



Termal Yabancı Ot Kontrolü Alanında Yayın Eğilimleri: Bibliyometrik Bir Analiz

Elvan KOÇ *1

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Yusufeli Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Artvin
Sorumlu Yazar (Corresponding author): elvan.koc@artvin.edu.tr

Özet

Yabancı otlar, tarımsal üretimde önemli düzeyde verim ve kalite kayıplarına neden olurken, kentsel alanlarda ekosistem dengesini olumsuz etkileyerek bakım ve yönetim maliyetlerini artırmaktadır. Geleneksel kimyasal yöntemler kısa vadede etkili olsa da, çevre, biyolojik çeşitlilik ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahiptir. Bu nedenle kimyasal içermeyen ve çevre dostu alternatifler önem kazanmış, özellikle termal yöntemler araştırmaların odak noktası hâline gelmiştir. Bu çalışma, termal yabancı ot kontrolü alanındaki bilimsel yayın eğilimlerini bibliyometrik açıdan incelemektedir. Web of Science veri tabanından elde edilen 1981–2025 dönemi verileriyle 498 bilimsel belge analiz edilmiştir. Bulgular, 2010’lardan itibaren yayın sayılarında belirgin bir artış olduğunu göstermektedir. Atıf analizleri, Fontanelli M., Peruzzi A., Frascconi C. ve Raffaelli M. gibi araştırmacıların yüksek yayın ve atıf sayılarıyla öne çıktığını ortaya koymuştur. Anahtar kelime incelemeleri, çalışmaların temel odaklarının “thermal weed control”, “weed management”, “non-chemical weed control”, “flaming”, “temperature” ve “thermal time” olduğunu; araştırmaların başlangıçta tarımsal üretime yoğunlaştığını, ancak zamanla tarım dışı alanlara doğru genişlediğini göstermektedir. Yayınlar öncelikle Weed Research ve Weed Science gibi dergilerde yer almış, ardından tarım, biyoloji ve mühendislik odaklı dergilerde de yayımlanmıştır. Sonuç olarak, termal yabancı ot kontrolü, çevresel sürdürülebilirliği destekleyen ve ekosistem sağlığını koruyan bir strateji olarak, disiplinler arası işbirliği gerektiren, gelecekte bütüncül yabancı ot yönetiminde önemli bir alan olarak öne çıkmaktadır.

Derleme Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi: 14.10.2025
Kabul Tarihi: 18.12.2025

Anahtar Kelimeler

Termal Yabancı Ot Kontrolü,
Çevresel Sürdürülebilirlik,
Tarım Dışı Alanlar,
Rstudio,
Bibliyometrik Analiz

Publication Trends in Thermal Weed Control: A Bibliometric Analysis

Abstract

Weeds cause significant yield and quality losses in agricultural production, while negatively impacting ecosystem balance in urban areas and increasing maintenance and management costs. Although traditional chemical methods are effective in the short term, they have negative effects on the environment, biodiversity, and human health. Therefore, chemical-free and environmentally friendly alternatives have gained importance, and thermal methods, in particular, have become the focus of research. This study examines the trends in scientific publications in the field of thermal weed control from a bibliometric perspective. 498 scientific documents were analyzed using data from the Web of Science database covering the period 1981–2025. The findings show a significant increase in the number of publications since the 2010s. Citation analyses revealed that researchers such as Fontanelli M., Peruzzi A., Frascconi C., and Raffaelli M. stand out with high publication and citation numbers. Keyword analyses indicate that the primary focus of the studies is “thermal weed control”, “weed management”, “non-chemical weed control”, “flaming”, “temperature”, and “thermal time”; research initially focused on agricultural production but expanded to non-agricultural areas over time. Publications primarily appeared in journals such as Weed Research and Weed Science, and subsequently in journals focusing on agriculture, biology, and engineering. Consequently, thermal weed control stands out as a key area in holistic weed management for the future, requiring interdisciplinary collaboration as a strategy that supports environmental sustainability and protects ecosystem health.

Review Article

Article History

Received: 14.10.2025
Accepted: 18.12.2025

Keywords

Thermal Weed Control,
Environmental
Sustainability,
Non-Agricultural Areas,
Rstudio,
Bibliometric Analysis

1.Giriş

Yabancı otlar, tarımsal üretimde verimliliği sınırlandıran başlıca biyotik faktörler arasında yer almaktadır (Swanton ve Murphy, 1996; Oerke, 2006; Heap, 2014; Chauhan, 2020). Kültür bitkileriyle aynı ekosistemi paylaşan bu bitkiler, su, ışık, besin maddeleri ve yaşam alanı gibi temel kaynaklar üzerinde rekabete girerek ürün veriminde ciddi kayıplara yol açmaktadır. Bunun yanı sıra, ürün kalitesini olumsuz etkileyerek hasat süreçlerini güçleştirmekte ve birçok patojen ile zararlıya konukçuluk ederek dolaylı zararlar meydana getirmektedir (Chauhan, 2012). Yabancı otların neden olduğu verim kayıplarının derecesi ise ekilen bitki türü, iklim koşulları, yabancı ot yoğunluğu ve uygulanan kontrol yöntemlerine bağlı olarak önemli ölçüde değişkenlik göstermektedir Oerke, 2006; Sardana ve ark., 2017; Chauhan, 2020; (Damalas, 2022; Horvath ve ark., 2023). Benzer şekilde, tarım dışı alanlarda da yabancı otlar çeşitli sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Özellikle yol kenarları, parklar, kaldırımlar ve rekreasyon alanlarında kontrol altına alınmadığında, estetik kayıplara sebep olmakta, alanın işlevselliğini azaltmakta, kuruyan yabancı otlar yangın riski oluşturmakta ve terk edilmişlik hissi uyandırmaktadır (Tepe, 1997; Jodoin ve ark., 2008; Rask, 2012; Gürbüz ve ark., 2019; Koç, 2019; Koç, 2025). Dolayısıyla yabancı otlarla mücadele yalnızca tarımsal üretim açısından değil, aynı zamanda kentsel ve kamusal alanların sürdürülebilirliği açısından da önemli bir konudur.

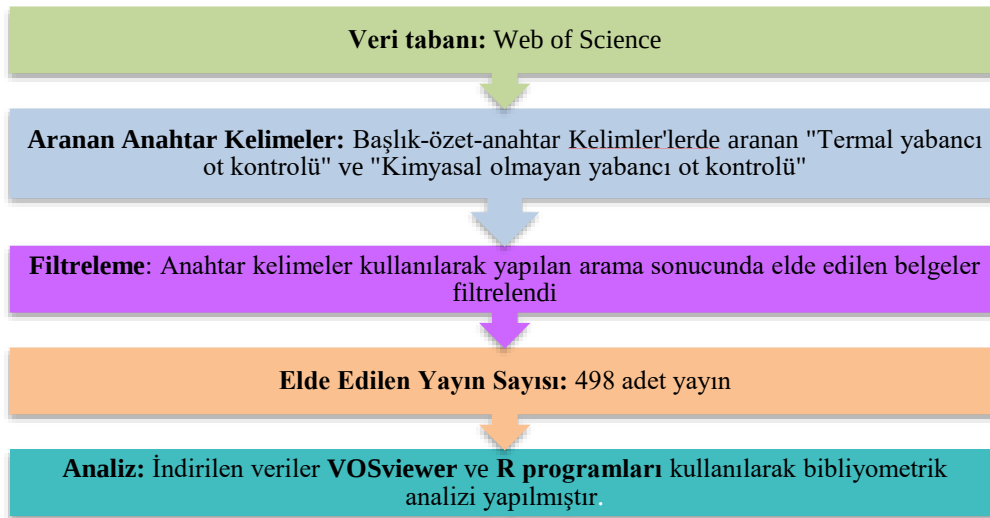
Günümüzde yabancı otların kontrolünde en sık başvurulan yöntemlerden biri kimyasal mücadeledir. Herbisitler, kolay uygulanabilir olmaları ve kısa sürede etkili sonuç vermeleri nedeniyle yaygın biçimde tercih edilmektedir. Ancak aşırı ve bilinçsiz kullanım; çevre kirliliği, toprak ve su kaynaklarında kalıntı birikimi, biyolojik çeşitlilikte azalma ve insan sağlığı üzerinde riskler yaratmaktadır (Aktar ve ark., 2009; Ali ve ark., 2020; Gandhi ve ark., 2021; Beaumelle ve ark., 2023; Ahmad ve ark., 2024). Ayrıca, yoğun herbisit kullanımı sonucunda dayanıklı yabancı ot popülasyonlarının gelişmesi, mevcut sorunları daha da karmaşık hale getirmektedir (Manalil ve ark., 2011; Vencill ve ark., 2012; Shaner, 2014; Heap, 2014; Duke, 2015; Baucom, 2019). Bu nedenle çevre dostu, sürdürülebilir ve alternatif mücadele yöntemlerine duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bu alternatif yöntemlerden biri de termal yabancı ot kontrolüdür. Kimyasal madde kullanılmadan yalnızca ısı enerjisine dayalı olarak uygulanan bu yöntem; sıcak su, sıcak hava, buhar, alevleme ve infrared ışınları gibi doğrudan; mikrodalga, elektrik, UV veya lazer gibi dolaylı tekniklerle gerçekleştirilebilmektedir (Ascard, 1995; Rask ve Kristoffersen, 2007; Rask ve ark., 2012; Rask ve ark., 2013; Çolakoğlu ve Kitiş, 2014; Gürbüz ve ark., 2019; Koç, 2019; Bauer ve ark., 2020; Koç, 2025). Termal etki, bitki dokularında hücre zarının bozulmasına, proteinlerin denatürasyonuna ve sonuç olarak bitkinin ölümüne neden olmaktadır (Ellwanger ve ark., 1973; Merfield, 2010). Protein denatürasyonu 45°C civarında başlamakta, 55–70 °C aralığında ise yapraklarda hızlı hücre ölümü gerçekleşmektedir (Ascard, 1997). Türlerle bağlı olarak değişmekle birlikte, özellikle yabancı otların erken gelişim dönemlerinde yapılan termal uygulamalar hem daha etkili sonuçlar vermekte hem de enerji kullanımını ve maliyeti azaltmaktadır (Hansson ve Ascard, 2002; Rask ve Kristoffersen, 2007; De Cauwer ve ark., 2015; Koç, 2025). Dar yapraklı ve çok yıllık türlerin kontrolü daha güç olsa da, termal yöntemler kabul edilebilir düzeyde başarı sağlayabilmektedir (Rask, 2012; De Cauwer ve ark., 2015; Koç, 2025).

Son yıllarda yabancı ot bilimi alanındaki araştırmalar, yenilikçi ve sürdürülebilir kontrol yöntemlerine odaklanmaktadır. Bu eğilim, literatürde yayımlanan çalışmalarındaki belirgin artışla da desteklenmektedir. Ancak mevcut bilgi birikiminin tematik odakları, coğrafi dağılımı, disiplinler arası iş birlikleri, öne çıkan araştırmacılar ve etkili dergiler gibi yapısal özelliklerini ortaya koymak için bibliyometrik analizler önemli bir araç olarak kullanılmaktadır (Aria ve Cuccurullo, 2017; Donthu ark., 2021; Niknejad ve ark., 2021;

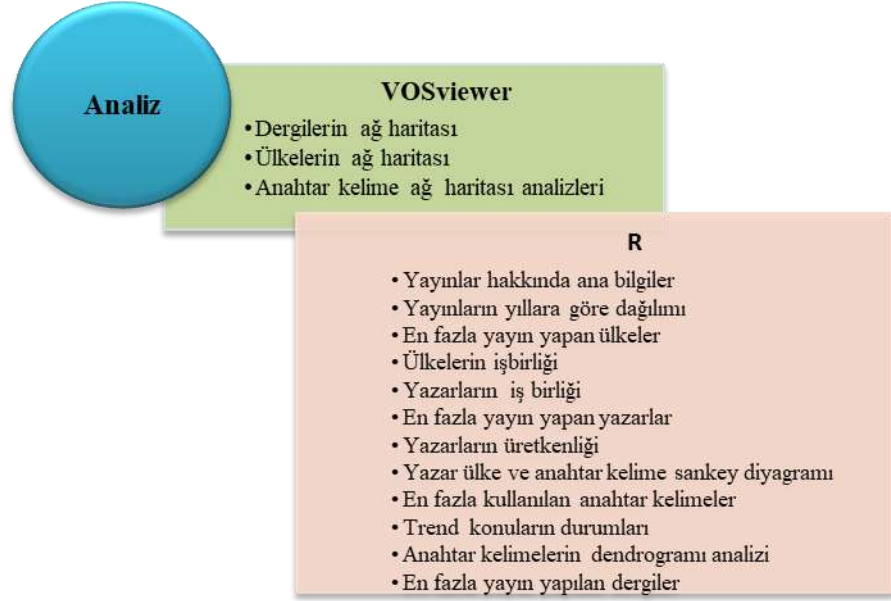
Özbakır, 2023; Koç, 2024). Bibliyometrik yöntemler, özellikle son yıllarda birçok bilim dalında literatürün sistematik haritalanması, mevcut araştırma boşluklarının belirlenmesi ve gelecek çalışmalara yön verilmesi açısından giderek yaygınlaşmaktadır (Zupic ve Čater, 2015; Kulak ve ark., 2019; Mühl ve De Oliveira, 2022; Kulak ve ark., 2025; Koç, 2025). Yabancı ot yönetimi bağlamında bibliyometrik analizler, bilimsel bilginin gelişim sürecini ve araştırma eğilimlerini sistematik bir şekilde ortaya koymakta; özellikle termal yabancı ot kontrolü üzerine yapılan çalışmaların hangi dönemlerde önem kazandığı ve hangi temalarla ilişkili olduğu net bir biçimde izlenebilmektedir. Bu çalışma, yabancı ot bilimi alanında yayımlanmış uluslararası literatürü bibliyometrik yöntemlerle incelemeyi amaçlamaktadır. Analiz kapsamında, yayın eğilimleri, öne çıkan araştırmacılar ve ülkeler, iş birliği ağları ile anahtar kelime temaları belirlenerek, alanın mevcut durumu ve gelecekteki araştırma yönelimleri bilimsel bir çerçevede değerlendirilmektedir. Böylece, yabancı ot yönetiminde termal yöntemlerin literatürdeki konumu ortaya konulmakta ve gelecekteki çalışmalara rehberlik edecek bir perspektif sunulmaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma kapsamında kullanılan materyali, Web of Science veri tabanında “termal yabancı ot kontrolü” ve “kimyasal olmayan yabancı ot kontrolü” anahtar kelimeleri ile gerçekleştirilen taramalar sonucunda elde edilen bilimsel yayınlar oluşturmaktadır. 1981–2025 yıllarını (17.09.2025 tarihine kadar) kapsayan bu tarama sonucunda toplam 498 yayın çalışmaya dâhil edilmiştir. Elde edilen veriler, analizlerde kullanılmak üzere BibTeX formatında dışa aktarılmıştır. Bu çalışmada yöntem olarak, yabancı ot yönetiminde kullanılan termal yöntemlere ilişkin bilimsel yayınların değerlendirilmesi amacıyla bibliyometrik analiz yaklaşımı benimsenmiştir. Bibliyometrik analiz, bilimsel literatürün gelişim dinamiklerini, araştırma eğilimlerini ve bilgi yapısını ortaya koymada yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Župič ve Čater, 2015; Aria and Cuccurullo, 2017; Donthu ve ark., 2021). Analiz sürecinde iki farklı yazılım aracı kullanılmıştır. Haritalama ve görselleştirme işlemleri VOSviewer yazılımı (Van Eck ve Waltman, 2010) aracılığıyla gerçekleştirilirken, bibliyometrik ağ analizleri Bibliometrix paketi (Aria ve Cuccurullo, 2017) kullanılarak yürütülmüştür. Tüm analizler, R programlama dili temel alınarak RStudio bütünleşik geliştirme ortamı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Araştırmada izlenen veri toplama ve analiz sürecine ilişkin akış şeması Şekil 1’de sunulmuş, VOSviewer ve Bibliometrix yazılımları kullanılarak elde edilen analiz çıktıları ise Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Bibliyometrik analiz veri akış şeması



Şekil 2. VOSviewer ve R yazılımları ile gerçekleştirilen analizler

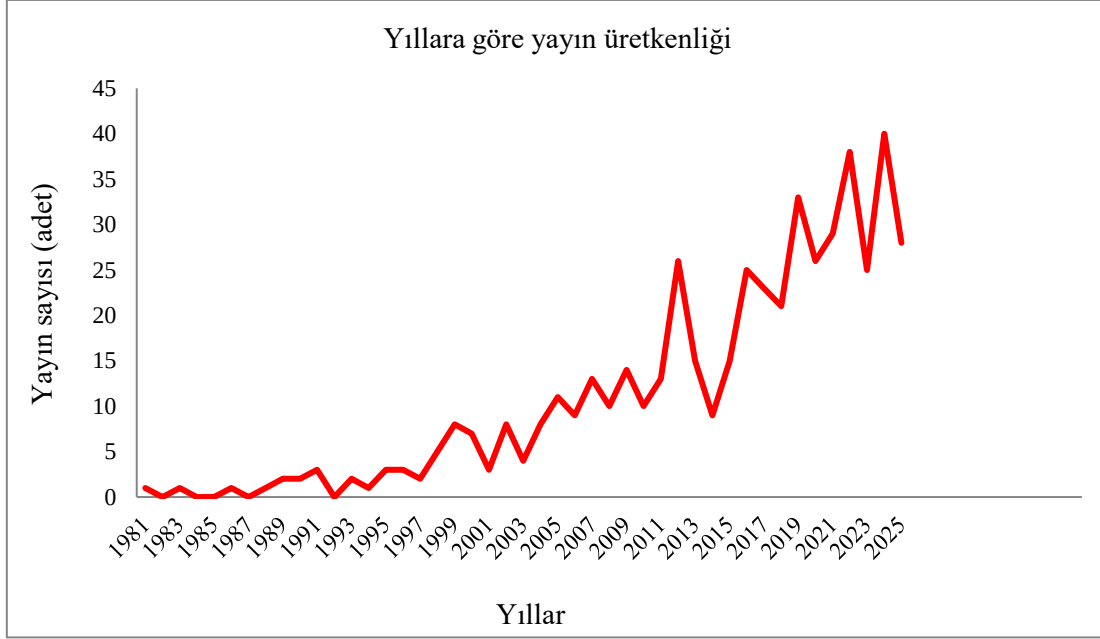
3. Bulgular ve Tartışma

Yabancı otlar, tarım dışı alanlarda önemli ekolojik ve yönetimsel sorunlara neden olmakta, bu durum ise alanların verimli kullanımını kısıtlamakta ve bakım maliyetlerini artırmaktadır (Swanton ve Murphy, 1996; Oerke, 2006; Heap, 2014). Son yıllarda, kimyasal içermeyen ve yenilikçi yöntemler içerisinde özellikle termal yaklaşımlar öne çıkmış; bu bağlamda yabancı ot yönetiminde sürdürülebilir çözümler geliştirilmesine yönelik araştırmaların sayısı artmıştır (Ascard, 1995; Bond ve Grundy, 2001) Bu çalışmada, söz konusu yaklaşımlara ilişkin literatürde yer alan bilimsel yayınların temel özellikleri ve ilgili veriler Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Yayınlar hakkında ana bilgiler

Veriler hakkında temel bilgiler	Sonuçlar
Zaman Aralığı	1981:17.09.2025
Kaynaklar (Dergiler, Kitaplar vb.)	243
Belgeler	498
Yıllık Büyüme Oranı %	7.87
Belge Ortalama Yaşı	10.2
Belge Başına Ortalama Atıf Sayısı	17.27
Anahtar Kelimeleri	1837
Yazarlar	
Yazarlar	1831
Tek Yazarlı Belgelerin Yazarları	17
Tek Yazarlı Belgeler	19
Belge Başına Ortak Yazar Sayısı	4.72
Uluslararası Ortak Yazarlık %	21.49
Belge türleri	
Makale	406
Kitap bölümü	4
Konferans bildirisi	53
Editöryal	1
Derleme makale	34

Yabancı ot kontrolünde termal yöntemlerle ilgili yapılan çalışmalar sonucunda, 1981–17 Eylül 2025 yılları arasında 243 kaynaktan toplam 498 yayın tespit edilmiştir. Belgelerin ortalama yaşı 10.2 yıl olup, her bir yayın ortalama 17.27 atıf almıştır. Yıllık büyüme oranı %7.87 düzeyinde gerçekleşmiştir. Çalışmalara 1.831 yazar katkı sağlamış, makale başına ortalama 4.72 ortak yazar yer almıştır. Uluslararası iş birliği oranı ise %21.49 olup, bu oran araştırma alanında orta düzeyde fakat giderek gelişen bir küresel ağın varlığını göstermektedir. Yayın türleri incelendiğinde, çoğunluğu araştırma makalelerinin (406) oluşturduğu, bunu derleme makalelerinin (34), konferans bildirilerinin (53) ve kitap bölümlerinin (4) izlediği görülmektedir (Tablo 1). Yıllara göre yayın eğilimi ise Şekil 3’te sunulmaktadır.



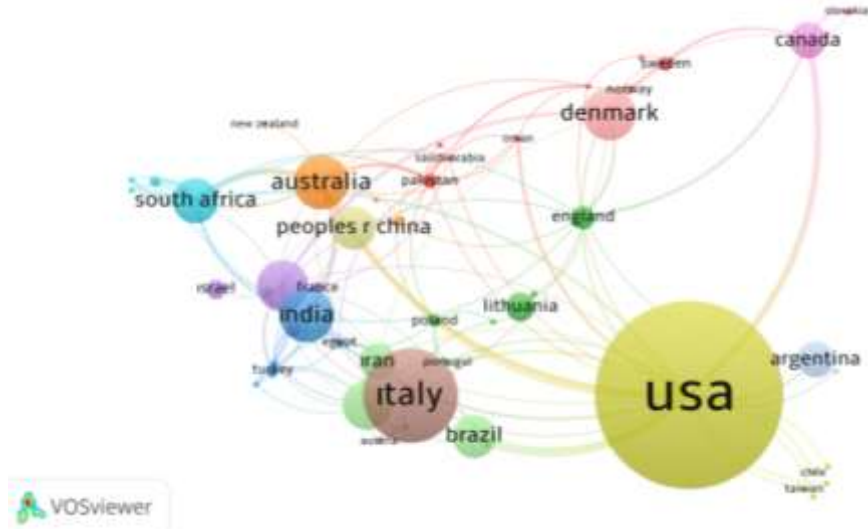
Şekil 3. Yıllara göre yayın üretkenliği

Termal yabancı ot yönetimine ilişkin yıllık bilimsel üretim incelendiğinde, 1981–2000 yılları arasında yayın sayısının oldukça düşük ve durağan bir seyir izlediği görülmektedir. 1996–2005 döneminde ise kısmi bir artış eğilimi gözlenmiş, bazı yıllarda 5–10 yayına ulaşılmıştır. Bu durum, konunun akademik çevrelerde giderek ilgi görmeye başladığını göstermektedir. 2006–2010 yılları arasında yayın sayısında dalgalanmalar olmakla birlikte belirgin bir artışın ortaya çıktığı dikkat çekmektedir. Bu artış, özellikle teknoloji alanındaki ilerlemeler ve çevre bilincinin güçlenmesiyle birlikte termal yöntemlere yönelik araştırmaların hız kazandığını düşündürmektedir. 2011–2025 dönemine gelindiğinde ise bilimsel üretkenlik en yüksek seviyelere ulaşmıştır. Özellikle 2015 sonrası yıllarda yayın sayısında düzenli bir artış eğilimi göze çarpmaktadır. Bu eğilimin arkasında, tarımda kimyasal girdilere alternatif yöntemlerin geliştirilmesine yönelik arayışlar, sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaşması ve çevre dostu teknolojilere artan yönelim gibi faktörlerin etkili olduğu söylenebilir (Chauhan, 2020; Bauer ve ark., 2020; Martelloni ve ark., 2021; Upadhyay ve ark., 2024) (Şekil 3). En fazla yayın yapan ülkeler Tablo 2’de verilmiştir.

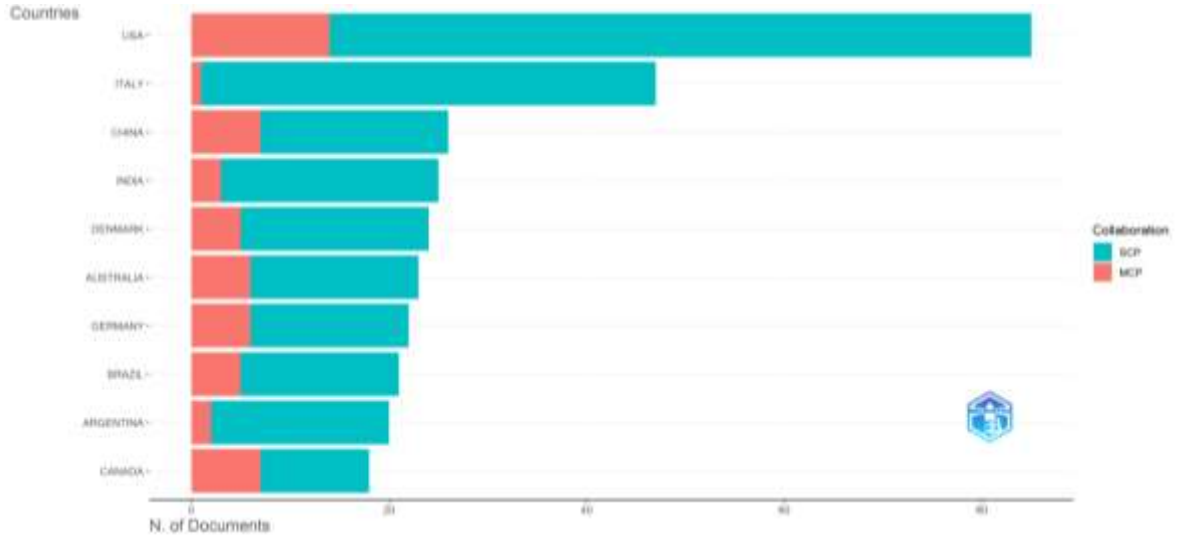
Tablo 2. En fazla yayın yapan ülkeler

Ülke	Yayın sayısı (adet)
Amerika Birleşik Devletleri	294
İtalya	140
Çin	96
Hindistan	87
İspanya	85
Avustralya	80
Brezilya	80
Güney Afrika	77
Arjantin	70
Danimarka	68
Almanya	66
Kanada	52

Termal yabancı ot yönetimi alanında toplam 68 ülkeye ait yayın tespit edilmiştir. Bu yayınlar arasında en yüksek katkı 294 makale ile Amerika Birleşik Devletleri'ne ait olup, bunu 140 yayın ile İtalya ve 96 yayın ile Çin takip etmektedir (Tablo 2). Ülkeler arasındaki iş birliği ve bağlantılar, Şekil 4'te yer alan ağ haritası ile görselleştirilmiştir.

**Şekil 4.** Ülkelerin ağ haritası

Ülkeler arası işbirliği ağ haritasında renkler, farklı işbirliği kümelerini temsil etmektedir. Yeşil küme, Amerika Birleşik Devletleri merkez konumda yer almakta ve en geniş uluslararası bağlantı ağına sahip ülke olarak öne çıkmaktadır. Lila küme, İtalya, Danimarka ve Kanada; açık yeşil kümede Çin; mavi kümede Hindistan, Fransa, Güney Afrika, Türkiye ve Arjantin; su yeşili kümede ise Brezilya yer almaktadır. Bu kümeler, farklı bölgeler arasında şekillenen işbirliği yapılarının varlığını ortaya koymakta ve araştırma alanının küresel ölçekte çok merkezli bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, termal yabancı ot kontrolü alanındaki bilimsel üretimin yalnızca belirli ülkelerle sınırlı olmadığı; farklı coğrafyalarda yürütülen çalışmaların, uluslararası bilgi paylaşımını güçlendirdiği ve yenilikçi yöntemlerin küresel ölçekte yaygınlaşmasına önemli katkılar sağladığı anlaşılmaktadır (Şekil 4). Sorumlu yazarların ülkelere göre yayın dağılımları ve uluslararası işbirlikleri ise Şekil 5'te sunulmuştur.



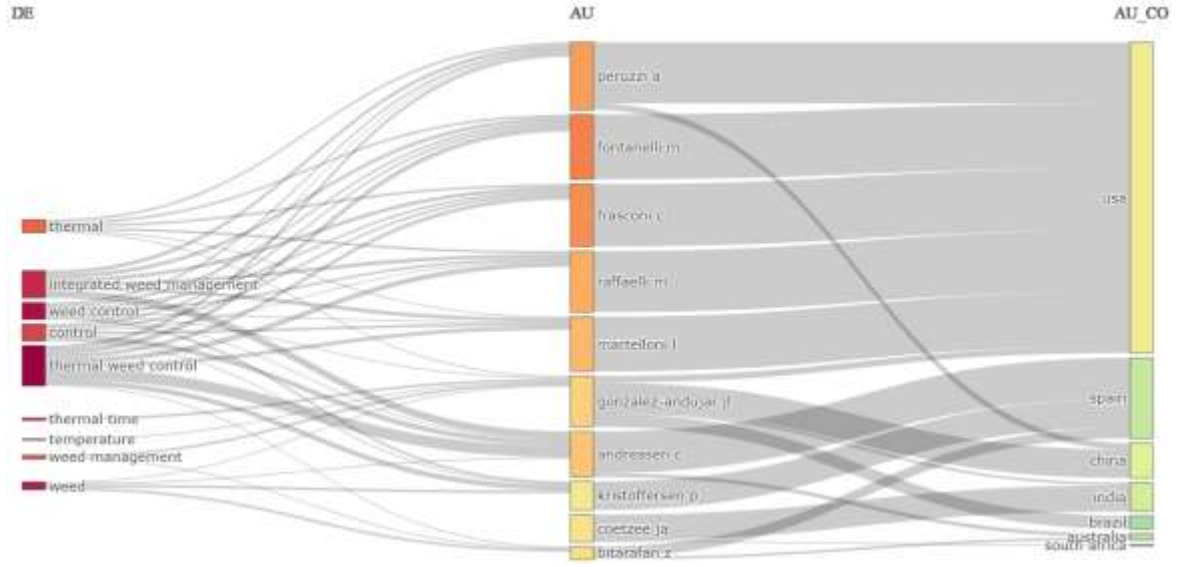
Şekil 5. Sorumlu yazarların ülkelerine göre yayın dağılımı ve uluslararası işbirlikleri

Termal yabancı ot yönetimi alanında en fazla yayın gerçekleştiren ülke Amerika Birleşik Devletleri olup, bu yayınların önemli bir kısmının uluslararası ortak yayınlar (MCP) kapsamında üretildiği görülmektedir. ABD'yi, yüksek yayın sayıları ile İtalya ve Çin takip etmektedir. Özellikle İtalya'da tek ülke kaynaklı yayınların (SCP) öne çıkması dikkat çekmektedir. Hindistan, Danimarka, Avustralya, Brezilya, Arjantin ve Kanada ise uluslararası işbirliklerinde öne çıkan diğer ülkeler arasında yer almaktadır (Şekil 5). Yapılan analiz, en üretken ülkelerin yayın sıklığını ortaya koymakta ve çok ülkeli (MCP) ile tek ülkeli (SCP) yayınların oranlarını karşılaştırmalı olarak göstermektedir. Uluslararası işbirliklerinin, yüksek nitelikli araştırmacıları bir araya getirerek laboratuvarlar arasında bilgi ve deneyim paylaşımını kolaylaştırdığı, böylece araştırma kalitesinin ve bilimsel standartların gelişimine önemli katkılar sağladığı anlaşılmaktadır (Jimoh ve ark., 2022). En fazla yayın üreten yazarların dağılımı ise Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. En fazla yayın yapan yazarlar

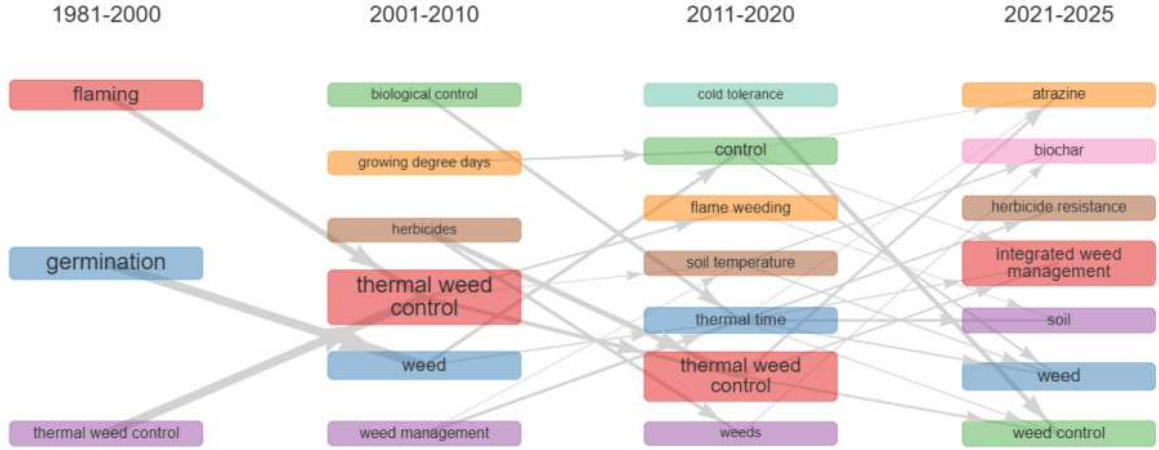
Yazar	h_index	AS	YS	BY
Fontanelli M.	10	255	19	2011
Frasconi C.	10	249	18	2011
Peruzzi A.	10	303	18	2011
Raffaelli M.	10	253	18	2011
Martelloni L.	9	211	16	2013
Andreasen C.	8	171	14	1999
Forcella F.	6	542	6	1996
Melander B.	6	476	6	2003
Ascard J.	5	185	5	1994
Coetzee J.A	5	116	7	2007
Gonzalez-Andujar J.L.	5	95	8	2009
Kristoffersen P.	5	139	7	2004
Zanin G.	5	151	6	2006
Bitarafan Z.	4	41	7	2019
Chauhan B.S.	4	176	5	2015
De Cauwer B.	4	48	6	2011

AS; atıf sayısı, YS; yayın sayısı, BY; başlama yılı



Şekil 7. Yazar - ülke ve anahtar kelime sankey diyagramı

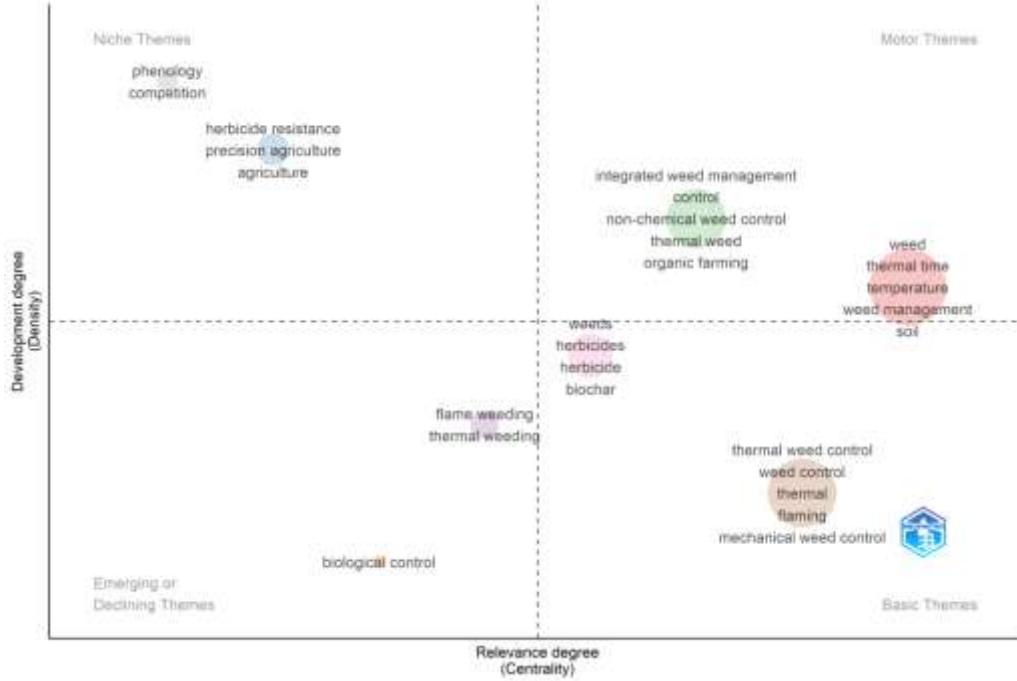
Yazarların uluslararası işbirlikleri ve araştırma odakları incelendiğinde, Fontanelli, M., Peruzzi, A., Frascioni, C., Raffaelli, M. ve Martelloni, L. ağırlıklı olarak ABD ile işbirliği yaparken, araştırmalarını “termal yöntemler”, “entegre yabancı ot yönetimi” ve “yabancı ot kontrolü” konularına yoğunlaştırmaktadır. İspanya merkezli yazarlar Andreasen, C., Kristoffersen, P., Coetzee, J. A. ve Bitarafan, Z. “yabancı ot yönetimi” ve “termal yabancı ot kontrolü” temalarına odaklanmaktadır. Çinli Gonzalez-Andujar, J. L. ise “yabancı ot”, “sıcaklık zamanı” ve “sıcaklık” konularına öncelik vermektedir. Hindistan, Brezilya, Avustralya ve Güney Afrika’dan yazarlar da “termal yabancı ot kontrolü alanına” katkı sağlamaktadır (Şekil 7). Anahtar kelimelerin zaman içindeki evrimi (1981–17 Eylül 2025) Şekil 8’de gösterilmiştir.



Şekil 8. Anahtar kelimelerin zaman içindeki evrimi

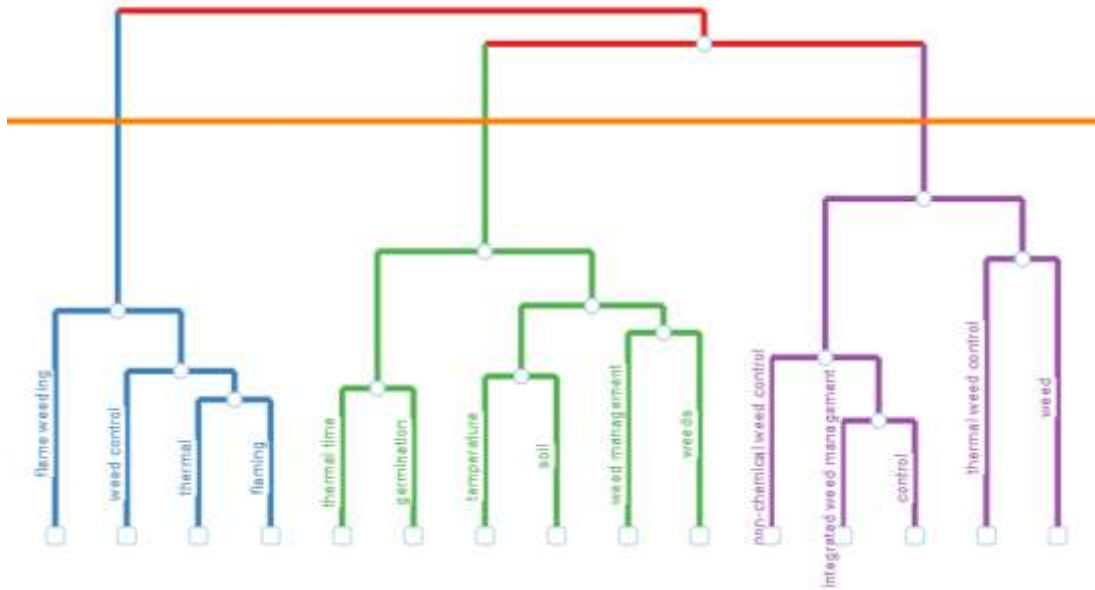
Anahtar kelimelerin zaman içindeki değişimi incelendiğinde, yabancı ot bilimi araştırmalarının evrimi açıkça görülmektedir. 1981–2000 yılları arasında, temel konulara odaklanılmıştır; bu dönemde "flaming", germination ve thermal weed control" gibi kavramlar ön plana çıkmıştır. 2001–2010 yıllarında ise, "biological control, growing degree days, herbicides, thermal weed control, weed ve weed management" gibi daha kapsamlı ve entegre yaklaşımlar araştırılmıştır. 2011–2020 döneminde, "cold tolerance, control, flame weeding, soil temperature, thermal time, thermal weed control ve weeds" gibi konulara odaklanılmıştır.

En güncel dönem olan 2021–2025 aralığında ise, çalışmaların yönü "atrazine, biochar, herbicide resistance, integrated weed management, soil, weed ve weed control" gibi sürdürülebilirlik temelli kavramlara kaymıştır. Bu eğilim, yabancı ot bilimi araştırmalarının klasik kontrol yöntemlerinden dijital teknolojiler, sürdürülebilirlik ve yenilik odaklı modern yaklaşımlara doğru evrildiğini göstermektedir (Şekil 8). Tematik harita analizi Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. Tematik harita analizi

Tematik harita analizi, yabancı ot bilimi alanındaki araştırmaların temel yapı taşlarını ve dinamiklerini ortaya koymaktadır. Motor Temalar (sağ üst) arasında “integrated weed management”, control, non-chemical weed control, thermal weed, organic farming, weed, thermal time, temperature, weed management, soil bulunmakta olup, bu kavramlar hem yüksek merkeziliğe hem de güçlü gelişim düzeyine sahip olup alanın araştırma dinamiklerini yönlendiren ana konuları temsil etmektedir. Niche Temalar (sol üst) kategorisinde yer alan kavramlar, yabancı ot bilimi alanında belirli alt disiplinlerde önemli olsa da, genel araştırma dinamiklerine sınırlı katkı sağlamaktadır. Bu temalar arasında phenology, competition, herbicide resistance, precision agriculture, agriculture” yer almaktadır. Emerging or Declining Temalar (sol alt) bölümünde yer alan “flame weeding, thermal weeding ve biological control” yöntemler geçmişteki etkinliklerine rağmen, günümüzde daha verimli ve sürdürülebilir alternatiflerin gelişmesiyle birlikte daha az tercih edilmektedir. Temel/Çapraz Temalar (sağ alt) arasında yer alan “weeds, herbicides, herbicide, biochar, thermal weed control, weed control, thermal, flaming ve mechanical weed control” kavramları yüksek merkezilikleriyle yabancı ot bilimi alanının temel yapı taşlarını oluşturmaktadır. Termal yabancı ot yönetimine yönelik araştırmalar, kimyasal olmayan yabancı ot yönetimi ve termal yöntemlerin disiplinler arası bir merkezi rol oynadığını göstermektedir. Bu eğilim, alanın daha çevre dostu ve verimli yönetim stratejilerine yöneldiğini göstermektedir (Şekil 9). Anahtar kelimelerin dendrogramı Şekil 10’te sunulmuştur.



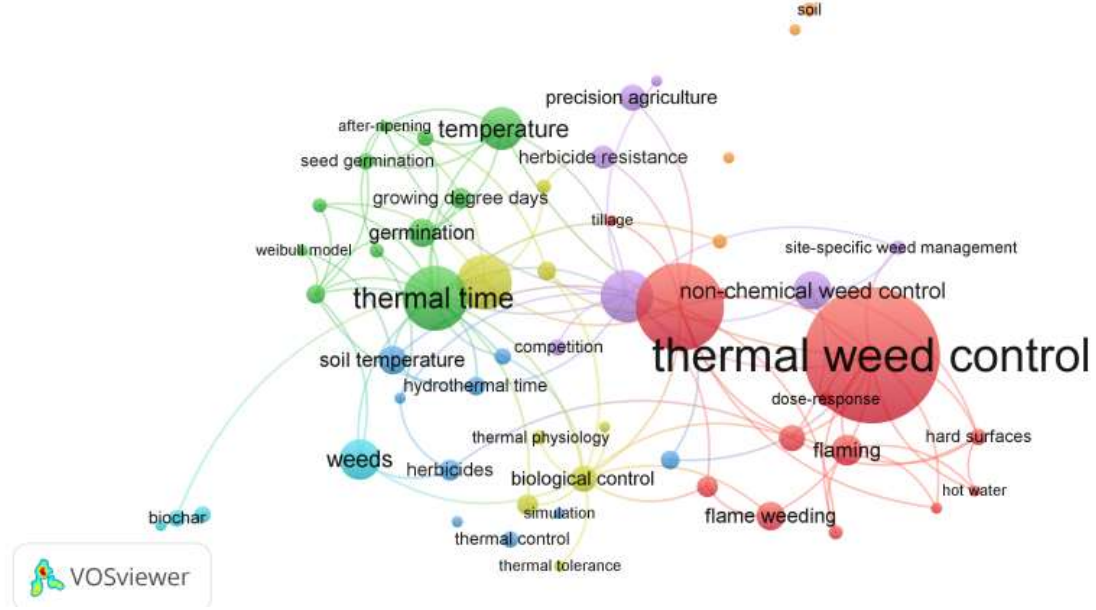
Şekil 10. Anahtar kelimelerin dendrogramı

Hiyerarşik kümeleme analizine göre termal yabancı ot kontrolü alanındaki anahtar kavramlar birkaç temel grup altında toplanmaktadır. İlk büyük kümede flame weeding (alevle yabancı ot kontrolü), weed control (yabancı ot yönetimi), thermal (termal), flaming (alevleme) gibi kavramlar yer almakta olup, bu grup alevleme yöntemiyle ilgili tehditler ve yabancı ot yönetimini temsil etmektedir. İkinci kümede thermal time (termal zaman), germination (çimlenme), temperature (sıcaklık), soil (toprak), weed management (yabancı ot yönetimi), weeds (yabancı otlar) bulunmakta ve çimlenme öne çıkarmaktadır. Üçüncü kümede non-chemical weed control (kimyasal olmayan yabancı ot kontrolü), integrated weed management (entegre yabancı ot yönetimi), control (kontrol), thermal weed control (termal yabancı ot kontrol) ve weed (yabancı ot) gibi kavramlar toplanarak yenilikçi yaklaşımlar ile termal yabancı ot kontrol stratejilerinin kesişimini göstermektedir (Şekil 10). En fazla kullanılan anahtar kelimeler Şekil 11’de gösterilmiştir.



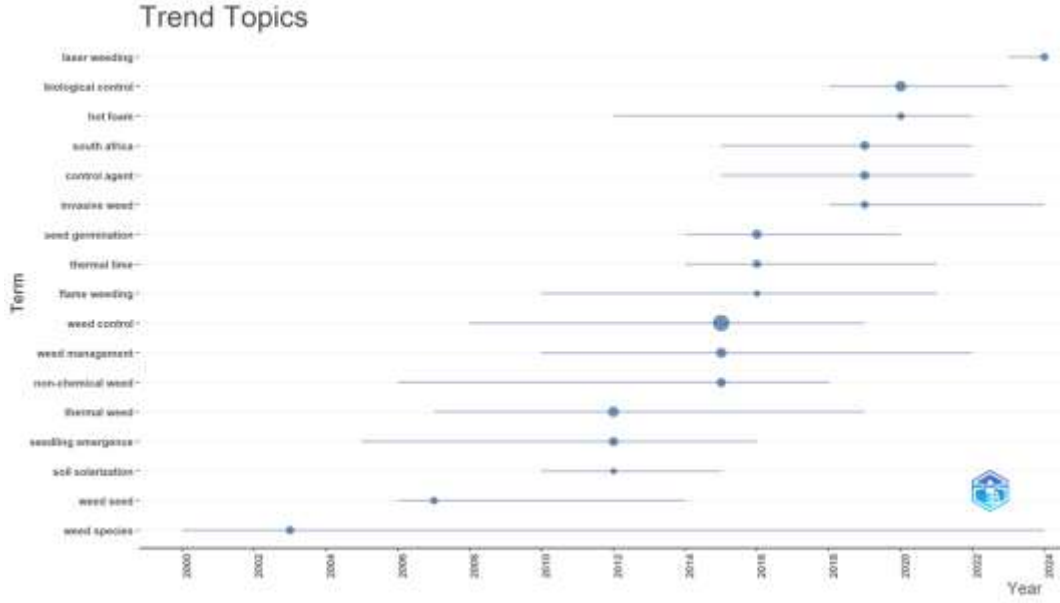
Şekil 11. En sık kullanılan anahtar kelimeler

Yabancı ot bilimi alanındaki termal yabancı ot yönetimi araştırmalarının odak noktalarını açıkça göstermektedir. En büyük ve en sık kullanılan kavramlar arasında “thermal weed control”, weed control, weed, temperature, management, thermal time, germination, growth, emergence, yield, soil, dormancy, herbicides, non-chemical weed control, flaming, flame weeding, herbicide resistance ve herbicide” yer almaktadır (Şekil 11). Anahtar kelimeler, bir literatürün altta yatan araştırma yönünü temsil eden ifadelerdir. Sonuç olarak, anahtar kelime analizi araştırma konularının haritalanmasını sağlar ve belirli bir bilimsel alandaki araştırma yönünü ve boşlukları tespit etmeye yardımcı olur (Xiang ve ark., 2017; Jimoh ve ark., 2022). Anahtar kelimelerin ağ haritası Şekil 12’de verilmiştir.



Şekil 12. Anahtar kelime ağı haritası

Anahtar kelime ağı incelendiğinde, araştırmaların birkaç ana tema etrafında yoğunlaştığı görülmektedir. Kırmızı küme, “thermal weed control, non-chemical weed control, flaming, flame weeding, hot water, hard surfaces” gibi kavramlar etrafında şekillenmiştir. Bu küme, kimyasal olmayan ve özellikle ısı yöntemleriyle (alev, sıcak su) yapılan yabancı ot kontrolünü konu almaktadır. Yeşil küme, “thermal time, germination, temperature, growing degree days, seed germination” gibi terimlerle çimlenme süreçleri ve büyüme derecesi günleri üzerinden fizyolojik süreçleri temsil etmektedir. Mavi küme, “weeds, herbicides, biological control, thermal tolerance, weed biology” gibi kavramlarla hem kimyasal hem de biyolojik mücadele yöntemlerini öne çıkarmaktadır. Mor küme, “precision agriculture, site-specific weed management, herbicide resistance” terimleriyle teknolojik ve hassas tarım yöntemlerine odaklanmaktadır. Sarı küme ise “soil temperature, hydrothermal time, thermal physiology” gibi kavramlarla toprak sıcaklığı ve ısıнын fizyolojik etkilerini temsil etmektedir. Termal yabancı ot mücadelesi konusundaki akademik literatürün hem teknik hem de biyolojik yönleri kapsadığı anlaşılmaktadır. Konu sadece uygulama teknikleriyle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda bitki fizyolojisi, çevresel faktörler ve yönetim stratejileriyle de güçlü bir şekilde ilişkilidir (Şekil 12). Trend konu başlıkları Şekil 13’te verilmiştir.



Şekil 13. Trend konuların ağ analizi

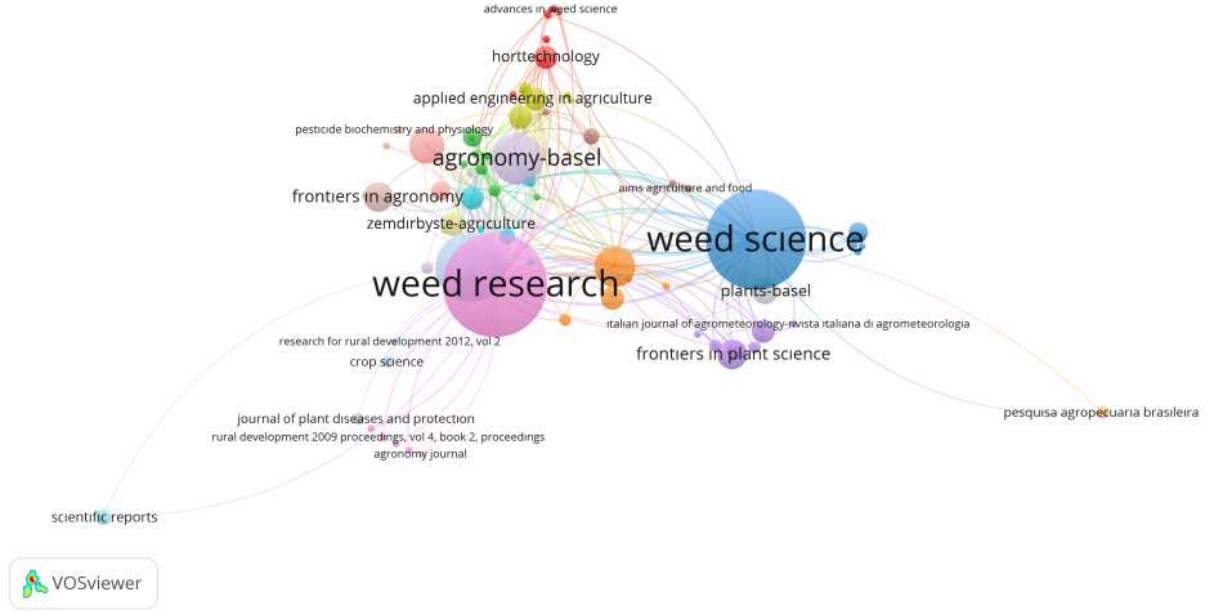
Termal yabancı ot mücadelesine yönelik araştırma temalarının zaman içinde belirgin bir dönüşüm geçirdiği görülmektedir. 2000’li yıllarda çalışmalar daha çok yabancı ot türleri ve toprakla ilişkili yöntemlere (weed species, weed seed, soil solarization) odaklanırken, 2010’larda ısı etkisi, çimlenme süreçleri ve yönetim (thermal time, seed germination, flame weeding, non-chemical weed, thermal weed, weed management) stratejileri öne çıkmıştır. 2020’lerde ise, teknoloji ve yenilik temelli yöntemler (laser weeding, hot foam, thermal time, ve precision control) dikkat çekmiş; böylece termal yabancı ot kontrolü, hassas tarım ve sürdürülebilirlik perspektifinde yeniden tanımlanmıştır. Bu dönüşüm, alanın başlangıçta uygulamalı ve tür odaklı çalışmalardan, zamanla biyolojik süreçlere ve nihayetinde teknoloji tabanlı yenilikçi çözümlere doğru evrildiğini açıkça ortaya koymaktadır (Şekil 13). En fazla yayım yapılan dergiler Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. En fazla yayım yapılan dergiler

Dergiler	h_index	AS	YS	BY
Weed Research	16	1255	40	1991
Weed Science	15	1010	38	1993
Weed Technology	10	271	23	1996
Biological Control	8	171	10	2002
Crop Protection	8	255	11	2002
Agronomy-Basel	6	129	15	2019
Entomologia Experimentalis Et Applicata	6	152	7	2007
Frontiers in Plant Science	6	94	7	2016
Acs Sustainable Chemistry & Engineering	5	259	5	2017
Biosystems Engineering	5	153	5	2003
Field Crops Research	5	485	5	1999
Frontiers in Agronomy	5	85	7	2021
Pest Management Science	5	96	9	2004
Applied Engineering in Agriculture	4	54	5	2009

AS; atıf sayısı, YS; yayım sayısı, BY; başlama yılı

En fazla yayın yapılan dergiler arasında ilk sırada Weed Research (40 yayın, 1255 atıf, h-indeks: 16) yer almakta, onu Weed Science (38 yayın, 1010 atıf, h-indeks: 15) takip etmektedir. Bu durum, termal yabancı ot kontrolü araştırmalarının daha çok yabancı ot bilimi odaklı uzmanlık dergilerinde yayınlandığını göstermektedir. Üçüncü sıradaki Weed Technology (23 yayın, 271 atıf, h-indeks: 10) de yine aynı alana özgü bir dergi olup, ilk üç dergi toplam yayınların çok büyük bir kısmını barındırmaktadır. Termal yabancı ot kontrolü araştırmalarının öncelikle alanın uzman dergilerinde yoğunlaştığını, fakat zamanla tarım, biyoloji, mühendislik ve sürdürülebilirlik odaklı dergilere yayıldığını göstermektedir (Tablo 4). Dergilerin ağ grafiği analizi Şekil 14’te gösterilmiştir.



Şekil 14. Dergilerin ağ grafiği analizi

Dergiler arası işbirliği ağının analizi, alanda belirgin kümelenmelerin oluştuğunu ortaya koymaktadır. Weed Research ve Weed Science dergileri merkezi bir konumda yer almakta olup, hem en yüksek yayın hacmine sahip hem de güçlü bağlantılara sahip merkezi dergiler olarak öne çıkmaktadır. Yeşil küme, Agronomy-Basel, Frontiers in Agronomy ve Applied Engineering in Agriculture gibi dergileri içermekte olup, tarım ve mühendislik boyutuna odaklanan bir topluluğu temsil etmektedir. Mavi küme, özellikle Weed Science çevresinde şekillenmiş olup, yabancı ot bilimi alanına özgü klasik araştırmaları kapsamaktadır. Turuncu ve pembe kümeler ise Frontiers in Plant Science ve Crop Science gibi daha küçük ve spesifik dergilerden oluşmakta, disiplinler arası köprü işlevi görmektedir. Bu yapısal dağılım, termal yabancı ot kontrolüne ilişkin yayınların başlangıçta Weed Science literatürü çerçevesinde yoğunlaştığını, ancak zamanla tarım, biyoloji ve mühendislik odaklı dergiler aracılığıyla disiplinler arası etkileşimler geliştirdiğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, alanın gelişimi hem uzmanlaşma eğilimleri (yabancı ot odaklı dergiler) hem de genişleme eğilimleri (tarım ve mühendislik odaklı dergiler) doğrultusunda paralel bir gelişim göstermektedir (Şekil 14).

4. Sonuç

Bu çalışma, termal yabancı ot kontrolüne ilişkin yayın eğilimlerini bibliyometrik bir çerçevede inceleyerek alanın gelişim dinamiklerini ortaya koymuştur. Bulgular, 1981’den itibaren sınırlı sayıda çalışma ile başlayan araştırma faaliyetlerinin, özellikle 2010’lu yıllardan itibaren belirgin bir artış eğilimi gösterdiğini ortaya koymaktadır. Yayın sayısındaki bu artışın, kimyasal içerikli yöntemlerin kısıtlanması ve çevre dostu alternatiflere yönelik artan

ilgi ile doğrudan ilişkili olduğu görülmektedir. Alan literatüründe önemli yazarlar arasında Fontanelli, M., Peruzzi, A., Frascioni, C. ve Raffaelli, M. ön plana çıkarken; Forcella, F. ve Melander, B. gibi sınırlı sayıda çalışma üreten ancak yüksek atıf etkisi yaratan araştırmacılar, alanın gelişimine farklı bir boyut kazandırmıştır. Son dönemde literatüre dâhil olan Bitarafan, Z., Chauhan B.S. ve De Cauwer, B. gibi yazarların ise gelecekteki araştırmalara yön verebilecek potansiyele sahip oldukları değerlendirilmektedir. Anahtar kelime analizi, “thermal weed control”, “weed management”, “non-chemical weed control”, “flaming”, “temperature” ve “thermal time” gibi kavramların öne çıktığını ve bunların alanın metodolojik ve kavramsal temelini oluşturduğunu göstermektedir. Konu dağılımı incelendiğinde, başlangıçta tarımsal üretime odaklanan çalışmaların zamanla kentsel alanlar, yol kenarları, parklar ve endüstriyel bölgeler gibi tarım dışı uygulama alanlarına yöneldiği görülmektedir. Bu durum, termal yöntemlerin yalnızca üretim verimliliği açısından değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik bakım maliyetlerinin azaltılması bakımından da stratejik bir öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Dergi analizi, araştırmaların başlangıçta Weed Research ve Weed Science gibi yabancı ot bilimi odaklı dergilerde yoğunlaştığını; zamanla tarım, biyoloji ve mühendislik temelli dergilerin de alana katkı sunduğunu göstermiştir. Bu eğilim, konunun disiplinler arası niteliğinin giderek güçlendiğini kanıtlamaktadır. Ayrıca disiplinler arası işbirliğinin artmakta olduğu ve termal yöntemlerin yalnızca tarımsal üretimde değil, kentsel ve çevresel yönetim uygulamalarında da araştırma konusu hâline geldiği belirlenmiştir. Yöntemsel açıdan ise alevleme, sıcak su, buhar ve mikrodalga gibi doğrudan ve dolaylı uygulamalar üzerinde yoğunlaşan çalışmaların, teknolojik yenilikler ve hassas tarım uygulamalarıyla bütünleşerek çeşitlilik kazandığı saptanmıştır. Bu çerçevede elde edilen bibliyometrik bulgular, yalnızca geçmişe dönük yayın eğilimlerini betimlemekle sınırlı kalmayıp, termal yabancı ot kontrolü alanında mevcut bilgi boşluklarının sistematik biçimde ortaya konulmasına ve gelecekteki araştırma önceliklerinin belirlenmesine de olanak sağlamaktadır. Özellikle enerji verimliliği, uygulama maliyetleri ve hedef dışı organizmalar üzerindeki potansiyel etkilerin bütüncül ve disiplinler arası yaklaşımlarla ele alınması, alanın uzun vadeli ve sürdürülebilir gelişimi açısından kritik bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır. Bunun yanı sıra, yetkili kurumlar ve saha uygulayıcıları için yol gösterici nitelik taşıyan bu tür bibliyometrik analizlerin, çevre dostu ve kimyasal girdilere dayanmayan yabancı ot yönetim stratejilerinin benimsenmesini ve yaygınlaştırılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Sonuç olarak, termal yabancı ot kontrolü; çevresel sürdürülebilirlik, tarımsal verimlilik ve yenilikçi teknolojilerin entegrasyonu açısından giderek önem kazanan bir araştırma alanıdır. Gelecekte, bu yöntemlerin etkinliğini artırmaya yönelik disiplinler arası çalışmaların ve uygulamalı saha araştırmalarının, literatürdeki bilgi birikimini daha da derinleştireceği öngörülmektedir.

Kaynaklar

- Ahmad, M.F., Ahmad, F.A., Alsayegh, A.A., Zeyauallah, M., AlShahrani, A.M., Muzammil, K., Hussain, S., 2024. Pesticides impacts on human health and the environment with their mechanisms of action and possible countermeasures. *Heliyon*, 10(7).
- Aktar, M.W., Sengupta, D., Chowdhury, A., 2009. Impact of pesticides use in agriculture: Their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1): 1–12.
- Ali, S., Ullah, M.I., Sajjad, A., Shakeel, Q., Hussain, A., 2020. Environmental and health effects of pesticide residues. In *Sustainable agriculture reviews 48: Pesticide occurrence, analysis and remediation vol. 2 analysis*. Cham: Springer International Publishing. pp. 311-336.
- Aria, M., Cuccurullo, C., 2017. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4): 959–975.

- Ascard, J., 1995. Effects of flame weeding on weed control, yield and tuber quality in potato. *Weed Research*, 35(2): 93–100.
- Ascard, J., 1997. Flame weeding: Effects of fuel pressure and tandem burners. *Weed Research*, 37: 77–86.
- Baucom, R.S., 2019. Evolutionary and ecological insights from herbicide-resistant weeds: What have we learned about plant adaptation, and what is left to uncover? *New Phytologist*, 223(1): 68–82.
- Bauer, M.V., Marx, C., Bauer, F.V., Flury, D.M., Ripken, T., Streit, B., 2020. Thermal weed control technologies for conservation agriculture: a review. *Weed Research*, 60(4): 241–250.
- Beaumelle, L., Tison, L., Eisenhauer, N., Hines, J., Malladi, S., Pelosi, C., Phillips, H.R., 2023. Pesticide effects on soil fauna communities: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 60(7): 1239–1253.
- Bond, W., Grundy, A.C., 2001. Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed Research*, 41(5): 383–405.
- Chauhan, B.S., 2012. Weed Management in Direct Seeded Rice Systems; International Rice Research Institute: Los Banos, Philippines, p. 20.
- Chauhan, B.S., 2020. Grand challenges in weed management. *Frontiers in Agronomy*, 2: 3.
- Çolakoğlu, T., Kitiş, Y.E., 2014. Mısır yetiştiriciliğinde farklı dozlarda alev uygulamasının yabancı ot kontrolüne etkisinin belirlenmesi. *Türkiye V. Bitki Koruma Kongresi*, 3–5 Şubat, Antalya, 382 s.
- Damalas, C.A., 2022. Weed competition effects on growth and yield of spring cereals. *Agronomy*, 12(5): 1234.
- De Cauwer, B., Bogaert, S., Claerhout, S., Bulcke, R., Reheul, D., 2015. Efficacy and reduced fuel use for hot water weed control on pavements. *Weed Research*, 55: 195–205.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., Lim, W.M., 2021. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133: 285–296.
- Duke, S.O., 2015. Perspectives on transgenic, herbicide-resistant crops in the United States almost 20 years after introduction. *Pest Management Science*, 71(5): 652657.
- Ellwanger Jr, T.C., Bingham, S.W., Chappell, W.E., 1973. Physiological effects of ultra-high temperatures on corn. *Weed Science*, 21(4): 296–299.
- Gandhi, K., Khan, S., Patrikar, M., Markad, A., Kumar, N., Choudhari, A., Indurkar, S., 2021. Exposure risk and environmental impacts of glyphosate: Highlights on the toxicity of herbicide co-formulants. *Environmental Challenges*, 4: 100149.
- Gürbüz, R., Koç, E., Güney, A., 2019. Tarım dışı alanlarda termal yabancı ot kontrolü. *Umteb 6. Uluslararası Mesleki ve Teknik Bilimler Kongresi*, 11–12 Nisan, Iğdır.
- Heap, I., 2014. Global perspective of herbicide-resistant weeds. *Pest Management Science*, 70(9): 1306–1315.
- Horvath, D.P., Clay, S.A., Swanton, C.J., Anderson, J.V., Chao, W.S., 2023. Weed-induced crop yield loss: a new paradigm and new challenges. *Trends in Plant Science*, 28(5): 567–582.

- Jimoh, M.O., Okaiyeto, K., Oguntibeju, O.O., Laubscher, C.P., 2022. A systematic review on *Amaranthus*-related research. *Horticulturae*, 8(3): 239.
- Jodoin, Y., Lavoie, C., Villeneuve, P., Theriault, M., Beaulieu, J., Belzile, F., 2008. Highways as corridors and habitats for the invasive common reed *Phragmites australis* in Quebec, Canada. *Journal of applied ecology*, 45(2): 459-466.
- Koç, E., 2019. Solar Yöntemlerle Elde Edilen Sıcak Suyun Bazı Yabancı Otlar Üzerindeki Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Iğdır.
- Koç, E., 2024. Tarım dışı alanlarda sıcak su ile yapılan çalışmaların bibliyometrik analizi. *6th International Azerbaijan Congress on Life, Engineering, Mathematical, and Applied Sciences*, March 20–22, Azerbaijan.
- Koç, E., 2025. Davranışsal iktisatta özgeciliğin önemi: bibliyometrik analizi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (57): 204-219.
- Koç, E., 2025. Tarım Dışı Alanlarda Yabancı Ot Mücadelesinde Sıcak Suyun Kullanılma Olanağının Araştırılması Üzerine Çalışmalar. Doktora Tezi, Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Iğdır.
- Kulak, M., Özkan, A., Bindak, R., 2019. A bibliometric analysis of the essential oil bearing plants exposed to water stress: How long way we have come and how much further? *Scientia Horticulturae*, 246: 418–436.
- Kulak, M., Yıldız, G., Çamlıca, M., 2025. A bibliometric analysis of nanosolutions and crop yield improvement. In *Nanomaterials for Enhanced Plant-Based Food Production*. Academic Press. pp. 103–110.
- Manalil, S., Busi, R., Renton, M., Powles, S.B., 2011. Rapid evolution of herbicide resistance by low herbicide dosages. *Weed Science*, 59(2): 210-217.
- Martelloni, L., Frascioni, C., Sportelli, M., Fontanelli, M., Raffaelli, M., Peruzzi, A., 2021. Hot foam and hot water for weed control: A comparison. *Journal of Agricultural Engineering*, 52(3): 1-10.
- Mühl, D.D., De Oliveira, L., 2022. A bibliometric and thematic approach to agriculture 4.0. *Heliyon*, 8(5): e09369.
- Niknejad, N., Ismail, W., Bahari, M., Hendradi, R., Salleh, A.Z., 2021. Mapping the research trends on blockchain technology in food and agriculture industry: A bibliometric analysis. *Environmental Technology & Innovation*, 21: 101272.
- Oerke, E.C., 2006. Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*, 144(1), 31–43.
- Özbakır, O., 2023. Analysis of reports on occupational health and safety in the agricultural industry: A bibliometrix-aided approach. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(4): 2516–2531.
- Rask, A.M., 2012. Non-chemical weed control on hard surfaces: An investigation of long-term effects of thermal weed control methods. *Forest and Landscape Research*, 52: 1–156.
- Rask, A.M., Kristoffersen, P., 2007. A review of non-chemical weed control on hard surfaces. *Weed Research*, 47(6): 370–380.
- Rask, A.M., Larsen, S.U., Andreasen, C., Kristoffersen, P., 2013. Determining treatment frequency for controlling weeds on traffic islands using chemical and non-chemical weed control. *Weed Research*, 53: 249–258.

- Sardana, V., Mahajan, G., Jabran, K., Chauhan, B.S., 2017. Role of competition in managing weeds: An introduction to the special issue. *Crop Protection*, 95: 1-7.
- Shaner, D.L., 2014. Lessons learned from the history of herbicide resistance. *Weed Science*, 62(2): 427–431.
- Tepe, I., 1997. Türkiye’de tarım ve tarım dışı alanlarda sorun olan yabancı otlar ve mücadeleleri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No. 32, Van.
- Upadhyay, A., Singh, K.P., Jhala, K.B., Kumar, M., Salem, A., 2024. Non-chemical weed management: Harnessing flame weeding for effective weed control. *Heliyon*, 10(12): e32776.
- Van Eck, N.J. Waltman, L., 2010. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2): 523–538.
- Vencill, W.K., Nichols, R.L., Webster, T.M., Soteres, J.K., Mallory-Smith, C., Burgos, N.R., Johnson, W.G., McClelland, M.R., 2012. Herbicide resistance: Toward an understanding of resistance development and the impact of herbicide-resistant crops. *Weed Science*, 60(sp1): 2–30.
- Xiang, C., Wang, Y., Liu, H., 2017. A scientometrics review on nonpoint source pollution research. *Ecological Engineering*, 99: 400–408.
- Zupic, I., Čater, T., 2015. Bibliometric methods in management and organization. *Organizational Research Methods*, 18(3): 429–472.