برآورد مستقیم و غیرمستقیم نفوذ عمقی در کم‌آبیاری گندم

بیژن قهرمان و حمیدرضا آبخضر
استادیار دانشکده‌کشاورزی دانشگاه فردوسی‌مشهد ودانشجوی سابق‌کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

مقدمه

جمعیت افزاینده نیاز به آب بیشتر دارد. با محدود بودن منابع آبی، لزوم استفاده بهینه از این منابع احساس می‌شود. کم‌آبیاری یک روش بهینه در آبیاری محسوب می‌شود. براساس مدارک موجود سطح زیر کشت گندم کشور، به عنوان یک محصول استراتژیک، حدود ۵/۱ میلیون هکتار برآورد می‌شود که از آن به‌طور متوسط ۸ میلیون تن محصول برداشت می‌شود. افزایش تولید گندم با آب محدود مورد بررسی محققین مختلفی بوده است [۳]. با این وجود نفوذ عمقی در کم‌آبیاری گندم به‌طور مشخص گزارش نشده است. برآورد نفوذ عمقی از دو جنبه محاسبه راندمان کاربرد آب و محاسبه تبخیر-تعرق واقعی به روش بیلان آبی مورد نیاز است. هدف از این بررسی برآورد نفوذ عمقی در تیمارهای کم‌آبیاری گندم به دو روش مستقیم و غیر مستقیم می‌باشد.

مواد و روشها

جهت بررسی اثر تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد گیاه گندم زمستانه رقم C.73.5 و اثر آن بر عملکرد، آزمایشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با خاک زراعی نسبتا عمیق و زه‌کشی مناسب و با بافت لوم تا لوم‌رسی‌سیلتی انجام شد. در یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی، یک تیمار شاهد (آبیاری کامل) و ۶ تیمار دیگر با قطع آب در یکی از مراحل شش‌گانه رشد (جوانه‌زنی و رشد سبزینه‌ای، پنجه‌زنی، ساقه‌دهی، خوشه‌دهی، تشکیل دانه، و رسیدن دانه) با سه تکرار در نظر گرفته شد. آبیاری با دور ۱۰ روزه وبه روش کرتی (۲ متر در ۲ متر) انجام یافت. رطوبت خاک تا عمق ۱۸۰ سانتی‌متری و به فواصل ۳۰ سانتی‌متری توسط نوترون‌متر تعیین شد. (رطوبت لایه سطحی توسط روش نمونه‌برداری مستقیم به‌دست آمد.)

نفوذ عمقی به دو روش مستقیم و غیرمستقیم برآورد شد. برآورد به روش مستقیم توسط محاسبه عددی تفاوت دو نیمرخ رطوبتی خاک تا عمق موثر ریشه در دو زمان متوالی امکان پذیر می‌باشد. در این‌جا عمق موثر ریشه با توجه به حداکثر عمق ریشه (از روی ملاحظات منطقه‌ای) و شماره روز مرحله رشد قابل برآورد است. در روش غیر مستقیم با فرض یکنواختی پتانسیل ماتریک آب خاک [۴]، مقدار فلاکس از انتهای منطقه ریشه با هدایت هیدرولیکی غیراشباع خاک معادل درنظر گرفته شد. بنابراین مقدار نفوذ عمقی در بازه زمانی مورد نظر از حاصلضرب فلاکس و طول دوره زمانی قابل محاسبه خواهد بود. تابع هدایت هیدرولیکی غیراشباع نیز توسط رابطه کمبل [۳] محاسبه گردید:

$$K(\theta)=0.002e^{-4.26(m_s-m_c)}.(\theta/\theta_s)^{2b+3} \quad (۱)$$

که در آن $K(\theta)$ هدایت هیدرولیکی غیراشباع در رطوبت θ، θ_s رطوبت اشباع خاک و m_s و m_c به‌ترتیب کسر توده لای و رس می‌باشد.

نتایج و بحث

در جدول ۱ مقادیر نفوذ عمقی محاسبه شده به روش مستقیم در دوره‌های زمانی متوالی ارائه شده است. عموما در تیمارهای تحت تنش، منحنی رطوبتی خاک به سمت میزان آب خاک کمتر انتقال می‌یابد یعنی تغییرات ذخیره رطوبتی خاک در زیر ناحیه ریشه منفی می‌شود، لذا منجر به مقادیر منفی برای نفوذ عمقی شده است. می‌توان استدلال کرد که ریشه گیاه در طول دوره تنش سعی کرده با اعمال مکش بیشتر آب را از لایه‌های پائین‌تر خاک نیز جذب کند. این آب که به مصرف تعرق

گیاه می‌رسد مقداری از اثرات منفی تنش را کاهش می‌دهد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که علیرغم قطع کامل آب در مرحله مشخص، درصد تنش در تیمارهای ۶گانه کمتر از ۵۰ بود [۱].

جدول ۱- برآورد نفوذ عمقی (سانتی‌متر) به روش مستقیم در دوره‌های زمانی مختلف. اعداد پررنگ زیرخط شده در هر ستون، متناظر دوره زمانی است که تیمار مشخص تحت تنش آبی بوده است

شماره دوره زمانی رشد	مرحله	تیمار						
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	
۱	۱	**۱/۱۷**	۰/۱۲	۱/۱۹	۱/۳۰	۰/۳۶	۱/۱۸	۱/۲۳
۲	۱	۰/۲۲	**۰/۰۸**	۰/۵۱	۰/۵۷	۱/۱۰	۰/۴۶	۰/۴۵
۳	۲	۱/۷۰	۰/۹۵	**-۰/۸۳**	-۰/۲۴	۱/۳۶	۱/۶۸	۰/۲۳
۴	۲	۱/۶۰	۱/۱۰	-۰/۶۱	**۰/۹۴**	۲/۰۳	۱/۸۶	۱/۶۷
۵	۲	**۴/۷۶**	۴/۵۵	۲/۸۲	۴/۱۴	**۴/۹۶**	۳/۷۱	۳/۵۳
۶	۲	۳/۲۸	۴/۴۱	۰/۲۳	۳/۲۴	۲/۱۰	**۴/۰۴**	۲/۶۲
۷	۲	۲/۲۰	۲/۴۸	-۰/۰۷	۳/۴۹	۳/۱۲	۲/۶۶	**۳/۶۴**
۸	۳	۱/۱۰	۲/۴۳	۳/۸۶	۰/۷۶	۲/۰۷	۲/۴۷	۲/۱۶
۹	۳	۱/۶۴	۲/۳۷	۲/۹۲	-۰/۶۶	۱/۲۰	۰/۳۹	۱/۰۵
۱۰	۳	۰/۹۲	۰/۱۳	۲/۱۲	-۱/۱۳	۰/۵۷	۰/۷۶	۱/۱۷
۱۱	۴	۰/۶۸	۰/۷۸	۱/۹۴	۱/۴۵	۱/۰۸	۱/۰۴	۱/۲۲
۱۲	۴	۰/۹۳	۱/۴۶	۰/۶۱	۱/۷۹	-۰/۴۰	۰/۸۹	۱/۰۱
۱۳	۵	۰/۵۰	۰/۵۶	۰/۵۴	۰/۶۰	۱/۳۰	-۱/۴۳	۱/۴۲
۱۴	۵	۰/۵۰	۰/۷۴	۰/۹۷	۰/۹۲	۰/۴۱	-۱/۰۵	-۰/۰۴
۱۵	۵	۰/۵۵	۰/۲۸	۱/۱۴	۰/۹۹	۰/۷۸	-۱/۲۰	۰/۶۷
۱۶	۶	۰/۰۱	۰/۱۰	-۰/۲۴	۰/۹۸	-۰/۰۴	۲/۶۶	-۰/۶۴
۱۷	۶	۰/۷۰	۰/۲۱	۰/۹۸	۰/۳۴	۰/۸۸	۰/۶۵	-۱/۰۴
۱۸	۶	۰/۲۴	۰/۲۸	۰/۷۱	۰/۱۸	-۰/۷۰	۰/۴۴	-۱/۰۹

در جدول ۲ مقایسه‌ای بین نفوذ عمقی محاسبه شده از دو روش مستقیم و غیرمستقیم متناظر مراحل مختلف رشد در تیمارهای مورد مطالعه، به‌عمل آمده است. گرچه بین میزان نفوذ عمقی کل دوره رشد در تیمار شاهد با تیمارهای تحت تنش تفاوت چشمگیری مشاهده نمی‌شود (ضریب تغییرات کمتر از ۱۰٪)، ولی تیماری که تحت تنش بوده در هر مرحله از رشد کمترین میزان نفوذ عمقی را داشته است. این امر بدیهی است، زیرا در چنین تیمارهایی سعی بر عدم تامین آب مصرفی گیاه بوده است. جدول ۲ مشخص می‌سازد که در اولین مرحله رشد پس از اتمام دوره تنش در هر کدام از تیمارهای ۳، ۴ و ۶ میزان نفوذ عمقی نسبت به سایر تیمارها افزایش یافته است. علت عمده این افزایش احتمالا می‌تواند مربوط به افزایش عمق آب آبیاری در تیمارهای تحت تنش پس از اتمام دوره تنش باشد. این تیمارها بعد از گذراندن یک مرحله تنش، آب بیشتری برا ی رسیدن به ظرفیت زراعی طلب کرده‌اند (اطلاعات نشان داده نشد) و لذا احتمال نفوذ عمقی بیشتر شده است. بر اساس جدول ۲ به‌جز تیمار ۳ (تنش در مرحله دوم رشد) سایر تیمارها در این مرحله از رشد بیش از سایر مراحل رشد نفوذ عمقی داشته‌اند. مقداری از افزایش نفوذ عمقی در مرحله دوم رشد را شاید بتوان به طولانی مدت بودن این مرحله (بیش از سه برابر سایر مراحل) و میزان بارندگی زمستانه در این مرحله نسبت داد. در عین حال دوره طولانی ۶۳ روزه خواب زمستانه ممکن است مقداری خطا در تخمین نفوذ عمقی ایجاد کرده باشد. زیرا رطوبت خاک در این فاصله زمانی اندازه‌گیری نشده است.

جدول ۲- برآورد نفوذ عمقی (سانتی‌متر) به دو روش مستقیم و غیرمستقیم در مراحل شش‌گانه رشد. اعداد پررنگ زیرخط شده در هر ستون، متناظر مرحله رشدی است که تیمار مشخص تحت تنش آبی بوده است

مرحله رشد	روش محاسبه	تیمار ۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
۱	مستقیم	۱/۳۸	۰/۲	۱/۷	۱/۸۷	۱/۴۶	۱/۶۴	۱/۶۹
	غیرمستقیم ۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	
۲	مستقیم	۱۳/۵۴	۱۳/۴۹	۱/۵۳	۱۱/۵۷	۱۳/۵۷	۱۳/۹۶	۱۱/۶۸
	غیرمستقیم ۸/۶۱	۸/۳۱	۶/۸۵	۷/۳۰	۷/۷۵	۷/۲۵	۷/۸۹	
۳	مستقیم	۳/۶۶	۴/۹۳	۸/۹۱	-۱/۰۳	۳/۸۳	۳/۶۲	۴/۳۷
	غیرمستقیم ۵/۳۳	۴/۵۲	۲/۸۲	۲/۳۹	۴/۲۳	۴/۹۸	۵/۱۶	
۴	مستقیم	۱/۶۲	۲/۲۴	۲/۵۴	۳/۲۴	۰/۶۸	۱/۹۴	۲/۲۴
	غیرمستقیم ۳/۶۶	۳/۹۱	۲/۸۸	۱/۶۳	۱/۲۷	۳/۱۹	۳/۱۷	
۵	مستقیم	۱/۵۶	۱/۵۷	۲/۶۵	۲/۵۱	۲/۴۹	-۳/۶۸	۲/۰۵
	غیرمستقیم ۴/۵۶	۳/۸۴	۴/۵۱	۳/۶۲	۵/۰۲	۲/۱۴	۶/۱۹	
۶	مستقیم	۰/۹۵	۰/۵۹	۱/۴۵	۱/۵۰	۰/۱۴	۳/۷۵	-۲/۷۷
	غیرمستقیم ۵/۷۲	۳/۸۷	۳/۷۵	۳/۹۶	۸/۳۲	۳/۷۶	۳/۰۷	
جمع	مستقیم	۲۲/۷۱	۲۳/۰۲	۱۸/۷۹	۱۹/۶۶	۲۲/۱۸	۲۱/۲۳	۱۹/۲۵
	غیرمستقیم ۲۸/۰۴	۲۴/۶۰	۲۰/۹۷	۱۹/۰۶	۲۶/۷۶	۲۱/۴۸	۲۵/۶۴	

براساس جدول۲ تفاوت چندانی برای کل نفوذ عمقی تیمارهای مشابه در دو روش محاسباتی وجود ندارد. با این حال تفاوت‌های بیشتری برای مراحل‌مختلف زمانی کوچکتر وجود دارد(اطلاعات نشان‌داده نشد). برآورده نشدن کامل فرضیات‌مستتر در روش غیر مستقیم مسئول چنین تفاوت‌هایی می‌باشد. از این میان می‌توان به عدم یکنواختی پتانسیل ماتریک آب خاک (به دلیل وجود گرادیان نیمرخ‌های رطوبتی- [۱]) و غیر دقیق بودن توابع هدایت هیدرولیکی خاک در لایه‌های مختلف اشاره کرد.

نتیجه‌گیری

علیرغم اعمال تنش در تیمارهای تحت مطالعه، مقادیر قابل توجهی از نفوذ عمقی به‌دست آمد. با این حال این مقادیر عمدتا مربوط به مراحلی بود که اعمال تنش خاتمه یافته بود. تفاوت‌هایی بین برآورد نفوذ عمقی در دو روش مستقیم و غیرمستقیم مشاهده شد. پیچیدگی‌های ذاتی در یک خاک چند لایه موجب این اختلافات در چنین مدل‌های ساده‌ای می‌شود.

منابع مورداستفاده

۱- آبخضر، ح.ر.، ۱۳۸۱. تعیین ضرایب حساسیت گندم زمستانه به تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۶۲ صفحه.

2- Campbell, G.S., 1985. Soil physics with BASIC: Transport models for soil-plant systems. Elsevier Publ. Co., 150p.

3- Hang, A.N. and D.E. Miller, 1983. Wheat development as affected by deficit, high frequency sprinkler irrigation. Agron. J., 75:234-239.

4- Kashefipour, S.M. and A.R. Sepaskhah, 1995. Determination of unsaturated hydraulic conductivity by internal drainage assuming a uniform soil water profile. Iran Agric. Res., 14:203-216.