نشریه علوم دانشگاه خوارزمی
جلد ۱۲، شماره ۳
تاریخ چاپ تابستان ۱۳۹۲

پاسخ‌های متمایز بذرهای تر و خشک گندم به میدان‌های مغناطیسی ایستا و متناوب

عاطفه پایز، *فائزه قناتی، پرویز عبدالمالکی، بهاره ناهیدیان؛
دانشگاه تربیت مدرس، دانشکدهٔ علوم زیستی

چکیده

با وجود پژوهش‌های متعدد روی تأثیر میدان‌های مغناطیسی بر گیاهان، سازوکار دقیق این اثرات هنوز مشخص نشده است. هدف از این پژوهش مقایسهٔ تأثیر میدان‌های مغناطیسی بر جوانه‌زنی و رشد اولیهٔ بذرهای گندم است. بدین منظور بذرهای گندم[1] به دو صورت خیسانده شده و خشک به‌مدت ۴ روز، هر روز ۵ ساعت تحت تیمار میدان مغناطیسی ایستا (SMF ۳۰ میلی‌تسلا) و متناوب (EMF ۱۰ کیلوهرتز) قرار گرفتند. میزان آب‌گیری، درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها، رشد دانه‌رست، هدایت الکتریکی پوست دانه و غشای دانه‌رست اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در مقایسه با نمونه‌های شاهد در گروه گندم تر، تیمار میدان مغناطیسی اثر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی بذرها ندارد، ولی سرعت جوانه‌زنی، وزن تر، وزن خشک و شاخص توان II را افزایش می‌دهد. میدان مغناطیسی بر طول دانه‌رست حاصل از بذرهای خشک اثر مثبت داشت و در بقیهٔ موارد اثر افزایشی مشاهده نشد. تیمار با میدان مغناطیسی سبب کاهش نشت الکتریکی پوست دانه و غشای دانه‌رست شد، ولی سبب افزایش آب‌گیری دانه نشد؛ از همین رو، افزایش سرعت جوانه‌زنی و رشد بهتر دانه‌رست‌ها احتمالاً به‌دلیل افزایش تمامیت غشا و پوست دانه، افزایش میزان یا فعالیت آنزیم‌های دخیل در جوانه‌زنی بذرها و یا آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت است. اثرات میدان بر بذرهای تر گندم بسیار بهتر از بذرهای خشک است وهمچنینSMF نسبت به EMF اثرات بهتری بر جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست‌ها نشان می‌دهد.

مقدمه

میدان‌های مغناطیسی هم به‌صورت طبیعی و هم در نتیجهٔ فعالیت‌های فناورانهٔ بشر امروزی، در زندگی روزمرهٔ انسان حضور دارند [۱]. نتایج تحقیقات متعدد نشان داده است که موجودات زنده حساسیت بسیار زیادی به میدان‌های مغناطیسی نشان می‌دهند، اما تأثیرات آن‌ها بر سیستم‌های زیستی و به‌ویژه سازوکار این تأثیرات هنوز به‌خوبی شناخته نشده است. پژوهش‌های انجام شده در زمینهٔ اثرات میدان‌های مغناطیسی ایستا (SMF) و میدان‌های الکترومغناطیسی (EMF) بر انسان و جانوران بسیار بیش‌تر از گیاهان است [۲]. یکی از نظریه‌هایی

واژه‌های کلیدی: درصد جوانه‌زنی، گندم، میدان مغناطیسی ایستا، میدان مغناطیسی متناوب، وزن تر، وزن خشک
دریافت ۹۱/۲/۳ پذیرش ۹۱/۱۲/۹
*نویسنده مسئول ghangia@modares.ac.ir

[1]. *Triticum aestivum* L.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

توجیه اثرات مثبت این میدان‌ها، ارائه شده، نظریهٔ ICR[1] است، که بر اساس آن شکل مناسبی از یک میدان ممکن است بتواند با تشدید نوسان خودبه‌خودی برخی یون‌ها یا مولکول‌های زیستی (مثل کانال‌ها، پمپ‌ها و ناقل‌ها)، آن‌ها را به تحرک بیش‌تر وادار سازد و از این طریق سبب تحریک رشد گردد [۳]، [۴]. به تحریك گیاهان با استفاده از میدان‌های مغناطیسی به‌عنوان راهی برای افزایش کمیت و کیفیت عمل‌کرد محصولات زراعی توجه شده است. جای‌گزینی کودها و مکمل‌های شیمیایی با تیمارهای فیزیکی، میزان سموم را در مواد خام گیاهی کاهش می‌دهد و باعث افزایش سلامت غذا و محیط می‌شود [۵]. در برخی تحقیقات اثرات منفی میدان‌های مغناطیسی بر روی گیاهان، از جمله مهار رشد سلول‌ها، کاهش درصد زنده‌مانی، افزایش رادیکال‌های آزاد، افزایش لیگنین و سوبرین در دیوارهٔ سلول‌ها، کاهش درصد جوانه‌زنی بذرها و نمو اندام‌ها گزارش شده است [۱]، [٦]، [۷]. پژوهش‌های دیگری نیز وجود دارند که تأثیر مثبت برخی میدان‌های مغناطیسی را بر سیستم‌های زنده گزارش کرده‌اند. اثر محرک میدان‌های مغناطیسی ایستا و متناوب از شدت‌های بسیار کم گرفته تا شدت‌های بسیار زیاد در گونه‌های مختلف گیاهی گزارش شده است. ویژگی‌های جوانه‌زنی دانه‌های ذرت در بسیاری از پژوهش‌ها در تیمار با میدان مغناطیسی بهبود یافته است [۸]، [۹]، [۱۰]، [۱۱]. رشد بیش‌تر دانه-رست‌های گندم حاصل از بذرهای پیش تیمار شده با میدان‌های مغناطیسی ۳۰۰-۵۰ میلی‌تسلا در مقایسه با گیاهان شاهد گزارش شده است [۱۲]، [۱۳]. هدف از این پژوهش مقایسه تأثیر میدان‌های مغناطیسی ایستا (SMF) و متناوب (EMF) بر جذب آب و جوانه‌زنی دانه، رشد اولیهٔ دانه‌رست، و هدایت الکتریکی پوست دانه و غشای دانه‌رست گندم تر و خشک به‌عنوان مهم‌ترین غلهٔ پرمصرف در رژیم غذایی انسان است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و تیمارها

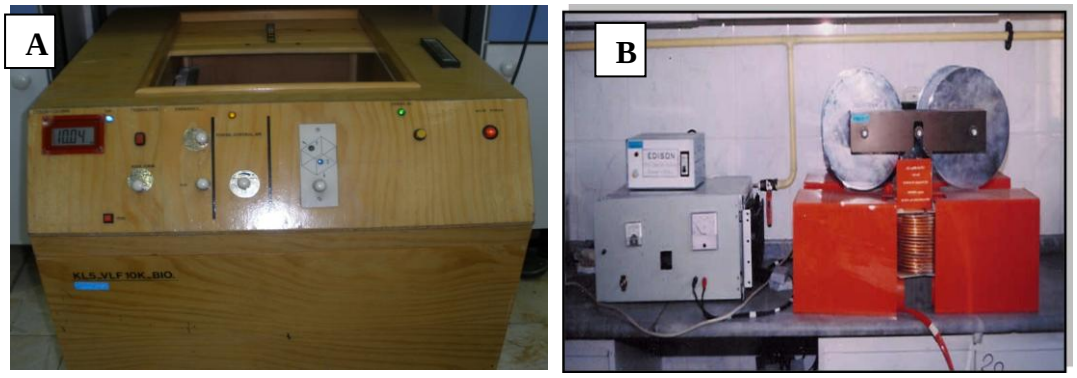
بذرهای گندم رقم کویر از مؤسسهٔ اصلاح نهال و بذر کرج خریداری شد و به دو صورت خشک و خسیانده شده به‌مدت ۴ روز، هر روز ۵ ساعت تحت تیمار EMF (۱۰ کیلوهرتز) و SMF (۳۰ میلی‌تسلا) قرار گرفتند. شدت میدان و طول دورهٔ پرتودهی براساس نتایج پژوهش‌های قبلی و منابع موجود انتخاب شد [۷]، [۱۴]. بذرهای شاهد در همان شرایط و به اندازهٔ کافی دور از دستگاه‌های مولد میدان مغناطیسی وفقط تحت میدان مغناطیسی زمین قرار گرفتند. توصیف دستگاه‌های مولد EMF و SMF در پژوهش‌های قبلی آمده است (شکل ۱). یک‌نواختی SMF در محل قرارگیری نمونه‌ها با یک تسلامتر(گاتینگن، آلمان، فیو ۱۳۶۱۰/۹۳)[2] و همچنین نرم‌افزار شبیه‌سازی (CST)[3] بررسی شد (شکل ۲).

۱. Ion Cyclotron Resonance

۲ . (13610.93, PHYWE, Gottingen, Germany)

۳. Computer Simulation Technology

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]



شکل ۱. دستگاه‌های تولید کنندهٔ میدان مغناطیسی، EMF (A) دارای سیستم کنترل فرکانس و نمایش فرکانس به صورت دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ هرتز، محل قرارگیری نمونه در داخل محفظه است، SMF (B) جریان برق شهری پس از گذر از یک‌سوکنندهٔ (سمت چپ) وارد سیم‌پیچ‌های اطراف یک هستهٔ آهنی شده به‌کمک چهار گوشی دایره شکل آهنی، میدان مغناطیسی ایستای یک‌نواختی را در فضای بین گوشی‌ها که محل قرارگیری نمونه است، ایجاد می‌کند

میزان آب‌گیری بذرها

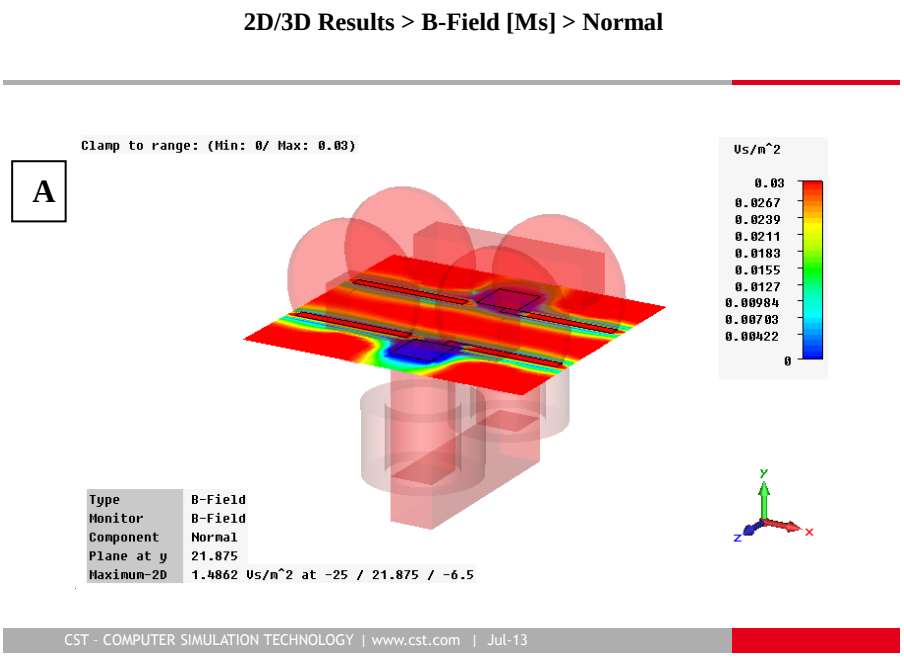
میزان آب‌گیری بذرها (WU) در چهار تکرار ۱۰۰ دانه‌ای به ازای هر تیمار انجام شد. به‌طور خلاصه دانه‌های خشک پس از تیمار با میدان مغناطیسی وزن شده و سپس لای پنبهٔ اشباع از آب مقطر در دمای ۲۵ ℃ قرار گرفتند. در فواصل زمانی ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ دقیقه و ۱۲ ساعت، تمامی دانه‌ها برداشته شده، خشک شده و پس از وزن کردن بلافاصله درون پنبهٔ خیس قرار گرفتند تا به آب‌گیری‌شان ادامه دهند [۱۵]. در مورد دانه‌های تر ابتدا دانه‌ها وزن شده، پس از ٦ ساعت خیساندن، به‌مدت ٥ ساعت تحت تیمار میدان قرار گرفتند. در طی تیمار با میدان، دانه‌ها در فواصل زمانی ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ دقیقه و ٥ ساعت، برداشته شده، خشک شده و پس از وزن کردن، مجدداً در درون پنبه خیس به میدان برگشته و به آب‌گیری ادامه دادند. میزان آب‌گیری بذرها بر حسب میزان آب‌گیری بذرها با استفاده از فرمول (۱) محاسبه شد:

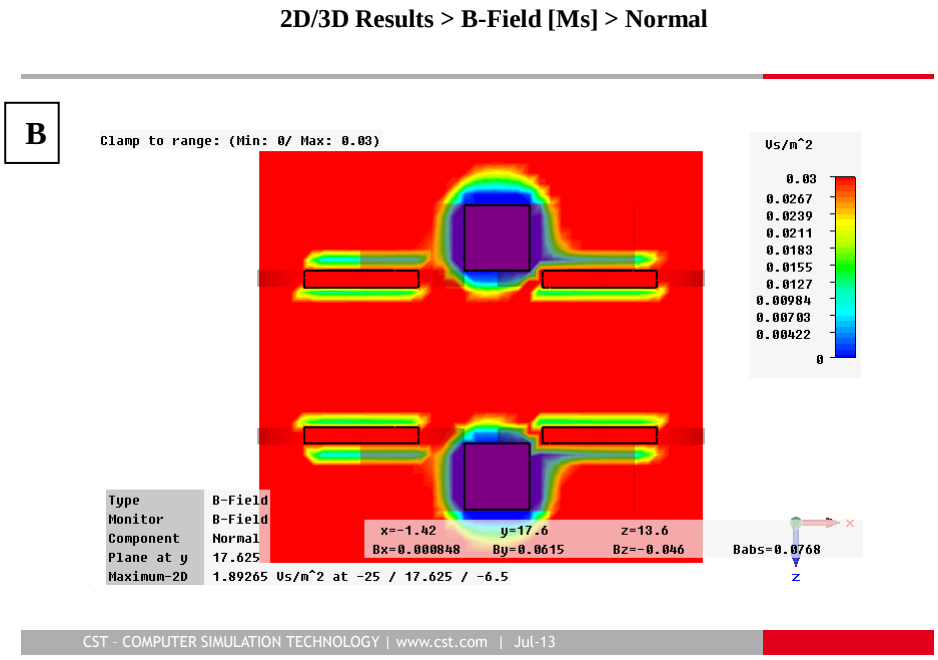
(۱) درصد آبگیری بذر =(وزن تر دانه - وزن خشک دانه) ×۱۰۰

جوانه‌زنی و رشد اولیهٔ بذرها

جوانه‌زنی بذرها براساس روش ISTA [۱۶] انجام گرفت. بذرهای هم‌اندازه و هم‌شکل گندم انتخاب و به دو گروه تقسیم شدند: گروه اول با هیپوکلریت سدیم حاوی ۵% کلر فعال و اتانول ۷۰% استریل و سپس سه بار با آب مقطر آب‌کشی شد و پس از یک شب تا صبح خیساندن، تحت تیمار میدان مغناطیسی قرار گرفت؛ گروه دوم ابتدا به صورت خشک تحت میدان قرار گرفت و سپس به روش فوق استریل شد. جوانه‌زنی هر دو گروه، بین دو لایهٔ کاغذ صافی خیس در دمای ۲۵ ℃ و حداقل در ۳ تکرار ۱۰۰ تایی انجام شد. ظهور ریشه‌چه از بذر به‌عنوان جوانه‌زنی مثبت در نظر گرفته شد و تعداد دانه‌های جوانه‌زده به‌طور روزانه شمارش شد. سرعت جوانه‌زنی با استفاده از فرمول (۲) محاسبه شد [۱۷]:

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]





شکل ۲. آزمون یک‌نواختی میدان مغناطیسی ایستا با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی کامپیوتری CST، (A-B) یک‌نواختیSMF ایجاد شده در فضای قرارگیری نمونه‌ها از زوایای مختلف (نوار قرمز ۳۰ میلی‌تسلا در فضای بین گوشی‌ها ایجاد شده است)

(۲) (تعداد روزهای سپری شده از زمان خیساندن دانه / تعداد دانه‌های تازه جوانه زده) مجموع = سرعت جوانه‌زنی

درصد جوانه‌زنی برحسب دانه‌رست‌های طبیعی محاسبه شد. ده عدد دانه‌رست از هر تکرار به‌طور تصادفی انتخاب شده، طول و وزن تر اندام هوایی و ریشه هرکدام به‌طور جداگانه اندازه‌گیری شد. سپس این دانه‌رست‌ها یک شب تا صبح در آون ۹۰℃ خشک شده و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. شاخص‌های توان دانه‌رست‌ها بر اساس فرمول‌های ۳ و ۴ محاسبه شد [۱۸]:

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

(۳) (ریشه+ اندام هوایی) طول دانه رست × درصد جوانه‌زنی = شاخص توان ۱

(٤) (ریشه+ اندام هوایی) وزن خشک دانه رست × درصد جوانه‌زنی = شاخص توان ۲

هدایت الکتریکی پوست دانه و غشای دانه‌رست

برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی آب نشت شده از دانه‌ها ٤ تکرار ۲۵ تایی از هر تیمار در ۲۵ میلی‌لیتر آب دیونیزه به مدت ۲٤ ساعت خیسانده شد. سپس هدایت الکتریکی آب نشت شده از دانه‌ها در دمای اتاق [۱٦] با استفاده از ECمتر دیجیتالی سارتوریوس[۱] اندازه‌گیری شد. هدایت الکتریکی غشای ریشهٔ دانه‌رست‌های گندم تر و خشک نیز اندازه‌گیری شد [۱۹].

آنالیزهای آماری

داده‌ها با روش آنوا[۲] در برنامهٔ آماری SPSS ۱۶/۰تحلیل شد و برحسب میانگین ± انحراف استاندارد (SD) بیان گردید. معنی‌دار بودن تفاوت بین تیمارها با استفاده از آزمون LSD در سطح $p\leq$۰/۰۵ ارزیابی شد.

نتایج

میزان آب‌گیری بذرها

میزان جذب آب توسط بذرهای خشک گندم تیمار شده با EMF و SMF در فواصل زمانی ٤۰، ۸۰، ۱۲۰ دقیقه و ۱۲ ساعت، در مقایسه با بذرهای شاهد هیچ تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۱). تیمار بذرهای خیسانده شده با EMF و SMF نیز تأثیر معنی‌داری بر میزان آب‌گیری آن‌ها نداشت (جدول ۱).

جدول ۱. تأثیر تیمارهای EMF و SMF بر میزان آب‌گیری دانه‌های گندم

		Water uptake (%)			
Dry seeds	Soaking time	40 min	80 min	120 min	12 h
	Ctrl	0.41 ± 0.02[a]	0.55 ± 0.01[a]	0.68 ± 0.01[a]	1.61 ± 0.01[a]
	EMF	0.41 ± 0.02[a]	0.55 ± 0.02 [a]	0.69 ± 0.03[a]	1.61 ± 0.08[a]
	SMF	0.43 ± 0.0[a]	0.55 ± 0.01[a]	0.69 ± 0.02[a]	1.63 ± 0.02[a]
Imbibed seeds	Soaking time	40 min	80 min	120 min	5h
	Ctrl	0.09 ± 0.02[a]	0.17 ± 0.01[a]	0.23 ± 0.0[a]	0.35 ± 0.01[b]
	EMF	0.07 ± 0.01[a]	0.15 ± 0.0 [a]	0.21 ± 0.01[a]	0.28 ± 0.01[a]
	SMF	0.11 ± 0.01[a]	0.16 ± 0.01[a]	0.22 ± 0.02[a]	0.32 ± 0.01[b]

داده‌ها گویای میانگین ± SD چهار آزمایش مستقل هر کدام با ۱۰۰ دانه‌اند. در هر ستون، حروف یک‌سان نشان‌دهندهٔ نبود تفاوت معنی‌دار در حد $p\leq$۰/۰۵ بر اساس آزمون LSD است

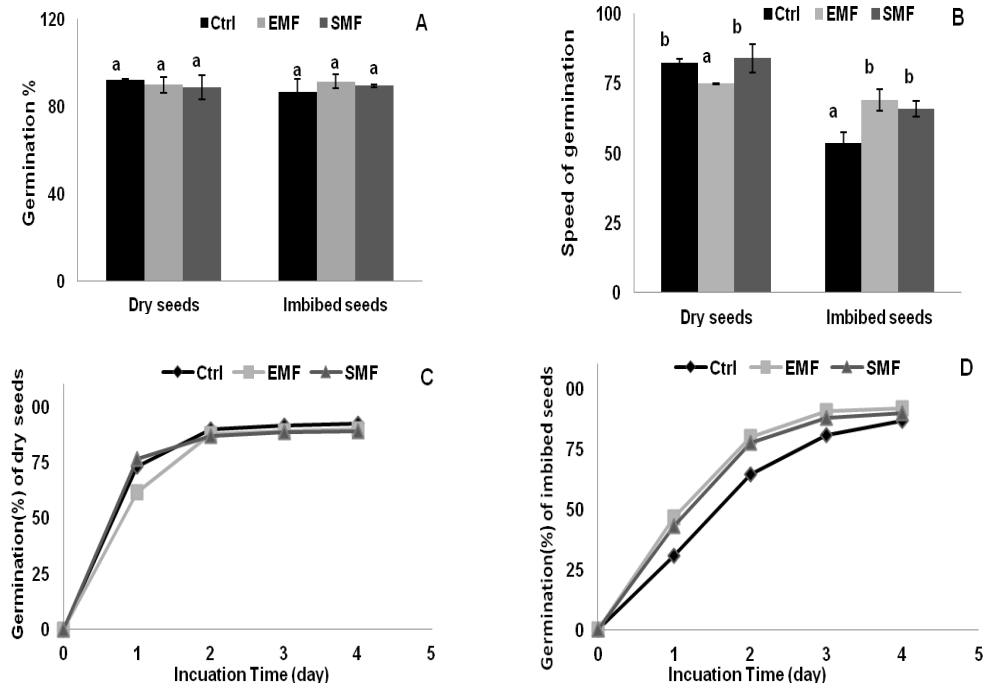
جوانه‌زنی و رشد اولیه بذرها

تیمار با SMF وEMF تأثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی بذرهای خشک و خیسانده شده، در مقایسه با گروه‌های شاهد نداشت (شکل ۳ A). سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی تجمعی بذرهای خیسانده شده تحت تأثیر SMF و EMF افزایش معنی‌داری در مقایسه با شاهد نشان داد (شکل ۳ B, D). در مورد بذرهای

۱. Sartorius, model PT-20/C1.0, Germany ۲. ANOVA

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

خشک، تیمارSMF تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های یاد شده نداشت درحالی که تیمار EMF این مقادیر را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (شکل ۳ B,C).



شکل ۳. جوانه‌زنی بذرهای گندم در تیمار با EMF و SMF ، A) درصد جوانه‌زنی، B) سرعت جوانه‌زنی، C) درصد جوانه‌زنی تجمعی در بذرهای خشک، D) درصد جوانه‌زنی تجمعی در بذرهای خیسانده شده. داده‌ها نشان‌گر میانگین ± SD حداقل سه تکرار مستقل، هر کدام حداقل با ۱۰۰ نمونه است

حروف مختلف نشان‌دهندهٔ تفاوت معنی‌دار در حد $p \leq ۰/۰۵$ بر اساس آزمون LSD است

در بذرهای خشک، تیمار EMF هیچ تأثیر مثبتی بر پارامترهای رشدی ریشه و اندام هوایی دانه‌رست‌ها، در مقایسه با بذرهای شاهد نداشت (جدول ۲). در همین بذرها، تیمار SMF به‌غیر از افزایش معنی‌دار طول ریشه و اندام هوایی بر سایر پارامترهای ذکر شده تأثیری نداشت (جدول ۲). در بذرهای تر تیمارEMF تنها بر وزن تر و خشک ریشه تأثیرمثبت نشان داد. در همین بذرها تیمار SMF تنها بر وزن خشک ریشه تأثیر افزایشی داشت ولی بر بقیه پارامترهای رشدی تأثیری نداشت (جدول ۲).

در بذرهای خشک تیمار با هر دو میدان مغناطیسی تأثیری بر شاخص توان ۱ نداشت اما سبب کاهش معنی‌دار شاخص توان ۲ شد (شکل A-B ۴). در بذرهای تر، هر دو میدان مغناطیسی SMF و EMF سبب افزایش معنی‌دار شاخص توان ۲ شد ولی بر شاخص توان ۱ تأثیر فزاینده‌ای نداشتند (شکل A-B ۴).

هدایت الکتریکی پوست دانه و غشای دانه‌رست

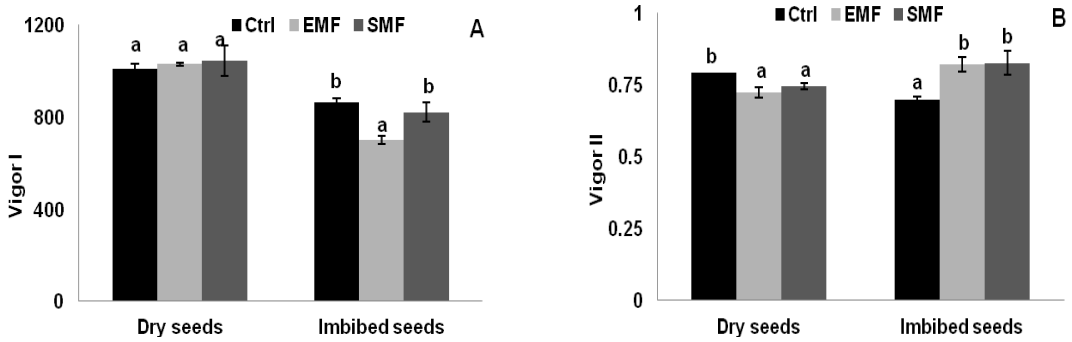
هدایت الکتریکی مواد نشت یافته از پوست دانه و غشای دانه‌رست‌های گندم در هر دو گروه دانه‌های تر و خشک، تحت تأثیر میدان‌های مغناطیسی به‌کار رفته کاهش داشت (شکلA-B۵) ، که نشان‌دهندهٔ حفظ تمامیت غشا و بهبود عمل‌کرد آن در این تیمارهاست.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

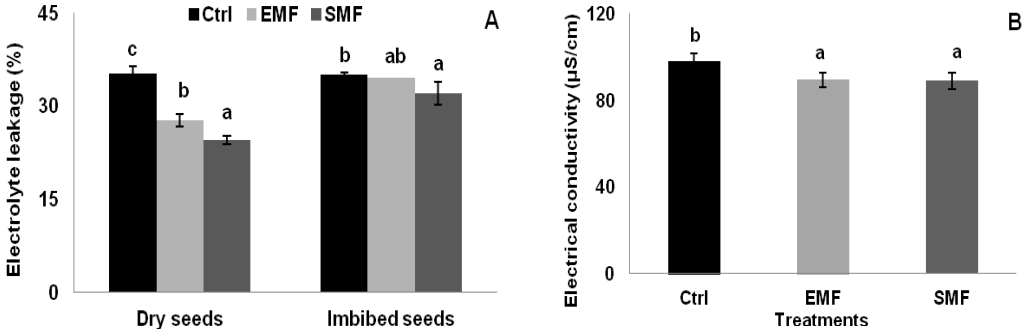
جدول ۲. پارامترهای رشد دانه‌رست‌های چهار روزه حاصل از بذرهای گندم پیش تیمار شده با میدان مغناطیسی

Treatment	Root L(cm)	Shoot L(cm)	AI	Root FW(mg)	Shoot FW(mg)	Root DW(mg)	Shoot DW(mg)	Seedling FW/ DW
			Dry seeds					
Ctrl	7.46±0.18^{a}	3.46±0.05^{a}	0.47±0.01^{a}	42.0±1.4^{a}	44.5±0.7^{b}	4.2±0.0^{a}	4.4±0.0^{a}	10.36±0.23^{a}
EMF	7.56±0.16^{a}	3.68±0.01^{a}	0.49±0.10^{a}	41.5±0.7^{a}	45.0±0.0^{b}	3.9±0.0^{a}	4.1±0.0^{a}	10.51±0.46^{a}
SMF	8.39±0.09^{b}	4.22±0.16^{b}	0.48±0.02^{a}	43.5±0.7^{a}	40.0±1.0^{a}	3.8±0.0^{a}	4.0±0.0^{a}	10.29±0.14^{a}
			Imbibed Seeds					
Ctrl	6.38±0.34^{b}	3.56±0.34^{b}	0.5±0.0^{a}	37±1^{a}	41±2^{a}	4.0±0.2^{a}	4.0±0.2^{a}	10.0±0.2^{ab}
EMF	4.96±0.22^{a}	2.67±0.31^{a}	0.5±0.0^{a}	52±0^{b}	43±2^{a}	4.6±0.3^{b}	4.3±0.2^{a}	10.2±0.6^{b}
SMF	5.81±0.53^{ab}	3.35±0.0^{ab}	0.6±0.0^{a}	40±2^{a}	44±2^{a}	4.6±0.3^{b}	4.5±0.2^{a}	9.2±0.4^{a}

داده‌ها گویای میانگین ± SD چهار آزمایش مستقل هر کدام حداقل با ۱۰ دانه‌رست هستند. در هر ستون، حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در حد $p \leq ۰/۰۵$ بر اساس آزمون LSD است.



شکل ۴. شاخص توان بذرهای گندم در تیمار با EMF و SMF، A) شاخص توان ۱، B) شاخص توان ۲ داده‌ها نشان‌گر میانگین±SD حداقل سه تکرار مستقل است حروف مختلف نشان‌دهندهٔ تفاوت معنی‌دار در حد $p \leq ۰/۰۵$ بر اساس آزمون LSD است



شکل ۵. تأثیر EMF و SMF بر نشت الکترولیت‌ها در گیاه گندم، A) از خلال غشای سلول‌های ریشه در دانه‌رست‌های چهار روزه، B) از خلال پوست دانه

داده‌ها نشان‌گر میانگین ± SD حداقل پنج تکرار مستقل است. حروف مختلف نشان‌دهندهٔ تفاوت معنی‌دار در حد $p \leq ۰/۰۵$ بر اساس آزمون LSD است

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

بحث و نتیجه‌گیری

پیش‌تیمار دانه‌ها با تیمارهای فیزیکی و شیمیایی به‌عنوان راهی برای بهبود ویژگی‌های دانه معرفی شده است [۲۰]، [۲۱]. میدان‌های مغناطیسی یکی از این عوامل فیزیکی هستند که می‌توانند بر عمل‌کرد بسیاری از سلول‌ها تأثیر بگذارند؛ با وجود این سازوکار دقیق عمل آن‌ها هنوز مشخص نشده است [۱۰]. اثرات مهاری یا تحریکی میدان‌های مغناطیسی بر رشد بافت‌ها به‌عوامل گوناگونی نظیر گونه و اندام گیاهی، فرکانس و نوع میدان، شکل موج میدان و مدت زمان تیمار بستگی دارد [۱]، [۲۲]، [۲۳]. مشاهده شده است که جوانه‌زنی دانه‌های نخود[۱]، عدس[۲] و کتان[۳] تحت تأثیر میدان مغناطیسی ضعیف (۱ نانوتسلا) قرار نمی‌گیرد [۲٤]. از طرفی برخی بررسی‌های انجام شده، تأثیر کاهندهٔ میدان مغناطیسی را بر رشد گیاهان نشان داده است. برای نمونه، رشد گیاهچه‌های *چغندر واریته ساکاریفرا*[۴] و نیز رشد گیاه ریحان[۵] تحت تأثیر میدان مغناطیسی کاهش یافت [۱]، [۲۵]، [۲٦]. تحقیق دیگری تأثیر میدان‌های ایستا را بر القای مرگ سلولی در سلول‌های جداکشت توتون نشان داده است [٦]. هم‌چنین در بسیاری از تحقیقات تأثیر کاهندهٔ میدان‌های مغناطیسی ضعیف با دامنه شدت ۱۰۰ نانوتسلا تا ۰/۵ میلی‌تسلا بر جوانه‌زنی دانه، رشد ریشه‌های اولیه دانه‌رست و تقسیم سلولی در مریستم‌های ریشه گیاهان مشاهده شده است [۲۳]، [۲۴]، [۲۷]. با این وجود، برخی تحقیقات، اثرات مثبت میدان مغناطیسی را درجوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بذرها گزارش کرده‌اند. افزایش ۱۱ درصدی سرعت جوانه‌زنی در پیش تیمار میدان مغناطیسی ۱۸۰ میل تسلا به‌مدت۱۰دقیقه و افزایش ۳٤ درصدی در پیش تیمار ۲٤۰ میلی‌تسلا به‌مدت ۲۰ دقیقه در بذرهای عدس گزارش شده است [۲۸]. افزایش رشد دانه‌رست‌ها در این گزارش‌ها به رشد و نمو بیش‌تر آوندهای چوب و آبکش و سلول‌های پارانشیم و تبادلات گازی آسان‌تر، تحت تأثیر تیمار میدان مغناطیسی نسبت داده شده است. محققان دیگری افزایش در سرعت طویل شدن گیاهچهٔ گندم تحت میدان مغناطیسی را مشاهده کردند [۲۹]، [۳۰]. در تحقیق حاضر تیمار با EMF وSMF بر درصد جوانه‌زنی بذرهای تر و خشک نسبت به بذرهای شاهد تأثیر معنی‌داری نداشت که این امرمی‌تواند به‌دلیل تغییر نکردن میزان آب‌گیری این بذرها در فواصل زمانی مختلف در مقایسه با بذرهای شاهد باشد. در گروه بذرهای گندم تر، تیمار میدان مغناطیسی باعث افزایش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی، وزن تر، وزن خشک و شاخص توان ۲ گردید، ولی در تیمار بذرهای خشک گندم با میدان مغناطیسی به‌غیر از طول دانه‌رست که بر آن اثر مثبت داشت، در بقیهٔ موارد اثرات افزایشی مشاهده نشد. کاهش نشت الکترولیت‌ها از خلال پوست دانه‌ها وغشای ریشهٔ دانه‌رست‌های گندم نسبت به نمونه‌های شاهد در تیمار با EMF وSMF به‌دلیل افزایش تمامیت غشا و بهبود ویژگی‌های آن است. در تیمار با میدان مغناطیسی یک توصیف ممکن برای اثرات متعدد میدان مغناطیسی بر موجودات زنده، تنش اکسیداتیو ناشی از افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) است. تنش اکسیداتیو می‌تواند

۱. *Pisum sativum* L. ۲. *Lens culinaris* L. ۳. *Linum usitatissimum* L.
۴. *Beta vulgaris* var. saccarifera ۵. *Ocimum bacilicum*

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

ساختار غشا، رشد سلولی و حتی مرگ سلولی را تحت تأثیر قرار دهد [۱۰]. این نتایج پیشنهاد می‌کند که اثرات تحریکی میدان بر رشد دانه‌های گندم احتمالاً به‌دلیل افزایش میزان یا فعالیت آنزیم‌های دخیل در جوانه‌زنی بذرها مانند آلفا آمیلاز، بتا آمیلاز، پروتئاز، دهیدروژناز و یا آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان است. پژوهش‌ها حاکی از آن است که برخی ویژگی‌های فیزیکی آب در حضور میدان مغناطیسی تغییر می‌کند. آب مغناطیسی شده به‌علت کشش سطحی کم‌تر، حلالیت زیادی دارد و درنتیجه قدرت جذب عناصر تغذیه‌ای به‌وسیلهٔ گیاهان آبیاری شده با آب مغناطیسی افزایش می‌یابد [۳۱]. در تحقیق حاضر نیز اثرات میدان بر بذرهای تر گندم بسیار بهتر از بذرهای خشک است وهمچنین SMF نسبت به EMF اثرات بهتری بر جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست‌ها داشته است؛از همین رو، سبب پیشنهاد می‌شود برای افزایش رشد و جوانه‌زنی محصولات زراعی مانند گندم، تیماردهی با میدان‌های مذکور به‌صورت خیسانده شده انجام شود ولی اگر افزایش طول در یک محصول مدنظر باشد می‌توان بذرهای آن را به‌صورت خشک تحت تیمار میدان مغناطیسی ایستا قرار داد.

منابع

1. N. A. Belyavskaya, "Advances in Space Res", 34 (2004) 1566-1574.
2. A. Pazur, V. Rassadina, "BMC Plant Biol.", 9 (2009) 47-52.
3. F. S. Barnes, B. Greenbaum, "Bioengineering and biophysical aspects of electromagnetic fields", 3rd edition (2006).
4. A. R. Liboff, B. R. McLeod, S. D. Smith, "Ion Cyclotron Resonance Effects of ELF Fields in Biological Systems, Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields: The Question of Cancer", Columbus, OH: Batelle Press, (1989) 251-289.
5. A. Aladjadjiyan, J Cent Europ Agric, 8 (2007) 369-380.
6. P. Abdolmaleki, F. Ghanati, H. Sahebjamei, A. Sabet Sarvestani, "Environmentalist", 27 (2007) 435-440.
7. H. Sahebjamei, P. Abdolmaleki, F. Ghanati, "Bioelectromagnetics", 28 (2007) 42- 47.
8. A. Aladjadjiyan. J Cent Eur Agric. 3 (2002) 89-94.
9. M. Florez, M.V. Carbonell, E. Martinez, "Environ Exp Bot.", 59 (2007) 68-75.
10. A. Hajnorouzi, M. Vaezzadeh, F. Ghanati, H. Jamnezhad, B. Nahidian, "J Plant Physiol", 168 (2011) 1123-1128.
11. U. J. Pittman, "Can J Plant", Sci. 45 (1965) 549-554.
12. D. Bhatnagar, A. R. Dev, Seed Res 5 (1977) 129-137.
13. D. Bhatnagar, A. R. Dev, Seed Res. 6 (1978) 14-22.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

14. F. Abdollahi, V. Niknam, F. Ghanati, F. Masroor, S. Nasr Noorbakhsh, Accepted 19 December (2011) in press.

15. M. B. Shine, K. N. Guruprasad, A. Anan, "Bioelectromagnetics" 32 (2011) 474-484.

16. "International Seed Testing Association (ISTA)", International rules for seed testing, Seed Sci Technol, 13 (1985) 299-513.

17. J. D. Maguire, Crop Sci. 2 (1962) 176-177.

18. A. A. Abdul-Baki, J. D. Anderson, Crop Sci.10 (1973) 31-34.

19. M. Safari, F. Ghanati, A. Hajnorouzi, A. Rezaei, P. Abdolmaleki, M. Mokhtari-Dizaji, Biotechnol Lett. (2012), DOI 10.1007/s10529-012-0865-z.

20. C. A. Parera, D. J. Cantiliffe, Hortic Rev. 16 (1994) 109-141.

21. W. G. Pill, "Low water potential and pre-sowing germination treatment to improve seed quality", In: Basra AS, editor, Seed Quality: Basic Mechanisms and Agricultural Implication. New York: Food Products Press (Imprint of Haworth Press), (1995) 319-360.

22. A. F. Hassan Selim, M. F. El-Nady, "Acta Astronautica", 69 (2011) 387-396.

23. R. Kato, H. Kamada, M. Asashma, "Cell Physiol", 30 (1989) 605-608.

24. R. D. Govoroon, V. I. Danilov, V. M. Fomicheva, N. A. Belyavskaya, S.Yu. Zinchenko, "Biofizika", 37 (1992) 738-743.

25. F. Ghanati, P. Abdolmaleki, M. Vaezzadeh, E. Rajabbeigi, M. Yazdani, "Environmentalist", 27 (2007) 429-434.

26. K. M. Sytnik, E. L. Kordym, E. M. Nedukha, P. G. Sidorenko, V. M. Fomicheva, "Plant cell under alterations in geophysical factors", Naukova Dumka, Kiev (1984).

27. E. R. Nanushyan, V. V. Murashov, "Plant meristem cell response to stress factors of the geomagnetic field (GMF) fluctuations", In: Plant under Environmental Stress, Publishing House of Peoples-Friendship University of Russia, Moscow, (2001) 204-205.

28. A. Majd, A. Shabrangi, "Effect of seed pretreatment by magnetic fields on seed germination and ontogeny growth of agricultural plants", Progress In Electromagnetics Research Symposium, Beijing, China, March (2009) 23-27.

29. M. Florez, M. V. Carbonell, E. Martines, "J Environ Experiment Bot.", 6 (2005) 1-13.

30. E. Martinez, M. V. Carbonell, M. Florez, "Electromagnetic Biol Med", 21 (2002)43-53.

۳۱. ناهیدیان، قناتی، حاج نوروزی، واعظزاده، جعفرزاده، *بررسی طیف FT-IR و Raman آب در حضور میدان مغناطیسی*، نخستین همایش سراسری بیوالکترومغناطیس، دانشگاه علوم پزشکی قزوین (۲۰۱۲).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]