



AÇIK

VERİ TANIMLAYICISI

# Meta kanıt kütüphanesi tarimin sürdürülebilirliğini değerlendiren analitik literatür - veri seti

Andrea Schievano<sup>1✉</sup>, Marta Pérez-Soba<sup>(1)✉</sup>, Simona Bosco<sup>(1)</sup>, Ana Montero-Castaño<sup>1</sup>, Rui Catarino<sup>4</sup>, Mathilde Chen<sup>2</sup>, Giovanni Tamburini<sup>3</sup>, Beatrice Landoni<sup>(b)4</sup>, Otho Mantegazza<sup>4</sup>, Irene Guerrero<sup>(1)</sup>, Maria Bielza<sup>5</sup>, Michael Assouline<sup>(1)</sup>, Renate Koeble<sup>6</sup>, Frank Dentener<sup>(1)</sup>, Marijn Van der Velde<sup>(b)7</sup>, Carlo Rega<sup>7</sup>, Andrea Furlan<sup>7</sup>, Maria Luisa Paracchini<sup>(1)</sup>, Franz Weiss<sup>(1)</sup>, Vincenzo Angileri<sup>(1)</sup>, Jean-Michel Terres<sup>1✉</sup> & David Makowski<sup>(b)2✉</sup>

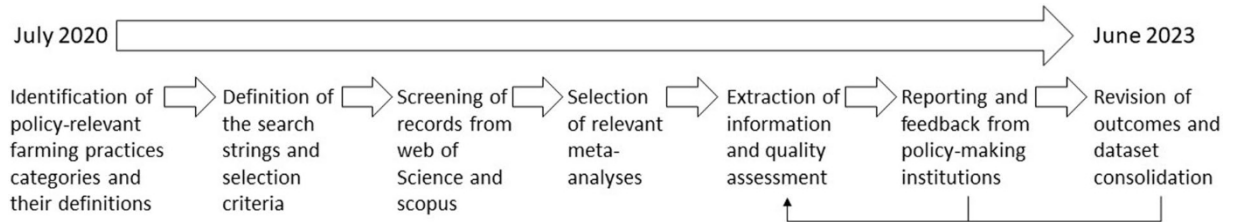
Son yirmi yılda, sayısı katlanarak artan meta-analizler (MA'lar), tarım uygulamalarının (FP'ler) çevresel etkileri üzerine binlerce hakemli çalışmayı sentezlemektedir. Bu makalede, 34 AH kategorisinin (tarımsal uygulamalar, ekim ve hayvancılık sistemleri, arazi yönetimi seçenekleri ve tarımsal faaliyetler gibi) etkileri üzerine kapsamlı bir veri seti olan iMAP-FP kanıt kütüphanesi açıklanmaktadır. azaltma teknikleri iklim değişikliğinin azaltılması, toprak sağlığı, çevre kirliliği, su kullanımı, besin döngüsü, biyoçeşitlilik ve tarımsal üretkenlik gibi 34 etkiye odaklanmıştır. Sistematik tarama yoluyla, 2000 yılından bu yana yayınlanan 570 MA seçilmiş ve FP türüne göre kategorize edilmiştir. Bunların etkilerini, kapsadıkları coğrafi bölgeleri ve kalitelerini değerlendirdik. 223 farklı müdahale-kontrol çiftinde bir kontrole (tipik olarak geleneksel tarım) kıyasla sürdürülebilir ÇP'lerle müdahale ilişkili 3.811 etkiyi ve bunların istatistiksel anlamlılığını çıkardık. Veri setimize, değerlendirilen her bir AH ile ilgili mevcut kanıtları özetleyen sentetik raporlar içeren çevrimiçi ücretsiz erişimli bir kütüphane eşlik etmektedir.

## Arka Plan ve Özet

Tarımsal uygulamaların sürdürülebilirliğine ilişkin bilimsel kanıtların sentezlenmesi, politika yapımcıların, kamu yöneticilerinin ve özel yatırımcıların bilinçli kararlar alması açısından kritik önem taşımaktadır. Gıda üretimi; gıda güvenliği, ekosistemlerin yenilenmesi, kaynakların korunması ve sera gazı emisyonlarının azaltılması gibi çok sayıda ve birbirine bağlantılı zorluğu beraberinde getirmektedir<sup>1</sup>. Karar vericilerin, tarım sistemlerini daha yüksek iklim, çevre ve verimlilik performansına doğru yönlendirmek için tarım uygulamaları (bundan sonra FP'ler olarak anılacaktır; tarımsal uygulamalar, ekim ve hayvancılık sistemleri, arazi yönetimi seçenekleri ve etki azaltma teknikleri dahil) hakkında sağlam bilgiye ihtiyacı vardır.

Web of Science ve Scopus gibi veri tabanlarında (agric\* OR farm\*) AND (sus- tainab\* OR environm\*) gibi sürdürülebilir tarım bilimiyle ilgili terimler için yapılan genel bir arama, 260.000'den fazla hakemli ön çalışmaya ulaşmaktadır. Bu bireysel çalışmalardan bazıları yakınsak veya benzer sonuçlar üretebilirken, bazıları çelişkili bulgular sağlayabilir. Bu farklılıklar farklı konulardan, çeşitli çevresel koşullardan ve diğer faktörlerden kaynaklanabilmekte ve kesin sonuçlara ulaşmak için gerekli olan istatistiksel sağlamlığı elde etmeyi zorlaştırmaktadır.

<sup>1</sup>Avrupa Komisyonu, Ortak Araştırma Merkezi (JRC), Ispra, VA, İtalya. <sup>2</sup>Paris-Saclay Üniversitesi, INRAE, AgroParisTech, Palaiseau, Fransa. <sup>3</sup>Toprak, Bitki ve Gıda Bilimleri Bölümü (DiSSPA - Entomoloji ve Zooloji), Bari Aldo Moro Üniversitesi, Bari, İtalya. <sup>4</sup>Biyobilim Bölümü, Milano Üniversitesi, Milano, İtalya. <sup>5</sup>Seidor Italy, s.r.l., Milano, İtalya. <sup>6</sup>ARHS Developments, Belvaux, Lüksemburg. <sup>7</sup>Avrupa Komisyonu, Tarım ve Hayvancılık Genel Müdürlüğü Kırsal Kalkınma, Brüksel, Belçika. ✉ e-posta: ;andrea.schievano@ec.europa.euschievanoa@gmail.com ; marta.jean-michel.terres@ec.europa.eudavid.makowski@inrae.fr



**Şekil 1** iMAP-FP veri setinin temelini oluşturan iş akışına şematik genel bakış<sup>20</sup>.

Sistematiik incelemeler ve meta-analizler (MA'lar), 2000 yılından bu yana tarım-çevre biliminde yayınlanan MA'ların ve sistematiik incelemelerin sayısındaki üstel artışta gözlemlendiği gibi, genel eğilimleri tespit etmeye ve farklılıklarla başa çıkmaya yardımcı olabilir. Örneğin, Web of Science ve Scopus veri tabanlarında çalıştırılan (agric\* OR farm\*) AND (sustainab\* OR environm\*) AND (meta-analy\* OR "systematic review\*") gibi tarım ve çevre bilimine uyarlanmış bir arama dizisi, sırasıyla 4.591 ve 6.260 hakemli MA vermektedir (arama Haziran 2023'te gerçekleştirilmiştir).

Sistematiik bir inceleme, belirli bir sorgu kullanılarak elde edilen tüm ilgili çalışmaların sistematiik olarak derlenmesini, değerlendirilmesini ve tanımlanmasını gerektirir. Kapsamlı bir protokolün kullanılması önyargıya karşı koruma sağlar ve şeffaf ve tekrarlanabilir bir süreç sağlar<sup>2</sup>. MA'lar ise sistematiik incelemeyi istatistiksel analizle birleştirerek birincil çalışmalarda belirli sonuçların ölçülmesini sağlar<sup>3</sup>. Bu yaklaşım, birincil çalışmalara göre belirgin avantajlar sunarak tarım-çevre bilimlerinde ilgi görmeye başlamıştır<sup>4</sup>. Bu avantajlar arasında etkilerin sonuçlarını iyileştirmek, yerel deneylerin sonuçlarını yükseltmek, farklı biyo-coğrafi, çevresel ve çiftlik yönetimi bağlamları altında AP performansındaki çeşitliliği incelemek ve görünüşte zıt araştırma bulgularını uzlaştırmak yer almaktadır. MA'lar bitkileri, ara ekim, tarımsal ormancılık, organik tarım ve korumacı tarım gibi çok çeşitli FP'leri ve bunların bitkisel üretim, su ve toprak kalitesi, biyoçeşitlilik, zararlı ve hastalık kontrolü, sera gazı emisyonları gibi etkileri kapsamaktadır<sup>5-(8)</sup>.

Son zamanlarda, daha da yüksek bir sentez düzeyinde, sistematiik inceleme yöntemleri, farklı AP'lerin etkilerine ilişkin sağlam ve güvenilir sonuçlar elde etmek için birden fazla yayınlanmış MA'dan elde edilen kanıtları sentezlemek için kullanılmaktadır<sup>4,(9)-(19)</sup>. Bununla birlikte, bu MA sentezleri hala az sayıdadır ve nispeten sınırlı AP gruplarına ve/veya etkilerine odaklanmıştır ve sürdürülebilir tarım bağlamında çok çeşitli AP'lerin etkilerinin geniş bir resmini sunmakta başarısız olmaktadır. Burada sunulan iMAP-FP veri seti<sup>20</sup> bu tür boşlukların doldurulmasına katkıda bulunabilir.

**iMAP-FP veri setini oluşturmak için kullanılan protokole genel bakış.** Bu makale, 34 ÇP kategorisinin iklim, çevre ve tarımsal verimlilik üzerindeki etkilerine ilişkin bugüne kadarki en kapsamlı veri setlerinden birini açıklamaktadır. Veri seti, Ortak Tarım Politikasının uygulanmasını, izlenmesini ve değerlendirilmesini, özellikle de çevre ve iklim değişikliği hedeflerini desteklemek için sağlam bilimsel kanıtlar sağlamayı amaçlayan iMAP projesi (Tarımsal ekonomi ve kaynak Politikası analizi için Entegre Modelleme platformu) kapsamında geliştirilmiştir. Proje, Avrupa Komisyonu Tarım ve Kırsal Kalkınma Genel Müdürlüğü tarafından Ortak Araştırma Merkezi'ne yaptırılmış olup, projenin belirli süresinin ötesine uzun vadeli bir perspektife sahiptir.

Şekil 1, yayınlanmış MA'ları taramak ve seçmek için kullanılan protokole şematik bir genel bakış sunmaktadır. Bir sonraki bölümde açıklanan titiz bir metodolojik çerçeveyi<sup>21</sup> izleyerek, 2000 yılından bu yana yayınlanan 13.935 hakemli MA'yı sistematiik olarak seçtik ve bunlardan bir dizi kriterlere dayanarak (bkz. veri setinin 3. Bölümü<sup>20</sup>) 570'ini daha seçtik ve bunları dikkate alınan AH'lerin türüne, değerlendirilen etkiye/etkilere, kapsanan coğrafi bölgelere ve kalite düzeylerine göre kategorize ettik. Bir kontrole (tipik olarak geleneksel tarım uygulamaları) kıyasla sürdürülebilir ASP'lerle müdahale) ilişkili etkilerin istatistiksel anlamlılığını 223 bağımsız müdahale-kontrol çifti üzerinden çıkardık. Sonuç ölçümlerini, iklimin hafifletilmesi, toprak sağlığı, çevre kirliliği, su kullanımı, besin döngüsü, biyoçeşitlilik ve tarımsal verimlilik dahil ancak bunlarla sınırlı olmamak üzere 34 etki kategorisinde sınıflandırdık. Son olarak, MA'larda bildirilen ana bilgi boşluklarını da çıkardık. iMAP-FP veri setine<sup>20</sup> ek olarak, belirli ÇP'lere ilişkin mevcut bilimsel kanıtları özetleyen raporlar oluşturmak için kullanılabilir, Avrupa Komisyonu etki alanında erişilebilir açık erişimli bir çevrimiçi kütüphane geliştirdik (**iMAP-FP-EvidenceLibrary**).

Bu veri seti ve kanıt kütüphanesine politika yapımcılar, bilim insanları, paydaşlar ve kamuoyu tarafından kolayca erişilebilir. Şu anda Avrupa Komisyonu yetkilileri tarafından Avrupa Birliği Ortak Tarım Politikası (CAP), Tarladan Sofraya stratejisi, Biyoçeşitlilik stratejisi, İklim yasası ve son Doğa Koruma Yasası gibi kilit politikaların karar ve değerlendirmelerini desteklemek için kullanılmaktadır. Aynı şekilde, dünya çapındaki diğer politika oluşturma bağlamları için de faydalı bir araç olabileceğine inanıyoruz. Ayrıca bilim camiasına, tarımsal sürdürülebilirlik alanındaki mevcut bilgi boşluklarını doldurmaya ve çabaları koordine etmeye yardımcı olacak "yaşayan" bir kütüphane olarak öneriyoruz.

## Yöntemler

Veri seti, aşağıda açıklanan adımlar izlenerek, yayınlanmış MA'ları almak ve sentezlemek için uygulanan sistematiik bir inceleme yaklaşımı kullanılarak geliştirilmiştir.

**Tarım uygulamaları kategorilerinin belirlenmesi ve tanımlanması.** Avrupa Birliği Ortak Tarım Politikası (OTPP) ile ilgilerine göre 34 ÇP kategorisi belirledik. Avrupa Komisyonu'nun

Çiftçilik uygulamaları	Uygulama ile ilgili anahtar kelimeler*	Boolean	Aramayı tarıma odaklamak için kullanılan anahtar kelimeler**	Boolean	MA'ları ve sistematik incelemeleri seçmek için kullanılan anahtar kelimeler ***
Organik tarım sistemleri	KONU: ("organik çiftlik*" VEYA "organik tarım" VEYA "organik sistem*" VEYA "organik ürün*")			VE	KONU: ("meta-analiz*" VEYA "sistematik* inceleme*" VEYA "kanıt haritası" VEYA "küresel sentez" VEYA "kanıt sentezi" VEYA "araştırma ")
Biyokömür ile toprak ıslahı	KONU: (biyokömür VEYA odun kömürü VEYA "siyah karbon")	VE	KONU: (toprak* VEYA tarım* VEYA çiftlik*)	VE	KONU: ("meta-analiz*" VEYA "sistematik* inceleme*" VEYA "kanıt haritası" VEYA "küresel sentez" VEYA "kanıt sentezi" VEYA "araştırma ")

**Tablo 1.** Her bir çiftçilik uygulaması kategorisi meta-analizlerin sistematik incelemesinde kullanılan arama denklemlerinin yapısı (ve örnekler). Tüm çiftçilik uygulama kategorileri için arama veri setinin 2. bölümünde mevcuttur<sup>20</sup>. \* Mümkün olduğunca çok sayıda eşanlı ve/veya alt uygulama tanımları sağlayın, mümkün olduğunda köklendirme kullanın \*\* Her zaman kullanılmaz. Yalnızca tarımsal faaliyetlerle ilgili olmayan çok sayıda makaleye ulaşıldığında aramayı kısıtlamak için kullanılır. Birincil çalışmaların alınmasını önlemek için \*\*\* standart sorgu

	Kalite kriterleri	
Kapsam Belirleme	1	Sentezin hedefleri açıkça belirtilmiştir
Arama	2	Arama veritabanları açıkça belirtilmiştir
	3	Arama dizesi/dizeleri ayrıntılı olarak açıkça bildirilmiştir/bilgilendirilmiştir
Çalışma seçimi	4	Seçim kriterleri belirtilmiş ve açıkça açıklanmıştır
	5	Seçim sürecinin tüm detayları açıklanmıştır (örneğin Prisma beyanı <sup>22</sup> )
	6	Seçilen çalışmaların listesi rapor edilmiş ve tam referanslar verilmiştir.
Veri çıkarma	7	Veri seçimi, çıkarımı ve depolanması için kullanılan yöntemler net bir şekilde açıklanmıştır.
İstatistiksel analiz	8	Etkilerin nicel bir değerlendirmesi, uygun istatistiklerle birlikte sunulmuştur.
	9	İstatistiksel yöntemler net bir şekilde açıklanmıştır.
	10	Birincil çalışma karşılaştırmalarının bireysel etki büyüklükleri raporlanır (örn. orman grafiği veya tablolar).
	11	Etkilerin heterojenliği analiz edilmiştir.
	12	Bireysel çalışmalar veya deneyler ağırlıklandırılmıştır.
	13	Güven aralıkları sunulmuştur.
Şeffaflık ve önyargı	14	Birincil çalışma veri seti erişilebilir ve kullanılabilir hale getirilmiştir.
	15	Finansman kaynakları rapor edilmiştir.
	16	Yayın yanlılığı analiz edilmiştir.

**Tablo 2.** Seçilen meta-analizlerin kalitesini değerlendirmek için kullanılan kalite kriterleri. Kalite kriterleri, bir meta-analiz gerçekleştirirken izlenen ana adımları kapsamaktadır.

Ortak Araştırma Merkezi ekibi, Tarım ve Kırsal Kalkınma Genel Müdürlüğü'nden dış uzmanlar ve yetkililerle birlikte, OTP Stratejik Planı (2023-27 programlama dönemi) ile ilgilerine dayanarak bu ÇP kategorilerini seçmiştir. Bunlar doğrudan ödemeler (GAEC ve Eco-Schemes) kapsamındaki araçları ve Kırsal Kalkınma müdahalelerini kapsamaktadır. ÇP'lerin listesi, ürün yetiştirme sistemlerini (tarımsal ormancılık, organik tarım, koruma tarımı gibi), geniş kapsamlı arazi seçenekleri gruplarını (peyzaj özellikleri veya otlak yönetimi gibi), belirli tarımsal veya hayvancılık yönetimi uygulamalarını (organik fer-tilizasyon, yüksek verimli gübreler, hayvan besleme teknikleri vb. gibi) ve çevresel azaltma (gübre depolama teknikleri gibi) içermektedir. Bu ÇP kategorileri sadece grup düzeyinde bilgileri (örneğin peyzaj özellikleri) değil, aynı zamanda belirli alt uygulamaları (örneğin tarla kenarları) da içerir. ÇP'lerin tanımları Eurostat, Avrupa Gıda Güvenliği Ajansı (EFSA), Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) veya Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) gibi çeşitli resmi kaynakların yanı sıra incelenen bilimsel literatürde bulunan geçici tanımlardan türetilmiştir.

**Potansiyel olarak ilgili meta-analizlerin sistematik olarak belirlenmesi.** Her AH kategorisi için özel bir arama denklemi tanımlanmıştır. Arama denklemlerinin ilk kısmı, tanımından, bilimsel literatürden ve ilgili AB politika çerçevelerinden türetilen AH'ye yönelik anahtar kelimelerin bir kombinasyonunu içermektedir (Tablo 1). ÇP'ye özgü bu anahtar kelime kombinasyonu bir "çekirdek" ekip (yedi bilim insanı) tarafından gözden geçirilmiş ve bilim insanları ve politika görevlilerinden oluşan daha geniş bir ekiple yapılan tartışmaların ardından yinelemeli olarak geliştirilmiştir. Denklem ikinci ve üçüncü kısımları tüm ÇP'ler için ortak. İkinci kısım isteğe bağlı olarak aramayı özellikle tarımsal uygulamalarla ilgili konuları ele alan makalelerle sınırlandırmak için kullanılmıştır. Bu ikinci kısım her zaman gerekli değildir ancak arama denkleminin ilk kısmında listelenen anahtar kelimeler çok sayıda ilgisiz makale (tarımsal faaliyetlerle ilgili olmayan) seçtiğinde faydalı oldu. Arama denkleminin üçüncü kısmı, aramayı yalnızca meta-analizlere veya sistematik incelemelere odaklamak için belirli anahtar kelimeler içeriyordu, birincil literatürü ve sistematik olmayan anlatı incelemelerini hariç tutuyordu. Bir veya birkaç spesifik çevre/iklim/verimlilik sonucuyla ilgili anahtar kelimeleri dahil etmedik, çünkü bu incelemenin potansiyel sonuçları sınırlamadan mümkün olduğunca kapsamlı olmasını istedik.

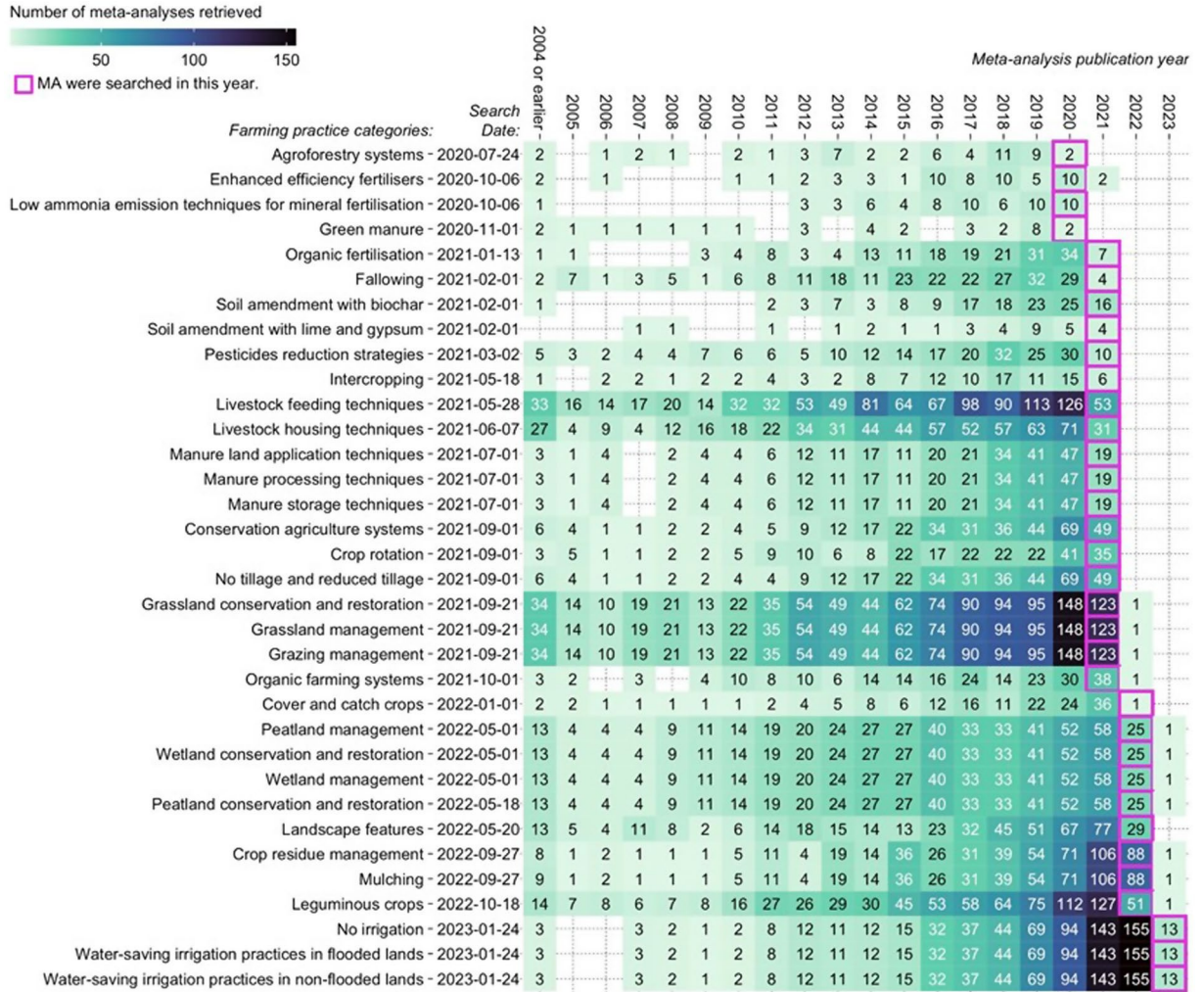
İki büyük elektronik veri tabanında (Web of Science ve Scopus) yapılan aramalar, Temmuz 2020'de ilk AP seti için başlamış ve Haziran 2023'te en son AP'lerle sona ermiştir.

Bölüm	İsim	İçerik	Dosya adı	Benioku dosyası sekmesi	Satır sayısı	Sütun sayısı
1	Çiftçilik uygulamaları tanımları ve tanımlayıcıları	Her bir tarım uygulamasının tanımları, bibliyografik referanslar ve tanımın dahil etme ve hariç tutma sınırlarını belirleyen anahtar tanımlayıcılar.	01_fp_definitions.csv	01_readme	128	4
2	Arama denklemleri	Her bir çiftçilik uygulaması kategorisi için: web kütüphanelerindeki (Web of Science ve Scopus) arama denklemlerinin tam listesi ve arama tarihleri.	02_search_eq.csv	02_readme	128	9
3	Tarama seçim kriterleri	Tarama aşamasında ilgili meta-analizleri seçmek için kullanılan spesifik dahil etme ve hariç tutma kriterlerinin listesi.	03_selection_criteria.csv	03_readme	332	3
4	Sistemik tarama kayıtları	Web of Science ve Scopus'tan alınan literatür kayıtlarının tam listesi ve özetlerin sistemik taramasının ve tam metin okumasının ayrıntıları.	04_screening.csv	04_readme	14152	13
5	Seçilmiş meta-analizlerin listesi	Referans detaylarıyla birlikte seçilen benzersiz meta-analizlerin nihai listesi.	05_ma_list.csv	05_readme	694	6
6	Her bir meta analizin kalite değerlendirmesi	Sistemik incelemenin kalitesinin, istatistiksel analiz kalitesinin ve yanlışlık riskinin değerlendirilmesi (16 kriter)	06_ma_kalite_değerlendirme.csv	06_readme	1313	19
7	Her bir meta-analizsin sentezi	Her meta-analiz ana bulgularının kısa raporları, Cochrane Müdahalelerin Sistemik İncelemeleri için El Kitabı'nı <sup>13</sup> takip standart bir yapı kullanılarak hazırlanmıştır. Bu, arka planı içerir ve hedefler, arama stratejisi, istatistiksel yöntemler, ana sonuçlar, ana sonuçlar, faktörler Meta-analizlerin yazarları tarafından belirlenen ana sonuçları, ana bilgi boşluklarını etkilemektedir.	07_ma_synthesis.csv	07_readme	1313	18
8	Nüfus-Müdahale-Karşılaştırmalı-Sonuç (P-I-C-O) kombinasyonları ve etki büyüklüğü türleri	Müdahale-karşılaştırmalı çiftlerinin yapısı, sonucu ölçmek için kullanılan ölçütler ve her bir meta-analiz yazarları tarafından açıklandığı şekilde etki büyüklüklerinin türü.	08_pico_combinations.csv	08_readme	1313	10
9	Etkileyen faktörler olarak bulunan nüfus değişkenleri	Her bir meta-analiz ana sonuçlarını önemli ölçüde etkileyen popülasyon değişkenleri.	09_population_variables_factors	09_readme	1622	10
10	çiftlerinin sınıflandırılması, etki kategorileri ve her bir P-I-C-O kombinasyonunun istatistiksel testlerinin sonuçları	Müdahale-karşılaştırmalı çiftlerinin sınıflandırılması. Sonuç metriklerinin etki kategorilerine göre sınıflandırılması. Her bir PICO kombinasyonu için nitel sonuçlar: istatistiksel testlerin ana sonuçlarının yönü (önemli ölçüde pozitif veya negatif, anlamlı değil, istatistiksel testler yok).	10_pico_cat_results.csv	10_readme	3704	17

**Tablo 3. iMAP-FP veri setinin yapısı.** Bölümler halinde yapılandırılmış iMAP-FP veri setinin yapısı. Her bölüm, JRC veri kataloğu deposunda<sup>20</sup> raporlanan ve tüm değişkenler hakkında açıklamalar içeren bir "benioku" dosyasının ilişkilendirildiği tek bir veri dosyasına (.CSV formatı) karşılık gelmektedir.

**Meta-analizlerin seçimi.** Bu çalışmada kullanılan sistemik inceleme metodolojisi alandaki en iyi uygulamalarla uyumludur ve Sistemik İncelemeler ve MA'lar için Tercih Edilen Raporlama Öğeleri (PRISMA) beyanı ve Müdahalelerin Sistemik İncelemeleri için Cochrane El Kitabı<sup>22</sup> tarafından yönlendirilmiştir. İki veri tabanından elde edilen sonuçların birleştirilmesi ve mükerrerlerin silinmesinden sonra, seçim süreci ilgili MA'ları belirlemek için birden fazla adımı içermiştir. Tarama, her bir AH kategorisi için iki araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiş ve daha sonra açık dışlama/dahil etme kriterlerine göre yedi hakemden oluşan bir grup tarafından incelenmiştir (aşağıya bakınız). Çerçevemiz öncelikle MA'ları sentezlemeyi amaçlasa da, resmi istatistiksel analiz eksik olsa bile bazı nicel sonuçlar içeriyorsa sistemik incelemeleri de dikkate aldık. Tamamen nitel sistemik incelemeler ve sistemik olmayan incelemeler hariç tutulmuştur. Kısacası, "MA" terimini kullandığımızda, sistemik incelemeleri de dahil ediyoruz. Tüm AH'ler için uygun çalışmalar şunlardır (a) sistemik protokoller aracılığıyla elde edilen birincil literatürün hakemli MA'ları olan; (b) bir veya daha fazla uygulanabilir AH'nin kontrol uygulamaları ile tarımsal (üretim verimi, verimlilik, vb.), çevresel veya iklimsel etkiler açısından ikili karşılaştırmalarından elde edilen sonuçları rapor eden ve (c) İngilizce olarak yayınlanan çalışmalar. Ardından, her bir AH için belirli ek dahil etme ve hariç tutma kriterleri belirlenmiştir (bkz. veri setinin 3. Bölümü<sup>20</sup>). Bu kriterler kullanılarak, ilk tarama başlık ve özete dayandırılmıştır. Elde edilen makaleler daha sonra uygunluk açısından değerlendirilmiş ve Nüfus, Müdahale, Karşılaştırmalı, Sonuç (PICO) tam metni okuduktan sonra. Hakemler arasındaki herhangi bir görüş ayrılığı fikir birliği ile çözülmüştür.

"PICO" yapısı meta-analiz ve kanıta dayalı bilimde kullanılan tipik bir semantik yapıdır<sup>4</sup>. Müdahale-Karşılaştırmalı çifti, bir veya daha fazla ölçüt kullanarak sonucu (bizim durumumuzda çevresel, iklimsel veya üretkenlik etkisi) ölçerek bir kıyaslama ölçütüne (bizim durumumuzda bir karşılaştırmalı uygulama) göre bir müdahalenin (bizim durumumuzda bir tarım uygulaması) etkisini değerlendirmek için kullanılan deneylerin temelidir. "Popülasyon", birçok farklı değişkeni kullanarak müdahalenin nesnesini ve deneysel koşulları tanımlar. Bizim durumumuzda popülasyon, müdahalenin (tarım uygulaması) uygulandığı tarımsal ekosistem türüdür ve pedoiklim koşulları, toprak türü, ekosistem ve peyzaj yapısı, ürün türü vb. gibi çeşitli değişkenlerle tanımlanabilir.



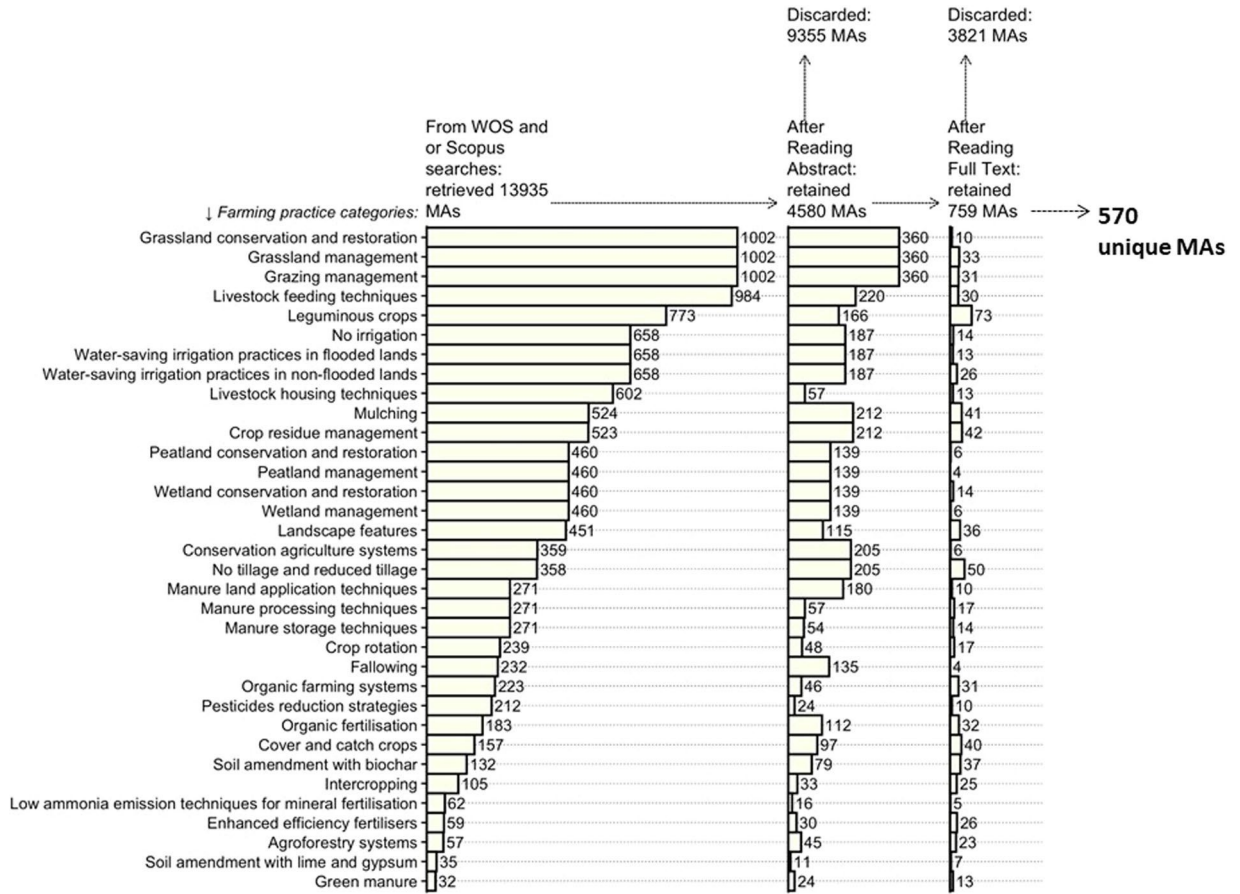
**Şekil 2** Web of Science ve Scopus veri tabanlarından alınan kayıtlar. Şekil 2. 34 çiftçilik uygulama kategorisi için belirli arama denklemleri kullanılarak elde edilen benzersiz kayıtların yıllara göre dağılımı. Çiftçilik uygulama kategorileri, adlarından sonra verilen arama tarihlerine göre kronolojik olarak sıralanmıştır. Mor kareler, her bir çiftçilik uygulaması kategorisi için arama ve tarama yılımı görselleştirmek için kullanılmıştır.

**Veri çıkarma.** Veriler, her bir AH kategorisi için seçilen MA'lardan standartlaştırılmış bir veri çıkarma tablosu kullanılarak çıkarılmıştır (bkz. Ek Tablo S1). Her AH kategorisi için en az iki hakem (MA'ların belirlenmesi ve seçilmesinden sorumlu olan) veri çıkarma işlemini gerçekleştirmiştir. Çıkarılan veriler ekibin diğer araştırmacıları tarafından gözden geçirilmiştir.

**Seçilen MA'ların tanımı.** Seçilen her bir MA için, bilimsel arka plan ve ana hedefler, sistematik inceleme için kullanılan yöntemler (örn, literatür arama stratejisi ve seçim kriterleri), istatistiksel analiz, orijinal birincil çalışmaların ve çalışmaların sayısı, hedef popülasyon (yani, belirli pedo-iklim koşulları, coğrafi alanlar, MA'ya dahil edilen birincil çalışmalar tarafından kapsanan ürün türleri veya arazi kullanımı), karşılaştırma çiftleri (müdahale olarak kullanılan FP ve karşılaştırıcı olarak kullanılan FP), ana sonuçlar, etkili faktörler, yazarlar tarafından çıkarılan sonuçlar ve belirlenen bilgi boşlukları. Bilgiler, her bir MA'nın yazarları tarafından kullanılan orijinal ifadelerle sadık metin dizeleri kullanılarak elektronik tablolara (Ek Tablo S1) kaydedilmiştir.

**Etki büyüklüğü türlerinin ve istatistiksel testlerin sonuçlarının raporlanması.** Birincil çalışmalarda sonuçlar, belirli ölçütler (örneğin tahıl verimi, toprak organik karbon içeriği, tarla kuşu türlerinin bolluğu, hektar başına azot oksit emisyonu vb.) MA'lar, dikkate alınan sonuç için karşılaştırıcıya kıyasla müdahalenin ortalama etki büyüklüğünü tahmin etmek için sonuçları birleştirir. Burada, her bir MA'da kullanılan etki büyüklüğü türlerini raporladık; örneğin müdahale ve karşılaştırma ölçütünün oranı (I/C) veya bunların görelî farkı ((I-C)/C)), oranın logaritması, standartlaştırılmış fark vb.

Her bir PICO kombinasyonu elektronik tabloda yeni bir giriş satırı olarak çıkarılmıştır (Ek Tablo S1). Raporlanan her bir ortalama etki büyüklüğünü dört olası seviyeye sınıflandırdık: (a) önemli ölçüde pozitif, (b) önemli ölçüde

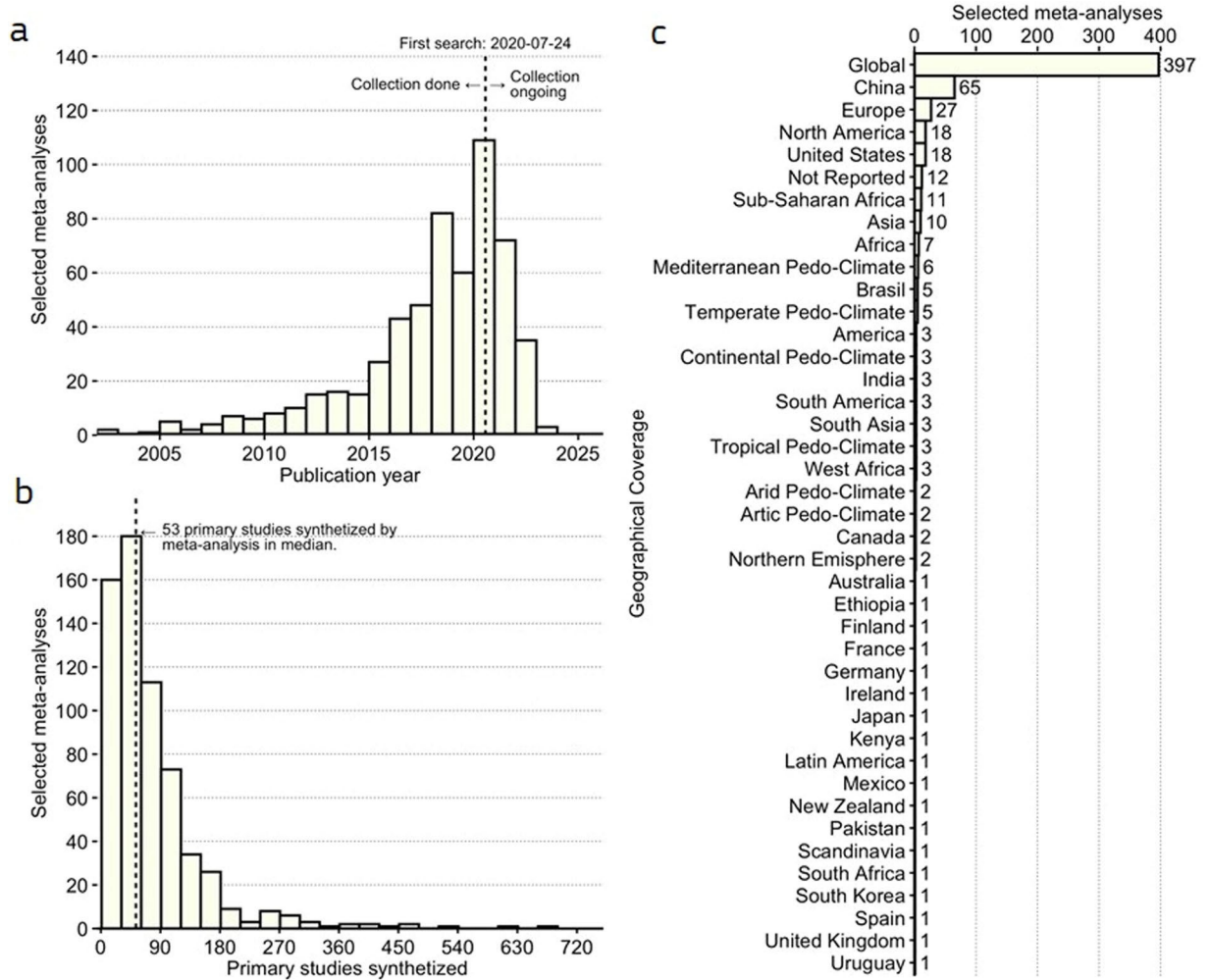


**Şekil 3** Tarımın sürdürülebilirliği alanında yayınlanan meta analizlere (MA'lar) uygulanan sistematik haritalamaya yol açan seçim sürecinin grafiksel gösterimi. Web of Science ve Scopus'tan alınan MA'ların sayısı (mükerrerlik giderildikten sonra), 34 tarım uygulaması (FP) kategorisinin her biri için ilk çubuk grafikte raporlanmıştır. Başlık-özet okumasından sonra ve tam metin okumasından sonra tutulan ve atılan MA'ların sayısı sonraki iki çubuk grafikte rapor edilmiştir. Bazı MA'lar birden fazla kategorisine ilişkin sonuçlar bildirdiğinden, daha fazla veri çıkarımı için seçilen benzersiz MA'ların nihai sayısı da rapor edilmiştir.

negatif etki, (c) anlamlı olmayan etki, (d) resmi istatistiksel analizden yoksun sonuçlar. Bu sınıflandırma, MA'ların yazarları tarafından bildirilen güven aralıklarına veya p-değerlerine (veya diğer istatistiksel test sonuçlarına) dayanmaktadır.

**Meta-analizlerin kalite değerlendirmesi.** Seçilen MA'ların kalitesi, standartlaştırılmış bir kalite değerlendirme yöntemi izlenerek 16 bağımsız kalite kriterine göre değerlendirilmiştir (Tablo 2<sup>(11)</sup>). Kriterler, bir MA yürütülürken izlenen tüm farklı adımlarda sistematik inceleme sürecinin kalitesini, istatistiksel analiz kalitesini ve yanlışlık riskini kapsamaktadır. Bu kriterlerin birçoğu önceki yayınlarda da bulunabilir<sup>10,(11),(23),(24)</sup>.

**Müdahale-karşılaştırmacı çiftlerinin ve sonuç metriklerinin sınıflandırılması ve uyumlaştırılması.** PICO çıkarımından sonra, müdahale-karşılaştırmacı çiftlerini (geleneksel tarıma karşı tarımsal ormancılık gibi) ve sonuç metriklerini (toprak karbon stoğu, toprak sediment kaybı, kuş bolluğu vb. gibi) homojenleştirilmiş kategorilere ayırdık. Müdahale-karşılaştırmacı çiftlerini, her bir MA'nın orijinal ÇP tanımlarını genel tanımlarla ilişkilendirerek sınıflandırdık. Deneylere bağlı olarak metrikleri iki farklı türde sınıflandırdık: deneysel deneyler (örneğin saksı, laboratuvar, sera, tarla veya çiftlik ölçeğinde) veya model simülasyonlarına dayalı sayısal deneyler (yaşam döngüsü değerlendirme modelleri dahil). Ayrıca, bu ölçümleri çevre, iklim veya verimlilik hedeflerine yönelik olup olmadıklarına bağlı olarak farklı etki kategorilerinde sınıflandırdık. Metrikler, doğrudan bir bağlantı kurulabildiğinde etki kategorilerine, vekil temelli veya dolaylı neden-sonuç ilişkilerinden kaçınıldı. Örneğin, "azot sızıntısı" veya "sediman akıntısı" metrikleri sırasıyla "Besin sızıntısı ve akıntısı" ve "Toprak erozyonu" etki kategorileriyle ilişkilendirilirken, "Su kalitesi" veya "Toprak besin maddeleri" ile ilişkilendirilmemiştir. Her bir metriğe, etkiye yönelik olumlu etkiyle ilişkilendirilmek üzere bir değişim yönü (yani azalma veya artış) atadık. Örneğin, "toprak karbon içeriğinin artırılması" "karbon tutulumunun artırılması" ve "toprak metan alımının artırılması" "sera gazı emisyonunun azaltılması" ile ilişkilendirilmiştir.



**Şekil 4** Seçilen meta-analizlerin yayın yılına (a), sentezlenen birincil literatür makale sayısına (b) ve coğrafi kapsama (c) göre dağılımı. Noktalı çizgiler literatür tarama sürecinin başlangıç tarihini (a) ve meta-analiz başına sentezlenen birincil çalışmaların medyanını (b) göstermektedir.

**Kısıtlamalar.** MA seçimini ve veri çıkarımını kasıtlı olarak çevre, iklim ve verimlilik etkileriyle ilgili sonuçlarla sınırlandırdık. Bu nedenle, veri setinin mevcut versiyonunda (2023 versiyonu)<sup>(20)</sup>, ekonomi, gıda kalitesi, güvenliği, besin değerleri, işgücü ve sosyal boyutlarla ilgili tüm sonuçlar dikkate alınmamıştır.

Analizi hızlandırmak için, belirli bir AH ve etki kombinasyonu için MA sayısı 10'u aştığında, seçim sürecini ya daha eski MA'ları hariç tutarak ya da küresel ölçekte gerçekleştirilen MA'lara öncelik vererek en son 10 MA ile sınırlandırdık. Bu kriterlerin ayrıntıları her bir ÇP kategorisi için seçim kriterleri arasında raporlanmıştır.

iMAP-FP veri setinin mevcut versiyonunda (2023 versiyonu)<sup>(20)</sup>, seçilen MA'lar tarafından bildirilen etki büyüklüklerinin nicel sayısal tahminleri çıkarılmamıştır.

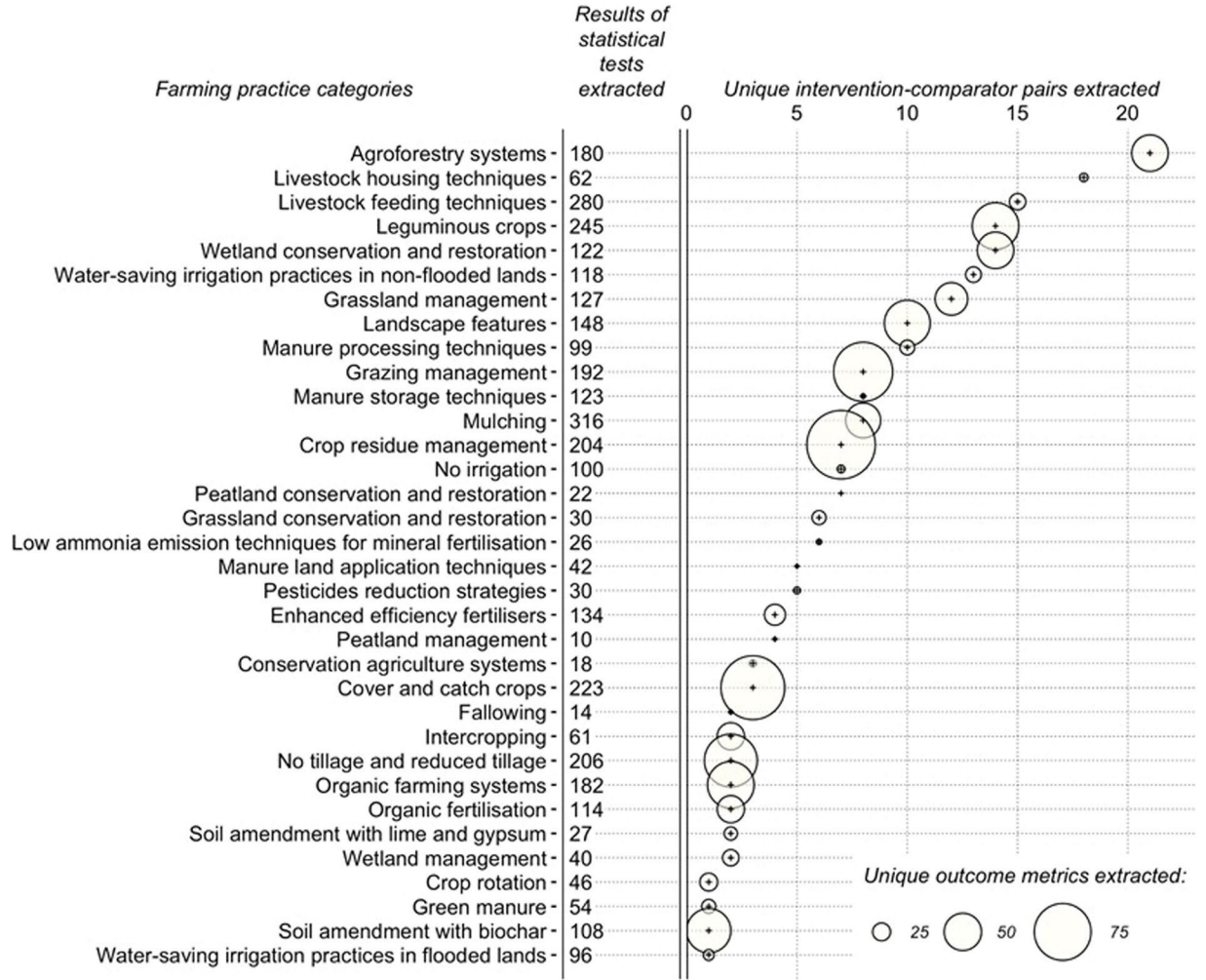
### Veri Kayıtları

Tam iMAP-FP veri seti (2023 versiyonu) JRC veri kataloğu platformunda mevcuttur<sup>20</sup>. Aşağıda veri setinin farklı bölümleri açıklanmaktadır<sup>20</sup>. Tablo 3, her bir analitik adımdan elde edilen verileri ve her biri ayrı bir elektronik tabloda (CSV formatı) saklanan ilgili dosyaların adlarını belirterek farklı bölümlerin raporlanmasını desteklemektedir. Burada içeriğin kısa bir açıklamasını veriyoruz.

**Bölüm 1 - Tarım uygulamaları sözlüğü.** Bölüm 1, sürecin ilk adımı olan AH'lerin tanımlanmasına karşılık gelmektedir. Literatür referanslarıyla birlikte AH'lerin tanımlarını içeren bir sözlüğün yanı sıra bu tanımların sınırlarına (neyin dahil edilip neyin hariç tutulduğuna) ilişkin daha ayrıntılı açıklamalar içermektedir.

**Bölüm 2, 3 ve 4 - MA'ların sistematik taraması.** Bölüm 2, Web of Science ve Scopus veri tabanlarında çalıştırılan tüm arama denklemlerini tarihleriyle birlikte raporlamaktadır. Web of Science ve Scopus veri tabanlarında çalıştırılan tüm arama denklemlerinden elde edilen literatür kayıtlarının sayısı (arama tarihleri dahil), FP kategorisine ve yayın yılına göre sıralanmış olarak ve mükerrerlik giderildikten sonra Şekil 2'de raporlanmıştır.

Bölüm 3, her bir AH kategorisi için ilgili MA'ların taranması ve seçilmesi için kullanılan hariç tutma/dahil etme kriterlerinin ayrıntılı listesini rapor etmektedir. Tarama sürecinin ayrıntıları (her bir kaydın referansları dahil,



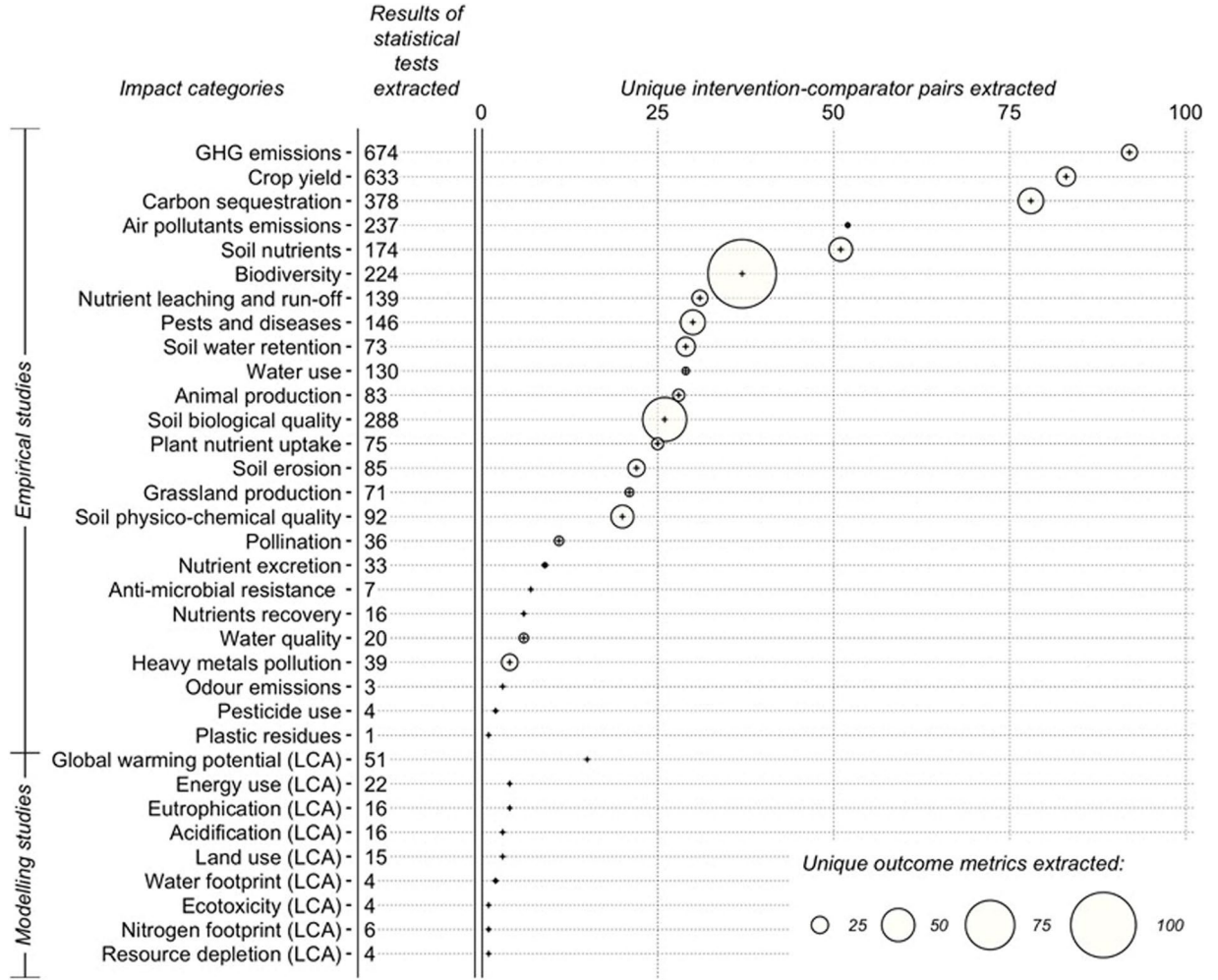
**Şekil 5** Tarım uygulaması kategorisine göre veriler. Her bir tarım uygulaması kategorisi için belirlenen etkilere ilişkin istatistiksel testlerin sonuç sayısı (yani, bir tarım uygulamasının karşılaştırma uygulamasına göre sonuç üzerindeki etkisinin önemini test etmek için kullanılan istatistiksel modellerin sonuçları), benzersiz müdahale-karşılaştırma çiftleri ve sonuç ölçümleri (yani, tarım uygulamalarının sonucunu ölçmek için kullanılan ölçümler).

özet veya tam metin okuma sırasında hariç tutma / dahil etme) veri setinin 4. Bölümünde yer almaktadır<sup>20</sup>. Şekil 3, Temmuz 2020'den Haziran 2023'e kadar yaklaşık 36 ay süren sistematik seçim sürecine genel bir bakış sunmaktadır. Her iki veri tabanında bulunan mükerrer kayıtlar elendikten sonra, her bir AH kategorisinin seçim kriterlerini karşılama potansiyeli olan toplam 13.935 kayıt tespit edilmiştir (veri setinin 3. Bölümünde ayrıntılı olarak raporlanmıştır<sup>20</sup>). Başlıklar ve özetler tarandıktan sonra, 4.580 tam metin makale uygunluk açısından değerlendirilmiş ve son olarak 759 MA veri çıkarımı için tutulmuştur. Bu MA'ların bazıları birden fazla FP kategorisi seçim sürecinde eş zamanlı olarak seçilmiştir; bu nedenle, tüm FP'lerde seçilen benzersiz MA'ların nihai sayısı 570'tir.

Her bir FP kategorisinin (yani her bir arama denkleminde elde edilen) seçim sürecine ilişkin daha fazla ayrıntı, Sistematik İncelemeler ve Meta-Analizler için Tercih Edilen Raporlama Öğeleri (PRISMA) beyan şemaları kullanılarak Ek Bilgiler'de rapor edilmiştir<sup>(25)</sup>.

**Bölüm 5 - Seçilen MA'lar.** Bölüm 5, tarama süreci boyunca seçilen 570 benzersiz MA'nın referans listesini içermektedir. Seçilen 570 benzersiz MA'dan yaklaşık 100'ü birden fazla FP kategorisinde sonuç bildirmiştir. Ortalama olarak, her bir ÇP için 10 YY ilgili olup Şekil 3), bazı ÇP'ler 73 YY (Baklagil bitkileri), 51 (Toprak işlenmiş ve azaltılmış toprak), 41 (Örtü ve yakalama bitkileri, malçlama) tarafından kapsanırken, diğer ÇP kategorileri az sayıda YY tarafından kapsanmıştır (örneğin, sadece 4 YY ile nadas).

Seçilen MA'ların yayın yılına göre dağılımı Şekil 4a'da raporlanmıştır. Her bir MA'daki birincil çalışmaların medyan sayısı 53'tür ve 4 ile 678 arasında değişmektedir (Şekil 4b). Seçilen MA'lar genellikle (570 MA'dan 397'si) belirli coğrafi sınırlamalar olmaksızın küresel ölçekte (Şekil 4c) oluşturulmuştur. Daha az sayıda MA belirli kıtalara (örneğin Çin'de 65, Avrupa'da 27, Kuzey Amerika'da 18, Afrika/Sahra Altı-Afrika/Batı-Afrika'da 21 ve Asya/Güney Asya'da 13) veya ülkelere (örneğin Çin'de 72, ABD'de 18, Brezilya'da 6, Hindistan'da 3, Yeni Zelanda ve Kanada'da 2) ya da biyocoğrafi bölgelere (örneğin Akdeniz'de 6, ılıman iklimde 5, tropikal iklimde 3, kıtasal iklimde 3, artik ve kurak iklimde 2) odaklanmıştır.



**Şekil 6** Etki kategorilerine göre veriler. Her bir çevre/iklim/verimlilik etkisi kategorisi için tanımlanan etkilere ilişkin istatistiksel testlerin sonuçlarının sayısı (yani bir tarım uygulamasının karşılaştırma uygulamasına göre sonuç üzerindeki etkisinin önemini test etmek için kullanılan modellerin sonuçları), benzersiz müdahale-karşılaştırma çiftleri ve sonuç metrikleri (yani tarım uygulamalarının sonucunu ölçmek için kullanılan metrikler). Etki kategorileri de birincil çalışmaların türüne (ampirik veya modelleme) göre ayrılmıştır.

**Bölüm 6 - MA'ların kalite değerlendirmesi.** Veri setinin<sup>20</sup> 6Bölümü, Tablo 2de gösterildiği gibi, seçilen MA'ların (16 kriter) kalite, şeffaflık ve sağlamlık değerlendirmesini içermektedir. Aynı MA tarafından raporlanan farklı FP kategorileri veya etki kategorileri için biraz farklı kalite değerlendirmeleri kaydedilmiş olabileceğini unutmayın. Örneğin, bazı durumlarda, istatistiksel analiz, aynı MA tarafından raporlanan karbon tutumu ve biyoçeşitlilik ile ilgili ölçütler için farklı kalitede (örneğin ağırlıklı ortalama, güven aralıkları, vb.) olmuştur.

**Bölüm 7 - Nitel sentez ve raporlama.** Veri setinin<sup>20</sup> 7. Bölümü, MA'ların yazarları tarafından orijinal olarak bildirilen ifadeleri kullanarak seçilen MA'ları özetlemektedir. Her bir AH ve etki kategorisi kombinasyonu için aşağıdaki öğeler raporlanmaktadır: bilimsel arka planları, ana hedefleri, ana bulguları, sonuçları etkileyen ilgili faktörler, yazarların sonuçları ve ana bilgi boşlukları dahil olmak üzere her bir MA'nın temel özellikleri. Bu yapı, Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions<sup>26</sup> tarafından sistematik incelemelerin ve meta-analizlerin raporlanmasında kullanılan bir standarttır.

**Bölüm 8 ve 9 - Müdahale-karşılaştırmacı çiftlerinin, sonuç ölçütlerinin ve etki kategorilerinin sınıflandırılması.** Veri setinin<sup>20</sup> 8. Bölümü müdahale ve karşılaştırma çiftlerini (örn. "toprak işlemez" ve "geleneksel toprak işleme", "örtü bitkisi" ve "çıplak toprak", vb.), sonuç ölçütlerini (örn. toprak organik karbon stoğu, N<sub>2</sub>O emisyonu, vb.) ve etki büyüklüklerinin türünü (örn. oranın logaritması, Hedge's g, vb.) raporlamaktadır. Tüm öğeler, yazarlar tarafından MA'ların orijinal metninde kullanılan tanımlar kullanılarak raporlanmıştır.

Bölüm 9, her bir MA tarafından bildirilen ana PICO kombinasyonlarının her biri için istatistiksel testlere (yani anlamlı derecede pozitif veya negatif, anlamlı değil, istatistiksel testler yok) dayalı olarak anlamlılıkları olan 3.811 sonucun kategorize edilmiş bir listesini raporlamaktadır. Toplamda 223 farklı müdahale-karşılaştırmacı çifti kombinasyonu sınıflandırılmıştır (belirli bir FP'ye karşı kontrol FP). FP başına ortalama benzersiz müdahale-karşılaştırmacı çifti sayısı 6 idi, ancak 1 ile 21 arasında değişiyordu (Şekil 5). Seçilen MA'lar tarafından bildirilen sonuçlar 553 benzersiz sonuç ölçütünü kapsamaktadır. Gruplandırıldı

Values corrected

	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5	Section 6	Section 7	Section 8	Section 9	Section 10
<b>Farming practice categories</b>										
Agroforestry systems	4	4	3	108	3	3	3	29	7	8
Landscape features	8	8	8	18	10	8	13	20	16	16
Leguminous crops	3	4	3	14	4	4	7	26	20	23
No tillage and reduced tillage	3	4	3	7	4	4	9	26	17	18
Enhanced efficiency fertilisers	1	1	1	33	11	1	11	12	7	7
Wetland conservation and restoration	5	7	6	7	6	6	8	10	8	8
Crop residue management	2	2	2	11	4	4	8	13	9	9
Mulching	2	2	2	9	3	3	5	12	10	10
Organic fertilisation	3	3	3	7	7	3	7	8	6	6
Organic farming systems	2	2	2	6	2	2	2	11	11	11
Intercropping	1	2	1	2	1	1	1	14	14	14
Grassland management	3	3	3	14	4	3	3	6	6	6
Cover and catch crops	1	1	1	4	1	1	3	14	12	12
Peatland management	3	4	3	5	4	4	6	8	6	6
Livestock dietary manipulation techniques	4	3	3	9	3	3	3	7	7	7
Soil amendment with biochar	1	1	1	7	2	1	1	10	10	10
Wetland management	2	3	2	4	3	3	5	8	6	6
Grazing management	2	2	2	11	2	2	2	5	5	5
Peatland conservation and restoration	2	2	2	4	3	3	5	6	4	5
Grassland conservation and restoration	2	2	2	12	2	2	2	3	3	3
Green manure	2	2	2	2	2	2	2	6	6	6
Water-saving irrigation practices in non-flooded lands		1		7	1			7	7	7
Pesticides reduction strategies	2	2	2	6	2	2	2	3	3	6
Water-saving irrigation practices in flooded lands		1		7	1		3	7	4	4
No irrigation				5	1			5	5	5
Manure land application techniques	1	1	1	5	1	1	1	3	3	4
Manure processing techniques	1	1	1	2	1	1	1	4	4	4
Crop rotation	1	1	1	3	1	1	1	3	3	3
Livestock housing techniques	1	2	1	6	1	2	1	1	1	1
Low ammonia techniques for mineral fertilisation	2	2	1	4	1	1	1	1	1	1
Soil amendment with lime and gypsum	1	1	1	2	1	1	1	2	2	2
Manure storage techniques	1	1	1	2	1	1	1	2	2	2
Fallowing	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1
All	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Conservation farming systems				1						

**Şekil 7** Veri setinin Haziran ve Ekim 2023 tarihleri arasında 5 hakem tarafından gerçekleştirilen teknik al doğrulaması. Veri setinin her bölümünde ve tarım uygulaması kategorisi başına düzeltme sayısı (örneğin etki kategorilerine metrik atıflar, sonucun yanlış yönü, eksik girişler, vb).

Bu ölçütler 34 etki kategorisine ayrılmıştır (Şekil 6). Bu ölçümlerin büyük çoğunluğu (yani 25 etki kategorisinde gruplandırılmış 542 ölçüm) deneysel (veya gözlemsel) çalışmalardan tahmin edilirken, çok azı (yani 17 ölçüm ve 9 etki kategorisi) modelleme çalışmalarına (tipik olarak beşikten çiftliğe yaşam döngüsü modelleri) dayanmaktadır (Şekil 6).

### Teknik Doğrulama

**Veri seti revizyonu ve veri temizliği.** Tüm sürecin sonunda (Haziran 2023), her bir FP kategorisi için veri çıkarma amacıyla ayrı ayrı kullanılan tüm elektronik tablolar (Ek Tablo S1), özel komut dosyaları (R programlama dilinde çalıştırılan) kullanılarak birleştirilmiştir. Tüm veri seti, sınıflandırmaların homojenliğini kontrol etmeyi, hataları düzeltmeyi ve tüm bölümlerdeki eksik verileri kontrol etmeyi amaçlayan bir revizyon sürecinden geçmiştir.

Özellikle dört hakemden oluşan bir grup, tüm FP kategorileri için etki kategorilerine yapılan tüm metrik atıflarını gözden geçirmiştir. Tutarsızlıklar ekip içinde uzlaşma yoluyla çözülmüştür.

Düzeltilmelerin çoğu Bölüm 8 ve 9 ile ilgilidir ve özellikle tüm FP kategorilerinde metriklerin etki kategorilerine atfını homojenleştirmek için gerekliydi. Diğer bazı düzeltilmeler, tutarsızlıkları ve eksik verileri düzeltmek için veri setinin diğer bölümlerinde yapılmıştır. Şekil 7, veri setinin her bir bölümü için yapılan düzeltilmelerin sayısını özetlemektedir.

Mevcut veri setinin temel sınırlaması, FP'ler arasındaki MA arama tarihindeki farklılıktır (Temmuz 2020'den Haziran 2023'e kadar). Örneğin, "agroforestry systems" ve "efficiency-enhanced fertlizers" için arama denklemleri 2020'nin sonlarında ve 2021'in başlarında çalıştırılmıştır. Bu nedenle, bu tarihlerden sonra, 2021-2023 yılları arasında yayınlanan yeni MA'lar iMAP-FP veri setinin mevcut sürümüne dahil edilmemiştir<sup>20</sup>. Politika yapımcılar tarafından belirlenen en ilgili ÇP'ler ve/veya hızlı gelişen alanlar (örneğin yem katkı maddeleri, hayvan refahı) için bir güncelleme öngörülmektedir.

### Kullanım Notları

Bu makalede açıklanan iMAP-FP veri seti<sup>20</sup>, .csv dosyalarını destekleyen herhangi bir yazılıma yüklenebilir. Bu veri kümesi, tarım uygulamalarının tarımın sürdürülebilirliği ve verimliliği üzerindeki etkilerini sistematik olarak gözden geçirilmiş bilimsel literatürden çıkarılan sağlam bilgilerle analiz etmek için kullanılabilirliğinden, tarım-çevre biliminden politikaya alanındaki bilim insanları ve analistler için önemli bir değere sahiptir.

Veri setimiz, çok çeşitli ÇP'leri kapsayan yüzlerce MA'nın ayrıntılı bir tanımını ve kalite değerlendirmesini sağladığından, dünyanın farklı bölgelerinde tarımsal sürdürülebilirlikle ilgili çok çeşitli konularda bilimsel sentezler üretmek için kullanılabilir. Daha spesifik olarak, veri setimiz, iMAP-FP veri setinin<sup>(14,20)</sup> küçük bir bölümünün çevre, besin kullanım verimliliği, toprak verimliliği ve mahsul üretimi için gelişmiş verimli gübrelerin faydalarını değerlendirmek için kullanıldığı Chen ve diğerleri tarafından yakın zamanda gibi kanıt haritaları oluşturmak için kullanılabilir.

iMAP-FP veri seti<sup>20</sup>, belirli bir FP'nin belirli bir çevresel etki üzerindeki etkisini değerlendirmek için ilgili MA'ları hızlı bir şekilde belirlemek için gereken tüm unsurları sağlar. Böylece, tarımsal uygulamaların sürdürülebilirliğine ilişkin sağlam kanıtlar sunmak isteyen bilim insanlarının veya değerlendiricilerin sentez çalışmalarını büyük ölçüde kolaylaştırır. Aynı şekilde bilim insanları, "veri ekosistemlerinin sürekli döngüsü"<sup>27</sup> olarak adlandırılan ilkelere uygun olarak, verilerin yeniden analizi ve artan kanıt entegrasyonu açısından hangi MA'ların ilgili birincil veri setlerini sağlayabileceğini hızlı bir şekilde belirleyebilirler.

Veri setimiz, son yayınlarda<sup>9,13,(14)</sup> gösterildiği gibi, MA'ların oy sayımı veya ikinci dereceden meta-analiz için ilgili çalışmaları seçmek için bir temel olarak kullanılabilir. Standart MA'da (1'inci sıra) olduğu gibi birincil verileri analiz etmek yerine, bu hızlı izleme yöntemleri ya 1'inci sıra MA'lar tarafından sağlanan anlamlı ortalama etki büyüklüklerinin sayısını sayar (MA'ların oy sayımı) ya da birinci sıra MA'lar tarafından üretilen ortalama etki büyüklüklerinin ağırlıklı bir ortalamasını hesaplar (ikinci sıra MA'lar). Bu yöntemlerin uygulanması standart meta-analizlere göre çok daha hızlıdır ve bu nedenle, son yıllarda ikinci dereceden MA'ların artan kullanımının da gösterdiği gibi, politika yapımcılardan gelen AP'lerin çevresel etkilerine ilişkin taleplere hızlı bir şekilde yanıt verilmesini sağlar<sup>28</sup>.

### Kod kullanılabilirliği

Veri çıkarımı için kullanılan 34 elektronik tablo (Ek Tablo S1) bir araya getirilmiş ve veri kümesi bölümlerine aktarılmıştır. Veriler, R v4.3<sup>29</sup> ve Tidyverse v2.0<sup>30</sup> yazılımlarında çalıştırılan komut dosyaları kullanılarak temizlenmiş ve şekillere (Şekil 2, 3, 4, 5, 6) görselleştirilmiştir. Kod, kullanılan tüm paketlerin sürümünü ve hash'lerini kaydeden renv lockfile<sup>(31,20)</sup> ile birlikte JRC veri kataloğu deposundahalka açmıştır.

Alındı: 31 Ocak 2024; Kabul Tarihi: 25 Temmuz 2024;

Published online: 07 September 2024

### Referanslar

- Hong, C. ve diğerleri. 1961-2017 döneminde arazi kullanımı emisyonlarının küresel ve bölgesel etkenleri. *Nature* **589**, 554-561 (2021).
- Chalmers, I., Hedges, L. V. & Cooper, H. Araştırma Sentezinin Kısa Tarihi. *Eval Health Prof* **25**, 12-37 (2002).
- Gurevitch, J., Koricheva, J., Nakagawa, S. & Stewart, G. Meta-analiz ve araştırma sentezi bilimi. *Nature* **555**, 175-182 (2018).
- Makowski, D., Piroux, F. & Brun, F. *From Experimental Network to Meta-Analysis Methods and Applications with R for Agronomic and Environmental Sciences*. (2019).
- Tonitto, C., David, M. B. & Drinkwater, L. E. Gübre yoğun ekim sistemlerinde çıplak nadasların örtü bitkileriyle değiştirilmesi: Ürün verimi ve N dinamikleri üzerine bir meta-analiz. *Tarım, Ekosistemler ve Çevre* **112**, 58-72 (2006).
- Kuyah, S. ve ark. Tarımsal ormancılık Sahra altı Afrika'da ekosistem hizmetleri için kazan-kazan çözümü sunuyor. Bir meta-analiz. *Agronomy for Sustainable Development* **39**, 1-18 (2019).
- Tuomisto, H. L., Hodge, I. D., Riordan, P. & Macdonald, D. W. Organik tarım çevresel etkileri azaltır mı? - Avrupa araştırmalarının bir meta-analizi. *Journal of Environmental Management* **112**, 309-320 (2012).
- Jeffery, S., Verheijen, F. G. A., van der Velde, M. & Bastos, A. C. Topraklara biyokömür uygulamasının ürün verimliliği üzerindeki etkilerinin meta-analiz kullanılarak nicel olarak incelenmesi. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **144**, 175-187 (2011).
- Makowski, D. ve diğerleri. Politikaları bilgilendirmek için meta-analiz sonuçlarının sentezlenmesi: hızlı yöntemlerin karşılaştırılması. *Environ Evid* **12**, 16 (2023).
- Philibert, A., Loyce, C. & Makowski, D. Tarım bilimlerinde meta-analiz kalitesinin değerlendirilmesi. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **148**, 72-82 (2012).
- Beillouin, D., Ben-ari, T. & Makowski, D. Küresel ölçekte ürün çeşitlendirme stratejilerinin kanıt haritası. *Environmental Research Letters* <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab4449> (2019).
- Beillouin, D., Ben-ari, T. & Makowski, D. Ürün çeşitlendirmesine ilişkin meta-analizlerin kalite ve sonuçlarının değerlendirilmesi sistematik inceleme ve kanıt haritası protokolü. (2018).
- Tamburini, G. ve ark. Tarımsal çeşitlendirme, verimden ödün vermeden çoklu ekosistem hizmetlerini teşvik eder. *Bilimsel İlerlemeler* **6**, eaba1715 (2020).

14. Chen, M. ve diğeri. Verimliliği artırılmış gübrelerin çevreye, besin kullanım verimliliğine, toprak ve bitkisel üretime sağladığı faydaların kanıt haritası. *Environ. Res. Lett.* **18**, 043005 (2023).
15. Almaraz, M., Wong, M. Y., Geoghegan, E. K. & Houlton, B. Z. Karbon tarımının azot döngüsü, tutulması ve kaybı üzerindeki etkilerine dair bir inceleme. *Annals of the New York Academy of Sciences* **1505**, 102-117 (2021).
16. Rosa-Schleich, J., Loos, J., Mußhoff, O. & Tschamtko, T. Çeşitlendirilmiş Tarım Sistemlerinin ekolojik-ekonomik değiş tokuşları - Bir inceleme. *Ekolojik Ekonomi* **160**, 251-263 (2019).
17. Guenet, B. ve ark. N2O emisyonları toprak organik karbon depolamasından elde edilen faydaları dengeleyebilir mi? *Küresel Değişim Biyolojisi* **27**, 237-256 (2021).
18. Takola, E., Bonfanti, J., Seppelt, R. & Beckmann, M. Farklı yönetim uygulamalarına verim ve biyoçeşitlilik tepkilerini araştıran meta-analizlerin açık erişimli küresel bir veritabanı. *Data in Brief* **51**, 109696 (2023).
19. Fohrafellner, J., Zechmeister-Boltenstern, S., Murugan, R. & Valkama, E. Toprak organik karbonu üzerine yapılan meta-analizlerin kalite değerlendirmesi. *SOIL* **9**, 117-140 (2023).
20. Schievano, A. ve diğeri. iMAP-FP veri seti - Tarım Uygulamalarının çevre ve iklim üzerindeki etkilerine dair bir kanıt kütüphanesi. <https://doi.org/10.2905/4e3c371a-be72-4ea0-aa0b-45f8cdda2064> (2023).
21. Makowski, D. ve diğeri. Tarım uygulamalarının etkilerini değerlendirmek için meta-analizlerin sistematik incelemesi - Metodolojik bir çerçeve. *Bildirilerin Ön Baskıları* - <https://doi.org/10.31219/OSF.IO/BYUW9> (2021).
22. Page, M. J. ve diğeri. PRISMA 2020 bildiri: sistematik incelemelerin raporlanması için güncellenmiş bir kılavuz. *BMJ* **n71** <https://doi.org/10.1136/bmj.n71> (2021).
23. Aromataris, E. ve ark. Sistematik derlemelerin özetlenmesi: bir şemsiye derlemenin metodolojik gelişimi, yürütülmesi ve raporlanması yaklaşımı. *JBI Evidence Implementation* **13**, 132 (2015).
24. Nakagawa, S., Noble, D. W. A., Senior, A. M. & Lagisz, M. Meta-analizin meta-değerlendirmesi: biyologlar için on değerlendirme sorusu. *BMC Biology* **15**, 18 (2017).
25. Page, M. J. ve diğeri. PRISMA 2020 açıklama ve detaylandırma: sistematik incelemelerin raporlanması için güncellenmiş kılavuz ve örnekler. *BMJ* **n160** <https://doi.org/10.1136/bmj.n160> (2021).
26. Cumpston M, Lasserson T, Fleming E, Page MJ. Bölüm III: İncelemenin raporlanması. in *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* (Cochrane, 2023).
27. Voytek, B. Bir Veri Ekosisteminin Erdemli Döngüsü. *PLOS Computational Biology* **12**, e1005037 (2016).
28. He, X. ve ark. Tarımsal çeşitlendirme, sürdürülebilir ve dirençli küresel pirinç üretimini teşvik eder. *Nat Food* **4**, 788-796 (2023).
29. İstatistiksel Hesaplama için R Vakfı. R: The R Project for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/> (2024).
30. Wickham, H. ve diğeri. Tidyverse'e hoş geldiniz. *Journal of Open Source Software* **4**, 1686 (2019).
31. Ushey, K. & Wickham, H. RENV: Proje Ortamları. <https://rstudio.github.io/renv/>.

## Teşekkür

Bu veri raporunda açıklanan iMAP-FP veri seti<sup>20</sup>, Tarım ve Kırsal Kalkınma Genel Müdürlüğü (DG AGRI) ile Ortak Araştırma Merkezi (DG JRC) arasında imzalanan ve çalışmanın finansmanını sağlayan "Tarımsal-ekonomik emtia ve politika analizi için entegre modelleme platformu (iMAP4AGRI)" başlıklı İdari Düzenleme çerçevesinde derlenmiştir. David Makowski ve Mathilde Chen ayrıca CLAND projesi (Fransız Araştırma Ajansı, 16-ANR-0003) tarafından kısmen finanse edilmiştir. Giovanni Tamburini kısmen İtalyan Agritech Ulusal Araştırma Merkezi (PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR) - MISSIONE 4 COMPONENTE 2, INVESTIMENTO 1.4 - D.D. 1032 17/06/2022, CN00000022) tarafından finanse edilmiştir.

## Yazar katkıları

Andrea Schievano: JRC-D5, Bilimsel tasavvur, Veri çıkarma, 2. aşama inceleme, veri yönetimi, makale yazımı. Marta Pérez-Soba: JRC-D5, Bilimsel tasarı, Veri çıkarma, 2. aşama inceleme, proje yönetimi, makale yazımı. Simona Bosco: JRC-D5, Bilimsel tasarım, Veri çıkarma, 2. aşama inceleme, veri yönetimi, proje yönetimi, makale yazımı. Ana Montero-Castano: JRC-D5, Bilimsel tasarım, Veri çıkarma, 2. aşama gözden geçirme, veri yönetimi, makale yazımı. Rui Catarino: JRC-D5, Bilimsel tasarı, 2. aşama inceleme, veri yönetimi, makale yazımı. Mathilde Chen: JRC-D5, Bilimsel tasarım, Veri çıkarma, 2. aşama inceleme, veri yönetimi, makale yazımı. Giovanni Tamburini: JRC-D5, Bilimsel tasarı, Veri çıkarma, 2. aşama inceleme, veri yönetimi. Beatrice Landoni: JRC-D5, Veri çıkarma, veri yönetimi. Otho Mantegazza: JRC-D5, Veri çıkarma, veri yönetimi. Irene Guerrero: JRC-D5, 2. aşama inceleme, veri yönetimi. Maria Bielza: JRC-D5, 2. aşama inceleme, veri yönetimi. Michael Assouline: JRC-D5, veri yönetimi. Renate Koeble: JRC-D5, 2. aşama inceleme, veri yönetimi. Frank Dentener: JRC- D5, 2. aşama inceleme. Marijn Van der Velde: JRC-D5, 2. aşama inceleme, makale yazımı. Carlo Rega: JRC-D5, 2. aşama inceleme, proje yönetimi. Andrea Furlan: JRC-D5, 2. aşama inceleme, proje yönetimi. Maria Luisa Paracchini: JRC-D5, 2. aşama gözden geçirme. Franz Weiss: JRC-D5, Bilimsel tasavvur, 2. aşama gözden geçirme. Vincenzo Angileri: JRC-D5, 2. aşama inceleme. Jean-Michel Terres: JRC-D5, Bilimsel tasarım, 2. aşama gözden geçirme, veri yönetimi, proje yönetimi, makale yazımı. David Makowski: JRC-D5, Bilimsel tasarı, Veri çıkarma, 2. aşama inceleme, veri yönetimi, makale yazımı.

## Rekabet eden çıkarlar

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması beyan etmemektedir.

## Ek bilgi

**Ek bilgi** Çevrimiçi versiyon, <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03682-6> adresinde bulunan ek materyalleri içerir.

**Yazışmalar** ve materyal talepleri için A.S., M.P.-S., J.-M.T. veya D.M. ile iletişime geçilmelidir.

**Yeniden basım ve izin bilgileri** [www.nature.com/reprints](http://www.nature.com/reprints) adresinden ulaşılabilir.

**Yayıncının notu** Springer Nature, yayınlanan haritalardaki yetki iddiaları ve kurumsal bağlantılar konusunda tarafsız kalmaktadır.



**Açık Erişim** Bu makale, Creative Commons Atıf-GayriTicari-Türevsiz 4.0 Uluslararası Lisansı altında lisanslanmıştır ve ticari olmayan her türlü kullanıma, paylaşımına, dağıtımına izin verir.

Orijinal yazar(lar)a ve kaynağa uygun şekilde atıfta bulunduğunuz, Creative Commons lisansına bir bağlantı verdiğiniz ve lisanslı materyali değiştirip değiştirmediğinizi belirttiğiniz sürece, herhangi bir ortamda veya formatta çoğaltma ve çoğaltma. Bu lisans kapsamında, bu makaleden veya makalenin bir türetilen uyarlanmış materyali paylaşmak için izniniz yoktur. Bu makalede yer alan görseller veya diğer üçüncü taraf materyalleri, aksi belirtilmedikçe, makalenin Creative Commons lisansına dahildir. Materyal, makalenin Creative Commons lisansına dahil değilse ve kullanım amacınız yasal düzenlemeler tarafından izin verilmiyorsa veya izin verilen aşırıya, doğrudan telif hakkı sahibinden izin almanız gerekecektir. Bu lisansın bir kopyasını görüntülemek için <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> adresini ziyaret edin.

© Avrupa Birliği, 2024