



The PRIMA programme is supported under Horizon 2020 the European Union's Framework Programme for Research and Innovation.

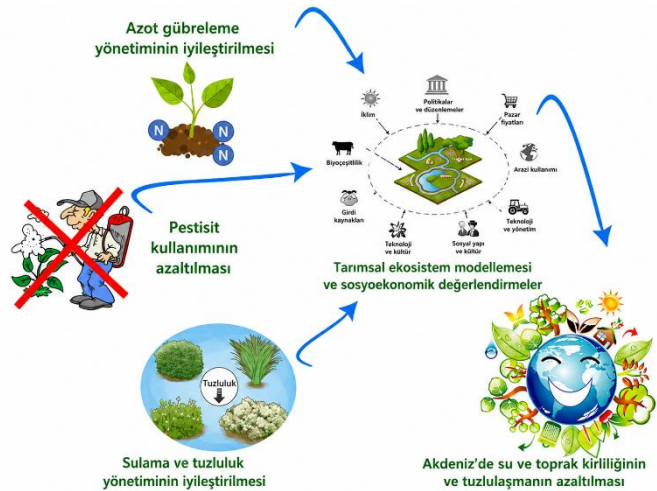
Innovative Farm Strategies that Integrate Sustainable N Fertilization, Water Management and Pest Control to Reduce Water and Soil Pollution and Salinization in the Mediterranean

1. Giriş

Su, tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından vazgeçilmez doğal kaynaklardan biridir. Ancak son yıllarda iklim değişikliği, nüfus artışı ve artan su talebi nedeniyle özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde kullanılabilir su kaynakları üzerindeki baskı giderek artmaktadır. Akdeniz Havzası da bu değişimden en fazla etkilenen bölgeler arasında yer almakta; azalan yağışlar, yükselen sıcaklıklar ve artan buharlaşma nedeniyle hem sulama suyu miktarında hem de su kalitesinde önemli değişimler yaşanmaktadır.

Su kaynaklarının miktarındaki azalma kadar, sulama suyu kalitesindeki bozulma da tarımsal üretimin geleceği açısından önemli bir risk oluşturmaktadır. Özellikle düşük kaliteli suların sulamada kullanımının giderek yaygınlaşması, bitki gelişimi ve verim üzerinde olumsuz etkilere neden olmasının yanında, uzun dönemde toprakların tuzlulaşması ve besin maddelerinin kök bölgesinden yıkanması gibi çevresel sorunları da beraberinde getirebilmektedir. Bu nedenle günümüzde sürdürülebilir sulama yönetimi, yalnızca bitkinin su ihtiyacının karşılanmasını değil; su kalitesi, bitki besleme ve toprak özelliklerinin birlikte değerlendirildiği bütüncül bir yaklaşımı gerekli kılmaktadır.

Akdeniz ülkelerinde örtü altı yetiştiriciliğin en önemli ürünlerinden biri olan domates, yüksek ekonomik değeri, yoğun sulama ve gübreleme gereksinimi ile su ve besin elementi yönetimi çalışmalarında ön plana çıkan türlerden biridir. Özellikle sera üretim sistemlerinde yaygın olarak uygulanan fertigasyon, bitki besleme açısından önemli avantajlar sağlamakla birlikte, uygun şekilde yönetilmediğinde nitrat yıkanması ve tuzluluk gibi çevresel sorunların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle sera domatesi, sürdürülebilir su ve azot yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine yönelik araştırmalarda model bitki olarak değerlendirilmektedir.



Bu kapsamda yürütülen SAFE-H2O-Farm (Innovative farm strategies that integrate sustainable N fertilization, water management and pest control to reduce water and soil pollution and salinization in the Mediterranean); su yönetimi, azot gübrelemesi ve çevresel sürdürülebilirliği birlikte ele alan yenilikçi tarımsal uygulamaların geliştirilmesini amaçlayan uluslararası bir araştırma projesidir. Proje kapsamında Akdeniz Havzası'ndaki farklı ülkelerde domates ve zeytin yetiştiriciliğine yönelik çalışmalar yürütülmekte; sulama yönetimi, azot kullanım etkinliği, nitrat yıkanması ve tuzluluk arasındaki ilişkiler farklı üretim koşullarında değerlendirilmektedir. Türkiye ayağında ise Akdeniz Üniversitesi tarafından yürütülen çalışmalar, sera domatesi yetiştiriciliğinde farklı sulama suyu tuzluluğu, azot dozu ve yıkama oranlarının birlikte değerlendirilmesine odaklanmıştır.

Bu teknik rehber, SAFE-H2O-Farm projesi kapsamında Akdeniz Üniversitesi tarafından yürütülen araştırmalardan elde edilen bilgi ve deneyimlerin uygulamaya aktarılması amacıyla hazırlanmıştır. Rehberde, sera koşullarında domates yetiştiriciliğinde tuzlu sulama suyu kullanımına yönelik



The PRIMA programme is supported under Horizon 2020 the European Union's Framework Programme for Research and Innovation.

sürdürülebilir su ve azot yönetiminin temel yaklaşımları ele alınmakta; üreticiler, teknik personel, araştırmacılar ve karar vericilere yönelik uygulamaya dönük değerlendirme ve öneriler sunulmaktadır.

2. Sera Koşullarında Domates Yetiştiriciliğinde Tuzluluk ve Azot Yönetimi

Toprak ve sulama suyu tuzluluğu, özellikle sulamanın yoğun olarak uygulandığı kurak ve yarı kurak bölgelerde tarımsal üretimi sınırlandıran önemli çevresel sorunlardan biridir. Domates, yüksek ekonomik değeri ve tuzluluğa orta düzeyde tolerans göstermesi nedeniyle tuzluluk çalışmalarında yaygın olarak ele alınmaktadır. Tuzluluğun domates üzerindeki etkileri; sulama suyu kalitesi, kök bölgesinde oluşan tuz birikimi, yetiştirme ortamı ve uygulanan sulama yönetimine bağlı olarak değişebilmektedir. Maas ve Hoffman (1977), sulama suyu elektriksel iletkenliğinin (EC) 2.7 dS/m'ye kadar artmasının domates veriminde önemli bir kayıp oluşturmadığını, bu eşiğin üzerinde ise tuzluluğa bağlı verim düşüşlerinin başladığını rapor etmiştir. Akdeniz tipi sera koşullarında domates üzerinde yürütülen araştırmalar, farklı sulama suyu tuzluluk düzeylerinin bitkinin su tüketimi, gelişimi ve verim tepkilerinde önemli değişimlere neden olduğunu göstermiştir (Karaca vd., 2023; Aslan vd., 2024). Domatesin tuzluluğa verdiği tepkinin çeşide, gelişme dönemine ve yetiştirme koşullarına göre değişebilmesi nedeniyle, tuzluluk yönetiminin üretim sistemine özgü olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

Sulama suyuyla kök bölgesine taşınan tuzların birikmesini sınırlandırmak amacıyla, bitki su ihtiyacının üzerinde su uygulanarak tuzların kök bölgesinin altına taşınması yaygın bir uygulamadır. Ancak yıkama için uygulanan ilave suyun miktarı dikkatli biçimde belirlenmelidir. Yetersiz yıkama kök bölgesinde tuz birikimini artırabilirken, gereğinden fazla su uygulanması drenaj miktarını ve kök bölgesinden besin elementi kayıplarını artırabilmektedir. Bu nedenle tuzluluk kontrolünde yalnızca sulama suyu miktarının artırılması yeterli olmayıp, drenaj koşulları ve bitki besleme uygulamalarının da birlikte dikkate alınması gerekmektedir (Kiremit ve Arslan 2016; Yurtseven vd. 2018).

Azot, domates bitkisinde vejetatif gelişme ve verim oluşumu bakımından temel besin elementlerinden biridir. Yetersiz azot uygulaması bitki gelişimini ve verimi sınırlandırırken, ihtiyacın üzerinde uygulanan azot her zaman orantılı bir verim artışı sağlamamaktadır. Aşırı azot uygulamaları toprakta ve toprak çözeltisinde kullanılmadan kalan nitrat miktarını artırabilmekte ve sulama suyu ile nitratin kök bölgesinin altına taşınmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle azot uygulama düzeyinin yalnızca hedeflenen verime göre değil, bitkinin gerçek alım kapasitesi ve sulama yönetimi dikkate alınarak belirlenmesi gerekmektedir (Khan vd., 2019; Shan vd., 2025).

Tuzluluk koşullarında azot yönetimi daha karmaşık hale gelmektedir. Tuzluluk bitki gelişimini ve su alımını azaltabildiğinden, bitkinin azot alımı ve uygulanan gübreyi değerlendirme kapasitesi de sınırlandırılmaktadır. Bununla birlikte, uygun azot beslemesinin tuzluluk stresine karşı bitkisel tepkileri iyileştirebildiği; ancak bu etkinin uygulanan azot dozuna ve tuzluluk koşullarına bağlı olduğu bildirilmektedir (Machado vd., 2025). Bu nedenle azot dozunun artırılması, tuzluluk nedeniyle ortaya çıkan gelişme ve verim kayıplarını her koşulda telafi etmemektedir. Tuzluluk, su ve azot streslerinin domatesin kök su alımı üzerindeki birleşik etkilerini inceleyen Babazadeh vd. (2021), bu faktörlerin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

Azot ve sulama uygulamaları arasındaki dengenin kurulamaması, nitrat yıkanması açısından önemli çevresel sonuçlar doğurabilmektedir. Nitratin toprakta hareketli olması, bitki tarafından alınmayan azotun drenaj suyuyla kök bölgesinin altına taşınmasını kolaylaştırmaktadır (Merrington vd., 2002). Özellikle yüksek azot dozu ile fazla sulama suyunun birlikte uygulandığı koşullarda nitrat kayıpları artabilmektedir (Khan vd., 2019; Shan vd., 2025). Buna karşılık, tuzluluk kontrolü amacıyla yıkamanın azaltılması da kök bölgesinde tuz birikimine ve verim kaybına neden olabilir. Dolayısıyla tuzluluğun kontrol edilmesi ile nitrat kayıplarının sınırlandırılması arasında dikkatli bir yönetim dengesi



The PRIMA programme is supported under Horizon 2020 the European Union's Framework Programme for Research and Innovation.

kurulmalıdır. Yapılan çalışmalar dikkate alındığında, tuzluluk ve azotun bitki üzerindeki etkilerinin birbirinden bağımsız olmadığı görülmektedir. Tuzluluk koşullarında bitki büyümesi ve kök su alımındaki azalma, bitkinin azot alımını ve uygulanan azottan yararlanma düzeyini etkileyebilmekte; sulama ve azot yönetimindeki değişiklikler ise kök bölgesindeki su, tuz ve azot dengesini değiştirebilmektedir. Bu nedenle, tuzlu sulama koşullarında sürdürülebilir domates üretimi için sulama suyu tuzluluğu ve azot uygulamalarının birlikte değerlendirilmesi önem taşımaktadır (Babazadeh vd., 2021; Che vd., 2022).

Sulama suyuyla kök bölgesine taşınan tuzların birikimini kontrol etmek amacıyla uygulanan yıkama suyu, su ve azot yönetimi arasındaki dengenin önemini artırmaktadır. Yetersiz yıkama kök bölgesinde tuz birikimini artırarak bitki gelişimi ve verimi sınırlandırabilirken, uygulanan su miktarının artırılması drenajla birlikte nitratin kök bölgesinin altına taşınma riskini artırabilmektedir. Bu nedenle sera koşullarında domates yetiştiriciliğinde sulama suyu tuzluluğu, azot dozu ve yıkama oranının birlikte yönetilmesi; verimin korunması, kök bölgesi tuzluluğunun kontrol altında tutulması ve nitrat kayıplarının azaltılması açısından önem taşımaktadır. SAFE-H2O-Farm projesi kapsamında Akdeniz Üniversitesi'nde yürütülen sera denemeleri, farklı sulama suyu tuzluluğu, azot dozu ve yıkama oranlarının bitki gelişimi, verim, toprak özellikleri ve drenaj suyu kalitesi üzerindeki etkilerinin birlikte değerlendirilmesine dayanmaktadır.

3. SAFE-H₂O-Farm Antalya Sera Denemeleri

SAFE-H2O-Farm projesi kapsamında Akdeniz Üniversitesi tarafından yürütülen çalışma, farklı sulama suyu tuzluluğu, azot dozu ve yıkama oranlarının domates bitkisinin gelişimi, su tüketimi ve verimi ile toprakta tuz ve nitrat birikimi ve drenaj suyu kalitesi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Deneme, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Alanında bulunan ve bölgedeki yaygın örtü altı üretim sistemlerini temsil eden Akdeniz tipi plastik serada yürütülmüştür (Şekil 1). Uygulamaların bitki, toprak ve drenaj suyu üzerindeki etkileri farklı yetiştirme dönemleri boyunca izlenmiştir.



The PRIMA programme is supported under Horizon 2020 the European Union's Framework Programme for Research and Innovation.



Şekil 1. SafeH₂O-Farm projesi kapsamında yürütülen deneme alanına ilişkin görüntüler

Araştırmada, drenaj suyunun toplanmasına ve bitki su tüketiminin izlenmesine olanak sağlayan lizimetre sistemi kullanılmıştır (Şekil 1). Deneme kapsamında dört farklı sulama suyu tuzluluk düzeyi (0.7, 2.5, 5.0 ve 7.5 dS m⁻¹), azot uygulanmayan, düşük, optimum ve yüksek azot dozları ile iki farklı yıkama oranı (%15 ve %25) değerlendirilmiştir. Optimum azot dozu ve 0.7 dS/m tuzluluğa sahip sulama suyu uygulaması araştırmada kontrol konusu olarak kabul edilmiştir. Azot uygulamaları, farklı azot dozlarını temsil edecek şekilde sulama suyu miktarına bağlı olarak fertigasyon yoluyla gerçekleştirilmiştir. Yetiştirme dönemleri boyunca bitki su tüketimi belirlenmiş; bitki gelişimi, fizyolojik tepkiler ve verime ilişkin ölçümler gerçekleştirilmiştir. Sulamalardan sonra oluşan drenaj suyu miktarı ile drenaj suyunun elektriksel iletkenliği ve nitrat içeriği belirlenmiş, yetiştirme dönemleri sonunda alınan toprak örneklerinde toprak tuzluluğu ve nitrat içeriği değerlendirilmiştir.

4. Çalışmaya Yönelik Temel Bulgular ve Değerlendirmeler

4.1 Bitki Gelişimi, Su Tüketimi ve Verim Tepkileri

Yetiştirme dönemleri boyunca elde edilen bulgular, domatesin verim ve bitki su tüketimi tepkilerinin sulama suyu tuzluluğu ile azot dozunun karşılıklı etkisine bağlı olarak değiştiğini göstermiştir. Verim üzerine azot dozu × sulama suyu tuzluluğu etkileşimi her iki yıkama oranında da önemli bulunmuş ve azot uygulamalarına verilen verim tepkisinin sulama suyu tuzluluğuna göre değiştiği belirlenmiştir. Bu sonuç, azot dozunun verim üzerindeki etkisinin sulama suyu kalitesinden bağımsız olarak değerlendirilemeyeceğini ortaya koymuştur.

Azot uygulanmayan konularda bitki gelişimi ve verim belirgin biçimde sınırlı kalmıştır. Bununla birlikte, azot dozunun artırılması bütün tuzluluk düzeylerinde benzer bir verim artışı sağlamamıştır.



The PRIMA programme is supported under Horizon 2020 the European Union's Framework Programme for Research and Innovation.

Sulama suyu tuzluluğunun yükselmesiyle azot dozlarına verilen verim tepkisinin değişmesi ve yüksek azot dozlarının yüksek tuzluluk koşullarında tutarlı bir verim üstünlüğü sağlamaması, tuzluluğa bağlı verim kayıplarının yalnızca azot girdisinin artırılmasıyla telafi edilemeyeceğini göstermiştir. Bu nedenle azot dozunun belirlenmesinde sulama suyu tuzluluğunun dikkate alınması önem taşımaktadır. Bitki su tüketimi sonuçlarında da azot dozu $\times$ sulama suyu tuzluluğu etkileşimi önemli bulunmuştur. Azot uygulanmayan konularda bitki su tüketimi düşük olurken, azot uygulamasıyla birlikte bitki gelişimi ve su tüketimi artmıştır. Buna karşılık, sulama suyu tuzluluğunun yükselmesi bitki su tüketimini sınırlandırmış ve bu etkinin büyüklüğü azot dozlarına göre değişmiştir. Bu sonuçlar, bitki su tüketiminin sulama suyu tuzluluğu veya azot dozunun bağımsız etkileriyle açıklanamayacağını, her iki faktörün birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Bitki boyu ve yaprak alanı bakımından azot dozu ve sulama suyu tuzluluğunun etkileri önemli bulunurken, bu iki faktör arasındaki etkileşim önemli bulunmamıştır. Azot uygulanmayan konularda bitki boyu ve yaprak alanı daha düşük gerçekleşmiş, sulama suyu tuzluluğunun artması ise her iki özelliği de olumsuz etkilemiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, azot dozu ve sulama suyu tuzluluğunun etkileri bitki gelişim özelliklerinde ayrı ayrı ortaya çıkarken, verim ve bitki su tüketiminde iki faktör arasındaki etkileşim belirleyici olmuştur. Bu farklılık, tuzluluk ve azot uygulamalarının etkilerinin yalnızca vejetatif gelişim göstergeleri üzerinden değerlendirilmesinin yeterli olmayacağını; verim ve bitki su tüketimi tepkilerinin de birlikte dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

4.2 Toprakta Tuz ve Nitrat Birikimi ile Drenaj Suyu Kalitesi

Yetiştirme dönemleri boyunca elde edilen sonuçlar, sulama suyu tuzluluğu ve azot dozunun etkilerinin bitki gelişimi, su tüketimi ve verimle sınırlı kalmadığını; toprak özellikleri ve drenaj suyu kalitesine de yansıdığını göstermiştir. Sulama suyu tuzluluğunun artmasıyla kök bölgesine taşınan tuz yükü artmış ve yetiştirme dönemi sonunda toprak tuzluluğunda yükselme meydana gelmiştir. Bununla birlikte, toprakta oluşan tuz birikimi yalnızca sulama suyunun tuzluluk düzeyine bağlı olarak değişmemiş; uygulanan su miktarı, yıkama oranı ve bitkinin su tüketimindeki farklılıklar da kök bölgesindeki tuz dengesini etkilemiştir.

Uygulanan azot miktarının artmasıyla toprakta kalan nitrat miktarında genel olarak artış gözlenmiştir. Ancak yüksek azot uygulamalarında bitki tarafından kullanılmayan azotun tamamı kök bölgesinde birikmemiş; sulama ve yıkama uygulamalarına bağlı olarak bir kısmı drenaj suyuyla kök bölgesinin altına taşınmıştır. Bu nedenle yetiştirme dönemi sonunda toprakta belirlenen nitrat miktarının tek başına azot kayıplarının değerlendirilmesi için yeterli olmadığı görülmüştür. Toprakta kalan nitrat ile drenaj suyuyla taşınan nitratin birlikte değerlendirilmesi, uygulanan azotun bitki–toprak–su sistemi içerisindeki dağılımının anlaşılması açısından önem taşımaktadır.

Drenaj suyunun nitrat içeriği bakımından azot dozu $\times$ sulama suyu tuzluluğu etkileşimi önemli bulunmuştur. Bu sonuç, drenaj suyundaki nitrat miktarının yalnızca uygulanan azot dozuna bağlı olarak değişmediğini, sulama suyu tuzluluğunun da azot dozlarına verilen tepkiyi etkilediğini göstermiştir. Yüksek azot dozlarında drenaj suyunun nitrat içeriği genel olarak artmakla birlikte, bu artışın büyüklüğü sulama suyu tuzluluğuna göre değişmiştir. Dolayısıyla drenaj suyunun nitrat içeriğinin değerlendirilmesinde azot dozu ve sulama suyu tuzluluğunun birlikte dikkate alınması gerekmektedir.

Drenaj suyunun elektriksel iletkenliği de sulama suyu tuzluluğu ve azot dozunun karşılıklı etkisine bağlı olarak değişmiştir. Drenaj suyu EC değerlerinde azot dozu $\times$ sulama suyu tuzluluğu etkileşiminin önemli bulunması, kök bölgesinden uzaklaştırılan tuzların yalnızca sulama suyunun tuzluluk düzeyine



The PRIMA programme is supported under Horizon 2020 the European Union's Framework Programme for Research and Innovation.

bağlı olmadığını göstermiştir. Sulama suyu tuzluluğu arttıkça drenaj suyunun EC değerleri genel olarak yükselmiş, ancak bu değişimin büyüklüğü azot dozlarına göre farklılık göstermiştir.

Farklı yıkama oranları altında elde edilen sonuçlar, kök bölgesindeki tuz birikiminin kontrol edilmesi ile nitratın kök bölgesinin altına taşınma riski arasında bir denge kurulması gerektiğini göstermiştir. Yıkama oranının artırılması kök bölgesindeki tuzların uzaklaştırılmasına katkı sağlayabilmekle birlikte, artan drenaj miktarı nitratın kök bölgesinin altına taşınma riskini artırabilmektedir.

Bu sonuçlar, toprak tuzluluğunun kontrolü ile nitratın kök bölgesinin altına taşınmasının birbirinden bağımsız süreçler olarak değerlendirilemeyeceğini göstermektedir. Sulama suyu tuzluluğu, azot dozu ve yıkama oranının birlikte dikkate alınması; kök bölgesindeki tuz birikiminin sınırlandırılması ve nitratın drenaj suyuyla taşınma riskinin azaltılması açısından önem taşımaktadır.

4.3 Sürdürülebilir Su ve Azot Yönetimi Açısından Değerlendirme

Elde edilen bulgular, sulama suyu tuzluluğu, azot dozu ve yıkama oranının birbirinden bağımsız yönetim unsurları olarak ele alınmaması gerektiğini göstermektedir. Sulama suyu tuzluluğu ile azot dozu arasındaki etkileşimin verim ve bitki su tüketimi üzerinde önemli olması, azot uygulamalarının sulama suyu kalitesi dikkate alınarak planlanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Yüksek azot dozlarının artan tuzluluğun verim üzerindeki olumsuz etkilerini telafi etmemesi, üretim performansının korunmasında azot girdisinin artırılmasından çok, uygulanan azot dozunun yetiştirme koşullarına uygun biçimde belirlenmesinin önemli olduğunu göstermektedir.

Su yönetiminde ise kök bölgesindeki tuz birikiminin kontrol edilmesi ile nitratın drenaj suyuyla kök bölgesinin altına taşınma riskinin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Yıkama oranının artırılması tuzların kök bölgesinden uzaklaştırılmasına katkı sağlayabilmekle birlikte, drenaj miktarındaki artış nitratın taşınma riskini artırabilmektedir. Buna karşılık, yetersiz yıkama kök bölgesinde tuz birikimine ve buna bağlı olarak bitki gelişimi ve verimde azalmaya neden olabilmektedir. Bu nedenle yıkama oranının sulama suyu tuzluluğu, kök bölgesindeki tuz birikimi ve drenaj suyu kalitesi dikkate alınarak belirlenmesi önem taşımaktadır.

Sürdürülebilir üretim açısından temel yaklaşım, yüksek azot dozu veya yüksek yıkama oranı uygulamak yerine, sulama suyu kalitesi ve bitkinin su tüketimi ile toprak ve drenaj suyu özelliklerinin birlikte izlenmesine dayalı bir yönetim stratejisinin benimsenmesidir. Sulama ve azot uygulamalarının yetiştirme dönemi boyunca elde edilen gözlem ve ölçümlere göre düzenlenmesi, verimin korunması, kök bölgesindeki tuz birikiminin sınırlandırılması ve nitratın kök bölgesinin altına taşınma riskinin azaltılması açısından önem taşımaktadır.

5. Kaynaklar

- Aslan, G.E., Bastug, R., Karaca, C., Kurunc, A., Buyuktas, D. and Navarro, A. 2024. Effects of saline irrigation water applications on evapotranspiration partitioning and crop coefficient of tomato grown in Mediterranean-type greenhouses. *Agronomy*, 14(1771):1-20.
- Babazadeh, H., Ardalani, H., Kisekka, I. and Hoogenboom, G. 2021. Simultaneous water, salinity and nitrogen stresses on tomato (*Solanum lycopersicum*) root water uptake using mathematical models. *Journal of Plant Nutrition*, 44(2): 282–295
- Che, Z., Wang, J. and Li, J. 2022. Modeling strategies to balance salt leaching and nitrogen loss for drip irrigation with saline water in arid regions. *Agricultural Water Management*, 274 (107943): 1-15.



The PRIMA programme is supported under Horizon 2020 the European Union's Framework Programme for Research and Innovation.

- Karaca, C., Aslan, G.E., Buyuktas, D., Kurunc, A., Bastug, R. and Navarro, A. 2023. Effects of Salinity Stress on Drip-Irrigated Tomatoes Grown under Mediterranean-Type Greenhouse Conditions. *Agronomy*, 13(36): 1-18.
- Khan, M., Khan, M.J., Sarwar, T. and Khan, M.J. 2019. Simulation of nitrate leaching under different irrigation deficit and nitrogen levels in tomato crop using HYDRUS 1-D. *Sarhad Journal of Agriculture*, 35(1): 126-133
- Kiremit, M.S. and Arslan, H. 2016. Effects of irrigation water salinity on drainage water salinity, evapotranspiration and other leek (*Allium porrum* L.) plant parameters. *Scientia Horticulturae*, 201: 211-217.
- Maas, E.V. and Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 103(2): 115-134.
- Machado, J., Fernandes, A.P.G., Bokor, B., Vaculík, M., Kostoláni, D., Kokavcová, A., Heuvelink, E., Vasconcelos, M.W. and Carvalho, S.M.P. 2025. Tomato responses to nitrogen, drought and combined stress: Shared and specific effects on vascular plant anatomy, nutrient partitioning and amino acids profile. *Plant Physiology and Biochemistry*, 221: 109649
- Merrington, G., Winder, L., Parkinson, R. and Redman, M. 2002. *Agricultural Pollution: Environmental Problems and Practical Solutions*. Taylor & Francis, London and New York
- Shan, Z., Chen, J., Zhang, X., Si, Z., Yi, R. and Fan, H. 2025. Optimizing Irrigation and Nitrogen Application for Greenhouse Tomato Using the DSSAT-CROPGRO-Tomato Model. *Water*, 17: 426
- Yurtseven, E., Çolak, M.S., Öztürk, A. and Öztürk, H.S. 2018. Drainage Water Salt Load Variations Related to the Salinity and Leaching Ratios of Irrigation Water. *Tarım Bilimleri Dergisi / Journal of Agricultural Sciences*, 24: 394-402.