Sampling, Preparation, Analysis and Interpretation Guide. Micro and Macro Publishing Inc. Athens, Georgia.

Kramer PJ and Boyer JS, 1995. Water Relations of Plants and Soils. Academic Press, San Diego.

Kumawat SM, Dhakar LL and Maliwal PL, 2000. Effect of irrigation regimes and nitrogen on yield, oil content and nutrient uptake of soybean. Indian Journal Agronomy 45(2): 361-366.

Meli S, Porto M, Belligno A, Bufo SA, Mazzatura A and Scopa A, 2002. Influence of irrigation with lagoon urban wastewater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition. Science Total Environment 285: 69-77.

Morshed RM, Rahman MM and Rahman MA, 2008. Effect of nitrogen on seed yield, protein content and nutrient uptake of soybean (Glycine max). Journal Agriculture Rural Development 6(1, 2): 13-17.

Nelson DW and Sommers LE, 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Pp. 961-1010. In: Page AL (ed). Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy. Madison, WI.

Ochie Ardabili M, Jamaatie Somarin S, Abbasi A, Hedayat S, Hassanzadeh M and Zabihie Mahmoodabady R, 2010. Effect of nitrogen fertilizer and plant density on N, P, K uptake by potato tuber. World Application Science Journal 8(3): 382-386.

Oktem A, Oktem AG and Emeklier HY, 2010. Effect of nitrogen on yield and some quality parameters of sweet corn. Communications in Soil Science and Plant Analysis 41: 832-847.

Olsen SR and Sommers LE, 1982. Phosphorus. Pp. 442-452. In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (eds). Method of Soil Analysis. American Society of Agronomy. Madison, WI.

Pratt PF,1965. Potassium. Pp. 1022-1030. In: Black CA (ed). Methods of Soil Analysis Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy. Madison, WI.

Selivanovskaya SY, Latypova VZ, Kiyamova SN and Alimova FK, 2001. Use of microbial parameters to access treatment methods of municipal sewage sludge applied to grey forest soils of Tatarstan. Agriculture Ecology Environment 86: 145-153.

Tasadilas CD and Wakalis PS, 2003. Economic benefit from irrigation of cotton and corn with treated wastewater. Water Science Technology 4: 223-229.

Thomas GW and Hargrove WL, 1984. The chemistry of Soil acidity. Agron Monogr.

Tufenkci S, Sonmez F and Sensoy RI, 2006. Effect of arbuscular mycorrhiza fungus inoculation and phosphorus and nitrogen fertilizer on some plant growth parameters and nutrient content of soybean. Pakistan Journal Biology Science 9(6): 1121-1127.

Wajid A, Ghffar A, Maqsood M, Hussain K and Wajid N, 2007. Yield response of maize hybrids to varying nitrogen rates. Pakistan Journal Agriculture Science 42: 217-220.