سال اول، شماره ۱، اسفند ۱۳۹۲، صفحات ۸۱ تا ۸۸
نشریه آب و توسعه پایدار

2014, Vol.1, No.1, Pages 81 to 88
Journal of Water and Sustainable Development

کشاورزی حفاظتی و تأثیر آن بر هیدرولیک روش‌های آبیاری سطحی

مطالعه موردی: دشت زاهدان

سید ابوالقاسم حقایقی مقدم[1*]، حسین انصاری[2]

۱- دانشجوی دکتری مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی.
۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد.
*(نویسنده مسئول، E-Mail: sahm51@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۱۲
تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۲۵

Conservation agriculture and its impact on hydraulics of surface irrigation methods

Case study: Zahedan plain

S.A. Haghayeghi[1*], H. Ansari[2]

1 - PhD Student of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
2 - Associate Professor, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
* (Corresponding author Email: sahm51@yahoo.com)
Received: 3-11-2013
Accepted: 16-12-2013

چکیده

کشاورزی حفاظتی به مجموعه‌ای از اقدامات شامل نگهداری مقدار مناسبی از بقایای گیاهی در سطح خاک، رعایت تناوب زراعی مناسب و کاهش هر چه بیشتر عملیات خاک‌ورزی گفته می‌شود که سبب صرفه‌جویی در زمان و انرژی و تقویت منابع آب و خاک می‌شود. از جمله اثرات کشاورزی حفاظتی که می‌تواند بر هیدرولیک روش‌های آبیاری سطحی مؤثر باشد، تغییر در ضریب زبری و نفوذپذیری خاک است. در این پژوهش از جمع‌بندی نتایج بررسی‌ها، مقدار افزایش ضریب زبری و شدت نفوذ آب در خاک به ترتیب ۳۵ و ۲۵ درصد در شرایط کشاورزی حفاظتی تخمین زده شد. نتایج شبیه‌سازی آبیاری سطحی در شرایط کشاورزی حفاظتی با مدل SIRMOD نشان داد زمان پیشروی آب به طور متوسط ۳۷/۲ درصد نسبت به کشاورزی مرسوم افزایش می‌یابد. این افزایش را می‌توان به دلیل بالا رفتن ضریب زبری ناشی از وجود بقایای گیاهی در سطح مزرعه دانست. تغییر شیوه خاک‌ورزی از مرسوم به حفاظتی باعث تغییر در راندمان کاربرد و راندمان آبیاری نشد. یکنواختی توزیع آب در مزرعه به خاطر استفاده از شیوه کشاورزی حفاظتی ۹ درصد کاهش نشان داد. کشاورزی حفاظتی باعث ۳۶ درصد کاهش در تلفات رواناب انتهایی شد که مزیت قابل توجه این شیوه می‌باشد. از طرف دیگر کشاورزی حفاظتی به طور متوسط نفوذ عمقی آب به زیر منطقه توسعه ریشه را ۵۴ درصد افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: کشاورزی حفاظتی، آبیاری سطحی، خاک‌ورزی، بقایای گیاهی.

Abstract

Conservation agriculture (CA) is a series of measures which include retention of adequate levels of crop residues on the soil surface, proper crop rotations and reductions in tillage as much as possible so that their application conserve time, energy and promote soil and water resources. Among impacts of CA that would affect hydraulics of surface irrigation methods are variations in roughness coefficient and soil infiltration. In present research the increase in roughness coefficient and soil infiltration rate were determined respectively 35% and 25% in CA conditions. Results of using SIRMOD model for simulation of surface irrigation in CA conditions showed that advanced water time would increase averagely 37.2% in CA comparing to conventional agriculture. This incline can be contributed to the increase in roughness coefficient due to crop residues on the farm surface. Modification of tillage method from conventional to conservation didn't change the application and irrigation efficiency. Water distribution uniformity in farm decreased 9% by applying CA method. CA could bear 36% reduction in run off tail water that which is a good advantage of this method. On the other hand, CA increased the deep percolation under root development zone by 54% on average.

Keywords: conservation agriculture, surface irrigation, tillage, crop residues.

مقدمه

در دهه گذشته کشاورزی حفاظتی به موضوعی بحث برانگیز در محافل علمی و تصمیم سازی برای نیل به کشاورزی پایدار تبدیل شده است (Andersson و D'Souza، ۲۰۱۳). کشاورزی حفاظتی به مجموعه‌ای از تکنیک‌ها شامل نگهداری بقایای گیاهی در سطح خاک، تناوب زراعی، کاربرد کود سبز، کنترل عبور و مرور وسایل و ماشین‌های کشاورزی و استفاده از بسترها یا پشته‌های عریض گفته می‌شود. وقتی ترکیبی از این تکنیک‌ها به کار برده می‌شود صرفه‌جویی در وقت و انرژی و تقویت منابع آب و خاک را سببمی‌گردد. انتظار می رود عملیات کشاورزی حفاظتی منجربه مزایایی شامل: افزایش مواد آلی خاک، کاهش فرسایش در اراضی دیم، نگهداری بیشتر رطوبت خاک، کاهش علف‌های هرز، کاهش تردد ماشین‌آلات، کاهش مصرف سوخت، احیاء اراضی کم‌بازده و تعدیل دمای خاک درمزرعه گردد. کشاورزی حفاظتی بر چهار اصل زیر استوار است (Sayre، ۲۰۱۱):

۱- کاستن از شخم و به هم خوردن خاک در حد ممکن، ۲- باقی گذاشتن میزان مناسبی از بقایای گیاهی روی سطح خاک، ۳- رعایت تناوب زراعی مناسب و الگوی کشت اقتصادی و ۴- تولید پایدار محصولات کشاورزی توأم با سودمندی.

دست‌یابی به اصول کشاورزی حفاظتی با رعایت مدیریت ویژه در تغذیه گیاه، انتخاب ارقام مناسب، مدیریت کارآمد آبیاری، کنترل علف‌های هرز، حفظ بقایای گیاهی به اندازه کافی، بررسی فراسنج‌های اقتصادی - اجتماعی، مدیریت مناسب آفات و بیماری‌ها، استفاده از کارنده‌های ویژه و سایر ادوات متناسب فراهم خواهد شد. انواع روش‌های خاک ورزی حفاظتی به شرح زیر هستند:

کشت مستقیم: در عملیات خاک‌ورزی حفاظتی از نوع کشت مستقیم، ممکن است بعد از برداشت محصول قبلی (مثلا گندم یا جو)، بلافاصله و بدون هیچ عملیات اضافی نسبت به کاشت محصول بعدی (مثلا پنبه یا چغندرقند) اقدام کرد.

خاک‌ورزی نواری: نوعی از خاک‌ورزی حفاظتی است که در آن عملیات شخم فقط در بخشی از زمین که قرار است بذر در آن قسمت کشت شود، انجام می‌گردد.

خاک‌ورزی پشته‌ای: شیوه دیگری از خاک‌ورزی حفاظتی است که در آن عملیات شخم فقط روی پشته‌ها انجام می‌گیرد. در این نوع خاک‌ورزی پشته‌ها به طور دائم روی زمین هستند و ممکن است هر چند سال یک بار بازسازی شوند.

تأثیر کشاورزی حفاظتی بر مدیریت آبیاری

از دیدگاه مدیریت آبیاری کشاورزی حفاظتی دارای مزایا و معایب زیر است:

۱- کاهش سرعت جریان آب به خصوص در آبیاری شیاری و جویچه‌ای، ۲- افزایش امکان ذخیره رطوبت در خاک، ۳- کاهش تبخیر از سطح خاک و ۴- کاهش دمای بستر بذر.

در ارتباط با تأثیر کشاورزی حفاظتی بر بهبود فراسنج‌های آبیاری تحقیقات زیادی در خارج و داخل کشور انجام شده است. نتایج تحقیقات مختلف نشان داده که حفظ بقایای گیاهی روی سطح خاک و عملیات کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی موجب افزایش بهره‌وری آب می‌شود (Asadi و Razzaghi، ۲۰۱۱). کشت بدون شخم، ظرفیت نگهداشت آب در خاک را افزایش و دمای بستر خاک را کاهش می‌دهد. شخم حفاظتی همچنین مقدار سوخت مصرفی و زمان لازم برای آماده‌سازی را کاهش می دهد. در روش خاک ورزی بدون شخم مقدار چگالی ظاهری خاک و فشردگی آن نسبت به روش مرسوم به طور معنی‌داری افزایش نمی یابد (Afzalinia و همکاران، ۲۰۱۱). عملکرد محصولات در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی گاهی افزایش یافته، در برخی موارد کاهش نشان داده و در مواردی نیز تغییری نداشته است. انجام عملیات کشت مستقیم می‌تواند موجب افزایش معنی‌دار مقدار مواد آلی در خاک گردد. میزان افزایش در عمق صفر تا ۲۰ سانتی متری خاک تا بیش از دو برابر نیز گزارش شده است. عملیات بی‌خاک‌ورزی در حد معنی‌دار مقدار رسوبات ناشی از رواناب و نیتروژن خروجی از اراضی را کاهش می‌دهد (Mupangwa و Jewitt، ۲۰۱۱). نفوذپذیری در عملیات کشت بدون شخم به دلیل وجود منافذ درشت بیشتر در خاک، افزایش می‌یابد. اما تعدادی از محققین گزارش کرده‌اند که نفوذپذیری یا هدایت هیدرولیکی خاک در کشاورزی حفاظتی به دلیل کم شدن چگالی ظاهری خاک کاهش می‌یابد (Ling-ling و همکاران، ۲۰۱۱). مقدار رطوبت ذخیره شده در نیمرخ خاک در تیمارهای شخم حفاظتی نسبت به شخم مرسوم افزایش نشان داده است (Fabrizzi و همکاران، ۲۰۰۵). از جمله اثرات کشاورزی حفاظتی که می‌تواند بر هیدرولیک روش‌های آبیاری سطحی مؤثر باشد، تغییر ضریب زبری بستر شیار یا نوار به دلیل وجود بقایای گیاهی و تغییر در روابط نفوذ آب در خاک است.

اثر کشاورزی حفاظتی بر ضریب زبری

باقی گذاشتن بقایای گیاهی روی سطح زمین موجب افزایش ضریب زبری می‌گردد. Sepaskha و Bondar (۲۰۰۲) در تحقیقی مقدار ضریب زبری در روش آبیاری جویچه ای را در حالت خاک با پوشش گیاهی گندم و بدون آن بررسی کردند. نتایج تحقیق آن ها نشان داد که مقدار ضریب زبری مانینگ در آبیاری اول زیاد بود و در بازه ۰/۰۷ تا ۰/۱۲ تغییر می نمود. در آبیاری دوم و سوم ضریب زبری ۶۰-۷۰ درصد کاهش یافت. اما بعد از نوبت سوم آبیاری، به دلیل سبز شدن بوته‌های گندم زبری سطح افزایش یافت به طوری که در نوبت هفتم آبیاری مقدار ضریب زبری به عدد ۰/۱۳۶ بالغ گردید (جدول ۱).

در تحقیق دیگری (Li و Zhang، ۲۰۰۱) ضریب زبری در شرایط وجود و عدم وجود پوشش گیاهی گندم در روش آبیاری نواری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نیز نشان داد که در شرایط کشت محصول در بستر نوار، مقدار ضریب زبری به طور متوسط از مقدار ۰/۰۳ به ۰/۰۳۹ افزایش یافت. از مجموع نتایج این دو تحقیق می‌توان مقدار افزایش ضریب زبری بستر شیار یا نوار را در یک برآورد کلی حدود ۳۵٪ تخمین زد.

جدول ۱- تغییرات ضریب زبری بستر به ازاء مقادیر مختلف شیب و دبی ورودی (Sepaskha و Bondar، ۲۰۰۲)

تیمار آبیاری	دبی ورودی (lit/sec)	ضریب زبری (n) نوبت آبیاری ۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
جویچه ای معمولی (شیب ۰/۴ درصد)	۱/۱	۰/۰۷۵	۰/۰۵۳	۰/۰۵۰	۰/۰۵۵	۰/۰۶۰	۰/۰۶۴	۰/۰۶۶
	۰/۸	۰/۱۰۲	۰/۰۸۹	۰/۰۶۴	۰/۰۶۶	۰/۰۷۳	۰/۰۷۶	۰/۰۸۷
	۰/۴	۰/۱۲۱	۰/۱۰۸	۰/۰۸۹	۰/۰۹۹	۰/۱۰۴	۰/۱۲۵	۰/۱۳۶
جویچه ای یک درمیان (شیب ۰/۴ درصد)	۱/۱	۰/۰۷۰	۰/۰۵۵	۰/۰۴۷	۰/۰۵۵	۰/۰۵۶	۰/۰۷۱	۰/۰۹۳
	۰/۸	۰/۰۷۸	۰/۰۶۷	۰/۰۵۱	۰/۰۴۸	۰/۰۶۱	۰/۰۷۳	۰/۰۹۴
	۰/۴	۰/۱۱۰	۰/۰۸۶	۰/۰۷۱	۰/۰۸۰	۰/۰۸۳	۰/۰۹۳	۰/۱۰۸
جویچه ای معمولی (شیب ۰/۲ درصد)	۱/۱	۰/۰۷۴	۰/۰۶۸	۰/۰۶۳	۰/۰۷۵	۰/۰۷۰	۰/۰۷۱	۰/۰۸۱
	۰/۸	۰/۰۸۵	۰/۰۷۵	۰/۰۶۶	۰/۰۶۵	۰/۰۷۰	۰/۰۷۹	۰/۰۹۱
	۰/۴	۰/۱۱۵	۰/۰۸۶	۰/۰۷۰	۰/۰۷۷	۰/۰۷۲	۰/۰۸۶	۰/۱۰۱

اثر کشاورزی حفاظتی بر نفوذپذیری

سوابق تحقیقات انجام شده در رابطه با تأثیر کشاورزی حفاظتی بر نفوذ آب در خاک به طور خلاصه در جدول (۲) ارایه شده است (Thierfelder و Wall، ۲۰۰۹؛ Dehghanian و Afzalinia، ۲۰۱۱؛ Jat و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد که کشاورزی حفاظتی شدت نفوذ آب در خاک را به طور متوسط از ۳/۳۳ به ۴/۱۲ سانتی متر در ساعت به میزان ۲۵٪ افزایش داده است.

جدول ۲- تغییرات شدت نفوذ نهایی آب در خاک (cm/hr) در کشاورزی مرسوم و حفاظتی

منبع	کشاورزی حفاظتی	کشاورزی سنتی
Jat و همکاران، ۲۰۰۹	۰/۵۲	۰/۴۹
Jat و همکاران، ۲۰۰۹	۰/۱۴	۰/۰۷
Dehghanian و Afzalinia، ۲۰۱۱	۷/۲۵	۸/۴۵
Thierfelder و Wall، ۲۰۰۹	۴	۳/۲
Thierfelder و Wall، ۲۰۰۹	۷/۲	۵/۲
Thierfelder و Wall، ۲۰۰۹	۴/۶	۳/۴
Thierfelder و Wall، ۲۰۰۹	۵/۱	۲/۵
متوسط	**٤/١٢**	**٣/٣٣**

مواد و روش ها

به منظور شبیه‌سازی هیدرولیک آبیاری سطحی در شرایط کشاورزی حفاظتی از مدل کامپیوتری SIRMOD استفاده شد. مدل مذکور بسته نرم‌افزاری است که می‌تواند مناسب‌ترین ابعاد کرت، نوار و جویچه‌های آبیاری را برای دست‌یابی به بالاترین بازدهی در اختیار کاربر و طراح قرار دهد. این برنامه با زبان C++ نوشته شده و با مدل هیدرودینامیک کامل، از روش‌های حل عددی، هیدرولیک جریان در سامانه‌های آبیاری سطحی را شبیه‌سازی می‌نماید. در این تحقیق از فایل‌های پیش فرض و مثال موجود در مدل SIRMOD استفاده شد و برای روش‌های آبیاری کرتی، نواری و جویچه‌ای در شرایط کشاورزی مرسوم و حفاظتی مدل اجرا گردید. تیمارهای مورد مقایسه به شرح زیر بودند:

الف- شیوه خاک‌ورزی: ۱- مرسوم (CT)، ۲- بی‌خاک‌ورزی با فرض ۳۵٪ افزایش ضریب زبری (NT-n)، ۳- بی‌خاک‌ورزی با فرض ۲۵٪ افزایش در نفوذ نهایی آب در خاک (NT-i)، ۴- بی‌خاک‌ورزی با فرض افزایش ۳۵٪ ضریب زبری و افزایش ۲۵٪ نفوذ نهایی (NT-ni)

ب- روش آبیاری: ۱- کرتی (۱۰۰ در ۲۰۰ متر)، ۲- نواری با انتهای بسته (۶۲/۵ در ۶۲۵ متر)، ۳- نواری با انتهای باز (۹۶ در ۲۷۰ متر)، ۴- جویچه‌ای معمولی (۰/۷۵ در ۱۷۰ متر) و ۵- جویچه‌ای با کاهش دبی جریان یاکات بک (۰/۷۵ در ۳۶۰)

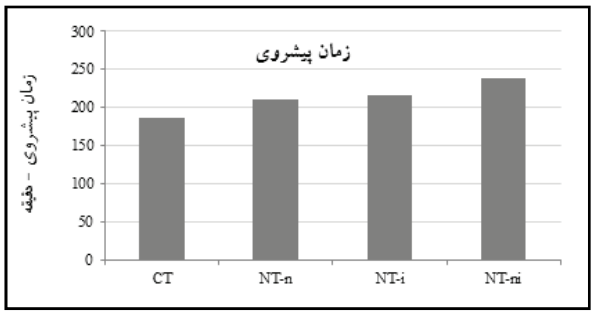
مدل پس از ورود اطلاعات و اجرا، خروجی‌هایی مانند منحنی‌های پیشروی و پسروی، راندمان کاربرد، راندمان توزیع، یکنواختی توزیع، مقدار رواناب خروجی و میزان نفوذ عمقی را در اختیار کاربر قرار می‌دهد. در ادامه به برخی از نتایج حاصل از اجرای مدل برای تیمارهای مختلف اشاره می‌گردد.

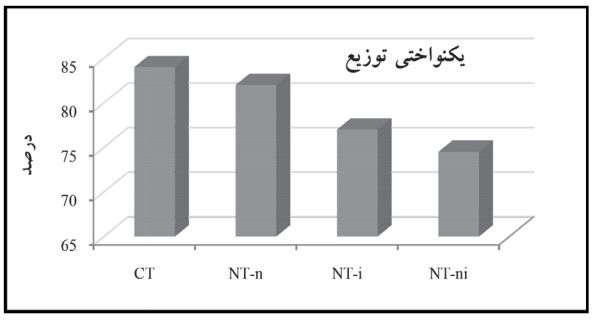
نتایج و بحث

در جدول (۳) فراسنج‌های هیدرولیکی روش آبیاری کرتی در تیمار کشت مرسوم و کشت‌های حفاظتی آورده شده است. نتایج ارایه شده در جدول نشان می‌دهد که تیمارهای کشاورزی حفاظتی موجب افزایش زمان پیشروی می‌گردند. در تیمار NT-ni که اثر افزایش ضریب زبری و سرعت نفوذ آب را در نظر می‌گیرد، افزایش سرعت پیشروی آب نسبت به تیمار کشت مرسوم به حدود ۴۹٪ می‌رسد. سایر فراسنج‌های مربوط به هیدرولیک آبیاری کرتی در تیمارهای آزمایش تفاوتی با هم نشان نمی‌دهند. در شکل (۱) اثر تیمارهای روش خاک‌ورزی بر زمان پیشروی و یکنواختی توزیع روش آبیاری نواری با انتهای باز نمایش داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در روش آبیاری نواری نیز همانند روش کرتی، کشاورزی حفاظتی موجب افزایش زمان پیشروی آب می‌شود. نفوذپذیری بیشتر از ضریب زبری در افزایش زمان پیشروی مؤثر است. زمان پیشروی آب در طول نوار مربوط به روش خاک‌ورزی مرسوم ۱۸۷ دقیقه است که در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی NT-i، NT-n و NT-ni به ترتیب به مقادیر ۲۱۰، ۲۱۵ و ۲۳۹ دقیقه افزایش می‌یابد. عملیات خاک‌ورزی حفاظتی به دلیل مقاومت بقایای گیاهی در مقابل حرکت آب، موجب کاهش یکنواختی توزیع در روش آبیاری نواری شده است؛ به طوری که این فراسنج از مقدار ۸۴٪ در خاک‌ورزی مرسوم به مقادیر ۸۲، ۷۷ و ۷۴/۵ درصد مربوط به روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی کاهش یافت.

جدول ۳- فراسنج های هیدرولیکی روش آبیاری کرتی در روش‌های کشاورزی مرسوم و حفاظتی

تیمار خاک‌ورزی / فراسنج‌ها	مرسوم (CT)	حفاظتی با افزایش زبری (NT-n)	حفاظتی با افزایش سرعت نفوذ (NT-i)	حفاظتی با افزایش زبری و سرعت نفوذ (NT-ni)
زمان پیشروی (دقیقه)	۲۵۷	۲۷۶	۳۶۲	۳۸۲
راندمان کاربرد (٪)	۵۸	۵۸	۵۷	۵۷
راندمان آبیاری (٪)	۶۴	۶۴	۶۳	۶۳
یکنواختی توزیع (٪)	۸۲	۸۰	۷۰	۶۸
راندمان توزیع (٪)	۵۸	۵۸	۵۷	۵۷
درصد رواناب	۰	۰	۰	۰
درصد نفوذ عمقی	۴۲	۴۲	۴۳	۴۳





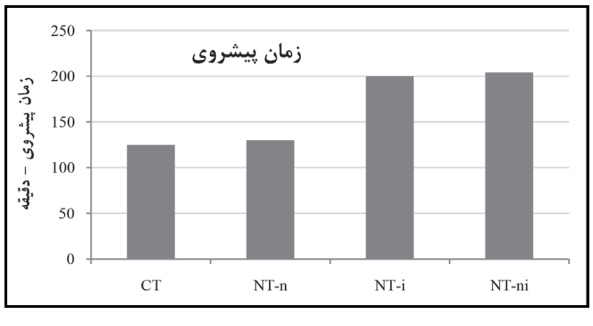
شکل ۱- اثر روش خاک‌ورزی بر زمان پیشروی (دقیقه) و یکنواختی توزیع (٪) روش آبیاری نواری

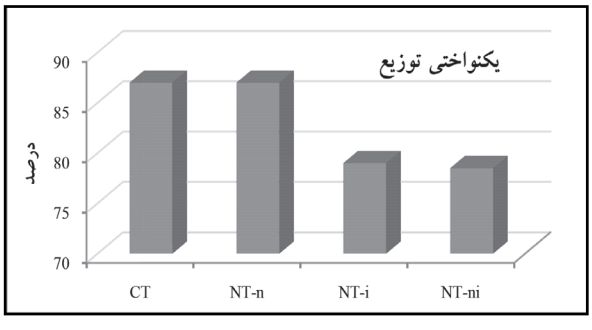
کشاورزی حفاظتی در روش آبیاری نواری همچنین موجب کاهش رواناب انتهایی (۱۴-۶۶ درصد) و افزایش نفوذ عمقی (۹-۴۳ درصد) می‌شود که علت را می‌توان به اثر بقایای گیاهی در افزایش زمان پیشروی و افزایش سرعت نفوذ آب در خاک نسبت داد (جدول ۴).

جدول ۴- اثر تیمارهای روش خاک ورزی بر درصد نفوذ عمقی و رواناب انتهایی در روش آبیاری نواری

تیمار خاک‌ورزی / فراسنج‌ها	(CT)	(NT-n)	(NT-i)	(NT-ni)
درصد رواناب	۱۲/۵	۱۰/۷	۵/۶	۳/۴
درصد نفوذ عمقی	۱۹/۸	۲۱/۵	۲۶/۹	۲۸/۴

شکل (۲) تأثیر روش خاک‌ورزی بر زمان پیشروی و یکنواختی توزیع روش آبیاری جویچه‌ای را نشان می‌دهد.



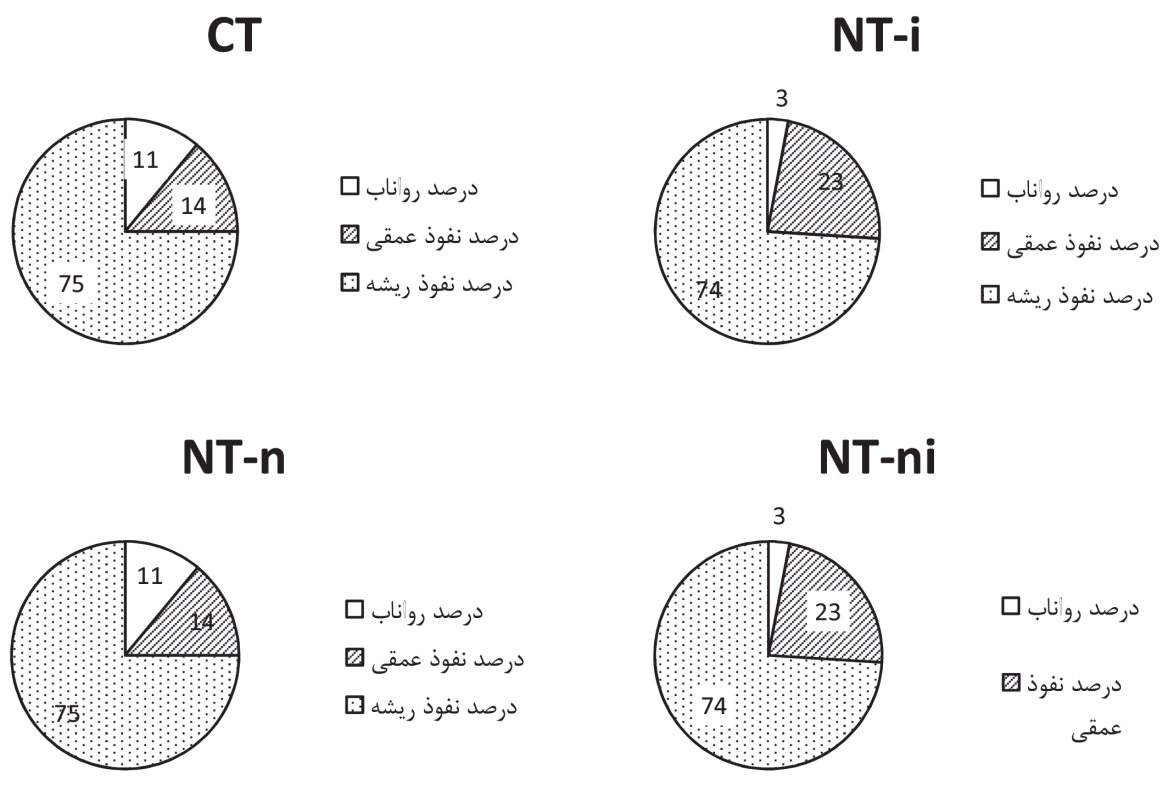


شکل۲- اثر روش خاک‌ورزی بر زمان پیشروی (دقیقه) و یکنواختی توزیع (٪) روش آبیاری جویچه‌ای

با توجه به شکل (۲) ملاحظه می‌شود که در روش آبیاری جویچه‌ای، افزایش ضریب زبری سطح بستر جویچه به خاطر وجود بقایای گیاهی تأثیری بر فراسنج‌های هیدرولیکی نمی‌گذارد اما افزایش سرعت نفوذ آب در خاک ناشی از انجام عملیات کشاورزی حفاظتی اثر قابل توجهی در افزایش زمان پیشروی (۶۲٪)، درصد نفوذ عمقی (۶۴٪)، کاهش یکنواختی توزیع (۹/۵٪) و درصد رواناب انتهایی (۷۳٪) نسبت به کشت مرسوم دارد.

در شکل (۳) درصدهای مربوط به نفوذ آب در منطقه ریشه، نفوذ عمقی و رواناب انتهایی مربوط به چهار روش خاک‌ورزی مورد مقایسه قرار گرفته است. با توجه به این شکل در روش آبیاری جویچه‌ای تفاوتی بین تیمار CT و NT-n مشاهده نمی‌شود. تیمارهای NT-i و NT-ni نیز با یکدیگر تفاوتی ندارند اما اختلاف دو تیمار اول با دو تیمار دوم قابل توجه و به عبارت دیگر معنی‌دار است.

در جدول (۵) جمع‌بندی نتایج حاصل از اجرای مدل SIRMOD برای روش‌های مختلف آبیاری سطحی در ۴ حالت مختلف خاک‌ورزی مرسوم و حفاظتی آورده شده است. در این جدول درصد افزایش یا کاهش هر کدام از فراسنج‌های مورد بررسی در روش‌های مختلف خاک‌ورزی حفاظتی نسبت به روش خاک ورزی مرسوم مشاهده می‌گردد.



شکل۳- درصد آب نفوذ کرده در عمق توسعه ریشه، درصد رواناب و نفوذ عمقی در روش آبیاری جویچه‌ای

جدول۵- تأثیر کشاورزی حفاظتی بر فراسنج های هیدرولیکی سامانه‌های آبیاری سطحی (درصد افزایش یا کاهش نسبت به روش مرسوم)

تیمار خاک‌ورزی / فراسنج‌ها	کرتی	نواری انتها باز	نواری انتها بسته	جویچه‌ای معمولی	جویچه‌ای با کات‌بک	متوسط
زمان پیشروی	۴۸/۶	۲۷/۸	۱۸/۵	۶۳/۲	۲۷/۸	۳۷/۲
راندمان کاربرد	-۱/۷	-۱/۵	۰	-۰/۷	-۱/۶	-۱/۱
راندمان آبیاری	-۱/۶	-۱/۳	۰	-۰/۶	-۱/۵	-۱
یکنواختی توزیع	-۱۷/۱	-۱۱/۳	-۶/۹	-۹/۸	-۱	-۹/۲
راندمان توزیع	-۱/۷	-۹/۱	۰	-۹/۴	-۱۵/۹	-۷/۲
درصد رواناب	۰	-۶۵/۶	۰	-۷۲/۷	-۴۳/۳	-۳۶/۳
درصد نفوذ عمقی	۲/۴	۳۴/۴	۰	۶۴/۳	۱۵۸/۸	۵۳/۸

جدول (۵) نشان می‌دهد زمان پیشروی آب به طور متوسط ۳۷/۲ درصد در کشاورزی حفاظتی نسبت به کشاورزی مرسوم افزایش می‌یابد. این افزایش در روش آبیاری جویچه‌ای حداکثر به اندازه ۶۳/۲٪ و در روش آبیاری نواری با انتهای بسته حداقل به میزان ۱۸/۵٪ شبیه سازی شده است. تغییر شیوه کشاورزی از روش مرسوم به روش‌های حفاظتی موجب تغییر در راندمان کاربرد و راندمان آبیاری در شیوه‌های آبیاری سطحی نمی‌گردد. شبیه‌سازی انجام شده توسط مدل حدود یک درصد کاهش را نشان می‌دهد که معنی‌دار و قابل توجه نیست. یکنواختی توزیع و راندمان توزیع آب به طور متوسط به ترتیب ۹/۲٪ و ۷/۲٪ به خاطر استفاده از شیوه کشاورزی حفاظتی کاهش نشان می‌دهد. بیشترین مقدار کاهش در یکنواختی توزیع مربوط به روش آبیاری کرتی و کمترین آن مربوط به روش آبیاری جویچه‌ای با کاهش دبی جریان اتفاق افتاده است.

نتایج حاصل از شبیه‌سازی توسط مدل نشان می‌دهد که کشاورزی حفاظتی موجب کاهش تلفات رواناب انتهایی به طور متوسط به اندازه ۳۶/۳ درصد گردیده است. این شیوه خاک ورزی و مدیریت بقایای گیاهی می‌تواند در روش آبیاری جویچه‌ای، رواناب خروجی از انتهای مزرعه را به میزان ۷۲/۷٪ کاهش دهد. از طرف دیگر کشاورزی حفاظتی به طور متوسط نفوذ عمقی آب به زیر منطقه توسعه ریشه را ۵۳/۸ درصد افزایش خواهد داد. این مقدار افزایش در نفوذ عمقی در روش آبیاری جویچه‌ای با کاهش دبی جریان به رقم ۱۵۸/۸٪ نیز می‌رسد اما در روش‌های کرتی نواری انتها بسته، ناچیز یا صفر است.

نتیجه گیری

حدود ۴۰ سال از معرفی کشاورزی حفاظتی برای تولید محصولات کشاورزی می‌گذرد. در حال حاضر بیش از ۱۰۰ میلیون هکتار از اراضی در دنیا با شیوه بدون شخم کشت می شوند و اراضی تحت کشت با روش‌های کم‌خاک‌ورزی بیش از این مقدار می‌باشد. انجام کشاورزی حفاظتی در ایران از حدودسال ۱۳۸۴ شروع به توسعه نموده است. در برنامه پنجم توسعه کشور پیش‌بینی شده که ۳ میلیون هکتار از اراضی در ۳۱ استان زیر کشت کشاورزی حفاظتی قرار بگیرند (Shahpari، ۲۰۱۱؛ سهرابی، ۱۳۹۰).

از دیدگاه مدیریت آبیاری، عملیات کشاورزی حفاظتی موجب افزایش بهره‌وری آب، افزایش ظرفیت نگهداشت آب در خاک، کاهش دمای بستر خاک، افزایش معنی‌دار مقدار مواد آلی در خاک، کاهش مقدار رسوبات ناشی از رواناب و نیتروژن خروجی از اراضی، افزایش نفوذپذیری و رطوبت ذخیره شده در نیمرخ خاک می گردد. از جمله اثرات کشاورزی حفاظتی که می‌تواند بر هیدرولیک روش‌های آبیاری سطحی مؤثر باشد، تغییر ضریب زبری به دلیل وجود بقایای گیاهی و تغییر در روابط نفوذ آب در خاک است. از مجموع نتایج تحقیقات مقدار افزایش ضریب زبری بستر شیار یا نوار حدود ۳۵٪ تخمین زده شد. سوابق تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که کشاورزی حفاظتی شدت نفوذ آب در خاک را به طور متوسط ۲۵٪ افزایش داده است.

نتایج شبیه‌سازی هیدرولیک آبیاری سطحی در شرایط کشاورزی حفاظتی با مدل SIRMOD نشان داد که زمان پیشروی آب به طور متوسط ۳۷/۲ درصد در کشاورزی حفاظتی نسبت به کشاورزی مرسوم افزایش می‌یابد. این افزایش را می‌توان به دلیل افزایش ضریب زبری ناشی از وجود بقایای گیاهی در سطح مزرعه دانست. تغییر شیوه خاک‌ورزی از مرسوم به حفاظتی موجب تغییر در راندمان کاربرد و راندمان آبیاری نشد. یکنواختی توزیع آب در مزرعه به خاطر استفاده از شیوه کشاورزی حفاظتی حدود ۹ درصد کاهش نشان داد. همچنین کشاورزی حفاظتی حدود ۳۶٪ کاهش در تلفات رواناب انتهایی را موجب شد که مزیت قابل توجه این شیوه می‌باشد. از طرف دیگر کشاورزی حفاظتی به طور متوسط نفوذ عمقی آب به زیر منطقه توسعه ریشه را حدود ۵۴ درصد افزایش داد.

منابع

سهرابی، س. ۱۳۹۰. خلاصه گزارش روند توسعه کشاورزی حفاظتی در استان گلستان. مجموعه مقالات کارگاه آموزشی کشاورزی حفاظتی و تأثیر آن بر بهره‌وری آب. ۲۱ و ۲۲ شهریور ۱۳۹۰، کرج، ایران.

Andersson J.A. and D'Souza S. 2013. From adoption claims to understanding farmers and contexts: A literature review of Conservation Agriculture (CA) adoption among smallholder farmers in southern Africa. Agric. Ecosys. Enviro., http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.08.008

Afzalinia S., Behaeen M.A.,Karami A., Nekuei M., Ghaisari A. and Alavimanesh S.M. 2011.Comparing Conservation and Conventional Tillage Methods in planting different crops. Proceeding of Workshop on Conservation Agriculture and its Impact on Water Productivity, 12-13 Sep. Karaj, Iran.

Asadi M.E. and Razzaghi M.H. 2011. Determination of maize water use efficiency under different managements of tillage. Proceeding of Workshop on Conservation Agriculture and its Impact on Water Productivity, 12-13 Sep. 2011, Karaj, Iran.

Mupangwa W. and Jewitt G.P. 2011.Simulating the impact of no-till systems on field water fluxes and maize productivity under semi-arid conditions. Physics and Chemistry of the Earth (36) 1004–1011.

Sayre K.D. 2011.Global Overview of Conservation Agriculture - Principles and Focus. Proceeding of Workshop on Conservation Agriculture and its Impact on Water Productivity, 12-13 Sep. Karaj, Iran.

Sepaskhah A.R. and Bondar H. 2002.Estimation of Manning Roughness Coefficient for Bare and Vegetated Furrow Irrigation.Biosystems Engineering, 82 (3), 351–357.

Shahpari S.A. 2011. Scope of Conservation Tillage Systems in Iran. Proceeding of Workshop on Conservation Agriculture and its Impact on Water Productivity, 12-13 Sep. 2011, Karaj, Iran.

ThierfelderC. and Wall P.C. 2009. Effects of conservation agriculture techniques on infiltration and soil water content in Zambia and Zimbabwe. Soil & Tillage Research, 105 (2009) 217–227.

Dehghanian S.E. and Afzalinia S. 2011.Effect of Conservation Tillage and Irrigation Methods on the Soil Infiltration Rate. Proceeding of Workshop on Conservation Agriculture and its Impact on Water Productivity, 12-13 Sep. 2011, Karaj, Iran.

Fabrizzi K.P., Garcıa F.O., Costa J.L. and Picone L.I. 2005.Soil water dynamics, physical properties and corn and wheat responses to minimum and no-tillage systems in the southern Pampas of Argentina. Soil & Tillage Research, (81): 57–69.

Jat M.L., Gathala M.K., Ladha J.K., Saharawat Y.S., Jat A.S., Sharma S.K., Kumar, V. and Gupta R. 2009a. Evaluation of precision land leveling and double zero-till systems in the rice–wheat rotation: Water use, productivity, profitability and soil physical properties. Soil and Tillage Research. 105: 112–121

Li Z. and Zhang J. 2001. Calculation of Field Manning›s Roughness Coefficient. Agricultural Water Management, 49, 153-161.

Ling-ling L.I., Gao-bao H., Ren-zhi Z., Bellotti B., Li G. and Chan K.Y. 2011.Benefits of Conservation Agriculture on Soil and Water Conservation and Its Progress in China. Agricultural Sciences in China, 10(6): 850-859.