

ارزیابی مدل واتسویت برای پیش‌بینی توزیع املاح در منطقه ریشه یونجه

یوسف هاشمی نژاد^{۱*}، محمود غلامی و ولی سلطانی

عضو هیئت علمی مرکز ملی تحقیقات شوری؛

y.hashemi@modares.ac.ir

کارشناس ارشد مرکز ملی تحقیقات شوری؛

m.gholami.t@gmail.com

کارشناس ارشد مرکز ملی تحقیقات شوری؛

soltani@ro.ir

چکیده

در شرایط آبیاری با آبهای شور توزیع املاح در منطقه ریشه، علاوه بر برهمکنشهای شیمیایی محلول خاک، وابسته به کسر آبشویی و همچنین الگوی برداشت آب محصول می باشد. به منظور بررسی اثر کسر آبشویی بر توزیع املاح منطقه ریشه یونجه یک آزمایش لایسیمیتری (لایسیمترهای استوانه‌ای با قطر داخلی ۴۰ و ارتفاع ۱۸۰ سانتیمتر) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه سطح شوری آب آبیاری (۳، ۷ و ۱۳ دسی زیمنس بر متر) و سه سطح کسر آبشویی (۱۲، ۲۵ و ۵۰ درصد) و با چهار تکرار اجرا شد. بعد از پر کردن و اطمینان از صحت روش مورد استفاده، ستونهای خاک تا زمان کاهش شوری آب زهکش تا حد ۳ دسی زیمنس بر متر آبشویی شدند و سپس مورد کشت یونجه رقم یزدی قرار گرفتند. برای تنظیم سطح شوری آب آبیاری از آب شور طبیعی مزرعه تحقیقات شوری صدوق با شوری ۱۴ دسی زیمنس بر متر استفاده شد که با نسبتهای مختلف با آب شرب مخلوط می‌شد. میزان آب مورد نیاز گیاه با در نظر گرفتن کسر آبشویی در هر آبیاری به طور دقیق توزین شده و در اختیار گیاه قرار گرفت. پس از ۴۸ ساعت میزان آب زهکش شده از انتهای ستون بار دیگر توزین می‌شد که در آن کیفیت زهکش خروجی نیز اندازه‌گیری می‌شد. حداقل تعداد آبیاری مورد نیاز برای حصول شرایط ماندگار ۱۲ دور آبیاری بود که با افزایش سطح شوری آب و نیز کاهش کسر آبشویی بر تعداد آن اضافه می‌شد. به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که اعمال یک کسر آبشویی مشخص منجر به کاهش شوری خاک بیش از آن مقداری می‌شود که مدلی مانند واتسویت پیش‌بینی می‌کند. بنابراین در این شرایط می‌توان با اعمال کسر آبشویی کمتر نیز به متوسط شوری مورد نظر دست یافت که خود از جنبه مصرف بهینه آب به خصوص در شرایط شور که آبیاری با آبهای با شوری بیشتر می‌باشد، بسیار قابل توجه است.

واژه‌های کلیدی: شوری آب، کسر آبشویی، لایسیمتر وزنی، یونجه

۱. آدرس نویسنده مسؤول: یزد، انتهای بلوار آزادگان، خ نهالستان، مرکز ملی تحقیقات شوری، ص.پ. ۳۱۵-۱۹۱۹۵

* دریافت: دی، ۱۳۹۰ و پذیرش: شهریور، ۱۳۹۱

مقدمه

زراعی بدست آمده بودند، موجود بودند. این مطالعات کنترل شده واکنش بسیاری از محصولات را به متوسط شوری خاک در منطقه ریشه به صورت هدایت الکتریکی عصاره اشباع EC_e ربط می دادند (برنشتاین، ۱۹۶۴) که تقریباً نصف شوری آب خاک در ظرفیت زراعی است. متوسط مقدار شوری منطقه ریشه در وضعیت تقریباً یکنواخت که منجر به ۵۰ درصد کاهش عملکرد در گیاهان علوفه ای، زراعی و سبزیجات و ۱۰ درصد کاهش عملکرد در میوه جات شود جایگزین مقدار EC_{dw}^* در معادله ۲ شد تا تخمینی از نیاز آبتوی به دست آید. هیچ مدرک مستقیم و یا دلیل روشنی برای حمایت از تناسب این جایگزینی و مقادیر نیاز آبتوی حاصله داده نشده بود. فرض اصلی دیگری که در این روش اصلی برای تعیین نیاز آبتوی استفاده شده بود این بود که گیاه در حله اول به متوسط شوری خاک منطقه ریشه واکنش نشان می دهد. این پیش فرض همواره صحیح نیست. برای پیدا کردن شواهدی درباره این قضاوت می توانید به رودز و مریل (۱۹۷۶) مراجعه نمایید.

بعدها وان شلیفگارد و دیگران (۱۹۷۴) ابراز نمودند که مقادیر EC_{dw} را می توان تا حد شوری آب خاک در نقطه ای که گیاه دیگر آب جذب نمی نماید افزایش داد. با فرض اینکه محتوی آب خاک نصف حالت محتوی آب در حالت اشباع باشد این مقدار EC حدوداً دو برابر EC_e گزارش شده در جداول تحمل به شوری می باشد که منجر به عملکرد صفر می شود (EC_{e0}) رودز و دیگران (۱۹۷۴) روشی را برای تعیین مقدار مناسب EC_{dw}^* در معادله ۳ معرفی کرد.

$$EC_{dw}^* = 5EC_e^* - EC_{iw}^* \quad (3)$$

که در آن EC_e^* برحسب دسی زیمنس بر متر عبارتست از متوسط مقدار EC عصاره اشباع برای یک گیاه مشخص که تا حد ۱۰ درصد یا کمتر کاهش عملکرد به وسیله گیاه قابل تحمل باشد و معادل حد آستانه EC معرفی شده به وسیله ماس (۱۹۹۰) می باشد. جایگزین

همان گونه که در دفترچه راهنمای شماره ۶۰ (ریچاردز، ۱۹۵۴) آمده است، مدل اصلی نیاز آبتوی بر مبنای مفهوم کسر آبتوی در شرایط ماندگار بدون فرایندهای ترسیب یا انحلال و زهکشی خوب به صورت معادله ۱ است.

$$LF = \frac{q_d}{q_i} = \frac{EC_{iw}}{EC_{dw}} \quad (1)$$

که در آن، q_d عمق آب زهکشی؛ q_i عمق آب آبیاری؛ EC_{iw} شوری آب آبیاری و EC_{dw} شوری آب زهکشی است. در اصل نیاز آبتوی به وسیله ریچاردز (۱۹۵۴) به صورت حداقل مقدار کسر آبتوی تعریف شد که کاربرد آن منجر به افزایش شوری زهکش (و در نتیجه شوری خاک) به حدی بالاتر از محدوده رشد مطلوب گیاه نگردد. در نتیجه حداقل مقدار کسر آبتوی (یعنی نیاز آبتوی) زمانی حاصل می شود که حداکثر مقدار مجاز شوری آب زهکش (EC_{dw}^*) در معادله ۱ جایگذاری شود که منجر به معادله ۲ می شود و آن را به عنوان رابطه اصلی نیاز آبتوی در نظر می گیرند:

$$LR = \frac{EC_{iw}}{EC_{dw}^*} \quad (2)$$

نیاز آبتوی تخمینی از مقدار کسر آبتوی است که می تواند شوری آب خاک را در محدوده قابل تحمل برای تولید محصول حفظ نماید. حال معادله ۲ بایستی حاوی رابطه ای بین واکنش گیاه و شوری انتهای منطقه ریشه باشد.

تعیین نیاز آبتوی آنگونه که در اصل در معادله ۲ فرموله شده است نیازمند انتخاب مقدار مناسبی برای EC_{dw}^* برای گیاه مورد نظر می باشد. این چنین مقداری که وابسته به گیاه است، شناخته شده نبود و انتظار می رفت که با شوری آب آبیاری و مدیریت آبیاری/زهکشی متغیر باشد. در عین حال داده های ناشی از مطالعات کنترل شده ای که در کرتیابی با مدیریت مناسب آبیاری و

از کسر آبشویی تعیین می شود که در آن متوسط شوری منطقه ریشه معادل مقدار حد آستانه گیاه مورد نظر باشد (یعنی حداکثر مقدار شوری که می تواند بدون از دست دادن بیش از حد عملکرد به وسیله گیاه تحمل شود). همچنین مدل واتسویت با تمایز قایل شدن بین آبیاری معمولی با آبیاری با تواتر بالا تاثیر مدیریت آبیاری بر تعیین نیاز آبشویی را نیز در نظر می گیرد.

آیرز و وستکات، ۱۹۸۹ در نشریه آبیاری و زهکشی شماره ۲۹ فائو نشان دادند که چگونه می توان با معلوم بودن کسر آبشویی و با فرض الگوی جذب آب ۱۰-۲۰-۳۰-۴۰ محصولات، توزیع املاح منطقه ریشه را با استفاده از یک فاکتور غلظت (x) بدست آورد. ایشان همچنین مقدار فاکتور غلظت را برای آبشویی های مختلف محاسبه و گزارش نمودند.

در مدل واتسویت تاثیر شوری بر تبخیر و تعرق در نظر گرفته نشده است. در عوض فرض شده است که به دلیل شوری عملکرد گیاه کاهش نیافته و در نتیجه کاهش در تبخیر و تعرق رخ نمی دهد مشروط به اینکه متوسط شوری منطقه ریشه از حد آستانه تحمل به شوری محصول تجاوز ننماید.

مواد و روش ها

این طرح به صورت یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۹ تیمار در ۳ تکرار در لایسیمترهای استوانه ای شکل اجرا شد. به این ترتیب ۳۶ لایسیمتر در این طرح مورد استفاده قرار گرفت. فاکتورهای مورد آزمایش شامل شوری آب آبیاری در سه سطح ۲، ۷ و ۱۳ دسی زیمنس بر متر و کسر آبشویی در سطوح ۱۲، ۲۵ و ۵۰ درصد بودند. لایسیمترهای مورد استفاده در این طرح، لوله های پلی اتیلنی فشرده به قطر داخلی ۴۰ سانتیمتر، ضخامت ۱۰ میلیمتر و ارتفاع ۱۵۰ سانتیمتر بود. پس از استقرار لایسیمترها در گلخانه، پرکردن آنها (هاشمی نژاد و غلامی، ۱۳۸۷) و نصب تجهیزات لازم (از جمله ۲ عدد باسکول)، بذر یونجه

کردن معادله ۳ در معادله ۲ منجر به معادله ۴ می شود که از آن به عنوان مدل سنتی نیاز آبشویی یاد می شد:

$$LR = \frac{EC_{iw}}{5EC_e^* - EC_{iw}} \quad (4)$$

معادله ۴ نیاز آبشویی را به شوری آب آبیاری و تحمل گیاه به شوری مرتبط می سازد.

مقادیر نیاز آبشویی به دست آمده از معادله ۴ (مدل سنتی نیاز آبشویی) به خصوص برای محصولات مقاوم به شوری کمتر از مقادیر به دست آمده به وسیله معادله ۲ (مدل اصلی نیاز آبشویی) می باشند. مدل سنتی نیاز آبشویی مصرف آب را یکنواخت فرض کرده و برای ترسیب یا انحلال املاح اصلاح نشده است همچنین تاثیر تواتر آبیاری، جریان رو به بالای آب، ترکیب شیمیایی آب و حذف نمک به وسیله رواناب را نیز در نظر نگرفته است.

بر خلاف مدل سنتی حالت ماندگاری که در بالا بحث شد، مدل واتسویت ترکیب شیمیایی آب آبیاری را در نظر گرفته و فرآیندهای ترسیب املاح و هوادیدگی کانیها را نیز دخالت می دهد. ترسیب املاح و هوادیدگی کانیها می تواند بسته به ترکیب شیمیایی آب و کسر آبشویی تاثیر معنی داری بر مقدار شوری خاک بگذارد. فرض اولیه بر این است که جذب آب به وسیله گیاه از ربعهای متوالی عمق توسعه ریشه ها به نسبت های ۱۰-۲۰-۳۰-۴۰ انجام می گیرد. غلظت کاتیونها و آنیونهای غالب در آب خاک در محدوده ریشه آبیاری شده در حالت تعادل به صورت تابعی از ترکیب شیمیایی آب آبیاری، کسر آبشویی، حضور و یا عدم حضور آهک و نهایتاً استفاده یا عدم استفاده از چند ماده اصلاح گر مانند گچ، به وسیله مدل واتسویت محاسبه می شود. مدل واتسویت فرایندهای ترسیب و انحلال دو کانی غالب خاک یعنی آهک و گچ را در نظر می گیرد. با استفاده از مدل واتسویت نیاز آبشویی به این ترتیب محاسبه می شود که با در نظر گرفتن شیمی آب و کانی شناسی خاک مقداری

آبیاری و زهاب در هر دوره آبیاری و کاتیونها و آنیونهای محلول خاک در انتهای دوره آزمایش بود. نتایج اندازه گیری شده با مقادیر پیش بینی مدل واتسویت و مدل آیرز و وستکات مقایسه شده است.

نتایج

جدول (۱) نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری و خاک مورد استفاده در آزمایش را نشان می دهد. با توجه به اینکه سطوح شوری مورد نظر از اختلاط ۲ منبع آب ایجاد می شود، در اینجا تجزیه هر دو نوع آب مورد استفاده آورده شده است.

یزدی با تراکم ۵۰ بوته در هر لایسیمتر کاشته و برای کاهش تبخیر از سطح، روی آن به وسیله ماسه بادی پوشانده شد. آبیاری در مراحل اولیه هر روزه و با آب شهری ($EC < 0.5 dS/m$) انجام می شد. پس از مرحله گیاهچه‌ای تا مرحله استقرار تعداد آبیاری‌ها به هفته‌ای یکبار کاهش داده شده و در نهایت تیمارهای آزمایشی اعمال شدند. سطوح شوری مورد اشاره از طریق اختلاط یک منبع آب شور طبیعی با شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر با آب شهری حاصل می‌شدند. آبیاری به صورت هفتگی و برداشت گیاه در مرحله ۴۰ درصد گلدهی انجام می‌شد. اندازه گیری ها شامل حجم و ترکیب شیمیایی آب

جدول (۱) تجزیه شیمیایی منابع آب و خاک مورد استفاده در آزمایش

یونهای محلول (میلی اکیوالان در لیتر)								pH	EC (dS/m)	پارامتر (واحد)
CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl ⁻	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+			
۰/۲۱	۴/۷	۱۱/۷	-	۷/۵۱	۵/۸۴	۷	۰/۵۵	۸/۱۰	۲/۰۴۰	آب
۰/۲۴	۳/۴۶	۱۲۳/۷۵	۲۲/۷۶	۱۳	۲۶/۲۹	۱۱۰/۵۸	۰/۳۴	۷/۴۸	۱۳/۲۸۰	آبیاری
۱/۹	۷/۰۵	۳۹/۵	۱۰/۳۳	۱۹/۴۴	۹/۹۶	۲۸/۰۲	۱/۰۶	۸/۰۵	۵/۶۵	خاک

مناسبی برای پیش بینی ترکیب آب زهکش بود، در جدول (۲) به طور خلاصه پیش بینی مدل واتسویت و مدل آیرز و وستکات با مقادیر اندازه گیری واقعی مقایسه شده است. مدل واتسویت در حالت اشباع با کربنات کلسیم و بدون استفاده از مواد اصلاح کننده اجرا شده است.

مقادیر کسر آبشویی تا قبل از حصول شرایط ماندگار متغیر بود (هاشمی نژاد و قانع، ۱۳۹۰) لذا در مقاله مورد اشاره به بررسی تغییرات شیمیایی زهکش و نیز کسر آبشویی در شرایط شبه ماندگار پرداخته شده است. با توجه به اینکه مدل واتسویت دارای قابلیت

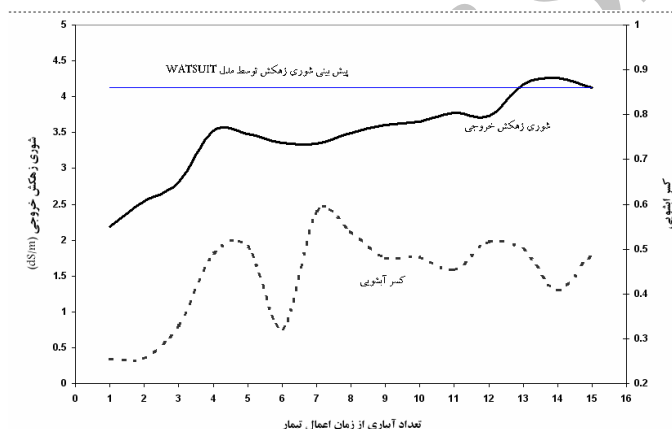
جدول (۲) میانگین مقادیر اندازه گیری شده و تخمینی به روشهای مختلف از پارامترهای آب زهکش. تعداد نمونه های آب

آبیاری ۳۰. میانگین کسر آبشویی ۰,۳۵

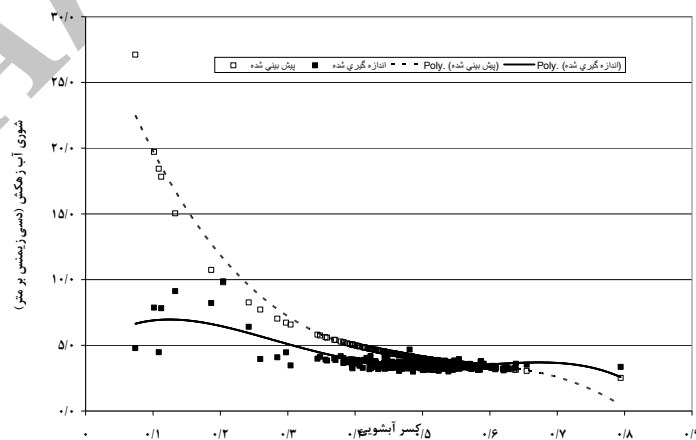
میانگین آب زهکش			میانگین آب آبیاری	واحد	پارامتر
پیش بینی مدل آیرز و وستکات	پیش بینی مدل واتسویت	اندازه گیری شده			
۵۷۳۹/۰۶	۵۲۷۰	۵۳۷۶/۶۷	۲۰۰۸/۶۷	$(dS m^{-1}) * 10^3$	EC
۱۸/۸۰	۱۷/۹۷	۱۹/۳۴	۶/۵۸		Ca^{2+}
۱۶/۲۹	۱۶/۲۹	۱۵/۰۰	۵/۷۰		Mg^{2+}
۱۹/۳۴	۲۱/۳۴	۲۰/۷۱	۶/۷۷		Na^+
۳۵/۰۶	۳۴/۳۱	۳۸/۴۹	۱۲/۲۷	meq L ⁻¹	Cl ⁻
۰/۵۷	۰/۶۷	۰/۲۳	۰/۲۰		CO_3^{2-}
۸/۶۳	۷/۷۰	۳/۳۲	۳/۰۲		HCO_3^-
۱۲/۹۱	۱۲/۹۱	۱۰/۶۹	۴/۵۲		SO_4^{2-}

مقابل دوره‌های آبیاری انجام شده از زمان اعمال تیمار را برای شوری آب آبیاری ۲ دسی زیمنس بر متر و کسر آبشویی ۵۰ درصد، نشان می‌دهد. همان گونه که در این شکل نیز مشخص است پس از حدود ۱۲ دور آبیاری از زمان اعمال تیمار، شوری زهاب به میزان پیش بینی شده به وسیله مدل نزدیک شده است. پس می‌توان نتیجه گیری کرد شوری خاک نیز در این زمان با شوری آب آبیاری به تعادل و حالت ماندگار رسیده است. هر چه کسر آبشویی اعمال شده بیشتر باشد، مدت زمان مورد نیاز برای حصول شرایط ماندگار کاهش می‌یابد. این موضوع در شکل ۲ نشان داده شده است.

همان گونه که از جدول فوق نیز مشخص است در مجموع مقادیر برآورد شده به وسیله مدلها به مقادیر اندازه گیری شده در آب زهکش بسیار نزدیک هستند. در نتیجه در سایر قسمتها برای برآورد وضعیت شوری در خاک از این مدلها استفاده شده است. برای قضاوت در مورد زمان رسیدن نیمرخ شوری خاک به حالت ماندگار، از پیش بینی مدل حالت ماندگار واتسویت استفاده شده است. به این معنی که هر گاه شوری آب زهکش شده از انتهای ستون به مقدار پیش بینی شده توسط مدل گفته شده نزدیک شد می‌توان قضاوت کرد که شوری نیمرخ خاک به حالت ماندگار یا شبه ماندگار نزدیک شده است. شکل ۱ به طور نمونه تغییرات شوری آب زهکش را در



شکل ۱- تغییرات شوری آب زهکش در مقابل تعداد دور آبیاری برای تیمار کسر آبشویی ۵۰ درصد و شوری آب آبیاری ۲ دسی زیمنس بر متر



شکل ۲- تاثیر کسر آبشویی بر حصول شرایط ماندگار

آبیاری مورد نیاز برای رسیدن شوری آب زهکش به میزان پیش بینی مدل حالت ماندگار واتسویت را برای متوسط تکرارهای هر تیمار نشان می دهد.

به طور مشابه برای سایر تیمارها این زمان از روی شکل های شبیه به شکل ۱ برای متوسط تکرارها قابل محاسبه است. به طور خلاصه جدول (۳) تعداد دور

جدول ۳- تعداد دور آبیاری مورد نیاز از زمان اعمال تیمار برای رسیدن شوری آب زهکش به حد پیش بینی شده به وسیله مدل حالت ماندگار واتسویت

فاکتور (تیمار)		شوری آب آبیاری (ds/m)		
		۲	۷	۱۳
کسر آبشویی (درصد)	۱۲	۱۵	۱۸	۲۰
	۲۵	۱۴	۱۶	۱۷
	۵۰	۱۲	۱۴	۱۴

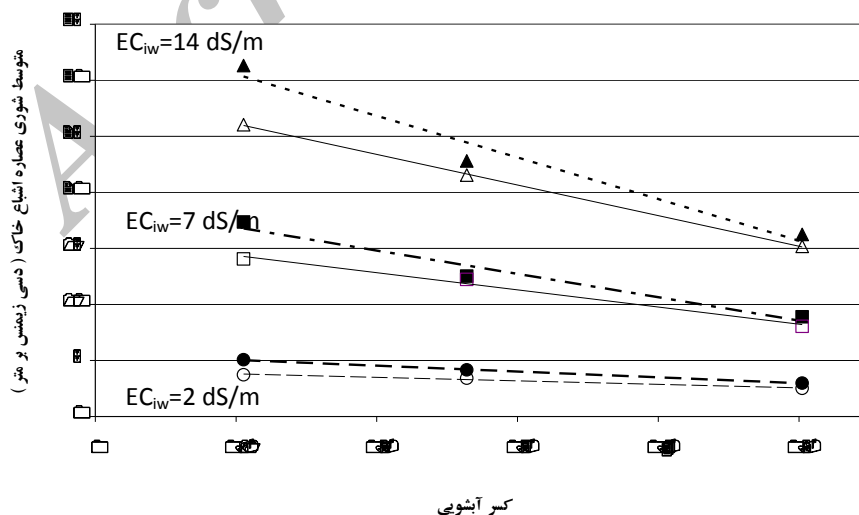
تخمین زده شده به وسیله مدل واتسویت با خط چین نشان داده شده اند. مقادیر اندازه گیری شده به وسیله مدل واتسویت از شوری متوسط محلول خاک از طریق رابطه زیر به شوری عصاره اشباع خاک تبدیل گردیده است:

$$EC_e = 0.5 EC_{ss} \quad (5)$$

که در آن EC_e شوری عصاره اشباع خاک و EC_{ss} شوری محلول خاک می باشد.

متوسط شوری خاک در حالت ماندگار

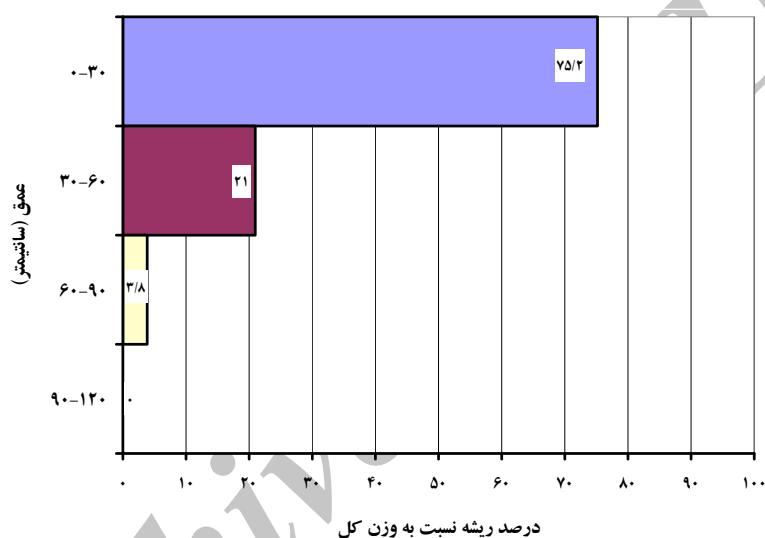
با توجه به اینکه آزمایش تا مرحله رسیدن به حالت ماندگار ادامه پیدا کرد، بنابراین نتایج آنالیزهای آزمایشگاهی شوری خاک با مقادیر پیش بینی شده به وسیله مدل های حالت ماندگار قابل مقایسه می باشند. شکل ۳ متوسط شوری خاک در انتهای آزمایش را برای تیمارهای مختلف به صورت میانگین نشان می دهد. در این شکل مقادیر اندازه گیری شده با خط پُر و مقادیر



شکل ۳- متوسط مقادیر اندازه گیری شده (نقاط پُر) و پیش بینی شده (نقاط خالی) شوری عصاره اشباع خاک در انتهای دوره آزمایش

موضوع دیگری که بر پیش بینی این مدلها تاثیر گذار است الگوی فرضی جذب آب به وسیله محصول است. همان گونه که در مقدمه اشاره شده است، در هر دو مدل فرض شده است که گیاه به ترتیب ۴۰، ۳۰، ۲۰ و ۱۰ درصد از آب مورد نیاز خود را از ربعهای اول تا چهارم منطقه ریشه جذب می نماید. در حالی که اندازه گیری توزیع وزن ریشه در ۴ ربع عمق لایسیمتر توزیع بسیار متفاوتی از الگوی پراکندگی ریشه نشان داد. این موضوع در شکل ۴ نشان داده شده است.

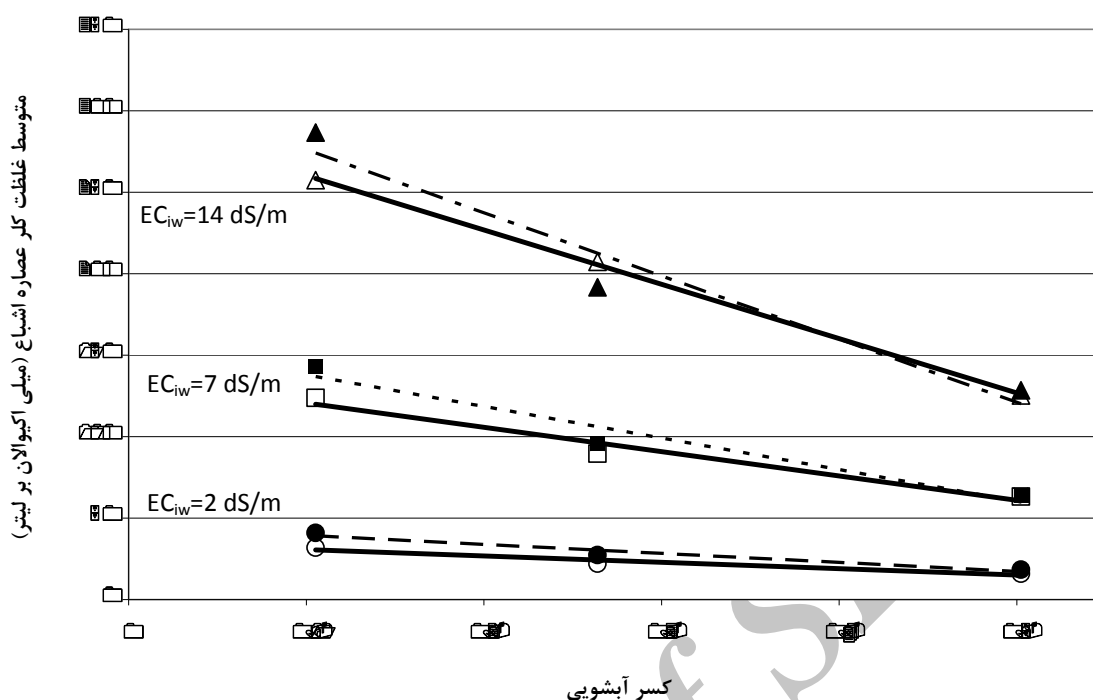
نکته قابل توجه در مورد شکل ۳ این است که مقادیر اندازه گیری شده همواره کمتر از مقادیر پیش بینی شده به وسیله مدل می باشند. هر چند که مدلی مانند واتسویت برای پیش بینی فرآیندهایی مانند انحلال و رسوب تحت تاثیر کیفیت شیمیایی آب و کسر آبشویی تطابق یافته است، ولی به نظر می رسد در این آزمایش نتوانسته است به طور کامل فرآیندهای شیمیایی اتفاق افتاده در محدوده توسعه ریشه را پیش بینی نماید.



شکل ۴- توزیع وزن ریشه در اعماق مختلف برای لایسیمتر شماره ۱۳

می باشد. این مورد هم در جدول ۲ و هم در شکل ۵ قابل مشاهده است.

در مورد یونهای که در این گونه واکنشها شرکت نمی نمایند مانند کلر، غلظت اندازه گیری شده بسیار نزدیک به مقدار پیش بینی شده به وسیله مدل



شکل ۵- متوسط مقادیر اندازه گیری شده (نقاط پُر) و پیش بینی شده (نقاط خالی) غلظت کلر در عصاره اشباع خاک در انتهای دوره آزمایش.

بحث

در مورد زمان مورد نیاز برای حصول شرایط ماندگار به طور کلی دور آبیاری مورد نیاز با افزایش سطح شوری آب آبیاری و کاهش کسر آبشویی افزایش می یابد. در نتیجه مشاهده می شود در کسر آبشویی ۵۰ درصد تفاوتی بین تیمارهای آب ۷ و ۱۳ دسی زیمنس بر متر از لحاظ تعداد آبیاری مورد نیاز برای رسیدن به حالت ماندگار وجود ندارد. افزایش کسر آبشویی نیز به معنای افزایش بار نمک و سرعت دادن به واکنش انحلال و آبشویی املاح می باشد که در نتیجه این زمان راکاهش می دهد.

اطلاعات ارائه شده در شکل ۳ حاوی نکته قابل توجه و امیدوار کننده ای در راستای افزایش کارایی مصرف آب در شرایط شور می باشد. به عبارت ساده تر این شکل نشان می دهد که اعمال یک کسر آبشویی مشخص منجر به کاهش شوری خاک بیش از آن مقداری می شود

مقایسه مقادیر پیش بینی شده به وسیله این دو روش بامتوسط مقادیر اندازه گیری شده در آب زهکش در جدول ۲ مشخص می سازد که در مرحله نخست مقادیر پیش بینی شده به وسیله این دو روش اختلاف زیادی با هم ندارند. در نتیجه مدل واتسویت نیز به مانند آیرز و وستکات ($Conc_{iw} \times \frac{1}{LF}$) به یون کلر به عنوان یک یون فعال در واکنشهای ترسیب و انحلال توجه ندارد. در عین حال غلظت کلر اندازه گیری شده، کمی بیشتر از مقدار پیش بینی شده می باشد. در این مورد خاص انحلال کلر از منبع املاح موجود در کود دامی می تواند منشاء این اختلاف باشد. در مورد خاک نیز همان گونه که در شکل ۵ مشاهده می شود، غلظت متوسط کلر اندازه گیری شده اختلاف ناچیزی با مقدار پیش بینی شده دارد که این نشان می دهد که آنیون کلرور به طور فعال در واکنشهای شیمیایی محیط خاک شرکت نمی کند.

شیمیایی برسد. در این حالت شوری متوسط منطقه ریشه در معادلات نیاز آبخویی قابل استفاده می باشند. نتایج این آزمایش نشان داد که مدت زمان لازم برای رسیدن نیمرخ شوری خاک به حالت تعادل و ماندگار با کاهش کسر آبخویی و افزایش سطح شوری آب آبیاری افزایش می یابد. از طرف دیگر حداقل ۱۲ دور آبیاری مورد نیاز است تا اراضی تحت کشت جدید به این حالت ماندگار دست یابند.

در هر دو مدل مورد استفاده الگوی جذب آب ریشه به وسیله محصول به صورت ۱۰-۲۰-۳۰-۴۰ فرض شده است که با مقادیر اندازه گیری توزیع عمقی ریشه همخوانی نداشت و ممکن است باعث انحراف اندازه گیری ها از واقعیت شود. هر چند که در این مورد چون متوسط شوری منطقه ریشه برآورد گردید، مقادیر اندازه گیری شده بسیار نزدیک به واقعیت بود.

نتایج این آزمایش نشان داد که اعمال یک کسر آبخویی مشخص منجر به کاهش شوری خاک بیش از آن مقداری می شود که مدلی مانند واتسویت پیش بینی می کند. بنابراین در این شرایط می توان با اعمال کسر آبخویی کمتر نیز به متوسط شوری مورد نظر دست یافت که خود از جنبه صرفه جویی در مصرف آب به خصوص در شرایط شور که مصرف آب مستلزم اعمال نمک می باشد، بسیار قابل توجه است.

ترکیب شیمیایی متفاوت منابع آب زیرزمینی در دشت یزد که بطور عمده حاوی نسبت منیزیم به کلسیم بیش از مقادیر میانگین گزارش شده می باشند، در محیط ریشه باعث بروز واکنشهای شیمیایی خاصی از جمله ترسیب منیزیم می شود که به وسیله مدل‌هایی مانند واتسویت قابل پیش بینی نیست.

که مدلی مانند واتسویت پیش بینی می کند. بنابراین در این شرایط می توان با اعمال کسر آبخویی کمتر نیز به متوسط شوری مورد نظر دست یافت.

غلظت اندازه گیری شده منیزیم در آب زهکش در کلیه موارد کمتر از مقادیر پیش بینی شده به وسیله مدل‌های سنتی و حتی واتسویت بود. همان گونه که در جدول ۲ مشخص است این مقدار به وسیله هر دو روش بطور دقیق پیش بینی شده، در حالیکه مقدار اندازه گیری شده واقعی کمتر از مقدار پیش بینی شده است. این نشان می دهد که مدل شیمیایی واتسویت به مانند مدل سنتی $Conc_{iw} \times \frac{1}{LF}$ فرض می نماید که یون منیزیم در واکنشهای شیمیایی محیط ریشه مانند ترسیب و انحلال شرکت نمی کند. این در حالی است که مقداری از یون منیزیم در این مورد به دلیل ترسیب در محیط خاک وارد زهکش نشده است. البته نسبت بالای غلظت منیزیم به کلسیم که در منابع آبهای زیرزمینی دشت یزد مشاهده می شوند حالت استثنایی داشته و به همین دلیل در مدل‌هایی مانند واتسویت در نظر گرفته نشده است. در مورد آنیون سولفات نیز به همین ترتیب مقدار پیش بینی شده به وسیله این دو روش دقیقاً مساوی یکدیگر و بالاتر از میزان اندازه گیری شده واقعی می باشد.

نتیجه گیری

برای اعمال مدل‌ها و یا روابط پیش بینی نیاز آبخویی یکی از پیش فرضهای اولیه، رسیدن شوری نیمرخ خاک به حالت ماندگار است. این بدان معنی است که نمی توان برای اراضی که به تازگی تحت کشت قرار گرفته اند با انجام یک نمونه برداری ساده، متوسط شوری منطقه ریشه را محاسبه و بر مبنای آن کسری را برای آبخویی املاح به میزان نیاز آبی اضافه کرد. بلکه مدت زمانی لازم است تا نیمرخ شوری خاک با آب آبیاری به تعادل

منابع مورد استفاده:

۱. هاشمی نژاد، ی. و غلامی، م. ۱۳۸۷، معرفی روش مناسب پر کردن ستون های دست خورده خاک و ارزیابی آن جهت حصول متخلخل همگن. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۲(۲): ۴۴۷-۴۵۵.
۲. هاشمی نژاد، ی. و قانع، ف. ۱۳۹۰. تخمین نسبت جذب سدیم در آب زهکش با استفاده از ترکیب شیمیایی آب آبیاری در شرایط شبه ماندگار. *مجله پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۲۵(۱): ۶۷-۷۳.*
3. Ayers, R. S. and Westcot, D. W. 1989. Water quality for agriculture. FAO irrigation and drainage paper 29 Rev. 1. Rome.
4. Bernstien, L. 1964. Salt tolerance of plants. USDA Info. Bull. 283. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
5. Hoffman, G. J. and Van Genuchten M. Th.. 1983. Soil properties and efficient water use: water management for salinity control. In H. M. Taylor et al. (ed.) limitations to efficient water use in crop production. ASA, CSSA and SSSA.
6. Hoffman, G. J., Rawlins S. L., Oster J. D., Jobses J. A. and Merrill S. D. 1979. Leaching requirement for salinity control I. Wheat, Sorghum, and Lettuce. *Agricultural Water Management*. 2: 177-192.
7. Letey, J. Dinar, A. Knapp, K.C. 1985. Crop-water production function model for saline irrigation waters. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49: 1005-1009.
8. Mass, E.V. and Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance- current assessment. *J. Irr. Drain. Div. Am. Soc. Civil Eng.* 103: 115-134.
9. Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *Agric. Handbook no. 60*, USDA.
10. Rhoades, J.D. 1974. Drainage for salinity control. In: van Shilfgaarde, J. (ed.) *Drainage for agriculture*. *Agronomy*. 17: 433-461. ASA. Madison, Wis.
11. Rhoades, J.D., J.D.Oster, R.D. Ingvalson, J.M. Tucker, and M. Clark, 1974, Minimizing salt burdens of irrigation and drainage water. *Journal of Environmental Quality*. 3: 311-316.
12. Rhoades, J.D., Merrill, S.D., 1976. Assessing the suitability of water for irrigation: theoretical and empirical approaches. In: *Prognosis of Salinity and Alkalinity*. *Soils Bulletin 31*, FAO, Rome, pp. 69-109.
13. Shalhevet, J. 1994. Review article using water of marginal quality for crop production: major issues, *Agricultural Water Management* 25: 233-269.
14. Van Shilfgaarde, J. Bernstien, L. Rhoades, J.D. and Rawlins, S.L. 1974. Irrigation management for salt control. *J. Irr. Drain. Div. Am. Soc. Civil Eng.* 100: 321-338.