

Temporal Variability of the USLE Cover Management Factor (C) in Event Scale and Growth Stages of Rainfed Wheat

ALIREZA VAEZI^{1*}, MAJID BAGHERI¹, ALI REZA KHANJANI¹

1. Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran.

(Received: May. 9, 2018- Revised: Jan. 29, 2019- Accepted: Sep. 9, 2019)

ABSTRACT

The C-factor of the Universal Soil Loss Equation (USLE) is used to reflect the effect of management practices on erosion rates. Information on its variations during the plant growth is important for determining the most susceptible stage in soil erosion. In this study, the temporal variability of the C-factor was determined during wheat growth period under two crop managements: row spacing (20 and 25 cm) and seed density (90 and 120 kg ha⁻¹) in a rainfed land with slope of 10% in a semi-arid region. The C-factor was determined using the ratio of soil loss from plot cultivated with wheat to control plot with clean-tilled and continuous fallow conditions. A total of 18 plots (1.5 m × 5 m) were installed along the slope during 2015-2016. Out of 82 natural rainfall events, nine storms produced runoff and caused soil loss at the plots. Rainfall intensity varied from 2.2 to 4.5 mm h⁻¹. The value of C-factor was varied for each storm during the growth period; so that the highest value was observed in the first storm for both row spacing (0.73) and seed density (0.72), while the lowest values for the two management factors were belong to the last storm; 0.140 and 0.145, respectively. The highest C-factors were occurred in October at the same time with the seedbed stage (0.47 and 0.48 for row space and seed density, respectively) and the lowest values found at May (0.14 and 0.14) according to the crop development stage. This study revealed that the seedbed stage is the most susceptible period for the C-factor in the two crop management methods. In conclusion, using 9-row spacing set with 25 cm row spacing along with maintaining crop residues is essential to conserve farm's soil from water erosion and decline the C-factor in susceptible stages during wheat growth period.

Keywords: Seed density, Row spacing, Semi-arid region, Universal Soil Loss Equation

* Corresponding Author's Email: vaezi.alireza@gmail.com

تغییرات زمانی عامل مدیریت زراعی مدل USLE در ابعاد رخداد و مراحل رشد در گندم دیم

علی‌رضا واعظی*، مجید باقری^۱، علی‌رضا خانجانی^۱

۱. گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۱۹ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۱۱/۹ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۶/۱۸)

چکیده

عامل مدیریت زراعی (C) در معادله جهانی هدررفت خاک (USLE) برای نشان دادن تاثیر اقدامات مدیریتی بر شدت فرسایش خاک به کار می‌رود. آگاهی از تغییرات این عامل طی دوره رشد برای تعیین حساس‌ترین مرحله از نظر فرسایش حائز اهمیت است. در این مطالعه تغییرات زمانی عامل مدیریت زراعی (C) طی دوره رشد گندم در دو روش مدیریت زراعی با فاصله ردیف (۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر) و تراکم کشت (۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) در کشتزار دیم با شیب یکنواخت ۱۰ درصد در منطقه نیمه‌خشک بررسی شد. مقدار C از نسبت هدررفت خاک از کرت کشت شده به کرت شاهد به دست آمد. در کل ۱۸ کرت با ابعاد $۱/۵ \times ۵$ متر در راستای شیب در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۵ احداث شد. از ۸۲ رخداد بارندگی طبیعی، تعداد نه رگبار منجر به تولید رواناب و هدررفت خاک در کرت‌ها شدند. شدت رگبارها از $۲/۲$ تا $۴/۵$ میلی‌متر بر ساعت متغیر بود. مقدار C در هر رگبار طی دوره رشد تغییر پیدا کرد به طوری که بیشترین مقدار آن در رگبار اول در فاصله ردیف کشت ۰/۷۳ و تراکم کشت ۰/۷۲ مشاهده شد در حالی که کمترین مقدار در رخداد پایانی و به ترتیب برابر ۰/۱۴۰ و ۰/۱۴۵ بود. بیشترین مقادیر C در آبان ماه هم‌زمان با مرحله بستر بذر برای فاصله ردیف و تراکم کشت به ترتیب ۰/۴۷ و ۰/۴۸ بود و کمترین مقادیر در اردیبهشت ماه به ترتیب ۰/۱۴ و ۰/۱۴ هم‌زمان با مرحله توسعه گیاه بود. این مطالعه نشان داد که مرحله بستر بذر حساس‌ترین مرحله از نظر عامل مدیریت زراعی برای هر دو روش مدیریت زراعی است. در این راستا به‌کارگیری کشت ۹ ردیفی (با فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر) برای کشت گندم دیم همراه با حفظ بقایای گیاهی سال قبل برای حفظ خاک در مراحل حساس دوره رشد و کاهش مقدار C در کشتزار دیم گندم ضروری است.

کلید واژگان: تراکم بذر، فاصله ردیف، معادله جهانی هدررفت خاک، منطقه نیمه‌خشک

مقدمه

مدیریت زراعی می‌باشد (Bayat movahed and Rezaei, 2012). معادله جهانی هدررفت خاک^۱ (USLE) یکی از کاربردی‌ترین مدل‌ها می‌باشد که اثر عامل پوشش گیاهی را در هدررفت خاک به دقت بیان می‌کند (Refahi, 2009). در این مدل مقدار هدررفت خاک از زمین کشاورزی شیبدار (A) از حاصل‌ضرب شش عامل مؤثر بر فرسایش آبی شامل عامل فرساینده باران (R)، فرسایش‌پذیری خاک (K)، طول شیب (L)، درجه شیب (S)، پوشش گیاهی (C) و عملیات حفاظت خاک (P) به دست می‌آید. بر اساس این مدل، عامل پوشش گیاهی (C) برای یک مرحله خاصی از رشد و تراکم گیاهی، به‌عنوان نسبت هدررفت خاک از زمین دارای پوشش گیاهی به مقدار هدررفت خاک از همان زمین در شرایط نبود پوشش گیاهی و بقایای آن بیان می‌شود. مقدار این عامل در شرایط وجود پوشش گیاهی زنده یا بقایای گیاهی در زمین، کمتر از واحد و در شرایط فقدان هر گونه پوشش گیاهی (زنده و مرده) برابر ۱ است. بر اساس گزارش‌های ویشمایر و

در مناطق خشک و نیمه‌خشک میزان فرسایش خاک به دلیل توزیع نامناسب بارندگی طی سال و ضعف پوشش گیاهی بیشتر است. از این رو مهار فرسایش خاک در این نواحی به‌ویژه در زمین‌های کشاورزی دارای اهمیت دوچندان است (Sadeghi et al., 2007). پوشش گیاهی می‌تواند تأثیر قطرات باران را قبل از برخورد مستقیم قطرات با خاک کاهش داده و توان فرسایش‌زایی قطرات باران را کاهش دهد. فرسایش‌پذیری خاک، زمانی که خاک دارای پوشش گیاهی بسیار کمی و یا باقیمانده‌های گیاهی اندک باشد، افزایش می‌یابد (Wall, 2003). پوشش گیاهی همچنین میزان فرسایش آبی را از طریق افزایش آب در منافذ خاک، حفظ حاصلخیزی خاک، متوقف کردن رواناب در سطح خاک و تثبیت خاک توسط ریشه کاهش می‌دهد (Gyssels et al., 2005).

بهترین رهیافت عمومی برای لحاظ نمودن تأثیر پوشش گیاهی در معادلات مربوط به فرسایش خاک، اختصاص عامل

نیشکر برابر ۰/۲۴، گندم زمستانی-نیشکر-سیبزمینی برابر ۰/۲۸ و نیشکر-گندم زمستانی-سیبزمینی-گندم زمستانی برابر ۰/۲۷ بود (Gabriels et al., 2003).

تعیین مقدار عامل مدیریت زراعی برای گیاهان زراعی که سطح کشت گسترده‌ای داشته و در اراضی شیبدار کشت می‌شوند، حائز اهمیت است. گندم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که غالباً به‌صورت دیم در اراضی زراعی شیبدار کشت می‌شود. این محصول تأمین‌کننده بیش از ۴۰ درصد غذای اصلی جمعیت جهان است (Shiferaw et al., 2013). حدود ۲۲۰ میلیون هکتار از زمین‌های کشاورزی دنیا تحت کشت گندم دیم است. در ایران نیز حدود ۶/۵ میلیون هکتار از اراضی به کشت گندم دیم اختصاص دارد که از این مقدار ۴ میلیون هکتار آن در مناطق نیمه‌خشک و زیر کشت گندم دیم است (Emam, 2007). مناطق نیمه‌خشک حدود ۳۹ درصد سطح کشور را شامل می‌شوند (Vaezi, 2014). در این مناطق، گندم دیم در اوایل فصل پاییز به وسیله دستگاه‌های رایج خطی کار ۹ یا ۱۱ ردیفی در تراکم‌های مختلف بذر (۹۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) کشت می‌شود. پوشش گیاهی گندم با تغییر مرحله رشد تغییر پیدا می‌کند. شدت تغییرات به نوبه خود به شرایط اقلیمی از جمله مقدار بارندگی بستگی دارد. مقدار هدررفت خاک در هر زمان طی دوره رشد با تغییرات آسمان گیاهی و شرایط سطحی خاک تغییر می‌کند. تغییرات زمانی پوشش گیاهی طی دوره رشد موجب می‌شود، عامل مدیریت زراعی (C) یکی از پیچیده‌ترین عوامل در برآورد فرسایش خاک باشد. شناخت حساس‌ترین زمان برای هر گیاه زراعی که در آن بیش‌ترین مقدار عامل مدیریت زراعی رخ می‌دهد، برای برنامه‌ریزی حفاظت خاک حائز اهمیت است. بنابراین این پژوهش به منظور بررسی تغییرات زمانی C برای هر یک از روش‌های کشت (۹ و ۱۱ ردیفی و برای تراکم بذر ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه مورد بررسی

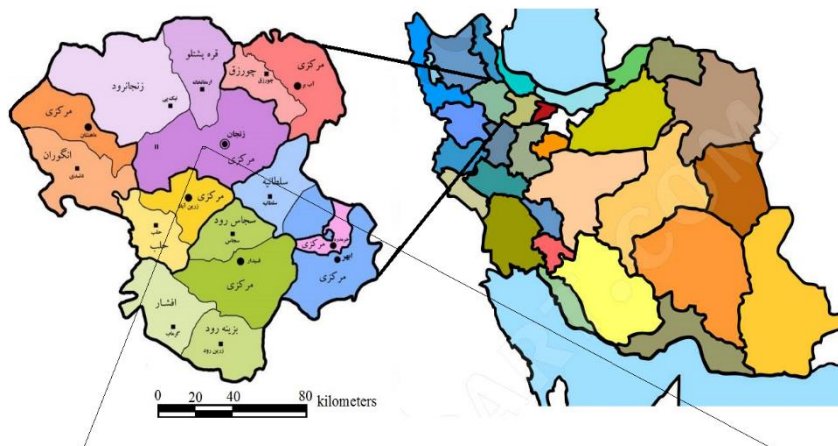
این پژوهش در کشت‌زاری دیم با شیب ۱۰ درصد در محدوده دانشگاه زنجان در طول فصل زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا گردید. کشتزار مورد بررسی در عرض جغرافیایی "۲۴' ۴۱" و طول جغرافیایی "۴۱' ۲۳" ۴۸ شرقی قرار دارد (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه بر اساس آمار بلندمدت (۱۳۸۴-۱۳۲۵) از متوسط بارش سالانه ۲۷۰/۴ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۱ درجه سانتی‌گراد برخوردار است که بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، دارای اقلیم سرد و خشک است. همچنین رژیم‌های

اسمیت (۱۹۷۸)، مقدار C از ۰/۰۰۱ در پوشش جنگلی تا ۰/۵۰ در گیاهان دانه‌ریز تغییر می‌کند (Wischmeier and Smith, 1978). بر این اساس گیاهان زراعی به دلیل نوع تاج‌پوش و میزان تولید بقایای گیاهی متفاوت دارای مقادیر متفاوتی از C هستند. وجود مقدار بالا برای این عامل بیانگر افزایش احتمال وقوع فرسایش در چنین کشتزار است. مدل USLE بیشترین استفاده را در زمینه برآورد فرسایش در اراضی کشاورزی داشته، اما استفاده از آن با محدودیت‌هایی نیز مواجه است (Renard et al., 1997). از آن جمله می‌توان به منطقه‌ای بودن این مدل اشاره کرد؛ به این معنا که تنها در مکان‌هایی که عوامل این مدل به دست آمده‌اند، استفاده از مدل می‌تواند سودمند باشد. بنابراین بکارگیری مقدار C به دست آمده در منطقه ارائه مدل برای نواحی با شرایط متفاوت از نظر اقلیمی، پدولوژیکی و مدیریتی دچار خطا بوده و نیازمند انجام آزمایشات است (Sadeghi et al., 2007).

در پژوهش‌های مختلف به بررسی مقدار عامل مدیریت زراعی (C) در گیاهان مختلف پرداخته شده است. مقدار عامل مدیریت زراعی در طول زمان می‌تواند با تغییرات آسمان گیاهی، میزان بقایا، زبری سطح خاک و تغییرات شدت بارندگی در طول دوره رشد دچار تغییر شود (Grazhdani and Shumka, 2007; Alexandridis et al., 2015). مقادیر این عامل در کشور اتیوپی برای نخود، عدس، جو، سورگوم، گندم، قهوه و سیبزمینی به ترتیب ۰/۳۱۵، ۰/۳۸۸، ۰/۴۵۲، ۰/۲۰۶، ۰/۴۷۷، ۰/۲۱۰ و ۰/۳۵ گزارش شده است (Morgan, 1987). طی پژوهش‌های انجام شده در کشور اسلواکی، مقدار C برای گیاه نخود ۰/۳۱ گزارش شد (Junakova and Balintova, 2012). مقدار C در آمریکا برای گیاه علفی با ارتفاع کمتر از یک متر و با تاج پوشش ۷۵٪ بدون بقایای گیاهی سال‌های قبل ۰/۱۷ است و زمانی که میزان پوشش سطحی خاک به ۶۰ درصد برسد، مقدار C به ۰/۳۲ کاهش پیدا می‌کند (Wischmeier and Smith, 1978). در یک تناوب سه ساله مقادیر عامل پوشش گیاهی برای گیاه گندم ۰/۰۷۵، علوفه ۰/۰۰۵ و ذرت ۰/۱۵ گزارش شد (Refahi, 2009). در اروپا مقدار C برای گندم، جو، برنج، سیبزمینی و سویا به ترتیب ۰/۲، ۰/۲، ۰/۱۵، ۰/۳۴ و ۰/۲۸ و برای کاربری جنگل ۰/۰۰۱ به دست آمد (Panagou et al., 2015). بررسی‌ها در دو گیاه نخود و عدس در آذربایجان شرقی نشان داد که با افزایش سطوح تراکم بذر از ۳۰ به ۴۰ کیلوگرم در هکتار مقادیر C در دوره‌های مختلف رشد تغییر یافت. کمترین مقدار C در مرحله رشد گیاه برابر ۰/۳۵ و بیشترین آن در مرحله استقرار گیاه برابر ۰/۵۴ بود (Khanjani Safdar et al., 2015). عامل پوشش گیاهی محاسبه شده در سیستم‌های مختلف کشت و زرع در بلژیک به ترتیب برای گندم زمستانی-

منطقه مورد مطالعه شامل واحدهای دشت دامنه‌ای آبرفتی و فلات‌ها هستند (Zarinabadi, 2014).

حرارتی و رطوبتی بر اساس اطلاعات نقشه رژیم رطوبتی و حرارتی به ترتیب زیریک و مزیک است. عمده واحدهای فیزیوگرافی در



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی کشتزار دیم در کشور و اجرای عملیات کشت گندم در کشتزار

مضاعف (دبل رینگ) (Bouwer, 1986)، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) به روش الک تر (Kemper and Rosenau, 1986)، اسیدیته خاک به وسیله pH متر در عصاره گل اشباع (Western, 1990)، درجه شوری خاک بر مبنای رسانایی الکتریکی (Junakova and Balintova, 2012)، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون با اسید کلردریک نرمال (Jones, 2000)، ماده آلی به روش والکی-بلک (Walkley and Black, 1934) و درصد سدیم تبادل (ESP) (Summer *et al.*, 1996) تعیین شد.

طرح آزمایشی

آزمایش به صورت صحرایی در دو فاصله ردیف کشت (۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر) و دو تراکم بذر (۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) در سه تکرار طی سال زراعی ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۵ اجرا گردید. برای تنظیم

طبق آمار سازمان جهاد کشاورزی استان زنجان از مجموع ۵۱۰ هزار هکتار کشت گندم بیش از ۵۷ درصد اراضی به کشت گندم دیم اختصاص دارد و ارقام سرداری و آذر ۲ برای کشت گندم دیم در این منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرند (Ministry of Agriculture Jihad, 2014). گندم دیم از اواسط پاییز کشت شده و در اواخر تیر سال بعد برداشت می‌شود. این دوره مواجه با وقوع باران‌های پاییزی و بهاری است که خطر فرسایش خاک در کشتزارهای شیب‌دار را افزایش می‌دهد.

تعیین ویژگی‌های خاک کشتزار

نمونه‌های خاک کشتزار از بخش‌های مختلف زمین از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر در ابتدای فصل رشد و پیش از کاشت برداشت شدند. برخی ویژگی‌های خاک شامل فراوانی رس، سیلت و شن به روش هیدرومتر (Gee *et al.*, 1986)، چگالی ظاهری به روش سیلندر فلزی (Gee *et al.*, 1986)، نفوذپذیری به روش استوانه

واتمن (Vaezi et al., 2008) و قرار دادن رسوب در آون در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس اندازه‌گیری شد (Rejman et al., 1998). اندازه‌گیری هدررفت خاک در رخدادهای بارندگی منجر به تولید رواناب و رسوب، طی دوره رشد گندم از اواسط مهر ۱۳۹۴ تا اوایل تیر ۱۳۹۵ انجام گرفت. ضریب رواناب از نسبت ارتفاع رواناب به ارتفاع بارندگی به دست آمد.

تعیین عامل مدیریت زراعی (C)

عامل مدیریت زراعی برای هر رخداد بارندگی منجر به فرسایش، از نسبت هدررفت خاک در کرت‌های تحت کشت (هر یک از کرت‌های با فاصله ردیف کشت ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متری و با تراکم بذر ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) به مقدار هدررفت خاک از کرت شاهد (بدون کشت و تحت آیش) تعیین شد. سپس تغییرات عامل مدیریت زراعی در رگبارهای منجر به هدررفت خاک طی دوره رشد گندم مورد بررسی قرار گرفت (Panagos et al., 2012; Alexandridis et al., 2015). زمان‌های وقوع رگبارها با مراحل رشد توصیف‌شده توسط روش ویشمایر و اسمیت (۱۹۸۷) مطابقت داده شدند. بر این اساس مراحل زیر برای رشد در نظر گرفته شد: ۱- مرحله آیش (از زمان انجام شخم اولیه تا شروع عملیات کشت)، ۲- مرحله بستر بذر (از زمان کشت تا توسعه آسمانه گیاه به میزان ۱۰ درصد)، ۳- مرحله استقرار گیاه (از پایان مرحله بستر بذر تا توسعه آسمان گیاه به میزان ۵۰ درصد)، ۴- مرحله رشد گیاه (از پایان مرحله استقرار گیاه تا توسعه آسمانه گیاه به میزان ۷۵ درصد)، ۵- مرحله رسیدن گیاه (از پایان مرحله رشد تا برداشت محصول) و ۶- مرحله کاه و کلش و بقایای گیاهی (از زمان برداشت محصول تا شخم بعدی) (Wischmeier and Smith, 1987). شکل (۳) نمایی از کرت‌های آزمایشی برای دو فاصله ردیف کشت و دو تراکم کشت در مرحله برداشت را نشان می‌دهد. تغییرات زمانی عامل مدیریت زراعی از نظر رخدادهای باران‌های منجر به هدررفت خاک و نیز در سه مرحله از رشد گندم از نظر تاج‌پوشش گیاهی بررسی شد.

تجزیه آماری

پیش از تحلیل‌های آماری، توزیع آماری داده‌ها از نظر نرمال بودن با استفاده از آماره‌های چولگی و کشیدگی بررسی شد. برای بررسی تغییرات عامل مدیریت زراعی در رخدادهای بارندگی و نیز در مراحل رشد در هر دو روش مدیریتی (فاصله ردیف کشت و تراکم کشت) تحلیل داده‌ها بر اساس طرح فاکتوریل بر پایه کرت‌های خرد شده در زمان با استفاده از نرم افزار SPSS انجام گرفت. جهت انجام مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن استفاده شد.

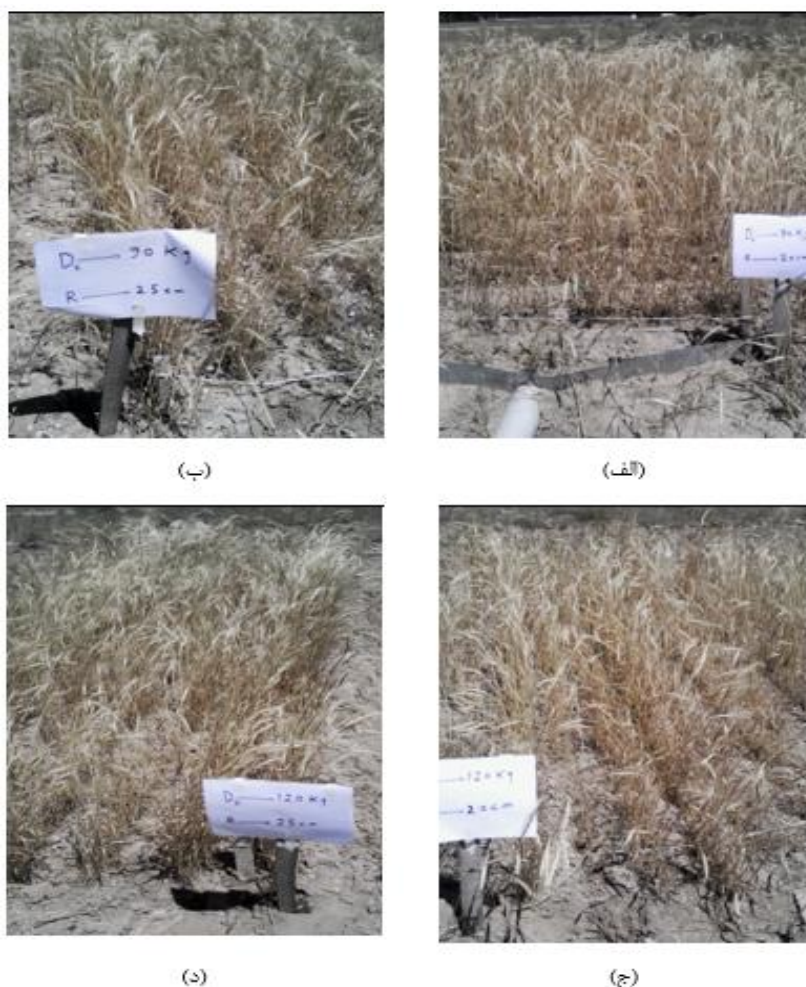
فاصله ردیف کشت ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر به ترتیب از دستگاه خطی کار ۱۱ و ۹ ردیفی استفاده شد. برای هر یک از فواصل ردیف کشت، سه قطعه کرت شاهد بدون کشت گیاه و در شرایط آیش دائم در نظر گرفته شد. در مجموع ۱۸ کرت فرسایشی در سطح کشتزار احداث شد. پیش از پیاده‌سازی کرت‌ها، زمین به وسیله گاواهن برگردان دار و در ادامه به وسیله دستگاه پنجه‌غازی شخم زده شد. گندم رقم سرداری به وسیله دستگاه خطی کار ۹ ردیفی (به فاصله ردیف کشت ۲۵ سانتی‌متر) و ۱۱ ردیفی (به فاصله ردیف کشت ۲۰ سانتی‌متر) با سطح تراکم کشت ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار در سه تکرار به موازات شیب کشت شد. اجرای کرت‌های آزمایشی با طول ۲۲/۱ متر مطابق با کرت استاندارد (Wischmeier and Smith, 1978) در سطح کشتزار ممکن نبود لذا از کرت‌های با ابعاد کوچکتر تا حدی که به امکان وقوع فرسایش شیاری فراهم شود، استفاده شد. از آنجا که مقدار C از نسبت هدررفت خاک در کرت تحت کشت به هدررفت خاک در کرت آیش تعیین شد، لذا ابعاد کرت عامل اساسی در تحلیل تأثیر فاصله ردیف کشت و تراکم کشت نبود. از این رو کرت‌های آزمایشی به طول ۵ متر در راستای شیب و با عرض ۱/۵ متر در عرض شیب بر اساس برخی پژوهش‌های پیشین (El Kateb et al., 2013)، به اجرا درآمدند. در پایین دست هر کرت تأسیسات جمع‌آوری رواناب و رسوب شامل مخزن، قیف جمع‌آوری رواناب و لوله هدایت‌کننده رواناب قرار داده شد (شکل ۲).



شکل ۲. نمایی از کرت‌های آزمایشی

اندازه‌گیری هدررفت خاک

رواناب حاصل از هر رخداد بارندگی به روش حجم‌سنجی با استوانه مدرج اندازه‌گیری شد. مقدار رسوب با تهیه یک نمونه ۵۰۰ میلی‌لیتری از داخل مخزن‌ها بعد از مخلوط کردن توسط همزن دستی و ایجاد یک محلول همگن، فیلتراسیون با کاغذ صافی



شکل ۳. کرت‌های آزمایشی ایجاد شده برای دو فاصله ردیف کشت (۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر) و دو تراکم بذر (۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) در کشت‌زار دیم گندم

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

در گروه خاک‌های کم شور (Malekuti *et al.*, 2002) قرار گرفت. خاک کشت‌زار به لحاظ داشتن ذرات پیونددهنده مانند رس و ماده آلی (کم‌تر از ۱/۵ درصد)، دارای خاکدانه‌های کوچک‌تر و به نوبه خود دارای میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار کم‌تری (MWD = ۱/۱mm) بود (Boujila and Gallai, 2008) که احتمال فروپاشی خاکدانه‌های این خاک تحت تأثیر باران را افزایش داد. خاک کشت‌زار دارای نفوذپذیری زیاد (۱۰/۲۰ سانتی‌متر بر ساعت) بود که دلیل آن افزایش درصد ذرات درشت‌دانه بود.

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کشت‌زار مورد بررسی در جدول (۱) ارائه شده است. خاک کشت‌زار با توجه به درصد شن (۶۰/۱۸)، سیلت (۲۰/۵۹) و رس (۱۹/۲۵)، دارای بافت لوم شنی بود. با توجه به مقدار آهک (۱۴/۶ درصد)، خاک کشت‌زار در گروه خاک‌های آهکی قرار دارد (Tan, 2005). همچنین با توجه به میانگین هدایت الکتریکی ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر از نظر شوری

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کشت‌زار دیم

مقدار	ویژگی‌های شیمیایی خاک	مقدار	ویژگی‌های فیزیکی خاک
۷/۵۲	اسیدیته	۶۰/۱۸	شن (%)
۲/۵۲	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	۲۰/۵۹	سیلت (%)
۵/۵۹	درصد سدیم تبدیلی	۱۹/۲۵	رس (%)
۱/۳۴	ماده آلی (%)	۱/۵۲	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)
۱۴/۶۱	کربنات کلسیم معادل (%)	۱/۰۹	میانگین وزن قطر خاکدانه‌ها (میلی‌متر)
		۱۰/۲۰	نفوذپذیری (سانتی‌متر بر ساعت)

ویژگی‌های باران‌ها

پوشش حفاظتی بود، ۱۵ واقعه بارندگی به صورت متوالی رخ داد که از آن، چهار رخداد منجر به رواناب و رسوب شد که بیشترین ضریب رواناب (۴/۸ درصد) را به دنبال داشت. کمترین مقدار ضریب رواناب مربوط به فصل بهار زمانی که خاک دارای پوشش حفاظتی بود، رخ داد. تغییرات ضریب رواناب طی دوره رشد از یک سو تحت تأثیر ویژگی‌های باران و از سوی دیگر تغییرات پوشش گیاهی و و نفوذپذیری خاک است. گراارد و گاردنر (۲۰۰۳) با مطالعه رواناب در کرت‌های ایجاد شده در کشتزارهای دیم نشان دادند که مقدار عامل رواناب به شدت تحت تأثیر ویژگی‌های باران قرار داشته و از ۵ تا ۵۰ درصد تغییر می‌کند (Gardner and Gerrard, 2003). در پژوهش‌های واعظی و همکاران (۲۰۱۴) که در کرت‌های استاندارد در کشتزارهای دیم انجام شده بود، کم‌ترین شدت باران منجر به رواناب ۲/۱۱ میلی‌متر بر ساعت گزارش شد که منجر به تولید کمترین مقدار رواناب ۰/۰۹ میلی‌متر شد (Vaezi et al., 2014).

گزارش ایستگاه باران‌سنجی در مورد بارش‌های رخ داده در جدول (۲) نشان داده شده است. طی دوره رشد گندم (از اواسط مهر ۱۳۹۴ تا اواسط تیرماه ۱۳۹۵) از مجموع ۸۲ رخداد بارندگی (مجموعاً ۲۷۲/۳ میلی‌متر) تنها ۹ رخداد بارندگی منجر به رواناب و رسوب شد. شدت رگبارها از ۲/۲ تا ۴/۵ میلی‌متر بر ساعت متغیر بود. با وجود تغییرات اندک شدت بارندگی، مقدار بارندگی در رگبارها تغییرات زیادی (۶/۵ تا ۱۸/۶ میلی‌متر) طی دوره رشد داشت. پراکنش بارندگی طی ماه‌ها در دوره رشد متغیر بود و به غیر از تیرماه در تمام دوره رشد گندم بارندگی اتفاق افتاد. این رگبارها هم‌زمان با سه مرحله از رشد گندم دیم (مرحله بستر بذر، مرحله استقرار گیاه و مرحله رشد گیاه) رخ دادند. بیشترین میزان بارندگی در فصل بهار (۱۰۹/۱ میلی‌متر)، هم‌زمان با مراحل ساقه‌روی، خوشه‌دهی و شیری شدن، رخ داد. بیش‌ترین مقدار بارندگی در بین نه رگبار، در آبان‌ماه (۴۷/۶ میلی‌متر) و کمترین مقدار آن در خردادماه (۵/۲ میلی‌متر) بود. در آبان‌ماه که سطح خاک بدون

جدول ۲. تاریخ و ویژگی‌های رخدادهای باران منجر به رسوب طی دوره رشد گندم دیم (از مهر ماه ۱۳۹۴ تا تیر ماه ۱۳۹۵)

شماره رخداد	تاریخ بارندگی	ارتفاع بارندگی (میلی‌متر)	شدت بارندگی (میلی‌متر بر ساعت)	ضریب رواناب (%)
۱	۱۳۹۴/۰۸/۰۷	۱۱/۶	۲/۱۹	۴/۸
۲	۱۳۹۴/۰۸/۰۹	۷/۸	۲/۳۲	۱/۷
۳	۱۳۹۴/۰۸/۲۶	۱۶/۵	۲/۶۳	۰/۹
۴	۱۳۹۴/۰۸/۲۷	۱۰/۲	۲/۵۵	۰/۹
۵	۱۳۹۴/۱۱/۰۳	۱۱/۷	۲/۲۱	۱/۰۵
۶	۱۳۹۴/۱۲/۰۹	۸/۱	۳/۲۲	۱/۰۶
۷	۱۳۹۵/۰۱/۰۹	۱۸/۶	۲/۸۵	۰/۸
۸	۱۳۹۵/۰۱/۲۵	۶/۴	۲/۹۵	۰/۷۵
۹	۱۳۹۵/۰۲/۲۳	۶/۵	۴/۴۸	۱/۰۶

تغییرات عامل مدیریت زراعی در رخدادهای بارندگی

جدول (۳) نتایج تجزیه واریانس تغییرات هر دو روش مدیریتی (فاصله ردیف کشت و تراکم کشت) بین رخدادهای بارندگی را نشان می‌دهد. مطابق جدول تغییرات عامل مدیریت زراعی بین رخدادهای بارندگی در فواصل ردیف کشت (۲۰ و ۲۵ سانتی‌متری) بر خلاف سطوح تراکم (۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. به بیان دیگر تغییرات مقدار C تنها تحت تأثیر فاصله ردیف کشت در طول رخدادهای بارندگی قرار داشت. همچنین به لحاظ معنی‌دار بودن اثر متقابل فاصله ردیف کشت در سطوح تراکم بذر بین رخدادهای بارندگی ($P < 0.05$)، مشاهده شد که تغییرات مقدار C در فواصل

ردیف کشت متأثر از رشد و توسعه پوشش گیاهی است.

تغییرات عامل مدیریت زراعی تحت تأثیر رخدادهای بارندگی در تراکم‌های کشت

شکل (۴) مقادیر عامل مدیریت زراعی در سطوح مختلف تراکم کشت در رخدادهای بارندگی را نشان می‌دهد. مطابق شکل بیشترین مقدار C برای هر دو سطح تراکم ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار در اولین رخداد بارندگی به ترتیب ۰/۸۳ و ۰/۶۲ بود. در اولین رخداد بارندگی با وجود کمترین شدت بارندگی (۲/۱۹ میلی‌متر بر ساعت) به دلیل لخت بودن سطح، زمین کشت شده از هر نوع پوشش گیاهی و شروع جوانه‌زنی، دارای بیشترین عامل

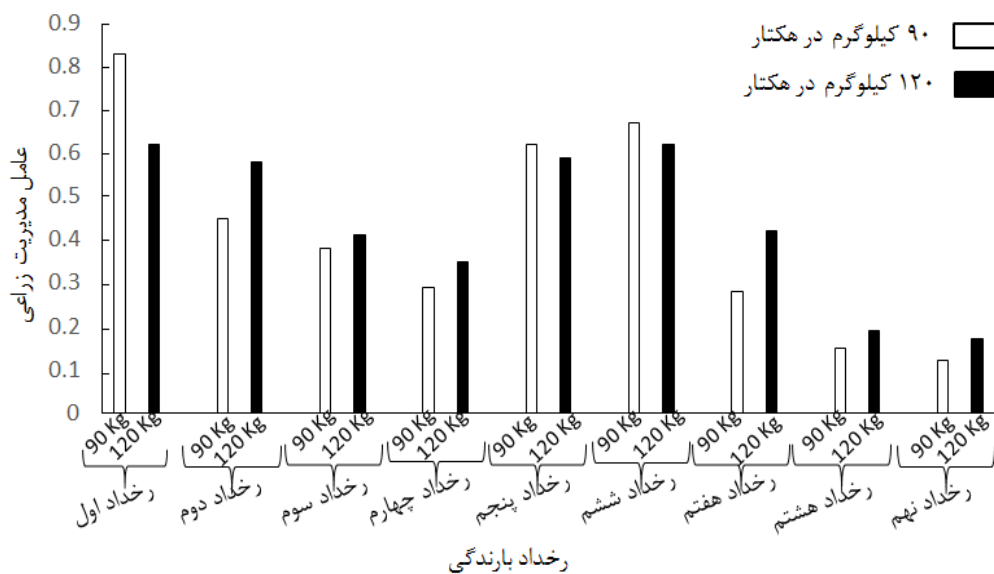
شدن خاک در مقابل باران‌های فرسایش‌زا اشاره کرد. با آغاز فصل بهار از رخدادهای هفتم به بعد با وجود رخداد بیشترین مقدار بارندگی (۱۰۹/۱ میلی‌متر) که همراه با افزایش شدت بارندگی از رخداد هفتم تا نهم بود مقدار C روند کاهشی داشت؛ به طوری که کمترین مقدار مذکور برای هر دو تراکم بذر ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم به ترتیب ۰/۱۲ و ۰/۱۷ در آخرین رخداد بارندگی (نهم) حاصل شد. بررسی میانگین مقدار C در رخدادهای بارندگی نشان داد که مقدار این عامل در تراکم بذر ۹۰ برابر ۰/۴۲ و در تراکم بذر ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار برابر ۰/۴۳ است. این نتیجه بیانگر عدم تأثیر قابل ملاحظه تراکم کشت در تغییر مقدار عامل مدیریت زراعی در کشتزار دیم گندم است. افزایش تراکم بذر اگرچه با افزایش تعداد بوته در واحد سطح همراه است اما تحت این شرایط، رشد بوته‌های گندم روی هر ردیف به دلیل افزایش رقابت بین بوته‌ها به ویژه از نظر جذب آب و مواد غذایی (Das and Yaduraju, 2011) کاهش می‌یابد. از این رو افزایش تراکم بذر تأثیر مثبتی در کاهش فرسایش خاک در کشتزار دیم گندم نداشت.

رواناب (۴/۸ درصد) بود. اما با توسعه و پیشرفت رشد گیاه مقدار C تا رخداد بارندگی چهارم (از اوایل آبان تا اواخر آبان) با وجود افزایش شدت بارندگی روند کاهشی داشت که این کاهش برای سطح تراکم ۹۰ کیلوگرم محسوس‌تر بود. بررسی تغییرات مقدار و شدت بارندگی در ۹ رگبار مورد بررسی نشان داد که ویژگی‌های باران، عامل اساسی در تغییرات مقدار C از رگباری به رگبار دیگر در کشتزار مورد بررسی نمی‌باشد. تغییر در ویژگی‌های خاک و رشد گیاه از عوامل مؤثر در بروز تغییرات این عامل است. از دلایل کاهش مقدار مذکور تا رخداد چهارم می‌توان به تغییرات پوشش گیاهی (سبز شدن و شروع رشد رویشی)، زبری سطح خاک و تغییرات شدت بارندگی در طول دوره رشد (Grazhdani and Shumka, 2007) اشاره کرد. با ادامه دوره رشد در رخداد بارندگی پنجم و ششم، مقدار C برای هر دو تراکم بذر افزایش یافت. از دلایل آن می‌توان به کاهش نفوذپذیری خاک در اثر یخ زدن آب در لایه سطحی و نیز تخریب ساختمان خاک در اثر وقوع پدیده‌های متوالی یخ بستن و آب شدن و در نتیجه سست و حساس

جدول ۳. تجزیه واریانس عامل مدیریت زراعی تحت تأثیر سطوح تراکم بذر و فاصله ردیف در رخدادهای بارندگی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
رخداد	۸	۰/۵۰۸	۱۷/۱**
رخداد × فاصله ردیف کشت	۸	۰/۱۲۲	۴/۰۹**
رخداد × تراکم بذر	۸	۰/۰۳۵	۱/۱۹ ^{ns}
رخداد × فاصله ردیف کشت × تراکم بذر	۸	۰/۰۸۲	۲/۷۵*
خطا	۷۲	۰/۰۳	

** : تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد ؛ * : تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد ؛ ^{ns} : غیر معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد



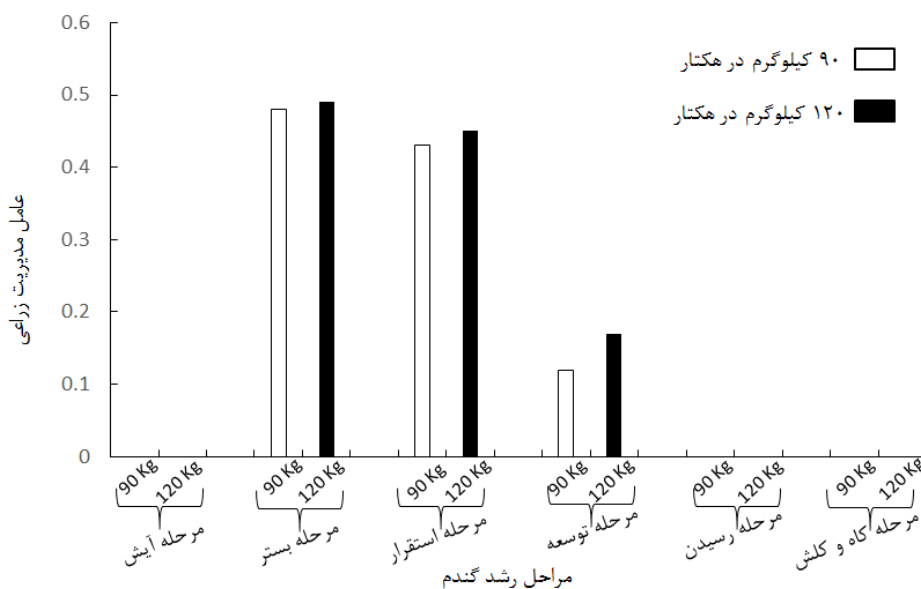
شکل ۴. تغییرات عامل مدیریت زراعی تحت تأثیر رخدادهای بارندگی در تراکم‌های مختلف کشت

ضعیف و تنک شانس برخورد مستقیم قطرات باران با سطح خاک را افزایش می‌دهد که منجر به جدا شدن بیشتر ذرات خاک می‌شود (Emam, 2011). با ادامه دوره رشد از مرحله بستر بذر به مرحله استقرار گیاه که منطبق با زمان پنجه‌زنی و ساقه رفتن بود، مقادیر C برای هر دو تراکم بذر کاهش یافت. این کاهش در مرحله پایانی استقرار گیاه بیشتر بود؛ به عبارتی به دلیل قرار گرفتن مرحله پایانی اسقرار گیاه در فصل بهار که همراه با افزایش پوشش و نیاز آبی گیاه (Das and Yaduraju, 2011) بود با به تأخیر انداختن شکل‌گیری رواناب (Zhang *et al.*, 2011) و افزایش نفوذپذیری خاک در نتیجه خشک شدن سطح خاک (Nunes *et al.*, 2010)، مقادیر C کاهش یافت.

در مرحله توسعه گیاه که همزمان با مرحله خوشه‌دهی و شیری شدن دانه گندم بود، مقادیر C برای تراکم‌های ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. از علت‌های آن می‌توان به افزایش استحکام و بهبود نفوذ آب به خاک اشاره کرد که در نتیجه تأثیر گسترش ریشه در خاک و افزایش تاج پوشش گیاهی است (Zuazo and Pleguezuelo, 2008).

تغییرات عامل مدیریت زراعی تحت تأثیر مرحله رشد گندم در سطوح تراکم مختلف

شکل (۵) تغییرات عامل مدیریت زراعی در سطوح تراکم کشت در زمان‌های مختلف رشد گندم را نشان می‌دهد. در این پژوهش تنها در سه مرحله از شش مرحله رشد گیاه، رواناب به همراه رسوب قابل نمونه‌برداری بود؛ مرحله بستر بذر (چهار رخداد)، مرحله استقرار گیاه (چهار رخداد) و مرحله توسعه گیاه (یک رخداد). از طرفی مقدار C در مراحل آیش، رسیدن گیاه و کلاه و کلس به علت انجام عملیات شخم و کشت محصول به صورت همزمان و عدم بارندگی برابر با صفر بود. بیشترین مقدار C برای هر دو سطوح تراکم در مرحله بستر بذر (از رخداد اول تا چهارم بارندگی) که مصادف با جوانه‌زنی و سبز شدن گندم بود، رخ داد. در این مرحله تغییرات مقدار C بیشتر تحت تأثیر میزان بقایای گیاهی، زبری سطح خاک است (Alexandridis *et al.*, 2015) و پوشش گیاهی در این مرحله تنها هدررفت خاک را با حفاظت سطح خاک در مقابل ضربه قطره باران و توقف جریان‌های آب روی سطح خاک می‌تواند تحت تأثیر قرار دهد (Zuazo and Pleguezuelo, 2008). همچنین در این مرحله پوشش گیاهی



شکل ۵. تغییرات عامل مدیریت زراعی بین سطوح تراکم کشت در مراحل مختلف رشد گیاه گندم دیم

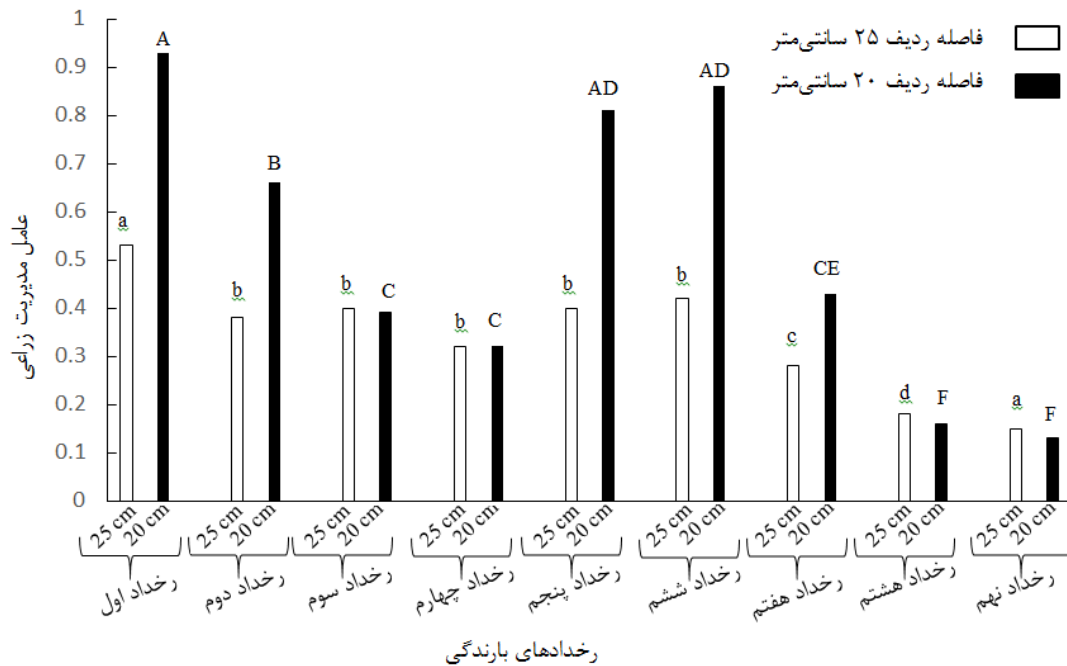
رخداد بارندگی برای دو فاصله ردیف کشت ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متری مشخص شد که برای فاصله ردیف کشت ۲۵ سانتی‌متر بین رخداد‌های بارندگی اول و دوم و همچنین از رخداد ششم به بعد تفاوت معنی‌داری وجود دارد. به عبارت دیگر مقدار C از رخداد اول به رخداد دوم بارندگی کاهش یافت که این کاهش از رخداد هفتم به بعد محسوس‌تر بود. بین مقدار C در فاصله ردیف کشت

تغییرات عامل مدیریت زراعی تحت تأثیر رخداد‌های بارندگی در فواصل ردیف کشت

شکل (۶) مقادیر عامل مدیریت زراعی به تفکیک فاصله ردیف کشت در رخداد‌های بارندگی را نشان می‌دهد. بیشترین و کمترین مقدار C برای هر دو فاصله ردیف کشت به ترتیب در رخداد اول و نهم بود. با مقایسه میانگین به صورت مجزا در مراحل زمانی

سانتی‌متر ۰/۵۱ بود. افزایش قابل توجه (۳۳ درصد) در مقدار C با کاهش فاصله ردیف کشت به این دلیل بود که در کشت ۱۱ ردیفی نسبت به کشت ۹ ردیفی، سطح مقطع شیار کوچک‌تر بوده سطح تماس رواناب با خاک درون شیار اندک است. این موضوع با افزایش تنش برشی جریان و در نتیجه افزایش هدررفت خاک از نوارهای کشت همراه است. همچنین، افزایش فاصله ردیف کشت با کاهش رقابت بین بوته‌ها در ردیف‌های کشت مجاور و در نتیجه تقویت تاج‌پوش گیاه و کاهش فرسایش خاک همراه است. بررسی‌های پیشین نیز نشان می‌دهد که تقویت پوشش گیاهی عاملی مهم در کاهش فرسایش خاک در کشتزارها است (Zhang et al., 2011).

۲۰ سانتی‌متری بین تمام رخدادهای بارندگی بجز رخدادهای هشتم و نهم تفاوت معنی‌داری وجود داشت. مقدار C از رخدادهای اول تا نهم به جز رخدادهای پنجم و ششم روند کاهشی داشت. مقدار مذکور بین رخدادهای پنجم و ششم بارندگی که هم‌زمان با فصل سرما و زمستان بود برای هر دو فاصله ردیف کشت افزایش یافت که این افزایش برای فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متری بیشتر بود. همچنین در رخدادهای هشتم و نهم اختلاف اندکی بین مقادیر این عامل وجود داشت. از علت‌های آن می‌توان به عدم تأثیر فاصله ردیف کشت در نتیجه یک‌دست شدن تاج پوشش گیاهی اشاره کرد. بررسی میانگین مقدار C در رخدادهای بارندگی نشان داد که مقدار C در خطی کار ۹ ردیفی با فاصله ردیف کشت ۲۵ سانتی‌متر ۰/۳۴ و در خطی کار ۱۱ ردیفی با فاصله ردیف کشت ۲۰



شکل ۶. تغییرات عامل مدیریت زراعی تحت تأثیر رخدادهای بارندگی در ردیف‌های مختلف کشت

(حروف انگلیسی بزرگ نتیجه انجام مقایسه‌های میانگین بین رخدادهای بارندگی در ردیف کشت ۲۰ سانتی‌متری و حروف انگلیسی کوچک نتیجه انجام مقایسه‌های میانگین بین رخدادهای بارندگی در ردیف کشت ۲۵ سانتی‌متری است)

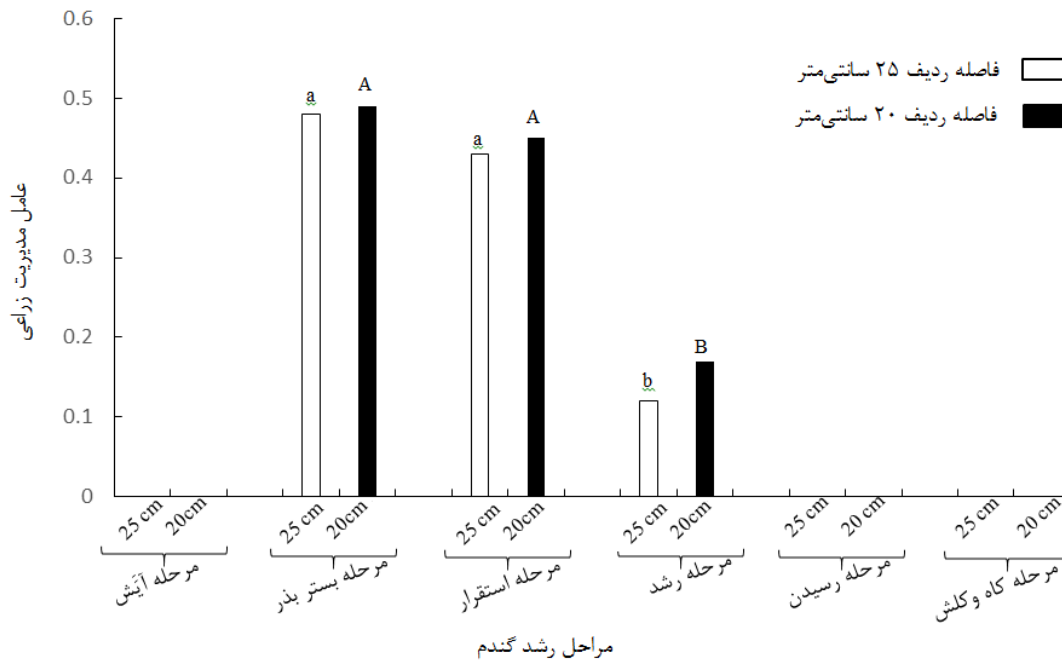
رخدادهای بارندگی، می‌توان تغییرات مقدار C را در فواصل ردیف کشت در نتیجه تأثیر پوشش گیاهی دانست. بیشترین مقدار C برای هر دو ردیف کشت در مرحله بستر بذر (از رخدادهای اول تا چهارم بارندگی) مشاهده شد. به عبارتی مرحله بستر بذر به لحاظ ضعیف بودن پوشش گیاهی، حساس‌ترین مرحله با توجه به بیشتر بودن میزان هدررفت خاک بود، بنابراین مدیریت استفاده از خاک‌ورزهای حفاظتی و جایگذاری بقایای گیاهی محصول سال قبل جهت جلوگیری از هدررفت خاک در این مرحله ضروری است. با ادامه رشد پوشش گیاهی و توسعه شاخ و برگ گیاهی در

تغییرات عامل مدیریت زراعی تحت تأثیر مرحله رشد گندم در فواصل ردیف کشت

شکل (۷) تغییرات عامل مدیریت زراعی را در فاصله ردیف کشت در زمان‌های مختلف رشد گندم دیم نشان می‌دهد. مطابق شکل اثر هر دو فاصله ردیف کشت در کاهش مقدار C از مرحله بستر بذر به مرحله استقرار گیاه چندان قابل ملاحظه نبود، ولی از مرحله استقرار به مرحله توسعه گیاه مقدار مذکور به طور چشمگیری کاهش یافت. از طرفی با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل فاصله ردیف کشت در تراکم بذر در ($P < 0.05$)

در پشته‌ها و به تبع آن افزایش یا کاهش ضخامت لایه‌ی آب نازک در سطح خاک موثر باشد (Legout *et al.*, 2005)؛ به طوری که با افزایش فاصله ردیف (کاهش تعداد شیار در واحد سطح) میزان فرسایش پاشمانی و در نتیجه آن مقدار C کاهش می‌یابد که این کاهش با توسعه و افزایش رشد پوشش گیاهی در مرحله توسعه به دلایلی همچون افزایش نفوذ آب در خاک و کاهش ضخامت لایه آب روی سطح خاک تشدید می‌شود.

فصل بهار اثر فاصله ردیف کشت در کاهش مقدار C بیشتر نمایان شد؛ به طوری که کمترین مقدار مذکور برای هر دو فاصله ردیف در مرحله توسعه آسمانه گیاه گندم مصادف با آخرین رگبار رخ داده با شدت بالا (۴/۴۸ میلی‌متر بر ساعت) به وقوع پیوست. به عبارتی اثر فاصله ردیف کشت در کاهش مقدار C می‌تواند در نتیجه تاثیر تعداد شیارهای کشت در واحد سطح باشد که می‌تواند روی کاهش یا افزایش فرسایش پاشمانی با تغییر میزان نفوذ آب



شکل ۷. تغییرات عامل مدیریت زراعی بین ردیف‌های مختلف کشت در مراحل مختلف رشد گیاه گندم دیم

(حروف انگلیسی بزرگ نتیجه انجام مقایسات میانگین بین مراحل رشد گندم در ردیف کشت ۲۰ سانتی‌متری و حروف انگلیسی کوچک نتیجه انجام مقایسات میانگین بین مراحل رشد گندم در ردیف کشت ۲۵ سانتی‌متری است)

پوشش گیاهی روی سطح خاک نمایان نشده است و بسیاری از فرآیندهای فرسایشی از جمله فرسایش بارانی در کنار سایر شکل‌های فرسایش (شیاری) فعال است. لذا این مرحله از رشد گیاه حساس‌ترین مرحله از نظر فرسایش خاک و افزایش عامل مدیریت زراعی (C) است. بنابراین استفاده از خاکورزهای حفاظتی برای جلوگیری از هدررفت خاک در این مرحله ضروری است. با توسعه آسمانه گیاهی از مرحله استقرار به مرحله توسعه گیاه که هم‌زمان با بیشترین دوره رشد گندم (ظهور سنبله، گلدهی و شیری شدن دانه گندم) بود، مقدار C کاهش یافت. در این مراحل رشد، اثر فاصله ردیف کشت در کاهش مقدار C بیشتر نمایان شد؛ به طوری که کمترین مقدار C برای هر دو فاصله ردیف در مرحله توسعه آسمانه گیاه گندم به وقوع پیوست. در مرحله توسعه گیاه، کاهش مقدار C به دلیل تقویت آسمانه گیاهی و گسترش ریشه در خاک بود.

نتیجه‌گیری

مقایسه مقدار عامل مدیریت زراعی (C) بین رخدادهای بارندگی در دو روش مدیریت زراعی (فاصله ردیف کشت و تراکم کشت) نشان داد که تنها در فاصله ردیف کشت بین رخدادهای بارندگی تفاوتی معنی‌دار وجود دارد. با افزایش فاصله ردیف کشت، از یک-سو رقابت بین گیاهان کاهش یافت و تاج‌پوش گیاهی تقویت شد و از سوی دیگر سطح مقطع عبور جریان کاهش یافته، تنش برشی جریان و هدررفت خاک کاهش می‌یابد. بررسی تغییرات هدررفت خاک در مراحل مختلف رشد گندم نشان داد که تنها در سه مرحله از شش مرحله رشد گیاه شامل: مرحله بستر بذر (چهار رخداد بارندگی)، مرحله استقرار گیاه (چهار رخداد بارندگی) و مرحله توسعه گیاه (یک رخداد بارندگی) فرسایش خاک اتفاق افتاد. بیشترین مقدار C برای هر دو روش مدیریت زراعی در مرحله بستر بذر (از رخداد اول تا چهارم بارندگی) مشاهده شد. در این مرحله از رشد گندم که هم‌زمان با آبان‌ماه است، هنوز

REFERENCES

- Alexandridis, T. K., Sotiropoulou, A. M., Bilas, G., Karapetsas, N. and Silleos, N. G. (2015). The Effects of Seasonality in Estimating the C-Factor of Soil Erosion Studies. *Land Degradation and Development*, 26(6), 596-603.
- Bayat Movahed, F. and Rezaei, S. A. (2012). Water Erosion Control (Environmental Approaches). Agriculture Science of Iran Press, 162p (In Farsi).
- Boujila, A. and Gallai, T. (2008). Soil organic carbon fraction and aggregate stability in carbonated and non- carbonated soils in Tunisia. *Journal of Agronomy*, 7(2), 127-137.
- Bouwer, H. (1986). Intake rate: Cylinder infiltrometer. P 825-844, In: A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical methods*. 2nd Ed. American Society of Agronomy, Inc. and Soil Science Society of American, Inc., Madison.
- Das, T. K. and Yaduraju, N. T. (2011). Effects of missing-row sowing supplemented with row spacing and nitrogen on weed competition and growth and yield of wheat. *Crop and Pasture Science*, 62, 48-57.
- El Kateb, H., Zhang, H., Zhang, P. and Mosandl, R. (2013). Soil erosion and surface runoff on different vegetation covers and slope gradients: a field experiment in Southern Shaanxi Province, China. *Catena*, 105, 1-10.
- Emam, Y. (2007). *Cereals Production*. (3rd ed.). Shiraz University Press, 190p. (In Farsi)
- Emam, Y. (2011). *Cereal production*. Shiraz University Press. P.150. (In Farsi).
- Gabriels, D., Ghekiere, G., Schiettecatte, W. and Rottiers, I. (2003). Assessment of USLE cover-management C-factor for 40 crop rotation system on arable farms in the Kemmel beek watershed, Belgium. *Soil and Tillage Research*, 74, 47-53.
- Gardner, R. A. M. and Gerrard, A. J. (2003). Runoff and soil erosion on cultivated rainfed terraces in the Middle Hills of Nepal. *Applied Geogheraphy*, 23, 23-45.
- Gee, G. W., Bauder, J. W. and Klyte, A. (1986). Particle-size analysis. *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods*, 383-411.
- Grazhdani, S. and Shumka, S. (2007). An approach to mapping soil erosion by water with application to Albania. *Desalination*, 213(1), 263-272.
- Gyssels, G. Poesen, J., Bochet, E. and Li, Y. (2005). Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: Are view. *Progress in Physical Geography*, 29, 189- 217.
- Jones, E. P. (2000). Circulation in the Arctic ocean. *Polar Research*, 20(2), 139-146.
- Junakova, N., & Balintova, M. (2012). Predicting of soil loss in the Tisovec catchment, Slovakia. *Chemical Engineering*, P. 28.
- Kemper, W. D. and Rosenau, R. C. (1986). Aggregate stability and size distribution.
- Khanjani Safdar, A., Ahmadi, A. and Sadeghzadeh, M. E. (2015). Determination of Crop Management Factor at Different Growth Stages of Rainfed Chickpea in Semiarid Region for Using in USLE Model: A Case Study in Tikmeh Dash of East Azerbaijan. *Applied Soil Research Journal*, 3(1), 78-87. (In Farsi).
- Lean, L. (1982). Soil and Lime requirement methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties, 199-204.
- Legout, C., Leguedois, S., Le Bissonnais, Y. and Issa, O. M. (2005). Splash distance and size distributions for various soils. *Geoderma*, 124(3), 279-292.
- Malekutei, M. J., Keshavarz, P., Saadat, S. and Khaladbarin, B. (2002). *Plants nutrition under saline conditions*. 233p. Sana Press. (In Farsi)
- Morgan, R. P. C. (1987). Evaluating the role of vegetation in soil erosion control with implications for steepland agriculture in the tropics. In: *Steepland Agriculture in the Humid Tropics*, T H, Tay A M, Mokhtaruddin and A.B, Zahari (eds). Malaysian Agricultural Research and Development Institutel Malaysian Society of soil science, Kuala Lumpur, pp. 23-401.
- Ministry of Agriculture Jihad. (2014). Department of Planning and Economy, Bureau of Statistics and Information Technology. Available at the: <http://dbagri.maj.ir>.
- Nunes, A. N., Coelho, C. O. A., Almeida, A. C. and Figueiredo, A. (2010). Soil erosion and hydrological response to land abandonment in a central Inland area of Portugal. *Land Degradation and Development*, 21, 260-273.
- Panagao, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Alewell, Ch., Lugato, E. and Montanarella, L. (2015). Estimating the soil erosion cover management factor at the European Scale. *Journal homepage. Land Use Polices*, 48, 38-50.
- Panagos, P., Karydas, C. G., Gitas, I. Z. and Montanarella, L. (2012). Monthly soil erosion monitoring based on remotely sensed biophysical parameters: a case study in Strymonas river basin towards a functional pan-European service. *International Journal of Digital Earth*, 5(6), 461-487.
- Rejman, J. J., Tyrski, R. and Paluszek, J. (1998). Spatial and temporal variations in erodibility of Loess soil. *Soil and Tillage Research*, 46(1), 61-68.
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K. and Yoder, D. C. (1997). Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). United States Department of Agriculture.
- Sadeghi, S., Puorghasemi, H., Mohammadi, M. (2007). Comparison of accuracy of some methods for estimating soil erosion and sediment yield in rangeland lands. *Journal of Rangeland*, 1(1), 91-102. 60-71. (In Farsi).
- Shiferaw, B., Smale, M., Braun, H.J., Duveiller, E. and

- Reynolds, M. (2013). Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. *Food Security*, 5, 291-317.
- Summer, M. E., Miller, W. P., Sparks, D. L., Page, A. L. and Johnston, C. T. (1996). Cation exchange capacity and exchange coefficients. Methods of soil analysis. Part 3-chemical methods, 1201-1229.
- Tan, K. H. (2005). Soil sampling preparation and Analysis. 2nd edition. Taylor and Francis/CRC press, Boca Raton, FL.
- Vaezi, A. R., Sadeghi, S. H. R., Bahrami, H. A. and Mahdian, M. H. (2008). Modeling the USLE K-factor for calcareous soil in northwest Iran. *Geomorphology*, 97(3), 414-423.
- Vaezi, A. R. (2014). Modeling runoff from semi-arid agricultural lands in northwest Iran. *Pedosphere*, 24(5), 595-604.
- Walkley, A. and Black, I. A. (1934). An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1), 29-38.
- Wall, G. (2003). Soil erosion causes and effects, Ontario Institute of Pedology. ISSN, pp. 1198-712.
- Western, R. L. (1990). Soil testing and plant analysis: Soil Science Society of America Journal., Madison Wisconsin. USA.
- Wischmeier, W. H. and Smith, D. D. (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses-A Guide to Conservation Planning. Agricultural Handbook No. 537, USDA, Washington, USA.
- Zhang, G. H., Liu, G. B., Wang, G. L. and Wang, Y. X. (2011). Effects of vegetation cover and rainfall intensity on sediment bound nutrient loss, size composition and volume fractal dimension of sediment particles. *Pedosphere*, 21(5), 676-684.
- Zuazo, V. H. D. and Pleguezuelo, C. R. R. (2008). Soil-erosion and runoff prevention by plant covers. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 28 (1), 65-86.
- Zarinabadi, A. (2014). Soil erosion and yield of wheat under the influence of plow direction in the slope varying degrees. M.Sc. Thesis, Agriculture Faculty. University of Zanjan. (In Farsi).