

تعیین زمان مناسب کاشت و آبیاری تکمیلی عدس در دشت قزوین با استفاده از مدل AquaCrop

بهنوش کمالی^{1*}، هادی رضوانی اعتدالی²، عباس ستوده‌نیا³

تاریخ دریافت: 1394/8/18 تاریخ پذیرش: 1395/7/26

چکیده

به منظور بررسی تاثیر دو عامل تاریخ کاشت و آبیاری تکمیلی بر میزان عملکرد عدس بهاره دیم در شرایط آب‌وهوایی دشت قزوین، از مدل AquaCrop استفاده گردید. به این منظور، مدل ابتدا برای گیاه عدس مورد واسنجی قرار گرفت. در تعیین تاریخ بهینه کاشت، شش تاریخ مختلف در بازه زمانی متداول کاشت عدس بهاره در منطقه با فاصله زمانی 10 روز و هشت تاریخ پیشنهادی مدل براساس معیار بارش و دما انتخاب شد. مقادیر عملکرد محصول با استفاده از مدل واسنجی شده برای هر 14 تاریخ کاشت شبیه‌سازی و چهار تاریخ کاشت با بیش‌ترین میزان عملکرد مشخص گردید. سپس برای هر یک از تاریخ‌های کاشت، میزان عملکرد محصول برای دو تاریخ مختلف آبیاری تکمیلی توسط مدل تخمین زده و مقایسه گردید. نتایج نشان داد بیش‌ترین میزان عملکرد مربوط به کاشت در بازه زمانی اواسط بهمن تا اواسط اسفند و بهترین زمان برای آبیاری تکمیلی 55 تا 65 روز پس از زمان کاشت در مرحله گل‌دهی می‌باشد. همچنین نتایج این بررسی نشان می‌دهد که با یک مرحله آبیاری تکمیلی در زمان مناسب، افزایش حدود 90 درصدی در میزان عملکرد محصول عدس نسبت به شرایط دیم در تاریخ کشت یکسان مشاهده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری تکمیلی، تاریخ کاشت، عدس، قزوین و نرم‌افزار AquaCrop

مقدمه

پتانسیل پایین عملکرد ارقام و توده‌های محلی دانست. یکی از عوامل مهم در مدیریت محصول، بالا بردن کارایی استفاده از بارندگی‌های موثر برای محصول است. یکی از روش‌های موثر در بالا بردن کارایی استفاده از بارندگی‌ها در فصل زراعی، انتخاب زمان مناسب کاشت است (محمودی، 1385). زمان کاشت همچنین بر روی استقرار گیاه زراعی، توانایی رقابت کنندگی و عملکرد گیاه تاثیر گذار است (موسوی، 1388). آبیاری تکمیلی در مرحله بحرانی نیاز گیاه (مرحله گل‌دهی) نیز یکی از روش‌های موثر در جلوگیری از نوسان عملکرد و دستیابی به تولید پایدار عدس در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. در این روش، اثرات تنش خشکی بر گیاه تخفیف یافته و رطوبت نسبتاً مناسبی برای گیاه، به ویژه در مراحل حساس رشد، فراهم می‌گردد و به دنبال آن عملکرد بهبود می‌یابد (حسینی و همکاران، 1390). بررسی‌های صورت گرفته افزایش قابل توجهی را در میزان عملکرد محصول در پاسخ به کاربرد مقادیر نسبتاً کمی آب به صورت آبیاری تکمیلی در مراحل حساس رشد گیاه نشان می‌دهند (Oweis, 2004).

انتخاب تاریخ مناسب کاشت و آبیاری تکمیلی به عنوان دو راهکار مهم در کاهش اثر تنش خشکی بر محصولات دیم از جمله عدس، در تحقیقات و مطالعات متعددی مورد توجه قرار گرفته‌اند. در مطالعه‌ای با تهیه یک مدل کامپیوتری، زمان مناسب کاشت و آبیاری تکمیلی

حبوبات بعد از غلات به عنوان دومین منبع غذایی انسان مطرح بوده و از ویژگی‌های غذایی و زراعی قابل توجهی برخوردار می‌باشند (یاقوری و همکاران، 1385). در بین حبوبات، عدس علاوه بر دارا بودن مقدار زیاد پروتئین با کیفیت مناسب و مکمل برای پروتئین غلات، به دلیل همزیستی با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن هوا و حاصل‌خیز نمودن خاک‌ها، ضمن داشتن تناوب با غلات، عامل مهمی در ثبات تولید این محصولات در مناطق خشک و دیم‌زارهای کشورهای در حال توسعه می‌باشد.

از مجموع حدود 225 هزار هکتار سطح زیر کشت عدس در ایران، تنها 115 هزار تن محصول دانه به دست می‌آید که به این ترتیب میانگین عملکرد دانه عدس در ایران تنها 511 کیلوگرم در هکتار می‌باشد (نظامی و همکاران، 1389). به طور کلی علت پایین بودن عملکرد عدس را باید مربوط به مدیریت زراعی ضعیف و نیز

1- دانشجوی دکتری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین
2- استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین
3- دانشیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین
(* - نویسنده مسئول: Email: kamali_behnush@yahoo.com)

با توجه به موارد گفته شده در بالا، به دلیل لزوم توجه به افزایش بهره‌وری باران مصرفی (نسبت مقدار عملکرد دانه به بارش صورت گرفته در طول دوره رشد گیاه) و به دنبال آن افزایش عملکرد عدس در شرایط دیم، بررسی نقش تاریخ کاشت و آبیاری تکمیلی به عنوان دو راهکار مدیریتی در این رابطه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف از این مطالعه نیز بررسی و مقایسه تاثیر دو عامل تاریخ کاشت و آبیاری تکمیلی بر روی عملکرد محصول و شناسایی مناسب‌ترین تاریخ کاشت و بهترین زمان آبیاری تکمیلی برای دستیابی به حداکثر محصول عدس و بالا بردن بهره‌وری آب مصرفی در شرایط دیم در منطقه مورد نظر با استفاده از نرم‌افزار AquaCrop بوده است. مطالعه و بررسی روش‌های مدیریتی بالا بردن کارایی بهره‌گیری از بارندگی‌ها در فصل زراعی و افزایش عملکرد محصول در شرایط دیم و استفاده عملی از نتایج مطالعات مربوطه، به بهبود وضعیت مدیریت بهره‌وری آب که به عنوان بهترین گزینه ممکن در توسعه کشاورزی و منابع آب کشور مطرح است، می‌انجامد.

مواد و روش‌ها

هدف از این مطالعه، تعیین مناسب‌ترین زمان برای کاشت و آبیاری تکمیلی گیاه عدس در شرایط آب و هوایی دشت قزوین با استفاده از نرم‌افزار AquaCrop می‌باشد. در نرم‌افزار AquaCrop مقادیر عملکرد گیاه براساس اطلاعات مربوط به اقلیم، گیاه، خاک و روش مدیریتی که توسط کاربر به مدل داده می‌شود، تخمین زده می‌شود.

با توجه به عدم دسترسی به اطلاعات مربوط به گیاه عدس در این نرم‌افزار، در ابتدا این مدل براساس نتایج آزمایش مزرعه‌ای به دست آمده از تحقیقات (سلطانی و همکاران، 1390) مورد واسنجی قرار گرفت. با توجه به این که در این آزمایش مزرعه‌ای که برای یک سال زراعی در دشت قزوین صورت گرفت، عملکرد گیاه عدس در شرایط دیم در تاریخ کاشت 15 فروردین مورد بررسی قرار گرفته بود؛ داده‌های مربوط به این تاریخ به عنوان داده‌های معیار در واسنجی مدل برای گیاه عدس در بخش اطلاعات گیاهی مورد استفاده قرار گرفت. به منظور تخمین عملکرد محصول توسط نرم‌افزار AquaCrop، اطلاعات مربوط به سه بخش اقلیم، خاک و شیوه مدیریتی منطبق با شرایط آزمایش صورت گرفته در مزرعه، به مدل داده شد. در بخش اقلیم، داده‌های هواشناسی شامل میزان بارش، دمای هوا و تبخیر تعرق مرجع مربوط به سال انجام آزمایش به عنوان ورودی مدل در نظر گرفته شد. در رابطه با شیوه مدیریتی در قسمت مدیریت آبیاری، گزینه مربوط به شرایط دیم انتخاب گردید و در قسمت مدیریت مزرعه، سطح خاک فاقد هرگونه پوشش مالچ در نظر گرفته شد. همچنین به این دلیل که در آزمایش عملی، کاشت گیاه

برای عدس بهاره در شرایط آب‌وهوایی شهر قزوین بررسی شد. در این مدل با استفاده از داده‌های هواشناسی و براساس روابط فائو، محتوای رطوبتی و نیاز آبی گیاه عدس در طول دوره رشد به صورت روزانه محاسبه و مقایسه شد و با استفاده از این نتایج زمان مناسب کاشت و آبیاری تکمیلی تعیین گردید (ستوده نیا و همکاران، 1392). در آزمایشی که در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) در استان قزوین صورت گرفت، تاثیر چهار تیمار تاریخ کاشت (25 اسفند، 5 فروردین، 15 فروردین و 25 فروردین) بر روی عملکرد و اجزای عملکرد عدس بهاره در شرایط دیم مورد ارزیابی قرار گرفت. براساس نتایج این مطالعه، بیش‌ترین عملکرد محصول مربوط به اولین تاریخ کاشت بوده است (کمالی و ستوده نیا، 1392). در آزمایشی دیگر که در همین مکان صورت گرفت، اثر دو عامل آبیاری تکمیلی (تک‌آبیاری در مرحله دانه بندی و تک‌آبیاری در مرحله پر شدن غلاف) و تاریخ کاشت (15 فروردین و 25 فروردین) بر روی عملکرد عدس بهاره در شرایط دیم مطالعه گردید. نتایج این بررسی نشان داد که اثر هر دو عامل بر روی عملکرد محصول در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است (سلطانی و همکاران، 1390). نتایج تحقیقی که به منظور شناسایی بهترین مرحله فنولوژی برای انجام آبیاری تکمیلی گیاه عدس در شرایط آب و هوایی مشهد صورت گرفت، نشان داد که هرچند آبیاری کامل سبب بهبود عملکرد می‌شود ولی در صورت محدودیت منابع آبی، انجام آبیاری تکمیلی در هر کدام از مراحل رشدی گیاه (شاخه‌دهی، گل‌دهی، غلاف‌دهی و پر شدن دانه) سبب بهبود عملکرد عدس می‌شود (حسینی و همکاران، 1390). به منظور بررسی نقش تاریخ کاشت و تراکم بذر بر عملکرد عدس در شرایط دیم شمال خراسان، در تحقیقی عامل زمان کاشت در دو سطح انتظاری و بهاره و تراکم بذر در چهار سطح مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که بین سطوح فصل کاشت از لحاظ عملکرد، در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشته است (محمودی، 1385). در آزمایشی تیمارهای آبیاری تکمیلی شامل آبیاری تکمیلی کامل، دو مرحله آبیاری تکمیلی، یک مرحله آبیاری تکمیلی و بدون آبیاری (شرایط دیم) بر روی گندم، لوبیا، نخود و عدس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه بیان‌گر این امر بود که بیش‌ترین میزان افزایش در بهره‌وری آب و عملکرد دانه نسبت به شرایط دیم مربوط به تیمار یک مرحله آبیاری تکمیلی بوده است (Karrou and Oweis., 2012). در آزمایشی دیگر که طی چهار فصل زراعی در شمال سوریه بر روی یک رقم عدس در تناوب با گندم انجام شد، سه تاریخ کاشت (بازه زمانی اواسط نوامبر تا اواسط فوریه) و چهار سطح آبیاری تکمیلی (سه مرحله، دو مرحله، یک مرحله و بدون آبیاری تکمیلی) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه افزایش عملکرد بیوماس را به دنبال افزایش تعداد مراحل آبیاری تکمیلی و کاشت زودتر نشان داد (Oweis et al., 2004).

بارش تجمعی از زمان کاشت، مجموع بارش در یک دوره زمانی مشخص، میزان بارش در یک دوره زمانی 10 روزه و نسبت مشخصی از مقدار بارش به میزان تبخیر تعرق مرجع در یک دوره زمانی 10 روزه تعریف می‌شوند. علاوه بر بارش، دما نیز از عوامل موثر در تعیین تاریخ مناسب کاشت محصول می‌باشد. به طور کلی گیاه عدس یک محصول سرمادوست با مقاومت متوسط به خشکی و دمای بالا است (رحمانی، 1387). این گیاه سرمای شدید مناطق مرتفع را نمی‌تواند تحمل کند و در این نواحی بهتر است که در اوایل بهار کشت گردد (مجنون حسینی، 1387). گیاه عدس برای رشد مناسب به دمای بین 15 تا 25 درجه سانتی‌گراد نیاز دارد (یزدی صمدی و عبدمیشانی، 1380). به دنبال کاشت دیر هنگام عدس در فصل بهار، به علت مواجه شدن گیاه با شرایط نامساعد محیطی مانند کمبود رطوبت، افزایش درجه حرارت هوا و وزش بادهای گرم، عملکرد آن به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد (محمودی، 1385). در این مدل براساس معیار دما نیز چهار تاریخ مناسب کاشت پیشنهاد می‌شود که معیار انتخاب این تاریخ‌ها، گزینه‌های حداقل دمای هوای روزانه در یک دوره زمانی مشخص، متوسط دمای هوای روزانه، مجموع درجه روزها در یک دوره زمانی مشخص و درجه روزهای تجمعی از زمان کاشت می‌باشد. در این مطالعه در تعیین تاریخ کاشت پیشنهادی توسط مدل براساس دو معیار بارش و دما، از مقادیر پیش فرض مدل برای داده‌های مربوط به بارش، دما و تعداد روزهای بازه زمانی در هر یک از گزینه‌ها استفاده شده است. به این ترتیب میزان عملکرد محصول در تاریخ‌های مختلف کاشت (تاریخ‌های معمول کاشت و تاریخ‌های پیشنهادی AquaCrop) مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت و چهار تاریخ کاشت با بیش‌ترین میزان عملکرد محصول مشخص گردید.

پس از تعیین چهار تاریخ مناسب کاشت برای عدس بهار، به منظور تعیین زمان مناسب یک مرحله آبیاری تکمیلی در هر یک از تاریخ‌های کاشت، از برنامه آبیاری پیشنهادی مدل در شرایط آبیاری کامل استفاده شده است. برای هر یک از زمان‌های کاشت، میزان عملکرد محصول در دو تاریخ مختلف آبیاری تکمیلی هر یک با میزان مشخصی از عمق آبیاری مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. زمان آبیاری و میزان عمق خالص آبیاری برای هر تاریخ کاشت به صورت تقریبی و براساس نتایج برنامه آبیاری حاصل از اجرای مدل در طول دوره آماری 30 ساله، در راستای حداکثرسازی عملکرد محصول تعیین شد. به منظور تخمین میزان عملکرد محصول توسط مدل در شرایطی که آبیاری صورت می‌گیرد، در بخش مدیریت آبیاری گزینه برنامه آبیاری و سپس مطابق با آنچه در مزرعه صورت گرفته، روش آبیاری سطحی از نوع آبیاری کرتی انتخاب شده است. به دلیل کوچک بودن کرت‌های مورد مطالعه، استفاده از دیگر سیستم‌های آبیاری در محدوده مورد مطالعه امکان‌پذیر نبوده است. بنابراین، تامین آب برای

عدس در داخل کرت‌هایی یکنواخت در سطح مزرعه صورت گرفته بود، شرایط عدم وجود رواناب در مدل در نظر گرفته شد. در بخش مربوط به اطلاعات خاک نیز بافت خاک محل دقیق انجام آزمایش عملی (مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)) که مطابق با آزمایشات صورت گرفته لومی شنی بود، در مدل انتخاب گردید. نتایج مربوط به آزمایشات صورت گرفته بر روی خاک مزرعه مورد مطالعه در جدول 1 آورده شده است.

جدول 1- اطلاعات مربوط به خاک محدوده مورد مطالعه در آزمایش عملی (عمق 0 تا 30 سانتی‌متر)

میزان اندازه‌گیری شده	پارامترهای مورد بررسی
3/36	درصد رس
7/34	درصد سیلت
89/3	درصد ماسه
10	درصد رطوبت نقطه پژمردگی دائم (PWP)
23	درصد رطوبت ظرفیت زراعی (FC)
1/63	چگالی ظاهری خاک بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب (ρ)

در نهایت واسنجی اطلاعات مربوط به گیاه عدس براساس اطلاعات گیاه‌شناسی موجود عدس و نتایج آنالیز حساسیت عملکرد محصول به پارامترهای گیاهی و به نحوی صورت گرفت که در تاریخ کاشت مورد نظر بین مقدار عملکرد مشاهده شده در مزرعه (مقدار واقعی) و تخمین زده شده توسط مدل، کم‌ترین میزان خطا مشاهده گردد. لازم به ذکر است که در این آزمایش عملی از بذر عدس با رقم محلی سبز قزوین (Lektille Commune) استفاده شده است؛ بنابراین واسنجی مدل برای رقم خاصی از گیاه عدس صورت گرفته است.

به منظور بررسی میزان عملکرد محصول عدس در شرایط دیم در تاریخ‌های کاشت مختلف و تعیین مناسب‌ترین زمان کاشت از بین تاریخ‌های مورد بررسی، اطلاعات مربوط به گیاه عدس که پس از انجام مرحله واسنجی مدل تعیین شد به همراه اطلاعات مورد نیاز در سه بخش اقلیم، خاک و شیوه مدیریتی مطابق با شرایط انجام آزمایش در منطقه مورد مطالعه به مدل وارد گردید. بدین منظور، مدل AquaCrop در طی دوره آماری 30 ساله (1982-2011) برای شش تاریخ مختلف در بازه زمانی معمول کاشت بهار عدس (اوایل اسفند تا اواخر فروردین) با فاصله زمانی 10 و هشت روزه تاریخ پیشنهادی توسط مدل براساس معیار بارش و دما اجرا گردید و میانگین مقادیر عملکرد برای 30 سال دوره آماری در هر یک از تاریخ‌های کاشت تعیین شد. در نرم‌افزار AquaCrop، چهار تاریخ بهینه کاشت براساس معیار بارش توسط مدل پیشنهاد می‌شوند که براساس چهار گزینه

1380؛ مجنون حسینی، 1387؛ رضانی اعتدالی، 1391) و نتایج مربوط به آنالیز حساسیت، مدل AquaCrop برای این رقم از گیاه عدس کالیبره گردید.

جدول 3- واسنجی مدل AquaCrop برای گیاه عدس

مقدار واسنجی شده	اطلاعات گیاهی
11	تعداد روز از زمان کاشت تا زمان جوانه زنی
61	تعداد روز از زمان کاشت تا زمان حداکثر پوشش گیاهی
62	تعداد روز از زمان کاشت تا زمان حداکثر عمق ریشه
75	تعداد روز از زمان کاشت تا زمان شروع پیری
85	تعداد روز از زمان کاشت تا زمان رسیدگی فیزیولوژیکی
45	تعداد روز از زمان کاشت تا زمان گل دهی
32	طول دوره گل دهی (روز)
71	حداکثر عمق ریشه دهی (سانتی متر)
80	حداکثر پوشش گیاهی (درصد)
1/57	پوشش گیاهی اولیه (درصد)

در تاریخ کاشت مورد مطالعه (15 فروردین ماه) مقدار عملکرد مربوط به آزمایش عملی و تخمین زده شده توسط مدل واسنجی شده به ترتیب برابر 0/322 و 0/341 تن در هکتار مشاهده شد که نشان می‌دهد میزان خطای برآورد عملکرد محصول توسط مدل کالیبره شده عدد بسیار کوچکی (6 درصد) می‌باشد.

زمان مناسب کاشت

تاریخ‌های مورد بررسی در بازه زمانی معمول کاشت عدس و تاریخ‌های پیشنهادی مدل AquaCrop براساس معیار بارش و دما به همراه میانگین مقادیر عملکرد در طی دوره آماری مورد مطالعه در شکل (1) آورده شده است. تاریخ‌های کاشت مورد مطالعه به همراه علایم اختصاری آن‌ها که در شکل 1 مورد استفاده قرار گرفته است، در جدول 4 قابل مشاهده است.

آزمون معنی‌داری برای مقادیر عملکرد مربوط به چهار تاریخ کاشت با بیش‌ترین میزان عملکرد نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS و در سطح احتمال 5 درصد صورت گرفت و نتایج مربوط به آن با استفاده از حروف لاتین a و b و در بالای مقادیر عملکرد در شکل 1 آورده شده است.

مطابق با نتایج این مطالعه، بیش‌ترین میزان عملکرد عدس با مقدار 1/647 تن در هکتار مربوط به تاریخ کاشت 26 بهمن ماه می‌باشد که تاریخ کاشت پیشنهادی مدل AquaCrop براساس میزان بارش و معیار مجموع بارش از زمان کاشت بوده است. پس از این تاریخ کاشت بیش‌ترین عملکرد محصول مربوط به تاریخ 22 بهمن ماه است که به دلیل نزدیک بودن زمان آن به تاریخ کاشت قبلی (فاصله کم‌تر از 10 روز)، تاریخ 5 اسفند ماه با مقدار عملکرد 1/539

آبیاری تکمیلی به صورت غرقابی و با استفاده از سیستم آبیاری کرتی صورت گرفت که در بسیاری از نقاط کشور هنوز این نوع سیستم آبیاری (کرتی) از متداول‌ترین سیستم‌های آبیاری محسوب می‌شود. در نهایت زمان و عمق خالص آبیاری در جدول مربوط به برنامه آبیاری در مدل وارد شد و در این برنامه آبیاری، زمان آبیاری تکمیلی منطبق بر مرحله حساس رشد گیاه بوده و عمق خالص آبیاری نیز براساس عمق ریشه گیاه در طول دوره رشد و به گونه‌ای تعریف شده که رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی باشد. به عبارت دیگر، عمق خالص آبیاری براساس کمبود رطوبتی خاک در ناحیه توسعه ریشه گیاه در زمان آبیاری بوده است. بنابراین، در این مطالعه زمان و عمق آبیاری با استفاده از نتایج مدل AquaCrop و به گونه‌ای تعیین گردیده که علاوه بر جلوگیری یا کاهش تنش‌های وارد شده به گیاه در مرحله حساس رشد از اتلاف آب نیز جلوگیری به عمل آید.

نتایج و بحث

آنالیز حساسیت و واسنجی مدل

نتایج مربوط به آنالیز حساسیت عملکرد محصول به پارامترهای گیاهی و واسنجی بخش اطلاعات گیاهی مدل برای گیاه عدس در جداول 2 و 3 آورده شده است.

جدول 2- آنالیز حساسیت عملکرد محصول عدس به پارامترهای گیاهی

پارامتر	درصد تغییرات عملکرد به ازای 50 درصد کاهش در پارامتر
پوشش گیاهی اولیه	4
پوشش گیاهی ماکزیمم	38
عمق ریشه	92
شاخص برداشت	50

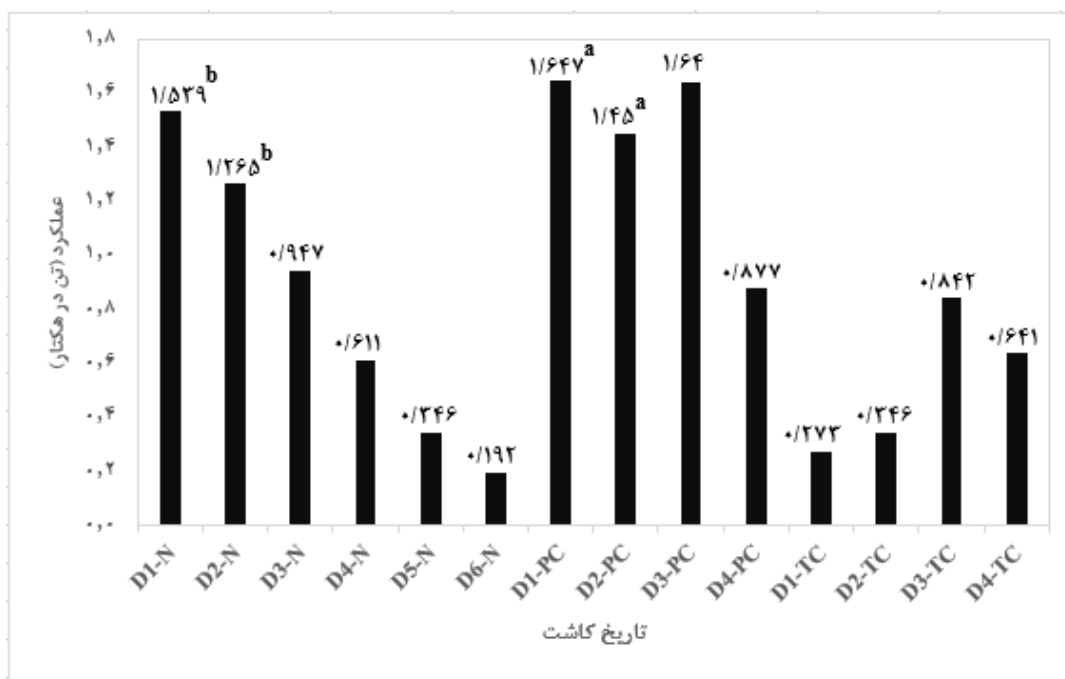
همان‌طور که در جدول بالا مشاهده می‌شود، بخشی از اطلاعات گیاهی مورد نیاز در مدل که مقادیر آن‌ها قابل تغییر بوده و بر روی میزان عملکرد محصول تاثیر گذار است در آنالیز حساسیت مورد بررسی قرار گرفته و درصد تغییرات در میزان عملکرد محصول به ازای 50 درصد کاهش در هر یک از پارامترهای گیاهی و با ثابت فرض کردن مقادیر مربوط به سایر پارامترها تعیین گردیده است. براساس نتایج به دست آمده، بیش‌ترین درصد تغییرات عملکرد به ازای کاهش 50 درصدی در پارامترهای گیاهی به ترتیب مربوط به عمق ریشه، شاخص برداشت، پوشش گیاهی ماکزیمم و پوشش گیاهی اولیه بوده است. با توجه به اطلاعات برداشت شده از مراجع گیاه‌شناسی موجود مرتبط با عدس (بزدی صمدی و عبدمیثانی،

تاریخ‌های کاشت 10 بهمن ماه و 15 اسفند ماه نیز با مقادیر عملکرد 1/45 و 1/265 تن در هکتار به ترتیب به عنوان سومین و چهارمین تاریخ کاشت مناسب گیاه عدس انتخاب شده‌اند. براساس نتایج آزمون معنی‌داری، بین مقدار عملکرد محصول در تاریخ کاشت 26 بهمن ماه با مقادیر عملکرد در سه تاریخ کاشت دیگر در سطح 5 درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. این در حالی است که بین مقادیر عملکرد در تاریخ‌های کاشت 10 بهمن ماه و 5 و 15 اسفند ماه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بنابراین، مطابق با نتایج این بررسی بیش‌ترین میزان عملکرد محصول عدس بهاره در شرایط آب‌وهوایی دشت قزوین (عملکرد بیش‌تر از یک تن در هکتار) مربوط به کاشت در بازه زمانی اواسط بهمن تا اواسط اسفند است. به این دلیل که با کاشت گیاه در این محدوده زمانی، شرایط آب‌وهوایی مناسبی از لحاظ میزان بارش در طول دوره رشد برای گیاه فراهم شده و گیاه کم‌ترین میزان تنش خشکی را در مراحل حساس رشد (گل‌دهی و پر شدن غلاف) متحمل می‌شود. به عبارت دیگر، با کاشت گیاه عدس در تاریخ مناسب، زمان بارش‌های جوی منطبق با مراحل حساس رشد گیاه بوده و میزان این بارش‌ها تامین کننده نیاز آبی گیاه در شرایط دیم می‌باشد.

تن در هکتار به عنوان دومین تاریخ کاشت مناسب در نظر گرفته شد.

جدول 4- تاریخ‌های کاشت مورد مطالعه و علایم اختصاری مرتبط با آن‌ها

تاریخ معمول کاشت	
D1-N	5 اسفند
D2-N	15 اسفند
D3-N	25 اسفند
D4-N	5 فروردین
D5-N	15 فروردین
D6-N	25 فروردین
تاریخ پیشنهادی مدل براساس معیار بارش	
D1-PC	26 بهمن
D2-PC	10 بهمن
D3-PC	22 بهمن
D4-PC	21 دی
تاریخ پیشنهادی مدل براساس معیار دما	
D1-TC	19 فروردین
D2-TC	15 فروردین
D3-TC	20 دی
D4-TC	4 فروردین



شکل 1- میانگین مقادیر عملکرد عدس در طی دوره آماری 30 ساله (1982-2011) مربوط به تاریخ‌های معمول کاشت و تاریخ‌های پیشنهادی AquaCrop براساس معیار بارش و دما

اواخر اسفند ماه نیز همچنان عملکرد محصول در حد قابل قبولی (در

همچنین نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که با کاشت گیاه تا

دانه گردید. به طور کلی نتایج این مطالعه بیانگر این امر است که تاخیر در زمان کاشت، به دلیل افزایش تنش‌های خشکی وارد شده به گیاه بر روی وزن صد دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته موثر بوده و در نتیجه کاهش چشمگیر عملکرد دانه را به دنبال داشته است. آزمایش صورت گرفته توسط سلطانی و همکاران (1390) نیز بیانگر اهمیت کشت زود هنگام عدس در اسفندماه بوده است؛ بطوری که مطابق با نتایج این مطالعه مقدار عملکرد محصول دیم برای دو تاریخ کاشت 15 و 25 فروردین ماه به ترتیب برابر 321/73 و 84/87 کیلوگرم در هکتار بوده و تاخیر 10 روزه در زمان کاشت موجب کاهش 70 و 40 درصدی عملکرد دانه و بیوماس در تاریخ کاشت دوم نسبت به تاریخ کاشت اول گردیده است. همچنین، براساس نتایج این آزمایش اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه، تعداد دانه در واحد سطح و عملکرد بیولوژیکی در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است. در مطالعات ستوده نیا و همکاران (1392) و (Oweis et al., 2004) نیز بر اهمیت کشت زود هنگام بر عملکرد عدس بهاره تاکید شده است. در ارتباط با برتری کشت زمستانه در مقایسه با کشت بهاره نیز آزمایش محمودی (1385) نشان داد که کشت انتظاری (زمستانه) عدس افزایش حدود 63 درصدی میانگین عملکرد دانه را نسبت به کشت بهاره به دنبال داشته است. در این مطالعه، میانگین عملکرد دانه در کشت انتظاری و بهاره در سال اول به ترتیب 743/9 و 406/9 کیلوگرم در هکتار و در سال دوم 637/5 و 441/1 کیلوگرم در هکتار بوده است.

تعیین زمان آبیاری تکمیلی

در جدول 5، میانگین مقادیر عملکرد در طی دوره آماری سی ساله برای شرایط دیم (بدون آبیاری) و دو حالت از آبیاری تکمیلی در هر تاریخ کشت آورده شده است. نتایج مربوط به معنی‌دار بودن اختلاف مقادیر عملکرد برای حالت‌های مختلف مورد بررسی در هر تاریخ کاشت که با استفاده از نرم‌افزار SPSS و در سطح احتمال 5 درصد مورد بررسی قرار گرفت نیز در این جدول نمایش داده شده است.

نتایج آزمون معنی‌داری که در جدول 5 نیز آورده شده، نشان می‌دهد که در هر 4 تاریخ کاشت، آبیاری تکمیلی اختلاف معنی‌داری در مقادیر عملکرد محصول در مقایسه با شرایط بدون آبیاری ایجاد کرده است. همچنین، به جز تاریخ کاشت 25 بهمن ماه در سه تاریخ کاشت دیگر اختلاف بین مقادیر عملکرد در دو حالت آبیاری تکمیلی نیز معنی‌دار بوده است.

حدود یک تن در هکتار) بالا می‌باشد؛ اگرچه با تاخیر 20 روزه در زمان کاشت در اسفند ماه، کاهش 38 درصدی در میزان عملکرد محصول مشاهده می‌شود. پس از بازه زمانی مورد بحث با بیش‌ترین میزان عملکرد، تاریخ 20 دی ماه با داشتن شرایط مناسب آب‌وهوایی از لحاظ بارش و دما، به عنوان یک تاریخ کاشت مناسب توسط مدل پیشنهاد شده است. به این نوع کشت عدس که زمان کاشت در آن تقریباً اوایل زمستان می‌باشد، کشت انتظاری (خفته) می‌گویند. در این روش بذر عدس هم‌زمان با کاهش دمای محیط در اواخر پاییز و یا اوایل زمستان کشت شده و در زمستان به صورت جوانه نزده در زیر خاک باقی مانده و در اواخر زمستان پس از مساعد شدن شرایط آب‌وهوایی رشد خود را آغاز می‌کند. عملکرد گیاهان کشت شده به صورت خفته به دلیل استقرار مناسب گیاه و استفاده بهتر از نزولات جوی و فرار از تنش‌های گرما و خشکی رایج در اواخر بهار و تابستان بیش‌تر می‌باشد (کریم مجنی و همکاران، 1383). مطابق با نتایج به دست آمده از این مطالعه نیز دهه سوم دی ماه زمان مناسب‌تری برای کاشت گیاه عدس نسبت به ماه فروردین تشخیص داده شد و کم‌ترین میزان عملکرد محصول در بازه زمانی مورد بررسی مربوط به فروردین ماه بوده است؛ به گونه‌ای که کاشت عدس در اواخر بهار (19 فروردین ماه) نسبت به کشت انتظاری (20 دی ماه)، 68 درصد کاهش در میزان عملکرد محصول ایجاد نموده است. همان‌طور که در شکل 1 مشاهده می‌شود، بیش‌ترین تاریخ‌های پیشنهادی مدل برای کاشت عدس بهاره براساس معیار دما مربوط به دهه اول و دوم فروردین ماه بوده که مقادیر عملکرد تخمین زده شده در این ماه در مقایسه با مقادیر عملکرد محصول در تاریخ‌های پیشنهادی براساس معیار بارش به میزان چشمگیری کم‌تر بوده است. بنابراین، از این امر می‌توان بدین صورت نتیجه‌گیری نمود که شرایط مساعد بارندگی و تامین نیاز آبی گیاه عدس در طول دوره رشد بیش از شرایط مطلوب دمایی در افزایش میزان عملکرد محصول موثر می‌باشد. همچنین مطابق با این نتایج، با تاخیر در زمان کاشت در فروردین ماه نیز همانند اسفند ماه کاهش در میزان عملکرد محصول مشاهده می‌شود؛ به نحوی که کاشت عدس در 25 فروردین ماه نسبت به 5 فروردین ماه، کاهش 69 درصدی در میزان عملکرد را موجب شده است. دلیل این امر، قرار گرفتن دوره رشد گیاه عدس و به خصوص مراحل حساس رشد از جمله گل‌دهی و پر شدن غلاف در شرایط نامساعد آب‌وهوایی از لحاظ بارش و دما است که در اثر به تعویق انداختن زمان کاشت به اواخر فروردین ماه اتفاق می‌افتد.

بر اساس نتایج مطالعه کمالی و ستوده نیا (1392) نیز بیش‌ترین عملکرد دانه گیاه عدس با مقدار 978/2 کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار کاشت در تاریخ 25 اسفند ماه بود و تاخیر 10، 20 و 30 روزه در زمان کاشت موجب کاهش 29، 57 و 83 درصدی در میزان عملکرد

جدول 5- میانگین مقادیر عملکرد عدس در طی دوره آماری 30 ساله (2011-1982) مربوط به شرایط بدون آبیاری و دو حالت آبیاری تکمیلی در

چهار تاریخ کاشت مناسب

عملکرد (تن در هکتار)	عمق خالص آبیاری (میلی متر)	زمان آبیاری تکمیلی (روز پس از کاشت)	تاریخ کاشت
1/647 ^b	-	-	26 بهمن
2/316 ^a	50	55	
2/306 ^a	75	70	
1/539 ^c	-	-	5 اسفند
2/083 ^b	50	45	
2/475 ^a	75	65	
1/450 ^c	-	-	10 بهمن
2/038 ^a	55	60	
1/688 ^b	75	80	
1/265 ^c	-	-	15 اسفند
1/838 ^b	50	45	
2/383 ^a	75	65	

تکمیلی 10 روز پس از شروع مرحله میانی رشد (45 روز پس از تاریخ کاشت) بیشترین تاثیر را بر کاهش تنش‌های خشکی وارد شده به گیاه داشته و با تاخیر در زمان آبیاری تکمیلی از تاثیر آن بر میزان عملکرد محصول کاسته می‌شود. همچنین، مطالعه بر روی این مدل کامپیوتری بهترین زمان آبیاری تکمیلی را در شرایط جفت‌آبیاری 15 روز پس از شروع مرحله میانی (حساس رشد) نشان داد. نتایج آزمایش سلطانی و همکاران (1390) نیز بیان‌گر نقش چشمگیر تک‌آبیاری در زمان مناسب بر افزایش عملکرد عدس بهاره در شرایط دیم بوده است؛ بطوریکه مطابق با نتایج این مطالعه برای تاریخ کاشت 15 فروردین ماه، اعمال تک‌آبیاری در مرحله دانه‌بندی باعث شده عملکرد دانه و بیولوژیک به ترتیب 280 و 210 درصد بیش‌تر از تک‌آبیاری در مرحله پر شدن غلاف شود. مطالعات (Karou and Oweis., 2012) و (Oweis et al., 2004) نیز افزایش محسوس در میزان عملکرد محصول عدس را به دنبال آبیاری تکمیلی در مراحل حساس رشد گیاه نشان داده است. بنابر نتایج آزمایش حسینی و همکاران (1390) میزان افزایش عملکرد تحت تاثیر آبیاری تکمیلی در هریک از مراحل شاخه‌دهی، غلاف‌دهی و پر شدن دانه به ترتیب 26/3، 46/6 و 44/5 درصد نسبت به تیمار شاهد (بدون آبیاری) مشاهده شد.

نتیجه گیری

براساس اطلاعات به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که به طور کلی تاخیر در زمان کاشت عدس بهاره، به دلیل افزایش تنش‌های خشکی وارد شده به گیاه، کاهش چشمگیر عملکرد دانه را به دنبال خواهد داشت. در واقع با تاخیر در زمان کاشت، میزان بارش‌های جوی تامین کننده رطوبت گیاه در طول دوره رشد کاهش یافته و کمبود

همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، هر دو حالت آبیاری تکمیلی در تاریخ کاشت اول افزایش 40 درصدی در میزان عملکرد محصول را در مقایسه با شرایط دیم (بدون آبیاری) در همین تاریخ کاشت موجب شده است. این در حالی است که تاریخ اول و دوم آبیاری تکمیلی در تاریخ کاشت دوم به ترتیب افزایش 35 و 61 درصدی، در تاریخ کاشت سوم افزایش 41 و 16 درصدی و در تاریخ کاشت چهارم افزایش 45 و 88 درصدی را در میزان عملکرد محصول دیم در تاریخ کاشت مشابه ایجاد نموده است. بنابراین، آبیاری تکمیلی نقش به‌سزایی در افزایش عملکرد محصول داشته است؛ با این حال تاثیر زمان آبیاری تکمیلی در این افزایش قابل مشاهده می‌باشد. براساس نتایج این بررسی، در تاریخ کاشت اول از بین دو حالت مورد بررسی برای زمان آبیاری تکمیلی، عملکرد بیش‌تر مربوط به آبیاری تکمیلی در 55 روز پس از زمان کاشت بوده است. همچنین مطابق با این نتایج، برای تاریخ‌های کاشت دوم، سوم و چهارم نیز زمان مناسب آبیاری تکمیلی به ترتیب 65، 60 و 65 روز پس از تاریخ کاشت بوده است. بنابراین، به طور کلی زمان مناسب آبیاری تکمیلی عدس بهاره در شرایط دیم که در آن عملکرد بیش‌تری از محصول مشاهده می‌شود، 55 تا 65 روز پس از زمان کاشت می‌باشد. در این بازه زمانی که در مرحله حساس رشد گیاه قرار می‌گیرد، عملکرد محصول به شدت تحت تاثیر تنش خشکی بوده و تامین نیاز آبی گیاه در این دوره از رشد، با جلوگیری از وارد آمدن تنش آبی به محصول، افزایش چشمگیری در میزان عملکرد را به دنبال خواهد داشت و در خارج از این محدوده زمانی، از میزان نقش آبیاری تکمیلی در افزایش عملکرد محصول کاسته می‌شود.

مطابق با نتیجه مطالعه ستوده نیا و همکاران (1392) آبیاری

ستوده نیاع، کمالی، ب و سلطانی، م. 1392. تعیین زمان مناسب کاشت و آبیاری تکمیلی برای عدس دیم در دشت قزوین با استفاده از مدل کامپیوتری. مدیریت آب و آبیاری. 3: 2، 91-101.

سلطانی، م، ستوده نیاع، ع. و لیاقت، ع.ا. 1390. بررسی اثر توامان زمان آبیاری تکمیلی و تاریخ کشت بر افزایش بهره‌وری آب در شرایط دیم (گیاه عدس). نخستین کنفرانس ملی هواشناسی و مدیریت آب کشاورزی. 1 و 2 آذر. تهران. ایران.

کریم مجنی، ح، محمد علیزاده، ح، مجنون حسینی، ن و پیغمبری، س.ع. 1383. تاثیر علف‌کش‌ها به همراه وجین دستی در کنترل علف‌های هرز در کشت انتطاری و بهاره عدس. علوم زراعی ایران. 6، 1: 68-79.

کمالی، ب و ستوده نیاع، ع. 1392. اثر تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد عدس دیم در دشت قزوین. چهارمین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. اهواز. ایران.

مجنون حسینی، ن. 1387. زراعت و تولید حبوبات (حبوبات در ایران). چاپ سوم. انتشارات جهاد دانشگاهی تهران.

محمودی، ع.ا. 1385. بررسی اثر فصل کاشت و تراکم بذر بر عملکرد دانه عدس رقم محلی رباط در شرایط شمال خراسان. علوم زراعی ایران. 3، 8: 232-238.

موسوی، س.ک. 1388. تابعیت روند رشد ارقام عدس (*Lens culinaris Med.*) از تاریخ کاشت و تداخل علف‌های هرز در استان لرستان. پژوهش زراعی ایران. 8، 4: 658-667.

نظامی، ا، باقری، ع.ا، پرساه، ح، زعفرانی، م و خمیدی، ن. 1389. ارزیابی امکان کاشت پاییزه ژنوتیپ‌های عدس متحمل به سرما در شرایط آبیاری تکمیلی. پژوهش‌های حبوبات ایران. 1، 2: 46-58.

یزدی صمدی، ب. و عبدمیشانی، س. 1380. اصلاح نباتات زراعی. چاپ چهارم. مرکز نشر دانشگاهی.

Karrou, M and Oweis, T. 2012. Water and land productivities of wheat and food legumes with deficit supplemental irrigation in a Mediterranean environment. *Agricultural water management*. 107: 94-103.

Oweis, T. 2004. Farm water management options to alleviate drought in the dry environment. *Drought mitigation strategies*.

Oweis, T., Hachum, A and Pala, M. 2004. Lentil production under supplemental irrigation in Mediterranean environment. *Agricultural water management*. 68:3: 251-265.

محتوای رطوبتی خاک عدم تامین نیاز آبی گیاه در مراحل حساس رشد را موجب می‌گردد. آبیاری تکمیلی نیز با تامین رطوبت مورد نیاز در مراحل حساس رشد شامل گل‌دهی و پر شدن غلاف به افزایش عملکرد محصول کمک می‌نماید. همچنین از موارد بسیار مهم در زمینه آبیاری تکمیلی، مصرف به اندازه و به موقع آب آبیاری می‌باشد. مطابق با نتایج این مطالعه بازه زمانی اواسط بهمن تا اواسط اسفند بهترین زمان کاشت عدس بهاره دیم در شرایط آب‌وهوایی دشت قزوین می‌باشد. بنابراین، به دلیل تغییر شرایط اقلیمی منطقه و گرم‌تر شدن درجه حرارت هوا در سال‌های اخیر، می‌توان زمان کاشت عدس را تا یک ماه نسبت به بازه زمانی معمول کاشت محصول در منطقه (اواسط فروردین تا اواسط اسفند) به جلو انداخت. همچنین، یک مرحله آبیاری تکمیلی در هر تاریخ کاشت می‌تواند میزان عملکرد را به میزان قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با شرایط دیم افزایش دهد. براساس نتایج این مطالعه، بیش‌ترین میزان عملکرد محصول عدس بهاره مربوط به شرایطی است که یک مرحله آبیاری تکمیلی در بازه زمانی 55 تا 65 روز پس از تاریخ کاشت (مرحله گل‌دهی) صورت گیرد. همچنین نتایج این بررسی نشان می‌دهد که در صورت اعمال آبیاری تکمیلی در زمان مناسب و براساس نیاز آبی گیاه، عملکرد محصول می‌تواند تا حدود دو برابر میزان محصول در شرایط دیم و بدون آبیاری افزایش یابد و تاخیر در زمان آبیاری تکمیلی و یا آبیاری زود هنگام به دلیل خارج شدن زمان آبیاری از مرحله حساس رشد، کاهش اثر آبیاری تکمیلی بر میزان عملکرد محصول را به دنبال خواهد داشت.

مراجع

باقری، ع.ا، نظامی، ا و پرساه، ح. 1385. تحلیلی بر راهبردهای تحقیقات حبوبات در ایران: رهیافت‌هایی از اولین همایش ملی حبوبات. پژوهش‌های زراعی ایران. 4، 1: 1-15.

حسینی، ف.س، نظامی، ا، پارسا، م. و حاج محمدنیا قالی‌باف، ک. 1390. اثرات آبیاری تکمیلی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام عدس (*Lens culinaris Medik.*) در شرایط آب‌وهوایی مشهد. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). 25، 3: 625-633.

رحمانی، آ. 1387. ارزیابی خصوصیات مورفولوژیک، اجزای عملکرد و پروتئین دانه در ارتباط با عملکرد ژنوتیپ‌های (*Lens culinaris Med.*) تحت شرایط دیم. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه زنجان. ایران.

رمضانی اعتدالی، ه. 1391. توسعه مدل تخصیص بهینه آب در اراضی آبی و دیم جهت افزایش بهره‌وری اقتصادی. پایان نامه دکتری. دانشگاه تهران. ایران.

Determining Appropriate Time for Rainfed Lentil Sowing and Supplementary Irrigation in Qazvin's Plain Using AquaCrop Model

B. Kamali^{1*}, H. Ramezani Etedali², A. Sotoodehnia³

Received: Nov.11, 2015

Accepted: Octo.30, 2016

Abstract

In this study, AquaCrop model was used in order to investigate the effect of planting date and supplementary irrigation on the performance of spring lentil in the Qazvin plain. In order to achieve this goal, the model was first calibrated for lentil plant. To determine the optimum planting date, six dates in common period of time of spring lentil planting in the region with interval of 10 days as well as at eight model proposed dates based on precipitation and temperature criteria were selected. The amounts of yield were simulated for each 14 planting dates using calibrated model and four planting dates with the highest yield were determined. Then, for each of these planting dates, the yield values for the two different dates of supplementary irrigation were estimated and compared. Based on the results, the highest yield is related to planting at the period of mid-February to mid-March and the best time for supplementary irrigation is 55 to 65 days after planting at flowering stage. Also, it was concluded that with one stage of supplementary irrigation at the right time, an increase of about 90 percent in lentil crop yield can be achieved compared to rainfed condition with the same planting date.

Key words: AquaCrop software, lentil, planting date, Supplementary irrigation, Qazvin

1- PHD student, Faculty of Engineering and Technology, Imam Khomeini International University, Qazvin

2- Assistant Professor, Faculty of Engineering and Technology, Imam Khomeini International University, Qazvin

3- Associate professor, Faculty of Engineering and Technology, Imam Khomeini International University, Qazvin

(*-Corresponding Author: Email: kamali_behnoush@yahoo.com)