

فرا تحلیل عوامل فزاینده و کاهشده عملکرد دانه ارزن

(بر پایه مطالعات داخلی بین سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۹)

- مسعود ترابی^{۱*}، ویدا قطبی^۲، علی ماهرخ^۳، وحید رهجو^۴، محمد زمانیان^۵، فرید گل زردی^۶، فرهاد عزیزی^۷ و سید محمدعلی مفیدیان^۸
- ۱- استادیار بخش علوم زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.
- ۲- استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
- ۳- دانشیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

* نویسنده مسئول: masoud.agro.ir@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۱۱

ترابی، م.، قطبی، و.، ماهرخ، ع.، رهجو، و.، زمانیان، م.، گل زردی، ف.، عزیزی، ف. و مفیدیان، م.ع. ۱۴۰۱. فرا تحلیل عوامل فزاینده و کاهشده عملکرد دانه ارزن (بر پایه مطالعات داخلی بین سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۹). مجله ترویجی علوفه و خوراک دام. ۳(۲): ۱۴-۲۷.

چکیده

با استفاده از روش فراتحلیل (متاآنالیز)، اثرات کمی ناشی از عوامل موثر بر عملکرد ارزن دانه‌ای با استفاده از نتایج ۳۶ مطالعه انجام شده در بازه زمانی سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۹ در ایران، تجزیه و تحلیل شد. عوامل زراعی و محیطی مورد مطالعه در این بررسی شامل تاریخ کاشت، تنش خشکی، محلول‌پاشی با عناصر غذایی، استفاده از مواد کاهشده تبخیر در شرایط تنش خشکی، کود نیتروژن، کود فسفر و چگونگی استفاده از کود پتاسه بودند. نتایج حاصل از بررسی تاثیر عوامل محدودکننده و فزاینده مورد مطالعه بر عملکرد دانه ارزن نشان داد که تاریخ کاشت به میزان ۱۰/۹۷٪، تنش خشکی به میزان ۵۱/۱۲٪، محلول‌پاشی عناصر غذایی به میزان ۱۷/۰۵٪، کاربرد کاهشده‌های تبخیر و تعرق به میزان ۱۰/۲۰٪، کود نیتروژن به میزان ۶۶/۱۶٪، کود فسفر به میزان ۴۴/۱۲٪ و چگونگی کاربرد کود پتاسه به میزان ۷/۶۱٪ عملکرد دانه ارزن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. همچنین بر پایه نتایج حاصل از این تحقیق، مواردی چون: تاریخ کاشت بعد از تیر تا اواسط مرداد، شرایط بدون تنش تا تنش متوسط خشکی، محلول‌پاشی با عناصر مغذی، استفاده از کاهشده‌های تبخیر و تعرق در شرایط تنش خشکی، مصرف کود اوره تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، مصرف ۱۰۰ کیلوگرم فسفر و مصرف برگی کود پتاسه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ارزن دانه‌ای، عملکرد، فراتحلیل

بیان مسئله

هرسال پژوهش‌های کاربردی زیادی در زمینه هریک از عوامل تاثیرگذار بر عملکرد محصولات زراعی از جمله ارزن دانه‌ای انجام می‌شود، با این حال چون هر کدام از این پژوهش‌ها در شرایط اقلیمی مختلف، با مدیریت متفاوت، اختلافات سالانه آب‌وهوا و همچنین خطاهای انسانی روبه‌رو است، نتایج حاصل از آنها دارای تفاوت‌های نسبی و حتی گاهی متناقض می‌باشد؛ به طوری که گرفتن یک نتیجه فراگیر برای پژوهشگران و کاربران مشکل می‌باشد. در این راستا، با استفاده از روش فراتحلیل یا متاآنالیز، نتایج به دست آمده از پژوهش‌های کاربردی گوناگون، مورد تجزیه و تحلیل جامع آماری قرار گرفت و از عوامل موثر بر تولید، وزن کمی گرفته شد که از مجموع نتایج متفاوت و حتی متناقض به دست آمده طی سال‌های متممادی، می‌توان به یک نتیجه قابل اعتماد دست یافت (۱۱، ۶ و ۱۵).

پژوهشگران اهمیت استفاده از روش فراتحلیل در مطالعات کشاورزی را مورد نقد و بررسی قرار داده و نشان دادند که استفاده از این روش که بر اساس استفاده از قدرت آمار استنباطی، به جمع‌بندی و جهت‌گیری علمی نتایج مختلف و متفاوت می‌پردازد، در بین پژوهشگران حوزه کشاورزی، به خصوص رشته زراعت، روند فزاینده‌ای داشته و میزان محبوبیت آن در حال افزایش است. این گروه از پژوهشگران بیان داشتند که طی روند استفاده از روش فراتحلیل، روش و چگونگی جمع‌آوری مقالات و داده‌های علمی باید به طور انتقادی و دقیق مورد توجه قرار گیرد و از نتایج به دست آمده از بررسی‌های فراتحلیلی در سیاست‌گذاری‌های بخش کشاورزی استفاده شود (۱۱ و ۱۳).

خلیلی‌ا قدم و همکاران (۴) طی یک بررسی فراتحلیلی برخی عوامل موثر بر عملکرد گندم را در کشور مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. آنها در این بررسی فراتحلیلی از ۲۸۴ مطالعه در خصوص عواملی چون چگونگی عملیات خاک‌ورزی، سطح کود نیتروژن، تنش شوری و پرایمینگ-های مختلف بذری استفاده کردند. نتایج این متاآنالیز نشان داد که در تاثیر عملیات خاک‌ورزی، عملیات خاک‌ورزی ثانویه نسبت به خاک‌ورزی رایج در اراضی دیم و آبی باعث افت عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت می‌شود؛ همچنین بهترین سطح مصرف کود نیتروژن به منظور دستیابی به حداکثر عملکرد در واحد سطح بین ۱۲۵ تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار است (۴).

در بررسی فراتحلیل اثر پرایمینگ بذر بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و عملکرد گیاهان زراعی با استفاده از فراتحلیل مشاهده شد که پرایمینگ بذر باعث افزایش عملکرد محصول، درصد ظهور گیاهچه (سبز شدن)، سرعت جوانه‌زنی، سرعت ظهور گیاهچه و درصد جوانه‌زنی بذر به ترتیب به میزان ۲۸٪، ۱۹٪، ۱۷٪، ۱۵٪ و ۴٪ شد (۵). در یک مطالعه فراتحلیل تاثیر افزایش دی‌اکسید کربن ناشی از تغییر اقلیم بر عملکرد و کارایی مصرف آب گیاهان زراعی گندم و ذرت با استفاده از روش متاآنالیز مطالعه شد و نتایج نشان داد که با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن اتمسفری، عملکرد گندم ۵٪، عملکرد ذرت ۱٪، شاخص برداشت گندم ۱٪، شاخص برداشت ذرت ۷٪، کارایی مصرف آب گندم ۵٪ و کارایی مصرف آب ذرت ۲٪ افزایش یافته است. به طور کلی نتایج نشان داد که با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن ناشی از تغییرات اقلیمی، عملکرد، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت گیاهان زراعی گندم و ذرت افزایش می‌یابد؛ این در حالی است که تحت تاثیر افزایش سالانه دی‌اکسید کربن، نرخ افزایش

کشاورزان شده است. سود حاصل از محصولات تراریخته در کشورهای در حال توسعه بیشتر از کشورهای پیشرفته است، به طوری که این نتایج در افزایش اعتماد جهانی به محصولات تراریخته تأثیرگذار خواهد بود (۱۲).

تعداد مقالات حاصل از متاآنالیز عوامل موثر بر عملکرد محصولات زراعی اندک است؛ این در حالی است که با استفاده از این روش می توان بسیاری از مطالعات انجام شده بر روی مولفه های مدیریتی و عوامل موثر بر تولید، شامل تاریخ کاشت، تراکم بوته، تنش های محیطی، کودهای شیمیایی و آلی و غیره که در مطالعات جداگانه مورد آزمایش قرار گرفته اند را در یک فراتحلیل جامع مورد تجزیه و تحلیل قرار داد و تأثیر کمی آن بر روی میزان عملکرد محصولات زراعی را تعیین کرد (۱۴، ۱۶). هدف این پژوهش، فراتحلیل عوامل کاهنده و افزایش دهنده موثر بر عملکرد ارزن دانه ای در سطح کشور است. این فراتحلیل با استفاده از نتایج پژوهش های علمی در بازه زمانی سال های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۹ انجام شده است.

معرفی دستاوردها

به منظور بررسی اثرات کمی عوامل موثر بر میزان عملکرد ارزن دانه ای با استفاده از روش متاآنالیز، نتایج ۳۶ مطالعه انجام شده در طول یک دهه اخیر در ایران، استفاده شد (جدول ۱). عوامل زراعی و محیطی مورد مطالعه در این بررسی شامل تاریخ کاشت، تنش خشکی، محلول پاشی با عناصر غذایی، استفاده از مواد کاهنده تبخیر، مقدار کود نیتروژن، مقدار کود فسفر و چگونگی کاربرد کود پتاسه بودند.

عملکرد در محصولات زراعی گیاهان زراعی C₄ بیشتر از گیاهان C₃ بوده است (۱). کوچکی و همکاران (۸) به منظور تحلیل تأثیر مصرف کودهای نیتروژنه بر روی عملکرد غلات شامل گندم، ذرت و برنج به دلیل تفاوت های نتایج منتشر شده در مقالات علمی، طی یک بررسی فراتحلیلی ۴۶ مطالعه پژوهشی را مورد متاآنالیز قرار دادند. آنها گزارش کردند که اگرچه مصرف کود نیتروژن میانگین تولید دانه در گندم، ذرت و برنج را نسبت به شاهد به ترتیب به میزان ۲۴۷۷، ۶۶۹۹ و ۱۵۰۹ کیلوگرم در هکتار افزایش می دهد، ولی برای حصول حداکثر عملکرد دانه برای گندم ۱۰۰-۷۵ کیلوگرم در-هکتار، برای ذرت ۱۰۰-۵۰ کیلوگرم در هکتار و برای برنج ۹۰-۷۵ کیلوگرم در هکتار، نیتروژن خالص کافی است. بر اساس نتایج فراتحلیل انجام شده، میزان مصرف کود نیتروژن در سطح کشور بیشتر از میانگین جهانی است؛ به طوری که قسمت عمده کود نیتروژن مصرفی، تأثیری در افزایش عملکرد نداشته و به صورت تصعید یا آبشویی از دسترس خارج می شود (۸).

در مطالعه دیگر، با استفاده از روش فراتحلیل، اثرات زراعی و اقتصادی محصولات تراریخته (GMO) بر نظام کشاورزی جهان مورد مطالعه قرار گرفت. محققان پس از متاآنالیز حدود ۱۴۷ مطالعه علمی، به این نتیجه رسیدند که به طور متوسط، استفاده از فناوری تراریخته باعث کاهش ۳۷٪ استفاده از سموم دفع آفات شیمیایی، ۲۲٪ افزایش عملکرد محصولات و ۶۸٪ افزایش سود

نتایج حاصل از فراتحلیل تاثیر عوامل محدودکننده و فزاینده مورد مطالعه بر عملکرد دانه ارزن نشان داد که عواملی چون تاریخ کاشت به میزان ۱۰/۹۷٪- به صورت منفی و غیرمعنی دار، تنش خشکی به میزان ۵۱/۱۲٪- به صورت منفی و معنی دار، محلول پاشی عناصر غذایی به میزان ۱۷/۰۵٪ و به صورت مثبت و معنی دار، کاربرد کاهنده های تبخیر و تعرق به میزان ۱۰/۲۰٪ به صورت مثبت و معنی دار، کاربرد کود نیتروژن به میزان ۶۶/۱۶٪- به صورت منفی و معنی دار، کاربرد کود فسفر به میزان ۴۴/۱۲٪ به صورت مثبت و معنی دار و چگونگی کاربرد کود پتاسه به میزان ۷/۶۱٪ به صورت مثبت و معنی دار بر روی عملکرد دانه ارزن تاثیر داشته اند (جدول ۲).

جدول ۱. تعداد مطالعه ها و نوع تیمار بررسی شده در ارزن دانه ای در روش فراتحلیل

ردیف	تیمار	شاهد	تعداد مطالعه	مرجع
۱	تاریخ کاشت	اول تیرماه	۸	گزارش های نهایی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی / مقالات مستخرج از آنها و مطالعات دانشگاهی داخل کشور
۲	تنش خشکی	عدم تنش خشکی	۱۴	
۳	محلول پاشی با عناصر مغذی	عدم محلول پاشی (شاهد)	۵	
۴	استفاده از کاهنده تبخیر و تعرق	عدم استفاده (شاهد)	۳	
۵	مقدار کود نیتروژن	عدم مصرف کود نیتروژن	۲	
۶	مقدار کود فسفر	عدم مصرف کود فسفر	۲	
۷	چگونگی کاربرد کود پتاسه	عدم مصرف کود پتاسه	۲	

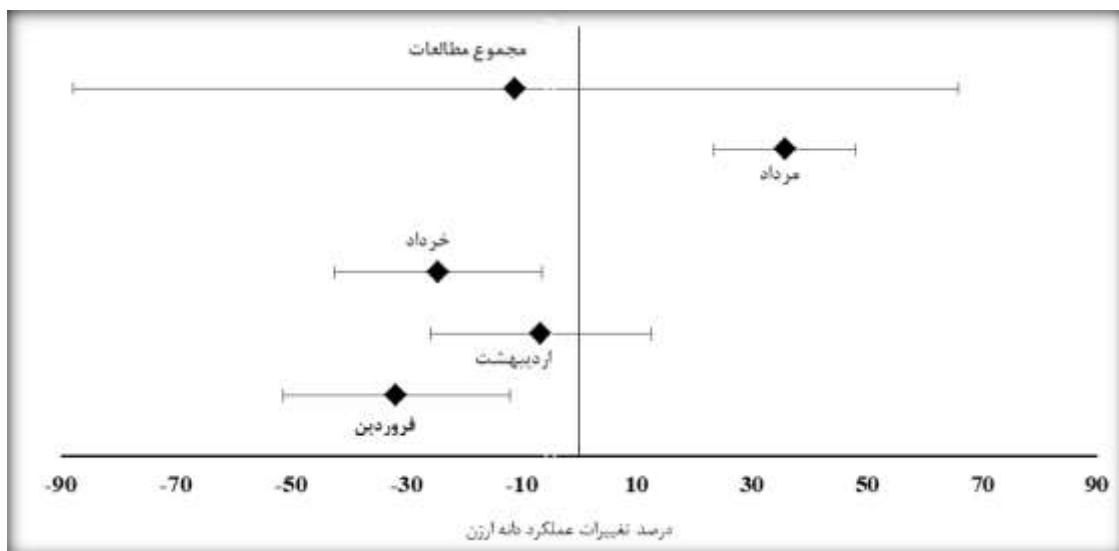
جدول ۲- درصد تغییرات کلی عملکرد دانه ارزن تحت تاثیر تیمارهای مطالعه شده

تیمار	درصد تغییرات عملکرد دانه ارزن	سطح احتمال [†]
تاریخ کاشت	-۱۰/۹۷	ns
تنش خشکی	-۵۱/۱۲	*
محلول پاشی با عناصر مغذی	+۱۷/۰۵	*
استفاده از کاهنده تبخیر و تعرق	+۱۰/۲۰	*
مقدار کود نیتروژن	+۶۶/۱۶	*
مقدار کود فسفر	+۴۴/۱۲	*
چگونگی کاربرد کود پتاسه	+۷/۶۱	*

تاریخ کاشت

بر اساس نتایج فراتحلیل ۸ مطالعه انجام شده در رابطه با تاثیر تاریخ‌های مختلف کاشت بر عملکرد دانه ارزن که همه آنها به جز یک مورد مربوط به اقلیم‌های معتدل، معتدل سرد و معتدل گرم بود، به طور کلی تاریخ کاشت، باعث تغییرات عملکرد دانه ارزن به میزان ۱۰/۹٪ می‌شود که به لحاظ آماری، این مقدار معنی‌دار نبود. بر اساس نتایج به دست آمده، به دلیل وجود سرمای دیررس در ماه‌های فروردین و اردیبهشت، کاشت دانه ارزن در این ماه‌ها نسبت به کاشت شاهد در تیرماه، موجب کاهش عملکرد آن شد. کاشت در ماه اردیبهشت نسبت به کاشت در تیرماه به طور غیرمعنی‌دار موجب کاهش عملکرد ارزن دانه‌ای به میزان ۶/۶٪ شد و نیز کاشت آن در فروردین ماه

به میزان ۳۱٪ به صورت کاملاً معنی‌دار کاهش عملکرد دانه را به همراه دارد (شکل ۱). کاشت در اواسط تیرماه تا مردادماه نسبت به کاشت در تیرماه، موجب افزایش عملکرد ارزن دانه‌ای شد؛ این زمان کشت نسبت با سایر زمان‌ها بهترین نتیجه را در پی داشت و موجب افزایش معنی‌دار عملکرد به میزان ۳۶٪ شد. (شکل ۱). دلیل اصلی کاهش عملکرد در ماه‌های فروردین و اردیبهشت را می‌توان سرمای دیررس در مناطق سرد و معتدل سرد دانست. نکته مهم اینکه، همه این نتایج به جز یک مطالعه، مربوط به مطالعات انجام شده در مناطق معتدل، معتدل سرد و معتدل گرم بود؛ در حالی که تاریخ کشت مناسب ارزن برای مناطق جنوبی کشور مثل سیستان و بلوچستان، جنوب استان کرمان و هرمزگان، اسفندماه است.



شکل ۱- درصد تغییرات عملکرد دانه ارزن تحت تاثیر تاریخ‌های مختلف کاشت در مقایسه با تاریخ کاشت تیرماه † میانگین‌هایی که فاصله اطمینان آنها محور عمودی را قطع کرده‌اند (صفر را در خود گنجانده‌اند)، معنی‌دار نمی‌باشند.

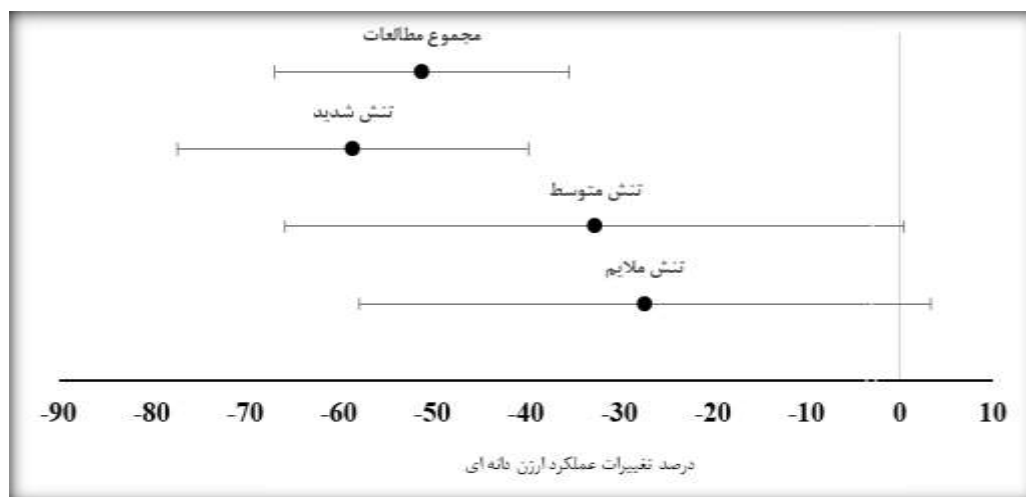
تنش خشکی

نتایج فراتحلیل مربوط به ۱۴ مورد مطالعه بررسی تنش خشکی و تأثیر آن بر عملکرد دانه ارزن، نشان داد که تنش خشکی نسبت به شرایط بدون تنش، باعث کاهش عملکرد دانه به طور معنی داری به میزان ۵۱/۱۱٪ می شود. اگرچه بر اساس تجزیه آماری فراتحلیل، تنش ملایم تأثیر معنی داری بر روی عملکرد نداشت ولی در مقایسه با شرایط بدون تنش، تنش ملایم به میزان ۲۷٪ موجب کاهش عملکرد دانه ارزن شد. نتایج آماری فراتحلیل نشان داد در شرایط تنش متوسط میزان کاهش عملکرد دانه نسبت به شرایط بدون تنش موجب کاهش عملکرد ۳۲ درصدی می شود (شکل ۲)؛ بنابراین نتایج نشان داد که اگرچه تفاوت معنی داری بین تنش ملایم، تنش متوسط و شرایط بدون تنش آب وجود ندارد، ولی در تنش خشکی شدید کاهش عملکرد نسبت به شرایط بدون تنش معنی دار بوده و موجب کاهش عملکرد دانه ارزن به میزان ۵۸٪ می شود (شکل ۲). از نتایج این بخش چنین استنباط می شود که به دلیل مقاومت به خشکی نسبتاً بالای ارزن، بین شرایط بدون تنش تا تنش ملایم و متوسط، تفاوت معنی دار آماری وجود ندارد. در راستای نتایج به دست آمده از این بخش، حیاتی و همکاران (۲) گزارش کردند که تفاوت عملکرد ارزن دانه ای بین دو شرایط آبیاری ۷ روزه با ۱۴ آبیاری روزه، تنها ۵۲ کیلوگرم در هکتار می باشد که این میزان حدود ۲٪ عملکرد دانه است؛ در حالی که وقتی دور آبیاری به ۲۱ روز افزایش یافت و تنش شدید اعمال گردید، میزان کاهش عملکرد به حدود ۲۰٪ افزایش یافت. خداینده لو و همکاران (۳) نیز گزارش کردند که میزان کاهش عملکرد ارزن دانه در شرایط تنش شدید نسبت به شرایط نرمال در حدود ۴۵٪ بوده است؛

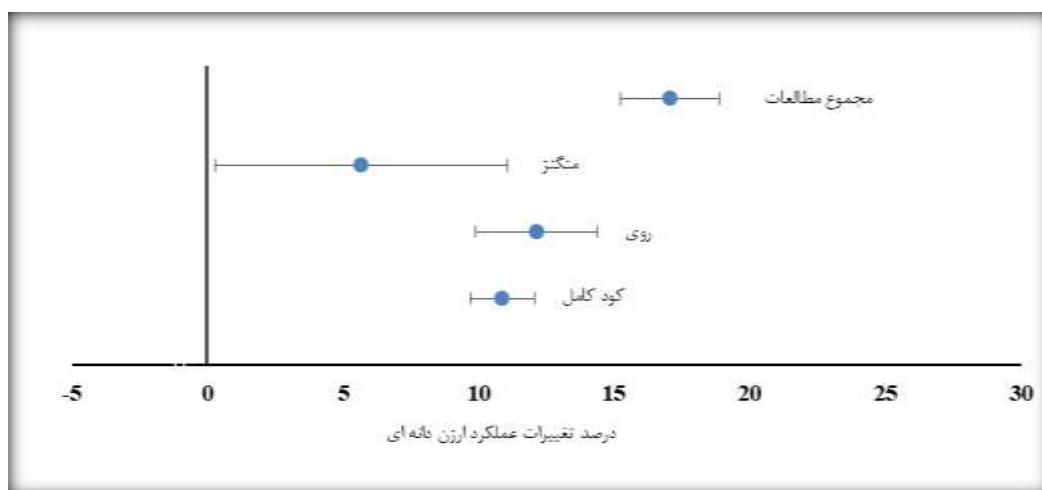
در حالی که عملکرد ارزن دانه ای در شرایط تنش ملایم نسبت به شرایط نرمال فقط ۲۵٪ کاهش داشته است.

محلول پاشی با عناصر مغذی

بر اساس نتایج فراتحلیل ۵ مورد مطالعه بررسی اثر محلول پاشی عناصر غذایی و تأثیر آن بر عملکرد دانه ارزن در مقایسه با عدم محلول پاشی، مشخص شد که محلول پاشی عناصر غذایی به طور معنی دار به میزان ۱۷٪ باعث تغییرات مثبت در عملکرد دانه ارزن می شود (شکل ۴). محلول پاشی با کود کامل (عناصر میکرو و ماکرو) در مقایسه با عدم محلول پاشی، به طور معنی داری موجب افزایش ۱۱٪ عملکرد دانه ارزن شد. محلول پاشی با عنصر روی در مقایسه با عدم محلول پاشی با این عنصر، به طور معنی داری افزایش ۱۲ درصدی در تولید دانه ارزن داشت. میزان تأثیر محلول پاشی با عنصر منگنز در افزایش دانه ارزن تنها ۵٪ معنی دار بود (شکل ۴). نتایج به دست آمده در زمینه استفاده از عناصر غذایی نشان می دهد که به طور کلی، محلول پاشی با عناصر مغذی، می تواند موجب افزایش عملکرد دانه ارزن شود. بالاترین میزان تأثیر، مربوط به محلول پاشی با عنصر روی بود چرا که بر اساس دانش فیزیولوژی گیاهی، کاربرد عنصر روی نه تنها در باروری گل ها و تلقیح بلکه در تبدیل قندها به نشاسته و افزایش حجم دانه تأثیر زیادی داشته است. گیدسکی و برادران (۹) و ندونگی مگیروی و همکاران (۱۵) گزارش کردند که محلول پاشی توام عناصر ریز مغذی نیز از طریق افزایش تعداد دانه در خوشه (۲۴٪ نسبت به تیمار بدون محلول پاشی) و افزایش تعداد خوشه در بوته (۱۵٪ نسبت به تیمار بدون محلول پاشی) سبب افزایش عملکرد دانه ارزن شده است.



شکل ۲- درصد تغییرات عملکرد دانه ارزن تحت تأثیر سطوح مختلف تنش‌های رطوبتی در مقایسه با شرایط بدون تنش † میانگین‌هایی که فاصله اطمینان آنها محور عمودی را قطع کرده‌اند (صفر را در خود گنجانده‌اند)، معنی‌دار نمی‌باشند.



شکل ۴- درصد تغییرات عملکرد دانه ارزن تحت تأثیر محلولپاشی عناصر غذایی در مقایسه با عدم محلول‌پاشی † میانگین‌هایی که فاصله اطمینان آنها محور عمودی را قطع کرده‌اند (صفر را در خود گنجانده‌اند)، معنی‌دار نمی‌باشند.

استفاده از کاهشده‌های تبخیر و تعرق

مصرف کود اوره به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم و بیشتر از آن، موجب افزایش ۵۸/۵ درصدی و مصرف کمتر از آن در هکتار در مقایسه با عدم مصرف این کود، موجب افزایش معنی‌دار ۲۷ درصدی در تولید دانه ارزن می‌شود (شکل ۶). شایان ذکر است که مصرف بیشتر از ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار به دلیل تحریک رشد رویشی ارزن، نه تنها عملکرد دانه را افزایش نخواهد داد، بلکه موجب شستشوی این کود و نفوذ آن در منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی خواهد شد. نکته دیگر اینکه تقسیط کود نیتروژن در سه مرحله کاشت، پنجه‌زنی و پُرشدن دانه، تاثیر بهتری بر عملکرد دانه ارزن خواهد گذاشت.

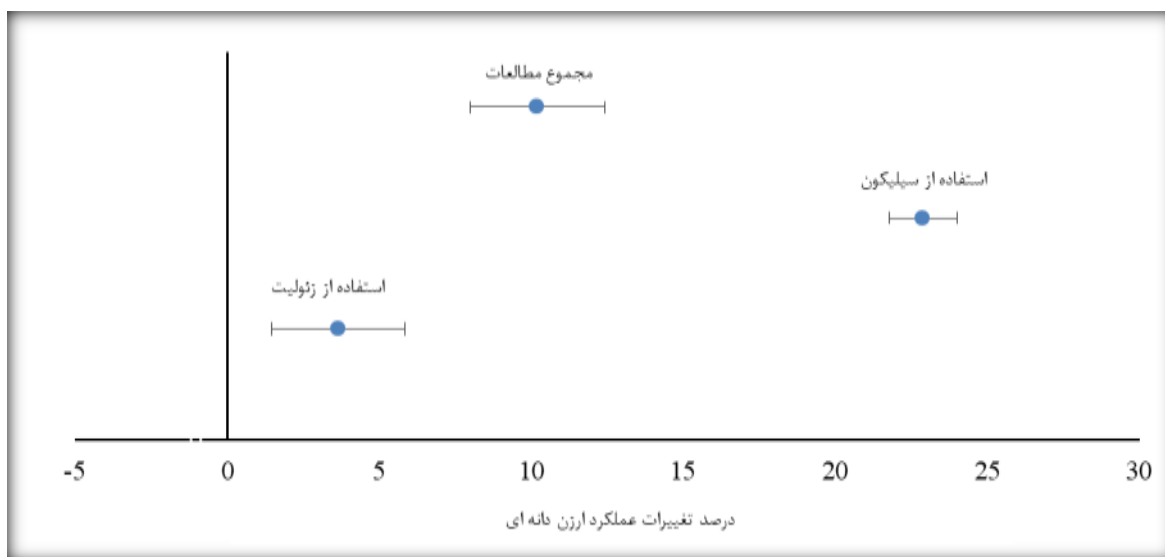
مقدار کود فسفره

بر اساس نتایج فراتحلیل مطالعات انجام شده در رابطه با مقدار مصرف کود فسفره و تاثیر آن بر عملکرد دانه ارزن مشخص شد که به‌طور کلی مصرف این کود در مقایسه با عدم استفاده از آن، باعث تغییرات عملکرد دانه به‌صورت معنی‌داری به میزان ۴٪ می‌شود (شکل ۷). این نتایج نشان داد که مصرف کمتر از ۱۰۰ کیلوگرم فسفر حدود ۴۰٪ و مصرف بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم آن، حدود ۴۷٪ بر میزان عملکرد ارزن دانه‌ای تاثیر مثبت و معنی‌دار داشته است؛ به‌طوری‌که به استناد نتایج، قسمت عمده نیاز ارزن دانه‌ای به کود فسفر در همان ۱۰۰ کیلوگرم اول تامین می‌شود و افزایش این کود تا میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار تنها هفت درصد به عملکرد دانه ارزن می‌افزاید (شکل ۷)، این نتایج با آزمایشی که گوان و همکاران (۱۳) انجام دادند نیز مطابقت دارد.

بر اساس نتایج فراتحلیل مطالعات انجام شده در رابطه با تاثیرات استفاده از مواد کاهشده تبخیر و تعرق بر عملکرد دانه ارزن در شرایط تنش خشکی، مشخص شد که این مواد در مقایسه با عدم استفاده از آنها، به‌طور معنی‌دار و در مجموع به میزان ۱۰٪ باعث تغییرات مثبت در عملکرد دانه ارزن می‌شود. این نتایج نشان داد که همه مواد کاهشده تبخیر و تعرق در شرایط خشکی دارای تاثیر مثبت و معنی‌دار بر عملکرد دانه ارزن دانه‌ای می‌باشند (شکل ۵). استفاده از ماده زئولیت در مقایسه با عدم استفاده در شرایط تنش خشکی، موجب تاثیر مثبت معنی‌دار ۳/۷ درصدی در عملکرد ارزن دانه‌ای شد. بیشترین تاثیر مثبت و معنی‌دار مربوط به سیلیکون بود؛ به‌طوری‌که استفاده از سیلیکون در شرایط تنش خشکی موجب افزایش ۲۳ درصدی بر روی عملکرد دانه ارزن شد (شکل ۵). در این مورد، خداینده‌لو و همکاران (۳) نشان دادند که در تنش شدید رطوبتی، استفاده از سیلیکون می‌تواند آثار این تنش را کاهش داده و عملکرد ارزن را حدود ۲۱٪ افزایش دهد. استفاده از سیلیکون به‌شکل محلول‌پاشی به‌اضافه مصرف سیلیکون همراه آب آبیاری، تاثیر بهتری در کاهش اثرات تنش و افزایش عملکرد دانه ارزن به همراه دارد.

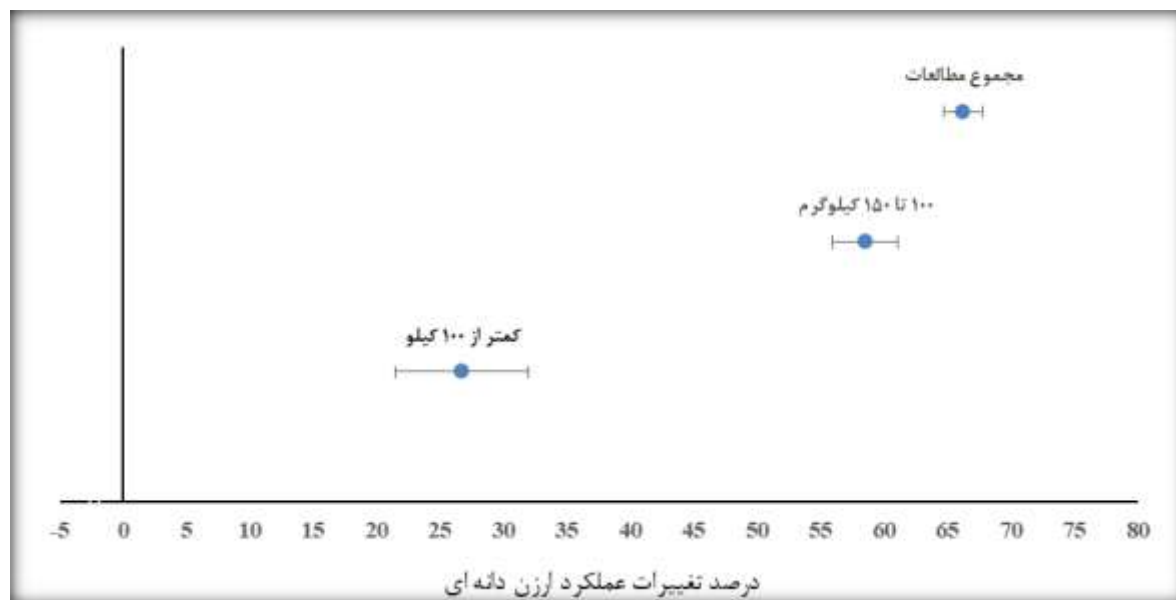
مقدار کود نیتروژن

بر اساس نتایج فراتحلیل بر روی مطالعات انجام شده در رابطه با مصرف کود اوره و تاثیر آن بر عملکرد دانه ارزن، مشخص شد که مصرف این کود در مقایسه با عدم استفاده از آن، باعث تغییرات عملکرد دانه به‌صورت معنی‌داری به میزان ۶۶٪ می‌شود. این نتایج نشان داد که



شکل ۵- درصد تغییرات عملکرد دانه ارزن تحت تأثیر استفاده از کاهنده‌های تبخیر و تعرق در مقایسه با عدم استفاده تحت تأثیر تنش رطوبتی

† میانگین‌هایی که فاصله اطمینان آنها محور عمودی را قطع کرده‌اند (صفر را در خود گنجانده‌اند)، معنی‌دار نمی‌باشند.



شکل ۶- درصد تغییرات عملکرد دانه ارزن تحت تأثیر مصرف کود اوره (کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با عدم مصرف کود

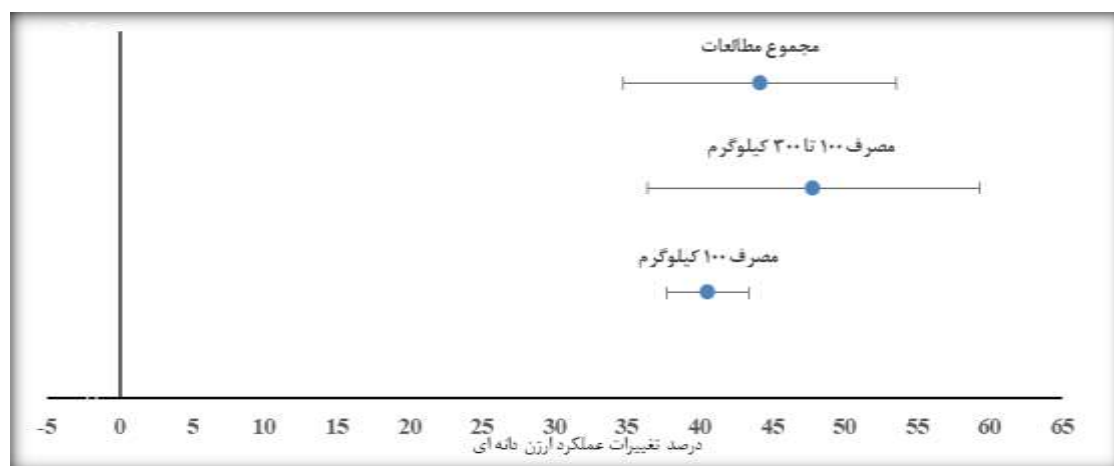
† میانگین‌هایی که فاصله اطمینان آنها محور عمودی را قطع کرده‌اند (صفر را در خود گنجانده‌اند)، معنی‌دار نمی‌باشند.

کیلوگرم در هکتار، میزان عملکرد دانه به ۳۶۰۰ کیلوگرم در- هکتار کاهش پیدا کرد.

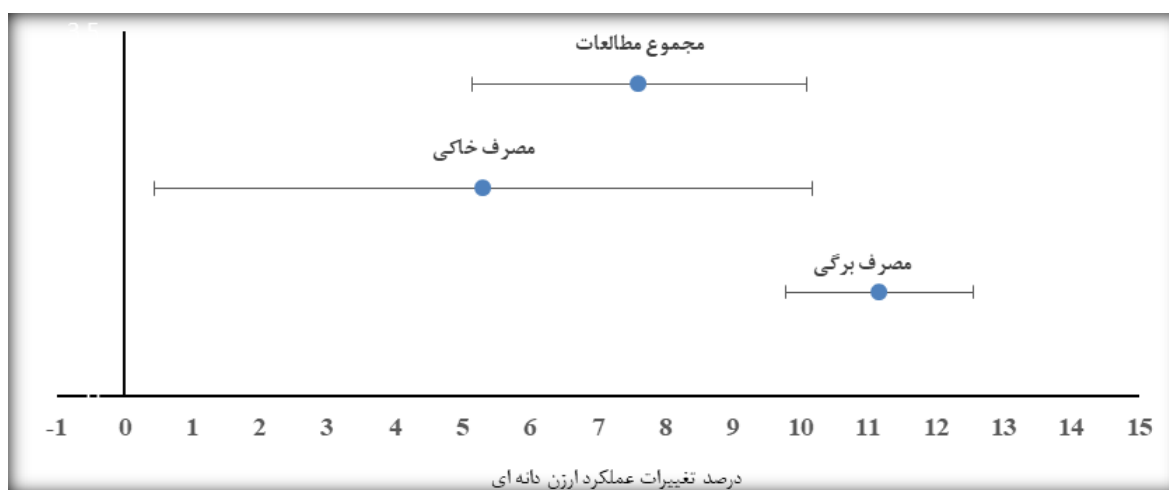
چگونگی مصرف کود پتاسه

نتایج حاصل از فراتحلیل مطالعات مربوط به چگونگی مصرف کود پتاسیم شامل مصرف خاکی و مصرف برگی در مقایسه با عدم مصرف آن، نشان دهنده تاثیر معنی دار به

در همین راستا، طباطبایی و همکاران (۷) دریافتند که تاثیر مصرف کود فسفر بر عملکرد دانه ارزن دانه ای تا حد مشخصی مثبت بوده است؛ به طوری که با مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم از این کود، میزان عملکرد دانه این محصول به ترتیب ۳۷۰۰ و ۴۷۰۰ کیلوگرم در هکتار شد؛ در حالی که با افزایش میزان مصرف کود فسفر تا حد ۳۰۰



شکل ۷- درصد تغییرات عملکرد دانه ارزن تحت تاثیر مصرف فسفره (کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با عدم مصرف کود † میانگین هایی که فاصله اطمینان آنها محور عمودی را قطع کرده اند (صفر را در خود گنجانده اند)، معنی دار نمی باشند.



شکل ۸- درصد تغییرات عملکرد دانه ارزن تحت تاثیر چگونگی مصرف کود پتاسه در مقایسه با عدم مصرف کود † میانگین هایی که فاصله اطمینان آنها محور عمودی را قطع کرده اند (صفر را در خود گنجانده اند)، معنی دار نمی باشند

داد که به دلیل مقاومت گیاه ارزن به تنش خشکی، تاثیرات منفی تنش‌های ملایم و متوسط نسبت به شرایط نرمال، معنی‌دار نبوده و فقط تنش شدید نسبت به شرایط نرمال، دارای تاثیر منفی معنی‌دار به میزان ۵۸٪ بود. محلول‌پاشی کودهای کامل، به‌ویژه محلول‌های حاوی عنصر ریزمغذی روی، نسبت به عدم استفاده از آن، تاثیر مثبت ۱۲ درصدی را بر میزان عملکرد دانه ارزن خواهد داشت.

نتایج نشان داد که به‌طور کلی محلول‌پاشی با مواد کاهنده تبخیر و تعرق نسبت به عدم استفاده از این تیمارها در شرایط خشکی، تاثیر مثبتی را به همراه دارد، اما تاثیر مثبت استفاده از سیلیکون نسبت به زئولیت به میزان ۱۹/۳٪ بیشتر می‌باشد. فراتحلیل مطالعات مربوط به کاربرد کودهای نیتروژن، نشان داد که مصرف کود اوره به میزان ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم، تاثیر مثبت ۵۸/۵ درصدی را نسبت به شاهد بر عملکرد دانه ارزن دارد؛ بطوریکه مصرف کمتر از ۱۰۰ کیلوگرم و بیشتر از ۱۵۰ کیلوگرم تاثیر منفی خواهد داشت. از تحلیل مجموع مطالعات انجام‌شده در مورد مصرف کودهای فسفر می‌تواند دریافت که مصرف ۱۰۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار برای تولید دانه ارزن کافی است و مصرف بیشتر از آن، تاثیر چندانی بر عملکرد این محصول نداشته و فقط موجب اتلاف هزینه می‌شود. همچنین، این بررسی نشان داد که یکنوبت استفاده از کودهای پتاس به‌صورت مصرف برگی، تاثیر مثبت ۱۱/۲ درصدی بر عملکرد دانه ارزن را دارد.

توصیه‌های ترویجی

- ۱- تاریخ کاشت ارزن‌های دانه‌ای در مناطق معتدل، معتدل سرد و معتدل گرم، توصیه می‌شود

میزان ۷/۶٪ بر عملکرد ارزن دانه‌ای بود (شکل ۸). مصرف خاکی کود پتاسیم بر عملکرد دانه ارزن در مقایسه با عدم مصرف این کود، تاثیر مثبت معنی‌داری به میزان ۵/۳٪ داشت؛ اگرچه استفاده از این کود به‌صورت برگی و محلول‌پاشی در مزارع ارزن در مقایسه با عدم مصرف آن، تاثیر معنی‌دار ۱۱/۲ درصدی را داشت (شکل ۸). بر این اساس، می‌توان گفت که مصرف برگی کودها تاثیر بیشتری نسبت به مصرف خاکی دارد، بطوریکه قسمت عمده‌ای از کود جذب گیاه می‌شود. محلول‌پاشی پتاسیم در زمان مورد نیاز گیاه ارزن، در مقایسه با مصرف خاکی جذب بهتری را برای گیاه به همراه خواهد داشت، چرا که در مصرف خاکی ممکن است قسمتی از کود برای گیاه قابل جذب نباشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که عوامل مختلفی شامل مقادیر کودهای نیتروژن و فسفر، چگونگی استفاده از کودهای پتاس، محلول‌پاشی عناصر غذایی، استفاده از تیمارهای کاهنده تبخیر و تعرق و تنش خشکی، تاثیر معنی‌داری (منفی یا مثبت) بر عملکرد دانه ارزن دارند. اگرچه عامل زمان کاشت به لحاظ آماری تاثیر معنی‌داری بر عملکرد ندارد، ولی تاریخ‌های کاشت نابهنگام موجبات کاهش ۱۰/۹۷ درصدی را فراهم می‌آورد. بطوریکه نتایج فراتحلیل نشان می‌دهد کشت ارزن در مناطق سرد، معتدل سرد و معتدل گرم، به‌عنوان کشت دوم بعد از غلات زمستانه در اواسط تیر تا اوایل مردادماه، می‌تواند تاثیر مثبت ۳۶ درصدی نسبت به کشت شاهد قبل از تیرماه داشته باشد. نتایج حاصل از مطالعات تنش خشکی نشان

از کودهای پتاسیمی به نسبت ۴ در هزار توصیه می‌شود.

- ۷- چون تنش‌های ملایم تا متوسط، تأثیر چندانی بر عملکرد دانه ارزن ندارند، لذا در شرایط کمبود آب و خشکسالی کشت ارزن دانه ای در آگرو اکوسیستم‌های زراعی نسبت به محصولات حساس به تنش خشکی توصیه می‌شود.
- ۸- ارقام اصلاح‌شده مناسب برای تولید دانه از گروه ارزن معمولی رقم پیشاهنگ، از گروه ارزن دم‌روباهی رقم باستان و از گروه ارزن مرواریدی رقم مهران توصیه می‌شود.

به‌عنوان کشت دوم بعد از گندم و جو از اواسط تیر تا اواخر مرداد، بسته به شرایط جغرافیایی در نظر گرفته شود. اگرچه بر اساس بررسی‌های انجام شده، تاریخ کاشت مناسب برای مناطق جنوب شرق و جنوب ایران، اسفندماه است.

۲- یکنوبت محلول‌پاشی با استفاده از عناصر ریزمغذی به‌ویژه محلول‌های دارای عنصر روی و منگنز، تأثیر مثبتی بر عملکرد دانه دارد، لذا پیشنهاد می‌شود محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها قبل از گلدهی تا شروع گلدهی انجام شود.

۳- در صورت امکان در مناطق بسیار گرم، مصرف مواد کاهنده تبخیر و تعرق توصیه می‌شود، بطوریکه در شرایط تنش آبی، محلول‌پاشی با مواد کاهنده تبخیر و تعرق به‌ویژه سیلیکون، موجب کاهش خسارت تنش خشکی و افزایش عملکرد دانه ارزن می‌شود.

۴- برای دست‌یابی به حداکثر پتانسیل عملکرد دانه در ارزن، میزان مصرف کود اوره بسته به شرایط خاک، ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم توصیه می‌شود، لازم به‌ذکر است که مصرف بالاتر از ۱۵۰ کیلوگرم، رشد رویشی را تحریک کرده و از عملکرد دانه می‌کاهد و مصرف کمتر آن، موجب کمبود نیتروژن در گیاه ارزن خواهد بود.

۵- مصرف ۱۰۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار برای دست‌یابی به حداکثر عملکرد دانه ارزن، توصیه می‌شود. مصرف فسفر خالص از ۱۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، موجب افزایش عملکرد دانه ارزن نخواهد شد.

۶- برای بدست آوردن حداکثر پتانسیل عملکرد دانه در ارزن، یک مرحله محلول‌پاشی با استفاده

فهرست منابع:

۱. تاجپور، ف. ۱۳۹۶. ارزیابی تاثیر افزایش دی اکسید کربن در شرایط تغییر اقلیم بر رشد و کارایی مصرف آب گیاهان زراعی با استفاده از روش فراتحلیل. پایان نامه دوره کارشناسی ارشد رشته آگرواکولوژی. انتشارات دانشگاه شهید بهشتی. ۲۱۰ صفحه.
۲. حیاتی، ا. و رمودی، م. ۱۳۹۴. پاسخ ارزن دم‌روباهی به زمان کاربرد کود پتاسه در رژیم‌های مختلف آبیاری. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۸ (۱): ۲۵-۳۳.
۳. خدابنده‌لو، ش.، سپهری، ع.، احمدوند، گ. و کشتکار، ا. ح. ۱۳۹۳. اثر مصرف سیلیکون بر عملکرد دانه ارزن معمولی و بازده مصرف آب تحت شرایط تنش خشکی. مجله به‌زراعی کشاورزی. ۱۶ (۲): ۴۱۶-۳۹۹.
۴. خلیلی‌اقدام، ن.، حسینی، ر. و میرمحمودی، ت. ۱۳۹۷. فراتحلیل برخی عوامل مؤثر بر تولید گندم در ایران. مجله به‌زراعی کشاورزی. ۲ (۱): ۱۹۱-۲۰۴.
۵. سلطانی، ا. و سلطانی، ا. ۱۳۹۳. فراتحلیل (متاآنالیز) اثر پرایمینگ بذر بر جوانه زنی: مطالعه موردی در ایران. خلاصه مقالات سیزدهمین زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۴ تا ۶ شهریور ۱۳۹۳. <https://doi.org/10.22069/ijpp.2015.2224>
۶. سلطانی، ا. و سلطانی، ا. ۱۳۹۳. لزوم استفاده از فراتحلیل (متاآنالیز) در پژوهش‌های علوم زراعی. نشریه تولید گیاهان زراعی - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۷ (۳): ۲۱۶-۲۰۳.
۷. طباطبائی، ع.، بری ابرقویی، ح.، حسینی کهدویی، ع. و نقیب‌القرآ، م. ۱۳۹۰. تأثیر سطوح مختلف کود فسفات بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام ارزن دانه‌ای. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه - آبان ۱۳۹۰.
۸. کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، بخشائی، س. و داوری، آ. ۱۳۹۶. فراتحلیل مصرف کود شیمیایی نیتروژن در تولید غلات در ایران. بوم‌شناسی کشاورزی. ۹ (۲): ۳۱۳-۲۹۶.
۹. گیدسکی، ع. و برادران، ر. ۱۳۹۷. تاثیر تنش آبی و عناصر ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارزن معمولی. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی. ۱۰ (۳۲): ۱۶۰-۱۵۲.
۱۰. ماهرخ، ع.، ترابی، م.، زمانیان، م.، عزیزی، ف.، رهجو، و.، مفیدیان، م. ع. و گل زردی، ف. ۱۳۹۹. تجزیه و تحلیل مطالعات دهه اخیر در خصوص عوامل محدودکننده تولید ذرت و گیاهان مهم علوفه‌ای با استفاده از فراتحلیل (جریان ساز). گزارش نهایی به شماره فروست ۵۹۰۰۰. انتشارات مرکز اسناد و مدارک سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۱۲۰ صفحه.
۱۱. نوربخشیان، ج. ۱۳۹۵. میزان تولید علوفه و دانه ارقام ارزن تحت تاثیر زمان کاشت. کنگره سراسری در مسیر توسعه کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه علوم کشاورزی گرگان. اردیبهشت ۱۳۹۵.
۱۲. Alston, J. M., Chan-Kang, C., Marra, M. C., Pardey, P. G., & Wyatt, T. J. (2000). *A meta-analysis of rates of return to agricultural R&D: Ex pede Herculem?* (Vol. 113). Intl Food Policy Res Inst.
۱۳. Guan, R., Pan, H., He, W., Sun, M., Wang, H., Cui, X., ... & Zhuge, Y. (2022). Fertilizer recommendation for foxtail millet based on yield response and nutrient accumulation. *Journal of Plant Nutrition*, 45(3), 332-345.
۱۴. Klümper, W., & Qaim, M. (2014). A meta-analysis of the impacts of genetically modified crops. *PloS one*, 9(11), e111629.
۱۵. Krupnik, T. J., Andersson, J. A., Rusinamhodzi, L., Corbeels, M., Shennan, C., & Gérard, B. (2019). Does size matter? a critical review of meta-analysis in agronomy. *Experimental agriculture*, 55(2), 200-229.
۱۶. Ndungu-Magiroi, K. W., Kasozi, A., Kaizzi, K. C., Mwangi, T., Koech, M., Kibunja, C. N., ... & Wortmann, C. S. (2017). Finger millet response to nitrogen, phosphorus and potassium in Kenya and Uganda. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 108(3), 297-308.

۱۷. Pelzer, E., Hombert, N., Jeuffroy, M. H., & Makowski, D. (2014). Meta-analysis of the effect of nitrogen fertilization on annual cereal-legume intercrop production. *Agronomy Journal*, 106(5), 1775-1786.
۱۸. Sutton, A. J., & Higgins, J. P. (2008). Recent developments in meta-analysis. *Statistics in medicine*, 27(5), 625-650.
۱۹. Zereyesus, Y. A., & Dalton, T. J. (2017). Rates of return to sorghum and millet research investments: A meta-analysis. *PloS one*, 12(7), e0180414.