



نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد هفتم، شماره سوم، پاییز ۹۳
۲۰۳-۲۱۶
<http://ejcp.gau.ac.ir>



لزوم استفاده از فرا تحلیل (متاآنالیز) در پژوهش‌های علوم زراعی

الیاس سلطانی^{۱*} و افشین سلطانی^۲

^۱ استادیار گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشگاه تهران پردیس ابوریحان،

^۲ استاد گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۶/۲۲

چکیده

هر ساله مطالعات فراوانی روی جنبه‌های مختلف گیاهان زراعی انجام می‌گیرد. به دلیل تاثیر عوامل مختلف، نتایج این آزمایش‌ها مشابه نبوده و گاهی متناقض است. برای مثال، نتایج مطالعات انجام شده روی تاثیر اندازه بذر بر سرعت سبزشدن متفاوت است: برخی حاکی از تاثیر مثبت، برخی تاثیر منفی و برخی تاثیری گزارش نکرده‌اند. در چنین مواردی نتیجه‌گیری نهایی با مشکل مواجه است. روش فراتحلیل (متاآنالیز) برای چنین شرایطی به وجود آمده است. با کمک این روش مطالعات مختلف روی یک موضوع خاص به صورت آماری تحلیل شده و نتیجه‌گیری قابل اعتماد از مطالعات متعدد، پراکنده و حتی متناقض به عمل می‌آید. این روش آماری گذشته خیلی دوری ندارد و در سطح دنیا نیز به تازگی مورد استفاده محققان علوم زراعی قرار گرفته است. در ایران در علوم زراعی و کشاورزی تاکنون در این زمینه تحقیقی صورت نگرفته ولی نیاز به استفاده از این روش بسیار ضروری به نظر می‌رسد. با کمک این روش می‌توان تحقیقات بی‌شماری که روی موضوعات خاص (مثل تراکم و تاریخ کاشت، مصرف آب و کود و به‌کارگیری انواع تیمارها) انجام شده است را جمع‌بندی نموده و به نتیجه‌گیری رسید. در این مقاله اساس آماری روش فراتحلیل توضیح داده شده، مزایا و محدودیت‌های آن و نحوه کاربرد آن همراه با مثال (از مطالعات داخلی و خارجی) مورد بحث قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: زراعت، فراتحلیل، مرور نظامند، مرور روایتی.

* نویسنده مسئول: elias.soltani@ut.ac.ir

مقدمه

از گذشته مطالعه‌های متعددی در زمینه‌های مختلف علوم زراعی صورت گرفته است. برای مثال، در مورد اثرات تاریخ کاشت، تراکم، تنش‌های محیطی، کودهای مختلف و موارد دیگر، می‌توان مقاله و پژوهش‌های بسیار زیادی یافت. هرچند هر تحقیقی به‌طور جداگانه ارزش ویژه‌ای دارد، ولی لازم است که نتیجه این تحقیقات متعدد در کنار یکدیگر بررسی شوند تا به یک جمع‌بندی در مورد عوامل موثر بر عملکرد گیاهان زراعی دست یافت. برای مثال، در مورد اثر اندازه بذر بر درصد جوانه‌زنی نتایج مختلفی حاصل شده است که برخی نشان‌دهنده این هستند که بذرهایی با اندازه کوچکتر درصد جوانه‌زنی یا سبز شدن بالاتری دارند (استمپ، ۱۹۹۰). برخی از تحقیقات بذرهایی با اندازه بزرگتر را دارای درصد بالاتر می‌دانند (بالوچ و همکاران، ۲۰۰۱؛ میلیبورگ و همکاران، ۱۹۹۶؛ کوردازو، ۲۰۰۲) و همچنین در برخی از گزارشات نشان داده شده که اندازه بذر بر درصد جوانه‌زنی اثر ندارد (گیلمین و چاول، ۲۰۱۱؛ برتاگنول و همکاران، ۱۹۹۵). چنانچه محققان قصد مرور تمام این تحقیقات را داشته باشند تا به این جمع‌بندی برسند که بذرهایی بزرگتر بهتر هستند یا کوچکتر، کار دشواری پیش رو خواهد بود. چرا که نتایج متناقضی حاصل شده‌اند و هر یک اعتبار علمی کافی دارند.

از طرفی، به‌ندرت ممکن است که دو تحقیق یکسان به نتایج یکسانی برسند، برای مثال ممکن است دو محقق اثر نوعی خاص و میزان یکسانی از کود نیتروژن را بر عملکرد گندم مطالعه کنند و ممکن است در هر دو مطالعه افزایش عملکرد دیده شود، ولی درصد افزایش عملکرد در این دو تحقیق متفاوت خواهد بود که می‌تواند به دلیل شرایط اقلیمی و خاک باشد. تغییرات pH خاک، آبیاری، بارندگی، دمای هوا و نحوه مدیریت کوددهی تأثیر بسیار زیادی بر اثربخشی کود خواهند داشت. این عوامل در همه آزمایش‌هایی که انجام می‌گیرند یکسان نخواهند بود و موجب تغییر در نتایج حاصل خواهند شد.

بنابراین، لازم است که تحقیق‌های مختلف در یک جمع‌بندی به‌صورت آماری بررسی شوند تا با اطمینان (از لحاظ آماری) گفت که برای مثال اندازه بذر بزرگتر قدرت بذر بیشتری نیز در پی خواهد داشت یا خیر و یا درصد افزایش حاصل از مصرف کود نیتروژن چقدر خواهد بود. اگر نتیجه این جمع‌بندی حاصل تجزیه آماری تعداد زیادی از مقالات و تحقیقات مختلف باشد به‌لحاظ آماری می‌توان گفت که در مجموعه‌ای از مطالعات چه نتیجه‌ای حاصل شده است. به این نحوه آنالیز آماری در اصطلاح فراتحلیل (متاآنالیز) گویند.

اصطلاح فراتحلیل (متاآنالیز) برای نخستین بار توسط گلاس (۱۹۷۶) در انجمن پژوهشی آموزشی آمریکا به کار برده شد. هدف متاآنالیز به دست آوردن اطلاعات بیشتر از اطلاعات موجود است که با روی هم ریختن نتایج مطالعه‌های کوچکتر و با یک یا چند آنالیز آماری حاصل می‌شود. به این ترتیب نتایجی که ممکن است در مطالعه‌های کوچکتر کشف نشود با استفاده از متاآنالیز ده‌ها مطالعه کوچک قابل حصول خواهد بود. نیاز به جمع‌بندی تحقیق‌های مختلف از قبل مورد توجه بوده است. به این منظور برخی از محققان اقدام به نوشتن مقالات مروری می‌کنند که در آنها موردی خاص که مطالعه‌های زیادی روی آن انجام شده است، مرور می‌شود و سعی در جمع‌بندی اثر آن مورد می‌کنند. اما، در اغلب آنها هیچ روش آماری برای بررسی و جمع‌بندی نتایج تحقیقات صورت نمی‌گیرد (برای مثال، ماتئوس و همکاران، ۲۰۱۲؛ تیلور و سالانکا، ۲۰۱۲). اخیراً محققان انگشت‌شماری در علوم زراعی از روشی آماری (متاآنالیز) برای مقایسه نتایج تحقیقات مختلف استفاده کرده‌اند (لینکویست و همکاران، ۲۰۱۳؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۳؛ هانگ و همکاران، ۲۰۱۳). اما، جستجو در سایت‌های مختلف داخلی نظیر sid، magiran و google نشان داد که تاکنون هیچ مقاله و تحقیقی در رشته‌های کشاورزی با استفاده از این روش آماری در ایران صورت نگرفته است و فقط در رشته‌هایی نظیر علوم پزشکی و علوم اجتماعی این روش آماری مورد استفاده قرار گرفته است. بنابراین، هدف از این تحقیق معرفی روش آماری فراتحلیل (متاآنالیز) برای مرور تحقیقات مختلف زراعی و افزایش اشتیاق و آگاهی از آن در علوم زراعی بود.

مراحل فراتحلیل

به‌طور کلی می‌توان حداقل ۷ مرحله برای انجام فراتحلیل تعریف نمود:

(۱) **تصمیم‌گیری در مورد موضوع:** در انتخاب موضوع باید توجه شود که روی سوالی واضح تمرکز شود که برای این سوال منابع و مطالعات مختلفی در دسترس باشد و از طرفی یافتن پاسخ این سوال اهمیت داشته باشد. برای مثال، روتوندو و وستگیت (۲۰۰۹) اثر عوامل محیطی مختلف را بر درصد و میزان ترکیبات بذر سویا ارزیابی نمودند. همانطور که مشاهده می‌شود در انتخاب موضوع ایشان به دو مورد توجه کرده‌اند و هم مقالات و مطالعات زیادی روی این موضوع وجود

دارد و هم اینکه دارای اهمیت زیادی است و تا پیش از آن جمع‌بندی کامل روی این موضوع صورت نگرفته بود.

(۲) **تصمیم‌گیری در مورد فرضی که باید آزمون شود:** در این مورد باید همزمان با انتخاب موضوع تصمیم‌گیری شود. اگر دلیل قابل‌قبولی برای آزمون فرضیه از مطالعات موجود وجود ندارد، نباید آن موضوع را آزمون کرد. برای مثال این‌که اول مرغ به وجود آمده یا تخم‌مرغ موضوع مناسبی برای آزمون نیست.

(۳) **مرور منابع:** مرور تمام منابع و مطالعه‌هایی که فرضیه را آزمون کرده‌اند امری ضروری است. در این مورد باید توجه شود که جستجوی اینترنتی منابع برای یافتن تمام منابع و مطالعه‌ها کافی نیست و باید اطلاعات از روش‌های دیگری نیز جمع‌آوری شوند، نظیر بررسی فهرست منابع در مقاله‌ها، بررسی دقیق خود مقاله‌ها، چکیده مقالات و حتی داده‌های منتشر نشده نیز جمع‌آوری شوند. چنانچه این قسمت به‌خوبی صورت نگیرد باعث خطا در نتایج می‌شود.

(۴) **ارزیابی مطالعه‌ها:** ارزیابی دقیق هر مطالعه برای تصمیم‌گیری در مورد اینکه کیفیت لازم و اطلاعات مفید برای متاآنالیز را دارا است یا خیر. این قسمت اهمیت زیادی در متاآنالیز دارد. هر مطالعه باید حداقل نیازهای از پیش تعیین شده‌ای را داشته باشد و باید ارزیابی دقیقی درباره کیفیت مطالعه مورد استفاده صورت گیرد. در مورد ارزیابی مطالعه‌ها می‌توان فرم یا چک لیستی تهیه نمود و اطلاعات ثبت‌شده در هر مطالعه را وارد آن نمود. چنانچه این کار به‌خوبی صورت گیرد می‌توان در مراحل بعدی همین فرم یا چک لیست را تبدیل به پایگاه داده‌ها نمود. اگر این قسمت نیز با دقت صورت نگیرد باعث خطا در نتایج خواهد شد.

در مرحله ارزیابی مطالعات باید به بررسی عدم‌تجانس^۱ و دیگر اختلاط‌های^۲ مهم پرداخت. در این مرحله باید تمام موارد درباره روش‌های اعمال تیمارها ثبت شود تا در نهایت بتوان تصمیم‌گرفت که کدام مطالعه‌ها نسبتاً مشابه^۳ هستند و می‌توان در آنالیز آنها را وارد نمود.

نکته دیگری که در این مرحله باید به آن توجه نمود این است که گاهی ممکن است برخی از نتایج بدست آمده توسط محققین به چاپ نرسد. برای مثال، ممکن است تأثیر کود خاصی مورد

1- Heterogeneity

2- Cofounder

3- Homogeneous

بررسی فرار گیرد و افزایش مثبت در عملکرد یا رشد گیاهان زراعی نداشته باشد و محقق از چاپ آن صرف نظر کرده باشد. در صورتی که ممکن است عدم افزایش به علت pH خاک یا موارد دیگر باشد که از چشم محقق دور مانده و در یک متآنالیز می توان آن را بررسی نمود. در این موارد توصیه شده است که در صورت امکان داده های مطالعات چاپ نشده نیز بررسی شوند.

(۵) تهیه یک پایگاه اطلاعاتی که حاوی اطلاعات لازم برای آنالیز باشد. در این مورد جمع آوری و تکمیل فرم های گفته شده در مورد ۴ می تواند آن فرم ها را تبدیل به پایگاه اطلاعاتی نماید.

(۶) انجام متآنالیز: روش های مختلفی برای متآنالیز وجود دارد که در همین مقاله روشی که در اغلب مطالعه های اکولوژیک و زراعی انجام می شود، توضیح داده خواهد شد. لازم به ذکر است که در اغلب این مطالعه ها متآنالیزها محدود به گزارش تخمین اندازه اثر و حدود اطمینان می شوند.

(۷) تفسیر نتایج حاصل: بعد از انجام متآنالیز بررسی و بحث در مورد نتایج حاصل صورت گیرد. در این مرحله به متجانس بودن یا نبودن مطالعه های مورد استفاده توجه شود. همچنین باید توجه نمود که نمی توان گفت انجام یک متآنالیز کاملاً جامع است و به سادگی با نتیجه آن به یک نتیجه کلی دست یافت. برای مثال، در یک متآنالیز که در آن به بررسی اثر pH در مصرف کود نیتروژن پرداخته شده است، نمی توان در تفسیر نتایج فقط به اثر pH پرداخت و عوامل دیگری نیز هستند که بر مصرف کود اثر دارند.

روش آماری برای فراتحلیل

بعد از جمع آوری داده ها، به طور معمول در فراتحلیل اندازه اثر تعیین می شود (اوسنبرگ و همکاران، ۱۹۹۹؛ گورویچ و هدگر، ۱۹۹۹) و برای مقایسه آنها حدود اطمینان حول میانگین ها و یا شیب ها تعیین می شود. برای توضیح این روش، این مثال را در نظر بگیرید که قصد مقایسه اثر افزایش غلظت CO₂ را داریم. برای این منظور فرض کنید مطالعات مختلفی در اختیار است که در آنها رشد گیاهان در شرایط محیط نرمال و در آزمایشگاه (افزایش غلظت CO₂) اندازه گیری شده است. مقادیر میانگین، انحراف معیار (SD) و اندازه نمونه (تعداد تکرار) در شرایط آزمایشگاه (افزایش غلظت) را به ترتیب با \bar{x}_E ، SD_E و n_E نشان داده شده است و مقادیر میانگین، انحراف معیار (SD) و اندازه نمونه

(تعداد تکرار) در شرایط شاهد نیز با \bar{X}_C ، SD_c و n_c نشان داده شده‌اند. به این ترتیب، نسبت واکنش (R) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$R = \frac{\bar{X}_E}{\bar{X}_C} \quad (1)$$

به دو دلیل بهتر است که نسبت واکنش برحسب مقیاس لگاریتم خطی آورده شود. اول اینکه، مقیاس لگاریتم خطی با انحرافات (deviations) صورت و مخرج کسر رفتار مشابه‌ای دارد. به این مفهوم که این نسبت بیشتر تحت تأثیر تغییرات مخرج کسر (به خصوص وقتی مخرج کوچک باشد) است، ولی لگاریتم این نسبت به طور مساوی تحت تأثیر تغییرات صورت و مخرج کسر قرار دارد. دلیل دوم این است که توزیع نسبت واکنش (R) معمولاً چولگی دارد، ولی توزیع نسبت واکنش به صورت لگاریتمی (L) معمولاً نرمال خواهد بود. بنابراین، نسبت واکنش به صورت زیر لگاریتمی خواهد شد:

$$L = \ln R = \ln \left(\frac{\bar{X}_E}{\bar{X}_C} \right) \quad (2)$$

بهترین راه برای مقایسه مطالعه‌های مختلف استفاده از میانگین اثر آنها است. هر چند، در تخمین اندازه تأثیر آزمایش‌های مختلف دقت‌های (اشتباه معیار) متفاوتی دارند. بنابراین، قبل از متآنالیز باید وزن‌دهی داده‌ها صورت گیرد به این ترتیب مطالعه‌هایی که دقت آزمایشی بالاتری دارند وزن بیشتری نیز خواهند داشت که موجب افزایش دقت اندازه تأثیر تخمین‌زده خواهد شد. میانگین وزن‌دهی شده لگاریتم نسبت واکنش که بیشترین دقت (کمترین واریانس) را ایجاد می‌کند، عبارت است از:

$$\overline{\ln R} = \frac{\sum (\ln R_i \times w_i)}{\sum (w_i)} \quad (3)$$

در این رابطه \bar{I} شماره مطالعه و w تعداد تکرار در هر مشاهده. حدود اطمینان برای میانگین لگاریتم نسبت واکنش (μ_λ) که با (CL_L, CL_U) نشان داده می‌شوند از طریق زیر قابل محاسبه هستند:

$$CL_L = \bar{L}^* - z_{\alpha/2} SE(\bar{L}^*) \leq \mu_\lambda \leq \bar{L}^* + z_{\alpha/2} SE(\bar{L}^*) \quad (4)$$

$$= CL_U$$

سپس از مقادیر μ_λ آنتی لگاریتم گرفته شود و میانگین‌های آنتی لگاریتم شده (μ_p) مقایسه خواهند شد. حدود اطمینان‌ها برای μ_p به صورت زیر خواهند بود:

$$\exp(CL_L) \leq \mu_p \leq \exp(CL_U) \quad (5)$$

توجه داشته باشید که حدود اطمینان برای لگاریتم نسبت واکنش متقارن^۱ است، ولی حدود اطمینان داده‌هایی که معکوس تبدیل روی آنها انجام شده (μ^p) در نقطه تخمین زده شده نسبت واکنش ($exp(\bar{L}^*)$) متقارن نخواهد بود.

مزایای فراتحلیل

برخی امتیازات فراتحلیل در مقایسه با روش مرور نظامند^۲ و مرور روایتی^۳ عبارتند از (ایزانلو و حبیبی، ۲۰۱۱): ۱- روش فراتحلیل عینی‌تر از روش‌های مرور سنتی است، محققانی که با روش فراتحلیل پژوهش‌های مرتبط با یک زمینه خاص را بررسی می‌کند، احتمال کمتری برای گرفتار شدن در پیش‌داوری‌های ذهنی دارد. ۲- فراتحلیل خصوصیات مطالعات را با اصطلاحات کمی توصیف می‌کند، در فراتحلیل میانگین‌ها انحراف استانداردها و نتایج آزمون‌های آماری مشاهده و خلاصه می‌شوند و نه داده‌های خام هر آزمایش. ۳- پیشینه موضوع پژوهشی به شکل نظامندی خلاصه‌بندی می‌شود. به‌طوری‌که در روش فراتحلیل به‌راحتی با کدگذاری پژوهش‌ها، نتایج صدها پژوهش توصیف، خلاصه و تجزیه و تحلیل می‌شود. درحالی‌که در روش مرور سنتی اگر تعداد پژوهش‌ها زیاد باشد نمی‌توان به‌راحتی طرح‌ها و نتایج تمام پژوهش‌های موجود را توصیف یا حتی بیان نمود. ۴- فراتحلیل، به ارتباط ویژگی‌های یک مطالعه با مطالعه دیگر به‌واسطه روش‌های آماری تأکید می‌کند. چون هدف فراتحلیل‌گر، تنها خلاصه نمودن مجموعه کاملی از متن تحقیق نیست، بلکه محقق سعی بر شناخت عوامل دخیل در اندازه اثر دارد. ۵- فراتحلیل‌گر علاوه بر شاخص‌های آماری، به اندازه اثرها نیز توجه دارد. ۶- روش فراتحلیل به‌دلیل دقت و ظرافت آن و استفاده از روش‌های آماری نیرومند به ارتباطات خاص بین متغیرها دست پیدا می‌نماید و به آزمون فرضیاتی می‌پردازد که در مطالعات دیگر نمی‌توان آنها را بررسی نمود. ۷- روش فراتحلیل به علت فراهم کردن نتیجه‌گیری مطمئن‌تر نسبت به روش‌های مرور سنتی شکاف‌های موجود بین پیشینه موضوعات پژوهشی را پر می‌کند و در نتیجه خلاء زمینه

1- Symmetric

2- Systemic review

3- Narrative review

پژوهش‌های بعدی را به محقق نشان می‌دهد. در واقع فراتحلیل روشن می‌کند که موضوع را تاچه حد شناخته‌ایم و تا چه اندازه‌ای نیاز به پژوهش برای تحلیل کامل موضوع نیاز است.

محدودیت‌های فراتحلیل

در کنار مزایایی که در مورد فراتحلیل در پوشش دادن نقطه ضعف‌های مرور روایتی گفته شد، محدودیت‌هایی نیز به آن وارد است که عبارت هستند از: ۱- فراتحلیل نتایج مطالعات به ظاهر یکسان ولی متفاوت را با یکدیگر ترکیب می‌کند تا براساس این نتایج نتیجه‌گیری کند. این انتقاد به‌عنوان ترکیب سبب‌ها و پرتقال‌ها معروف است و به این موضوع اشاره دارد که همان کاری که در مرور روایتی صورت می‌گیرد در اینجا نیز انجام می‌شود. ۲- فراتحلیل تفاوت‌های کیفی بین مطالعات را نادیده می‌گیرد. در واقع، فراتحلیل این تفاوت‌ها را کمی کرده و تأثیر آنها را به عنوان متغیر تعدیل‌کننده بررسی می‌کند. ۳- فراتحلیل یک روش "آشغال بده و آشغال بگیر" خواهد بود، اگر صرفاً به ترکیب آماری مطالعات مختلف در یک حوزه اکتفا شود و ارزش‌گذاری و وزن‌دهی به مطالعات مختلف برحسب روش‌شناسی و حجم نمونه و سایر متغیرهای منطقی دخیل در روش‌شناسی نادیده گرفته شود. ۴- به دلیل اینکه اغلب فقط یافته‌های معنی‌دار در مجلات و کتاب‌های علمی چاپ می‌شود، ممکن است برخی از نتایج در فراتحلیل گنجانده نشده باشد. هرچند در این مورد فراتحلیل نسبت به مرور روایتی کمتر آسیب‌پذیر است، زیرا در یک فراتحلیل خوب داده‌های چاپ نشده نیز گنجانده می‌شود.

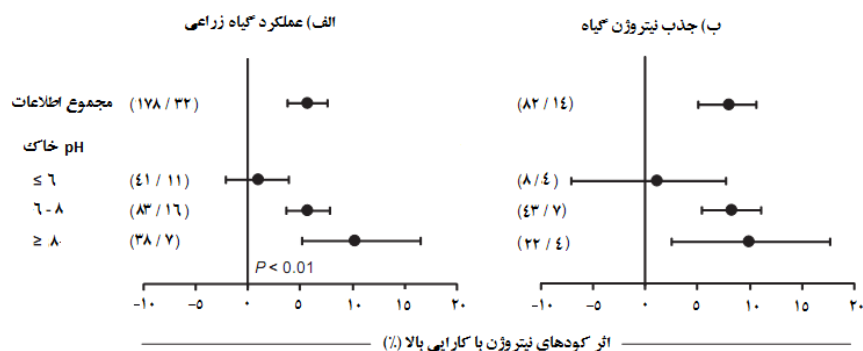
نمونه‌هایی از کاربرد متاآنالیز

لینکویست و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای اثرات کودهای مختلف نیتروژن با کارایی بالا^۱ (EENF) را بر عملکرد و جذب نیتروژن در مزارع غرقابی زیرکشت برنج بررسی کردند و تعیین نمودند که چه شرایطی محیطی برای کودهای نیتروژن با کارایی بالا موثرتر خواهد بود. ایشان تمام مقالات ISI که قبل از سال ۲۰۱۲ منتشر شده بود را در این مطالعه بررسی کردند و فقط مقالاتی که تیمار شاهد و کود نیتروژن با زمان و تعداد کاربرد یکسانی داشتند را انتخاب نمودند. برای ارزیابی اثر مدیریت و خصوصیات خاک، مطالعات براساس pH خاک، نحوه عمل کودهای نیتروژن با کارایی بالا، میزان کود نیتروژن، روش اولین کوددهی و مدیریت

1- Enhanced efficiency nitrogen fertilizers

آب طی فصل رشد طبقه‌بندی شدند. ایشان خاک‌های مورد مطالعه را بر اساس pH به سه گروه: کمتر از ۶، بین ۶ تا ۸ و بیشتر از ۸ تقسیم‌بندی کردند.

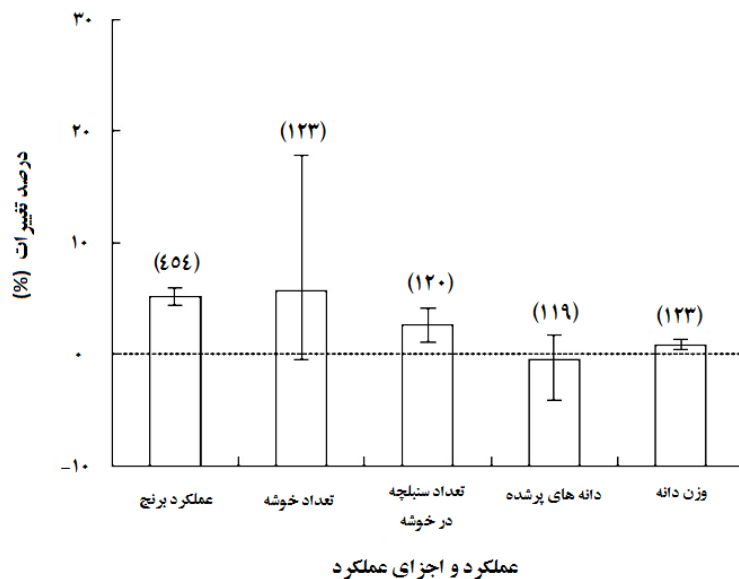
در نهایت داده‌های مطالعات را به روش متاآنالیز تجزیه کردند. ایشان اندازه اثر تیمار کود را براساس روش توضیح داده شده در این مقاله تعیین نمودند. ایشان نشان دادند که در مجموع کاربرد کودهای EENF منجر به ۵/۷ درصد افزایش عملکرد و ۸ درصد افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه شد. در مورد اثر pH خاک نتیجه متاآنالیز ایشان نشان داد که افزایش pH خاک موجب افزایش عملکرد و جذب نیتروژن خواهد شد (شکل ۱). لازم به ذکر است که در این تحقیق موارد دیگری نظیر نحوه عمل کودهای EENF و نوع تجاری کود نیز بر عملکرد و جذب نیتروژن توسط برنج بررسی شد که دقیقاً مشابه همین روش آنالیز روی آنها نیز صورت گرفت که از آوردن آنها در این مقاله خودداری شد. زیرا هدف نشان دادن نحوه استفاده از متاآنالیز بود. همچنین ایشان به همین ترتیب میزان کود مورد استفاده (کمتر از ۶۰ کیلوگرم، بین ۶۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم و بیشتر از ۱۲۰ کیلوگرم)، روش مورد استفاده برای اولین نوبت کوددهی (اختلاط کود با خاک، پخش سطحی و افزودن به آب)، زمان اولین کاربرد کود نیتروژن (قبل از غرقاب‌کردن و در زمان غرقاب‌کردن) و مدیریت آب طی فصل رشد (غرقاب دائم و تناوب خشکی و غرقاب) را نیز متاآنالیز نمودند و مشاهده کردند که برای هر مدیریت گفته شده به ترتیب میزان کود ۶۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم، اختلاط کود با خاک، اولین کود قبل از غرقاب نمودن خاک و غرقاب دائم مزرعه موجب بیشترین عملکرد در برنج شد هرچند در برخی از این مدیریت‌ها اختلاف عملکرد معنی‌دار نبود.



شکل ۱- مزیت استفاده از کودهای نیتروژن با کارایی بالا در عملکرد و جذب نیتروژن تحت تأثیر pH خاک. عدد اول داخل پرانتز تعداد مشاهدات و عدد دوم تعداد مطالعات مورد استفاده در متاآنالیز هستند.

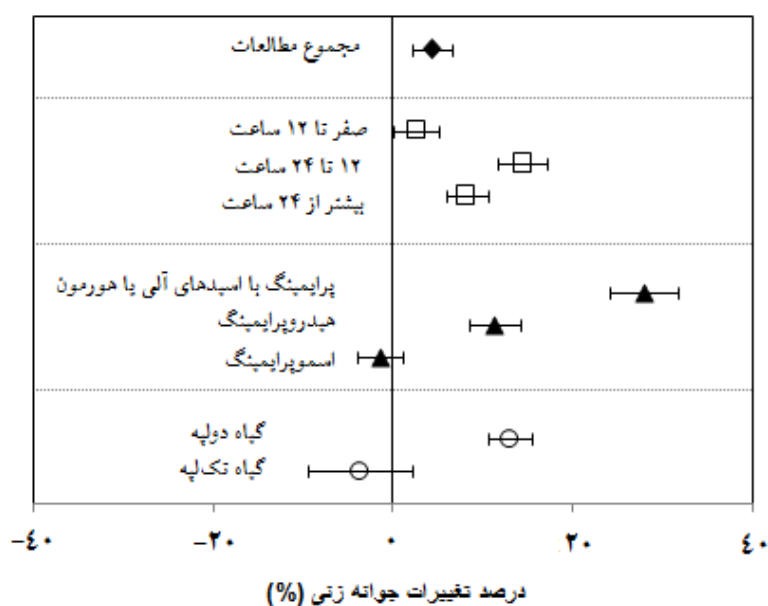
هانگ و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از روش متاآنالیز اثرات بقایای گیاهی بر عملکرد برنج در چین را مورد بررسی قرار دادند. ایشان برای این بررسی تمام مقالات چاپ شده در چین و مقالات ISI منتشرشده قبل از سال ۲۰۱۳ را مورد بررسی قرار دادند. ایشان داده‌های خود را به دو گروه تقسیم کردند: (۱) در گروه اول پژوهش‌هایی که مقادیر مساوی از کودهای غیرآلی همراه با و یا بدون استفاده از بقایای گیاهی استفاده کرده بودند و (۲) پژوهش‌هایی که بقایای گیاهی به همراه کاربرد کم کود غیرآلی را با کاربرد کامل کودهای غیرآلی مقایسه کرده بودند. گروه اول داده‌ها را برای بررسی اثر بقایای گیاهی روی عملکرد برنج و عوامل موثر بر آن استفاده کردند و گروه دوم برای ارزیابی مقدار کود بقایای گیاهی برای تولید برنج استفاده شد. ایشان نیز برای متاآنالیز از روش مشابه‌ای که در این مقاله توضیح داده شد، استفاده کردند.

شکل (۲) قسمتی از نتایج هانگ و همکاران (۲۰۱۳) را نشان می‌دهد. در مجموع مطالعات استفاده از بقایای گیاهی منجر به افزایش معنی‌دار (حدود ۵/۲ درصدی) عملکرد برنج گردید. تعداد خوشه‌ها در بوته نیز افزایش معنی‌داری داشتند ولی این افزایش معنی‌دار نبوده است. از طرفی تعداد دانه‌های پر نیز مقداری کاهش داشته ولی این مقدار نیز معنی‌دار نبوده است.



شکل ۲- اثر بقایای گیاهی بر درصد تغییرات عملکرد و عوامل موثر بر آن. بارها فواصل ۹۵ درصد اطمینان را نشان می‌دهند. اعداد داخل پرانتز تعداد مشاهدات هستند.

سلطانی و سلطانی (در دست انتشار) در یک متاآنالیز اثر پرایمینگ بذر بر جوانه‌زنی را بررسی کردند. ایشان در این مطالعه از پژوهش‌هایی که تا پایان سال ۱۳۹۲ در ایران صورت گرفته بود استفاده کردند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که در مجموع پرایمینگ بذر می‌تواند حدود ۴ درصد افزایش در درصد جوانه‌زنی ایجاد نماید (شکل ۳). ایشان دوره‌های پرایمینگ را به سه قسمت تقسیم نمودند و نشان دادند که دوره پرایمینگ بین ۱۲ تا ۲۴ ساعت بیشترین درصد جوانه‌زنی (حدود ۱۴ درصد افزایش در درصد جوانه‌زنی) را ایجاد کرد (شکل ۳). نامبردگان نشان دادند در بین روش‌های مختلف پرایمینگ بیشترین درصد جوانه‌زنی در تیمار بذر با اسیدهای آلی یا هورمون‌ها ایجاد شد (به میزان حدود ۲۸ درصد افزایش درصد جوانه‌زنی) بعد از این تیمار بذر با هیدروپرایمینگ با ۱۱ درصد افزایش درصد جوانه‌زنی در رتبه دوم قرار داشت و تیمار پرایمینگ با مواد اسمزی موجب حدود ۱ درصد کاهش در درصد جوانه‌زنی شد البته حدود اطمینان آن تا حدود ۱ درصد افزایش تغییر داشت (شکل ۳). ایشان نشان دادند که بین گیاهان تک‌لپه و دولپه نیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت و پرایمینگ بذر بر گیاهان دولپه اثر بیشتری داشت (شکل ۳).



شکل ۳- اثر پرایمینگ بذر بر درصد تغییرات جوانه‌زنی. دوره پرایمینگ، نوع ماده مورد استفاده در پرایمینگ و تک‌لپه یا دولپه بودن گیاه مورد ارزیابی قرار گرفته است (سلطانی و سلطانی (در دست انتشار)).

نتیجه‌گیری

روش فراتحلیل برای مرور مقالات و پژوهش‌های مختلف بسیار کارآمد است و قابلیت زیادی دارد. از طرفی نتایج آن به دلیل اینکه حاصل تجزیه آماری هستند قابل قبول است و می‌تواند به جمع‌بندی در مورد یک موضوع خاص کمک زیادی نماید. این مقاله سعی در معرفی و نحوه کاربرد روش فراتحلیل در تحقیقات علوم زراعی داشت و بعد از تعریف و ارائه روشی برای فراتحلیل، مزایا و محدودیت‌های آن نیز ذکر شد. در نهایت چند نمونه از کاربرد این روش در دنیا ارائه شد که مقالات جدیدی نیز بودند. تاکنون در ایران استفاده از این روش فقط در رشته‌های علوم اجتماعی و پزشکی صورت گرفته است. امید است، این مقاله راهی برای استفاده محققان کشور در کاربرد این روش آماری جدید باز کند.

منابع

1. Baloch, H.A., DiTommaso, A., and Watson, A.K. 2001. Intrapopulation variation in *Abutilon theophrasti* seed mass and its relationship to seed germinability. *Seed Sci. Res.*, 11: 335–343
2. Bretagnolle, F., Thompson, J.D., and Lumaret, R. 1995. The influence of seed size variation on seed germination and seedling vigor in diploid and tetraploid *Dactylis glomerata* L. *Ann. Bot.*, 76: 605–615.
3. Cordazzo, C.V. 2002. Effect of seed mass on germination and growth in three dominant species in southern Brazilian coastal dunes. *Brazil. J. Biol.*, 62: 427-435
4. Glass, G.V. 1976. Primary, secondary and meta_analysis. *Educational Research*, 5.
5. Guillemin, J.P., and Chauvel, B. 2011. Effects of the seed weight and burial depth on the seed behavior of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*). *Weed Biol. Manag.*, 11: 217–223.
6. Gurevitch, J., and Hedges, L.V. 1999. Statistical issues in ecological Meta-Analysis. *Ecology*, 80: 1142–1149.
7. Huang, S., Zeng, Y., Wu, J. Shi, Q., and Pan, X. 2013. Effect of crop residue retention on rice yield in China: A meta-analysis. *Field Crops Res.*, 154: 188-194.
8. Izanlo, B., and Habibi, M. 2011. Application of meta-analysis in social and behavioral science: a review of advantages, disadvantages, and methodological issues. *Res. Behavior. Sci.*, 9: 70-82.
9. Linqvist, B.A., Liu, L., van Kessel, C., and van Groenigen, K.J. 2013. Enhanced efficiency nitrogen fertilizers for rice systems: Meta-analysis of yield and nitrogen uptake. *Field Crops Res.*, 154: 246-254.

10. Matthews, S., Noli, E., Demir, I., Khajeh-Hosseini, M., and Wagner, M.-H. 2012. Evaluation of seed quality: from physiology to international standardization. *Seed Sci. Res.*, 22: S69–S73.
11. Milberg, P., Andersson, L., Elfverson, C., and Regnér, S. 1996. Germination characteristics of seeds differing in mass. *Seed Sci. Res.*, 6: 191–197.
12. Osenberg, C.W., Sarnelle, O., Cooper, S.D., and Holt, R.D. 1999. Resolving ecological questions through meta-analysis: goals, metrics, and models. *Ecology.*, 80:1105–1117.
13. Rotundo, J., and Westgate, M.E. 2009. Meta-analysis of environmental effects on soybean seed composition. *Field Crops Res.*, 110: 147–156.
14. Stamp, N.E. 1990. Production and effect of seed size in a grassland annual (*Erodium brachycarpum*, Geraniaceae). *Am. J. Bot.*, 77: 874–882.
15. Taylor, A.G., and Salanenka, Y.A. 2012. Seed treatments: phytotoxicity amelioration and tracer uptake. *Seed Sci. Res.*, 22: S86–S90.
16. Wang, L., Feng, Z., and Schjoerring, J.K. 2013. Effects of elevated atmospheric O₂ on physiology and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.): A meta-analytic test of current hypotheses. *Agric. Ecosys. Environ.*, 178: 57–63.



Necessity of using meta-analysis in field crops researches

E. Soltani^{1*} and A. Soltani²

¹ Assistant Prof., Dept. Agronomy and Plant Breeding, Pardis Aboureihan Tehran University, ² Professor, Dept. Agronomy and Plant Breeding, Gorgan University of Agricultural Resources

Received: 05/18/2014 ; Accepted: 09/13/2014

Abstract

Each year, many studies carried out on various aspects of crops. Results of these studies were not similar and sometimes were inconsistent, due to different effects of environment. For example, results of studies on the effect of seed size on seedling emergence rate were varied: some of them were reported a positive impact, some negative impacts and some no impact. In such cases, the final conclusion is difficult. Meta-analysis is created for such cases. Using this method, various studies on a specific topic can be analyzed statistically and reliable conclusions can be obtained from several studies that were fragmented and even contradictory. This method is recently gained attention by the field crops researchers and most published articles are new on meta-analysis in agronomy sciences. There is no published study in field crops researches and agronomy in Iran and it is necessary to use this methods. With this method, it could be possible to summarize many studies on a specific topic (i.e. density, planting date, application of water and fertilizers, and application of various treatments) and to find a final conclusion about the topic. The statistical basis of meta-analysis method is described in this article, the advantages and limitations of its application are discussed with some examples (from national and international studies).

Keywords: Agronomy, Meta-analysis, Systemic review, Narrative review

*Corresponding author; elias.soltani@ut.ac.ir